

UDC

中华人民共和国行业标准



P

CJJ 200-2014  
备案号 J 1893-2014

---

# 城市供热管网暗挖工程技术规程

Technical specification for city heat-supplying  
pipe net constructed by mining method

2014-07-31 发布

2015-04-01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

**中华人民共和国行业标准**

**城市供热管网暗挖工程技术规程**

Technical specification for city heat-supplying  
pipe net constructed by mining method

**CJJ 200 - 2014**

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 5 年 4 月 1 日

中国建筑工业出版社

2014 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部 公 告

第 507 号

---

## 住房和城乡建设部关于发布行业标准 《城市供热管网暗挖工程技术规程》的公告

现批准《城市供热管网暗挖工程技术规程》为行业标准，编号为 CJJ 200 - 2014，自 2015 年 4 月 1 日起实施。其中，第 1.0.5、4.2.6、11.1.3、14.9.11 条为强制性条文，必须严格执行。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部  
2014 年 7 月 31 日

# 前 言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2008年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉》（建标〔2008〕102号）的要求，规程编制组经过深入调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语和符号；3. 工程地质与水文地质勘察；4. 平纵断面设计；5. 材料；6. 结构上的作用（荷载）；7. 检查室（竖井）结构与计算；8. 隧道结构与计算；9. 支架结构与计算；10. 地下水处治及地层预加固设计；11. 结构防水；12. 施工设计与监控量测；13. 环境风险源专项设计；14. 工程施工；15. 工程验收。

本规程中以黑体字标志的条文为强制性条文，必须严格执行。

本规程由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释，由北京市热力集团有限责任公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送北京市热力集团有限责任公司（地址：北京市朝阳区西大望路1号温特莱中心A座，邮编：100026）。

本规程主编单位：北京市热力集团有限责任公司

本规程参编单位：北京市热力工程设计公司

北京特泽热力工程设计有限责任公司

北京交通大学

中国市政工程华北设计研究院

天津天材塑料防水材料有限公司

建设部沈阳煤气与热力研究设计院

本规程主要起草人员：刘 荣 贺少辉 牛小化 张玉成  
王 水 刘艳芬 董淑棉 陈文化  
李承辉 徐金锋 董乐意 李孝萍  
王孝国 林纳新 刘世宇 周万彬  
姜林庆  
本规程主要审查人员：崔志杰 高永涛 高文新 张本秋  
张国京 王远峰 王乃震 周江天  
陆景慧 张建伟 黄晓飞

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语和符号 .....	2
2.1	术语 .....	2
2.2	符号 .....	4
3	工程地质与水文地质勘察 .....	12
3.1	一般规定 .....	12
3.2	围岩分级 .....	12
3.3	水文地质条件勘察 .....	18
3.4	岩土力学参数 .....	18
4	平纵断面设计 .....	22
4.1	一般规定 .....	22
4.2	平面 .....	22
4.3	纵断面 .....	23
4.4	隧道横断面 .....	23
4.5	检查室（竖井） .....	23
5	材料 .....	25
6	结构上的作用（荷载） .....	33
7	检查室（竖井）结构与计算 .....	41
7.1	一般规定 .....	41
7.2	检查室（竖井）支撑设计 .....	41
7.3	检查室（竖井）结构设计 .....	42
7.4	马头门及检查室侧墙洞口结构设计 .....	44
7.5	检查室结构计算 .....	45
8	隧道结构与计算 .....	50
8.1	一般规定 .....	50

8.2	隧道结构设计	50
8.3	隧道转角处洞口反梁结构设计	51
8.4	隧道结构计算	52
9	支架结构与计算	63
9.1	一般规定	63
9.2	两端嵌固式支架结构	63
9.3	悬臂式支架结构	65
9.4	支架横担结构	66
9.5	支架构造	66
10	地下水处治及地层预加固设计	67
10.1	一般规定	67
10.2	地下水处治	67
10.3	地层注浆	68
10.4	超前小导管及管棚	70
10.5	旋喷注浆加固	71
10.6	地层冻结	72
11	结构防水	74
11.1	一般规定	74
11.2	混凝土结构自防水	74
11.3	附加防水层	74
11.4	细部构造防水	75
12	施工设计与监控量测	77
12.1	一般规定	77
12.2	竖井	77
12.3	马头门	78
12.4	隧道	78
12.5	监控量测	80
13	环境风险源专项设计	86
13.1	一般规定	86
13.2	环境风险源等级划分	86

13.3	环境风险评估	91
13.4	设计内容与要求	94
14	工程施工	99
14.1	一般规定	99
14.2	施工工艺及管理	100
14.3	环境风险源专项施工	101
14.4	测量放线	104
14.5	建(构)筑物及地下管线保护	104
14.6	监控量测	104
14.7	地下水处治	105
14.8	地层预支护及加固	108
14.9	竖井	110
14.10	马头门	114
14.11	隧道开挖	115
14.12	初期支护	117
14.13	防水层	120
14.14	二次衬砌	123
14.15	支架	126
15	工程验收	128
15.1	一般规定	128
15.2	验收的程序和组织	129
15.3	施工质量验收的划分	130
15.4	施工质量验收	130
15.5	监控量测	132
15.6	地层预支护及加固	133
15.7	检查室(竖井)	135
15.8	隧道土方开挖	140
15.9	初期支护	141
15.10	净空测量及贯通测量	149
15.11	结构防水	150

15.12	二次衬砌 .....	151
15.13	支架及护墩 .....	168
15.14	单位工程观感质量评定 .....	169
附录 A	围岩分级 .....	170
附录 B	其他作用的计算方法 .....	173
附录 C	检查室及隧道承受水平作用时结构抗滑移稳定 验算方法 .....	177
附录 D	衬砌结构温度伸缩缝间距计算方法 .....	180
附录 E	施工验收记录 .....	183
	本规程用词说明 .....	191
	引用标准名录 .....	192
附:	条文说明 .....	195

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms and Symbols .....	2
2.1	Terms .....	2
2.2	Symbols .....	4
3	Investigation of Engineering Geology and Hydrogeology .....	12
3.1	General Requirements .....	12
3.2	Classification of Surrounding Rock .....	12
3.3	Investigation of Hydrogeology .....	18
3.4	Mechanical Parameters of Rocks and Soils .....	18
4	Design on Plane and Longitudinal-section of Tunnel .....	22
4.1	General Requirements .....	22
4.2	Plane .....	22
4.3	Longitudinal-section of Tunnel .....	23
4.4	Cross Section of Tunnel .....	23
4.5	Inspection Well (Vertical Shaft) .....	23
5	Materials .....	25
6	Action (Load) on Structures .....	33
7	Structural Design and Calculation of Inspection Well (Vertical Shaft) .....	41
7.1	General Requirements .....	41
7.2	Design of Temporary Steel Strut .....	41
7.3	Structural Design of Inspection Well (Vertical Shaft) .....	42
7.4	Structural Design of Horsehead and Sidewall Opening .....	44

7.5	Structural Calculation of Inspection Well .....	45
8	Structural Design and Calculation of Tunnel .....	50
8.1	General Requirements .....	50
8.2	Structural Design of Tunnel .....	50
8.3	Structural Design of Upright Beam of Portal at Turning Corner .....	51
8.4	Structural Calculation of Tunnel .....	52
9	Structural Design and Calculation of Trestles .....	63
9.1	General Requirements .....	63
9.2	Structures of Fixed Trestles .....	63
9.3	Structures of Cantilever Trestles .....	65
9.4	Structures of Cross Arm of Trestles .....	66
9.5	Construction for Trestles .....	66
10	Controlling Groundwater and Design on Pre-reinforcing Ground .....	67
10.1	General Requirements .....	67
10.2	Controlling Groundwater .....	67
10.3	Pre-grouting before Excavation .....	68
10.4	Advanced Small Pipe Grouting and Pipe Roof .....	70
10.5	Jet Grouting .....	71
10.6	Freezing Ground .....	72
11	Waterproofing of Tunnel Structure .....	74
11.1	General Requirements .....	74
11.2	Waterproofing Concrete .....	74
11.3	Waterproofing Membrane .....	74
11.4	Waterproofing of Special Joints .....	75
12	Design on Constructing and Monitoring during Construction .....	77
12.1	General Requirements .....	77
12.2	Vertical Shaft .....	77

12.3	Horsehead .....	78
12.4	Tunnel .....	78
12.5	Monitoring .....	80
13	Special Design on Controlling Environmental Risks due to Construction .....	86
13.1	General Requirements .....	86
13.2	Classification System of Environmental Risks due to Construction .....	86
13.3	Assessment on Environmental Risks due to Construction .....	91
13.4	Design Contents and Requirements .....	94
14	Engineering Construction .....	99
14.1	General Requirements .....	99
14.2	Constructing Sequences and Management .....	100
14.3	Special Measures Controlling Environmental Risks .....	101
14.4	Measurement .....	104
14.5	Protecting nearby Structures and Underground Pipelines ...	104
14.6	Monitoring and Measuring .....	104
14.7	Controlling Groundwater .....	105
14.8	Pre-reinforcing Ground before Excavating .....	108
14.9	Vertical Shaft Construction .....	110
14.10	Horsehead Construction .....	114
14.11	Tunnel Excavating .....	115
14.12	Initial Support .....	117
14.13	Waterproofing Layer .....	120
14.14	Final Lining .....	123
14.15	Trestle Installation .....	126
15	Engineering Quality Acceptance .....	128
15.1	General Requirements .....	128
15.2	Procedure and Organization of Engineering Quality Acceptance .....	129

15.3	Division of Construction Quality Acceptance .....	130
15.4	Construction Quality Acceptance .....	130
15.5	Monitoring .....	132
15.6	Stratum Pre-reinforcing .....	133
15.7	Inspection Well (Vertical Shaft) .....	135
15.8	Earth Excavation of Tunnel .....	140
15.9	Initial Support .....	141
15.10	Clearance Measurement and Through Survey .....	149
15.11	Waterproofing Engineering .....	150
15.12	Final Lining .....	151
15.13	Tresle and Protecting Pier .....	168
15.14	Impressions Quality Evaluation of Unit Engineering .....	169
Appendix A	Classification of Surrounding Rock .....	170
Appendix B	Calculation Method on Other Actions .....	173
Appendix C	Checking Method of Structure Anti-slip Stability when Inspect Well and Tunnel Bearing Horizontal Action .....	177
Appendix D	Calculation Method on Temperature Expansion Joint Distance of Lining Structures .....	180
Appendix E	Acceptance Records of Engineering Quality .....	183
	Explanation of Wording in This Code .....	191
	List of Quoted Standards .....	192
	Addition: Explanation of Provisions .....	195

# 1 总 则

**1.0.1** 为使城市供热管网暗挖工程的设计、施工及验收做到技术先进、安全适用、经济合理、确保质量和保护环境，制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于供热管网中暗挖隧道的设计、施工及验收。

**1.0.3** 城市供热管网暗挖工程设计，应遵照国家有关法律、法规，重视供热管网隧道工程对城市环境和地下水资源的影响。

**1.0.4** 城市供热管网暗挖工程建设应节约用地、节约能源及保护城市环境，对施工过程中产生的噪声、弃渣，以及结构的防水等应采取措施妥善处理。

**1.0.5** 城市供热管网暗挖工程主体结构设计使用年限不应小于100年。

**1.0.6** 未经技术鉴定或设计许可，不得改变隧道结构的用途和使用环境。

**1.0.7** 城市供热管网暗挖工程设计与施工应遵循管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测的原则。

**1.0.8** 城市供热管网暗挖工程的设计和施工应积极采用新技术、新工艺、新设备、新材料。

**1.0.9** 城市供热管网暗挖工程的设计、施工及验收除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 供热管网隧道 heat-supplying tunnels

用于布设城市供热管道的隧道。

#### 2.1.2 深埋隧道 a deep tunnel

开挖、支护和衬砌施工过程中引起的地层变形和移动不波及地表面的隧道。

#### 2.1.3 浅埋隧道 a shallow tunnel

开挖、支护和衬砌施工过程中引起的地层变形和移动波及地表面的隧道。

#### 2.1.4 隧道埋深 overburden

地表面至隧道支护结构拱顶的深度。

#### 2.1.5 暗挖法 digging method

采用非明挖方式进行地下洞室开挖作业的施工方法。

#### 2.1.6 新奥法 New Austrian Tunneling Method (NATM)

采用锚杆和喷射混凝土及时支护以控制围岩的变形和松弛，并通过对围岩和支护的量测、监控来指导隧道动态设计和施工的方法。

#### 2.1.7 浅埋暗挖法 shallow tunneling method

在距离地表较近的地下，采用多种辅助工法超前作业以改善加固围岩，并沿用新奥法原理进行地下洞室暗挖作业的施工方法。

#### 2.1.8 围岩 surrounding rock

隧道工程施工影响范围内的岩土体。

#### 2.1.9 围岩分级 classification of surrounding rock

根据影响围岩稳定性的主要因素，选择若干主要指标，采用

定性划分和定量指标相结合的方法对围岩稳定程度的分级。

**2.1.10 初始地应力场 initial stress field in ground**

在自然条件下，由于受自重和地质构造运动作用，在岩土体中形成的应力场。

**2.1.11 围岩压力 pressure acted by surrounding rock**

在初始地应力场中，隧道开挖后，因围岩变形或松动等原因，作用于隧道支护或衬砌结构上的压力。

**2.1.12 竖井 vertical shaft**

为提升土石、运送人员和材料、通风等而设置的洞壁直立的井状通道。

**2.1.13 初期支护 initial support**

竖井和隧道开挖后，及时施作的锚杆（管）和喷射混凝土支护。

**2.1.14 二次衬砌 final lining**

隧道的初期支护基本稳定后，施作的模筑混凝土衬砌。

**2.1.15 检查室 inspection well**

地下敷设管线上，在需要经常操作、检修的管路附件处设置的专用构筑物。

**2.1.16 固定支架 fixed trestle**

不允许管道与其有相对位移的管道支架。

**2.1.17 滑动支架 movable trestle**

允许管道有轴向和侧向相对位移的管道支架。

**2.1.18 导向支架 guiding trestle**

只允许管道有轴向位移的管道支架。

**2.1.19 抗滑槽 groove for anti-sliding of fixed trestle**

为了有效地将固定支架所承受的热力管道推力传递给初期支护和围岩，防止固定支架整体移动，在固定支架处，将隧道初期支护断面适当外扩形成的凹槽结构。

**2.1.20 喷射混凝土 shotcrete**

利用压缩空气或其他动力，将按一定配比拌制的混凝土混合

物沿管路输送至喷头处，以较高速度垂直喷射于受喷面，依赖喷射过程中水泥与骨料的连续撞击，压密而形成的一种混凝土。

#### 2.1.21 超挖 overbreak

实际开挖断面大于设计开挖断面的部分。

#### 2.1.22 欠挖 underbreak

实际开挖断面小于设计开挖断面的部分。

#### 2.1.23 预注浆 advanced grouting

在开挖前，为了固结地层、填充空隙或止水，从地面或沿着开挖面或拱部进行的注浆。

#### 2.1.24 回填注浆 back filling grouting

在支护、衬砌完成后，为了填充初期支护与围岩之间或二次衬砌与防水层之间的空隙进行的注浆。

#### 2.1.25 监控量测 monitoring measurement

施工中对地层、建（构）筑物、地下管线、地表隆沉和支护结构动态进行的经常性观察和测量，并及时反馈信息以指导施工。

#### 2.1.26 环境风险源 environmental risks due to construction

因热力检查室、隧道施工的影响而引起的周边风险。

## 2.2 符 号

### 2.2.1 作用、作用效应及应力：

$E_{ax,k}$ 、 $E_{ay,k}$ ——作用在与检查室结构  $x$  轴、 $y$  轴垂直的侧墙上的主动土压力标准值；

$e_{ak}$ ——地下水位以上的主动土压力标准值；

$e'_{ak}$ ——检查室底板底面处的水土压力标准值；

$e_i$ ——作用在隧道侧墙任意点  $i$  的侧向压力；

$e_t$ ——作用在衬砌结构上的侧向压力；

$F_l$ ——作用在锚固端混凝土上的局部压力设计值；

$F_m$ ——锚固端产生的附加局部压力设计值；

$F_{sv,k}$ ——检查室结构顶面竖向土压力标准值；

- $F_{xk}$ 、 $F_{yk}$ ——沿检查室结构  $x$  轴、 $y$  轴方向的管道水平作用标准值；
- $F'_{xk}$ 、 $F'_{yk}$ ——作用在单根支架立柱上沿管道轴向和垂直管道轴向的推力标准值；
- $G_{1k}$ ——检查室结构上部覆土重标准值；
- $G_{2k}$ ——检查室结构自重与管道及设备自重标准值之和；
- $G_{1s}$ ——每延米隧道结构上部  $h_1$  厚覆土重标准值；
- $G_{2s}$ ——每延米隧道结构自重与管道及设备自重标准值之和；
- $M$ ——推力作用在锚固端的弯矩设计值；
- $M_s$ ——按荷载组合计算出的弯矩值；
- $N_c$ ——作用效应的标准组合下计算截面上的轴向力；
- $N_d$ ——按最不利荷载组合求得的轴向力设计值；
- $N_k$ ——轴力标准值；
- $N'_k$ ——按最不利荷载组合求得的轴向力标准值；
- $N_s$ ——按荷载组合计算出的轴力值；
- $P$ ——地面车辆荷载传递到地下结构上的侧压力；
- $p$ ——均布荷载值；
- $Q_{vi,k}$ ——车辆的  $i$  个车轮承担的单轮压标准值；
- $q$ ——围岩垂直均布压力；
- $q_{hz,k}$ ——地面以下计算深度  $Z$  处墙上的侧压力标准值；
- $q_v$ ——作用在衬砌结构上不同点的竖向土压力；
- $q_{vk}$ ——轮压传递到结构顶面处的竖向压力标准值；
- $q_{vz,k}$ ——地面以下计算深度  $Z$  处的竖向压力标准值；
- $R$ ——结构构件抗力的设计值；
- $S$ ——作用效应的基本组合设计值；
- $S_{Gik}$ ——按第  $i$  个永久作用标准值  $G_{ik}$  计算的作用效

应值；

$S_{Qjk}$ ——按第  $j$  个可变作用标准值  $Q_{jk}$  计算的作用效应值；

$\sigma$ ——围岩弹性抗力强度；

$\sigma_t$ ——结构温度应力；

$\sigma_s$ ——受拉钢筋的应力；

$\sigma_z$ ——附加应力；

$\tau$ ——接触面上剪切应力。

### 2.2.2 材料指标：

$BQ$ ——岩体基本质量指标；

$[BQ]$ ——修正的岩体基本质量指标；

$C'$ ——土的有效黏聚力；

$E_c$ ——混凝土的弹性模量；

$E_e$ ——岩土弹性压缩模量；

$E_g$ ——钢材的弹性模量；

$E_r$ ——岩土的弹性模量；

$E_s$ ——钢筋的弹性模量；

$f_{cd}$ ——混凝土轴心抗压强度设计值；

$f_{cmd}$ ——混凝土弯曲抗压强度设计值；

$f_{ck}$ ——混凝土轴心抗压强度标准值；

$f_{ctk}$ ——混凝土轴心抗拉强度标准值；

$f'_{scd}$ ——钢筋的抗压强度设计值；

$f_{std}$ ——钢筋的抗拉强度设计值；

$I_{s(50)}$ ——岩石点荷载强度指数；

$J_v$ ——岩体体积节理数；

$K$ ——地层弹性抗力系数；

$K_v$ ——岩体完整性系数；

$R_c$ ——岩石单轴饱和抗压强度；

$S_k$ ——每立方米岩体非成组节理条数；

$S_n$ ——第  $n$  组节理每米长测线上的条数；

$\gamma$ ——围岩重度；  
 $\gamma_n$ ——土的天然重度；  
 $\gamma_b$ ——回填土的重度；  
 $\gamma_{\text{sat}}$ ——土的饱和重度；  
 $\gamma_w$ ——水的重度；  
 $\gamma'_s$ ——地下水位以下土的有效重度；  
 $\mu$ ——泊松比；  
 $v_{\text{pm}}$ ——岩体弹性纵波速度；  
 $v_{\text{pr}}$ ——岩石弹性纵波速度；  
 $\varphi_l$ ——岩土内摩擦角；  
 $\varphi_c$ ——围岩计算摩擦角；  
 $\varphi'$ ——隧道上覆地层内摩擦角加权平均值。

### 2.2.3 几何特征：

$A$ ——构件截面面积；  
 $A_0$ ——计算截面的换算截面面积；  
 $A_{\text{ce}}$ ——有效受拉混凝土截面面积；  
 $A_{\text{cv}}$ ——墙顶处土体破坏棱体上车辆传递竖向压力的作用面积；  
 $A_l$ ——混凝土局部受压面积；  
 $A_s$ 、 $A'_s$ ——受拉区、受压区纵向钢筋截面面积；  
 $a$ 、 $a'$ ——受拉区、受压区钢筋合力点至截面近边的距离；  
 $a_l$ 、 $b_l$ ——面积荷载的长和宽；  
 $B$ ——隧道宽度；  
 $b$ ——构件截面宽度；  
 $b_f$ ——I形构件截面受压区的翼缘计算宽度；  
 $b_i$ —— $i$ 个车轮的着地分布宽度；  
 $C_s$ ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离；  
 $d$ ——钢筋直径；

- $d_{aj}$ ——沿车轮着地分布长度方向，相邻两个车轮间的净距；
- $d_{bj}$ ——沿车轮着地分布宽度方向，相邻两个车轮间的净距；
- $d_m$ ——加强槽钢之间的中心距；
- $e$ ——轴向力作用点至受拉边钢筋  $A_s$  合力点的距离；
- $e_0$ ——轴向力对截面重心的偏心距；
- $e'$ ——轴向力作用点至纵向受压钢筋合力点的距离；
- $e_i$ ——轴向力对截面重心的初始偏心距；
- $e_s$ ——附加偏心距；
- $H$ ——覆土深度；
- $H_i$ ——计算点至地面的距离；
- $H_p$ ——检查室结构总高度；
- $H_s$ ——检查室盖板顶面至设计地面的距离；
- $H_t$ ——承压含水层顶板至结构底板（仰拱）底部的土层厚度；
- $H_w$ ——承压水压力水头高度；
- $h$ ——构件截面高度；
- $h_0$ ——构件截面有效高度；
- $h_{oi}$ ——第  $i$  层钢筋截面重心至混凝土受压区边缘的距离；
- $h_a$ ——深埋隧道围岩压力计算高度；
- $h_f$ ——I 形构件截面受压区的翼缘高度；
- $h_s$ ——墙顶处土体破坏棱体上车辆传递竖向压力的等代土高；
- $h_t$ ——计算点至拱顶的垂直距离；
- $I_x$ 、 $I_y$ ——对  $x$  轴、 $y$  轴的净截面惯性矩；
- $L$ ——注浆管管长；

- $L_s$ ——墙侧土体破坏棱体在墙顶处的长度；  
 $l$ ——构件计算长度；  
 $l_a$ 、 $l_b$ ——推力作用位置距立柱较远、较近锚固端处的距离；  
 $l_h$ ——支架计算长度；  
 $l_s$ ——固定支架前后隧道总长度；  
 $l_t$ ——结构计算长度；  
 $m_a$ ——沿车轮着地分布宽度方向的车轮排数；  
 $m_b$ ——沿车轮着地分布长度方向的车轮排数；  
 $r$ ——浆液扩散半径；  
 $u$ ——纵向受拉钢筋截面周长的总和；  
 $u_s$ ——结构水平位移；  
 $W_0$ ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；  
 $x$ ——混凝土受压区高度；  
 $x_b$ ——界限受压区高度；  
 $y_{sp}$ ——自截面重心至受拉边钢筋合力点的距离；  
 $Z$ ——设计地面至计算点的深度；  
 $Z_w$ ——自设计地面至地下水位的距离；  
 $z$ ——纵向受拉钢筋合力点至受压区合力点之间的距离；  
 $z_s$ ——待求点深度；  
 $z_t$ ——沿隧道纵轴方向计算长度；  
 $\alpha_i$ —— $i$ 个车轮的着地分布长度；  
 $\beta$ ——产生最大推力时的破裂角；  
 $\theta$ ——顶板土柱两侧摩擦角；  
 $\xi$ ——相对受压区高度；  
 $\xi_b$ ——相对界限受压区高度。

#### 2.2.4 计算系数及其他：

- $B_{max}$ ——支架立柱的变形值；  
 $[B]$ ——单根支架立柱在管道轴线位置处允许最大变

形值；

$C_c$ ——埋填式土压力系数；

$C_z$ ——地基水平阻力系数；

$f_x$ 、 $f_y$ ——支架立柱在沿管道轴向( $x$ 轴)、垂直管道轴向( $y$ 轴)推力作用下产生的挠度；

$i$ —— $B$ 每增减1m时的围岩压力增减率；

$K_1$ ——地下水影响修正系数；

$K_2$ ——主要软弱结构面产状影响修正系数；

$K_3$ ——初始应力状态影响修正系数；

$K_a$ ——主动土压力系数；

$K_s$ ——结构设计稳定性抗力系数；

$K_{ws}$ ——施工降水安全系数；

$k$ ——矩形面积均布荷载角点下的应力系数；

$m$ ——参与组合的永久作用数；

$n$ ——参与组合的可变作用数；

$n_d$ ——地层空隙率；

$n_s$ ——竖向土压力系数；

$n_z$ ——车轮的总数量；

$Q$ ——浆液注入量；

$S$ ——围岩级别；

$T$ ——温差；

$\Delta u$ ——结构端部变位；

$w_{\max}$ ——最大允许裂缝宽度；

$\alpha$ ——混凝土构件轴向力偏心影响系数；

$\alpha_0$ ——构件受力特征系数；

$\alpha_c$ ——地层充填系数；

$\alpha_{ct}$ ——混凝土拉应力限制系数；

$\alpha_h$ ——混凝土线膨胀系数；

$\beta_l$ ——混凝土局部受压时的强度提高系数；

$\beta_h$ ——浆液消耗系数；

- $\gamma_0$ ——结构的重要性系数；  
 $\gamma_{Gi}$ ——第  $i$  个永久作用的分项系数；  
 $\gamma_{Qj}$ ——第  $j$  个可变作用的分项系数；  
 $\gamma_{Rc}$ ——混凝土衬砌构件抗压检算抗力分项系数；  
 $\gamma_{Rt}$ ——混凝土衬砌构件抗裂检算抗力分项系数；  
 $\gamma_s$ ——钢筋混凝土衬砌构件抗压检算分项系数；  
 $\gamma_{sc}$ ——混凝土衬砌构件抗压检算作用效应分项系数；  
 $\gamma_{st}$ ——混凝土衬砌构件抗裂检算作用效应分项系数；  
 $\delta$ ——支护或衬砌所产生的向围岩的变形值；  
 $\epsilon$ ——结构应变；  
 $\zeta_1$ ——偏心距对截面弯曲的影响系数；  
 $\zeta_2$ ——构件长细比对截面弯曲的影响系数；  
 $\eta$ ——偏心距增大系数；  
 $\eta_f$ ——自由度系数；  
 $\eta_p$ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数；  
 $\lambda$ ——侧压力系数；  
 $\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $\mu_3$ ——土对结构侧面、顶面和底面的摩擦系数；  
 $\mu_D$ ——动力系数；  
 $\xi_z$ ——纵向受拉钢筋表面特征系数；  
 $\bar{n}_{te}$ ——按有效受拉混凝土面积计算的纵向受拉钢筋配筋率；  
 $\varphi$ ——混凝土构件纵向弯曲系数；  
 $\psi$ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数；  
 $\Psi_c$ ——可变作用的组合系数；  
 $\omega$ ——宽度影响系数。

## 3 工程地质与水文地质勘察

### 3.1 一般规定

3.1.1 工程地质与水文地质勘察，应针对隧道工程的特点确定勘察的内容和范围，并应进行调查、测绘、勘探和试验。

3.1.2 工程地质与水文地质勘察，应查明隧道围岩的工程地质条件与水文地质条件、确定隧道围岩的分级，并应为结构设计计算提供岩土物理力学参数。

### 3.2 围岩分级

3.2.1 隧道围岩的级别应选择影响围岩稳定性的岩石坚硬程度和岩体完整程度的两个基本因素，并应考虑地下水状态、初始应力状态和主要软弱结构面产状，采用定性划分和定量指标评定相结合的方法予以综合确定。围岩的分级应按以下顺序进行：

1 初步分级应按岩石的坚硬程度和岩体完整程度两个基本因素的定性特征和定量的岩体基本质量指标  $BQ$  综合划分；

2 详细定级应在初步分级基础上考虑修正因素的影响，修正岩体基本质量指标值；

3 详细分级应按修正的岩体基本质量指标 $[BQ]$ ，结合岩体的定性特征综合评判、确定。

3.2.2 围岩分级中岩石坚硬程度、岩体完整程度两个基本因素的定性划分和定量指标及其对应关系应符合下列规定：

1 岩石坚硬程度的定性划分可按表 3.2.2-1 的规定执行。

表 3.2.2-1 岩石坚硬程度的定性划分

名称		定性鉴定	代表性岩石
硬质岩	坚硬岩	锤击声清脆，有回弹，震手，难击碎；浸水后大多无吸水反应	未风化~微风化的花岗岩、正长岩、闪长岩、辉绿岩、玄武岩、安山岩、片麻岩、石英片岩、硅质板岩、石英岩、硅质胶结的砾岩、石英砂岩、硅质石灰岩等
	较坚硬岩	锤击声较清脆，有轻微回弹，稍震手，较难击碎；浸水后有轻微吸水反应	1 弱风化的坚硬岩； 2 未风化~微风化的熔结凝灰岩、大理岩、板岩、白云岩、石灰岩、钙质胶结的砂岩等
软质岩	较软岩	锤击声不清脆，无回弹，较易击碎；浸水后指甲可刻出印痕	1 强风化的坚硬岩； 2 弱风化的较坚硬岩； 3 未风化~微风化的凝灰岩、千枚岩、砂质泥岩、泥灰岩、泥质砂岩、粉砂岩、页岩等
	软岩	锤击声哑，无回弹，有凹痕，易击碎；浸水后手可掰开	1 强风化的坚硬岩； 2 弱风化~强风化的较坚硬岩； 3 弱风化的较软岩； 4 未风化的泥岩等
	极软岩	锤击声哑，无回弹，有较深凹痕，手可捏碎；浸水后可捏成团	1 全风化的各种岩石； 2 各种半成岩

2 岩石坚硬程度定量指标应采用岩石单轴饱和抗压强度  $R_c$  表达。 $R_c$  应采用实测值，当无实测值时，可采用实测的岩石点荷载强度指数  $I_{s(50)}$ ，并按下式计算：

$$R_c = 22.82(I_{s(50)})^{0.75} \quad (3.2.2)$$

式中： $R_c$ ——岩石单轴饱和抗压强度(MPa)；

$I_{s(50)}$ ——岩石点荷载强度指数(MPa)。

3 岩石单轴饱和抗压强度  $R_c$  与定性划分的岩石坚硬程度的对应关系可按表 3.2.2-2 确定。

表 3.2.2-2 岩石单轴饱和抗压强度与定性划分的岩石坚硬程度的对应关系

岩石单轴饱和抗压强度 $R_c$ (MPa)	>60	≤60, >30	≤30, >15	≤15, >5	≤5
坚硬程度	坚硬岩	较坚硬岩	较软岩	软岩	极软岩

4 岩体完整程度的定性划分可按表 3.2.2-3 的规定执行。

表 3.2.2-3 岩体完整程度的定性划分

名称	结构面发育程度		主要结构面的结合程度	主要结构面类型	相应结构类型
	组数	平均间距 (m)			
完整	1~2	>1.0	好或一般	节理、裂隙、层面	整体状或巨厚层状结构
较完整	1~2	>1.0	差	节理、裂隙、层面	块状或厚层状结构
	2~3	≤1.0, >0.4	好或一般		块状结构
较破碎	2~3	≤1.0, >0.4	差	节理、裂隙、层面、小断面	裂隙块状或中厚层状结构
	≥3	≤0.4, >0.2	好 一般		镶嵌碎裂结构 中、薄层状结构
破碎	≥3	≤0.4, >0.2	差	各种类型结构面	裂隙块状结构
		≤0.2	一般或差		碎裂状结构
极破碎	无序	—	很差	—	散体状结构

注：平均间距指主要结构面(1组~2组)间距的平均值。

5 岩体完整程度的定量指标应采用岩体完整性系数  $K_v$  表达。 $K_v$  应采用基于弹性波速度测试的实测值，当无实测值时，可用岩体体积节理数  $J_v$ ，并按表 3.2.2-4 确定对应的  $K_v$  值。

表 3.2.2-4 岩体体积节理数与岩体完整性系数对照表

岩体体积节理数 $J_v$ (条/ $m^3$ )	<3	$\geq 3, < 10$	$\geq 10, < 20$	$\geq 20, < 35$	$\geq 35$
岩体完整性系数 $K_v$	>0.75	0.75~0.55	0.55~0.35	0.35~0.15	<0.15

6 岩体完整性系数  $K_v$  与定性划分的岩体完整程度的对应关系可按表 3.2.2-5 确定。

表 3.2.2-5 岩体完整性系数  $K_v$  与定性划分的岩体完整程度的对应关系

岩体完整性系数 $K_v$	>0.75	$\leq 0.75,$ >0.55	$\leq 0.55,$ >0.35	$\leq 0.35,$ >0.15	$\leq 0.15$
岩体完整程度	完整	较完整	较破碎	破碎	极破碎

7 岩体完整程度的定量指标  $K_v$ 、 $J_v$  的测试和计算方法应符合本规程附录 A 的规定。

3.2.3 岩体基本质量指标  $BQ$  应根据分级因素的定量指标  $R_c$  值和  $K_v$  值按下式计算：

$$BQ = 90 + 3R_c + 250K_v \quad (3.2.3)$$

式中： $BQ$ ——岩体基本质量指标；

$K_v$ ——岩体完整性系数。

当  $R_c > 90K_v + 30$  时，应以  $R_c = 90K_v + 30$  和  $K_v$  代入计算  $BQ$  值；

当  $K_v > 0.04R_c + 0.04$  时，应以  $K_v = 0.04R_c + 0.04$  和  $R_c$  代入计算  $BQ$  值。

3.2.4 围岩详细定级时，岩体基本质量指标  $BQ$  应符合下列

规定:

1 出现下列情况之一时,应对岩体基本质量指标  $BQ$  进行修正:

- 1) 有地下水;
- 2) 围岩稳定性受软弱结构面影响,且由一组起控制作用;
- 3) 存在极高或高初始应力。

2 岩体基本质量指标  $BQ$  的修正应按下列式计算:

$$[BQ] = BQ - 100(K_1 + K_2 + K_3) \quad (3.2.4)$$

式中:  $[BQ]$ ——修正的岩体基本质量指标;

$K_1$ ——地下水影响修正系数,按本规程表 A.0.2-1 确定;

$K_2$ ——主要软弱结构面产状影响修正系数,按本规程表 A.0.2-2 确定;

$K_3$ ——初始应力状态影响修正系数,按本规程表 A.0.2-3 确定。

围岩极高或高初始应力状态的评估,可按本规程表 A.0.3 确定。

3.2.5 围岩分级可按表 3.2.5 确定,并应符合下列规定:

1 当根据岩体基本质量定性划分与岩体基本质量指标  $[BQ]$  确定的级别不一致时,应重新审查定性特征和定量指标计算参数的可靠性,并应对其进行重新观察、测试。

2 在工程可行性研究和初步勘测阶段,可采用定性划分的方法或工程类比的方法进行围岩级别划分。

表 3.2.5 围岩分级

围岩级别	岩体或土体主要定性特性	岩体基本质量指标 $BQ$ 或修正的岩体基本质量指标 $[BQ]$
I	坚硬岩,岩体完整,巨整体状或巨厚层状结构	>550

续表 3.2.5

围岩级别	岩体或土体主要定性特性	岩体基本质量指标 BQ 或修正的岩体基本质量指标 [BQ]
II	坚硬岩, 岩体较完整, 块状或厚层状结构; 较坚硬岩, 岩体完整, 块状整体结构	550~451
III	坚硬岩, 岩体较破碎, 巨块(石)碎(石)状镶嵌结构; 较坚硬岩或较软硬岩层, 岩体较完整, 块状体或中厚层结构	450~351
IV	坚硬岩, 岩体破碎, 碎裂结构; 较坚硬岩, 岩体较破碎~破碎, 镶嵌碎裂结构; 较软岩或软硬岩互层, 且以软岩为主, 岩体较完整~较破碎, 中薄层状结构	350~251
	土体: 1 压密或成岩作用的黏性土及砂性土; 2 黄土(Q <sub>1</sub> 、Q <sub>2</sub> ); 3 一般钙质、铁质胶结的碎石土、卵石土, 大块石土	—
V	较软岩, 岩体破碎; 软岩, 岩体较破碎~破碎; 极破碎各类岩体, 碎、裂状, 松散结构	≤250
	一般第四系的半干硬至硬塑的黏性土(如地下水位以上的粉质黏土)及稍湿至潮湿的碎石土, 卵石(级配良好的砂卵石)土、圆砾、角砾土及黄土(Q <sub>3</sub> 、Q <sub>4</sub> )	—
VI	地下水环境中的粉质黏土; 黏质粉土, 粉细砂层、中砂层, 级配不良的卵砾石、圆砾层, 黏土, 软土, 淤泥质土等	—

注: 本表不适用于膨胀性围岩、多年冻土等特殊条件的围岩分级。

### 3.2.6 各级围岩的自稳能力宜根据围岩变形量测和理论计算分

析来评定，也可按本规程表 A.0.4 的规定作出判断。

### 3.3 水文地质条件勘察

**3.3.1** 水文地质条件勘察应查明沿线与工程有关的水文地质条件，并应根据工程需要和水文地质的特点，评价地下水对岩土及隧道结构的作用和影响，预测地下水对工程施工可能产生的后果，并应提出防治措施。

**3.3.2** 水文地质条件勘察应调查历年最高水位、最低水位和回灌水位，且应分层查明地下水位、水量及含水层层位、地下水与地表水的水力联系和补给条件，测定有关地层的渗透性，并按下列内容评价地下水对工程的影响：

1 应对施工采取降、排水措施可能引起的两侧建筑物变形、市政道路的下沉或塌陷、地下水动态的变化、地下管线或各种设施的变形等不利影响进行评价，并应提出防治措施；

2 隧道底板以下有承压水含水层时，应对施工过程中承压水头对隧道稳定性影响进行评价；

3 隧道穿越含水粉细砂、粉土层时，应对开挖引起潜蚀、流砂、涌土的可能性进行评价；

4 应对地下水对岩土的软化、崩解、湿陷、潜蚀等有害作用进行评价，必要时应进行结构抗浮验算；

5 应调查沿线人防工程、人工洞室的充水情况，并应对隧道的影响进行评价。

**3.3.3** 结构设计计算应根据土的物性、渗透性和地下水动力学条件，提出对水压力采取水土分算或水土合算的建议。

### 3.4 岩土力学参数

**3.4.1** 岩土力学参数应依据工程的地质条件和岩土工程勘察报告选取，并应符合下列规定：

1 当无详细勘察资料时，岩土强度的内聚力  $c$  和内摩擦角  $\varphi$  可按表 3.4.1-1 的规定取值。

表 3.4.1-1 岩土强度的内聚力和内摩擦角

岩土类型	岩土强度指标	
	内聚力 $c$ ( $\times 10^2$ kPa)	内摩擦角 $\varphi$ ( $^\circ$ )
花岗岩	80~140	56
玄武岩	280	50
闪长岩	110	52
斑岩	220	56
云母片岩	80~90	62
千枚岩	22	47
泥灰岩	1.0	26
粗砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.02	42
中砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.03	40
细砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.06	38
粉砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.08	36
粉土	0.15	30
重粉质黏土	0.40	24
黏土	0.12	23
软土	0.10	10

注：表中  $e$  为孔隙比。

- 2 岩土弹性模量  $E_r$  和泊松比  $\mu$  的取值应符合下列规定：
- 1) 泊松比  $\mu$  可按表 3.4.1-2 的规定取值；
  - 2) 岩土弹性模量  $E_r$  可按表 3.4.1-2 的规定取值，也可根据弹性压缩模量和泊松比  $\mu$  按下式计算确定：

$$E_r = E_c \left( 1 - \frac{2\mu^2}{1-\mu} \right) \quad (3.4.1)$$

式中： $E_r$ ——岩土的弹性模量 (MPa)；  
 $E_c$ ——岩土的弹性压缩模量 (MPa)；  
 $\mu$ ——泊松比。

表 3.4.1-2 岩土弹性模量和泊松比值

岩土类型	弹性模量 $E_r$ ( $10^3\text{MPa}$ )	泊松比 $\mu$
辉绿岩	67.7~77.5	0.10~0.16
玄武岩	42.2~104.0	0.16
闪长岩	21.6~112.0	0.10~0.25
安山岩	42.2~104.0	0.16~0.20
花岗岩	53.3~67.7	0.10~0.25
流纹岩	21.6~112.0	0.10~0.16
火山角砾岩	9.8~112.0	0.10~0.16
砾岩	9.8~112.0	0.16~0.30
砂岩	27.3~53.0	0.10~0.20
砂质页岩	19.6~35.3	0.20~0.30
云母页岩	19.6~35.3	0.20~0.30
石灰岩	20.6~82.4	0.16~0.30
泥灰岩	3.7~20.6	0.20~0.40
白云岩	12.7~33.3	0.16~0.30
板岩	21.6~33.3	0.16
片麻岩	14.7~68.6	0.20~0.30
大理岩	9.8~33.3	0.16
粗砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.046	0.30
中砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.044	0.35
细砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.037	0.35
粉砂 ( $e \leq 0.5$ )	0.014	0.35
粉土	0.026	0.33
重粉质黏土	0.035	0.30
黏土	0.023	0.35
软土	0.001~0.004	0.45~0.48

注： $e$ 为孔隙比。

3 地层弹性抗力系数  $K$  可按表 3.4.1-3 的规定取值。

表 3.4.1-3 地层弹性抗力系数

地层岩土名称	弹性抗力系数 $K$ (MPa/m)	
	水平向	垂直向
坚硬的石灰岩、大理岩, 不坚硬的花岗岩	1200~2000	1500~2500
普通砂岩	800~1200	1000~1500
砂质片岩、片状砂岩	600~800	750~1000
坚硬的板岩、不坚硬的砂岩及石灰岩, 砾岩	400~600	500~750
不坚硬的片石、密实的泥灰岩	300~400	400~500
软片岩、软石灰岩、破碎砂岩、胶结的卵石、块石土壤	200~300	250~400
碎石土壤、破碎片石、粘结的卵石和碎石、硬化黏土	1200~200	150~250
密实黏土、坚硬的冲积土	60~120	80~150
湿砂、黏砂土、填土、泥炭、轻型黏土	50~60	40~80

## 4 平纵断面设计

### 4.1 一般规定

- 4.1.1 检查室和隧道的平面及纵断面设计应满足城市规划、环境保护的要求，且应满足城市供热管网运行管理的要求。
- 4.1.2 检查室和隧道的平面及纵断面的确定应符合施工工艺或其他专业的有关要求。
- 4.1.3 检查室和隧道的平面及纵断面设计应考虑施工条件，符合现场施工的要求。

### 4.2 平面

- 4.2.1 隧道宜设计为直线，当因受条件限制应有转角时，转角角度不应小于  $90^{\circ}$ 。
- 4.2.2 隧道转角设计可采用直开洞门或格栅扇形排列的方式，并应有节点设计图。
- 4.2.3 隧道应避免下穿楼房等地上建筑物和地铁隧道、车站等大型地下构筑物，当因受条件限制需下穿时，应有可靠的环境风险源专项设计方案。
- 4.2.4 隧道应避免与雨水、污水、电力等市政管线同路由顺行。
- 4.2.5 竖井的设置应符合检查室的设置和施工条件的要求，其间距不应大于 400m。
- 4.2.6 隧道末端处应设置与隧道连接的人孔。
- 4.2.7 平面设计应绘制检查室（竖井）及隧道的平面位置、结构轮廓尺寸，并应绘制出检查室（竖井）的点号、初期支护、二次衬砌的厚度、隧道开挖方向等。

### 4.3 纵断面

4.3.1 检查室与隧道宜选择在自稳能力强的地层中，不宜设置在流砂层、杂填土层、承压水层等不良地质地段，当不可避免时，应采取治水措施和围岩预加固设计方案。

4.3.2 检查室处的隧道覆土深度不宜大于 12m。

4.3.3 隧道的坡度应根据热力管道的坡度要求、隧道排水等因素综合确定，两个竖井之间的隧道宜设置为单向坡，坡度不宜小于 0.2%。

4.3.4 纵断面设计应表示不同高程的工程地质条件、与结构相关的主要地上及地下建（构）筑物、检查室（竖井）及供热管网隧道的纵断面位置、剖面尺寸、结构的初期支护、二次衬砌的厚度。

### 4.4 隧道横断面

4.4.1 隧道净宽、净高应按热力管线的管径尺寸、管道数量以及设备材料运输、安装、检查、维修等要求综合确定。

4.4.2 隧道横断面内净空形状宜为弧形拱、直边墙和平底板的马蹄形。

4.4.3 隧道的横断面尺寸设计宜考虑方便人员通行。

### 4.5 检查室（竖井）

4.5.1 检查室（竖井）位置设置应符合下列规定：

- 1 应遵循“占地面积少、拆迁量少、保护环境”的原则；
- 2 可利用供热管网的检查室或隧道转角位置；
- 3 应避开建、构筑物；
- 4 应避开地质突变地段；

5 应避开交通主干线、十字路口、小区、公共建筑出入口等车流、行人密集的地段；当设有泄水阀门的检查室位于机动车道时，应设置排水副井；

- 6 应便于出土、进料、管道或设备的吊装和运输。
- 4.5.2 检查室宜设计成矩形。
- 4.5.3 检查室内净空尺寸应符合下列规定：
  - 1 应遵循“科学、合理、综合利用地下空间”的原则；
  - 2 应满足热力管道和设备的安装、检修、更换等要求；
  - 3 应满足工作人员安全通行、自然通风等要求；
  - 4 从地面到井底的深度宜小于 20m。
- 4.5.4 需安装热力设备的检查室应设置积水坑、设备吊装孔。
- 4.5.5 检查室应设置便于通风的对角人孔，人孔盖板尺寸和标志应符合城市规划和地面交通的要求。
- 4.5.6 检查室爬梯、护栏等的设计应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 和《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105 的有关规定。

## 5 材 料

**5.0.1** 供热管网隧道工程常用建筑材料的种类及强度等级应符合下列规定：

- 1 主体结构混凝土强度等级应为 C30、C40；
- 2 喷射混凝土强度等级应为 C20、C25；
- 3 水泥砂浆强度等级应为 M7.5、M10、M15；
- 4 钢筋的种类和强度等级应为 HPB300、HRB335、HRB400；
- 5 钢材的强度等级应为 Q235、Q345。

**5.0.2** 供热管网隧道工程各结构部位的混凝土强度等级不应低于表 5.0.2 的规定。

表 5.0.2 供热管网隧道工程各结构部位的混凝土强度等级

工程部位		混凝土强度等级	
		喷射混凝土	钢筋混凝土
竖井及检查室	锁口圈梁	—	C25
	侧墙	C20	C30
	盖板	—	C30
	底板	—	C30
隧道	拱圈	C20	C30
	侧墙	C20	C30
	仰拱	C20	C30
	底板	C20	C30

**5.0.3** 供热管网隧道工程使用的建筑材料除应满足结构强度和耐久性要求外，尚应符合下列规定：

- 1 应满足抗冻、抗渗、抗侵蚀的要求；
- 2 当有侵蚀性水经常作用时，所有混凝土和水泥砂浆均应采用具有抗侵蚀性能的特种水泥和骨料配置，其抗侵蚀性能应按水的侵蚀特征确定；
- 3 混凝土的设计指标应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定；
- 4 混凝土的抗渗等级不应低于 P8。相应混凝土的骨料应选择良好级配，且水胶比不应大于 0.5；
- 5 喷射混凝土应优先采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥；
- 6 粗骨料应采用坚硬耐久的碎石或卵石，不得使用碱活性骨料；细骨料应采用坚硬耐久的中砂或粗砂，细度模数宜大于 2.5。喷射混凝土中的骨料粒径不宜大于 15mm，骨料宜采用连续级配；
- 7 锚杆用的水泥砂浆强度等级不应低于 M20；
- 8 钢筋混凝土构件中使用的钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1 和《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2 的有关规定；
- 9 初期支护的钢架宜采用钢筋制成，格栅节间加强筋形状宜为“8”字形或“之”字形；
- 10 钢筋网的材料宜采用 HPB300 钢筋，直径宜为 6mm~12mm；
- 11 钢材的设计指标应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定；
- 12 钢质锚杆杆体直径宜为 20mm~32mm，杆体应使用带肋钢筋，材料基本物理力学指标不应低于 HRB335、HRB400 钢筋，杆体断裂延伸率不得小于 16%；锚杆端头应设垫板，垫板材料宜采用 Q235 钢材。

**5.0.4** 混凝土和喷射混凝土中掺加外加剂的性能应符合下列

规定:

1 应对混凝土的强度及其与围岩的粘结力无影响,且应对混凝土及钢材无腐蚀作用;

2 除速凝剂和缓凝剂外,应对混凝土的凝结时间影响小;

3 应易于保存、不易吸湿,且不应污染环境。

5.0.5 常用建筑材料的标准重度或计算重度可按表 5.0.5 选取。

表 5.0.5 常用建筑材料的标准重度或计算重度

材料名称	混凝土	钢筋混凝土 (配筋率在 3%以内)	喷射混凝土	钢材
重度 (kN/m <sup>3</sup> )	23	25	22	78.5

注:当钢筋混凝土配筋率大于 3%时,其重度应计算确定。

5.0.6 混凝土的强度标准值可按表 5.0.6 选取。

表 5.0.6 混凝土的强度标准值

混凝土强度等级	混凝土的强度标准值 (MPa)	
	轴心抗压 $f_{ck}$	轴心抗拉 $f_{ctk}$
C15	10.0	1.27
C20	13.4	1.54
C25	16.7	1.78
C30	20.1	2.01
C40	26.8	2.39

注:1 混凝土垂直浇筑,且一次浇筑层高度大于 1.5m 时,表中强度值应乘以系数 0.9;

2 计算现浇钢筋混凝土轴心受压构件时,如截面中的边长或直径小于 300mm,则表中强度值应乘以系数 0.8,当混凝土成形、截面和轴线尺寸等构件质量确有保证时,则不受此限制。

5.0.7 混凝土的强度设计值可按表 5.0.7 选取。

表 5.0.7 混凝土的强度设计值

混凝土强度等级	混凝土的强度设计值 (MPa)		
	轴心抗压强度 $f_{cd}$	轴心抗拉强度 $f_{ctk}$	弯曲抗压强度 $f_{cmd}$
C15	7.2	0.91	8.5
C20	9.6	1.10	11.0
C25	11.9	1.27	13.5
C30	14.3	1.43	16.5
C40	19.1	1.71	21.5

5.0.8 混凝土的弹性模量  $E_c$  应按表 5.0.8 的规定取值。混凝土的剪切变形模量可按所选受压弹性模量值的 0.4 倍采用。混凝土的泊松比可按 0.2 采用。

表 5.0.8 混凝土的弹性模量

混凝土强度等级	C15	C20	C25	C30	C40
弹性模量 $E_c$ ( $\times 10^4$ MPa)	2.22	2.55	2.80	3.00	3.25

5.0.9 当管道运行阶段的受热温度超过  $20^\circ\text{C}$  时，混凝土的强度值及弹性模量应予以折减，不同温度作用下混凝土强度值及弹性模量值的折减系数应符合表 5.0.9 的规定。

表 5.0.9 不同温度作用下混凝土强度值及弹性模量值的折减系数

受热温度 ( $^\circ\text{C}$ )	折减系数			受热温度的取值
	轴心抗压强度	轴心抗拉强度	弹性模量	
20	1.0	1.0	1.0	轴心受压及轴心受拉时取计算截面的平均温度，弯曲受压时取表面最高受热温度
60	0.85	0.80	0.85	
100	0.80	0.70	0.75	承载能力极限状态计算时，取构件的平均温度，正常使用极限状态验算时，取内表面最高温度

注：当受热温度为中间值时，折减系数值可采用线性内插求得。

**5.0.10** 混凝土和钢筋混凝土结构中使用的混凝土极限强度应符合表 5.0.10 的规定。

**表 5.0.10 混凝土极限强度**

混凝土强度等级	混凝土的极限强度 (MPa)		
	抗压	弯曲抗压	抗拉
C15	12.0	15.0	1.4
C20	15.5	19.4	1.7
C25	19.0	24.2	2.0
C30	22.5	28.1	2.2
C40	29.5	36.9	2.7

**5.0.11** 喷射混凝土的设计强度不应低于 C20，不同强度等级喷射混凝土的设计强度应符合表 5.0.11 的规定。

**表 5.0.11 喷射混凝土的设计强度**

混凝土强度等级	强度种类 (MPa)		
	轴心抗压	弯曲抗压	抗拉
C20	10.0	11.0	1.1
C25	12.5	13.5	1.3

注：喷射混凝土的强度指采用喷射大板切割法，制作成边长为 100mm 的立方体，在标准条件下养护 28d，用标准方法所得的极限抗压强度乘以系数 0.95。

**5.0.12** 喷射混凝土的弹性模量应按表 5.0.12 采用。

**表 5.0.12 喷射混凝土的弹性模量**

喷射混凝土强度等级	C20	C25
弹性模量 $E_c$ ( $\times 10^4$ MPa)	2.10	2.30

**5.0.13** 钢筋强度的标准值与设计值应符合表 5.0.13 的规定。

**表 5.0.13 钢筋强度的标准值与设计值**

钢筋种类	抗拉强度标准值 (MPa)	抗拉强度、抗压强度设计值 (MPa)
HPB300	300	270
HRB335	335	300
HRB400	400	360

**5.0.14** 钢筋的弹性模量  $E_s$  应按表 5.0.14 采用。

**表 5.0.14 钢筋的弹性模量**

钢筋牌号或种类	HPB300	HRB335	HRB400
弹性模量 $E_s$ ( $\times 10^5$ MPa)	2.10	2.00	2.00

**5.0.15** 钢材的强度设计值应根据钢材厚度或直径按表 5.0.15-1 采用。焊缝的连接强度设计值应符合表 5.0.15-2 的规定。

**表 5.0.15-1 钢材的强度设计值**

钢材类型		钢材的强度设计值 (MPa)		
型号	厚度或直径 (mm)	抗拉、抗压和抗弯 $f$	抗剪 $f_v$	端面承压 (刨平顶紧) $f_{ce}$
Q235 钢	$\leq 16$	215	125	325
	$> 16 \sim 40$	205	120	
	$> 40 \sim 60$	200	115	
Q345 钢	$\leq 16$	310	180	400
	$> 16 \sim 35$	295	170	
	$> 35 \sim 50$	265	155	

表 5.0.15-2 焊缝的强度设计值

焊接方法和 焊条型号	构件钢材		焊缝的强度设计值 (MPa)				
			对接焊缝			角焊缝	
	牌号	厚度或直径 (mm)	抗压 $f_c^w$	焊缝质量为下列等 级时, 抗拉 $f_t^w$		抗剪 $f_v^w$	抗拉、抗压 和抗剪 $f^w$
I 级 II 级				III 级			
自动焊、半自 动焊和 E43 型 焊条的手工焊	Q235	$\leq 16$	215	215	185	125	160
		$> 16 \sim 40$	205	205	175	120	
		$> 40 \sim 60$	200	200	170	115	
自动焊、半自 动焊和 E50 型 焊条的手工焊	Q345	$\leq 16$	310	310	265	180	200
		$> 16 \sim 35$	295	295	250	170	
		$> 35 \sim 50$	265	265	225	155	

5.0.16 钢材的弹性模量  $E_g$  可按  $2.06 \times 10^5$  MPa 采用。

5.0.17 钢材及其焊缝在温度作用下的强度设计值应予以折减, 不同温度作用下钢材强度值的折减系数应符合表 5.0.17 的规定。

表 5.0.17 不同温度作用下钢材强度值的折减系数

钢材牌号	折减系数		
	$\leq 100$ (°C)	150 (°C)	200 (°C)
Q235、Q345	1.00	0.92	0.88

注: 当受热温度为中间值时, 折减系数值可采用线性内插求得。

5.0.18 防水材料的规格和性能应符合下列规定:

1 塑料防水板应采用易于焊接的防水板材, 厚度不应小于 1.2mm, 幅宽不宜小于 3m;

2 可选用乙烯-醋酸乙烯共聚物 (EVA)、乙烯-共聚物沥青 (ECB) 和 ECB/EVA 共挤复合板等材料, 不宜使用含有氯离子的防水材料;

3 塑料防水板物理力学性能应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《高分子防水材料 第 1 部分：片材》GB 18173.1 的有关规定；

4 无纺布的密度不应小于  $350\text{g}/\text{m}^2$ 。

## 6 结构上的作用（荷载）

6.0.1 作用的分类应符合表 6.0.1 的规定。

表 6.0.1 作用的分类

序号	作用分类	结构受力及影响因素
1	永久作用	结构自重
2		结构附加恒荷载
3		围岩压力
4		土压力
5		混凝土收缩和徐变影响
6		地基下沉影响
7		热力管道及设备自重
8		温度影响
9	可变作用	地面车辆荷载
10		地表水或地下水的静水压力
11		支架的推力
12		施工荷载

6.0.2 作用应根据隧道所处的地形、地质条件、埋置深度、结构特征和工作条件、施工方法、相邻隧道间距等因素，按计算或工程类比确定。当施工过程中发现作用荷载与实际不符时，应及时修正。对地质条件复杂的隧道，应通过实地量测确定作用的代表值或荷载的计算值及其分布规律。

