

ICS 27.140  
P 59

**NB**

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 10333-2019  
代替 DL/T 5134-2001

---

水电工程场内交通道路设计规范  
Code for Design of On-site Access Roads in  
Hydropower Projects

2019-12-30 发布

2020-07-01 实施

---

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程场内交通道路设计规范

Code for Design of On-site Access Roads in  
Hydropower Projects

NB / T 10333-2019

代替 DL/T 5134-2001

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国家能源局

施行日期：2020 年 7 月 1 日

中国水利水电出版社

2020 北京

# 国家能源局

## 公告

2019 年 第 8 号

国家能源局批准《小水电机组励磁系统运行及检修规程》等 152 项能源行业标准（附件 1）、《Code for Safe and Civilized Construction of Onshore Wind Power Projects》等 39 项能源行业标准英文版（附件 2），现予以发布。

- 附件：1. 行业标准目录  
2. 行业标准英文版目录

国家能源局

2019 年 12 月 30 日

附件 1:

行业标准目录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
8	NB/T 10333-2019	水电工程场内交通 道路设计规范	DL/T 5134-2001		2019-12-30	2020-07-01
...						

# 前 言

根据《国家能源局关于下达 2009 年第一批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2009〕163 号）和《国家能源局关于下达 2012 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2012〕326 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规范。

本规范的主要技术内容是：场内交通道路规划，路线，路基与路面，桥涵，隧道，安全设施、环境保护与水土保持。

本规范修订的主要内容是：

——增加了术语。

——增加了路线，路基与路面，桥涵，隧道，安全设施、环境保护与水土保持等设计的有关规定。

——增加了“附录 A 特种验算荷载作用效应组合”。

——删除了原设计基本资料和对外交通有关规定。

——删除了原附录 A~附录 D。

本规范由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业水电勘测设计标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京市西城区六铺炕北小街 2 号，邮编：100120）。

本规范主编单位：中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

水电水利规划设计总院

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

本规范主要起草人员：傅支黔 曾建军 聂大丰 肖长清 龙 薇 何 伟

青华彬 张 丹 李 毅 毛穗丰 游选成 马建新

陈炜韬 刘智勇 周春根 洪 文 何俊乔

本规范主要审查人员：魏志远 余 奎 卢兆钦 石青春 任金明 春光魁

黄列夫 谢春生 李宏祥 代振峰 汤飞熊 胡建华

罗 林 丁 燕 杨鹏飞 周绍红 周政国 张国良

卢昆华 马治国 尹显俊 赵 轶 李仕胜

# 目 次

1	总则 .....	1
2	术语 .....	2
3	场内交通道路规划 .....	3
3.1	一般规定 .....	3
3.2	场内主要道路规划 .....	3
3.3	场内非主要道路规划 .....	4
3.4	道路等级 .....	4
3.5	建筑限界 .....	5
4	路线 .....	7
4.1	道路平面 .....	7
4.2	道路纵断面 .....	8
4.3	道路横断面 .....	9
5	路基与路面 .....	12
5.1	路基设计 .....	12
5.2	路面设计 .....	14
6	桥涵 .....	16
6.1	设计要求 .....	16
6.2	作用 .....	18
7	隧道 .....	21
7.1	隧道布置 .....	21
7.2	隧道结构设计 .....	22
7.3	隧道附属设施 .....	22
8	安全设施、环境保护与水土保持 .....	24
8.1	安全设施 .....	24
8.2	环境保护与水土保持 .....	24
附录 A	特种验算荷载作用效应组合 .....	26
	本规范用词说明 .....	29
	引用标准名录 .....	30
附：	条文说明 .....	31

# Contents

1	General Provisions .....	1
2	Terms .....	2
3	On-site Access Road Planning .....	3
3.1	General Requirements .....	3
3.2	On-site Major Road Planning .....	3
3.3	On-site Minor Road Planning .....	4
3.4	Road Classification .....	4
3.5	Design Clearance .....	5
4	Route .....	7
4.1	Horizontal Alignment .....	7
4.2	Vertical Alignment .....	8
4.3	Cross Section .....	9
5	Subgrade and Pavement .....	12
5.1	Subgrade Design .....	12
5.2	Pavement Design .....	14
6	Bridge and Culvert .....	16
6.1	Design Requirements .....	16
6.2	Action .....	18
7	Tunnel .....	21
7.1	Tunnel Layout .....	21
7.2	Tunnel Structural Design .....	22
7.3	Tunnel Appurtenance .....	22
8	Safety, Environmental Protection and Soil and Water Conservation .....	24
8.1	Safety Facilities .....	24
8.2	Environmental Protection and Soil and Water Conservation .....	24
	Appendix A Regulations of Accidental Action Combination .....	26
	Explanation of Wording in This Code .....	29
	List of Quoted Standards .....	30
	Addition: Explanation of Provisions .....	31

## 1 总 则

**1.0.1** 为规范水电工程场内交通道路设计工作，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于水电工程场内交通道路设计。

**1.0.3** 水电工程场内交通道路应统筹规划、合理布置，满足水电工程建设与运行交通运输需要。道路设计应做到安全适用、技术先进、经济合理，并符合环境保护、水土保持、节能降耗的要求。

**1.0.4** 水电工程场内交通道路设计，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

### 2.0.1 场内交通道路 on-site access road

为水电工程建设施工及运行管理修建的，联系枢纽建筑物及工程区内部各主要施工作业区、料场、渣场、生产生活区，承担工程区内部施工交通运输和电站运行管理交通运输的道路。

### 2.0.2 场内主要道路 on-site major road

连接水电工程枢纽主要建筑物及主要施工作业区、料场、渣场、生产生活区的场内交通道路。

### 2.0.3 场内非主要道路 on-site minor road

连接主要道路和施工作业面的场内交通道路。

### 2.0.4 车列荷载 vehicle line load

水电工程建设期交通运输的主要车型按一定方式排列的车辆荷载。

## 3 场内交通道路规划

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 场内交通道路规划应根据水电工程枢纽布置、施工总布置、施工总进度对场内交通运输的要求，合理布置建筑物施工、料场、渣场、主要施工附属设施、生产生活区等道路，并合理利用现有交通道路。

**3.1.2** 场内交通道路规划应满足机电设备、金属结构、施工机械等重大件的运输要求，并与对外交通合理衔接。

**3.1.3** 与地方交通相结合的场内交通道路，应同时符合地方公路的相关要求。

**3.1.4** 场内交通道路可根据其任务、功能及运输量等情况，分为场内主要道路和场内非主要道路。

### 3.2 场内主要道路规划

**3.2.1** 场内主要道路应根据施工总布置、施工方案统筹规划布置、合理连接。根据使用功能，场内主要道路可分为料场运输道路、渣场及转存料场运输道路、上坝道路、进厂道路、生产生活区的连接道路、其他主要建筑物和主要施工作业区连接道路等。

**3.2.2** 料场运输道路应根据自然条件、料场规划、开采方式、运输方式合理布置，并考虑料场开采道路接入要求。

**3.2.3** 渣场及转存料场运输道路应结合其位置、容量、有用料回采及后期利用要求统筹考虑，合理布置。

**3.2.4** 上坝道路应满足大坝施工及后期运行管理运输要求，综合考虑各工作面施工干扰及交通需要，统筹规划。混凝土坝的上坝道路宜考虑与混凝土进料线相结合，满足混凝土浇筑强度和温度控制要求。当地材料坝的上坝道路应考虑各高程坝体填筑道路的连接要求。

**3.2.5** 进厂道路应满足厂房施工及后期运行管理运输要求，并结合其他主要道路统筹考虑，合理布置。

**3.2.6** 生产生活区的连接道路应根据生产生活区位置及其任务功能，并结合其他主

要道路统筹考虑，合理布置。

**3.2.7** 枢纽工程区连接两岸的场内主要道路的跨河桥梁，应根据交通运输任务、功能，选择地形地质条件好、桥梁规模小、运输路线短的桥位。永久交通桥宜规划布置在电站泄洪雨雾区外。

**3.2.8** 当地形陡峻、边坡稳定问题突出时，场内主要道路宜考虑隧道布置方案。

### 3.3 场内非主要道路规划

**3.3.1** 场内非主要道路可分为导截流工程施工道路、基坑开挖道路、大坝施工道路、料场开采道路、其他连接道路。

**3.3.2** 导截流工程施工道路应根据导截流建筑物施工要求，与场内主要道路衔接，合理布置。

**3.3.3** 基坑开挖道路应根据基坑开挖方式和出渣要求，结合地形地质条件、上下游围堰布置等统筹规划，合理布置。

**3.3.4** 大坝施工道路可采用坝坡式、岸坡式、混合式等型式，应结合大坝坝型、坝料运输方式，衔接场内主要道路，合理布置。

**3.3.5** 料场开采道路应结合料场运输道路、集料平台、开采方式、地形条件等统筹规划，合理布置。

### 3.4 道路等级

**3.4.1** 场内主要道路的年运量和行车密度应根据水电工程施工总布置及施工总进度的交通运输量、运输强度和运输设备，分路段、分时段分析确定。

**3.4.2** 场内主要道路按年运量或行车密度可分为一级道路、二级道路、三级道路，场内主要道路等级划分应符合表 3.4.2 的规定。

表 3.4.2 场内主要道路等级划分

道路等级	一级道路	二级道路	三级道路
年运量 (10 <sup>4</sup> t)	>1200	250~1200	<250
行车密度 (辆/单向小时)	>85	25~85	<25

注：当按年运量、行车密度确定道路等级不同时，按高等级确定。

**3.4.3** 同一条道路可根据使用功能、年运量、车型等情况分段采用不同的道路等级，

但其相互间的衔接应协调，过渡应顺适。

3.4.4 道路设计速度应符合表 3.4.4 的规定。

表 3.4.4 道路设计速度 (km/h)

道路等级	场内主要道路			场内非主要道路
	一级道路	二级道路	三级道路	
设计速度	40	30	20	≤15

注：1 当地形地质条件较好时，场内非主要道路宜采用场内主要道路中的三级道路标准进行设计。

2 场内主要道路受条件限制路段可降低设计速度，但降低后的设计速度不应低于下一级的设计速度。

### 3.5 建筑限界

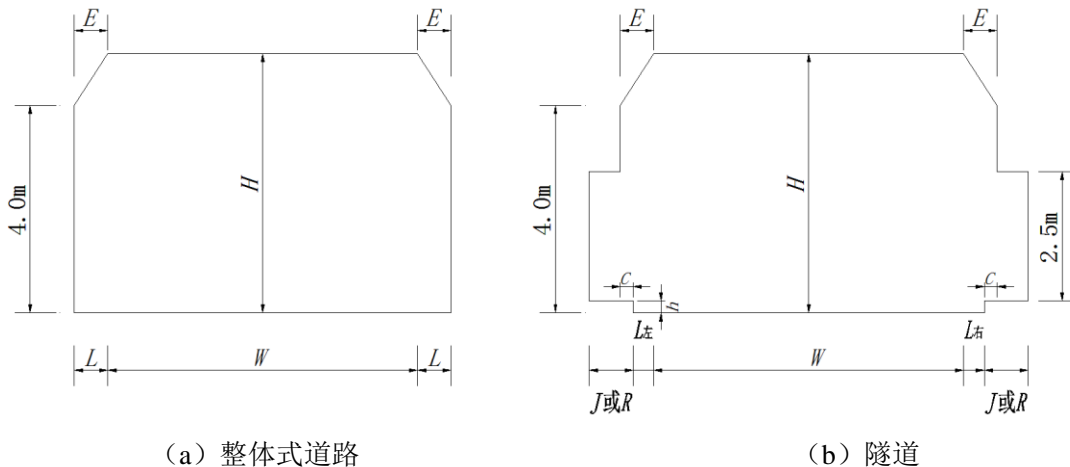
3.5.1 道路设计车辆宽度分类应按表 3.5.1 确定。

表 3.5.1 道路设计车辆宽度分类 (m)

车宽分类	一	二	三	四	五	六
总宽	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0

3.5.2 道路宜采用整体式路基，道路建筑限界（图 3.5.2）应符合下列规定：

- 1 一级道路侧向宽度应为 0.5 m、二级道路侧向宽度应为 0.25 m；三级道路、场内非主要道路侧向宽度可为 0 m；隧道内侧向宽度  $L_{左}$  或  $L_{右}$  不应小于 0.25 m。
- 2 检修道或人行道宽度不宜小于 0.75 m。
- 3 建筑限界顶角宽度不应小于 0.25 m，并不应大于侧向宽度与余宽之和。
- 4 余宽不应小于 0.25 m。
- 5 检修道高度不宜小于 0.25 m。



### 图 3.5.2 道路建筑限界

$W$ -行车道宽度； $L$ -侧向宽度； $J$ 或 $R$ -检修道或人行道宽度； $E$ -建筑限界顶角宽度； $H$ -净空高度；  
 $C$ -余宽； $h$ -检修道高度

**3.5.3** 当设置有紧急停车带、错车道、人行道时，建筑限界应包括相应部分的宽度。

**3.5.4** 道路净空高度应按行驶车辆的最大高度或车辆装载物料后的最大高度另加 0.25 m~0.50 m 的安全间距确定，并不应小于 4.50 m。需通行大型施工机械、重大件的场内交通道路，应满足居中行驶时对建筑限界的要求。

**3.5.5** 道路建筑限界内不得有任何部件侵入。

## 4 路线

### 4.1 道路平面

4.1.1 场内交通道路平面线形宜由直线、圆曲线和回旋线三种要素组成。

4.1.2 道路平面无论转角大小，均应设置圆曲线，圆曲线最小半径应符合表 4.1.2 的规定。

表 4.1.2 圆曲线最小半径

设计速度 (km/h)	40	30	20	≤15
最小半径 (m)	45	25	15	12

注：受条件限制时，场内非主要道路圆曲线最小半径可按施工及运行期通行车辆最小转弯半径确定。

4.1.3 圆曲线半径小于不设超高的圆曲线最小半径的道路，宜设置回旋线与直线连接。不设超高的圆曲线最小半径应符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 不设超高的圆曲线最小半径

