



T/CECS G XXXX: 2022

中国工程建设标准化协会标准
Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路明洞与棚洞勘察设计标准

Standard for Investigation and Design of Road Open-cut Tunnel and Shed 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

中国工程建设标准化协会公告

第 XXX 号

关于发布《公路明洞与棚洞勘察设计标准》的公告

第 XXX 号

根据中国工程建设标准化协会文件《关于印发〈2020年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]14 号）的要求，由四川省交通勘察设计研究院有限公司等单位编制的《公路明洞与棚洞勘察设计标准》，经本协会公路分会组织审查，现批准发布，编号为 XXX,自 XX 年 XX 月 XX 日起施行。

中国工程建设标准化协会

XX 年 XX 月 XX 日

前 言

根据中国工程建设标准化协会文件《关于印发〈2020年第一批协会标准制订、修订计划〉的通知》（建标协字[2020]14号）的要求，标准编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准及相关行业规范的基础上制定本标准。

本标准的主要内容包括：总则、术语和定义、基本规定、地质勘察、荷载、结构计算、明洞设计、棚洞设计、地基与基础、防水与排水、回填设计、其他工程及附录。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会归口管理，由四川省交通勘察设计院有限公司负责解释。在执行过程中，如发现需要修改和补充之处，请将意见和建议寄至解释单位（四川省成都市青羊区太升北路35号，邮编：610017，E-mail：790118817@qq.com）。

主 编 单 位：四川省交通勘察设计院有限公司

参 编 单 位：大连理工大学
西南交通大学
交通运输部公路科学研究院
四川大学
北京新桥技术发展有限公司
云南省交通规划设计研究院有限公司
四川路桥建设集团股份有限公司
中铁十七局集团有限公司
四川藏区高速公路有限责任公司

主 编：袁 松

主要参编人员：王峥峥、余志祥、廖沛源、王希宝、张廷彪、谢凌志、张表志、李海清、张生、郑国强、李杰、路为、陈渤、贾佳欣、王安民、白国权、陈二平、冀荣华、黎良仆、张文居、魏记承、周威锦、周科、冉弥、甘立松

主 审：李玉文

参与审查人员：

目 次

1 总则 6

2 术语和定义 2

3 基本规定 3

4 地质勘察 9

 4.1 一般规定 9

 4.2 勘察内容与要求 10

 4.3 资料要求 10

5 荷载 12

 5.1 一般规定 12

 5.2 荷载计算 13

 5.3 荷载组合 14

6 结构计算 17

7 明洞设计 19

 7.1 一般规定 19

 7.2 拱形明洞 19

 7.3 矩形明洞 20

 7.4 明洞构造要求 21

8 棚洞设计 23

 8.1 一般规定 23

 8.2 半拱形棚洞 23

 8.3 门形棚洞 24

9 地基与基础 26

 9.1 一般规定 26

 9.2 地基处理 26

 9.3 基础设计 26

9.4 地基与基础防护.....	28
9.5 路基加宽.....	29
10 防水与排水	31
10.1 一般规定.....	31
10.2 防水.....	31
10.3 排水.....	32
10.4 截水.....	33
11 回填设计	34
12 其他工程	36
附录 A 落石冲击动能计算方法	37
附录 B 明洞与棚洞侧压力计算方法	38
附录 C 落石冲击力计算方法及计算案例	41
C.1 落石冲击力计算方法	41
C.2 计算案例	41
附录 D 雪崩冲击力计算方法	44
附录 E 水（泥）石流流体整体、水（泥）石流中大块石冲击力计算方法	45
附录 F 明洞与棚洞荷载-结构模型计算简图	46
F.1 路堑式拱形明洞计算简图	46
F.2 单压整体式拱形明洞	46
F.3 单压分离式拱形明洞	47
F.4 矩形明洞	47
F.5 半拱形棚洞.....	47
F.6 门形棚洞.....	49

1 总则

1.0.1 **【制订目的】**为规范公路明洞与棚洞工程的勘察、设计，制定本标准。

1.0.2 **【适用范围】**本标准适用于各等级公路独立设置的钢筋混凝土明洞与棚洞工程。

条文说明

隧道洞口段接长的明洞与棚洞建筑限界应与隧道保持一致，结构设计可参照本标准执行。

1.0.4 **【结构总要求】**明洞与棚洞结构应安全、耐久，方便维修和养护。

1.0.5 **【环保要求】**明洞与棚洞应符合环境保护的要求。

1.0.6 **【与相关规范关系】**明洞与棚洞勘察、设计除应符合本标准外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和定义

2.0.1 明洞 open-cut tunnel

用明作法修建的封闭式整体结构。

2.0.2 矩形明洞 rectangle open-cut tunnel

断面形式为矩形的明洞。

2.0.3 拱形明洞 arch open-cut tunnel

断面形式为拱形的明洞。

2.0.4 棚洞 shed tunnel

用明作法修建的棚式结构。

2.0.5 门形棚洞 portal shed tunnel

断面形式为门形的棚洞。

2.0.6 半拱形棚洞 half-arch shed tunnel

断面形式为半拱形的棚洞。

3 基本规定

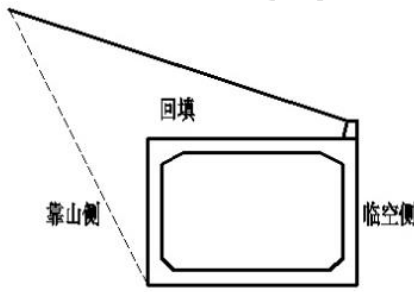
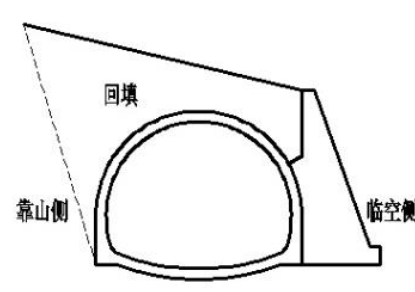
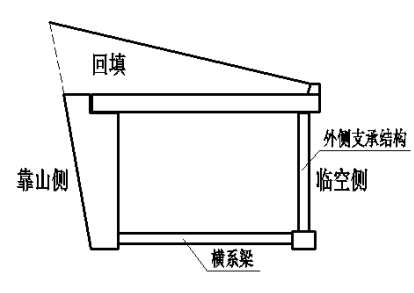
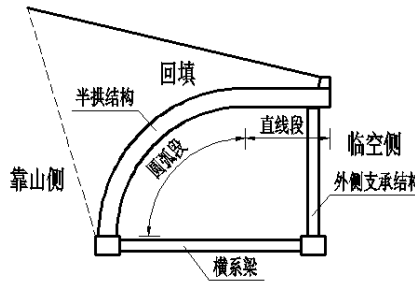
3.0.1【分类】明洞与棚洞可按照断面形状、功能作用分类，满足表 3.0.1 的规定。

表 3.0.1 明洞与棚洞分类

分类标准	明洞	棚洞
断面形状	拱形明洞、矩形明洞、异形明洞	半拱形棚洞、门形棚洞、异形棚洞
功能作用	防落石明洞、渡水（泥）石流明洞、抗滑明洞、防雪明洞等	防落石棚洞、渡水（泥）石流棚洞、抗滑棚洞、防雪棚洞等

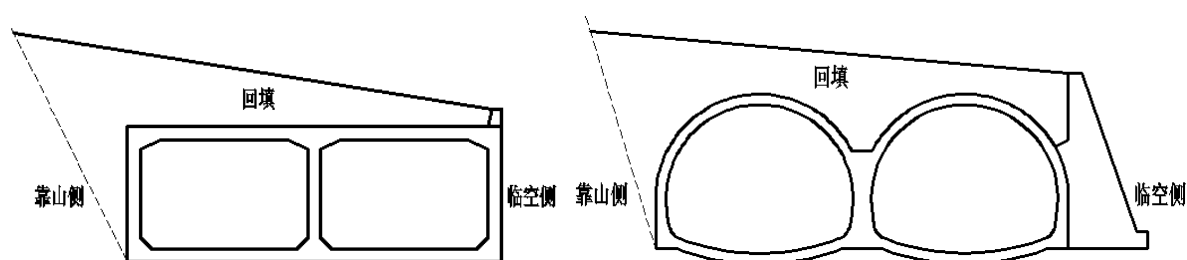
条文说明

1. 按断面形状分类便于设计选型，按功能作用分类便于养护采取针对性措施。
 2. 异形明洞、异形棚洞主要指断面形状不规则的结构，例如倒 L 型的悬臂结构等。
- 矩形、拱形断面为工程中常见的断面形式，结构详见下表。

	矩形明洞	拱形明洞
明洞		
	门形棚洞	半拱形棚洞
棚洞		

3. 当高速公路及一级公路整体式路基段双幅均需设置明洞或棚洞时，一般采用双孔

分幅布置。



双孔明洞断面示意图

3.0.2 【设防标准】明洞与棚洞设计应提出设防标准的要求。高速公路及一级公路上的明洞与棚洞设防标准应按勘察报告提出的最大灾害荷载乘以 1.2，二级公路、三级公路及四级公路上的明洞与棚洞设防标准可取勘察报告提出的最大灾害荷载。

条文说明

1. 灾害荷载指落石、雪崩、水（泥）石流等在明洞与棚洞顶回填顶面产生的冲击力。

3.0.3 【总体设计原则】明洞与棚洞总体设计应满足以下原则：

- 1 明洞与棚洞的设置，应根据总体设计需求，与路基边坡防护、路线绕避等方案比选论证。
- 2 应根据地形地质、周边环境等条件，结合功能需求，合理确定明洞或棚洞的位置、结构形式。
- 3 明洞与棚洞用于公路边斜坡防护工程时，宜根据防护要求与其他工程措施配合使用。

条文说明

1. 方案比选论证应加强对地质、水文等相关资料的收集并预判灾害的发展趋势。在不同的设计阶段，应根据工作深度的要求，采用定性与定量相结合的方式充分比选论证。

2. 明洞与棚洞选型需综合考虑以下因素：抗冲击性能、地形条件、基础条件、环境协调、经济、方便施工及养护。

(1) 抗冲击性能由好至差依次为：拱形明洞、矩形明洞、矩形棚洞、半拱形棚洞。

(2) 地形条件主要考虑设置明洞与棚洞的段落一般地形陡峻，如果结构宽度越小，填挖就越小，对自然坡面扰动就越少，反之，结构宽度越大，易造成较高的挖方或填方，进而带来次生灾害。相同情况下结构宽度由小到大为：矩形明洞、矩形棚洞、半拱形棚洞、拱形明洞。

(3) 不同结构类型对基础要求差异较大。矩形明洞基底应力较均匀，对基底承载能力及基础宽度要求最低。拱形明洞外侧需要足够基础宽度设置侧墙，侧墙墙趾应力往往较大。矩形棚洞与半拱形棚洞外侧立柱基础通常需要设置桩基础。

3. 通常滑坡地段不宜修建明洞与棚洞，但若采取综合处治措施能确保明洞与棚洞结构安全稳定时，可修建抗滑明洞或棚洞，其构造应确保滑坡体稳定和明洞与棚洞安全。

4. 常见的其他工程措施主要有清除危岩、设置主动网、被动网、拦石墙、抗滑桩、引流槽等。

3.0.4 【线形要求】明洞与棚洞线形设计应满足下列要求：

1 明洞与棚洞平面线形、纵断面线形应结合地形、地质和路线走向等因素，并考虑行车安全、施工作业和排水等要求确定。

2 明洞与棚洞内每条车道的视距均应符合现行《公路路线设计规范》(JTG D20) 的视距要求。设置检修道或人行道时，计算保证视距采用的侧向宽度值应包含该部分宽度。

3 高速公路及一级公路整体式路基段中央分隔带宽度不满足明洞或棚洞结构所需空间时，左右幅路线应进行分线设计。

条文说明

1. 一般设置明洞与棚洞路段的地形地质条件较差，路线采用较高的线形指标较为困难。再者明洞与棚洞长度较短，且大多外侧有开孔，其通视条件较好。故本条不规定明洞与棚洞具体线形指标要求，其满足公路平纵线形要求即可，但应加强线形诱导设施，保证运营安全。