6.0.3 检查室（竖井）结构土压力标准值的确定应符合下列规定：

- 1 检查室结构上的竖向土压力标准值应按下列规定确定：
  - 1) 当设计地面高于原状地面时，作用在结构上的竖向土

压力标准值应按下式计算：

$$F_{sv,k} = C_c \times \gamma_b \times H_s \quad (6.0.3-1)$$

式中： $F_{sv,k}$ ——检查室结构顶面竖向土压力标准值 (kPa)；

$C_c$ ——埋填式土压力系数，可按 1.2 ~ 1.4 取值；

$\gamma_b$ ——回填土的重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )，可按  $18\text{kN}/\text{m}^3$  取值；

$H_s$ ——检查室盖板顶面至设计地面的距离 (m)；

2) 对由设计地面开槽施工的检查室，作用在结构上的竖向土压力标准值应按下式计算：

$$F_{sv,k} = n_s \times \gamma_b \times H_s \quad (6.0.3-2)$$

式中： $n_s$ ——竖向土压力系数。当结构平面尺寸长宽比小于或等于 10 时，可按 1.0 取值；当结构平面尺寸长宽比大于 10 时，宜按 1.2 取值。

2 作用在检查室结构上的侧向土压力标准值 (图 6.0.3) 应按下列规定确定：

- 1) 土压力标准值应按主动土压力计算；
- 2) 当地面平整时，结构位于地下水位以上部分的主动土压力标准值应按下式计算：

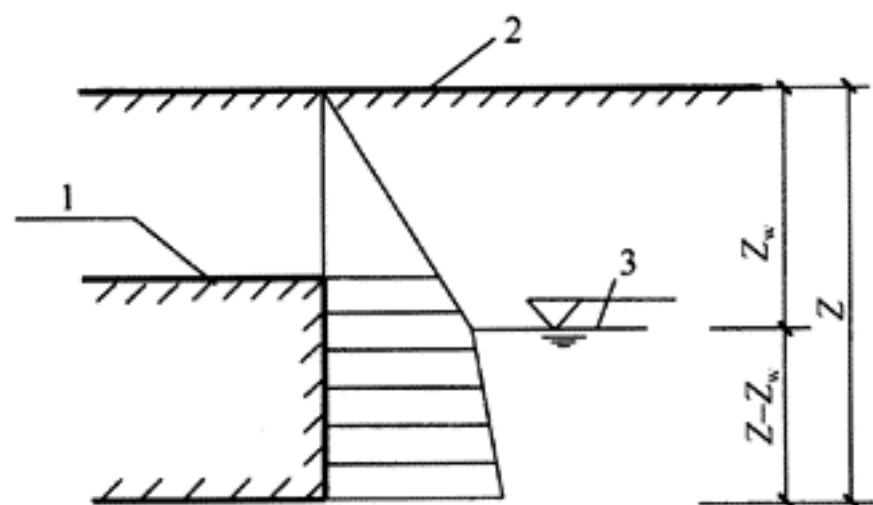


图 6.0.3 检查室侧墙上的主动土压力分布图

1—检查室；2—设计地面；3—地下水位

$$e_{ak} = K_a \times \gamma_n \times Z \quad (6.0.3-3)$$

式中： $e_{ak}$ ——地下水位以上的主动土压力标准值 (kPa)；  
 $K_a$ ——主动土压力系数。应根据土的抗剪强度确定，当缺乏试验资料时，砂类土或粉土可取 1/3；对黏性土可取 1/3~1/4；  
 $\gamma_n$ ——土的天然重度 (kN/m<sup>3</sup>)；  
 $Z$ ——设计地面至计算点的深度 (m)。

3) 结构位于地下水位以下部分的侧向水土压力，应根据地层条件的不同分别按水土分算法和水土合算法确定。水土分算法计算时，检查室底板底面处的水土压力标准值可按下式计算：

$$e'_{ak} = K_a [\gamma_n \times Z_w + \gamma'_s (Z - Z_w)] - 2C' \sqrt{K_a} + \gamma_w (Z - Z_w) \quad (6.0.3-4)$$

式中： $e'_{ak}$ ——检查室底板底面处的水土压力标准值 (kPa)；  
 $Z_w$ ——自设计地面至地下水位的距离 (m)；  
 $\gamma'_s$ ——地下水位以下土的有效重度 (kN/m<sup>3</sup>)；  
 $C'$ ——土的有效黏聚力 (kPa)；  
 $\gamma_w$ ——水的重度 (kN/m<sup>3</sup>)，可按 10kN/m<sup>3</sup> 取值。  
 水土合算法计算时，检查室底板底面处的水土压力标准值可按下式计算：

$$e'_{ak} = K_a [\gamma_n \times Z_w + \gamma_{sat} (Z - Z_w)] - 2C' \sqrt{K_a} \quad (6.0.3-5)$$

式中： $\gamma_{sat}$ ——土的饱和重度 (kN/m<sup>3</sup>)。

**6.0.4** 地面车辆荷载对检查室结构的作用标准值的确定应符合下列规定：

1 地面车辆荷载传递到结构顶面的竖向压力标准值应按下列规定确定：

1) 单个轮压传递到结构顶面的竖向压力标准值

(图 6.0.4-1) 应按下式计算:

$$q_{vk} = \frac{\mu_D \times Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H)(b_i + 1.4H)} \quad (6.0.4-1)$$

式中:  $q_{vk}$ ——轮压传递到结构顶面处的竖向压力标准值 (kPa);

$\mu_D$ ——动力系数, 可按表 6.0.4 的规定取值;

$Q_{vi,k}$ ——车辆的  $i$  个车轮承担的单轮压标准值 (kN);

$a_i$ —— $i$  个车轮的着地分布长度 (m);

$b_i$ —— $i$  个车轮的着地分布宽度 (m);

$H$ ——覆土深度 (m)。

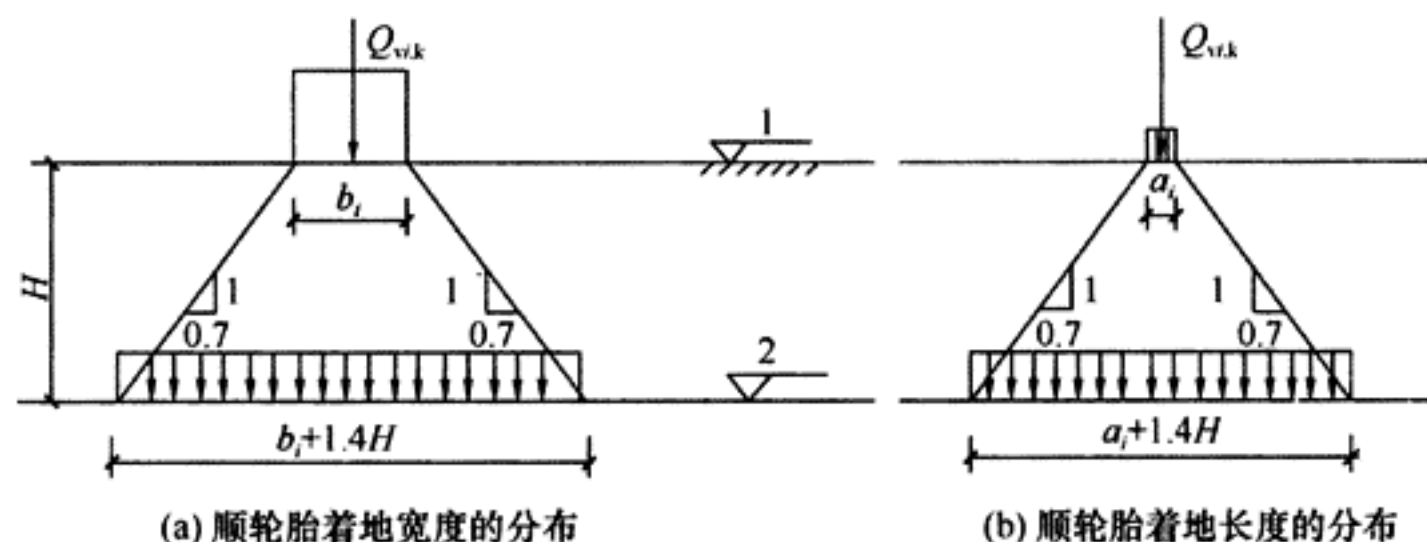


图 6.0.4-1 单个轮压的传递分布图

1—设计地面; 2—结构顶面

表 6.0.4 动力系数  $\mu_D$

覆土深度 $H$ (m)	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	$\geq 0.70$
动力系数 $\mu_D$	1.30	1.25	1.20	1.15	1.05	1.00

2) 两个或两个以上单排轮压综合影响传递到结构顶面的竖向压力标准值 (图 6.0.4-2) 应按下式计算:

$$q_{vk} = \frac{\mu_D \times n \times Q_{vi,k}}{(a_i + 1.4H) \left( n \times b_i + \sum_{j=1}^{n-1} d_{bj} + 1.4H \right)} \quad (6.0.4-2)$$

式中： $n$ ——车轮的总数量（个）；

$d_{bj}$ ——沿车轮着地分布宽度方向，相邻两个车轮间的净距（m）。

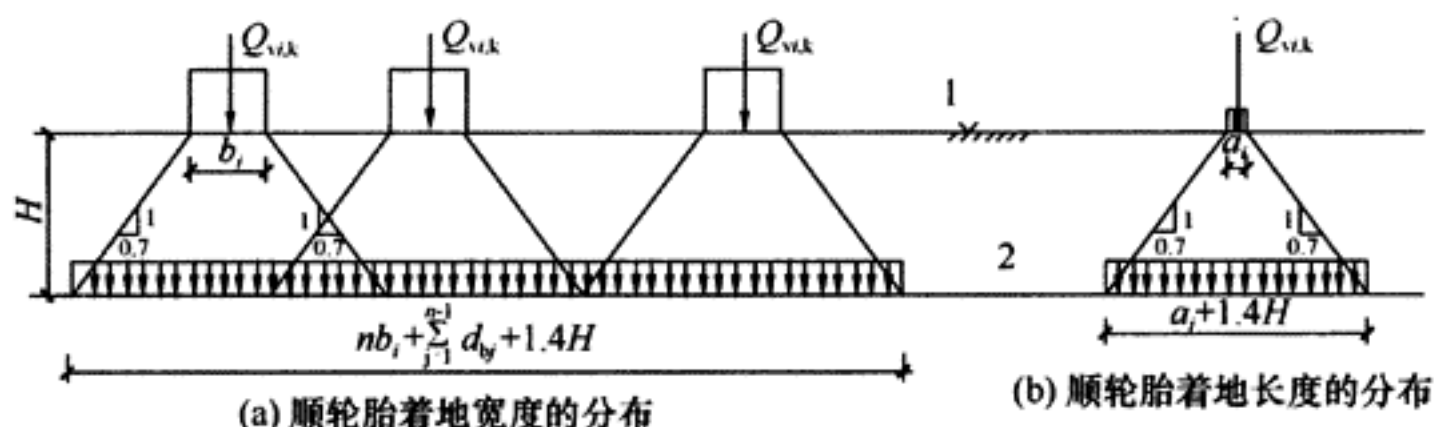


图 6.0.4-2 两个或两个以上单排轮压综合影响的传递分布图

1—设计地面；2—结构顶面

3) 多排轮压综合影响传递到结构顶面的竖向压力标准值可按下式计算：

$$q_{vk} = \frac{\mu_D \sum_{i=1}^n Q_{vi,k}}{\left( \sum_{i=1}^{m_a} a_i + \sum_{j=1}^{m_a-1} d_{aj} + 1.4H \right) \left( \sum_{i=1}^{m_b} b_i + \sum_{j=1}^{m_b-1} d_{bj} + 1.4H \right)} \quad (6.0.4-3)$$

式中： $m_a$ ——沿车轮着地分布宽度方向的车轮排数（排）；

$m_b$ ——沿车轮着地分布长度方向的车轮排数（排）；

$d_{aj}$ ——沿车轮着地分布长度方向，相邻两个车轮间的净距（m）。

2 地面车辆传递到结构上的侧压力标准值应按下式计算：

$$q_{hz,k} = K_a \times q_{vz,k} \quad (6.0.4-4)$$

式中： $q_{hz,k}$ ——地面以下计算深度  $Z$  处墙上的侧压力标准值（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）；

$q_{vz,k}$ ——地面以下计算深度  $Z$  处的竖向压力标准值（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）。

当检查井墙顶处由地面车辆荷载作用产生的竖向压力标准值  $q_{vk}$  分布长度小于墙侧土体的破坏棱体长度 ( $L_s$ ) 时, 地面以下计算深度  $Z$  处墙上的侧压力标准值可按下列公式计算:

$$q_{hz,k} = \gamma_b \times h_s \times K_a \quad (6.0.4-5)$$

$$h_s = \frac{q_{vk} \times A_{cv}}{\gamma_b \times L_s (b_i + d_{bj})} \quad (6.0.4-6)$$

$$L_s = H_p \sqrt{K_a} \quad (6.0.4-7)$$

式中:  $L_s$ ——墙侧土体破坏棱体在墙顶处的长度 (m);

$h_s$ ——墙顶处土体破坏棱体上车辆传递竖向压力的等代土高 (m);

$A_{cv}$ ——墙顶处土体破坏棱体上车辆传递竖向压力的作用面积 ( $m^2$ );

$H_p$ ——检查室结构总高度 (m)。

#### 6.0.5 暗挖隧道恒荷载计算应符合下列规定:

1 计算深埋隧道衬砌时, 围岩压力应按松散压力考虑, 其垂直及侧向压力应按下列规定确定:

1) 垂直匀布压力应按下列公式计算:

$$q = \gamma \times h_a \quad (6.0.5-1)$$

$$h_a = 0.45 \times 2^{S-1} \times \omega \quad (6.0.5-2)$$

$$\omega = 1 + i(B - 5) \quad (6.0.5-3)$$

式中:  $q$ ——围岩垂直均布压力 (kPa);

$\gamma$ ——围岩重度 ( $kN/m^3$ );

$h_a$ ——深埋隧道围岩压力计算高度 (m);

$S$ ——围岩级别;

$\omega$ ——宽度影响系数;

$B$ ——隧道宽度 (m);

$i$ —— $B$  每增减 1m 时的围岩压力增减率, 当  $B$  小于 5m 时, 取  $i$  为 0.2;  $B$  大于 5m 时, 取  $i$  为 0.1。

2) 作用在衬砌结构上的侧向压力应按下列公式计算:

$$e_t = \lambda \times q_v \quad (6.0.5-4)$$

$$\lambda = \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi_t}{2}) \quad (6.0.5-5)$$

$$q_v = q + \gamma \times h_t \quad (6.0.5-6)$$

式中： $e_t$ ——作用在衬砌结构上的侧向压力 (kPa)；

$\lambda$ ——侧压力系数；

$q_v$ ——作用在衬砌结构上不同点的竖向土压力 (kPa)；

$\varphi_t$ ——岩土内摩擦角 ( $^\circ$ )；

$h_t$ ——计算点至拱顶的垂直距离 (m)。

2 对于地面基本水平的浅埋隧道 (图 6.0.5)，荷载计算标准值应符合下列规定：

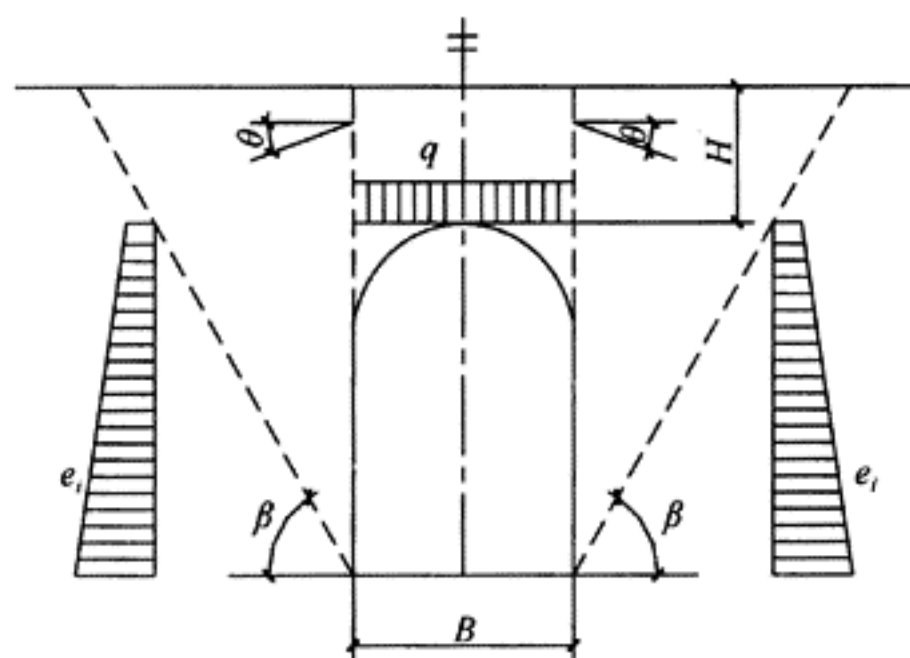


图 6.0.5 浅埋隧道所受的作用 (荷载) 图

- 1) 当洞顶至地面高度大于或等于  $2.5h_a$  时，隧道顶部垂直压力应按公式 (6.0.5-1) 计算。隧道顶部垂直压力应符合下列规定：
- 2) 当洞顶至地面高度大于  $h_a$  且小于  $2.5h_a$  时，隧道顶部垂直压力应按下列公式计算：

$$q = \gamma \times H \left( 1 - \frac{\lambda \times H \times \tan \theta}{B} \right) \quad (6.0.5-7)$$

$$\lambda = \frac{\tan\beta - \tan\varphi_c}{\tan\beta[1 + \tan\beta(\tan\varphi_c - \tan\theta) + \tan\varphi_c \tan\theta]} \quad (6.0.5-8)$$

$$\tan\beta = \tan\varphi_c + \sqrt{\frac{(\tan^2\varphi_c + 1)\tan\varphi_c}{\tan\varphi_c - \tan\theta}} \quad (6.0.5-9)$$

式中： $H$ ——洞顶至地面高度（m）；

$\theta$ ——顶板土柱两侧摩擦角（°），为经验数值，当洞顶至地面高度小于或等于 $h_a$ 时，公式（6.0.5-7）中 $\theta$ 取0；

$\beta$ ——产生最大推力时的破裂角（°）；

$\varphi_c$ ——围岩计算摩擦角（°）。

3) 隧道侧墙水平荷载应按下式计算：

$$e_i = \gamma \times H_i \times \lambda \quad (6.0.5-10)$$

式中： $H_i$ ——计算点至地面的距离（m）；

$e_i$ ——作用在隧道侧墙任意点 $i$ 的侧压力（kPa）。

**6.0.6** 暗挖隧道活荷载计算应符合下列规定：

1 在道路下方的隧道结构，地面车辆对隧道结构作用标准值 $q_{vk}$ 可按本规程第6.0.4条的规定计算确定，且不应小于20kPa；

2 地面车辆荷载传递到隧道结构上的侧压力 $P$ ，可按下列公式计算：

$$P = \lambda \times q_{vk} \quad (6.0.6-1)$$

$$\lambda = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi'}{2}\right) \quad (6.0.6-2)$$

式中： $P$ ——地面车辆荷载传递到地下结构上的侧压力（kPa）；

$\varphi'$ ——隧道上覆地层内摩擦角加权平均值（°）。

**6.0.7** 结构附加恒荷载、混凝土收缩和徐变影响、地基下沉影响、热力管道及设备自重、温度影响应按本规程附录B的规定确定。

## 7 检查室（竖井）结构与计算

### 7.1 一般规定

7.1.1 检查室（竖井）宜采用复合衬砌结构。

7.1.2 竖井的初期支护与支撑的设计参数宜依据地质条件、地下水条件和环境条件，采用工程类比法进行设计，并应对初期支护在施工过程中的稳定性进行验算。

7.1.3 检查室爬梯宜设置在没有沟口墙上或沟口一侧较宽墙上。当检查室高度超过 7m 时宜设置休息平台，休息平台以下的爬梯宜设计为斜梯。爬梯和斜梯宜设置护栏。

7.1.4 检查室结构的设计、施工、运行管理及养护应实行有效的质量管理和控制，结构应达到并保持规定的可靠性或安全度。

### 7.2 检查室（竖井）支撑设计

7.2.1 检查室（竖井）支撑的形式应综合考虑地层条件、环境条件、检查室（竖井）尺寸、检查室（竖井）围护结构的类型和检查室（竖井）的施工方法等因素，可选用型钢盘撑结合对撑和角部斜撑、钢管支撑。

7.2.2 倒挂井壁法施作的检查室（竖井）的型钢盘撑、对撑和角部斜撑的设计参数可按表 7.2.2 的规定确定。

表 7.2.2 倒挂井壁法施作的检查室（竖井）的  
型钢盘撑、对撑和角部斜撑的设计参数

类 型	设计参数		
	规格	间距 (m)	
		水平	垂直
槽形钢盘撑	与对撑槽钢的规格相匹配	—	每隔一榀格栅设置一道

续表 7.2.2

类 型	设计参数		
	规格	间距 (m)	
		水平	垂直
对撑	2 [25a、2 [28a、2 [32a	4~6	每隔一榀格栅设置一道
角部斜撑	2 [16a、2 [20a、2 [22a	—	每隔一榀格栅设置一道

**7.2.3** 围护结构为排桩或地下连续墙的检查室（竖井）的钢管支撑的规格可选用  $\phi 609/16$ 、 $\phi 609/14$ 、 $\phi 580/14$ 、 $\phi 580/12$ 、 $\phi 406/10$  等，并应施加预加轴力，预加轴力宜控制在支撑力设计值的 40%~60%。

**7.2.4** 支撑的规格、设置的位置、道数、架设时机、预加轴力（预应力）等宜根据受力检算和工程类比确定，并应根据监控量测信息和施工情况及时调整。

**7.2.5** 支撑拆除设计应符合下列规定：

1 设计文件中应规定支撑拆除的顺序、时机以及支撑转换的措施；

2 支撑拆除顺序、时机，以及支撑转换措施宜根据工程类比法和监控量测信息及数值分析结果综合确定。

### 7.3 检查室（竖井）结构设计

**7.3.1** 检查室（竖井）围护结构的选型和设计参数应符合下列规定：

1 当地下水的处治采用降低地下水位的方法或采用注浆止水并加固地层的方法时，宜选用锚喷护壁作为围护结构，并应采用倒挂井壁的施工方法。锚喷护壁支护设计参数宜符合表 7.3.1-1 的规定；

表 7.3.1-1 锚喷护壁支护设计参数

格栅主筋	数量	4 根
	直径	φ25、φ28、φ32
	间距	0.5m、0.75m
纵向连接筋	直径	φ25、φ28、φ32
	间距	0.5m
	设置方式	宜设内外两层
锁脚锚管	型号	φ40mm 无缝钢管
	水平间距	1.0m~1.5m
	锚管长度	2m~3m
	竖向间距	3 榀~5 榀格栅
	方式	45°斜下方打设
喷射混凝土	强度等级	C25
	厚度	0.30m、0.35m、0.40m

2 当不能采用降低地下水位的方法或采用注浆方法达不到设计的止水效果时，宜选用钻孔灌注桩结合桩间旋喷桩或外侧旋喷桩墙作为围护结构。钻孔灌注桩、桩间旋喷桩及外侧旋喷桩墙支护设计参数宜符合表 7.3.1-2 的规定。

表 7.3.1-2 钻孔灌注桩、桩间旋喷桩及外侧旋喷桩墙支护设计参数

支护结构类型	支护参数
钻孔灌注桩	φ0.8m@1.2m、φ0.9m@1.3m、φ1.0m@1.4m、φ1.1m@1.5m
旋喷桩	φ0.6m
旋喷桩墙	墙厚 0.6m

7.3.2 检查室二衬结构的设计应采用以概率理论为基础的极限状态设计法，应以可靠指标度量其可靠度，并应采用符合其结构特点的基于分项系数的设计表达式进行设计。

7.3.3 检查室（竖井）的围护结构在施工阶段应能承受 100% 的侧土压力和其他荷载，并应对在施工过程中的变形和稳定性进

行验算。

**7.3.4** 锁口圈梁的地基应稳定，并应满足承载力要求。

**7.3.5** 锁口圈梁应与围护结构牢固连接构成“冂”形。

**7.3.6** 检查室（竖井）的二衬应承受部分侧土压力、100%的地下水压力和其他荷载，其强度等级不应低于 C30，厚度不应小于 0.25m。

**7.3.7** 当在检查室的中层板上设置固定支架时，应计算中层板的变形稳定性、局部抗压能力和板与二衬节点的抗剪能力。

**7.3.8** 对检查室人孔爬梯和检查平台的强度和稳定性应进行验算。

**7.3.9** 有固定支架的检查室结构设计应符合下列规定：

1 检查室的结构计算应考虑固定支架的作用；

2 设有固定支架的检查室在管道试压阶段及管道运行阶段，应将结构视为刚体进行抗滑移、抗倾覆验算；

3 检查室结构承受管道水平作用时的抗滑移稳定性可按本规程附录 C 的规定进行验算；

4 检查室在管道试压及运行阶段承受水平作用时的抗倾覆稳定验算，抗力应计入管道及设备自重、结构自重及结构上的竖向土压力，并应对地下水位以下部分扣除水的浮力。

## **7.4 马头门及检查室侧墙洞口结构设计**

**7.4.1** 马头门结构及设计参数应符合下列规定：

1 马头门初衬应与竖井初衬设计成整体；

2 马头门断面形式和内轮廓尺寸应与标准隧道断面一致；

3 马头门设计参数应根据围岩级别、水文地质状况、竖井初衬厚度、马头门形式和尺寸、施工条件等，通过工程类比法和结构计算确定；

4 马头门开挖轮廓线外围应设有环形格栅，并应设在竖井井壁内。环形格栅可采用型钢或钢筋格栅，环形格栅应与竖井水平格栅可靠连接；

5 马头门沿拱顶  $135^\circ$ 或整个顶拱范围内应设计超前支护，超前支护宜采用小导管注浆或大管棚；

6 马头门处的隧道格栅宜连架 3 榀。

7.4.2 检查室侧墙二衬结构开洞及设计参数应符合下列规定：

1 检查室侧墙应开洞，洞口形式可采用方形、马蹄形。洞口所处位置、开洞个数和洞口内净空尺寸等可根据工艺要求确定；

2 检查室侧墙洞口四周应进行补强设计；

3 洞口周边宜设计成封闭框架，并与竖井墙体结构连接成整体。

## 7.5 检查室结构计算

7.5.1 检查室二衬结构应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求分别进行承载力、变形、稳定及混凝土结构裂缝宽度的计算和验算。

7.5.2 钢筋混凝土结构检查室的结构计算应符合下列规定：

1 当盖板为预制装配时，盖板可按简支于侧墙计算。侧墙与底板计算应考虑管道运行和管道检修揭开盖板两种工况，荷载作用效应应按两种工况的不利者取用。侧墙上端在管道运行阶段，可视为不动铰支撑于盖板，在管道检修揭开盖板时应视为自由端，侧墙与侧墙、侧墙与底板的连接均应按闭合框架分析。

2 盖板、底板与侧墙为整体浇筑时，侧墙与盖板、侧墙与侧墙、侧墙与底板的连接均应按闭合框架分析。

3 当盖板、底板或侧墙上开有孔洞时，其结构计算简图应根据洞口位置、洞口尺寸及洞口加强措施等条件具体确定。

4 底板地基反力可按均匀分布简化计算。当底板短边的净长度大于 3m 时，宜考虑结构与地基土的共同作用。

7.5.3 结构设计应根据使用中在结构上可能同时出现的荷载，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行荷载效应组合，并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

**7.5.4** 结构按承载力极限状态进行设计时，除应验算结构抗倾覆，抗滑移及抗浮外，均应采用作用效应的基本组合，并应采用下列设计表达式进行设计：

$$\gamma_0 \times S \leq R \quad (7.5.4)$$

式中： $\gamma_0$ ——结构的重要性系数，不应小于 1.0；

$S$ ——作用效应的基本组合设计值；

$R$ ——结构构件抗力的设计值。

**7.5.5** 计算结构按承载力极限状态进行设计时，作用效应的基本组合设计值应按下列式计算：

$$S = \sum_{i=1}^m (\gamma_{Gi} \times S_{Gik}) + \gamma_{Q1} \times S_{Q1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n (\gamma_{Qj} \times S_{Qjk}) \quad (7.5.5)$$

式中： $\gamma_{Gi}$ ——第  $i$  个永久作用的分项系数；

$\gamma_{Qj}$ ——第  $j$  个可变作用的分项系数；其中  $\gamma_{Q1}$  为可变荷载  $Q_1$  的分项系数；

$S_{Gik}$ ——按第  $i$  个永久作用标准值  $G_{ik}$  计算的作用效应值；

$S_{Qjk}$ ——按第  $j$  个可变作用标准值  $Q_{jk}$  计算的作用效应值；其中  $S_{Q1k}$  为诸可变作用的作用效应中起控制作用者；

$\psi_c$ ——可变作用的组合系数，可取 0.9；

$m$ ——参与组合的永久作用数；

$n$ ——参与组合的可变作用数。

**7.5.6** 永久作用分项系数应符合下列规定：

1 当作用效应对结构不利时，结构自重应按 1.2 取值，其他永久作用均应按 1.35 取值；

2 当作用效应对结构有利时，结构自重均应按 1.0 取值。

**7.5.7** 可变作用分项系数均应按 1.4 取值。

**7.5.8** 正常使用极限状态验算应符合下列规定：

1 结构的正常使用极限状态验算应包括变形、抗裂及裂缝宽度等，其计算值不得超过相应的规定限值；

2 结构穿越铁路、主要道路及建（构）筑物时，应进行受弯构件的挠度验算；

3 对正常使用极限状态，作用效应的标准组合设计值应按下列式计算：

$$S = \sum_{i=1}^m S_{Gik} + S_{Q1k} + \psi_c \sum_{j=2}^n S_{Qjk} \quad (7.5.8-1)$$

4 当钢筋混凝土结构构件在标准组合作用下，计算截面处于受弯或大偏心受拉（压）时，其最大裂缝宽度可按本规程第 8.4.11 条和第 8.4.12 条的规定执行；

5 当钢筋混凝土结构构件在组合作用下，构件截面处于轴心受拉或小偏心受拉时，应按不允许裂缝出现控制，并应取作用效应的标准组合按下式验算：

$$N_c \left( \frac{e_0}{\eta_p \times W_0} + \frac{1}{A_0} \right) \leq \alpha_{ct} \times f_{ctk} \quad (7.5.8-2)$$

式中： $N_c$ ——作用效应的标准组合下计算截面上的轴向力（MN）；

$\eta_p$ ——混凝土构件的截面抵抗矩塑性影响系数，应按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定确定；

$W_0$ ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩（ $m^3$ ）；

$A_0$ ——计算截面的换算截面积（ $m^2$ ）；

$\alpha_{ct}$ ——混凝土拉应力限制系数，可取 0.87。

7.5.9 结构上的作用组合工况应符合下列规定：

1 检查室结构上的作用组合应按表 7.5.9-1 的规定确定；

表 7.5.9-1 检查室结构上的作用组合

工况类别	永久作用							可变作用					
	附加恒荷载	结构自重	管道及设备自重	围岩（土）压力		地基不均匀沉降	温度影响	地面车辆	地面堆积	静水压力（包括浮托力）	管道水平作用	吊装荷载	操作荷载
				竖向	侧向								
(1)	✓	✓	✓	✓	✓	△	✓	✓	✓	✓	✓	—	△

续表 7.5.9-1

工况类别	永久作用							可变作用					
	附加恒荷载	结构自重	管道及设备自重	围岩(土)压力		地基不均匀沉降	温度影响	地面车辆	地面堆积	静水压力(包括浮托力)	管道水平作用	吊装荷载	操作荷载
				竖向	侧向								
(2)	✓	✓	—	—	✓	—	—	✓	✓	✓	—	—	△
(3)	✓	✓	—	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	—	✓	△
(4)	✓	✓	✓	✓	✓	—	—	✓	✓	✓	✓	—	△

注：1 工况类别：(1) 为管道运行工况；(2) 为揭开检查室盖板进行管道检修工况；(3) 检查室在管道安装或检修阶段起吊管道，设备工况；(4) 为管道试压工况；

2 表中打“✓”的作用为相应工况应予计算的项目；打“△”的作用应按具体设计条件确定采用；

3 地面车辆荷载和地面堆积荷载不应同时计算，应根据不利设计条件计入其中一项；

4 工况(2) 在计算静水压力及浮托力时，地下水位不应高于侧墙顶端；

5 工况(2) 在计算结构自重时，不应计入预制盖板自重；

6 管道水平作用，包括固定支架的水平推力，导向支架的水平推力及管道位移在活动支架结构上产生的水平作用；

7 操作荷载系指检修操作平台上的操作荷载，一般取 10kPa。

## 2 管道支架结构上的作用组合应按表 7.5.9-2 的规定确定。

表 7.5.9-2 管道支架结构上的作用组合

结构类型		永久作用		可变作用 (管道水平作用)
		结构自重	管道及设备自重	
固定支架	管道运行工况	✓	✓	✓
	管道试压工况	✓	✓	✓
导向支架	管道运行工况	✓	—	✓
滑动兼导向支架	管道运行工况	✓	✓	✓
活动支架	管道运行工况	✓	✓	✓
	管道试压工况	✓	✓	✓

注：1 表中打“✓”的作用为相应工况应予计算的项目；打“—”的作用应按具体设计条件确定采用；

2 对于活动支架，在管道试压工况下应计入管道偏心安装的影响；在管道运行工况下应计入管道运行时热膨胀引起的偏心的影响，管道偏心距应根据管网的布置及运行条件确定。

**7.5.10** 结构在组合作用下的抗倾覆、抗滑移及抗浮验算，均应采用含设计稳定性抗力系数  $K_s$  的设计表达式。结构设计稳定性抗力系数  $K_s$  值不应小于表 7.5.10 的规定。验算时，抗力应只计入永久作用；抗力和滑动力、倾覆力矩、浮托力均应采用作用的标准值。

**表 7.5.10 结构设计稳定性抗力系数**

结构失稳特征		稳定性抗力系数 $K_s$
结构承受水平作用，有沿基底滑动失稳		1.30
结构承受水平作用，有倾覆失稳	隧道、检查室	1.50
	滑动支墩	2.00
隧道或检查室有浮动失稳	管道检修阶段	1.05
	管道运行阶段	1.10

## 8 隧道结构设计与计算

### 8.1 一般规定

8.1.1 隧道应做衬砌，并宜采用复合式衬砌。

8.1.2 衬砌应有足够的强度和稳定性，并应根据地下水位和地下水腐蚀性等情况，采取防水和防腐蚀措施。

8.1.3 衬砌结构的类型和尺寸应根据使用要求、设计条件，结合施工条件、环境条件等，通过工程类比和结构计算综合分析确定。在施工阶段，还应根据现场监控量测调整支护参数，必要时可通过试验分析确定。

8.1.4 隧道衬砌设计应符合下列规定：

- 1 衬砌应为封闭结构；
- 2 衬砌断面宜采用直墙拱形；
- 3 围岩较差地段的衬砌应向围岩较好地段延伸 5 m~10m；
- 4 软硬地层分界处及对衬砌受力有不良影响处应设置变形缝；
- 5 支架处衬砌应采取加强措施。

8.1.5 隧道结构的设计、施工、运行管理及养护应实行有效的质量管理和控制，结构应达到并保持规定的可靠性或安全度。

### 8.2 隧道结构设计

8.2.1 初期支护结构设计应符合下列规定：

- 1 宜采用由注浆加固的地层、格栅钢架、挂钢筋网、喷射混凝土等支护形式组合的结构；
- 2 初期支护结构宜作为永久承载结构，并应具有足够的强度和刚度，对控制地层变形应起主要作用；
- 3 在预设计和施工阶段应对初期支护的稳定性进行判别；

4 钢筋网网格应按矩形布置。钢筋间距宜为 100mm，直径宜为 6mm~8mm，钢筋网之间以及钢筋网与格栅及纵向连接筋之间应连接可靠；

5 格栅钢架应分节制作，节段与节段之间应通过钢板用螺栓连接或焊接；

6 格栅钢架主筋的直径不宜小于 18mm，保护层不应小于 40mm，各排钢架之间连接钢筋直径应为 20mm~25mm，各排钢架的间距不应大于 1m。

**8.2.2** 二次衬砌结构设计应符合下列规定：

1 宜采用模筑钢筋混凝土结构；

2 应采用以概率理论为基础的极限状态设计法，应以可靠指标度量其可靠度，并应采用符合其结构特点的基于分项系数的设计表达式进行设计；

3 伸缩缝间距应按本规程附录 D 的规定确定，并应符合构造要求，不应超过 30m，伸缩缝宽度宜为 20mm~30mm；

4 隧道与检查室连接处应设置变形缝，变形缝距检查室外墙宜为 1.5m~4.0m，宽宜为 20mm~30mm；

5 固定支架处的结构应设置抗滑槽；

6 支架处结构厚度应满足混凝土局部抗压承载力的要求；

7 支架部位二次衬砌结构的纵向钢筋的配置，应根据支架推力的大小，经计算确定；纵向钢筋拉应变应满足支架推力作用的要求。

### **8.3 隧道转角处洞口反梁结构设计**

**8.3.1** 隧道转角宜为直角，转角处应设置加高段，且宜在直角转弯 1m 处设置变形缝。

**8.3.2** 加高段的开洞口处，初期支护应设置封闭的钢格栅环框，环框宜为平底。加高段侧墙切断的初支钢格栅应与环框牢固连接。

**8.3.3** 在隧道转角处洞口的二衬内，顶拱应设置弧形反梁，底

部应设置底反梁。

## 8.4 隧道结构计算

**8.4.1** 隧道二衬结构应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求分别进行承载力、变形、稳定及混凝土结构裂缝宽度的计算和验算。

**8.4.2** 隧道结构上的作用的分类应符合本规程第 6.0.1 条的规定，管道支架结构上的作用组合应符合本规程表 7.5.9-2 的规定。隧道结构上的作用应根据不同的极限状态和设计状况进行组合，可按作用的基本组合进行设计，基本组合可表达为结构自重+围岩压力或土压力。基本组合中各作用的组合系数取 1.0，当考虑其他组合时，应另行确定作用的组合系数。

**8.4.3** 隧道结构内力和变形计算应符合下列规定：

1 宜选用荷载结构法，并宜采用平面有限元法求解；

2 应考虑隧道结构与围岩的相互作用，围岩弹性抗力的大小及分布可根据隧道支护或衬砌在作用下的变形、支护背后的回填情况和围岩的变形性质等因素，采用局部变形理论，按下式计算：

$$\sigma = K \times \delta \quad (8.4.3)$$

式中： $\sigma$ ——围岩弹性抗力强度（MPa）；

$K$ ——地层弹性抗力系数（MPa/m），可按本规程表 3.4.1-3 的规定取值；

$\delta$ ——支护或衬砌所产生的向围岩的变形值（m）。

**8.4.4** 隧道初期支护结构计算应符合下列规定：

1 作用在初期支护上的荷载应包括永久荷载中的地层压力和结构自重、可变荷载中的地面车辆荷载及其动力作用，可不计水压力、偶然荷载等其他荷载；

2 截面强度检算时，应将格栅钢架喷射混凝土初期支护每延米支护结构的钢筋量换算成钢筋混凝土矩形截面，并应按本规程第 8.4.6 条～第 8.4.9 条钢筋混凝土结构检算方法进行检算。

8.4.5 隧道二次衬砌结构计算应符合下列规定：

1 应按承担全部荷载（永久荷载、可变荷载和偶然荷载）计算，并应符合本规程第 8.4.2 条的规定；

2 隧道结构应按本规程第 8.4.6 条～第 8.4.9 条的规定检算截面强度，并应检算钢筋混凝土裂缝宽度；

3 支架处的隧道二次衬砌结构，应按本规程附录 C 的规定验算其抗滑移稳定性。

### I 隧道结构承载能力极限状态计算

8.4.6 混凝土矩形截面中心及偏心受压构件的抗压承载能力应按式(8.4.6)检算：

$$\gamma_{sc} \times N_k \leq \frac{\varphi \times \alpha \times b \times h \times f_{ck}}{\gamma_{Rc}} \quad (8.4.6)$$

式中： $\gamma_{sc}$ ——混凝土衬砌构件抗压检算作用效应分项系数，深埋隧道取 3.95，浅埋隧道取 2.67；

$N_k$ ——轴力标准值（MN），由各种荷载标准值计算得到；

$\varphi$ ——混凝土构件纵向弯曲系数，隧道衬砌取 1.0；其他混凝土构件纵向弯曲系数应按表 8.4.6-1 的规定取值；

$\alpha$ ——混凝土构件轴向力偏心影响系数，应按表 8.4.6-2 的规定取值；

$b$ ——构件截面宽度（m）；

$h$ ——构件截面高度（m）；

$f_{ck}$ ——混凝土轴心抗压强度标准值（MPa），应按本规程表 5.0.6 的规定取值；

$\gamma_{Rc}$ ——混凝土衬砌构件抗压检算抗力分项系数，深埋隧道取 1.85，浅埋隧道取 1.35。

表 8.4.6-1 混凝土构件纵向弯曲系数

构件计算长度与截面高度的比值 $l/h$	<4	4	6	8	10	12	14	16
构件纵向弯曲系数 $\varphi$	1.00	0.98	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72

续表 8.4.6-1

构件计算长度与截面高度的比值 $l/h$	18	20	22	24	26	28	30	—
构件纵向弯曲系数 $\varphi$	0.68	0.63	0.59	0.55	0.51	0.47	0.44	—

注：1 当构件中心受压时， $h$  为截面短边边长；当偏心受压时， $h$  为弯矩作用平面内的截面边长；

2 当  $l/h$  为表列数值的中间值时， $\varphi$  可按插值计算。

表 8.4.6-2 混凝土构件轴向力偏心影响系数

构件轴向力偏心距与截面高度的比值 $e_0/h$	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16
构件轴向力偏心影响系数 $\alpha$	1.000	1.000	1.000	0.996	0.979	0.954	0.923	0.886	0.845
构件轴向力偏心距与截面高度的比值 $e_0/h$	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34
构件轴向力偏心影响系数 $\alpha$	0.799	0.750	0.698	0.645	0.590	0.535	0.480	0.426	0.374
构件轴向力偏心距与截面高度的比值 $e_0/h$	0.36	0.38	0.40	0.42	0.44	0.46	0.48	—	—
构件轴向力偏心影响系数 $\alpha$	0.324	0.278	0.236	0.199	0.170	0.142	0.123	—	—

8.4.7 受弯构件、偏心受压构件的受拉钢筋和受压区混凝土同时达到强度设计值时，相对界限受压区高度为界限受压区高度与截面有效高度之比  $x_b/h_0$ ，可按下式计算：

$$\xi_b = \frac{0.8}{1 + (f_{std}/0.0033E_s)} \quad (8.4.7)$$

式中： $\xi_b$ ——相对界限受压区高度；

$f_{std}$ ——钢筋的抗拉强度设计值 (MPa)，应按本规程表 5.0.13 的规定取值；

$E_s$ ——钢筋的弹性模量 (MPa)，应按本规程表 5.0.14 的

规定取值。

**8.4.8** 偏心受压构件的计算应考虑构件在弯矩作用平面内挠曲对轴向力偏心距的影响，此时应将轴向力对截面重心的初始偏心距  $e_i$  乘以偏心距增大系数  $\eta$ 。对矩形、T形、工字形截面偏心受压构件，偏心距增大系数可按下列公式计算：

$$\eta = 1 + \frac{1}{1300(e_i/h_0)} \left(\frac{l}{h}\right)^2 \zeta_1 \times \zeta_2 \quad (8.4.8-1)$$

$$\zeta_1 = \frac{0.5f_{cd} \times A}{N_d} \quad (8.4.8-2)$$

$$\zeta_2 = 1.15 - 0.01 \frac{l}{h} \quad (8.4.8-3)$$

式中： $\eta$ ——偏心距增大系数，当隧道衬砌以及当构件高度与弯矩作用平面内的截面边长之比  $l/h$  小于或等于 8 时，可不考虑挠度对偏心距的影响，取  $\eta=1$ ；

$e_i$ ——轴向力对截面重心的初始偏心距 (m)；

$h_0$ ——构件截面有效高度 (m)，为构件截面高度  $h$  与受拉区钢筋合力点至截面近边的距离  $a$  之差；

$l$ ——构件计算长度 (m)；

$\zeta_1$ ——偏心距对截面弯曲的影响系数，当计算所得的  $\zeta_1$  大于 1 时，取  $\zeta_1=1$ ；

$\zeta_2$ ——构件长细比对截面弯曲的影响系数，当  $l/h$  小于或等于 15 时，取  $\zeta_2=1$ ；

$f_{cd}$ ——混凝土轴心抗压强度设计值 (MPa)；

$A$ ——构件截面面积 (m<sup>2</sup>)；

$N_d$ ——按最不利荷载组合求得的轴向力设计值 (MN)。

偏心受压构件除应计算弯矩作用平面的受压承载力外，尚应按轴心受压构件检算垂直于弯矩作用平面的受压承载力，此时可不考虑弯矩作用，钢筋混凝土构件的纵向弯曲系数应按表 8.4.8 的规定取值，截面承载力应予以折减。

表 8.4.8 钢筋混凝土构件的纵向弯曲系数

构件计算长度与截面宽度的比值 $l/b$	$\leq 8$	10	12	14	16	18
构件纵向弯曲系数 $\varphi$	1.00	0.98	0.95	0.92	0.87	0.81
构件计算长度与截面宽度的比值 $l/b$	20	22	24	26	28	30
构件纵向弯曲系数 $\varphi$	0.75	0.70	0.65	0.60	0.56	0.52

注：1  $l$  为构件计算长度，两端刚性固定时， $l$  取 0.5 倍的构件全长；一端刚性固定、另一端为不移动的铰时， $l$  取 0.7 倍的构件全长；两端均为不移动的铰时， $l$  取构件全长；一端刚性固定、另一端为自由端时， $l$  取 2 倍的构件全长；

2  $b$  取构件截面短边的宽度。

8.4.9 钢筋混凝土矩形截面偏心受压构件正截面强度计算应符合下列规定：

1 构件正截面强度（图 8.4.9）应按下列公式计算：

$$N_d \leq f_{cmd} \times b \times x + f'_{scd} \times A'_s - \sigma_s \times A_s \quad (8.4.9-1)$$

$$N_d \times e \leq f_{cmd} \times b \times x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + f'_{scd} \times A'_s (h_0 - a') \quad (8.4.9-2)$$

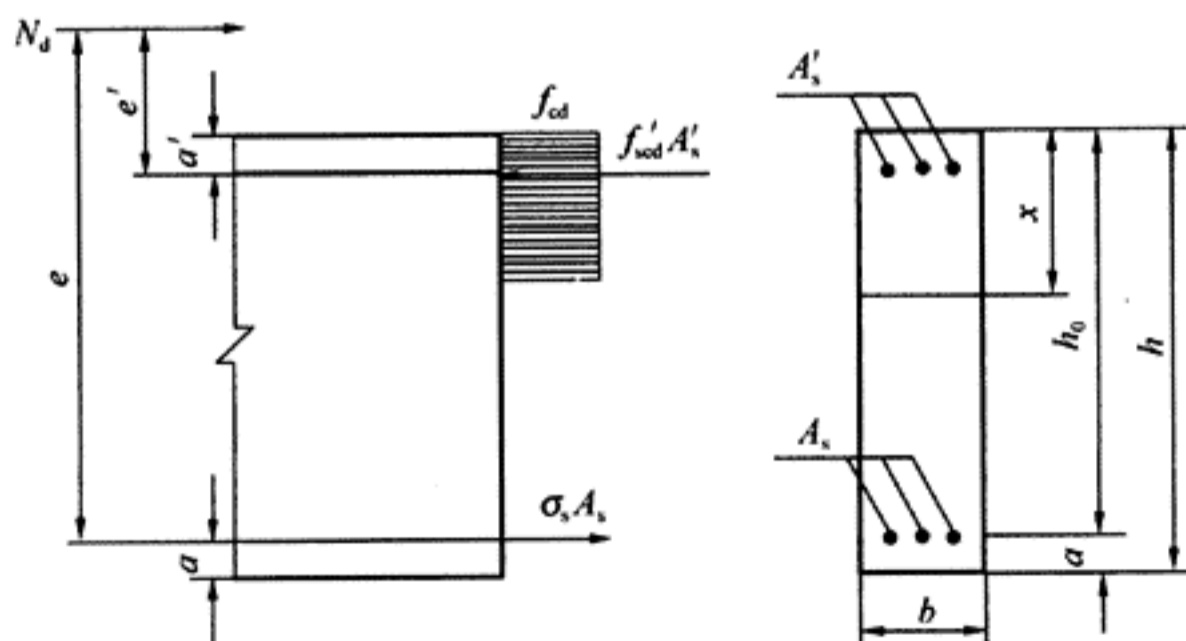


图 8.4.9 矩形截面偏心受压构件正截面图

式中： $f_{\text{cmd}}$ ——混凝土弯曲抗压强度设计值（MPa）；

$x$ ——混凝土受压区高度（m）；

$f'_{\text{scd}}$ ——钢筋的抗压强度设计值（MPa），应按本规程表 5.0.13 的规定取值；

$A_s$ 、 $A'_s$ ——受拉区、受压区的纵向钢筋截面面积（ $\text{m}^2$ ）；

$\sigma_s$ ——受拉钢筋的应力（MPa）；

$e$ ——轴向力作用点至受拉边钢筋  $A_s$  的合力点的距离（m）；

$a'$ ——受压区钢筋合力点至截面近边的距离（m）。

2 最不利荷载组合的轴向力设计值可按下式计算：

$$N_d = \gamma_s \times N'_k \quad (8.4.9-3)$$

式中： $\gamma_s$ ——钢筋混凝土衬砌构件抗压检算分项系数，深埋隧道衬砌取 1.80，浅埋隧道衬砌取 1.60；

$N'_k$ ——按最不利荷载组合求得的轴向力标准值（MN）。

3 轴向力作用点至受拉边钢筋的合力点的距离可按下式计算：

$$e = \eta \times e_i + y_{\text{sp}} \quad (8.4.9-4)$$

式中： $y_{\text{sp}}$ ——自截面重心至受拉边钢筋合力点的距离（m）。

4 轴向力对截面重心的初始偏心距可按下式计算：

$$e_i = e_0 + e_s \quad (8.4.9-5)$$

当  $e_0 < 0.3h_0$  时， $e_s = 0.12(0.3h_0 - e_0)$ ；

当  $e_0 \geq 0.3h_0$  时， $e_s = 0$ 。

式中： $e_0$ ——轴向力对截面重心的偏心距（m）；

$e_s$ ——附加偏心距（m）。

5 混凝土受压区高度  $x$  可按下式计算：

$$f_{\text{cmd}} \times b \times x \left( e - h_0 + \frac{x}{2} \right) \pm f'_{\text{scd}} \times A'_s \times e' - f_{\text{std}} \times A_s \times e = 0 \quad (8.4.9-6)$$

式中： $e'$ ——轴向力作用点至纵向受压钢筋合力点的距离（m）。

当  $N_d$  作用于  $A_s$  与  $A'_s$  的重心之间时，公式中“ $\pm$ ”应取

“+”，否则应取“-”。

6 正截面强度计算，按本条进行检查时，应先判别大小偏心：

- 1) 当  $x \leq x_b$  时为大偏心受压构件，公式 (8.4.9-1) 中  $\sigma_s = f_{std}$ ；
- 2) 当  $x > x_b$  时为小偏心受压构件，公式 (8.4.9-1) 中  $\sigma_s$  可按下式计算：

$$\sigma_s = \frac{f_{std}}{\xi_b - 0.8} \left( \frac{x}{h_{0i}} - 0.8 \right) \quad (8.4.9-7)$$

式中： $h_{0i}$ ——第  $i$  层钢筋截面重心至混凝土受压区边缘的距离 (m)；

- 3) 当  $x > h$  时，公式 (8.4.9-1) 及公式 (8.4.9-2) 中  $x = h$ ， $\sigma_s$  应按求出的  $x$  进行计算；
- 4) 对小偏心受压构件应按下式核算：

$$N_d \left[ \frac{h}{2} - a' - (e_0 - e_s) \right] \leq f_{cmd} \times b \times h \left( \frac{h}{2} - a' \right) + f'_{scd} \times A_s (h_0 - a') \quad (8.4.9-8)$$

- 5) 矩形截面对称配筋的钢筋混凝土小偏心受压构件，钢筋截面面积可按下列近似公式计算：

$$A_s = A'_s = \frac{N_d \times e - \xi(1 - 0.5\xi) \times f_{cmd} \times b \times h_0^2}{f'_{scd} (h_0 - a')} \quad (8.4.9-9)$$

$$\xi = \frac{N_d - \xi_b \times f_{cmd} \times b \times h_0}{\frac{N_d \times e - 0.45 f_{cmd} \times b \times h_0^2}{(0.8 - \xi_b)(h_0 - a')} + f_{cmd} \times b \times h_0} \quad (8.4.9-10)$$

式中： $\xi$ ——相对受压区高度。

## II 隧道结构正常使用极限状态计算

8.4.10 当  $e_0/h$  小于或等于  $1/6$  时，可不对隧道衬砌的混凝土矩形偏心受压构件的抗裂承载能力进行检算，否则应按下式进行

检算:

$$\gamma_{st} \times N_k(6e_0 - h) \leq 1.75\varphi \times b \times h^2 \frac{f_{ctk}}{\gamma_{Rt}} \quad (8.4.10)$$

式中:  $\gamma_{st}$ ——混凝土衬砌构件抗裂检算作用效应分项系数, 深埋隧道衬砌取 3.1, 浅埋隧道衬砌取 1.52;

$f_{ctk}$ ——混凝土轴心抗拉强度标准值 (MPa), 应按本规程表 5.0.7 的规定取值;

$\gamma_{Rt}$ ——混凝土衬砌构件抗裂检算抗力分项系数, 深埋隧道衬砌取 1.45, 浅埋隧道衬砌取 2.70。

**8.4.11** 钢筋混凝土衬砌结构构件按作用基本组合所求得的最大裂缝宽度不应大于 0.2mm。

**8.4.12** 钢筋混凝土受拉、受弯和偏心受压构件的最大裂缝宽度计算应符合下列规定:

1 对于  $e_0$  小于或等于  $0.55h_0$  的偏心受压构件, 可不检算裂缝宽度, 否则应按下式进行验算:

$$w_{max} = \frac{\alpha_0 \times \psi [1.9C_s + (0.08d/\rho_{te})] \sigma_s}{E_s} \quad (8.4.12-1)$$

式中:  $w_{max}$ ——最大允许裂缝宽度 (mm);

$\alpha_0$ ——构件受力特征系数, 轴心受拉构件取 2.7, 受弯和偏心受压构件取 1.9, 偏心受拉构件取 2.4;

$\psi$ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数;

$C_s$ ——最外层纵向受拉钢筋外边缘至受拉区底边的距离 (mm), 当  $C_s$  小于 20 时,  $C_s$  取 20; 当  $C_s$  大于或等于 65 时,  $C_s$  取 65;

$d$ ——钢筋直径 (mm);

$\rho_{te}$ ——按有效受拉混凝土面积计算的纵向受拉钢筋配筋率, 当  $\rho_{te}$  小于 0.01 时,  $\rho_{te}$  取 0.01。

2 裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数应按下列公式计算选取:

$$\psi = 1.1 - \frac{0.65f_{ctk}}{\rho_{te} \times \sigma_s} \quad (8.4.12-2)$$

$$\rho_{te} = \frac{A_s}{A_{ce}} \quad (8.4.12-3)$$

式中： $A_{ce}$ ——有效受拉混凝土截面面积 ( $m^2$ )。

当裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数  $\psi$  小于 0.2 时， $\psi$  取 0.2；当  $\psi$  大于 1.0 时， $\psi$  取 1.0；对直接承受重复荷载的构件， $\psi$  取 1.0。

3 有效受拉混凝土截面面积的计算应符合下列规定：

- 1) 对受拉构件应取构件截面面积；
- 2) 对受弯、偏心受压和偏心受拉构件 (图 8.4.12) 应按下式计算：

$$A_{ce} = 0.5b \times h + \frac{b_f - b}{h_f} \quad (8.4.12-4)$$

式中： $b_f$ ——I 型构件截面受压区的翼缘计算宽度 (m)；

$h_f$ ——I 型构件截面受压区的翼缘高度 (m)。

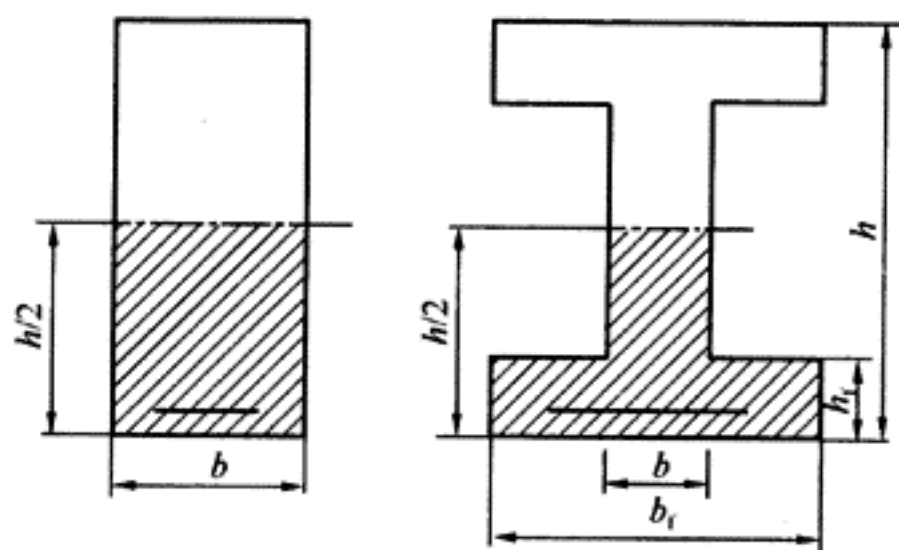


图 8.4.12 有效受拉混凝土截面面积图

3) 对矩形截面应按下式计算：

$$A_{ce} = 0.5b \times h \quad (8.4.12-5)$$

4 当采用不同直径钢筋时，钢筋直径应按下式计算：

$$d = \frac{4A_s}{\xi_z \times u} \quad (8.4.12-6)$$

式中： $u$ ——纵向受拉钢筋截面周长的总和 (mm)；

$\xi_z$ ——纵向受拉钢筋表面特征系数，变形钢筋取 1.0，光

面钢筋取 0.7。

**8.4.13** 裂缝宽度检算时，钢筋混凝土构件纵向受拉钢筋应力应按下列公式计算：

1 受弯构件：

$$\sigma_s = \frac{M_s}{0.87h_0 \times A_s} \quad (8.4.13-1)$$

式中： $M_s$ ——按荷载组合计算出的弯矩值 (MN·m)。

2 偏心受压构件：

$$\sigma_s = \frac{N_s(e-z)}{A_s \times z} \quad (8.4.13-2)$$

$$z = \left[ 0.87 - 0.12 \left( \frac{h_0}{e} \right)^2 \right] h_0 \quad (8.4.13-3)$$