设计速度 (km/h)	40	30	20
不设超高圆曲线最小半径 (m)	250	150	100

注：1 场内非主要道路可不设置超高。

2 不设回旋线的圆曲线，需设置超高时，应设置超高缓和段。

4.1.4 回旋线最小长度应按道路等级、设计速度确定，回旋线最小长度应符合表 4.1.4 的规定。三级道路和场内非主要道路可不设置回旋线。

表 4.1.4 回旋线最小长度

设计速度 (km/h)	40	30	20
回旋线最小长度 (m)	35	25	20

4.1.5 圆曲线半径小于 150 m 的双车道场内主要道路宜结合主要车型设置加宽，双车道场内主要道路路面加宽值应符合表 4.1.5 的规定。

表 4.1.5 双车道场内主要道路路面加宽值 (m)

圆曲线半径	<150 ~100	<100 ~70	<70 ~50	<50 ~30	<30 ~25	<25
加宽值	0.9	1.2	1.5	2.0	2.5	3.0

注：1 单车道路面加宽值为表中所列值的一半。

2 不设回旋线的圆曲线，需设置加宽时，应设置加宽缓和段。

4.1.6 每一条车道的停车视距不应小于表 4.1.6 的规定。

表 4.1.6 停车视距

设计速度 (km/h)	40	30	20
停车视距 (m)	40	30	20

注：积雪冰冻路段的停车视距宜增长。

4.1.7 会车视距不应小于停车视距的 2 倍，受条件限制路段的会车视距，在采取分道行驶措施时可采用停车视距。

4.1.8 回头曲线技术指标应符合表 4.1.8 的规定。场内非主要道路回头曲线最小半径可按施工及运行期通行车辆最小转弯半径确定。

表 4.1.8 回头曲线技术指标

主线设计速度 (km/h)		40	30	20	
回头曲线最小设计速度 (km/h)		25	20	15	
圆曲线最小半径 (m)		20	15	12	
回旋线最小长度 (m)		25	20	15	
最大超高横坡度 (%)		6.0	6.0	6.0	
双车道路面加宽值 (m)	轴距加前悬 (m)	5.0	1.3	1.7	1.7
		6.0	1.8	2.4	2.4
		7.0	2.0	2.5	2.5
		8.0	2.5	3.0	3.0
		8.5	2.7	3.3	3.3
最大纵坡 (%)		4.0	4.5	4.5	
停车视距 (m)		25	20	15	
会车视距 (m)		50	40	30	

注：1 单车道路面加宽值，宜为表中所列值的一半。

2 表中轴距加前悬为 7.0 m、8.0 m、8.5 m 的双车道路面加宽值是按表列最小圆曲线半径增加一个相应的计算车宽值后算得的。

3 受条件限制时，主线设计速度为 20 km/h 的回头曲线最小半径可按主要车型的最小转弯半径确定。

4.1.9 路线交叉设计应采用水电工程施工时段主要运输路线优先的方式，宜采用平面交叉。

## 4.2 道路纵断面

4.2.1 纵断面上的设计标高应为路基设计标高，宜采用未加宽前的路面中线标高。

4.2.2 道路的最大纵坡应符合表 4.2.2 的规定。

表 4.2.2 道路的最大纵坡

设计速度 (km/h)	场内主要道路			场内非主要道路
	40	30	20	≤15
最大纵坡 (%)	8.0	9.0	10.0	12.0

- 注： 1 在受条件限制路段，地形陡峻、边坡开挖和稳定问题突出时，采取相应措施后，最大纵坡可增加。  
 2 海拔 3000 m 以上的高原地区，最大纵坡宜折减 1.0%~3.0%。  
 3 连续 3km 路段场内主要道路平均纵坡不应大于 6.0%，场内非主要道路不宜大于 7.0%。  
 4 积雪及冰冻地区，未采取必要的措施，场内主要道路最大纵坡不宜大于 8.0%。

#### 4.2.3 道路的最小坡长应符合表 4.2.3 的规定。

表 4.2.3 道路的最小坡长

设计速度 (km/h)	场内主要道路			场内非主要道路
	40	30	20	≤15
最小坡长 (m)	100	80	60	50

#### 4.2.4 道路不同纵坡的最大坡长应符合表 4.2.4 的规定。

表 4.2.4 道路不同纵坡的最大坡长 (m)

设计速度 (km/h)		场内主要道路			场内非主要道路
		40	30	20	≤15
纵坡坡度 (%)	3.0	—	—	—	—
	4.0	1100	1100	1200	—
	5.0	900	900	1000	—
	6.0	700	700	800	800
	7.0	500	500	600	600
	8.0	300	300	400	400
	9.0	200	200	300	300
	10.0	—	150	200	200
11.0~15.0	—	—	150	150	

注：道路连续上坡或下坡时，应在不大于表 4.2.4 所规定的纵坡长度范围内设置缓和坡段。缓和坡段的纵坡不应大于 3.0%，其长度不应小于 50 m。

#### 4.2.5 道路纵坡变更处应设置竖曲线，竖曲线的形式宜采用圆曲线。竖曲线最小半径与最小长度应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 竖曲线最小半径与最小长度

设计速度 (km/h)	场内主要道路			场内非主要道路
	40	30	20	≤15
凸形竖曲线半径 (m)	450	250	100	100
凹形竖曲线半径 (m)	450	250	100	100
竖曲线长度 (m)	35	25	20	15

### 4.3 道路横断面

#### 4.3.1 道路宜采用整体式路基，路基的标准横断面应由路面、路肩等部分组成。

#### 4.3.2 道路的路面宽度应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 道路的路面宽度

设计速度 (km/h)				场内主要道路			场内非主要道路
				40	30	20	≤15
双车道	车宽分类 (m)	一	2.5	7.5	7.0	6.5	6.0
		二	3.0	8.5	8.0	7.5	7.0
		三	3.5	9.5	9.0	8.5	8.0
		四	4.0	10.5	10.0	9.5	9.0
		五	4.5	12.0	11.5	11.0	10.0
		六	5.0	15.0	14.0	13.0	12.0
单车道	车宽分类 (m)	一	2.5	4.00	3.75	3.50	3.00
		二	3.0	5.0	4.5	4.0	3.5
		三	3.5	5.5	5.0	4.5	4.0
		四	4.0	6.0	5.5	5.0	4.5
		五	4.5	6.5	6.0	5.5	5.0
		六	5.0	8.0	7.5	7.0	6.0

注：1 双车道当实际车宽与计算车宽的差值大于 10 cm 时，宜调整路面的宽度。

2 双车道当采用车宽超过第六类时，其路面宽度应按实际车宽计算确定。

3 单车道需双向行车时，应设置错车道。

4.3.3 道路的路肩宽度应符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 道路的路肩宽度

设计速度 (km/h)				场内主要道路			场内非主要道路
				40	30	20	≤15
双车道	车宽分类 (m)	一	2.5	0.50	0.50	0.50	0.25
		二	3.0	0.5	0.5	0.5	0.5
		三	3.5	0.75	0.75	0.50	0.50
		四	4.0	0.75	0.75	0.75	0.50
		五	4.5	1.00	0.75	0.75	0.75
		六	5.0	1.25	1.00	0.75	0.75
单车道	车宽分类 (m)	一	2.5	0.75	0.50	0.50	0.50
		二	3.0	0.75	0.75	0.50	0.50
		三	3.5	1.00	1.00	0.75	0.50
		四	4.0	1.00	1.00	1.00	0.75
		五	4.5	1.25	1.00	1.00	0.75
		六	5.0	1.50	1.25	1.00	1.00

注：1 场内主要道路的路肩宜硬化处理。

2 当路肩上需要设置路侧护栏或交通沿线设施时，其边界不应侵入道路建筑限界内。

3 有条件时，宜增加单车道路肩宽度。

**4.3.4** 单车道道路宜在不大于 300 m 的距离内选择有利地点设置错车道，并使驾驶者能看到两错车道之间的车辆。设置错车道路段的路基宽度不应小于相应等级的双车道道路路面宽度，有效长度不应小于 20 m。

## 5 路基与路面

### 5.1 路基设计

**5.1.1** 路基应根据场内交通道路的任务、等级、运输车型、施工方法，结合沿线水文、气象、地形、地质及路用材料等自然条件进行设计，路基的强度、稳定性和耐久性应满足水电工程建设施工交通运输要求。

**5.1.2** 路基设计应综合考虑地基处理、路基填料选择、路基强度与稳定性、防护工程、排水系统以及关键部位路基施工技术等因素，并应符合下列规定：

1 路基断面形式应与沿线自然环境相协调，避免因高填、深挖造成不良影响。中心填方高度超过 20 m、挖方深度超过 30 m 的路基，宜结合路线方案与桥梁、隧道等构造物作方案比选。

2 通过特殊地质和水文条件的路段，应查明其规模，分析研究对场内交通道路的危害程度，采取相应治理措施。

3 位于电站泄洪雨雾区内的永久道路路基设计应考虑泄洪雨雾的影响，并采取相应措施。

**5.1.3** 临时道路路基可不考虑抗震设计。

**5.1.4** 路基设计洪水频率应符合表 5.1.4 的规定。

表 5.1.4 路基设计洪水频率

道路等级	一级道路	二级道路	三级道路
设计洪水频率	2%~5%	5%~10%	10%

注：1 永久道路设计洪水频率应符合电站运行管理要求。

2 场内非主要道路设计洪水频率宜根据使用功能和时段确定。

**5.1.5** 路基设计标高应符合下列规定：

1 沿河及可能受水浸淹的场内交通道路，按设计标高推算的最低侧路基边缘标高，应高出本规范表 5.1.4 规定洪水频率计算水位加壅水高度、波浪侵袭高度和 0.5 m 的安全高度。

2 在洪水泛滥范围内的大桥、中桥桥头引道段的路基最低侧边缘标高，应高于包括壅水高度和波浪侵袭高度的桥梁设计洪水位至少 0.5 m；小桥涵附近的路基最低侧边缘标高应高于桥涵前不计波浪侵袭高度的壅水水位至少 0.5 m。

**5.1.6 路床设计应符合下列规定：**

**1** 路床填料应均匀，路床应分层铺筑，碾压密实，路床填料最小承载比和路床压实度应符合表 5.1.6 的规定。

**表 5.1.6 路床填料最小承载比和路床压实度**

项目	路面底面以下深度 (m)	填料最小承载比 (CBR) (%)			压实度 (%)		
		一级道路	二级道路	三级道路	一级道路	二级道路	三级道路
上路床	0~0.3	6	5	5	≥95	≥94	≥94
下路床	0.3~1.2	4	3	3	≥95	≥94	≥94

注：1 压实度系按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG E40 重型击实试验法求得的最大干密度的压实度。  
2 场内主要道路的中、轻载道路及场内非主要道路可采用三级道路的路床填料最小承载比和压实度，下路床可降低为路面底面以下深度 0.3 m~0.8 m。

**2** 路床填料最大粒径应小于 100 mm，路床顶面横坡应与路拱横坡一致。

**5.1.7 填方路基设计应符合下列规定：**

**1** 土质路堤应分层铺筑、均匀压实，土质路堤填料最小承载比和压实度应符合表 5.1.7-1 的规定。

**表 5.1.7-1 土质路堤最小承载比和压实度**

项目	路面底面以下深度 (m)	填料最小承载比 (CBR) (%)			压实度 (%)		
		一级道路	二级道路	三级道路	一级道路	二级道路	三级道路
上路堤	1.2~1.9	4	3	3	≥94	≥93	≥93
下路堤	1.9 以下	3	2	2	≥92	≥90	≥90

注：1 压实度系按现行行业标准《公路土工试验规程》JTG E40 重型击实试验法求得的最大干密度的压实度。  
2 路堤采用特殊填料或处于特殊气候地区时，压实度标准可根据试验路的情况在保证路基强度要求的前提下，可降低 1%~2%。  
3 场内主要道路的中、轻载道路及场内非主要道路可采用三级道路的土质路堤最小承载比和压实度，上路堤可降低为路面底面以下深度 0.8 m~1.5 m，下路堤可降低为路面底面 1.5 m 以下。  
4 填方路基与桥涵通道相邻路堤压实度不宜小于 94%。

**2** 填石路堤压实质量控制标准宜用孔隙率作为控制指标，并应符合表 5.1.7-2 的规定。

表 5.1.7-2 填石路堤压实质量控制标准

石料类型	路基部位	路面底面以下深度 (m)	摊铺层厚 (mm)	最大粒径 (mm)	压实干密度 (kg / m <sup>3</sup> )	孔隙率 (%)
硬质石料	上路堤	1.2~1.9	≤400	<层厚 2/3	由试验确定	≤23
	下路堤	1.9 以下	≤600	<层厚 2/3	由试验确定	≤25
中硬石料	上路堤	1.2~1.9	≤400	<层厚 2/3	由试验确定	≤22
	下路堤	1.9 以下	≤500	<层厚 2/3	由试验确定	≤24
软质石料	上路堤	1.2~1.9	≤300	<层厚	由试验确定	≤20
	下路堤	1.9 以下	≤400	<层厚	由试验确定	≤22

- 注：1 石料类型可按现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的岩石分类表确定。  
 2 填石上路堤的铺筑层厚不得大于 0.4 m，最大粒径不得大于 150 mm，小于 5 mm 的细料含量不应小于 30%。  
 3 场内主要道路的中、轻载道路及场内非主要道路的上路堤可降低为路面底面以下深度 0.8 m~1.5 m，下路堤可降低为路面底面 1.5 m 以下。  
 4 压实干密度试验应符合现行行业标准《公路土工试验规程》JTG E40 的有关规定。