2. 明洞与棚洞视距核查应注意平面及纵面视距均应满足要求。

3.0.5 【建筑限界】明洞与棚洞建筑限界应按照与路基同宽的原则进行设计，并满足以下要求：

1 高速公路、一级公路整体式路基段，明洞与棚洞建筑限界应按照图 3.0.5.1 所示进行设计，宽度应符合表 3.0.5.1 的规定。

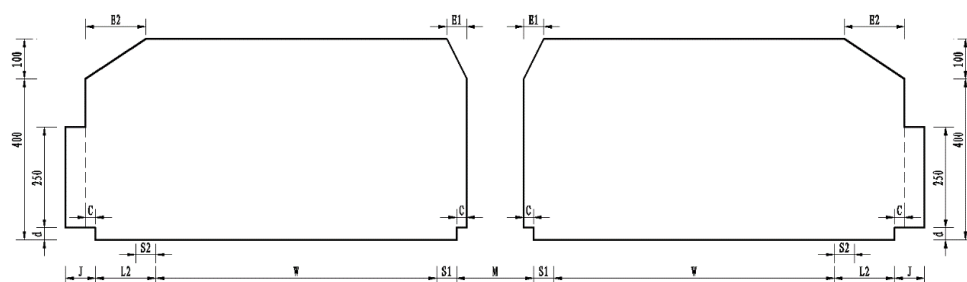


图 3.0.5.1 高速公路、一级公路整体式路基段明洞与棚洞建筑限界 (cm)

W-行车道宽度；S₁-左侧路缘带宽度；L₂-右侧硬路肩宽度；S₂-右侧路缘带宽度；C-余宽；J-检修道宽度；E₁-建筑限界左顶角宽度，当S₁+C<1m时，E₁=S₁+C，当S₁+C>1m时，E₁=1m；E₂-建筑限界右顶角宽度，当L₂≤1m时，E₂=L₂，当

L2>1m时，E₂=1m；d-检修道高度；M-中央分隔带宽度。

表 3.0.5.1 高速公路、一级公路整体式路基段单幅明洞与棚洞建筑限界横断面

单位：m

设计速度 (km/h)	车道宽度 W	左侧路缘带宽度 S ₁	右侧硬路肩宽度 L ₂	余宽 C	检修道宽度 J	建筑限界 净宽
120	3.75×2	0.75	3.00	0.50	1.00	12.75
100	3.75×2	0.75	3.00	0.25	0.75	12.25
80	3.75×2	0.50	3.00 (1.50)	0.25	0.75	12.00 (10.50)
60	3.50×2	0.50	0.75	0.25	0.75	9.25

左侧路缘带宽度及右侧硬路肩宽度应与路基保持一致。

左侧路缘带宽度及右侧硬路肩宽度为《公路路线设计规范》（JTG D20）中所规定的一般值，括号内数值为集散功能一级公路采用值，括号外数值为干线功能一级公路及高速公路采用值。

2 高速公路、一级公路分离式路基段，明洞与棚洞建筑限界应按照图 3.0.5.2 所示进行设计，宽度应符合表 3.0.5.2 的规定。

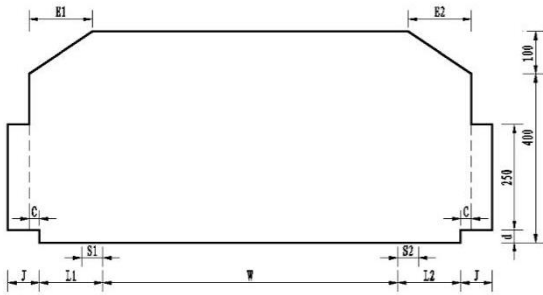


图 3.0.5.2 高速公路、一级公路分离式路基段明洞与棚洞建筑限界 (cm)

W-行车道宽度；L₁-左侧硬路肩宽度；S₁-左侧路缘带宽度；L₂-右侧硬路肩宽度；S₂-右侧路缘带宽度；C-余宽；J-检修道宽度；E₁-建筑限界左顶角宽度，当L₁≤1m时，E₁=L₁，当L₁>1m时，E₁=1m；E₂-建筑限界右顶角宽度，当L₂≤1m时，E₂=L₂，当L₂>1m时，E₂=1m；d-检修道高度。

表 3.0.5.2 高速公路、一级公路分离式路基段明洞与棚洞建筑限界横断面

单位：m

设计速度 (km/h)	车道宽度 W	左侧硬路肩宽度 L ₁	右侧硬路肩宽度 L ₂	余宽 C	检修道宽度 J	建筑限界 净宽
120	3.75×2	1.25	3.00	0.50	1.00	13.75
100	3.75×2	1.00	3.00	0.25	0.75	13.00
80	3.75×2	0.75	3.00 (1.50)	0.25	0.75	12.75 (11.25)
60	3.50×2	0.75	0.75	0.25	0.75	10.00

左侧路缘带宽度及右侧硬路肩宽度应与路基保持一致。

左侧路缘带宽度及右侧硬路肩宽度为《公路路线设计规范》（JTG D20）中所规定的一般值，括号内数值为集散功能一级公路采用值，括号外数值为干线功能一级公路及高速公路采用值。

3 二级公路、三级公路及四级公路，明洞与棚洞建筑限界应按照图 3.0.5.3 所示进行设计，宽度应符合表 3.0.5.3 的规定。

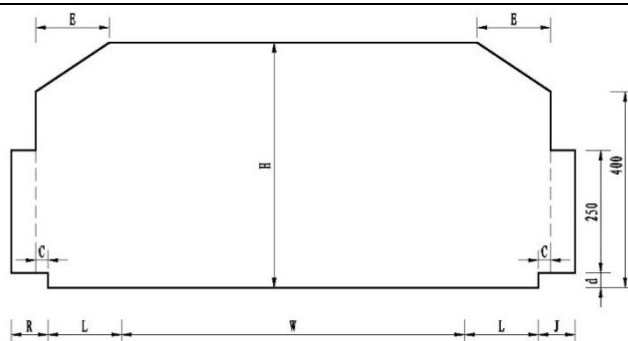


图 3.0.5.3 二、三、四级公路明洞与棚洞建筑限界 (cm)

H-建筑限界高度，二级公路时H=5m，三、四级公路时H=4.5m；W-行车道宽度；L-二级公路时为硬路肩宽度，三、四级公路时为侧向宽度；C-余宽；R-人行道宽度；E-建筑限界顶角宽度，当 $L \leq 1\text{m}$ 时， $E=L$ ，当 $L > 1\text{m}$ 时， $E=1\text{m}$ ；d-人行道高度。

表 3.0.5.3 二、三、四级公路明洞与棚洞建筑限界横断面

单位：m

设计速度 (km/h)	车道宽度 W	侧向宽度 L	余宽 C	人行道宽度 R	建筑限界 净宽
80	3.75×2	1.50	0.25	1.00	12.50
60	3.50×2	0.75	0.25	1.00	10.50
40	3.50×2	0.50	0.25	0.75	9.50
30	3.25×2	0.25	0.25	0.75	8.50
20	3.25×2	0.50	0.25		7.50

条文说明

1. 明洞与棚洞建筑限界参照《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1)执行，当侧向宽度比所在公路的硬路肩宽度小时，明洞与棚洞的侧向宽度按硬路肩宽度取值。

2. 通常情况下，明洞与棚洞长度较短，将高速公路、一级公路及二级公路明洞与棚洞的侧向宽度按路基段硬路肩宽度取值，增加工程投资有限，但更有利于洞内外路基衔接，保证行车安全。

3.0.6 【内轮廓】明洞与棚洞内轮廓净空断面应符合下列要求：

- 1 满足建筑限界所需空间，并预留不小于 100mm 的富余量。
- 2 满足洞内装饰所需空间。
- 3 满足照明、消防、监控、指示标志的交通工程及附属设施所需空间。
- 4 明洞与棚洞位于曲线加宽过渡段时，内轮廓除应符合本条第 1~3 款的规定外，还应符合下列规定：

- 1) 同一座拱形明洞宜采用相同的内轮廓。

-
- 2) 同一座矩形明洞或门形棚洞应采用相同的内轮廓高度，宽度宜采用渐变过渡。
 - 3) 同一座半拱形棚洞应采用相同的内轮廓高度，宽度应在内轮廓的直线段过渡，圆弧段宜保持不变。
 - 4) 内轮廓宽度突变时，人行道或检修道应渐变过渡。

条文说明

1. 明洞与棚洞内轮廓与建筑限界之间的富余量需考虑路面加铺、结构加固不侵限、原位修复时需要的作业空间、保通等因素。

2. 同一座半拱形棚洞存在两种及以上宽度时，为了便于现场施工，减少模板尺寸，设计上通常不调整圆弧段尺寸，采用调整直线段长度 L 来达到不同的半拱形棚洞宽度。

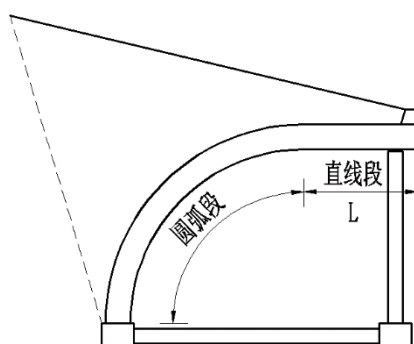


图 3.0.5 半拱形棚洞断面示意图

4 地质勘察

4.1 一般规定

4.1.1【勘察内容】明洞与棚洞地质勘察应着重查明斜坡地质灾害发育特征与场地地质情况，为明洞与棚洞设计提供全面、详实的地质资料。

4.1.2【一般性勘察要求】地质勘察应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)的有关规定，并且应开展地质灾害历史调查及对发展趋势进行分析评价。危岩崩塌、泥石流与雪崩等斜坡地质灾害勘察应提出设计基准期内灾害发生时作用于明洞与棚洞的最大荷载标准值。

条文说明

工程实践中，明洞与棚洞多应用于防护危岩崩塌、泥石流与雪崩等斜坡地质灾害，其中尤以危岩崩塌最多。本标准结合明洞与棚洞设计需要，对该三项地质灾害的勘察内容和资料要求做了补充，其一般勘察要求应符合《公路工程地质勘察规范》(JTG C20)的有关规定。

4.1.3【既有路增设明棚洞】既有公路增设明洞与棚洞时，应对既有路基勘察。

4.1.4【四新应用】高位斜坡地质灾害勘察宜积极采用无人机、倾斜摄影、激光雷达等先进勘察方法。

条文说明

无人机、倾斜摄影、激光雷达的先进设备在近年内地震、洪灾诱发地质灾害应急抢险中得到了大量应用，较好的解决了高位危岩人员无法抵近调查、地表调查视野受限、地表植被干扰的问题。

4.2 勘察内容与要求

4.2.1【工可勘察】 工可勘察应以收集资料和工程地质调绘为主，辅以必要的勘探手段，初步查明斜坡地质灾害的类型、性质、分布及发育规律。评价灾害威胁程度，为明洞或棚洞选址提供地质资料。

条文说明

工可阶段地质工作主要为明洞与棚洞防灾选址服务，满足斜坡灾害评估、明洞与棚洞方案确定的需要。

4.2.2【初步勘察】 初步勘察应根据现场地形地质条件，结合拟定的总体布置、结构类型、基础形式等确定勘察方案，基本查明各方案明洞与棚洞场地的工程地质、水文地质条件，为初步选定明洞与棚洞位置、设计方案、基础方案和编制初步设计文件提供工程地质依据。

4.2.3【详细勘察】 详细勘察应在施工图设计方案和初步勘察成果基础上，有针对性地进行工程地质勘察工作，进一步查明场地工程地质条件，查明斜坡病害的类型、规模、稳定性、威胁程度及发展趋势，查明临河明洞与棚洞河床岸坡稳定性。

条文说明

详勘根据已批准的初步设计文件所确定的修建原则、技术要求，在施工图设计方案和初步勘察成果基础上，有针对性地进行工程地质勘察工作，进一步查明场地工程地质条件，为编制施工图设计文件，提供准确、完整的工程地质资料。