式中： $N_s$ ——按荷载组合计算出的轴力值 (MN)；

$z$ ——纵向受拉钢筋合力点至受压区合力点之间的距离 (m)，且不大于  $0.87h_0$ 。

3 轴心受拉构件：

$$\sigma_s = \frac{N_s}{A_s} \quad (8.4.13-4)$$

4 偏心受拉构件：

$$\sigma_s = \frac{N_s \times e'}{A_s(h_0 - a')} \quad (8.4.13-5)$$

**8.4.14** 对于受弯构件，按作用基本组合计算的允许挠度值应符合表 8.4.14 的规定。

**表 8.4.14 受弯构件的允许挠度值**

构件类型		允许挠度值 (m)
梁、板构件	$l_0 \leq 5\text{m}$	$l_0/250$
	$5\text{m} < l_0 \leq 8\text{m}$	$l_0/300$
	$l_0 > 8\text{m}$	$l_0/400$

注： $l_0$ 为受弯构件的计算跨度。

**8.4.15** 钢筋混凝土受弯构件在各种荷载组合作用下的变形（挠度和转角），可根据给定的刚度按材料力学的方法计算。

**8.4.16** 隧道结构上作用的组合工况可按本规程第 7.5.9 条的规定予以确定。

## 9 支架结构与计算

### 9.1 一般规定

- 9.1.1 支架宜采用型钢结构。
- 9.1.2 支架锚固形式可采用两端嵌固式或悬臂式。
- 9.1.3 支架计算应符合下列规定：
  - 1 固定支架推力应由管道两侧的两根立柱共同承担；
  - 2 导向支架推力应由单根立柱承担；
  - 3 支架推力作用位置应在管道轴线与立柱相交处。
- 9.1.4 组合型钢支架的焊缝验算应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。
- 9.1.5 钢支架的除锈、防腐应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。
- 9.1.6 供水、回水管道支架宜错开 1.5m~2.0m 布置；固定支架的嵌固深度不应小于 200mm。
- 9.1.7 钢支架底部应设钢筋混凝土护墩，护墩高度不宜小于 150mm。
- 9.1.8 支架宜避开结构受力钢筋。

### 9.2 两端嵌固式支架结构

- 9.2.1 支架计算长度应取两锚固端之间的净长与一个锚固端长度之和。
- 9.2.2 支架结构宜按两端简支进行强度、抗剪、变形及稳定性验算；宜按两端固定进行混凝土局部承压验算。验算结果应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。
- 9.2.3 支架立柱在推力作用下的变形可按下列公式验算：

$$B_{\max} = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \leq [B] \quad (9.2.3-1)$$

$$f_x = \frac{F'_{xk} \times l_b}{9E_g \times I_x \times l_h} \sqrt{\frac{(l_b^2 + 2l_a \times l_b)^3}{3}} \quad (9.2.3-2)$$

$$f_y = \frac{F'_{yk} \times l_b}{9E_g \times I_y \times l_h} \sqrt{\frac{(l_b^2 + 2l_a \times l_b)^3}{3}} \quad (9.2.3-3)$$

$$l_h = l_a + l_b \quad (9.2.3-4)$$

式中： $B_{\max}$ ——支架立柱的变形值（mm）；

$f_x$ 、 $f_y$ ——支架立柱在沿管道轴向（ $x$ 轴）、垂直管道轴向（ $y$ 轴）推力作用下产生的挠度（mm）；

$l_h$ ——支架计算长度（mm）；

$F'_{xk}$ 、 $F'_{yk}$ ——作用在单根支架立柱上沿管道轴向和垂直管道轴向的推力标准值（N）；

$I_x$ 、 $I_y$ ——对 $x$ 轴、 $y$ 轴的净截面惯性矩（ $\text{mm}^4$ ）；

$E_g$ ——钢材的弹性模量（MPa）；

$l_a$ 、 $l_b$ ——推力作用位置距立柱较远、较近锚固端处的距离（mm）；

$[B]$ ——单根支架立柱在管道轴线位置处允许最大变形值（mm），可取 $l_h/250$ 。

**9.2.4 支架锚固端（图 9.2.4）混凝土局部承压可按下列公式验算：**

$$F_l + F_m \leq f_{cd} \times \beta_l \times A_l \quad (9.2.4-1)$$

$$F_m = \frac{M}{d_m} \quad (9.2.4-2)$$

式中： $F_l$ ——作用在锚固端混凝土上的局部压力设计值（N）；

$F_m$ ——锚固端产生的附加局部压力设计值（N）；

$\beta_l$ ——混凝土局部受压时的强度提高系数，可取 1.7～3.0，有实际经验时，可适当提高；

$A_l$ ——混凝土局部受压面积（ $\text{mm}^2$ ），可取支架立柱（受力面）与锚固端混凝土接触面的面积；

$M$ ——推力作用在锚固端的弯矩设计值（N·mm），可取

按两端固定计算弯矩设计值的 80%，当有可靠工程经验时，可适当减小；

$d_m$ ——加强槽钢之间的中心距（mm）。

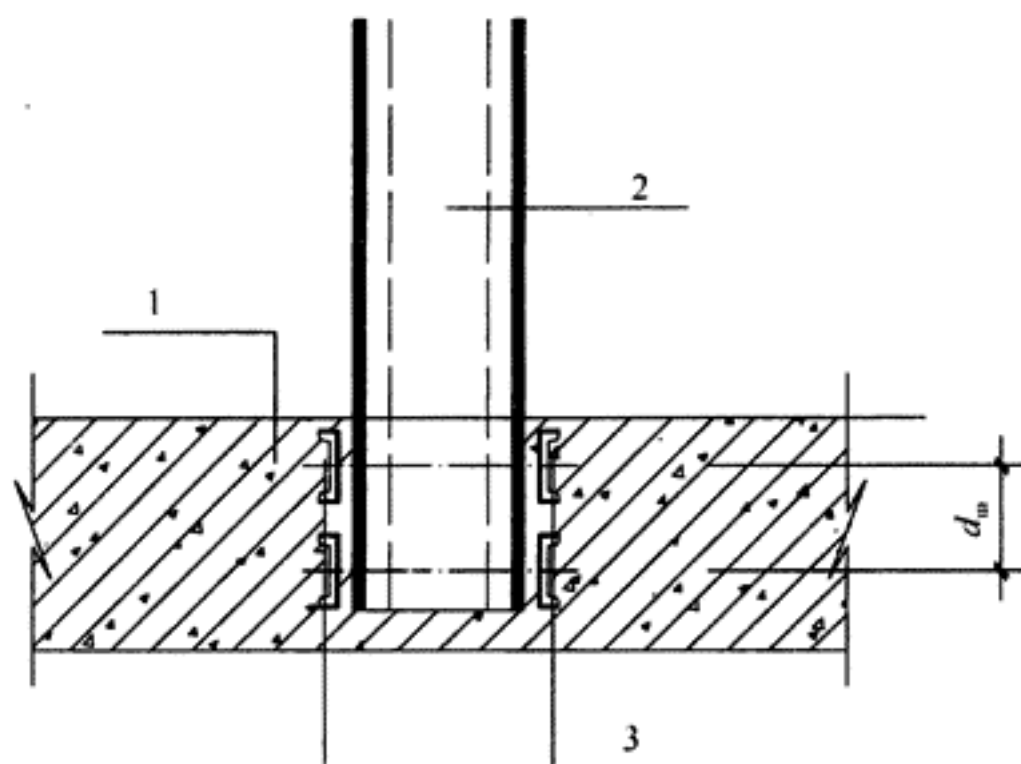


图 9.2.4 支架锚固端示意图

1—结构底板；2—支架立柱；3—加强槽钢

### 9.3 悬臂式支架结构

9.3.1 支架计算长度应取管道中心距支架底部的距离与锚固长度之和。

9.3.2 支架结构应按上端自由、下端固定进行强度、管道中轴线位置处变形、抗剪、稳定性及混凝土局部抗压强度等验算，验算结果应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

9.3.3 支架柱在管道中轴线位置处的变形可按下式验算：

$$B_{\max} = \sqrt{\left(\frac{F'_{xk} \times l_h^3}{3E_g \times I_x}\right)^2 + \left(\frac{F'_{yk} \times l_h^3}{3E_g \times I_y}\right)^2} \leq [B] \quad (9.3.3)$$

9.3.4 锚固端混凝土局部承压可按本规程公式 (9.2.4-1) 进行验算。

## 9.4 支架横担结构

- 9.4.1 支架横担结构计算长度应取两根支架立柱之间的净间距。
- 9.4.2 作用在支架横担上的荷载应包括管道推力、管道自重、横担自重。管道自重标准值应计入管道矢跨的影响，管道矢跨系数宜取 1.0~1.5。
- 9.4.3 支架横担结构应按两端固定进行强度、变形、与支架立柱相接处的焊缝强度的验算，验算结果应符合现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定。

## 9.5 支架构造

- 9.5.1 支架锚固段内两侧应设置加强槽钢。
- 9.5.2 固定支架处的隧道结构的初支与二衬之间以及初支背后应进行注浆处理。
- 9.5.3 支架立柱和横担应避开人孔、吊装孔、集水坑、工艺设备等。
- 9.5.4 支架端部应设封堵钢板，封板厚度宜为 8mm~12mm，且应每侧伸出支架柱 10mm~20mm。

## 10 地下水处治及地层预加固设计

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 软弱和松散地层可采用地层注浆、超前小导管、管棚及地层冻结等措施进行预加固。地层的预加固应与隧道施工过程中对地下水的处治统筹考虑。

**10.1.2** 地层预加固及地下水的处治应依据工程地质和水文地质资料，并结合工程施工对环境影晌的控制要求进行设计。设计方法宜采用信息化动态设计。设计参数的确定在设计阶段可采用工程类比法，在工程实施阶段应根据现场地质及水文情况、监测反馈信息及时修正相关设计参数。

**10.1.3** 地下水的处治应遵循节约地下水资源、保护地下水环境、防止对地下水的污染的原则，并应符合国家和地方的有关规定。

### 10.2 地下水处治

**10.2.1** 地下水的处治方案应依据工程地质条件、水文地质条件和环境条件综合确定，可采用注浆止水、降低地下水位和地层冻结等方法，以达到无水作业的施工条件。

**10.2.2** 注浆止水应符合下列规定：

- 1 不得使用污染环境的化学浆液；
- 2 可采用地面注浆、洞内注浆或二者结合的方式；
- 3 宜与洞内引排相结合，并应以堵为主，以排为辅；
- 4 注浆方法、注浆材料的选择和注浆参数的确定应符合本

规程第 10.3 节的规定。

**10.2.3** 施工降水设计应根据工程地质条件、地下水条件、环境条件和隧道结构条件，遵循抽水、下渗、回灌相结合的原则，确

定合理的降低地下水位的方法和施工降水设计参数。

#### 10.2.4 降低地下水位应符合下列规定：

1 施工范围内的上层滞水应全部疏干；

2 施工范围内的潜水位应降低至结构底板（仰拱）以下 0.5m~1.0m。当结构底板（仰拱）在潜水含水层底板以下时，应将潜水含水层疏干；当层间潜水分分布在结构底板（仰拱）以上时，应将层间潜水疏干；

3 当结构底板（仰拱）在承压水含水层的顶板以下，且在底板以上时，施工范围内的承压水的压力水头高度应降低至结构底板（仰拱）以下 0.5m~1.0m；当结构底板（仰拱）在承压水含水层的底板以下，则应将承压水疏干；当结构底板（仰拱）在承压水含水层顶板以上时，施工范围内的承压水的压力水头高度可按下式进行控制：

$$\frac{H_t \times \gamma_n}{H_w \times \gamma_w} \geq K_{ws} \quad (10.2.4)$$

式中： $H_t$ ——承压含水层顶板至结构底板（仰拱）底部的土层厚度（m）；

$H_w$ ——承压水压力水头高度（m）；

$K_{ws}$ ——施工降水安全系数，取 1.2。

4 对由降水引起的周边建（构）筑物的沉降和倾斜应进行预测，不得影响周边建（构）筑物的安全和正常使用。

10.2.5 当降水效果不理想时，宜采取与洞内处理残留水相结合的措施。

### 10.3 地层注浆

10.3.1 地层注浆方法的选择应符合表 10.3.1 的规定。

表 10.3.1 地层注浆方法的选择

地层特性	地层注浆方法
在裂隙具有一定张开度的裂隙岩体、砂卵石及粗砂地层	宜采用充填孔隙的渗入注浆法

续表 10.3.1

地层特性	地层注浆方法
在中砂、粉细砂、黏质粉土地层	宜采用渗透和劈裂相结合的注浆法
在粉质黏土等黏土层	宜采用劈裂或电动硅化注浆法
在淤泥质软土层	宜采用高压喷射注浆法

### 10.3.2 注浆材料应符合下列规定：

- 1 应具有良好的可注性；
- 2 应具有良好的粘结力和一定的强度、抗渗、耐久和稳定性，当地下水有侵蚀作用时，应采用耐侵蚀性的材料；
- 3 应无毒并对环境污染小；
- 4 宜对注浆工艺要求简单，且应操作方便、安全可靠。

### 10.3.3 注浆浆液应符合下列规定：

- 1 注浆浆液的选择应符合表 10.3.3 的规定；

表 10.3.3 注浆浆液的选择

地层特性	注浆浆液
在裂隙具有一定张开度的裂隙岩体、砂卵石及粗砂地层中进行充填孔隙的渗入注浆	宜选用水泥水玻璃双液浆，无水状态可选用水泥单液浆
在中砂、粉细砂、黏质粉土地层中进行渗透和劈裂相结合的注浆	宜选用水泥/超细水泥单液浆或改性水玻璃单液浆
在粉质黏土等黏土层中进行劈裂注浆	宜选用超细水泥单液浆或改性水玻璃单液浆
在淤泥质软土层中进行高压喷射注浆	宜选用水泥或超细水泥单液浆

2 注浆浆液的配合比应在试验室试配的基础上经现场试验确定。

### 10.3.4 注浆孔间距和注浆压力宜根据地层特性、地下水动力学

条件和浆液在地层中的可注入性，经工程类比和试验确定。

**10.3.5** 设计文件中应对注浆后地层的允许出水量等止水效果和浆液加固体的强度提出明确要求。

#### 10.4 超前小导管及管棚

**10.4.1** 超前小导管注浆和管棚应根据地质条件、环境条件、隧道断面大小及支护结构形式选用不同的设计参数。

**10.4.2** 超前小导管宜采用 $\phi 32\text{mm}$ 或 $\phi 42\text{mm}$ 钢管制作，长度宜为 $1.5\text{m}\sim 3.0\text{m}$ 。纵向每开挖1个~2个循环后应注浆1次，小导管纵向搭接长度不应小于 $1\text{m}$ 。

**10.4.3** 超前小导管应沿隧道周边布置，环向间距不应大于 $400\text{mm}$ ，外插角宜为 $10^\circ\sim 15^\circ$ 。

**10.4.4** 超前小导管注浆参数应符合下列规定：

1 浆液终压应根据现场地质情况通过注浆试验确定，宜为 $0.3\text{MPa}\sim 0.5\text{MPa}$ ；

2 注浆量可按下式计算：

$$Q = \pi r^2 \times L \times n_d \times \alpha_c \times \beta_h \quad (10.4.4)$$

式中： $Q$ ——浆液注入量（ $\text{m}^3$ ）；

$r$ ——浆液扩散半径（ $\text{m}$ ），可取 $0.25$ ；

$L$ ——注浆管长（ $\text{m}$ ）；

$n_d$ ——地层空隙率，可按表10.4.4选用；

$\alpha_c$ ——地层充填系数，可取 $0.8$ ；

$\beta_h$ ——浆液消耗系数，可取 $1.1\sim 1.2$ 。

表 10.4.4 地层孔隙率

地 层	孔隙率 (%)
冲积成因的中、粗、砾砂	33~46
粉砂	33~49

3 注浆速度应小于或等于 $30\text{L}/\text{min}$ 。

**10.4.5** 超前小导管注浆材料应根据隧道所处地层条件选择，并应符合下列规定：

- 1 无水的粗砂及砂砾石地层宜选择单液水泥浆；
- 2 无水的中砂及粉细砂地层宜选择改性水玻璃浆；
- 3 有水的粗砂及砾石地层宜选择水泥—水玻璃浆双液浆；
- 4 对前期及后期强度要求很高的地层可选择硫铝酸盐水泥类浆。

**10.4.6** 管棚应沿隧道顶拱开挖轮廓的周边布置，其钢管宜采用 $\phi 60\text{mm}\sim\phi 180\text{mm}$ 无缝钢管加工制作。钢管的环向间距宜为 $300\text{mm}\sim 500\text{mm}$ ，外插角不应大于 $3^\circ$ 。沿隧道纵向两节管棚的水平搭接长度不应小于 $1.5\text{m}$ 。

**10.4.7** 管棚注浆浆液宜采用水泥砂浆。

## 10.5 旋喷注浆加固

**10.5.1** 砂类土、黏性土、淤泥和黄土等软弱土层宜选用旋喷注浆加固。

**10.5.2** 旋喷注浆加固地层设计应符合下列规定：

1 旋喷方式应根据地层条件、工程结构形式、环境条件和设备类型等确定，可选用地面垂直旋喷、定向旋喷，隧道内水平旋喷方式；

2 旋喷范围应根据地层性质、地下水条件和开挖范围等确定，并应包括加固体的形状及大小尺寸；

3 工艺参数应包括旋喷压力、浆液的材料和配比等，并应符合下列规定：

- 1) 喷嘴出口处的压力宜控制在 $0.2\text{MPa}\sim 1.0\text{MPa}$ ；
- 2) 浆液的材料、配比应根据地层条件、地下水压力和流速，并经工程类比和试验室试验、现场试验确定。旋喷浆液宜为水泥浆，其水灰比宜控制在 $(1.0\sim 1.2)$ ； $(0.7\sim 1.0)$ 。当地下水流速较大时，可掺加一定量的促凝剂调节浆液的凝结时间；

4 加固体的强度应根据地层条件、加固部位等因素，通过工程类比确定。加固体的 28d 强度宜控制在 1.0 MPa~1.5MPa；

5 加固体的止水效果应达到在钻孔检查时不渗水、不塌孔；

6 加固效果的检测应包括检测方法、检测数量及加固效果的评价。检测方法可选用钻芯取样法或静力、动力触探法。

## 10.6 地层冻结

10.6.1 地下水含量大于 10%、流速不大于 10m/d、含盐量较小、水温变化幅度不大的软土、流砂、卵砾石地层可选用冻结法进行地层的预加固。

10.6.2 地层冻结设计前应进行详细的地质条件和地下水条件调查，并应包括下列内容：

1 地层中地下水的含量、水位的变化、流速流向、含盐量、水温以及和其他水体的水力联系；

2 地层的颗粒组成及级配；

3 开挖体及其影响范围内地层中的隔水层厚度及其物理力学性质；

4 地层的可钻性；

5 地层是否为扰动土层。

10.6.3 地层冻结设计应符合下列规定：

1 冻结方式应根据工程结构和环境条件、地层条件等确定，可选择垂直冻结、水平冻结或倾斜冻结；

2 冻结范围应根据地层性质、地下水条件和开挖范围等确定，并通过工程类比和计算分析确定冻结壁的形状和尺寸，包括冻结壁的长度、厚度和宽度等；

3 工艺参数应根据地层条件、地下水条件、开挖时间、冻结管的温度，并经计算和工程类比确定，并应包括冻结壁平均温度、积极冻结扩展速度、积极冻结时间和维护冻结时间；

4 冻结孔的布置参数应依据冻结壁的厚度、积极冻结扩展速度等经计算确定，并应包括冻结孔的间距（包括开孔间距、终

孔控制间距)、角度、排数(单排、双排或多排)及排列形式。单排冻结孔间距宜为 0.5m~1.2m,多排冻结孔的排距宜为 0.5m~1.0m;

5 冻胀引起的地表隆起宜小于 6mm,冻结壁解冻引起的地表沉降宜小于 10mm。

# 11 结构防水

## 11.1 一般规定

11.1.1 检查室和隧道应根据气候条件、工程地质和水文地质条件，并应考虑不同的结构部位、温度效应和使用要求等因素进行结构防水设计。

11.1.2 结构防水应以结构自防水为根本、细部构造防水为重点，并应遵循以防为主、刚柔结合、多道防线、因地制宜、综合治理的原则，采取与其相适应的防水措施。

11.1.3 结构防水等级不应低于二级。

11.1.4 结构防水设计应采取预防结构混凝土早期裂缝的措施。

## 11.2 混凝土结构自防水

11.2.1 结构自防水应采用防水混凝土，防水混凝土抗渗等级不得低于 P8。处于侵蚀性介质中，防水混凝土的耐侵蚀系数不得小于 0.8。

11.2.2 防水混凝土结构不得有贯通裂缝。

11.2.3 防水混凝土所用的材料和配合比应满足结构耐久性的要求，并应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

11.2.4 防水混凝土结构的构造应符合下列规定：

- 1 结构厚度不应小于 250mm；
- 2 钢筋保护层厚度应根据结构的耐久性和工程环境选用，迎水面钢筋保护层厚度不应小于 50mm。

## 11.3 附加防水层

11.3.1 复合式衬砌的初期支护与二次衬砌之间应选用耐腐蚀、

耐霉菌、耐穿刺，延伸性和柔性好的塑料防水板做防水层。塑料防水板的厚度不应小于 1.2mm。塑料防水板与基面之间应采用重量不小于 350g/m<sup>2</sup> 的土工布作为缓冲层。

### 11.3.2 塑料板防水层的铺设应符合下列规定：

1 塑料板的缓冲层应用暗钉圈固定在基层上，塑料板应边铺边将其与暗钉圈焊接牢固；

2 两幅塑料板的搭接宽度应为 100mm，下部塑料板应压住上部塑料板。搭接缝应采用双条焊缝焊接，单条焊缝的有效焊接宽度不应小于 10mm。焊缝质量应进行充气检查，当空腔内充气压力达到 0.25MPa 时，15min 内压力下降不应大于 10%。

### 11.3.3 敷设塑料防水板的基面应符合下列规定：

1 塑料防水板的平整度应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的有关规定；

2 敷设塑料防水板的基面可处于潮湿状态，但不应有滴漏，不得有线流水；

3 仰拱、底板不得有积水；

4 仰拱或底板的塑料防水板应设不小于 50mm 厚的保护层。

## 11.4 细部构造防水

11.4.1 二次衬砌施工缝、变形缝处应采取防水措施，并应符合表 11.4.1 的规定；变形缝应能满足接缝两端结构产生的差异沉降及纵向伸缩时的密封防水要求。

表 11.4.1 二次衬砌施工缝、变形缝的防水措施

细部构造名称	防水措施	二级
施工缝	背贴式止水带	宜选两种，其中中埋式止水带为必选
	遇水膨胀止水条	
	遇水膨胀止水胶	
	中埋式止水带	

续表 11.4.1

细部构造名称	防水措施	二级
变形缝	中埋式止水带	必选
	背贴式止水带	应选两种
	可卸式止水带	
	防水嵌缝材料	
	遇水膨胀止水条	

## 12 施工设计与监控量测

### 12.1 一般规定

12.1.1 施工设计宜包括下列内容：

- 1 竖井施工的方法与工艺；
- 2 马头门预加固、开挖、支护的方法与工艺；
- 3 隧道施工的方法与工艺，包括地下水的处理、地层的预加固、隧道的开挖与支护；
- 4 监控量测方案。

12.1.2 竖井和隧道应在无水状态下施工，地下水丰富的区域应先治水后开挖。

### 12.2 竖井

12.2.1 竖井施工可采用逆作法分层、分步开挖和支护，并应及时架设支撑。

12.2.2 锁口圈梁上应设防水挡墙。

12.2.3 竖井格栅纵向连接筋应与锁口圈梁的受力钢筋可靠连接。

12.2.4 竖井支撑之间的水平间距除应满足结构安全外，还应满足出土、进料的要求。

12.2.5 当竖井开挖至马头门位置，不便加设支撑时，应设计换撑支护方案。

12.2.6 施工竖井的临时支撑，应在施作防水层和二衬之前，根据工程类比、监控量测结果，按二衬的浇筑分段逐步拆除。

12.2.7 竖井井口周边施工影响范围内临时堆土高度不应超过设计要求。

## 12.3 马 头 门

**12.3.1** 马头门施工应在竖井初期支护稳定后或检查室二衬完成后开始。

**12.3.2** 马头门第一榀格栅应与竖井初期支护格栅可靠连接。

**12.3.3** 当竖井内有 2 个以上马头门时，不应同时开口，应待第一个马头门隧道掘进 2 倍~3 倍洞径或洞宽后，方可开挖第二个马头门。

## 12.4 隧 道

**12.4.1** 隧道施工方法的选择应根据开挖断面大小、断面形式、工程地质条件、水文地质条件、衬砌结构类型、隧道长度、地面和地下建（构）筑物的状况、地面交通环境状况、工期要求等因素综合研究确定。

**12.4.2** 土方开挖时，应按格栅尺寸适当外扩，拱部宜外扩 50mm~100mm，侧墙宜外扩 20mm，仰拱宜外扩 50mm~100mm。

**12.4.3** 隧道初期支护的钢筋格栅的节点应连接牢固，连接板宜帮焊钢筋。上台阶钢筋格栅架立后，应及时打设长度不小于 2.5m 的注浆锁脚锚杆（锚管）；钢筋格栅架设后，应按设计规定的厚度和强度，及时喷射混凝土。

**12.4.4** 初期支护完成后应及时进行回填注浆，并符合下列规定：

1 初期支护背后回填注浆应跟随开挖工作面，在距开挖面 5m 的地方进行；

2 初期支护背后回填注浆孔应沿隧道拱部及边墙布设。环向间距起拱线以上应为 2.0m，边墙应为 3.0m。纵向间距应为 3.0m，且应呈梅花形布置，注浆管深度应为初期支护背后 50mm~100mm（图 12.4.4）；

3 边墙范围内注浆管不应少于 2 根，间距宜为 3m；

4 回填注浆可选用水泥浆或水泥与粉煤灰混合浆液；

5 回填注浆结束标准宜为注浆量和注浆压力双指标控制，注浆终压宜为 0.2MPa。

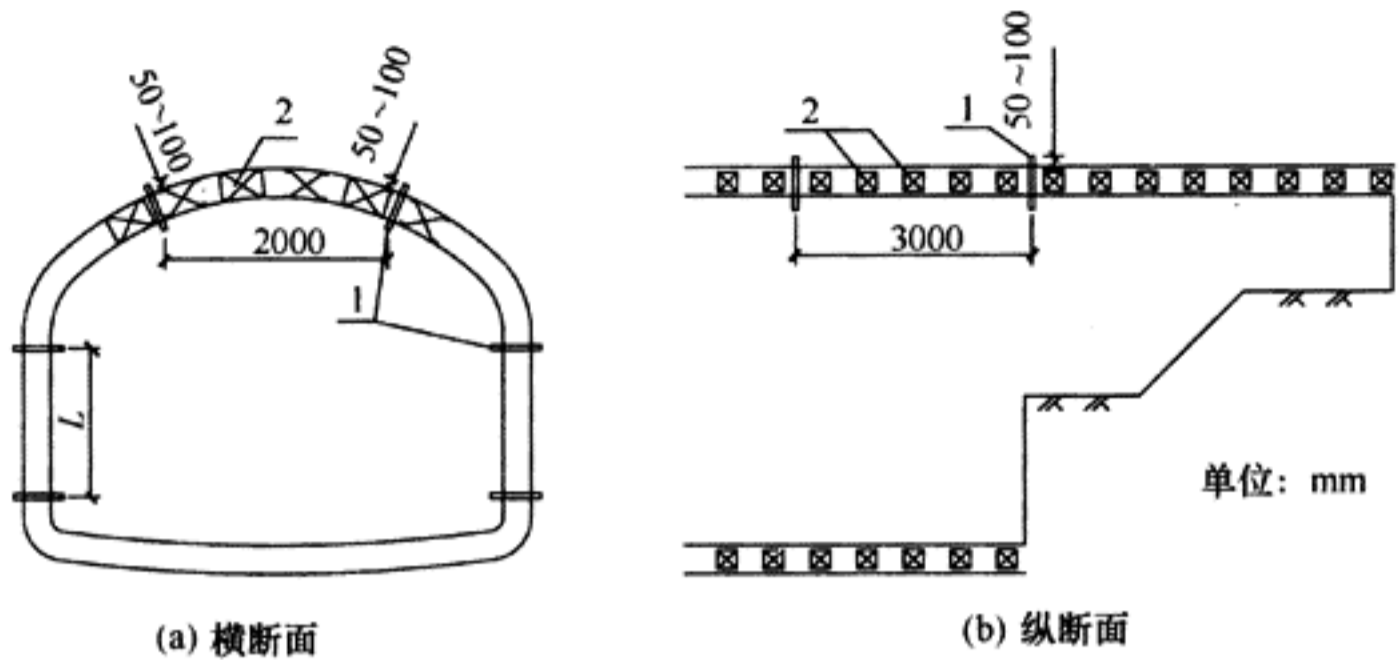


图 12.4.4 初期支护背后回填注浆孔位置示意图  
1—注浆管；2—钢格栅

12.4.5 当二次衬砌混凝土强度达到设计强度的 75%后，方可进行二次衬砌背后充填注浆，并应符合下列规定：

- 1 二次衬砌施工时应在隧道拱部预埋注浆管。环向间距宜为 3m，起拱线以上宜布设 1 个~3 个孔，纵向间距宜为 5m（图 12.4.5）；
- 2 二次衬砌背后充填注浆应采用添加微膨胀剂的水泥砂浆；
- 3 当充填注浆压力达到 0.2MPa 时，可结束注浆。

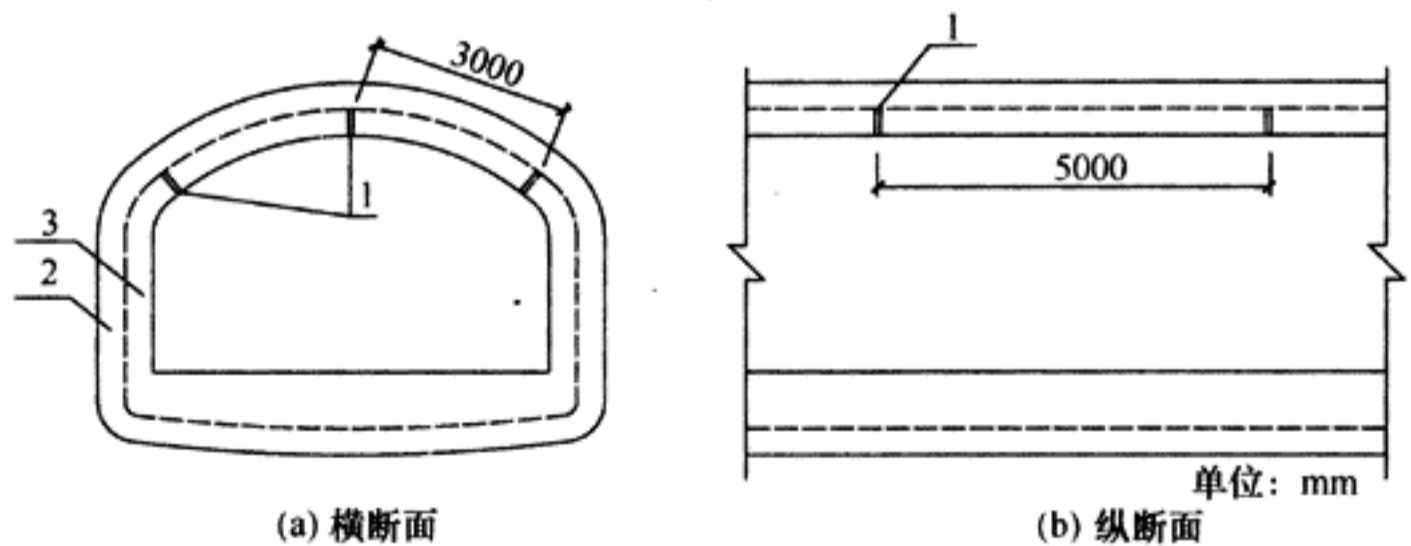


图 12.4.5 二次衬砌背后充填注浆孔位置示意图  
1—注浆管；2—初期支护；3—二次衬砌

## 12.5 监控量测

### 12.5.1 监控量测设计应符合下列规定：

1 施工前监测单位应制定和提供监测方案；

2 监测项目应包括必测项目和选测项目。选测项目应根据工程规模、地上和地下工程环境、工程地质和水文地质条件等选择；

3 隧道穿越地上建（构）筑物、上穿或下穿地下建（构）筑物和其他现状市政地下管线时，应依据隧道与建（构）筑物、地下管线的空间位置关系，建（构）筑物和地下管线的类型、规模、重要程度，隧道施工工法等条件进行监测设计；

4 监测应符合下列规定：

1) 高层、高耸结构监测项目应包括沉降、倾斜、裂缝。

测点布置应根据建（构）筑物外观和与隧道的距离，沿建（构）筑物周边或靠近隧道的一侧基础轴线上对称布点；

2) 桥体观测项目应包括沉降、倾斜、裂缝。测点应布置在桥（墩）桩、桥梁、桥面板上；

3) 地下构筑物 and 地下管线监测可通过地中位移来体现，监测项目应为沉降。测点布置应沿地下构筑物顶部结构中心线和地下管线顶部中轴线对称布点，监测断面间距宜为 5m~10m。

5 监控量测的测点初始值，隧道外测点应在测点稳定后进行测读，取三次观测数据的平均值可作为初观测值；隧道内测点应在开挖后 24h 内和下次开挖之前设点并读取初始值；

6 监测所用仪器、元件及监测精度应满足监测设计的要求；

7 隧道围岩基本稳定状态应符合下列规定：

1) 隧道周边位移应有明显减缓趋势；

2) 在拱脚位置和边墙中部附近的收敛速率应小于 0.2mm/d，拱顶下沉速度应小于 0.15mm/d；

3) 围岩位移值应达到总位移值的 80%~90%。

8 施工引起的变形控制应符合下列规定：

1) 竖井沉降和变形控制应符合表 12.5.1-1 的规定：

表 12.5.1-1 竖井沉降和变形控制

监测项目名称	控制值 (mm)	预警值 (mm)	报警值 (mm)	位移平均速率 控制值 (mm/d)	位移最大速率 控制值 (mm/d)
锁口圈梁沉降	30	15	24	2	5
竖井井壁收敛	30	15	24	2	5

注：位移平均速率为任意 7d 的位移值，位移最大速率为任意 1d 的最大位移值。

2) 暗挖隧道沉降和变形控制应符合表 12.5.1-2 的规定：

表 12.5.1-2 暗挖隧道沉降和变形控制

监测项目名称	控制值 (mm)	预警值 (mm)	报警值 (mm)	位移平均速率 控制值 (mm/d)	位移最大速率 控制值 (mm/d)	
地表下沉	30	15	24	2	5	
隧道内拱顶下沉	40	20	32	2	5	
洞周 收敛	$B > 4\text{m}$	$0.005B$	$0.0025B$	$0.004B$	1	3
	$B \leq 4\text{m}$	20	10	16	1	3

注：1  $B$  为隧道宽度；

2 位移平均速率为任意 7d 的位移值，位移最大速率为任意 1d 的最大位移值；

3 本表中拱顶下沉系指拱部开挖以后设置在拱顶的沉降观测点所测值。

3) 多高层建筑物地基允许变形值应符合本规程第 13 章的有关规定。

9 地下构筑物和市政地下管线的控制应符合相应的监测控制标准，并应满足对应的管理单位的控制要求；

10 监测数据应在取得数据后及时整理，同时应绘制时态曲线和进行回归分析，预测测点的最终位移值，并应及时判断竖井、隧道、地上结构和地下管线的稳定性和安全性。

12.5.2 竖井监测应符合下列规定：

1 竖井监测项目及应符合表 12.5.2 的规定；

表 12.5.2 竖井监测项目及要求

序号	监测项目	监测类别	测点布置	监测频率
1	地质状况描述及支护观察	必测	—	施工过程中每天进行
2	竖井圈梁水平位移	选测	锁口圈周边	施工过程中 2 次/d; 竖井开挖后 2 周内, 1 次/2d; 开挖后 3~4 周, 2 次/周; 开挖 4 周以后至二衬完成前, 1 次/周
3	竖井圈梁沉降	必测	锁口圈周边	
4	竖井井壁收敛	必测	竖井井壁周边, 3m 一个断面	
5	临时支撑变形	必测	2 个点/单根支撑	同上
6	竖井周边地表沉降	必测	锁口圈开挖范围外 5~10m 范围	同上
7	锚杆抗拔力	选测	—	—
8	格栅钢筋应力	选测	每开挖 5m 选 1 个断面, 每个断面取 5~10 个测点, 视断面尺寸定	竖井封底且马头门完成前, 2 次/d; 马头门完成后至隧道掘进 5m, 2 次/周; 竖井二衬前, 1 次/周
9	应力影响范围内的建筑物变形、沉降观测	必测	—	同竖井圈梁沉降

注: 1 在一定条件下选测监测项目可转化为必测项目;

2 若情况复杂或出现异常情况时应加大监测频率。

## 2 测点布置应符合下列要求:

- 1) 锁口圈梁水平位移、沉降布点可取同一监测点;
- 2) 测点应对称布置在竖井中轴线两侧, 应根据竖井平面尺寸沿长边每隔 5m~7m 设一对测点, 短边 3 m~5m

设一对测点；

3) 临时支撑每开挖 4m~6m 或土质变化处设一对监测点；

3 圈梁水平位移、沉降、竖井井壁收敛等项目在拆除临时支撑后均应加大监测频率。

### 12.5.3 隧道监测应符合下列规定：

1 隧道监测项目及要求的应符合表 12.5.3 的规定；

表 12.5.3 隧道监测项目及要求的

序号	监测项目	监测类别	测点布置	监测频率
1	地质状况描述及支护观察	必测	—	施工过程中每天进行
2	洞周收敛	必测	5m~30m 一个监测断面	开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时 1~2 次/d；开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时 1 次/d；开挖面距监测断面 $> 5B$ 时 1 次/周；基本稳定后 1 次/周
3	拱顶下沉	必测	5m~30m 一个监测断面	
4	地表沉降	必测	5m~30m 一个监测断面	开挖面前后距监测断面 $\leq 2B$ 时 1~2 次/d；开挖面前后距监测断面 $\leq 5B$ 时 1 次/d；开挖面距监测断面 $> 5B$ 时 1 次/周；基本稳定后 1 次/周
5	初支格栅钢筋应力	选测	每个代表性地段 2 个~3 个监测断面	开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时 1~2 次/d；开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时 1 次/d；开挖面距监测断面 $> 5B$ 时 1 次/周；基本稳定后 1 次/周
6	初支背后围岩压力和初支与二衬间的接触压力	选测	每个代表性地段 1 个~2 个监测断面	

续表 12.5.3

序号	监测项目	监测类别	测点布置	监测频率
7	大推力固定支架处二衬主筋应力	选测	选择推力最大的支架	监测一个供热循环：管道试压前测量初读数；管道压力稳定前，1次/周；管道压力稳定后，1次/月；供热结束，隧道内温度与供热前基本相同时测量1次
8	应力影响范围内的建筑物变形和沉降监测	必测	符合一般规定要求	穿越过程中2次/d，穿越后2周内1次/d；2周~1月1次/周
9	地中应力	选测	每个代表性地段1个~2个监测断面	开挖面距监测断面 $\leq 2B$ 时1~2次/d；开挖面距监测断面 $\leq 5B$ 时1次/d；开挖面距监测断面 $> 5B$ 时1次/周；基本稳定后1次/周
10	初支背后孔洞监测	选测	每个开挖循环	随时监测

注：1  $B$  为隧道宽度；

2 在一定条件下选测监测项目可转化为必测项目；

3 若情况复杂或出现异常情况时应加大监测频率。

## 2 测点布置应符合下列规定：

- 1) 洞周收敛、拱顶下沉、地面沉降监测应设置在同一断面；
- 2) 监测断面间距应根据隧道跨度、隧道开挖长度、地质状况、施工工法等综合考虑确定，宜5m~30m设一个监测断面，每个监测断面应设置2对~3对收敛点(图12.5.3-1)；
- 3) 拱顶下沉测点应设置在拱顶，在地质条件差的地段，

应在拱腰位置处增设测点（图 12.5.3-1）；

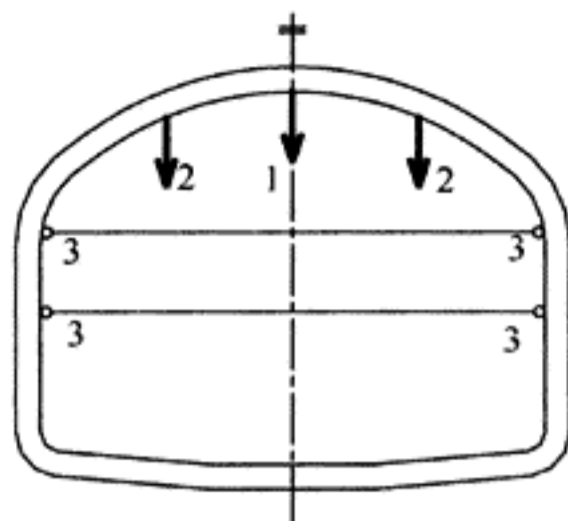


图 12.5.3-1 隧道洞内测点布置图

1—拱顶下沉监测点；2—增设拱顶  
下沉监测点；3—洞周收敛监测点

4) 地表沉降监测应 5m ~ 30m 设一个监测断面（图 12.5.3-2）；

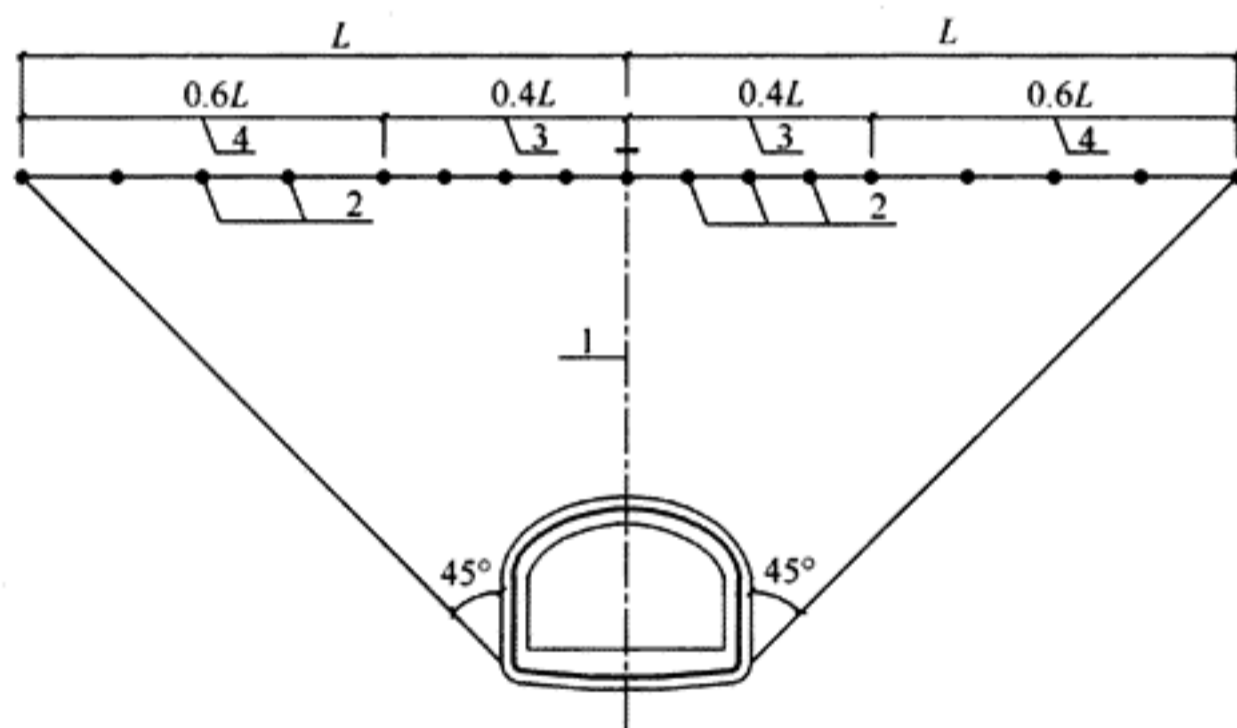


图 12.5.3-2 地表沉降测点布置图

1—隧道结构中心线；2—地表下沉监测点；3—此范围内  
监测点间距 2m；4—此范围内监测点间距 4m

3 监测频率应根据监测断面与开挖面的间距、沉降和收敛的速率等因素确定。当沉降或收敛速率异常、拆除隧道临时支撑时均应加大监测频率。

## 13 环境风险源专项设计

### 13.1 一般规定

**13.1.1** 供热管网隧道工程设计应识别环境风险源，并应对其进行评估和分级。对于Ⅰ级、Ⅱ级环境风险源，设计文件中应有施工安全风险控制的环境风险源专项设计，并应通过环境风险源管理部门组织的专家专项审查。

**13.1.2** 各设计阶段的环境风险源专项设计应符合下列规定：

1 方案设计阶段应遵循规避不良地质条件、重要周边环境风险源的原则进行供热管网隧道路由、检查室位置的选择。对于难以规避的重要周边环境风险源应进行深入的风险分析和风险评估，并应提出能有效控制风险且经济合理的技术方案；

2 初步设计阶段应在方案设计的基础上全面识别、分析工程存在的风险，评估风险的影响，并应提出初步的合理技术措施；

3 施工图设计阶段应在初步设计的基础上深入分析工程存在的风险，预测并评估隧道施工的影响，并应制定控制指标和提出具有可操作性、技术上可靠、经济上合理的具体技术措施。

**13.1.3** 施工过程中应加强监控量测，并应根据监测结果和反馈的信息，及时评估环境风险源专项设计的合理性，必要时进行设计的调整。

### 13.2 环境风险源等级划分

**13.2.1** 根据工程特点和周边环境特点，环境风险源宜分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级和Ⅳ级。分级可按下列规定执行：

1 Ⅰ级环境风险源：近接下穿既有轨道交通线路（含铁路），近接穿越极重要桥梁的桥桩或截除桥桩，近接下穿机场跑道及停机坪，近接下穿跨流域调水隧道的工程区段；

2 Ⅱ级环境风险源：近接下穿重要既有建（构）筑物、重

要市政地下管线、河流、湖泊等，近接穿越重要桥梁的桥桩或截除桥桩，近接上穿既有轨道交通线路（含铁路），近接上穿跨流域调水隧道的工程区段；

3 Ⅲ级环境风险源：近接下穿一般既有建（构）筑物，下穿重要市政道路，临近既有轨道交通线路（含铁路）、重要既有建（构）筑物、重要市政地下管线（包括正在运营的热力管线或隧道、大直径污水管线、大直径供水管线、大直径供气管线）、跨流域调水隧道、河流和湖泊等，近接穿越一般桥梁的桥桩或截除桥桩的工程区段；

4 Ⅳ级环境风险源：下穿一般市政管线、一般市政道路及其他市政基础设施，临近一般既有建（构）筑物、重要市政道路，近接穿越次要桥梁的桥桩或截除桥桩的工程区段。

13.2.2 浅埋供热管网隧道宜根据施工过程中对周边环境所造成的影响程度的不同，划分为强烈影响区、显著影响区和一般影响区。

13.2.3 深埋供热管网隧道宜根据开挖与支护过程所引起的围岩变形与松动的范围与周边环境的近接程度，划分为非常接近、接近和不接近。

13.2.4 环境风险源分级应综合考虑供热管网隧道与周边环境的相对位置关系（包括近接程度、施工影响分区）、周边环境的重要性和自身特点、工程地质和水文地质条件等因素，采用定性和定量相结合的方法，可按表 13.2.4 的规定确定。

表 13.2.4 环境风险源的分级

环境风险源的级别	环境风险源的工程特征	供热管网隧道与环境风险源的相互关系	级别的调整
I 级	下穿轨道交通既有线路（含地铁、铁路），机场跑道及停机坪，跨流域调水隧道；近接穿越极重要桥梁的桥桩或截除桥桩	非常接近下穿；桥桩位于强烈影响区内（截桩）或桩端位于非常接近区域；位于显著影响区时，供热管网隧道与桥桩的距离小于 $2.5D$ ，且位于破裂面内的桩的长度大于整个桩长的 $1/2$	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 位于一般影响区或为接近时，根据情况可调整为Ⅱ级；</li> <li>2. 隧道围岩的自稳性很好时，可酌情调整为Ⅱ级</li> </ol>

续表 13.2.4

环境风险源的级别	环境风险源的工程特征	供热管网隧道与环境风险源的相互关系	级别的调整
II 级	上穿既有轨道交通线路（含地铁、铁路），跨流域调水隧道	近穿上穿（距离小于 $1.0B$ ）	1. 供热管网隧道底板（仰拱底部）与既有结构的夹层厚度大于 $2B$ 时一般可调整为 III 级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为 I 级
	邻近既有地铁线路，跨流域调水隧道	地铁线路，跨流域调水隧道位于显著影响区	位于一般影响区时，根据具体情况可调整为 III 级
	近接穿越重要桥梁的桥桩或截除桥桩	位于强烈影响区（截桩），或桩端位于接近区域；位于显著影响区时，供热管网隧道与桥桩的距离小于 $2.5D$ ，且位于破裂面内的桩的长度大于整个桩长的 $1/2$	1. 位于一般影响区或桩端位于不接近区域，根据具体情况可调整为 III 级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为 I 级
	穿越重要市政地下管线	非常接近或位于强烈影响区内下穿；邻近穿越时，管线位于显著影响区内	1. 位于一般影响区根据具体情况可调整为 III 级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为 I 级
	穿越重要既有建（构）筑物	非常接近或位于强烈影响区内下穿；邻近穿越时，既有建（构）筑物位于显著影响区内	1. 位于一般影响区时，根据具体情况可调整为 III 级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为 I 级
	下穿河流、湖泊	非常接近或位于强烈影响区内下穿	具体应视河流、湖泊的水量、水深，河床/湖床的地质条件等进行具体调整

续表 13.2.4

环境风险源的级别	环境风险源的工程特征	供热管网隧道与环境风险源的相互关系	级别的调整
Ⅲ级	邻近既有地铁线路	既有地铁线路位于显著影响区或接近区域	1. 其他邻近程度根据具体情况可调整为Ⅳ级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为Ⅱ级
	邻近重要桥梁	位于显著影响区，供热管网隧道与桥桩的距离大于 $2.5D$ ，且位于破裂面内的桩的长度为整个桩长的 $1/3 \sim 1/2$	1. 其他邻近程度根据具体情况可调整为Ⅳ级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为Ⅱ级
	穿越重要市政地下管线	位于强烈影响区，但供热管网隧道与管线间的夹层厚度不小于 $1.0B$ ；隧道深埋时，管线位于接近区域；邻近穿越时，管线位于显著影响区内	1. 其他邻近程度根据具体情况可调整为Ⅳ级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为Ⅱ级
	穿越重要既有建（构）筑物	位于强烈影响区，但供热管网隧道与建（构）筑物筏板基础/条形基础间的夹层厚度不小于 $1.0B$ ；隧道深埋时，建（构）筑物基础位于接近区域；邻近穿越筏板基础/条形基础建（构）筑物时，建（构）筑物位于显著影响区内	1. 建（构）筑物为桩基础时，根据具体情况可调整为Ⅳ级； 2. 隧道围岩存在含水粉细砂层，地下水位较高，降水困难，且存在上层滞水、层间水时，可酌情调整为Ⅱ级

续表 13.2.4

环境风险源的级别	环境风险源的工程特征		供热管网隧道与环境风险源的相互关系	级别的调整
IV级	邻近重要桥梁		位于显著影响区, 供热管网隧道与桥桩的距离大于 $2.5D$ , 且位于破裂面内的桩的长度小于整个桩长的 $1/3$	隧道围岩存在含水粉细砂层, 地下水位较高, 降水困难, 且存在上层滞水、层间水时, 可酌情调整为Ⅲ级
	穿越地下管线	重要市政管线	隧道围岩为自稳性很好的粉质黏土, 无地下水或地下水条件很好。位于强烈影响区下穿时, 供热管网隧道与管线间的夹层厚度不小于 $1.0B$ ; 隧道深埋时, 管线位于接近区域; 邻近穿越时, 管线位于一般影响区内	—
		一般市政管线	管线位于显著影响区; 隧道深埋时, 管线位于接近区域	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 位于强烈影响区下穿时, 如供热管网隧道与管线间的夹层厚度小于 <math>0.5B</math>, 根据具体情况可调整为Ⅲ级;</li> <li>2. 隧道围岩存在含水粉细砂层, 地下水位较高, 降水困难, 且存在上层滞水、层间水时, 可酌情调整为Ⅲ级;</li> <li>3. 隧道深埋, 管线位于非常接近区域时, 根据具体情况可调整为Ⅲ级</li> </ol>
	下穿一般市政道路及其他市政基础设施工程		供热管网隧道为浅埋, 或市政基础设施工程位于显著影响区域	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 供热管网隧道极浅埋或市政基础设施工程位于强烈影响区时, 根据具体情况可调整为Ⅲ级;</li> <li>2. 隧道围岩为杂填土或存在含水粉细砂层, 地下水位较高, 降水困难, 且存在上层滞水、层间水时, 可酌情调整为Ⅲ级</li> </ol>
	邻近一般既有建(构)筑物、重要市政道路		既有建(构)筑物、重要市政道路位于显著影响区域	隧道围岩为杂填土或存在含水粉细砂层, 地下水位较高, 降水困难, 且存在上层滞水、层间水时, 可酌情调整为Ⅲ级

注: 1 表中  $B$ 、 $D$  分别表示隧道宽度和桥桩直径;

2 表中的环境风险源分级尚应根据产权单位的特殊要求进行调整。

**13.2.5** 在设计阶段，设计单位应根据环境风险源的定性分级原则，结合工程特点、周边环境特点和工程设计经验，在分析安全风险发生的可能性、严重程度和可控性、可接受水平的基础上，进行环境风险源分级的细化，并应满足相应设计阶段的深度要求。

### **13.3 环境风险评估**

#### **I 建（构）筑物**

**13.3.1** 建（构）筑物监控量测控制指标应包括允许沉降控制值、差异沉降控制值和位移最大速率控制值，对高耸建（构）筑物还应包括倾斜控制值。

**13.3.2** 控制指标应根据建（构）筑物的功能、规模、修建年代、结构形式、基础类型、地质条件等因素确定。

**13.3.3** 根据对建（构）筑物安全性的影响因素的调查分析、结构材料性能检测和计算分析，应对其基础的现状承载力和结构安全性进行评价，综合确定建（构）筑物的安全性，并结合其与供热管网隧道工程的空间位置关系，确定其控制指标。

**13.3.4** 施工对建（构）筑物影响的控制标准应结合地质及环境条件、建（构）筑物结构特点及状况、施工方法等因素综合确定。

#### **II 地下管线**

**13.3.5** 地下管线控制指标应包括管线允许位移控制值和倾斜率控制值，也可对管线曲率、弯矩、最外层纤维的挠应变、接头转角、管线变形与地层变形之差、管线轴向应变等设置控制指标。

**13.3.6** 控制指标应根据地下管线的功能、工作压力、材质、铺设方法、埋置深度、土层压力、管径、接口形式、铺设年代等因素确定。

**13.3.7** 根据对地下管线安全性的影响因素进行的调查分析，可

综合采用经验法、理论计算法、工程类比法或数值模拟法等方法，并结合地下管线与供热管网隧道工程的空间位置关系，确定其控制指标。

**13.3.8** 施工对地下管线影响的控制标准应结合地质及环境条件、地下管线的结构特点及状况、施工方法等因素综合确定。

### III 城市道路

**13.3.9** 城市道路沉降（隆起）控制指标应包括允许位移控制值、位移平均速度控制值、位移最大速率控制值、U形槽变形控制值和路堤、路堑倾斜控制值，也可对道路或地表纵横向曲率变化进行控制。

**13.3.10** 城市道路沉降（隆起）控制指标的确定应综合考虑隧道施工工法、地层性质、隧道覆土厚度、地下水位变化、隧道结构断面形式与大小、地层损失、施工管理、道路等级、路基路面材料和养护周期等因素的影响。

**13.3.11** 根据对城市道路沉降（隆起）的影响因素的调查分析，并结合工程施工方法，可采用经验法或数值模拟法等方法，确定城市道路和地表沉降（隆起）的控制指标。

**13.3.12** 施工对城市道路影响的控制标准应结合地质及环境条件、城市道路的结构特点及状况、施工方法等因素综合确定。

### IV 城市桥梁

**13.3.13** 城市桥梁控制指标应包括桥梁墩台允许沉降控制值、纵横向相邻桥梁墩台间差异沉降控制值、承台水平位移控制值和挡墙沉降、倾斜度控制值。

**13.3.14** 控制指标应综合考虑城市桥梁规模、结构形式、基础类型、建筑材料、养护情况等因素的影响。

**13.3.15** 根据对城市桥梁安全性的影响因素的调查分析和结构检测，可综合采用大型原位试验、经验公式法、解析计算法和数值模拟法等方法，对城市桥梁的结构现状、承载能力及抗变形能

力进行评估，并结合城市桥梁与供热管网隧道工程的空间位置关系，确定其控制指标。

**13.3.16** 施工对城市桥梁影响的控制标准应结合地质及环境条件、桥梁结构特点及状况、施工方法等因素综合确定。

## V 城市轨道交通

**13.3.17** 城市轨道交通控制指标应包括隧道结构允许沉降控制值、隧道结构允许上浮控制值、隧道结构允许水平位移控制值、位移平均速度控制值、位移最大速率控制值、差异沉降控制值、轨道几何尺寸允许偏差控制值、轨道挠度允许控制值、道床剥离量允许控制值、结构变形缝开合度和轨道结构允许垂直位移控制值。

