



T/CECS G XXXX: 20XX

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction  
Standardization

公路隧道斜井技术规程

Technical Standards of inclined Shaft for Highway Tunnel

(征求意见稿)

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

征求意见稿



中国工程建设标准化协会标准

# 公路隧道斜井技术规程

Technical Standards of inclined Shaft for Highway Tunnel

(征求意见稿)

T/CECS G: xx-xx-xx

主编单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

实施日期：XX年XX月XX日

XXXXXX（出版单位）



# 前 言

根据中国工程建设标准化协会公路分会《关于开展 2019 年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECS G）制修订项目编制工作的通知》（中建标公路[2019]169 号）的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司承担《公路隧道斜井技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

编写组经广泛调查研究，在认真总结工程经验和结合相关科研成果的基础上，参考国内外有关标准，完成了本规程的编写工作。

本规程分为 11 章，主要内容包括总则、术语和符号、设计调查及地质勘察、总体设计、洞口工程、衬砌结构设计、斜井路面、防水与排水设计、斜井施工准备、斜井施工、辅助工程措施等。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本规程日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn），或中交第一公路勘察设计研究院有限公司（地址：陕西省西安市雁塔区科技四路 205 号；邮编：710075；传真：xxx-xxxxxxx；电子邮箱：xxxx），以便修订时研用。

**主编单位：**中交第一公路勘察设计研究院有限公司

**参编单位：**

**主 编：**

**主要参编人员：**

**主 审：**

**参与审查人员：**

**参 加 人 员：**



# 目次

1 总则.....	1
2 术语和符号 .....	2
2.1 术语.....	2
2.2 符号.....	2
3 设计调查及地质勘察.....	4
3.1 一般规定.....	4
3.2 设计调查.....	4
3.3 地质勘察.....	5
4 总体设计.....	6
4.1 一般规定.....	6
4.2 斜井位置选择.....	6
4.3 斜井线形设计.....	7
4.4 斜井横断面设计.....	8
4.5 监控量测.....	10
4.6 超前地质预报.....	13
4.7 施工计划.....	16
5 洞口工程.....	17
5.1 一般规定.....	17
5.2 洞口工程.....	18
5.3 斜井洞门.....	18
6 衬砌结构设计 .....	20
6.1 一般规定.....	20
6.2 明洞衬砌.....	22
6.3 喷锚衬砌.....	24
6.4 整体式衬砌.....	26
6.5 复合式衬砌.....	27
6.6 斜井隔板.....	30
6.7 衬砌计算.....	31
7 斜井路面 .....	42
7.1 一般规定.....	42
7.2 路面结构.....	42
8 防水与排水设计 .....	43
8.1 一般规定.....	43

8.2 防水 .....	44
8.3 排水 .....	45
8.4 洞口及明洞防排水.....	46
9 斜井施工准备 .....	47
9.1 一般规定 .....	47
9.2 场站布设 .....	47
9.3 设备选型.....	48
9.4 施工测量.....	48
10 斜井施工.....	50
10.1 一般规定 .....	50
10.2 开挖.....	52
10.3 出渣与运输.....	53
10.4 支护 .....	57
10.5 衬砌 .....	61
10.6 防水与排水施工.....	64
10.7 隔板施工.....	67
10.8 仰拱与路面施工.....	67
10.9 交工前处理.....	69
11 辅助工程措施 .....	71
11.1 一般规定 .....	71
11.2 围岩稳定措施 .....	71
11.3 涌水处理措施 .....	73
本规程用词用语说明.....	75

# 1 总则

**1.0.1** 为规范和指导山岭公路隧道斜井设计和施工，制订本规程。

**1.0.2** 本规程适用于以钻爆法为主要开挖手段的各等级新建公路隧道斜井，修筑在岩土层中的城市、水下公路隧道斜井可参照执行。

**1.0.3** 斜井设计应满足功能需要，遵循“安全、耐久、经济、节能、环保”的基本原则。

**1.0.4** 斜井主体结构应根据使用功能要求，达到规定的强度、稳定性和耐久性，满足使用年限要求。

**1.0.5** 斜井土建工程设计应贯彻动态设计与信息化施工理念，制订地质观察、预报和监控量测的总体方案。

**1.0.6** 斜井设计应节约用地，尽可能保护原有植被，妥善处理弃渣和污水。

**1.0.7** 斜井设计应贯彻国家有关技术经济政策，积极稳妥地采用新技术、新材料、新设备、新工艺。

**1.0.8** 斜井施工必须遵守国家有关环境保护的法律法规，采取防止噪音、粉尘、废水等污染环境的措施。

**1.0.9** 斜井设计和施工除应符合本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准和规范规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 斜井 inclined shaft

为改善运营通风或施工条件，以一定倾斜角度设置的斜向通道。

#### 2.1.2 通风斜井 ventilation inclined shaft

为改善运营通风，以一定倾斜角度设置的斜向通道，其主要承担运营通风功能，兼具增加工作面、缩短隧道建设工期的功能。

#### 2.1.3 施工斜井 construction inclined shaft

为改善施工条件，以一定倾斜角度设置的斜向通道，其主要承担增加工作面、缩短隧道建设工期的功能。

#### 2.1.4 有轨运输 rail haulage

在斜井内铺设轨道，进行进料、出碴的运输作业方式。

#### 2.1.5 无轨运输 trackless haulage

在斜井内采用胶轮式或履带式运输设备进行进料、出碴的运输作业方式。

#### 2.1.6 隔板 septum

将斜井净空断面根据需要划分为不同的空间进行送排风的结构物。

### 2.2 符号

$BQ$ ——岩体基本质量指标；

$[BQ]$ ——岩体修正质量指标；

$R_a$ ——混凝土或砌体极限抗压强度；

$R_l$ ——混凝土极限抗拉强度；

$\gamma$ ——围岩重度；

$K$ ——安全系数；

$\mu$ ——斜井与围岩间的摩擦系数；

$\lambda$ ——侧压力系数；

$\varphi$ ——内摩擦角；

$\varphi_c$ ——计算摩擦角；

$B$ ——斜井跨度；

$L$ ——斜井长度；

$\sigma$ ——弹性抗力的强度；

$k$ ——弹性抗力系数；

$\delta$ ——衬砌朝向围岩的变形值；

$n$ ——开挖边坡坡率；

$m$ ——回填土石面坡率。

## 3 设计调查及地质勘察

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 应根据隧道不同设计阶段的任务、目的和要求，针对斜井特点和规模，确定搜集调查资料的内容和范围。调查资料应齐全、准确，满足相应设计阶段的要求。

**3.1.2** 斜井地质勘察应根据各阶段要求的深度开展工作，结合现场地形、地质条件以及不同勘察手段的特点等因素，综合确定勘察方法和勘察工作量。

### 3.2 设计调查

**3.2.1** 应全面搜集满足斜井设计需要的各种基础资料，包括：

- 1 地形地质资料，以及有关的遥感与遥测资料；
- 2 工程地质、水文地质，特别是不良地质的类别、性质、规模、危害程度等资料；
- 3 地质调绘、勘探资料；
- 4 气温、降水、风速和风向等气象资料；
- 5 地震历史、地震参数等资料；
- 6 沿线交通情况、施工条件等；
- 7 区域矿产资源、周边既有工程等资料。

**3.2.2** 为满足斜井设计与施工各阶段需要，应进行地形与地质调查。地形与地质调查内容和要求应符合《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)的规定。

**3.2.3** 气象调查内容包括斜井区域的气温、气压、风速、风向、降雨量、降雪量、冻结深度等，其中气温、降雨、降雪等应调查历史极端值，以及历史上的气象灾害情况等。

**3.2.4** 为满足斜井设计和施工，应进行自然环境、社会环境以及施工条件调查。调查内容包括：

- 1 斜井区域地表水、地下水、植被、矿产资源；
- 2 土地使用情况、农田、水利设施、建筑物、生活设施等；
- 3 交通、施工便道等施工条件调查。

### 3.3 地质勘察

**3.3.1** 应对斜井布置必要的工程地质、水文地质调绘以及勘探工作量等，查明斜井地质条件。斜井勘察内容和要求按照《公路工程地质勘察规范》（JTG C20）有关规定执行。

**3.3.2** 斜井围岩分级的内容和要求按照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》（JTG 3370.1）有关规定执行。

## 4 总体设计

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 斜井设计应满足公路规划、土地资源、生态环境、可持续发展的要求，平纵线形、建筑限界、净空断面、通风和交通监控等设施应与预期功能相适应。

#### 条文说明

隧道斜井设计应在公路隧道总体设计原则的指导下，满足隧道的总体功能要求，控制隧道斜井规模，合理利用土地资源、保护生态环境。

#### **4.1.2** 斜井总体设计应遵循以下要求：

- 1 斜井位置应满足使用功能的需要。
- 2 在地形、地貌、地质、气象、社会和人文环境等调查的基础上，综合比选斜井方案，提出推荐方案。
- 3 满足环境保护和耐久性要求。
- 4 根据使用功能确定净空断面，在满足斜井功能和结构受力要求的前提下，确定经济合理的斜井内轮廓。
- 5 斜井平、纵线形应协调顺畅。
- 6 应结合斜井长度、施工方法、工期计划、运营要求等因素，对斜井内外防排水系统、弃渣处理、管理设施、环境保护等进行综合设计。
- 7 应考虑斜井与相邻既有建筑物和规划建筑物互相影响。

### 4.2 斜井位置选择

**4.2.1** 斜井井口位置应考虑场地条件和防洪要求，井口设计高程应高出洪水频率为 1/100 的水位不小于 0.5m，且有可靠的防洪措施。

## 条文说明

此条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)第4.2.5条以及《铁路隧道设计规范》(TB 10003)第13.4.1条规定。

**4.2.2** 斜井应设置在地质较好地段,宜避开滑坡、断层破碎带、岩溶发育区等不良地质地段。无法绕避时,应采取工程治理措施。

**4.2.3** 斜井布置应结合使用功能、地形条件、地质条件、提升方式、洞口场地、运营需求等因素综合确定,并符合下列规定:

1 井口位置应满足提升系统布设和建筑物的布置,利于污染物的排放和出渣。

2 斜井井底与主隧道之间的横向净距离,应考虑风机房的设置及通风方案的影响。当采用送排式通风方案时,对于地面风机房,井底与主隧道之净距不宜小于20m;对于地下风机房,井底与主隧道之净距不宜小于40m。

**4.2.4** 斜井弃渣场、施工便道设计应加强环境保护,严禁弃渣堵塞河道、沟渠或影响道路交通,并尽量减少对农田、水利设施和生产生活用水的影响。

## 条文说明

斜井施工中的弃渣、废水、废气、噪声都会给工程环境造成不良影响,特别是弃渣堵塞水道、河道,造成水患和占用农田的事常有发生,斜井位置选择应重视弃渣场、施工便道设计。

## 4.3 斜井线形设计

**4.3.1** 斜井长度应结合使用功能、地形条件、地质条件、提升方式、洞口场地等因素综合确定,并符合下列规定:

1 有轨运输段宜采用直线,直线段长度不宜大于1200m。

2 无轨运输长度不宜大于2000m。

**4.3.2** 斜井与隧道中线连接处的平面交角不宜小于40°。

### 4.3.3 斜井纵断面设计应符合下列规定：

1 采用有轨运输的斜井，井身纵断面不宜变坡，井口和井底变坡点应设置竖曲线，竖曲线半径宜采用 12m~20m。应防止洞外地表水流入井内，井口场地宜设计为向洞外呈 3% 的下坡。

2 采用无轨运输的斜井，宜按 200m~300m 的间距设置缓坡段，缓坡段长度不小于 30m，缓坡段坡度不宜大于 3%，并应与错车道或防撞设施结合设置。

#### 条文说明

条款中第 2 条规定参考了《铁路隧道设计规范》(TB 10003) 第 13.4.4 条以及《铁路隧道工程施工安全技术规程》(TB 10304) 第 13.2.6 条规定。

**4.3.4** 运输提升方式应根据提升量、斜井长度及井口地形选择，各种提升方式的斜井倾角应符合下列规定：

- 1 有轨箕斗提升时不宜大于 35°。
- 2 轨道矿车提升时不宜大于 25°。
- 3 胶带输送机提升时不宜大于 15°。
- 4 无轨运输时不宜大于 7°。

#### 条文说明：

根据调查，斜井倾角大多在 25° (46.6%) 以下，斜井倾角小，斜井本身的修建速度快，工作人员上下较方便、安全性好，运输效率高。采用有轨箕斗提升时，斜井采用的倾角较大可达 35° (70%)，长度较短；采用矿车提升时，倾角超过 25° (46.6%)，容易出现运输掉渣，容易造成脱轨；胶带输送机在公路隧道中很少使用，缺乏经验，考虑到隧道弃渣与冶金部门提升的矿石、矸石的情况相接近，参照国内外有关资料，规定“胶带输送机提升时，不大于 15° (26.7%)；无轨运输斜井倾斜角度一般不大于 7° (12.3%)；当斜井位于高海拔地区时，运输机械施工效率有所降低，应结合现场实际工程情况，适当减小斜井倾角。

## 4.4 斜井横断面设计

**4.4.1** 斜井断面形状和尺寸除应满足使用功能外，还应根据施工提升容器的外形尺寸、载人车尺寸、管路布置、人行道宽度、施工机具的运行、设备之间的安全间距以及施工通风等

因素综合确定。

1 斜井断面尺寸可采用式 (4.4.1) 进行计算:

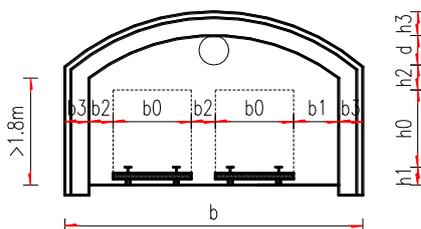


图 4.4.1 斜井断面布置图

1) 高度计算公式:

$$h = h_0 + h_1 + h_2 + d + h_3 \quad (4.4.1 - 1)$$

式中:

$h_0$ —装渣、运输机具控制高度,宜以装渣机扬铲高度控制,为利于行人,其边墙高要求不小于 1.8m;

$h_1$ —道床底至轨顶高度,取 0.3m;

$h_2$ —装渣、运输机具控制高度与支护或挂顶风管下缘间的安全间距,宜不小于 0.2m;

$d$ —挂顶风管直径 (m);

$h_3$ —斜井支护厚度 (m)。

2) 宽度计算公式:

$$b = 2b_0 + b_1 + 2b_2 + 2b_3 \quad (4.4.1 - 2)$$

式中:

$b_0$ —装渣、运输机具控制宽度 (m);

$b_1$ —人行道宽度,不宜小于 0.75m (无轨运输人行道宽度不宜小于 1.0m);

$b_2$ —运输设备之间或运输设备与支护之间的间隙,不小于 0.3m,胶带输送机距其他设备突出部分不宜小于 0.4m,无轨运输与支护之间的间隙不宜小于 0.6m;

$b_3$ —斜井支护厚度 (m)。

2 轨道运输时,两条轨道中心线之间的距离不应小于 0.7m;有摘挂钩作业的车场,两列列车车体的最突出部分之间的间隙不应小于 0.2m。

3 当斜井角度大于 15°时,人行道应设置台阶及栏杆。

### 条文说明

此条款第 1 条规定参照《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)第 20.3.4 条规定,第 2 条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)第 12.3.2 条规定。

**4.4.2** 通风斜井横断面应根据隧道送排风的需要确定，且宜按风道内设计风速控制在13m/s~18m/s的范围内选定。

#### 条文说明：

井内风速高低的取值与通风井的长度有关（即考虑井内摩阻力变化对送排风机功率的影响）。当通风井偏长时，应取较低的风速；当通风井偏短时，可取较高的风速。

## 4.5 监控量测

**4.5.1** 斜井施工监控量测以指导施工作业、为修改设计提供依据为目的。

**4.5.2** 斜井开工前，应根据设计要求，结合地形地质条件、施工方法、支护类型、工期计划等编制监控量测方案。

**4.5.3** 应结合斜井开挖、支护作业的进程，根据现场量测情况及时调整监测方案，并对量测数据及时分析、处理和反馈。

**4.5.4** 斜井施工监控量测方案按下列规定执行：

1 斜井采用复合式衬砌和喷锚衬砌时，监控量测必测项目应符合表 4.5.4-1 规定。

表 4.5.4-1 斜井现场监控量测必测项目

序号	项目名称	方法及工具	测点布置	精度	量测间隔时间			
					1~15d	16d~1个月	1~3个月	大于3个月
1	洞内、外观观察	现场观测、地质罗盘等	开挖及初期支护后进行	—	—			
2	周边位移	各种类型收敛计、全站仪等	每 5~100m 一个断面	0.5mm(预留变形量不大于 30mm 时)；	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
3	拱顶下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	每 5~100m 一个断面	1mm(预留变形量大于 30mm 时)	1~2 次/d	1 次/2d	1~2 次/周	1~3 次/月
4	地表下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	洞口段、浅埋段 (h ≤2.5b)，布置不少于两个断面，每个断面不少于 3 个测点	0.5mm	开挖面距量测断面前后 <2.5b 时，1~2 次/d； 开挖面距量测断面前后 <5b 时，1 次/2~3d；			

					开挖面距量测断面前后 $\geq 5b$ 时, 1次/3~7d;
5	拱脚下沉	水准仪、钢钢尺、全站仪	富水软弱破碎围岩、流沙、软岩大变形、含水黄土、膨胀岩土等不良地质和特殊性岩土段	0.5mm	仰拱施工前, 1~2次/d