4.3 资料要求

4.3.1【崩塌落石勘察资料要求】 崩塌落石勘察成果资料应满足下列要求：

- 1 根据崩塌岩堆调绘确定落石威胁影响范围，提出明洞或棚洞布置位置、长度建议。有条件时宜采用落石运动数值模拟软件计算落石运动轨迹，可取最大包络范围作为落石威胁影响范围。
- 2 根据危岩、岩堆调查提出落石的块径标准值。
- 3 提供落石计算最不利剖面的工程地质断面图。
- 4 计算拟设明洞或棚洞处落石冲击动能与冲击速度。

条文说明

落石块径、落石冲击动能是计算落石冲击力的关键指标，勘察应根据调绘、勘探与计算情况提出建议值。落石冲击动能可采用本标准附录 A 的方法或落石运动数值模拟软件计算。

目前国内外常用的落石运动数值模拟软件主要为 RAMMS-ROCKFALL。该软件可以计算出落石在三维空间中的运动轨迹，包括高度、速度、旋转速度、总动能和接触冲击力。ROCKFALL 软件采用刚体力学，可以明确描述任意三维多面体，可以生成不同实际地质背景下产生的落石的形状、大小等情况，从而更接近于岩石坠落的运动行为的真实情况的模拟。

4.3.2【泥石流勘察资料要求】泥石流勘察成果资料应提出拟设明洞或棚洞处泥石流过流流量、流速等参数。

条文说明

泥石流流过流时，对明洞与棚洞结构的作用为流体自重、侧向静压力、纵向动摩擦力。地质勘察应提供相应的计算参数。

4.3.3【雪崩勘察资料要求】雪崩勘察成果资料应满足下列要求：

- 1 雪崩勘察应重点查明雪崩的分布、类型、规模、堆积范围。
- 2 评价雪崩对拟建公路的威胁程度，提出明洞或棚洞选址建议。

5 荷载

5.1 一般规定

5.1.1 【荷载分类】作用在明洞与棚洞结构之上的荷载应按表 5.1.1 分类。

表 5.1.1 明洞与棚洞结构上的荷载分类

编号	荷载分类	荷载名称
1	永久荷载	土压力（顶部设计回填荷载、内边墙土压力）
2		结构自重
3		结构附加恒载（设备自重荷载）
4		混凝土收缩和徐变的影响力
5		水压力
6		水的浮力
7		地面永久建筑荷载影响力
8		结构基础变位影响力
9	可变荷载	通过明（棚）洞内的公路车辆荷载、人群荷载
10		立交公路车辆荷载及其所产生的冲击力、土压力
11		立交铁路列车活载及其所产生的冲击力、土压力
12		立交渡槽流水或泥石流压力
13		温度变化的影响力
14		冻胀力
15		施工荷载
16		风荷载
17		雪荷载
18	偶然荷载	落石冲击力
19		地震作用力
20		雪崩冲击力
21		汽车撞击力
22		水（泥）石流冲击力

5.1.2 作用在明洞与棚洞支护结构上的荷载应根据其所处的地形条件、地质条件、结构特征、工作条件、施工方法、周边环境等因素综合确定。在施工和实地量测中发现与实际不符时，应及时修正。

5.2 荷载计算

5.2.1 【永久荷载标准值】永久荷载的标准值计算应符合以下规定：

1 土体垂直压力应根据《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1)中明洞设计荷载的计算方法计算。

2. 土体侧压力计算应根据不同条件，分别按无限土体和有限土体两种不同方法进行计算。侧压力系数可按本标准附录B的方法计算。

3. 结构自重、结构附加恒载、混凝土收缩和徐变的影响力、水压力、水的浮力、地面永久建筑荷载影响力均应按照《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1)及《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)的相关规定计算；

4. 钢筋混凝土棚洞外侧支承结构采用刚架结构，且刚架结构的基础未同时落于稳定基岩时，应考虑基础变位影响力。

条文说明

基础变位影响力其相对变位计算值主要受地层情况、加固情况等影响，结构计算时应综合考虑各种因素，其相对变位值可选取 1cm~5cm。

5.2.2 【可变荷载标准值】可变荷载的标准值计算应符合以下规定：

1. 立交公路、铁路车辆车载及其产生的冲击力、土压力计算方法，应根据《公路桥涵设计通用规范》(JTG D60)的相关规定计算。

2. 立交渡槽流水或泥石流压力、温度变化的影响力、冻胀力、施工荷载应根据《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》(JTG 3370.1)及《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)的相关规定计算。

3. 风荷载、雪荷载应根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009)的相关规定计算。

5.2.3 【偶然荷载标准值】偶然荷载的标准值计算应符合以下规定：

1 明洞与棚洞若为防护落石及崩塌而设置，则应考虑落石冲击荷载。落石冲击荷载的作用可按本标准附录 C 的方法计算。

2 地震荷载应根据明（棚）洞抗震设防烈度下的地震动参数进行计算。抗震计算可采用拟静力法。地震荷载可按照《公路隧道设计细则》(JTG/T D70)的相关规定计算。

3 雪崩冲击力计算可采用经验公式计算,按本标准附录 D 的方法计算。调查资料不足时,也可采用三维数值分析软件计算雪崩流速和速度、堆积范围。

4 汽车撞击力设计值在车辆行驶方向应取 1000kN,在车辆行驶垂直方向应取 500kN,两个方向的撞击力不同时考虑。撞击力应作用于行车道以上 1.2m 处,直接分布于撞击涉及的构件上。

5 水(泥)石流流体整体、水(泥)石流中大块石对明棚洞洞顶冲击力可按本指南附录 E 的方法计算。

条文说明

1. 现行的《公路隧道设计细则》(JTG/T D70--2010)中参考《铁路工程设计技术手册·隧道》的方法,在 12.3.7 条给出了基于冲量定理的落石冲击力计算方法,该方法在隧道工程师使用过程中存在如下几点疑问:1. 冲量定理求得为落石平均冲击力,远小于冲击过程中产生的最大冲击力;2. 该方法计算出的冲击时间过长,如缓冲土层厚度为 8m 时,计算得到冲击历时为 2.78s,导致落石冲击力竟小于落石本身重力。日本道路公团提供的落石冲击计算方法是基于半经验半理论方法,该方法参数获取容易,计算值与试验值吻合较好。通过广泛调研,国内外众多学者也以日本道路公团法作为各自提出方法的参考值,故本规则参考该方法。

2. 雪崩冲击是一种散粒体冲击,其运动轨迹依赖于地形地貌,采用三维数值分析方法可以较好的获得雪崩运动轨迹及运动特征。常用的雪崩计算软件有瑞士 Ramms_avalanche 雪崩动态数值模拟软件,该软件可基于三维数字地形模型计算雪崩流速和速度。使用 GIS 类型绘图功能可以轻松地指定单个或多个发布区域。用户可以获得模拟的有用的概览信息,包括发布区域(平均斜率、总容量)、流量行为(最大流量和高度)和停止行为(质量流量)的重要信息。

3. 对设有防撞设施的结构构件,可视防撞设施的防撞能力,对汽车撞击力设计值予以折减,但折减后的汽车撞击力设计值不应低于上述规定值的 1/6。

5.3 荷载组合

5.3.1 明洞与棚洞结构设计应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用状态分别进行荷载(效应)组合,并应取各自的最不利的效应组合进行设计。

5.3.2 对于承载能力极限状态,应按荷载效应的基本组合或偶然组合进行荷载(效应)组合,并应采用下列设计表达式进行设计:

$$\gamma_0 S \leq R$$

(式 5.3.2)

式中： γ_0 ——结构重要性系数；对于安全等级为一级或设计使用年限为 100 年及以上的明洞与棚洞结构，不应小于 1.1；对于安全等级为二级或使用年限为 50 年的不应小于 1.0；对安全等级为三级或设计使用年限为 5 年以下的不应小于 0.9；抗震设计中，不考虑结构构件的重要性系数；

S——荷载效应组合的设计值；

R——结构构件抗力的设计值。

5.3.3 对基本组合，荷载效应组合的设计值 S 应从下列组合值中取最不利值确定：

1 由可变荷载效应控制的组合：

$$S = \gamma_G S_{GK} + \gamma_{Q1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (\text{式 5.3.3-1})$$

2 由永久荷载效应控制的组合：

$$S = \gamma_G S_{GK} + \sum_{i=1}^n \gamma_{Qi} \psi_{ci} S_{Qik} \quad (\text{式 5.3.3-2})$$

式中： γ_G ——永久荷载的分项系数，由可变荷载效应控制时，当其效应对结构不利时，应取 1.2，对结构有利时，一般情况下应取 1.0，对结构的倾覆、滑移验算应取 0.9；当由永久荷载效应控制时，应取 1.35，参与组合的仅限于竖向荷载。

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数，其中 γ_{Q1} 为可变荷载 Q1 的分项系数，一般情况下取 1.4；

S_{GK} ——按永久荷载标准值 Gk 计算的荷载效应值；

S_{Q1k} ——按可变荷载标准值 Q1k 计算的荷载效应值，其中 S_{Q1k} 为诸可变荷载效应中起控制作用者；

ψ_{ci} ——可变荷载 Qi 的组合值系数，应按照《建筑结构荷载规范》(GB 50009) 的规定取值，若无明确规定时可取 1.0；

n ——参与组合的可变荷载数。

注1：基本组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线型的情况。

注2：当对 S_{Q1k} 无法明显判断时，轮次以可变荷载效应为 S_{Q1k} ，选其中最不利的荷载效应组合。

5.3.4 对于偶然组合，荷载效应组合的设计值宜按下列规定确定：

1 偶然荷载的标准值一般不乘分项系数；当两个或两个偶然荷载关联性强，极有可能同时或先后发生时，可以考虑其相互作用。

2 与偶然荷载同时出现的其他荷载可根据观测资料和工程经验采用适当的标准值。

条文说明

偶然荷载的确定主要依据主观判断和工程经验，不是基于统计分析，因而设计表达式中不再考虑荷载分项系数，一般直接采用标准值为设计值。

偶然事件属于小概率事件，两种不相关的偶然事件同时发生的概率更小，所以对于不相关的偶然事件不必同时考虑两种偶然荷载。对于明洞与棚洞而言，由地震而引起的一系列次生灾害（例如雪崩、落石冲击等）同时发生的概率较大，因此宜考虑地震荷载叠加落石冲击荷载（或雪崩冲击荷载）进行荷载组合。

5.3.5 对于正常使用极限状态，应根据不同设计要求，采用荷载的标准组合、频遇组合或准永久组合，并按下列设计表达式进行设计：

$$S_d \leq C$$

式中：C——结构或结构构件达到正常使用要求的规定限值，例如变形、裂缝等。

1 标准组合

$$S = S_{Gk} + S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Qik}$$

2 频遇组合

$$S = S_{Gk} + \psi_{f1} S_{Q1k} + \sum_{i=2}^n \psi_{qi} S_{Qik}$$

式中： ψ_{f1} ——可变荷载 Q_1 的频遇值系数，应按照《建筑结构荷载规范》（GB 50009）的规定取值。

ψ_{qi} ——可变荷载 Q_i 的准永久值系数，应按照《建筑结构荷载规范》（GB 50009）的规定取值。

3 准永久组合

$$S = S_{Gk} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Qik}$$

5.3.6 当采用综合安全系数法进行结构强度校核时，各类荷载的安全系数均应取 1。

6 结构计算

6.0.1 明洞与棚洞结构宜采用荷载结构模型进行结构内力计算及强度校核，各类型明洞与棚洞计算简图可按本标准附录 F 的建议方法计算。

条文说明

根据荷载计算要求，落石冲击力转换为静力问题进行分析，有条件情况下宜开展动力计算。

6.0.2 当采用承载能力极限状态计算时，应根据明洞与棚洞结构内力计算结果，按照《混凝土结构设计规范》（GB 50010）的规定开展正截面承载能力计算、斜截面承载能力计算、受冲切承载力计算。