**5.1.8** 挖方路基应根据工程地质与水文地质条件、边坡高度、排水措施、施工方法，并结合自然稳定山坡和人工边坡的调查及力学分析进行设计。

**5.1.9** 高填、深挖路基设计应根据边坡形式、高度、道路等级及地质条件，按现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的有关规定进行稳定性分析，并结合类似工程经验及自然边坡情况采取相应工程措施。

**5.1.10** 路基取弃土应结合施工总布置统筹考虑。

**5.1.11** 路基防护支挡可采用各种类型的挡土墙、坡面防护、边坡锚固、土钉支护、抗滑桩等，其构造、适用范围、设计参数及计算方法应符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的有关规定。

**5.1.12** 路基排水应根据场内交通道路等级、气象水文、地形地质、路线纵坡、路面横坡等因素，结合桥涵、隧道结构物排水设计及水电工程施工总布置，合理选择排水方案，布置排水设施，形成完整、畅通的排水体系。

**5.1.13** 路基设计结构验算的参数取值，应符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 的有关规定。

## 5.2 路面设计

**5.2.1** 路面应具有足够的强度和耐久性，表面层应满足平整和抗滑的要求。

**5.2.2** 场内主要道路路面在水电工程施工期内宜采用水泥混凝土路面或砂石路面，永临结合的道路路面可分期采用不同的路面结构型式。

**5.2.3** 路面设计应根据道路交通规划选择的车型及交通量，将轴载换算成设计标准轴载。场内交通道路路面设计标准轴载应为双轮组单轴 100 kN。特重、极重交通宜选用主流轴载作为设计标准轴载。

**5.2.4** 水泥混凝土路面所承受的轴载作用，应按设计基准期内设计车道所承受的双轮组单轴 100 kN 标准轴载累计作用次数分为 4 级，交通分级范围应符合表 5.2.4 的规定。

**表 5.2.4 交通分级范围**

交通等级	极重	特重	重	中等
设计车道标准轴载 累计作用次数 $N_s$ ( $10^4$ )	$N_s > 1 \times 10^6$	$2000 < N_s \leq 1 \times 10^6$	$100 < N_s \leq 2000$	$3 < N_s \leq 100$

**5.2.5** 水泥混凝土的设计强度应采用 28 d 龄期的弯拉强度。各交通等级要求的水泥混凝土弯拉强度标准值不得低于表 5.2.5 的规定。

**表 5.2.5 水泥混凝土弯拉强度标准值 (MPa)**

交通等级	极重、特重	重	中等
水泥混凝土的弯拉强度标准值	$\geq 5.0$	5.0	4.5
钢纤维混凝土的弯拉强度标准值	$\geq 6.0$	6.0	5.5

**5.2.6** 基层、底基层设计应按就地取材的原则，根据交通量及其组成、气候条件、筑路材料以及路基水文地质状况等因素，选择技术可靠、经济合理的结构层。

**5.2.7** 路肩设计应符合下列要求：

1 路肩结构应具有一定的承载能力，其结构层组合和材料选用应与行车道路面相协调。

2 场内主要道路路肩宜结合路基排水、挡护硬化加固。

**5.2.8** 路面应结合路基进行综合设计，路面设计结构验算的参数的取值、各结构层的材料组成及性质参数应符合现行行业标准《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40 的有关规定。

## 6 桥涵

### 6.1 设计要求

**6.1.1** 桥涵布置及型式应综合地形地质条件、运输任务、使用时长、施工条件等因素确定，不应影响导流建筑物过水、大坝泄洪及厂房尾水出流，并满足通航河流通航要求。

**6.1.2** 桥涵分类应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 桥涵分类

桥涵分类	单孔跨径 $L_k$ (m)	多孔跨径总长 $L$ (m)
特大桥	$L_k > 150$	$L > 1000$
大桥	$40 \leq L_k \leq 150$	$100 \leq L \leq 1000$
中桥	$20 \leq L_k < 40$	$30 < L < 100$
小桥	$5 \leq L_k < 20$	$8 \leq L \leq 30$
涵洞	$L_k < 5$	—

注：1 单孔跨径系指标准跨径。

2 梁式桥、板式桥的多孔跨径总长为多孔标准跨径的总长；拱式桥为两岸桥台内起拱线间的距离；其他形式桥梁为桥面系行车道长度。

3 管涵及箱涵不论管径或跨径大小、孔数多少，均称为涵洞。

4 梁式桥、板式桥的标准跨径以两桥墩中线间距离或桥墩中线与台背前缘间距为准；拱式桥和涵洞的标准跨径以净跨径为准。

**6.1.3** 桥涵结构的设计基准期应为 100 年。

**6.1.4** 桥涵结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计，并应同时满足构造和工艺方面的要求。

**6.1.5** 桥涵应根据不同种类的作用及其对桥涵的影响、桥涵所处的环境条件，考虑持久状况、短暂状况、偶然状况、地震状况四种设计状况，并应符合下列要求：

1 持久状况下的桥涵应进行承载能力极限状态和正常使用极限状态设计。

2 短暂状况下的桥涵应进行承载能力极限状态设计，可根据需要进行正常使用极限状态设计。

3 偶然状况下的桥涵应进行承载能力极限状态设计。

4 地震状况下的桥涵应进行承载能力极限状态设计。

**6.1.6** 按持久状况和短暂状况承载能力极限状态设计时，桥涵结构的设计安全等级应根据结构破坏可能产生后果的严重程度划分为三个设计等级，并应符合表 6.1.6 的规定。

表 6.1.6 桥涵结构的设计安全等级

设计安全等级	破坏后果	适用对象
一级	很严重	(1) 场内主要道路上的特大桥、大桥 (2) 场内非主要道路上的特大桥、大桥
二级	严重	(1) 场内主要道路上的中桥、小桥 (2) 场内非主要道路上的中桥
三级	不严重	(1) 场内主要道路上的涵洞 (2) 场内非主要道路上的小桥、涵洞

注：1 对场内主要道路上的中桥，无辅助通道，当桥梁受损难以及时修复或重建，对水电工程建设及安全有较大影响时，其设计安全等级应提高一级。

2 当特大桥、大桥、中桥为临时桥，且其设计使用年限小于 5 年时，其相应的设计安全等级可降低一级。

6.1.7 桥涵按使用时长宜分为永久桥涵和临时桥涵。在水电工程建设期及运行期均使用的桥涵，宜按永久桥涵设计；仅在水电工程建设期使用的桥涵，宜按临时桥涵设计。

6.1.8 永久桥涵结构的设计使用年限应符合表 6.1.8 的规定。

表 6.1.8 永久桥涵结构的设计使用年限（年）

序号	设计使用年限	结构类别
1	30	小桥、涵洞
2	50	中桥
3	100	特大桥、大桥

注：1 对有特殊要求的桥涵结构，设计使用年限可在上述规定基础上经技术经济论证后予以调整。

2 对场内主要道路上的中桥，无辅助通道，当桥梁受损难以及时修复或重建，对水电工程建设及安全有较大影响时，其设计使用年限应采用 100 年。

3 设计使用年限指主体结构，不包括可更换部件。可更换部件的设计使用年限应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定。

6.1.9 临时桥涵结构的设计使用年限应符合表 6.1.9 的规定。

表 6.1.9 临时桥涵结构的设计使用年限（年）

序号	规划使用年限 $N$	设计使用年限
1	$N < 5$	5
2	$5 \leq N < 10$	10
3	$10 \leq N < 20$	20
4	$N \geq 20$	按永久桥涵规定采用

6.1.10 设计使用年限小于 5 年的临时桥梁应根据桥址区地震基本烈度按现行行业标准《公路工程抗震规范》JTG B02 的有关规定进行抗震措施设计，可不进行抗震设计计算。

**6.1.11** 永久桥梁宜选择钢筋混凝土或预应力混凝土等结构牢靠、耐久使用、便于施工和维护的桥梁型式。位于泄洪雨雾区的永久桥梁应考虑泄洪雨雾影响，并采取相应的措施。

**6.1.12** 临时桥梁宜选择钢筋混凝土、钢结构、索结构等结构简单、施工便捷、便于拆卸的桥梁型式。

**6.1.13** 永久桥涵设计洪水频率应符合表 6.1.13 规定。

**表 6.1.13 永久桥涵设计洪水频率**

道路等级	特大桥	大桥	中桥	小桥	涵洞及小型排水构造物
一级道路	1%	2%	2%	2%~5%	2%~5%
二级道路	1%	2%	2%	5%	5%~10%
三级道路	1%	2%	2%	5%	10%

**6.1.14** 临时桥涵设计洪水频率应根据桥涵的使用功能、规划使用年限和重要性确定，特大桥、重要桥梁经论证可相应提高。

**6.1.15** 桥梁及引道纵坡不宜大于 6%，桥头两端引道的线形应与桥梁的线形相匹配。

## **6.2 作用**

**6.2.1** 桥涵设计采用的作用分为永久作用、可变作用、偶然作用和地震作用，作用及其组合效应应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定。

**6.2.2** 桥涵设计采用的设计车辆荷载宜为车列荷载，验算荷载应为特种验算荷载。

**6.2.3** 车列荷载应符合现行行业标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的重型自卸汽车车队荷载的有关规定，可分为汽车-30 级、汽车-40 级、汽车-60 级、汽车-80 级、汽车-110 级。车列荷载主要技术指标应符合表 6.2.3 的规定。

表 6.2.3 车列荷载主要技术指标

技术指标名称	汽车-30级	汽车-40级	汽车-60级	汽车-80级	汽车-110级
一辆汽车总重量 (kN)	300 (130)	400 (170)	600 (280)	800 (350)	1100 (430)
一行车队中 车辆数	不限	不限	不限	不限	不限
前轴轴重轴载 (kN)	100 (60)	130 (80)	200 (140)	270 (170)	360 (21)
后轴轴重轴载 (kN)	200 (70)	270 (90)	400 (140)	530 (180)	740 (220)
轴距(m)	3.6	3.6	3.6	3.8	4.0
轮距(m)	2.0	2.2	2.6	3.0	3.4
每个前车轮 着地面积 (宽度×长度) (m×m)	0.25×0.30 (0.20×0.25)	0.30×0.35 (0.25×0.30)	0.40×0.50 (0.35×0.40)	0.50×0.55 (0.40×0.45)	0.55×0.60 (0.40×0.50)
每个后车轮组 着地面积 (宽度×长度) (m×m)	0.50×0.30 (0.25×0.20)	0.60×0.35 (0.30×0.25)	0.80×0.50 (0.40×0.25)	1.00×0.55 (0.45×0.40)	1.10×0.60 (0.50×0.40)
车辆外形尺寸 (长×宽) (m×m)	7.5×2.5	8.0×3.0	8.0×3.5	9.0×4.0	10.0×5.0

注：表中括号内的数值系汽车空载时的技术指标。

6.2.4 临时桥涵结构的整体计算可采用车列荷载或车列荷载中的单辆标准车荷载。

6.2.5 桥涵结构的局部加载、涵洞、桥台和挡土墙土压力等的计算应采用车列荷载中的单辆标准车荷载。

6.2.6 桥梁结构横向分布系数应按现行行业标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的有关规定确定。

6.2.7 车列荷载产生的制动力应按布置在荷载长度单位内的一列车队总重力的 10% 计，并不得小于一辆车总重力的 30%；同向行驶双车道的车列荷载产生的制动力标准值应为一个设计车道制动力标准值的 2 倍。车列荷载产生的制动力的着用力点、分配方式等均应符合现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定。

6.2.8 需通行运输水电工程重大件特重车辆的桥涵应按特重车辆的特种验算荷载进行验算。特种验算荷载作用效应组合应符合本规范附录 A 的规定，并应符合下列规定：

1 特种验算荷载可分为下列四个等级：

1) 特-160：1600 kN 特种平板挂车荷载。

- 2) 特-220: 2200 kN 特种平板挂车荷载。
  - 3) 特-300: 3000 kN 特种平板挂车荷载。
  - 4) 特-420: 4200 kN 特种平板挂车荷载。
- 2 特种验算荷载的等级应根据水电工程设计确定的重大件的运输重量及尺寸等具体情况选用。
- 3 特种平板挂车荷载布置应符合《水电工程对外交通专用公路设计规范》NB/T 35012 的有关规定。特种平板挂车主要技术指标应符合表 6.2.8 的规定。

**表 6.2.8 特种平板挂车主要技术指标**

主要指标	特-160	特-220	特-300	特-420
车头（牵引车）自重（kN）	350	350	420	420
平板挂车自重（kN）	250	350	580	780
装载重量（kN）	1000	1500	2000	3000
平板车车轴数(个)	5 排 10 轴	7 排 14 轴	9 排 18 轴	12 排 24 轴
每个车轴压力（kN）	125	132	143.5	157.5
纵向轴距（m）	4×1.60	1.58+4×1.50+1.58	8×1.50	11×1.50
每个车轴的车轮组数（个）	2	2	2	2
每组车轴的横向中距（m）	2.17	2.17	2.20	2.20
每组车轮着地尺寸（宽度×长度）(m×m)	0.5×0.2	0.5×0.2	0.5×0.2	0.5×0.2

4 通行特种平板挂车荷载的桥梁应按全桥长度内居中、匀速行驶一辆特种平板挂车进行布载验算，且特种平板挂车的纵桥向布载应按现行行业标准《水电工程对外交通专用公路设计规范》NB/T 35012 的有关规定执行。

5 通行特种平板挂车荷载的桥梁宜采用整体性好、桥梁宽度和梁高适宜的桥梁结构。用特种验算荷载验算时，应不计冲击荷载，且不同时计入人群荷载和非机动车荷载。

6 特种平板挂车通过曲线桥时，离心力的计算应按现行行业标准《公路桥涵设计通用规范》JTG D60 的有关规定执行。

## 7 隧道

### 7.1 隧道布置

**7.1.1** 隧道内轮廓设计除应满足隧道建筑限界的规定外，还应为洞内排水、交通工程与附属设施等提供建筑空间。

**7.1.2** 隧道内轮廓断面型式可采用直边墙或曲边墙断面。

**7.1.3** 隧道分类应符合表 7.1.3 的规定。

表 7.1.3 隧道分类 (m)