**13.3.18** 控制指标应综合考虑城市轨道交通的地层情况、隧道结构特点及状况、轨道结构特点及状况、线路部位、修建年限等因素的影响。

**13.3.19** 根据对城市轨道交通既有线路安全性的影响因素的调查分析和结构检测，可综合采用经验公式法、解析计算法和数值模拟法等方法，对结构承载能力和轨道安全性等进行评估，并结合工程穿越方式（上穿、下穿和侧穿），确定相应的控制指标。

**13.3.20** 施工对城市轨道交通影响的控制标准应结合地质及环境条件、城市轨道交通既有线的结构特点及状况、施工方法等因素综合确定。

## VI 铁 路

**13.3.21** 铁路控制指标应包括路基沉降控制值、位移平均速率控制值、位移最大速率控制值、轨道几何尺寸允许偏差控制值和轨道挠度允许控制值。

**13.3.22** 控制指标应综合考虑铁路路基、线路、轨道的结构特点、状况和保养情况等因素的影响。

**13.3.23** 根据对铁路安全性影响因素的调查分析和结构检测，

可综合采用经验公式法、解析计算法和数值模拟法等方法，并结合铁路部门的要求，确定其控制指标。

**13.3.24** 施工对铁路影响的控制标准应结合地质及环境条件、铁路结构特点及状况、施工方法等因素综合确定。

## **13.4 设计内容及要求**

**13.4.1** 方案设计阶段的设计文件中应包含环境风险工程的设计内容。设计文件应给出风险源清单，并应对环境风险工程设计方案的风险控制措施给予初步说明。方案设计阶段环境风险源设计文件应包括下列内容：

**1** 说明书应包括下列内容：

- 1) 周边环境介绍及风险源初步分级；
- 2) 环境风险源的保护措施；
- 3) 初步设计阶段环境风险工程设计优化的方向和建议。

**2** 图纸应包括下列内容：

- 1) 周边环境及其风险源与新建供热管网隧道的相对关系的平剖面图；
- 2) 风险源的风险控制工程措施示意图。

**13.4.2** 初步设计阶段的设计文件中应包含环境风险源工程设计的内容。对于特级、I级及产权单位有特殊要求的其他等级的环境风险源，应在充分调研和资料收集的基础上，对风险源区段的风险控制措施进行技术经济比较，并应确定具体的风险控制措施。环境风险源专项工程设计文件应包括下列内容：

**1** 说明书应包括下列内容：

- 1) 工程概况；
- 2) 设计依据；
- 3) 设计原则和设计标准；
- 4) 方案设计审查意见及执行情况；
- 5) 周边环境调查及风险源详细分级；
- 6) 环境风险源的施工影响指标；

- 7) 环境风险源保护措施初步选定；
- 8) 施工对环境风险源影响的初步预测；
- 9) 监控量测初步设计；
- 10) 施工图设计阶段环境风险源工程设计优化的方向和建议。

2 图纸应包括下列内容：

- 1) 总平面图；
- 2) 周边环境与新建供热管网隧道工程的相对关系平剖面图；
- 3) 周边环境地质剖面图；
- 4) 环境风险源保护措施初步设计图；
- 5) 施工步序图；
- 6) 监控量测初步设计图。

**13.4.3** 施工图设计阶段的设计文件中应包含环境风险源工程设计的内容。对于Ⅰ级、Ⅱ级及产权单位有特殊要求的其他等级的环境风险源，应在充分调研和资料收集的基础上，对风险源区段的风险控制措施进行技术经济比较，并应确定具体的风险控制措施。环境条件复杂、风险较高时，应形成独立的环境风险源工程设计专册。施工图设计阶段环境风险源专项工程设计文件宜包括下列内容：

1 说明书应包括下列内容：

- 1) 工程概况；
- 2) 设计依据；
- 3) 设计原则和设计标准；
- 4) 初步设计审查意见及执行情况；
- 5) 工程地质与水文地质条件，并明确最不利的工程地质与水文地质条件；
- 6) 周边环境核查资料；
- 7) Ⅰ级、Ⅱ级及产权单位有特殊要求的其他等级的环境风险源现状及抵抗变形能力的评估；

- 8) 关键工序变形控制指标及总的变形控制指标;
- 9) 环境风险源保护措施;
- 10) 施工控制措施;
- 11) 监控量测详细设计;
- 12) 应急预案。

2 图纸应包括下列内容:

- 1) 总平面图;
- 2) 周边环境与新建供热管网隧道工程的相对关系平剖面图;
- 3) 周边环境地质剖面图;
- 4) 环境风险源保护措施详细设计图;
- 5) 施工控制措施及施工步序图;
- 6) 监控量测详细设计图。

13.4.4 各设计阶段环境风险源工程设计文件的组成及格式可按表 13.4.4 的规定执行。

表 13.4.4 各设计阶段环境风险源工程设计文件的组成及格式

项次	组成项目	格式要求		
		方案设计阶段	初步设计阶段	施工图设计阶段
1	风险源工程简介	对关键风险源进行说明	对关键风险源进行说明	应对进行风险源设计的所有环境风险源分别进行说明
2	专家审查意见及执行情况	—	对方案设计专家评审意见的回复及执行情况的介绍	对初步设计专家评审意见的回复及执行情况的介绍
3	周边环境调查	初步的环境调查与资料收集,对环境风险源进行初步分级	进一步的环境调查与资料收集,基本确定环境风险源分级	充分的环境调查,收集详细的图文资料,准确查明新建供热管网隧道工程与环境风险源的空间相对位置关系,进一步确定风险源分级或对级别进行调整

续表 13.4.4

项次	组成项目	格式要求		
		方案设计阶段	初步设计阶段	施工图设计阶段
4	施工影响的预测	定性分析安全风险程度	定性分析与定量分析相结合,对风险源工程设计方案进行技术经济比选,确保设计方案的安全风险可控、具有可操作性及满足风险源工程本身的正常使用	以定量分析为主,进行详细的计算分析,对主要施工过程所引起的对环境风险源的影响作出预测与控制,给出量化的变形预测及控制指标,确保风险源工程本身的变形在允许值范围内,并在施工过程中进行信息化动态设计
5	环境安全风险评估结论	特殊要求时应包含	特殊要求时应包含	对 I 级、II 级及产权单位有特殊要求的 III 级、IV 级环境风险源应包含
6	变形控制指标	—	提出初步的变形控制指标	提出各施工阶段具体的变形控制指标(包括允许值、预警值和报警值)
7	风险源工程保护措施	不单独提供	提出初步的工程技术措施及对风险源工程本身的保护措施	细化工程技术措施及对风险源工程本身的保护措施,提出实施要求
8	专项监控量测设计	—	提出初步的监控量测对象、项目及监测方案	进行详细的监控量测专项设计,包括监测对象、监测项目、监测频率、测点布置等

续表 13.4.4

项次	组成项目	格式要求		
		方案设计阶段	初步设计阶段	施工图设计阶段
9	应急预案	—	—	考虑环境条件的复杂性及风险的不确定性, 找出关键风险点及关键风险因素, 要求施工单位制定应急措施, 从应急程序、救援物资储备、组织机构、联络渠道及技术措施等方面有针对性地制定应急预案
10	下一步工作建议和风险源工程设计优化方向	从方案角度提出下一步工作建议和风险源工程设计的优化方向	从实施角度提出下一步工作建议及风险源工程设计的优化方向	从施工角度提出施工注意事项和设备选型建议

## 14 工程施工

### 14.1 一般规定

**14.1.1** 隧道工程施工前应根据建设单位提供的资料，踏勘施工现场，掌握工程现况，编制施工组织设计。

**14.1.2** 隧道工程施工中有关安全、环保、消防、防汛及劳动保护等，应符合国家现行有关强制性标准的规定。

**14.1.3** 隧道工程施工中应编制完整的监控量测方案，对工程结构和施工区内的地上和地下建（构）筑物、地下管线等设施的沉降、变形、变位等进行监测，并及时反馈信息。

**14.1.4** 工程所使用的材料应符合下列规定：

1 水泥宜采用普通硅酸盐水泥，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。水泥应具有产品合格证和出厂检验报告，经取样复验合格后方可使用；

2 施工用水应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定；

3 常用外加剂可采用水玻璃、氯化钙、亚硝酸钠等材料，常用掺合料可采用粉煤灰、矿渣等材料，外加剂及掺合料的质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定；

4 钢材应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定；

5 钢筋的加工、连接及安装应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定；

6 每批钢筋应附有出厂合格证和试验报告单，并应按规定进行机械性能试验，合格后方可使用；

7 骨料应符合现行国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086 的有关规定；

8 喷射混凝土所用原材料及钢筋网、锚杆应符合设计要求。喷射混凝土抗压强度、抗渗压力及锚杆抗拔力、锚杆的间距及分布形式应符合设计要求；

9 材料进场后应分类存放，并应进行标识。

14.1.5 支架加工前应进行技术交底，支架的安装位置、嵌固深度应符合设计要求。

14.1.6 机械设备和施工设施进场前应进行全面的安全检查。

14.1.7 当采用钻爆法施工时，应符合现行国家标准《爆破安全规程》GB 6722 的有关规定。

14.1.8 施工单位应及时填写施工检查记录。

## 14.2 施工工艺及管理

14.2.1 暗挖隧道工程应按工艺流程（图 14.2.1）施工。

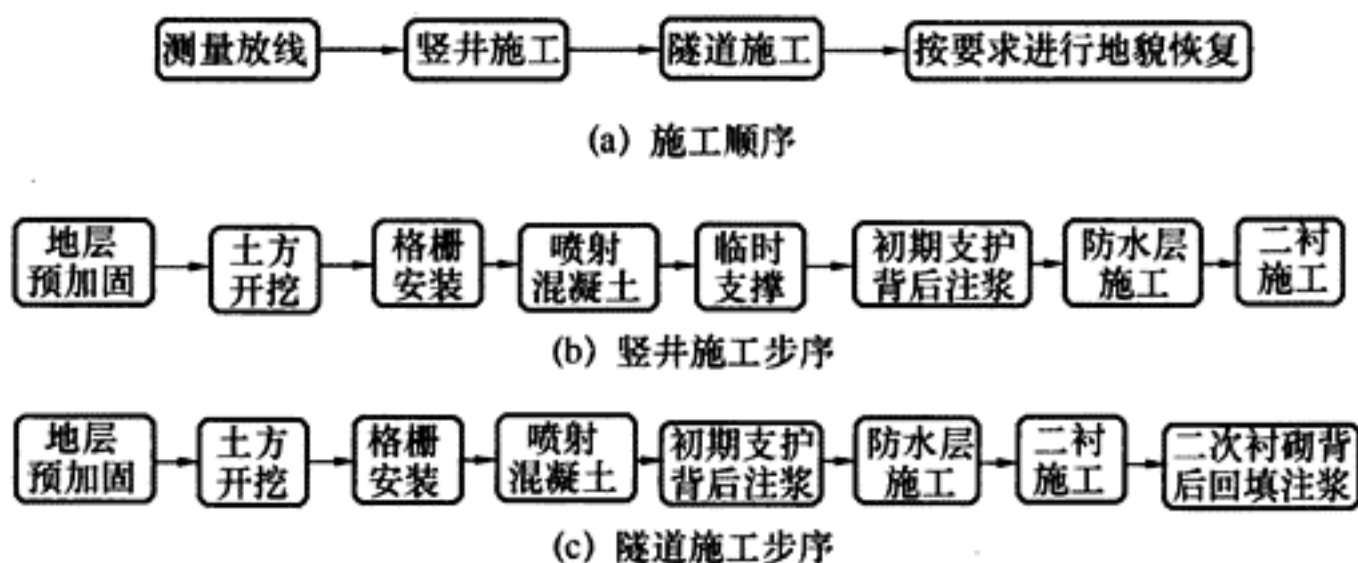


图 14.2.1 暗挖隧道工程施工工艺流程图

14.2.2 人员配备应符合下列规定：

1 应根据工程特点、新技术推广和新型机械、新型材料配备等情况，组建项目部人员；

2 从事暗挖工程施工作业人员应持证上岗；

3 施工前应对施工作业人员进行安全技术交底及培训。

### **14.2.3 组织管理应符合下列规定：**

1 应按施工图纸及设计变更进行施工。在自检和专检的基础上，应接受监理的检查和验收；

2 应定期召开安全、工程例会，协调解决施工现场问题。

### **14.2.4 安全、质量管理应符合下列规定：**

1 应建立安全组织机构及保证体系，并应制定安全目标及承诺；

2 应制定安全目标、建立安全检查工作程序，并应进场安全教育；

3 应按关键工序制定质量目标。

### **14.2.5 进度、资料管理应符合下列规定：**

1 应制定总进度计划及月、周进度计划；

2 应按要求对月、周进度计划进行分析、评价，发现偏离进度目标应采取纠偏措施；

3 应编制节点工期计划，并应符合下列要求：

1) 施工技术资料应随施工进度及时、准确地整理；

2) 工期计划应与实际进度进行对比；

3) 施工过程中应执行验收、签认程序，相应资料应齐全；

4) 工程竣工1个月内应完成竣工资料并上报。

### **14.2.6 技术管理应符合下列规定：**

1 施工应遵守先交底后施工的程序；

2 技术交底单应明确、合理；

3 技术方案应经济、合理，专项技术措施应齐全。

## **14.3 · 环境风险源专项施工**

### **I 环境风险源分级的确认与调整**

**14.3.1** 施工准备期，施工单位应深入调查与识别环境风险因素，对设计文件中的环境风险源分级进行确认与调整。如需调整

环境风险源级别，应形成调整清单，并应经项目技术负责人签认后，报监理单位。

**14.3.2** 监理单位应对环境风险源分级调整清单进行审核，并应经项目总监理工程师签认后，报建设单位。

**14.3.3** 建设单位应组织专家对环境风险源分级调整清单进行审查。审查时应邀请设计单位、受施工影响的周边环境的产权单位参加。

**14.3.4** 施工单位应根据审查意见，修改完善环境风险源分级调整清单；监理单位应监督检查其落实情况，并应负责报建设单位备案；建设单位应将环境风险源级别的调整情况反馈设计单位。

## II 安全专项施工方案编审

**14.3.5** 施工单位应根据地质条件、环境条件、设计文件等基础资料和相关工程建设标准，结合自身工程施工经验，针对工程的各级风险源编制安全专项施工方案；并应经施工单位技术负责人签认后，报监理单位审查。

**14.3.6** 安全专项施工方案应包括下列内容：

- 1 工程概况；
- 2 工程地质水文地质条件；
- 3 风险因素分析；
- 4 工程重点与难点；
- 5 施工方案和关键施工工艺；
- 6 工程环境保护措施；
- 7 监测实施方案；
- 8 监测控制指标和标准（含阶段性控制指标）；
- 9 专项预案；
- 10 应急预案；
- 11 组织管理措施。

**14.3.7** 安全专项施工方案应由施工单位组织专家论证审查，并

应符合下列规定：

- 1 IV级风险源应由建设单位代表、设计单位代表参加；
- 2 III级风险源应由建设单位部门负责人、设计单位项目负责人参加；
- 3 I级、II级风险源应由建设单位技术负责人、设计单位技术负责人参加，并应邀请专家参加；
- 4 对产权单位有特别要求的环境风险源，可邀请产权单位参加；
- 5 对政府相关部门有特殊要求的环境风险源，应按其要求组织审查。

**14.3.8** 施工单位应根据审查意见修改完善安全专项施工方案，经监理单位审批，并报建设单位备案后方可施工。

### III 施工环境治理

**14.3.9** 施工作业环境应符合现行国家标准《声环境质量标准》GB 3096、《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523、《环境空气质量标准》GB 3095 和《缺氧危险作业安全规程》GB 8958 的有关规定，并应符合下列规定：

- 1 氧气含量体积比不应低于 20%；
- 2 空气中所含 10% 以上游离二氧化硅的粉尘不应超过  $2\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 3 一氧化碳浓度不应大于  $30\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 4 二氧化碳含量体积比不应大于 0.5%；
- 5 氮氧化物 ( $\text{NO}_2$ ) 含量不应大于  $5\text{mg}/\text{m}^3$ ；
- 6 气温不得高于  $28^\circ\text{C}$ ；
- 7 噪声不得大于 90dB。

**14.3.10** 隧道下穿或平行燃气、污水等地下管道和设施施工时，应加强隧道内空气检测频率，发现问题应及时采取措施。

**14.3.11** 采用喷射混凝土作业时，应采取除尘措施。

## 14.4 测量放线

14.4.1 测量放线应依据设计文件中管线平面图和现场实际情况，测定出竖井平面位。

14.4.2 测量放线应将施工水准点引至竖井附近，并应做好拴桩。

14.4.3 测量放线应确定竖井中心、高程的定位。

## 14.5 建（构）筑物及地下管线保护

14.5.1 对邻近建（构）筑物及地下管线的现状情况应进行调查，并应编制专项保护方案。

14.5.2 建（构）筑物及地下管线的监测应符合设计图纸要求及环境风险源分级的要求，并应包括以下内容：

- 1 沉降监测应在建（构）筑物及地下管线上或地面布置测点；
- 2 水平监测时应在建（构）筑物两侧布置倾斜监测测点；
- 3 结构裂缝监测应在施工前、中、后期连续监测裂缝情况；
- 4 对开挖土方影响范围内的市政道路及路面、地下管线变形、初期支护变形等的监测应根据产权单位及管理方提供的数据进行监测布点。

14.5.3 施工前，在施工影响范围内应根据地下构筑物现状及地下管线类型编制保护方案，保护方案应经相关产权单位审批后方可实施。

14.5.4 施工过程应进行监控量测。

## 14.6 监控量测

14.6.1 在施工过程中，施工单位应按设计要求进行监控量测，并应进行第三方监测。

14.6.2 监控量测项目和测点布置应符合设计要求，并应及时监测与记录。监控量测应在施工前测得初始读数，并应跟随开挖、

支护作业进行；所获取的监测信息应及时反馈，以指导施工作业。

**14.6.3** 各监测项目的监测作业应从土方开挖开始，至衬砌结构封闭，且变形基本稳定2周~3周后方可结束。

**14.6.4** 每次监测后应及时进行数据整理，并应绘制监测数据时态曲线和距开挖面的关系图；对初期的时态曲线应进行回归分析，并应预测可能出现的最大值和变化速度。

**14.6.5** 监测数据异常时，应根据具体情况及时采取加厚喷层、加密或加长锚杆、增加钢架等加固措施。

**14.6.6** 施工过程中发现下列情况之一时，应立即停工，并及时采取措施处理：

- 1 周边及开挖面坍方滑坡及破裂；
- 2 地表沉降过大；
- 3 监测数据有不断增大的趋势；
- 4 支撑结构变形过大或出现明显的受力裂缝且不断发展；
- 5 时态曲线长时间没有变缓的趋势；
- 6 地表沉降或结构变形达到设计提出的警戒值。

## 14.7 地下水处治

### I 施工降水

**14.7.1** 施工降水应编制实施方案并报相关管理部门审批后方可实施，实施方案应包括下列内容：

1 地质勘察报告和地质剖面图，必要时宜做现场抽水试验确定水文地质参数；

- 2 竖井及隧道平面图、纵断面图；
- 3 降水区域内地下构筑物，地下管线及邻近建筑物的资料；
- 4 降水井的布置、规格和降水参数；
- 5 抽水量和地层沉降计算；
- 6 地下水回灌方案。

**14.7.2** 降水井的深度应根据设计降水的深度、含水层的埋藏分布和降水井的出水量确定。各类井点降水的适用范围应符合表 14.7.2 的规定。

表 14.7.2 各类井点降水的适用范围

井点类别		土层渗透系数 (m/d)	降低水位深度 (m)
轻型井点	单层	0.1~50	3~6
	多层	0.1~50	6~12
管井井点		20~200	>10
喷射井点		0.1~50	8~30
砂(砾)渗井点		0.1~20	按含水层的水头、渗透性与水位降深确定

**14.7.3** 降水井布设应符合下列规定：

1 井点宜沿竖井周边或暗挖隧道纵向两侧布设，并应成封闭型；当不能封闭时，应延长 1 倍以上的竖井或暗挖隧道横断面宽度；

2 井点距竖井锁口圈梁边缘不应小于 1.5m，距暗挖隧道结构外轮廓线不应小于 2m；

3 井点间距应根据计算确定，当竖井较宽不能满足降水深度需要时，应在竖井内增设井点。

**14.7.4** 井点钻孔应符合下列规定：

1 钻孔的孔口处应设置护筒；

2 孔径应比管径大 200mm~300mm；

3 钻孔应垂直、孔径上下一致，孔底应比管底深 0.5m~1.0m；

4 钻进中应取土样，并应作好记录。

**14.7.5** 井点管沉后，应检查渗水性能。当投放滤料管口有泥浆水冒出或向管内灌水能很快下渗时方为合格。

**14.7.6** 特殊地质条件下采取井点降水时，应采取防止引起邻近地面塌陷的措施。

**14.7.7** 隧道区段降水应在二衬结构完成后方可停止；竖井部位

降水应在回填后方可停止。井点管拔除后，应及时用砂将井孔回填密实。

**14.7.8** 降水过程中应对降水区域内市政地下管线、道路及建(构)筑物等进行变形监测。

## II 注浆止水

**14.7.9** 在不允许施工降水条件下，宜采用注浆方法止水。

**14.7.10** 注浆孔孔距和孔深应根据注浆扩散半径计算和现场试验确定。

**14.7.11** 竖井注浆止水时，应根据现场地质条件，沿竖井井壁环向打注浆孔，在竖井中部打垂直注浆孔；注浆孔应梅花形布置。

**14.7.12** 在竖井马头门处宜采用超前注浆小导管或深孔注浆进行止水，注浆浆液达到一定强度，且达到止水效果后方可开挖。

**14.7.13** 注浆参数应通过现场试验进行优化。

## III 旋喷桩帷幕止水

**14.7.14** 桩体强度未达到设计要求前，不得进行土方开挖。

**14.7.15** 压浆阶段应连续作业，不得出现断浆现象。输浆管道应随时检查、清理。

**14.7.16** 止水帷幕施工方案应根据地质资料和设计文件编制。

**14.7.17** 施工工艺流程应按钻机就位、钻孔、下喷射管、旋喷注浆、孔口清理的顺序进行。

**14.7.18** 桩径的选择应根据土质、注浆方法、施工条件等确定。

**14.7.19** 旋喷桩施工工艺参数应符合本规程第 10.5 节的有关规定，并应符合下列要求：

### 1 钻孔参数：

- 1) 孔位允许偏差应为 0~50mm；

- 2) 孔斜率不应大于 1.5%；
  - 3) 孔深允许偏差应为 0~200mm。
- 2 桩体搭接长度不应小于±0.2 桩径，且不应小于 200mm。

#### IV 冻结止水

**14.7.20** 富水性地层中暗挖施工时，可采用人工冻结地层方法止水。

**14.7.21** 施工工艺流程应按安装冻结制冷系统和检测系统、冻结、试挖、隧道掘进与初期支护施工、维护冻结、停止冻结的顺序进行。

**14.7.22** 测温及沉降观测方案应根据设计文件和地层结构条件编制，测温孔和沉降孔应同时设置，并应及时进行结果分析和信息反馈。

**14.7.23** 最低冷媒温度应为 $-24^{\circ}\text{C} \sim -28^{\circ}\text{C}$ ，冻土墙平均温度不得高于 $-9^{\circ}\text{C}$ 。

**14.7.24** 冻结止水施工应采取抑制冻胀，并应采取防止冻融下沉的技术措施。

#### 14.8 地层预支护及加固

**14.8.1** 开挖工作面不能自稳时，应根据具体地质条件进行预支护及加固。

**14.8.2** 注浆材料应根据设计要求和隧道所处地层条件选择，必要时宜通过试验确定。

**14.8.3** 注浆效果应采用分析法、直观法、检测法进行综合检查。

##### I 超前小导管及管棚

**14.8.4** 超前小导管或管棚参数应符合设计要求，经现场试验确定注浆参数，并应根据地质条件、监测结果进行调整。

**14.8.5** 超前小导管的管径及长度应按设计文件和围岩级别

确定。

**14.8.6** 管棚应采用厚壁钢管，钢管纵向连接丝扣长度不应小于150mm，管箍长宜为200mm。

**14.8.7** 超前小导管或管棚施工应符合下列规定：

1 导管和管棚安装前应将工作面清理干净，并应确认工作面稳定后，方可进行测量、放线和钻孔；

2 钻孔的外插角应符合设计要求，其允许偏差应为 $\pm 5\%$ ；

3 钻孔应由高孔位向低孔位间隔进行，孔径应比钢管直径大30mm~40mm；

4 钻孔深度应大于导管长度。采用锤击或钻机顶入时，其顶入长度不应小于管长的90%；

5 钻孔合格后应及时及时安装导管，接长时应连接牢固。当遇卡孔、塌孔时应注浆后重钻；

6 超前小导管施工允许偏差应符合下列规定：

1) 孔距应为 $\pm 15\text{mm}$ ；

2) 孔深应为0~25mm。

**14.8.8** 注浆材料应根据地层条件，按设计要求选择；浆液的配置应通过现场试验确定。

**14.8.9** 注浆开始前，应根据注浆方式（单、双液）正确连接管路（图14.8.9）。

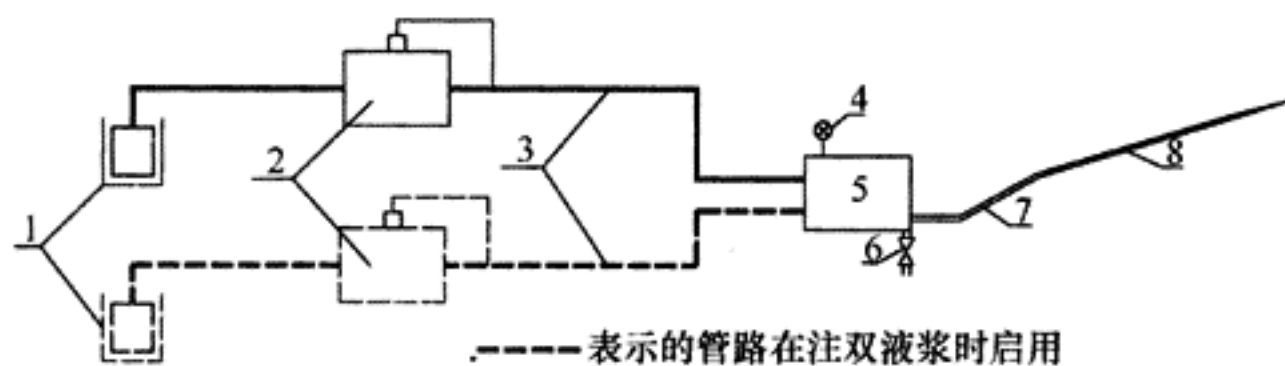


图 14.8.9 注浆管线连接示意图

1—储浆池；2—水泵；3—输浆管；4—压力表；

5—注浆机；6—泄浆阀；7—输浆软管；8—注浆管

**14.8.10** 注浆施工应符合下列规定：

1 施工前应进行压水式压浆试验，并应检验管路的封闭性和地层的吸浆情况；

2 注浆过程中应观测压力和流量的变化，发现异常情况应及时处理；

3 注浆过程中应观察工作面及管口情况，发现漏浆和串浆应及时封堵；

4 注浆过程中应做好注浆记录，宜每隔 5min 记录压力、流量、凝胶时间等，并应记录注浆过程的变化；

5 注浆时应采取隔孔注浆的顺序；

6 注浆浆液应充满钢管及周围的空隙并密实。

## II 注浆加固地层

14.8.11 对于自稳性差的地层，隧道开挖前应按设计的钻孔角度、长度和间距进行预注浆加固隧道周边和掌子面地层。

14.8.12 注浆过程中浆液不得溢出地面及超出有效注浆范围。地面注浆结束后，注浆孔应封填密实。

14.8.13 注浆效果满足设计要求，并经检查确认后，方可开挖。

## III 旋喷加固

14.8.14 旋喷加固施工前应对开挖面进行超前探测，并应编制施工方案。

14.8.15 旋喷加固施工前应封闭上台阶和下台阶工作面。

14.8.16 旋喷加固宜采用复喷工艺。当旋喷至孔口处 3m 时应停止作业并立即退出钻杆，孔口应及时封堵。

## 14.9 竖井

14.9.1 竖井施工应符合下列规定：

1 施工前应调查施工范围内各种地下管线，编制保护方案，并应报管线管理单位审批；

2 竖井施工范围内应人工开挖十字探沟，确定无管线后再

使用机械开挖。

**14.9.2** 竖井井口防护应符合下列规定：

- 1 竖井应设置防雨棚、挡水墙；
- 2 竖井应设置安全护栏，护栏高度不应小于 1200mm，并应加设金属网；
- 3 竖井周边应架设安全警示装置。

**14.9.3** 竖井开挖过程中应定时检查各部位尺寸，断面轮廓应平直圆顺，不得欠挖；断面开挖允许超挖值应符合表 14.9.3 的规定。

表 14.9.3 断面开挖允许超挖值

围岩类型		断面开挖允许超挖值 (mm)	
		平均	最大
爆破岩层	硬岩	100	150
	软岩	150	250
土质和不需要爆破岩层		80	100

**14.9.4** 喷层与围岩及喷层之间应粘接紧密，不得有空鼓现象。

**14.9.5** 土石方的提升和悬吊设备、排水和降低地下水位、掘进通风、照明、配料、配水、供电系统应符合设计施工要求。

**14.9.6** 冬期和雨期施工应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

### I 锁口圈梁

**14.9.7** 锁口圈梁应在竖井开挖前完成。

**14.9.8** 锁口圈梁混凝土达到设计强度后方可进行竖井开挖和初期支护的施工。

**14.9.9** 锁口圈梁的尺寸、钢筋、模板应符合设计图纸和国家现行标准的有关规定。

**14.9.10** 锁口圈梁与格栅应按设计要求进行连接，井壁不得出

现脱落。

## II 竖井开挖与支护

### 14.9.11 竖井提升系统必须符合下列规定：

1 提升机械严禁超负荷运行，且必须具有限速器、限位器和松绳信号；

2 工作吊盘应设有允许载荷及严禁超载警示标志，且载重严禁超过设计载重负荷；

3 提升吊桶所用钩头连接装置应设防脱装置，并应有缓转器；

4 钢丝绳和各种悬挂使用的连接装置，应按规定的安全系数确定规格。

### 14.9.12 竖井龙门架的制作、安装应符合下列规定：

1 龙门架的结构形式和高度应符合现行行业标准《龙门架及井架物料提升机安全技术规范》JGJ 88 的有关规定；

2 龙门架结构所用的材质和截面形状应符合设计要求；

3 结构质量应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定；

4 采用螺栓连接的构件，螺栓的数量和规格应符合设计要求；

5 龙门架应设置独立基础。

14.9.13 电葫芦的安装应符合现行国家标准《起重设备安装工程施工及验收规范》GB 50278 的有关规定。

14.9.14 吊篮的各杆件应选用型钢杆件，连接板的厚度不得小于 8mm。

14.9.15 卷扬机应符合现行国家标准《建筑卷扬机》GB/T 1955 的有关规定，固定卷扬机的锚桩应稳定可靠。

14.9.16 竖井应采用对角开挖，开挖时应控制循环进尺，并应及时支护、及时封闭。

14.9.17 当竖井采用型钢支撑时，支撑架设应符合下列

规定：

- 1 盘撑应与初期支护密贴；
- 2 对撑、角撑应与预埋件焊接牢固；
- 3 支撑的位置、间距及安装时机应符合设计要求，并应根据监测信息及时调整。

**14.9.18** 喷射混凝土的强度和厚度等应符合设计要求。喷射混凝土应密实、平整，不得出现裂缝、脱落、漏喷、露筋、空鼓和渗漏水等现象。

**14.9.19** 井壁背后应及时回填注浆。当井壁有涌水时，应分析原因并采取措施。竖井初期支护完成 5m~8m 后，应及时进行回填注浆。注浆管宜选用  $\phi 32$  或  $\phi 20$  钢管，注浆管应安装在竖井格栅中，水平间距宜为 2m~5m，垂直间距宜为隔榫安装，梅花形布置。

**14.9.20** 竖井施工时应埋设步梯预埋件，步梯与竖井支撑预埋件不得共用。

**14.9.21** 格栅的锚杆（管）应根据地质条件、设计要求和监测结果，及时进行锁定。

### Ⅲ 锚杆（管）支护

**14.9.22** 锚杆（管）钻孔应符合下列规定：

- 1 钻孔机具应根据锚杆（管）类型，规格及围岩情况选择；
- 2 钻孔孔距允许偏差应为 0~150mm；
- 3 钻孔应保持直线，深度及直径应与锚杆（管）相匹配。

**14.9.23** 锚杆（管）安装应符合下列规定：

- 1 锚杆（管）安装位置应居中；
- 2 地下水地段应先引出孔内的水或在附近另行钻孔；
- 3 孔内灌注砂浆应饱满密实；
- 4 锚杆（管）应与格栅连接。

**14.9.24** 锚杆（管）应按设计要求进行拉拔试验。

## 14.10 马 头 门

**14.10.1** 竖井初期支护施工至马头门处应预埋暗梁，并应沿马头门拱部外轮廓线打入超前小导管，并应注浆加固地层。

**14.10.2** 马头门洞口处竖井格栅应环向封闭，在洞口两侧应增设竖向联结钢筋。

**14.10.3** 马头门施工应符合下列规定：

- 1 支护材料应能满足施工进度要求；
- 2 施工机具和通风、供电、供水、压缩空气等系统设备应齐全、完好；
- 3 排险物资应已齐备；
- 4 需要加固的围岩强度应已达到设计要求，开挖的围岩结构应稳定；
- 5 作业人员应已完成安全技术交底，并应形成文件；
- 6 影响区内地面、管线、建（构）筑物的监测点应布设完毕，并应明确专人负责；
- 7 洞口应采取超前支护及加固措施。

**14.10.4** 马头门的开挖应符合下列规定：

- 1 隧道洞口处应分段破除竖井井壁，开挖上台阶土方时应保留核心土；
- 2 安装上部洞口补强钢架及洞体初支钢架，连接纵向钢筋，挂钢筋网，喷射混凝土；
- 3 上台阶掌子面进尺 3m~5m 时开挖下台阶，破除下台阶隧道洞口竖井井壁；
- 4 开挖下台阶土方；
- 5 安装下部洞口补强钢架及洞体初期支护钢架，连续纵向钢筋，挂初支钢筋网，喷射墙体及仰拱混凝土。

**14.10.5** 马头门支护应符合下列规定：

- 1 支护方案应根据围岩特性、外部环境、开挖洞口尺寸、施工方法和施工机械确定；

- 2 开挖轮廓线宜采用有效的测量手段进行监控；
- 3 开挖前应对马头门上部或周边围岩进行超前加固与支护，并确保达到稳定状态；
- 4 开挖面应保持在水条件下施工；
- 5 在隧道开挖轮廓线的外侧周边，竖井初期支护格栅应做相应的洞口加固处理，必要时可在竖井格栅中预安装隧道第 1 榀格栅；
- 6 开洞门后，宜在洞内做临时支撑；
- 7 施工期间应对地质条件进行监测，必要时应根据实际情况提出变更意见，修改开挖方法和参数。

## 14.11 隧道开挖

14.11.1 隧道施工方法应根据地质条件、隧道埋深、结构断面及地面环境条件等，经过技术、经济比较后确定。

14.11.2 隧道施工前，应根据埋深、地质条件、地面环境、开挖断面和施工方法等条件，拟定相应的监控量测方案。

14.11.3 隧道喷锚暗挖可根据具体情况采用全断面法、台阶法、中隔壁法（CD 法）或交叉中隔壁法（CRD 法），并应符合下列规定：

- 1 全断面法宜在稳定的围岩中采用，并按设计要求施作初期支护结构；

- 2 台阶法的台阶长度应根据围岩级别和开挖断面跨度等因素确定，下台阶应在完成边墙初期支护结构施工后方可开挖中间土体，并应尽快使初期支护封闭成环；

- 3 中隔壁法应采用台阶法施工左、右分块，左、右分块施工的前后错开距离不应小于 15m。

14.11.4 隧道施工作业区应有良好的通风和照明。

14.11.5 开挖面稳定时间不能满足初期支护施工时，应及时对掌子面进行封闭、支护。

14.11.6 隧道开挖应控制循环进尺，并应留设核心土。

**14.11.7** 开挖断面应以衬砌设计轮廓线为基准，考虑预留变形量、测量贯通误差和施工误差等因素作适当加大。断面开挖应控制超挖，且不得欠挖。开挖断面允许超挖值应符合表 14.11.7 的规定，超挖部分应采用与初期支护相同的材料及时回填密实，并应回填注浆。

**表 14.11.7 开挖断面允许超挖值**

岩层类别		部位	允许超挖值 (mm)	
			平均值	最大值
爆破岩层	硬岩	拱部	100	200
		边墙及仰拱	100	150
	软岩	拱部	150	250
		边墙及仰拱	100	150
土质和不需要爆破岩层		拱部	80	100
		边墙	20	50
		仰拱	50	100

**14.11.8** 隧道相对开挖两工作面相距 15m~20m 时，两工作面不应同时开挖，并应及时进行贯通测量。

**14.11.9** 隧道台阶法施工应在拱部初期支护结构基本稳定，且在喷射混凝土达到设计强度 70% 以上后，方可进行下部台阶开挖，并应符合下列规定：

- 1 边墙应采用单侧或双侧交错开挖，不得使上部结构同时悬空；
- 2 边墙挖至设计高程后，应立即架设钢筋格栅并喷射混凝土；
- 3 应尽快施作仰拱（底板），使初期支护封闭成环。

**14.11.10** 两条平行隧道相距小于 1 倍隧道开挖跨度时，其前后开挖面错开距离不应小于 15m。

## 14.12 初期支护

### I 钢筋格栅、钢筋网加工、运输及架设

14.12.1 钢筋应采用冷弯加工。

14.12.2 格栅钢架应在加工厂统一制作。第一榀格栅分段加工完成后，应进行试拼，经检验合格后方可批量加工。

14.12.3 加工成形的格栅钢筋应圆顺，拱架矢高及弧长允许偏差应为 $0\sim 20\text{mm}$ ，扭曲度允许偏差应为 $0\sim 20\text{mm}$ 。成品格栅钢架在出厂前应经质量检验人员验收，合格后方可出厂。

14.12.4 钢筋网所用钢筋表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状锈蚀。钢筋型号、网格尺寸应符合设计要求。钢筋间距允许偏差应为 $\pm 10\text{mm}$ ，钢筋搭接长度允许偏差应为 $\pm 15\text{mm}$ 。

14.12.5 运输过程中应对格栅和网片采取保护措施，不得发生变形。

14.12.6 钢架安装应符合下列规定：

1 安装前应检查各部尺寸并进行试拼，合格后方可进洞组装；

2 组装后格栅应在同一个平面内，连接板位置应符合设计要求，连接件应齐全；

3 应使用激光定位仪控制格栅中心、高程。格栅钢架平面应与隧道轴线垂直，横向允许偏差应为 $\pm 30\text{mm}$ ，纵向允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$ ，高程允许偏差应为 $\pm 30\text{mm}$ ，垂直度允许偏差不应大于 $5\%$ ，钢架保护层厚度允许偏差应为 $-5\text{mm}\sim 0$ ；

4 不得侵入二次衬砌断面，脚底不得有虚渣；

5 沿钢架外缘每隔 $1\text{m}$ 应用混凝土预制块等与围岩顶紧，钢架与围岩间的间隙应采用喷射混凝土喷填密实。

14.12.7 格栅就位后，钢筋格栅节点及相邻格栅纵向连接筋应连接牢固。

14.12.8 钢筋网宜在喷射一层混凝土后铺挂。采用双层钢筋网

时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖及混凝土终凝后进行铺设。网片搭接应符合设计要求。

## II 锚杆（管）

**14.12.9** 隧道拱脚应采用斜向下  $20^{\circ}\sim 30^{\circ}$  打入的锁脚锚杆（管）锁定。

**14.12.10** 锁脚锚杆（管）应与格栅焊接牢固。

**14.12.11** 锁脚锚杆（管）打入后应及时注浆。

**14.12.12** 岩体锚杆应在初期支护结构喷射混凝土后按设计要求及时安装，并应进行抗拔试验。同一批试件抗拔力的平均值不得小于设计锚固力，且同一批试件抗拔力的最低值不应小于设计锚固力的 90%。

## III 喷射混凝土

**14.12.13** 初期支护应在隧道开挖后及时进行施作。

**14.12.14** 喷射混凝土前应检查开挖断面尺寸、清除开挖面、拱脚或墙脚处的土块等杂物，并应设置控制喷层厚度的标志。

**14.12.15** 混凝土的喷射方式应根据工程地质及水文地质、喷射量等条件确定，宜采用湿喷方式。

**14.12.16** 喷射混凝土材料应符合下列规定：

1 喷射混凝土不得选用具有潜在碱活性的骨料；

2 速凝剂的品种和最佳掺量应经试验确定，初凝时间不得超过 5min，终凝时间不得超过 10min；

3 混合料应搅拌均匀、无结团，搅拌应采用强制式混凝土搅拌机，不得人工搅拌；

4 水泥和速凝剂运输和存放中不得受潮；

5 骨料中不得混入杂物，装入喷射机前应过筛。混合料应随拌随用，存放时间不应超过 20min；

6 水泥与砂石重量比宜为 1:4~1:4.5；含砂率宜为 45%~55%；水灰比宜为 0.40~0.45；

7 水泥和速凝剂称量允许偏差应为±2%，砂石称量允许偏差应为±3%。

**14.12.17** 喷射作业应符合下列规定：

- 1 作业区应有良好的通风、照明；
- 2 开挖断面尺寸应已检查合格；
- 3 松动的浮石、土块和杂物应已清除干净，拱脚和仰拱上的堆积物应已清除，并应采用高压风吹净；
- 4 控制喷射混凝土厚度的标志物应已埋设；
- 5 喷射机的风压、水压应已调整好。

**14.12.18** 喷射作业应分段、分层进行，并应符合下列规定：

- 1 喷射顺序应由下而上，先喷钢架与壁面间混凝土，再喷两榀钢架之间的混凝土；
- 2 喷射混凝土时，喷头应与受喷面保持垂直，喷头距受喷面的距离不宜大于1m；
- 3 喷射压力应控制在0.12 MPa~0.15MPa的范围；
- 4 侧壁的一次喷射厚度应为70mm~100mm，拱顶部分的一次喷射厚度应为50mm~60mm；
- 5 当分层喷射时，应在前一层喷射混凝土终凝后再喷射下一层。如两次喷射间隔时间过长，再次喷射前，应先清洗喷层表面；
- 6 喷嘴应避免格栅钢筋密集点，不得产生结团，对悬挂在钢筋网上的混凝土结团应及时清除；
- 7 喷射时应减少喷射混凝土材料的回弹量，边墙不宜大于15%，拱部不宜大于25%，不得使用回弹料；
- 8 喷射混凝土完成后，应及时布设监测点，并应根据监测数据，分析初期支护的变化动态。

**14.12.19** 喷射混凝土应将钢筋全部覆盖，喷层应无干斑和滑移流淌现象。当基面有滴水、淌水、集中出水点的情况时，应采用埋管等方法进行引导疏干。喷射混凝土应密实、平整，平整度不应大于30mm，且低凹处矢弦比不应大于1/6，不得有裂缝、脱

落、漏喷、露筋、空鼓和渗漏水等现象。

#### IV 初期支护背后回填注浆

**14.12.20** 初期支护施工时应按设计要求预埋回填注浆管，注浆管宜外露 100mm，并应用棉纱塞孔。

**14.12.21** 初期支护背后注浆时，应从两边墙底部向拱顶交叉进行，并应从无水或少水孔向有水孔注浆。

**14.12.22** 注浆时应随时观察压力和流量变化，压力逐渐上升，流量逐渐减小，当注浆压力达到设计终压后，应稳定 3min，方可结束本次注浆。

**14.12.23** 注浆过程中应做好记录，可每隔 5min 记录一次压力和流量值及串、漏浆情况。

**14.12.24** 注浆结束后应及时用棉纱塞紧孔口。

**14.12.25** 注浆完成后应进行注浆效果检查，对不符合要求的区段应进行补孔注浆。

### 14.13 防水层

#### I 基面处理

**14.13.1** 基面应坚实、无尖锐突出物，并不得有露筋、蜂窝等缺陷。

**14.13.2** 基面阴、阳角处应做成 100mm 圆弧或 50mm×50mm 钝角，表面平整度  $D_a/L_a$  ( $D_a$  为初期支护基面相邻两凸面间凹进去的深度， $L_a$  为初期支护基面相邻两凸面间的距离) 不应大于 1/6。

**14.13.3** 基面渗漏水、残留水应进行处理，并应符合本规程第 11.3.3 条的规定。

#### II 防水层施工

**14.13.4** 防水层施工前应先铺设缓冲层，缓冲层应采用暗钉圈

固定在基面上。

**14.13.5** 防水层搭接缝应为热熔双焊缝，每条焊缝的有效宽度不应小于 10mm。焊缝不得有漏焊、焊焦、焊穿等现象。相邻两幅防水板的搭接宽度不应小于 100mm。

**14.13.6** 防水层环向铺设时，应先拱后墙，下部防水板应压住上部防水板。

**14.13.7** 复合式衬砌的塑料板铺设与内衬混凝土的纵向施工距离不应小于 5m。

### III 防水层保护

**14.13.8** 施工过程中防水材料的保护应符合下列规定：

- 1 防水材料的装运应采取保护措施；
- 2 不得穿带有鞋钉的硬底鞋在防水材料上行走；
- 3 不得将木板、钢管、钢筋等尖硬物斜靠、横放、竖立在防水材料上；
- 4 洒落在防水材料上的豆石、砂浆等应及时清扫干净；
- 5 绑扎、焊接钢筋时应对防水材料采取防刺穿、防灼伤等保护措施。

**14.13.9** 底板（仰拱）防水板铺设后，应按设计要求及时施作保护层。

**14.13.10** 混凝土出料口和振捣棒不得直接接触防水材料。

**14.13.11** 防水层的成品保护应由专人负责，发现问题应及时修补。

### IV 细部构造防水施工

**14.13.12** 变形缝的防水材料应符合下列规定：

- 1 防水材料应满足密封防水、适应变形、施工方便、检修容易等要求；
- 2 止水带宽度和材质的物理性能均应符合设计要求，且应无裂缝和气泡。接缝应采用热接，不得叠接。接缝应平整、牢

固，不得有裂口和脱胶现象。

#### **14.13.13 变形缝的防水施工应符合下列规定：**

1 止水带应采用中埋式与背贴式复合施工，同时应按设计图纸要求施做相应的防水层，变形缝的复合防水构造形式应符合设计要求和现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108的有关规定；

2 变形缝设置中埋式止水带时，混凝土浇筑前应校正止水带位置，且表面应清理干净，止水带损坏处应进行修补；

3 中埋式止水带的接缝应设在边墙高于水平施工缝钢筋甩头的位置上，不得设在结构转角处，接缝应采用热压焊接，且应平整、牢固。中埋式止水带在转弯处应做成圆弧形；

4 中埋式止水带中心线应和变形缝中心线重合，止水带不得穿孔或用铁钉固定；

5 填密封材料时，缝两侧的基面应密实、洁净、干燥，并应涂刷基层处理剂。嵌缝底部应设置背衬材料。密封材料嵌填应严密、连续、饱满、粘结牢固，不得有气泡、开裂、脱落等现象；

6 顶拱、底板止水带的下侧混凝土应振捣密实，边墙止水带内外侧混凝土应均匀，止水带位置应正确，表面应平直，不得有卷曲现象。

#### **14.13.14 施工缝的防水应符合下列规定：**

1 施工缝的位置应在混凝土浇筑前按设计要求和施工方案确定；

2 墙体水平施工缝宜设置在高出底板表面不小于 300mm 的墙体上，拱（板）墙结合的水平施工缝宜设置在拱（板）墙接缝线以下 150mm~300mm 处，垂直施工缝应避免地下水较丰富的地段，并宜与变形缝相结合；

3 施工缝防水构造应符合设计要求和现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的有关规定；

4 止水条（胶）、中埋式止水带等的规格与性能应符合设计

要求；

5 采用遇水膨胀橡胶腻子等材料止水条时，应将止水条安装在缝表面预留槽内；

6 采用中埋式止水带时，止水带位置应准确，埋设应牢固；

7 止水带在转弯处的转角半径不应小于 200mm；

8 在施工缝处继续浇筑混凝土前，已浇筑的水平施工缝混凝土强度不应小于 1.2MPa，垂直施工缝混凝土强度不应小于 2.5MPa；

9 水平施工缝浇筑混凝土前，应将其表面浮浆和杂物清除，铺设净浆或涂刷混凝土界面处理剂、水泥基渗透结晶型防水涂料后，再铺设 30mm~50mm 厚的 1:1 水泥砂浆；

10 垂直施工缝浇筑混凝土前，应将其表面清理干净，涂刷混凝土界面处理剂或水泥基渗透结晶型防水涂料。

14.13.15 穿墙管防水应符合设计要求和现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

## 14.14 二次衬砌

### I 钢筋工程

14.14.1 钢筋加工的允许偏差应符合表 14.14.1 的规定。

表 14.14.1 钢筋加工的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10
弯起钢筋的弯折位置	±20
箍筋内净尺寸	±5

14.14.2 钢筋架立时，应按设计图纸中标注的钢筋保护层厚度设置好保护层垫块。

### II 模板工程

14.14.3 模板的结构应能满足钢筋安装和混凝土灌注等工艺要

求，并宜简单、便于施工、装拆灵活、利于搬运。

**14.14.4** 模板支撑的强度和稳定性应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 和《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的有关规定。

**14.14.5** 模板铺设应牢固、平整，接缝应严密，支撑系统连接应牢固、稳定；用作模板的地坪、胎模等应平整光洁，不得出现影响构件质量的下沉或起鼓。

**14.14.6** 模板安装应符合下列规定：

- 1 模板接缝应紧密，不得产生漏浆；
- 2 模板与混凝土的接触面应清理干净并涂刷隔离剂，并不得采用影响结构性能或妨碍装饰工程施工的隔离剂；
- 3 浇筑混凝土前，应将模板内的杂物清理干净；
- 4 结构变形缝端头模板处的填缝板中心应与初期支护结构变形缝中心线重合。变形缝止水带的安装位置应准确且牢固，止水带应与变形缝垂直；
- 5 安装现浇结构的上层模板及其支架时，下层板应具有承受上层荷载的承载能力，或加设支架；上、下层支架的立柱应对准，并应铺设垫板。模板安装和浇筑混凝土时应对模板及其支架进行观察和维护，发生异常情况时，应按施工技术方案及时进行处理。

**14.14.7** 预埋件、预留孔洞的允许偏差应符合表 14.14.7 的规定。

表 14.14.7 预埋件、预留孔洞的允许偏差

项 目		允许偏差 (mm)
预埋钢板中心线位置		±3
预埋管、预留孔中心线位置		±3
插筋	中心线位置	±5
	外露长度	0~10
预埋螺栓	中心线位置	±2
	外露长度	0~10

续表 14.14.7

项 目		允许偏差 (mm)
预留洞	中心线位置	±10
	尺寸	0~10

注：检查轴线位置时，应沿纵横两个方向量测，并取其中的较大值。

#### 14.14.8 混凝土养护和结构拆模应符合下列规定：

- 1 防水混凝土终凝后应立即养护，并应保持湿润，养护期不得少于 14d；
- 2 拆模时，混凝土结构表面温度与周围气温的温差不应大于 20℃；
- 3 混凝土强度达到设计要求时，方可拆除底模及其支架；
- 4 拆除的模板应及时清除灰渣、维修，并应妥善保管。

### III 混凝土工程

**14.14.9** 混凝土工程应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。混凝土的冬期施工应符合现行行业标准《建筑工程冬期施工规程》JGJ/T 104 的有关规定和施工技术方案的有关要求。

**14.14.10** 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间，同一施工段的混凝土应连续浇筑。

**14.14.11** 混凝土浇筑过程中应随时观测模板、支撑、钢筋预埋件和预留洞等情况，发现问题应及时处理。

**14.14.12** 变形缝设置中埋式止水带时，混凝土浇筑应符合下列规定：

- 1 浇筑前应校正止水带的位置，止水带的表面应清理干净，止水带不得有损坏；
- 2 顶拱、底板结构止水带的两侧混凝土应振实，将止水带压紧后方可继续浇筑混凝土；
- 3 边墙处的止水带位置应正确，固定应牢靠，且止水带应

平直、无卷曲现象。内外侧混凝土应均匀水平浇筑。

#### IV 二次衬砌背后充填注浆

**14.14.13** 注浆管材料及安装应符合下列规定：

- 1 注浆管宜选用  $\phi 32$  或  $\phi 20$  钢管；
- 2 注浆管长度应与结构内表面平齐或外露结构内表面 100mm；
- 3 注浆管与防水层距离不应小于 10mm，注浆管处的防水层应为双层，模板处注浆管口应设置丝堵；
- 4 注浆管安装前，应在与防水层接触一端焊接端帽，端帽与防水层的间距宜为 20mm~30mm；
- 5 注浆管侧壁应设置溢浆孔。

**14.14.14** 充填注浆应从两端拱脚开始向拱顶压注，并应每 5min 观察、记录压力和流量。

**14.14.15** 充填注浆完成后，应综合采用分析法、直观检查法或无损检测法对注浆效果进行检查，对于检查不符合要求的区段应进行补注。

#### 14.15 支 架

**14.15.1** 支架的加工与安装应符合设计图纸要求和现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的有关规定。

**14.15.2** 支架安装的允许偏差应符合表 14.15.2 的规定。

表 14.15.2 支架安装的允许偏差

支架类型	允 许 偏 差
固定支架	平面上，立柱间距 0~2mm；横向上，立柱内侧与管道中心线距离偏差 $\pm 2$ mm，纵向上，两立柱中心连线与管道中心线垂直；立柱与结构底板垂直。 嵌固深度 0~10mm
导向支架	平面上，立柱间距 0~6mm；横向上，立柱内侧与管道中心线距离偏差 $\pm 2$ mm，纵向上，两立柱中心连线与管道中心线垂直；立柱与结构底板垂直。 嵌固深度 0~10mm

续表 14.15.2

支架类型	允许偏差
滑动支架	<p>平面上，立柱间距 0~10mm；横向上，立柱内侧与管道中心线距离偏差±2mm，纵向上，两立柱中心连线与管道中心线垂直；立柱与结构底板垂直。滑动面应与底板平行。</p> <p>嵌固深度 0~10mm</p>

## 15 工程验收

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 工程施工现场质量管理应制定相应的质量管理体系和施工质量控制与检验制度。

**15.1.2** 施工现场质量管理检查记录应在施工前按本规程表 E.0.1 的格式填写，总监理工程师应组织监理工程师进行检查，并应作出检查结论。

**15.1.3** 工程应按下列规定进行施工质量控制：

1 施工单位应对工程采用的主要材料、构配件和设备的外观、规格、型号和质量证明文件等进行验收，并应经监理工程师检查认可；

2 凡涉及结构安全和使用功能的有关产品，施工单位应进行检验，监理单位应按规定进行见证取样检测；

3 各工序应按施工技术标准进行质量控制，每道工序完成后，施工单位应进行检查，并形成记录；

4 工序之间应进行交接检验，上道工序应满足下道工序的施工条件和技术要求；相关专业工序之间的交接检验应经监理工程师检查认可。未经检查或经检查不合格的不得进行下道工序施工。

**15.1.4** 工程施工质量的验收应符合下列规定：

1 工程施工质量应符合本规程和相关专业验收标准的规定；

2 工程施工质量应符合工程勘察、设计文件的要求；

3 参加工程施工质量验收的各方人员应具备相应的资格；

4 工程施工质量的验收均应在施工单位自行检查评定的合格的基础上进行；

5 隐蔽工程在隐蔽前应由施工单位通知监理单位进行验收，

并应填写隐蔽工程验收文件；

**6** 涉及结构安全的试块、试件以及有关材料，监理单位应按规定进行平行检验或见证取样检测；

**7** 检验批的质量应按主控项目和一般项目进行验收；

**8** 对涉及结构安全和使用功能的分部工程应进行抽样检测；

**9** 承担见证取样检测及有关结构安全检测的单位应具有相应的资质；

**10** 单位工程的观感质量应由验收人员通过现场检查共同确认。

**15.1.5** 工程验收还应符合国家现行标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204、《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300、《砌体结构工程施工质量验收规范》GB 50203 和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的有关规定。

## **15.2 验收的程序和组织**

**15.2.1** 工程施工质量验收的程序和组织应符合现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300 的有关规定。

**15.2.2** 检验批应由施工单位自检合格后报监理单位，由监理工程师组织施工单位专职质量检查员等进行验收。监理单位应对全部主控项目进行检查，对一般项目的检查内容和数量可根据具体情况确定。检验批质量验收记录应按本规程附录表 E.0.2 的格式填写。