6.0.3 当采用正常使用极限状态计算时，应据明洞与棚洞结构内力计算结果，按照《建筑结构荷载规范》（GB 50009）的规定开展裂缝宽度计算、受弯构件挠度计算。

6.0.4 明洞与棚洞靠山侧回填土石，应按照《公路路基设计规范》（JTG D30）的规定开展明洞与棚洞整体抗滑稳定性验算、抗倾覆稳定性验算。

条文说明

明洞与棚洞若为防护落石及崩塌而设置，落石冲击力与落石质量、下落高度、回填层物理性质、垫层厚度密切相关，宜按结构所能承受的荷载按承载能力限状态和正常使用极限状态分别提出设防标准。

6.0.5 明洞与棚洞施工过程中存在受力转换时，设计应提出施工措施并验算施工阶段的稳定性及强度。

6.0.6 明洞计算应遵循以下规定：

- 1 明洞设计应采用以极限状态设计的分项系数法为主的设计方法。
- 2 明洞结构采用荷载-结构法求解时，顶板、底板及侧墙宜按弹性地基梁考虑，弹性抗力系数应根据实际回填层或实际地层情况测定，无实测资料时，可按现行《公路隧道设

计规范》(JTG D70) 选取。

3 明洞结构整体现浇时, 可不考虑边墙和底板相交处的水平位移, 仅仅产生竖向位移和转角。

4 当矩形明洞外侧无开孔时, 近似简化成平面问题进行考虑, 宜取偶然荷载(落石冲击荷载、雪崩冲击荷载等)作用范围作为计算区域节段长度进行结构内力计算; 当矩形明洞外侧开孔时, 应按空间问题进行计算, 为计算方便可采用刚度等效的方法简化为平面问题进行考虑。

条文说明

明洞与棚洞若为防护落石及崩塌、雪崩而设置, 落石冲击荷载与雪崩冲击荷载通过明洞与棚洞顶部回填缓冲层按一定的扩散角进行扩散作用于明洞与棚洞顶板, 计算长度应取扩散范围长度进行结构内力计算。

6.0.7 棚洞计算应遵循以下规定:

1 棚洞设计应采用以极限状态设计的分项系数法为主的设计方法, 宜根据结构特点分解为各个构件进行单独计算。

2 棚洞结构采用荷载-结构法求解时, 顶部结构、内侧支承结构宜按弹性地基梁考虑, 弹性抗力系数应根据实际回填层情况测定, 无实测资料时, 可按现行《公路隧道设计规范》(JTG D70) 选取。

3 棚洞顶部结构和内侧支承结构、外侧支承结构铰接时, 顶部结构按简支结构的平面梁板计算, 当顶部结构和内侧支承结构、外侧支承结构刚性连接时, 顶部结构按端头固结的平面梁板计算。

4 为计算方便, 棚洞结构可近似简化成平面问题进行考虑, 宜取偶然荷载(落石冲击荷载、雪崩冲击荷载等)作用范围作为计算区域节段长度进行结构内力计算。

7 明洞设计

7.1 一般规定

7.1.1 明洞应采用带仰拱或底板的整体式钢筋混凝土结构。

7.1.2 明洞沿路线纵向连续布置，当明洞位于地质变化较大地段时，应设置变形缝。

条文说明

拱形明洞变形缝的设置应结合地质情况确定，一般情况下，石质地基变形缝间距宜为 20m~30m，土质地基变形缝间距宜为 10m~20m。矩形明洞应纵向分段，每个节段长度 9m~20m；同一座明洞或同一个项目，纵向节段长度类型不宜太多，1~2 种为宜。

7.2 拱形明洞

7.2.1 拱形明洞衬砌截面尺寸应根据地形、地质条件和荷载情况，经结构验算后确定，并充分考虑施工对交通的影响。

条文说明

根据多个项目的实践经验，不同冲击能级下拱形明洞净跨度与衬砌厚度参考值见下表。设计过程中可根据具体的边界条件，通过计算确定。

表 7.2.1 拱形明洞净跨度与衬砌厚度参考值

冲击能级 (kJ)	净跨度 L (m)	最小覆土厚度 h(m)	衬砌最小厚度 t (m)	配筋率
1000	$7 \leq L < 9$	2	0.5	2%
	$9 \leq L < 11$	2	0.6	
	$11 \leq L < 13$	2	0.7	
2000	$7 \leq L < 9$	3	0.6	2%
	$9 \leq L < 11$	3	0.7	
	$11 \leq L < 13$	3	0.8	
3000	$7 \leq L < 9$	3.5	0.7	2%
	$9 \leq L < 11$	3.5	0.8	
	$11 \leq L < 13$	3.5	1	

7.2.2 拱形明洞衬砌可采用等截面或变截面。

条文说明

当衬砌采用变截面时，拱脚厚度一般为拱顶厚度的1倍~1.5倍。

7.2.3 拱形明洞侧墙应符合下列规定：

- 1 一般与衬砌按分离式结构设计。
- 2 当地形条件受限时，侧墙可与衬砌联合设置。
- 3 截面尺寸应通过计算确定。

条文说明

拱形明洞侧墙尺寸顶宽一般不小于0.6m，外侧斜率不小于1:0.25，并设置宽0.5m~1m、高0.5m~1m的墙趾。分离式侧墙受力体系简单明确，整体式侧墙与衬砌形成整体钢筋混凝土结构，可减小侧墙尺寸，但是受力较复杂，有条件时宜优先采用分离式侧墙结构。

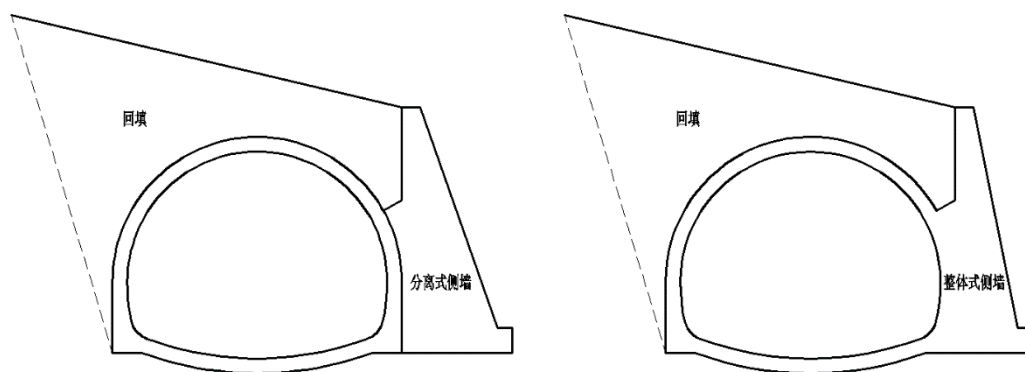


图 7.2.3 分离式侧墙与整体式侧墙图示

7.3 矩形明洞

7.3.1 矩形明洞的布置宜根据加宽情况优先采用连续渐变的布置方式；若条件受限时也可采用突变的布置方式，相邻两节段之间的突变宽度不宜过大，一般不超过明洞衬砌厚度。

7.3.2 矩形明洞框架截面尺寸应根据地形、地质条件和荷载情况，经结构验算后确定，并充分考虑施工对交通的影响。

条文说明

1. 根据多个项目的实践经验，不同冲击能级下矩形明洞净跨度与衬砌厚度参考值见下表。

表 7.3.2 矩形明洞净跨度与衬砌厚度参考值

冲击能级 (kJ)	净跨度 L (m)	最小覆土厚度 h(m)	衬砌最小厚度 t (m)	配筋率
1000	$7 \leq L < 9$	2	0.7	2%
	$9 \leq L < 11$	2	0.8	
	$11 \leq L < 13$	2	0.9	
2000	$7 \leq L < 9$	3	0.8	2%
	$9 \leq L < 11$	3	0.9	
	$11 \leq L < 13$	3	1.0	
3000	$7 \leq L < 9$	3.5	0.9	2%
	$9 \leq L < 11$	3.5	1.1	
	$11 \leq L < 13$	3.5	1.3	

2. 当矩形明洞跨度过大，衬砌过厚时，还可以考虑采用预应力钢筋混凝土结构，以减小衬砌厚度，提高结构承载能力。

7.3.3 矩形明洞框架内侧四个角点位置宜设置倒角。

7.3.4 泥石流或大规模崩塌发育段落矩形明洞侧墙不宜开孔。

条文说明

明洞侧墙开孔，泥石流或大规模崩塌易通过孔洞倒灌明洞内，影响行车安全。

7.3.5 明洞侧墙开孔宜根据刚度等效原则适当加厚侧墙，开孔后应确保结构整体安全性。

7.4 明洞构造要求

7.4.1 明洞结构素混凝土等级不宜低于 C25，钢筋混凝土等级不宜低于 C30。

7.4.2 钢筋混凝土构件一般最小保护层厚度为 5cm，当遇特殊环境可适当加厚，同时应符合有关规范规定的与混凝土集料最大粒径相匹配的最低要求。

7.4.3 受力钢筋宜采用 HRB400，钢筋最小直径应不小于 16mm。

7.4.4 当明洞结构设置孔洞时，孔洞周边应设置加强钢筋。

7.4.5 明洞结构表面裂缝最大宽度计算值应不大于 0.2mm，腐蚀环境较严重时不应大于 0.15mm，并应符合相关规范规定。

征求意见稿

8 棚洞设计

8.1 一般规定

8.1.1 棚洞的结构形式和构件截面尺寸应根据地形、地质条件和荷载情况，经结构验算后确定，并充分考虑施工对交通的影响。

8.1.2 棚洞结构纵向每 10~20m 应设置变形缝或沉降缝，当棚洞处于弯道时，设缝间距宜适当减小。棚洞各部件的变形缝或沉降缝应设置于同一横断面上，做到上下贯通。

8.1.3 棚洞外侧支承结构若为柱式构造时，应设置必要的防撞设施。

8.1.4 防崩塌、落石、雪崩等灾害的棚洞结构设计时，应将便于结构破坏后修复作为重要的考虑因素。

8.1.5 棚洞顶部结构构造要求按《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTG 3362) 的相关规定执行，棚洞内侧支承结构构造要求按《公路路基设计规范》(JTG D30) 的相关规定执行，其余结构构造要求参照 7.4 节执行。

8.2 半拱形棚洞

8.2.1 半拱结构应满足以下要求：

- 1 半拱结构由直线段与圆弧段组成，应采用现浇钢筋混凝土结构；
- 2 半拱结构宜采用等截面拱圈，当拱部压力或偏压较大时亦可采用变截面拱圈，其拱脚厚度一般为拱顶厚度的 1~1.5 倍；
- 3 当外侧有人行或其他要求需要形成安全空间时，可将半拱结构直线段向外延伸形成悬挑结构，悬挑结构可采用等截面或变截面断面。

8.2.2 外侧支承结构应满足以下要求：

- 1 外侧支承结构可采用墙式、柱式、刚架式结构等。
- 2 墙式结构一般采用素混凝土、片石混凝土等圬工结构；柱式及刚架式结构应采用

钢筋混凝土结构。

3 外侧支承结构与半拱结构的连接方式可采用固接连接、柱式支撑、牛腿支撑等。

8.2.3 地系梁应满足以下要求：

1 当外侧支承结构基础埋置深度超过路面以下 3 米时，应在路面以下设置横向地系梁，并锚固于内侧基础或岩体中；若外侧为立柱，还应加设纵向地系梁，加强相邻立柱连接，以提高结构稳定性；