注:  $b$ -隧道开挖宽度;  $h$ -隧道埋深。

2 应根据设计要求、断面大小、埋深、围岩条件、支护类型、施工方法等综合确定选测项目, 选测项目宜符合表4.5.4-2规定。

表 4.5.4-2 斜井现场监控量测选测项目

序号	项目名称	方法及工具	测点布置	精度	量测间隔时间			
					1~15d	16d~1个月	1~3个月	大于3个月
1	钢架内力及外力	支柱压力计或其它测力计	每代表性地段1~2个断面, 每断面钢架内力3~7个测点, 或外力1对测力计	0.1MPa	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
2	围岩内部位移(洞内设点)	洞内钻孔中安设各类位移计	每代表性地段1~2个断面, 每断面3~7个测点	0.1mm	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
3	围岩内部位移(地表设点)	地面钻孔中安设各类位移计	每代表性地段1~2个断面, 每断面3~5个测点	0.1mm	开挖面距量测断面前后 $< 2.5b$ 时, 1~2次/d; 开挖面距量测断面前后 $< 5b$ 时, 1次/2~3d; 开挖面距量测断面前后 $\geq 5b$ 时, 1次/3~7d;			
4	围岩压力	各类岩土压力盒	每代表性地段1~2个断面, 每断面3~7个测点	0.01MPa	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
5	初期支护和二次衬砌间压力	压力盒	每代表性地段1~2个断面, 每断面3~7个测点	0.01MPa	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
6	锚杆轴力	钢筋计、锚杆测力计	每代表性地段1~2个断面, 每断面3~7根锚杆, 每根锚杆2~4个测点	0.01MPa	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
7	衬砌内力	各类混凝土内应变计及表面应力解除法	每代表性地段1~2个断面, 每断面3~7个测点	0.01MPa	1~2次/d	1次/2d	1~2次/周	1~3次/月
8	围岩弹性波速度	各种声波仪及配套探头	在代表性地段设置	—	—			
9	爆破振速	测振仪及配套传感	邻近建(构)筑物	—	每次爆破时进行			

10	渗水压力、 水流量	渗压计、流量 计	—	0.01MPa	—
----	--------------	-------------	---	---------	---

3 洞内必测项目，各测点宜在靠近掌子面、不受爆破影响范围内尽快安设，初读数应在每次开挖后12h内、下一循环开挖前取得，最迟不得超过24h。选测项目测点埋设时间宜根据实际需要确定。

4 测点应牢固、可靠、易于识别，能真实反映围岩、支护的动态变化信息。洞内必测项目各测点应埋入围岩中，深度不应小于0.2m，外露部分应有保护装置。

5 各项量测作业均应持续到量测断面开挖支护全部结束、临时支护拆除完成，且变形基本稳定后15~20d。

6 应及时对监控量测数据进行整理和分析，绘制监控量测数据时态曲线和距开挖面距离变化曲线图；应绘制地表下沉值沿斜井纵向、横向变化量和变化速率曲线；对初期的时态曲线应进行回归分析，预测可能出现的最大值和变化速度，掌握变形的规律。

7 围岩稳定性的综合判别，应根据监控量测结果，按下列指标判定：

1) 实测位移值不应大于斜井的极限位移，并按表4.5.4-3确定位移管理等级。一般情况下，将斜井设计的预留变形量作为极限位移，预留变形量应根据检测结果不断修正。

表 4.5.4-3 位移管理等级

管理等级	管理位移 (mm)	施工状态
III	$U < (U_0/3)$	可正常施工
II	$(U_0/3) \leq U \leq (2U_0/3)$	应加强支护
I	$U > (2U_0/3)$	应采取特殊措施

注：U—实测位移值。

$U_0$ —设计极限位移值。

2) 根据位移速率判断：速率大于1.0mm/d时，围岩处于急剧变形状态，应加强初期支护；速率变化在0.2~1.0mm/d时，应加强观测，做好加固的准备；速率小于0.2mm/d时，围岩达到基本稳定。在高地应力软岩、膨胀性岩土、流（蠕）变性岩土等不良地质和特殊岩土中，应根据具体情况制定判别标准。

3) 根据位移速率变化趋势判断：当围岩位移速率不断下降时，围岩处于稳定状态；当围岩位移速率保持不变时，围岩尚不稳定，应加强支护；当围岩位移速率上升时，围岩处于危险状态，必须立即停止掘进，并采取应急措施。

4) 初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比大于或等于0.8时，围岩不稳定，应加强初期支护；初期支护承受的应力、应变、压力实测值与允许值之比小于0.8时，围岩处于稳定状态。

## 4.6 超前地质预报

### 4.6.1 斜井施工超前地质预报，应达到下列主要目的：

- 1 在施工前期地质勘察成果的基础上，进一步查明掌子面前方一定范围内围岩的地质条件，预测前方可能出现的不良地质以及隐伏的地质问题。
- 2 为信息化设计和施工提供依据。
- 3 为降低地质灾害发生风险提供预警。

**4.6.2** 斜井超前地质预报应以地质分析为基础，运用地质调查与物探相结合、长短探测相结合、洞内与洞外相结合、物探与钻探相结合、地质构造探测与水文探测相结合等综合预报方法，并相互验证。

### 4.6.3 斜井超前地质预报应包括下列主要内容：

- 1 地层岩性预报，特别是对软弱夹层、破碎地层、煤层及特殊性岩土岩性的预报。
- 2 地质构造预报，特别是对断层、节理裂隙密集带、褶皱等影响岩体完整性的构造发育情况的预报。

### 4.6.4 超前地质预报按预报距离可分为3类，见表4.6.4。

表 4.6.4 超前地质预报分类（按预报距离）

按预报长度分类	预报长度 L (m)	说明
短距离预报	$L < 30$	可采用地质调查法、地质雷达法及超前钻探法等
中距离预报	$0 \leq L < 100$	可采用地质调查法、弹性波反射法及超前钻探法等
长距离预报	$L \geq 100$	可采用地质调查法、弹性波反射法等

**4.6.5** 施工过程中应将开挖揭露的地质情况与超前地质预报结果进行对比印证，提高预报准确率和精度，并动态调整超前地质预报分级、方法、手段。

**4.6.6** 斜井超前地质预报设计应综合考虑斜井地质条件对施工的影响程度，针对不同地质条件，选择不同的方法和手段进行地质预报，并贯穿于施工全过程。

**4.6.7** 斜井超前地质预报设计应包括下列主要内容：地质情况、采用的方法、布置的位置以及钻孔长度等。

**4.6.8** 斜井超前地质预报可采用地质调查法、物探法和超前钻探法。

1 地质调查法：包括地表地质调查、斜井内地质素描等。

2 物探法：包括弹性波反射法(地震波反射法、水平声波剖面法、负视速度法和陆地声呐法等)、电磁波反射法(地质雷达探测)、红外探测及高分辨直流电法等。

3 超前钻探法：包括超前地质钻探、加深炮孔探测及孔内摄影。

**4.6.9** 地质调查法可用于各种地质条件下的斜井超前地质预报，应开展地层分界线、构造线的地下和地表相关性分析、地质作图等工作。

1 地表补充地质调查应在斜井内实施超前地质预报前进行，并在洞内超前地质预报实施过程中根据需要及时补充修正。

2 隧道斜井内地质素描应包括掌子面地质素描、洞身地质素描。

**4.6.10** 弹性波反射法可用于划分地层界线、查找地质构造、探测不良地质体的厚度和范围，应符合下列规定：

1 当探测对象与相邻介质存在较明显的波阻抗差异并具有可被探测的规模，或断层、岩性界面的倾角、构造走向与斜井轴线的夹角有利于弹性波的反射和接收时，可选择弹性波反射法。

2 数据采集时应减少斜井内其他震源振动产生的地震波、声波干扰，采取压制地震波、声波干扰的措施。

3 地震波反射法与负视速度法可长距离预报具有一定规模的溶洞、洞穴、断层破碎带、软硬岩接触带等。软弱破碎地层或岩溶发育区的有效探测距离宜取100m左右，不宜超过150m；岩体完整的硬岩地层的有效探测距离宜取150~180m，不宜超过200m。

4 水平声波剖面法可中距离预报断层破碎带、洞穴、采空区等。软弱破碎地层或岩溶发育区的有效探测距离宜取20~50m，不宜超过70m；岩体完整的硬岩地层的有效探测距离宜取50~70m，不宜超过100m。

5 连续预报时前后两次应重叠10m以上。

6 斜井位于曲线时，宜缩短预报距离。

**4.6.11** 电磁波反射法可用于岩溶、采空区、空洞、断层破碎带、软弱夹层等不均匀地质体的探测，应符合下列规定：

1 探测目标体与周边介质之间存在明显介电常数差异，电磁波反射信号明显，且探测目标体具有足以被探测的规模时，可选择地质雷达法。

2 探测区域不应有较强的电磁波干扰；现场探测时应清除或避开测线附近的金属等电磁干扰物，不能清除或避开时，应在记录中注明，并标记出位置。

3 硬岩地层的有效探测距离宜取20~30m；泥质和软弱破碎地层、潮湿含水层或岩溶发育区的有效探测距离宜取10~20m，并结合雷达波形判定。

4 连续预报时前后两次宜重叠5m以上。

**4.6.12** 超前钻探法可用于富水构造破碎带、富水岩溶发育地段、采空区以及重大物探异常地段预测、预报。

**4.6.13** 超前地质钻探法应结合地质调查和物探报告综合预报，并应符合下列规定：

1 一般情况下宜采用中距离钻探，必要时可采用长距离钻探，连续钻探时前后两次宜重叠5~10m。

2 利用加深炮孔进行短距离钻探时，掌子面应有不少于5个加深探测炮孔。加深探测炮孔深度宜比装药炮孔深3m以上，直径宜与装药炮孔相同；不得在爆破残留孔中打设加深探测炮孔。

3 一般地段可采用冲击钻，复杂地段宜采用回转取芯钻。

**4.6.14** 超前地质钻探孔数、孔位应根据斜井断面大小和地质复杂程度等综合确定，并应符合下列规定：

1 断层、节理裂隙密集区或其他破碎富水地层应布设1~3个孔。

2 富水岩溶发育区每循环宜布设3~5个孔，揭示溶洞边界时宜增加孔数，终孔设置于斜井开挖轮廓线以外5~8m。

3 富水岩溶发育地段宜采用中、长距离超前钻探，并辅以加深炮孔短距离探测。发现异常情况应结合其他探测手段。

4 采用取芯钻探的钻孔直径应满足取芯、取样和孔内测试要求。

#### 4.6.15 超前钻探工作应符合下列规定：

1 钻探过程中应做好现场记录，包括钻孔位置、开（终）孔时间、孔深、钻进压力钻进速度随钻孔深度变化情况、冲洗液颜色和流量变化、涌砂、空洞、振动、卡钻位置、突进里程、冲击器声音的变化等。

2 钻探过程中应及时判定岩芯、岩粉，判定岩性，对于断层、溶洞填充物、煤层、代表性岩土等应拍照备查，并选择代表性岩芯整理保存。

3 在富水地段进行超前钻探时应采取防突措施；测钻孔内水压时，应安装孔口管连接高压球阀、连接件和压力表，压力表读数稳定一段时间后测得水压。

4 钻探过程中应根据钻孔情况适时调整钻孔角度与深度。

### 4.7 施工计划

**4.7.1** 制订斜井施工计划时应综合考虑斜井长度、提升方式、使用期限及便利施工等因素。

**4.7.2** 斜井施工计划应包括工期、施工方法、工区划分、临时设施、施工便道、弃渣场、污水处理、超前地质预报以及监控量测方案等。

**4.7.3** 斜井井底车场应根据井身长度、地质条件、运量要求、提升方式、运输设备等因素，结合调车安全、作业方便等要求布置，并满足快速出渣的要求。

## 5 洞口工程

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 斜井井口设计应遵循“早进洞、晚出洞”的原则，加强环境保护，洞口不得大挖大刷。

#### 条文说明

斜井洞口设计贯彻“早进洞、晚出洞”的原则，旨在贯彻“不破坏就是对环境最大的保护”的设计理念，避免在洞口形成高边坡和高仰坡，减少对原有的地表形态破坏，保护自然环境。

**5.1.2** 应结合斜井洞口地形、洞口防护等，设置防排水系统。

**5.1.3** 对洞口边、仰坡可能存在的碎落、滚石、坍塌物等进行清理或防护。

**5.1.4** 通风斜井洞口设计宜满足便于检查和维护的条件。

#### 条文说明

通风斜井洞口截水沟、排水沟需要疏通或修补，需满足施工及运营期间便于检查维修的条件。

**5.1.5** 斜井洞口设计应与周边自然环境相协调。

#### 条文说明

施工完成后尽可能恢复原有地形地貌、自然景观，避免过多的人工修饰、淡化或隐藏遮挡结构物、排水设施等。

## 5.2 洞口工程

**5.2.1** 斜井井口宜设于地形、地质条件较好处，尽量避开崩塌、岩堆、泥石流等不良地质地段。

**5.2.2** 斜井明洞及支挡结构物的基础，应设置在稳固的地基上。当地基承载力不满足要求时，应进行地基加固处理。

**5.2.3** 斜井井口宜正交进洞，减少洞口边、仰坡开挖，加强洞口绿化。

### 条文说明

斜井洞口宜正交进洞，当地形受限时，尽可能采用大角度进洞，斜交洞门不宜小于  $60^\circ$ ，软弱地层不宜采用斜交进洞。洞口边、仰坡宜采用绿化护坡，喷锚、设置支挡结构物等应采用永、临结合原则。

**5.2.4** 斜井井口施工前应做好截排水设施。

## 5.3 斜井洞门

**5.3.1** 斜井洞门形式宜采用端墙式。

**5.3.2** 斜井洞门端墙设计应符合下列规定：

- 1 洞门端墙应按照挡土墙结构进行设计。墙身最小厚度不应小于 0.5m。
- 2 洞顶仰坡与洞顶回填顶面的交线至洞门墙墙背的水平距离不宜小于 1.5m；洞顶排水沟沟底至拱顶衬砌外缘的最小厚度不应小于 1.0m；洞门墙墙顶应高出墙背回填面 0.5m。
- 3 洞门端墙基础应置于稳固地基上，并埋入地面下一定深度。嵌入岩石地基的深度不应小于 0.2m；埋入土质地基的深度不应小于 1m；地基为冻土层时，基底高出应在最大冻结深度以下不小于 0.25m。
- 4 洞门端墙应根据需要设置伸缩缝、沉降缝和泄水孔。
- 5 地基承载力不足时，应进行加固处理。
- 6 洞门结构设计应满足抗震要求。

### 条文说明

此条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)第 7.3.3 条规定。

征求意见稿

## 6 衬砌结构设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 斜井结构设计应根据围岩级别、施工条件和使用功能可选择采用喷锚衬砌、整体式衬砌、复合式衬砌等，并符合下列规定：

1 通风斜井宜采用复合式衬砌。

2 施工斜井可采用喷锚衬砌，较差的V级围岩、VI级围岩以及变形大、膨胀性围岩等段不宜采用喷锚衬砌。

3 整体式衬砌可用于跨度不大于8m的斜井。

#### 条文说明

根据公路隧道斜井衬砌调研情况，大部分通风斜井采用复合式衬砌，少数隧道（如宝鸡至坪坎高速公路天台山隧道）通风斜井采用喷锚衬砌的情况，未调研到采用整体式衬砌的公路斜井。《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370.1）附录表 P.0.8 存在斜井宽度不大于5m采用模筑混凝土衬砌的情况，以及《公路隧道设计细则》（JTG/T D70）表 20.3.6 存在斜井宽度5~8m采用模筑混凝土衬砌的情况，因此规定整体式衬砌可用于跨度不大于8m的斜井。

**6.1.2** 斜井衬砌结构设计应综合考虑地质条件、断面形状、支护结构、施工条件等，并充分利用围岩的自承能力。通风斜井衬砌应有足够的强度、稳定性和耐久性。

**6.1.3** 斜井衬砌结构类型和支护参数，应根据使用功能、地质条件、埋置深度，并结合环境条件、支护手段、施工方法，通过工程类比和结构计算分析综合确定。在施工阶段，还应根据现场监控量测结果调整支护参数，必要时可通过试验分析确定。

#### 条文说明

6.1.2和6.1.3条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》（JTG 3370.1）第8.1.2、

8.1.3 条规定。

**6.1.4** 斜井衬砌设计应符合下列规定：

- 1 衬砌断面宜采用曲边墙或直边墙拱形断面。
- 2 围岩较差、侧压力较大或地下水丰富的地段宜设仰拱，仰拱曲率半径应根据地质条件、地下水、斜井断面形状、斜井宽度等条件确定。仰拱填充可采用混凝土或片石混凝土。斜井底围岩较好、边墙基底承载力和稳定性满足要求时，可不设仰拱。
- 3 洞口段应设加强衬砌，加强衬砌段长度应根据地形、地质和环境条件确定。
- 4 围岩较差地段衬砌应向围岩较好地段延伸 5~10m。
- 5 偏压衬砌段应向一般衬砌段延伸，延伸长度应根据偏压情况确定，不宜小于 10m。

#### 条文说明

1 《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.1.4 条规定，隧道衬砌断面宜采用曲边墙拱形断面。根据调研，四川省乐山至西昌高速公路大凉山 1、2 号隧道、桃园至巴中高速公路米仓山隧道以及雅安至康定高速公路二郎山隧道斜井（宽度 7~8m）、浙江省甬台温高速公路鱼寮隧道（宽度 7.5m）、陕西北至石泉高速公路苍龙峡隧道、云雾山隧道（宽度 9.1m）以及铁路隧道辅助坑道（无轨运输单车道宽度 5m，双车道宽度 7.5m）均采用了直边墙拱形断面形式。因此斜井衬砌断面形式规定宜采用曲边墙或直边墙拱形断面。

