

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51180 — 2016

煤矿采空区建（构）筑物地基处理 技 术 规 范

Technical code for ground treatment of buildings
in coal mine goaf

2016 — 08 — 18 发布

2017 — 04 — 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

煤矿采空区建(构)筑物地基处理
技 术 规 范

Technical code for ground treatment of buildings
in coal mine goaf

GB 51180-2016

主编部门:中 国 煤 炭 建 设 协 会

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 7 年 4 月 1 日

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1281 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《煤矿采空区建（构）筑物地基 处理技术规范》的公告

现批准《煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范》为国家标准，编号为 GB 51180—2016，自 2017 年 4 月 1 日起实施。其中，第 3.0.2、6.1.2 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2016 年 8 月 18 日

前 言

本规范根据住房和城乡建设部《关于印发〈2013 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2013〕6 号)要求,由煤炭工业太原设计研究院及各参编单位共同编制完成。

本规范在编制过程中,规范编制组进行了广泛调查研究,认真总结了实践经验,参考了有关国际和国内标准,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共分 12 章和 3 个附录,主要内容包括总则、术语和符号、基本规定、灌注充填法、穿越/跨越法、砌筑法、剥挖回填法、强夯法、堆载预压法、采动边坡防治、采空区治理综合措施、工后检测与变形监测等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国煤炭建设协会负责日常管理,煤炭工业太原设计研究院负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄送煤炭工业太原设计研究院(地址:山西省太原市青年路 18 号,邮政编码:030001,E-mail:tymssyztzf@sina.com),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:煤炭工业太原设计研究院

参 编 单 位:煤炭工业合肥设计研究院

中煤科工集团重庆设计研究院有限公司

中煤科工集团武汉设计研究院有限公司

中煤科工集团北京华宇工程有限公司

中煤西安设计工程有限责任公司
大地工程开发(集团)有限公司
徐州中国矿大岩土工程新技术发展有限公司
山西晋城煤业集团勘察设计院有限公司
天地科技股份有限公司开采设计事业部
中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司
山西省交通规划勘察设计院

主要起草人:石春宇 陈友明 徐忠和 耿建平 刘晓勇
丁陈建 唐秋元 李俊山 吴圣林 程韶清
谭永强 杨永玉 林杜军 赵伦东 吴西臣
徐乃忠 李华文 徐贵娃 聂承凯 师 凯
高顺峰 张 飞 董转运 孙雅洁
主要审查人:范士凯 王步云 王志杰 王亚伟 田志忠
徐杨青 董完毛 隋旺华 韩洪德

目 次

1	总 则	(1)
2	术语和符号	(2)
2.1	术语	(2)
2.2	符号	(5)
3	基本规定	(6)
4	灌注充填法	(12)
4.1	一般规定	(12)
4.2	设计	(12)
4.3	施工	(16)
4.4	质量检验	(18)
5	穿越/跨越法	(20)
5.1	一般规定	(20)
5.2	设计	(20)
5.3	施工	(23)
5.4	质量检验	(25)
6	砌筑法	(26)
6.1	一般规定	(26)
6.2	设计	(26)
6.3	施工	(28)
6.4	质量检验	(28)
7	剥挖回填法	(30)
7.1	一般规定	(30)
7.2	设计	(30)
7.3	施工	(32)

7.4	质量检验	(34)
8	强夯法	(35)
8.1	一般规定	(35)
8.2	设计	(35)
8.3	施工	(36)
8.4	质量检验	(37)
9	堆载预压法	(38)
9.1	一般规定	(38)
9.2	设计	(38)
9.3	施工	(39)
9.4	质量检验	(40)
10	采动边坡防治	(41)
10.1	一般规定	(41)
10.2	设计	(43)
10.3	施工	(45)
10.4	质量检验	(47)
11	采空区治理综合措施	(48)
11.1	一般规定	(48)
11.2	建筑措施	(48)
11.3	结构措施	(49)
12	工后检测与变形监测	(51)
12.1	一般规定	(51)
12.2	工后检测	(51)
12.3	变形监测	(53)
附录 A	采空区地基处理范围及处理深度计算	(55)
附录 B	灌注充填法施工附表	(59)
附录 C	采动边坡稳定性系数和推力计算	(66)
本规范用词说明		(73)
引用标准名录		(74)
附:条文说明		(75)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(5)
3	Basic requirements	(6)
4	Grouting	(12)
4.1	General requirements	(12)
4.2	Design	(12)
4.3	Construction	(16)
4.4	Inspection	(18)
5	Beam/Raft foundation and pile foundation	(20)
5.1	General requirements	(20)
5.2	Design	(20)
5.3	Construction	(23)
5.4	Inspection	(25)
6	Masonry	(26)
6.1	General requirements	(26)
6.2	Design	(26)
6.3	Construction	(28)
6.4	Inspection	(28)
7	Excavate refilling	(30)
7.1	General requirements	(30)
7.2	Design	(30)
7.3	Construction	(32)

7.4	Inspection	(34)
8	Dynamic compaction	(35)
8.1	General requirements	(35)
8.2	Design	(35)
8.3	Construction	(36)
8.4	Inspection	(37)
9	Preload with surcharge of fill	(38)
9.1	General requirements	(38)
9.2	Design	(38)
9.3	Construction	(39)
9.4	Inspection	(40)
10	Mined slope preventions	(41)
10.1	General requirements	(41)
10.2	Design	(43)
10.3	Construction	(45)
10.4	Inspection	(47)
11	Comprehensive measures of coal mine goaf ground treatment	(48)
11.1	General requirements	(48)
11.2	Architectural measures	(48)
11.3	Structural measures	(49)
12	Evaluation after construction and deformation monitoring	(51)
12.1	General requirements	(51)
12.2	Detection and checking calculation	(51)
12.3	Deformation monitoring	(53)
Appendix A	Treating range and depth of foundation in coal mine goaf	(55)
Appendix B	Appendix tables of grouting implementation	(59)

Appendix C	Stability evaluation and thrust caculation	
	of slope and landslide in coal mine goaf	(66)
Explanation of wording in this code		(73)
List of quoted standards		(74)
Addition;Explanation of provisions		(75)

1 总 则

1.0.1 为了充分开发利用煤矿采空区土地资源,在煤矿采空区建(构)筑物地基处理的设计、施工、质量检验和采动边坡防治中贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、质量可靠、节能环保,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于已有煤矿采空区场地地面新建、改建和扩建的工业与民用建(构)筑工程地基处理设计、施工和质量检验。

1.0.3 煤矿采空区建(构)筑物地基处理的设计、施工和质量检验除应符合本规范外,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 煤矿采空区 coal mine goaf

狭义的煤矿采空区仅指地下煤炭资源开采空间。本规范也指因地下开采空间围岩失稳而产生位移、开裂、破碎垮落,直至上覆岩层整体下沉、弯曲所引起地表变形和破坏的区域与范围。

2.1.2 采空区地基 foundation in mine goaf

建(构)筑物基础附加应力影响范围内的岩土体和其下伏煤矿采空区共同构成的地质单元。

2.1.3 采空区地基处理 ground treatment in mine goaf

为增强采空区工程建设场地的稳定性,提高采空区地基的承载力,消除或减缓采空区地表移动变形采取的技术措施。

2.1.4 采空区活化 activation of coal mine goaf

煤矿采空区场地地表移动变形达到稳定或基本稳定后,在地下水潜蚀、多煤层重复采动、震动荷载等外力因素的作用下,场地复活为非稳定场地,或使非稳定场地在上述外力因素的作用下不稳定性进一步加剧的现象。

2.1.5 灌注充填法 grouting

采用人工方法向采空区灌注、投送填充材料,充填、胶结采空区空洞及松散体的采空区地基处理方法。

2.1.6 围护带 safety berm

在确定采空区地基处理范围时,为确保安全,在拟建建(构)筑物周边划定的带状面积。

2.1.7 浆液结石率 stone rate

采空区灌注充填法地基处理时,注入浆液固结后体积与注入浆液体积的比,通常通过室内试验确定。

2.1.8 充填系数 coefficient of grouting

采空区灌注充填法地基处理时,灌注浆液的体积与治理范围内采空区剩余空隙体积的比值。

2.1.9 小窑采空区 small mine gob area

多指非正规方式开采,以巷道方式掘进并向两侧开挖支巷道进行开采的小规模、网络状、采深浅、范围窄的采空区。该类采空区分布无规律,单层或多层重叠交错,大多不支撑或临时简单支撑,任其顶板自然垮落。

2.1.10 移动角 angle of critical displacement

指在充分或接近充分采动的条件下,移动盆地主断面上,地表最外边的临界变形点和采空区边界点连线与水平线在煤壁一侧的夹角,又称为移动影响角。

2.1.11 回采率 mining rate

采空区地基处理范围内煤炭资源开采体积占工业储量的百分比。

2.1.12 灌注损耗系数 grouting lost coefficient

采空区灌注充填法地基处理施工中,用于衡量因“跑、冒、滴、漏”等造成注浆浆液损失的参数。

2.1.13 采空区剩余空隙率 mine goaf residential voidage

采空区实际剩余空隙的体积与煤炭资源开采体积之比。

2.1.14 穿越法 pile foundation

采用桩基础穿越采空区使桩端进入采空区稳定底板的采空区地基处理方法。

2.1.15 跨越法 beam/raft foundation

采用梁或筏板跨越采空区巷道,基础置于巷道两侧稳定岩土体的采空区地基处理方法。

2.1.16 砌筑法 masonry

对洞室空间较大、顶板较稳定、通风条件良好的采空区,采用干砌、浆砌砌体或浇注混凝土等方法,以增强对采空区顶板支撑作用的采空区地基处理方法。

2.1.17 剥挖回填法 excavation refilling

移除采空区上覆岩石及覆盖物,采用回填材料分层回填压实或夯实的处理方法。

2.1.18 强夯法 dynamic compaction

在浅埋采空区,将夯锤提到一定高度后使其自由下落,以冲击和振动能量使采空区岩土体得到固结压密的处理方法。

2.1.19 采动边坡 mined slope

受采空区采动、变形影响控制的边坡。其主要破坏形式为采动滑坡和采动坡体崩塌。

2.1.20 采动滑坡 mined landslide

开采沉陷诱发的滑坡。

2.1.21 采动坡体崩塌 mined rock collapse

指受采空区变形影响,较陡斜坡上的岩土体在重力作用下突然脱离母体崩落、滚动、堆积在坡脚(或沟谷)的现象。

2.1.22 建筑措施 architectural measure

按采空区特征确定建(构)筑物的建筑体型及平面位置等建筑特征,以消除或减小因采空区地表移动变形对建(构)筑物的影响而采取的建筑设计措施。

2.1.23 结构措施 structural measure

提高建筑结构的抗变形能力,以消除或减小因采空区地表移动变形对建(构)筑物的影响而采取的结构设计措施。

2.1.24 工后检测 detection after construction

采空区地基处理施工结束后,对其处理施工质量及处理效果等进行的综合检测评价。

2.2 符 号

2.2.1 采空区特征

H_d ——采空区埋深；
 M ——采出煤层法向厚度；
 N ——煤层回采率；
 n ——采空区剩余空隙率；
 α ——煤层倾角；
 i ——倾斜值；
 K ——曲率值；
 ε ——水平变形值；
 φ ——松散层移动角；
 δ ——采空区上覆岩层移动角；
 β ——采空区下山方向上覆岩层移动角；
 γ ——采空区上山方向上覆岩层移动角。

2.2.2 采空区地基处理

Q_g ——灌注量；
 S ——采空区地基处理面积；
 τ ——灌注量损耗系数；
 η ——充填系数；
 c ——浆液结石率；
 R_c ——结石体抗压强度；
 v_s ——横波波速；
 k ——侧向摩阻力折减系数；
 P_z ——砌筑体上覆荷载；
 H_a ——砌筑采空空洞上覆岩土体影响高度；
 Q_f ——强夯回填量；
 B ——采空区水平处理范围；
 h_d ——采空边缘区处理深度。

3 基本规定

3.0.1 采空区地面建(构)筑物地基处理设计应根据建(构)筑物规模、功能特征,采空区特征以及采空区地基可能造成建(构)筑物破坏或影响正常使用的程度分为三个等级,设计时应根据具体情况,按表 3.0.1 的规定确定。

表 3.0.1 采空区地基处理设计等级

设计等级	建(构)筑物及煤矿采空区特征
甲级	1. 现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中规定的地基基础设计等级为甲级及《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592 中规定的结构安全等级为一级的建(构)筑物; 2. 位于急倾斜煤层采空区露头地段、非正规开采的小窑煤矿采空区、复采及多煤层开采采空区上的建(构)筑物; 3. 地表移动盆地外边缘区以及地表陷坑、塌陷、滑坡、崩塌、地裂缝等发育地段的建(构)筑物; 4. 采深采厚比<30且停采时间$t < 2.0H_d$或<1年的采空区建(构)筑物
乙级	除甲级、丙级以外的工业与民用建(构)筑物
丙级	1. 荷载分布均匀的七层以下民用建筑及一般工业建(构)筑物,次要的轻型建(构)筑物; 2. 水平(缓倾斜)采空区,采用正规开采方法开采单一煤层的一般拟建建(构)筑物; 3. 地表移动盆地中间区以及地表陷坑、塌陷、滑坡、崩塌、地裂缝等不发育地段的一般拟建建(构)筑物; 4. 采深采厚比≥ 60且停采时间$t \geq 3.0H_d$且≥ 2年的一般拟建建(构)筑物

注:1 H_d 为采空区埋深(m), t 为停采时间(天);

2 对 30 层以上和高度大于 100m 超高层建筑以及高度超过 100m 的构筑物的下伏采空区地基处理设计与施工应进行专门论证。

3.0.2 煤矿采空区新建、改建和扩建工程设计和施工前,必须进行煤矿采空区岩土工程勘察,判定工程建设场地的稳定性和适宜性。勘察及评价结论应作为煤矿采空区地基处理、建(构)筑物及地基基础设计的主要依据。

3.0.3 采空区场地稳定性及适宜性评价应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的有关规定。

3.0.4 煤矿采空区建(构)筑物地基处理宜在地表移动衰退期结束后进行。

3.0.5 采空区建(构)筑物地基处理主要对象,应包括拟建场地影响范围内煤矿采空空洞、采空区覆岩垮落、离层及对场地和地基稳定性有影响的巷道、废弃井筒、地表裂缝、塌陷坑等。

3.0.6 采空区建(构)筑物地基处理面积及处理深度,应依据建筑物特征、采空区特征、采空区地基处理设计等级及采空区地基处理方法等综合确定。

3.0.7 采空区地基处理方法应根据上部结构对地基处理的要求、采空区采矿和地质条件、覆岩垮落类型、地表变形特征、工期、地区经验和环境保护等综合确定,并应符合下列规定:

1 对条带式、房柱式、穿巷式开采等非充分采动,或顶板自然垮落、尚属稳定的浅层采空区,可按本规范地基处理方法适用范围综合选定;

2 依据覆岩及其垮落类型选择地基处理方法,可按表 3.0.7-1 的规定确定:

表 3.0.7-1 依据覆岩及其垮落类型选择的地基处理方法

覆岩 类型	垮落 类型	变 形 特 征	处 理 方 法		
			采空区类型		
			浅层采空区	中层采空区	深层采空区
局部 坚硬岩	拱冒型	采用长壁垮落法开采形成“自然拱”或无支撑“砌体拱”、“板拱”,地表变形轻微	穿越、砌筑、局部灌注充填	局部或全灌注充填	砌筑、局部灌注或全灌注充填

续表 3.0.7-1

覆岩类型	垮落类型	变形特征	处理方法		
			采空区类型		
			浅层采空区	中层采空区	深层采空区
主要为坚硬岩	弯曲型	采用条带法或房柱法开采形成“悬顶”，煤柱面积一般占 30%~35%，覆岩稳定，地表变形最大值小于煤层采高的 5%~15%	穿越、砌筑、全灌注充填	局部或全灌注充填	砌筑、局部灌注或全灌注充填
主要为坚硬岩	切冒型	采深较小且煤柱面积小于 30%~35%，覆岩不能形成“悬顶”，煤柱失稳，地表突然陷落形成“断陷”式盆地	局部或全灌注充填	全灌注充填	全灌注充填
软弱、极软弱岩	抽冒型	急倾斜煤层采深较小或开采煤层覆岩不能形成“悬顶”，地表形成漏斗状陷坑	剥挖回填、全灌注充填	全灌注充填	全灌注充填

3 对充分采动的具有典型“三带”特征及地表移动盆地变形的大面积煤矿采空区，可按表 3.0.7-2 确定。

表 3.0.7-2 充分采动的具有典型“三带”特征及地表移动盆地变形的大面积煤矿采空区地基处理方法

采空区类型	地表移动盆地		
	中间区	内边缘区	外边缘区
浅层采空区	全灌注充填、堆载预压、强夯、穿越/跨越法、剥挖回填法		
中层采空区	局部或全灌注充填	全灌注充填	全灌注充填
深层采空区	局部灌注充填	局部或全灌注充填	局部或全灌注充填

3.0.8 不同类型或不同变形区段的采空区,可根据采空区变形特征、稳定性现状、拟建建(构)筑物重要性等级以及对不均匀沉降敏感程度等,采取不同的地基处理方法。

3.0.9 对评定为稳定及基本稳定的采空区场地,在确定采空区地基处理设计方案时,尚应分析下列可能引起采空区活化的不利因素:

1 非充分采动的采空区及小窑采空区,地下水长期对煤(岩)柱、顶底板岩石的软化作用;

2 充分采动采空区垮落、断裂带地下水长期对覆岩的潜蚀、软化作用;

3 地表水经塌陷坑、采动裂缝等长期入渗对采空区的作用;

4 多煤层重复采动及邻近矿区开采的作用;

5 地质构造褶皱、断裂强烈发育的采空区,受邻近矿区采动、爆破振动、地震等作用;

6 充水采空区,因相邻矿区开采的疏排水作用;未充水采空区,因外界因素积水的软化作用;

7 垮落带、断裂带发育且密实程度差的浅层、中深层采空区场地上的附加荷载作用。

3.0.10 应根据采空区类型、建(构)筑物规模及其所处地表移动变形位置,同时结合上部结构、基础和地基的共同作用,选用地基处理与加强上部结构抗变形能力的综合措施。

3.0.11 对以下类型采空区地基处理工程,应在有代表性的区段进行现场试验和试验性施工,并应校验设计参数和施工工艺:

1 采空区地基处理设计等级为甲、乙级的工程;

2 无区域处理经验的工程;

3 采用新材料或新处理工艺的工程。

3.0.12 采空区地基处理设计除应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 所有采空区建(构)筑物地基计算,应满足承载力计算的有

关规定；

2 采空区建(构)筑物地基变形验算,应分析评价采空区残余变形的影响；

3 对位于斜坡上或边坡附近的采空区建(构)筑物以及受较大水平荷载作用的高层建筑、高耸结构,尚应进行地基稳定性验算。

3.0.13 处理后的采空区场地变形允许值应按表 3.0.13 确定。

表 3.0.13 场地变形允许值表

变形允许值 地基处理 设计等级	场 地 变 形		
	下沉速率 (mm/d)	水平变形值 ϵ (mm/m)	倾斜值 i (mm/m)
甲级	≤ 0.17	1.0	1.0
乙级	≤ 0.17	1.5	2.0
丙级	≤ 0.17	2.0	3.0

3.0.14 采空区地基处理施工期间,地表移动变形监测,监测的内容、方法、精度,应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 中勘察阶段变形监测的有关规定。

3.0.15 采空区地基上的建(构)筑物,应进行长期变形监测,监测内容、方法及精度应满足现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

3.0.16 采空区地基处理施工工艺、工序应根据采空区顶板垮落特征、密实程度、充水状态等综合确定,并应严格控制工序、质量,进行施工验证和工后检测与评价。

3.0.17 煤矿采空区建(构)筑物地基处理鼓励采用新技术、新材料和新工艺,合理利用矿渣、尾矿等废弃物,应遵守国家现行安全生产和环境保护等有关规定,并应符合耐久性使用要求。

3.0.18 煤矿采空区地基处理设计等级为甲级、乙级的建(构)筑物,地基处理设计、施工、质量检验和工后监测等均应符合动态设计、信息法施工的工程管理要求。地基处理设计等级为丙级的建(构)筑物,地基处理设计、施工宜采用动态工程管理方法。

4 灌注充填法

4.1 一般规定

- 4.1.1 灌注充填法可用于各类型煤矿采空区的地基处理。
- 4.1.2 灌注充填材料除应满足环境保护要求外,所选用材料的规格、配比及各项参数均应满足采空区地基处理要求。
- 4.1.3 灌注充填加固前宜进行室内浆液配比试验和现场灌注试验,确定设计参数、处理效果、施工工法和施工设备。

4.2 设计

- 4.2.1 灌注充填法地基处理面积及处理深度可按本规范附录 A 计算。
- 4.2.2 灌注孔布设应符合下列规定:
- 1 灌注孔宜采用三角形布设,对于水平或近水平煤层采空区,可采用正三角形布设;
 - 2 灌注孔间距应根据现场试验确定,在有经验的地区,也可根据覆岩地层结构及岩性、回采率及采空区“三带”连通性,按表 4.2.2 确定;

表 4.2.2 灌注孔间距

序号	判 别 条 件	孔间距(m)
1	坚硬顶板,回采率 $\geq 60\%$,采空区“三带”的岩体离层、空隙、裂隙之间连通性较好	15~30
2	无坚硬顶板,回采率 $\geq 60\%$,采空区“三带”的岩体离层、空隙、裂隙之间连通性较差	10~15

续表 4.2.2

序号	判 别 条 件	孔间距(m)
3	坚硬顶板,回采率 $<60\%$,采空区“三带”的岩体离层、空隙、裂隙之间连通性较好	10~15
4	无坚硬顶板,回采率 $<60\%$,采空区“三带”的岩体离层、空隙、裂隙之间连通性较差	≤ 10

3 采空区地基处理范围边缘部位应设置帷幕孔,并宜按多排、三角形布置,间距可取灌注孔间距的 $1/2 \sim 2/3$,且不宜大于 10m;

4 对存在采空区积水的特殊场地,帷幕孔的布设应满足注浆挤压排水工艺的要求;

5 取芯孔的数量应为注浆孔、帷幕孔总数的 $3\% \sim 5\%$ 。取芯孔应全孔取芯,每回次岩芯采取率对完整、较完整岩石应大于 80% ,对破碎岩石应大于 70% ,并应统计岩石质量指标 RQD。

4.2.3 灌注材料、配比应符合下列要求:

1 灌注材料宜以水泥、粉煤灰、黏性土等材料为主,在满足设计要求的条件下,可选用其他替代材料;

2 当采空区空洞、裂隙发育或存在采空区积水时,可配合灌注砂、石屑、砾石、矿渣等粗骨料,粗骨料粒径的控制标准以满足可灌注施工为准,灌注材料的规格应按表 4.2.3 确定;

表 4.2.3 灌注材料规格

序号	原料	规 格 要 求
1	水	应符合混凝土用水要求
2	水泥	强度等级不低于 32.5MPa
3	粉煤灰	符合国家二、三级质量标准
4	黏性土	塑性指数不宜小于 10,含砂量不宜大于 3%
5	砂	天然砂或人工砂,粒径不宜大于 2.5mm,有机物含量不宜大于 3%
6	石屑或矿渣	最大粒径不宜大于 10mm,有机物含量不宜大于 3%

3 灌注材料的配比应结合当地经验,按采空区地基处理设计等级并通过现场试验确定;浆液水固比宜取 1:1.0~1:1.3,并可掺入适量减水剂,当采空区存在积水时宜取小值;水泥应占固相的 15%~35%,地基处理设计等级为甲级或乙级时宜取高值。

4.2.4 全灌注充填法灌注量在缺乏经验地区可按式估算:

$$Q_g = \frac{\tau \cdot S \cdot M \cdot N \cdot n \cdot \eta}{c \cdot \cos \alpha} \quad (4.2.4)$$

式中: Q_g ——灌注量(m^3);