**15.2.3** 分项工程应由监理工程师组织施工单位项目专业技术负责人等进行验收，分项工程验收记录可按本规程表 E.0.3 的格式填写。

**15.2.4** 分部工程应由总监理工程师组织施工单位项目负责人和技术、质量负责人等进行验收；地基与基础、主体结构分部工程的验收应有勘察、设计单位项目负责人参加，分部工程验收记录可按本规程表 E.0.4 的格式填写。

**15.2.5** 单位工程完工后，施工单位应自行组织有关人员进行检

查评定，并应向建设单位提交工程验收报告。

**15.2.6** 建设单位收到单位工程验收报告后，应由建设单位项目负责人组织施工（含分包单位）、设计、监理单位（项目）负责人进行单位（子单位）工程验收，单位工程验收记录应按本规程表 E.0.5-1~表 E.0.5-4 的格式填写。

### **15.3 施工质量验收的划分**

**15.3.1** 检查室工程、隧道工程宜分别作为一个单位工程进行施工质量验收，一个单位工程划分为分部工程、分项工程和检验批。

**15.3.2** 防水工程应作为检查室工程、隧道工程的一个分部工程进行施工质量验收。

### **15.4 施工质量验收**

**15.4.1** 检验批的质量验收应包括下列内容：

**1** 实物检查应符合下列规定：

- 1) 原材料、构配件和设备应进行进场检验；
- 2) 混凝土强度应进行抽样检验；
- 3) 本规程中采用计数检验的项目，应按抽查总点数的合格点率进行检查。

**2** 资料检查应包括原材料、构配件和设备等的质量证明文件和检验报告、施工过程中重要工序的自检和交接检验记录、平行检验报告、见证取样检测报告和隐蔽工程验收记录等。

**15.4.2** 检验批质量验收合格应符合下列规定：

- 1 主控项目的质量经抽样检验应全部合格；
- 2 一般项目的质量经抽样检验应合格；有允许偏差的抽查点，除有专门要求外，合格点率应达到 80% 及以上，且不合格点的最大偏差不得大于允许偏差的 1.5 倍；

**3** 应具有完整的施工操作依据、质量检查记录。

**15.4.3** 分项工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 分项工程所含的检验批均应合格；
- 2 分项工程所含的检验批的质量验收记录应完整。

**15.4.4** 分部工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 分部工程所含分项工程的质量均应合格；
- 2 质量控制资料应完整；
- 3 隧道限界、结构/衬砌厚度、强度、衬砌背后充填及防水等涉及结构安全和使用功能的检验和抽样检测结果应符合有关规定。

**15.4.5** 单位工程质量验收合格应符合下列规定：

- 1 单位工程所含分部工程的质量均应合格；
- 2 质量控制资料应完整；
- 3 单位工程所含分部工程有关安全和功能的检测资料应完整；
- 4 主要功能的抽查结果应符合国家现行有关标准的规定；
- 5 观感质量验收应符合要求。

**15.4.6** 当检验批工程质量不合格时，应按以下规定进行处理：

- 1 经返工重做的或更换构配件、设备的检验批，应重新进行验收；

- 2 当检验批的试块、试件强度不能满足要求时，应由有资质的法定检测单位检测鉴定，并应经原设计单位确认，达到设计要求的检验批，应予以验收；不到设计要求，但经检算认可能够满足结构安全和使用功能的检验批，可予以验收；

- 3 经返修或加固处理的检验批，虽然改变外形尺寸但仍能满足安全使用要求，可按技术处理方案和协商文件进行验收。

**15.4.7** 通过返修或加固处理仍不能满足安全和使用功能要求的分部工程、单位工程，不得验收。

## 15.5 监控量测

### 主控项目

**15.5.1** 隧道施工应按设计要求进行监控量测和信息反馈。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：查阅设计文件和监控量测记录。

**15.5.2** 监控量测所使用的测试仪器、仪表和传感器应选用抗干扰性强、适应现场长期观测的产品，并应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查产品出厂合格证、产品鉴定合格证和物理技术性能检测报告。

**15.5.3** 施工过程应根据工程地质、水文地质条件，周边环境条件和设计要求，控制地面隆沉：标准断面隧道施工，隆起不宜大于 10mm，沉降不宜大于 30mm。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查施工过程监控量测记录。

**15.5.4** 施工引起的地面建（构）筑物的沉降和倾斜应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查施工过程监控量测记录。

### 一般项目

**15.5.5** 量测元件应按设计要求埋设和保护。

检查数量：施工单位应全数检查，监理单位抽查 10%。

检验方法：检查隐蔽工程验收记录。

**15.5.6** 监控量测频率应符合本规程第 13 章的规定，并应用回归分析法进行数据处理。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位抽查 10%。

检验方法：检查监控量测记录。

## 15.6 地层预支护及加固

### I 管 棚

#### 主控项目

**15.6.1** 管棚所用的钢管的品种、级别、材质、规格和数量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、尺量检查和检查质量证明文件及取样检测报告。

**15.6.2** 管棚的搭接长度应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位每排抽查不得少于3根，所抽查的钢管不得连续排列。

检验方法：观察、尺量检查。

#### 一般项目

**15.6.3** 钻孔的外插角、孔位、孔深、孔径应符合设计要求，其施工允许偏差应符合本规程第14.8.7条的规定。

检验数量：施工单位全数检验，监理单位按施工单位检查数的30%作见证检验或10%作平行检验。

检验方法：仪器测量、尺量检查。

**15.6.4** 注浆材料、浆液强度和配合比应符合设计要求及本规程第14.8节的规定。

检验数量：施工单位全数检验，监理单位按施工单位检查数的30%作见证检验或10%作平行检验。

检验方法：观察检查和检查注浆记录。

## II 超前小导管

### 主控项目

**15.6.5** 超前小导管所用的钢管的品种、级别、材质、规格和数量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、钢尺检查和检查质量证明文件及取样检测报告。

**15.6.6** 超前小导管的纵向搭接长度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查和尺量检查。

### 一般项目

**15.6.7** 超前小导管施工允许偏差应符合本规程第 14.8.7 条的规定。

检验数量：施工单位每环抽查 5 根，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或 10% 作平行检验。

检验方法：仪器测量和尺量检查。

**15.6.8** 超前小导管注浆材料、浆液强度和配合比应符合设计要求。

检验数量：施工单位应全数检查，监理单位应按施工单位检查数的 30% 作见证检验或 10% 作平行检验。

检验方法：观察检查和检查施工记录的注浆量和注浆压力。

## III 地层注浆加固

### 主控项目

**15.6.9** 浆液的配合比应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查试验报告、见证试验。

**15.6.10** 注浆效果应符合设计要求，且不对地下管线等造成破坏性影响。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查和开挖检查。

### 一般项目

**15.6.11** 注浆孔的数量、布置、间距、孔深应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检验数的30%作见证检验或按10%作平行检验。

检验方法：观察检查和尺量检查。

**15.6.12** 注浆浆液达到一定强度后方可开挖。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：开挖检查、观察。

## 15.7 检查室（竖井）

### I 竖井锁口圈梁

#### 主控项目

**15.7.1** 圈梁的构造、尺寸，配筋及混凝土的强度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位应全数检查。

检验方法：观察、尺量和检查试验资料。

#### 一般项目

**15.7.2** 圈梁的中线、高程应符合设计要求，其平面位置允许误差应为±30mm，高程允许误差应为±20mm。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：尺量检查。

## II 龙门架

### 主控项目

**15.7.3** 龙门架和提升机在安装完毕后应经验收合格后方可投入使用。龙门架的基础（生根）应能可靠承受作用在其上的全部载荷，基础的埋深与做法应符合设计要求。基础表面应平整，其水平度允许偏差应为 $0\sim 10\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位全部检查。

检验方法：观察检查和尺量检查。

**15.7.4** 龙门架结构所用的材质和截面形状（型钢类型、截面高度等）应满足设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查和尺量检查。

### 一般项目

**15.7.5** 龙门架的安装位置应符合设计要求，其平面位置允许误差应为 $\pm 30\text{mm}$ ，高程允许误差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位应全数检查。

检验方法：尺量检查。

## III 检查室（竖井）开挖

### 主控项目

**15.7.6** 开挖断面的中线、高程应符合设计要求。

检验数量：施工单位每开挖一循环检查1次，监理单位按施工单位检查数的20%抽查。

检验方法：激光断面仪、全站仪、水准仪测量。

**15.7.7** 检查室（竖井）开挖应符合设计要求，不得欠挖。

检验数量：施工单位、监理单位每开挖一循环检查 1 次。

检验方法：施工单位采用激光断面仪、全站仪、水准仪量测周边轮廓断面，绘断面图与设计断面核对；监理单位现场核对开挖断面，必要时采用仪器测量。

**15.7.8 检查室（竖井）平面位置的允许偏差应为±30mm。**

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：仪器测量。

### 一般项目

**15.7.9 断面开挖允许超挖值应符合本规程表 14.9.3 的规定。**

检验数量：施工单位、监理单位每一循环检查 1 次。

检验方法：量测开挖断面，绘断面图与设计尺寸核对。

**15.7.10 小规模塌方处理时，应采用耐腐蚀性材料回填，并做好回填注浆。**

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

### IV 检查室（竖井）支护

**15.7.11 锚喷支护工程验收时，应提供下列资料：**

1 原材料出厂合格证，工地材料试验报告，代用材料试验报告；

2 锚喷支护施工记录；

3 喷射混凝土强度、厚度、外观尺寸及锚杆抗拔力等检查和试验报告，预应力锚杆的性能试验与验收试验报告；

4 施工期间的地质素描图；

5 隐蔽工程检查验收记录；

6 设计变更报告；

7 工程重大问题处理文件；

8 竣工图。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：逐一查阅资料。

**15.7.12** 检查室（竖井）支护施工质量的验收应符合本规程第15.9节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：逐一查阅资料。

## V 检查室（竖井）支撑

### 主控项目

**15.7.13** 竖井支撑结构的材料、安装应符合设计要求和现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查钢材质量合格证明文件、中文标志及检验报告。

### 一般项目

**15.7.14** 竖井支撑安装位置的允许偏差应为 $\pm 30\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：尺量检查。

## VI 检查室（竖井）防水

**15.7.15** 检查室防水工程验收应提供防水材料质量合格证、试验报告和质量评定记录、隐蔽工程验收记录。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：逐一查阅资料并应做气密性试验。

**15.7.16** 防水层的施工质量应符合本规程第14.13节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位按每 $100\text{m}^2$ 抽查1处，每处

10 m<sup>2</sup>，且不得少于 3 处，细部构造应按全数进行检查。

检验方法：观察和焊缝充气检查。

## VII 检查室（竖井）二衬

**15.7.17** 钢筋材质、规格、数量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、尺量和取样试验。

**15.7.18** 模板安装、隔离剂性能和涂刷质量应符合本规程第 14.14.6 条的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.7.19** 用作模板的地坪、胎模等表面质量应符合本规程第 14.14 节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.7.20** 模板工程安装偏差、预留孔洞、模板拆除等应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：尺量和观察检查。

**15.7.21** 混凝土强度和厚度应符合设计要求，二次衬砌混凝土的浇筑、背后充填注浆及施工缝检验（质量符合）应符合本规程第 15.12 节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、尺量和取样试验。

**15.7.22** 细部构造防水的施工质量应符合现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208 的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察和尺量。

## VIII 检查室辅助设施

### 主控项目

**15.7.23** 检查室的爬梯、护栏、休息平台、操作平台所使用的材料和安装质量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查质量合格证明文件、中文标志及检验报告、用钢尺测量截面厚度、安装尺寸、安装位置。

### 一般项目

**15.7.24** 检查室的爬梯、护栏的安装位置的允许偏差应为 $\pm 5\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：尺量检查。

## 15.8 隧道土方开挖

### 主控项目

**15.8.1** 开挖断面的中线、高程应符合设计要求。

检验数量：施工单位每开挖一循环检查1次，监理单位按施工单位检查数的20%抽查。

检验方法：激光断面仪、全站仪、水准仪测量。

**15.8.2** 开挖断面应符合设计要求，不得欠挖。

检验数量：施工单位、监理单位每开挖一循环检查1次。

检验方法：施工单位采用激光断面仪、全站仪、水准仪量测周边轮廓断面，绘断面图与设计断面核对；监理单位现场核对开挖断面，必要时应采用仪器测量。

**15.8.3** 隧道贯通的平面位置允许误差应为 $\pm 30\text{mm}$ ，高程允许误差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位、监理单位每一贯通面检查 1 次。

检验方法：仪器测量。

### 一般项目

**15.8.4** 断面开挖允许超挖值应符合本规程表 14.11.7 的规定。

检验数量：施工单位、监理单位每一循环检查一次。

检验方法：量测开挖断面，绘断面图与设计图及本规程表 14.11.7 核对观察检查。

**15.8.5** 小规模塌方处理时，应采用耐腐蚀性材料回填，并做好回填注浆。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

## 15.9 初期支护

### I 喷射混凝土

#### 主控项目

**15.9.1** 喷射混凝土使用的水泥应按批次对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行验收，并应对其强度、凝结时间、安定性进行试验，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 等的有关规定。当使用中对水泥质量有怀疑或水泥出厂日期超过 3 个月（快硬硅酸盐水泥逾期一个月）时，应进行复检，并按复检结果使用。

检验数量：同一生产厂家、同一等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，散装水泥不超过 500t 为一批，袋装水泥不超过 200t 为一批，当不足上述数量时，也按一批计。施工单位每批抽样不得少于 1 次；监理单位平行检验或见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 30%，但不得少于 1 次。

检验方法：检查产品出厂合格证、出厂检验报告和进场复检

报告。

**15.9.2** 喷射混凝土所用的细骨料应按批进行检验，其颗粒级配、坚固性指标应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定，细度模数应大于 2.5，含水率应控制在 5%~7%。

检验数量：同一产地、同一品种、同一规格且连续进场的细骨料，每 400m<sup>3</sup>或 600t 为一批，不足 400m<sup>3</sup>或 600t 也按一批计。施工单位每批抽检 1 次；监理单位作见证取样检测，抽检次数应为施工单位抽检次数的 30%，但不得少于 1 次。

检验方法：施工单位现场取样试验；监理单位检查全数试验报告或见证取样检测。

**15.9.3** 喷射混凝土使用的粗骨料宜用卵石或碎石，粒径不应大于 15mm，含泥量不应大于 1%。

检验数量：同一产地、同一品种、同一规格且连续进场的粗骨料，每 400m<sup>3</sup>或 600t 为一批，不足 400m<sup>3</sup>或 600t 也按一批计。施工单位每批抽检一次，监理单位见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 30%，但不得少于 1 次。

检验方法：施工单位现场取样试验；监理单位检查全数试验报告或见证取样检测。

**15.9.4** 喷射混凝土使用的外加剂质量应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

检验数量：同一产地、同一品种、同一批号、同一出厂日期且连续进场的外加剂，每 50t 为一批，不足 50t 应按一批计。施工单位每批抽检 1 次；监理单位见证取样检测，抽检次数为施工单位抽检次数的 30%，但不得少于 1 次。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告并进行试验；监理单位检查全数产品合格证、出厂检验报告、进场检验报告并进行见证取样检测。

**15.9.5** 喷射混凝土拌合用水的水质应符合现行行业标准《混凝

土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

检验数量：同水源的，施工单位试验检查不少于 1 次，监理单位见证试验。

检验方法：施工单位做水质分析试验，监理单位检查试验报告，见证试验。

#### **15.9.6 喷射混凝土的配合比应符合设计要求。**

检验数量：施工单位对同强度等级、同性能喷射混凝土进行一次混凝土配合比设计，监理单位全数检查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查配合比选定单。

**15.9.7 喷射混凝土的强度应符合设计要求。用于检查喷射混凝土强度的试件，可采用喷大板切割制取。当对强度有异议时，可在混凝土喷射地点采用钻芯取样法随机抽取制作试件做抗压试验。**

检验数量：施工单位每 20m 在拱部和边墙各留置不少于两组抗压强度试件；监理单位按施工单位检验数的 30% 作见证检验或按 10% 作平行检验。

检验方法：施工单位进行混凝土强度试验；监理单位检查混凝土强度试验报告并进行见证取样检测或平行检验。

**15.9.8 喷射混凝土的厚度应符合设计要求。每个断面检查点数 60% 以上的喷射厚度不应小于设计厚度，最小值不应小于设计厚度的 40%，厚度平均值不应小于设计厚度。**

检验数量：每 10m 检查一个断面，从拱顶中线起，每 2m 凿孔检查一个点，监理单位按施工单位检验数的 30% 作见证检验或按 10% 比例抽查。

检验方法：施工单位、监理单位检查控制喷层的标志或凿孔检查。

**15.9.9 喷射混凝土 2h 后应进行养护；养护时间不应小于 14d；当气温低于 5℃，混凝土低于设计强度的 40% 时不得受冻。**

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.9.10** 锚喷支护工程验收时提供的资料应符合本规程第 15.7.11 条的规定。

### 一般项目

**15.9.11** 喷射混凝土方式应符合本规程第 14.12 节的规定。

检验数量：施工单位每一个作业循环检查一个断面，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或 10% 作平行检验。

检验方法：观察检查。

**15.9.12** 喷射混凝土拌合物的坍落度应符合设计要求。

检验数量：施工单位每工作班不少于一次，监理单位作见证检验。

检验方法：坍落度试验。

**15.9.13** 喷射混凝土原材料每盘称重的允许偏差应符合本规程第 14.12 节的规定。各种衡器应定期检定，每次使用前应进行零点校核。当遇到雨天或含水率有显著变化时，应增加含水率检测次数，并应及时调整水和骨料的用量。

检验数量：施工单位每工作班不应少于 1 次，监理单位作见证检验。

检验方法：复称检查。

**15.9.14** 喷射混凝土表面平整度应符合本规程第 14.12.19 条的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或按 10% 作平行检验。

检验方法：观察检查。

## II 锁脚锚管

### 主控项目

**15.9.15** 半成品、成品锚管的类型、规格、性能等应符合设计

要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位按进场的批次，每批随机抽样 5% 进行试验；监理单位按施工单位检验数量的 30% 见证取样检测。

检验方法：施工单位检查产品合格证、出厂检验报告并进行试验；监理单位检查全部产品合格证、出厂检验报告并进行见证取样检测。

#### **15.9.16 锚管安装的数量应符合设计要求。**

检验数量：施工单位、监理单位逐根清点。

检验方法：现场目测检查。

#### **15.9.17 砂浆锚管采用的砂浆强度等级、配合比应符合设计要求。**

检验数量：施工单位每作业段检查 1 次；监理单位按 30% 的比例见证取样检测。

检验方法：施工单位进行配合比设计，做砂浆强度试验；监理单位检查配合比和试验报告，应进行见证取样检测。

#### **15.9.18 锚管孔内灌注砂浆应饱满密实。**

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按 30% 的比例作见证检验。

检验方法：观察检查和检查施工记录。

### 一般项目

#### **15.9.19 锚管的角度、方向与格栅钢架的连接方式和打设时机应符合设计要求。**

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验。

检验方法：观察检查。

#### **15.9.20 锚管安装孔位允许偏差应为±150mm。**

检验数量：施工单位按 10% 的比例随机抽样检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或按 10% 作平行检验。

检验方法：尺量检查。

**15.9.21** 锚管所用钢管应符合设计要求和本规程第 14.12 节的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或 10% 作平行检验。

检验方法：观察检查。

### Ⅲ 钢 筋 网

#### 主 控 项 目

**15.9.22** 钢筋网所使用的钢筋的品种、规格、性能等应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、尺量检查和检查质量证明文件及取样检测报告。

**15.9.23** 钢筋网的制作应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位按 20% 的比例随机抽样检查。

检验方法：观察检查和尺量检查。

#### 一 般 项 目

**15.9.24** 钢筋网加工允许偏差应符合本规程第 14.12 节的规定。

检验数量：施工单位每进场 1 次，随机抽样 5 片；监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或 10% 作平行检验。

检验方法：尺量检查。

**15.9.25** 钢筋网应与检查室、隧道断面形状相适应，并应与钢架等联结牢固。

检验数量：施工单位每循环检验一次，监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验或 10% 平行检验。

检验方法：观察检查。

**15.9.26** 钢筋网铺设应符合本规程第 14.12 节的规定。

检验数量：施工单位应每循环检验 1 次，监理单位按施工单

位检查数的 30%作见证检验或 10%作平行检验。

检验方法：观察检查或检查施工记录。

**15.9.27** 钢筋的选用应符合设计规定，其加工应符合本规程第 14.12 节的规定。

检验数量：施工单位每批检验 1 次，监理单位按施工单位检查数的 30%作见证检验或 10%作平行检验。

检验方法：观察检查。

## IV 钢 架

### 主控项目

**15.9.28** 钢架所使用的型钢材料进场检验应按批抽取试件进行屈服强度、抗拉强度、伸长率力学性能和冷弯工艺性能试验，其质量应符合设计要求和现行国家标准《碳素结构钢》GB/T 700 的有关规定。

检验数量：以同牌号、同炉罐号、同规格、同交货状态的型钢，每 60t 为一批，不足 60t 按一批计。施工单位每批抽检 1 次；监理单位见证取样检测或平行检验，抽检次数为施工单位抽检次数的 30%或 10%，但不得少 1 次。

检验方法：施工单位检查每批质量证明文件并进行相关性能试验；监理单位检查全部质量证明文件和试验报告，并进行见证取样检测或平行检验。

**15.9.29** 制作钢架的钢材品种、级别、规格和数量应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查和尺量检查。

**15.9.30** 格栅钢架钢筋的弯制、连接和末端的弯钩及型钢钢架的弯制应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位检查数量为施工单位检查数量的 30%，且不得少于一榀。

检验方法：观察检查和尺量检查。

**15.9.31** 钢架安装位置、接头连接质量、纵向拉杆的设置、与围岩间的间隙应符合设计要求；钢架安装不得侵入二次衬砌断面，拱脚和墙脚底部不得有虚渣。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、测量、尺量。

#### 一般项目

**15.9.32** 钢筋、型钢、钢板等原材料应平直、无损伤，表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的30%作见证检验或10%作平行检验。

检验方法：观察检查。

**15.9.33** 钢架的落底接长和钢架间的连接应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的30%作见证检验或10%作平行检验。

检验方法：观察检查。

**15.9.34** 钢架安装允许偏差应符合本规程第14.12节的要求。

检验数量：施工单位每榀钢架检查1次，监理单位按施工单位检查数的30%作见证检验或10%作平行检验。

检验方法：观察检查和尺量检查。

### V 初期支护背后注浆

#### 主控项目

**15.9.35** 注浆所用原材料应符合设计要求。

检验数量：施工单位每注浆段检查1次，监理单位按30%比例抽查。

检验方法：检查质量证明文件、进场验收记录和取样检测报告。

**15.9.36** 浆液配合比应符合设计要求。

检验数量：施工单位每注浆段检查 1 次，监理单位按 30% 比例抽查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位检查试验报告、见证试验。

#### **15.9.37 隧道初支背后注浆应回填密实。**

检验数量：施工单位每 20m 检查 1 次，监理单位按 30% 比例作见证检验。

检验方法：施工单位可采用分析注浆过程记录、无损检测、钻孔取芯、压水（空气）等检测验证注浆回填密实情况，每个断面从拱顶沿两侧不得少于 5 个点，监理单位进行见证检测。

### 一般项目

#### **15.9.38 注浆压力、注浆量应符合设计要求。**

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按 20% 比例抽查。

检验方法：现场观察和分析施工过程注浆记录。

#### **15.9.39 注浆孔的数量、布置、间距、孔深应符合设计要求。**

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按 20% 比例抽查。

检验方法：观察检查和尺量检查。

#### **15.9.40 注浆范围应符合设计要求。**

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按 20% 比例抽查。

检验方法：观察检查。

#### **15.9.41 注浆应在初期支护混凝土强度达到设计强度后进行。**

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按 20% 比例抽查。

检验方法：检查混凝土的龄期。

## **15.10 净空测量及贯通测量**

### 主控项目

#### **15.10.1 检查室、隧道初期支护净空应满足设计要求。**

检验数量：施工单位、监理单位全数检验。

检验方法：全站仪或钢尺测量。

**15.10.2** 铺设防水层和施作二次衬砌之前，应进行初期支护净空测量，并应填写初期支护净空测量记录。

检验数量：施工单位全数检验，监理单位按施工单位检验数的30%作见证检验。

检验方法：全站仪或钢尺测量；检查测量记录。

**15.10.3** 二次衬砌施作完成后，应进行检查室、隧道净空测量，并应填写隧道净空测量记录。

检验数量：施工单位全数检验，监理单位按施工单位检验数的30%作见证检验。

检验方法：全站仪或钢尺测量；检查测量记录。

#### 一般项目

**15.10.4** 隧道初期支护净空（拱部、边墙线路中心左、右侧宽度，仰拱线路中心左、右侧测点自轨面线下的竖向尺寸，拱顶标高）的允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全数检验，监理单位按施工单位检验数的30%作见证检验或按10%作平行检验。

检验方法：拱部、边墙用全站仪或钢尺从中线向两侧测量横向尺寸，自拱顶从中线向两侧应每0.5m检验1个点（包含拱顶及仰拱中心两点）。

**15.10.5** 检查室初期支护净空允许偏差应为 $\pm 15\text{mm}$ 。

检验数量：施工单位全数检验，监理单位按施工单位检验数的30%作见证检验或按10%作平行检验。

检验方法：用全站仪、水准仪和钢尺测量。

### 15.11 结构防水

#### 主控项目

**15.11.1** 防水层所用塑料板及配套材料应符合设计及规范要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告。

**15.11.2** 塑料板的搭接缝施工应符合本规程第 14.13 节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：双焊缝间空腔内充气检查。

### 一般项目

**15.11.3** 塑料板防水层的基面处理应符合本规程第 14.13 节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位在隐蔽前全数检查。

检验方法：观察和尺量检查。

**15.11.4** 塑料防水板的铺设应符合本规程第 14.13 节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位在防水板隐蔽前全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.11.5** 塑料防水板搭接宽度的允许偏差应符合本规程第 14.13.5 条的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按搭接缝数量的 10% 抽查，但不得少于 3 条。

检验方法：尺量检查。

**15.11.6** 保护层的设置应符合设计要求和本规程第 14.13 节的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

### 15.12 二次衬砌

**15.12.1** 在浇筑混凝土之前，应进行钢筋隐蔽工程验收，并应包括下列内容：

- 1 纵向受力钢筋的品种、规格、数量、位置等；
- 2 钢筋连接方式、接头位置、接头数量、接头面积百分

率等；

- 3 箍筋、横向钢筋的品种、规格、数量、间距等；
- 4 预埋件的规格、数量、位置等。

#### 15.12.2 结构构件的混凝土强度浇筑应符合下列规定：

1 结构构件的混凝土强度应按现行国家标准《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的有关规定分批检验评定；

2 对采用蒸汽法养护的混凝土结构构件，其混凝土试件应先随同结构构件同条件蒸汽养护，再转入标准条件养护共 28d；

3 当混凝土中掺用矿物掺合料时，确定混凝土强度时的龄期可按现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GBJ 146 的有关规定取值。

15.12.3 检验评定混凝土强度用的混凝土试件尺寸及强度的尺寸换算系数应符合表 15.12.3 的规定。标准成型方法、标准养护条件及强度试验方法应符合普通混凝土力学性能试验方法标准的规定。

表 15.12.3 混凝土试件尺寸及强度的尺寸换算系数

骨料最大粒径 (mm)	试件尺寸 (mm)	强度的尺寸换算系数
≤31.5	100×100×100	0.95
≤40.0	150×150×150	1.00
≤63.0	200×200×200	1.05

注：对强度等级为 C60 及以上的混凝土试件，其强度的尺寸换算系数可通过试验确定。

15.12.4 结构构件拆除模板的时间应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。结构构件出池、出厂、吊装、张拉、放张及施工期间临时负荷时的混凝土强度，应根据同条件养护的标准尺寸试件的混凝土强度确定。

15.12.5 当混凝土试件强度评定不合格时，可采用非破损或局部破损的检测方法，按国家现行标准的有关规定对结构构件中的混凝土强度进行推定，并应作为处理的依据。

## I 模板和支架

### 主控项目

**15.12.6** 在浇筑混凝土之前应对模板工程进行验收。模板支架的安装、拆除、隔离剂的涂刷应符合本规程第 14.14 节的规定。

检验数量：施工单位、监理应单位全数检查。

检验方法：对照设计文件和施工技术方案观察检查。

**15.12.7** 底模及其支架拆除时的混凝土强度应符合设计要求；后浇带模板的拆除和支顶应按施工技术方案执行。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

### 一般项目

**15.12.8** 模板安装应符合本规程第 14.14.6 条的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：观察检查。

**15.12.9** 用作模板的地坪、胎模等表面质量应符合本规程第 14.14 节的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：观察检查。

**15.12.10** 对跨度不小于 4m 的现浇钢筋混凝土梁、板，其模板应按设计要求起拱，当设计无具体要求时，起拱高度宜为跨度的  $1/1000 \sim 3/1000$ 。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不得少于 1 个施工段。

检验方法：水准仪或拉线、钢尺检查。

**15.12.11** 固定在模板上的预埋件、预留孔洞的允许偏差应符合

本规程表 14.14.7 的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不得少于 1 个施工段。

检验方法：钢尺检查。

**15.12.12 现浇结构模板安装允许偏差和检验方法应符合表 15.12.12 的规定。**

**表 15.12.12 现浇结构模板安装允许偏差和检验方法**

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
轴线位置		±5	钢尺检查
底模上表面标高		±5	水准仪或拉线、钢尺检查
截面内部 尺寸	基础	±10	钢尺检查
	柱、墙、梁	-5~4	钢尺检查
层高垂直度	≤5m	6	经纬仪或吊线、钢尺检查
	>5m	8	经纬仪或吊线、钢尺检查
相邻两板表面高低差		2	钢尺检查
表面平整度		5	2m 靠尺和塞尺检查
暗挖隧道	边墙脚	±10	钢尺检查
	起拱线	±5	钢尺检查
	拱顶	0~10	水准仪检查

注：检查轴线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中的较大值。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不少于 1 个施工段。

**15.12.13 预制构件模板安装允许偏差和检验方法应符合表 15.12.13 的规定。**

检验数量：施工单位首次使用及大修后的模板全数检查；使

用中的模板定期检查，并根据使用情况不定期抽查，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

表 15.12.13 预制构件模板安装允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
长度	板、梁	±5	钢尺量两角边，取其中较大值
	薄腹梁、桁架	±10	
	柱	-10~0	
	墙板	-5~0	
宽度	板、墙板	-5~0	钢尺量一端及中部，取其中较大值
	梁、薄腹梁、桁架、柱	-5~2	
高(厚)度	板	-3~2	钢尺量一端及中部，取其中较大值
	墙板	-5~0	
	梁、薄腹梁、桁架、柱	-5~2	
侧向弯曲	板、梁、柱	$l/1000$ 且 $\leq 15$	拉线，钢尺量最大弯曲处
	墙板、薄腹梁、桁架	$l/1500$ 且 $\leq 15$	
板的表面平整度		3	2m 靠尺和塞尺检查
相邻两板表面高低差		1	钢尺检查
对角线差	板	7	钢尺量两个对角线
	墙板	5	
翘曲	板、墙板	$l/1500$	调平尺在两端量测
设计起拱	薄腹梁、桁架、梁	±3	拉线、钢尺量跨中

注：l 为构件长度 (mm)。

15.12.14 侧模拆除时的混凝土强度应能保证其表面及棱角不受损伤。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：观察检查。

## II 钢 筋

### 主控项目

**15.12.15** 钢筋进场时，应按现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1和《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2的有关规定抽取试件作力学性能检验，其质量应符合设计要求。

检验数量：按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复检报告。

**15.12.16** 当发现钢筋脆断、焊接性能不良或力学性能不正常等现象时，应对该批钢筋进行化学成分检验或其他专项检验。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查化学成分等专项检验报告。

**15.12.17** 受力钢筋的弯钩和弯折应符合下列规定：

1 HPB300级钢筋末端应作 $180^\circ$ 弯钩，其弯弧内直径不应小于钢筋直径的2.5倍，弯钩的弯后平直部分长度不应小于钢筋直径的3倍；

2 当设计要求钢筋末端需作 $135^\circ$ 弯钩时，HRB335级、HRB400级钢筋的弯弧内直径不应小于钢筋直径的4倍，弯钩的弯后平直部分长度应符合设计要求；

3 钢筋弯折不大于 $90^\circ$ 的时，弯折处的弯弧内直径不应小于钢筋直径的5倍。

检验数量：施工单位、监理单位按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于3件。

检验方法：钢尺检查。

**15.12.18** 除焊接封闭环式箍筋外，箍筋的末端应作弯钩，弯钩形式应符合设计要求，当设计无具体要求时，应符合下列规定：

1 箍筋弯钩的弯弧内直径除满足本规程第 15.12.17 条的规定外,尚不应小于受力钢筋直径;

2 对一般结构,箍筋弯钩的弯折角度不应小于  $90^{\circ}$ ,对有抗震等要求的结构,箍筋弯钩的弯折角度应为  $135^{\circ}$ ;

3 对一般结构,箍筋弯后平直部分长度不宜小于箍筋直径的 5 倍;对有抗震等要求的结构,箍筋弯后平直部分长度不应小于箍筋直径的 10 倍。

检验数量:施工单位、监理单位按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法:钢尺检查。

**15.12.19** 纵向受力钢筋的连接方式应符合设计要求。

检验数量:施工单位、监理单位全数检查。

检验方法:观察检查。

**15.12.20** 钢筋机械连接接头、焊接接头的力学性能检验应符合现行行业标准《钢筋机械连接技术规程》JGJ 107 和《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

检验数量:全数检查。

现场检验方法:观察检查。

试验室检验方法:力学性能试验。

**15.12.21** 钢筋安装时,受力钢筋的品种、级别、规格和数量应符合设计要求。

检验数量:施工单位、监理单位全数检查。

检验方法:观察、钢尺检查。

### 一般项目

**15.12.22** 钢筋应平直、无损伤,表面不得有裂纹、油污、颗粒状或片状老锈。

检验数量:进场时和使用前施工单位全数检查,监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法:观察检查。

**15.12.23** 当采用冷拉方法调直钢筋时，HPB300 级钢筋的冷拉率不宜大于 4%，HRB335 级、HRB400 级和 RRB400 级钢筋的冷拉率不宜大于 1%。

检验数量：施工单位、监理单位按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法：观察、钢尺检查。

**15.12.24** 钢筋加工的形状、尺寸应符合设计要求，其允许偏差应符合本规程表 14.14.1 的规定。

检验数量：施工单位、监理单位按每工作班同一类型钢筋、同一加工设备抽查不应少于 3 件。

检验方法：钢尺检查。

**15.12.25** 钢筋的接头宜设置在受力较小处。同一纵向钢筋不宜设置两个或两个以上接头。接头末端至钢筋弯起点的距离不应小于钢筋直径的 10 倍。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：观察、钢尺检查。

**15.12.26** 受力钢筋采用机械连接接头或焊接接头应符合下列规定：

1 设置在同一构件内的接头宜相互错开；

2 纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头连接区段的长度应为 35 倍纵向受力钢筋的较大直径，且不得小于 500mm；

3 凡接头中点位于该连接区段长度内的接头均属于同一连接区段。同一连接区段内，纵向受力钢筋机械连接接头及焊接接头面积百分率为该区段内有接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值；

4 同一连接区段内，纵向受力钢筋的接头面积百分率应符合设计要求，当设计无要求时应符合下列规定：

1) 在受拉区，纵向受力钢筋的接头面积百分率不宜大于 50%；

- 2) 接头不宜设置在有抗震设防要求的框架梁端、柱端的箍筋加密区，当无法避开时，对等强度高质量机械连接接头，接头数量不应大于现有钢筋数量的 50%；
- 3) 直接承受动力荷载的结构构件中，不宜采用焊接接头，当采用机械连接接头时，接头数量不应大于现有钢筋数量的 50%。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不少于 1 个施工段。

检验方法：观察、钢尺检查。

**15.12.27** 同一构件中相邻纵向受力钢筋的绑扎搭接应符合下列规定：

- 1 钢筋的绑扎搭接接头宜相互错开；
- 2 绑扎搭接接头中钢筋的横向净距不应小于钢筋直径，且不应小于 25mm；
- 3 钢筋绑扎搭接接头连接区段的长度应为 1.3 倍搭接长度；
- 4 凡搭接接头中点位于该连接区段长度内的搭接接头均属于同一连接区段。同一连接区段内，纵向受力钢筋搭接接头面积百分率为该区段内有搭接接头的纵向受力钢筋截面面积与全部纵向受力钢筋截面面积的比值；
- 5 同一连接区段内，纵向受力钢筋搭接接头面积百分率应符合设计要求，当设计无要求时应符合下列规定：

- 1) 对梁类、板类及墙类构件，纵向受力钢筋搭接接头面积百分率不宜大于 25%；
- 2) 对柱类构件，纵向受力钢筋搭接接头面积百分率不宜大于 50%；
- 3) 当需要增大接头面积百分率时，对梁类构件，不应大于 50%；对其他构件，可根据实际情况放宽；
- 4) 纵向受力钢筋绑扎搭接接头的最小搭接长度应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不得少于 1 个施工段。

检验方法：观察、钢尺检查。

**15.12.28** 在梁、柱类构件的纵向受力钢筋搭接长度范围内，应按设计要求配置箍筋。当设计无具体要求时，应符合下列规定：

- 1 箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的 0.25 倍；
- 2 受拉搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 5 倍，且不应大于 100mm；
- 3 受压搭接区段的箍筋间距不应大于搭接钢筋较小直径的 10 倍，且不应大于 200mm；
- 4 当柱中纵向受力钢筋直径大于 25mm 时，应在搭接接头两个端面外 100mm 范围内各设置两个箍筋，其间距宜为 50mm。

检验数量：施工单位全数检查；监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不少于 1 个施工段。

检验方法：钢尺检查。

**15.12.29** 钢筋安装位置允许偏差和检验方法应符合表 15.12.29 的规定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数量的 10% 进行抽查，且不少于 1 个施工段。

**表 15.12.29 钢筋安装位置允许偏差和检验方法**

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法	
绑扎钢 筋网	长、宽	±10	钢尺检查	
	网眼尺寸	±20	钢尺量连续三档，取最大值	
绑扎钢 筋骨架	长	±10	钢尺检查	
	宽、高	±5	钢尺检查	
受力 钢筋	间距	±10	钢尺量两端、中间各一点， 取最大值	
	排距	±5		
	保护层 厚度	基础	±10	钢尺检查
		柱、梁	±5	钢尺检查
		板、墙、壳	±3	钢尺检查

续表 15.12.29

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
绑扎箍筋、横向钢筋间距		±20	钢尺量连续三档，取最大值
钢筋弯起点位置		20	钢尺检查
预埋件	中心线位置	5	钢尺检查
	水平高差	0~3	钢尺和塞尺检查

- 注：1 检查预埋件中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并应取其中的较大值；  
2 表中梁类、板类构件上部纵向受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到 90% 及以上，且不得有超过表中数值 1.5 倍的尺寸偏差。

### Ⅲ 混 凝 土

#### 主控项目

**15.12.30** 水泥进场时应对其品种、级别、包装或散装仓号、出厂日期等进行检查，并应对其强度、安定性及其他必要的性能指标进行复验，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的有关规定。水泥出厂超过 3 个月，快硬硅酸盐水泥超过 1 个月时，应进行混凝土复验，并按复验结果使用。钢筋混凝土结构、预应力混凝土结构中，不得使用含氯化物的水泥。

检验数量：按同一生产厂家、同一等级、同一品种、同一批号且连续进场的水泥，袋装不超过 200t 为一批，散装不超过 500t 为一批，每批抽查不得少于 1 次。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

**15.12.31** 混凝土中掺用外加剂的质量及应用技术应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。预应力混凝土结构中不得使用含氯化物的外加剂。钢筋混凝土结构中，当使用含氯化物的外加剂时，混凝土中氯化物的总含量应符合现行国家标准《混凝土质量

控制标准》GB 50164 的有关规定。

检验数量：按同一生产厂家、同品种、同编号 60t 为一检验批，不足 60t 按一检验批计。

检验方法：检查产品合格证、出厂检验报告和进场复验报告。

**15.12.32** 混凝土中氯化物和碱的总含量应符合设计要求及现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

检验方法：施工单位、监理单位检查原材料试验报告和氯化物、碱的总含量计算书。

**15.12.33** 混凝土应按现行行业标准《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定，根据混凝土强度等级、耐久性和工作性等要求进行配合比设计。对有特殊要求的混凝土，其配合比设计尚应符合国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位对同强度等级、同性能混凝土进行一次混凝土配合比设计，监理单位全数检查。

检验方法：检查配合比设计资料。

**15.12.34** 结构混凝土的强度等级应符合设计要求。用于检查结构构件混凝土强度的试件，应在混凝土的浇筑地点随机抽取。取样与试件留置应符合下列规定：

1 每拌制 100 盘，且不超过  $100\text{m}^3$  的同配合比的混凝土，取样不得少于 1 次；

2 每工作班拌制的同一配合比的混凝土不足 100 盘时，取样不得少于 1 次；

3 当一次连续浇筑超过  $1000\text{m}^3$  时，同一配合比的混凝土每  $200\text{m}^3$  取样不得少于 1 次；

4 隧道每施工段、同一配合比的混凝土，取样不得少于 1 次；

5 每次取样应留置不少于一组标准养护试件，同条件养护试件的留置组数应根据实际需要确定。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位标准条件养护试件

见证取样检测或平行检验的次数为施工单位检验次数的 30% 或 10%，但不得少于 1 次。对同条件养护试件全部见证检验。

检验方法：检查施工记录及试件强度试验报告。

**15.12.35** 对有抗渗要求的混凝土结构，其混凝土试件应在浇筑地点随机取样。同一工程、同一配合比的混凝土，取样不应少于 1 次，留置组数可根据实际需要确定。

检验数量：监理单位按施工单位检查数的 30% 作见证检验。

检验方法：检查试件抗渗试验报告。

**15.12.36** 混凝土原材料每盘称量的允许偏差应符合表 15.12.36 的规定。

检验数量：施工单位每工作班抽查不少于 1 次，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：复称。

表 15.12.36 混凝土原材料每盘称量的允许偏差

材料名称	允许偏差
水泥、掺合料	±2%
粗、细骨料	±3%
水、外加剂	±2%

**15.12.37** 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。同一施工段的混凝土应连续浇筑，并应在底层混凝土初凝之前将上一层混凝土浇筑完毕。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：观察、检查施工记录。

#### 一般项目

**15.12.38** 混凝土中掺用矿物掺合料的质量应符合设计要求和现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的有关规定。矿物掺合料的掺量应通过试验确定。

检验数量：以连续供应相同等级的不超过 200t 为一检验批，施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查产品合格证和进场复验报告。

**15.12.39** 普通混凝土所用的粗、细骨料的质量应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定。混凝土所用粗骨料的最大颗粒粒径不得超过构件截面最小尺寸的 1/4，且不得超过钢筋最小净间距的 3/4。

检验数量：施工单位、监理单位按进场的批次和产品的抽样检验方案确定。

检验方法：检查进场复验报告。

**15.12.40** 拌制混凝土用水水质应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位应同一水源检查不少于 1 次。

检验方法：检查水质试验报告。

**15.12.41** 首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定，其工作性应满足设计配合比的要求。开始生产时应至少留置 1 组标准养护试件作为验证配合比的依据。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查开盘鉴定资料和试件强度试验报告。

**15.12.42** 混凝土拌制前，应测定砂、石含水率，并应根据测试结果和理论配合比调整材料用量，提出施工配合比。

检验数量：施工单位每工作班检查 1 次，监理单位按施工单位检查数的 10% 进行抽查。

检验方法：检查含水率测试结果和施工配合比通知单。

**15.12.43** 施工缝的位置应在混凝土浇筑前按设计要求和施工技术方案确定。施工缝的处理应按施工技术方案执行。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、检查施工记录。

**15.12.44** 混凝土浇筑完毕后，应按施工技术方案及时采取有效

的养护措施，并应符合下列规定：

1 在浇筑完毕后的 12h 以内，应对混凝土加以覆盖并保湿养护；

2 硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥或矿渣硅酸盐水泥拌制的混凝土，浇水养护的时间不得少于 7d。掺用缓凝型外加剂或有抗渗要求的混凝土，浇水养护的时间不得少于 14d。采用其他品种水泥时，混凝土的养护时间应根据所采用水泥的技术性能确定；

3 浇水次数应能保持混凝土处于湿润状态，当日平均气温低于 5℃时，不得浇水。混凝土养护用水应与拌制用水相同；

4 采用塑料布覆盖养护的混凝土，其敞露的全部表面应覆盖严密，并应保持塑料布内有凝结水；

5 当混凝土表面不便浇水或使用塑料布时，宜涂刷养护剂；

6 对大体积混凝土的养护，应根据气候条件按施工技术方案采取控温措施；

7 混凝土强度达到 1.2MPa 前，不得在其上踩踏或安装模板及支架等。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、检查施工记录。

**15.12.45** 混凝土施工质量验收应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定。

#### IV 二次衬砌背后充填注浆

##### 主控项目

**15.12.46** 浆液配合比应符合设计要求。

检验数量：施工单位每次注浆均检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 抽查。

检验方法：施工单位进行配合比选定试验；监理单位应检查试验报告、见证试验。

**15.12.47** 二次衬砌背后注浆应保证回填密实。

检验数量：施工单位每注浆段检查 1 次，监理单位按施工单位检查数的 30% 抽查。

检验方法：施工单位可采用分析注浆过程记录、无损检测、钻孔取芯、压水（空气）等检测验证注浆回填密实情况，每断面应从拱顶沿两侧取不少于 5 点；监理单位应进行见证检验。

#### 一般项目

**15.12.48** 注浆压力、注浆量应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 抽查。

检验方法：现场观察统计和检查注浆记录。

**15.12.49** 注浆孔的数量、布置、间距、孔深应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 抽查。

检验方法：现场观察、尺量。

**15.12.50** 注浆范围应符合设计要求。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 抽查。

检验方法：观察检查。

**15.12.51** 注浆应在二次衬砌混凝土强度达到设计强度的 70% 后进行。

检验数量：施工单位全数检查，监理单位按施工单位检查数的 30% 抽查。

检验方法：根据混凝土的龄期计算确定。

#### V 施工缝、变形缝、后浇带

#### 主控项目

**15.12.52** 施工缝、变形缝、后浇带的形式、位置、尺寸及所使

用的原材料应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查产品合格证、试验报告和观察。

**15.12.53** 后浇带的留置位置应在混凝土浇筑前按设计要求及施工技术方案确定，其混凝土浇筑应按施工技术方案执行。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、尺量和检查施工记录。

**15.12.54** 施工缝、变形缝、后浇带的防水构造应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察、检查隐蔽工程验收记录。

#### 一 般 项 目

**15.12.55** 变形缝填塞前，缝内应清扫干净、保持干燥，不得有杂物和积水。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.12.56** 施工缝、变形缝应缝宽均匀，变形缝应缝身竖直、环向贯通、填塞密实、表面光洁。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.12.57** 后浇带的接头钢筋的连接应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

**15.12.58** 后浇带混凝土浇筑前，应将后浇带内清扫干净、保持干燥，不得有杂物和积水。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察检查。

## 15.13 支架及护墩

### 主控项目

**15.13.1** 支架及护墩所用材料应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：检查出厂合格证、质量检验报告和现场抽样试验报告。

**15.13.2** 支架的加工精度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：测量检查。

**15.13.3** 支架的焊接工艺和焊接质量应符合设计要求和国家现行标准的有关规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：规范规定的手段和方法。

**15.13.4** 支架的嵌固方式及嵌固深度应符合设计要求。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察及尺量检查。

**15.13.5** 护墩的施工工艺和尺寸应符合设计要求，不得砌筑。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察及尺量检查。

### 一般项目

**15.13.6** 支架安装的施工质量应符合本规程表 14.15.2 的规定。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：尺量检查。

**15.13.7** 滑动支架与支座之间不应有间隙，滑动面应洁净平整。

检验数量：施工单位、监理单位全数检查。

检验方法：观察及尺量检查。

**15.13.8** 钢结构支架施工质量检验还应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的有关规定。

### **15.14 单位工程观感质量评定**

**15.14.1** 混凝土观感质量应符合下列规定：

1 拱部、边墙、隧底表面色泽应均匀，曲线应圆顺，整体轮廓应清晰；

2 混凝土接茬处不应错台；

3 混凝土不应有跑模、较大面积的蜂窝麻面现象，局部蜂窝麻面应已修补；

4 混凝土不应有表面延伸至内部的、影响结构安全和使用功能的裂缝；

5 洞内沟槽线条应顺直，沟槽盖板应无破损，且安装牢固；

6 施工缝、变形缝缝身应竖直，变形缝缝宽应均匀、填塞密实，不得漏水。

**15.14.2** 防水观感质量应符合下列规定：

1 防水效果应符合设计及规范要求；

2 排水沟流水坡面应平顺，流淌应畅通，不得积淤堵塞；

3 穿墙管件不得渗漏。

## 附录 A 围岩分级

**A. 0. 1** 岩体完整程度的定量指标岩体完整性系数  $K_v$  和岩体体积节理数  $J_v$  值的测试和计算方法应符合下列规定:

1 岩体完整性指标应针对不同的工程地质岩组或岩性段, 选择有代表性的点、段测试岩体弹性纵波速度, 并应在同一岩体取样测定岩石纵波速度。岩体完整性系数可按下式计算:

$$K_v = (v_{pm}/v_{pr})^2 \quad (\text{A. 0. 1-1})$$

式中:  $v_{pm}$ ——岩体弹性纵波速度 (km/s);

$v_{pr}$ ——岩石弹性纵波速度 (km/s)。

2 岩体体积节理数应针对不同的工程地质岩组或岩性段, 选择有代表性的露头或开挖壁面进行节理 (结构面) 统计。除成组节理外, 对延伸长度大于 1m 的分散节理亦应予以统计。已为硅质、铁质、钙质充填再胶结的节理可不予统计。

每一测点的统计面积不应小于  $2\text{m} \times 5\text{m}$ 。岩体体积节理数应根据节理统计结果按下式计算:

$$J_v = S_1 + S_2 + \cdots + S_n + S_k \quad (\text{A. 0. 1-2})$$

式中:  $J_v$ ——岩体体积节理数 (条/  $\text{m}^3$ );

$S_n$ ——第  $n$  组节理每米长测线上的条数;

$S_k$ ——每立方米岩体非成组节理条数 (条/  $\text{m}^3$ )。

**A. 0. 2** 岩体基本质量影响因素的修正系数  $K_1$ 、 $K_2$ 、 $K_3$  的取值可分别按表 A. 0. 2-1、表 A. 0. 2-2 和表 A. 0. 2-3 确定。无表中所示情况时, 修正系数取零。

**A. 0. 3** 根据岩体 (围岩) 钻探和开挖过程中出现的主要现象, 围岩极高或高初始应力状态的评估可按表 A. 0. 3 确定。

表 A. 0. 2-1 地下水影响修正系数

地下水出水状态	地下水影响修正系数 $K_1$			
	$BQ > 450$	$450 \geq BQ > 350$	$350 \geq BQ \geq 250$	$BQ < 250$
潮湿或点滴状出水	0	0.1	0.2~0.3	0.4~0.6
淋雨状或涌流状出水， 水压 $\leq 0.1$ MPa 或单位出 水量 $\leq 10$ L/ (min·m)	0.1	0.2~0.3	0.4~0.6	0.7~0.9
淋雨状或涌流状出水， 水压 $> 0.1$ MPa 或单位出 水量 $> 10$ L/ (min·m)	0.2	0.4~0.6	0.7~0.9	1.0

表 A. 0. 2-2 主要软弱结构面产状影响修正系数

结构面产状及其 与洞轴线的组合 关系	结构面走向与洞轴 线夹角 $< 30^\circ$ ，结构 面倾角 $30^\circ \sim 75^\circ$	结构面走向与洞轴 线夹角 $> 60^\circ$ ，结 构面倾角 $> 75^\circ$	其他组合
主要软弱结构面产状 影响修正系数 $K_2$	0.4~0.6	0~0.2	0.2~0.4

表 A. 0. 2-3 初始应力状态影响修正系数

初始应力状态	初始应力状态影响修正系数 $K_3$				
	$BQ > 550$	$550 \geq BQ > 450$	$450 \geq BQ > 350$	$350 \geq BQ \geq 250$	$BQ < 250$
极高应力区	1.0	1.0	1.0~1.5	1.0~1.5	1.0
高应力区	0.5	0.5	0.5	0.5~1.0	0.5~1.0

表 A. 0. 3 围岩极高或高初始应力状态的评估

应力情况	主要现象	应力比 $R_c / \sigma_{\max}$
极高应力	1 硬质岩：开挖过程中时有岩爆发生，有岩块弹出，洞壁岩体发生剥离，新生裂缝多，成洞性差； 2 软质岩：岩芯常有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体有剥离，位移极为显著，甚至发生大位移，持续时间长，不易成洞	$< 4$

续表 A.0.3

应力情况	主要现象	应力比 $R_c/\sigma_{\max}$
高应力	1 硬质岩：开挖过程中可能出现岩爆，洞壁岩体有剥离和掉块现象，新生裂缝较多，成洞性差； 2 软质岩：岩芯时有饼化现象，开挖过程中洞壁岩体位移显著，持续时间较长，成洞性差	4~7

注： $\sigma_{\max}$ 为垂直洞轴线方向的最大初始应力。

#### A.0.4 隧道各级围岩自稳能力可按表 A.0.4 进行判断。

表 A.0.4 隧道各级围岩自稳能力

围岩级别	自 稳 能 力
I	跨度 20m，可长期稳定，偶有掉块，无塌方
II	跨度 10~20m，可基本稳定，局部可发生掉块或小塌方； 跨度 10m，可长期稳定，偶有掉块
III	跨度 10~20m，可稳定数日~1 个月，可发生小~中塌方； 跨度 5~10m，可稳定数月，可发生局部块体位移及小~中塌方； 跨度 5m，可基本稳定
IV	跨度 5m，一般无自稳能力，数日~数月内可发生松动变形、小塌方，进而发展为中~大塌方。埋深小时，以拱部松动破坏为主，埋深大时，有明显塑性流动变形和挤压破坏； 跨度小于 5m，可稳定数日~1 个月
V	无自稳能力，跨度 5m 或更小时，可稳定数日
VI	无自稳能力

注：1 小塌方：塌方高度 $<3\text{m}$ ，或塌方体积 $<30\text{m}^3$ ；

2 中塌方：塌方高度 $3\text{m}\sim 6\text{m}$ ，或塌方体积 $30\text{m}^3\sim 100\text{m}^3$ ；

3 大塌方：塌方高度 $>6\text{m}$ ，或塌方体积 $>100\text{m}^3$ 。

## 附录 B 其他作用的计算方法

**B. 0. 1** 结构附加荷载应符合下列规定:

1 结构上部和受影响范围内的设施及建筑物和构筑物对结构产生的压力应为结构附加恒荷载。

2 边长为  $a_l$ 、 $b_l$  的矩形面积均布荷载作用时, 矩形角点  $M$  下深度为  $z_s$  的  $N$  点 (图 B. 0. 1-a) 的附加应力  $\sigma_z$  可按下列公式计算:

$$\sigma_z = k \times p \quad (\text{B. 0. 1-1})$$

$$k = f\left(\frac{a_l}{b_l}, \frac{2z_s}{b_l}\right) \quad (\text{B. 0. 1-2})$$

式中:  $\sigma_z$ ——附加应力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$k$ ——矩形面积均布荷载角点下的应力系数, 按表 B. 0. 1 的规定取值;

$p$ ——均布荷载值 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$a_l$ 、 $b_l$ ——面积荷载的长和宽 (m);

$z_s$ ——待求点深度 (m)。

3 矩形面积荷载中心点  $M$  下深度为  $z_s$  的  $N$  点的附加应力计算时 (图 B. 0. 1-b), 可将矩形面积分成四等分, 先由表 B. 0. 1 查找  $1/4$  面积角点下的应力系数, 则中心点下附加应力  $\sigma_z$  可按下列公式计算:

$$\sigma_z = 4f\left(\frac{0.5a_l}{0.5b_l}, \frac{2z_s}{0.5b_l}\right)p \quad (\text{B. 0. 1-3})$$

$$k = f\left(\frac{0.5a_l}{0.5b_l}, \frac{2z_s}{0.5b_l}\right) \quad (\text{B. 0. 1-4})$$

4 矩形 (图 B. 0. 1-c) 面积荷载外任意点  $M$  下深度为  $z_s$  的  $N$  点的附加应力计算时, 可按图上虚线过  $M$  点分成若干面积,

则  $M$  点下的  $\sigma_z$  可由几个矩形面积角点下的  $\sigma_z$  相叠加而成, 按下式计算:

$$\sigma_z = (k_{13M6} - k_{23M5} - k_{74M6} + k_{84M5})p \quad (\text{B. 0. 1-5})$$

式中:  $k$  的脚标表示所代表的面积, 如:  $k_{13M6}$  表示矩形面积 13M6 的角点应力系数, 按每个面积的长边和短边比及深度和短边之比, 由表 B. 0. 1 中查得。