2 2~5 款参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.1.4 条规定。

**6.1.5** 倾角大于  $12^\circ$  的斜井，钢架宜按垂直方向设置，并应加强钢架间的连接钢筋；倾角大于  $30^\circ$  的斜井，衬砌基础宜设计成台阶状或设置基座。

#### 条文说明

本条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 12.3.10 条及《公路隧道设计细则》(JTG/T D70) 第 20.3.5 条规定。

**6.1.6** 斜井衬砌构造要求按《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 中第 8.6.1~8.6.13 条款规定执行。

## 6.2 明洞衬砌

### 6.2.1 下列情况应设明洞衬砌：

- 1 洞顶覆盖层薄，不宜大开挖修建路堑且难以用暗挖法修建隧道的地段。
- 2 斜井洞口受岩堆、落石、泥石流等不良地质影响。
- 3 斜井口开挖会危及附近重要建(构)筑物安全的地段。
- 4 铁路、公路、沟渠和其它人工构造物在斜井上方通过，不宜采用暗洞或立交桥跨越的地段。
- 5 为保护洞口自然景观，需延伸斜井长度的地段。

### 条文说明

本条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.5.1 条规定。

### 6.2.2 斜井明洞宜采用拱形结构，设置地面风机房时可采用矩形框架结构。

### 6.2.3 明洞衬砌设计应符合下列规定：

- 1 明洞应采用钢筋混凝土整体式衬砌。明洞衬砌厚度应结合地形、地质条件，通过数值计算、工程类比确定，衬砌厚度可参考表 6.2.3。

表 6.2.3 斜井明洞衬砌厚度表

斜井跨度 (B)	$B \leq 5$	$5 < B \leq 8$	$8 < B \leq 12$	$12 < B \leq 16$
钢筋混凝土衬砌厚度 (D)	25~35	35~50	50~70	60~80

注：本表适用于明洞拱顶回填土厚度小于 5m 的情况，当回填厚度较大或受冲击荷载时应通过计算确定。

- 2 当明洞侧压力较大、地基承载力不足或有抗震要求时，应设仰拱。
- 3 地形偏压且条件允许时，可采用反压回填、设反压墙等措施平衡偏压荷载，减轻或消除偏压。
- 4 在地质变化较大地段，应设置沉降缝；在气温变化较大地区，应根据明洞长度等情况设置伸缩缝。
- 5 防落石危害的明洞，应验算落石冲击荷载下明洞结构的安全性。

### 条文说明

本条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.5.3 条规定。

#### 6.2.4 明洞基础设计应符合下列规定：

- 1 应置于稳固地基上，基底承载力满足设计要求。基础底高程不应高于侧沟沟底高程。
- 2 当基岩裸露或埋深较浅时，基础可置于基岩上；当基础位于软弱地基上时，可采用仰拱、整体式钢筋混凝土底板，也可采用桩基、扩大基础、基础加深、地基加固等处理措施。
- 3 明洞基础应有一定的嵌岩深度和护基宽度。在冻胀性岩土中设置明洞基础时，基底埋置深度应在最大冻结深度以下不小于 250mm。当地基为斜坡地形时，地基可设计成台阶状。
- 4 当地基外侧受水流冲刷影响时，应采取加固和防护措施。

#### 条文说明

本条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.5.3 条规定。

**6.2.5** 明洞回填、拱背处理应根据明洞设置的目的、作用，以及地形条件等综合确定，并应符合下列规定：

- 1 考虑边墙地层弹性抗力时，边墙背后应用混凝土、浆砌片石或干砌片石回填。按回填土计算土压力时，边墙背后回填料的内摩擦角不应低于原地层计算摩擦角或设计回填料的计算摩擦角。
- 2 边坡有严重的危石、崩塌威胁时，应予清除或加固。为防护一般的落石、崩塌危害，明洞拱背回填土厚度不宜小于 1.5m，填土表面应设置不小于 0.3%的排水坡度。
- 3 不设洞门墙时，明洞拱背可部分裸露，按自然山坡坡度填土，填土表面应覆盖不小于 50cm 的耕植土，用于植被恢复。
- 4 明洞顶设置过水、泥石流等渡槽、沟渠及其它构造物时，设计应考虑其影响。一般过水沟渠或普通排水沟沟底距洞顶外缘厚度不宜小于 1.0m，排泄山沟洪水、泥石流等渡槽沟渠的沟底与洞顶外缘的距离不宜小于 1.5m。
- 5 洞顶回填面坡度，可根据防御落石、坍塌，稳定边坡的需要，结合填料、地形和排水要求确定。

#### 条文说明

本条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.5.5、8.5.6 条规定。

## 6.3 喷锚衬砌

**6.3.1** 喷射混凝土的强度等级不应低于 C25，厚度不应小于 50mm。采用纤维喷射混凝土时，强度等级不应低于 C25。

**6.3.2** 喷射混凝土钢筋网设计应符合下列规定：

- 1 钢筋网钢筋直径不应小于 6mm，不宜大于 12mm。
- 2 钢筋网网格应按矩形布置，钢筋间距宜为 150~300mm。
- 3 钢筋网钢筋的搭接长度不应小于 30d（d 为钢筋直径）。
- 4 钢筋网喷射混凝土保护层厚度不应小于 20mm；采用双层钢筋网时，两层钢筋网之间的间隔距离不宜小于 80mm。
- 5 单层钢筋网喷射混凝土厚度不应小于 80mm，双层钢筋网喷射混凝土厚度不应小于 150mm。
- 6 钢筋网可配合锚杆或临时短锚杆使用，钢筋网宜与锚杆或其它固定装置连接牢固。

**6.3.3** 锚杆支护设计应根据斜井围岩条件、断面尺寸、作用、施工条件等选择锚杆种类和参数，并符合下列规定：

- 1 锚杆应为全长黏结型锚杆，必须在孔内注满砂浆或树脂，砂浆或树脂的强度等级不应小于 M20。
- 2 锚杆间距不宜大于锚杆长度的 1/2 且不宜大于 1.5m，锚杆间距较小时，可采用长短锚杆交错布置。
- 3 锚杆宜沿斜井周边径向布置，按梅花形排列。当结构面或岩层层面明显时，锚杆宜与岩体主结构面或岩层层面成大角度布置。
- 4 锚杆直径宜采用 20~28mm。
- 5 锚杆露头应设垫板，垫板尺寸不应小于 150mm (长)×150mm (宽)×8mm(厚)。

**6.3.4** 在围岩条件较差地段、洞口段、浅埋段以及对地面沉降有严格限制的地段，可在喷射混凝土层内增设钢架。钢架设计应符合下列规定：

- 1 钢架支护应有足够的刚度和强度，能够承受隧道施工期间可能出现的荷载。
- 2 钢架间距宜为 0.5~1.2m，连续使用钢架的数量不应少于 3 榀。

3 相邻钢架之间应设横向连接，采用钢筋作横向连接时，钢筋直径不宜小于 20mm，间距不应大于 1m，并在钢架内缘、外缘交错布置。

4 钢架应分节段制作，节段之间应采用钢板连接。

5 钢架与围岩之间的混凝土保护层厚度不应小于 40mm；临空一侧的混凝土保护层厚度不应小于 20mm。采用喷锚单层衬砌时，临空一侧的混凝土保护层厚度不应小于 40mm。

### 条文说明

6.3.1~6.3.4 条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)第 8.2.1、8.2.7 条规定。

**6.3.5** 喷锚衬砌支护参数可通过工程类比和结构计算等综合确定，并结合现场监控量测数据进行动态调整。一般可参考表 6.3.5 选用。

表 6.3.5 喷锚衬砌支护参数表

斜井跨度 B	围岩级别	喷混凝土		锚杆			钢筋网		钢架		底板 厚度 (cm)
		厚度 (cm)	部位	部位	长度 (m)	间距 (m)	部位	网眼尺寸 (cm)	截面高	间距 (m)	
B ≤ 5	I	5	局部	—	—	—	—	—	—	—	20
	II	5	局部	—	—	—	—	—	—	—	20
	III	5~8	拱部	局部	2.0	—	—	—	—	—	25
	IV	8~10	拱、墙	拱部	2.0	1.0~1.2	局部	25×25	—	—	30
	V	10~18	拱、墙	拱、墙	2.0~2.5	0.8~1.0	拱、墙	25×25	10~12	局部 0.8~1.0	30
5 < B ≤ 8	I	5	局部	—	—	—	—	—	—	—	20
	II	5	拱部	—	—	—	—	—	—	—	20
	III	5~10	拱、墙	拱部	2.0~2.5	1.0~1.2	局部	25×25	—	—	25
	IV	15~18	拱、墙	拱、墙	2.0~2.5	1.0~1.2	拱、墙	25×25	10~12	局部 1.0~1.2	30
	V	20~24	拱、墙	拱、墙	2.5~3.0	0.6~1.0	拱、墙	25×25	14~18	0.6~1.0	40
8 < B ≤ 12	I	5	拱部	局部	2.0	—	—	—	—	—	30
	II	5	拱、墙	拱部	2.0	—	—	—	—	—	30
	III	10~18	拱、墙	拱、墙	2.5~3.0	1.0~1.2	拱部	25×25	10~12	局部 1.0~1.2	35
	IV	18~22	拱、墙	拱、墙	2.5~3.0	0.8~1.2	拱、墙	25×25	12~16	0.8~1.2	40

	V	22~26	拱、墙	拱、墙	3.0~3.5	0.5~1.0	拱、墙	20×20	16~20	0.5~1.0	50
--	---	-------	-----	-----	---------	---------	-----	-------	-------	---------	----

注：位于较差V围岩、VI级围岩，宽度大于12m的斜井不宜采用喷锚衬砌。

### 条文说明

通过国内已建斜井断面及支护情况调研可知，公路隧道斜井采用喷锚衬砌作为永久支护的斜井较少。《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)附录表 P.0.8 适用于斜井宽度不大于5m的情况，《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)斜井支护参数表 20.3.6 适用于斜井宽度5~8m的情况，但上述两表规定值均较粗略，本规程作为永久支护的喷锚衬砌支护参数主要参考《铁路隧道辅助坑道技术规范》(报批稿)拟定，见下表：

《铁路隧道辅助坑道技术规范》(报批稿)喷锚衬砌支护参数表

车道类型	围岩级别	喷混凝土		锚杆			钢筋网			钢架	底板
		厚度(cm)	部位	部位	长度(m)	间距(m) (环向×纵向)	部位	钢筋直径(mm)	网眼尺寸(cm)	间距(m)	厚度(cm)
单车道	II	5	拱墙	-	-	-	-	-	-	-	20
	III	8~10	拱墙	拱部	2.0	1.5×1.5	拱部	6	25×25	-	25
	IV	10~15	拱墙	拱墙	2.5	1.2×1.2	拱墙	6	25×25	局部	30
	V	15~18	拱墙	拱墙	2.5	1.2×1.0	拱墙	8	20×20	0.8~1.0	30
双车道	II	5	拱墙	局部	2.0	1.5×1.5	局部	6	25×25	-	20
	III	10~12	拱墙	拱部	2.5	1.5×1.2	拱部	6	25×25	-	25
	IV	12~15	拱墙	拱墙	2.5	1.2×1.2	拱墙	8	20×20	局部	30
	V	15~22	拱墙	拱墙	2.5	1.2×1.0	拱墙	8	20×20	0.6~1.0	30

注：VI级围岩及V级围岩特殊地质地段应采用特殊支护措施。

## 6.4 整体式衬砌

**6.4.1** 整体现浇衬砌截面可设计为等截面或变截面。设置仰拱时，仰拱厚度不应小于拱部厚度。

**6.4.2** 采用整体式衬砌出现下列情况时，宜采用钢筋混凝土结构：

- 1 存在明显偏压的地段；
- 2 跨度大于8m的V级围岩地段；

3 地震动峰值加速度大于 0.2g 地区的洞口段。

**6.4.3** 整体式衬砌采用钢筋混凝土结构时，混凝土强度等级不应低于 C30，衬砌厚度不宜小于 300mm。

#### 条文说明

此条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.3.3 条规定。

**6.4.4** 整体式衬砌支护参数可通过工程类比或结构计算综合确定，一般可参考表 6.4.4 选用。

表 6.2.3 整体式衬砌支护参数表

斜井跨度 (B) 围岩级别	B≤5		5<B≤8	
	拱墙 (cm)	仰拱 (cm)	拱墙 (cm)	仰拱 (cm)
I、II	25	—	25	—
III	25	—	25~30	—
IV	30~35	—	35~40	必要时设 35~40
V	35~40	必要时设 35~40	40~45 (可采用钢筋砼)	40~45 (可采用钢筋砼)
VI	通过试验研究或计算确定			

#### 条文说明

通过国内已建斜井调研情况，无采用整体式衬砌作为永久支护的情况。《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 附录表 P.0.8 适用于斜井宽度不大于 5m 的情况，但对于 IV、V 级围岩而言，衬砌厚度偏厚；《公路隧道设计细则》(JTG/T D70) 斜井支护参数表 20.3.6 适用于斜井宽度 5~8m 的情况。

**6.4.5** 整体式衬砌应在明暗衬砌交界处、洞口段、地质条件明显变化处、连续软弱围岩中设置变形缝。

### 6.5 复合式衬砌

**6.5.1** 斜井复合式衬砌应满足以下规定：

- 1 初期支护宜采用喷射混凝土、锚杆、钢筋网和钢架等支护形式单独或组合使用。
- 2 二次衬砌应采用模筑混凝土或模筑钢筋混凝土。
- 3 斜井开挖断面除应满足净空和结构尺寸外，还应考虑围岩及初期支护的变形，预留适当的变形量。预留变形量应根据围岩级别、断面大小、埋置深度、施工方法和支护情况等，并通过计算分析确定或采用工程类比法预测，预测值可参照表 6.5.1。预留变形量还应根据现场监控量测结果进行调整。

表 6.5.1 预留变形量 (mm)

围岩级别	斜井跨度 (B)	B≤5	5<B≤8	8<B≤12	12<B≤16
	I		—	—	—
II		—	—	—	10~30
III		—	20~30	20~50	30~80
IV		20~30	30~50	50~80	60~120
V		30~50	50~80	80~120	100~150

注：VI级围岩根据现场量测确定。

### 条文说明

本条规定参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1) 第 8.4.1 条规定。

**6.5.2** 斜井复合式衬砌设计可采用工程类比法，必要时可通过理论分析进行验算。一般可按表 6.5.2 选用。在施工过程中应根据超前地质预报及现场围岩监控量测信息对设计支护参数进行必要的调整。

表 6.5.2 复合式衬砌支护参数表

斜井跨度 B	围岩级别	喷砼厚度 (cm)	锚杆			钢筋网		钢架			二次衬砌厚度	
			部位	长度 (m)	间距 (m)	部位	网眼尺寸 (cm)	部位	截面高	间距 (m)	拱墙	仰拱
B≤5	I	局部 5	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—
	II	局部 5	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—
	III	5~8	局部	2.0	—	—	—	—	—	—	20~25	—
	IV	8~10	拱部	2.0	1.0~1.2	拱部	25×25	—	—	—	25~30	—

	V	10~16	拱、墙	2.0~2.5	0.8~1.2	拱、墙	25×25	局部	0 或 10~12	1.0~1.2	30~35	0 或 30~35
5<B≤8	I	5	—	—	—	—	—	—	—	—	20	—
	II	5	局部	2.0~2.5	—	—	—	—	—	—	20~25	—
	III	5~8	拱部	2.0~2.5	1.0~1.2	局部	25×25	—	—	—	25~30	—
	IV	8~20	拱、墙	2.0~2.5	1.0~1.2	拱、墙	25×25	局部	0 或 12~14	1.0~1.2	30~35	0 或 30~35
	V	15~22	拱、墙	2.5~3.0	0.8~1.2	拱、墙	25×25	拱、墙	0 或 14~16	0.8~1.0	35~40 钢筋砼 (必要 时)	35~40 钢筋砼 (必要 时)
8<B≤12	I	5	局部	2.0~2.5	—	—	—	—	—	—	30	—
	II	5~8	局部	2.0~2.5	—	—	—	—	—	—	30~35	—
	III	8~12	拱、墙	2.0~2.5	1.0~1.2	局部	25×25	局部	0 或 10~12	1.0~1.2	30~35	—
	IV	12~22	拱、墙	2.5~3.0	0.8~1.2	拱、墙	25×25	拱、墙	0 或 14~16	0.8~1.2	35~40	0 或 35~40
	V	20~26	拱、墙	3.0~3.5	0.5~1.2	拱、墙	20×20	拱、 墙、仰 拱(必要 时)	14~20	0.5~1.0	35~50 钢筋砼	35~50 钢筋砼
12<B≤16	I	5~8	局部	2.5~3.0	—	—	—	—	—	—	35~40	—
	II	8~12	局部	2.5~3.0	—	—	—	—	—	—	35~40	—
	III	12~22	拱、墙	2.5~3.0	1.0~1.2	拱、墙	25×25	拱、墙	0 或 14~16	1.0~1.2	35~45	—
	IV	22~26	拱、墙	3.0~3.5	0.8~1.2	拱、墙	20×20	拱、墙	16~20	0.8~1.2	40~50 钢筋砼	40~50 钢筋砼 (必要 时)
	V	24~28	拱、墙	3.5~4.0	0.5~1.2	拱、墙	20×20	拱、墙 仰拱	18~22	0.5~1.0	50~60 钢筋砼	50~60 钢筋砼