分类	特长隧道	长隧道	中隧道	短隧道
长度 $L$	$L > 3000$	$3000 \geq L > 1000$	$1000 \geq L > 500$	$L \leq 500$

**7.1.4** 隧道平纵面线形设计应考虑地形地质、路线走向、进出口布置、相邻地下建筑物、排水、通风等因素。进出口及线形设计条件受限的隧道应增设必要的交通安全设施。

**7.1.5** 隧道布置宜与其他地下建筑物间留有足够的净距，当与其他相邻建筑物互有影响时，应采取相应的措施。

**7.1.6** 隧道内平交接线位置宜选在围岩地质条件较好段，且宜与主洞采用大角度相交。

**7.1.7** 隧道内纵坡形式宜采用单向坡或人字坡，并宜符合下列规定：

- 1 隧道纵坡不宜小于 0.3%。
- 2 场内主要道路隧道纵坡不宜大于 6.0%，条件受限时局部纵坡不宜大于 8.0%。
- 3 场内非主要道路隧道纵坡不宜大于 9.0%，条件受限时局部纵坡不宜大于

12.0%。

**7.1.8** 隧道可不设置检修道或人行道，但应保留余宽。

**7.1.9** 长度大于 1500 m 的隧道宜设置紧急停车带。

**7.1.10** 进厂交通隧道洞口段宜设置反坡。洞口位于泄洪雨雾区或高程低于电站厂房校核洪水位的交通隧洞，应采取可靠的防洪、防淹措施。

**7.1.11** 纵面线形受限，存在低洼积水区的隧道，应在积水区设置集水坑和排水设施，并设置安全标志、标线。

## 7.2 隧道结构设计

**7.2.1** 隧道衬砌结构设计应充分利用围岩的自承能力，衬砌应有足够的强度、稳定性和耐久性。

**7.2.2** 隧道衬砌结构应通过结构计算和工程类比综合分析确定，设计参数可采用工程类比法或按现行行业标准《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1 的数值计算方法确定。

**7.2.3** 临时道路的隧道可不进行抗震设计。

**7.2.4** 隧道衬砌结构除洞口段、IV 级~V 级围岩段及特殊地质段应采用复合式衬砌外，其他洞段宜采用喷锚衬砌。

**7.2.5** 隧道路基应稳定、密实、匀质，满足路面结构支承要求。

**7.2.6** 隧道路面应具有足够的强度和平整、耐久、抗滑、耐磨性能，场内主要道路隧道宜采用水泥混凝土路面。

**7.2.7** 临时道路的隧道宜采用简易的防、排水措施。

## 7.3 隧道附属设施

**7.3.1** 隧道通风设计应符合下列规定：

1 通风设计应根据隧道运行要求，合理选择通风方式，机械通风总体规划宜采用全纵向机械通风方式或纵向分段机械通风方式；隧道通风设计应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 的有关规定。交通隧道洞室群、特殊复杂隧道等隧道的通风设计应通过通风计算和工程类比综合分析确定。

2 长度大于 2 km 的隧道，运行期的通风设施应配合隧道防灾、救援、逃生方案综合设计。排烟设计的火灾最大热释放率宜按 20 MW 取值。

3 隧道通风宜采用自动控制方式为主，并应具备手动控制功能。

**7.3.2** 隧道照明应满足所属道路使用功能要求，主要道路上的特长隧道应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 的有关规定。

**7.3.3** 隧道供配电设计宜符合下列要求：

1 隧道供电电源宜利用水电工程施工供电规划电网；场内永久道路隧道供电宜与电站运行期厂用电结合。

2 隧道应急照明、火灾工况的通风设施、监控报警系统、消防水泵的供电设计宜按一级负荷供电要求设计，其他宜按二级负荷供电要求设计。

**7.3.4** 隧道火灾报警及消防设计应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 的有关规定。隧道消防宜结合水电工程消防设计统筹规划。

**7.3.5** 监控系统设计应符合下列规定：

1 特长隧道的监控设施应符合现行行业标准《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2 的有关规定，从安全、技术、经济、可靠性、可维护性等方面进行系统设计。

2 特长隧道宜设置独立的可编程控制柜，并宜按无人值守的运行管理要求进行设计。

3 特长隧道、长隧道内宜覆盖无线通信信号，并应设置无源反光紧急电话号码牌，号码牌上应提供专用报警电话号码。紧急电话号码牌设置间距不宜大于 200m，并应在隧道内紧急停车带、支洞口和隧道出口、入口处设置。

## 8 安全设施、环境保护与水土保持

### 8.1 安全设施

**8.1.1** 交通安全设施应根据道路等级、运行要求设计，交通安全设施的设计应符合现行行业标准《公路交通安全设施设计规范》JTG D81 的有关规定。

**8.1.2** 电站泄洪雨雾区域内的永久道路应设置警示标志和制定电站泄洪期交通管制措施。

**8.1.3** 边坡高度大于 15 m 的易落石路段除应设置警示标志外，还应采取安全防护措施。

**8.1.4** 位于居民集中居住区附近的道路应设置安全设施、标志标识及防护措施。

**8.1.5** 视距不良、急弯、陡坡、交叉口等路段应设置配套的标志、标线及减速、防护、缓冲等安全设施。

**8.1.6** 路侧有悬崖、深谷、深沟、江河湖泊的路段应设置安全防护措施及警示标志。

**8.1.7** 隧道洞口与河流、悬崖等交角较大等受地形限制的场内交通道路，应设置交通标志、标线，并设置防撞墙或防护墩。

**8.1.8** 降低技术指标的路段应设置配套的安全防护设施。

**8.1.9** 连续长陡下坡路段可采取避险措施。

### 8.2 环境保护与水土保持

**8.2.1** 场内交通道路设计应结合项目自然环境、社会环境、交通运输要求等工程建设条件，满足道路沿线保护自然环境、维护生态平衡、防治水土流失、降低环境污染等要求。

**8.2.2** 对场内交通道路涉及的自然水流形态应进行保护，做到不淤、不堵、不留工程隐患。临水域的弃土场应设置有效的拦挡措施，不得阻塞河道水流或造成水土流失。

**8.2.3** 连接地下工程施工作业面的隧道宜设置降尘设施。

**8.2.4** 位于营地或居民区附近且环境噪声超标的道路，宜设置防噪设施。

**8.2.5** 取土场、弃土场应结合水电工程规划的料场、渣场和当地建筑材料开采条件统筹规划。单独设置的弃土场应根据弃土堆放位置、弃土性质、规划弃土高度等因

素综合分析，合理选用排水、拦渣、护坡及绿化工程措施。

**8.2.6** 水电工程规划弃土场外单独设置的弃土场水土保持措施中的防护、排水设施设计应符合现行行业标准《公路路基设计规范》JTG D30 和《公路排水设计规范》JTG/T D33 的有关规定。

## 附录 A 特种验算荷载作用效应组合

**A.0.1** 按持久状况承载能力极限状态验算时,特种验算荷载作用效应组合应符合下列规定:

1 基本组合中结构重要性系数  $\gamma_0$  应为 1.0,特种验算荷载效应对应汽车荷载效应的分项系数  $\gamma_{Q1}$  应为 1.1。

2 当特种验算荷载效应占总荷载效应的 45%~60%时,永久作用效应标准值  $G_{ik}$ 、特种验算荷载效应标准值  $Q_{1k}$  应提高 2%。

3 当特种验算荷载效应占总荷载效应的 60%以上时,永久作用效应标准值  $G_{ik}$ 、特种验算荷载效应标准值  $Q_{1k}$  应提高 3%。

**A.0.2** 按持久状况正常使用极限状态进行应力、裂缝宽度及挠度验算时,作用或荷载效应组合采用标准值组合,并应符合下列规定:

1 应力验算应进行受拉区混凝土正截面应力、斜截面上混凝土的主压应力及主拉应力的验算,并符合下列规定:

1) 扣除全部预应力损失的受压区混凝土最大压应力应按下式计算:

$$\sigma_{pt} + \sigma_{kc} \leq 0.6 f_{ck} \quad (\text{A.0.2-1})$$

式中:  $\sigma_{pt}$ ——预加力产生的混凝土法向拉应力 (MPa);

$\sigma_{kc}$ ——作用或荷载标准值产生的混凝土法向压应力 (MPa);

$f_{ck}$ ——混凝土抗压强度的标准值 (MPa)。

2) 扣除全部预应力损失的受拉区混凝土最大拉应力应按下式计算:

$$\sigma_{pc} + \sigma_{kt} \leq 0.9 f_{tk} \quad (\text{A.0.2-2})$$

式中:  $\sigma_{pc}$ ——预加力产生的混凝土法向压应力 (MPa);

$\sigma_{kt}$ ——作用或荷载标准值产生的混凝土法向拉应力 (MPa);

$f_{tk}$ ——混凝土抗拉强度的标准值 (MPa)。

3) 受拉区钢丝、钢绞线最大拉应力应按下式计算:

$$\sigma_{pe} + \sigma_p \leq 0.7 f_{pk} \quad (\text{A.0.2-3})$$

式中:  $\sigma_{pe}$ ——截面受拉区纵向预应力钢筋的有效预应力 (MPa);

$\sigma_p$ ——作用或荷载标准值预应力的应力或应力增量 (MPa);

$f_{pk}$ ——预应力钢筋抗拉强度的标准值 (MPa)。

4) 受拉区精轧螺纹钢筋最大拉应力应按下式计算:

$$\sigma_{pe} + \sigma_p \leq 0.85 f_{pk} \quad (\text{A.0.2-4})$$

5) 斜截面上混凝土的主压应力应按下式计算:

$$\sigma_{cp} \leq 0.65 f_{ck} \quad (\text{A.0.2-5})$$

式中:  $\sigma_{cp}$ ——构件混凝土的主压应力 (MPa)。

6) 斜截面上混凝土的主拉应力应按下式计算:

$$\sigma_{tp} \leq 0.9 f_{tk} \quad (\text{A.0.2-6})$$

式中:  $\sigma_{tp}$ ——构件混凝土的主拉应力 (MPa)。

7) 混凝土主拉应力  $\sigma_{tp}$  不大于  $0.55 f_{tk}$  的区段, 箍筋可仅按构造要求设置; 混凝土主拉应力  $\sigma_{tp}$  大于  $0.55 f_{tk}$  的区段, 箍筋应按计算结果设置。

2 裂缝宽度计算应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的有关规定, 钢筋混凝土构件和拉应力超过限值的部分 B 类预应力混凝土构件其计算的最大裂缝宽度限值应符合下列规定:

- 1) 钢筋混凝土构件, I 类和 II 类环境应为 0.25 mm, III 类和 IV 类环境应为 0.15 mm。
- 2) 采用精轧螺纹钢筋的预应力混凝土构件, I 类和 II 类环境应为 0.25 mm, III 类和 IV 类环境应为 0.15 mm。
- 3) 采用钢丝或钢绞线的预应力混凝土构件, I 类和 II 类环境应为 0.15 mm。
- 4) 采用钢丝或钢绞线的预应力混凝土构件, III 类和 IV 类环境下不得进行带裂缝的 B 类构件设计。

3 挠度计算应符合现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 的有关规定, 钢筋混凝土、预应力混凝土受弯构件在特种验算荷载作用下其最大挠度限值应按现行行业标准《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362 规定的限值提高 20% 确定。

4 钢结构的相关验算应符合下列规定:

- 1) 验算钢结构的强度和稳定性时, 钢材和各种连接件的容许应力限值宜提高

25%。

- 2) 钢结构受弯构件在特种验算荷载作用下的挠度限值应按现行行业标准《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64 规定的限值提高 20% 确定。

## 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

- 《厂矿道路设计规范》GBJ 22
- 《水电工程对外交通专用公路设计规范》NB/T 35012
- 《公路工程抗震规范》JTG B02
- 《公路路基设计规范》JTG D30
- 《公路排水设计规范》JTG/T D33
- 《公路水泥混凝土路面设计规范》JTG D40
- 《公路桥涵设计通用规范》JTG D60
- 《公路钢结构桥梁设计规范》JTG D64
- 《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2
- 《公路交通安全设施设计规范》JTG D81
- 《公路土工试验规程》JTG E40
- 《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》JTG 3362
- 《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1

中华人民共和国能源行业标准

# 水电工程场内交通道路设计规范

NB/ T 10333—2019

代替 DL/T 5134-2001

## 条文说明

## 修订说明

《水电工程场内交通道路设计规范》NB/T 10333-2019，经国家能源局2019年12月30日以第8号公告批准发布。

本规范是在《水电水利工程施工交通设计导则》DL/T 5134—2001的基础上修订而成，上一版的主编单位是国家电力公司中南勘测设计研究院，主要起草人是李允平。

本规范修订过程中，编制组进行了广泛、深入的调查研究，总结了我国水电工程场内交通道路设计、施工和管理方面的实践经验，并征求了有关设计和科研单位的意见。

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，《水电工程场内交通道路设计规范》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。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 次

1	总则 .....	34
3	场内交通道路规划 .....	35
3.1	一般规定.....	35
3.2	场内主要道路规划.....	35
3.3	场内非主要道路规划.....	36
3.4	道路等级.....	36
3.5	建筑限界.....	37
4	路线 .....	39
4.1	道路平面.....	39
4.2	道路纵断面.....	39
4.3	道路横断面.....	40
5	路基与路面 .....	42
5.1	路基设计.....	42
5.2	路面设计.....	44
6	桥涵 .....	46
6.1	设计要求.....	46
6.2	作用.....	49
7	隧道 .....	52
7.1	隧道布置.....	52
7.2	隧道结构设计.....	54
7.3	隧道附属设施.....	55
8	安全设施、环境保护与水土保持 .....	58
8.1	安全设施.....	58
8.2	环境保护与水土保持.....	58
附录 A	特种验算荷载作用效应组合 .....	60