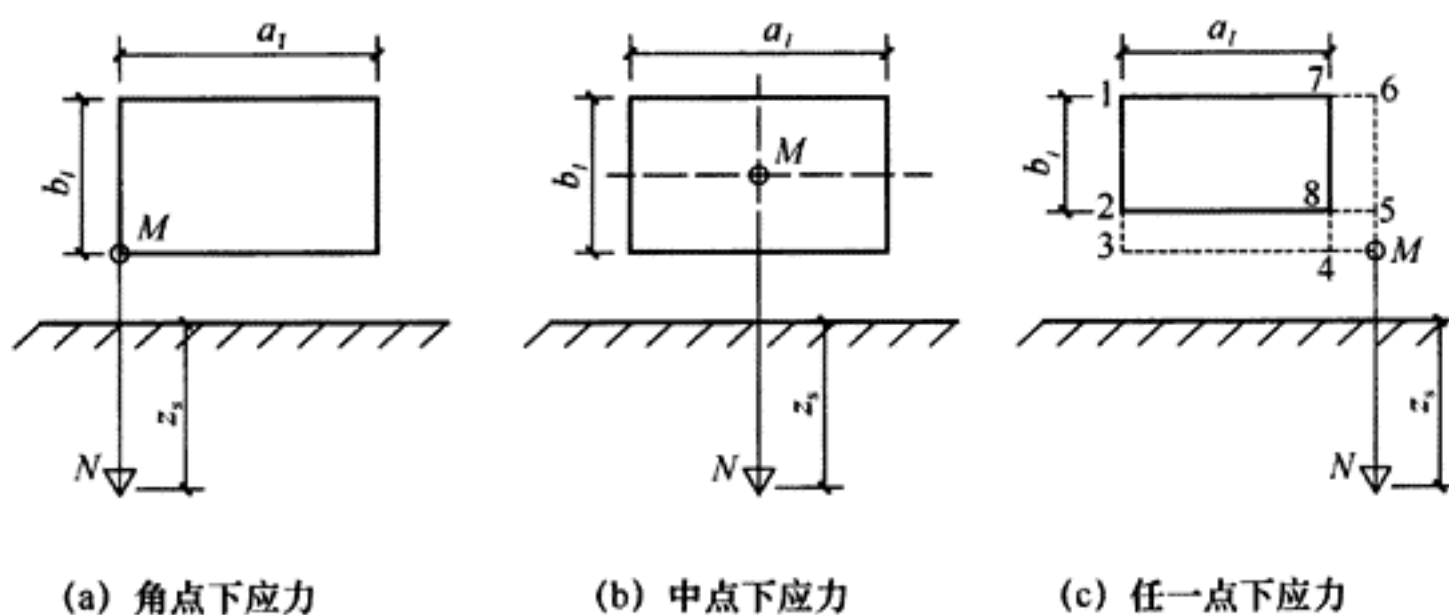


图 B. 0. 1 矩形均布荷载角点下和任一点下的应力图

**B. 0. 2** 结构自重标准值可按结构构件的设计尺寸与材料单位体积的自重计算确定。

**B. 0. 3** 地基下沉应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定计算确定。

**B. 0. 4** 热力管道及设备自重标准值应符合下列规定:

1 热力管道及设备自重标准值, 应为管材、保温层、管内介质及管道附件自重标准值之和;

2 蒸汽管道的管内介质自重标准值, 在管道运行阶段, 应根据管道运行工况和疏水设备布置情况进行分析, 当可能有冷凝水积存时, 应考虑管道内的冷凝水积存量; 在管道试压阶段, 应按管道充满水计算;

3 对蒸汽管网紧邻管道阀门及弯头的管道支架, 在管道运行阶段, 作用在结构上的管道自重标准值应按动态作用考虑, 动力系数可按 1.5 取值。

表 B.0.1 矩形均布荷载角点下的应力系数

$\frac{a_l/b_l}{z_s/b_l}$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	4.0	6.0	8.0	10.0
0.0	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250	0.250
0.2	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249	0.249
0.4	0.240	0.242	0.243	0.243	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244	0.244
0.6	0.223	0.228	0.230	0.232	0.232	0.233	0.233	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234	0.234
0.8	0.200	0.208	0.212	0.215	0.217	0.218	0.218	0.219	0.219	0.310	0.220	0.220	0.220	0.220	0.220
1.0	0.175	0.185	0.191	0.196	0.198	0.200	0.201	0.202	0.203	0.203	0.203	0.204	0.205	0.205	0.205
1.2	0.152	0.163	0.171	0.176	0.179	0.182	0.184	0.185	0.186	0.187	0.187	0.188	0.189	0.189	0.189
1.4	0.131	0.142	0.151	0.157	0.161	0.164	0.167	0.169	0.170	0.171	0.171	0.173	0.174	0.174	0.174
1.6	0.112	0.124	0.133	0.140	0.145	0.148	0.151	0.153	0.155	0.156	0.157	0.159	0.160	0.160	0.160
1.8	0.097	0.108	0.117	0.124	0.129	0.133	0.137	0.139	0.141	0.142	0.143	0.146	0.148	0.148	0.148
2.0	0.084	0.095	0.103	0.110	0.116	0.120	0.124	0.126	0.128	0.130	0.131	0.135	0.137	0.137	0.137
2.4	0.064	0.073	0.081	0.088	0.093	0.098	0.102	0.105	0.107	0.109	0.111	0.116	0.118	0.119	0.119
2.8	0.050	0.058	0.065	0.071	0.076	0.081	0.084	0.088	0.090	0.092	0.094	0.100	0.104	0.105	0.105
3.2	0.040	0.047	0.053	0.058	0.063	0.067	0.070	0.074	0.076	0.079	0.081	0.087	0.092	0.093	0.093
3.6	0.033	0.038	0.043	0.048	0.052	0.056	0.059	0.062	0.065	0.067	0.069	0.076	0.082	0.083	0.084
4.0	0.027	0.032	0.036	0.040	0.044	0.047	0.051	0.054	0.056	0.059	0.060	0.067	0.073	0.075	0.076
5.0	0.018	0.021	0.024	0.027	0.030	0.033	0.036	0.038	0.040	0.042	0.044	0.050	0.057	0.060	0.061
6.0	0.013	0.015	0.017	0.020	0.022	0.024	0.026	0.028	0.029	0.031	0.033	0.039	0.046	0.049	0.051
7.0	0.009	0.011	0.013	0.015	0.016	0.018	0.020	0.021	0.022	0.024	0.025	0.031	0.038	0.041	0.043
8.0	0.007	0.009	0.010	0.011	0.013	0.014	0.015	0.017	0.018	0.019	0.020	0.025	0.031	0.035	0.037
9.0	0.006	0.007	0.008	0.009	0.010	0.011	0.012	0.013	0.014	0.015	0.016	0.020	0.026	0.030	0.032
10.0	0.005	0.006	0.007	0.007	0.008	0.009	0.100	0.011	0.012	0.013	0.013	0.017	0.022	0.026	0.028

注： $b_l$ 为矩形的短边。

**B.0.5** 混凝土结构隧道及检查室，应考虑在管道运行阶段结构内外壁面温差对结构的作用。壁面温差作用标准值可按现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105 的有关规定计算确定，温度影响作用的准永久值系数可按 1.0 取值。

## 附录 C 检查室及隧道承受水平作用时结构 抗滑移稳定验算方法

**C.0.1** 进行结构承受水平作用的抗滑移稳定验算时抗力应计入由管道及设备自重，结构自重，结构上的竖向土压力形成的摩阻力，尚应计入侧向土压力形成的摩阻力；对于岩石地基，当采取可靠的嵌固措施时，尚应计入岩石对结构的嵌固作用。

**C.0.2** 检查室结构承受管道水平作用时的抗滑移稳定可按下式验算（图 C.0.2）：

$$\sqrt{(K_s \times F_{xk} - 2\mu_1 \times E_{ay,k})^2 + (K_s \times F_{yk} - 2\mu_1 \times E_{ax,k})^2} \leq G_{1k} \times \mu_2 + (G_{1k} + G_{2k})\mu_3 \quad (\text{C.0.2})$$

当  $K_s \times F_{xk} - 2\mu_1 \times E_{ay,k} < 0$  时，取  $K_s \times F_{xk} - 2\mu_1 \times E_{ay,k} = 0$ ；

当  $K_s \times F_{yk} - 2\mu_1 \times E_{ax,k} < 0$  时，取  $K_s \times F_{yk} - 2\mu_1 \times E_{ax,k} = 0$ 。

式中： $G_{1k}$ ——检查室结构上部覆土重标准值（kN），位于地下水位以下部分应扣除浮托力；

$G_{2k}$ ——检查室结构自重与管道及设备自重标准值之和（kN），位于地下水位以下部分应扣除浮托力；

$F_{xk}$ 、 $F_{yk}$ ——沿检查室结构  $x$  轴、 $y$  轴方向的管道水平作用标准值（kN）；

$E_{ax,k}$ 、 $E_{ay,k}$ ——作用在与检查室结构  $x$  轴、 $y$  轴垂直的侧墙上的主动土压力标准值（kN），应按本规程第 6.0.3 条的规定计算确定；

$K_s$ ——结构设计稳定性抗力系数；

$\mu_1$ 、 $\mu_2$ 、 $\mu_3$ ——土对结构侧面、顶面、底面的摩擦系数，其中土对混凝土结构表面的摩擦系数可按表 C.0.2 选取。

表 C.0.2 土对混凝土结构表面的摩擦系数

土的种类		摩擦系数
黏性土	可塑	0.25~0.30
	硬塑	0.30~0.35
	坚硬	0.35~0.45
粉土		0.30~0.40
中砂, 粗砂, 砾砂		0.40~0.50
碎石土		0.40~0.60
软质岩		0.40~0.60
表面粗糙的硬质岩		0.65~0.75

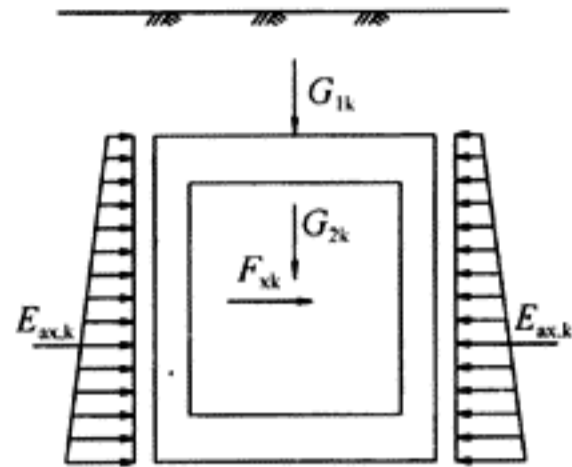
C.0.3 隧道结构承受管道水平作用时的抗滑移稳定可按下式验算:

$$\sqrt{(K_s \times F_{xk})^2 + (K_s \times F_{yk})^2} \leq G_{1s} \times l_s \times \mu_2 + (G_{1s} + G_{2s}) l_s \times \mu_3 \quad (\text{C.0.3})$$

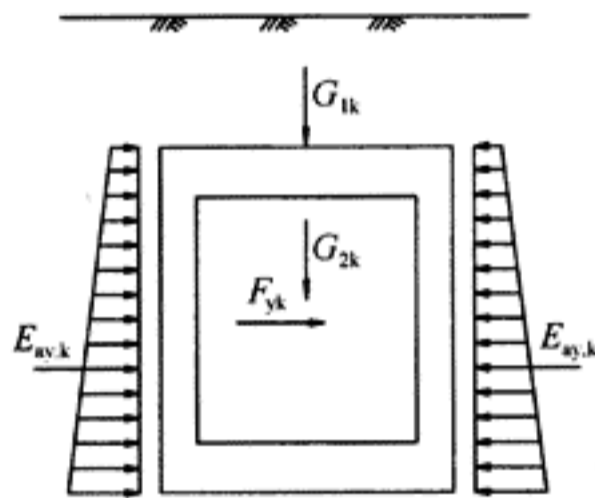
式中:  $G_{1s}$ ——每延米隧道结构上部  $h_t$  厚覆土重标准值 (kN/m), 位于地下水位以下部分应扣除浮托力。当  $H > h_a$  时, 取  $h_t$  为  $h_a$  与  $(1.0 \sim 1.5) B$  二者之中的小值; 当  $H \leq h_a$  时, 取  $h_t$  为全土柱与  $(1.0 \sim 1.5) B$  二者之中的小值。 $H$  为隧道结构覆土厚度;  $h_a$  为深埋隧道垂直荷载计算高度;  $B$  为隧道开挖宽度;

$G_{2s}$ ——每延米隧道结构自重与管道及设备自重标准值之和 (kN/m), 位于地下水位以下部分应扣除浮托力;

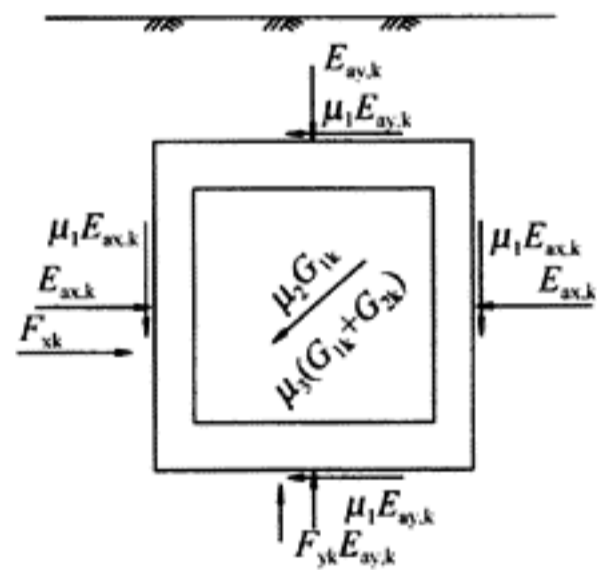
$l_s$ ——固定支架前后隧道总长度 (m)。



(a) 沿检查室结构x轴方向立面受力简图



(b) 沿检查室结构y轴方向立面受力简图



(c) 整个结构受力的平面示意简图

图 C.0.2 检查室结构抗滑移稳定验算示意图

## 附录 D 衬砌结构温度伸缩缝间距计算方法

**D.0.1** 衬砌结构温度伸缩缝间距可按下列方法计算：

1 温度应力场基本方程（图 D.0.1-1）：

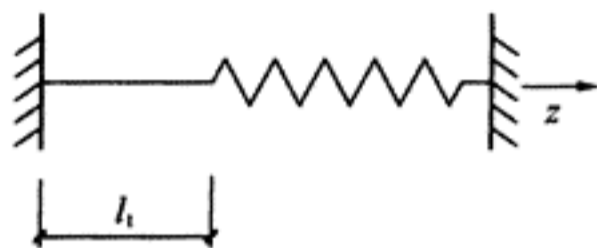


图 D.0.1-1 一维线性结构模型

一维线性结构，左端固定，右端受弹性约束，在温差  $T$  的作用下，其一端产生的变位为其自由变位与弹性约束变位之代数和，即：

$$\Delta u = \alpha_h \times T \times l_t + \sigma_t \times \frac{l_t}{E_c} \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$\epsilon = \alpha_h \times T + \frac{\sigma_t}{E_c} \quad (\text{D.0.1-2})$$

式中： $\Delta u$ ——结构端部变位（m）；

$\alpha_h$ ——混凝土线膨胀系数；

$T$ ——温差（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

$l_t$ ——结构计算长度（m）；

$\sigma_t$ ——结构温度应力（MPa）；

$E_c$ ——混凝土的弹性模量（MPa），按本规程第 5.0.8 条的规定确定；

$\epsilon$ ——结构应变。

2 外部约束应力方程：

当两种面接触的物体产生相对位移时，在接触面上必然产生

剪切应力，此时的剪切应力可表示为：

$$\tau = -C_z \times u_s \quad (\text{D. 0. 1-3})$$

式中： $\tau$ ——接触面上剪切应力 (MPa)；

$C_z$ ——地基水平阻力系数 ( $\text{N}/\text{mm}^3$ )，可取  $10 \times 10^{-2}$ ；

$u_s$ ——结构水平位移 (mm)。

3 隧道衬砌结构温度应力应按下列计算 (图 D. 0. 1-2)：

$$\sigma_t = -E_c \times \alpha_h \times T \left[ 1 - \frac{\text{ch}(\eta_l \times z_1)}{\text{ch}(\eta_l \times l_1/2)} \right] \quad (\text{D. 0. 1-4})$$

式中： $\eta_l$ ——自由度系数；

$z_1$ ——沿隧道纵轴方向计算长度 (m)。

当  $z_1=0$  时， $\sigma_t$  达最大，即：

$$(\sigma_t)_{\max} = -E_c \times \alpha_h \times T \left[ 1 - \frac{1}{\text{ch}(\eta_l \times l_1/2)} \right] \quad (\text{D. 0. 1-5})$$

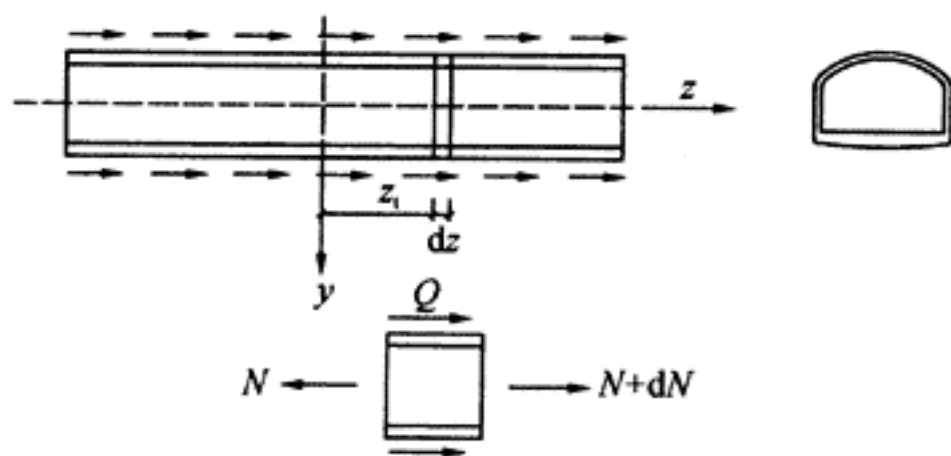


图 D. 0. 1-2 隧道温度应力计算模型示意图

$N$ —温度引起的轴向力； $Q$ —约束剪切力

**D. 0. 2** 设置温度伸缩缝应符合下列规定：

1 隧道计算长度可取 400m 左右；

2 伸缩缝间距应根据设防温差和衬砌与防水板间的水平阻力系数，按前述方法计算确定。不同设防温差和水平阻力系数条件下的伸缩缝间距可按表 D. 0. 2 的规定取值；

表 D.0.2 不同设防温差和水平阻力系数条件下的伸缩缝间距

温差 (°C)	伸缩缝间距 (m)	水平阻力系数 $C_z$ ( $\times 10^{-2} \text{N/mm}^3$ )				
		10	25	50	75	100
8		128	80	56	48	40
10		92	60	40	32	28
12		76	48	32	24	24

3 伸缩缝的设置宽度可取自由端水平位移值的 2 倍，伸缩缝宽度宜取 20mm~30mm。

## 附录 E 施工验收记录

**E.0.1** 施工现场质量管理检查记录可按表 E.0.1 的规定执行。

**表 E.0.1 施工现场质量管理检查记录表**

隧道工程施工现场质量管理检查记录			编号	
工程名称				
建设单位			项目负责人	
设计单位			项目负责人	
监理单位			总监理工程师	
施工单位		项目经理	项目技术负责人	
序号	项目	内容		
1	开工报告（开工证）			
2	现场质量管理制度			
3	质量责任制			
4	主要专业工种操作上岗证书			
5	分包方资质与对分包单位的管理制度			
6	施工图审查情况			
7	地质勘察资料			
8	施工组织设计、施工方案及审批			
9	施工技术标准			
10	工程质量检验制度			
11	交接桩及施工复测资料			
12	环境保护方案及审批			
13	施工检测设备及计量器具设置			
14	现场材料、设备存放与管理			
<p>检查结论：</p>  <p>总监理工程师 (建设单位项目负责人)</p> <p>年 月 日</p>				

E.0.2 检验批质量验收记录可按表 E.0.2 的规定执行。

表 E.0.2 检验批质量验收记录表

单位工程名称															
分部工程名称															
分项工程名称												验收部位			
施工单位												项目经理			
分包单位												分包项目经理			
施工质量验收标准名称及编号															
施工质量验收标准的规定				施工单位检查记录								监理（建设）单位验收记录			
主控项目	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
一般项目	1														
	2														
	3														
	4														
	5														
施工单位检查结果			专业工长 (施工员)								施工班组长				
			项目专业质量检查员：年 月 日												
监理（建设）单位验收结论			监理工程师： (建设单位项目专业技术负责人)：年 月 日												

**E.0.3** 分项工程质量验收记录可按表 E.0.3 的规定执行。

**表 E.0.3 分项工程质量验收记录表**

单位工程名称					
分部工程名称				检验批数	
施工单位		项目经理		项目技术负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
开工日期	年 月 日		完工日期	年 月 日	
序号	检验批部位、区段	施工单位检查 评定结果	监理（建设）单位验收结论		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
遗留问题及解决方案：					
检查结论	项目专业 技术负责人： 年 月 日		验收结论	监理工程师 (建设单位项目专业技术负责人) 年 月 日	

E.0.4 分部工程质量验收记录可按表 E.0.4 的规定执行。

表 E.0.4 分部工程质量验收记录表

单位工程名称					
施工单位					
项目经理		项目技术负责人		项目质量负责人	
分包单位		分包单位负责人		分包项目经理	
开工日期	年 月 日		完工日期	年 月 日	
序号	分项工程名称	检验批数	施工单位检查 评定结果	监理（建设）单位 验收结论	
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
质量控制资料					
安全和功能检验（检测）报告					
验收 结论	施工单位	项目经理： 年 月 日			
	勘察设计单位	项目负责人： 年 月 日			
	监理单位	总监理工程师： 年 月 日			

E.0.5 单位工程验收记录可按表 E.0.5-1~表 E.0.5-4 的规定执行。

表 E.0.5-1 单位工程质量验收记录表

单位工程名称					
施工单位		技术负责人		开工日期	
项目经理		项目技术负责人		竣工日期	
序号	项目	验收记录			验收结论
1	分部工程	共 分部, 经查 分部符合标准及设计要求			
2	质量控制资料核查	共 项, 经审查符合要求 项, 经核定符合规范要求 项			
3	安全和主要使用功能核查及抽查结果	共核查 项, 符合要求 项, 共抽查 项, 符合要求 项, 经返工处理符合要求 项			
4	观感质量验收	共抽查 项, 符合要求 项, 不符合要求 项			
5	综合验收结论				
参加验收单位	建设单位	监理单位	施工单位	设计单位	
	(公章) 单位(项目) 负责人: 年 月 日	(公章) 总监理工程师: 年 月 日	(公章) 单位(项目) 负责人: 年 月 日	(公章) 单位(项目) 负责人: 年 月 日	





表 E.0.5-4 单位工程观感质量检查记录表

工程名称		施工单位			
序号	项目	核查质量状况	质量评价		
			好	一般	差
1	混凝土观感	表面色泽			
2		结构整体轮廓			
3		错台、跑模现象			
4		大面积蜂窝、麻面			
5		有害裂缝			
6		施工缝、变形缝			
1	防水观感	结构防水效果			
2		水沟排水			
3		施工缝、变形缝防水			
4		穿墙管防水			
5					
观感质量综合评价					
<p>检查结论</p> <p style="text-align: center;">                     施工单位项目经理：（建设单位项目负责人）                      年 月 日                 </p> <p style="text-align: right;">                     总监理工程师：                      年 月 日                 </p>					

## 本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 2 《混凝土结构设计规范》 GB 50010
- 3 《钢结构设计规范》 GB 50017
- 4 《锚杆喷射混凝土支护技术规范》 GB 50086
- 5 《混凝土强度检验评定标准》 GB/T 50107
- 6 《地下工程防水技术规范》 GB 50108
- 7 《混凝土外加剂应用技术规范》 GB 50119
- 8 《粉煤灰混凝土应用技术规范》 GBJ 146
- 9 《混凝土质量控制标准》 GB 50164
- 10 《砌体结构工程施工质量验收规范》 GB 50203
- 11 《混凝土结构工程施工质量验收规范》 GB 50204
- 12 《钢结构工程施工质量验收规范》 GB 50205
- 13 《地下防水工程质量验收规范》 GB 50208
- 14 《起重设备安装工程施工及验收规范》 GB 50278
- 15 《地下铁道工程施工及验收规范》 GB 50299
- 16 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 17 《混凝土结构耐久性设计规范》 GB/T 50476
- 18 《通用硅酸盐水泥》 GB 175
- 19 《碳素结构钢》 GB/T 700
- 20 《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》  
GB 1499.1
- 21 《钢筋混凝土用钢 第 2 部分：热轧带肋钢筋》  
GB 1499.2
- 22 《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》 GB/T 1596
- 23 《建筑卷扬机》 GB/T 1955

- 24 《环境空气质量标准》 GB 3095
- 25 《声环境质量标准》 GB 3096
- 26 《爆破安全规程》 GB 6722
- 27 《混凝土外加剂》 GB 8076
- 28 《缺氧危险作业安全规程》 GB 8958
- 29 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 GB 12523
- 30 《高分子防水材料 第1部分：片材》 GB 18173.1
- 31 《城镇供热管网工程施工及验收规范》 CJJ 28
- 32 《城镇供热管网结构设计规范》 CJJ 105
- 33 《钢筋焊接及验收规程》 JGJ 18
- 34 《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》 JGJ 52
- 35 《普通混凝土配合比设计规程》 JGJ 55
- 36 《混凝土用水标准》 JGJ 63
- 37 《龙门架及井架物料提升机安全技术规范》 JGJ 88
- 38 《建筑工程冬期施工规程》 JGJ/T 104
- 39 《钢筋机械连接技术规程》 JGJ 107

## 制 订 说 明

《城市供热管网暗挖工程技术规程》CJJ 200 - 2014，经住房和城乡建设部 2014 年 7 月 31 日以第 507 号公告批准、发布。

本规程编制过程中，编制组进行了大量供热管网暗挖工程的调查研究，总结了我国城市供热管网暗挖工程设计和施工经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过试验取得了城市供热管网暗挖工程的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、院校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《城市供热管网暗挖工程技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明，还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

# 目 次

1	总则 .....	200
2	术语和符号 .....	203
2.1	术语 .....	203
2.2	符号 .....	204
3	工程地质与水文地质勘察 .....	205
3.1	一般规定 .....	205
3.3	水文地质条件勘察 .....	205
3.4	岩土力学参数 .....	205
4	平纵断面设计 .....	207
4.2	平面 .....	207
4.4	隧道横断面 .....	207
4.5	检查室(竖井) .....	209
5	材料 .....	210
6	结构上的作用(荷载) .....	212
7	检查室(竖井)结构与计算 .....	215
7.1	一般规定 .....	215
7.2	检查室(竖井)支撑设计 .....	215
7.3	检查室(竖井)结构设计 .....	215
7.4	马头门及检查室侧墙洞口结构设计 .....	216
7.5	检查室结构计算 .....	216
8	隧道结构与计算 .....	218
8.1	一般规定 .....	218
8.2	隧道结构设计 .....	219
8.3	隧道转角处洞口反梁结构设计 .....	221
8.4	隧道结构计算 .....	221

9	支架结构与计算	224
9.1	一般规定	224
9.2	两端嵌固式支架结构	224
9.3	悬臂式支架结构	225
9.4	支架横担结构	225
9.5	支架构造	225
10	地下水处治及地层预加固设计	226
10.1	一般规定	226
10.2	地下水处治	226
10.3	地层注浆	227
10.4	超前小导管及管棚	227
11	结构防水	229
11.1	一般规定	229
11.2	混凝土结构自防水	230
11.4	细部构造防水	230
12	施工设计与监控量测	231
12.1	一般规定	231
12.2	竖井	231
12.3	马头门	231
12.4	隧道	232
12.5	监控量测	232
13	环境风险源专项设计	233
13.2	环境风险源等级划分	233
13.3	环境风险评估	235
13.4	设计内容与要求	257
14	工程施工	259
14.1	一般规定	259
14.2	施工工艺及管理	259
14.3	环境风险源专项施工	259
14.4	测量放线	260

14.5	建（构）筑物及地下管线保护 .....	260
14.6	监控量测 .....	261
14.7	地下水处治 .....	264
14.8	地层预支护及加固 .....	264
14.9	竖井 .....	265
14.10	马头门 .....	267
14.11	隧道开挖 .....	268
14.12	初期支护 .....	268
14.13	防水层 .....	269
14.14	二次衬砌 .....	270
15	工程验收 .....	271
15.1	一般规定 .....	271
15.3	施工质量验收的划分 .....	271
15.4	施工质量验收 .....	271
15.5	监控量测 .....	272
15.6	地层预支护及加固 .....	272
15.7	检查室（竖井） .....	273
15.8	隧道土方开挖 .....	274
15.9	初期支护 .....	274
15.10	净空测量及贯通测量 .....	277
15.11	结构防水 .....	277
15.12	二次衬砌 .....	277
15.13	支架及护墩 .....	282
15.14	单位工程观感质量评定 .....	283

# 1 总 则

**1.0.1** 自 20 世纪 80 年代末开始，城市供热管网地下工程逐渐引入暗挖隧道施工工艺，但是热力行业无暗挖隧道的设计和施工规程，主要参照城市地铁工程相关的规程，不尽符合热力工程的结构与工艺特点。随着城市供热管网行业的快速发展，尤其是暗挖法在城市供热管网工程中的大量应用，亟需编制符合热力暗挖结构与工艺特点的技术规程。本规程在综合近年供热管网暗挖工程设计和施工经验的基础上，针对存在的关键技术问题，开展了系统深入的科学研究；基于课题研究成果并综合地铁、铁路、公路隧道工程的技术进展，编制完成。本规程的城市供热管网暗挖工程，是指在岩石地层中基于新奥法原理采用钻爆开挖的隧道工程，和在软弱岩层或土层中基于浅埋暗挖法原理开挖的隧道工程。

**1.0.3** 城市供热管网地下工程一般是在软弱破碎地层，并存在地下水的环境中修建的。国际隧道协会于 20 世纪 90 年代，就地下水对隧道设计的影响、对施工危害性和对结构耐久性的影响，在世界范围内进行了系统的调研与总结，写出了近 70 页的专题研究报告发表在国际著名刊物上。“水是隧道工作者的‘天敌’，在开挖过程中，水会引起各种问题；由于水的存在，增加地层加固和隧道支护、衬砌的成本；在隧道的使用年限内，水常常引起后续的系列问题，不仅影响隧道的衬砌，而且影响隧道内的各种设施。”开宗明义地论述了地下水对隧道设计的影响，以及对施工和结构耐久性的危害。2007 年 11 月 14 日，北京市住房和城乡建设委员会和北京市水务局联合发布了《北京市建设工程施工降水管理办法》该办法规定自 2008 年 3 月 1 日起，北京市所有新开工的工程限制进行施工降水。可以断言，在未来的热力地下

工程建设中，浅埋暗挖法仍将是最主要的隧道施工工法，有些情况下往往是唯一选择。因此，本规程强调了对地下水环境的保护以及控制施工对地下水环境的影响，真正实现绿色设计与施工。

**1.0.5** 《地铁设计规范》GB 50157 和《铁路隧道设计规范》TB 10003 均强制性规定主体结构的设计使用年限为 100 年。城市热力检查室及隧道工程与地铁隧道一样，为重要的市政基础设施工程。本规程对于检查室结构和隧道结构，按《地铁设计规范》GB 50157 和《铁路隧道设计规范》TB 10003 对结构耐久性的要求，规定主体结构工程的设计使用年限不应小于 100 年。

本规程所规定的主体结构，是指供热主管网的检查室、隧道等结构；对于重要的支线管网结构，也应按不应小于 100 年的使用年限进行设计。使用年限，是指在正常的维护条件下，能保证主体结构工程正常使用的时段；其具体保证措施应符合本规程有关规定，未及部分可参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 等有关规定执行。

设计使用年限为 100 年，但设计基准期仍为 50 年。以设计文件内容是否满足不应小于 100 年的使用年限及混凝土工程、钢筋工程、防水工程等施工验收是否达到设计要求为判定依据。设计文件的检查内容包括：①结构所处的环境类别；②混凝土材料的耐久性基本要求；③结构或构件中钢筋的混凝土保护层厚度；④结构使用阶段的检测与维护要求；同时还需检查检验批质量验收记录、分项工程质量验收记录、分部工程质量验收记录、单位工程质量验收记录。

**1.0.6** 供热管网隧道结构是基于一定的环境和荷载条件进行设计的，一旦改变条件将对结构的安全和耐久性产生影响。

**1.0.7** 城市供热管网暗挖工程一般与复杂的环境发生相互作用与相互影响，并往往穿越破碎、软弱、承载能力低、自稳能力差且含有地下水和地下管线渗漏水的地层。为了有效地控制对周边环境的影响及确保工程结构和工程施工的安全，在开挖前要采取超前小导管、管棚和向地层中注浆等措施，预先加固地层和封堵

地下水；每次开挖的长度不能太长，以利于及时施作支护结构并达到使支护结构尽快封闭成环的目的，支护封闭成环后应及时进行背后回填注浆；因地层的承载能力低、自稳能力差，且环境对施工所引起的不利影响的控制要求严格，应施作承载能力强、刚度大、抗变形能力强的支护结构，严格控制地层的变形和移动及因地层的变形和移动所引起的对周边环境的不利影响；在施工过程中，应按规范、标准、规程的要求和设计文件的要求，进行支护结构的受力和变形、地层的变形和移动、地面沉降、周边建（构）筑物（包括房屋、地下管线等）的变形等监控量测，并及时反馈信息，调整施工方案及工艺措施等，切实做到信息化动态施工。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

本规程给出了 26 个有关暗挖工程的术语，并从热力结构与工艺的角度赋予其特定的含义。

**2.1.5** 广义上来说，暗挖法包括矿山法、盾构法和顶管法。本规程是关于矿山法的技术规程，涵盖的地层包括岩石（体）地层和土质地层，隧道的埋深包括浅埋和深埋，开挖方法包括人工开挖和钻爆法开挖。

**2.1.7** 浅埋暗挖法的具体施工方法包括正台阶法、正台阶环形开挖法、单（双）侧壁导洞法、中洞法、CD 法、CRD 法等。

**1** 正台阶法：先开挖隧道的上半断面，待开挖到一定距离后再同时开挖下半断面的施工方法。根据上半断面超前距离的不同，可分为长台阶法、短台阶法及微台阶（超短台阶）法。

**2** 正台阶环形开挖法：先采用环形开挖预留核心土的方法开挖、支护隧道的上半断面，待开挖、支护到一定距离后，再开挖和支护下半断面的施工方法。

**3** 单（双）侧壁导坑法：先开挖隧道一侧（两侧）的导坑，并进行初期支护，再分部开挖、支护剩余部分的施工方法。

**4** 中洞法：先开挖、支护中间隔墙（或立柱）部分，并完成中间隔墙（或立柱）浇筑后，再进行两侧开挖、支护的施工方法。

**5** 中隔壁法（CD 法）：将隧道开挖与支护分两部分进行，先分部开挖隧道的一侧，并施作临时中隔壁，然后再分部开挖与支护隧道另一侧，最终使支护封闭成环的施工方法。

**6** 交叉中隔壁法（CRD 法）：先分部开挖隧道一侧，施作临时中隔壁及部分临时仰拱，使支护封闭成环；再分部开挖隧道

另一侧，并延长临时仰拱，最终使隧道整个断面的支护封闭成环的施工方法。

## 2.2 符 号

本规程给出了 199 个常用符号，并分别做出了定义，这些符号都是本规程各章节中引用的。

## 3 工程地质与水文地质勘察

### 3.1 一般规定

3.1.1、3.1.2 由于影响围岩稳定性的主要因素是岩石坚硬程度和岩体完整程度，因此选择这两大因素，采用定性划分和定量指标相结合的方法，参照现行国家标准《工程岩体分级标准》GB 50218，先确定岩体基本质量分级，再考虑地下水的状态、主要软弱结构面的产状及其与隧道轴线的组合关系、岩体初始应力状态，进而将工程岩体划分为Ⅰ～Ⅴ。在我国，绝大多数城镇供热管网隧道修建或将要修建于土层中而非岩石中，因此本规程将土层纳入分级体系中，将开挖后稳定性相对好的第四系的半干硬至硬塑的黏性土及稍湿至潮湿的碎石土、卵石土、圆砾、角砾土及黄土（ $Q_3$ 、 $Q_4$ ）划分为Ⅴ级围岩，其中，非黏性土呈松散结构，黏性土及黄土呈松软结构；将开挖后稳定性最差的软塑状黏性土及潮湿、饱和粉细砂层、软土等，划分为Ⅵ级围岩。

### 3.3 水文地质条件勘察

3.3.1～3.3.3 因以往的大量工程对地下水条件的勘察不能很好地满足供热管网隧道工程设计和施工的要求，本规程是在总结既有隧道工程设计和施工经验的基础上，提出的地质勘察工作对于地下水条件的探测要求。

### 3.4 岩土力学参数

3.4.1 地层岩土力学参数选取一般依据工程勘察报告，或依据工程类比，以及室内试验。进行供热管网隧道设计时，还涉及地层抗力系数的确定问题，但目前尚无地层抗力系数的实测数据，为了更好地完善供热管网隧道的设计，本规程对北京地区的地层

进行现场原位试验，以实测数据为依据确定地层岩土力学参数的取值。

为了获得一般地层和典型地层岩土力学参数实测值，北京交通大学科研组自行研制了一套可组装的大尺寸的地层抗力系数测试系统，该系统具有大变位，最大推力行程为 300mm，电动液压加载，低速率，大推力，最大推力可达 300T。在北京地区不同区域，针对多种地层，自 2007 年 12 月至 2009 年 6 月，在北京车公庄西延、郑常庄、北辰东路、北土城、太阳宫等地段的供热管网隧道选择代表性地层，分别在埋深为 7.0m~17.0m 的供热管网隧道围岩地层开挖和设计多个测试小洞室，在进行了测试洞室的力学分析、设计与加固，并满足足够的预压和稳定周期后，分别对砂砾石、砂卵石、粗砂、中砂、细砂、粉土、粉砂、粉质黏土地层开展系统的原位测试，获得了大量现场实测数据，经过分析后得到上述地层的抗力系数，见表 1。北京及华北靠近北京的地区土层物理力学参数可参考表 1 取值。

表 1 供热管网隧道（北京）典型地层弹性抗力系数测试与分析

地层名称	泊松比	垂直向抗力系数 (MPa/m)	水平向抗力系数 (MPa/m)	压缩模量 ( $\times 10^7$ Pa)	测试地点
砂砾石	0.15	107~159	128	9.52	郑常庄、 车公庄西延
砂卵石	0.15	74~130	80	9.52	
砂 层	粗砂	0.22	100	—	车公庄西延、 北辰东路
	中砂	0.24	78	56	
	细砂	0.28	68	56	
	粉砂	0.30	48	35	
粉土	0.31	42	—	—	北辰东路、 北土城、 太阳宫
重粉质黏土	0.33	39.4	—	2.60—2.47	
粉质黏土	0.37	37	31	2.47	

## 4 平纵断面设计

### 4.2 平 面

**4.2.1** 供热管网隧道的转角角度应满足热力管道的转角要求。一般情况下，热力管道的转角处采用机制弯头，机制弯头的角度控制范围为 $90^{\circ}\sim 180^{\circ}$ 。常用的弯头转角角度为 $90^{\circ}$ 、 $135^{\circ}$ ，这两种角度的弯头厂家可批量生产，其他角度的弯头需特别加工制作。

**4.2.5** 主要从通风、安全等角度考虑。《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 规定“通行管沟应设事故人孔。热力管道的通行管沟，事故人孔间距不应大于400m”，事故人孔通常设置在检查室角部位置并设置爬梯，爬梯从底板通向地面。

**4.2.6** 隧道内供热管网需要定期进行巡检和维护。在运行过程中，不排除在管网的某个位置发生高温、高压的水、汽泄漏甚或喷涌等偶发事件；此外，隧道的末端没有人孔，可能会积聚有毒有害气体，不能保证运行维护时正常通风要求，同时运行维护人员需要在隧道内往返增加了逗留的时间。为了运行维护人员的安全，减少人员在隧道内的往返时间，在隧道末端应设置便于逃生和通风的人孔。

在供热管网线路设计时，应根据供热的需求、城镇环境及交通条件、供热管道的类型等，确定合理的管网拓扑结构和检查室及隧道末端的设置；在供热管网结构设计时，应按人员逃生的时间、逃生的条件等，确定人孔的合理位置。

以设计文件是否在隧道末端处设计人孔以及验收文件和设计文件是否一致作为判定依据。

### 4.4 隧道横断面

**4.4.1** 正常情况下，供热管网隧道内放置两根热力管道——供

水管和回水管，为了最大程度的节省地下空间，将两根并行放置的管道间距适当拉开作为检修人员的通道，管道与隧道墙体之间的净距根据管径不同，控制在 250mm~400mm 之间。一般双管（供水管和回水管）供热管网隧道的内净空尺寸可按表 2 选用，内净空示意图如图 1 所示。

表 2 两管平放供热管网隧道内净空尺寸

管道公称直径	A	C	D	E	F	B	G	H	K	I	J
150	1800	400	500	500	400	2000	570	830	600	400	90
200	1900	425	525	525	425	2000	600	800	600	400	90
250	2000	450	550	550	450	2000	627	773	600	400	90
300	2100	500	550	550	500	2000	653	747	600	400	100
350	2200	550	550	550	550	2000	679	721	600	400	100
400	2300	550	600	600	550	2100	703	797	600	400	100
450	2400	600	600	600	600	2200	709	791	700	350	120
500	2600	650	650	650	650	2300	735	765	800	350	120
600	2900	700	750	750	700	2300	785	615	900	350	120
700	3200	750	850	850	750	2400	850	550	1000	350	140
800	3600	850	950	950	850	2500	910	490	1100	360	140
900	4100	950	1100	1100	950	2600	1000	500	1100	370	170
1000	4400	1000	1200	1200	1000	2800	1050	550	1200	370	170
1200	5000	1100	1400	1400	1100	3100	1200	600	1300	400	190
1400	5600	1200	1600	1600	1200	3300	1300	500	1500	370	220

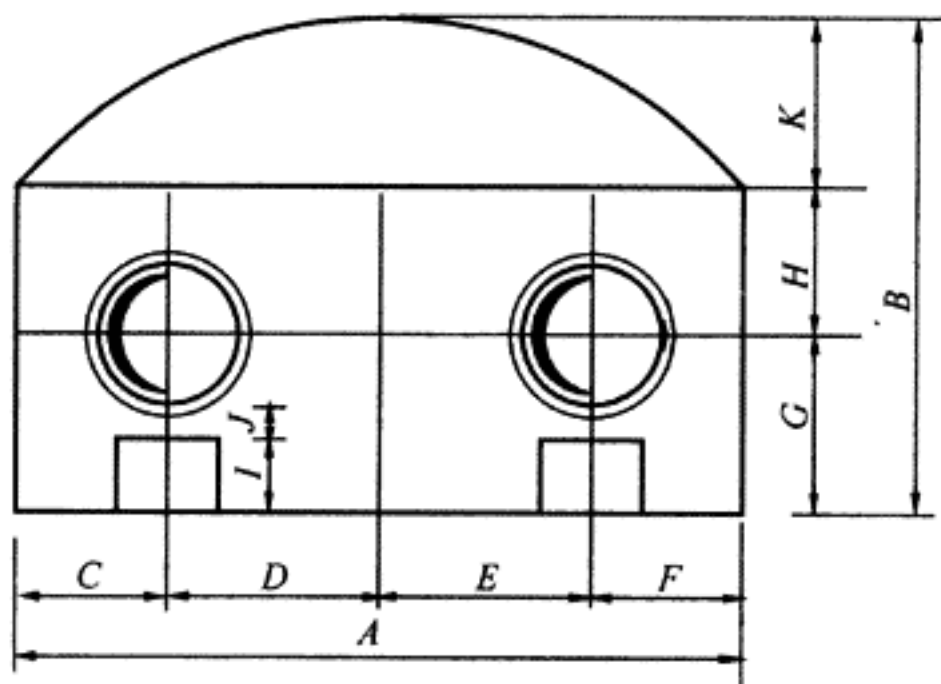


图 1 供热管网隧道内净空示意图

## 4.5 检查室（竖井）

**4.5.2** 热力检查室内放置有热力管道、热力补偿器、关断门、泄水阀、放气阀等工艺设备，关断门、闸阀等需要操作空间，设备之间、设备与检查室内墙之间需有一定的安全距离，检查室设计成矩形，可以更好地利用地下空间，减少占地面积。

## 5 材 料

**5.0.1** 供热管网隧道工程常用的建筑材料主要是根据供热管网的环境条件、国家现行标准及工程实践提出的。

**5.0.2** 供热管网隧道工程喷射混凝土强度等级不应低于 C20，如果地质复杂、软弱的地层地段，可以选用 C25 喷射混凝土支护。

**5.0.3** 本条文规定的钢筋类型是依据《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定，并考虑热力地下结构的特点和工程实际所选定的。对于有抗震设防要求的结构，其钢筋的性能必须满足《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 - 2001 第 5.2.2 条的要求。供热管网隧道用钢筋焊成的格栅钢架及格栅节间加强筋形状为“8”字形，是近几年电力、供热管网隧道设计吸取国外经验而使用的一种新型钢架，与往常使用的型钢、钢管等组成的钢架相比，有受力好、质量轻、刚度可调节、节省钢材、便于加工安装等优点。

锚杆杆体直径为 20mm~32mm 主要是考虑目前隧道施工在高地应力、大变形地段、软弱围岩。

**5.0.10** 表 5.0.10 中混凝土弯曲抗压极限强度按混凝土抗压极限强度的 1.25 倍计算。

**5.0.18** 在总结运营热力检查室和隧道工程防水经验的基础上，参考现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《地铁设计规范》GB 50157 而作出的规定。附加防水层的材料类型繁多、性能各异，结合既往供热管网暗挖隧道工程结构防水设计、施工的经验 and 实际的防水效果，只选用了耐腐蚀、耐霉菌、耐穿刺，延伸性和柔性好的塑料防水板作附加防水层。本规程制定前，北京市热力暗挖隧道结构塑料

防水板一般采用厚度为 0.8mm LDPE，技术要求相对较低，因此，为了提高防水质量，对塑料防水板的厚度作了适当的增大，并应选用材料综合性能更佳的 EVA、ECB 等塑料防水板。

## 6 结构上的作用（荷载）

**6.0.1** 结构上部和受影响范围内的设施及建（构）筑物对结构产生的压力称为结构附加恒荷载。隧道穿越或邻近地面高大建筑物时，应考虑邻近地面建筑物地基应力荷载所引起的附加荷载。按土力学理论，假定地基为各向同性半无限体，在不同地面荷载作用下，地基中任一点所引起的附加应力，以布西内斯克（Boussinesq）解为基础推导求解。计算方法见本规程附录 B。

施工荷载包括设备运输及吊装荷载、施工机具及人群荷载、地面施工堆积荷载、相邻施工的影响等荷载。

**6.0.2** 在确定隧道作用（荷载）时，要充分考虑对其的各项影响因素，包括：

- 1 隧道所处的地形，地质条件：偏压或膨胀压力、松散压力；
- 2 隧道的埋置深度：深埋或浅埋；
- 3 隧道的支护结构类型及工作条件；
- 4 隧道施工方法。

这些因素对确定作用（荷载）的性质、大小及其分布皆有重大影响。

**6.0.3** 本条规定基于下列考虑：

1 公式（6.0.3-1）和（6.0.3-2）引自现行国家标准《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332，区别之处  $F_{sv,k}$  代表结构顶面每平方米的竖向土压力标准值（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）；回填土重度  $\gamma_s$ （ $\text{kN}/\text{m}^3$ ）一般可按  $18\text{kN}/\text{m}^3$  取值；如果有可靠的勘探报告或试验数据，可按勘探报告和试验数据取值。

2 公式（6.0.3-3）引自现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105，其中主动土压力系数  $K_a$  应根据土的抗剪强

度指标确定，土的抗剪强度指标勘探报告按本规程第4章的规定取值。当缺乏试验资料时，对砂类土或粉土可取1/3；对黏性土可取1/3~1/4。

3 实际工程中计算墙体上的侧压力时，考虑到土质条件的影响，可分别采用水土分算或水土合算的计算方法。水土分算法是将土压力和水压力分别计算后再叠加的方法，这种方法比较适合渗透性大的砂土层情况；水土合算法在计算土压力时则将地下水位以下的土体重度取为饱和重度，水压力不再单独计算叠加，这种方法比较适合渗透性小的黏性土层情况。设计人员应根据具体情况选用公式(6.0.3-4)或公式(6.0.3-5)。

6.0.4 公式(6.0.4-1)~公式(6.0.4-7)引自现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105。地面运行车辆的载重车轮布置运行排列等规定，按行业标准《公路桥涵设计通用规范》JGJ 021的规定采用。

6.0.5、6.0.6 公式(6.0.5-1)~公式(6.0.5-3)、公式(6.0.5-7)~公式(6.0.5-9)引自现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB10003；公式(6.0.5-4)~公式(6.0.5-6)、公式(6.0.5-10)~公式(6.0.5-12)引自现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105。

根据土压力理论及实践经验，随着隧道的埋置深度不同，土层压力的分布规律和数值大小也就不同，因此，划分浅埋和深埋的界限是十分必要的。根据地压测试和理论分析，并结合工程实践经验，有以下常用几种判断方法：

1 根据岩体力学普氏理论，压力拱高度按下列公式计算：

$$h_p = \frac{b_p}{f_m} \quad (1)$$

$$b_p = \frac{1}{2}B + H \tan\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) \quad (2)$$

$$f_m = \tan\varphi \quad (3)$$

式中： $h_p$ ——压力拱高度 (m)；

$b_p$ ——压力拱跨度 (m);

$f_m$ ——普氏系数;

$B$ ——隧道开挖最大宽度 (m);

$H$ ——隧道开挖高度 (m);

$\varphi$ ——土的内摩擦角 ( $^{\circ}$ )。

2 国内工程实践常用判断法: 松散土层中分界深度为 (1.0~2.0) 倍洞室的跨度;

3 国外实测经验法: 当隧道埋设在土壤本身具有较大的抗剪强度的地层内 (例如砂性土层中), 且隧道埋深又超过隧道衬砌外径时, 顶部土压就小于全土柱, 这就可按“松动高度”理论计算。依据供热管网隧道多年设计经验, 按本规程第 6.0.5 条和 6.0.6 条的规定能满足供热管网隧道的设计要求, 是安全可靠的。

## 7 检查室（竖井）结构与计算

### 7.1 一般规定

**7.1.2** 地下工程是由围岩和支护结构组成的，包含众多非确定性因素的复杂结构体系。围岩的结构特征、力学性质及支护结构与围岩的相互作用等很难加以定量化的表述；同时，结构体系的稳定性又与施工方法、工艺过程密切相关。因此，地下工程的支护结构往往难以用确定的方法加以定量设计，而不得不采用工程类比法进行设计。

所谓工程类比设计法，就是以已往地下工程支护结构与施工的案例和经验为基础，以围岩分级为前提，以计算分析为必要的辅助，以施工过程的监控量测和信息反馈为指导的方法体系。

作好支护结构工程类比设计应充分掌握已往类似工程的资料 and 成功经验，前提是正确地对地下工程围岩进行分级。对通过工程类比法设计的地下工程，成功建造的关键是作好施工过程的监控量测和信息反馈。

**7.1.3** 条文中爬梯设置的规定主要是基于多年来北京市热力检查室的设计、施工和运营的经验而提出的。

### 7.2 检查室（竖井）支撑设计

**7.2.2** 该条文中表 7.2.2 关于槽形钢盘撑结合型钢对撑和角部斜撑的设计参数主要是基于多年来热力工程检查室（竖井）的设计、施工的经验而制定的。

### 7.3 检查室（竖井）结构设计

**7.3.1~7.3.9** 条文中对检查室（竖井）围护结构类型的选择和

设计参数，结构承载能力、变形和稳定性的检算，固定支架抗滑移验算的规定主要是基于多年来热力工程检查室（竖井）的设计、施工和运营的经验，并参考地铁工程竖井围护结构的设计而制定的。

热力检查室结构因为明挖法施工，结构荷载及其分布统计特征较为明确，一直是参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 按概率极限状态法设计。因此，规定热力结构，包括采用矿山法和浅埋暗挖法施工的暗挖热力结构设计采用以概率理论为基础的极限状态设计法。

#### 7.4 马头门及检查室侧墙洞口结构设计

7.4.1、7.4.2 条文中对竖井马头门及设计参数，检查室侧墙二衬结构开洞及设计参数的规定主要是基于多年来热力工程检查室（竖井）马头门及侧墙洞口结构的设计、施工的经验，并参考地铁工程竖井马头门结构设计和马头门的开挖经验而制定的。

#### 7.5 检查室结构计算

7.5.2 该条文对钢筋混凝土结构检查室的计算规定是在多年来热力工程检查室设计计算、工程实践检验基础上，并参考现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定而制定的。

7.5.3 热力检查室结构一般采用明挖法施工，结构荷载及其分布统计特征较为明确。其承载能力极限状态和正常使用极限状态计算参照现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的规定制定。

7.5.4 结构重要性系数  $\gamma_0$  的确定主要基于以下两个方面：

1 城市供热管网工程结构破坏可能产生严重后果，如导致管道破坏，高温高压热水或蒸汽泄漏造成人身伤亡和停热事故等，造成较大社会影响，将其安全等级确定为二级比较适宜；

2 考虑到以往实际工程结构设计能很好地满足安全使用要求，结构重要性系数  $\gamma_0$  按不小于 1.0 取值，可保证不低于原安

全度水准。

**7.5.5** 公式引自现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009。

**7.5.6、7.5.7** 分项系数引自现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009。

**7.5.8** 公式分别引自现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105。

**7.5.10** 抗力系数引自现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105。

## 8 隧道结构设计与计算

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 供热管网隧道为热力工程永久性构筑物，要避免隧道围岩产生松弛、掉块、坍塌、失稳及地下水的侵蚀危及隧道内的热力管道的营运安全。为保证隧道建成后热力管道能长期安全的运营，因此条文规定“供热管网隧道应做衬砌”。

**8.1.2** 隧道衬砌是永久性的重要构筑物，营运中一旦破坏很难恢复，维护费用很高，给热力管道的营运管理也会带来极大的困难，因此要求衬砌要具有足够的强度和稳定性，保证隧道的长期安全使用，不产生病害。

**8.1.3** 衬砌结构类型和尺寸的影响因素十分复杂，设计中应在满足使用要求的前提下，因地制宜地进行设计。隧道围岩级别、埋置深度、施工条件和施工方法直接影响到围岩的应力状态和结构受力。供热管网隧道衬砌结构设计目前仍以工程类比法为主，但由于地质条件和环境条件复杂，不同围岩地质条件自身的承载能力也不同，并与隧道开挖方式、支护手段和支护时间密切相关，有时单凭工程类比还不足以保证设计的合理性和可靠性，还要进行理论验算。隧道设计阶段，设计者难以准确预测各种复杂条件，在工程实施过程中，应该通过现场监控量测，观测围岩与初期支护的变形变化，掌握围岩动态及支护结构受力状态，调整支护参数。围岩地质条件好，围岩变形小或变形趋于稳定，可适当减少支护；反之，应增强支护，实行动态设计。对重要工程、特殊地段、工程类比无可借鉴时，可通过试验确定。

**8.1.4** 隧道衬砌设计规定说明如下：

2 隧道及地下工程衬砌断面形式常用的有曲墙拱形衬砌和

直墙拱形衬砌。虽然曲墙拱形衬砌较直墙拱形衬砌结构受力合理，围岩及结构稳定性较好，抵抗侧压力的能力较强，但供热管网隧道一般跨度较小，荷载、变形也较小，根据大量工程实例和力学分析表明，供热管网隧道采用直墙拱形衬砌既能满足设计要求，而且开挖面积较小，施工方便。因此规定：“衬砌断面宜采用直墙拱形”。

3 在洞身地质条件变化地段，围岩压力是不同的，为了避免强度不够，引起衬砌变形，围岩较差段衬砌应适当地向围岩较好的地段延伸，以起过渡作用。至于延伸的长度，要视围岩的具体变化情况而定，因此规定：“围岩较差地段的衬砌应向围岩较好地段延伸 5 m~10m”。

4 在洞身处于明显的软硬地层分界处或对衬砌受力有不良影响的地段时，由于地基承载力相差很大，前后衬砌沉降和变形不均匀，往往会造成破裂，甚至引起其他病害，给供热管网隧道的营运带来危害，还考虑到管道运行阶段结构内外壁面温差对结构的作用。因此规定“应设置变形缝”。

## 8.2 隧道结构设计

8.2.2 《铁路隧道设计规范》TB 10003 规定单线铁路隧道按概率极限状态法设计。热力暗挖隧道的跨度和断面面积一般小于单线铁路隧道，故本规程参照《铁路隧道设计规范》TB 10003/J 449，规定热力暗挖隧道按概率极限状态法设计。

抗滑槽的设计主要是基于多年来北京市热力管道（隧道）支架结构的设计、施工和运营的经验而提出的，其构造如图 2 所示。

为了研究大推力固定支架的力学作用机理，北京交通大学和北京特泽热力工程设计有限责任公司联合成立课题组，在北京车公庄西延热力管线浅埋暗挖隧道工程进行了现场原位测试。车公庄西延热力管线工程 15# 检查室北侧隧道内固定支架的设计推力为 3000kN，在隧道内固定支架部位和距离固定支架 17m 处的标准隧道断面部位布置各种传感器，在管道试压直至一个供热期