τ ——灌注量损耗系数,可取 1.2~1.5;

S ——采空区地基处理面积(m^2);

η ——充填系数;

M ——采出煤层法向厚度(m);

N ——煤层回采率(%);

n ——采空区剩余空隙率(%);

c ——浆液结石率(%),以试验或地区经验确定,并不小于 80%;

α ——煤层倾角(°)。

4.2.5 钻孔直径、止浆位置设计应根据注浆工艺确定,并应符合下列规定:

1 灌注钻孔开孔直径宜为 130mm~150mm,终孔直径不宜小于 89mm,需投入骨料时终孔直径不应小于 110mm;

2 止浆位置应选择在孔壁围岩稳定、岩石无纵向裂隙发育地段。

4.2.6 灌注施工工艺参数应符合下列规定:

1 灌注压力应通过现场灌注试验确定,以不出现地表隆起为控制标准;

2 灌注终孔压力宜为注浆压力的 1.5 倍~2.0 倍,注浆压力达到灌注终孔压力后,单位灌注量小于 50L/min 且稳定 15min 以

上作为结束灌注控制标准。

4.2.7 灌注顺序及工艺应符合下列规定：

1 应先施工边缘帷幕孔,后施工中间灌注孔,以形成有效的止浆帷幕；

2 钻孔应按次序间隔成孔,成孔过程中应根据前序次注浆孔注浆情况,结合地层及采空区特征对后次序的孔位、孔距、孔数、孔深进行调整；

3 灌注施工顺序应防止浆液无序扩散,并应遵循“分序间隔灌注”的原则；

4 倾斜煤层应先施工沿倾向深部采空区边缘孔,并应采取从深到浅的施工顺序；

5 单层采空区且采厚小于 2m 的,可采用全孔一次性灌注施工；

6 多层采空区矿层间隔较小且各矿层的垮落、断裂带互相贯通时,可采用一次成孔,自下而上分段灌注施工；

7 多层采空区矿层间隔较大,宜自上而下分段成孔,并应分段灌注施工；

8 对于充水采空区,可灌注石粉、砂砾石等粗骨料,或采用低压浓浆灌注、添加速凝剂、间歇灌注及疏排水等措施保障灌注效果;治理方案应进行专项技术论证。

4.2.8 采空区灌注成孔和灌注工艺应根据采空区顶板覆岩性质、垮落带与断裂带裂隙的发育程度、连通性与透水性确定。对于缺乏灌注经验或采用新的灌注工艺或灌注材料时,在大面积灌注施工前,应根据采空区特征选择代表性区段进行钻孔工艺性成孔试验和灌注试验,试验段孔数宜为设计灌注孔总数的 3%~5%。

4.2.9 采空区灌注处理设计应根据灌注要求、材料、工艺及采空区特征等制定施工质量验收标准,灌注充填法设计施工检测标准应符合表 4.2.9 的规定。

表 4.2.9 灌注充填法设计施工检测标准

检测项目	检测方法	检测要求	检测标准
结石体抗压强度 R_c (MPa)	钻探、室内试验	满足有关国家标准要求	甲、乙类地基不应小于 2.0MPa,丙类地基不应小于 0.6MPa
充填系数 η (%)	孔内电视、开挖,压浆试验	描述岩体,统计分析压浆量	大于 85%
横波波速 v_s (m/s)	孔内波速(跨孔 CT)	竖向间距宜为 1.0m	不应小于 300m/s
倾斜值 i (mm/m)	变形监测	满足现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的有关要求	应符合本规范第 3.0.12 条的规定
水平变形值 ϵ (mm/m)			
曲率值 $K(\times 10^{-3}/m)$			

注:1 采空区注浆结石体抗压强度指标的规定适用于基础主要受力层以外的采空区地基处理范围,对于位于建筑基础主要受力层范围的,应满足建筑荷载使用要求;

2 全部检测项目达到设计要求及检测标准时,施工质量合格;有一项检测项目未达到设计要求或检测标准时,施工质量不合格,应进行综合分析,并应制定整治和补救方案。

4.3 施 工

4.3.1 灌注站的位置、数量及制浆能力应根据现场实际情况、工程规模及工期要求确定。

4.3.2 单层采空区采用全孔一次性灌注或多层采空区采用自下而上式灌注时,灌注可采用似法兰盘简易止浆法止浆,止浆浇筑后凝固时间不宜小于 48h,灌注前应对止浆装置的有效性进行检验;

多层采空区采用自上而下式灌注时,灌注应采用套管止浆。

4.3.3 灌注管路及其接头应承受设计最大灌注压力的 1.5 倍~2.0 倍,过流断面不应变径,灌注管路系统应严格密封。

4.3.4 采空区地基处理设计等级为甲、乙级时,宜设置灌注现场试验室,灌注施工前应对灌注浆液配比及浆液的密度、稠度、结石率、初凝和终凝时间等进行现场检测。

4.3.5 灌注成孔施工应符合下列规定:

1 施工前应根据设计复核孔位,施工孔位与设计孔位的允许偏差宜为设计灌注孔间距的 10%;

2 灌注孔位偏差因现场环境、地形地势、地下埋设物等条件影响超过设计允许偏差时,应对原设计孔位、孔数进行调整;

3 注浆成孔宜分 2 个~3 个次序间隔成孔;

4 钻进时应详细记录漏水、吸风、掉钻、塌孔、埋钻等现象及采空区水位、水量的变化;

5 灌注钻孔达到设计深度后应对钻孔进行冲洗,对遇水软化、漏浆严重钻孔不宜冲洗,并应及时下入注浆管和止浆装置。

4.3.6 灌注孔施工宜按照制浆——浆液性能指标检测——泵送灌注——泵量、孔口压力定时观察记录——满足单孔结束标准——终孔报验——提交灌注成果资料的流程进行;灌注过程中应对注浆泵压、孔口压力、灌注量、浆液浓度等进行全程监控,并宜每 2h~3h 记录一次。

4.3.7 当单孔灌注量达到设计平均单孔灌注量的 80%~120%,灌注压力和单位灌注量均无明显改变,或单位灌注量大于 250L/min 时,宜调整浆液浓度。

4.3.8 止浆装置达到设计要求后应及时进行灌注施工,灌注孔与正在成孔的注浆孔应控制间距防止串浆。灌注过程中发生冒浆、串浆时,应采用低压、浓浆、小泵量、间歇灌注等方法进行处理。

4.3.9 采空区地基处理范围毗邻正在使用的地下井巷时,应在井

巷内砌筑止浆墙,并应定期进行安全观测。

4.3.10 灌注工程竣工资料除应符合现行建筑施工竣工资料要求外,灌注施工用表宜符合本规范附录 B 的规定。

4.4 质量检验

4.4.1 主要灌注材料和浆液性能检验应符合下列规定:

1 每个批号的水泥均应进行检测。同一批号的水泥产品每超过 300t 时,应增加检测一次。

2 粉煤灰应按每 500t 检测一次。

3 灌注量每达 400m³ 时,应制作一组浆液试样,每组 3 块。灌注浆液试块宜采用边长 70.7mm 的立方体,测定其立方体抗压强度,养护条件应与结石体在采空区内的环境相近。

4 浆液试块性能测试应按现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定执行。

5 当同一灌注孔采用了多种配合比浆液时,应测定每一种配合浆液的上述参数。

4.4.2 灌注材料存放、运输应符合下列规定:

1 水泥的存放及运输应防潮,并按强度、产地、等级、品种及进场日期分区堆放;

2 当水泥受潮或存放时间超过 3 个月时,应重新取样检验;

3 粉煤灰存放、运输过程中不得与水泥等粉状材料混堆,并应采取适当的防尘、防扬尘措施。

4.4.3 灌注充填法采空区地基处理工程质量检验宜在施工结束 3 个月后进行,检测结果应满足设计要求。

4.4.4 灌注充填法工程质量检验检测项目、方法及要求应符合本规范表 4.2.9 的规定。

4.4.5 检查钻孔施工应采用回转钻进、全孔取芯钻探工艺,单一回次岩芯采取率不宜小于 90%。岩芯描述应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。对充填胶结结石体

应重点描述浆液对空隙和裂隙的充填胶结程度、浆液结石体的坚硬程度、完整性等。

4.4.6 钻孔检测数量应为灌注孔、帷幕孔总数的 3%~5%，且不应少于 3 个。地基处理设计等级为甲、乙级的建(构)筑物施工过程中出现异常的地段，应重点布置钻探检测孔。

4.4.7 波速测试检测灌注充填法施工质量应符合下列规定：

1 应以采空区受注层的平均剪切波速作为评价采空区灌注施工质量检测的指标；

2 应对比采空区勘察时的波速测试成果与灌注施工质量检测结果，分析评价采空区灌注施工的质量。

4.4.8 对埋深小于 30m 的浅层采空区，可通过探井、探坑直接观测采空区受注层的浆液充填和结石情况，确认剩余空洞情况，测试结石体强度，评价采空区充填系数。

4.4.9 采用压浆试验检测采空区处理效果时，压浆浆液配比、终孔条件等工艺参数应与灌注施工相同。

4.4.10 灌注处理质量检测报告应包括工程概况、检测项目、检测方法、试验报告、工程质量和灌注效果综合评价等内容。

5 穿越/跨越法

5.1 一般规定

5.1.1 穿越法可用于地基处理设计等级为甲级、乙级,场地变形值符合本规范第 3.0.12 条的规定,采空区埋深不大于 30m 的非急倾斜采空区地基处理。

5.1.2 梁板跨越法可用地基处理设计等级为乙级、丙级,宽度小于 10m 的稳定、基本稳定的巷道或地下硐室采空区地基处理。

5.2 设计

5.2.1 采用穿越法、跨越法进行煤矿采空区地基处理,其处理面积应根据建(构)筑物基础几何尺寸、地基持力层及采空区特征等条件确定,处理深度为采空区地基范围。

5.2.2 采用穿越法、跨越法进行煤矿采空区地基处理,应综合采空区类型、顶板管理形式、停采时间、顶底板埋深及岩性、覆岩特征、冒落物性状,水文地质条件,建筑规模、功能及荷载特征、对差异变形的适应性、施工技术条件与环境等因素设计,并确保施工安全。

5.2.3 采用穿越法处理的采空区桩基设计等级,应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 对甲级设计等级的有关规定。

5.2.4 穿越法桩基结构应按承载极限状态和正常使用极限状态进行设计,且应根据下列具体情况,分别进行承载力、沉降计算和稳定性验算:

- 1 应按桩基的功能和受力特征计算其竖向和水平承载力。
- 2 应对桩身和承台承载力进行计算;对长径比大于 50 的桩,

应进行桩身压屈验算。

3 采动边坡及岸边地段的桩基,应将桩支承于采空区坚硬或较坚硬岩底板上,并应进行整体稳定性验算。

4 抗震设防区的桩基应进行抗震承载力验算。

5 采空区底板下存在极软弱岩层时,应进行软弱下卧层承载力验算。

6 非厚层坚硬底板桩端持力层以及体型复杂、荷载差异较大或采空区底板下存在极软弱岩层时,应进行桩基沉降计算。

7 对水平位移有严格要求或受水平荷载较大的桩基,尚应计算其水平位移。

5.2.5 桩基设计时,荷载效应组合及其相应的抗力、基桩的布置应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定,并应计算采空区地表残余变形的影响。

5.2.6 顶板完全垮落的采空区,可采用预注浆再穿越的采空区综合处理方法,桩基可按摩擦端承型桩设计,并应按照现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定进行桩基沉降计算。

5.2.7 对未进行预灌注或充填的采空区,桩基应按端承型桩设计,计算应计入采空区垮落带、裂隙带负摩阻力的影响。

5.2.8 桩端持力层应选择坚硬完整或坚硬较完整岩石,嵌岩深度应综合荷载、采空区底板倾斜程度、桩径 d 等确定,并应符合下列规定:

1 嵌入倾斜完整和较完整基岩底板的全断面深度不宜小于 $1.0d$,且不应小于 1.0m ;倾斜度大于 30° 的中风化岩,宜根据底板倾斜度及岩石完整性加大嵌岩深度。

2 对于嵌入水平(缓倾斜)、完整的坚硬岩和较硬岩采空区底板深度不宜小于 $0.5d$,且不应小于 0.5m 。

5.2.9 钢筋混凝土灌注桩基正截面构造配筋率不宜小于 $0.2\% \sim 0.65\%$,并应沿桩身等截面通长配筋。腐蚀环境中桩主筋直径不

宜小于 16mm,非腐蚀环境中不宜小于 12mm。桩身混凝土强度等级不得小于 C30。主筋保护层厚度不得小于 50mm,腐蚀环境中不应小于 55mm。箍筋宜采用螺旋式,直径不应小于 10mm,间距宜为 100mm~300mm;当钢筋笼长度大于 4m 时,应每隔 2m 设置直径不小于 16mm 的焊接加劲箍筋。

5.2.10 受水平荷载较大或承受水平地震作用的桩基,配筋长度应通过计算确定,且主筋不应小于 $8\phi 16$,桩顶以下 $5d$ 范围的箍筋应加密且间距不应大于 100mm;当位于冒落裂隙带范围时箍筋应加密。

5.2.11 穿越法桩顶作用效应和竖向承载力的计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定,当采用摩擦端承桩计算时,摩阻力计算应计入折减量,侧向摩阻力折减系数可根据实测资料或当地工程经验确定。

5.2.12 单桩竖向极限承载力标准值应通过单桩静载试验确定,试验方法应按现行行业标准《建筑桩基检测技术规范》JGJ 106 的有关规定执行。大直径端承桩极限端阻力标准值可通过深层平板载荷试验确定,嵌岩桩极限端阻力标准值和极限侧阻力标准值可采用直径为 0.3m 岩基平板或直径为 0.3m 载荷嵌岩短墩确定,试验方法应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.2.13 采用梁板跨越法进行煤矿采空区地基处理设计时,对承载极限状态和正常使用极限状态的计算及验算应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.2.14 采用梁板跨越法时,混凝土板应按简支单向板计算,板的跨厚比不宜小于 30,梁板的构造配筋应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

5.2.15 穿越、跨越法结构的耐久性设计应根据采空区充水情况、结构设计使用年限和现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 中规定的环境类别确定。

5.3 施 工

5.3.1 穿越法、跨越法施工前应具备下列资料：

1 应查明采空区类型、覆岩(土)特性、“三带”发育程度、断裂带的贯通性、采空高度、产状、空洞填充以及充水情况、地下水埋藏情况、水位变幅及地下水的腐蚀性等；

2 建筑场地内地下管线、地下构造物、高压架空线等的调查资料；

3 相邻采空区场地类似工程的现场载荷试验资料、设计和施工工艺参数；

4 主要施工机械设备的技术性能,施工工艺对已探明采空区条件的适宜性。

5.3.2 对于重要工程,应在代表性地段选择试验区进行现场试桩或试验性施工,并应进行现场测试和检测。试验异常时,应分析原因,并应及时修改设计参数、优化设计或调整施工工艺。

5.3.3 钻孔机具及施工工艺的选择应根据桩型、采空底板深度、采空区“三带”发育特征、顶板垮落、冒落物压密程度、充水情况、有毒有害气体赋存状况、护壁措施、泥浆排放及处置等综合因素确定。

5.3.4 采空区地基处理桩型应根据采深采厚比、地下水位及覆岩裂隙发育特征,结合当地工程经验确定,并应符合下列规定：

1 地下水位以下的桩型,可选用泥浆护壁钻孔灌注桩、旋挖成孔灌注桩、冲孔灌注桩；

2 地下水位以上的桩型,可选用干作业钻孔灌注桩、机械成孔灌注桩；

3 穿越法采空区地基处理不得选用人工挖孔灌注桩。

5.3.5 当采用钻、冲、挖掘作业成孔时,必须确保桩端进入底板持力层的设计深度;灌注桩成孔施工允许偏差应按表 5.3.5 的规定确定。

表 5.3.5 灌注桩成孔施工允许偏差

成孔方法		桩径 允许偏差 (mm)	垂直度 允许 偏差(%)	桩位允许偏差(mm)	
				条形基础沿垂 直轴线方向和群 桩基础中的边桩	条形基础沿轴 线方向和群桩基 础中的中间桩
泥浆护 壁钻、挖、 冲孔桩	$d \leq 1000\text{mm}$	± 50	1	$d/6$ 且不大于 100	$d/6$ 且不大于 150
	$d > 1000\text{mm}$	± 50	1	$100 + 0.01H_p$	$150 + 0.01H_p$

注:1 桩径允许偏差的负值仅为个别断面;

2 H_p 为桩顶设计标高与施工现场地面标高的距离, d 为设计桩径。

5.3.6 钻进过程中揭露采空区顶板时,钻进方法和钻具应根据采空区发育特点确定,并应采用充填、封闭等堵漏措施钻进;采空区内无冒落物时,钻进可按采空大小及时埋设护壁套管。

5.3.7 对采空埋深较大的嵌岩端承桩宜采用反循环工艺成孔或清孔,也可根据采空区覆岩稳定性和垮落、裂隙发育程度采用正循环钻进,反循环清孔;不易塌孔的地层可采用空气吸泥清孔。

5.3.8 对于泥浆护壁钻孔嵌岩端承桩,桩端 0.5m 以内的泥浆相对密度应小于 1.25,含砂率不得大于 8%,黏度不得大于 28s,孔底沉渣厚度不应大于 50mm。当采空区存在空洞、冒落物不密实及采空充水等特殊情况,沉渣厚度达不到以上指标要求时,应根据现场试桩资料,及时调整设计参数,可采用桩端后注浆灌注工法施工。

5.3.9 穿越法采空区地基处理桩基施工宜采用桩端后注浆灌注工艺,后注浆管阀的设置、技术性能以及浆液配比、终止灌注压力、流量、灌注量等设计、施工参数应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.3.10 采空区存在积水时,采用穿越法进行采空区地基处理水下混凝土的灌注应符合现行行业标准《建筑桩基技术规范》JGJ 94 的有关规定。

5.4 质量检验

5.4.1 梁板跨越法工程质量检验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。

5.4.2 桩基穿越法工程桩质量检验应符合国家现行标准《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202、《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106 的有关规定,并应符合下列规定:

1 应采用单桩静载试验的方法进行工程桩承载力检测,检测数量不应小于总桩数的 2%,且不应小于 3 根;

2 应采用钻芯法检测工程桩桩长,采用钻芯法、声波透析法、动测法检测桩身完整性,检测数量不应少于总桩数的 30%,且不应少于 20 根;

3 大直径桩的承载力可根据桩端持力层岩性报告结合桩的质量检验报告进行核验。干作业大直径端承桩宜采用钻孔取芯等方法对桩端持力层进行检验。

5.4.3 水下混凝土灌注及孔底泥浆清洗,质量控制应符合设计要求。

6 砌 筑 法

6.1 一 般 规 定

6.1.1 砌筑法可用于非充分采动、采空区顶板未完全垮落、空洞大、通风良好且具备人工作业和材料运输条件的采空区地基处理。

6.1.2 砌筑法施工应严格执行“安全第一、预防为主”的煤矿安全生产方针,当遇冒顶、掉块、片帮、涌水、有毒有害物质等危险环境作业时,必须先排除安全隐患、后进行砌筑作业,并加强安全监测工作。

6.1.3 砌筑材料的选用应符合环境保护要求,其质量等级应满足设计要求。

6.2 设 计

6.2.1 采用砌筑法处理的采空区范围,应为根据本规范附录 A 计算的处理范围内的采空区采掘工作面、采空巷道等。

6.2.2 砌筑法(图 6.2.2)采空区地基处理砌筑体实际承受荷载(P_Z)可按下式计算:

$$P_Z = \gamma_d \cdot H_a \cdot (A + Z)(E + Z) \quad (6.2.2)$$

式中: γ_d ——砌筑采空空洞影响高度内岩土体加权平均重度(kN/m^3);

H_a ——砌筑采空空洞上覆岩土体影响高度(m),对于正规开采取 8 倍~10 倍采厚,对于小窑开采可取 6 倍~8 倍采厚。

A ——砌筑体宽度(m);

Z ——砌筑体间距(m);

E ——砌筑体长度(m)。

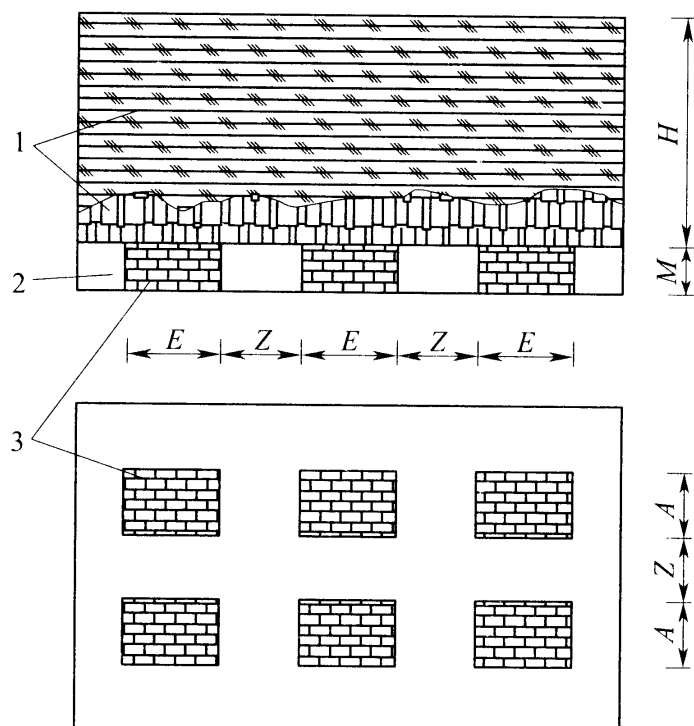


图 6.2.2 砌筑法示意图

1—覆岩;2—采空区;3—砌筑体

6.2.3 浆砌材料可采用毛料石或砖,毛料石应采用新鲜、耐风化的硬质岩石,强度等级不应低于 MU30,砖强度等级不应低于 MU15,砂浆等级不应低于 M10,混凝土等级不应低于 C15。

6.2.4 砌筑体尺寸、高宽比设计应满足构造要求,并应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定。

6.2.5 砌筑体的强度要求可按下式计算:

$$f_{cu} \geq 4 \cdot \frac{P_z}{S_c} \quad (6.2.5)$$

式中: f_{cu} ——试块强度(MPa);

P_z ——砌筑体上覆荷载(kN);

S_c ——砌筑体受力面面积(m^2)。

6.2.6 砌筑体结构应按承载力极限状态设计,并应满足正常使用极限状态要求,且应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定。

6.2.7 砌筑体地基承载力应符合现行国家标准《建筑地基基础设

计规范》GB 50007 的有关规定。

6.3 施 工

6.3.1 砌筑法施工准备阶段应核实采空区位置、范围等煤矿采空区基础特征资料,并应做好各项准备工作。砌筑体位置及尺寸应满足设计要求。

6.3.2 砌筑材料规格、强度应符合设计要求。砌筑材料应均匀、不易风化、无裂纹,强度测定应符合现行国家标准《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。水泥、砂、水等材料的质量标准应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定。

6.3.3 砌筑法施工时应首先清除顶板的危岩及垮落堆积物。干砌体应从里到外施工,以 2m~3m 作为一个施工段,并宜以 2 层~3 层砌块构成一组构件层。各组构件层竖缝应相互错开,不得贯通。转角石和外圈定位行列,应选择形状规则、较大尺寸的砌材,宜长短相间并相互咬接。砌缝宽度不应大于 40mm,浆砌体砌块在使用前必须浇水湿润。采空区基底砌筑时,表面应清洗、湿润,再坐浆砌筑。砌筑施工应符合现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 的有关规定。

6.4 质 量 检 验

6.4.1 石料、砂、水泥等砌筑材料应进行进场检测,质量标准应按表 6.4.1 的规定确定。

表 6.4.1 砌体质量标准

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检测方法	检查数量
1	砂浆强度(MPa)	不应小于设计值	试块	不应小于 2 组 试件/台班
2	平面位置(mm)	50	实测	不应小于 5 点/20m(外边线)