## 1 总 则

**1.0.1** 水电工程场内交通道路是水电工程的重要组成部分,认真做好场内交通道路设计,对保证水电工程顺利建设和安全运行具有十分重要的作用。

### 3 场内交通道路规划

#### 3.1 一般规定

**3.1.1** 场内交通道路位于水电工程建设工程区，通过分析水工枢纽、主体建筑型式特点、施工总布置方案以及总体进度等基本情况，因地制宜、因时制宜、方便联络、节省投资、经济环保地进行道路规划。道路规划还需收集分析区域内水文、气象、地形、地质、地震、现有交通状况及其发展规划等资料，并进行现场调查核实，以达到基础设计资料的完整性及可靠性。

现有公路作为电站建设初期的场内交通公路的一部分时，合理利用现有交通来解决场内交通运输问题不仅节省投资还在时间上获取优势。枢纽工程施工将影响或阻断现有交通，因此，需对工程枢纽区改线公路和库区复建道路统筹规划，并在水电工程筹建期实施工程枢纽区改线公路，满足后续枢纽工程施工要求。改线公路需符合现有公路等级标准要求，满足水电工程施工交通需要，并兼顾流域水电开发重大件运输的要求。

**3.1.2** 机电设备、金属结构和大型施工机械等重大件经电站现场拼组装后，运输通过的道路需满足其最大外形尺寸的要求，桥涵需满足其最大荷载的要求。有重大件设备运输任务的场内交通道路在规划时需与对外交通合理衔接，确保外来重大件设备运输能顺畅通行。

**3.1.4** 主要道路和非主要道路遵循《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 有关规定确定其等级及技术标准。主要道路通行大型车辆，宽度大，运输强度高，其行驶速度相对高，线形指标相对较好。非主要道路的行驶速度相对低，线形指标相对降低，道路具有临时性和可变性。

#### 3.2 场内主要道路规划

**3.2.1** 水电工程开发方式、枢纽布置的不同，还可能出现其他主要建筑物和主要施工作业区连接道路，如泄洪洞进口连接道路、厂房进水口连接道路、尾水闸平台连接道路、开关站连接道路、抽水蓄能水电站上下池连接道路、引水式水电站厂坝连接道路和调压井连接道路等。

**3.2.4** 水电站大体积混凝土浇筑部位比较多，其温度控制包括预冷和预热两种，

生产系统工艺流程复杂，跟道路相关的技术指标主要是运输距离，在道路布置上需尽量缩短路线长度。

### 3.3 场内非主要道路规划

**3.3.1** 水电工程开发方式、施工方案的不同，还可能出现缆机平台连接道路、施工支洞连接道路、施工平台连接道路等。

### 3.4 道路等级

**3.4.1** 场内主要道路等级根据年运量和行车密度进行确定，路面宽度根据道路等级及车宽类别确定。为确定场内交通道路等级，首先需根据施工总布置、施工总进度计算道路的高峰年运量和月高峰强度，再结合所选择的运输设备计算道路的高峰时段小时单向交通量。

根据施工总进度安排、场内交通规划和物料流向，土石方开挖或填筑高峰时段及混凝土浇筑高峰时段每条道路各节点间所承担的施工运输任务，计算上述两个高峰时段各节点间的年运量和行车密度，确定各道路的高峰时段年运量和行车密度（辆/单向小时）。据此，统计各条道路最繁忙路段的行车密度。

这种分析方法是建立在整个运输系统均衡连续变化状态下的，未考虑运输车辆密度的不均衡、交叉路口的排队等情况，与实际情况有一定差别。因此，道路等级需根据计算结果和通过车型，通过分析并参照类似工程经验等综合确定。

**3.4.2** 所列标准对水电工程场内主要道路的标准进行了具体的等级划分。考虑水电工程的特点，采用年运量来划分等级标准较为合理。但鉴于水电工程场内各工作面错综复杂、运行车辆混杂、运行时段不一致、采用的运输车辆吨位相差悬殊等情况，有时难以确定统一的年运量分级指标，即使能确定也不能准确反映某一高峰时段的交通需求，故本规范同时规定按行车密度指标确定道路等级。

设计时需综合考虑年运量和行车密度，选择指标较高的对应等级作为道路设计等级。

**3.4.3** 当同一条场内交通道路具有多个使用功能要求、沿线情况变化较大、路线较长时，分段采用不同的道路等级，以更好地发挥经济效益，但分段长度不能过短。

考虑同一条道路不论是设计速度还是路基路面宽度变化，均需过渡，同时还需考虑设计深度差异的协调、运行速度与设计速度差异的协调，其目的是保证运

行的安全与顺畅，能引导驾驶人员提前意识到前方的变化以便采取相关措施。

**3.4.4** 场内交通道路设计速度取值是参照《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 的相关定义，根据目前水电工程的实际情况、场内道路特点和运行车辆的性能综合考虑而确定的。

现行行业标准《公路工程技术标准》JTG B01-2014 采用设计速度作为确定公路几何设计指标并使其相互协调的基本要素。对《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 中各级道路所对应的计算行车速度进行了调整，改“计算行车速度”为“设计速度”。

对水电工程场内交通来说，其运输量及车型通常较大，若交通量接近上限，在造价增加不多的前提下，场内非主要道路采用较高等级能取得较好的运输经济效益。

道路交通等级的采用，要有一定的灵活性。除考虑功能需求外，还需从现场实际出发，根据道路性质、使用功能、服务年限、运行车型、地形地质条件等因素综合考虑。对于地形地质条件存在困难的局部路段，若过分迁就设计指标，则可能会造成大挖大填，甚至形成新的不良地质和安全隐患点，反而得不偿失。因此，从实际情况出发，在满足道路使用功能的前提下，主要道路适当降低设计速度，但降低后的设计速度不低于下一级的设计速度，避免相邻路段的设计指标相差过大。

### 3.5 建筑限界

**3.5.1** 结合水电工程场内道路特点，道路设计车辆宽度分类参照《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 相关规定确定。

**3.5.2** 结合水电工程场内道路特点，道路建筑限界参照现行行业标准《公路工程技术标准》JTG B01-2014 和《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 相关规定确定。在不设置人行道的隧道中为保证行车安全，建议采用设置行人避车洞的方式来处理；在有检修道的隧道中，人流密度小时将检修道与人行道合并设计使用。

**3.5.3** 建筑限界需考虑道路各部位所需要的空间，尤其对设置有紧急停车带、错车道、人行道等场内道路不多见的特殊结构物时，更应该充分考虑其对空间的要求，避免建筑限界无谓扩大或侵入建筑限界。

**3.5.4** 当场内交通道路需通过电站重大件时，其运输要求往往对场内交通道路的建筑限界有较大影响，需充分考虑重大件运输对建筑限界的特殊要求。

考虑到标志构件施工误差，标志门架、横梁变形下垂，路面加厚面层，路面积雪等因素，道路净空高度需留 0.25 m~0.50 m 的余量。

**3.5.5** 建筑限界是满足场内交通道路功能需求的基本条件，也是设计的基础参数及道路运行的安全保障，不容侵犯。对路侧护栏、交通标志、电杆、灯柱、管线、支架、绿化、跨线结构物等附属设施，确保其任何部位均不得侵入建筑限界内。

## 4 路线

### 4.1 道路平面

**4.1.1** 场内交通道路平面线形主要由直线、圆曲线和回旋线三种要素组成。平面线形各要素需根据道路等级、设计速度选择，并充分考虑沿线自然环境和社会环境，做到该直则直，该曲则曲，设计的平、纵面线形舒顺流畅，采用的平、纵指标高低均衡，并与地形、地物、景观等环境相协调。

**4.1.2** 圆曲线最小半径是以汽车在曲线上能安全、顺适地行驶为条件确定的，是汽车行驶在曲线部分时，所产生的离心力等横向力不超过轮胎与路面的摩阻力所允许的界限。

**4.1.3** 不设超高圆曲线最小半径是考虑场内交通道路车辆驾驶员对路况一般较熟悉，并参考《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 相关要求提出的。

**4.1.4** 考虑场内交通道路主要行驶大型载重汽车，对行车舒适度要求低，回旋曲线最小长度为基本满足双车道场内交通道路中线为旋转轴设置超高过渡的长度。

**4.1.6** 停车视距主要由司机反应时间行驶的距离和开始制动到刹车停止所行驶的距离组成。另外需增加安全距离 5 m~10 m。载重汽车的停车视距通常按下式计算：

$$S_{\text{停}} = \frac{V}{3.6}t + \frac{(V/3.6)^2}{2gf_1} \quad (4-1)$$

式中： $v$ ——车辆行驶速度（km/h）；

$f_1$ ——纵向摩阻系数，依车速及路面状况而定；

$t$ ——司机反应时间，取 2.5 s（判断时间 1.5 s、运用时间 1.0 s）。

**4.1.8** 考虑回头曲线位置可能受建设条件限制，故适当降低设计速度。

### 4.2 道路纵断面

**4.2.1** 路基设计标高采用未加宽前的路面中线标高，利于线形设计和道路与场地的衔接。

**4.2.2** 道路的最大纵坡主要考虑载重汽车的爬坡性能和道路通行能力以及交通安全。考虑到我国水电工程建设运输车辆性能的提高、驾驶人员对道路情况较为

熟悉及场内交通道路高峰运行时间短、建设条件差的特点，场内交通道路最大纵坡参考《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87 提出，相对《公路工程技术标准》JTG B01-2014 的标准有所加大。

**4.2.3** 综合考虑场内交通道路建设条件通常较差和车辆驾驶员对路况一般较熟悉的情况，场内交通道路最小坡长参考《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87 提出，较《公路工程技术标准》JTG B01-2014 的标准有所降低。

**4.2.4** 最大坡长的限制，是据交通运输部公路研究所 1991 年《纵坡与汽车运行速度和油耗之间关系的研究》以及 2003 年《公路纵坡坡度与坡长限制》专题研究成果，根据载重汽车的爬坡性能要求提出的。综合考虑我国水电工程建设运输车辆性能的提高、驾驶人员对道路情况较为熟悉及场内交通道路高峰运行时间短等特点，本规范参考《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 和《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87 相关要求提出的最大坡长。

**4.2.5** 汽车行驶在纵坡变坡点时，为了缓和因车辆动能变化而产生的冲击和保证视距，插入竖曲线。竖曲线一般采用圆曲线，以方便计算。考虑场内交通道路主要行驶大型载重汽车、驾驶人员对道路情况较为熟悉，竖曲线最小半径和最小长度参考《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87 提出，较《公路工程技术标准》JTG B01-2014 的标准有所降低。

### 4.3 道路横断面

**4.3.1** 场内交通道路一般为双车道或单车道，路基整体宽度不宽，从行车安全、平交线、重大件运输占道行驶、道路运营管理、行驶视线等因素考虑采用整体式断面，在陡峭山岭或地形受制约地段，采用整体式断面工程量过大时，若无重大件运输占道行驶要求建议采用分离式断面形式。

**4.3.2** 场内交通道路的路面宽度，按不同车宽进行了分类，是根据《水电工程施工组织设计规范》DL/T 5397-2007 的有关规定和目前国内水电工程的实际情况，并参考了目前国内水电站施工主流车型的实际行车需求而来的。LXW、NZD、TSQYJ 等水电站主要施工道路路面宽度达到 14 m~15 m。

路面宽度为车道宽度之和，车道宽度主要取决于车型和车速，当设有中间带、应急通道、紧急停车带、错车道、侧分隔带等时，还需计入这些部分的宽度。

**4.3.3** 各类车宽汽车行驶的道路路肩宽度，是根据目前国内水电工程的实际情况

而确定的。采用较宽的路肩对重车碾压时的路基稳定性和司机在驾驶汽车时的安全感都有好处，但目前国内水电工程大部分都位于地形地质环境恶劣的山区，布线条件差，工程造价对路基宽度非常敏感，往往增加一点路肩宽度就会造成大量的路基工程量增加，甚至成线困难。因此，在满足场内交通道路使用功能并确保安全的前提下尽量采用较窄的路肩宽度是经济合理的。场内交通道路两侧路肩较窄，路肩硬化处理有利于行车安全和路面排水。随着设计理念的变化，目前国内水电工程场内交通道路的路肩大部分都进行了硬化处理，路肩宽度不用设置太宽，这样既经济又环保，路基外侧也设置了护栏，增进了行驶时的安全感，实际使用效果也比较好。

道路的路肩宽度是最小路肩宽度值。为有利于大型自卸汽车行车安全和路基稳定，对于四至六类车宽的道路，在地形等条件适宜时，尽量加宽路肩；当设有人行道时，路肩宽度还需计入人行道的宽度。

在积雪地区，根据具体情况，考虑清扫路面积雪时，在路肩临时堆置的要求，必要时适当加宽路肩。

**4.3.4** 单车道道路需设置错车道，错车道的间距按错车时间、视距、交通量等情况决定，错车位置至少可以看到相邻两个错车道的情况。

## 5 路基与路面

### 5.1 路基设计

**5.1.1** 场内交通道路在水电工程建设期主要通行外来物资运输、土石方运输、混凝土及骨料运输等大型载重汽车，且具有高峰期运输强度高、交通流量大、车型较大等特点。设计时需充分考虑水电工程建设期重型车辆对路基的影响，保障工程建设的交通运输要求。

**5.1.2** 路基由路基本体和路基设施组成。路基本体是指路基断面中的填挖部分；路基设施是指为确保路基本体的稳定而采用的必要附属工程设施，它包括排水设施和防护支挡加固设施。路基是路面的基础，确保道路使用期内路基稳定，防止路基病害，影响水电工程建设期和运行管理期的交通运输具有重要作用。