注：VI级围岩及V级围岩特殊地质段应采用特殊支护措施。

### 条文说明

斜井复合式衬砌支护参数主要通过国内已建斜井支护情况调研，并参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)及《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)确定。

1 《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)附录表 P.0.8 适用于斜井宽度不大于5m的情况，因此， $B \leq 5$ 时主要参照该表。

2 《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)斜井支护参数表 20.3.6 适用于斜井宽度5~8m的情况，因此， $5 < B \leq 8$ 时主要参照该表，并参考斜井支护参数调研报告确定。

3 《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)附录表 P.0.1 适用于两车道隧道,因此,  $8 < B \leq 12$  时主要参照该表,并参考斜井支护参数调研报告确定。

4 《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)附录表 P.0.2 适用于三车道隧道,因此,  $12 < B \leq 16$  时主要参照该表确定。

**6.5.3** 地质条件较差或斜井跨度较大、需要采用分部开挖时,施工方法应明确各部开挖顺序、临时支护措施和临时支护参数。

**6.5.4** 对于软弱流变围岩、膨胀性围岩、高地应力条件下的特殊围岩,斜井支护参数可通过现场试验确定,并应考虑围岩变形压力继续增长的作用。

#### 条文说明

6.5.3、6.5.4 条参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》(JTG 3370.1)第 8.4.3、8.4.4 条规定。

### 6.6 斜井隔板

#### 6.6.1 斜井隔板衬砌应满足以下规定:

1 斜井隔板一般设置于送排风斜井内,其设置位置应满足通风计算所划分的送排风井面积要求。

2 斜井隔板宜采用钢筋混凝土结构,其厚度不宜小于 25cm。经论证后,可采用波纹钢等材料。

3 斜井隔板结构设计应考虑与斜井衬砌的整体连接,针对喷锚衬砌和复合式衬砌应有可靠的连接方式,确保风道密封。

**6.6.2** 隔板基础应根据斜井衬砌类型、斜井纵坡合理设置。当斜井纵坡大于  $30^\circ$  时,隔板基础宜设计成台阶状或设置基座。无仰拱时,斜井隔板基座应埋入基岩不小于 50cm。

**6.6.3** 隔板施工缝应有可靠密闭封堵措施,防止斜井内送排风窜流。

## 6.7 衬砌计算

### 6.7.1 一般规定

斜井结构应按破损阶段法验算构件截面的强度。结构抗裂有要求时，对混凝土构件应进行抗裂验算，对钢筋混凝土构件应验算其裂缝宽度。

### 6.7.2 衬砌计算

1 深埋斜井中的整体式衬砌、浅埋斜井中的整体式或复合式衬砌的二次衬砌及明洞衬砌等宜采用荷载结构法计算，深埋斜井复合式衬砌的二次衬砌也可采用荷载结构法计算。

2 采用荷载结构法计算斜井衬砌的内力和变形时，应考虑弹性抗力等因素。弹性抗力的大小及分布，对回填密实的衬砌可采用局部变形理论，按式（6.7.2-1）计算确定。

$$\sigma = k\delta \quad (6.7.2-1)$$

式中： $\sigma$  — 弹性抗力的强度（MPa）；

$k$  — 围岩弹性抗力系数，无实测数据时，可参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》（JTG 3370.1）第A.0.7条款取值；

$\delta$  — 衬砌朝向围岩的变形值（m），变形朝向洞内时取零。

3 参照《公路隧道设计规范 第一册 土建部分》（JTG 3370.1）中第9.2.4条规定，按破损阶段验算构件截面的强度时，应根据不同的荷载组合，分别采用不同的安全系数，并不小于表6.7.2-1和表6.7.2-2所示的数值。验算施工阶段的强度时，安全系数可采用表6.7.2-1和表6.7.2-2“永久荷载+基本可变荷载+其他可变荷载”栏内的数值乘以折减系数0.9。

表 6.7.2-1 混凝土和衬砌结构各种荷载组合的强度安全系数

破坏原因	混凝土			衬砌		
	永久荷载+基本可变荷载	永久荷载+基本可变荷载+其他可变荷载	永久荷载或永久荷载+偶然荷载	永久荷载+基本可变荷载	永久荷载+基本可变荷载+其他可变荷载	永久荷载+偶然荷载
混凝土或衬砌达到抗压极限强度	2.4	2.0	1.8	2.7	2.3	2.0
混凝土达到抗拉极限强度	3.6	3.0	2.7	—	—	—

表 6.7.2-2 钢筋混凝土结构各种荷载组合的强度安全系数

破坏原因	永久荷载或永久荷载 +基本可变荷载	永久荷载+基本可变 荷载+其他可变荷载	永久荷载+偶然荷载
钢筋达到的极限强度或混凝土达到抗压或抗剪强度极限	2.0	1.7	1.5
混凝土达到抗拉强度极限	2.4	2.0	1.8

4 复合式衬砌的初期支护主要按工程类比法设计。必要时,可根据地层结构法计算确定,并按使用阶段和施工阶段分别计算。

5 围岩稳定性分析时,可采用有限元强度折减法验算施工过程中的围岩安全系数,可将初期支护施作后的围岩安全系数作为判断围岩稳定性的依据。

6 二次衬砌与初期支护共同承载围岩压力及其他外部荷载时,可采用地层结构法计算内力和变形,采用荷载结构法验算。验算时荷载按下列公式计算取值。

1) 直均布压力可按式(6.7.2-2)和式(6.7.2-3)计算确定:

$$q = \gamma h \quad (6.7.2-2)$$

$$h = 0.45 \times 2^{S-1} \omega \quad (6.7.2-3)$$

式中:  $q$ —垂直均布压力 ( $\text{kN}/\text{m}^2$ );

$\gamma$ —围岩重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$H$ —围岩压力计算高度 (m);

$S$ —围岩级别,按1、2、3、4、5、6整数取值;

$\omega$ —宽度影响系数,按式(6.7.2-4)计算:

$$\omega = 1 + i(B - 5) \quad (6.7.2-4)$$

$B$ —斜井跨度 (m);

$I$ —斜井跨度每增减1m时的围岩压力增减率,以 $B=5\text{m}$ 的围岩垂直均布压力为准,按表6.7.2-3取值。

表 6.7.2-3 围岩压力增减率  $i$  取值表

斜井跨度 $B$ (m)	$B < 5$	$5 \leq B < 14$	$14 \leq B < 25$	
围岩压力增减率 $i$	0.2	0.1	上下台阶法或 一次性开挖	0.12

2) 有围岩 $BQ$ 或 $[BQ]$ 值时,式(6.7.2-3)中 $S$ 可用 $[S]$ 代替。 $[S]$ 可按式6.7.2-5或式6.7.2-6计算:

$$[S] = S + \frac{\frac{[BQ]_上 + [BQ]_下}{2} - [BQ]}{[BQ]_上 - [BQ]_下} \quad (6.7.2-5)$$

或

$$[S] = S + \frac{\frac{[BQ]_上 + [BQ]_下}{2} - BQ}{[BQ]_上 - [BQ]_下} \quad (6.7.2-6)$$

式中：[S]—围岩级别修正值（精确至小数点后一位），当BQ或[BQ]值大于800时，取800；

$BQ_上$ —围岩级别的岩体基本质量指标BQ的上限值，按表6.7.2-4取值；

$[BQ]_上$ —围岩级别的岩体修正质量指标[BQ]的上限值，按表6.7.2-4取值；

$BQ_下$ —围岩级别的岩体基本质量指标BQ的下限值；

$[BQ]_下$ —围岩级别的岩体修正质量指标[BQ]的下限值。

表 6.7.2-4 岩体基本质量指标 BQ 和岩体修正质量标[BQ]的上、下限值

围岩级别	I	II	III	IV	V
$BQ_上$ 、 $[BQ]_上$	800	550	450	350	250
$BQ_下$ 、 $[BQ]_下$	550	450	350	250	0

3) 围岩水平平均布压力可按表6.7.2-5的规定确定。

表 6.7.2-5 围岩水平平均布压力

围岩级别	I、II	III	IV	V	VI
水平平均布压力 $e$	0	$<0.15q$	$(0.15\sim0.3)q$	$(0.3\sim0.5)q$	$(0.5\sim1.0)q$

7 进行衬砌计算时，围岩的特性参数值应根据地质资料选用。无资料时可按照本规范表6.7.2-6选用。斜井开挖后，应根据实际地质条件和监控量测结果对其修正。

6.7.2-6 各级岩质围岩物理力学参数

围岩级别	重度 $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	弹性抗力系数 $k$ (MPa/m)	变形模量 $E$ (GPa)	泊松比 $\mu$	内摩擦角 $\phi$ (°)	黏聚力 $c$ (MPa)	计算摩擦角 $\phi_c$ (°)
I	>26.5	1800~2800	>33	<0.2	>60	>2.1	>78
II		1200~1800	20~33	0.2~0.25	50~60	1.5~2.1	70~80
III	26.5~24.5	500~1200	6~20	0.25~0.3	39~50	0.7~1.5	60~70
IV	24.5~22.5	200~500	1.3~6	0.3~0.35	27~39	0.2~0.7	50~60
V	17~22.5	100~200	<1.3	0.35~0.4	20~27	0.05~0.2	40~50
VI	15~17	<100	<1	0.4~0.5	<20	<0.2	30~40

8 按承载能力设计时，初期支护的变形量不应超过设计预留变形量。

9 整体式衬砌、明洞衬砌的混凝土偏心受压构件，其轴向力的偏心距不宜大于截面厚度的 0.45 倍；对半路堑式明洞外墙、棚洞、明洞边墙和砌体偏心受压构件，不应大于截面厚度的 0.3 倍。基底偏心距应符合本规程表 6.7.4 的规定。

10 混凝土和砌体矩形截面轴心及偏心受压构件的抗压强度应按式（6.7.2-7）计算：

$$KN \leq \varphi \alpha R_a b h \quad (6.7.2-7)$$

式中： $K$ —安全系数，按本规范表 6.7.2-1 采用；

$N$ —轴向力（kN）；

$\varphi$ —构件纵向弯曲系数，对斜井衬砌、明洞拱圈及墙背紧密回填的边墙，可取  $\varphi=1$ ；

对其他构件，应根据其长细比按表 6.7.2-7 采用；

$\alpha$ —轴向力的偏心影响系数，按表 6.7.2-8 采用；

$R_a$ —混凝土或砌体的抗压极限强度，按本规范表 6.7.2-9 和表 6.7.2-10 采用；

$b$ —截面宽度（m）；

$h$ —截面厚度（m）。

表 6.7.2-7 混凝土及砌体构件的纵向弯曲系数

$H/h$	<4	4	6	8	10	12	14	16
纵向弯曲系数 $\varphi$	1.00	0.98	0.96	0.91	0.86	0.82	0.77	0.72
$H/h$	18	20	22	24	26	28	30	
纵向弯曲系数 $\varphi$	0.68	0.63	0.59	0.55	0.51	0.47	0.44	

注：1.  $H$  为构件的高度， $h$  为截面短边的边长（当中心受压时）或弯矩作用量面的截面边长（当偏心受压时）。

2. 当  $H/h$  为表列数值最中间值时，可按内插法求得。

表 6.2.7-8 偏心影响系数  $\alpha$

$e_0/h$	$\alpha$								
0.00	1.000	0.10	0.954	0.20	0.750	0.30	0.480	0.40	0.236
0.02	1.000	0.12	0.923	0.22	0.698	0.32	0.426	0.42	0.199
0.04	1.000	0.14	0.886	0.24	0.645	0.34	0.374	0.44	0.170
0.06	0.996	0.16	0.845	0.26	0.590	0.36	0.324	0.46	0.142
0.08	0.979	0.18	0.799	0.28	0.535	0.38	0.278	0.48	0.123

注：1.  $e_0$  为轴向力偏心距。

2.  $\alpha = 1.000 + 0.648(e_0/h) - 12.569(e_0/h)^2 + 15.444(e_0/h)^3$

表 6.7.2-9 混凝土极限强度值（MPa）

强度种类	混凝土强度等级							
	C15	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50
抗压强度 $R_c$	12.0	15.5	19.0	22.5	26.3	29.5	33.6	36.5
弯曲抗压强度 $R_m$	15.0	19.4	23.6	28.1	32.9	36.9	42	45.6
抗拉强度 $R_t$	1.4	1.7	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.1

注：片石混凝土的抗压极限强度可采用表中数值。

表 6.7.2-10 砌体极限强度 (MPa)

砂浆强度等级	混凝土强度等级				抗剪强度 $R$
	片石	块石	粗料石	混凝土块砌体	
M7.5	3.0	—	—	—	0.35
M10	3.5	5.5	8.0	5.5	0.40
M15	4.0	6.0	9.0	6.0	0.50

注：混凝土砌块高度  $h$  超过 20cm 时，表中混凝土块砌体的抗压极限强度应乘以下列提高系数  $c$ ： $h \leq 40$ cm 时， $c=0.6+0.02h$ ； $h > 40$ cm 时， $c=1.2+0.005h$ 。当  $c$  大于 1.7 时，取 1.7。

11 按抗裂要求，混凝土矩形截面偏心受压构件的抗拉强度应按式 (6.7.2-8) 计算：

$$KN \leq \frac{1.75R_t b h}{\frac{6e_0}{h} - 1} \quad (6.7.2-8)$$

式中： $K$ —安全系数，按本规范表 6.7.2-1 采用；

$N$ —轴向力 (kN)；

$R_t$ —混凝土的抗拉极限强度，按本规范表 6.7.2-9 采用；

$b$ —截面宽度 (m)；

$h$ —截面厚度 (m)；

$e_0$ —轴向力偏心距。

12 整体式衬砌的拱脚截面，当混凝土为间歇浇筑时，其偏心距不应大于截面厚度的 0.3 倍，计算截面抗压强度安全系数应采用本规范表 6.7.2-1 中对砌体规定的数值。

13 对受弯构件，按荷载的基本组合计算的最大挠度值不应大于表 6.7.2-11 规定的允许值。

表 6.7.2-11 受弯构件的允许挠度

构件类型	允许挠度	
梁、板构件	$l_0 \leq 5$ m	$l_0/250$
	$5$ m $< l_0 \leq 8$ m	$l_0/300$
	$l_0 > 8$ m	$l_0/400$

14 洞口段衬砌结构计算,宜考虑边仰坡与斜井结构的相互影响。可根据影响程度加强衬砌结构或增加纵向配筋。

### 15 荷载计算

斜井围岩的垂直压力 $q$ 值,应根据斜井倾角 $\alpha$ 大小分类计算。

- 1) 当 $\alpha \geq 60^\circ$ 时,可按竖井计算围岩压力。
- 2) 当 $\alpha \leq 30^\circ$ 时,可按平置斜井计算围岩压力。
- 3) 当 $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ 时,可按下式计算围岩压力。

$$q_n = q \cos \alpha \quad (6.7.2-9)$$

$$q_r = q \sin \alpha \quad (6.7.2-10)$$

式中： $q$ —按平置隧道计算出垂直围岩压力值；

$q_n$ —垂直于斜井纵轴的压力；

$q_r$ —平行于斜井纵轴的压力。

- 4) 井侧压力可按平置斜井侧压力公式计算。

### 17 衬砌抗滑性验算

斜井衬砌与土层之间有摩阻力,进行抗滑性验算时按整体进行计算。斜井衬砌受到上部土层围岩压力所引起的摩阻力。斜井整体受力见图6.7.2-1、6.7.2-2。

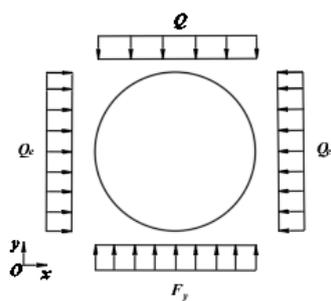


图 6.7.2-1

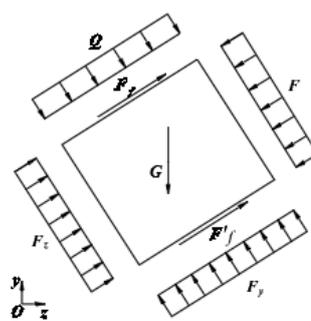


图 6.7.2-2

图中： $Q$ —垂直围岩压力（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）；

$G$ —斜井一环衬砌的重力（ $\text{kN}$ ）；

$Q_e$ —水平围岩压力（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）；

$F_f$ —斜井上部顶面受到的摩擦力（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）；

$F'_f$ —斜井下部底面受到的摩擦力（ $\text{kN}/\text{m}^2$ ）；

$\theta$ —斜井与水平面的夹角。

注：图6.7.2-1为斜井横断面正视图，图6.7.2-2为斜井纵断面侧视图。图中所视为斜井的一环衬砌。

衬砌抗滑性验算判断依据如下：

$$\frac{\int_l [Q(l) \cos \theta + [G + Q(l)] \cos \theta + 2Q_e(l)] \cdot \mu dl}{\int_l [G \sin \theta + Q(l) \sin \theta] dl} \geq 1 \quad (6.7.2-11)$$

