

团 体 标 准

T/CCTAS 178—2024

城市轨道交通工程拱盖法技术规范

Technical code for arch cover method in urban rail transit engineering

2024 - 12 - 25发布

2024 - 12 - 25实施

中国交通运输协会 发布

目次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	2
5 工程勘察	2
5.1 一般规定	2
5.2 勘探点布置和其他要求	2
6 设计	3
6.1 一般规定	4
6.2 结构计算	4
6.3 拱盖	4
6.4 拱脚	4
6.5 拱盖下部结构	5
6.6 节点	5
6.7 防水	5
7 材料	6
7.1 一般规定	6
7.2 技术要求	6
8 施工	6
8.1 一般规定	6
8.2 拱盖	7
8.3 拱脚	7
8.4 拱盖下部结构	7
8.5 节点	7
8.6 防水	8
9 风险分级与控制	8
9.1 一般规定	8
9.2 风险分级	8
9.3 风险控制	10
10 工程监测	10
10.1 一般规定	10
10.2 监测对象及范围	10
10.3 监测项目	10
10.4 监测点布设	11
10.5 监测频率	11
10.6 监测控制值	12
11 质量控制	12
附录 A (资料性) 不同拱盖结构形式的主要施工工序	13
附录 B (规范性) 拱盖法工程监测项目表	15

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国交通运输协会交通工程设施分会提出。

本文件由中国交通运输协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：广州地铁设计研究院股份有限公司、中铁(广州)投资发展有限公司、广州地铁建设管理有限公司、中铁隧道局集团有限公司、中铁十六局集团有限公司、中铁第六勘察设计院集团有限公司、中铁四局集团有限公司、中铁上海工程局集团有限公司、中铁十局集团有限公司、重庆市轨道交通设计研究院有限责任公司、中铁第一勘察设计院集团有限公司。

本文件主要起草人：农兴中、罗旭、林珊、孙菁、阮艳妹、徐文田、麦家儿、李慧、魏晨亮、裴行凯、王明敏、黄辉、陈建党、何列、王阿龙、杨旺兴、张士强、徐宁飞、姜宝臣、朱静园、唐宏伟、李进、彭辉、王科甫、余良滨、周捷、成志银、张天宇。

城市轨道交通工程拱盖法技术规范

1 范围

本文件规定了城市轨道交通工程拱盖法的基本规定、勘察、设计、材料、施工、风险分级与控制、工程监测和质量控制等内容。

本文件适用于城市轨道交通工程拱盖法结构的勘察、设计和施工。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 50010 混凝土结构设计标准
GB 50108 地下工程防水技术规范
GB 50157 地铁设计规范
GB/T 50299 地下铁道工程施工质量验收标准
GB 50307 城市轨道交通工程岩土工程勘察规范
GB 50652 城市轨道交通地下工程建设风险管理规范
GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
GB/T 51310 地下铁道工程施工标准
JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程
TB 10003 铁路隧道设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

拱盖法 arch cover method

先施工拱顶初支或二衬结构，通过设置拱脚将拱顶初支或二衬结构支撑于两侧围岩上，形成拱盖结构，在拱盖结构的保护下开挖，并逆作或顺作施工主体及内部结构的一种施工方法。

[注：拱盖法是在明挖法、盖挖法、洞桩法和传统暗挖法基础上，衍生创建的暗挖施工方法。根据形成拱盖的施工方法，拱盖法可分为常规拱盖法和导洞扣拱拱盖法；根据拱盖承受荷载的结构形式，拱盖可以分为单层初支拱盖、双层初支拱盖和二衬拱盖（见附录A）。]