2 地系梁一般采用钢筋混凝土结构，其断面可采用方形或矩形，最小尺寸不应小于 0.3m。

8.3 门形棚洞

8.3.1 顶部结构应满足以下要求：

1 顶部结构应采用钢筋混凝土结构，可采用预制梁、现浇板或组合结构；

2 预制梁可采用 T 形、倒 T 形、Π 形等截面，宜垂直于路线轴线均匀布置；

3 现浇板可采用平板或带肋板结构；

4 顶部结构内侧宜设置垂樨，嵌固于内侧支承结构中；

5 当棚洞段路线纵坡过大时，应验算顶部结构沿路线纵向的抗滑移稳定性。一般情况下，纵坡超过 5% 时，宜采用必要的抗滑措施。

条文说明

顶部结构抗滑措施可采用挡块、抗滑链条、锚栓等。

8.3.2 外侧支承结构应满足以下要求：

1 外侧支承结构可采用墙式、立柱式、刚架式结构等。

2 墙式外侧支承结构一般采用素混凝土、片石混凝土等圬工结构，顶面应设置钢筋混凝土顶帽，以承托棚洞顶部结构。

2 立柱式外侧支承结构应采用钢筋混凝土结构。

3 刚架式外侧支承结构一般由立柱、纵梁和横顶梁组成，应采用钢筋混凝土结构，为保证框架的稳定性，立柱、纵梁、横顶梁宜整体浇筑形成框架结构体系。

8.3.3 内侧支承结构应满足以下要求：

1 内侧支承结构一般采用挡土墙结构，若有抗滑需求时可配合抗滑桩使用。挡土墙及抗滑桩应按现行行业标准《公路路基设计规范》（JTG D30）的有关规定执行；

2 内侧支承结构顶部应设置承托并嵌固顶部结构的钢筋混凝土顶帽凹槽。

条文说明

当门形棚洞内侧也临空时，其内侧支承结构应按 8.3.2 条外侧支承结构相关要求执行。

8.3.4 地系梁要求按 8.2.3 条执行。

征求意见稿

9 地基与基础

9.1 一般规定

9.1.1【地基与基础设计内容】 明洞与棚洞地基与基础设计内容应包括地基处理、基础设计、基础防护与路基加宽。

9.1.2【地基基础设计一般要求】 公路明洞与棚洞地基岩土分类、竖向承载力验算应符合《公路桥涵地基与基础设计规范》(JTG 3363)的规定。

9.2 地基处理

9.2.1【地基处理原则】 地基处理应遵循“扶弱抑强，减小差异”的原则。

9.2.2【地基处理前置条件】 地基承载力不足或沉降过大、相邻基础存在较大沉降差可能导致结构产生附加应力时，应进行地基处理。

条文说明

不均匀地基是指明洞或棚洞地基范围内因地层岩性有所差异而存在软硬不均或软弱不均的情况，其最大的危害是引起不均匀沉降，从而导致超静定的明洞或棚洞结构变形破坏，因此需要对其进行处理。不均匀地基处理原则为“扶弱抑强”，减小相邻基础不均匀沉降。纵向地质变化较大，应在地质明显变化处设置沉降缝。

9.2.3【常用地基处理方式】 地基处理可采用换填、微型桩、复合地基等方式。

9.3 基础设计

9.3.1【基础形式】 基础形式的选择应符合下列规定：

- 1 明洞侧墙、棚洞内外侧支承结构采用连续结构时，宜采用条形基础或桩基托梁基础。
- 2 棚洞内外侧支承结构采用柱式、刚架式时，基础宜采用扩大基础或桩基础。
- 3 同一支承结构单元基础持力层应选择同一地层。

条文说明

拱形或矩形明洞一般不设置基础，因地基土不均匀或内外侧差异过大需要设置基础时，宜选择条形基础。

9.3.2 【桩基础】桩基础设计应满足下列要求：

- 1 同一支承单元应采用同一类型桩基础。
- 2 桩基础悬臂过长时，应采用纵横系梁或其他措施加强桩基础稳定性。系梁的高度宜取 0.8~1.0 倍的桩直径，宽度宜取 0.6~1.0 倍的桩直径。

条文说明

为避免棚洞外侧支承结构因差异沉降产生附加应力，同一单元的桩基础应全部采用摩擦桩或端承桩。

根据明棚洞普查资料，既有路增设明棚洞时，存在外侧桩基础悬臂较长的情况，为确保桩基础的纵横向稳定性，有必要采取系梁或其他有效措施。

9.3.3 【差异沉降】当基础位于地质情况复杂、土质不均匀、承载力较差的地基上及下卧层为压缩性较大的厚层软黏土时，或相邻基础地基差异明显而需计算沉降差时，均应计算其沉降。地基变形允许值应符合表 9.3.3 的规定。

表 9.3.3 明洞与棚洞的地基变形允许值

变形特征		地基土类别	
		中、低压缩性土	高压缩性土
相邻柱基的沉降差	框架结构	0.002L	0.003L
	当基础不均匀沉降时不产生附加应力的结构	0.005L	0.005L
单层排架结构（柱距为6m）柱基的沉降量（mm）		（120）	200

注：1 本表数值为基础地基实际最终变形允许值；

2 有括号者仅适用于中压缩性土；

3 L 为相邻柱基的中心距离（mm）。

条文说明

1 基础沉降计算应符合《公路桥涵地基与基础设计规范》（JTG 3363）的规定。

2 地基变形允许值参照《建筑地基基础设计规范》（GB50007-2011）表 5.3.4 制定。

9.4 地基与基础防护

9.4.1【设计内容】 明洞与棚洞基础防护设计内容应包括地基防风化、防冲刷，基础防冲刷、防撞击。

9.4.2【地基防风化】 地基防风化可采用加固、表面封闭等措施。

条文说明

常用的加固措施有注浆、设置支挡结构、设置锚杆锚索等。常用的封闭措施有喷锚、护面墙等。

9.4.3【地基防冲刷】 地基存在冲刷且可能影响明洞与棚洞结构安全时，应采用防冲刷措施。

条文说明

1 地基防冲刷是指明洞与棚洞结构或基础未直接受冲刷影响，但其下部地基受冲刷后可能影响明洞与棚洞结构安全时，需要对地基进行防冲刷设计。地基防冲刷的防护类型一般根据不同的防护材料分类，其防护类型及适用情况详见表 9.4.3

表 9.4.3 地基防冲刷防护类型和适用情况

防护类型	适用情况
植物防护	可用于允许流速为1.2~1.8m/s、水流方向与公路路线近似平行、不受洪水主流冲刷的季节性水流冲刷地段防护。经常浸水或长期浸水的路堤边坡，不宜采用
砌石或混凝土护坡	可用于允许流速为2~8m/s的路堤边坡防护
土工织物软体沉排、土工膜袋	可用于允许流速为2~3m/s的沿河路基冲刷防护
石笼防护	可用于允许流速为4~5m/s的沿河路堤坡脚或河岸防护
墙式护岸	可用于允许流速为5~8m/s的峡谷急流和水流冲刷严重的河段
护坦防护	可用于沿河路基挡土墙或护坡的局部冲刷深度过大、深基础施工不便的路段
抛石防护（四面体钢筋砼块、防浪四角锥、石块）	可用于经常浸水且水深较大的路基边坡或坡脚以及挡土墙、护坡的基础防护
排桩防护	可用于局部冲刷深度过大的河湾或宽浅性河流的防护
坝式防护（导流）	丁坝 可用于宽浅性河段，保护河岸或路基不受水流直接冲蚀而产生破坏

防护类型		适用情况
	顺坝	可用于河床断面较窄、基础地质条件较差的河岸或沿河路基防护，以调整流水曲度和改善流态

2 明洞与棚洞顶设置引流槽时，引流槽出口下方地基应设置防冲刷措施。

9.4.4【基础防冲刷】基础结构直接受水流冲刷时，应根据冲刷计算确定基础埋深或设置防冲刷措施。

条文说明

结构防冲刷是指在明棚洞的挡墙、桩基础等基础结构临河设置，直接受水流冲刷时，应充分考虑冲刷的影响，通过冲刷计算后确定其基础埋深，达到结构自身能防冲刷的要求。位于河流凹岸的桩基础可设置桩间挡墙。

9.4.5【基础防撞击】基础可能遭受漂石撞击时，应设置必要的防撞设施。

条文说明

洪水期水流迅速，表层漂卵石随水流流动可能撞击基础，独立桩基础不设桩间墙时，应开展防撞设计。

9.5路基加宽

9.5.1【加宽需求】既有路基宽度不满足设置明洞与棚洞需求时宜进行加宽。加宽宽度、加宽后整体稳定性应满足明洞或棚洞基础布置要求。

条文说明

明棚洞结构及路基加宽部分相对于既有路路基均为加载，应评估新增加载对既有路基稳定性的影响。

9.5.2【加宽方式】路基加宽可采用增加填方、设置挡墙、设置桥梁等方式。

条文说明

当既有路基为坡率法填筑的普通路基，路基加宽宽度较大，且外侧地形比较平缓，不受水流冲刷影响时，可采用填方拼宽的方式对填方路基进行加宽；当既有路基外侧较陡，加宽较宽，路基无法填筑，或受水流冲刷影响时，宜采用设置桥梁的方式进行加宽；

当既有路基外侧为挡墙，仅需加厚既有挡墙即可满足路基加宽要求时，宜采用挡墙加宽的方式处理。

9.5.3【路基加宽占用河道的处理】 路基加宽应避免占用河道行洪断面，必须占用时应进行行洪论证。

征求意见稿

10 防水与排水

10.1 一般规定

10.1.1 明洞与棚洞防排水设计应遵循“防、排、截相结合，因地制宜，综合治理”的原则，防排水系统应完整畅通。

条文说明

明洞与棚洞一般不直接接触山体，如遇地下水较大，可在回填空间设置截排措施，比“堵”更经济可靠。

10.1.2 高速公路、一级公路、二级公路明洞与棚洞防排水应满足下列要求：

- 1 拱部、边墙、设备箱洞不渗水；
- 2 路面不渗水、不积水。

10.1.3 三级公路、四级公路明洞与棚洞防排水应满足下列要求：

- 1 拱部不滴水，边墙不淌水，设备箱洞不渗水；
- 2 路面不积水、不淌水。

10.2 防水

10.2.1 明洞与棚洞混凝土结构应满足抗渗要求，混凝土的抗渗等级不宜小于 P8。

10.2.2 明洞与棚洞靠山侧和顶部结构外缘应敷设外贴式防水层。

1 防水层宜采用防水板与无纺布（密度不小于 $300\text{g}/\text{m}^2$ ）的组合，为了防止回填土石损坏防水层，防水层一般采用“两布一膜”的组合方式。

2 防水层外应设置保护层。

3 结构阴阳角处应做成圆弧或 45° 坡角，并应增设防水板加强层，加强层宽度宜为 $300\sim 500\text{mm}$ 。

10.2.3 施工缝及变形缝应进行防水设计。

10.2.4 存在侵蚀性地下水时，应针对侵蚀类型采用抗腐蚀性、抗侵蚀性防排水材料，可适当提高混凝土防水等级。

10.2.5 回填土顶面宜铺设黏土隔水层，并与山坡夯实连接。

10.3排水

10.3.1 【墙背纵向排水】明洞与棚洞靠山侧结构背面应设置纵向排水管（沟），并应满足下列要求：

1 当明洞与棚洞为单面坡或人字坡时，墙背纵向排水管（沟）的排水坡度应与明洞与棚洞纵坡一致。

2 当明洞与棚洞为“V”型坡时，墙背纵向排水管（沟）可独立设置排水纵坡，如图 10.3.1 所示。

3 当墙背纵向排水管（沟）最低点在明洞与棚洞内时，应在最低点设置横向排水设施，将水横向排出。底部横向排水管（沟）应设于明洞底板垫层或棚洞路面结构层下部。

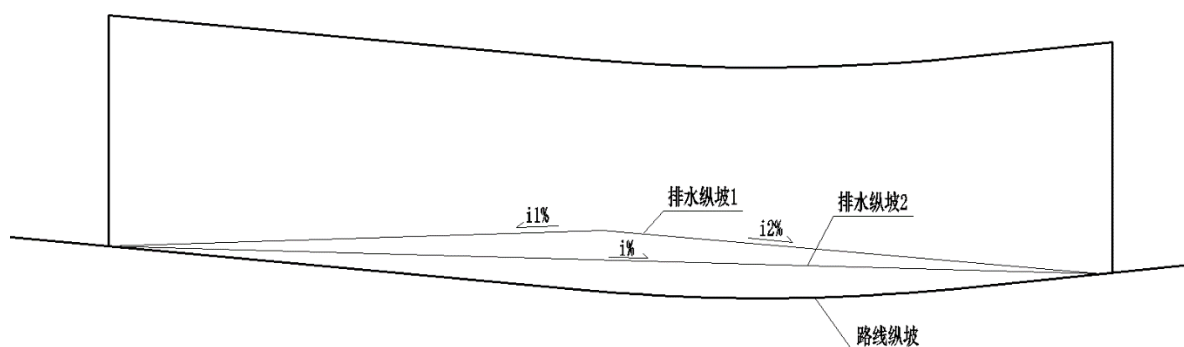


图 10.3.1 墙背排水纵坡示意图

10.3.2 【路侧纵向排水】明洞与棚洞内路面两侧应设置纵向路侧边沟，排水坡度应与明洞与棚洞纵坡一致。当路侧边沟最低点在明洞与棚洞内时，应在最低点设置横向排水设施，将水横向排出。底部横向排水管（沟）应设于明洞底板垫层或棚洞路面结构层下部。