当上式满足时，斜井整体抗滑性满足要求。

式中： $l$ —斜井长度（m）；

$Q$ —单位长度垂直围岩压力（kN/m<sup>2</sup>/m）；

$G$ —斜井一环衬砌的重力（kN）；

$Q_e$ —单位长度水平围岩压力（kN/m<sup>2</sup>/m）；

$\mu$ —斜井与围岩间的摩擦系数；

$\theta$ —斜井与水平面的夹角（°）。

### 6.7.3 明洞计算

1 明洞衬砌内力可采用荷载结构模型计算，根据回填要求，侧向荷载可考虑弹性抗力或计算土压力作用。

2 明洞衬砌应按破损阶段计算构件截面强度，并应根据不同荷载组合，采用本规范表6.7.2-2的安全系数值。

3 明洞回填荷载计算时，拱圈回填土石垂直压力可按式（6.7.3-1）算：

$$q_i = \gamma_1 h_i \quad (6.7.3-1)$$

式中： $q_i$ —明洞结构上任意点*i*的回填土石垂直压力值（kN/m<sup>2</sup>）；

$\gamma_1$ —拱背回填土石重度（kN/m<sup>3</sup>）；

$h_i$ —洞结构上任意点*i*的土柱体高度（m）

4 拱圈回填土石侧压力可按式（6.7.3-2）计算：

$$e_i = \gamma_1 h_i \lambda \quad (6.7.3-2)$$

式中： $e_i$ —任意点*i*的侧压力值（kN/m<sup>2</sup>）；

$\gamma_1$ 、 $h_i$ —符号意义同前；

$\lambda$ —侧压力系数。

侧压力系数可按下列两种情况计算：

1) 填土坡面向上倾斜 (图6.7.3-1), 按无限土体计算:

$$e_i = \gamma_1 h_i \lambda \quad (6.7.3-3)$$

$$\lambda = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^3 \alpha - \cos^3 \varphi_1}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^3 \alpha - \cos^3 \varphi_1}} \quad (6.7.3-4)$$

式中:  $\alpha$ —设计填土面坡度角 ( $^\circ$ );

$\varphi_1$ —拱背回填土石计算摩擦角 ( $^\circ$ )。

2) 填土坡面向下倾斜 (图6.7.3-2), 按有限土体计算:

$$\lambda = \frac{1 - \mu n}{(\mu + n) \cos \rho + (1 - \mu n) \sin \rho} \frac{mn}{(m - n)} \quad (6.7.3-5)$$

式中:  $\rho$ —侧压力作用方向与水平线夹角 ( $^\circ$ );

$n$ —开挖边坡坡率;

$m$ —回填土石面坡率;

$\mu$ —回填土石与开挖边坡面间的摩擦系数。

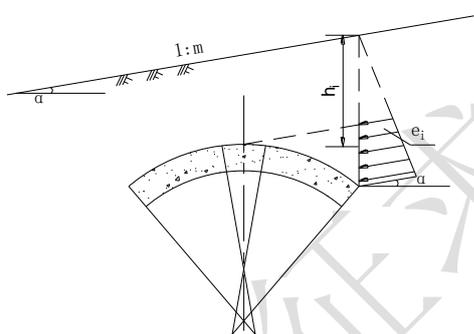


图 6.7.3-1 填土坡面向上倾斜

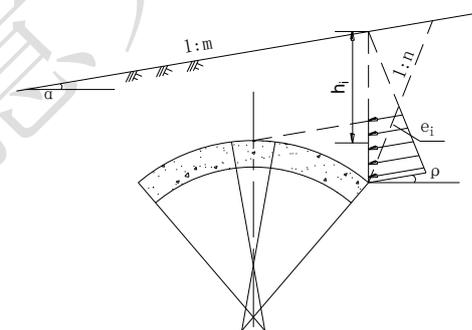


图 6.7.3-2 填土坡面向下倾斜

5 边墙回填土石侧压力可按式 (6.7.3-6) 计算:

$$e_i = \gamma_2 h_i' \lambda \quad (6.7.3-6)$$

式中:  $\gamma_2$ —墙背回填土石重度 ( $\text{kN/m}^3$ );

$h_i'$ —边墙计算点换算高度 (m),  $h_i' = h_i'' + \frac{\gamma_1}{\gamma_2} h_1$

$h_i''$ —墙顶至计算位置的高度 (m);

$h_i'$   $h_1$ —填土坡面至墙顶的垂直高度 (m);

$\lambda$ —侧压力系数。

侧压力系数可按下列三种情况进行计算:

1) 填土坡面向上倾斜 (图 6.7.3-3):

$$\lambda = \frac{\cos^2 \varphi_2}{\left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin^2 \varphi_2 \sin(\varphi_2 - \alpha')}{\cos \alpha'}} \right]^2} \quad (6.7.3-7)$$

2) 填土坡面向下倾斜 (图 6.7.3-4):

$$\lambda = \frac{\tan \theta_0}{\tan(\theta_0 + \varphi_2)(1 + \tan \alpha' \tan \theta_0)} \quad (6.7.3-8)$$

式中:  $\varphi_2$ —墙背回填土石计算摩擦角 ( $^\circ$ )。

$$\alpha' = \arctan\left(\frac{\gamma_1 \tan \alpha}{\gamma_2}\right) \quad (6.7.3-9)$$

$$\tan \theta_0 = \frac{-\tan \varphi_2 + \sqrt{(1 + \tan^2 \varphi_2)(1 + \tan \alpha' / \tan \varphi_2)}}{1 + (1 + \tan^2 \varphi_2) \tan \alpha' / \tan \varphi_2} \quad (6.7.3-10)$$

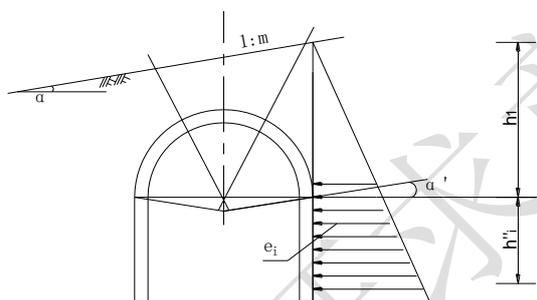


图 6.7.3-3 填土坡面向上倾斜

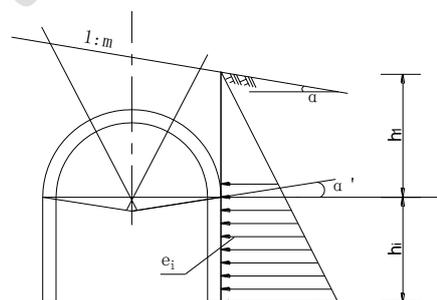


图 6.7.3-4 填土坡面向下倾斜

3) 填土坡面水平时:

$$\lambda = \tan^2\left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_2}{2}\right) \quad (6.7.3-11)$$

#### 6.7.4 洞门计算

1 采用端墙式洞门时, 洞门端墙、翼墙可视作挡土墙, 按极限状态验算其强度, 结构计算并应验算绕墙趾倾覆及沿基底滑动的稳定性。验算时应符合表 6.7.4 的规定, 并应符合现行《公路路基设计规范》(JTG D30)、《公路圬工桥涵设计规范》(JTG D61)、《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG D63) 的有关规定。对高洞门墙, 应计算控制截面的拉应力。

表 6.7.4 洞门墙主要验算规定

墙身截面荷载效应值 $S_d$	$\leq$ 结构抗力效应值 $R_d$ (按极限状态计算)
墙身截面偏心距 $e$	$\leq 0.3$ 倍截面厚度
基底应力 $\sigma$	$\leq$ 地基容许承载力
基底偏心距 $e$	岩石地基 $\leq B/5 \sim B/4$ ; 土质地基 $\leq B/6$ (B 为墙底厚度)
滑动稳定安全系数 $K_e$	$\geq 1.3$
倾覆稳定安全系数 $K_0$	$\geq 1.6$

2 洞门端墙、翼墙及洞门挡土墙可按下列公式计算:

1) 最危险破裂面与垂直面之间的夹角:

$$\tan \omega = \frac{\tan^2 \varphi_c + \tan \alpha \tan \varepsilon \sqrt{(1 + \tan^2 \varphi_c)(\tan \varphi_c - \tan \varepsilon)(\tan \varphi_c + \tan \alpha)(1 - \tan \alpha \tan \varepsilon)}}{\tan \varepsilon (1 + \tan^2 \varphi_c) - \tan \varphi_c (1 - \tan \alpha \tan \varepsilon)} \quad (6.7.4-1)$$

式中:  $\varphi_c$ —围岩计算摩擦角 ( $^\circ$ );

$\varepsilon$ 、 $\alpha$ —地面坡脚与墙面倾角 ( $^\circ$ )

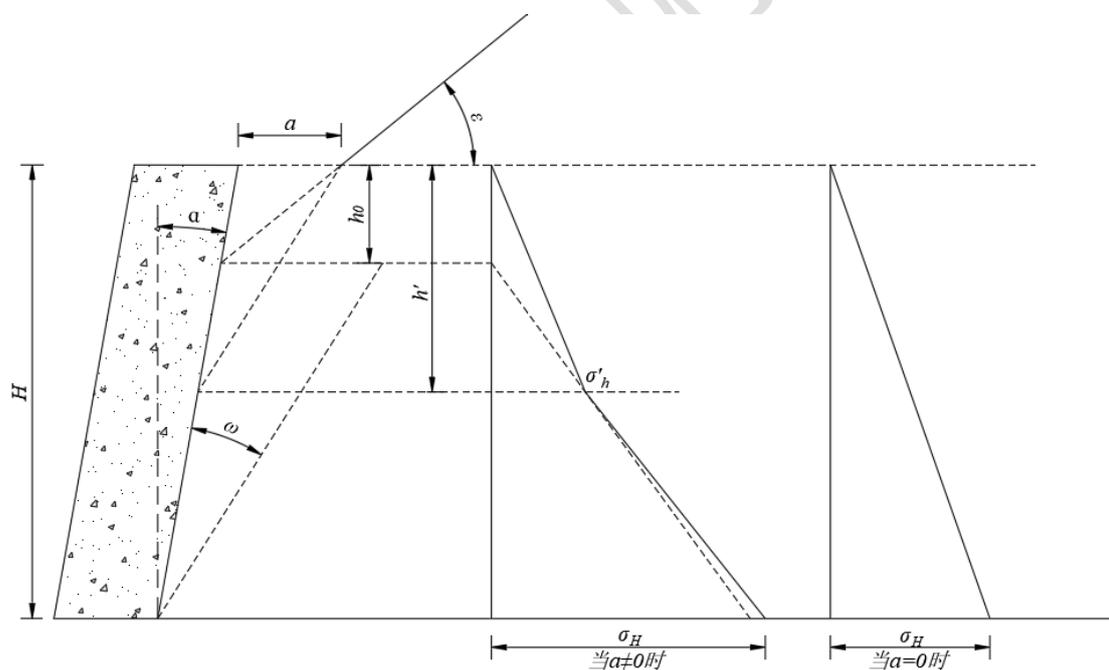


图 6.7.4 地面坡脚与墙面倾角示意图

2) 土压力

$$E = \frac{1}{2} \gamma \lambda \cdot [H^2 + h_0(h' - h_0)] \cdot b \cdot \xi \quad (6.7.4-2)$$

$$\lambda = \frac{(\tan \omega - \tan \alpha)(1 - \tan \alpha \tan \varepsilon)}{\tan(\omega + \varphi_c)(1 - \tan \omega \tan \varepsilon)} \quad (6.7.4-3)$$

$$h' = \frac{\alpha}{\tan \omega - \tan \alpha} \quad (6.7.4-4)$$

式中： $E$ —土压力 (kN)；

$\gamma$ —地层重度 ( $\text{kN}/\text{m}^3$ )；

$\lambda$ —侧压力系数；

$\omega$ —墙背土体破裂角 ( $^\circ$ )；

$b$ —洞门墙计算条带宽度 (m)；

$\xi$ —土压力计算模式不确定性系数，可取  $\xi=0.6$ 。

征求意见稿

## 7 斜井路面

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 斜井路基应为稳定、密实、匀质路基，为路面结构提供均匀的支撑。

**7.1.2** 斜井路面应具有足够的强度、抗滑能力及排水能力，满足其使用功能。

### 7.2 路面结构

**7.2.1** 斜井路面宜采用水泥混凝土路面。

**7.2.2** 水泥混凝土面层设计强度应采用 28d 龄期的弯拉强度，不宜小于 4.0Mpa。

**7.2.3** 基层宜采用素混凝土，厚度 12~20cm，抗弯拉强度不小于 1.8Mpa。

**7.2.4** 路面表面必须采用拉毛、拉槽、压槽或刻槽等方法筑做表面构造，构造深度不小于 1.2mm。

**7.2.5** 有轨运输斜井宜采用整体式道床。在路面施工阶段，要注意预埋轨道安装钢构件和防滑预埋构件。

## 8 防水与排水设计

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 斜井防排水设计应结合使用功能，遵循“防、排、截、堵相结合，因地制宜，综合治理”的原则，妥善处理地表水、地下水，根据功能设置完善的防排水措施。

**8.1.2** 当斜井内渗漏水可能引起地表水流失，影响居民生产、生活用水时，应对围岩采取堵水措施。

#### 条文说明

大量排水有可能引起地下水流失、当地农田灌溉和生活用水的减少、围岩颗粒流失，形成地下空洞，甚至地表塌陷，降低围岩稳定性，改变该地区的水环境。对围岩采取堵水措施，是为了尽可能避免或减少隧道建设对周边水环境的影响，减少地下水流失和发生次生灾害。

**8.1.3** 斜井井口、施工运营场地等应设置完善的截排水系统。

#### 条文说明

斜井井口段，为防止雨水倒灌，往往采用爬坡进洞，斜井井口两侧排水、洞顶截水引入施工、运营场区排水系统，不得引入斜井内。

**8.1.4** 通风斜井防排水应满足下列要求：

- 1 拱部、边墙、设备箱洞不渗水，路面无湿渍。
- 2 有冻害地段的斜井衬砌背后不积水、排水沟不冻结。

#### 条文说明

通风斜井兼顾通风、防灾救援，其防排水要求与《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1) 中高速公路、一级公路、二级公路隧道相同。

### 8.1.5 施工斜井防排水应满足下列要求：

- 1 施工斜井使用期拱部不滴水成线，边墙不淌水，路面不积水、不淌水。
- 2 有冻害地段的施工斜井使用期衬砌背后不积水、排水沟不冻结。
- 3 施工斜井排水系统应做好和隧道主洞排水系统的衔接，确保排水通畅。

#### 条文说明

施工斜井待施工完成后将会进行封堵处理，其防排水要求与《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1—2018)中三级公路、四级公路隧道相同，同时还需确保斜井洞内排水系统与主洞排水系统衔接畅通。

## 8.2 防水

**8.2.1** 斜井通过水环境敏感区或地表水下渗严重时，应遵循“以堵为主、限量排放”的原则，采取注浆封堵措施，并应符合下列规定：

- 1 对地表废弃的坑穴、钻孔应填实封闭。
- 2 对地表水下渗严重的斜井，应采取措施进行阻隔以减少地表水进入斜井。
- 3 对地表存在的溪流、沟槽、积水洼地，采取疏导、勾补、铺砌、填平等措施。
- 4 对输水沟渠等水利设施沟床进行铺砌。

**8.2.2** 斜井采用复合式衬砌时，应在初期支护和二次衬砌之间设置防水层。防水层宜采用防水板与无纺布的组合，并应符合下列规定：

- 1 防水板宜采用易于焊接的防水卷材，厚度不应小于 1.0mm，接缝搭接长度不应小于 100mm；
- 2 无纺布密度不应小于 300g/m<sup>2</sup>；
- 3 无纺布不宜与防水板黏合使用。

#### 条文说明

使用防水板与无纺布粘合在一起的防水层，流水和导水性能大大降低，在交叉口及预留洞室处施工困难，故无纺布不宜与防水板黏合使用。

**8.2.3** 斜井模筑混凝土衬砌应满足抗渗要求，混凝土的抗渗等级不宜小于 P8。

#### 条文说明

斜井模筑混凝土衬砌与主洞抗渗等级要求一致。

**8.2.4** 斜井模筑混凝土衬砌施工缝、沉降缝、伸缩缝应采取可靠的防水措施。

**8.2.5** 存在腐蚀性地下水时，应针对腐蚀类型采用抗腐蚀性防排水材料，并提高混凝土防水等级。

#### 条文说明

有侵蚀性地下水时，要针对不同的侵蚀类型采用相应的抗侵蚀混凝土，选用抗侵蚀水泥和抗侵蚀防排水材料，提高混凝土的密实性（不透水性）是提高混凝土抗侵蚀能力的重要措施。

### 8.3 排水

**8.3.1** 斜井衬砌排水设计应符合下列规定：

1 斜井二次衬砌边墙背后应设纵向排水盲管，其排水坡度应与斜井纵坡一致，管径不应小于 100mm，纵向排水盲管设置位置不得侵占二次衬砌空间。

2 防水层与初期支护间应设置环向排水盲管。环向透水盲管的设置间距根据出水量大小、出水面积确定，管径不应小于 50mm，设置间距一般不大于 20m，水量较大的地段应加密，围岩有集中水渗出时，可单独加设竖向排水盲管直接引排。