3.2

常规拱盖法 conventional arch cover method

采用台阶法、中隔壁法、交叉中隔壁法、双侧壁导坑法或中洞法等常规暗挖施工方法形成拱盖结构的一种拱盖法。

3.3

导洞扣拱拱盖法 guide hole arch cover method

采用类似洞桩法化大跨为小跨的导洞和扣拱施工方法形成拱盖结构的一种拱盖法。

3.4

单层初支拱盖 single layer primary support arch cover method

承受荷载的拱盖结构仅由一层初支构成的一种拱盖结构形式，一般用于地层较好且周边环境较简单的地段。

3.5

双层初支拱盖 double layer primary support arch cover method

承受荷载的拱盖结构由双层初支复合而成的一种拱盖结构形式，第二层初支施工时一般不拆除临时支护，两层初支共同承受拱顶荷载。

3.6

二衬拱盖 secondary lining arch cover method

承受荷载的拱盖结构由初支和二衬复合而成的一种拱盖结构形式，其中二衬是主要的承载结构。

4 基本规定

4.1 拱盖法应遵循“明地质、管超前、严注浆、弱扰动、短开挖、强支护、快封闭、勤量测、控变形”等暗挖法基本原则。

4.2 设计前应按基本建设程序对场地进行岩土工程勘察，对周边相邻建（构）筑物、地下管线等进行调查，取得相关技术资料。

4.3 设计应计及拱盖法结构施工和建成后对环境的不利影响，并应根据规划条件考虑未来周围环境改变时对拱盖法结构尤其是拱脚的不利影响。

4.4 结构安全等级和设计使用年限应符合 GB 50157 的相关规定。

4.5 施工前应根据相关技术资料核查周边相邻建（构）筑物、地下管线等情况，进行设计条件复核。

4.6 应根据施工过程中的超前地质预报、现场揭示地质以及监测情况等开展动态设计和信息化施工管理。

5 工程勘察**5.1 一般规定**

5.1.1 岩土工程勘察应符合 GB 50307 相关要求，并根据拱盖法施工工法特点，为设计和施工提供所需的岩土工程资料。

5.1.2 应根据工程重要性等级、场地复杂程度和周边环境风险等级制订勘察方案，合理布置勘察钻孔。当仅通过钻探无法充分查明场地的地质条件，或钻探施工受限难以开展时，应采用工程地质调查与测绘、工程物探的综合勘察方法。

5.1.3 各勘察阶段均应开展工法勘察工作，满足相应阶段工法设计深度的要求。原位测试、室内试验方法及所提供的的岩土参数应结合拱盖法施工和其他辅助措施的特点综合确定。

5.2 勘探点布置和其他要求

5.2.1 初步勘察阶段勘探点宜沿城市轨道交通车站或区间主体结构纵向轮廓线布置成两排，

各排相邻勘探点间距可按表 1 选取，每个车站或区间的勘探点不宜少于 6 个，且勘探点间距不宜大于 100 米。场地复杂程度等级判定应符合 GB 50307 相关要求。

表 1 初步勘察阶段勘探点间距

场地复杂程度	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距 (m)	30-45	45-60	60-90

5.2.2 详细勘察阶段勘探点的平面布置符合下列规定：

a) 沿结构纵向的勘探点间距应根据场地复杂程度、地下工程的埋深、工程周边环境条件等，按表 2 的规定综合确定。拱顶埋深大于 30m 且上覆岩层厚度大于开挖跨度时，勘探点间距可适当加大；

表 2 详细勘察阶段勘探点间距

场地复杂程度	复杂场地	中等复杂场地	简单场地
勘探点间距 (m)	10-15	15-30	30-45

b) 车站或区间中部的勘探点应结合开挖跨度和是否设置立柱桩、条形基础等情况进行布置，开挖跨度大于 20m 时，勘探点纵剖面不宜少于 3 条；

c) 每个车站和区间不应少于 4 条代表性横剖面，对于岩土界面横坡较陡的地段、围岩外倾结构面走向与隧道走向夹角小于 30° 及可能存在偏压影响的地段，应适当加密横剖面。

5.2.3 勘探孔深度符合下列规定：

a) 控制性勘探孔的深度应满足地基、隧道围岩、边坡稳定性分析、变形计算以及地下水控制的要求；

b) 初步勘察阶段控制性勘探孔应进入结构底板下第四系土层不小于 30m，或进入结构底板下全、强风化岩不小于 15m，或进入结构底板下中、微风化岩不小于 8m；一般性勘探孔应进入结构底板下第四系土层不小于 20m，或进入结构底板下全、强风化岩不小于 10m，或进入结构底板下中、微风化岩不小于 5m；