1 考虑到环境保护和美化景观，路基断面需与沿线自然景观相协调，深挖、高填的人工痕迹较明显，往往与周围环境反差较大，处理起来工程费用也较大，有条件时尽量避免。

水电工程一般位于地形地质条件复杂的山区，受地形地质条件、枢纽工程布置、施工总布置和道路线形制约，难以避免高填、深挖。超过 20 m 的路堤和超过 30 m 的路堑存在路堤不均匀变形和路堑边坡稳定问题，后期治理费用高，并可能对水电工程建设期和运行管理期的交通运输造成重大影响，因此，需重视高填、深挖不良影响，加大围绕高填、深挖路段不均匀变形和路堑边坡稳定问题进行的路线方案比较研究。工程投资相近时，优先选用桥梁、隧道以及采用新技术、新工艺、新材料的工程方案。

2 特殊路基包括特殊土路基或特殊岩路基、不良地质路基和特殊条件下路基。路线通过特殊路段，需进行综合地质勘察，查明特殊地质体的性质、成因类型、规模、稳定状况及发展趋势；结合试验分析，提出特殊路基设计所需要的物理力学参数。

特殊路基设计需考虑地质和环境等因素对路基的影响，以及这些因素的发展变化规律，路基病害整治遵循以防为主、防治结合、力求根治的原则，通过综合技术经济比较，因地制宜，采取合理的整治方案和有效的工程措施。

3 水电工程建成运行期电站泄洪对泄洪雨雾区内的河岸、道路及交通安全带来较大影响，永久道路建议避开电站泄洪雨雾区。位于电站泄洪雨雾区内的永

久道路根据泄洪雨雾研究成果，明确道路与强、中、弱泄洪雨雾位置关系，充分考虑泄洪雨雾对道路的不利影响，提出路基加固措施。

**5.1.4** 所列设计洪水频率仅针对一般情况，路基边缘标高与地下水位的关系也只作了一般性规定。在具体设计中，需充分考虑场内交通道路使用功能和水文环境对路基的影响。若遇特殊地质、地理、气候条件，尚需进行专项水文分析，并采取相应的设计措施。临时道路设计洪水频率建议根据功能要求及运行期长短确定，不低于 20%。

同时，场内交通道路是为水电工程建设服务的，其防洪标准或设计洪水频率需与所服务的水电工程建设管理要求一致。

**5.1.6** 路床为路面结构层以下 0.8 m 或 1.2 m 范围内的路基部分。路基是路面的基础，确保道路使用期内路基稳定，防止路基病害，影响水电工程建设期和运行管理期的交通运输具有重要作用。

**1** 考虑场内交通主要道路一般通行运载建筑材料和弃渣的大型载重车，交通荷载等级为重交通及以上，故将路床厚度调整为 1.2 m。非主要道路交通荷载等级相对较低，参考轻、中等交通荷载等级的公路标准，其路床厚度降低为 0.8 m。

**5.1.7** 考虑到场内交通道路具有水电工程建设期运输强度高、交通流量大、车型较大等特点，场内交通道路大多位于山区，路基开挖石料丰富，为减少弃渣工作量，路基往往以挖作填，路堤施工就近采用挖方石渣填筑，故填石路堤较多，其压实质量控制标准建议用孔隙率作为控制指标。

**5.1.8** 土质路堑边坡根据气候、地质及其他自然因素等现场调查分析的结果，结合边坡高度，进行边坡设计。岩石路堑边坡的稳定性分析和设计比较复杂，除受其岩性、边坡高度及施工方法等因素影响外，还在很大程度上取决于岩体结构、结构面产状及风化程度。

岩质路堑的设计有时受施工工艺、施工方法的影响较大。岩质路堑常规的爆破开挖方法的冲击和震动作用将影响到岩质路堑，采用光面、预裂爆破开挖方法能提高路堑边坡工程质量，最大限度地减少开挖时对边坡的破坏，施工后形成的路堑边坡岩体稳定、平整美观。因此，岩质路堑建议采用光面、预裂爆破技术施工方法。

**5.1.9** 对山区公路来说，边坡高度超过 20 m 的高边坡路堤，地面横坡坡度率超

过 1: 2.5 的陡斜坡路堤，土质挖方边坡高度超过 20 m、岩质挖方边坡高度超过 30m 的挖方边坡路基稳定性问题较多，采用一般设计不能保证其稳定。因此，需加强地质勘察，将其作为一种重要的结构，单独进行地质勘察和设计。

**5.1.10** 水电工程施工组织设计对料场、渣场及场地进行了全面规划，场内交通道路取弃土需充分利用电站规划的料场、渣场及场地，减少占地和环境破坏，合理利用道路弃土填筑场地。

**5.1.11** 路基边坡在自然条件下的风化剥蚀、冲刷与坍塌，将影响场内交通道路正常交通运输，危及行车安全，场内交通道路需结合道路功能要求，进行必要的路基防护与加固，增强路基边坡的稳定性。

**5.1.12** 做好路基排水对保持路基、路面稳定和强度，确保道路畅通和行车安全极为重要。

道路排水包括地表排水和地下排水。地表排水通常由边沟、截水沟、排水沟、桥涵等组成的排水系统，将降雨形成的地表水汇集，排泄至路基外天然沟渠。地下排水多用于受地下水影响的路基，通常采用盲沟引排至路基外或地面排水系统。

同时，路面排水既有路表或地表排水，也有路面结构内部排水，根本目的是排出降雨后滞留于路面范围内的水。路面排水和路基排水密切相关，不能截然分开，两者结合起来，使排水设施形成一个功能齐全、排水能力强的完整排水系统。

## 5.2 路面设计

**5.2.1** 路面设计在满足结构性能要求的基础上还需满足行车的各项服务功能要求。因路面承担车辆荷重，故要求具有足够的强度。由于路面直接暴露在外界，受周围大气温度、土基湿度的影响极大，因此要求路面有良好的稳定性。为了车辆行驶平顺、减少机件磨损，防止车辆打滑，路面表面还要满足平整和抗滑的要求。

**5.2.2** 场内交通道路路面建议采用承载能力强的水泥混凝土路面或便于施工快速、便于维护的砂石路面；使用期短、需快速形成的临时道路和通行车辆少的非主要道路常采用砂石路面。

**5.2.5** 在可靠度设计方法中，各项设计参数通常选用均值作为标准值。考虑到混凝土强度值在工程中的应用习惯，强度标准值按随机变量分布函数的 85%分位值

取值。

水电工程建设涉及的大型载重汽车车列荷载有汽-30级、汽-40级、汽-60级、汽-80级、汽-110级。考虑到场内交通道路上行驶的载重汽车轴载较大的特点，结合水电站道路使用的长期实践经验，为避免断板等病害，结合汽车车列荷载，水泥混凝土面层最小厚度建议值见表 5-1，供路面结构组合设计及初拟面层厚度时参考。

表 5-1 水泥混凝土面层最小厚度建议值 (mm)

车列荷载等级	汽-30级	汽-40级	汽-60级	汽-80级	汽-110级
面层厚度	≥220	≥250	≥280	≥320	≥360

**5.2.6** 基层在路面结构中通常是厚度最大的层次，从经济性考虑，需贯彻就地取材原则，在设计时作多方案的技术经济比较。

**5.2.7** 路肩是保证道路路基、路面有整体稳定性和排除路面水的重要结构，同时也是为确保临时停车所需两侧余宽的重要组成部分。路肩设计关系到路基、路面的强度、稳定性和行车的畅通。

1 观测资料表明，在行车道上行驶的车辆中，有 6%~9% 的车辆右侧车轮越出车行道行驶在路肩上。因此，路肩结构需具有一定的承载能力，承受车行道标准轴载累计作用次数 6%~9% 的轴次作用。路肩结构设计还需考虑渗入车道路面结构内水分的横向排流问题，在结构层组合和材料选用方面为行车道路面提供排水通道。

2 考虑场内交通主要道路主流车型大、重车较多的特点，为提高交通安全性和车辆行驶的安全、舒适感，通常兼顾边沟和护栏等安全设施设置及车辆停放或临时在上面行驶的需要，路肩建议结合路基排水、挡护进行硬化加固处理，起到保护支撑路面结构层、埋设交通安全设施、车辆临时停放等作用。

**5.2.8** 由于路面是道路的有机组成部分，路基上层湿度、压实度情况，直接影响路面结构的强度和稳定性，如路基干湿类型的区划、冻胀的预防、软土路基的处理等，均直接影响路面结构及厚度，故路面设计需结合路基进行综合设计。

## 6 桥 涵

### 6.1 设计要求

**6.1.1** 水电工程大多位于深山峡谷地带,桥涵布置综合考虑地形地质、运输任务、运输强度、桥涵永临性、施工条件等因素。如“V”型河谷,一般两岸多为基岩,多选用拱桥。当桥梁需运输重大件时,桥头转弯半径需满足特种平板挂车的转弯半径要求。临时桥梁,多选用钢贝雷梁桥或索道桥。

桥梁的布置还需综合考虑水电工程枢纽建筑物的布置,如位于大坝下游跨越泄水建筑物(如导流建筑、泄洪建筑、厂房尾水等)的桥梁,不能影响泄水建筑物过流,建议单跨跨越。对于位于通航河流上的桥梁,还需满足其通航要求。

**6.1.2** 桥涵结构按规模分类,仍遵循《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015对桥涵的分类。

**6.1.3** 桥涵结构,不论是永久还是临时结构,其设计基准期均按公路桥涵的规定采用100年。设计基准期是为确定可变作用及与时间有关的材料性能取值而选用的时间参数,桥涵结构的设计基准期与该桥涵是“永久”或“临时”没有直接联系。桥涵结构的“永久”和“临时”只是相对概念,对于水电工程场内交通道路上的桥涵,一般认为仅在建设期使用的桥涵称为“临时”桥涵,而在建设期及运营期均使用的桥涵称为“永久”桥涵。

**6.1.4** 桥涵设计分为承载能力和正常使用两类极限状态。结构的稳定和疲劳设计属于承载能力极限状态。承载能力极限状态设计体现了桥涵的安全性,正常使用极限状态设计体现了桥涵的适用性和耐久性,这两类极限状态概括了结构的可靠性。只有每项设计都符合各有关规范的两类极限状态设计的要求,才能使所设计的桥涵达到其全部的预定功能。

承载能力极限状态对应于桥涵结构或构件达到最大承载能力或出现不适于继续承载的变形或变位的状态,包括构件和连接的强度破坏、结构或构件丧失稳定及结构倾覆、疲劳破坏等。

正常使用极限状态对应于桥涵结构或其构件达到正常使用或耐久性能的某项限值的状态,包括影响结构、构件正常使用的开裂、变形等。

**6.1.5** 根据桥涵在施工和使用过程中面临的不同情况,规定了结构设计的四种状况。

1 持久状况指桥涵的使用阶段。这个阶段持续的时间长，要对结构的所有预定功能进行设计，要进行承载能力极限状态和正常使用极限状态计算。

2 短暂状况指桥涵的施工阶段和维修阶段。这个阶段持续的时间相对于使用阶段是短暂的，结构体系、结构所承受的荷载等与使用阶段不同，设计要根据具体情况而定。在这个阶段，需进行承载能力极限状态计算，也作正常使用极限状态计算。

3 偶然状况指桥涵可能遇到的撞击等状况。这种状况出现的概率极小，且持续的时间极短。按照现行国家标准《工程结构可靠性设计统一标准》GB 50153-2008 的规定，偶然状况的设计原则为主要承重结构不致因非主要承重结构发生破坏而导致丧失承载能力；或允许主要承重结构发生局部破坏而剩余部分在一段时间内不发生连续倒塌。显然，偶然状况只需要进行承载能力极限状态计算，不考虑正常使用极限状态。

4 地震状况指桥涵遇到地震作用的一种状况，地震是一种特殊的偶然作用，与撞击等偶然作用相比，地震作用能够统计并有统计资料，可以确定其标准值。而其他偶然作用无法通过概率的方法确定其标准值，因此，两者的设计表达式是不同的，故地震状况单独作为一种设计状况。

**6.1.6** 桥涵进行持久状况承载能力极限状态设计时，根据结构破坏可能产生后果的严重程度划分为三个设计安全等级，体现不同情况的桥涵的可靠度差异。临时小桥和涵洞设计安全等级已为最低级别，故不再降低。

**6.1.7** 桥涵结构按使用时长分为永久桥涵和临时桥涵。永久桥涵指在水电工程建设期及运营期均需使用的桥涵，临时桥涵指仅在水电工程建设期使用的桥涵。一个水电工程，其规模不同，可能工期也不相同。因此，水电工程的“永久”和“临时”桥涵，难以以具体的年限来分类。

**6.1.8** 水电工程场内交通道路的永久桥涵，设计使用年限按桥涵的结构类别分为三个等级，分别为 30 年、50 年、100 年，与《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的规定基本一致。

**6.1.9** 水电工程场内交通道路的临时桥涵，设计使用年限按规划使用年限分为四个等级，依次为 5 年、10 年、20 年以及按永久桥涵规定采用。场内交通道路上的临时桥，多采用钢结构和索结构。设计使用年限对此类钢索结构桥主要影响防

腐设计和疲劳设计。对规划使用年限大于等于 20 年的临时桥涵，对防腐设计和疲劳设计要求很高，故设计使用年限根据本规范表 6.1.8 的规定，按永久桥涵结构的规模来分类进行取用。

规划使用年限为水电工程施工总工期规划场内交通（包含道路、隧道以及独立桥梁等）使用的最大年限。

**6.1.10** 设计使用年限小于 5 年的临时桥梁一般情况下不进行抗震设计计算，仅根据桥址区地震基本烈度按构造进行设防。桥梁的抗震设防烈度建议采用桥址区地震基本烈度，抗震设防措施等级采用《公路工程抗震规范》JTG B02-2013 中 D 类桥梁对应的措施等级，不再以临时桥梁的规模、所属道路等级进行区别分类，仅与桥址区地震基本烈度有关。

但是，如果该临时桥梁为柔性很大的索道桥之外的特大桥、或者一旦破坏难以及时恢复，将对整个水电工程施工总工期产生重大影响的桥梁，如跨越大江大河，位于大坝上下游，作为沟通两岸交通唯一通道的桥梁，建议进行桥梁的抗震设计计算。