3 设有中心沟的斜井，应设置横向管与纵向排水盲管连通，并连接至中心沟。

**8.3.2** 斜井路面宜设路侧边沟，边沟排水坡度宜与斜井纵坡一致，宜采用开口浅碟形边沟。

**8.3.3** 斜井内设置中心排水沟时，应符合下列规定：

1 中心水沟设于隧道中央，也可设在斜井一侧。中心沟设置深度根据路面宽度、仰拱形式、冻胀深度等确定。

2 通过斜井中心水沟将收集到的地下水集中引入主洞排水系统。

3 斜井中心沟需设检查井，检查井间距不宜大于 300m。检查井采用覆盖式，并应在边墙上设置检查井标记。

## 8.4 洞口及明洞防排水

**8.4.1** 斜井洞口边坡坡顶和土石回填边缘 5m 外设置洞顶截水沟，并引排至自然沟渠。

**8.4.2** 明洞衬砌外表面宜刷抹水泥砂浆层，洞顶回填土石表面铺设黏土隔水层，且伸入边坡不小于 50cm，并确保搭接良好。

### 条文说明

明洞拱背裸露时，在明洞衬砌外表面宜刷抹水泥砂浆层起防水和保护作用。为防止地表汇水的渗透，应在回填土石表面铺设黏土隔水层减少雨水下渗。隔水层与边坡的搭接处往往是水流下渗通道，需与边坡连接良好。

## 9 斜井施工准备

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 斜井施工前，应熟悉设计文件，领会设计意图，做好现场调查和图纸核对工作。

**9.1.2** 斜井进洞前应按照设计要求对洞口边仰坡进行加固防护。

**9.1.3** 斜井施工前，应编制实施性施工组织设计，并做好技术准备。

**9.1.4** 应根据工程规模、技术要求建立工地试验室。

**9.1.5** 施工人员应经过岗前专业培训，接受技术、安全及职业健康等培训，并按照有关规定配备安全设施。

### 9.2 场站布设

**9.2.1** 斜井井口、洞外轨道、车场应避免文物古迹、风景区、内涝低洼区，并不应受岩崩、滑坡、泥石流和洪水等灾害威胁。

**9.2.2** 通风斜井洞口应设置一段反坡防止雨水倒灌。

**9.2.3** 拌和站及其他扬尘设施应避免斜井洞口。

**9.2.4** 有轨斜井提升设备选型时，井上、井下应设置变坡段、车场、跑车防护等设施，并符合防水、防火、通风安全的要求。

**9.2.5** 斜井施工时，物料运输与人员运送必须分离，严禁人货混装运输。井上井下应设置乘车等候场所。

**9.2.6** 采用串车、箕斗、卡轨车、齿轨车或胶轮机车提升运物的斜井，斜井周边与提升运输设备最突出部分之间距离，应符合本规程 4.4.1 条款规定。

### 9.3 设备选型

**9.3.1** 有轨斜井需要根据斜井倾角、提升长度、提升一次重量，提升一次循环时间等条件，对提升机选型、轨道运输、矿车以及配套牵引钢丝绳等进行选型。

**9.3.2** 无轨斜井需要根据断面、坡度等条件，对运输车辆设备选型。

**9.3.3** 斜井选用提升运输设备适用的井筒倾角，按表 9.3.1 取值。

表 9.3.1 不同提升运输设备适用的井筒倾角

提升运输设备名称	牵引方式	适用井筒倾角	备注
串车	缠绕式提升机	不应大于 25°	
箕斗	缠绕式提升机	应为 25° 至 35°	
普通带式输送机	-	上运不大于 18° 下运不大于 16°	
大倾角带式输送机	-	根据设备性能确定	
单轨吊车	钢丝绳	不宜大于 25°	
	柴油机	不宜大于 12°	
	蓄电池	不宜大于 12°	
卡轨车	缠绕式提升机	不宜大于 25°	
	无极绳	不宜大于 18°	
	柴油机	不宜大于 8°	
齿轨机车	-	不宜大于 8°	加卡轨不宜大于 12°
胶套轮机车	-	不宜大于 5°	
无轨胶轮车	-	不宜大于 7°	

### 9.4 施工测量

**9.4.1** 斜井施工前，应编制测量方案，选定控制测量等级，确定测量方法，估算误差。

**9.4.2** 洞外控制点的选择和测量方式应该满足现行《工程测量规范》(GB 50026)的要求。

**9.4.3** 洞内控制点的位置选择和测量方式应该根据施工进度确定，并应符合现行《工程测量规范》(GB 50026)、《公路隧道勘测规程》(JTJ 085)的规定。

**9.4.4** 施工放样测量和高程测量的频率和测量方法应根据施工方案及施工进度确定，并应符合现行《工程测量规范》(GB 50026)、《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)的规定。

**9.4.5** 控制测量应符合下列规定：

- 1 控制测量桩点必须稳固、可靠。
- 2 测量工作中的各项计算，均应由两组独立进行；计算过程中应及时校核，发现问题应及时检查，并找出原因。
- 3 斜井洞外控制测量应在斜井进洞施工前完成。
- 4 用于测量的设计图资料应认真核对，确认无误后方可使用，引用数据资料必须核对。
- 5 控制网误差调整时，不得将低等级平面和高程控制网的误差传入斜井控制网。

**9.4.6** 斜井与主洞贯通后，贯通误差调整后的线路中线应该满足现行《公路路线设计规范》(JTG D20)的要求。

## 10 斜井施工

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 应根据斜井长度、跨度、结构形式、地质条件等选择适宜的开挖方法，并应根据开挖方法选择配套的机械设备。

**10.1.2** 爆破作业及爆破物品管理，必须符合现行《爆破安全规程》(GB 6722)有关规定。

**10.1.3** 瓦斯地层中斜井施工时，除应符合《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)相应规定外，还应符合《公路瓦斯隧道设计与施工技术规范》(JTG/ 3374)有关要求。

**10.1.4** 斜井支护与衬砌应符合下列规定：

- 1 支护应配合开挖作业及时施作，确保施工安全。
- 2 支护与衬砌材料的标准、规格及要求等应满足设计要求。
- 3 斜井支护与衬砌施工过程中应做好施工记录。

#### 条文说明

本条是对斜井支护与衬砌施工的总体要求。斜井衬砌施工时，中线、高程，开挖断面形状、几何尺寸等均需满足设计要求。除测量精度必须符合要求外，还需事先考虑施工误差、超欠挖控制。对复合式衬砌，初期支护完成后，需再次检查净空尺寸，保证二次衬砌的厚度。有条件时采用激光断面仪测量。

**10.1.5** 斜井施工前，应制订监控量测方案。现场监控量测计划按照《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)以及本规程 4.5 章节相应规定执行。

**10.1.6** 斜井施工期间，应进行超前地质预报，为信息化设计和施工提供依据，内容和要

求按本规程 4.6 章节规定执行，并应满足《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660) 相应规定。

**10.1.7** 斜井井口、软弱围岩段、井底调车场、作业洞室应加强支护。

**10.1.8** 斜井防水与排水施工应符合下列规定：

1 斜井防排水设施应与运营期防排水工程相结合。

2 应按设计做好防水混凝土、防水隔离层、施工缝、变形缝防水，盲沟、排水管（沟）排水应通畅。

3 防排水材料应符合国家、行业标准，满足设计要求，并有出厂合格证明。不得使用有毒的、污染环境材料。

4 斜井防排水不得污染环境。

#### 条文说明

防水混凝土包括普通防水混凝土、外加剂防水混凝土或掺合料防水混凝土、膨胀水泥防水混凝土。普通防水混凝土是以调整配合比的方法提高混凝土的密实性和抗渗性；外加剂防水混凝土是在混凝土拌合物中加入少量改善混凝土抗渗性的有机或无机物，如减水剂、防水剂、引气剂等外加剂；掺合料防水混凝土是在混凝土拌合物中加入少量的硅粉、磨细矿粉、粉煤灰等无机物，以增加混凝土的密实性和抗渗性；膨胀水泥防水混凝土是利用膨胀水泥在水化硬化过程中形成大量体积增大的结晶，主要是改善混凝土的孔结构，提高其抗渗性能。对防水板、止水条、止水带的连接部位要采用符合设计及规范要求的方法妥善处理，防止出现渗漏水。

防水隔离层在隧道防排水系统中的作用至关重要，需特别重视，做到妥善施工、严格检查。

隧道防排水施工，尤其在注浆堵水施工中要注意注浆材料的选用，严禁使用有毒和污染环境材料，排水盲管（沟）、土工布、防水层、止水条、止水带、背衬材料、嵌缝材料等在长期使用中也不允许有毒物质滤出。

施工排水应进行处理，符合排放标准，不得污染环境。保护环境是我国的基本国策，隧道防排水施工必须遵守《中华人民共和国水法》、《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国环境保护法》。考虑到隧道工程施工中的废水排放会对周围生态环境造成不利影响，因此隧道施工必须从选择施工方法、材料等方面事先考虑其对周围环境的影响程度，防止水

土流失和水体污染，改善生态环境，并有针对性地采取措施，使其对周围生态环境的影响减至最小。

## 10.2 开挖

**10.2.1** 斜井开挖宜采用光面爆破技术，有条件时可采用掘进机施工。

**10.2.2** 斜井爆破开挖技术、质量控制要点和施工注意事项除应满足《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660) 相关规定外，还应符合下列要求：

- 1 钻眼方向宜与斜井的倾角一致，眼底应比井底高程略低，避免出现台阶。
- 2 每个循环进尺应检测其高程并控制井身坡度，每隔 10~20m 应复核其中线、高程。

### 条文说明

斜井开挖，炮眼布置基本上与正洞导坑相同。顶板眼和辅助眼的钻眼方向应与斜井倾角一致，底眼倾角一般大于  $3^{\circ} \sim 5^{\circ}$ ，以免出现台阶，不利铺轨。斜井的方向与坡度，在开挖中应勤测量，以保证斜井位置正确。

**10.2.3** 斜井开挖方法应根据环境条件、地质条件、长度、断面、设备条件、工期、场地条件等因素综合确定，并应符合以下规定：

- 1 岩质隧道可采用钻爆法施工，视围岩自稳能力及断面大小等因素可选用全断面法或台阶法等。
- 2 土质隧道、软岩隧道可采用非爆破开挖，视围岩自稳能力及断面大小可选用台阶法、中隔壁法、双侧壁导坑法。

**10.2.4** 斜井与正洞交叉口施工应符合下列要求：

- 1 交叉口位置应选择地质条件较好的地段。
- 2 交叉口施工应先加固、后开挖，必要时采取超前支护。根据地质情况，交叉口段一定范围的初期支护应加强。
- 3 门洞应设置门架或过梁。
- 4 门洞的挑顶施工应从外向内逐步扩大。
- 5 施工中应加强变形监测。

### 10.2.5 开挖作业应符合下列规定：

- 1 开挖断面尺寸应满足设计要求。
- 2 应根据开挖方法、断面大小、地质条件等因素确定合理的循环进尺。
- 3 开挖作业不得危及初期支护、衬砌和设备的安全，并应保护好测点。
- 4 开挖后，应做好地质条件的核对和监控量测工作。

## 10.3 出渣与运输

**10.3.1** 出渣运输方式应根据斜井长度、纵坡、断面大小、开挖方法、机械设备配套能力、经济性及施工进度等因素综合考虑确定，保证作业安全。

**10.3.2** 斜井施工时应建立运输调度系统，统一指挥，确保车辆运输安全，提高运输效率。有轨运行必须配备专职信号工，并配备视频监控及信号通信设施。

**10.3.3** 出渣运输设备的选型配套应保证机械设备充分发挥其功能，并使出渣能力、运输能力与开挖能力相适应，装运能力应大于最大的开挖能力。

**10.3.4** 运输线路或道路应设专人进行维修和养护，使其处于平整畅通状态。线路或道路两侧的废渣和余料应随时清除。

**10.3.5** 出渣运输车辆必须处于完好状态，制动有效，严禁人料混载，严禁超载、超宽、超高运输。运装大体积或超长料具时，应有专人指挥，专车运输。

**10.3.6** 无轨施工斜井各类施工机械与车辆，宜选用带净化装置的柴油机动力，汽油动力机械不宜进洞，推广应用洁净新能源车辆。

**10.3.7** 爆破器材运输应符合有关安全管理规定。

### 条文说明

爆破器材的运输应符合现行《民用爆炸物品安全管理条例》(国务院令 466 号)、《公路工程施工安全技术规程》(JTJ 076) 及其他相关规定。

**10.3.8** 斜井综合坡率  $i \leq 12.3\%$  时, 宜采用汽车运输方式; 斜井综合坡率  $12.3\% < i \leq 26.7\%$  时, 宜选用轨道绞车提升或皮带运输方式; 综合坡率  $26.7\% < i \leq 46.6\%$  时, 宜采用轨道绞车提升; 综合坡率  $46.6\% < i \leq 70\%$  时, 宜采用大型箕斗提升。

**10.3.9** 采用有轨式运输时洞外应根据需要设置调车编组出渣、进料、设备整修等作业线路。洞内宜铺设双道; 在单道地段, 应根据装渣作业时间和行车速度的大小合理布设错车道、调车设备, 增加岔线和岔道等。

**10.3.10** 有轨式运输线路铺设除应满足本规程 4.4.1 条款外, 还应符合下列规定:

1 同一线路必须使用同一型号钢轨, 钢轨质量不宜小于  $38\text{kg/m}$ 。钢轨配件、夹板、螺栓必须按标准配齐, 且与轨型相符。

2 道岔型号应与钢轨类型相配合, 不得低于 6 号道岔, 并安装转辙器。

3 轨枕间距不宜大于  $0.7\text{m}$ , 间距偏差不得超过  $50\text{mm}$ , 长度为轨距加  $0.6\text{m}$ , 轨枕的上下表面应平整。

4 平曲线半径, 洞内不应小于机动车或车辆轴距的 7 倍, 洞外不应小于 10 倍。使用有转向架的梭式矿车时, 最小曲线半径应不小于车辆技术文件的要求, 并应尽量采用较大的曲线半径。

5 道床道砟应采用不易风化的碎石, 粒径应符合标准规定。道床厚度不应小于  $150\text{mm}$ 。

6 洞外卸渣线末端应设  $1\% \sim 3\%$  的上坡段。

7 线路铺设轨距允许误差为  $+6\text{mm}$ 、 $-4\text{mm}$ , 曲线地段应按规定加宽和设超高; 钢轨接头间隙、顶面的高低差, 以及曲线段外轨按设计加高后与内轨顶面的高低偏差, 不得大于  $5\text{mm}$ 。钢轨配件应齐全牢固。

8 当采用新型轨式机械设备时, 线路铺设标准应满足机械规格、性能的要求, 保证运输安全。

9 每根钢轨应安装两组防爬设备, 每对钢轨应有 3 根轨距拉杆。

10 两条钢轨顶面的高差不得超过  $5\text{mm}$ , 铺设双轨时, 两股道上运行车辆之间的空隙不得小于  $500\text{mm}$ 。

11 运输轨道与两侧管道、电力线之间的安全距离(有人行横道者另计)不得小于  $200\text{mm}$ ,

使用胶带输送机时不得小于 400mm。

12 托索轮及安全闸等轨道辅助设备应与轨道一并铺设。

### 10.3.11 有轨运输作业应符合下列规定：

1 不得超载。

2 车辆装载的高度，斗车不应超过顶面 0.5m，宽度不应超过车宽。

3 列车连接必须良好，必须采用不能自行脱钩的连接装置。利用机车进行车辆的调车、编组和停留时，必须有可靠的制动装置，严禁溜放。

4 车辆在同方向行驶时，相邻两组列车间的距离不应小于 100m；人推斗车的间距不应小于 20m。

5 在洞内施工地段、视线不良的弯道上或通过道岔和洞口平交道等处，机动车牵引的列车运行速度不宜超过 10km/h；其他地段在采取有效的安全措施后，最大速度不宜超过 20km/h。

6 轨道旁的料堆，距钢轨外缘不应小于 0.8m，高度不应大于 1.0m。

7 洞内在曲线区间、转辙器、人行横道处等应设慢行标志。车辆的限制速度、注意或危险提示等应采用交通标志及标灯明示出来。

8 应有载人列车供施工人员上下班使用，并应制订保证安全的措施。严禁非专职人员开车。

9 提升绞车应有深度指示器及自动示警装置，并设有防过卷装置。

10 提升绞车与井口、井底均应有联络信号装置，并有专人负责。每次提升、下放、暂停应有明确的信号规定。

11 井口轨道中心必须设置安全挡车器，并经常处于关闭状态，放车时方准打开。在挡车器下方约 5~10m 及接近井底前 10m 处应各设一道防溜车装置。井底与通道连接处，应设置安全索。车辆行驶时，井内禁止人员通行与作业。

12 运输斗车之间、斗车和钢丝绳之间，应有可靠的连接装置，并加装保险绳。在斗车上、钢丝绳或车钩上，要有防脱钩设备。

13 运输长材料时，必须有装卸及进出斜井的安全措施。

14 严禁人员乘斗车上下，当斜井垂直深度超过 50m 时，应有运送人员的专用设施。

15 斜井内应有足够的照明设施。

### 10.3.12 无轨运输作业应符合下列规定：

1 斜井路面应平整密实、排水通畅。

- 2 从斜井的开挖面到弃渣场地,必须按需要设置会车场所、转向场所及行人的安全通路。
- 3 在洞口、平交道口、狭窄的施工场地,必须设置明显的警示标志,必要时应设专人指挥交通。
- 4 单车道斜井应间隔适当距离设置错车道;双车道斜井会车视距宜大于 40m。
- 5 行车速度,在施工作业地段和错车时不应大于 10km/h,成洞地段不宜大于 25km/h。
- 6 车辆行驶中严禁超车,洞内倒车与转向应由专人指挥。
- 7 洞内应加强通风,洞内作业环境应符合国家有关职业健康的规定。