c) 详细勘察阶段控制性勘探孔应进入结构底板下第四系土层不小于 25m，或进入结构底板下全、强风化岩不小于 12m，或进入结构底板下中、微风化岩不小于 5m；一般性勘探孔应进入结构底板下第四系土层不小于 15m，或进入结构底板下全、强风化岩不小于 8m，或进入结构底板下中、微风化岩不小于 3m；

d) 采用立柱桩时，勘探孔深度应满足其设计的要求；

e) 勘探孔深度范围内存在软弱土层或不良地质时，勘探孔应适当加深。

5.2.4 拱盖下方岩土采用掘进机等机械进行开挖时，宜进行岩石抗磨性试验，在含有大量石英或其他坚硬矿物的地层中，应做含量分析。

5.2.5 拱盖下方岩土采用钻爆法施工时，应测试振动波传播速度和振幅衰减参数。

5.2.6 勘察应提供拱脚地基承载力、桩端地基承载力、岩石抗压强度等参数以及地基变形、岩土侧压力等计算所需参数。

5.2.7 勘察应根据施工工序、施工工况、断面形式等，对导洞、拱盖结构等开挖情况分阶段分部位进行综合围岩分级。

6 设计

6.1 一般规定

6.1.1 应结合地质条件和周边环境条件对拱盖法的适用性进行充分论证，当拱顶附近存在软弱地层或不良地质作用，或隧道侧壁围岩受外倾结构面影响完整性较破碎时，不宜选用拱盖法。

6.1.2 应根据地质条件、地下结构类型、周边环境、工程规模、施工条件等因素合理选择拱盖的施工方法和拱盖结构形式。

6.1.3 当地质和周边环境复杂时，宜采用导洞扣拱盖法。当采用常规拱盖法时，应根据沉降控制要求，选择中隔壁法、交叉中隔壁法、双侧壁导坑法或中洞法等拱盖施工方法。

6.1.4 拱盖法结构处于I-III级围岩，断面跨度不大于30m，或处于IV级围岩且属于深埋隧道时可选用单层初支拱盖；拱盖法结构处于IV级围岩且属于浅埋隧道，或处于V-VI级围岩，可选用双层初支拱盖或二衬拱盖。对于多跨结构，一般采用二衬拱盖。

6.2 结构计算

6.2.1 拱盖法结构设计应以理论计算为基础，结合工程类比法确定结构设计参数。

6.2.2 初期支护应按承受施工期间全部荷载的承载结构设计。

6.2.3 二次衬砌应按与初期支护共同承受使用期间全部荷载的承载结构设计，应根据初支和二衬之间的构造特点和应力传递特点进行结构内力和变形计算。

6.2.4 初期支护或二次衬砌在施工过程中受力体系、荷载形式等有变化时，应根据构件的施作顺序及受力条件，按结构的实际受载过程进行分析，并计及结构体系变形的连续性。

6.2.5 常规拱盖法的围岩压力计算，应符合TB10003中的有关规定，导洞扣拱盖法的围岩压力计算，可根据JTG 3370.1中的小净距隧道围岩压力相关规定进行计算。

6.2.6 拱盖法结构应进行拱脚下围岩地基承载力、局部受压承载力和变形验算。对加固后的拱脚，可根据地质条件和加固类型，按加固体与拱脚下围岩共同承受拱脚推力进行计算。