10.3.3 【洞顶回填内部横向排水】明洞与棚洞顶部边挡墙底应设置泄水管，泄水管管径不应小于 50mm，纵向间距 1.5~2.0m，泄水管宜伸出外侧支承结构 10~20cm。

10.3.4 【洞顶回填表面横向排水】当明洞与棚洞顶部边坡天然冲沟内有汇水时，应在明洞与棚洞顶部天然冲沟对应位置设置引流槽，排泄地表冲沟水。

10.4 截水

10.4.1 明洞与棚洞边仰坡回填或开挖线 3m~5m 以外，有条件时可设置截水沟。

10.4.2 明洞与棚洞出洞方向为上坡时，宜在洞口外路基靠山侧设置反向排水边沟或采取引排措施，洞外水不宜流入明洞与棚洞。

征求意见稿

11 回填设计

11.0.1 【回填总体要求】明洞与棚洞回填材料、厚度、坡度等应根据明洞与棚洞的功能，以及地形条件、斜坡病害、排水要求等因素确定。

11.0.2 【洞顶回填要求】明洞与棚洞洞顶回填应满足以下要求：

- 1 洞顶回填表面应设置一定的排水坡度，排水坡度一般不宜小于 2%。
- 2 明洞与棚洞顶部回填厚度应根据功能需求确定，一般不小于 1.2m。
- 3 立交明洞上的填土厚度应结合公路、铁路、沟渠及其他人工构造物的标高、自然环境、美化要求和结构设计等研究确定；
- 4 当明洞与棚洞顶设置过水（泥）石流等引流槽、沟渠及其他构造物时，设计应考虑其影响。一般过水沟渠或普通截水沟沟底距洞顶外缘厚度不小于 1.0m。当为排泄山沟洪水、泥石流等的引流槽时，泥石流等引流槽沟渠底距洞顶外缘不小于 1.5m；
- 5 设计中宜根据内侧边坡情况，预留清除洞顶堆积体的条件，当堆载超过设计回填坡度时，应及时清除。

11.0.3 【墙背回填要求】明洞与棚洞边墙背后回填应满足以下要求：

- 1 明洞与棚洞结构设计考虑地层弹性抗力时，边墙背后应用混凝土、浆砌片石或干砌片石回填；
- 2 明洞与棚洞边墙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；
- 3 回填材料与内侧边坡接触处，宜开挖成台阶，并用粗糙透水性材料填塞。

条文说明

明洞与棚洞边墙后背回填一般不采用土石回填；当边墙背后为石质边坡且开挖量较小时，宜采用内边墙同级或低标号混凝土回填；边墙背后空洞较大时，宜采用浆砌片石回填；当边墙背后为土质边坡时，一般采用浆砌片石回填。

11.0.4 【特殊材料要求】为减轻洞顶回填材料自重或提高洞顶回填材料抗冲击性能，可选用具有轻质、低弹性模量等特性的特殊材料，并应符合下列规定：

1 特殊材料一般用于明洞与棚洞洞顶回填。

2 特殊材料宜与土石等常规材料配合使用，设置于常规材料下部，与明洞或棚洞结构密贴。

条文说明

常用的特殊材料有碳渣、废旧轮胎、聚苯乙烯泡沫（EPS）、聚乙烯泡沫（EPE）等。

11.0.5 【端部挡土要求】明洞与棚洞回填端部应设置挡土结构。

征求意见稿

12 其他工程

12.0.1 【引流槽】明洞与棚洞顶设置过水（泥）石流等的引流槽，结构顶面宜与两侧回填顶面齐平，与坡面衔接应顺适过渡。

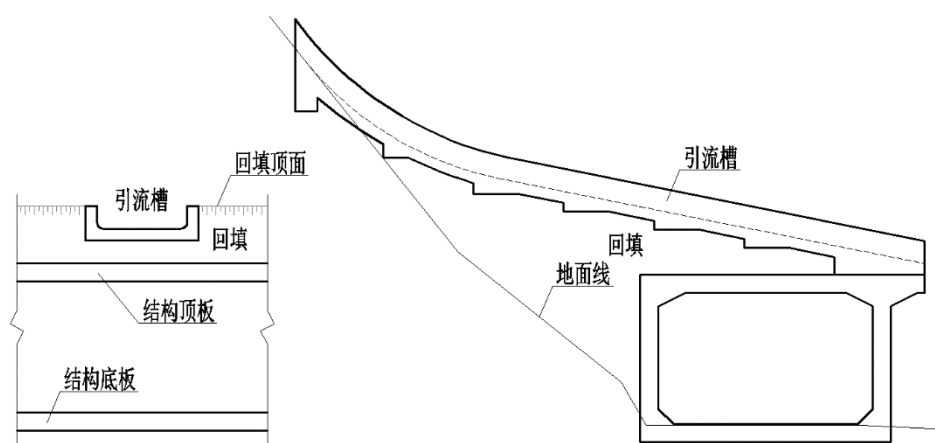


图 12.0.1 引流槽横断面、纵断面布置示意图

12.0.2 【交安】明洞与棚洞交安设施的设置应符合下列规定：

- 1 明洞与棚洞洞口应设置护栏与洞外路基进行过渡。
- 2 明洞与棚洞临河临边时应设拦挡防护措施。

12.0.3 【养护通道】明洞与棚洞宜设置养护通道。

12.0.4 【预埋件】明洞与棚洞内各类设施的悬挂及安装配件应根据其承重和耐久性要求，进行强度和防腐设计。

附录 A 落石冲击动能计算方法

计算冲击动能应充分考虑崩塌落石灾害可能的失稳规模和单次失稳块体的数量。单个落石产生的冲击动能宜采用试验、计算分析等方法确定。经调研，对于落石冲击动能计算方法推荐采用日本道路协会《落石对策便览》（平成 12 年 6 月）著作中提出的计算公式，具体为式(A. 1)计算。

$$E_k = (1 + \beta_R) \left(1 - \frac{\mu_s}{\tan \theta_s}\right) m_R g H_R \quad (\text{A. 1})$$

式中：

$$(1 + \beta_R) \left(1 - \frac{\mu_s}{\tan \theta_s}\right) \leq 1.0;$$

E_k ——落石的冲击动能；

β_R ——旋转能量系数，可定为 0.1；

θ_s ——斜坡坡度角；

m_R ——落石的质量；

g ——重力加速度；

H_R ——落石下落的高度；

μ_s ——等效摩擦系数，可通过试验获得，也可参照表 A. 1 选用。

表 A. 1 不同边坡类型的 μ_s 取值

区分	落石及斜坡的特性	设计使用 μ_s	从实验中得到的 μ_s 的范围
A	硬岩、圆状； 凹凸小，没有树木	0.05	0~0.1
B	软岩、圆状~角状； 凹凸中~大、没有树木	0.15	0.11~0.2
C	砂土岩锥、圆状~角状； 凹凸小~中、没有树木	0.25	0.21~0.3
D	岩锥、巨大石砾夹杂岩锥、角状； 凹凸中~大、树木无~有	0.35	0.31~

附录 B 明洞与棚洞侧压力计算方法

1. 明（棚）洞拱圈所受回填土石侧压力可按下式计算：

$$e_i = \gamma_1 h_i \lambda$$

式中： e_i ——明（棚）洞任意点处的侧压力值。

λ ——侧压力系数。

回填土石侧压力系数 λ ，根据不同条件，分别按无限土体和有限土体两种不同方法计算。如果山体无侧压力，临时开挖边坡稳定，其开挖坡率陡于按有限土体计算方法得出的最大侧压力开挖坡率时，可根据实际开挖坡率，按有限土体计算方法计算其侧压力值。反之，当开挖坡率缓于或等于按有限土体计算方法得出的最大侧压力开挖坡率时，其侧压力值应按无限土体计算。

按有限土体计算方法得出的土体产生最大侧压力时的开挖坡率 n' 为

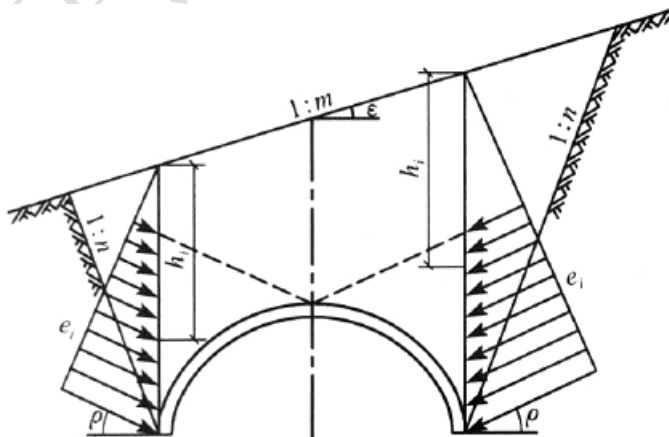
$$n' = \frac{\mu m (\mu + \tan \rho) - \sqrt{m (\mu + \tan \rho) (\mu^2 + 1) (\mu m - 1)}}{1 + \mu^2 - \mu m + \mu^2 m \tan \rho}$$

式中： n ——产生最大侧压力时的开挖坡率。

μ ——回填土石与开挖坡面间的摩擦系数。

m ——回填土石面坡率。

ρ ——侧压力作用方向与水平线夹角土石一般取 30° 。



当 n 小于 n' 时，即边坡开挖坡率陡于土体产生最大侧压力时的开挖坡率，此时，按有限土体计算方法计算侧压力值。

对右侧（回填土石坡面向上倾斜）侧压力系数计算式为：

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

对左侧（回填土石坡面向下倾斜）侧压力系数计算式为

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

当回填土坡面水平时，即 $m = \infty$ ，且侧压力作用方向水平，即 $\rho = 0$ 时，

$$\lambda = n \frac{1 - \mu n}{\mu + n}$$

当 n 大于 n' 时，即边坡开挖坡率缓于土体产生最大侧压力时的开挖坡率，此时，按无限土体计算方法计算侧压力值。

对右侧（回填土石坡面向上倾斜）侧压力系数计算式为：

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

对左侧（回填土石坡面向下倾斜）侧压力系数计算式为

$$\lambda = \frac{\tan \theta}{\tan(\theta + \varphi)(1 + \tan \epsilon \tan \theta)}$$

式中：

$$\tan \theta = \frac{-\tan \varphi + \sqrt{(1 + \tan^2 \varphi) \left(1 + \frac{\tan \epsilon}{\tan \varphi}\right)}}{1 + (1 + \tan^2 \varphi) \frac{\tan \epsilon}{\tan \varphi}}$$