续表 6.4.1

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检测方法	检查数量
3	断面尺寸(mm)		不应小于设计值	尺量	不应小于 4 个断面/20m
4	表面平整度	片石	20	直尺	5 处/20m (竖直和墙长方向)
5	(mm)	块石	30		

6.4.2 砌筑法竣工后,应对建(构)筑物进行长期变形监测。

7 剥挖回填法

7.1 一般规定

7.1.1 剥挖回填法可用于采空区地基处理设计等级为乙级、丙级,采空区埋深小于 20m,建(构)筑物基底压力小于 200kPa 的采空区地基处理。

7.1.2 剥挖回填设计应根据采空区特征,建(构)筑物体型、结构特点、荷载性质、施工机械设备及回填材料等确定。

7.1.3 回填材料选用应因地制宜,满足环境保护要求。可选用砂石、粉质黏土、灰土、粉煤灰及其他工业废渣等,回填材料质量等级应符合设计要求。

7.1.4 剥挖回填法施工竣工验收后,场地变形应满足本规范第 3.0.12 条的规定。

7.2 设计

7.2.1 采用剥挖回填法处理的采空区范围,应根据本规范附录 A 计算确定。

7.2.2 在周围环境允许条件下,剥挖回填法可采用爆破采空顶板并配合高能量强夯法施工,爆破施工作业必须符合现行国家安全生产的有关规定。

7.2.3 基坑剥挖应根据采空区地基处理范围、地下水赋存状态以及煤层的自燃情况进行设计,并应符合下列规定:

1 处理区段赋存煤柱有自燃可能或自燃时,应首先进行防、灭火设计;

2 估算残留煤柱的资源量,对剥挖揭露的煤柱应按资源管理的规定进行回收处理;

3 当处理范围内存在地下水时应进行基坑帷幕设计和排水设计。

7.2.4 剥挖基坑应按深基坑设计,除应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定外,尚应符合下列规定:

1 基坑周边应布置防火墙,防火墙宽度不应小于 1m,高度不应小于采空区煤层高度;

2 防火墙可采用素土作为材料,并应碾压夯实,压实系数不应小于 0.96;

3 清除煤柱后,在基坑底部应设置素土垫层,厚度不应小于 1.0m 且应与防火墙形成一体。当底层有地下水分布时,首层应以碎块石材料回填,以人工插挤碎块石并用砂砾石充填缝隙。

7.2.5 基坑回填材料及分层压实系数应根据建筑物荷载及变形要求确定,对于需二次施工的场地,应根据二次施工要求选择回填材料。

7.2.6 回填材料的选择应因地制宜、就近取材,宜优先选择利用剥挖产生的土石材料,常用的回填材料应符合下列规定:

1 碎块石最大粒径宜小于 250mm,且不均匀系数应大于 5。

2 黏性土中有机质含量不得超过 5%,不得含有冻土或膨胀土。当含有碎石时,其粒径不宜大于 50mm。

3 灰土体积配合比宜为 2:8 或 3:7。土料宜用粉质黏土,不宜使用块状黏土和塑性指数小于 7 的粉土,其最大粒径不得大于 5mm;石灰宜用新鲜的消石灰,拌和后应过筛,其颗粒不得大于 5mm。

7.2.7 回填材料应分层压实,压实标准应按表 7.2.7 的规定确定。

表 7.2.7 回填材料的压实标准

施 工 方 法	回 填 材 料	压实系数 λ_c
振动压密	碎石(采空剥挖)	0.94
	黏性土	0.96
	灰土(2:8:3:7)	0.95

注:1 压实系数 λ_c 为土的控制干密度 ρ_d 与最大干密度 ρ_{dmax} 的比值;

2 土的最大干密度宜采用击实试验确定,击实试验设备宜结合施工设备确定;

3 碎石或砂石的最大干密度可取 $2.4\text{g}/\text{cm}^3$ 。

7.2.8 处理后地基承载力标准值可按表 7.2.8 的规定确定。

表 7.2.8 地基承载力标准值

回填材料	压实系数 λ_c	承载力标准值(kPa)
碎石(采空剥挖)	0.94	300
黏性土	0.96	180
灰土(2:8:3:7)	0.95	220

7.2.9 回填材料宜分层布置,可按细—粗韵律搭配设置,各层厚度宜为 $0.50\text{m}\sim 0.80\text{m}$ 。基底直接持力层宜设置灰土或黏性土层。

7.3 施 工

7.3.1 剥挖工程应按基坑设计要求自上而下分层分段进行,逐级向侧翼扩展。施工安全应符合下列规定:

1 剥挖前应明确采空区中的空区分布位置,剥挖施工过程中应确保施工安全。

2 当基坑采用支护工程措施时,在支护段内剥挖应对支护结构进行保护,严禁超挖。基坑边坡坡度应符合设计要求。开挖的过程中,岩土介质工程特性与设计不符,岩土层软弱结构面外倾时,应及时采取措施,防止土(岩)体滑坡。

3 严禁在基坑边坡坡顶周边堆放剥挖弃土,堆放点距坡顶边缘的距离应大于 1.5 倍基坑深度。弃土宜按土、石方分类堆放,弃土堆放高度及填土边坡坡比应符合现行国家标准《露天煤矿岩土工程勘察规范》GB 50778 的有关规定。在斜坡地带剥挖时,剥挖基坑上坡向一侧严禁堆放弃土。

4 剥挖作业邻近采空区或揭露采空区时,施工机械设备应具备防爆功能。应进行有害气体测定,在确保安全的前提下,方可进行剥挖作业。

5 弃土堆放场地应远离村庄和河岸、水体地带,应有临时防尘措施并保持弃土地场的排水畅通,不得污染环境。

6 剥挖施工区域内应做好临时排水系统规划,剥挖应处于干燥状态作业。

7 在基坑边坡等危险地段施工时,应设置安全护栏和明显警示标志。夜间施工时,现场照明条件应满足施工需要。

8 采用爆破方式剥挖施工时,火工品及爆破工作的安全管理应符合危险品的管理规定。

7.3.2 基坑回填施工,应按细—粗韵律间隔搭配回填,回填压实应符合下列规定:

1 采用机械碾压压实时,碾压设备宜采用重型机具,黏性土及灰土分层铺填厚度宜小于 50cm,碎块石分层铺填厚度宜小于 80cm,宜振动碾压压实。边坡修整和场地边角、可采用小型机具配合碾压,但应降低铺填厚度。

2 采用强夯压实时,铺填厚度应结合强夯能量确定,并应符合本规范第 8 章的规定。

7.3.3 回填施工至基底附加应力影响范围时,黏性土及灰土铺填厚度应小于 30cm,碎块石铺填厚度应小于 50cm。

7.3.4 黏性土、灰土回填材料施工含水量宜控制在最优含水量 $W_{op} \pm 2\%$ 的范围内。最优含水量可通过击实试验确定。

7.3.5 回填施工时应进行基坑排水,不得在浸水条件下施工。

7.4 质量检验

7.4.1 黏性土、灰土的施工质量检验可用环刀法、试坑法、触探或标准贯入试验检验。采用环刀法或试坑法检验施工质量时,取样点应位于每层厚度的 $2/3$ 深度处,且每 100m^2 不应少于 1 个检验点;采用试坑法时,试坑尺寸不应小于 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 30\text{cm}$;触探检验时,检测点的平面位置宜随机抽取。当有工作经验时,可采用剪切波速检验。

7.4.2 回填的施工质量检验应分层进行,在下层的压实系数符合设计要求后铺设上层土。采用强夯压实,质量检测标准应符合本规范第 8.4 节的有关规定。

7.4.3 竣工验收宜采用载荷试验检验垫层承载力,单体工程不应少于 3 点;大型群体工程可按单体工程或地基处理面积确定检验点数量,各单体工程或每 500m^2 基坑不应少于 1 个检验点。

8 强 夯 法

8.1 一 般 规 定

8.1.1 强夯法可用于下列采空区的地基处理：

- 1 埋深小于 10m、覆岩顶板厚度不大于 6m 的采空区；
- 2 覆岩岩体完整程度为极破碎—较破碎、坚硬程度为极软岩—较软岩的采空区；
- 3 采空区地基处理设计等级为乙级、丙级的采空区。

8.1.2 对于尚未自然垮落的采空区，强夯法设计应遵循两阶段设计原则，第一阶段为夯塌设计，第二阶段为夯实设计，并应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

8.1.3 对于自然垮落及已采用爆破以及机械剥挖回填的采空区，可按第二阶段夯实设计进行。

8.1.4 强夯法在设计前应通过现场试验，确定其适用性和处理效果。

8.2 设 计

8.2.1 采空区强夯地基处理范围，应按本规范附录 A 计算。

8.2.2 大面积采空区夯塌点宜采用正三角形布置；条带、房柱、巷采等采空区宜按采空区长轴方向三角形布置，其净间距宜为 1.0m～1.5m。

8.2.3 夯塌施工前，应选择有代表性的采空区地段进行试验性施工，试夯区面积不宜小于 30m×30m，试验区数量应根据采空区类型、覆岩坚硬程度及厚度、建(构)筑规模及类型等因素确定。

8.2.4 采空区强夯宜采用高能量的单击夯塌能，单击夯塌能取值应通过现场试验和地区经验确定，当缺少试验资料或经验时，单击

夯塌能预估值可按表 8.2.4 确定。当采空区顶板难以夯塌时,宜先爆破或开挖采空区顶板再回填强夯。

表 8.2.4 单击夯塌能预估值

顶板岩石厚度 (m)	夯塌能级 (kN·m)	锤底静接地压力 (kN/m ²)	跨径比
1.0	2000	60~120	≥3
2.0	4000		
3.0	6000		
4.0	8000		
5.0	10000		
6.0	12000		

注:1 跨径比为煤矿采空区跨度与夯锤直径之比;

2 夯塌设计起夯面应为采空区覆岩顶面;

3 夯塌锤型宜选用倒圆台柱锤。

8.2.5 夯实设计中的夯击次数,应按现场试夯得到的夯击次数和夯沉量关系曲线确定,并应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

8.2.6 强夯地基承载力特征值应通过现场载荷试验确定,地基变形计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

8.2.7 强夯回填量可按下式计算:

$$Q_f = \frac{S \cdot M \cdot N \cdot n}{\lambda_d} + S \cdot H_d \cdot (1 - \lambda_d) \quad (8.2.7)$$

式中: Q_f ——强夯回填量(m³);

λ_d ——夯实系数,根据上覆岩土体密实度可取 0.85~0.95;

H_d ——采空区埋深(m)。

8.3 施 工

8.3.1 强夯法施工顺序应遵循“先夯塌、后夯实”分阶段实施的

原则。

8.3.2 夯塌施工阶段夯锤质量宜为 20t~40t,夯锤可采用倒圆台形,锤底静接地压力值宜取 60kPa~120kPa。

8.3.3 夯塌施工总夯沉量不应小于采空高度的 85%。

8.3.4 采空区夯实施工前应将地表裂缝、塌陷坑、夯塌坑回填;夯实施工过程中,应及时回填整平夯坑及场地。

8.3.5 夯塌施工顺序可根据当地经验或试夯结果确定。对缓倾斜采空区,宜由移动盆地中间区向两侧边缘区扩夯;对倾斜采空区,宜由采空区下山方向往上山方向扩夯。

8.4 质量检验

8.4.1 强夯法施工质量检验应检查施工过程中的各项测试数据和施工记录。

8.4.2 检验方法可采用钻探、地球物理勘探、原位测试、夯塌回填量检验等,检测采空区夯塌及充填密实效果。

8.4.3 强夯处理后的地基承载力检验,应在施工结束后间隔一定时间进行,碎块石地基宜为 7d~10d,砂土地基宜为 10d~14d,粉土和黏性土地基宜为 14d~28d。

8.4.4 地基承载力检验应根据静载荷试验方法、其他原位测试和室内土工试验等方法综合确定。单体工程地基静载荷试验检验点不应少于 3 点。

9 堆载预压法

9.1 一般规定

9.1.1 堆载预压法可用于采深小于 10m、充分采动、顶板完全垮落、基底压力小于 300kPa、地基处理设计等级为乙级、丙级的采空区地基处理。

9.1.2 当堆载预压工期较长或预测的残余变形不满足设计要求时,在保证地基整体稳定性条件下可采用超载预压。

9.2 设计

9.2.1 堆载预压地基处理范围及处理深度应按本规范附录 A 计算。

9.2.2 堆载预压法采空区地基处理的设计应包括下列内容:

- 1 堆载材料的选用;
- 2 确定预压区范围、预压荷载大小、荷载分级、加载速率和预压时间;
- 3 对采空区覆土为饱和黏性土的地基,应设置竖向和水平排水系统。

9.2.3 预压荷载应根据设计要求确定;对变形要求严格的建(构)筑物,可采用超载预压法处理,超载量应根据预压时间内要求的变形量通过计算确定,并确保预压荷载作用下地基中的有效竖向应力不小于建(构)筑物荷载产生的附加应力。

9.2.4 预压加载速率应根据采空区覆岩、土的强度确定;当采空区上覆岩土满足稳定性要求时,可一次性加载;如不满足宜分级加载,待前一级加载满足下级荷载稳定性要求时,方可加载;预压过程中应进行应力应变监测和观测,并应绘制相关曲线,确定预压周

期、加载速率等施工参数。

9.2.5 堆载预压试验应选择在采空区建筑地段进行。在试验过程中应进行地基竖向变形、侧向变形、孔隙水压力、地下水、原位测试、室内土工试验等项目监测,并应根据监测资料确定加载速率控制指标,优化原设计。

9.2.6 对主要以变形控制设计的建(构)筑物,应以预压完成的变形量和平均固结度指标作为卸载控制标准;对主要以地基承载力控制设计的建(构)筑物,应以地基强度和稳定性作为卸载控制标准。

9.2.7 对采空区覆土为饱和黏性土的地基,竖向和水平向排水系统的设计应符合现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79的有关规定。

9.2.8 堆载预压地基承载力特征值应通过应力应变曲线,并结合预压时间综合确定。

9.2.9 堆载预压地基变形计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007的有关规定。

9.3 施 工

9.3.1 堆载材料的重度应按设计要求确定,并应按覆岩、土的强度分层进行加载和卸载。

9.3.2 对采空区覆土为饱和黏性土的地基,应在地表铺设与排水竖井相连接的砂垫层,砂垫层宜采用中粗砂,黏粒含量不应大于3%;干密度应大于 1.5t/m^3 ,渗透系数应大于 $1\times 10^{-2}\text{cm/s}$ 。

9.3.3 堆载预压施工不应对相邻建(构)筑物、地下管线、采动边坡等产生附加沉降或失稳影响。预压地基加固区与相邻建(构)筑物、地下管线、采动边坡等的安全距离不宜小于20m,否则应采取相应的保护措施。

9.3.4 堆载预压施工过程中,在满足地基承载力和稳定性控制的条件下,应定期检测竖向变形、水平位移及孔隙水压力,并应保护

好监测和观测设施；堆载预压加载速率应符合下列规定：

- 1 天然地基最大竖向变形量不应超过 10mm/d；
- 2 竖井地基最大竖向变形量不应超过 15mm/d；
- 3 堆载预压边缘区水平位移不应超过 5mm/d。

9.4 质量检验

9.4.1 堆载预压施工过程的质量检验和检测应符合下列规定：

- 1 对排水竖井和砂垫层材料，应现场取样进行颗粒分析和渗透试验；
- 2 对以变形控制的工程，宜在预压区内预留监测孔位，在加载不同阶段进行原位测试和取土进行室内土工试验；
- 3 对预压工程，应进行地基竖向变形、侧向变形和孔隙水压力等监测。

9.4.2 堆载预压地基竣工验收检验应符合下列规定：

- 1 预压荷载作用下地基压缩层范围内，最终竖向变形和平均固结度应满足设计要求；
- 2 预压地基应采用原位测试和室内土工试验等监测方法评价。

9.4.3 原位测试可采用十字板剪切试验、标准贯入试验或静力触探等，检验深度不应小于设计处理深度。原位测试和室内土工试验应在卸载后 3d~5d 后进行。检测点的数量每 300m² 不应少于 1 个检测点，且不应少于 3 点。

9.4.4 竣工验收时，应采用载荷试验检验地基承载力，每个处理区段检验点数量不应少于 3 个。

10 采动边坡防治

10.1 一般规定

10.1.1 采动边坡防治对象应为对建(构)筑物造成安全危害或存在安全隐患的采空区采动边坡。

10.1.2 工程建设宜避开规模大、地质和环境条件复杂、稳定性差、破坏后果严重的采动边坡影响地段。当难以避开或采动边坡变形破坏可能威胁到邻近建(构)筑物安全使用时,应开展采动边坡工程专项勘察及设计。

10.1.3 采动边坡的破坏形式可分为滑坡和崩塌。滑坡按滑动面形状可分为圆弧形、平面形、折线形,崩塌可分为滑移式、倾倒式、坠落式。

10.1.4 采动边坡工程安全等级应根据按其损坏后可能造成的破坏后果、边坡类型、坡高、采空区地表移动变形对边坡稳定性的影响程度等因素按下列规定划分为两个安全等级:

1 符合下列条件之一者,采动边坡工程安全等级为一级:

- 1)采动边坡塌滑区内或影响区内有重要建(构)筑物,破坏后果很严重;
- 2)直接经济损失大于 1000 万元或威胁人数大于 100 人的滑坡;
- 3)滑体体积大于 10 万 m^3 ;
- 4)危岩体积大于 500 m^3 。

2 其他采动边坡工程安全等级可定为二级。

10.1.5 采用极限平衡法评价采动边坡稳定性、计算推力时,根据边坡类型和可能的破坏形式,宜按下列规定选择计算方

法,采动边坡稳定性评价和推力计算公式可按本规范附录 C 执行:

1 土质采动边坡和较大规模的碎裂结构岩质采动边坡宜采用圆弧滑动法计算;

2 对可能产生平面滑动的采动边坡宜采用平面滑动法计算;

3 对可能产生折线滑动的采动边坡宜采用折线滑动法计算;

4 对结构复杂的岩质采动边坡,可配合采用赤平极射投影法和实体比例投影法分析;

5 滑移式崩塌可采用平面滑动法计算;

6 当采空边坡破坏机制复杂时,宜结合数值分析法进行分析。

10.1.6 采动边坡防治宜先对下伏采空区进行超前处理,再进行边坡治理。

10.1.7 采动边坡设计可划分为可行性研究、初步设计和施工图设计三个阶段,各阶段设计内容应符合下列规定:

1 可行性研究应在采动边坡工程地质初步勘察报告的基础上编制,并应对设计方案的技术、经济、社会和环境效益等比选论证;

2 初步设计应在采动边坡工程地质初步勘察报告基础上编制,并应对可研阶段的防治方案进行优化设计;

3 施工图设计应在采动边坡工程地质详细勘察报告基础上编制,并应优化初步设计;

4 对于规模较小、地质条件简单的采动边坡工程,可简化或合并设计阶段;

5 对抢险应急采动边坡工程,可直接进行施工图专项设计,并应通过专门技术论证后实施。

10.2 设 计

10.2.1 采动边坡工程设计时应取得下列资料：

- 1 相邻建(构)筑总平面布置图,建筑物的基础、结构等资料；
- 2 采动边坡工程专项勘察内容应包括场地范围内的工程地质及水文地质条件、采空区分布规律、地面塌陷类型、地表移动盆地的形态及地表移动时间等；
- 3 采动边坡环境资料；
- 4 施工条件、技术、类似工程防治设计及工程经验。

10.2.2 永久采动边坡的设计使用年限不应低于受其影响的相邻建(筑)物的使用年限。

10.2.3 采动边坡工程设计应分析评价使用年限内采空区残余变形对支护结构的影响。

10.2.4 采动边坡变形控制应根据周边环境、对变形的适应能力和岩土性状等因素,按当地经验确定支护结构的变形允许值,并应符合下列规定：

- 1 采空区残余变形及工程行为引发的采动边坡变形不应造成坡顶和邻近的建筑物开裂,基础沉降差不得超过建筑变形允许值；

- 2 采空区残余变形产生的附加应力不得危及支护结构正常使用。

10.2.5 一级采动边坡工程设计参数应根据现场实测、室内试验结果、现场原位试验等确定,二级采动边坡工程设计参数可按地区经验和反演分析等方法确定；并应根据采空区移动变形对边坡形态、岩土体结构面产状、强度、水文地质条件、应力分布特征的影响等综合给出。

10.2.6 计算的边坡稳定性系数小于稳定安全系数时,应进行采动边坡专项防治处理设计。采动边坡工程稳定安全系数应按表 10.2.6 确定。

表 10.2.6 采动边坡工程稳定安全系数

稳定安全 系数 分析方法	边坡工程 安全等级	一级	二级
平面滑动法		1.35(1.20)	1.30(1.15)
折线滑动法			
圆弧滑动法		1.30(1.15)	1.25(1.10)
倾倒式危岩		1.50(1.20)	1.40(1.15)

注:1 括弧内数据为地震工况下的稳定安全系数,仅适用塌滑区内无重要建构筑物的边坡;

2 对于存在多个或多级滑动面的采动边坡,应分别对各种可能的滑动组合进行计算。

10.2.7 一级采动边坡工程应采用动态设计法,二级采动边坡工程宜采用动态设计法。

10.2.8 抗震设防区采动边坡工程设计应符合下列规定:

1 支护结构或构件承载能力应采用地震作用效应和荷载效应基本组合进行验算,荷载分项系数取值应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的相关规定;

2 抗震设防烈度可采用地震基本烈度,且不应低于边坡破坏影响区内建(构)筑物的设防烈度。

10.2.9 采动边坡工程防治措施应根据其工程地质、水文地质条件,采动边坡变形特征,施工情况综合确定,可采取以下防治措施:

- 1 可选用重力式挡墙、桩板式挡墙、锚杆挡墙、格构锚支挡;
- 2 在主滑段清方减载,在阻滑段反压填土;
- 3 危岩支撑、清除、拦石墙、拦石网;
- 4 排(截)水可分为地面排(截)水及地下排水;
- 5 采用充填开采、部分开采、限厚开采、协调开采、留设保护煤柱等井下保护性开采;
- 6 采用边坡灌注加固、采空区处理、坡面植被防护等其他防治措施。

10.3 施 工

10.3.1 施工方案编制应根据坡体安全等级、边坡环境、工程地质、水文地质、采空区场地的稳定性等条件确定,并应采取可行、有效的安全保护措施。

10.3.2 对土石方开挖后不稳定或欠稳定的边坡,应根据坡体地质特征和可能发生的破坏等,采取自上而下、分段跳槽、及时支护的逆作法或部分逆作法施工。严禁无序大开挖、大爆破作业。

10.3.3 采动边坡潜在塌滑区禁止超量堆载。

10.3.4 边坡工程的临时性排水措施应满足地下水、暴雨和施工用水等的排放要求,并宜结合边坡工程的永久性排水设计进行。

10.3.5 边坡工程开挖后应及时按设计要求实施支护结构或采取封闭措施,避免长期裸露。

10.3.6 一级边坡工程施工应采用信息法施工,并应符合下列规定:

- 1 应按设计要求实施监测,掌握边坡工程监测情况;
- 2 应编录施工现场揭示的地质现状与原地质资料对比变化图,为施工勘察提供资料;
- 3 根据施工方案,对可能出现的开挖不利工况应进行边坡及支护结构强度、变形和稳定验算;
- 4 建立信息反馈制度,当监测值达到预警值时,应即时向设计、监理、业主通报,并应根据设计处理措施调整施工方案;
- 5 施工过程中出现险情时应按施工险情应急处理要求进行处理。

10.3.7 爆破施工应符合下列规定:

- 1 当地质条件复杂、边坡稳定性差、爆破对坡顶建(构)筑物震害较严重时,不应采用爆破开挖方案;
- 2 边坡开挖采用爆破施工时,应采取安全保护措施;
- 3 爆破前应对爆破影响区建(构)筑物做好监测点及原有裂