**6.1.11** 场内交通道路的永久桥梁，一般位于主要道路上，运输强度高、使用年限长，桥梁损坏直接影响到水电工程建设，且水电工程建设完成后，此类桥梁仍需继续使用，但这些桥梁一般位于山区，施工难度较大且可能无相应的专业维护单位对桥梁进行正常维护，因此，这些桥梁通常采用结构牢靠、耐久适用、便于施工和维护的桥梁型式。

**6.1.12** 场内交通道路的临时桥梁，使用年限较短，且水电工程建设完成后，此类桥梁一般均需拆除。因此，这些桥梁通常选用结构简单、施工便捷、便于拆卸的桥梁型式（如钢贝雷桥、索道桥等）。

**6.1.13** 永久桥涵的设计洪水频率主要按桥梁规模确定。

**6.1.14** 跨河跨江的独立临时桥梁设计洪水频率根据桥涵的使用功能、规划使用年限、重要性以及水毁后恢复的难易度等来确定；临时道路上的桥涵建议与临时道路路基设计洪水频率一致。对于特大桥、重要桥梁经论证后，适当提高其设计洪水频率标准。

**6.1.15** 场内交通道路主要通行水电工程建设施工、管理及运行维护的车辆，运行车辆相对固定，驾驶人员对道路较熟悉。结合水电工程所处的特殊环境条件，

为利于道路及桥梁布置、节省投资，桥上纵坡和桥头引道纵坡较《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的规定适当放宽至 6%，并采取相应的措施，保证桥梁运行安全。

## 6.2 作用

**6.2.1** 作用的分类及作用的效应组合仍按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的有关规定执行。因本规范的设计车辆荷载为车列荷载，故将车列荷载替代《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的汽车荷载后再进行相应的效应组合。

**6.2.2** 场内交通道路的桥涵主要通行水电工程建设施工的大型载重汽车，部分桥涵还需通行运输重大件的平板挂车特重车辆。对大型载重汽车，为便于桥涵结构计算，采用标准车按一定间距排列的车队进行计算，为与常规交通荷载区分，将此车队荷载称为车列荷载，并作为场内交通道路桥涵的设计荷载。需通行平板挂车特重车辆的桥涵，还进行特重车辆荷载验算，并将此特重车辆荷载称为特种验算荷载，作为场内交通道路桥涵的验算荷载。

**6.2.3** 场内交通道路的桥涵设计根据水电工程施工组织设计所确定的主流控制车型来选择桥涵设计的具体车列荷载。车列荷载采用现行行业标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87 中的重型自卸汽车车队荷载，分为汽车-30 级、汽车-40 级、汽车-60 级、汽车-80 级、汽车-110 级。对运输强度大、桥头接线引道线形差、易形成车辆堵塞、大量车辆在桥上缓行或停放状况的大桥、特大桥车列荷载，车辆纵向间距在设计计算时根据实际情况考虑适当减小，或在建设期间明确桥梁车辆管制要求并采取相应措施，确保桥梁安全。

对运输量不大、采用载重量较小的汽车进行运输的中型水电工程，桥涵设计荷载采用汽车-30 级或汽车-40 级；对运输量较大、采用载重量较大的汽车进行运输的大型水电工程，桥涵设计荷载采用汽车-60 级或汽车-80 级；对运输量特别大、采用载重量也很大的汽车进行运输的巨型水电工程，桥涵设计荷载采用汽车-80 级，甚至汽车-110 级。

场内交通道路不管是主要道路还是非主要道路，桥涵的设计车辆荷载等级均建议采用车列荷载。但车列荷载采用汽车-30 级～汽车-110 级的哪一级，需根据该道路的运输要求以及主要载重汽车的载重量来确定。有可能存在非主要道路的

荷载比主要道路的荷载更大的情况，如连接两施工作业面之间的非主要道路的设计荷载就可能比到生产、生活区的主要道路的设计荷载更大。

**6.2.4** 场内交通道路的永久桥涵结构的整体计算采用车列荷载，即采用汽车-30级~汽车-110级的一种。如该条道路设计车辆荷载为汽车-60级，对桥涵进行整体计算时，在该桥涵纵向长度范围内按使桥涵结构产生最不利效应的影响线进行布置计算。对桥长较短的桥梁，纵桥向可能仅排一辆或两辆载重汽车；对桥长较长的桥梁，纵桥向可能排列多辆载重汽车。但对索道桥、钢贝雷梁吊桥、钢贝雷梁桥等特殊结构的临时桥梁，设计荷载建议仅取车列荷载的单辆标准车荷载，如汽车-60级的单辆标准车总重 60 t，表示为单车-60 t。若此类特殊结构临时桥梁设计荷载需采用多辆标准车且按较大间距排列时，如 3 辆 60 t 标准车，也可表示为 3×60 t，但需标明纵桥向车辆间距，如每辆车相距 50 m，便于运行管理。

**6.2.5** 桥涵结构的局部计算采用车列荷载对应的单辆标准车荷载。由于此类标准车荷载仅两轴，单轴轴重，特别是后轴轴重相比总重接近的普通汽车后轴要重得多，采用交通部门的标准梁构件时，即使整体计算满足了要求，仍需重点对局部计算进行复核算。

**6.2.6** 桥梁结构横向分布系数计算时车辆的横向布置，按现行行业标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22-87 中的相应的重型自卸汽车横向布置进行。由于本规范车列荷载单辆标准车车体较宽，外侧轮胎离桥梁缘石较远，故相同条件下产生的偏载效应比《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的标准汽车产生的偏载效应相应要小，横向分布系数相应要小。

**6.2.7** 车列荷载产生的制动力取值按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的相应规定进行计算，但取值按车列荷载布置在荷载长度单位内的一列车队总重力的 10%计，并不小于一辆车总重力的 30%；同向行驶双车道的车列荷载产生的制动力标准值为一个设计车道制动力标准值的 2 倍。车列荷载产生的制动力的着用力点、分配方式等均按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 的相应规定执行。

**6.2.8** 水电工程重大件通常为掘进机、大型挖土机等大型施工机械、水轮机、变压器等机电设备和闸门、厂房起重机大梁等金属结构，需采用运输重量大、车辆轴数多的特种车辆运输，本规范规定对场内交通道路需通行特种车辆的桥涵设计

进行特种车辆结构受力验算。

**1** 需通行平板挂车特种车辆的场内交通道路桥涵，当特种车辆荷载总重在 120 t 以内时，桥涵设计由特殊车列荷载控制；当特种车辆总重在 120 t 以上时，特种车辆总重有可能控制桥涵的设计，故本规范增加了特种平板挂车荷载，采用现行行业标准《城市桥梁设计规范》CJJ 11-2011 上规定的特种平板挂车荷载，本规范统一为“特种验算荷载”。水电工程重大件运输车辆常用等级有 160 t、220 t、300 t、420 t 四种，对应简化表示为特-160、特-220、特-300、特-420。

**2** 需通行平板挂车特种车辆的场内交通道路的桥涵进行相应的结构受力验算，特种验算荷载等级根据水电工程最重运输构件重量、特种车辆重量和运输配重的总重来选用，采用“就高不就低”的原则，如总重为 250 t 时，选择特-300。若选择的特种车辆总重量超过了本规范的上限即特-420，则以实际的总重量及车型（牵引车和平板挂车的具体排列）来进行验算。

**3** 本规范采用的标准平板挂车特种车辆验算荷载与《水电工程对外交通专用公路设计规范》NB/T 35012-2013 的标准平板挂车特种车辆验算荷载相同。当实际采用的平板挂车与标准平板挂车在轴重、轴间距等方面存在较大差异时，需采用实际平板车特种验算荷载对桥涵结构进行验算。

**4** 平板挂车特种验算荷载车辆上桥时，选择在适当的时间，且进行交通管制，其他车辆及人群均不得上桥，只允许一辆平板挂车上桥。平板挂车居中行驶能使桥梁及隧道的建筑限界最小，并对桥梁产生的偏载作用更小（理论上可能为 0）；匀速（车速一般不超过 5km/h）行驶是尽量使平板挂车不产生冲击。桥梁结构计算时，仅按一辆平板挂车上桥且按对结构产生最不利作用效应进行验算。

**5** 由于平板挂车特种验算荷载车辆较宽、电站重大件结构尺寸也较大，车辆总荷载大，故通行平板挂车特种验算荷载车辆的桥梁采用整体性好、桥宽较宽的桥梁，且相应的桥梁梁高一般较交通运输部门桥梁的梁高偏高（特别是对于标准跨的装配式桥梁）。运输重大件时平板挂车居中行驶能使桥梁及隧道的建筑限界最小，故要求平板挂车居中匀速行驶（车速不超过 5 km/h），且不能在桥上加速、刹车，因此平板挂车特种验算荷载车辆不计冲击力，也不计制动力。

**6** 当桥梁为曲线桥时，平板挂车会产生离心力，故对曲线桥梁，需计算平板挂车产生的离心力。

## 7 隧道

### 7.1 隧道布置

**7.1.1** 隧道内轮廓不仅提供置于内部的建筑限界空间，还考虑洞内路面、排水设施、装饰、通风、照明、消防、监控、运行管理等设施和枢纽工程施工设施（如皮带机、通风管等）需要的空间。

**7.1.2** 隧道内轮廓分为曲边墙断面（椭圆形断面、三心圆断面）和直边墙断面（门洞形断面）。曲边墙断面多应用于开挖跨度较大的隧道上，如双车道隧道、隧道加宽段；或围岩地质较差的小断面隧道，为改善其结构受力也常用曲墙式断面。直边墙断面多应用于开挖跨度较小、硬质围岩地质条件好的隧道。

**7.1.3** 隧道分类采用《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1-2018的规定，按隧道长度进行分类。

**7.1.4** 地形地质条件对隧道进出口布置及平纵面线形设计的选择起决定性作用。隧道位置尽量避免穿越不良地质段，选择岩性较好、稳定的地层布置，以免增加设计、施工和运行困难，甚至影响隧道的性能和安全，发生意料不到的病害。若不能绕避而必须通过时，建议采取边坡锚固、围岩注浆加固等可靠的工程处理措施。

隧道进出口位置选择是隧道设计的关键之一，要予以重视。隧道洞口地质条件一般较差，岩体破碎、风化较为严重，选择不当，隧道洞口开挖后，会形成高边坡和高仰坡，可能引起坍塌、产生偏压、诱发滑坡等地质灾害，使洞口位于危岩落石下。处理这些灾害困难、费用高，投入运行后，也极易受自然灾害的威胁。

隧道平面线形设计要重视电站枢纽区泄洪雨雾的影响，洞口建议避开电站泄洪雨雾区；若隧道需在电站泄洪雨雾区出洞，洞口设置建议选择岸坡稳定、岩石条件好的位置，并采取适当的防护措施，洞口段需设置反坡，以利排水。

隧道平面线形设计考虑通风效果常取直线或大半径曲线，取小半径曲线通风阻力增大，对自然通风不利，会增大机械通风量；同时隧道平面线形取较小半径须设置超高和加宽，使施工复杂化，增加施工难度。因此仅当受地形地质限制不得已时，才采用小半径线形。为确保小半径线形隧道交通安全与畅通，除设置超高和加宽外，增设必要的交通安全设施包括条状减速带、道钉减速带、热塑振动减速标线、驼峰式减速带等强制控速措施，并配套增设警示标志、线形诱导标和

标线等交通工程设施。

隧道进出口是事故的多发地段，隧道进出口线形布置受限时，无法按《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》JTG 3370.1-2018 相关要求保持洞内外一定距离平、纵线形均衡协调时，增设的交通安全设施，包括条状减速带、道钉减速带、热塑振动减速标线、驼峰式减速带等强制控速措施，并配套增设必要的警示标志、线形诱导标和标线等交通工程设施，确保使用隧道交通安全与畅通。

**7.1.5** 水电工程通常地下洞室较多，场内交通道路的隧道布置与其他地下构筑物间留有足够的净距，将减少施工及运行的干扰，并能节约投资。当与其他相邻建筑物互有影响时，采取的措施包括加强施工管控、加固洞室结构等。

**7.1.6** 隧道内平交接线位置需加大洞室跨度和布置接线分岔口，故隧道平交接线段衬砌结构设计复杂，施工安全问题突出。隧道内平交接线位置选在围岩地质条件较好段，且与主洞采用大角度相交时，有利于隧道平交接线段施工安全、结构稳定，节约投资。

**7.1.7** 水电工程建设环境条件使场内交通道路布置受限，加大纵坡有利于道路布置、节约投资，综合考虑场内交通道路主要通行水电工程建设施工运输及管理车辆，驾驶人员对道路熟悉，因此，通过总结已建、在建水电工程场内交通道路隧道设计、运行经验，提出隧道纵坡的技术标准。但大纵坡隧道需设置必要的安全设施，并在水电工程建设期加强交通管控。

适当加大隧道纵坡，对路线克服高差有时可取得较好的技术经济效果。如 SXG 水电站（660 MW）场内主要道路渣场、料场公路隧道（1581 m）最大纵坡为 7.0%，CHB 水电站（2600 MW）场内主要道路 1401#公路隧道（1713 m）最大纵坡为 7.1%，JPYJ 水电站（3600 MW）场内主要道路 6#公路 1#隧道（966 m）最大纵坡为 8.0% 及左右岸高线上坝公路长隧道（平均纵坡 5.6%），通过加强安全措施及运行管理，水电工程建设高峰时段交通运输正常，满足了水电工程建设要求。