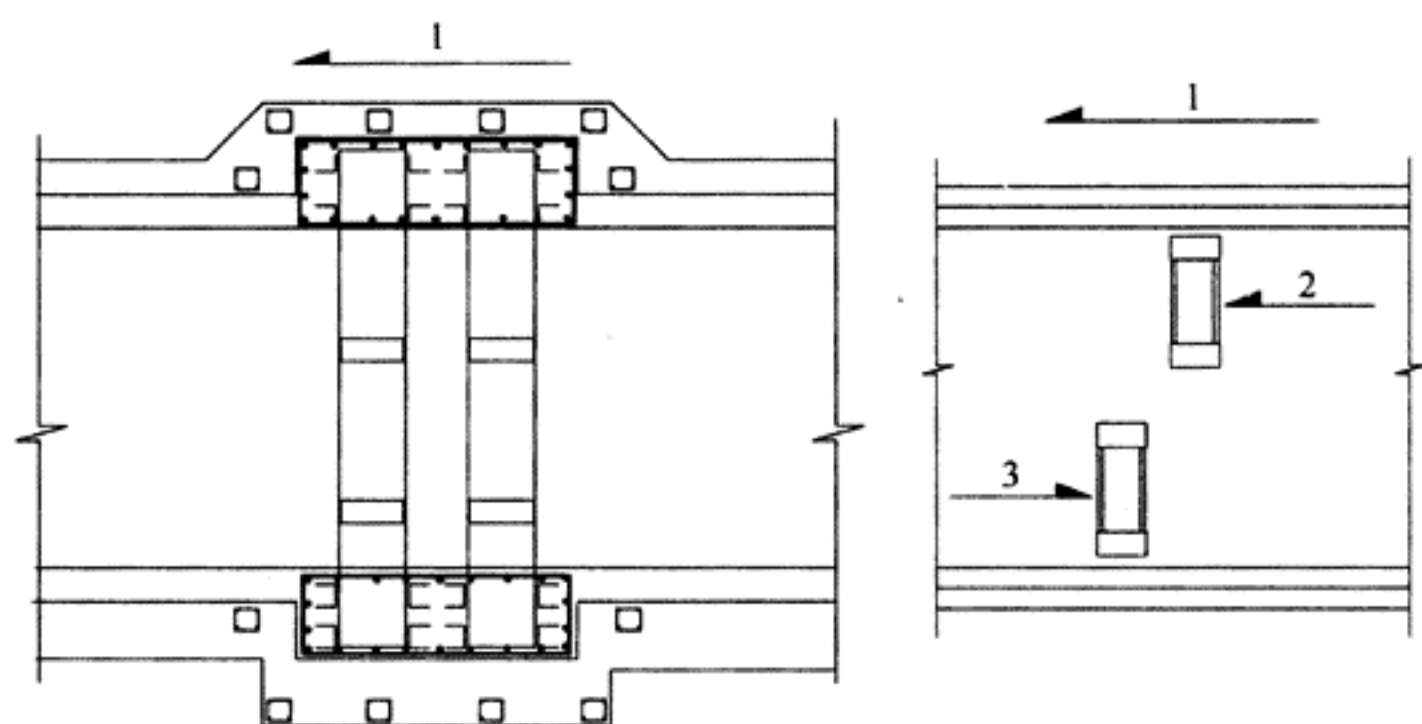


图2 供热管网隧道内抗滑槽结构示意图

1—推力方向；2—供水；3—回水

结束实测以下监测项目，见表3。

表3 试验监测项目统计表

监测位置	标准隧道断面	固定支架处隧道断面
监测项目	初支钢格栅轴力	二衬主筋轴力
	二衬钢筋轴力	二衬混凝土应变
	二衬混凝土应变	固定支架应变测试

#### 1 对固定支架的影响：

根据测得的应变计算在管道压力下固定支架立柱的最大应力远小于钢材的抗弯强度设计值。

#### 2 对距离固定支架 17m 处隧道初支的影响：

试验表明，施加大推力之后，隧道初支结构的内力仅有轻微的变化。

#### 3 对距离固定支架 17m 处隧道二衬的影响：

根据二衬内钢筋轴力和混凝土应变的监测结果，在支架推力的作用下，二衬结构的钢筋轴力和混凝土应变仅有轻微的变化。

#### 4 对固定支架处隧道二衬的影响：

固定支架处的二衬的钢筋轴力变化值是隧道内距离固定支架

17m 断面处的纵向钢筋轴力变化值的十几倍。很明显，大推力对隧道结构的影响是局部的，仅对抗滑槽处的隧道结构有一定的影响，对远离支架的隧道结构影响甚微。而且加高加厚固定支架部位的二衬结构对传递和分散大推力显然是有益的。

在固定支架处，底板混凝土应变计的变化明显大于底板以上二衬混凝土应变计的变化。支架处的应变变化幅度远大于距离固定支架 17m 处隧道纵向应变计的变化幅度，也说明大推力对远离支架部位的隧道结构的影响甚微。

以上的研究结论表明，固定支架处抗滑槽的构造设计合理。

### 8.3 隧道转角处洞口反梁结构设计

8.3.1~8.3.3 根据热力管道的工艺要求，通常在隧道转角前设置固定支架。因此，隧道转角一般为直角。其他城镇热力暗挖隧道转角处的平面、纵断面和结构要依据地质条件、环境条件和热力管道工艺要求，采用工程类比和数值计算相结合的方法。

### 8.4 隧道结构计算

8.4.3 隧道结构内力和变形可按弹性支撑链杆法计算，将计算断面划分为若干个直梁单元，拱部  $90^{\circ}\sim 120^{\circ}$ （试算确定）范围内不设弹性链杆，侧边加水平链杆，底部加竖直链杆。墙角和拱肩圆弧处节点可同时采用水平链杆和竖直链杆，计算图示如图 3。

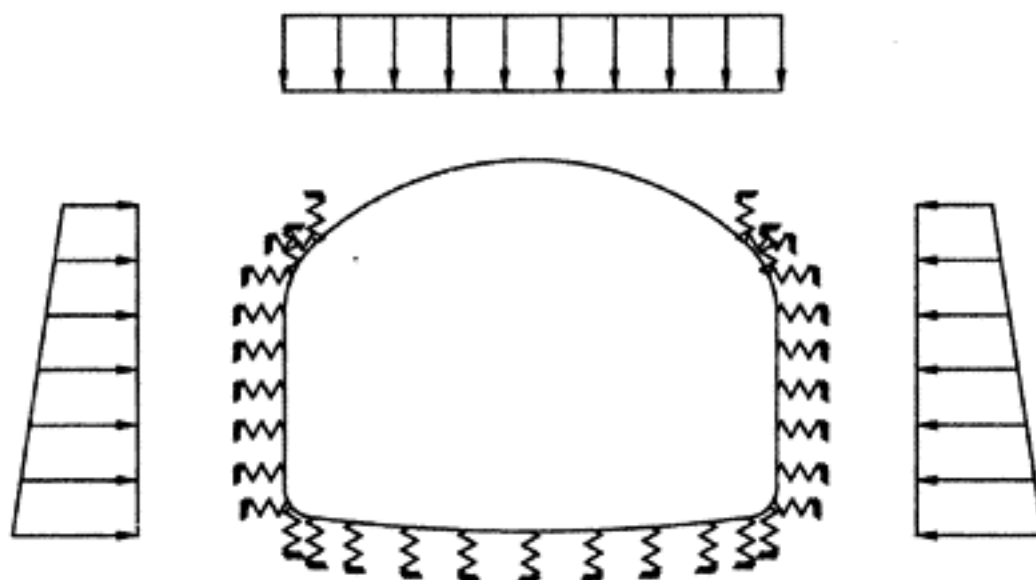


图 3 隧道结构断面计算图示

**8.4.5** 有固定支架处的隧道结构承受管道水平作用时的抗滑移稳定验算见本规程附录 C.0.3 条,公式 (C.0.3) 参考现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105 中的公式。与 CJJ 105 中的公式的区别是  $G_{1s}$  值是根据深埋隧道垂直荷载计算高度  $h_a$  确定,作为验算结构抗滑移稳定性,用  $h_a$  作为结构顶面覆土深度,相对来说取值稍偏大,对结构抗滑移稳定性结果不利。但考虑到在公式 (C.0.3) 中未计入隧道侧墙所受的主动土压力所产生的摩擦力,此摩擦力对结构稳定性验算是有利的,这也是与现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105 中公式的区别之处。鉴于上述情况并结合多年热力设计中的经验及试验结果,抗滑移验算可采用公式 (C.0.3)。

**8.4.6** 热力暗挖隧道结构承载能力极限状态计算参照现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 的有关规定。热力浅埋隧道作用效应分项系数和构件抗力分项系数的取值与单线铁路明洞混凝土衬砌相同。

深埋、浅埋隧道按如下方法来加以区分:

第 1 步假定隧道为深埋,根据已确定的围岩级别,按本规程公式 (6.0.5-2) 的规定计算塌方平均高度  $h_a$ ;

第 2 步将隧道埋深与塌方平均高度  $h_a$  比较,如果隧道埋深大于或等于  $2.5h_a$ ,则为深埋隧道,否则为浅埋隧道。

本规程表 8.4.6-2 中  $\alpha$  的取值是按下式计算:

$$\alpha = 1.000 + 0.648(e_0/h) - 12.569(e_0/h)^2 + 15.444(e_0/h)^3 \quad (4)$$

**8.4.7~8.4.9** 公式引自现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003。

**8.4.10** 热力暗挖隧道结构承载能力极限状态计算参照现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 制定。热力浅埋隧道作用效应分项系数和抗力分项系数的取值与单线铁路明洞混凝土衬砌相同。

**8.4.11** 钢筋混凝土衬砌结构构件最大裂缝宽度的规定是参照现

行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 的规定制定。

**8.4.12、8.4.13** 公式引自现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003。

**8.4.14** 受弯构件的允许挠度允许值引自现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003 的有关规定。

**8.4.15** 公式引自现行行业标准《铁路隧道设计规范》TB 10003。

## 9 支架结构与计算

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 支架的类型一般分为型钢支架、钢筋混凝土支架等，与钢筋混凝土支架相比，型钢支架易于加工制作，且安装方便、精度高，因此在多年来的工程实践中基本采用型钢支架。常用型钢支架的断面形式有单根型钢、双根型钢对扣、钢板组合型钢等形式。

**9.1.3** 导向支架的设置工程中往往采用两根立柱加上横担的构造形式，在实际运行当中，管道有可能作用在单根立柱上，因此，为确保管道运行安全，在计算中按此最不利工况考虑。

**9.1.6** 固定支架的嵌固深度需要由计算确定，其最小嵌固深度为 200mm，主要是考虑到结构的最小厚度为 250mm，还需预留 50mm 的保护层厚度。

**9.1.7** 钢筋混凝土护墩是为了保证钢支架底部不受水浸泡、腐蚀，其高度的确定主要考虑既有运行的热力工程积水情况。

**9.1.8** 支架若避不开结构受力钢筋时，钢筋遇支架断开并与支架焊牢，焊缝长度应满足单面焊  $10d$  或双面焊  $5d$ ，其质量应满足现行行业标准《钢筋焊接及验收规程》JGJ 18 的有关规定。

### 9.2 两端嵌固式支架结构

**9.2.1** 锚固端长度是指固定支架立柱锚入混凝土结构内的长度。当结构顶、底板锚固长度出现不同时，取上、下锚固长度之和的一半。

**9.2.2** 固定支架是热力工程中约束热力管道的重要构件，根据其在热力管道升、降温过程中反复受力的特点，在设计时按可能的最不利状态分别进行变形、抗剪、稳定性、混凝土局部抗压强

度等验算，以满足工程使用的要求。

**9.2.3** 变形公式是根据多年的设计经验总结提炼而成的简化计算方法。

**9.2.4** 锚固端混凝土局部承压验算公式依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010，并考虑到热力固定支架端部加强槽钢的固定效应确定的。

### **9.3 悬臂式支架结构**

**9.3.3** 变形公式是根据多年的设计经验总结提炼而成的简化计算方法。

### **9.4 支架横担结构**

**9.4.2** 横担包括上横担和下横担，作用在上横担上的荷载不含管道自重。管道矢跨系数引自现行行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ 105。

### **9.5 支架构造**

**9.5.1** 为保证混凝土和钢材两种不同材料之间的可靠连接和共同作用，端固端焊槽钢（参考图 9.2.4）或角钢，槽钢可选用 [10、[12.6、[14a、[16a，角钢选用 L50×5、L75×5 等。

**9.5.2** 为保证隧道上方的土体与隧道初衬密贴、隧道二衬与初衬密贴，以利于固定支架推力的传递。

## 10 地下水处治及地层预加固设计

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 地下水对地层稳定性和工程施工具有极其不利的影响，在工程中采取合理的技术措施，如注浆堵水，一方面因其充填了地层的孔隙或裂隙，封堵了地下水的通路；另一方面，又固结了地层，提高了地层的强度，改善了地层的自稳性能，起到了加固地层的效果。换句话说，堵水措施同时也能起到显著的地层预加固效果。因此，隧道开挖前的地层预加固要与地下水的处治一并统筹考虑。

**10.1.3** 地下水是宝贵的资源，供热管网隧道的设计应采取合理的地下水资源的保护方法与技术措施，如尽可能地采用堵水等非降低地下水位方法与技术措施。同时，应避免对地下水造成污染，如注浆止水不得使用污染地下水环境的化学浆液。

### 10.2 地下水处治

**10.2.1** 当注浆止水难以实现施工过程的无水作业条件时，宜采用降低地下水位或其他的地下水处治方法。但是，在工程施工过程中，抽取的地下水往往直接排入城镇下水道，造成了地下水资源的大量浪费。因此，设计时应采取合理的措施，防止水资源浪费，如在合适的位置回灌所抽降的本层地下水；或下渗补充下层地下水。

**10.2.4** 该条规定的工程施工降水技术要求是综合北京城区隧道与地下工程，尤其是北京地铁工程降水工程设计与施工经验而提出的。从多年的工程实践效果来看，达到该条所提出的技术要求，能够较好地创造无水作业的施工条件。

### 10.3 地层注浆

10.3.1~10.3.3 条文中规定的注浆方法、注浆材料和注浆浆液的选择是根据地层条件、地下水条件，综合国内城市隧道与地下工程，特别是地铁工程地层注浆的经验，并参考现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的有关规定而制定的。

### 10.4 超前小导管及管棚

10.4.1~10.4.7 超前小导管是沿隧道纵向在拱上部开挖轮廓线外一定范围内向前上方倾斜一定角度的密排注浆花管，注浆花管的外露端支于开挖面后方的格栅钢架上，并与其共同组成预支护系统，如图 4 所示。超前小导管注浆适用于隧道拱部为无粘结、自稳能力差的砂层及砂砾（卵）石地层，其作用是改良工作面前方的地层，在开挖面前方形成一定厚度的加固圈，保证开挖工作面的稳定，防止工作面坍塌。小导管纵向搭接长度不小于 1m，外插角  $\alpha$  为  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。

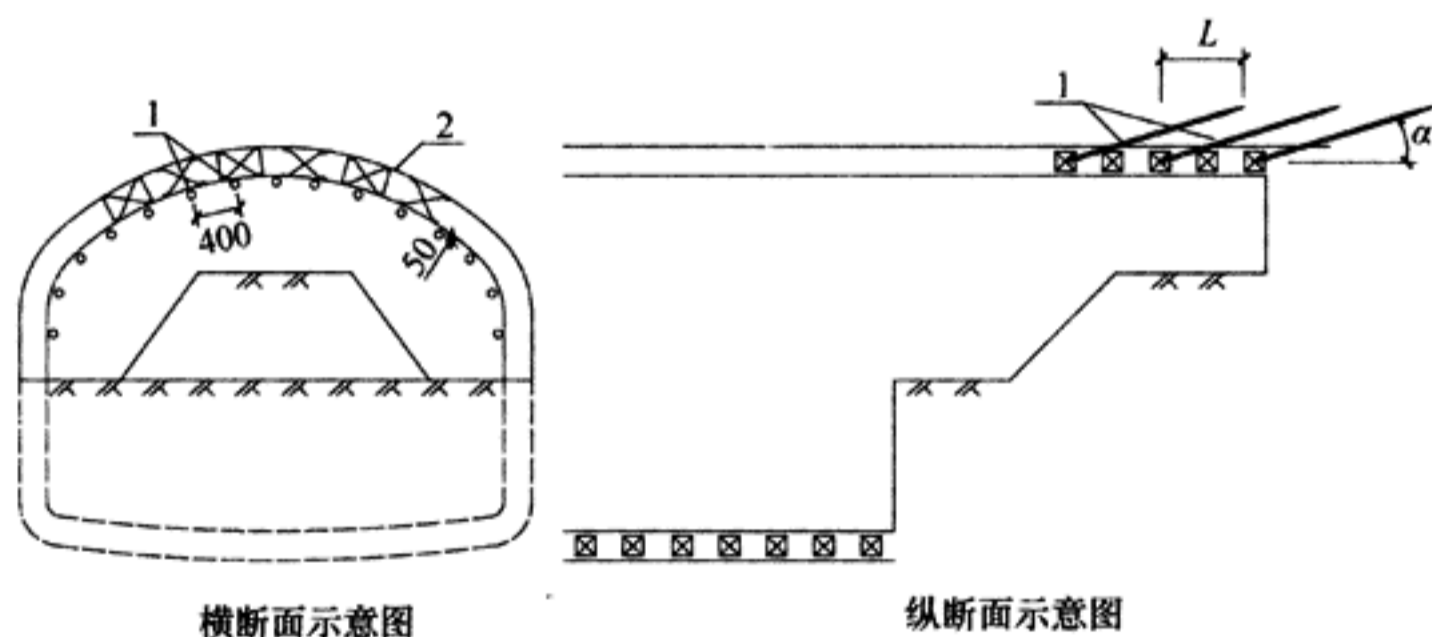


图 4 超前小导管注浆布置示意图 (单位: mm)

1—超前小导管; 2—钢格栅; L—小导管纵向搭接长度;  $\alpha$ —外插角

管棚是将钢管安插在已钻好的孔中，沿隧道开挖轮廓外排列形成钢管棚，管内注浆，并与强有力的型钢钢架组合成的预支护

系统。管棚支护适用于含水的砂土质地层或破碎带及临近隧道有重要建构筑物的地段，其作用是支承和加固自稳能力极低的围岩，防止隧道塌方，控制地层变形和位移，保护临近的重要建（构）筑物。

条文中规定的超前小导管或管棚预支护措施和设计参数的选择是根据地层条件、周边建（构）筑物等环境条件，综合国内城市隧道与地下工程，特别是地铁工程施工地层预支护的经验，并参考现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299的有关规定而制定的。

## 11 结构防水

### 11.1 一般规定

11.1.2 隧道与地下工程以结构自防水为根本。主要通过采取综合的技术措施预防混凝土的早期裂缝，包括：

- 1 采用低水化热的水泥；
- 2 控制水泥用量；
- 3 优化混凝土配合比，控制用水量；
- 4 控制混凝土的坍落度和入模温度；
- 5 严格控制混凝土的拆模时间；
- 6 加强混凝土的养护等。

11.1.3 热力暗挖隧道的防水等级不应低于二级，是根据现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 - 2008 第 3.2.1 条和 3.2.2 条的有关规定，在对北京市正在施工的供热管网暗挖隧道工程防水施工质量和已投入运营的热力暗挖隧道的防水效果系统调查和分析的基础上，并参考国内地铁区间隧道的防水等级而确定的。隧道的防水等级低于二级不能满足设备维护、安全运行的要求。

结构防水分为两部分：一是结构主体防水，二是施工缝、变形缝等细部构造的防水。对于结构主体，工程的防水等级为二级时，考虑到结构设计使用年限为不小于 100 年，以及供热管网的使用条件，除结构混凝土的抗渗等级不应低于 P8 外，还须增设一道塑料防水板类的柔性外包防水层。对于施工缝，应在中埋式止水带、外贴式止水带、预埋注浆管、遇水膨胀止水条（胶）、防水密封材料及水泥基渗透结晶型防水涂料等中选择一种作为防水措施；对于变形缝，除应选择中埋式止水带作为防水措施外，尚应在外贴式止水带、可卸式止水带、防水密封材料及遇水膨胀

止水条（胶）等中选择一种作为另一道防水措施。

设计文件中应有结构防水设计，防水等级不应低于二级；在施工过程中，结构主体自防水要做好混凝土浇筑质量控制与抗渗等级检测，外包防水层和细部构造防水要做好施工质量检测与隐蔽工程检查与验收。

判断依据：

- 1 有无结构防水设计文件，且设计防水等级不低于二级；
- 2 结构主体防水抗渗等级检测结果是否满足不低于二级的防水等级要求；
- 3 外包防水层和细部构造防水施工质量检测与隐蔽工程验收文件和设计文件是否一致。

## 11.2 混凝土结构自防水

11.2.1~11.2.3 热力检查室和暗挖隧道混凝土结构自防水的规定是在总结运营热力检查室和隧道工程防水经验的基础上，参考现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《地铁设计规范》GB 50157 的有关规定而制定的。

## 11.4 细部构造防水

11.4.1 在总结运营热力检查室和隧道工程防水经验的基础上，参考现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 和《地铁设计规范》GB 50157 的有关规定而制定的。

## 12 施工设计与监控量测

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 热力地下工程面临复杂的城市环境条件，其工程施工可能对周边环境造成一定的影响，因此设计文件中的施工设计部分对控制施工可能造成的安全风险具有重要意义，也是施工组织文件编制的重要依据。

**12.1.2** 城市热力地下工程一般处于地下水的环境当中。在开挖过程中，地下水的存在可能会引起围岩失稳、支护结构的破坏，带来安全风险。因此，多年来的工程实践证明，为了有效地控制地下水因素引起的施工安全风险，在城市地铁隧道、电力隧道等均强调无水的施工条件。热力地下工程的施工也作同样的规定。

### 12.2 竖井

**12.2.1** 由于热力工程竖井平面尺寸较小，比较适宜采用锚喷护壁逆作法施工，并及时架设临时支撑。

**12.2.5** 马头门部位常用的换撑方案一般采用增设盘撑加角撑或砂浆锚杆加固土体。

**12.2.6** 部分施工竖井仅为临时结构，不需要施作防水层和二衬，竖井是指作为检查室初期支护的竖井，需要施作防水层和二衬。

### 12.3 马头门

**12.3.1** 工程施工中可能会遇到竖井未达设计深度并封底而先开马头门的情况，开马头门前要先进行竖井临时封底。

**12.3.2** 可靠连接一般要求焊接，焊缝长度应满足单面焊  $10d$  或双面焊  $5d$ ，其质量应满足现行行业标准《钢筋焊接及验收规

程》JGJ 18 的有关规定。

**12.3.3** 根据三维有限元数值分析表明，马头门破除后，隧道掌子面推进至 1.5 倍洞径后隧道开挖对竖井结构的影响不再显著。

## 12.4 隧 道

**12.4.2** 考虑到开挖之后围岩的变形和施工误差等因素结合供热管网隧道工程实际经验确定。

**12.4.4** 初期支护背后回填注浆的目的是填充一次支护背后的空隙和加固因施工被扰动的松散地层，从而减小和控制地层的位移和变形，并可作为封堵地下水的一道防线。

**12.4.5** 二次衬砌背后充填注浆的目的是填充由于二次衬砌灌注不饱满和二次衬砌混凝土由于收缩造成的空隙，使结构受力均匀，同时阻塞地下水通道，防止地下水沿纵向流动。

## 12.5 监 控 量 测

**12.5.1** 现场监控量测是热力地下工程设计文件和施工组织设计文件中的重要内容，是信息化设计和施工的基本要求。监控量测可以掌握围岩支护结构和周边环境的动态，利用监测结果为设计和施工提供参考依据，及时调整支护参数和施工方法与工艺，并通过积累资料和经验，为今后的同类工程提供类比依据。

必测项目为热力地下工程周边环境和围岩的稳定以及施工安全应进行的日常监测项目，是地下工程围岩和支护变形的主要控制项目；选测项目相对于必测项目而言是为了设计和施工的特殊需要由设计文件规定的在局部地段进行的监测项目。

变形控制指标是结合热力工程多年施工经验的积累和地铁工程控制指标确定的。

**12.5.2、12.5.3** 监测断面、测点布置和监测频率的要求确定以能控制施工过程中隧道围岩、支护结构及周边环境的动态为原则，多年来供热管网隧道工程和地铁工程施工监测的实践表明，按正文的规定实施是可靠和有效的。

## 13 环境风险源专项设计

### 13.2 环境风险源等级划分

13.2.1~13.2.4 城市，尤其是大都市，一般均具有复杂的环境条件，包括各种市政设施、交通设施和各种地面（地下）建（构）筑物等。在城市采用浅埋暗挖法修建供热管网隧道将对环境造成一定程度的影响。为了有效地控制施工对环境的影响，至关重要的工作是设计、施工之前对环境进行详细调查与科学分级。条文对环境风险源的分级是在综合调研国内外城市隧道施工对周边环境所产生的影响资料的基础上，并参考北京地铁工程施工对环境风险源的分级办法而制定的。

浅埋供热管网隧道施工对周边环境的影响程度宜按图 5 的规定进行分区。

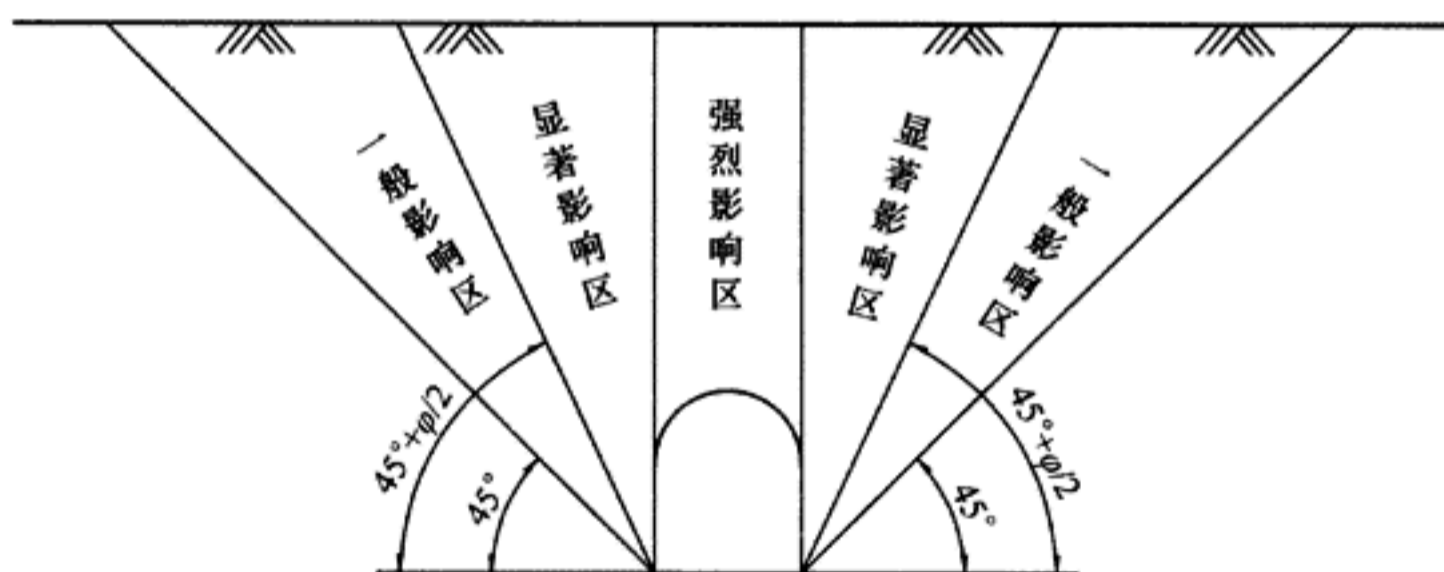


图 5 浅埋隧道施工对周边环境的影响分区

深埋供热管网隧道与周边环境的接近程度，宜根据隧道开挖与支护过程所引起的围岩变形与松动的范围与周边环境的位置关系，按图 6 的规定分为非常接近（天然拱以内的区域）、接近和不接近。

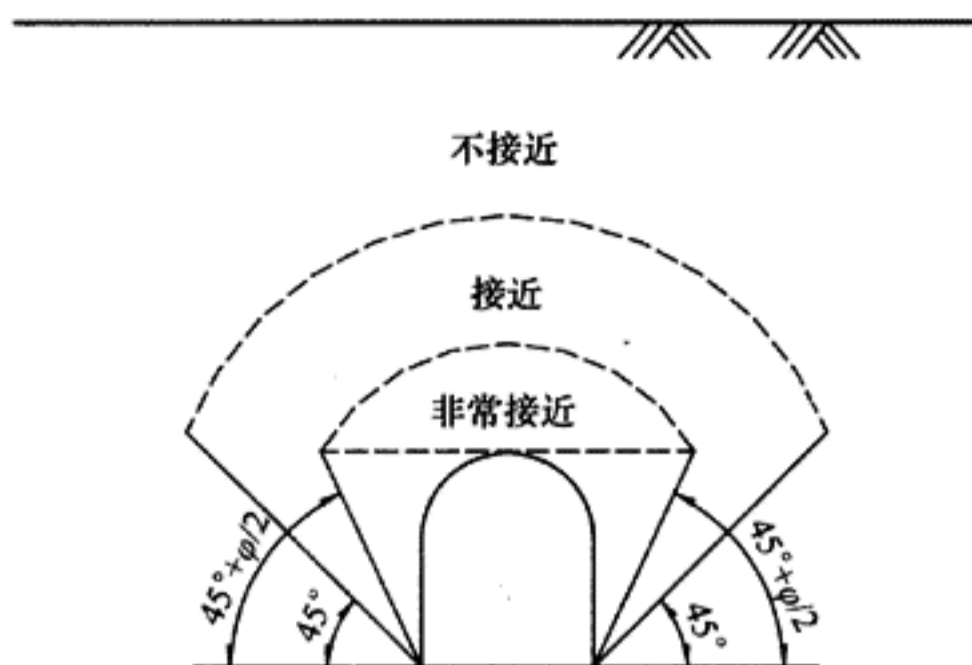


图 6 深埋隧道施工与周边环境的接近程度分区

供热管网隧道工程施工所影响的建（构）筑物、地下管线、城市桥梁和城市道路等环境对象的重要性划分应符合下列要求：

1 建（构）筑物重要性等级一般按表 4 划分：

表 4 建（构）筑物重要性等级划分

重要性等级	破坏后果	建（构）筑物类型
重要	很严重，将产生重大国际影响或非常严重的国内影响，经济损失巨大	古建筑、近代优秀建筑物，重要的工业建筑物，10 层以上高层、超高层民用建筑物，高于 24m 的地上构筑物及重要的地下构筑物
一般	严重，将产生严重影响，经济损失较大	一般的工业建筑物，4 层~6 层的多层建筑物，7 层~9 层的中高层民用建筑物，高度为 10m~24m 的地上构筑物，一般地下构筑物
次要	一般，有一定的影响和经济损失	次要的工业建筑物，1 层~3 层的低层民用建筑物，高度小于 10m 的地上构筑物，次要地下构筑物

2 地下管线重要性等级一般按表 5 划分：

表 5 地下管线重要性等级划分

重要性等级	破坏后果	管线类型
重要	很严重，将产生重大国际影响或非常严重的国内影响，经济损失巨大	自来水管总管，煤气/天然气总管或高压支管，市政热力干线，雨、污水管总管，军用通信光缆，民用通讯干线，电力干线
一般	严重，将产生严重影响，经济损失较大	自来水管刚性支管，煤气/天然气支管，市政热力支线，雨、污水管支管，民用通讯支线，电力支线
次要	一般，有一定的影响和经济损失	自来水柔性支管，市政热力户线

3 城市桥梁重要性等级一般按表 6 划分：

表 6 城市桥梁重要性等级划分

重要性等级	桥梁类型
极重要	城市交通枢纽、重要交通节点的高架桥、立交桥主桥连续箱梁
重要	重要的城市高架桥、立交桥主桥连续箱梁
一般	立交桥主桥简支 T 梁、异形板、立交桥匝道桥
次要	人行天桥及其他一般桥梁

4 城市道路重要性等级一般按表 7 划分：

表 7 城市道路重要性等级划分

重要性等级	道路类型
重要	机场跑道及停机坪，城市快速路、主干路，高速路
一般	城市次干路
次要	城市之路、人行道及广场

### 13.3 环境风险评估

13.3.4 施工对建（构）筑物影响的控制指标主要是依据地质条

件、建（构）筑物的特点及状况、隧道施工方法等因素综合确定。在确定控制指标时，可参考下列有关的规范、规程和工程标准：

1 《建筑地基基础设计规范》GB 50007

在计算地基变形时，应符合下列规定：

- 1) 由于建筑地基不均匀、荷载差异很大、体型复杂等因素引起的地基变形，对于砌体承重结构应由局部倾斜值控制；对于框架结构和单层排架结构应由相邻柱基的沉降差控制；对于多层或高层建筑和高耸结构应由倾斜值控制；必要时尚应控制平均沉降量。
- 2) 在必要情况下，需要分别预估建筑物在施工期间和使用期间的地基变形值，以便预留建筑物有关部分之间的净空，选择连接方法和施工顺序。一般多层建筑物在施工期间完成的沉降量，对于砂土可认为其最终沉降量已完成 80% 以上，对于其他低压缩性土可认为已完成 20% ~ 50%，对于高压缩性土可认为已完成 5% ~ 20%。

建筑物的地基变形允许值，可按表 8 的规定采用。对表中未包括的建筑物，其地基变形允许值应根据上部结构对地基变形的适应能力和使用上的要求确定。

表 8 建筑物的地基变形允许值

变形特征		地基土类型	
		中、低压缩性土	高压缩性土
砌体承重结构基础的局部倾斜		0.002	0.003
工业与民用建筑 相邻柱基的沉降差	框架结构	0.002 <i>l</i>	0.003 <i>l</i>
	砌体墙填充的边排柱	0.0007 <i>l</i>	0.001 <i>l</i>
	当基础不均匀沉降时 不产生附加应力的结构	0.005 <i>l</i>	0.005 <i>l</i>
单层排架结构（柱距为 6m）柱基的沉降量（mm）		(120)	200

续表 8

变形特征		地基土类型	
		中、低压缩性土	高压缩性土
桥式吊车轨面的倾斜 (按不调整轨道考虑)	纵向	0.004	
	横向	0.003	
多层和高层建筑的 整体倾斜	$H_g \leq 24$	0.004	
	$24 < H_g \leq 60$	0.003	
	$60 < H_g \leq 100$	0.0025	
	$H_g > 100$	0.002	
体型简单的高层建筑基础的平均沉降量 (mm)		200	
高耸结构基础的 倾斜	$H_g \leq 20$	0.008	
	$20 < H_g \leq 50$	0.006	
	$50 < H_g \leq 100$	0.005	
	$100 < H_g \leq 150$	0.004	
	$150 < H_g \leq 200$	0.003	
	$200 < H_g \leq 250$	0.002	
高耸结构基础的 沉降量 (mm)	$H_g \leq 100$	400	
	$100 < H_g \leq 200$	300	
	$200 < H_g \leq 250$	200	

注: 1 本表数值为建筑物地基实际最终变形允许值;

2 有括号者仅适用于中压缩性土;

3  $l$  为相邻基的中心距离 (mm);  $H_g$  为自室外地面起算的建筑物高度 (m);

4 倾斜指基础倾斜方向两端点的沉降差与其距离的比值;

5 局部倾斜指砌体承重结构沿纵向 6m~10m 内基础两点的沉降差与其距离的比值。

## 2 《北京地区建筑地基基础勘察设计规范》DBJ 11-501

- 1) 对于荷载分布无显著不均匀的一般多层建筑物, 当基础置于相同成因年代、基本均匀的土层时, 地基变形许可值用建筑物长期最大沉降量  $S_{\max}$  表示, 并可按表 9 的规定采用。

表 9 多层建筑物地基变形许可值

结构类型	基础类型	地基土类别	长期最大沉降量 $S_{max}$ (mm)
框架结构、 排架结构、砌 体承重结构	独立基础、 条形基础	一般第四纪砂质粉土及粉、细砂，新近沉积砂质粉土及粉、细砂，中低压缩性人工填土	30
		一般第四纪黏土及黏质粉土，中等压缩性人工填土	50
		均匀的一般第四纪黏性土及黏质粉土，中密的新近沉积黏性土及黏质粉土，中高压缩性人工填土	80
		均匀的新近沉积软黏性土	120

注：表中人工填土系指已经完成自重的素填土及变质炉灰。素填土指人工堆积层中成分为粉质黏土、黏质粉土、砂质粉土的填土。

- 2) 对于荷载分布无显著不均匀的高层建筑物箱形基础或筏板基础，当基础宽度大于 10m，基础埋深大于 5m，置于相同成因年代、基本均匀的土层时，地基变形许可值可按表 10 的规定采用。

表 10 高层建筑地基变形许可值

结构类型	基础类型	变形特征	建筑物高宽比 $H_g/b$ 或地基土类别	变形许可值
框架、框 剪、框筒、 剪力墙	箱形基 础、筏板基 础	倾斜	$H_g/b \leq 3$	0.0020
			$3 < H_g/b \leq 5$	0.0015
		长期最大 沉降量 $S_{max}$ (mm)	一般第四纪黏性土 与粉土	160
			一般第四纪黏性 土、粉土与砂、卵石 互层	100
			一般第四纪砂、 卵石	60

注：倾斜指基础宽度方向两端点的沉降差与基础宽度之比。

### 3 《地基基础设计规范》DGJ 08-11-1999 (上海)

建筑物地基允许变形值，应根据建筑结构和基础类型及使用要求，按表 11 取用。

相对变形值系指倾斜、局部倾斜和相对弯曲；倾斜等于基础在倾斜方向两端点的沉降差与其距离之比；局部倾斜等于砌体承重结构沿纵向 6m~10m 内基础两点的沉降差与其距离比；相对弯曲等于基础弯曲部分矢高与长度之比。

表 11 建筑物地基允许变形值

建筑结构和基础类型		允许变形值	
		基础中心计算 沉降量 (mm)	沉降差或倾斜
砌体承重结构		150~200	0.004
单层排架结构		200~250	—
多层框架结构		独立基础	200~250
		条形基础和筏板基础	150~200
		箱形基础	200~250
		桩基	150~200
高层建筑	$24 \leq H_g < 100$	桩基	100~200
	$H_g \geq 100$	桩基	100~200
地上式钢油罐		浮顶	—
		拱顶	—
高耸构筑物		$24 \leq H_g < 100$	400
		$100 \leq H_g < 200$	300
		$200 \leq H_g < 250$	200
		$250 \leq H_g < 400$	100
石油化工塔罐		100~200	0.0025~0.004
高炉	桩基	150~250	0.0015
焦炉	桩基	100~150	0.001

- 注：1 基础中心计算沉降量与实际的基础平均沉降量相当；  
 2 表  $l$  为相邻柱基中心距离(mm)； $H_g$  为室外地面算起的建(构)筑物高度(m)；  
 3 工业厂房桥式吊车轨面倾斜允许值（按不调整轨道计）；纵向 0.004、横向 0.003；  
 4 地上式钢油罐地基如使用前采用充水顶压法加固，在满足其底板结构强度条件下，允许基础中心计算沉降量一般无严格要求；倾斜允许值系根据《石油化工钢油罐地基基础设计规范》SH 3068-95 确定；  
 5 电厂及其基础的桩基允许变形值，可参照《火力发电厂土建结构设计技术规范》DL 5022-93，并根据电厂容量、机组类型及布置情况而定。

4 《基坑工程施工监测规程》DG/TJ 08-2001-2006（上海）：

基坑邻近建（构）筑物位移变化速率：1mm/d~3mm/d，累计值：20mm~60mm。根据建（构）筑物对变形的适应能力确定。

5 《上海市基坑工程设计规程》DBJ-61-1997：

对产生破坏的建筑物进行统计，得出差异沉降的极限值及建筑物的反应，具体内容见表12，对建筑物的基础倾斜允许值的规定见表13。

表12 差异沉降和相应建筑物的反应

建筑结构类型	$\delta/L$ （L为建筑物长度、 $\delta$ 为差异沉降）	建筑物反应
一般砖墙承重结构，包括有内框架的结构；建筑物长高比小于10；有圈梁；天然地基（条形基础）	达1/150	分隔墙及承重砖墙发生相当多的裂缝，可能发生结构破坏
一般钢筋混凝土框架结构	达1/150	发生严重变形
	达1/150	开始出现裂缝
高层刚性建筑（箱型基桩、桩基）	达1/250	可观察到建筑物倾斜
有桥式行车的单层排架结构的厂房；天然地基或桩基	达1/300	桥式行车运转困难，不调整轨面水平难以运行，分隔墙有裂缝
有斜撑的框架结构	达1/600	处于安全极限状态
一般对沉降差反应敏感的机器基础	达1/850	机器使用可能会发生困难，处于可运行的极限状态

表 13 建筑物的基础倾斜允许值

建筑物类别		允许倾斜
多层和高层建筑物基础	$H \leq 24\text{m}$	0.004
	$24\text{m} < H \leq 60\text{m}$	0.003
	$60\text{m} < H \leq 100\text{m}$	0.002
	$H > 100\text{m}$	0.0015
高耸结构基础	$H \leq 20\text{m}$	0.008
	$20\text{m} < H \leq 50\text{m}$	0.006
	$50\text{m} < H \leq 100\text{m}$	0.005
	$100\text{m} < H \leq 150\text{m}$	0.004
	$150\text{m} < H \leq 200\text{m}$	0.003
	$200\text{m} < H \leq 250\text{m}$	0.002

注：1  $H$  为建筑物地面以上高度；

2 倾斜是基础倾斜方向二端点的沉降差与其距离的比值。

### 6 《广州地区建筑基坑支护技术规定》98-02：

各类建筑物对差异沉降的承受能力相差较大，因基坑开挖造成对环境的影响，其允许变形可参考表 14 和表 15 进行控制。桩基础建筑物允许最大沉降值不应大于 10mm，天然地基建筑物允许最大沉降值不应大于 30mm。对邻近的破旧建筑物，其允许变形值应根据实际情况由设计确定。

表 14 单层和多层建筑物的地基变形允许值

变形特征		地基变形允许值	
		中、低压缩性土	高压缩性土
砌体承重结构基础的局部倾斜		0.002	0.003
工业与民用建筑相邻柱基的沉降差	框架结构	0.002 <i>l</i>	0.003 <i>l</i>
	砖石墙填充的边排柱	0.0007 <i>l</i>	0.001 <i>l</i>
	当基础不均匀沉降时不产生附加应力的结构	0.005 <i>l</i>	0.005 <i>l</i>

续表 14

变形特征		地基变形允许值	
		中、低压缩性土	高压缩性土
桥式吊车轨面的倾斜（按不调整轨道考虑）	纵向	0.004	
	横向	0.003	

- 注：1  $l$  为相邻桩基的中心距离（mm）；  
 2 倾斜指基础倾斜方向两端点的沉降差与其距离的比值；  
 3 局部倾斜指砌体承重结构沿纵向 6m~8m 内基础两点的沉降差与其距离的比值。

表 15 高层建筑和高耸结构基础变形允许值

变形特征		地基变形允许值
多层和高层建筑基础的倾斜	$H_g \leq 24$	0.004
	$24 < H_g \leq 60$	0.003
	$60 < H_g \leq 100$	0.002
	$H_g > 100$	0.0015
高耸结构基础的倾斜	$H_g \leq 20$	0.008
	$20 < H_g \leq 50$	0.006
	$50 < H_g \leq 100$	0.005
	$100 < H_g \leq 150$	0.004
	$150 < H_g \leq 200$	0.003
	$200 < H_g \leq 250$	0.002

注： $H_g$  为自室外地面起算的建筑物高度（m）。

**13.3.8** 在确定隧道施工对地下管线影响的控制指标时，可参考下列相关的规范、规程和工程标准：

1 各规范、规程和工程标准对地下管线变形控制指标的规定见表 16。

表 16 地下管线变形控制指标

规范/规程/标准名称	地下管线变形控制指标
天津地铁二期工程施工监测技术规定	煤气管线允许沉降 10mm；其他管线允许沉降 20mm

续表 16

规范/规程/标准名称	地下管线变形控制指标
基坑工程技术规程 (DB42/159-2004) (湖北)	煤气管道变形: 沉降或水平位移不超过 10mm, 连续 3 天不超过 2mm/d; 供水管道变形: 沉降或水平位移不超过 30mm, 连续 3 天不超过 5mm/d
基坑工程施工监测规程 (DG/TJ08-2001-2006) (上海)	煤气、供水管线(刚性管道)位移: 累计值 10mm, 变化速率 2mm/d。电缆、通信管线(柔性管道)位移: 累计值 10mm, 变化速率 5mm/d
广州地区建筑基坑支护技术规定 (98-02)	采用承插式接头的铸铁水管、钢筋混凝土水管两个接头之间的局部倾斜值不应大于 0.0025; 采用焊接接头的水管两个接头之间的局部倾斜值不应大于 0.006; 采用焊接接头的煤气管两个接头之间的局部倾斜值不应大于 0.002

2 《上海市基坑工程设计规程》DBJ-61-97, 各类地下管线接头的技术标准见表 17, 说明如下:

- 1) 钢筋混凝土管: 直径 75mm~300mm 为有应力钢筋混凝土管; 直径 400mm~1200mm 为预应力钢筋混凝土管。管节接头用橡胶圈止水。
- 2) 铸铁管承插式接头中调剂借转角等参数如图 7 所示。承插接头中嵌缝材料用浇铅或石棉水泥。
- 3) 钢管材料一般为 16Mn 钢或 A3 钢。
- 4) 接头是管线最易受损的部位, 表 17 列出的几种接头技术标准, 可作为管接头对差异沉降产生相对转角的承受能力的设计和监控依据。对难以查清的煤气管、上水管及重要通讯电缆管, 可按相对转角 1/100 作为设计和监控标准。
- 5) 表 17 是上海市政工程管理局于 1990 年对各类地下管线接头调研后列出的技术标准。有的地下管线年代已久, 难以查清, 但又是易损坏, 应予以重视。常见的地下管线每节长度在 5m 之内, 1/100 转角相当于  $0.6^\circ$ , 其标准高于表中列出的其他接头。

表 17 各类管线接头的技术标准

管材尺寸	铸铁管						钢筋混凝土管				钢管		
管内径 (mm)	接头类型					管节 长度 (m)	管壁 厚度 (mm)	每 100 只接头 允许漏 水量 (L/15min)	管节 长度 (m)	承插接 头接口 间隙 (mm)	每 100 只接头 允许 漏水量 (L/15min)	管壁 厚度 (mm)	焊接接头每 100 只接头 允许漏水量 (L/15min), 水压 <0.7MPa
	承压式接头				法兰接头								
	承口 长度 $P$ (mm)	调剂借 转角 $\theta$	限制 开口 $F$ (mm)	接口 间隙 $\Delta$ (mm)	橡皮垫 厚度 (mm)								
75	90	5°00'	8.1	3~5	3~5	3	9	—	—	—	—	4.5	—
100	95	4°00'	8.2	3~5	3~5	3	9	3.15	3	10	5.94	5	1.76
150	100	3°30'	10.3	3~5	3~5	4	9	5.27	3	15	8.91	4.5~6	2.63
200	100	3°05'	12.5	3~5	3~5	4	10	7.02	3	15	11.87	6~8	3.51
300	105	3°00'	16.9	3~5	3~5	4	11.4	10.54	4	17	17.81	6~8	5.27
400	110	2°28'	18.3	3~5	3~5	4	12.8	14.05	4.98	20	23.75	6~8	7.02
500	115	2°05'	19.2	3~5	3~5	5	14	17.56	4.93	20	29.63	6~8	8.78

续表 17

管材尺寸	铸铁管						钢筋混凝土管				钢管		
管内径 (mm)	接头类型					管节 长度 (m)	管壁 厚度 (mm)	每 100 只接头 允许漏 水量 (L/15min)	管节 长度 (m)	承插接 头接口 间隙 (mm)	每 100 只接头 允许 漏水量 (L/15min)	管壁 厚度 (mm)	焊接接头每 100 只接头 允许漏水量 (L/15min), 水压 <0.7MPa
	承压式接头				法兰接头								
	承口 长度 $P$ (mm)	调剂借 转角 $\theta$	限制 开口 $F$ (mm)	接口 间隙 $\Delta$ (mm)	橡皮垫 厚度 (mm)								
600	120	1°49'	20.0	3~5	3~5	5	15.4	21.07	4.98	20	35.62	8~10	10.54
700	125	1°37'	20.8	3~5	3~5	5	16.5	24.58	4.98	20	41.56	8~10	12.20
800	130	1°29'	21.7	3~5	3~5	5	18.0	28.10	4.98	20	47.49	8~12	14.05
900	135	1°22'	22.5	3~5	3~5	5	19.5	31.61	4.98	20	53.43	10~12	15.80
1000	140	1°17'	23.3	3~5	3~5	5	22	35.12	4.98	20	59.37	10~12	17.55
1200	150	1°09'	25.0	3~5	3~5	5	25	42.15	4.98	20	71.24	10~12	21.07
1500	165	1°01'	27.5	3~5	3~5	5	30	52.63	—	—	89.05	10~12	23.34
1800	—	—	—	—	3~5	5	—	—	—	—	106.86	10~14	31.61
2000	—	—	—	—	—	5	—	—	—	—	118.73	10~14	35.12

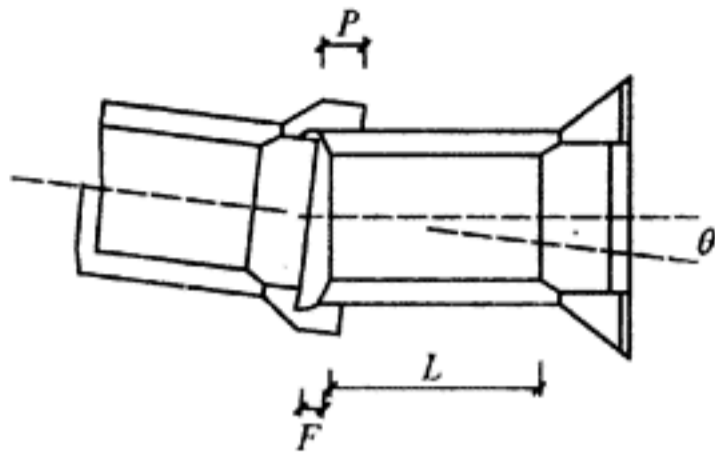


图7 铸铁管线承插式接头各参数示意图

3 《给水排水工程管道结构设计规范》GB 50332:

1) 柔性管道的变形允许值, 应符合下列要求:

采用水泥砂浆等刚性材料作为防腐内衬的金属管道, 在组合作用下的最大竖向变形不应超过  $0.02D_0 \sim 0.03D_0$  ( $D_0$ 为圆形管道的计算内径, 下同);

采用延性良好的防腐涂料作为内衬的金属管道, 在组合作用下的最大竖向变形不应超过  $0.03D_0 \sim 0.04D_0$ ;

化学建材管道, 在组合作用下的最大竖向变形不应超过  $0.05D_0$ 。

2) 对于刚性管道, 其钢筋混凝土结构构件在组合作用下, 计算截面的受力状态处于受弯、大偏心受压或受拉时, 截面允许出现的最大裂缝宽度, 不应大于  $0.2\text{mm}$ 。

3) 对于刚性管道, 其混凝土结构构件在组合作用下, 计算截面的受力状态处于轴心受拉或小偏心受拉时, 截面设计应按不允许裂缝出现控制。

4 《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268:

1) 预应力管、自应力混凝土管安装应平直、无突起、突弯现象。沿曲线安装时, 管口间的纵向间隙最小处不得大于  $5\text{mm}$ , 接口转角不得大于表 18 的规定。

表 18 沿曲线安装接口允许转角

管材种类	管径 (mm)	转角 (°)
预应力混凝土管	400~700	1.5
	800~1400	1.0
	1600~3000	0.5
自应力混凝土管	100~800	1.5

2) 非金属管道安装的允许偏差应符合表 19 的规定。

表 19 非金属管道基础及安装的允许偏差

项 目		允许偏差	
		无压力管道	
管道 安装	轴线位置		±15
	管道内底高程	$D \leq 1000$	±10
		$D > 1000$	±15
	刚性接口相邻管 节内底错口	$D \leq 1000$	±3
		$D > 1000$	±5

注:  $D$  为管道内径 (mm)

13.3.11 在确定隧道施工引起的城市道路和地表沉降控制指标时,可参考下列相关的规范、规程和工程标准:

各规范、规程和工程标准对城市道路和地表沉降控制指标的规定见表 20。

表 20 城市道路和地表沉降控制指标

规范名称	地市道路和地表沉降控制指标
天津地铁二期工程施工 监测技术规定	周围地表沉降:一级基坑, $0.001h$ ; 二级基坑, $0.002h$ ( $h$ 为基坑开挖深度) 盾构隧道:地表垂直变形控制值为 $-30\text{mm} \sim$ $+10\text{mm}$ ,速率控制值为 $5\text{mm/d}$
建筑基坑支护工程技术规程 (DBJ/T 15-20-97)	周围地表沉降:一级基坑, $0.0015H$ 且不大于 $20\text{mm}$ ; 二级基坑, $0.003H$ 且不大于 $40\text{mm}$ 。( $H$ 为基坑开挖深度)

续表 20

规范名称	地市道路和地表沉降控制指标
上海地铁基坑工程施工规范	地面最大沉降量：一级基坑 $\leq 0.1\% H$ ；二级基坑 $\leq 0.2\% H$ ；三级基坑 $\leq 0.5\% H$
上海地铁基坑工程施工规程 (SZ-08-2000)	地面最大沉降量：一级基坑 $\leq 0.1\% H$ ；二级基坑 $\leq 0.2\% H$ ；三级基坑 $\leq 0.5\% H$
上海市基坑工程设计规程 (DBJ 08-61-97)	地面最大沉降量：一级工程控制值 30mm，设计值 50mm，变化速率 2mm/d；二级工程控制值 50mm，设计值 100mm，变化速率 3mm/d
基坑工程施工监测规程 (DG/TJ 08-2001-2006) (上海)	地面最大沉降量：一级基坑 25mm~30mm，变化速率 2mm/d~3mm/d；二级基坑 50mm~60mm，变化速率 3mm/d~5mm/d；三级基坑宜按二级基坑的标准控制，当条件许可时可适度放宽
地基基础设计规范 (DGJ 08-11-1999) (上海)	基坑工程的开挖深度为 14m~20m，坑外地表沉降最大值 $\delta_{V_{\max}} = 1\% h_0$ ( $h_0$ 基坑开挖深度)
基坑工程技术规程 (DB 42/159-2004) (湖北)	边坡土体：一级基坑，监控报警值为 30mm；二级基坑，监控报警值为 60mm

2 《地铁工程监控量测技术规程》DB11/490-2007 (北京)，见表 21。

表 21 地表变形监控量测值控制标准

施工工法	监测项目及范围	允许位移控制值 $U_0$ (mm)			位移平均 速率控制值 (mm/d)	位移最大 速率控制值 (mm/d)
		一级基坑	二级基坑	三级基坑		
明挖(盖) 法及竖井 施工	地表沉降	$\leq 0.15\%$	$\leq 0.2\%$	$\leq 0.3\%$	2	2
		$H$ 或 $\leq 30$ , 两者 取小值	$H$ 或 $\leq 40$ , 两者 取小值	$H$ 或 $\leq 50$ , 两者 取小值		

续表 21

施工工法	监测项目及范围		允许位移控制值 $U_0$ (mm)	位移平均	位移最大
				速率控制值 (mm/d)	速率控制值 (mm/d)
盾构法	地表沉降		30	1	3
	地表隆起		10	1	3
浅埋暗挖法	地表沉降	区间	30	2	5
		车站	60		

注：1  $H$  为基坑开挖深度。

2 位移平均速率为任意 7d 的位移平均值；位移最大速率为任意 1d 的最大位移值。

3 本表中区间隧道跨度为小于 8m；车站跨度为大于 16m，且小于或等于 25m。

### 3 上海市基坑工程等级划分及变形监控允许值见表 22。

表 22 基坑工程等级划分及变形监控允许值

项 目		安全等级		
		一级（很严重）	二级（严重）	三级（不严重）
基坑深度 (m)		>14	9~14	<9
地下水埋深 (m)		<2	3~5	>5
软土层厚度 (m)		>5	2~5	<2
基坑边缘与邻近已有建筑物浅基础或重要管线边缘净距 (m)		<0.5h	0.5~1.0h	>1.0h
地面最大位移 (mm)	监控值	30	60	按二级基坑的标准控制，环境条件许可时可适当放宽
	设计值	50	100	
最大差异沉降		6/1000	12/1000	--

13.3.16 在确定隧道施工引起的城市桥梁变形的控制指标时，

可参考下列相关的规范、规程和工程标准：

各规范对墩台沉降的规定参见表 23。

表 23 桥梁墩台沉降规定

规范名称	墩台沉降规定
<p>城市桥梁养护技术规范 CJJ 99 - 2003</p>	<p>1. 简支梁桥的墩台基础均匀总沉降值大于 <math>2.0\sqrt{L}</math> cm、相邻墩台均匀总沉降差值大于 <math>1.0\sqrt{L}</math> cm 或墩台顶面水平位移值大于 <math>0.5\sqrt{L}</math> cm 时，应及时对简支梁的墩台基础进行加固（总沉降值和总差异沉降值不包括基础和桥梁施工中的沉降，<math>L</math> 为相邻墩台间最小的跨径长度，以米计，跨径小于 25m 时仍以 25m 计）；</p> <p>2. 当连续桥梁墩台和拱桥的不均匀沉降值超过设计允许变形时，应查明原因，进行加固处理和调整高程</p>
<p>地铁设计规范 GB 50157 - 2003</p>	<p>对于外静定结构，墩台均匀沉降量不超过 50mm，相邻墩台沉降量之差不得超过 20mm；对于外静不定结构，其相邻墩台不均匀沉降量之差的允许值还应根据沉降对结构产生的附加影响来确定</p>
<p>地基基础设计规范 DGJ 08 - 11 - 1999</p>	<p>简支梁桥墩台基础中心最终沉降计算值不应大于 200mm，相邻墩台最终沉降差不应大于 500mm；混凝土连续桥梁墩台基础中心最终沉降计算值不应大于 100mm~150mm，且相邻墩台最终沉降计算值宜大致相等。相邻墩台不均匀沉降的允许值，应根据不均匀沉降对上部结构产生的附加内力大小而定</p>
<p>公路桥涵地基与基础设计规范 JTJ 024 - 85</p>	<p>墩台的均匀总沉降不应大于 <math>2.0\sqrt{L}</math> cm (<math>L</math> 为相邻墩台间最小的跨径长度，以 m 计，跨径小于 25m 时仍以 25m 计)。对于外超静定体系的桥梁应考虑引起附加内力的基础不均匀沉降和位移</p>
<p>铁路桥涵设计基本规范 TB 10002.1 - 2005</p>	<p>墩台基础的沉降应按恒荷载计算。对于外静定结构，有碴桥面工后沉降量不得超过 80mm，相邻墩台均匀沉降量之差不得超过 40mm；明桥面工后沉降量不得超过 40mm，相邻墩台均匀沉降量之差不得超过 20mm。对于外超静定结构，其相邻墩台均匀沉降量之差的允许值应根据沉降对结构产生的附加应力的影响而定</p>