缝查勘记录；

4 当边坡开挖采用逆作法时，爆破应配合刷坡施工；

5 支护结构坡面爆破宜采用光面爆破法，爆破坡面宜预留部分岩层，并宜采用人工挖掘修整；

6 爆破影响区有建(构)筑物时，爆破产生的地面质点震动速度应满足震动安全允许标准的要求，安全允许震动速度的取值可按表 10.3.7 的规定确定。

表 10.3.7 安全允许震动速度

保护对象类别	安全允许震动速度 (cm/s)		
	<10Hz	10Hz ~50Hz	50Hz ~100Hz
土坯房、毛石房屋	0.5~1.0	0.7~1.2	1.1~1.5
一般砖房、非抗震的大型砌块建筑	2.0~2.5	2.3~2.8	2.7~3.0
混凝土结构房屋	3.0~4.0	3.5~4.5	4.2~5.0

10.3.8 施工险情应急处理应符合下列规定：

1 当边坡变形过大，变形速率过快，周边环境出现沉降开裂等险情时，应暂停施工，并应根据险情状况采用下列应急处理措施：

1) 坡底被动区临时压重；

2) 坡顶主动区卸土减载，并应严格控制卸载程序；

3) 做好临时排水、险区封闭处理；

4) 对支护结构临时加固；

5) 对险情段加强监测；

6) 立即向勘察、设计等单位反馈信息，及时按施工现状开展勘察及设计资料复审工作。

2 边坡施工出现险情时，施工单位应做好边坡支护结构及环境异常情况收集、整理、汇编等工作。

3 会同相关单位查清险情原因后，应按边坡支护设计加固方案的原则制定施工抢险方案；

4 施工单位应根据抢险方案及时开展边坡工程抢险工作。

10.4 质量检验

10.4.1 采动边坡防治工程应编制专门的监测方案,可分为施工安全监测、防治工程效果和长期监测;监测工作应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定,并应符合下列规定:

1 监测项目应根据边坡类型、安全等级、地质环境、支护结构类型和变形控制要求选择,宜包括地面变形监测、地表裂缝监测、深部位移监测、地下水监测、建(构)筑物变形监测、支护结构变形及应力监测等;

2 监测点应布置在稳定性差或工程扰动大的部位,监测点的埋设、测量精度等应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的有关规定;

3 防治效果监测应结合施工安全和长期监测进行,监测时间不应小于两个水文年。

10.4.2 采动边坡防治工程施工质量检验可分为排水工程、支挡结构及加固工程质量检验,应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

10.4.3 施工质量检测报告应包括下列内容:

- 1 检测主要依据;
- 2 检测方法与仪器设备型号;
- 3 检测点分布图;
- 4 检测数据分析;
- 5 检测结论。

11 采空区治理综合措施

11.1 一般规定

11.1.1 采空区治理综合措施应包括采空区地基处理措施、建筑措施及结构措施。

11.1.2 邻近矿区开采不应对已处理的建(构)筑物地基及采动边坡构成危害。

11.2 建筑措施

11.2.1 建(构)筑物平面布置应符合下列规定：

1 建(构)筑物群规划应与煤矿采掘计划结合,建(构)筑物长轴宜平行于地表下沉等值线；

2 建(构)筑物布设场地地表变形应符合本规范第 3.0.12 条的规定,且应避开地表裂缝、塌陷坑、台阶等分布地段。

11.2.2 煤矿采空区的拟建建(构)筑物应符合下列规定：

1 建(构)筑物立面形状应力求简单、对称、等高；

2 建(构)筑物相邻变形缝间建筑段的长高比宜小于 2,相邻变形缝间建筑段长度不宜超过 36m,变形缝应与建(构)筑物的纵向中心线垂直,且竖向贯通；

3 对于砖混、框架结构建(构)筑物,变形缝宽度 w 不应小于按下式计算值,且不应小于 100mm；

$$w' = 0.05 \left(\frac{H_b}{k'} + \epsilon' \right) (L_1 + L_2) \quad (11.2.2)$$

式中： w' ——变形缝宽度(cm)；

H_b ——变形缝两侧较低建筑体由基础底面至屋脊的建(构)筑物高度(m)；

- k' ——预计的地表曲率半径绝对值(km)；
 ϵ' ——预计的地表水平变形绝对值(mm/m)；
 L_1 、 L_2 ——变形缝两侧的建筑段长度(m)。

11.3 结 构 措 施

11.3.1 根据建(构)筑物功能、使用要求及采空区变形特征,采空区地基结构设计宜采用刚性和柔性相结合的概念设计原则,并应符合下列规定:

1 建筑结构采用刚性概念设计时,基础与地下室结构设计可按下列规定采取增强强度和刚度的措施:

- 1) 条形基础,应设置钢筋混凝土圈梁;
- 2) 钢筋混凝土筏板基础,应根据地表水平变形引起的附加内力配置钢筋;
- 3) 单独基础,应在各基础之间设置联系梁。

2 采用柔性概念设计时,基础与地下室结构设计可根据具体情况,采取下列措施增强其柔性和可弯性:

- 1) 采用滑动层和可倾式基础;
- 2) 采用弱强度围护结构。

3 地下管网接头处应设置柔性接头或补偿器,并应增设附加阀门、修筑管沟等保护措施;环境和气候条件许可的地区宜采用地面管网设计。

11.3.2 建筑结构措施应符合下列规定:

1 增强建筑物整体刚度与变形相协调,并宜采用轻质高强屋面材料。

2 在采空区地表连续变形区内,宜采用条形、带形、柱下交梁、筏板式、箱形等抗弯刚度较大的浅基础;对于浅层、非连续变形的采空区,可采用双层板基础和梁板跨越基础;建(构)筑物的基础类型及埋深宜选用相同形式。

3 在采空区地表非连续变形区内,应采用在基础下设置滑动

层、框柱间设置斜拉杆等构造措施。

4 在采空区地基压缩变形区内,宜设置变形补偿沟等减沉措施。

5 砖混结构基础内宜设置水平滑动层,并保证同一单体位于同一标高上;楼板和屋顶不应采用易产生横向推力的砖拱或混凝土拱形结构。

6 砖混结构应采用钢筋混凝土基础,并在层间设置圈梁和构造柱,其位置、数量、尺寸和配筋量应根据地表残余变形值计算确定;墙体转角、丁字和十字连接处应沿高度增设拉结钢筋,门窗口上、下应增设拉结钢筋;不得采用砖拱过梁。

7 砖混结构承重墙体应纵、横方向对称布置,减少横墙间距,并宜贯通内墙。

8 室内地坪做法宜先铺设整片砂垫层,之后再砌筑地砖、预制混凝土块或钢丝网混凝土板。

11.3.3 对长壁垮落法开采的老采空区,地基设计等级甲、乙级的建(构)筑物应采用抗残余变形、活化变形的结构措施;丙级的建(构)筑物宜采用抗残余变形、活化变形的结构措施;对浅层老采空区、小煤窑采空区、断层露头区,必须采取增强建(构)筑物抗残余变形、活化变形的结构措施。

12 工后检测与变形监测

12.1 一般规定

12.1.1 采空区地基处理工后检测,应根据工程竣工验收检测、变形跟踪监测以及理论验算等方法综合确定。经检验、监测和验算符合要求后,方可进行主体工程施工。

12.1.2 工后检测除应满足本规范不同处理工法及其龄期的规定要求外,尚应重点检测主要建(构)筑物、地表变形剧烈、施工异常等重点部位,并应通过随机抽查方法综合评价采空区地基处理质量。

12.1.3 对建(构)筑物地基稳定性及地表残余变形的工后验算,应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044的有关要求。

12.1.4 对地基处理设计等级为甲、乙级的建(构)筑物应进行长期变形监测,包括采空区地表变形及建(构)筑物变形监测,并应视其变化规律和发展趋势,提出针对性防治措施。

12.2 工后检测

12.2.1 工后检测时间、内容以及方法应符合本规范各类工法质量检验的要求。

12.2.2 工后检测基础资料应包括下列内容:

- 1 开工报告,包括所有材料质量检验结果、试验仪器标定结果等;
- 2 材料配比试验报告;
- 3 施工资料,包括各阶段施工记录、中间验收申请表、工程报验单和驻地监理的工程检验认可书等;

4 现场试验或试验性施工资料；

5 施工期间变形监测资料。

12.2.3 工后检测结果评价应采用定性与定量评价相结合的方法，并应对处理后的采空区地基稳定性和建设适宜性及残余变形进行工后分析评价。

12.2.4 工后场地稳定性分析与验算可采用开采条件判别法、地表移动变形判别法、极限平衡分析法综合评价，评价标准应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的有关规定。

12.2.5 工后场地建设适宜性评价可采用工程比拟法、采空区条件特征判别法、活化影响因素分析法等；定量评价可采用荷载影响深度判别法、附加应力影响深度判别法、地表残余移动变形预计法、数值模拟法等，评价标准应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的有关规定。

12.2.6 工后采空区场地建（构）筑物地基稳定性分析应结合采用的采空区地基处理方法，采空区及其垮落、裂隙带对建筑地基的影响程度及建筑荷载对采空区变形的影响等综合分析。

12.2.7 工后地表移动变形宜进行实际观测，当无观测成果时，应对采空区地表移动残余变形值进行预估，并应通过后期地表移动变形监测进行验证。

12.2.8 工后地表移动变形验算方法宜采用概率积分法，有经验的地区可采用典型曲线法、负指数函数法、数值计算分析法等方法。地表移动与变形预计应根据地质、采矿条件等，合理地选择工后计算参数和计算公式，并应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的有关规定。

12.2.9 工后地基承载力、变形和稳定性验算尚应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

12.3 变形监测

12.3.1 采空区地基设计等级甲、乙级或按变形设计的丙级建(构)筑物应开展采空区变形监测。对新采、复采的工后已建场地,宜进行变形跟踪监测。

12.3.2 变形监测内容应包括采空区地表的水平位移、垂直位移、地表裂缝及建(构)筑物沉降、倾斜等。

12.3.3 变形监测点的埋设、精度要求、基准点的设置等除应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察》GB 51044 的有关规定外,尚应符合国家现行标准《工程测量规范》GB 50026、《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

12.3.4 基准点应设置在不受采空区地面变形影响的稳定区域。

12.3.5 工后采空区场地地表变形监测点位选择应符合下列规定:

- 1 应根据采煤工作面布设监测断面;
- 2 中间区,内边缘区和外边缘区均应有监测点;
- 3 监测点不应受施工影响。

12.3.6 工后采空区场地地表变形监测频率应符合下列规定:

1 采空区地基处理施工期间、工后检测期间及建(构)筑物建设施工期间,地面变形监测应每半月观测一次;

2 建(构)筑物建设竣工后,可每半月观测一次。当地表水平变形达到场地变形允许值时,可每个月观测一次。当半年的地表下沉量小于 10mm 时,可每年观测一次。

12.3.7 工后采空区场地地表变形允许值应符合本规范第 3.0.12 条的规定。

12.3.8 采空区变形监测成果宜包括下列内容:

- 1 沉降观测点平面布置图;
- 2 沉降成果表;
- 3 沉降曲线图;

- 4 水平位移观测点布置图；
- 5 水平位移观测成果图；
- 6 水平位移曲线图；
- 7 地表变形监测点平面图；
- 8 地表变形监测成果图；
- 9 地表变形趋势图。

12.3.9 当变形监测过程中发生下列情况之一时,必须报告委托方,并应及时调整变形观测方案,增加观测次数:

- 1 变形量或变形速率出现异常变化；
- 2 变形量达到或超过预警值；
- 3 工后采空区场地突发坍塌、陷落、地表裂缝、边坡失稳、滑坡等不良地质作用；
- 4 建(构)筑物本身、周边建筑及地表出现异常；
- 5 由于地震、地下水抽放、邻近矿区复采等活化因素诱发引起的采空区其他变形异常情况；
- 6 采动边坡已经破坏或可能出现严重后果的。

12.3.10 采动边坡对邻近被保护对象有影响时,应在施工期及工后对邻近被保护对象进行动态监测,监测要求应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

附录 A 采空区地基处理范围及处理深度计算

A. 0. 1 水平及倾斜煤层采空区水平处理范围,可由建(构)筑轮廓尺寸、围护带宽度及采空区覆岩移动的影响宽度按下式计算。

$$B=D+2d_s+D' \tag{A. 0. 1}$$

式中: D ——建(构)筑轮廓宽度(m);
 d_s ——围护带宽度(m),按表 A. 0. 1 的规定确定;
 D' ——采空区覆岩移动影响宽度(m)。

表 A. 0. 1 围护带宽度

采空区地基处理设计等级	围护带宽度(m)
甲级	20
乙级	10~15
丙级	5~10

A. 0. 2 采空区覆岩移动影响宽度对于水平或者近水平煤层开采区[图 A. 0. 2(a)所示]可按式(A. 0. 2-1)计算,对于倾斜采空区[图 A. 0. 2(b)所示]可按式(A. 0. 2-2)计算。

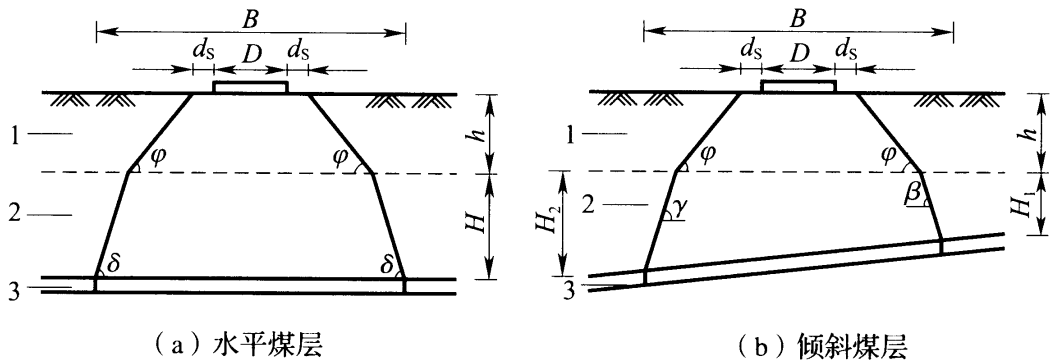


图 A. 0. 2 开采治理宽度计算简图

1—松散层;2—岩层;3—煤层采空区

对于水平或近水平煤层采空区,可按下式计算:

$$D' = 2(h \cot \varphi + H \cot \delta) \quad (\text{A. 0. 2-1})$$

式中: h ——上覆松散层厚度(m);

φ ——松散层移动角($^{\circ}$);

δ ——采空区上覆岩层移动角($^{\circ}$);

H ——上覆岩层厚度(m)。

对于倾斜煤层采空区,可按下式计算:

$$D' = (h_1 + h_2) \cot \varphi + H_1 \cot \beta + H_2 \cot \gamma \quad (\text{A. 0. 2-2})$$

式中: h_1 、 h_2 ——分别为采空区上山和下山边界上覆松散层厚度(m);

β ——采空区下山方向上覆岩层移动角($^{\circ}$);

γ ——采空区上山方向上覆岩层移动角($^{\circ}$);

H_1 、 H_2 ——分别为采空区上山和下山边界上覆岩层厚度(m)。

A. 0. 3 采空区地基处理深度确定应符合下列规定:

1 当处理范围位于内边缘区及中间区时,其处理深度 h_d 应为地面至需处理的最下层采空区底板下 1m~2m 处。

2 当需处理范围位于外边缘区时(图 A. 0. 3),可按下列公式计算:

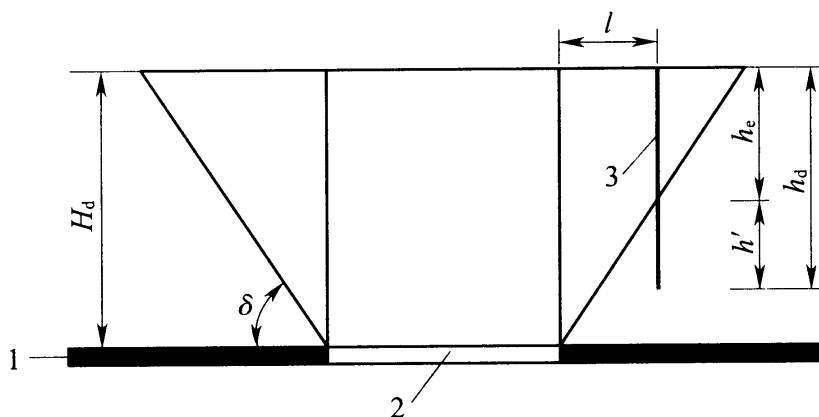


图 A. 0. 3 采空区外侧处置深度计算简图

1—煤层;2—采空区;3—注浆孔

$$h_d = h_e + h' \quad (\text{A. 0. 3-1})$$

$$h_e = H_d - l \tan \delta \quad (\text{A. 0. 3-2})$$

式中： h_e ——外边缘区采空区移动影响带以上的深度(m)；

h' ——移动影响带以下的处理深度，取 5m~10m 为宜；

l ——注浆孔距采空区边界的距离(m)。

A. 0. 4 急倾斜煤层采空区治理范围与煤层的走向垂直方向，采空区在倾向上治理区为危险移动边界范围(图 A. 0. 4-1)，其沿煤层倾向治理长度 L 可按式(A. 0. 4-1)计算；横向治理宽度 B (图 A. 0. 4-2)计算可按式(A. 0. 4-2)计算。

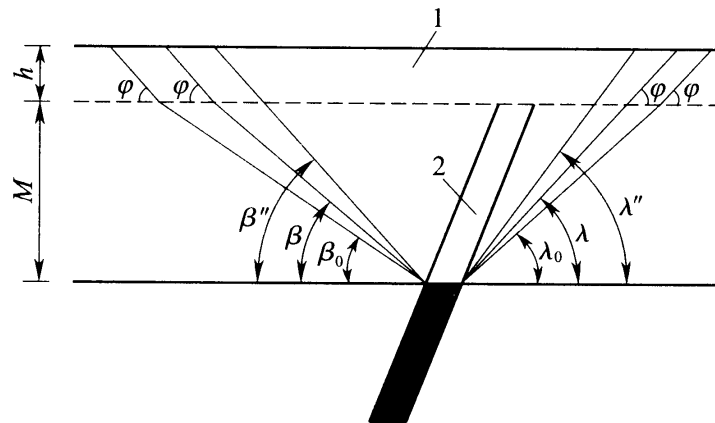


图 A. 0. 4-1 急倾斜煤层采空区倾向方向影响长度示意图

1—松散层；2—采空区； β_0 、 β 、 β' —走向边界角、移动角和裂缝角；

λ_0 、 λ 、 λ'' —底板边界角、移动角和裂缝角

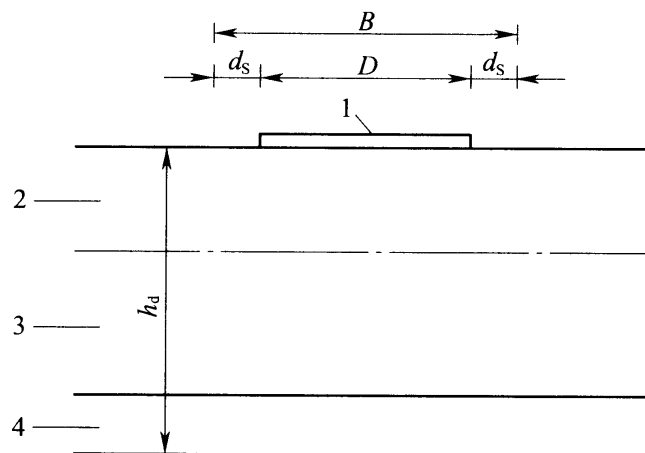


图 A. 0. 4-2 急倾斜煤层采空区横向影响宽度示意图

1—建筑基础；2—松散层；3—煤层采空区；4—采空区底板

$$L = M \left(\frac{1}{\tan \beta} + \frac{1}{\tan \lambda} \right) + \frac{\delta}{\tan \alpha} + 2h \tan \varphi \quad (\text{A. 0. 4-1})$$

$$B \geq D + 2d_s \quad (\text{A. 0. 4-2})$$

A. 0. 5 计算采空区地基处理范围时,基岩移动角与松散层移动角的取值可按表 A. 0. 5-1 及表 A. 0. 5-2 取值。

表 A. 0. 5-1 采空区上覆基岩移动影响角取值

采空区类型	基岩移动影响角					
	新 采 空 区			老 采 空 区		
采区回采率(%)	≤40	40~60	≥60	≤40	40~60	≥60
坚硬覆岩(°)	78~83	76~82	75~80	85~88	82~86	80~85
中硬覆岩(°)	73~78	72~76	70~75	80~85	77~82	75~80
软弱覆岩(°)	64~73	62~72	60~70	75~80	72~77	70~75

注:1 表中数值为水平煤矿采空区覆岩移动影响角及倾斜煤矿采空区上山移动影响角取值;对于倾斜煤层下山移动影响角的取值,一般采用公式 $\beta = \delta - k\alpha$ 来计算,其中 α 为矿层倾角(°),对坚硬覆岩 k 取值 0.7~0.8,中硬覆岩 k 取值 0.6~0.7,软弱覆岩 k 取值 0.5~0.6;对于急倾斜煤层采空区走向移动角及底板移动角的取值,应根据地区经验确定。

2 位于采空边坡影响范围内的建(构)筑物,尚需根据采动边坡稳定性对建(构)筑物的影响选取岩层移动影响角。取值时根据采空区类型,深层采空区移动影响角取大值,浅层采空区取小值。

表 A. 0. 5-2 采空区上覆松散层移动影响角取值

松散层厚度(m)	含水率<20%(°)	含水率≥20%(°)	含砾砂、细砂 且含水率≥20%(°)
<40	50	45	30
40~60	55	50	35
>60	60	55	40

附录 B 灌注充填法施工附表

B.0.1 钻孔开孔定位质量检验报告单应符合表 B.0.1 的规定。

B.0.2 钻孔施工成果表应符合表 B.0.2 的规定。

B.0.3 钻孔施工记录表应符合表 B.0.3 的规定。

B.0.4 浇筑灌注管记录成果表应符合表 B.0.4 的规定。

B.0.5 灌注浆液配制记录表应符合表 B.0.5 的规定。

B.0.6 钻孔灌注施工成果表应符合表 B.0.6 的规定。

B.0.7 灌注施工记录表应符合表 B.0.7 的规定。

表 B.0.1 钻孔开孔定位质量检验报告单

工程名称：

施工单位：

监理单位：

钻孔孔号			测量时间		
测量定位依据			测量仪器		
平面定位方法			钻孔 定位	设计 孔位	X=
标高定位方法					Y=
钻机类型					Z=
钻机就位 立轴垂直度	检验方法			实际 施工 孔位	X=
	检验频率				Y=
	平稳度				Z=
	垂直度				平面偏差距离 (cm)
开孔定位质量评价					

记录：

质检员：

制表日期：

班长：

监理：

共 页 第 页

表 B.0.2 钻孔施工成果表

工程名称： 施工单位： 钻孔孔号：

监理单位： 施工时间：

钻孔孔号			孔口标高			钻进过程中发生的 异常情况及其分析
开孔直径(mm)			开孔时间			
终孔直径(mm)			终孔时间			
钻孔深度(m)			钻孔孔斜(°)			
钻孔变径深度(m)			钻机型号			
松散层厚度(m)			钻进方式			
井口(护壁) 管长度(m)			地下(空洞) 水位深度(m)			
钻孔 冲洗	冲洗压力 (MPa)		护壁 管下 入层位	下入长度 (m)		质量评价
	冲洗时间 (min)			岩层特征		
	单位漏失量 (L/min)		灌注管长度(m)			

记录： 质检员： 制表日期：

班长： 监理： 共 页 第 页

表 B.0.4 浇筑灌注管记录成果表

工程名称：

施工单位：

钻孔孔号：

监理单位：

浇筑时间：

开孔直径 (mm)		孔口(护壁) 管长度(m)		水泥用量 (kg)	
终孔直径(mm)		灌注管直径 (mm)		碎石用量 (kg)	
钻孔深度 (m)		灌注管 长度(m)		砂子用量 (kg)	
变换孔径 深度(m)		孔口管浇筑 长度(m)		止浆设备 名称	
孔口(护壁)管 下入深度(m)		浇筑材料 类型		浇筑孔口管 质量等级	
孔口(护壁)管 下入层位、特征		浇筑材料 配合比			