当回填土坡面水平时，即 $m = \infty$ ，且侧压力作用方向水平，即 $\rho = 0$ 时，

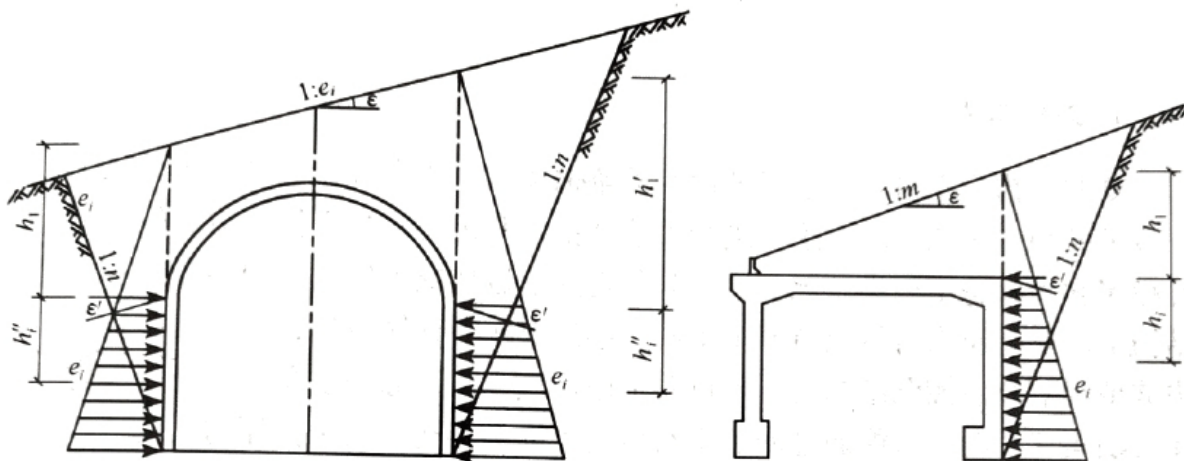
$$\lambda = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

2. 直墙回填土石侧压力可按下式计算

$$e_i = \gamma' h'_i \lambda$$

式中： γ' ——直墙背回填土石重度。

h'_i ——直墙计算点换算高度，
$$h'_i = h''_i + \frac{\gamma}{\gamma'} h_1$$
。



对右侧（回填土石坡面向上倾斜）侧压力系数计算式为：

$$\lambda = \frac{\cos^2 \varphi'}{\left[1 + \sqrt{\frac{\sin \varphi' \sin(\varphi' - \epsilon')}{\cos \epsilon'}} \right]^2}$$

式中： ϵ' ——换算回填土坡度角

$$\epsilon' = \tan^{-1} \left(\frac{\gamma}{\gamma_c} \tan \epsilon \right)$$

对左侧（回填土石坡面向下倾斜）侧压力系数计算式为

$$\lambda = \frac{\tan \theta_0}{\tan(\theta_0 + \varphi')(1 + \tan \epsilon' \tan \theta_0)}$$

式中：

$$\tan \theta_0 = \frac{-\tan \varphi' + \sqrt{(1 + \tan^2 \varphi') \left(1 + \frac{\tan \epsilon'}{\tan \varphi'} \right)}}{1 + (1 + \tan^2 \varphi') \frac{\tan \epsilon'}{\tan \varphi'}}$$

当回填土坡面水平时，即 $m = \infty$ ，有

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

附录 C 落石冲击力计算方法及计算案例

C.1 落石冲击力计算方法

落石冲击力可按下式计算：

$$P = 2.108 \times (mg)^{\frac{2}{3}} \times \lambda^{\frac{2}{5}} \times H^{\frac{3}{5}}$$
$$P_{\max} = P_{\max} (\lambda = 1000) \square \alpha$$
$$\alpha = 1.046 (T / D)^{-0.58} = (T / D)^{-0.5}$$

式中：P——落石冲击缓冲垫层顶部接触力(kN)；

m——落石质量(t)；

λ ——拉梅常数，非常软的物体建议取 1000kN/m²；柔软的物体取 3000~5000kN/m²；硬的物体取 10000 kN/m²

H——落石自由下落高度(m)。

α ——垫层厚度影响系数。

T——砂垫层厚度。

D——落石直径。

以上算出的为落石冲击缓冲垫层顶部的接触力，根据相关研究成果，由于砂土垫层的惯性效应，该集中力传递到明洞顶部会有一定放大，放大系数介于 1~2 之间。

落石冲击力在土层中扩散后以分布荷载的形式作用在明洞结构上，分布荷载作用范围建议取 1~2 倍粒径，有条件的情况下应通过数值模拟方法获取。

C.2 计算案例

某明洞为防治危岩崩塌而设置，地勘报告显示，明洞范围内主要块石的粒径为为 5 × 2 × 1m³，近似球体直径为 1.34m；

采用数值模拟软件 RAMMS-ROCKFALL 计算了块石在不同特征点下落碰撞明洞前冲击动能如下表所示：

表 C.1 WY 运动参数表-启动点 A (近似直径 1.34m)

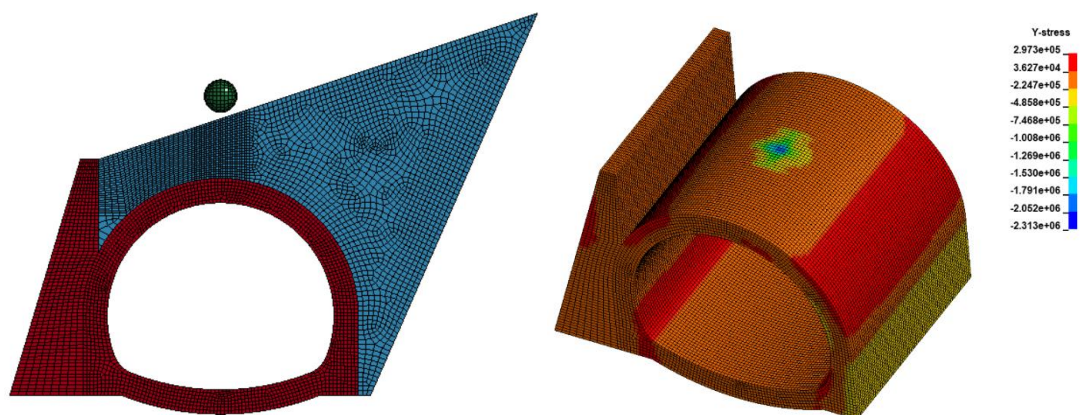
特征点	高程 (m)	相对高差 (m)	所在斜坡坡度 α ($^{\circ}$)	坡面瞬间 摩擦系数	速度		跃起角 β ($^{\circ}$)	碰撞前 冲击动能 (kJ)
					弹跳前 (m/s)	弹跳后 (m/s)		
0	2194.0	--	57	--	--	--		
1	2187.0	7.0	42	0.3	8.14	5.50	116.45	112.7
2	2180.8	6.22	42	0.3	12.34	8.34	101.37	259.0
3	2164.0	16.78	47	0.3	19.96	13.76	81.72	677.6
4	2125.2	38.86	47	0.3	30.8	21.26	70.69	1617.6
5	2062.6	62.59	49	0.1	40.2	35.78	58.05	2741.7
6	1993.8	68.75	17	0.4	51.3	35.78	58.05	4475.9
7	1989.9	3.92	--	--	25.1	--	--	1071.5

(1) 本附录计算方法

落石质量取 3.2t，拉梅常数取 1000kN/m^2 ，落石碰撞前冲击动能 4475.9kJ，换算为落石自由下落高度为 140m，砂土垫层厚度取 3m，落石直径 1.34m，由公式可算得落石冲击力为 4119kN。以上算出的为落石冲击缓冲垫层顶部的接触力，根据相关研究成果，由于砂土垫层的惯性效应，该集中力传递到明洞顶部会有一定放大，放大系数介于 1~2 之间。本工点取放大系数为 2，落石冲击力作用于结构顶部计算值=8238kN。

(2) 数值仿真法

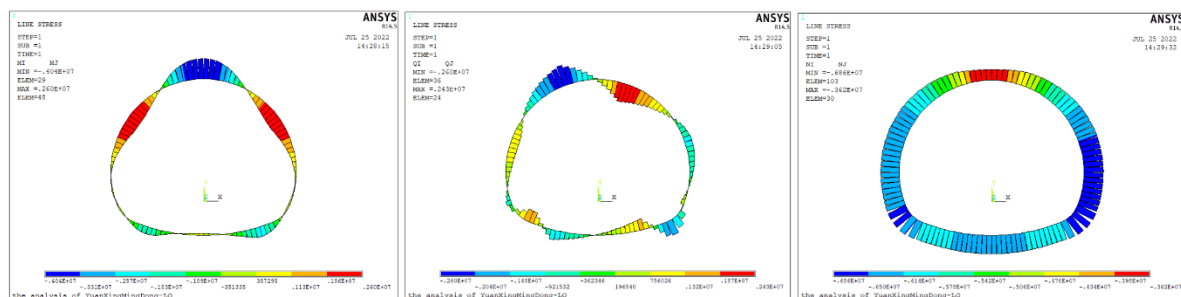
通过实际结构尺寸和边界条件建立明洞有限元模型，通过动力有限元进行仿真分析求得在落石冲击下的动力响应。



由上述冲击结构计算可得粒径 1.34m 落石，冲击能量 4475.9KJ 工况下，落石冲击力影响范围近似为半径 1.4m 的圆形，作用于明洞结构顶部合力为 5550kN，传递放大系数为 1.35。

由数值仿真法计算结果可知，解析法放大系数取 2 过于保守，明洞设计采用数值仿真结果，按 5550kN 冲击力进行设计，作用面积为半径 1.4m 的圆形。

将冲击荷载转化为线荷载施加到二维模型上，荷载大小为 1982kN/m，作用范围为拱顶 2.8m 范围, 计算长度 2.8m。计算拱形结构内力图如下图所示：



根据上述内力计算结果按照《混凝土结构设计规范》GB50010-2010 进行截面配筋计算。

附录 D 雪崩冲击力计算方法

雪崩冲击力计算可采用新疆交通科学研究院提出的经验公式：

$$P=2.5\rho V\sin\beta\cdot g\cdot 10^{-3}$$

式中： ρ —为雪崩雪密度；

V —为雪崩速度；

β —为雪崩方向与障碍物之间的夹角；

g —为重力加速度。

征求意见稿

附录 E 水（泥）石流流体整体、水（泥）石流中大块石冲击力计算方法

水（泥）石流流体整体、水（泥）石流中大块石冲击力可按下式计算：

C. 1.1 铁二院（成昆、东川两线）公式

$$F = \lambda \frac{\gamma_c V_c^2 \sin^2 \alpha H_c \beta}{g} \dots\dots\dots (C. 1)$$

式中：

F ——泥石流流体整体冲击力，单位为千牛[顿](kN)；

g ——重力加速度(m/s^2)，取 $g=9.8\text{m/s}^2$ ；

α ——建筑物受力面与泥石流冲击力方向的夹角，单位为度($^\circ$)；

λ ——建筑物形状系数，圆形建筑物 $\lambda=1.0$ ，矩形建筑物 $\lambda=1.33$ ，方形建筑物： $\lambda=1.47$ ，对拦砂坝宜取 1.47；

γ_c ——泥石流重度，单位为千牛[顿]每立方米(kN/m^3)；

H_c ——泥石流泥深，单位为米(m)；

B ——墩台宽度，单位为米(m)。

C. 2.2 大块石对格栅坝横栏的冲击力计算可采用简支梁冲击计算公式

$$F = \sin \alpha \sqrt{\frac{48EJV^2W}{gL^3}} \dots\dots\dots (C. 3)$$

式中：

E ——构件弹性模量，单位为千帕[斯卡](kPa)；

J ——构件截面中心轴的惯性矩(m^4)；

L ——构件长度，单位为米(m)；

V ——石块运动速度，单位为米每秒(m/s)；

α ——泥石流冲击角度，单位为度($^\circ$)，正冲时 $\sin \alpha=1$ ；

W ——石块重量，单位为千牛[顿](kN)。

附录 F 明洞与棚洞荷载-结构模型计算简图

F. 1 路堑式拱形明洞计算简图

路堑式明洞仰拱与地基之间的接触可采用受压弹性链杆模拟在荷载作用下地基对仰拱的弹性反力；明洞边墙与边坡之间采用浆砌片石、混凝土等回填密实时，边墙变形也会受到较大约束，因此采用浆砌片石、混凝土等回填范围内的边墙也可采用受压弹簧链杆模拟边坡对边墙的弹性抗力。