**10.3.13** 装渣设备应选用能在隧道开挖断面内发挥高效率的机械,其装渣能力应与每次开挖土石方量及运输车辆的容量相适应。装渣机械应具有移动方便、污染小的特点。

**10.3.14** 装渣作业应符合下列规定:

- 1 装渣前及装渣过程中,应检查开挖面围岩的稳定情况。发现有松动岩石或塌方征兆时,必须先处理后装渣。
- 2 装渣作业应由专人指挥。要注意爆后残留在掌子面上和埋在爆渣之中的拒爆残药,发现拒爆残药,必须立即通知专业人员进行处理。
- 3 人工装渣时,应将车辆停稳并制动。漏斗装渣时,漏斗处应有防护设备和联络信号,装渣结束后漏斗处应加盖;接渣时,漏斗口下不得有人通过。
- 4 机械装渣时,装载机械应能在开挖断面内安全运转,装渣机操作时其回转范围内不得有人通过;机械装渣作业应严格按操作规程进行,并不得损坏已有的支护及设施。
- 5 采用有轨式装渣机械时,轨道应紧跟开挖面,调车设备应及时向前移动。

#### 条文说明

装渣作业规定是为保证装渣的安全及提高轨式装渣速度而制定的。

斜井在开挖爆破后,围岩受到不同程度的扰动,因此,在进行装渣作业前必须进行围岩稳定性检查,处理危石,排除拒爆残药,规范装渣,确保装渣作业安全。

采用有轨式机械装渣时宜优先采用梭式斗车,集转载、运输、卸载为一体,可大大提高出渣效率。如立爪式装渣机,是近几年来发展的生产能力高、连续装渣设备,与大容量梭式矿车匹配,使装渣连续进行,可缩短出渣运输循环作业时间。

**10.3.15** 卸渣作业应符合下列规定:

1 应根据弃渣场地形条件、弃渣利用情况、车辆类型，妥善布置卸渣路线。卸渣应在规定的卸渣路线上依次进行，不得干扰任何施工作业或其他设施。

2 卸渣宜采用自动卸渣或机械卸渣设备和平渣设备。机械卸渣时应有专人指挥，及时平整；人工卸渣时，应将车辆停稳制动，严禁站在斗车内扒渣。

3 所有弃渣堆顶面及坡脚处，或与原地面衔接处，均应按设计要求修筑永久排水设施和其他必要的防护工程。

4 轨道运输卸渣时，卸渣码头应搭设牢固，并设挂钩、栏杆，轨道末端应设置可靠的挡车装置和标志，以及足够宽的卸车平台。

## 10.4 支护

**10.4.1** 喷射混凝土施工宜采用湿喷工艺。

**10.4.2** 喷射混凝土配合比，应通过试验确定并满足设计强度和喷射工艺的要求。

**10.4.3** 喷射混凝土作业应符合下列规定：

- 1 当喷射作业分层进行时，后一层喷射应在前一层混凝土终凝后进行。
- 2 混合料应随拌随喷。
- 3 喷射混凝土回弹物不得重新用作喷射混凝土材料。

### 条文说明

喷射混凝土作业的基本要求：

1 一次喷射混凝土厚度要适当，过薄则粗集料不易黏结牢固，增加回弹量；过厚则由于混凝土自重下坠，影响混凝土与岩面的黏结力，不易保证喷层致密。

2 喷混凝土分层作业时，在前一层混凝土终凝后才能进行下一层喷混凝土作业，以免对前一层喷混凝土造成损害。两层时间间隔较长时，表面已蒙上粉尘，受喷面应用风、水吹洗干净。岩面有较大凹洼时，应结合初喷找平。

3 由于砂石料中含有一定的水分，掺入速凝剂后的混合料，若停放时间过长，水泥易发生预水化，这不仅影响混凝土的速凝效果，使回弹增多，而且还会造成混凝土后期强度的明显降低。

4 喷射混凝土回弹物，已经发生水化作用，混凝土已凝固，不得重新用作喷射混凝土材

料，只能作废料处理。

5 喷嘴垂直岩面时，喷射效果最好；斜向喷射时，易产生分离，回弹增加、剥离多。喷射距离应以冲击速度和附着强度为最佳状态的条件确定。一般情况下，湿喷为 1.5~2.0m。喷射压力是影响喷射混凝土粉尘量和回弹率的重要因素之一，风压宜保持在 0.1MPa 左右。

**10.4.4** 喷射混凝土应适时进行养护，隧道内环境温度低于 5℃ 时不得洒水养护。

**10.4.5** 冬季施工时，喷射作业区的气温不应低于 5℃。在结冰的岩面上不得进行喷射混凝土作业。喷射混凝土强度未达到 6MPa 前不得受冻。

**10.4.6** 采用纤维喷射混凝土时，所用材料应满足设计要求。

**10.4.7** 纤维喷射混凝土施工应符合本章第 10.4.2~10.4.6 条的规定。

**10.4.8** 喷射混凝土作业安全与防护应符合下列规定：

- 1 应检查和处理支护作业区危石，施工机具应布置于安全地带。
- 2 施工用作业台架应牢固可靠，并应设置安全栏杆。
- 3 施工时，非作业人员不得进入喷射作业区，喷嘴前禁止站人。
- 4 作业区粉尘浓度应符合有关卫生规定。作业人员应戴防尘口罩、防护镜、防护帽等劳保用品。
- 5 喷射作业完成后，应及时清洗机具。

**10.4.9** 锚杆类型、规格、技术性能应满足设计要求。

**10.4.10** 锚杆钻孔施工应符合下列规定：

- 1 钻孔机具应根据锚杆类型、规格及围岩情况选择。
- 2 孔位允许偏差为±150mm，钻孔数量应符合设计规定。
- 3 水泥砂浆锚杆钻孔直径应大于锚杆杆体直径 15mm。其他形式锚杆钻孔直径应满足设计要求。
- 4 钻孔深度不应小于锚杆杆体有效长度，但深度超长值不应大于 100mm。

**10.4.11** 锚杆安装前应做好下列检查工作，并做好原始记录：

- 1 锚杆材料型号、规格、品种应符合设计要求，配件应配套。
- 2 锚杆孔位、孔径、孔深及布置形式应满足设计要求。
- 3 孔内应无积水、岩粉应吹洗干净。
- 4 锚杆杆体应调直、除锈、清除油污。
- 5 锚杆外端标准螺纹应有效，逐根检查并与标准螺母试装配。

**10.4.12** 普通水泥砂浆锚杆施工应符合下列规定：

- 1 普通水泥砂浆锚杆材料、直径、插入孔内长度，应满足设计要求。
- 2 砂浆应在初凝前使用，已初凝的砂浆不得使用。
- 3 砂浆灌浆后应及时插入锚杆杆体。锚杆杆体插到设计深度时，孔口应有砂浆流出；若孔口无砂浆流出，则应将杆体拔出重新灌浆。全长黏结锚杆应灌浆饱满。
- 4 垫板、螺母应在砂浆初凝后安装。垫板与喷射混凝土应紧密接触。

**10.4.13** 中空注浆锚杆施工时应保持中空通畅，并留有专门排气孔。螺母应在砂浆初凝后拧紧。

**10.4.14** 水泥砂浆药包锚杆施工应符合下列规定：

- 1 应对药包做泡水检验。
- 2 药包不应有受潮结块现象。
- 3 药包应以专用工具推入钻孔内，防止中途破裂。
- 4 锚杆插到设计深度时，孔口应有砂浆流出。
- 5 应使垫板与喷射混凝土紧密接触。

**10.4.15** 全长黏结式锚杆安设后不得敲击，其端部 3d 内不得悬挂重物。

**10.4.16** 钢筋网材料应满足设计要求，钢筋网钢筋在使用前应调直、清除锈蚀和油渍。

**10.4.17** 钢筋网安装应符合下列规定：

- 1 应在初喷一层混凝土后再进行钢筋网铺设。

- 2 采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被喷射混凝土全部覆盖后进行铺挂。
- 3 钢筋搭接长度不得小于  $30d$  ( $d$  为钢筋直径)，并不得小于一个网格长边尺寸。
- 4 钢筋网应与锚杆或其他固定装置连接牢固。
- 5 钢筋网应随受喷岩面起伏铺设，与受喷面的最大间隙不宜大于  $30\text{mm}$ 。

#### 10.4.16、10.4.17 条文说明

- 1 钢筋网钢筋和其他用途的钢筋一样，要求调直、除锈、去油污。
- 2 钢筋网钢筋直径不宜过大。钢筋网要求随岩面凹凸起伏敷设，因此小直径钢筋容易敷设。从受力角度考虑，小直径钢筋能满足要求。
- 3 采用双层钢筋网时，应保持两层网之间有一定的距离，以更好地发挥两层钢筋网的作用。所以，第二层钢筋网必须在第一层钢筋网被喷混凝土全部覆盖后进行铺挂。
- 4 钢筋网每个交叉点都应进行焊接或绑扎。
- 5 钢筋网应与锚杆或临时锚杆连接牢固，在喷射混凝土时不得晃动。

**10.4.18** 钢架应有足够的强度和刚度，采用的钢架类型应满足设计要求。

#### 条文说明

目前使用的钢架主要有：格栅钢架和型钢钢架。型钢钢架是热弯或冷弯加工而成，具有刚度大、承载能力强、能及时受力的特点，在软弱破碎围岩中、需采用超前支护的围岩地段或处理塌方时使用较多。格栅钢架是由普通钢筋通过焊接加工而成，与型钢架相比，有质量轻、省钢材、易制造、易安装，与喷射混凝土粘结紧密等优点。

**10.4.19** 钢架加工应符合下列规定：

- 1 钢架加工尺寸，应符合设计要求，其形状应与开挖断面相适应。
- 2 不同规格的首幅钢架加工完成后，应放在平整地面上试拼，周边拼装允许偏差为  $\pm 30\text{mm}$ ，平面翘曲应小于  $20\text{mm}$ 。当各部尺寸满足设计要求时，方可进行批量生产。

**10.4.20** 钢架安装应符合下列规定：

- 1 钢架应在初喷混凝土后安装。
- 2 应清除钢架拱脚虚渣，使之支承在稳固的地基上。

2 钢架应分节段安装，节段与节段之间应按设计要求连接。连接钢板平面应与钢架轴线垂直，两块连接钢板间采用螺栓和焊接连接，螺栓不应少于 4 颗。

3 相邻两福钢架之间必须用纵向钢筋连接，连接钢筋直径不应小于 18mm，连接钢筋间距不应大于 1.0m。

4 钢架应垂直于隧道中线，竖向不倾斜、平面不错位、扭曲。上、下、左、右允许偏差  $\pm 50\text{mm}$ ，钢架倾斜度允许偏差为  $\pm 2^\circ$ 。

5 倾角大于  $12^\circ$  的斜井，钢架宜按照竖直方向安设。

**10.4.21** 钢架安装就位后，钢架与围岩之间的间隙应用喷射混凝土充填密实。喷射混凝土应由两侧拱脚向上对称喷射，并将钢架覆盖，临空一侧的喷射混凝土保护层厚度应不小于 20mm。

## 10.5 衬砌

**10.5.1** 衬砌钢筋加工应符合下列规定：

- 1 钢筋在加工弯制前应调直。
- 2 钢筋表面的油渍、铁锈等应清除干净。
- 3 钢筋拉直、弯钩、弯折、弯曲应采用冷加工。

**10.5.2** 钢筋安装应符合下列规定：

- 1 横向钢筋与纵向钢筋的每个节点均必须进行绑扎或焊接。
- 2 钢筋焊接搭接长度及焊缝应满足设计要求。
- 3 相邻主筋搭接位置应错开，错开距离不应小于 1000mm。
- 4 同一受力钢筋的两个搭接距离不应小于 1500mm。
- 5 箍筋连接点应在纵横向筋的交叉连接处，必须进行绑扎或焊接。
- 6 钢筋的其他连接方式应符合相关规范的规定。

**10.5.3** 安装钢筋时，钢筋长度、间距、位置、保护层厚度应满足设计要求。

**10.5.4** 衬砌模板施工应符合下列规定：

- 1 混凝土衬砌模板及支架必须具有足够的强度、刚度和稳定性。
- 2 应按设计要求设置沉降缝、伸缩缝。

3 安装模板时应检查中线、高程、断面和净空尺寸。

4 模板安装前，应仔细检查防水板、排水盲管、衬砌钢筋、预埋件等隐蔽工程，做好记录。

**10.5.5** 水泥应符合现行《通用硅酸盐水泥》(GB 175)规定。应检验水泥的安定性和强度，检验方法应符合现行《公路工程水泥及水泥混凝土试验规程》(JTG E30)规定。水泥存放时间超过三个月（快硬硅酸盐水泥为一个月）时，应重新取样检验。

**10.5.6** 混凝土用砂，应采用级配良好、质地坚硬、颗粒洁净的河砂，河砂不易得到时，也可用山砂或硬质岩石加工的机制砂。砂的检验方法应符合现行《公路工程集料试验规程》(JTG E42)规定。

**10.5.7** 混凝土用粗集料应采用坚硬的卵石或碎石，其检验方法应符合现行《公路工程集料试验规程》(JTG E42)规定。

**10.5.8** 拌制混凝土宜采用饮用水；当采用其他水源时，混凝土拌制用水应符合《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)中相应规定。

**10.5.9** 混凝土中掺用外加剂的质量及应用技术，应符合现行《混凝土外加剂》(GB8076)、《混凝土外加剂应用技术规范》(GB50119)和有关环境保护的规定。

**10.5.10** 混凝土掺加粉煤灰时，应符合现行《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB 1596)和《粉煤灰混凝土应用技术规范》(GBJ 146)规定。

**10.5.11** 混凝土中总碱含量不得大于  $3\text{kg}/\text{m}^3$ ，并应满足设计要求。

### 条文说明

本条是根据《公路工程混凝土结构防腐技术规范》(JTG/T B07-01-2006)制定的。

**10.5.12** 混凝土施工应符合下列规定：

1 混凝土的配合比应满足设计和施工工艺要求。

- 2 混凝土应在初凝前完成浇注。
- 3 混凝土衬砌应连续浇注。如因故中断，其中断时间应小于前层混凝土的初凝时间或能重塑时间。当超过允许中断时间时，应按施工缝处理。
- 4 混凝土的入模温度，冬季施工时不应低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，夏季施工时不应高于  $32^{\circ}\text{C}$ 。
- 5 应采取可靠措施确保混凝土在浇注时不发生离析。
- 6 浇注混凝土时，应采用振动器振实，并应采取可靠措施，确保混凝土密实。振实时，不得使模板、钢筋和预埋件移位。
- 7 边墙基底高程、基坑断面尺寸、排水盲管、预埋件安设位置等应满足设计要求。
- 8 浇注混凝土前，必须将基底石渣、污物和基坑内积水排除干净，严禁向有积水的基坑内倾倒混凝土干拌合物。
- 9 拱墙衬砌混凝土，应由下向上从两侧向拱顶对称浇注。
- 10 拱部混凝土衬砌浇注时，应在拱顶预留注浆孔，注浆孔间距应不大于  $3\text{m}$ ，且每模板台车范围内的预留孔应不少于 4 个。

**10.5.13** 衬砌拱顶注浆充填，宜在衬砌混凝土强度达到 100%后进行，注入砂浆的强度等级应满足设计要求。应根据衬砌厚度和配筋情况确定注浆压力，并应符合下列规定：

- 1 素混凝土衬砌不宜大于  $0.1\text{MPa}$ 。
- 2 钢筋混凝土衬砌不宜大于  $0.2\text{MPa}$ 。

#### 条文说明

本条中关于注浆压力的规定是参照《公路隧道加固技术规范》(JTG/T 5440) 制定的。

**10.5.14** 拆除拱架、墙架和模板，应符合下列规定：

- 1 不承受外荷载的拱、墙混凝土强度应达到  $5.0\text{MPa}$ 。
- 2 承受围岩压力的拱、墙以及封顶和封口的混凝土强度应满足设计要求。

#### 条文说明

强度试验表明，在混凝土强度达到  $5.0\text{MPa}$  时，拆模对混凝土表面和棱角不致损坏；二次衬砌不承重时，其厚度小、自重轻，当混凝土达到  $5.0\text{MPa}$  时，两车道隧道可承受其自重；三车道隧道、四车道隧道如设计没有特殊要求也可参照执行，但应将第一环浇注的混凝土作为试验段。

**10.5.15** 衬砌拆模后应立即养护。在寒冷地区，应做好衬砌的防寒保温工作。

## 10.6 防水与排水施工

**10.6.1** 斜井施工排水应符合下列规定：

- 1 斜井口应及时做好排水系统，完善防排水措施。
- 2 对于覆盖层较薄和渗透性强的地层，地表水应及早处理。
- 3 洞内顺坡排水沟断面应满足排除隧道中渗漏水 and 施工废水的需要，并经常清理排水设施，防止淤塞，确保水路畅通。在膨胀岩、土质地层、围岩松软地段，排水沟中不得有积水，宜根据需要对排水沟进行铺砌或用管槽代替。
- 4 洞内反坡排水必须采用水泵抽水。
- 5 洞内有大面积渗漏水和股水时，宜集中汇流引排。
- 6 集水坑设置的位置不得影响井内运输和安全。
- 7 应制订防涌（突）水（泥）的安全措施。
- 8 严寒地区隧道施工排水时，应采取防冻措施。