记录：

质检员：

制表日期：

班长：

监理：

共 页 第 页

表 B.0.6 钻孔灌注施工成果表

工程名称：

施工单位：

钻孔孔号：

监理单位：

浇筑时间：

钻孔深度(m)			止浆塞下入深度(m)			灌注过程中发生的各种异常现象及其分析	
受注段长度(m)			受注段层位				
灌注方法			灌注次数			质量评价	
灌注压力 (MPa)	初始压力		灌注 时间 (min)	开始时间			
	结束压力			终止时间			
	设计压力			纯注时间			
浆液配合比	水固比		浆液材料 用量(t)	水			
	固相比			水泥			
	水：水泥： 粉煤灰			粉煤灰			
	速凝剂 掺量(%)			速凝剂			
单位灌注量 (L/min)	初始灌注量		全孔总灌注量(m ³)				
	结束灌注量		粗骨料填量(m ³)				
	设计灌注量		灌注终止标志				

记录：

质检员：

制表日期：

班长：

监理：

共 页 第 页

附录 C 采动边坡稳定性系数和推力计算

C. 0. 1 采动边坡单滑面滑移(含滑移式危岩)稳定性系数 K_f (图 C. 0. 1)可按下式计算:

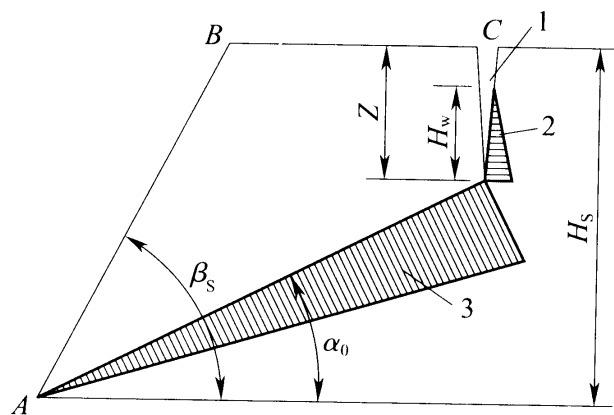


图 C. 0. 1 单滑面滑动面计算模型

1—地下水位;2—静水压力;3—扬压力

$$K_f = \frac{R}{T} \quad (\text{C. 0. 1-1})$$

令系数 $C = \lambda_s(\epsilon + \epsilon') + \xi(i + i')$, 则

$$R = \{W[(1 - \eta)\cos\alpha_0 - (A' + P_m C)\sin\alpha_0] - U - V\sin\alpha_0\} \tan\phi - [\eta\cos\alpha_0 \tan\phi - (1 - \eta)]cL_s \quad (\text{C. 0. 1-2})$$

$$T = W[(1 + \eta)\sin\alpha_0 - (A' + P_m C)\cos\alpha_0] + V\cos\alpha_0 + \eta cL_s \sin\alpha_0 \quad (\text{C. 0. 1-3})$$

$$W = \frac{1}{2}\gamma H_s^2 \left[\cot\alpha_0 - \cot\beta_s - \left(\frac{Z}{H_s} \right)^2 \cot\alpha_0 \right] \quad (\text{C. 0. 1-4})$$

$$V = \frac{1}{2}\gamma_w H_w^2 \quad (\text{C. 0. 1-5})$$

$$U = \frac{1}{2}\gamma_w L_s H_w \quad (\text{C. 0. 1-6})$$

$$P_m = \frac{M_d \cdot D_w}{H_0 \cdot F} \tan \beta_s \quad (\text{C. 0. 1-7})$$

式中:

R ——抗滑力(kN/m);

T ——下滑力(kN/m);

i, i' ——坡顶边缘最终和动态倾斜值,倾向与坡体相同时取正值(相反取负值);

ϵ, ϵ' ——坡顶边缘最终和动态水平变形值,拉伸为正值(压缩为负值,动态取正值);

H_s ——采空坡体高度(m);

W ——滑体重量(kN/m);

η ——计算系数;当 $H_i \leq H_s$ 时, $\eta = \frac{P_m \cdot w}{H_i}$; 当 $H_i > H_s$ 时,

$$\eta = \frac{P_m \cdot w}{H_i - H_s}; w \text{ 为坡顶边缘下沉值(m);}$$

P_m ——坡体采动程度系数,小于或等于 10;

ξ ——计算系数;当 $H_i < H_s$ 时, $\xi = 1.0$; 当 $H_i \geq H_s$ 时, $\xi = \frac{H_s}{H_i}$;

H_i ——坡顶至开采煤层底板垂高(m);

A' ——地震加速度(重力加速度 g);

V ——后缘裂缝静水压力(kN/m);

U ——沿滑面扬压力(kN/m);

L_s ——滑面长度(m);

c ——滑动面内聚力(kPa);

Z ——滑体后壁张开性裂缝深度(m);

H_w ——张性裂缝中充水深度(m);

ϕ ——内摩擦角($^\circ$);

α_0 ——滑面倾角($^\circ$);

β_s ——坡面倾角($^\circ$);

λ_s ——侧压力系数, $\lambda_s = \frac{\mu}{1-\mu}$, μ 为泊松比;

γ_w ——水体容重(N/m^3);

h_w ——浸润线下土体高度(m);

M_d ——坡体下方煤层法向开采厚度(m);

H_0 ——坡体下方平均开采深度(m);

D_w ——坡体下方开采宽度(m), 如 $D \geq 1.5H_0$ 时, 取 $D = 1.5H_0$;

F ——岩性系数,可按表 C. 0. 1 选取。

表 C. 0. 1 岩(土)性系数 F

岩(土)名称	F	岩(土)名称	F
坡积物及亚砂土	1.0~1.2	砂质页岩(钙质胶结)	1.8~2.0
亚黏土~黏土	1.2~1.4	中硬砂岩和石灰岩	2.0~2.2
泥岩和粉砂岩	1.4~1.6	坚硬砂岩和石灰岩	2.2~2.5
泥质页岩和砂质泥岩	1.6~1.8	极坚硬灰岩和石英砂岩	2.8~3.0

C. 0. 2 采动边坡单滑面滑移(含滑移式危岩)推力可按下式计算:

$$P = K_s \times T - R \quad (C. 0. 2)$$

式中: P ——推力(kN/m);

K_s ——设计的安全系数。

C. 0. 3 采动边坡单一平面或圆弧形滑移稳定性系数 K_f 可按下列公式计算(图 C. 0. 3)。

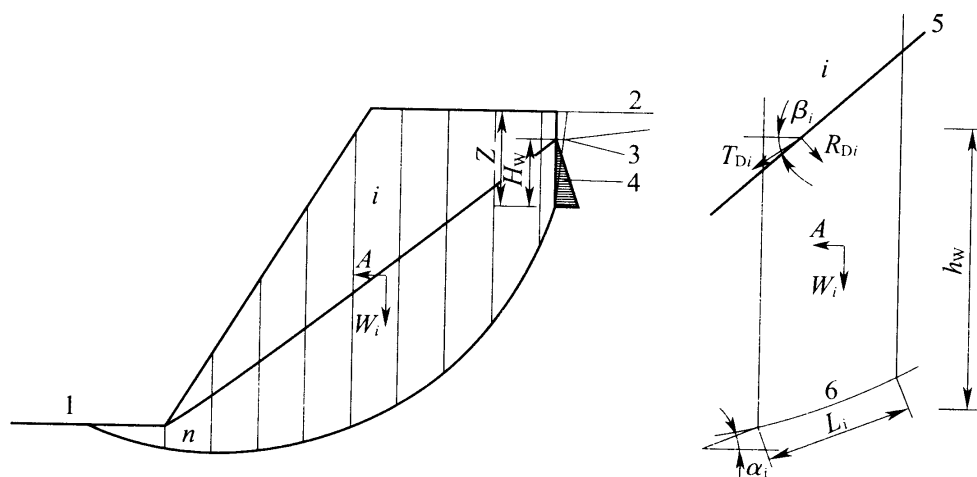


图 C. 0. 3 圆弧形滑动面计算模型

1—坡体前缘;2—坡体后缘;3—地下水位;4—静水压力;

5—地下水位线;6—滑带

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{\sum_{i=1}^n T_i} \quad (\text{C. 0. 3-1})$$

令系数 $C = \lambda_s(\epsilon + \epsilon') + \xi(i + i')$, 则

$$R_i = \{W_i[(1 - \eta_i - r_u)\cos\alpha_i - (A + P_m C)\sin\alpha_i] - N_{wi} - R_{Di}\}\tan\phi_i \\ - [\eta_i \cos\alpha_i \tan\phi_i - (1 - \eta)]c_i L_{Si} \quad (\text{C. 0. 3-2})$$

$$T_i = W_i[(1 + \eta_i)\sin\alpha_i - (A' + P_m C)\cos\alpha_i] + T_{Di} + \eta_i c_i L_{Si} \sin\alpha_i \quad (\text{C. 0. 3-3})$$

$$T_{Di} = \gamma_w h_{wi} L_{Si} \sin\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad (\text{C. 0. 3-4})$$

$$R_{Di} = \gamma_w h_{wi} L_{Si} \sin\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \quad (\text{C. 0. 3-5})$$

$$N_{wi} = \gamma_w h_{wi} L_{Si} \cos\alpha_i \quad (\text{C. 0. 3-6})$$

式中: R_i ——第 i 条块的抗滑力(kN/m);

T_i ——第 i 条块的下滑力(kN/m);

N_{wi} ——第 i 条块孔隙水压力(kN/m);

T_{Di} ——第 i 条块渗透压力产生的平行滑面分力(kN/m);

r_u ——孔隙压力比;

η_i ——计算系数;

R_{Di} ——渗透力产生的垂直滑面分力;

W_i ——第 i 条块的重量(kN/m);

c_i ——第 i 条块的内聚力(kPa);

ϕ_i ——第 i 条块内摩擦角($^\circ$);

L_{Si} ——第 i 条块滑面长度(m);

α_i ——第 i 条块滑面倾角($^\circ$);

β_i ——第 i 条块地下水流向($^\circ$);

h_{wi} ——浸润线下土体高度(m)。

C. 0. 4 采动边坡单一平面或圆弧形滑移推力可按下列公式计算:

$$\text{对剪切而言: } H_s = (K_s - K_f) \times \sum(T_i \times \cos\alpha_i) \quad (\text{C. 0. 4-1})$$

$$\text{对弯矩而言: } H_m = (K_s - K_f) / K_s \times \sum(T_i \times \cos\beta_i) \quad (\text{C. 0. 4-2})$$

式中: H_s 、 H_m ——推力(kN)。

C.0.5 采动边坡折线形滑动稳定性系数 K_f 可按下列公式计算 (图 C.0.5):

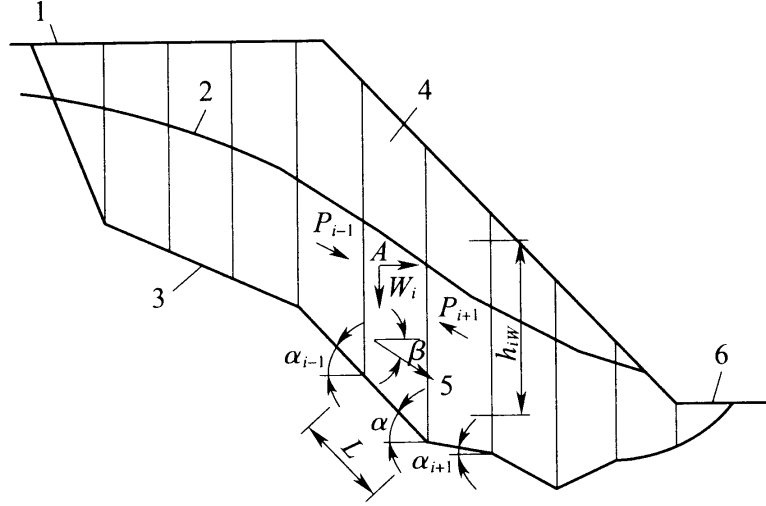


图 C.0.5 折线形滑动面计算模型

1—滑坡体后缘；2—地下水位；3—滑带；
4—第 i 条滑体；5—地下水流向；6—滑坡体前缘

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \left(R_i \prod_{j=i}^{n-1} \phi_j \right) + R_n}{\sum_{i=1}^{n-1} \left(T_i \prod_{j=i}^{n-1} \phi_j \right) + T_n} \quad (\text{C.0.5-1})$$

$$\phi_j = \cos(\alpha_i - \alpha_{i+1}) - \sin(\alpha_i - \alpha_{i+1}) \tan \phi_{i+1} \quad (\text{C.0.5-2})$$

$$T_{Di} = \gamma_w h_{wi} L_i \cos \alpha_i \sin \beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad (\text{C.0.5-3})$$

$$R_{Di} = \gamma_w h_{wi} L_i \cos \alpha_i \sin \beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \quad (\text{C.0.5-4})$$

令系数 $C = \lambda_s (\epsilon + \epsilon') + \xi(i + i')$, 则

$$R_i = \{ W_i [(1 - \eta_i - r_u) \cos \alpha_i - (A + P_m C) \sin \alpha_i] - N_{wi} - R_{Di} \} \tan \phi_i \\ - [\eta_i \cos \alpha_i \tan \phi_i - (1 - \eta)] c_i L_{Si} \quad (\text{C.0.5-5})$$

$$T_i = W_i [(1 + \eta_i) \sin \alpha_i - (A' + P_m C) \cos \alpha_i] + T_{Di} + \eta_i c_i L_{Si} \sin \alpha_i \quad (\text{C.0.5-6})$$

$$\prod_{j=i}^{n-1} \phi_j = \phi_i \phi_{i+1} \phi_{i+2} \cdots \phi_{n-1} \quad (\text{C.0.5-7})$$

式中: ϕ_j ——第 i 块段的剩余下滑力传递至第 $i+1$ 块段时的传递系数。

C.0.6 采动边坡折线形滑移推力可按下式计算：

$$P_i = P_{i-1} \times \phi_i + K_s \times T_i - R_i \quad (\text{C.0.6})$$

式中： P_i ——第 i 条块的推力(kN/m)；

P_{i-1} ——第 $i-1$ 条块的推力(kN/m)，若 $P_{i-1} < 0$ ，取 $P_{i-1} = 0$ ；

C.0.7 采动边坡倾倒式危岩稳定性系数 K_f 计算应符合下列要求：

1 由后缘岩体抗拉强度控制(图 C.0.7-1)，危岩体重心在倾覆点之外时可按式(C.0.7-1)计算，危岩体重心在倾覆点之内时可按式(C.0.7-2)计算：

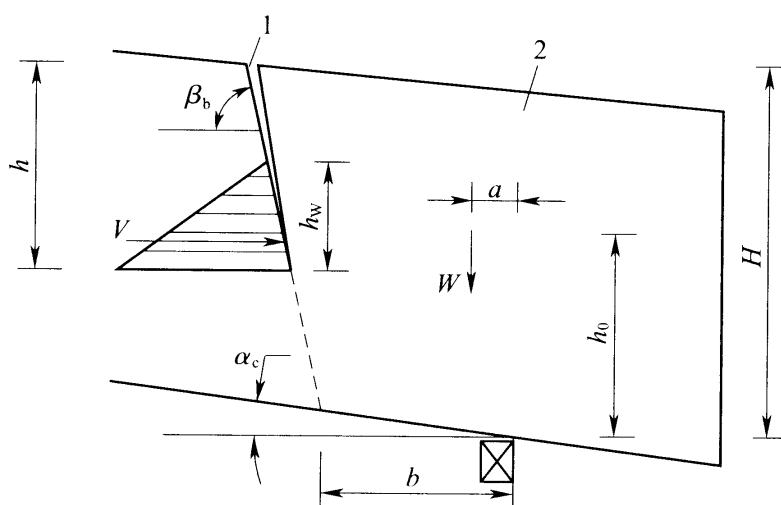


图 C.0.7-1 倾倒式危岩稳定性计算模型(由后缘岩体抗拉强度控制)

1—岩体后缘裂隙；2—危岩体

令系数 $C = \lambda_s(\epsilon + \epsilon') + \xi(i + i')$ ，则

$K_f =$

$$K_f = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \frac{H-h_b}{\sin \beta_b} \left[\frac{2}{3} \frac{H-h_b}{\sin \beta_b} + \frac{b}{\cos \alpha_c} \cos(\beta_b - \alpha_c) \right]}{W(1+\eta)a + W(A' + P_m C)h_0 + V \left[\frac{H-h_b}{\sin \beta_b} + \frac{h_w}{3 \sin \beta_b} + \frac{b}{\cos \alpha_c} \cos(\beta_b - \alpha_c) \right]} \quad (\text{C.0.7-1})$$

$$K_f = \frac{\frac{1}{2} f_{lk} \frac{H_s-h_b}{\sin \beta_b} \left[\frac{2}{3} \frac{H_s-h_b}{\sin \beta_b} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta_b - \alpha_c) \right] + W(1-\eta)a}{W(A' + P_m C)h_0 + V \left[\frac{H_s-h_b}{\sin \beta_b} + \frac{h_w}{3 \sin \beta_b} + \frac{b}{\cos \alpha} \cos(\beta_b - \alpha_c) \right]} \quad (\text{C.0.7-2})$$

式中： h_b ——后缘裂隙深度(m)；

h_w ——后缘裂隙充水高度(m)；

V ——后缘裂隙水压力(kN/m)；

H_s ——后缘裂隙上端到未贯通段下端的垂直距离(m)；

a ——危岩体重心到倾覆点的水平距离(m)；

b ——后缘裂隙未贯通段下端到倾覆点之间的水平距离(m)；

h_0 ——危岩体重心到倾覆点的垂直距离(m)；

f_{lk} ——危岩体抗拉强度标准值(kPa)，根据岩石抗拉强度标准值乘以 0.4 的折减系数确定；

α_c ——危岩体与基座接触面倾角($^\circ$)，外倾时取正值，内倾时取负值；

β_b ——后缘裂隙倾角($^\circ$)。

2 由底部岩体抗拉强度控制时(图 C. 0. 7-2)，稳定性系数 K_f 可按下式计算：

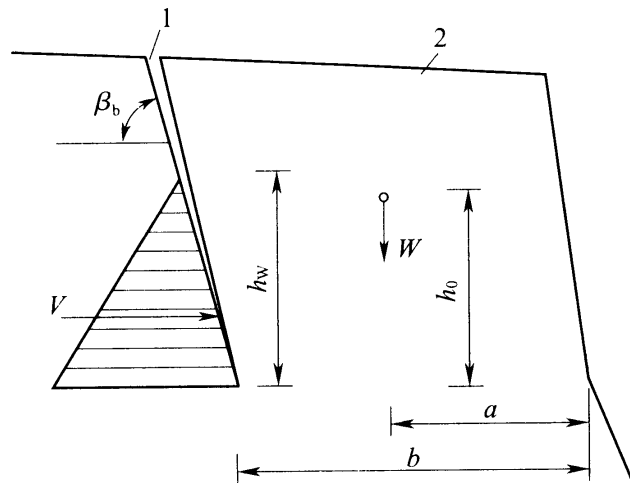


图 C. 0. 7-2 倾倒式危岩稳定性计算模型(由底部岩体抗拉强度控制)

1—岩体后缘裂隙；2—危岩体

$$K_f = \frac{\frac{1}{3} f_{lk} b^2 + W(1 - \eta) a}{W(A' + P_m C) h_0 + V \left[\frac{h_w}{3 \sin \beta_b} + b \cos \beta_b \right]} \quad (C. 0. 7-3)$$

本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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:

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

- 《砌体结构设计规范》GB 50003
- 《建筑地基基础设计规范》GB 50007
- 《建筑结构荷载规范》GB 50009
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《岩土工程勘察规范》GB 50021
- 《工程测量规范》GB 50026
- 《建筑地基基础工程施工质量验收规范》GB 50202
- 《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592
- 《露天煤矿岩土工程勘察规范》GB 50778
- 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044
- 《建筑变形测量规范》JGJ 8
- 《建筑地基处理技术规范》JGJ 79
- 《建筑桩基技术规范》JGJ 94
- 《建筑基桩检测技术规范》JGJ 106

中华人民共和国国家标准

煤矿采空区建(构)筑物地基处理
技术规范

GB 51180-2016

条文说明

制 订 说 明

《煤矿采空区建(构)筑物地基处理技术规范》GB 51180—2016,经住房和城乡建设部 2016 年 8 月 18 日以第 1281 号公告批准发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《煤矿采空区建(构)筑物地基处理技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,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,并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规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

目 录

1	总 则	(81)
2	术语和符号	(82)
2.1	术语	(82)
3	基本规定	(83)
4	灌注充填法	(88)
4.1	一般规定	(88)
4.2	设计	(88)
4.3	施工	(97)
4.4	质量检验	(100)
5	穿越/跨越法	(102)
5.1	一般规定	(102)
5.2	设计	(102)
5.3	施工	(104)
5.4	质量检验	(105)
6	砌筑法	(107)
6.1	一般规定	(107)
6.2	设计	(107)
7	剥挖回填法	(109)
7.1	一般规定	(109)
7.2	设计	(109)
7.4	质量检验	(110)
8	强夯法	(111)
8.1	一般规定	(111)
8.2	设计	(111)

8.3	施工	(111)
8.4	质量检验	(112)
9	堆载预压法	(113)
9.1	一般规定	(113)
9.2	设计	(113)
9.3	施工	(114)
9.4	质量检验	(114)
10	采动边坡防治	(115)
10.1	一般规定	(115)
10.2	设计	(115)
10.3	施工	(116)
11	采空区治理综合措施	(118)
11.1	一般规定	(118)
12	工后检测与变形监测	(119)
12.1	一般规定	(119)
12.2	工后检测	(119)
12.3	变形监测	(120)

1 总 则

1.0.1 随着我国基础建设规模的扩大与建筑用地减少矛盾日趋激烈,对不良地基的处理使用成为缓和上述矛盾的一个积极有效措施。煤矿采空区场地作为具有典型代表意义的不良建筑场地,其地基处理要求技术水平高,地基处理费用占工程建设费用比例大,处理不当对环境负面影响大,因此煤矿采空区地基处理的设计和施工必须认真贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量和保护环境。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.2、2.1.3 本规范中引入“采空区地基”和“采空区地基处理”的概念,是为了区分非采空区场地中建筑地基及地基处理的概念。根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中的规定,地基(ground, foundation soils)的定义为支撑基础的土体或岩体,为建(构)筑物附加应力影响范围内的岩土体,而煤矿采空区地基范围不仅包括建(构)筑物附加应力的影响范围,也包含了附加应力影响范围外的下覆采空区。第 2.1.3 条中采空区地基处理,与现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 中所提的地基处理相比,从范围和处理方法上均有不同,设计人员在采空区地基础处理设计过程中应注意区别。

2.1.11 一般的煤层回采率指所开采煤层矿产采出量占工业储量的百分比,煤矿采空区建(构)筑物地基处理及采动边坡治理过程中,涉及的煤层回采率指需处理范围内煤层的实际回采率,与一般的煤层回采率应有区别。该值的提出是为了在煤矿采空区地基处理灌注施工法设计时获得更为准确的计算灌注量。

3 基本规定

3.0.1 采空区地面建(构)筑物地基处理设计等级,是按照地基基础设计的复杂性、技术难度和采空区场地特征确定的,地基处理设计等级采用三级划分。

位于急倾斜煤层采空区露头地段、非正规开采的小窑煤矿采空区、复采及多煤层开采采空区上的建(构)筑物,由于上述采空区地段具有变形不连续,场地稳定性差及变形危害大等特点,将上述场地上建(构)筑物划分为甲类。