图 F.1 路堑式拱形明洞计算简图

F. 2 单压整体式拱形明洞

单压整体式拱形明洞仰拱、内边墙均可按照路堑式拱形明洞的要求设置受压弹簧链杆模拟地层与边坡的弹性抗力。衬砌结构与单压挡墙形成一个整体，除限制了衬砌结构的水平与竖向位移外，还传递了弯矩，因此结构计算时，衬砌结构与单压挡墙连接处设置固端约束。

衬砌结构计算完成以后可得到固端约束力，再将该荷载作用于单压挡墙上，对挡墙进行计算分析。

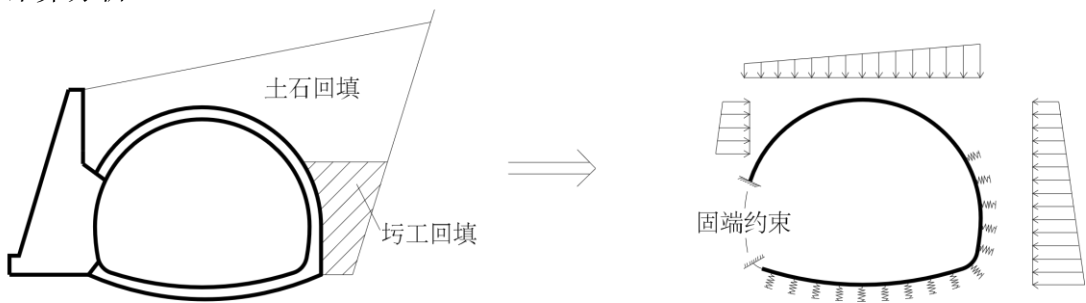


图 F.2 路堑式拱形明洞计算简图

F.3 单压分离式拱形明洞

单压分离式拱形明洞仰拱、内边墙均可按照路堑式拱形明洞的要求设置受压弹簧链杆模拟地层与边坡的弹性抗力。衬砌结构与单压挡墙之间直接接触，未设置其它连接，单压挡墙仅能阻挡衬砌结构的水平位移，因此结构计算时，衬砌结构与单压挡墙之间设置受压水平链杆即可。

衬砌结构计算完成以后可得到水平链杆力，再将该荷载作用于单压挡墙上，对挡墙进行计算分析。

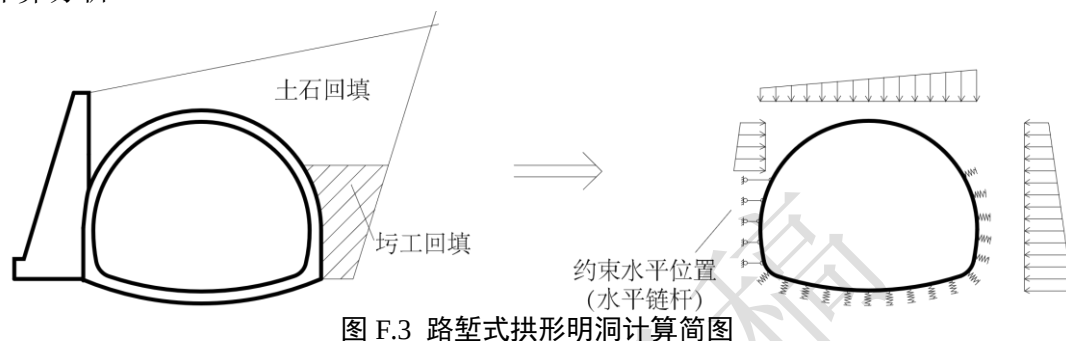


图 F.3 路堑式拱形明洞计算简图

F.4 矩形明洞

矩形明洞底板与地基之间的接触可采用受压弹性链杆模拟在荷载作用下地基对底板的弹性反力；明洞内侧墙与边坡之间采用浆砌片石、混凝土等回填密实时，侧墙变形也会受到较大约束，因此采用浆砌片石、混凝土等回填范围内的侧墙也可采用受压弹簧链杆模拟边坡对边墙的弹性抗力；矩形明洞底板受摩擦力作用不会发生水平位移，因此在底板外侧应设置水平链杆约束其水平位移。

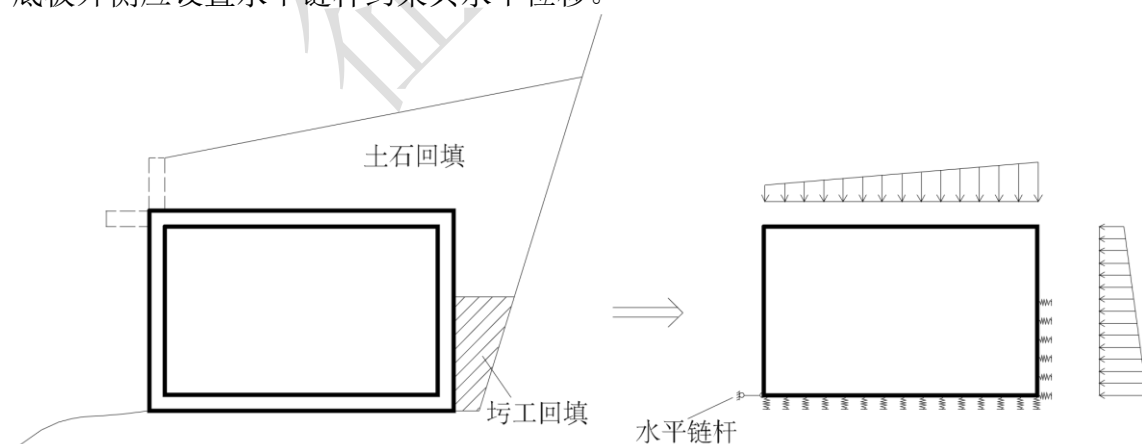


图 F.4 矩形明洞计算简图

F.5 半拱形棚洞

半拱形棚洞结构中的半拱结构边墙与边坡之间采用浆砌片石、混凝土等回填密实时，

边墙变形也会受到较大约束，因此采用浆砌片石、混凝土等回填范围内的边墙采用受压弹簧链杆模拟边坡对边墙的弹性抗力；结构中的纵向、横向系梁是提高结构整体稳定性而设置的结构，为简化计算通常在结构计算时可以不考虑。

半拱结构简支于外侧支承结构顶部与简支于外侧支承结构牛腿两种情况的计算模型基本相似，仅外侧支承结构的位置有所差异。该节点处的支座反力计算出来以后，再作为荷载加到外侧支承结构上对其进行结构计算。

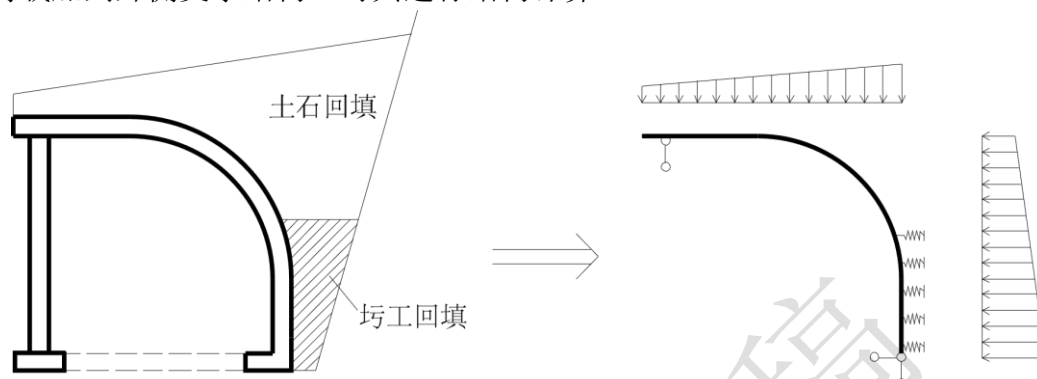


图 F.5-1 半拱结构简支于外侧支承结构顶部的计算简图

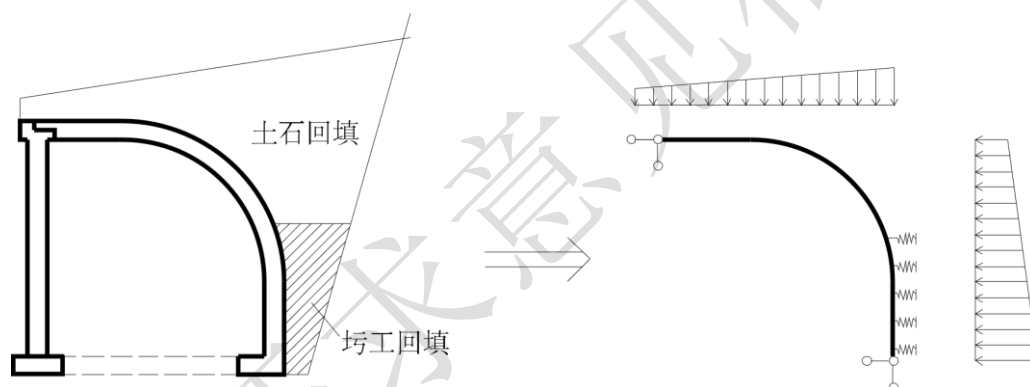


图 F.5-2 半拱结构简支于外侧支承结构牛腿的计算简图

半拱结构与外侧支承结构固接，二者需要联合起来共同计算。需要注意的是应根据外侧支承结构不同的结构类型而选择合适的计算单元宽度。另外，当外侧支承结构采用扩大基础、条形基础、桩基托梁基础时，其底部应为简支；当外侧支承结构直接接桩基础时，其底部应为固支。

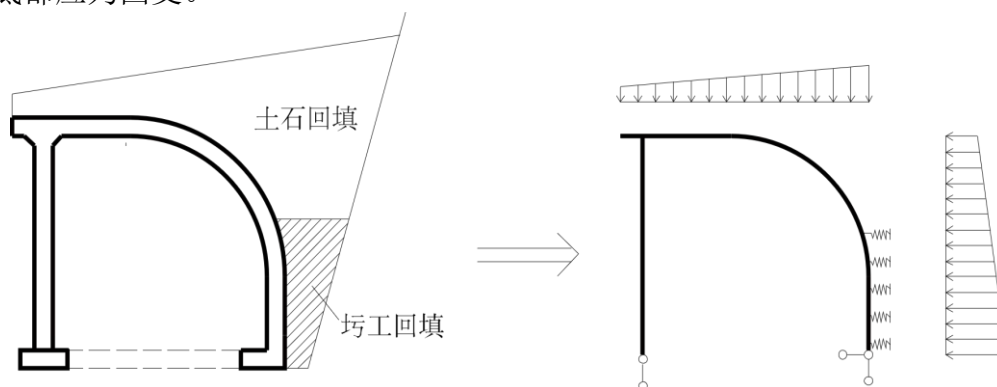


图 F.5-3 半拱结构与外侧支承结构固接的计算简图

F.6 门形棚洞

门形棚洞顶梁（板）简支于内边墙与外侧支承结构上，为简支结构，应按照顶梁（板）的结构特征按照简支梁模型进行计算；内边墙通常为挡土墙结构，应按照挡土墙结构的计算要求进行结构计算；外侧支承结构通常为刚架结构。外侧支承结构为刚架结构计算时需特别注意顶梁（板）传递荷载与底部约束。顶梁（板）若采用 T 梁，则传递的荷载按集中力考虑，其作用位置同 T 梁设置的位置；若采用平底结构，则传递的荷载按分布力考虑。当外侧支承结构采用扩大基础、条形基础、桩基托梁基础时，其底部应为简支；当外侧支承结构直接接桩基础时，其底部应为固支。

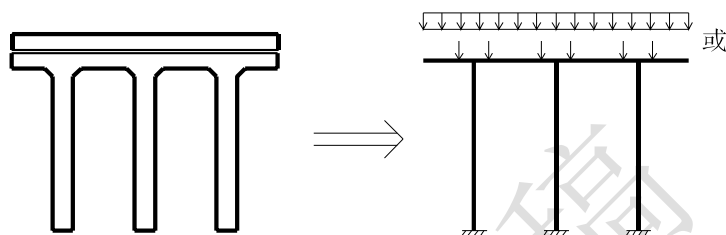


图 F.6 外侧支承结构为刚架结构时的计算简图