### 条文说明

斜井施工防涌水的安全措施，包括：

- 1) 非施工人员一律撤出危险区；
  - 2) 斜井如系下坡掘进，应估计水量大小，备足抽水设备；
  - 3) 在钻孔口预先埋管设阀，控制排水量，以防止承压水冲击及淹没坑道等意外险情发生。
- 如钻孔钻到预期的深度尚未出水，可会同设计部门进一步进行水文地质勘察工作，重新判定。

寒冷地区，尤其是严寒地区，斜井排水设施应注意埋设深度和保温措施，以利于防冻。隧道施工中临时排水设施，其位置、深度及配套设施等，宜与永久性排水工程相结合，以减少工程量，降低造价。洞外其他临时设施，也应按本条规定组织施工。常用的保温材料有矿渣、沥青玻璃棉、矿渣棉、石棉瓦等。为使保温材料不受潮，还应有防潮措施，如用沥青玻璃布包裹，用水泥砂浆或沥青涂抹等。

**10.6.2** 斜井结构防水施工应符合下列规定：

- 1 防水混凝土抗渗等级应符合设计要求。防水混凝土施工应符合现行《地下工程防水技

术规范》(GB 50108)规定。

2 防水混凝土施工配合比应通过试验确定,并符合相关技术要求。

3 防水混凝土拌合物应采用机械搅拌,搅拌时间不应少于 2min。掺外加剂时,应根据外加剂的技术要求确定搅拌时间。

4 防水混凝土应振捣密实。

5 中心排水管(沟)坡度应符合设计要求。管路埋设好后,应进行通水试验,发现积水、漏水应及时处理。

6 防水板铺设应符合现行《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)相应规定。

7 施工缝、变形缝施工应符合现行《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)相应规定。

8 遇水膨胀止水条、止水带施工应符合现行《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)相应规定。

### 条文说明

安装挡头板前,可以先加工矩形木条,其宽度与止水条相同,其厚度为止水条厚度的一半。安装挡头板时,将木条安装在止水条的位置,该环混凝土浇注完成后,拆模,剔除木条,就做成了止水条的预留槽。

#### 10.6.3 斜井采用分级排水应符合下列规定:

1 根据斜井长度、涌水量、排水扬程等因素,确定斜井排水级数、每级排水泵站洞室空间尺寸及每级泵站排水能力。

2 斜井排水泵站洞室的空间尺寸,应能满足水泵、排水管、设备安装及运输的要求。

3 斜井应分段设置截水沟,并通过侧沟引入集水坑或水仓集中抽排。斜井每级泵站排水能力均应能满足整个工区最大排水量配置。泵站宜按单侧设置。

4 斜井底排水泵站的水仓应能容纳 1.5~2h 的设计涌水量,斜井中部泵站水仓容积宜按泵站 10~15min 的排水能力设计。

5 水仓入口应设在井底车场排水沟的最低处,入口前必须设置沉淀池,沉淀池的容积、位置应根据实际条件确定。

**10.6.4** 洞内有大面积渗漏水时,宜采用钻孔将水集中汇流引入排水沟或积水坑。应对钻孔位置、数量、孔径、深度、方向和渗水量等作详细记录,以便在衬砌时确定拱墙背后排水设施。

**10.6.5** 初期支护后出现大面积渗漏水时，应进行径向注浆或初期支护背后回填注浆。径向注浆或初期支护背后回填注浆应符合下列规定：

- 1 径向注浆孔深应符合设计要求。
- 2 初期支护背后回填注浆孔深不应小于 0.5m。
- 3 钻孔注浆顺序应由水少处向水多处进行。
- 4 注浆材料宜以水泥类浆液为主，可采用快凝早强水泥。
- 5 注浆压力宜采用 0.5~1.5MPa。

#### 条文说明

隧道的初期支护一般为永久性结构，长期的渗水将减弱其结构强度，此外为了保证二次衬砌的施工质量，也必须对初期支护大面积渗漏水进行治理。

初期支护背后的空隙是储存水的空间也是过水通道，初期支护注浆止水首先要进行背后充填注浆，回填空隙。注浆压力宜为 0.5~1.5MPa，是为避免注浆时造成初期支护破坏。

**10.6.6** 注浆过程中应进行监测。当发生围岩或支护结构变形超过允许值、堵塞排水系统、窜浆、危及地表安全等异常情况时，应采取措施处置。

#### 条文说明

注浆过程中，围岩或支护结构发生较大变形、危及地表安全时，应立刻减小注浆压力，并更换可注性好的材料，改变注浆参数。如果发生堵塞排水系统、窜浆等情况，可以采用的方法有：1) 降低注浆压力或采用间歇注浆，直至停止注浆；2) 采用快凝注浆材料，缩短浆液凝胶时间；3) 对窜浆、跑浆部位进行封堵。

**10.6.7** 注浆施工不得污染水源。

#### 条文说明

注浆特别是采用化学注浆，可能对环境造成污染。即便是采用对人体危害甚小的水泥类和水玻璃浆液，如不能妥善处理注浆废水，也可能对环境产生污染。例如洞内水不经处理直接排放，就可能污染田地、水源，给人民生产、生活带来损失。

## 10.7 隔板施工

**10.7.1** 根据斜井通风设计计算，选择合适的隔板类型，满足隧道通风要求。

**10.7.2** 隔板施工缝、变形缝间距宜和斜井衬砌施工缝、变形缝位置一致，纵断面应与斜井一致。

**10.7.3** 在二次衬砌浇筑时，预留顶隔板支座槽，深度约为 5cm，并预埋连接筋与顶隔板钢筋形成连接。

**10.7.4** 对于标准断面内的隔板衬砌应采用带牛腿的变截面模板台车进行浇筑。隔板钢筋笼按设计要求分段绑扎、准确定位，并及时浇筑隔板混凝土。

**10.7.5** 隔板宜采用隔板台车进行滑模施工，其主要的施工方法如下：

1 隔板钢筋绑扎和安装，应预先将隔板钢筋绑扎成钢筋笼，钢筋笼吊装前应将隔板内的连接钢筋与主洞预埋连接筋进行连接。

2 隔板的浇筑和振捣：将隔板钢筋安装好保护层垫块后，可进行浇筑，浇筑过程应充分振捣混凝土，使混凝土密实。

3 脱模及抹光：脱模时混凝土强度应不小于 5.0MPa。隔板上表面应进行抹光处理。

**10.7.6** 隔板表面抹光及平整度应达到相应以下要求：

1 隔板抹光度合格标准：10m<sup>2</sup>表面存在缺陷累计面积不大于 0.4m<sup>2</sup>。

2 隔板平整度合格标准：两块隔板之间，其表面的高差不超过 1cm，对存在高差处应抹平顺接。

## 10.8 仰拱与路面施工

**10.8.1** 仰拱混凝土施工应符合下列规定：

1 仰拱混凝土应超前拱墙混凝土施工。

2 仰拱混凝土浇注前应清除积水、杂物、虚渣等。

3 仰拱混凝土浇注应使用模板整体浇筑，混凝土应振捣密实。

4 仰拱施工缝和变形缝处应按设计要求进行防水处理。

5 仰拱施工前，超挖在允许范围内时，应采用与衬砌相同强度等级的混凝土进行浇注；超挖大于规定时，应按设计要求回填，不得用洞渣随意回填，严禁片石侵入仰拱断面。

**10.8.2** 底板施工前应清除虚渣、杂物和积水。底板坡面应平顺。

#### 条文说明

为确保底板整体稳定，宜采用一次灌注混凝土成形工艺。当底板混凝土半幅浇注时，应做好接缝处防水处理。

**10.8.3** 仰拱填充采用片石混凝土时，片石应距模板 50mm 以上，片石间距应大于粗集料的最大粒径，并应分层摆放，捣固密实。仰拱填充应在仰拱混凝土达到设计强度的 70%后施工。

**10.8.4** 仰拱及底板施工质量检验及标准应按《公路隧道施工技术规范》(JTG/T 3660)中相关规定执行。

**10.8.5** 路面和路面基层与防排水设施的施工应统筹安排，协调完成，避免互相干扰，加强成品保护。

**10.8.6** 斜井路面施工前应进行试验段铺筑。

**10.8.7** 路面施工宜在排水系统施工完成后进行，施工过程应确保排水设施完好，排水畅通。

#### 条文说明

路面和路面基层与防排水设施的施工应统筹安排，协调完成，避免互相干扰，加强成品保护。

**10.8.8** 水泥混凝土路面强度未达到设计要求前，不得开放交通。

## 10.9 交工前处理

**10.9.1** 斜井交工前应及时恢复地表植被，做好水土保持，符合环保要求。

**10.9.2** 通风斜井应在隧道主体工程交工前疏导排水系统，确保排水畅通；做好洞口安全防护设施，清除洞内杂物；洞内设应急照明设施、步道、安全门等。

### 条文说明

隧道主体工程交工前，通风斜井应检查洞内排水系统的通畅性。为方便运营期检查维护，应清除洞内杂物，并设置照明、步道、安全门等设施。

**10.9.3** 施工斜井井口及与正洞连接处，采用片石混凝土或混凝土进行封堵，厚度不宜小于3m。

### 条文说明

根据调研，部分施工斜井交付运营后，一些地下水发育的斜井因排水不良，以致地下水倒灌入隧道，影响运营安全；在地质不良地段，斜井塌方严重，危及正洞安全。故要求斜井交工前进行妥善处理。

**10.9.4** 施工斜井封堵前应设置沉淀池及检查口，做好洞内排水设施，并与正洞排水设施衔接顺畅。

1 施工斜井中间段不设置二次衬砌时，地下渗漏水需经沉淀过滤经预埋管方可引入主洞中心水管（沟）或侧沟，以减少主洞水沟的清淤频率。

2 为方便在运营中对斜井及沉淀池进行检查，在井底封堵墙一侧应预留 1.2m×2m（宽×高）的检查通道，并设钢门。

3 当斜井渗漏水严重时，为防止渗漏水对井底的过度冲刷和拦截可能的坍塌，井内每隔500m左右应设置一道挡水墙（拦石墙），挡水墙设Φ100的泄水孔，间距25cm×25cm，孔口设过滤网，防止堵塞。

**10.9.5** 施工斜井井口封堵后应设置防排水设施，防止雨水倒灌。斜井井口宜采用土石回填，

并恢复原地貌。

### 条文说明

施工斜井井口封堵后应及时恢复原地形，保证排水通畅，防止在斜井口及边、仰坡形成雨水汇集，导致雨水下渗倒灌。斜井井口采用土石回填，设置封水层，上覆耕植土，做好绿化。

征求意见稿

## 11 辅助工程措施

### 11.1 一般规定

**11.1.1** 斜井通过浅埋段、严重偏压段、自稳性差的软弱地层、断层破碎带以及大面积淋水或涌水地段时，可采用辅助工程措施。包括：

1 围岩稳定措施：超前管棚、超前小导管、超前锚杆、超前玻璃纤维锚杆、超前钻孔注浆、超前水平旋喷桩、地表砂浆锚杆、地表注浆、围岩径向注浆、护拱、临时支撑等。

2 涌水处理措施：超前围岩预注浆堵水、开挖后径向注浆堵水、超前钻孔排水、泄水洞排水、井点降水等。

3 采取的工程措施应有效、可靠、耐久、经济，符合现场实际。

**11.1.2** 应根据地形、地质条件、斜井断面大小、埋置深度、施工方法，采用相应的辅助工程措施。

### 11.2 围岩稳定措施

**11.2.1** 在地质条件较差的斜井洞口段、浅埋段及塌方段、围岩破碎段、土质地层等，可采用超前管棚支护。管棚的形状和导管的布置方式应根据斜井开挖面的形状选择。

1 管棚环向间距应根据地层性质、地层压力、导管设置部位、钻孔机具和斜井开挖方式等条件确定，一般为 300~500mm，纵向两组管棚间应有不小于 3.0m 的水平搭接长度。

2 管棚宜选用热轧无缝钢管，外径宜为 76~180mm，长度为 10~40m，分段安装，分段长 4~6m。

3 管棚上的注浆孔孔径宜为 6~16mm，间距宜为 200~300mm，呈梅花形布置。

4 当需增加管棚钢架支护的刚度时，可在钢管内注满强度不小于 M20 的水泥砂浆和插入钢筋笼。

5 沿斜井护拱开挖轮廓线纵向钻设的管棚孔，不得侵入斜井开挖轮廓线。孔深设计宜

为 10~30m。护拱的基础应放在稳定的基础上。

**11.2.2** 在软弱围岩及断层破碎带、堆积土层，斜井开挖可能引起掌子面突泥、流塌地段，可采用超前钻孔注浆对斜井周边围岩或开挖掌子面进行加固。

- 1 根据地质状况，选用合理的计算方法确定注浆范围。一般控制在斜井开挖轮廓线 3m 范围内。
- 2 注浆孔应根据注浆范围、注浆长度、浆液材料、扩散半径以及工程要求等条件布置。
- 3 注浆孔径应不小于 75mm，注浆压力应根据现场试验确定。
- 4 注浆材料根据地质条件及涌水情况确定。

**11.2.3** 在无地下水的软弱地层、薄层水平层状岩层、开挖数小时内拱顶可能剥落或局部坍塌的地段，可采用超前锚杆。

- 1 超前锚杆设置范围，对于拱部超前锚杆宜为斜井拱部外弧全长的 1/2~1/6。
- 2 锚杆直径宜取 22~28mm。
- 3 锚杆长度宜为 3~5m，拱部超前锚杆纵向两排之间应有 1m 以上的水平搭接段。
- 4 锚杆间距为宜 30~50cm，根据围岩级别、地质情况调整。
- 5 超前锚杆外插角结合斜井开挖坡度调整，原则为 5°~30°。
- 6 充填砂浆宜采用早强砂浆，其强度等级不应低于 M20。

**11.2.4** 在斜井开挖后掌子面不能自稳地段、拱部易出现剥落或局部坍塌的地段；塌方段、浅埋段、地质条件较差的洞口段，可采用超前小导管支护。

- 1 小导管宜采用直径 42~50mm 的热轧无缝钢管，长度宜为 3~5m。
- 2 小导管前部注浆孔孔径宜为 6~8mm，间距宜为 10~20cm，呈梅花形布置，尾部预留长度不小于 30cm 的止浆段。
- 3 小导管环向设置间距可为 20~50cm，外插角 10°~30°，两组小导管间纵向水平搭接长度不小于 100cm。
- 4 小导管应与格栅或型钢钢架组成支护系统。

**11.2.5** 在稳定性较差的浅埋段、洞口地段，可采取地表砂浆锚杆加固地层。地表砂浆锚杆地表加固应符合下列要求：

- 1 锚杆宜垂直地表设置，根据地形及主结构面具体情况也可倾斜设置；

- 2 锚杆宜采用直径为 16~22mm 的螺纹钢筋，由单根钢筋或多根钢筋并焊组成，间距宜为 1.0~1.5m，呈梅花形布置。
- 3 锚孔直径应大于杆体直径 30mm，充填砂浆强度不应低于 M20。
- 4 锚杆长度可根据斜井覆盖层厚度确定，一般取地面至斜井拱部外缘线之间的距离。
- 5 加固宽度可按 1~2 倍开挖宽度控制。

**11.2.6** 在地层松散、围岩稳定性较差、掌子面自稳能力弱、开挖过程中可能引起塌方的浅埋或洞口地段，可采用地表注浆加固地层。

- 1 地表注浆加固范围，沿斜井纵向应超出不良地质地段 5~10m。
- 2 注浆孔应竖向设置，注浆孔径应不小于 110mm，可按梅花形或矩形排列布孔；注浆孔深应根据实际情况确定。
- 3 孔间距宜为单孔浆液扩散半径的 1.4~1.7 倍。

### 11.3 涌水处理措施

**11.3.1** 斜井涌水处理应遵循“以堵为主、排堵结合、注重环保”的设计原则，应结合斜井的地质条件、结构形式、断面大小和环保要求等，选择涌水处理措施。

**11.3.2** 地下水丰富且排水时挟带泥沙引起前方围岩失稳的破碎带、风化带，可能存在涌水突泥隐患的地段或排水后对周边地表水和地下水影响较大的地段，可采用超前围岩预注浆堵水。

- 1 注浆范围宜覆盖围岩松动圈。
- 2 注浆段的长度应根据地质条件、涌水量和水压力等因素确定。
- 3 注浆孔中心间距应根据注浆帷幕厚度、浆液扩散半径以及各孔扩散范围相互重叠等因素确定，可为浆液扩散半径的 1.5~1.7 倍；浆液扩散半径根据不同的地质条件、注浆压力、浆液种类等在现场试验确定，亦可按工程类比法选定，并在施工中不断修正。

**11.3.3** 围岩自稳性较好，且地下水丰富，但地下排放对斜井周边地表水和地下水影响较大的地段，斜井开挖后对围岩暴露的股状水、裂隙水、大面积淋水可采用围岩径向注浆堵水。

- 1 根据围岩地质条件、涌水形态、涌水规模和防排水要求等因素，可采用全断面径向注浆、局部径向注浆等措施。

- 2 注浆圈厚度宜为斜井开挖线以外 3.0~6.0m。
- 3 径向注浆浆液可根据涌水量并结合地质条件选择单液浆或双液浆。

**11.3.4** 斜井应在预测涌水段附近加密设置截水沟,并通过侧沟引入集水坑或水仓集中抽排。排水设备应根据涌水量选择。当涌水量大于  $50\text{m}^3/\text{h}$  时,应采取注浆堵水等措施。

征求意见稿

## 本规程用词用语说明

1 执行本规程条文时，对于要求严格程度的用词说明如下，以便在执行中区别对待。

1) 表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

正面词采用“应”；

反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”；

反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 本规程中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。