开采煤层倾角 $\alpha < 15^\circ$, 地表平坦,且达到超充分采动,采动影响范围内无大型地质构造时,最终形成的静态地表移动盆地(图 1)可划分为移动盆地的中间区域、移动盆地的内边缘区、移动盆地的外边缘区。移动盆地边缘区包括内边缘区(又称压缩区域)和外边缘区(又称拉伸区域),移动盆地的内边缘区一般位于采空区边界附近到最大下沉点之间。在此区域内,地表下沉值不等,地面移动向盆地的中心方向倾斜,呈凹形,产生压缩变形,一般不出现裂缝;移动盆地的外边缘区位于采空区边界到盆地边界之间。在此区域内,地表下沉不均匀,地面移动向盆地中心方向倾斜,呈凸形,产生拉伸变形,当拉伸变形超过一定数值后,地面将产生拉伸裂缝,基于煤矿采空区场地地表移动盆地的上述变形特征,将置于采空区移动盆地外边缘区上建(构)筑物划分为甲类。

塌陷、滑坡、崩塌、地裂缝发育均具有变形突变性,变形量大,对建(构)筑物危害大等特点,因此将置于上述场地上建(构)筑物划分为甲类。

考虑到采深采厚比 ≤ 30 的浅层采空区,其垮落带、裂隙带发

育往往位于拟建(构)筑物基础主要持力层范围内,对建筑稳定性的影响较大,且浅层采空区更易于受到建筑施工过程中爆破、振动等的影响,发生活化;停采时间 $t < 2.0 H_d$ 或 ≤ 1 年的采空区场地,其距离采煤作业结束时间短,采空区变形稳定性差且更易于活化,故将此类采空区建(构)筑物地基处理等级划分为甲级。

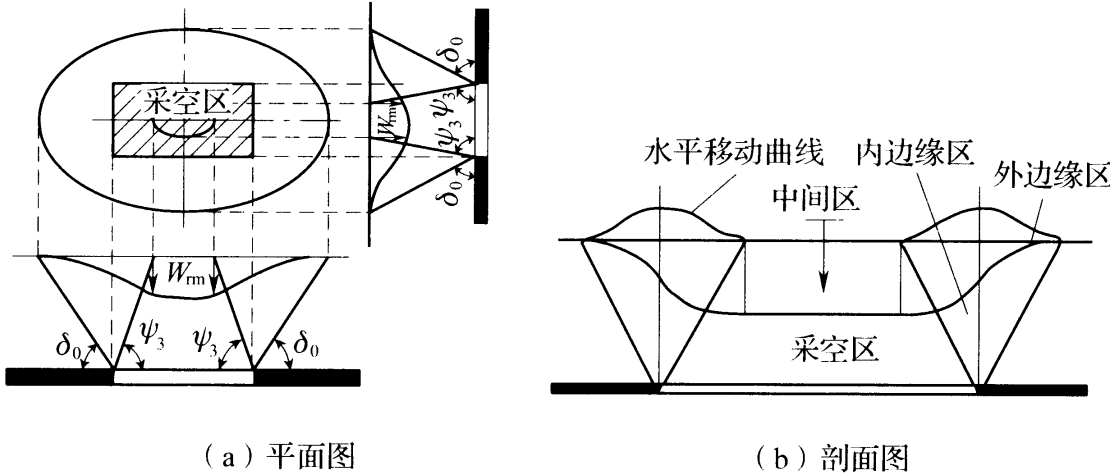


图 1 地表移动盆地分区示意

3.0.2 本条为强制性条文,必须严格执行。煤矿采空区地基处理设计应在煤矿采空区岩土工程勘察的基础上进行。通过勘察,充分了解、掌握采空区特征,并对采空区场地的稳定性和建筑适宜性做出评价,结合拟建建(构)筑物特征及其变形要求,选择适宜的煤矿采空区地基处理方法,确定处理目标。

3.0.4 采空区地表移动延续时间(图 2)是根据最大下沉点的下沉与时间关系曲线和下沉速率曲线求得的,下沉量达到 10mm 为移动期开始的计时时间,当连续六个月下沉值不超过 30mm 时,可认为地表移动期结束,从地表移动期开始到结束的整个时间称为地表移动的持续时间。在移动过程的延续时间内,地表下沉速率大于 50mm/月(1.7mm/d)(煤层倾角小于 45°),或大于 30mm/月(煤层倾角大于 45°)的时间称为活跃期。从活跃期结束到移动期结束的阶段称为衰退期。

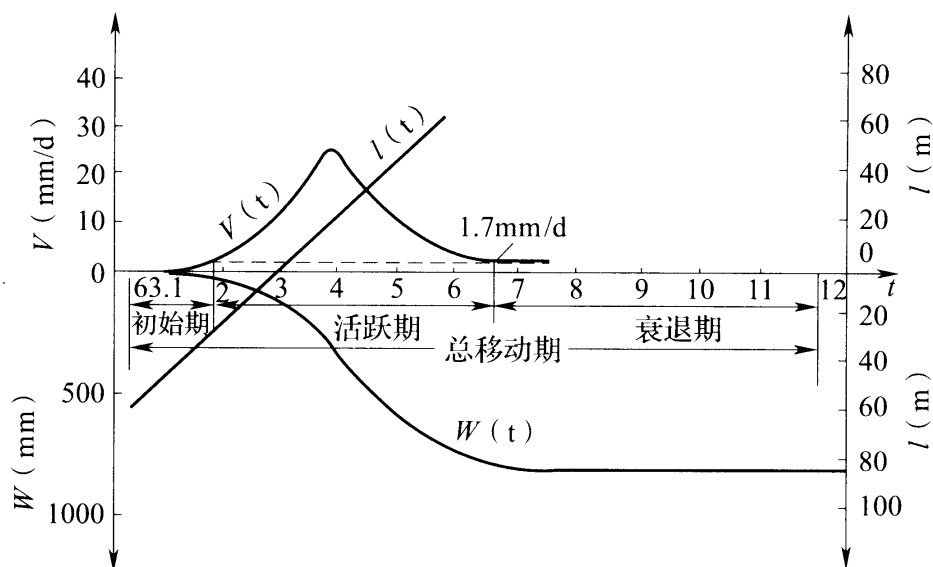


图 2 地表移动延续时间的确定及地表移动期的划分

本条建议采空区地基处理宜在地表移动变形衰退期结束后进行主要有以下原因:第一,采空区地表移动活跃期地表下沉速率大于 1.7mm/d ,下沉速率大,下沉量较大,在衰退期其累计下沉量仍然较大,下沉速率仍远大于建(构)筑物沉降稳定速率 $0.01\text{mm/d} \sim 0.04\text{mm/d}$,此阶段进行地基处理,处理后需要有相对长的时间进行变形监测,以确定此时场地下沉速率是否会影响到建(构)筑物抗变形能力;第二,在采空区地表移动衰退期结束后进行地基处理,可以使采空区地表移动及变形较为充分,增加场地的安全稳定性,减少治理费用;第三,采空区是一种不良地质灾害,选择采空区场地作为建筑场地应持十分慎重的态度,避免由此造成生命财产的重大损失。本规范要求采空区地基处理在地表移动衰退期结束后进行,对于在地表移动衰退期未结束而要兴建、改(扩)建(构)筑物永久工程的,应先进行专项技术论证,后实施地基处理,并应避免在地表变形活跃期进行采空区地基处理。

3.0.5 本条中所列采空空洞、采煤巷道、废弃井筒等均为引发建(构)筑场地及地基变形、稳定性差的主要根源。另外,地表裂缝、塌陷坑等采空区地表变形产物也对场地及建(构)筑物变形有影

响,因此确定为采空区地基处理的主要对象。

3.0.6 采空区处理面积的计算主要通过计算采空区处理范围的长度和宽度来确定。采空区处理深度按照采空区盆地中间区与采空区盆地边缘区进行区别。

3.0.7 煤矿采空区开采方式主要包括房柱式开采、条带式开采、壁式开采和充填开采等,其中长壁式开采指采煤工作面长度一般在 60m 以上,分走向长壁和倾斜长壁。走向长壁采煤法指长壁工作面沿矿层走向推进的采煤方法;倾斜长壁采煤法指长壁工作面沿矿层倾向倾斜推进的采煤方法;短壁采煤法指采煤工作面长度一般在 60m 以下的采煤方法。房柱式采煤法是在煤层中开掘一系列煤房,采煤在煤房中进行,保留煤柱支撑上覆岩层的一种开采方式。条带开采将开采区域划分成规则条带,采一条、留一条,以保留煤柱支撑上覆岩层的一种开采方式。充填开采指在采空区内充填水、砂、矸石、粉煤灰等充填物的一种开采方式。

1 本款中所指的煤矿开采条件下形成的煤矿采空区场地,其地基处理适用方法较多,而优化选用地基处理方法则需要根据本规范各章节中规定的地基处理方法的使用范围,地基处理技术难度,是否经济等综合比选。

2 表 3.0.7-1 中覆岩类型的划分按照岩石的完整程度,抗扰动能力及天然单轴抗压强度划分为坚硬岩,中硬岩和软弱、极软弱岩三类。其中岩体完整,抗扰动能力强,天然单轴抗压强度大于 60MPa 的上覆岩层定义为坚硬岩;岩体破碎,抗扰动能力弱,天然单轴抗压强度小于 30MPa 的上覆岩层定义为软弱、极软弱岩;介于坚硬岩与软弱、极软弱岩之间,天然单轴抗压强度介于 30MPa~60MPa 之间的上覆岩层定义为中硬岩。其中局部坚硬岩指采空区上部一定高度赋存有一定厚度的坚硬岩,当采空区上覆岩土体中存在有 60%以上坚硬岩时,可视为主要为坚硬岩。

3 表 3.0.7-2 中采空区的划分按照采空区埋藏深度及采深采厚比划分为浅层采空区、中层采空区和深层采空区三类,其中浅

层采空区为采深小于 50m 或采深采厚比 H/M 小于 30 的采空区。中深层采空区为采深大于或等于 50m 且小于或等于 200m 或采深采厚 H/M 大于或等于 30 且小于或等于 60 的采空区。深层采空区为采深大于 200m 或采深采厚比 H/M 大于 60 的采空区。

3.0.8~3.0.10 对同一采空区场地存在采空区类型和开采深度差异时,分区、分段采用不同的处理方法或采用相同的处理方法时选用不同的工艺参数进行采空区处理,以针对不同的采空区特征,达到采空区地基处理最优效果,并应根据不同处理方法预测场地的变形特征,采用建筑措施及地基处理措施调节差异变形,满足建筑使用要求。

3.0.11 现场试验和试验性施工过程中,当检测的处理结果不符合设计要求时,应分析查明其原因,并修改设计参数或调整地基处理方案。施工过程中应加强监测,采用信息法施工和动态设计原则,及时修正设计参数,优化设计方案。试验性施工成果经验收合格,可作为场地地基处理施工的一部分。

3.0.14 煤矿采空区地基处理施工进行的地表移动变形监测,其监测内容、频率与采空区勘察阶段的地面变形监测相同,监测内容主要为地表水平位移、地表垂直位移、地表裂缝监测及建(构)筑物变形监测、深部位移监测等。其监测与采空区地基处理施工同时开始,在施工结束后,地表变形趋于稳定且符合场地稳定性标准后可停止观测。煤矿采空区地基处理施工期地表移动检测应与采空区勘察期间的监测做好衔接。

3.0.15 对于经煤矿采空区地基处理后新建或改(扩)建的建(构)筑物,应按照现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 中的规定进行变形监测。变形监测的时间包括施工期和使用期两个部分,并以实测资料作为建筑物地基基础工程质量检验的依据之一。建筑物施工期的观测日期及次数,应根据施工进度确定;建筑物竣工后的第一年内,每半月观测一次,以后进行适当延长,在建筑变形达到稳定标准后,仍需继续进行观测一年。

4 灌注充填法

4.1 一般规定

4.1.1 灌注充填法作为采空区地基处理中比较成熟的方法,是采空区治理上使用最为广泛的采空区地基处理方法,同时也积累了较为丰富的经验。选用灌注充填法进行采空区地基处理时,对采空区地基发育的垮落带空洞、断裂带裂隙及弯曲带离层裂缝均需加固处理的,可采用全灌注充填法;仅对上述对象进行选择加固的,可采用局部灌注充填法。

4.1.2 采用灌注充填法进行采空区地基处理,灌注材料在符合设计要求且无污染的条件下,可选用废弃料、矿渣等工业废料,就地取材,如在沙漠地区可选用沙漠砂作为辅助灌注材料。

4.1.3 在不同的采煤方式、顶板管理方式、顶板岩性等条件的影响下,采空区三带发育、地面变形发育等均有较大的差异,因此宜在设计的基础上进行采空区现场灌注试验,通过试验效果来确定采空区灌注设计参数、灌注工法和灌注设备。

4.2 设计

4.2.2 灌注孔可采用正三角形布设方式,其排距、间距按照条文规定取值,当煤层回采率大、顶板坚硬、冒落带和裂隙带的空隙、裂隙之间的连通性好,可取大值;反之应取小值。当采空区位于一般场地时,可取大值;当采空区位于高填、深挖场地或重要建(构)筑物地段时,则应取小值。

采空区“三带”是指煤矿采空区充分采动条件下形成的垮落带、断裂带和弯曲带,其中垮落带指由采煤引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的范围。断裂带指垮落带上方的岩层产生断裂或裂

缝,但仍保持其原有层状的岩层范围。弯曲带指断裂带上方直至地表产生弯曲的岩层范围。

表 4.2.2 为具有明显“三带”特征的煤矿采空区灌注孔布置间距取值范围;对于无明显“三带”特征的房柱式开采形成的采空区,其灌注孔间距可按该表中覆岩类型、回采率取值;对于巷道式开采的小窑采空区,灌注孔间距取值应根据采空区特征及灌注方法综合确定,且不宜大于 10m。

对于采空区积水场地,注浆根据工况需要进行挤压排水设计,排水设计要求帷幕孔的布置能够预留注浆浆液挤压排水通道。进行挤压排水注浆浆液宜采用低水固比稠浆灌注。

在灌注施工中取 3%~5%的钻孔取芯,主要目的是通过对地层岩性、厚度,岩芯取芯率,采空区埋深及厚度等进行鉴别,结合煤矿采空区岩土工程勘察报告对煤矿采空区特征进行分析、验证,确保采空区处理方法及设计参数能对采空区地基进行有效的治理。

4.2.3 采空区灌注充填法以充填采空区及其覆岩中的空洞和裂隙为主,对材料的细度、强度要求相对较低,主要以充填式注浆为目的。水泥粉煤灰、水泥黏土类浆液结石体具有一定的强度,且造价低廉、材料来源丰富、浆液配置方便、操作简单,目前在工程中得到广泛的运用。

根据材料配比试验研究,水固比(质量比)取 1:1.0~1:1.3 时,浆液的可注性良好,可在注浆施工中采用。浆液的浓度使用应由稀到浓,并根据施工的具体情况,调整浓度比。在采空区存在地下水流动的情况下,注浆浆液的水固比应取高值,并应根据地下水的流速添加适量的速凝剂,浆液中掺入的适量减水剂和注浆添加剂应能使浆液流动性满足设备可注性要求,浆液扩散性满足治理范围要求。

采空区注浆可根据设计中对浆液凝结时间指标、结石体强度等要求,确定水泥、粉煤灰或水泥、黏土的比例。为了提高采空区处治效果,在处治重要建(构)筑物下覆采空区时,可适当增加水泥

的用量。

当采空区空洞和裂隙发育,地下水流速大于 200m/h 时,为节省注浆材料,通常先灌注砂、砾石、石屑、矿渣等集料,以此充填大的空洞和裂隙,减少过水断面,增加水流阻力,为有效注浆创造条件。

4.2.4 对于薄煤层采煤,煤层开采高度可能大于煤层赋存厚度(即可能包含煤层顶底板岩石),因此在计算薄煤层煤矿采空区注浆量时,采空高度的取值应选用煤矿实际开采厚度。

煤层的回采率应区别于煤矿整个矿井的回采率,即式(4.2.4)中回采率的计算采用采空区治理场地开采煤层的实际开采体积与该煤层在治理范围内的总赋存量的比值。

式(4.2.4)中充填系数应按照灌注充填设计选用,对于采用全灌注充填法处理的采空区,其充填系数要达到 0.85 以上。

采空区剩余空隙率的取值是采用 $(1-q)$ 计算得到的,并根据地区经验进行调整,其中 q 为采空区场地下沉系数,该值按照《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》采用,计算公式如下:

$$q = 0.5(0.9 + P) \quad (1)$$

其中 P 为覆岩综合评价系数,其取值通过地质、开采技术条件来确定,取决于覆岩岩性及其厚度,可用下式计算:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n m_i Q_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (2)$$

式中: m_i ——覆岩第 i 分层的法向垂直厚度(m);

Q_i ——覆岩第 i 分层的岩性评价系数,其取值可按表 1 的规定确定。

由于选用下沉系数表示地表最大下沉值与开采厚度之比,故建议在场地中间区剩余空隙率取低值,在场地边缘区取高值。

对于采空区类型为巷道式小窑开采,采空区剩余空隙率应结合采空区勘察钻孔钻进情况确定。

表 1 分层岩性评价系数

岩性	单轴抗压 强度 (MPa)	岩 石 名 称	初次采动 (Q_0)	重复采动	
				(Q_1)	(Q_2)
坚硬	≥ 90	很硬的砂岩、石灰岩和黏土页岩、	0.0	0.0	0.1
	80	石英矿脉,很硬的铁矿石、致密花岗	0.0	0.1	0.4
	70	岩、角闪岩、辉绿岩,硬的石灰岩、硬	0.05	0.2	0.5
	60	砂岩、硬大理石,不硬的花岗岩	0.1	0.3	0.6
中硬	50	较硬的石灰岩、砂岩和大理石	0.2	0.45	0.7
	40	普通砂岩、铁矿石	0.4	0.7	0.95
	30	砂质页岩、片状砂岩	0.6	0.8	1.0
	20	硬黏土质片岩、不硬的砂岩和石灰	0.8	0.9	1.0
	>10	岩、软砾岩	0.9	1.0	1.1
软弱	≤ 10	各种页岩(不坚硬的)、致密泥灰岩 软页岩、很软石灰岩、无烟煤、普通 泥灰岩 破碎页岩、烟煤、硬表土一粒质土 壤、致密黏土 软砂质黏土、黄土、腐殖土、松散砂 层	1.0	1.1	1.1

4.2.5 单层采空区,采用全孔一次性注浆法施工时,选用似法兰盘简易止浆法止浆(图 3、图 4),简单易行,经济适用。其具体的操作方式为采用直径不小于 50mm 的钢管作为注浆管,将一端焊接一个大小与开孔孔径相接近的法兰盘到设计止浆位置,用少量碎石、黏土将法兰盘与孔壁之间的孔隙封堵,然后采用水固比(质量比)为 1:2 的水泥浆或 P. O 42.5 级快凝水泥稠浆将注浆管与孔壁胶结在一起,水泥浆灌注高度不应小于 5.0m。

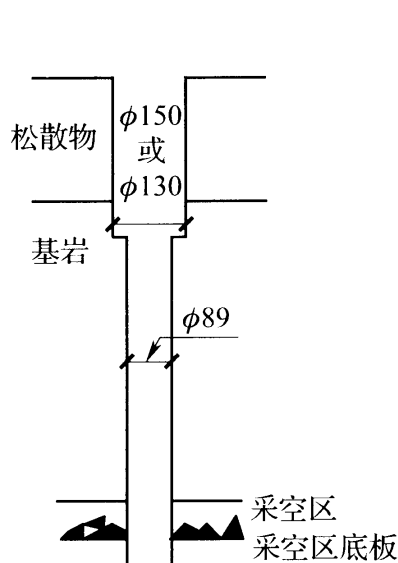


图3 注浆孔结构示意图

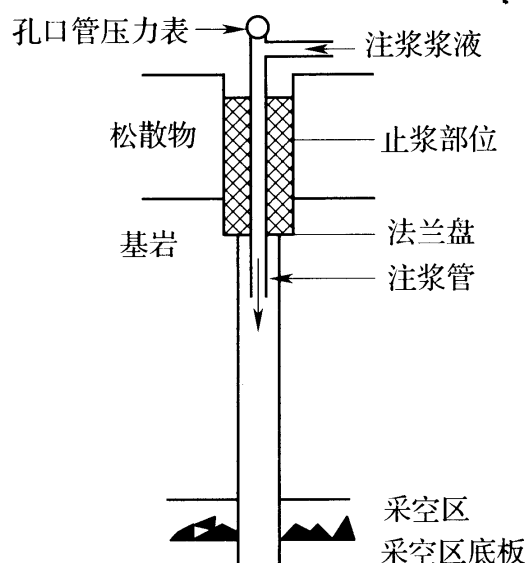


图4 似法兰盘简易止浆法示意图

采取分段注浆时,可采用上述止浆法或在孔内采用止浆塞止浆,充水采空区注浆管深度宜深入注浆段,中、深层采空区宜在注浆段采空区垮落裂隙带上方较完整岩体段设置孔内止浆塞。

4.2.6 注浆压力宜通过现场注浆试验确定。一般灌注压力不宜超过有效止浆段上覆岩土体自重的 1.0 倍,终孔压力不宜超过 1.2 倍~1.5 倍。

4.2.7 灌注充填法帷幕孔的布设主要针对灌注施工过程中防治灌注浆液的扩散流失或需要隔离注浆区域时使用。通常情况下,采空区灌注充填法帷幕孔主要是为了防止灌注浆液扩散而布设。

对于煤层倾角小且积水的采空区,灌注注浆管应置于采空区积水底部,帷幕孔配合布设排水通道,灌注次序应由采空区中部向外依次灌注,通过注入适当浓度的浆液,起到外排积水的作用。

采空区灌注充填法钻孔施工过程中,可根据前序次的注浆孔揭露的采空区埋深、厚度情况调整后序次成孔数量及成孔深度,对于前序次钻孔出现煤柱孔较多的位置可适当减少布孔,对前序次钻孔揭露采空区埋深与原设计孔深有较大出入的情况,后序次钻孔需在分析验证后,调整钻孔深度,避免因采空巷道、复采及多煤层开采等影响对处治采空区埋深的判别。

处治多层采空区,当各矿层间冒落带、裂隙带相互贯通时,宜采用上行式注浆法,即灌注过程自下而上一次完成;当各矿层冒落带、裂隙带没有相互贯通时,矿层间隔大,宜采用下行式分段注浆,即自上而下分段完成,并用套管止浆。

4.2.8 对于地质条件复杂、有多层采空区分布、采空区勘察精度较低、注浆施工经验较少的地区,或采用新的注浆工艺或新的注浆材料时,在注浆施工前应进行现场注浆试验。

4.2.9 本条所列检测方法均为成熟可靠的质量检验方法,随着科技发展,许多新的技术可以在采空区灌注充填法检测中更好、更为直接地反映采空区处理效果,因此本条规定对检测方法不做限制,实际工作中可根据检测方法的可靠度及适用性择优选用。本条所列孔内电视(成像)、红外视频探测等技术措施,均为在采空区勘察、注浆效果检测等实际工作中有较多应用的技术手段,可直观判别采空区灌注后空洞充填、裂隙离层胶结情况,是较为先进可靠的注浆效果检测手段。

本条规定主要针对采空区灌注充填法质量验收标准,对于采空区灌注充填法,其主要目的是为了对采空空洞、裂隙离层进行充填,因此对于不在建筑地基主要受力层范围的采空空洞,采空区地基处理设计等级甲、乙类建筑物注浆结石体强度不小于 2.0MPa,丙类建筑物不小于 0.6MPa 即可,对于处于建筑地基主要受力层范围的采空空洞,其充填结石体强度应根据建筑荷载影响结合充填位置计算确定。对于在采空区灌注充填法注浆设计阶段,进行注浆浆液配比试验时,要求配置浆液室内测试的 28d 强度不小于 0.3MPa,3 个月强度不小于 1MPa,室内养护试块单轴抗压强度不宜小于 2MPa。

孔内波速测试横波波速的检测标准,根据现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011,对于中密、稍密的碎石土,密实、中密的砾、粗、中砂, $f_{ak} > 150$ 的黏性土和粉土、坚硬黄土其剪切波速范围 $500\text{m/s} \geq V_s > 250\text{m/s}$,结合实际工作中,对于灌注充填法工后剪切波速检测结果统计,在施工满足设计要求的条件下,统计的受注