**13.3.20** 在确定隧道施工引起的城市轨道交通结构变形的控制指标时，可参考下列相关的规范、规程和工程标准：

轨道几何尺寸控制指标应符合《北京地铁工务维修规则》的要求，具体内容见表 24～表 27。

**表 24 整体道床线路轨道静态几何尺寸允许偏差控制值**

项 目		计划维修 (mm)		经常保养 (mm)	
		正线	其他线	正线	其他线
轨距		-2~4	-2~5	-3~6	-3~7
水平		4	5	6	8
高低		4	5	6	8
轨向 (直线)		4	5	6	8
三角坑 (扭曲)	缓和曲线	4	5	6	8
	直线和圆曲线	4	5	6	8

- 注：1 轨距偏差不含曲线上按规定设置的轨距加宽值，但最大轨距（含加宽值和偏差）不得超过 1456mm。  
 2 轨向偏差和高低偏差为 10m 弦测量的最大矢度值。  
 3 三角坑偏差不含曲线超高顺坡造成的扭曲量，检查三角坑时基长为 6.25m，但在延长 18m 的距离内无超过表列的三角坑；

**表 25 碎石道床线路轨道静态几何尺寸允许偏差控制值**

项 目		计划维修 (mm)		经常保养 (mm)	
		正线	其他线	正线	其他线
轨距		-2~5	-2~6	-4~7	-4~8
水平		4	5	7	9
高低		4	5	7	9
轨向 (直线)		4	5	7	9
三角坑 (扭曲)	缓和曲线	4	5	7	9
	直线和圆曲线	4	5	7	9

- 注：1 轨距偏差不含曲线上按规定设置的轨距加宽值，但最大轨距（含加宽值和偏差）不得超过 1456mm。  
 2 轨向偏差和高低偏差为 10m 弦测量的最大矢度值。  
 3 三角坑偏差不含曲线超高顺坡造成的扭曲量，检查三角坑时基长为 6.25m，但在延长 18m 的距离内无超过表列的三角坑。

表 26 整体道床道岔轨道静态几何尺寸允许偏差控制值

项 目		计划维修 (mm)		经常保养 (mm)	
		正线	其他线	正线	其他线
轨距	一般位置	-2~3	-2~3	-2~4	-2~4
	尖轨尖端	±1	±1	±2	±2
水平		3	4	5	7
高低		3	4	5	7
轨向	直线	3	4	5	7
	支距	2	2	3	3

注：1 支距偏差为现场支距与计算支差。

2 导曲线下股高于上股的限值：计划维修为 0，经常维修为 1mm。

表 27 碎石道床道岔轨道静态几何尺寸允许偏差控制值

项 目		计划维修 (mm)		经常保养 (mm)	
		正线	其他线	正线	其他线
轨距	一般位置	-2~3	-2~3	-3~5	-3~5
	尖轨尖端	±1	±1	±2	±2
水平		4	5	6	8
高低		4	5	6	8
轨向	直线	4	5	6	8
	支距	2	2	3	3

注：1 支距偏差为现场支距与计算支差。

2 导曲线下股高于上股的限值：计划维修为 0，经常维修为 2mm。

13.3.24 在确定隧道施工引起的铁路结构变形控制指标时，可参考下列相关的规范、规程和工程标准：

1 《铁路轨道工程施工质量验收标准》TB 10413；

无缝线路轨道达到初期稳定阶段时，其静态几何尺寸允许偏差和检验方法应符合表 28 规定。

表 28 轨道静态几何尺寸允许偏差和检验方法

项 目	允许偏差 (mm)	检验方法
高低	5	10m 弦量
轨向	5	直线 10m 弦量、曲线 20m 弦量
扭曲 (基长 6.25m)	5	万能道尺测量
轨距	-2~4	万能道尺测量
水平	5	万能道尺测量

无缝线路轨道动态质量应检查局部不平顺 (峰值管理), 轨道动态质量管理值见表 29。

表 29 轨道动态检查几何尺寸允许偏差控制值 (峰值管理)

项 目	速 度(km/h)							
	160 $\geq v > 120$				120 $\geq v > 100$			
	I 级	II 级	III 级	IV 级	I 级	II 级	III 级	IV 级
高低 (mm)	6	10	15	—	8	12	20	24
轨向 (mm)	5	8	12	—	8	10	16	20
轨距 (mm)	-4~6	-7~10	-8~15	—	-6~8	-8~12	-10~20	-12~24
水平 (mm)	6	10	14	—	8	12	18	22
扭曲 (基长 2.4m) (mm)	5	8	12	—	8	10	14	16
车体垂向加速度 (g)	0.10	0.15	0.20	—	0.10	0.15	0.20	0.25
车体横向加速度 (g)	0.06	0.10	0.15	—	0.06	0.10	0.15	0.20

无缝线路轨道有渣轨道整理作业后, 轨道静态几何尺寸允许偏差和检验方法见表 30 和表 31。

表 30 有渣轨道整道允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
轨距		-2~4	万能道尺测量
轨向	直线 (10m 弦量)	4	尺量
	曲线	见TB 10413 - 2003 表 A. 0. 1-26	尺量
水平		4	万能道尺测量
扭曲 (基长 6. 25m)		4	
高低		4	尺量

表 31 曲线 20m 弦正矢允许偏差

曲线半径 (m)	缓和曲线正矢与计算正矢差 (mm)	圆曲线正矢连续差 (mm)	圆曲线正矢最大最小值差 (mm)
≤650	4	8	12
>650	3	6	9

无缝线路轨道无渣轨道整理作业后, 轨道静态几何尺寸允许偏差和检验方法见表 32 和表 33。

表 32 无渣轨道整道允许偏差和检验方法

项 目		允许偏差 (mm)	检验方法
轨距		±2	万能道尺测量
轨向	直线 (10m 弦量)	≤4	尺量
	曲线	见 TB 10413 - 2003 表 4. 6. 4 - 6	尺量
水平		4	万能道尺测量
高低		4	尺量
扭曲 (基长 6. 25m)		4	万能道尺测量

表 33 曲线 20m 弦正矢允许偏差

曲线半径 (m)	缓和曲线正矢与计算正矢差 (mm)	圆曲线正矢连续差 (mm)	圆曲线正矢最大最小值差 (mm)
≤650	3	6	9
>650	3	4	6

有缝线路轨道无渣轨道静态几何尺寸允许偏差见表 34。

表 34 无渣轨道静态几何尺寸允许偏差

检验项目		允许偏差 (mm)
轨距		±2
高低 (10m 弦量)		4
水平		4
扭曲 (基长 6.25m)		4
轨向	直线 (10m 弦量)	4
	曲线	见 TB 10413 - 2003 表 4.6.4 - 6

有缝线路轨道动态质量应检查局部不平顺 (峰值管理), 其轨道允许偏差值见表 35。

表 35 轨道动态检查几何尺寸允许偏差控制值 (峰值管理)

项 目	速度(km/h)							
	$120 \geq v > 100$				$v \leq 100$			
	I 级	II 级	III 级	IV 级	I 级	II 级	III 级	IV 级
高低(mm)	8	12	20	24	12	16	22	26
轨向(mm)	8	10	16	20	10	14	20	23
轨距(mm)	-6~8	-8~12	-10~20	-12~24	-6~12	-8~16	-10~24	-12~28
水平(mm)	8	12	18	22	12	16	22	25
扭曲(基长 2.4m)(mm)	8	10	14	16	10	12	16	18
车体垂向加 速度(g)	0.10	0.15	0.20	0.25	0.10	0.15	0.20	0.25
车体横向加 速度(g)	0.06	0.10	0.15	0.20	0.06	0.10	0.15	0.20

2 《铁路线路维修规则》中，线路轨道静态几何尺寸允许偏差管理值见表 36。

表 36 线路轨道静态几何尺寸允许偏差管理值

项 目	$v_{\max} > 160\text{km/h}$ 正线			$160\text{km/h} \geq v_{\max}$ >120km/h 正线			$v_{\max} \leq 120\text{km/h}$ 正线及到发线			其他站线			
	作业 验收	经常 保养	临时 补修	作业 验收	经常 保养	临时 补修	作业 验收	经常 保养	临时 补修	作业 验收	经常 保养	临时 补修	
轨距(mm)	$\pm 2$	-2~ 4	-4~ 6	-2~ 4	-4~ 6	-4~ 8	-2~ 6	-4~ 7	-4~ 9	-2~ 6	-4~ 9	-4~ 10	
水平(mm)	3	5	8	4	6	8	4	6	10	5	8	11	
高低(mm)	3	5	8	4	6	8	4	6	10	5	8	11	
轨向(直 线)(mm)	3	4	7	4	6	8	4	6	10	5	8	11	
三角坑 (扭曲) (mm)	缓和 曲线	3	4	6	4	5	6	4	5	7	5	7	8
	直线 和圆 曲线	3	4	6	4	6	8	4	6	9	5	8	10

注：1 轨距偏差含曲线上按规定设置的轨距加宽值，但最大轨距(含加宽值和偏差)不得超过 1456mm。

2 轨向偏差和高低偏差为 10m 弦测量的最大矢度值。

3 三角坑偏差含曲线超高顺坡造成的扭曲量，检查三角坑时基长为 6.25m，但在延长 18m 的距离内无超过表列的三角坑。

4 专用线按其他站线办理。

道岔轨道静态几何尺寸允许偏差管理值见表 37。

表 37 道岔轨道静态几何尺寸允许偏差管理值

项 目	$v_{\max} > 160\text{km/h}$ 正线			$160\text{km/h} \geq v_{\max}$ >120km/h 正线			$v_{\max} \leq 120\text{km/h}$ 正线及到发线			其他站线			
	作业 验收	经常 保养	临时 补修	作业 验收	经常 保养	临时 补修	作业 验收	经常 保养	临时 补修	作业 验收	经常 保养	临时 补修	
轨距(mm)	±2	-2~ 4	-2~ 5	-2~ 3	-2~ 4	-2~ 6	-2~ 3	-3~ 5	-3~ 6	-2~ 3	-3~ 5	-3~ 6	
水平(mm)	3	5	7	4	5	8	4	6	9	6	8	10	
高低(mm)	3	5	7	4	5	8	4	6	9	6	8	10	
轨向 (mm)	直线	3	4	6	4	5	8	4	6	9	6	8	10
	支距	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2	3	4
三角坑(扭曲) (mm)	3	4	6	4	6	8	4	6	9	5	8	10	

- 注：1 支距偏差为现场支距与计算支距之差；  
 2 导曲线下股高于上股的限值：作业验收为 0，经常保养为 2mm，临时补修  
 为 3mm；  
 3 三角坑偏差不含曲线超高顺坡造成的扭曲量，检查三角坑时基长为  
 6.25m，但在延长 18m 的距离内无超过表列的三角坑；  
 4 尖轨尖处轨距的作业验收的允许偏差管理值为 ±1mm；  
 5 专用线道岔按其他站线道岔办理。

轨道静态几何尺寸允许偏差管理值中，作业验收管理值为线路设备大修、综合维修、经常保养和临时补修作业的质量检查标准；经常保养管理值为轨道应经常保持的质量管理标准；临时补修管理值为应及时进行轨道整修的质量控制标准。

### 13.4 设计内容与要求

#### 13.4.1~13.4.4 设计内容与要求是在总结多年来北京市供热管

网暗挖隧道工程建设对环境风险源影响控制的设计与施工经验的基础上，并参考北京地铁工程对环境风险源设计的规定与要求而制定的，旨在使供热管网暗挖隧道工程环境风险源专项设计在设计内容与设计深度上做到规范化。

## 14 工程施工

### 14.1 一般规定

14.1.1 施工组织设计未经监理单位审批不得施工。

14.1.3 监控测量是为了及时发现异常现象，需要由施工单位和第三方监控量测单位同时进行监测，保证施工安全。

14.1.5 支架加工是施工中的重要环节，先应进行技术交底，并由正规的厂家进行加工。

14.1.8 施工单位要按施工组织设计的要求填写检查记录，由施工单位和监理单位进行检查。

### 14.2 施工工艺及管理

14.2.1 施工顺序、施工步序是为了保证施工安全和工程质量，在多年施工经验总结的基础上制定的。

14.2.2 项目部一般设置一级项目经理为工程项目负责人。

14.2.4 质量目标一般包括：

1 建立质量保证体系；

2 质量保证措施：

1) 工序交接质量控制流程；

2) 质量管理制度；

3) 关键工序质量控制要点：包括喷射混凝土干料、防水层、钢筋和型钢、钢格栅安装、喷射混凝土作业、支架安装等。

### 14.3 环境风险源专项施工

14.3.9 施工作业环境有关数据引用自现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299。

**14.3.10** 当隧道工程与燃气、污水等地下管线和设施较近时，可燃易爆及有毒有害气体渗透到施工工作面，会对施工人员造成伤害，危害工程安全，因此应加强施工范围内空气检测，发现问题应采取的措施。

**14.3.11** 采用喷射混凝土方法时，应同时采取除尘措施，包括：隧道内强制通风；施工人员穿戴必要的防护用品；施工前对施工人员进行安全及防护措施的培训。

#### 14.4 测量放线

**14.4.1** 测量放线施工可参照现行行业标准《铁路隧道施工规范》TB 10204 和《新建铁路工程测量规范》TB 10101 的有关条款执行。

**14.4.2** 测量放线将施工水准点引至竖井附近是为了增加测量准确性，选择合理的栓桩方式，并做好保护。

**14.4.3** 测量放线不但要确定好竖井中心、高程位置，而且要确定好隧道中心位置。

#### 14.5 建（构）筑物及地下管线保护

**14.5.1** 编制专项保护方案是为了保证施工安全，并应经过产权单位的审批。

**14.5.2** 监测警戒值来源于监测对象的产权单位及管理方，警戒值设定见表 38。

表 38 警戒值设定表

检测项目	警戒值 (mm)	管理基准值 (mm)
地表沉降	20	25
路面沉降	20	25
桥区沉降	20	25
地下管线变形	7~21	10~30
初期支护拱顶下沉	20	25

续表 38

检测项目	警戒值 (mm)	管理基准值 (mm)
初期支护水平收敛	14	20
建筑物允许不均匀沉降	$0.0014H$	$0.002H$
建筑物允许倾斜率	3	5

注:  $H$  为建筑物地面以上高度。

## 14.6 监控量测

14.6.2 对设计要求的监测项目, 可结合表 39 和表 40 的要求制定监测实施方案。

表 39 竖井监测

类别	监测项目	监测仪器和工具	测点布置	监测频率
必测项目	地质状况描述及支护观察	肉眼观察及地质素描	—	施工过程中每天进行
	竖井圈梁沉降	水准仪、经纬仪及全站仪	锁口圈周边	施工过程中 2 次/d; 竖井开挖后 2 周内, 1 次/2d; 开挖后 3 周~4 周, 2 次/周; 开挖 4 周以后至二衬完成前, 1 次/周
	竖井井壁收敛	收敛计	竖井井壁周边, 3m 一个断面	
	临时支撑变形	水准仪、经纬仪及全站仪	2 个点/单根支撑	
	竖井周边地表沉降	水准仪、经纬仪及全站仪	锁口圈开挖范围外 5m ~ 10m 范围	
	应力影响范围内的建筑物变形、沉降观测	水准仪、水平尺、经纬仪、全站仪	—	

续表 39

类别	监测项目	监测仪器和工具	测点布置	监测频率
选测项目	竖井圈梁水平位移	水准仪、经纬仪及全站仪	锁口圈周边	施工过程中 2 次/d; 竖井开挖后 2 周内, 1 次/2d; 开挖后 3 周~4 周, 2 次/周; 开挖 4 周以后至二衬完成前, 1 次/周
	锚杆轴力	锚杆测力计及拉拔器	—	—
	格栅钢筋应力	钢筋计	每开挖 5m 选 1 个断面, 每个断面取 5 个~10 个测点, 视断面尺寸定	竖井封底且马头门完成前 2 次/d; 马头门完成后至隧道掘进 5m, 2 次/周; 竖井二衬前, 1 次/周

- 注: 1 在一定条件下选测项目可转化为必测项目;  
2 地质描述包括工程地质和水文地质描述。

表 40 隧道监测

类别	监测项目	监测仪器和工具	测点布置	监测频率
必测项目	地质状况描述及支护状态观察	肉眼观察及地质素描、数显回弹仪及裂缝观测计	每一开挖环	开挖后立即进行
	地面建筑、地下管线及构筑物变化	水准仪、水平尺、经纬仪、全站仪	每 5m~30m 一个断面, 并按每断面截面不同尺寸布置相应测点	开挖面距监测断面前后小于或等于 2B 时, 1 次/d~2 次/d;
	拱顶下沉	水平仪、钢尺等	每 5m~30m 一个断面, 每个断面 1 个~3 个测点	开挖面距监测断面前后小于或等于 5B 时, 1 次/d;
	洞周净空收敛	收敛计	每 5m~30m 一个断面, 每断面 2 个~4 个测点	开挖面距监测断面前后大于 5B 时, 1 次/周;
	岩体爆破地面质点振动速度和噪声	声波仪及测振仪等	质点振速根据结构要求设点, 噪声根据规定的测距设置	基本稳定后 1 次/周 随爆破及时进行

续表 40

类别	监测项目	监测仪器和工具	测点布置	监测频率
选 测 项 目	围岩内部位移	地面或洞内钻孔安放位移计、测斜仪等	取代表性地段设一断面，每断面 2 孔~3 孔	开挖面距监测断面前后小于或等于 $2B$ 时，1 次/d~2 次/d； 开挖面距监测断面前后小于或等于 $5B$ 时，1 次/d； 开挖面距监测断面前后大于 $5B$ 时，1 次/周
	围岩压力、初期支护与二衬间压力	压力传感器	每代表性地段设 1 个~2 个断面，每断面 5 个~10 个测点	
	钢筋格栅拱架应力	钢筋计	每 10 榀~30 榀钢拱架监测 1 榀，每榀 12 个钢筋计	
	初期支护、二次衬砌内应力	混凝土内的应变计或应力计	每代表性地段设 1 个~2 个断面，每断面 5 个~10 个测点	
	锚杆轴力	锚杆测力计及拉拔器	必要时进行	
	初期支护背后孔洞	钻孔或地质雷达等无损检测	每个开挖、支护循环	

注：1  $B$  为隧道宽度；

2 地质描述包括工程地质和水文地质描述。

**14.6.4** 监控量测取得的数据应准确、可靠，并及时绘制时态曲线和进行回归分析；施工过程中要根据现场情况及时进行调整或增加监测项目。此外，洞周收敛、拱顶和地表沉降等必测项目设置在同一断面，以保证监测数据的可对比性。在监测过程中，洞周收敛、拱顶下沉和地表沉降必须同时监测，保证监测数据的相互比对印证，以准确、及时掌握隧道支护结构和周边环境的

动态。

**14.6.6** 热力暗挖隧道的地面建（构）筑物多，交通繁忙，为保证安全，防止出现事故，施工中，通过监测和观察及时掌握开挖过程中的变化是非常重要的。施工中若出现条文中任意一款的情况，则认为已临近危险状态，要及时采取措施进行处理。

## 14.7 地下水处治

**14.7.1** 施工遇地下水宜首选止水方案。施工如选用降水方案，应根据施工场地、周边建（构）筑物位置以及施工所在区域的相关管理部门规定选择。降水过程中的环境监测应按现行行业标准《建筑与市政降水工程技术规范》JGJ/T 111 的要求执行。

**14.7.2~14.7.4** 数据引自现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299。

**14.7.6** 特殊地质条件下，例如土洞发育地区，由于降水作用，易引起地层变形而造成土层塌陷，故做出具体规定。

**14.7.9** 止水注浆要先制定方案，并做试验段；止水注浆材料应采用环保材料。隧道注浆止水目前常用方法可分为洞内深孔注浆和双重小导管注浆。

**14.7.12** 由于马头门部位开挖时会引起围岩的二次扰动，根据多年的施工经验，深孔注浆存在一定的注浆盲区，为确保马头门部位的施工安全和止水效果，所以在马头门部位采用超前小导管进行注浆止水。

**14.7.19** 旋喷桩施工工艺参数引自现行国家标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202。

**14.7.20** 冻结止水是目前最环保的止水措施，但造价高、施工周期长。

**14.7.24** 冻融下沉是指土质冻融、融化产生的沉降。

## 14.8 地层预支护及加固

**14.8.1** 隧道的塌方大部分是由于掌子面土体不稳定引起的，应

及时对掌子面前方的土体进行加固，加固方法有挂网喷射混凝土、小导管注浆等，其中小导管注浆是最常用的方法。

**14.8.3** 注浆的效果可采用分析法、直观法、检测法进行检测。

采用分析法时，应对注浆记录进行统计分析，检查每孔压力流量是否达到注浆结束标准，有无漏浆、串浆情况，从而反算浆液扩散范围；检查本循环所有注浆孔是否都按规定进行了注浆，有无漏注或无法注浆的情况，判定注浆效果；

采用直观检查法时，应在开挖过程中观察浆液扩散情况，地层是否达到了有效的固结，有无漏水和流砂现象，完善和修改下次循环的注浆参数；

采用检测检查法时，应通过使用仪器、设备读取注浆参数用以检测注浆效果。

**14.8.5** 超前小导管加工时，应先把钢管截成需要的长度，在钢管的前端做成约 100mm 长的圆锥状，在距尾端 100mm 处应焊接  $\phi 6\text{mm}$  钢筋箍；距钢筋箍尾端 1000mm 开始打孔，每隔 200mm 成梅花形布设  $\phi 6\text{mm}\sim\phi 8\text{mm}$  溢浆孔，见图 8 所示。

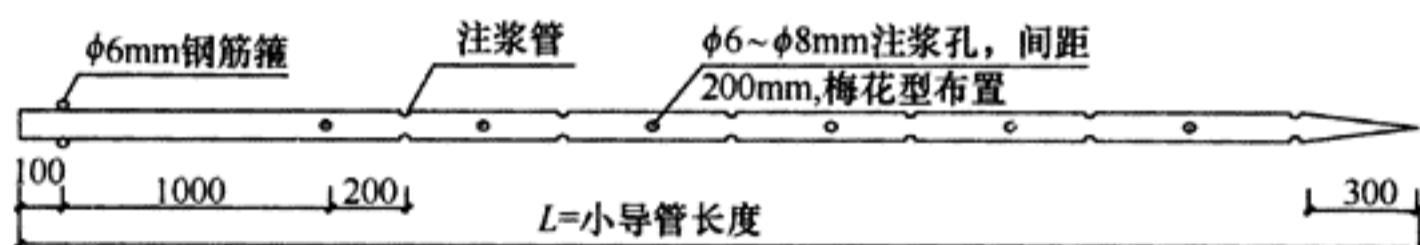


图 8 超前小导管加工示意图

**14.8.6** 管棚为主要受力杆件，纵向两排管棚应采用一定搭接长度。

**14.8.12** 地面注浆是最经济有效的注浆方式，宜尽可能采用。

## 14.9 竖 井

**14.9.1** 施工前的准备工作非常必要，是确保工程顺利实施的关键环节，施工前此项工作要认真做好。

**14.9.2** 为确保工程施工安全，根据多年的工程经验及管理部門的要求制定。

**14.9.10** 工程实例中发生过由于竖井位于含水量较大的砂、粉砂、卵石层，因未做到可靠连接，出现井壁脱落事故。

**14.9.11** 该条为强制性条文。

1 提升机械超过自身设计负荷运行会造成设备失灵、绳索断裂等问题，进而引起吊装物坠落，造成人身安全事故。要求设置限速器、限位器的目的是为了防止吊装物突然坠落，安装松绳信号装置也是为了在货物起吊时有信号提醒地上、地下施工人员注意避让；

2 工作吊盘的载重量超过吊盘的设计载重负荷时会引起吊盘断裂；

3 设防脱装置和缓转器的目的是为了防止提升吊桶突然脱落，造成人身安全事故；

4 按规定的安全系数确定规格是为了防止超负荷时连接装置断裂，重复使用会产生疲劳破坏也会引起断裂，造成吊装物坠落进而引发人身安全事故。

提升系统附件和设备应经过计算确定，其选型规格满足设计和施工使用要求。提升架基础应设计为独立基础，不应与竖井共用圈梁。

提升系统附件和设备安装与验收必须符合设计文件和安装施工方案，使用过程中发现异常应停止作业，排除隐患后方可继续使用；提升系统附件和设备应按规定进行日常检查、维修和保养，并有检查记录。

检查设计文件、安装施工方案、验收文件、日常检查记录。

判断依据包括：有无提升系统附件和设备的设计文件；提升系统附件和设备的验收文件是否与设计文件及安装施工方案一致；有无日常检查记录。

**14.9.12** 龙门架若不设置独立基础，需经设计方认可。

**14.9.19** 竖井回填注浆管布置断面示意图见图9。

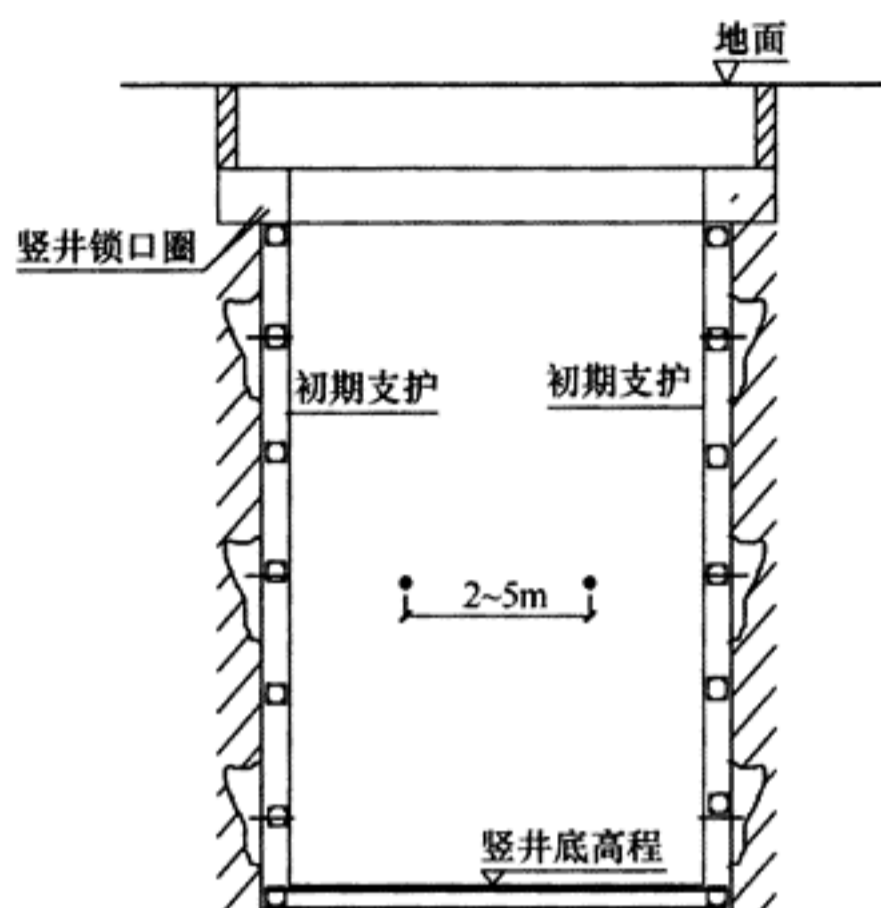


图9 竖井回填注浆管布置断面示意图

**14.9.20** 在工程实例中出现过竖井步梯与竖井支撑共用预埋件，当竖井支撑出现变形时，造成竖井步梯无法正常使用，影响井下施工人员逃生。因此步梯与竖井支撑预埋件不得共用。

**14.9.22** 锚杆钻孔前要根据受喷面情况和设计要求布置孔位，并作标记。钻孔方向要与孔口岩面垂直，才能使垫板密贴岩面，若施工未按上述要求，不仅影响锚固效果，甚至会造成失效。

**14.9.24** 锚杆（管）可采用锚杆测力计及拉拔器按要求进行拉拔试验。

## 14.10 马头门

**14.10.1** 开马头门时，是竖井初期支护结构受力最薄弱的环节，因此要采取措施，保证工程质量，防止出现安全事故。

**14.10.4** 针对热力工程断面尺寸特点，目前采用台阶法施工的较多，若采用其他方法施工，应根据工法特点及设计要求另行确定马头门的开挖步骤和工艺。

## 14.11 隧道开挖

**14.11.3** 超短台阶法的上、下台阶之间的距离一般为 3m~5m。台阶法施工中，开挖下部台阶时应注意以下几点：①下台阶开挖应在上台阶初期支护基本稳定后进行。下台阶墙体一般采用单侧落底或双侧交错落底，避免拱脚同时悬空；②下台阶边墙落底后及时施工初期支护结构；③做好监控量测工作，发现洞体位移速率增大时，应及时封闭仰拱。

中隔壁法是以台阶法为基础，一般将隧道断面分成 4 部分，每一部分开挖并支护后形成独立的闭合单元，适用于在开挖断面较大的土层和不稳定岩体中施工。

**14.11.6** 施工中除严格控制开挖进尺外，还要注意核心土留置坡度、面积的问题，以避免开挖工作面的塌方。

**14.11.8** 为保证隧道内热机管轴线准确，应加强控制测量，但相对开挖时，不可避免地会出现贯通误差，因此在接近贯通时，两侧应加强联系，统一组织指挥，待相距 15m~20m 时应停挖一端，另一端挖通，以确保贯通误差在允许范围内。

**14.11.9、14.11.10** 数据引自现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299。

## 14.12 初期支护

**14.12.2** 热力工程现场场地狭窄，大多数钢筋格栅拱架在工厂加工好之后再运至现场安装。同时，由于钢筋格栅拱架加工精度要求高，制作数量大，为防止拼装质量不合格，要求制作出第一榀钢筋格栅拱架进行试拼合格后再进行批量生产，避免制造出废品，造成浪费。

**14.12.3** 钢筋格栅加工允许偏差是为保证安装质量而制定的，施工单位加工钢筋格栅前还要考虑因做防水层及防水保护层而占用的净空所需要的空间。

**14.12.6** 为控制隧道净空或二次衬砌结构的尺寸，减少格栅拱

架在安装、混凝土浇筑过程的变形，制定此规定，数据引自现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299。

**14.12.8** 热力工程实践中得出此做法。

**14.12.9** 经过大量的供热管网暗挖工程验证，在开挖断面大及围岩不稳定的情况下，锁脚锚杆或锚管对初期支护的稳定及控制围岩的变形能起到较好的作用。

**14.12.12** 锚杆的锚固力与安装施工工艺操作有关，为保证质量，锚杆安装后要进行拉拔试验。

**14.12.16** 为使喷射混凝土速凝，避免喷射混凝土时由于自重而开裂、坠落，提高其在潮湿面喷射时的适应性，适当增加一次施喷厚度，缩短两次施喷间隔时间，故需在水泥中加入适量速凝剂。

**14.12.18** 数据引自现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299。

**14.12.20** 注浆管外露宜为 100mm，是根据热力工程实践得出的。用棉纱塞孔是为了避免别处补浆时浆液反渗回隧道。

**14.12.22** 该条文的规定是基于北京市热力集团关于注浆技术的科研成果，并结合工程实践经验确定的。

### 14.13 防水层

**14.13.1、14.13.2** 对基面的要求是为了保证防水板的铺设和焊接质量，确保防水效果。绝对不允许出现露筋、漏水现象。铺设防水板之前基面表面应干燥。

**14.13.3** 防水板应牢固地固定在基面上，固定点间距应根据基面平整情况确定，拱部宜为 0.5m~0.8m、边墙宜为 1.0m~1.5m、底部宜为 1.5m~2.0m。局部凹凸较大时，应在凹处加密固定点。

**14.13.6** 为了使防水板外侧上部的渗漏水能顺利流下要求下部防水板压住上部防水板，以防止水积聚在防水板的搭接处而形成渗漏水隐患。

14.13.8 根据工程实例总结得出的结论。

14.13.14 根据现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的有关规定：施工缝应设置在剪力及弯矩较小及便于施工方便的位置；在已硬化的混凝土表面上继续浇筑混凝土前，先浇筑的混凝土强度水平施工缝不应小于 1.2MPa，垂直施工缝不应小于 2.5MPa。

### 14.14 二次衬砌

14.14.5 模板是钢筋混凝土结构成型的重要环节，为保证混凝土质量，易于拆除模板，故模板支立前应涂刷隔离剂，并支立牢固、平整、不漏浆。

14.14.8 防水混凝土在最初 14d 内硬化速度快，如果这段时间养护不好，混凝土易于失水，抗渗性能下降，收缩率增大，致使混凝土易产生裂缝。另外，混凝土浇筑后，产生大量的水化热，如果过早的拆模，使混凝土过早暴露在大气层中，由于与周围环境温差过大，也会使混凝土产生裂缝。

14.14.12 隧道结构变形缝处钢筋比较密，同时又有止水带，为保证混凝土质量和止水带位置正确，作出具体规定。

14.14.13 二衬背后填充注浆管构造如图 10 所示。

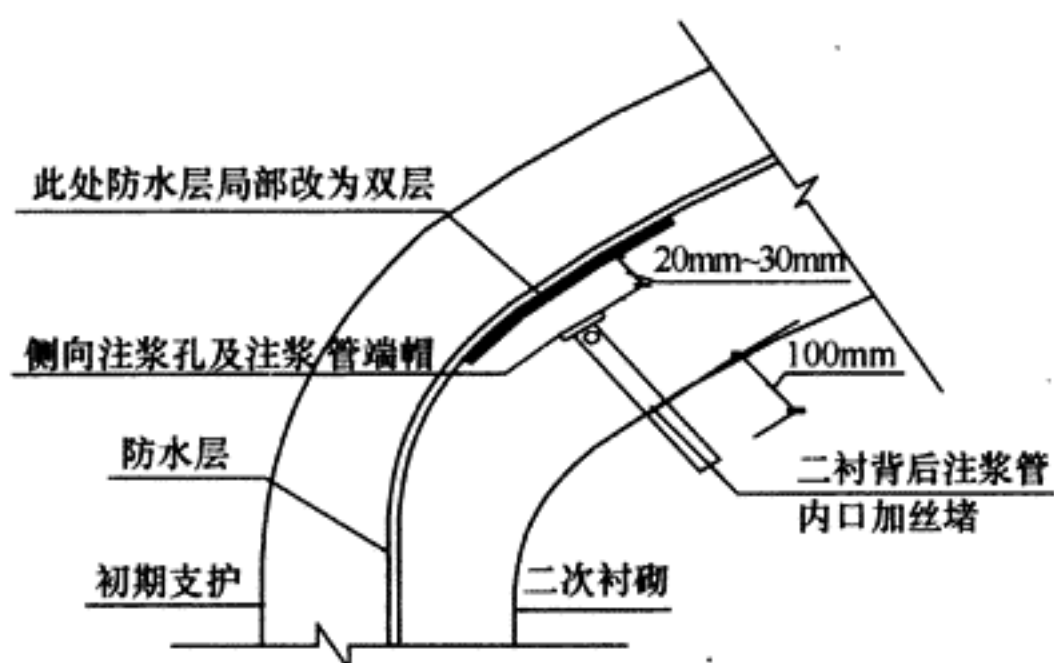


图 10 二衬背后填充注浆管构造示意图

## 15 工程验收

### 15.1 一般规定

**15.1.1** 为了统一和加强供热管网暗挖隧道工程施工质量的过程控制而作出具体规定。

**15.1.2** 施工现场质量管理中的资料管理归档工作，针对各地区资料管理体系的要求各有不同，但首先要在执行国家现行标准的有关规定的前提下进行。

### 15.3 施工质量验收的划分

**15.3.1** 暗挖工程在工程验收中分别按单位工程、子单位工程、分部工程、子分部工程、分项工程和检验批等逐一进行。

### 15.4 施工质量验收

**15.4.1** 检验批验收的内容包括按规定的抽样方案进行的实物检查和资料检查。列出了实物检查的方式和资料检查的内容。

**15.4.2** 数据引自现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204。

**15.4.3** 分项工程验收时，除所含检验批均应验收合格外，尚应有完整的质量验收记录。

**15.4.4** 分部工程验收时，除所含分项工程均应验收合格外，尚应有完整的质量验收记录。

**15.4.5** 单位工程验收时，除所含分部工程均应验收合格外，尚应有完整的质量验收记录。

**15.4.6** 引自现行国家标准《建筑工程施工质量验收统一标准》GB 50300。

**15.4.7** 分部工程、单位（子单位）工程存在严重的缺陷，经返

修或加固处理仍不能满足安全使用要求的，不得验收。

## 15.5 监控量测

**15.5.1** 施工监控量测的各类数据是指导施工的重要依据，所以量测资料应准确、真实、可靠，并以此绘制位移-时间曲线来反应隧道开挖中围岩和初期支护结构变化情况。监控量测工作应和施工紧密配合，以取得可靠数据，确保施工安全。

**15.5.2** 监控量测前监理单位、施工单位首先应对所使用的仪器、设备等相关合格证及国家颁发的相应检测标记进行检查并存档，确认无误后再监测。

**15.5.3** 数据参照本规程第12章施工设计与监控量测内容确定。

**15.5.4** 本规程第12章施工设计与监控量测内容中提及“高层建筑物地基允许变形值”。

## 15.6 地层预支护及加固

**15.6.1** 管棚是暗挖隧道预支护的一种措施，采用这种方法的地层一般都很软弱、破碎，或围岩与其他市政管线位置接近等情况，如不采取措施，管棚上部围岩极易坍塌，同时管棚又是主要的受力杆件，因此应符合设计要求。

**15.6.3** 管棚钢管在钻设过程中，由于钢管较长，如果偏差较大，很可能给拱架等施工带来一定困难，因此要求钻设时要严格掌握和控制钢管的钻设角度。

**15.6.4** 管棚的钢管承受地层的压力，为增强其刚度并加固周围的地层，一般应灌浆。为保证灌浆质量，防止漏浆，管棚钢管的尾部需设置封堵孔。

**15.6.5** 超前小导管是暗挖隧道预支护的一种措施，采用这种方法的地层一般都较软弱、破碎，或围岩与其他市政管线位置接近等情况，如不采取措施，上部围岩极易坍塌，同时超前小导管又是主要的受力杆件，因此应符合设计要求。

**15.6.7** 超前小导管长度应按本规程第10章所述的规定确定。

小导管一般采用钻孔插入或锤击打入和钻机顶入的方法，为保证小导管有效支护长度，应根据施工方法不同，对小导管的插入长度提出要求。

**15.6.8** 超前小导管的钢管承受地层的压力，为增强其刚度并加固周围的地层，一般应灌浆。为保证灌浆质量，防止漏浆，超前小导管的钢管的尾部需设置封堵孔。

**15.6.9** 由于各种浆液适用不同的地质情况，所以浆液配比应符合设计要求，必要时应在现场做试验段。

**15.6.10** 注浆前对施工区域内的地下管线及建（构）筑物应做好监控量测工作，达到预警值应立即停工处理。

**15.6.11** 注浆管在钻设过程中，如果偏差较大，很可能对施工区域内市政管线或地下构筑物带来一定损坏，因此要求钻设时要严格掌握和控制钢管的钻设数量、布置、间距、孔深。

**15.6.12** 从设计的注浆量上判断注浆效果在技术上是很困难的，因此可采用开挖取样和贯入试验等判断注浆效果。

## **15.7 检查室（竖井）**

**15.7.3** 龙门架一般情况下单独设立基础，不允许架设在初期支护锁口圈梁上。特殊情况需请设计人员复核，经认可后再架设。龙门架上电葫芦、限位计及限制荷载的设备安装前需经权威部门检测，合格后再安装使用。

**15.7.4** 龙门架结构所用的材质和截面形状关系到施工期间垂直运输的施工安全，需认真检查。

**15.7.6** 准确的定位放线是工程施工的关键环节之一，开挖前需再次复核。

**15.7.11** 工程资料是工程竣工验收的一部分，需与工程同步进行，详细记录施工过程、数据及重要变更。

**15.7.13** 对型钢的规格、尺寸、允许偏差每一品种均抽样检查。

**15.7.16** 引自现行国家标准《地下防水工程质量验收规范》GB 50208。

**15.7.18** 隔离剂沾污钢筋和混凝土接槎处可能对混凝土结构受力性能造成明显的不利影响，故应避免。

**15.7.19** 对用作模板的地坪、胎模等提出了应平整光洁的要求，这是为了保证预制构件的成型质量。

**15.7.23** 检查室的爬梯、护栏、休息平台、操作平台一般为钢结构，由型钢焊接而成。作为暗挖结构的构筑物，具备人员运输、逃生、运送更换设备等功能。

## **15.8 隧道土方开挖**

**15.8.1** 暗挖隧道是为敷设热机管线服务，热机管线对中线、高程要求比较严格，因此开挖断面的中线、高程应准确，符合设计要求。

**15.8.2** 暗挖隧道的开挖断面原则上不应欠挖，以保证初期支护结构厚度和有利于拱架支立位置的正确。但在硬岩和中硬岩地层中，会出现局部欠挖现象，因此需采取措施，防止欠挖和超挖。

**15.8.3** 一个工程各检查室之间的隧道往往分段进行开挖，在开挖过程中为保证中线准确、高程无误，要加强控制测量并与前后开挖段及时沟通。

**15.8.4** 借鉴现行国家标准《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的数据，结合热力暗挖断面（除少数出厂主干线外）小于地铁断面及综合工程造价的因素，将超挖值进行调整，经工程实践，可以达到。

## **15.9 初期支护**

**15.9.1** 作为现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 中的强制性条款，应严格执行。强度、安全性等是水泥的重要性能指标，进场时应做复检，其质量应符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》GB 175 的要求。

**15.9.2** 要求砂石具有一定含水率，一方面可减少混合料搅拌中产生粉尘和上料、拌合时水泥飞扬和损失；另一方面有利于喷射

时水泥充分水化，避免凝结成团，发生堵管现象。

**15.9.3** 粗骨料粒径的大小主要与喷射机处理物料能力有关，目前采用的喷射机输料管直径多为 51mm，为避免堵管，故最大粒径不应大于 15mm，这样也能减少石子喷射时的动能，降低回弹损失。

**15.9.4** 为使喷射混凝土速凝，避免喷射混凝土时由于自重而开裂、坠落，提高其在潮湿面施喷时的适应性，适当增加一次施喷厚度，缩短两次施喷间隔时间，故需在水泥中加入适量的速凝剂。

**15.9.6** 配合比在满足强度的前提下，还要考虑施工工艺的要求。

**15.9.7** 抗压试件是反映喷射混凝土物理力学性能优劣、检验喷射混凝土强度的重要手段，通常作抗压试件测试混凝土的抗压强度，也可采用回弹仪测试换算。此外，也可用钻芯的办法取试件。

**15.9.8** 检查喷射混凝土的厚度时，可在混凝土喷射 8h 内采用钢钎凿眼检查，发现厚度不够时，应及时补喷。在岩石层中，由于围岩与混凝土粘结紧密，颜色相近而不易辨认喷层厚度时，可用酚酞试液涂抹孔壁，呈现红色的即为混凝土。

**15.9.9** 喷射混凝土的含砂率高，水泥用量也较多，并掺速凝剂，其收缩变形比灌注混凝土大，为保证其质量，要保持较长时间的养护。且应尽量采用喷雾养护，防止洒水过多而积水，影响质量和施工。

**15.9.11** 喷射作业分区段进行，是为了便于管理检查，有利于保证喷射混凝土厚度和质量。自下而上可避免先喷上部时松散回弹物污染下部未喷射的岩面，喷好下部对上部喷层能起支托作用，可减少或防止喷层松脱。

**15.9.13** 设定喷射混凝土原材料每盘称重的偏差值，目的是使喷射混凝土能够达到设计强度。

**15.9.14** 基面平整度是铺设防水板的要求，也是喷射混凝土符

合设计强度的基本要求。

**15.9.17** 砂浆的配合比直接影响砂浆强度、注浆密实度和施工的顺利进行。若水灰比过小，可注性差，也容易堵管，影响注浆作业的进行；水灰比过大，杆体插入后，砂浆易往外流淌，孔内砂浆不饱满影响锚固效果。

**15.9.18** 砂浆锚杆注浆的饱满程度是确保锚杆安装质量的关键，孔内砂浆不饱满，影响锚固效果。

**15.9.20** 锚管安装在岩体中，以本身承受荷载来阻止岩层相互错动和变形，起到支护和加固岩体的作用。但由于隧道开挖后，岩面凹凸不平且岩体存在节理裂缝，因此施工时不能完全按设计要求布置孔位和钻孔孔深等，为保证锚杆支护的组合效果，作出具体规定。

**15.9.26** 钢筋网片本身、钢筋网片与钢筋格栅、锚杆及与喷射混凝土共同形成受力结构。

**15.9.31** 钢架安装的位置、接头连接质量、纵向拉杆共同形成一个受力体系，彼此之间协同作用承受外力载荷。钢架安装不得侵入二次衬砌断面，否则会缩小二衬内净空影响正常使用或二次衬砌结构的尺寸。

**15.9.34** 钢筋网片本身、钢筋网片与钢筋格栅、锚杆及与喷射混凝土共同形成受力结构，特别是钢筋格栅拱架支立位置正确与否，直接影响到隧道净空或二次衬砌结构的尺寸。

**15.9.35** 注浆材料是根据工程地质和水文地质条件并经做试验段测试确定的，同种条件应按确定的材料注浆，确保注浆效果。

**15.9.37** 回填注浆密实是钢筋格栅正常受力的重要保证，若出现空洞需补浆直至达到回填注浆密实。

**15.9.38** 设计的注浆压力及注浆量是依据地质勘探报告的结论计算出来的，工程实践经常在施工现场按设计提出的数据做试验段，得到的数据为最终结果。

## 15.10 净空测量及贯通测量

**15.10.1** 检查室、隧道初期支护净空应满足设计和规范要求，正确与否直接影响到隧道和检查室净空对使用功能的需要或二次衬砌结构的尺寸。

**15.10.2** 对在铺设防水层和施作二次衬砌之前，应进行初期支护净空测量的要求，同样是因为隧道和检查室净空对确保使用功能和二次衬砌结构的尺寸的需要。

**15.10.4、15.10.5** 允许偏差值是根据初期支护钢筋格栅的偏差值及常规情况下净空使用功能要求得来的数据。

## 15.11 结构防水

**15.11.1** 防水层所用塑料板及配套材料不得选用不符合国家标准或设计要求的產品，影响使用效果，造成经济损失。

**15.11.2** 塑料板的搭接缝按设计图纸要求，一般为充气检查。

**15.11.3** 为保证塑料板防水层施工质量制定作出具体规定。

**15.11.4** 固定不牢会引起板面下垂，绷紧时又会将塑料防水板拉断。一般情况下，拱顶防水板易绷紧，从而产生混凝土封顶厚度不够的现象。

**15.11.5** 塑料防水板搭接焊缝采用热熔焊接施工，两幅塑料防水板的搭接宽度不应小于 100mm。由于双焊缝中间需留设 10mm~20mm 的空腔，且每条焊缝的有效焊接宽度不应小于 10mm，为了做到准确下料和保证防水层的施工质量，对塑料防水板的允许偏差作出具体规定。

## 15.12 二次衬砌

**15.12.3** 混凝土试件强度的试验方法应符合普通混凝土力学性能试验方法标准的规定。混凝土试件的尺寸应根据骨料的最大粒径确定。当采用非标准尺寸的试件时，其抗压强度应乘以相应的尺寸换算系数。

**15.12.6** 上、下层支架的立柱应对准，以利于混凝土重力及施工荷载的传递，这是保证施工安全和质量的有效措施。在浇筑混凝土过程中，模板及支架在混凝土重力、侧压力及施工荷载等作用下胀模（变形）、跑模（位移）甚至坍塌的情况时有发生。为避免事故，保证工程质量和施工安全，提出了对模板及其支架进行观察、维护和发生异常情况及时进行处理的要求。

**15.12.7** 模板及其支架拆除的顺序及相应的施工安全措施对避免重大工程事故非常重要。底模拆除当设计无具体要求，且施工方有足够此类工程施工经验时，可参考底模拆除时的混凝土强度见表 41。

**表 41 底模拆除时的混凝土强度要求**

构件类型	构件跨度 (m)	达到设计的混凝土立方体抗压强度 标准值的百分比 (%)
板	$\leq 2$	$\geq 50$
	$> 2, \leq 8$	$\geq 75$
	$> 8$	$\geq 100$
梁、拱、壳	$\leq 8$	$\geq 75$
	$> 8$	$\geq 100$
悬臂构件	—	$\geq 100$

后浇带模板的拆除及支顶易被忽视而造成结构缺陷，需要特别注意。

**15.12.8** 无论是采用何种材料制作的模板，其接缝都应保证不漏浆。模板内部与混凝土的接触面应清理干净，以避免夹渣等缺陷。

**15.12.9** 为了保证预制构件的成型质量作出具体规定。

**15.12.10** 对跨度较大的现浇混凝土梁、板，考虑到自重的影响，适度起拱有利于保证构件的形状和尺寸。执行时应注意起拱高度未包括设计起拱值，而只考虑模板本身在荷载下的下垂，因此对钢模板可取偏小值。

**15.12.11~15.12.13** 数据引自现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204。

**15.12.14** 由于侧模拆除时混凝土强度不足可能造成结构构件缺棱掉角和表面损伤，故应避免。

**15.12.15** 钢筋对混凝土结构构件的承载力至关重要，对其质量应从严要求。普通钢筋应符合现行国家标准《钢筋混凝土用钢 第1部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1、《钢筋混凝土用钢 第2部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2和《钢筋混凝土用余热处理钢筋》GB 13014的有关规定。

**15.12.16** 在钢筋分项工程施工过程中，若发现钢筋性能异常，应立即停止使用，并对同批钢筋进行专项检验。

**15.12.17、15.12.18** 对各种级别普通钢筋弯钩、弯折和箍筋的弯弧内直径、弯折角度、弯后平直部分长度分别提出了要求。受力钢筋弯钩、弯折的形状和尺寸，对于保证钢筋与混凝土协同受力非常重要。根据构件受力性能的不同要求，合理配制箍筋有利于保证混凝土构件的承载力，特别是对配筋率较高的柱、受扭的梁和有抗震设防要求的结构构件更为重要。在规定检查项目的基础上，对重要部位和观察难以判定的部位进行抽样检查。

**15.12.19** 纵向受力钢筋的连接方式应符合设计要求，这是保证受力钢筋应力传递及结构构件的受力性能所必需的。

**15.12.20** 对施工现场的机械连接接头和焊接接头提出了外观质量要求。对观察难以判定的部位，可辅以量测检查。

**15.12.21** 受力钢筋的品种、级别、规格和数量对结构构件的受力性能有重要影响，应符合设计要求。

**15.12.22** 加强对钢筋外观质量的控制，钢筋进场时和使用前均应对外观质量进行检查。弯折钢筋不得敲直后作为受力钢筋使用。钢筋表面不应有颗粒状或片状老锈，以免影响钢筋强度和锚固性能。

**15.12.23** 盘条供应的钢筋使用前需要调直。调直宜优先采用机械方法，以有效控制调直钢筋的质量；也可采用冷拉方法，但应

控制冷拉伸长率，以免影响钢筋的力学性能。

**15.12.24** 数据引自现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204。

**15.12.25** 受力钢筋接头宜设置在受力较小处，同一钢筋在同一受力区段内不宜多次连接，以保证钢筋的承载、传力性能。

**15.12.26** 对受力钢筋机械连接和焊接的应用范围、连接区段的定义以及接头面积百分率的限制作出具体规定。接头面积百分率是指接头面积与现有钢筋面积的百分比。

**15.12.27** 为保证受力钢筋绑扎搭接接头的传力性能，对受力钢筋搭接接头连接区段的定义进行了解释，对接头面积百分率的限制以及最小搭接长度的要求作出具体规定。

**15.12.28** 搭接区域的箍筋对于约束搭接传力的混凝土、保证搭接钢筋传力至关重要。

**15.12.29** 梁、板类构件纵向受力钢筋的位置对结构构件的承载能力和抗裂性能等有重要影响。

**15.12.30** 水泥进场时，应根据产品合格证检查其品种、级别等，并有序存放，以免造成水泥混料错批。

**15.12.31** 混凝土外加剂种类较多，且均有相应的质量标准，使用时其质量及应用技术应符合现行国家标准《混凝土外加剂》GB 8076 和《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定。

**15.12.32** 混凝土中氯化物、碱的总含量过高，可能引起钢筋锈蚀和碱骨料反应，严重影响结构构件受力性能和耐久性。

**15.12.33** 混凝土应根据实际采用的原材料进行配合比设计，并按普通混凝土拌合物性能试验方法等标准进行试验、试配，以满足混凝土强度、耐久性和工作性的要求，不得采用经验配合比。同时，应符合经济、合理的原则。

**15.12.34** 针对不同混凝土生产量，规定了用于检查结构构件混凝土强度试件的取样与留置要求。

**15.12.35** 由于相同配合比的抗渗混凝土因施工造成的差异不

大，故规定了对有抗渗要求的混凝土结构应按同一工程、同一配合取样不应少于一次。由于影响试验结果的因素较多，需要时可多留置几组试件。抗渗试验应符合现行国家标准《普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法》GB/T 50082 的有关规定。

**15.12.36** 各种衡器应定期校验，以保持计量准确。生产过程中应定期测定骨料的含水率，当遇雨天施工或其他原因致使含水率发生显著变化时，应增加测定次数，以便及时调整用水量和骨料用量，使其符合设计配合比的要求。

**15.12.37** 混凝土初凝时间与水泥品种、凝结条件、掺用外加剂的品种和数量等因素有关，应由试验确定。

**15.12.38** 混凝土掺合料的种类主要有粉煤灰、粒化高炉矿渣粉、沸石粉、硅灰和复合掺合物等，有些目前尚没有产品质量标准。工程应用时应符合现行国家标准《粉煤灰混凝土应用技术规范》GBJ 146 和《用于水泥与混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T 18046 的有关规定。

**15.12.39** 普通混凝土所用的砂子、石子应符合现行行业标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 的有关规定，其检验项目、检验批量和检验方法应遵照标准的规定执行。

**15.12.40** 考虑到今后生产中利用工业处理水的发展趋势，除采用饮用水外，也可采用其他水源，但其质量应符合现行行业标准《混凝土用水标准》JGJ 63 的有关规定。

**15.12.41** 实际生产时，对首次使用的混凝土配合比应进行开盘鉴定，并至少留置一组 28d 标准养护试件，以鉴定混凝土的实际质量与设计要求的一致性。

**15.12.42** 混凝土生产时，砂、石的实际含水率可能与配合比设计时存在差异，故规定应测定含水率并相应调整材料用量。

**15.12.43** 混凝土施工缝不应随意留置，其位置应事先在施工技术方案中确定。确定施工缝位置的原则为：尽可能留置在受剪力较小的部位；留置位置应便于施工。承受动力作用的设备基础，原则上不应留置施工缝；当应留置时，应符合设计要求并按施工

技术方案执行。

**15.12.44** 养护条件对于混凝土强度的增长有重要影响。

**15.12.46** 回填注浆应采用强度较高的具有微膨胀性水泥砂浆，有特殊要求的地段可采用强度高、流动性好的自流平（硫铝酸盐为主的 TGRM, HSC）水泥砂浆。

**15.12.47** 回填注浆应在二次衬砌混凝土强度达到设计强度 75%及以上（约养护 14d）进行。

**15.12.48** 回填注浆压力不宜太高，一般不大于 0.2MPa。

**15.12.49** 回填注浆应在隧道拱部布设，环向间距 3m，纵向间距 5 m 左右，注浆管突出至二衬内轮廓线 8mm 即可。

**15.12.50** 回填注浆时需注意观察注浆压力及沿隧道纵向前后注浆孔是否溢浆。

**15.12.51** 回填注浆注浆是为了满足二衬结构厚度的需要，因此回填注浆应在二次衬砌混凝土强度达到设计强度 70%及以上（约养护 14d）进行。

**15.12.52** 施工缝、变形缝的形式、位置、尺寸、所使用的原材料均为设计按结构形式、围岩情况及结构受力状况计算得出，因此应符合设计要求。

**15.12.53** 由于暗挖结构有两道防水线：一道为防水板，另一道为二衬结构自防水。因此应做好施工缝、变形缝位置的防水构造，不能使二衬结构在施工缝、变形缝位置漏水。

**15.12.54** 确保在施工缝、变形缝位置不漏水的施工要求。

### 15.13 支架及护墩

**15.13.1** 支架及护墩所用材料应符合设计及规范要求。热力工程一般采用型钢支架，型号经与设计认可可替代。

**15.13.2** 支架作为支撑和抵抗热机管线外力的受力构件，其与热机管线间距较小，故支架的加工精度应符合设计要求。

**15.13.3** 支架的焊接质量直接影响支架的加工精度和整体质量。

**15.13.4** 支架的嵌固方式及嵌固深度是设计根据支架的受力方

式及状况计算得出，应符合设计要求。

**15.13.5** 经过管线运行管理方提供的多年管线运行经验，为延长支架的使用寿命，支架应做混凝土护墩以防结构底板的水长期腐蚀支架根部，且不得砌筑。

**15.13.7** 此条是根据多年设计、施工、运行的经验得出的。

#### **15.14 单位工程观感质量评定**

**15.14.1、15.14.2** 关于观感质量验收，这类检查往往难以定量，只能以观察、触摸或简单量测的方式进行，并由各个人的主观印象判断，检查结果并不给出“合格”或“不合格”的结论，而是综合给出质量评价。对于“差”的检查点应通过返修处理等补救。观感质量由建设单位组织监理单位、施工单位共同进行现场评定。观感质量检查评定达不到合格标准，应进行返修。

混凝土观感质量合格标准，工程中还应结合混凝土工程质量验收标准共同控制施工质量。防水观感质量合格标准，工程中还应结合防水分部工程质量验收共同控制施工质量。