**7.1.8** 考虑场内交通道路隧道使用的特殊性，为降低工程投资，隧道两侧建议不设置检修道或人行道，但为保证一定车速的安全通行，提出了在行车道两侧需设置一定宽度的余宽。

**7.1.9** 场内交通道路隧道通行的运输车辆相对固定，驾驶人员对路况较熟悉，隧

道分布相对集中,车辆在发生紧急情况时能得到及时的处理,故在满足隧道应急、保通、安全的情况下,根据已建电站公路隧道运行经验,对场内交通道路隧道的长度进行了调整。

**7.1.10** 进厂交通隧道是电站运行期的重要交通通道,为避免洞外雨水倒灌入隧道内,影响隧道通行交通安全和增大厂房抽排水难度,隧道洞口段在线路纵坡设计时考虑设置反坡;若反坡设计困难或反坡设计后坡度小仍有可能出现雨水倒灌时,需在洞口位置路面设置截排水涵。

进厂交通隧道需采取在隧道进洞口段设置挡水闸门、渗漏水截排水涵等的防洪、防淹措施。渗漏水截排水涵断面尺寸与所截渗漏水水量相适应,截水汇集后通过水泵直接抽排出洞外,建议结合地下厂房排水设施综合考虑,沿进厂交通隧道排水沟汇入地下厂房排水井统一排出。

**7.1.11** 隧道纵向设计受线路沿线各接线点高程控制,如与进厂隧道结合的低线隧道受电站厂房枢纽布置高程控制,在隧道“V”型纵坡的低点附近存在低洼积水区,为保证隧道的正常运行,在隧道内积水区根据隧道渗漏水水量设置相应容积的集水坑、水泵抽排系统设施,保证排水畅通,避免隧道路面积水或积水严重时淹没隧道。

设置安全标志、标线主要为提前防范,防止隧道低洼积水危及行车安全,相应标志、标线有安全警示标志、水深警示标志、路面积水警戒线等。

## 7.2 隧道结构设计

**7.2.1** 隧道衬砌设计按新奥法施工原理,隧道围岩自身有一定的结构作用,通过一些工程措施和合理的衬砌形式使围岩的这一特性得以充分发挥,设计中充分利用和发挥围岩的自承能力,以达到节省工程投资的目的。隧道衬砌是重要的结构物,一旦破坏,恢复困难、周期长、费用高,如无备用通道将对水电工程建设造成极大影响。为保证隧道使用期限内的安全,且不产生病害,要求衬砌具有足够的强度、稳定性和耐久性。耐久性一般指所使用的建筑材料具有必要的抗渗性、抗冻性和抗侵蚀性。

**7.2.2** 由于地质条件复杂、不同围岩地质条件自身承载能力不同,并与开挖方式、支护手段和支护时间密切相关,为保证隧道衬砌结构设计的合理性和可靠性,要求进行结构计算和工程类比综合确定。目前,工程类比法普遍应用于隧道衬砌结

构设计。工程类比法参数设计主要根据地质条件复杂程度、设计断面跨度大小、平立交结构断面的跨度、结构间净距离、施工顺序、工法等因素判断确定。

**7.2.4** 场内交通道路隧道结构设计的基本要求是安全可靠和满足使用功能,对隧道外观通常不作要求,为减少工程投资、降低施工难度、加快工程建设进度,尽量选用喷锚衬砌,仅对隧道洞口段、IV级~V级围岩段及特殊地质段的衬砌结构采用复合式衬砌。

在工程实际中,对于地应力较小的硬质岩隧道,当洞身边墙底及以下的地质条件整体性较好,基底承载能力和稳定性均能满足要求时,其复合式衬砌建议不设置仰拱。

**7.2.5** 隧道内路基是承受车辆长期行驶的基本载体之一,稳定、密实、匀质的路基是保证路面强度的基本条件。设置仰拱的隧道,衬砌结构为封闭结构,仰拱填充采用混凝土或片石混凝土填充,混凝土强度建议不低于C10。

**7.2.6** 路面长期承受车辆荷载的冲击与摩擦,是承受车辆长期行驶的基本载体之一,隧道内路面与洞外路段路面相比存在特殊性,洞内路面受场地条件限制,施工条件差,维护难度大,故对隧道内路面强度和平整、耐久、抗滑、耐磨性能作了相关要求。考虑电站物质运输通行车辆多为重型车,根据已建电站公路隧道设计经验,场内主要道路的隧道采用水泥混凝土路面系统水稳性好,对环境适应性较强。隧道内水泥混凝土路面设计弯拉强度建议不小于5.0 MPa。

**7.2.7** 临时道路的隧道使用期限短,为节约投资和方便施工,防排水措施采用简化设计,已有的实例设计通常是洞内纵向排水采用简易水沟;洞身有水段采用临时引排水措施,防水设施根据洞内渗漏水情况有选择设置。

### 7.3 隧道附属设施

**7.3.1** 隧道通风设计参照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2-2014 隧道“通风设施”相关规定及电站运行管理确定。

**1** 场内交通道路多为小于3 km的单洞双向交通隧道,参照现有公路隧道通风设计经验推荐采用全纵向机械通风方式;考虑部分隧道存在施工支洞、岔线交通洞及其他电站用隧洞等,为缩短通风区段长度和有效地综合应用其通风能力,推荐采用纵向分段机械通风方式。洞内风机布置根据风机数量、风能量的传递、

供电距离等确定，按照 2 台或 1 台一组沿隧道纵向分散布置，每组间距建议不大于 120 m，并且尽可能布置在为其供电的变电站附近，缩短供电距离，减小电压降。

场内交通道路的隧道受水电工程建设施工组织、地形地质、道路线形布置等的影响，存在局部大纵坡、支洞多、线形局部曲线半径指标低、隧道长等特点，相应隧道通风设计参数若按《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2-2014“通风设施”相关要求执行，通风设施会有投资高、规模大、运行管理费用高等问题，根据已建电站公路隧道运行经验，场内交通道路隧道采用机械通风方式在通风条件受限时，考虑电站投资规模控制、建设工期的要求及场内道路运行管理的条件等因素，通风设计参数在隧道局部洞段降低，但建议设计标准不低于隧道通风设计交通阻滞时的技术参数值，车辆在此区段的经历时间建议不超过 20 min。

场内交通道路受水电工程建设施工组织、地形地质、道路线形布置等的影响，常设计有交通隧道洞室群、特殊复杂隧道等，为满足该类隧道的运行管理通风要求，推荐通风设计在专题研究的基础上结合工程经验进行设计。

**2** 隧道是封闭的行车环境，救援及疏散较困难，当隧道发生火灾时，需要通风系统控制烟气的流动，保证救援及安全疏散，故运行期的通风设施需充分考虑隧道防灾、救援、逃生等救灾通风需求。根据已建水电工程隧道设计及运行经验，参考相关国家消防规范，隧道排烟设计的火灾规模按火灾最大热释放率 20 MW 取值较为经济且满足运行需求。

**3** 考虑水电工程建设管理的特殊性及隧道内车辆通行时段通常较固定的特点，根据场内交通道路运行管理要求提出隧道通风控制方式，并强调手动控制功能是必备的基本功能。

**7.3.2** 场内交通道路具有不同的使用功能，各隧道照明要求不完全一样，与其他公路隧道照明也不完全一样。根据现有工程经验，考虑场内交通道路的特殊性，一般情况下隧道按无行人通行进行照明设计；长度小于 1.5 km 的隧道建议不设置应急照明；隧道照明的均匀度建议适当降低标准，减半设计。

**7.3.3** 隧道供配电设计参照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2-2014 隧道“供配电设施”相关规定及电站运行管理确定。

**1** 为有利于电网输电线路综合布置、隧道运行供电稳定性和安全、可靠性，节约工程投资和运行成本，隧道供电电源建议在水电工程建设期选用施工供电规划电网，建议在电站运行期与电站厂用电结合考虑。

**2** 隧道应急照明中断供电，容易出现车辆追尾、碰撞等重大事故，造成人员伤亡和交通阻塞；隧道排烟需要的通风机械，将大量滞留在洞内的烟雾及时排出洞外，保证行车安全，并且在火灾时起到控制火势及烟雾漫延的作用，对争取救灾时间、人员安全撤离意义重大；监控报警系统中断，管理人员无法了解隧道内火灾、事故情况等，难以发出交通控制信号和进行有效救援，造成重大影响和经济损失；隧道消防水泵中断供电，在发生火灾时，消防泵无法正常供水，火势难以控制，将造成更多的生命、财产损失，故将上述四种工况供电设计列为一级负荷。

**7.3.4** 场内交通道路隧道布置通常较集中，靠近水电工程建设管理中心，隧道消防结合水电工程建设和运行期消防设计一并考虑，能节约工程投资和方便管理。

**7.3.5** 监控系统设计参照《公路隧道设计规范 第二册 交通工程与附属设施》JTG D70/2-2014 隧道“交通监控设施”、“紧急呼叫设施”、“火灾探测报警设施”、“中内控制管理系统”相关规定及电站运行管理确定。

**1** 隧道是封闭环境，发生事故及火灾等紧急事件时，实施救助及疏散较为困难。特长隧道在 3 km 以上，为重点保障运行安全，需进行系统设计。

**2** 根据现有电站场内交通道路隧道控制系统设计经验，特长隧道需监控的电气附属设施较多，小型控制单元已不能满足要求，建议采用独立的可编程控制柜。

为提高管理水平，方便运行管理、降低管理费用，隧道建议按无人值守运行管理要求进行设计。根据场内交通道路运行管理经验，为简化控制系统设计，降低投资，建议结合公路养护需要共同设置集中管理系统和管理用房。

**3** 考虑当前无线通讯技术的普及，场内交通道路的隧道内基本都有无线通信信号覆盖，故设置紧急电话号码牌替代有线紧急电话装置。

## 8 安全设施、环境保护与水土保持

### 8.1 安全设施

**8.1.1** 水电工程场内交通道路有别于其他公路的环境条件、服务对象、施工及运行特点，决定了水电工程场内交通道路与其他公路存在较大差异，需针对各道路运行环境、运行对象等特点，在道路安全设施设计时采取综合保护措施。

**8.1.2** 电站泄洪产生的雨雾会影响岸坡稳定、交通中断、电气设备毁坏等，严重时会导致人员缺氧窒息，因此雨雾区内电站运行管理道路需设置防护措施和警示标志，并在电站泄洪期加强交通管控。

**8.1.3** 为防止高边坡掉落石块、滑坡等引起的伤害事故，当紧邻高边坡地段下面有道路和工作厂区时，根据道路地质条件和坡体山顶情况，采取的安全防护措施包括拦石、边坡喷锚、清除危石等各种防护措施，并设置警示标志，保障人员和行车安全。

**8.1.8** 对降低技术指标的路段，为有效降低运行安全风险，需因地制宜的设置必要的安全防护措施，如提高护栏防撞等级，增加路面摩擦系数提高抗滑性能，设置完整的警告、禁令、指示、指路标志和必要的警示灯等，提醒驾驶人员行车安全。

**8.1.9** 连续长陡下坡路段，重车下坡存在一定安全风险，场内交通道路连续长陡下坡路段建议结合地形条件设置避险车道、强化护栏等安全措施。

### 8.2 环境保护与水土保持

**8.2.1** 场内交通道路为水电工程工程区的一部份，道路的环境保护与水土保持设计需与电站主体工程的环境保护与水土保持统筹考虑，以最少的环境保护与水土保持投入达到理想的环境保护与水土保持效果。

**8.2.3** 地下工程施工环境较差是长期以来一直存在于各水电工程施工中的一个普遍问题，在连接地下工程施工作业面的隧道设置降尘设施，能改善地下工程施工的交通运输环境。

**8.2.5** 场内交通道路相对集中并早于水电工程主体建设，其取、弃土场与施工总布置料场、渣场统筹考虑，充分利用水电工程规划拟定的料场和渣场，有利于减少占地、保护环境。

当利用水电工程规划的弃土场时，其环境保护与水土保持措施纳入水电工程总体规划。

水电工程规划弃土场外单独设置的弃土场，其排水系统布设需充分利用地形和天然水系，并做好出口位置的选择和处理，防止出现堵塞、溢流、淤积、冲刷和冻结等造成对周边环境水土流失的不利影响。在沟道中堆置弃土、弃石、弃渣时，需修建拦渣坝。弃土、弃石、弃渣等堆置物易发生滑塌，或堆置在坡顶及斜坡面时，需修建挡渣墙。

## 附录 A 特种验算荷载作用效应组合

特种验算荷载仅与永久作用进行组合，采用特种验算荷载验算桥梁结构受力时，其荷载效应组合方式基本仍沿用《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015的相应规定。

**A.0.1** 当按持久状况承载能力极限状态验算时，基本组合中结构重要性系数  $\gamma_0$  取值为 1.0，且此时仅把汽车荷载效应的分项系数  $\gamma_{Q1}$  当作为特种验算荷载效应的分项系数，取值规定为 1.1。此时建议不考虑人群荷载、非机动车荷载，且不计冲击力、制动力等。特种验算荷载实际上当作常规的挂车荷载，当特种验算荷载效应占总荷载效应达到不同的比例时，其效应需相应提高。当占比越高时，其对桥梁产生的荷载效应越明显，为安全起见，适当提高了特种验算荷载和永久荷载效应的标准值。

**A.0.2** 由于特种验算荷载在场内交通道路桥涵上通行的频率很小，在电站整个建设和运营期间，特种验算荷载可能只通过 2 次~3 次，一般不超过 10 次，所以特种验算荷载也可当作一种偶然荷载考虑。故采用特种验算荷载验算桥涵结构受力时，对桥涵结构的应力、强度、稳定性、裂缝宽度、挠度等的要求均比采用普通车辆荷载进行验算时要求要低，相应其容许限值与现行公路桥涵规范要求相比均有所放宽。但对永存于结构内部的预应力张拉控制应力、自身永存应力等均未提高或降低，仍按《公路桥涵设计通用规范》JTG D60-2015 相应的规定执行。

按持久状况正常使用极限状态对桥涵结构的应力、裂缝宽度以及挠度验算时，作用（或荷载）效应组合采用标准值组合，各作用效应的分项系数均取 1.0。此时采用把汽车荷载替代为特种验算荷载并仅与永久作用进行组合后计算相应的设计值，并进行验算。