层剪切波速值均可达到 300m/s 以上,故综合考虑取剪切波速检测标准为 300m/s。

充填系数检测除可通过钻探验证主观评价外,还可以根据压浆试验成果与原注浆量进行比较,分析确定,压浆试验的评价指标称为压浆试验比,其计算方法为同一评价范围内压浆量与压浆量和注浆量之和的比值,压浆试验比小于 0.1,视为其充填达到 90%以上。

煤炭工业太原设计研究院对山西省晋城市北岩地块限价商品住房项目灌注充填法采空区地基处理进行了检测,该项目一期拟建 29 层住宅楼 7 座,3 层幼儿园一座,二期拟建住宅楼 2 座,采空区地基处理等级为甲级。建筑分布如图 5 所示。

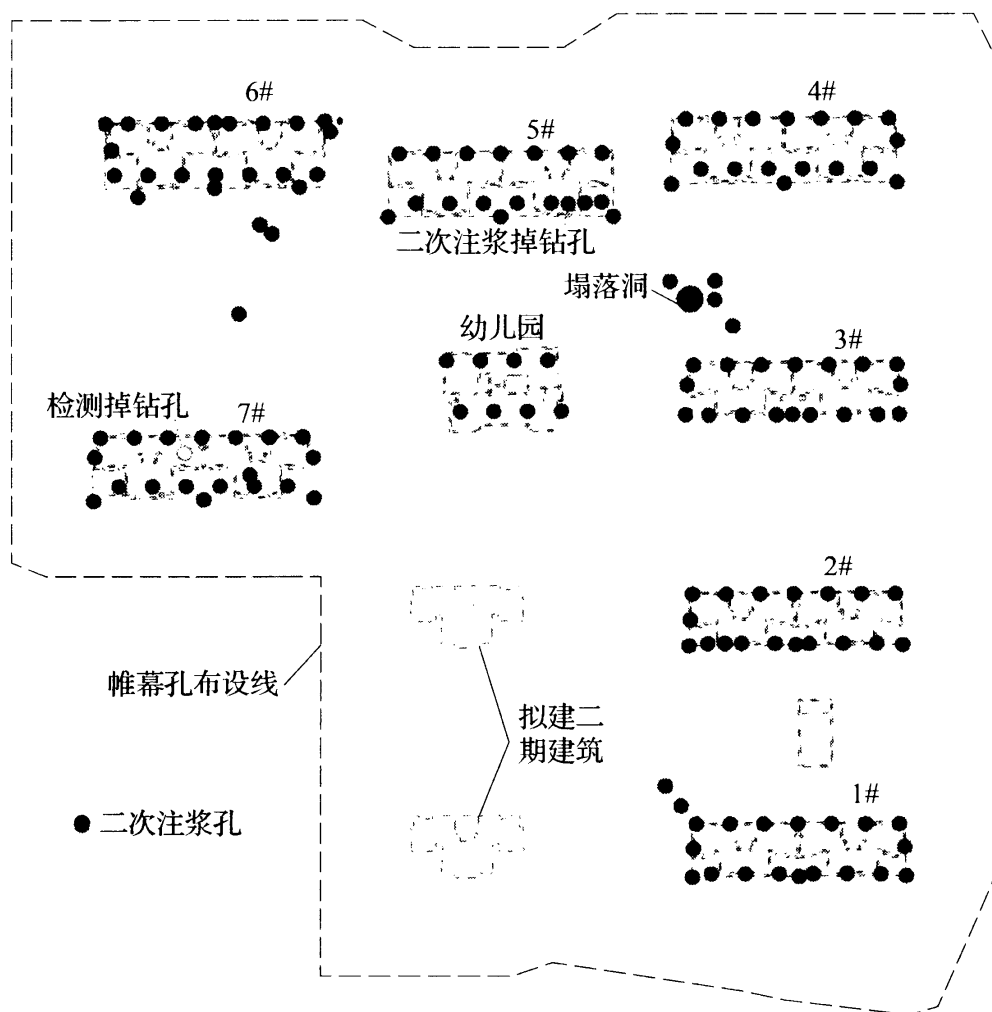


图 5 建筑布置及二次注浆孔布设图

场地主要可采煤层为 3 号煤层,煤层埋深距离建筑基础下 20m~30m 不等。该场地煤层在 20 世纪 90 年代进行过开采,并于 2002 年前后关闭,采煤方式以房柱式开采为主,采煤厚 2m~4m,在拟建建设场地内形成了埋深较浅、分布不规则的浅层采空。根据采空区勘察结论,该煤层采空区顶板均为煤系地层泥岩、泥质砂岩,顶板垮落带、弯曲带离层裂隙发育,在场地地面形成了一处塌落洞,除此之外未在场地地表发现明显的变形。建设单位于 2013 年 11 月~2014 年 3 月组织注浆施工单位对场地采用灌注充填法进行采空区地基处理,处理范围以建筑物投影外边线外扩 30m;帷幕孔布设沿处理外边界线按照孔间距 10m 布设,共布设帷幕孔 115 个,在处理范围内按照孔距 15m、排距 15m 梅花形满堂布设注浆孔 300 个;注入浆液采用水泥、粉煤灰浆液,浆液水固比帷幕孔取 1 : 1.2~1 : 1.3,注浆孔取 1 : 1.1,水泥占固相总质量的 30%;总注浆量 19.8 万 m³。工后检测工作结束后,由于采空区埋深较浅,钻探工作在基础直接持力层范围内检查到存在离层空洞(图 5 检测钻孔于基础下 4.0m 处掉钻 2.0m),检测报告建议在建筑基础下沿建筑外围轮廓线布设二次注浆孔,二次注浆孔共布设施工 148 个,如图 5 所示,注浆浆液配比与原注浆施工相同,二次注浆共注入浆液 5949.8m³,二次注浆施工过程中,有一处注浆孔在基础下 6.0m 又出现掉钻,也验证了钻探验证孔揭露的基础直接持力层下存在离层空洞。

场地灌注充填法采空区地基处理工后检测分别采用钻探、波速测试、压浆检测等进行,检测结果分述如下:

(1) 钻探结果:

该项目工后检测评价钻探工作共布设钻孔 25 个,主要目的是为了采取注浆结石体样本进行无侧限抗压强度测试,并可对采空区充填效果进行直观判别。钻孔工作采取结石体样本 11 个,统计得到的结石体无侧限抗压强度 2.2MPa~12.4MPa 不等,平均无侧限抗压强度为 7.64MPa,选用值为 5.90MPa。

根据钻探结果,在布设的 25 个钻孔中共有两个钻孔发生掉钻,其中位于 7#楼附近钻孔基础下 4.0m 掉钻 2.0m,说明在采空区地基处理后,仍小范围存在采空区垮落离层空洞。

(2)波速测试结果:

该项目共对 3#煤采空区地基处理段进行了 15 个钻孔单孔剪切波速测试,测试结果显示结石体剪切波速最大值为 343.5m/s,最小值为 302.0m/s,平均值为 322.9m/s。

(3)压浆检测结果:

由于二次注浆施工类似于压浆检测,因此可用二次注浆数据作为压浆检测进行采空区注浆效果检测。各楼座下单孔平均注浆量与压浆试验注浆量对比如图 6 所示。

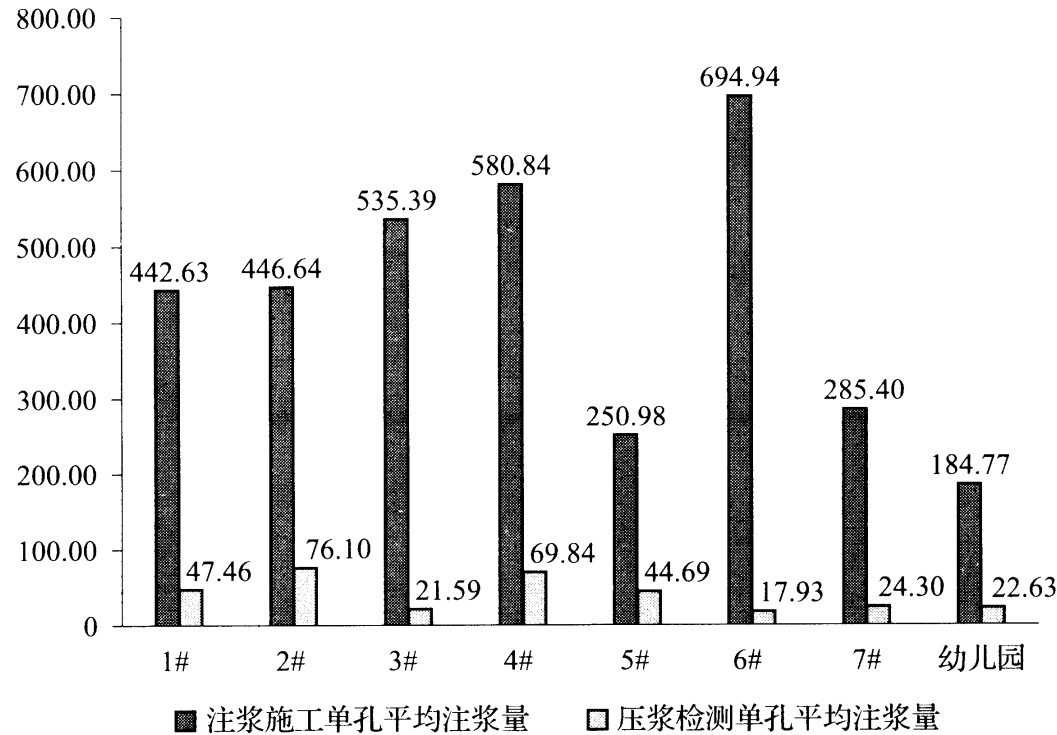


图 6 场地建筑基础下平均注浆量对比图

综合统计,场地压浆试验单孔平均注浆量为 41.09m³,场地注浆施工单孔平均注浆量为 442.63m³,压浆试验比为 0.0856,可以说明整个场地注浆实际充填系数满足要求,注浆结束后的场地采空区及其顶板垮落带剩余空隙率小于 0.1,见表 2。

表 2 场地建筑基础下单孔平均注浆量对比分析表

楼座 注浆 回次	1 号楼	2 号楼	3 号楼	4 号楼	5 号楼	6 号楼	7 号楼	幼儿园	综合 统计
注浆施工(m^3)	442.63	446.64	535.39	580.84	250.98	694.94	285.40	184.77	438.63
压浆检测(m^3)	47.46	76.10	21.59	69.84	44.69	17.93	24.30	22.63	41.09
压浆检测 比(%)	9.68	14.56	3.88	10.73	15.11	2.52	7.85	10.91	8.56

通过工后检测,评价该项目采空区经灌注充填法地基处理后,各项检测项目均符合要求,对于可能存在的离层空洞进行了补充注浆,注浆效果满足建设使用要求。

4.3 施 工

4.3.1 注浆站的布置可按图 7 和图 8 布置。

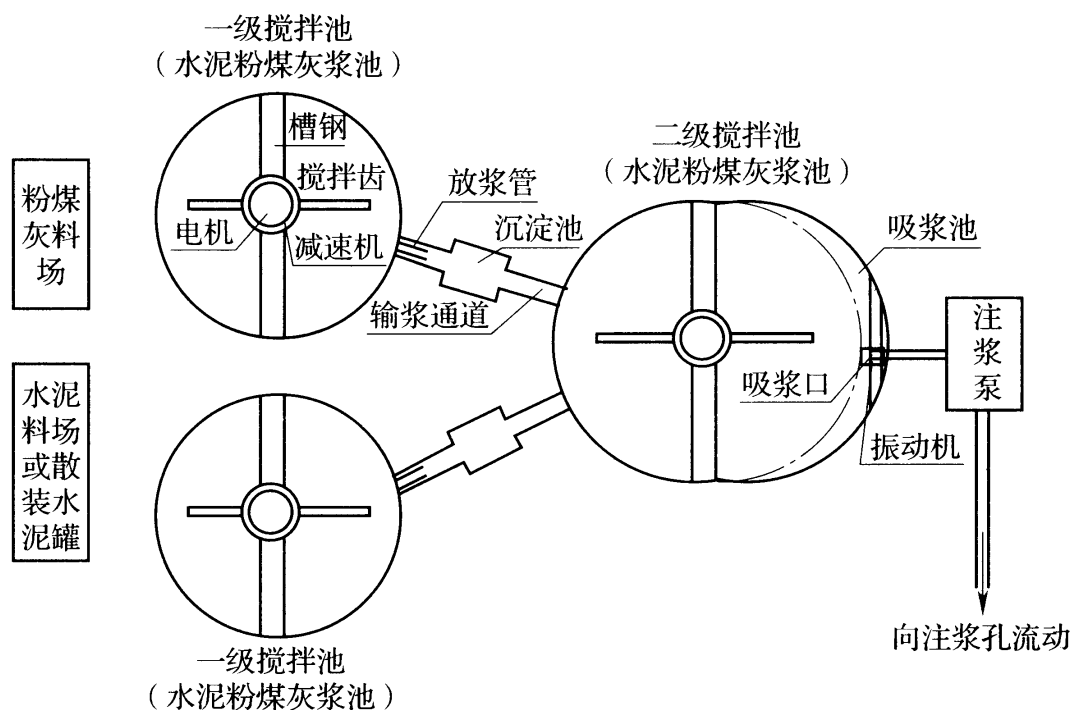


图 7 注浆站水泥粉煤灰制浆池平面示意图

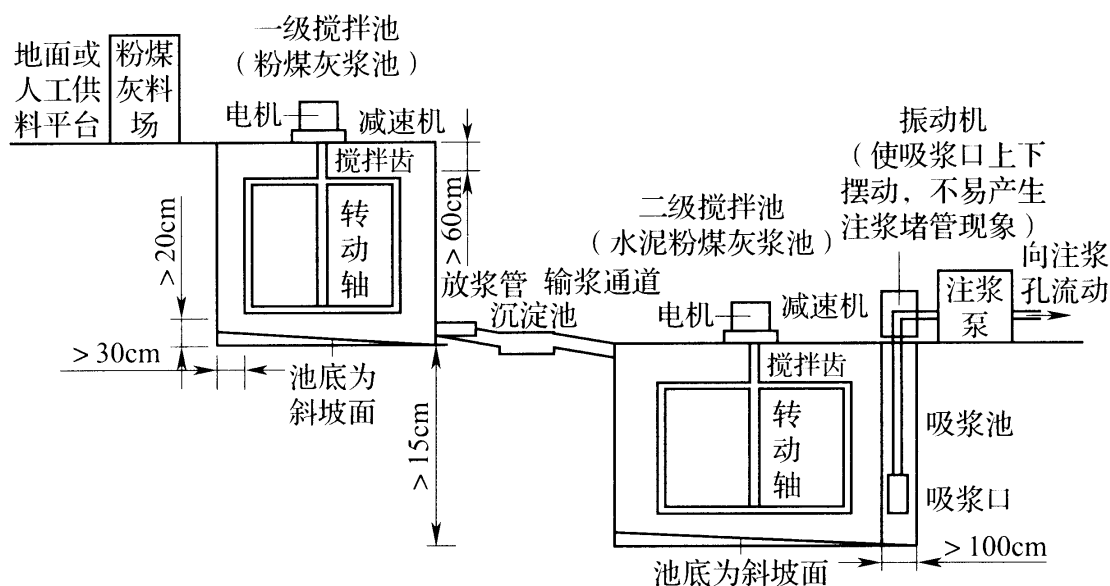


图 8 水泥粉煤灰浆制浆池立面示意图

4.3.2 止浆设备或装置的选型应尽量简单、操作方便、止浆可靠。常用的止浆设备为自制的似法兰盘止浆器,法兰盘直径大小应与注浆孔径相匹配。采用其他止浆塞时,应具有良好的膨胀和耐压性能,易于安装和拆卸。

根据已有的采空区处治工程实践经验,单层采空区注浆采用法兰盘简易止浆法止浆简单易行。此法不完善之处在于:当法兰盘止浆装置安装完成,在注浆前发生塌孔或堵孔事故需进行扫孔时,法兰盘装置难于起拔,扫孔十分困难。

自上而下式注浆又称为下行法注浆,其要点是:以开孔孔径进入完整基岩 5m,注浆 1:2 或更浓的加水玻璃的水泥浆。水泥浆柱高度不小于 5m,然后立即下入护壁管(也是孔口管和注浆管),待水泥浆初凝或 24h 后再变径钻至第一个煤层采空区的设计深度。在孔口管上端安装注浆用的三通管即可注浆。该段注浆结束后卸掉上端注浆装置,扫孔并钻至第二个注浆段深度,重新安装孔口三通管注浆。直至完成最下层采空区的注浆施工。下行法注浆简单易行,且工程质量好,缺点是工期较长。上行式分段注浆法宜简易用止浆塞止浆。此法要求止浆塞下置在裂隙不发育的完整基

岩内。如遇多层采空区塌落,岩石破碎,空隙、裂隙发育,则不宜采用此法。

处治两层以上采空区时,止浆需多次完成,下行法注浆宜选用套管止浆,上行法注浆宜用止浆塞止浆。

4.3.4 浆液的配比及性能指标应严格按设计文件及现场试验结果执行,确保浆液质量满足设计要求,施工中应按规定检测频率检验浆液的各项性能技术指标。

4.3.5 分次序成孔的主要目的是为了在第一序次成孔过程中对采空区埋深、采厚及覆岩特征进行判定和校核,以便后次序成孔时进行调整。灌注孔钻至设计深度后,应对钻孔进行清水冲洗。冲洗压力宜为灌注压力的 80%,且不大于 1MPa。冲洗时间应不小于 5min~10min,漏水量大于 100L/min 时,可停止冲洗。对遇水软化岩层、掉钻、漏浆严重等不良地段的钻孔,不宜进行冲洗;采用全孔一次性灌注或多层采空区采用自下而上式(上行式)灌注时,可在灌注前对全孔进行一次冲洗,多层采空区采用自上而下式(下行式)分段灌注时,每段灌注前均应采用压力水冲洗。

4.3.6 灌注管的规格应满足设计要求,管上端应高于地面 0.5m,管下端应超出法兰盘 0.5m;法兰盘直径应大于变径后的孔径,并与灌注管焊接;灌注浆液配制应按设计要求配合比配制浆液,施工前应对材料计量器具进行标定;配制浆液在搅拌池内进行,先在搅拌池内加入设计规定量的水,再加入水泥、粉煤灰、黏土等固相材料拌和均匀,并按设计规定加入外加剂;浆液搅拌分为两级。一级搅拌池的搅拌时间不应小于 3min,随后通过滤网进入二级搅拌池,浆液在二级搅拌池中的停留时间不应超过 3h。灌注施工前,应按设计的灌注浆液配合比进行试验,确定浆液的密度、稠度、结石率、初凝和终凝时间、结石体的抗压强度等参数。灌注施工应遵循“先帷幕孔后灌注孔”、“分序间隔灌注”的原则,对于倾斜煤层采空钻孔灌注应沿煤层倾向由深至浅进行;当采空区空洞较大及充水时,可采用投料漏斗并加注浆管,用浆液输送灌注粒径不大于

5mm 的石粉、砂砾石等粗骨料,或采用低压浓浆灌注、添加速凝剂、间歇灌注及疏排水等措施。

4.3.7 采空区地基灌注施工时,当压力恒定而单位时间注浆量突增时,可对采空区灌注浆液浓度进行调整,防止由于灌注浆液浓度过稀、扩散范围过广,影响灌注浆液的充填效果。采取浓度调整措施时,浓度变化宜逐步调整,避免大尺度变化引发浆液堵塞等注浆事故。

4.3.8 进行灌注的注浆孔与后序次施工的注浆孔之间应控制适当的距离,防止在注浆过程中发生串浆。

4.3.9 本条规定若采用灌注充填法处理的采空区场地其周边存在正在使用的地下井巷,应采取砌筑止浆墙的方法防止注浆施工对其造成影响,对于条件不满足砌筑止浆墙的,应根据实际工况采取其他措施,避免对其正常运行造成影响。

4.4 质量检验

4.4.1 当采空区无水时,浆液结石体试块应按采空区的温度和无水条件养护,对脱模试块应每天洒水一次,使试块保持潮湿;当采空区充水时,浆液的结石体试块应在采空区的温度和有水条件下进行养护,试块制作完成后应迅速置于养护池内,脱模后应在同条件养护池内养护。

4.4.5、4.4.6 为了满足对注浆段的岩芯采取率及提高取芯质量,可采用多重管取芯或绳索取芯。钻探是最直观、最有效的检测方法,是定量评价处置效果的必要手段。检查孔宜随机布设,以重要建(构)筑物及注浆异常区为布设重点对象。

4.4.7 采空区处治后受注层平均剪切(横波)波速的确定,是按照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 中关于剪切波速划分场地土类型标准。对于本条第 2 款规定的通过对比采空区勘察时的波速测试成果,分析评价采空区灌注施工质量,主要针对的是采空区上覆基岩中的裂隙、离层带灌注效果的评价,对于存在完整

结石体的层位,通过对结石体的波速检测成果评价注浆效果,对于裂隙离层,由于注浆浆液与破碎岩土体胶结,主要通过对比处理前后的波速变化来评价处理效果,同时也反映受注裂隙、离层的充填胶结情况。

4.4.8 采用探井、探坑对浅层采空区受注层进行观测,首先要确保检测工作的安全。对于采空区顶板岩性较软或充分采动的采空区,宜在钻探检测注浆效果基本达标的情况下采用探井、探坑补充验证,防止采空区顶板破碎严重在探井、探坑开挖过程中造成垮塌,引发安全事故。

4.4.9 压浆试验作为采空区灌注充填法进行地基处理的重要检测手段,通过分析压浆试验过程中的钻孔注浆量,对注浆充填效果进行评价。本条规定主要针对压浆试验目的,对压浆试验浆液材料、配合比及检测标准给予规定。

5 穿越/跨越法

5.1 一般规定

5.1.1、5.1.2 采用穿越法处理的采空区地基,要求其在场地符合本规范第 3.0.12 条规定的变形要求标准后,方可进行处理。

对缺乏穿越法、跨越法处理采空区地基处理经验的地区,在处理设计方案实施前,应选择有代表的采空区场地进行现场试验,并根据试验检测结果调整设计参数和施工工艺,再确定施工方案。

5.2 设计

5.2.1 采用穿越法、跨越法进行处理的煤矿采空区场地,其处理面积和处理深度与其他方法不同。

采用桩基穿越和采用梁板跨越处理的采空区场地,其处理原则是将建筑物荷载直接穿越采空区传递到采空区底板岩石上或跨越采空区传递到采空区场地两侧稳定地层。因此采用桩基穿越法和梁板跨越法治理的采空区场地处理面积跟其他方法处理采空区范围有差别,其处理范围应根据建(构)筑物基础几何尺寸、地基持力层及采空区特征等条件确定。跨越法设计时,对尚属稳定的巷道或带状采空区,应考虑巷道或带状采空区变形的时间效应。

5.2.2 采用穿越法进行采空区地基处理,需考虑采空区空洞范围对成桩的影响,采空区顶板管理方式及其三带发育情况对桩体摩阻力的影响,采空区地下水赋存、径流状态对桩体的腐蚀性及其成桩的影响,以及建筑物特征对变形的要求是否适合采用桩基穿越进行地基处理。

5.2.4 关于桩基承载力计算及稳定性验算的内容,应针对采空区类型、顶板管理形式、停采时间、顶底板埋深及岩性、覆岩特征、冒

落物性状,水文地质条件,建筑规模、功能及荷载特征、对差异变形的适应性、施工技术条件与环境等因素综合分析,进行计算或验算。

5.2.6 采用预灌注处理后的采空区场地,进行桩基穿越时,桩体周围垮落裂隙带松散岩土体均按照胶结情况良好的地层考虑,在场地已达到稳定的条件下,该部分岩土体将不再产生负摩阻,可按照摩擦端承桩进行设计。

5.2.7 场地未进行预灌注充填处理的条件下进行桩基穿越处理,虽然地表变形已达到稳定性场地要求,但岩层垮落裂隙带松散体可能产生下沉移动,会给工程桩体带来负摩阻力影响。

5.2.8 桩端持力层的选择与嵌入岩体深度均对工程桩稳定性有重要意义。桩端持力层不仅对桩体端阻力的发挥有影响,而且制约着桩体侧阻力的发挥。应保证进入桩端持力层的深度以有效发挥端阻力。本条中规定要求桩端进入采空区底板完整、较完整基岩,一般指桩端需穿越伪底和直接底,进入采空区老底。并且可以在桩端持力层及嵌岩深度满足设计要求的前提下,采用预灌注、后压浆,或成桩后对桩周岩土体进行注浆加固等方式进行处理,以增强桩端、桩侧岩(土)体的强度,有效发挥工程桩作用。

5.2.9 由于采空区穿越法地基处理过程中,采用桩型均为端承桩,故要求桩身通长等截面配筋,配筋率对小直径桩宜取大值。根据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 规定,设计使用年限 50 年,环境类别为二 a 时,混凝土最低强度等级为 C25,环境类别为二 b 时,最低强度等级为 C30,考虑到采空区场地的环境变化及地下水水位、煤系地层地下水腐蚀性等条件,要求桩身混凝土强度不得小于 C30。

5.2.10 对于受水平荷载较大或承受水平地震作用的桩基,其配筋长度不应小于反弯点下限 $4.0/\alpha$ (α 为桩的水平变形系数)。

5.2.11 穿越法桩体竖向承载力计算时,摩阻力的计算应按照实际情况确定。对于非充分采动的采空区,建议采用预注浆液,避免

在工程桩施工过程中,使变形稳定的顶板覆岩活化产生负摩阻力,降低工程安全性。对于充分采动的采空区,应根据停采时间及采空区顶板岩体密实程度确定摩阻力的大小,计算摩阻力需计入折减量。

5.2.12 本条规定的主要目的是为了说明灌注桩单桩竖向极限承载力标准值需要通过试验来确定,直径为 0.3m 的嵌岩短墩试验,其嵌岩深度根据岩层软硬程度予以确定。

5.2.15 混凝土结构的耐久性按正常使用极限状态控制,其表现为:钢筋混凝土构件表面出现锈胀裂缝,预应力筋开始锈蚀,结构表面混凝土出现可见的耐久性损伤,材料的进一步劣化发展还可能引起构件承载力问题,甚至发生破坏。结构所处环境是影响其耐久性的外因,环境类别是指混凝土暴露表面所处的环境条件,设计可根据实际情况确定适当的环境类别。

5.3 施 工

5.3.2~5.3.4 采空区地质环境较为复杂,不可预见和突发事件较多,因此不建议采用人工挖孔桩工艺。为使设计更贴近实际情况,保证施工顺利进行,应依据现场施工实际情况进行,优化设计。

5.3.6 对于泥浆护壁成孔灌注桩,当穿越采空区钻进过程中遇到破碎及孔壁严重坍塌的地层时,可采用优质泥浆、水泥浆或化学浆液护壁;泥浆严重漏失时,应采取提高泥浆相对密度,掺入锯末、增黏剂提高泥浆黏度等维持孔壁稳定的措施,必要时可采用早强水泥进行封堵。对于尚未完全垮落的采空区,钻进过程中在揭露采空区顶板时,应根据采空空洞发育、是否充水、冒落物特点等确定适宜的钻进方法和钻具;采空内有冒落物时,应采用充填、封闭等堵漏措施钻进。

5.3.9 灌注桩后注浆工法主要适用于各类钻、挖、冲灌注桩的沉渣、泥皮和桩侧一定范围土体的加固,穿越采空区的桩基宜采用桩端桩侧复式注浆工艺。后注浆导管应采用钢管,且应与钢筋笼加

劲筋绑扎固定和焊接;设置数量宜根据桩径大小确定,对于桩直径小于 1200mm 时,宜对称设置 2 根;对于桩直径 1200mm~2500mm 时,宜周围均匀设置 3 根。钢筋笼吊装完毕后,应安放导管和气泵管再次清孔,并对孔位、孔径、垂直度、孔深、沉渣厚度等成孔质量检验,检验合格后应立即浇灌桩身混凝土。

5.3.10 水下灌注混凝土必须具有良好的和易性,配合比应由室内试验确定;坍落度宜为 180mm~220mm;水泥用量不应少于 $360\text{kg}/\text{m}^3$ (对外掺粉煤灰时水泥用量可进行适当调整);混凝土的含砂率宜为 40%~50%,并宜选用水洗中粗砂;粗骨料可选用卵石或碎石,其粒径不得大于钢筋间最小净距的 $1/3$,并确保最大粒径不大于 40mm;混凝土宜掺外加剂。

水下混凝土灌注前,应保证导管底部至孔底留有 300mm~500mm 的净距离;导管一次埋入混凝土灌注面下不得少于 0.8m,并应有足够的混凝土储备量;导管埋入混凝土的深度宜控制为 2m~6m,严禁将导管提出混凝土灌注面,并应严格控制导管提拔速度;灌注混凝土必须连续作业,应按初盘混凝土初凝时间控制每根桩的灌注时间,对灌注过程的异常情况应有专人记录备案;控制最后一次超灌量宜为 0.8m~1.0m,必须保证凿除泛浆后暴露的桩顶混凝土强度达到设计等级。

5.4 质量检验

5.4.2 工程桩应进行承载力和桩身质量检测,对施工前未按规定进行试桩、施工期变更工艺参数、工后存在质量缺陷的或采空区地质条件复杂、工后质量可靠性低的桩基工程,应采用载荷试验检测单桩竖向或水平承载力。

桩身工后质量检测内容应包括混凝土试件强度等级和现场检测,现场检测可采用可靠的动测法,对于大直径桩也可采用钻芯法、声波透射法等进行检测。

灌注桩施工前应对桩身混凝土原材料质量与计量、配合比、坍

落度、强度等级,钢筋笼制作钢筋规格、主筋和箍筋的偏差、焊条规格及品种、焊口规格、焊缝长度、焊缝外观和质量等项目进行检验。

灌注桩施工期间应对桩孔位、孔深、孔径、垂直度、孔底沉渣厚度进行检验,成孔施工允许偏差和沉渣厚度均应满足规范要求。

本条规定的试桩数量均为下限值,若实际工作中由于其他原因造成不足以为设计提供可靠的依据或设计另有要求时,可根据实际情况增加试桩数量。

另外,如果施工过程中桩的参数发生较大变动或施工工艺发生较大变化,应重新对改变后的桩进行试桩,试桩的数量及要求仍按照本条的规定执行。

6 砌 筑 法

6.1 一 般 规 定

6.1.2 采用砌筑法进行采空区场地地基处理时,必须首先考虑施工人员的生命安全,这也是该方法是否适用的主要限制性条件之一,也是本条作为强制性条文的原因。

6.2 设 计

6.2.2 本条规定砌体所受荷载与砌体位置处采空影响高度有关,根据工程经验,对正规开采的,具有一定规模采煤工作面的,其计算影响高度为采厚的 8 倍~10 倍,对于采煤工作面小,非正规开采的,影响高度取采厚的 6 倍~8 倍。

6.2.3 对于砌筑材料的选用,需根据采空区上覆荷载的大小计算确定,不建议使用毛石、片石作为砌筑材料。根据现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 规定,采用 MU20、新鲜、耐风化的毛料石, M7.5 砂浆,其抗压强度设计值可达到 2.42MPa;采用 MU15 砖, M7.5 砂浆,其砌体抗压强度设计值为 2.07MPa;可满足一般情况下砌筑抗压要求。对于特殊情况,建议按照实际荷载计算结果,并依据现行国家标准《砌体结构设计规范》GB 50003 相关规定选用。

6.2.4 砌筑体间距的设计除应满足支撑上覆荷载要求外,尚应考虑采空区上覆顶板裂隙发育程度,计算覆岩荷载大、顶板裂隙发育的区域,应取小值;计算覆岩荷载小、顶板裂隙发育程度小的区域,可取大值。砌筑体间距宜取砌筑体短边尺寸的 1.0 倍~1.5 倍或砌筑体的面积不小于采空区处理面积的 35%。

6.2.5 采用毛料石砌筑时,取砂浆试块(边长 70.7mm 立方体)标准养护 28d 的立方体抗压强度平均值;采用混凝土砌筑时,取混凝土试块(边长 150mm)标准养护 28d 或设计规定龄期以标准试验方法测得的具有 95%保证率的抗压强度值。

7 剥挖回填法

7.1 一般规定

7.1.1 对于采空区埋深超过 20m 的场地,相比较于其他采空区地基处理方法,剥挖回填法施工难度大且不经济,过厚的回填地基施工质量无法保证,且采空区开挖后,基坑周围需设置防火墙,同时应考虑因取土土方量过大造成新的地质环境破坏。

对建筑基底压力小于 200kPa 的要求,限定场地仅可作为普通的工业与民用建(构)筑物使用。对基底压力大于 200kPa 的建(构)筑物,则不适于用剥挖回填法进行采空区地基处理,过大的建筑基底压力对地基土的抗变形能力提出更高的要求,处理过程中技术、经济等条件均不能很好地满足条件。

7.2 设计

7.2.3 残留煤柱作为矿产资源应进行回收,同时也是消除火患的一种措施,回收煤柱应符合国家对矿产资源的管理规定。

7.2.4 浅部采空区残留煤柱易与大气接触而自燃,在基坑周边设置防火墙,以对基坑外侧的自燃或有自燃倾向的煤柱区域进行封闭处理,防止与大气连通。基坑回填分别按基底应力影响范围内、外两种情况区别对待。同时,因设置防火墙,剥挖基坑往往大于一般基坑。基坑回填应按细—粗韵律搭配回填,并注意与封底黏性土层和防火墙有机搭接。

7.2.5 本条规定对采用剥挖回填处理后的采空区场地,需进行二次回填施工的,应选用易于二次施工的材料进行回填。由于进行剥挖回填后一般选用桩基,因此回填材料应能满足桩基施工相关要求。

7.2.6 砂石宜选用碎石、卵石、角砾、圆砾、砾砂、粗砂、中砂和石屑,并应级配良好,不含植物残体、垃圾等杂质。除条文中规定的回填材料外,还可以使用粉煤灰、矿渣、其他工业废渣等材料进行回填。土工合成材料加筋垫层所选用土工合成材料品种与性能,应根据采空区特征及工程要求,按照现行国家标准《土工合成材料应用技术规范》GB 50290 的有关要求选用。

7.2.7、7.2.8 根据实际工作经验,密实度达到一定量值时,承载力也能达到表 7.2.7 中相应值的要求。

7.4 质量检验

7.4.1 压实土体质量的检验方法有多种,核心是检验压实岩土体的密实程度,本条中仅提供了实际工作中易于操作的几种方法。有经验的地区也可以用其他适用方法。检验点的数量,因要求大范围机械化施工,人为影响较少,试验数量取现行国家标准《建筑地基基础工程施工验收规范》GB 50202 有关规定的上限值。

剪切波速检验是一种无损检验的好方法,但目前对剪切波速指标与密实度和承载力建立对应关系研究较少。所以本条只提出了有经验时可采用剪切波速检验。

8 强 夯 法

8.1 一 般 规 定

8.1.1~8.1.4 采空区地基处理强夯法是在冲击动荷载反复作用下,采空区顶板岩体达到疲劳损伤强度而冲切破坏,并进一步垮落、夯实、压密的过程。其目的为加速、促进采空区塌陷,提高地基承载力,减小或消除地基沉降。“三带型”、“抽冒型”采空区均可采用强夯法进行采空区地基处理,采空区强夯应通过现场试验确定其适用性和处理效果。

剥挖回填采空区顶板再回填强夯,其强夯设计、施工、检验同一般建筑场地强夯要求。

8.2 设 计

8.2.4 采空区强夯应根据采空区覆岩厚度、岩性、完整程度选取单击夯击能,单击夯击能越大,越易夯塌。当试夯多次采空区顶板仍未夯塌时,可提高单击夯击能,或先爆破、开挖采空区顶板再回填强夯。

8.2.7 强夯回填量的计算考虑了采空区剩余空隙率的影响,宜与现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 的有关规定相协调。

8.3 施 工

8.3.2 圆形夯锤下等效拟静压力与锤底静接地压力正相关,与夯锤直径成反相关;而等效拟静压力越大,采空区顶板越易夯塌。因此对夯锤形状及锤底静接地压力值做出了要求。

8.3.4 为防止产生夯锤落入空洞及夯机翻车而规定此施工措施,

采空区处于地表移动变形衰退期结束时,强夯时采空区一般不会突然夯垮。

8.3.5 对煤层水平或倾角小于 15° 的采空区定义为水平(缓倾斜)煤层采空区,对于煤层倾角介于 $15^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 之间的采空区定义为倾斜采空区,对于煤层倾角大于 55° 的采空区定义为急倾斜采空区。

8.4 质量检验

8.4.2 采空区强夯检验除按一般地基强夯检验要求外,还应检验采空区夯塌及充填密实情况,以检验采空区强夯处理效果。

9 堆载预压法

9.1 一般规定

9.1.1 堆载预压法作为一种采空区地基处理方法,主要针对小规模、埋深浅、建筑地基要求水平低的场地。其处理采空区场地除符合采空区场地已达到衰退期结束的条件外,采空区顶板必须完全垮落,对未完全垮落且符合本方法处理其他条件的,可考虑与强夯法配套使用,先夯塌后堆载预压。

9.1.2 采用堆载预压法进行地基处理的关键因素之一为卸载的条件。设计应使卸载后的残余变形满足建(构)筑物变形要求,从而确定预压期应完成的变形量,按照工期要求,合理安排施工顺序,在预定工期内通过预压完成设计所要求完成的变形量。

由于预压加固地基的范围一般较大,其沉降对周边有一定影响,应有一定安全距离;距离较近时应采取保护措施。超载预压的设计要在保证整体稳定性的条件下进行。

9.2 设计

9.2.2 堆载材料可选用废弃矸石、临时储煤等提供堆载预压荷载。

9.2.7 排水竖井分为普通砂井、袋装砂井和塑料排水带。排水竖井间距可根据地基土的固结特性和预定时间内所要求达到的固结度确定。排水竖井设计深度应根据建筑物对地基的稳定性、变形要求和工期确定,对以地基抗滑稳定性控制的工程,竖井深度应深入到最危险滑动面以下 2.0m,对以变形控制的建筑工程,竖井深度应根据在限定的预压时间内需完成的变形来确定;竖井应穿透受压土层。

9.3 施 工

9.3.4 堆载预压施工过程中,加载速率控制不当,可能导致地基发生剪切破坏或产生过大的塑性变形,危及相邻建(构)筑物的安全。因此应严格控制加载速率,一般对加载速率的控制根据竖向变形、水平位移和孔隙水压力等监测资料按一定标准控制。在施工过程中,对孔隙水压力、竖向变形、边桩水平位移等观测资料进行综合分析、预测显得十分必要。对于铺设有土工织物的堆载工程,要注意突发性破坏。

9.4 质 量 检 验

9.4.2 本条主要针对采用堆载预压法处理的采空区地基竣工验收的要求。检验预压所完成的竖向变形和平均固结度是否满足设计要求,原位试验检验和室内土工试验预压后的地基强度是否满足设计要求。

10 采动边坡防治

10.1 一般规定

10.1.1 采动边坡指在采空区影响范围内的边坡。由于受采空区地表移动变形发育而引发的覆岩坡体滑动崩塌,其破坏诱因及破坏特征也不同于一般的滑坡崩塌,因此本规范专设了采动边坡防治章节。

10.1.2 本条提出了工程建设避开采动边坡的原则,难以避开时应进行专项防治设计。设计之前应有专项勘察,为设计提供详细的地质依据。采动边坡除查明边坡自身特征外,尚应查明边坡与采空区“三带发育”及地表移动盆地关系,对滑坡、崩塌勘察应查明滑坡体位置、滑动面、古滑动面与采空区“三带发育”及地表移动盆地间关系。

10.1.4 边坡工程的安全等级是进行边坡勘察、支护设计、施工等的重要依据。本条依据采动边坡的危害程度、规模等将采动边坡划分为两个等级。

10.1.5 采动边坡稳定系数及推力计算公式来源于极限平衡法原理,并充分考虑了采动程度的影响,同时参考了国家现行标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044、《滑坡防治工程设计与施工技术规范》DZ/T 0219、《地质灾害防治工程勘察规范》DB 50/143和《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》。

10.2 设计

10.2.1 采动边坡防治设计内容应在综合分析场地地面建(构)筑特征、采空区特征、场地岩土工程地质条件和区域地质条件四个方面的基础上,进行分析设计。本条第1款着重强调对场地地面建

筑分布,建筑特征等资料的收集,上述资料为确定采动边坡防治设计范围的基础;第2款着重强调采矿历史、采空区分布规律资料的收集与分析,场地内岩土工程地质条件的收集与测试,以及基于上述分析的采空区稳定性分析计算。

10.2.3 考虑到采动边坡工程在采空区地表变形衰退期结束后仍有一定的变形量,其对采动边坡支护工程会造成不利影响,因此在采动边坡支护设计时,应采用增强构造措施提高支护结构的抗变形能力。

10.2.5 边坡稳定性分析计算,岩土体抗剪强度指标的选用为主要的控制性因素之一。对于一级采动边坡工程,岩土体抗剪强度的选用必须通过取样测试获取的,以求计算过程能最大限度还原采动边坡现状。对于二级采动边坡工程,岩土体抗剪强度的取值可依据地区经验、反演分析综合求的,但要求取值依据合理可靠,以满足边坡加固设计安全使用要求。

10.2.8 考虑建筑边坡抗震设防已被广泛接受,采动边坡作为复杂应力条件下的边坡设计,其受地震力影响的可能性更大,且一旦破坏,将造成不可估量的后果。故在采动边坡设计中应考虑抗震作用,并符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011的有关要求。

10.2.9 采动边坡工程各支护结构或构件的承载能力及变形计算可按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330及相关标准执行。

10.3 施 工

10.3.2 边坡治理施工过程中,由于边坡无序大开挖、大爆破造成事故的工程实例很多。本条中规定采用“自上而下、分段跳槽、及时支护的逆作法或部分逆作法施工”是在工程实践过程中积累的成功经验总结。

10.3.7 岩石边坡开挖爆破施工应采取避免边坡及邻近建(构)筑

物震害的工程措施。对稳定性较差的边坡或爆破影响范围内坡顶有重要建(构)筑物的边坡,爆破震动效应应通过爆破震动效应监测或试爆试验确定。边坡工程施工中常因爆破施工控制不当对边坡及邻近建(构)筑物产生震害,因此爆破施工时应采取严密的爆破施工方案,爆破方案应经设计、监理和相关单位审查后执行。周边建筑密集或建(构)筑物对爆破震动敏感时,爆破前应对周边建(构)筑物原有变形、损伤、裂缝及安全状况等情况采用拍照、录像等方法做好详细勘察记录,有条件时应请有鉴定资质的单位做好事前鉴定,避免不必要的工程或法律纠纷,并设置相应的震动监测点和变形观测点加强震动和建(构)筑物变形的监测。

11 采空区治理综合措施

11.1 一般规定

11.1.1 采空区治理综合措施的提出是为了从建(构)筑物自身建筑布设、结构设计,采空区地基处理等多方面协调配合,从多角度出发,减小采空区场地建(构)筑物受采空区变形的危害。通过综合措施的实施,可以起到充分发挥各种方法在采空区场地使用过程中的稳定性作用,为优化、合理、安全利用采空区场地提供保障。

11.1.2 地下开采技术措施是指在煤矿开采过程中,对已建的或拟建的建(构)筑物场地,采取特殊的采煤工艺和保护措施,减少或消除因采煤导致的上部建筑场地变形危害的措施。保护方式主要为在建筑场地下方留设保护性煤柱。

12 工后检测与变形监测

12.1 一般规定

12.1.1 采空区地基处理工后检测为对采空区地基处理整体效果的检测评价。其评价过程及评价项目涉及采空区地基处理整体效果。评价结果应作为采空区场地建(构)筑物主体可否施工的主要依据。

12.1.4 由于采空区场地本身的复杂性及其在外力作用下和环境条件发生改变时可能发生“复活”,因此对于地基处理等级为甲、乙级的重要建(构)筑物应进行长期的变形监测。

12.2 工后检测

12.2.2 工后检测基础资料的收集,其主要对象为针对采空区的地基处理方案方法,在施工过程中涉及的材料性能、配比,试验性施工记录及确定的施工参数,施工记录资料及施工过程中的场地变形监测成果。在收集采空区地基处理工后检测基础资料的基础上,对检测成果进行分析整理,对采空区地基处理效果提出综合评价。

12.2.3 采空区地基处理工后检测评价定性评价主要是通过地球物理探测、施工及钻孔检测揭露的采空区宏观特征分析为主,对采空区地基处理效果进行定性的评价,定性评价的优点在于可以对采空区整体的施工效果进行评价。定量评价即采用原位或室内定量分析试验,对采空区地基处理方法效果进行评价,采用定量评价的方法可以对采空区地基处理效果进行较为精确、可靠的评价。鉴于定性评价缺乏翔实的数据支撑,定量评价费用较高,因此在采空区地基处理工后检测评价中,建议采用定性和定量相结合的评价。

价方法,在定性评价的基础上,采用定量评价予以佐证并提供数据支撑,提出更为完善、可靠的评价结论。

12.2.5 本条规定了工后场地适宜性评价的方法。根据现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 中场地建设适宜性评价章节内容,采空区场地工程建设适宜性共分为三个等级,分别为适宜、基本适宜和适宜性差,评价依据为采空区场地稳定性、采空区与拟建工程的相互影响程度、拟采取的抗采动影响技术措施的难易程度、工程造价等。工后采空区场地工程建设适宜性评价的主要依据为采空区地基处理效果,处理后采空区对拟建工程的影响程度,工程建设对采空区的稳定性影响程度。其中,采空区地基处理效果主要体现为采用的采空区地基处理方法在实际处理过程中发挥的效应,该效应主要体现在对采空区活化条件的消除和满足建筑荷载及变形的要求上。其次为处理后的采空区对拟建工程的影响程度,主要通过处理后的采空区场地地表变形特征及发展趋势进行判定,评价其对工程建设适宜性的影响。最后为工程建设对采空区稳定性的影响程度,主要评价工程建设对采空区变形的影响趋势,进而评价其对工程建设适宜性的影响。

12.2.8 在工后检测评价报告提出之前,场地变形数据应为实测数据,即从场地采空区岩土工程勘察开始到采空区场地地基处理工后检测工作结束,均应有场地地表变形监测数据,该数据为采空区地基处理工后检测评价的依据之一。此外,工后检测报告应对评价工作结束后的场地地面变形进行验算预测,并通过后期的施工变形监测进行验证,预测地面变形数据将作为工后评价内容的一部分,用于对工后建筑地基的稳定性评价。

12.3 变 形 监 测

12.3.1 采空区地基处理变形监测应与场地勘察期变形监测进行很好的衔接,勘察期变形监测为场地稳定性及建设适宜性评价的依据之一,地基处理阶段至处理结束后检测阶段的变形监测为采

空区地基处理工后评价依据,建设施工及使用阶段的场地及建筑变形监测为确保建筑安全建设使用的监测项目。对于新采或复采的场地,由于原场地稳定性条件被破坏,需进行跟踪监测以记录场地变形数据,为地基处理、建设施工及使用提供基础数据。

12.3.2、12.3.3 采空区地基处理及建(构)筑物建设、使用期场地地面变形监测工作宜按照现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044 中勘察阶段地面监测点布设方式布设,并应与施工阶段的监测相衔接,监测内容包括地表水平位移、地表垂直位移、地表裂缝监测及深部位移检测等。建筑施工及使用期建筑变形监测应符合现行行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

12.3.5 监测线的布设宜平行或垂直于探明的采掘工作面,对于未探明采煤工作面的,监测工作线的布设应参照煤层走向布设。采空区场地变形监测的范围不应小于设计的采空区地基处理范围。