6.2.7 拱盖结构完成后，应验算向下开挖过程水平受力以及隧道侧壁围岩的侧向稳定性。

6.2.8 对于有柱的拱盖结构，钢管柱计算长度宜取顶纵梁底至桩顶的距离。钢管柱的承载力计算宜考虑施工误差、非对称开挖等因素对钢管柱偏心距的影响。

6.3 拱盖

6.3.1 应根据地质条件、建筑功能需求、结构受力和周边环境保护要求等合理确定拱盖结构的矢跨比和埋深。

6.3.2 拱盖结构宜采用对称的结构形式，当采用非对称结构时应验算非对称性作用对结构、拱脚围岩等产生的不利影响。

6.3.3 当采用常规拱盖法时，应根据拱盖跨度和高度适当划分各分部开挖洞室，合理设置中隔壁和横撑，形成连续、稳定的受力体系。

6.3.4 当采用导洞扣拱法时，宜减少扣拱的次数，结合地质条件并根据施工和永久使用情况确定导洞的大小，导洞施工顺序宜“先边后中”。

6.3.5 单层初支拱盖宜采用中间薄、拱脚厚的变截面形式。

6.3.6 双层初支拱盖的第二层初支可采用喷射或模筑混凝土，施工时宜保留临时支撑，两层初支的钢架宜纵向错开布置。

6.3.7 设计应提出拱盖结构具体的施工步序、临时支撑拆除和岩土体开挖要求。

6.4 拱脚

6.4.1 拱脚宜置于完整、稳定的基岩上，当拱脚岩层破碎或承载力不足时，可采取扩大拱脚、拱盖下增设中柱、条形基础或桩基础等结构措施，或采取注浆、锚固等加固措施。

6.4.2 拱脚底部宜水平或与水平面成 40° 以内倾角，如图 1 所示。

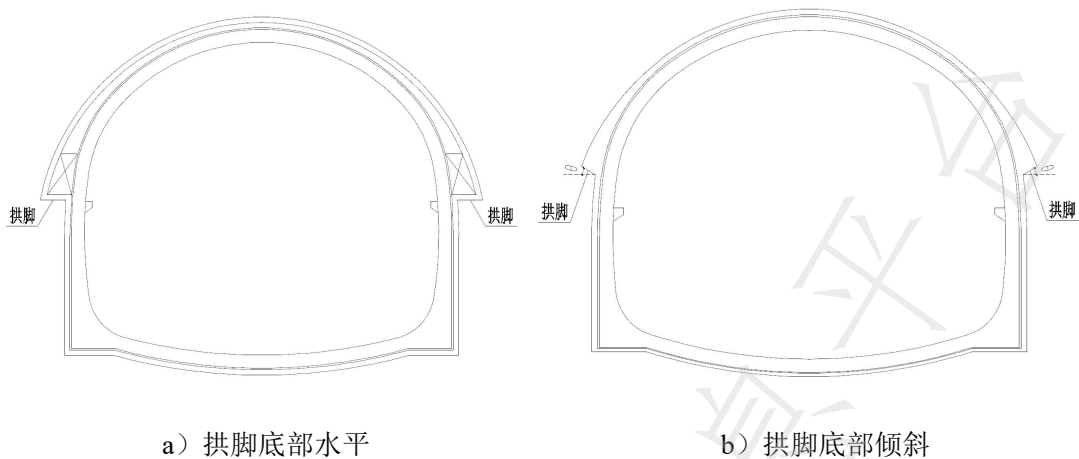


图 1 拱脚底部倾角示意图

6.4.3 初支拱盖扩大拱脚处钢架可采用变截面异形钢架，并加强初支钢架的纵向连接。

6.4.4 拱脚附近 1~2 倍拱脚宽度范围内岩土体宜采用非爆破开挖。

6.5 拱盖下部结构

6.5.1 拱盖结构完成后继续向下开挖，可采用逆作或顺作法，当采用逆作法时应满足盖挖逆作法结构设计的基本原则和要求。

6.5.2 拱盖法结构下部侧壁围岩开挖支护应结合围岩地质条件、拱盖传力特性综合确定，可选用锚杆、支撑等支护方式。当侧壁围岩为较硬岩且岩石完整性为完整~较完整时，支护设计可充分考虑围岩自稳能力。

6.5.3 拱盖下土石方开挖应根据侧壁围岩的稳定性合理确定一次开挖深度，当采用锚杆支护时，一次开挖深度宜取 1~2 倍锚杆竖向间距。

6.5.4 拱盖法中间立柱宜采用钢管混凝土柱，中间立柱基础宜根据地质条件采用桩基础或条形基础。

6.5.5 当采用边桩进行拱脚加固时，边桩应满足施工过程的承载力和变形要求，还应满足侧壁土石方开挖稳定性要求。在保证桩间土体稳定的前提下，宜采用大直径和大间距的组合形式，桩间岩土可采用挂网喷砼封闭。

6.5.6 拱盖法结构钢管柱上柱脚与顶纵梁的连接宜采用端承式，约束作用为铰接；钢管柱下柱脚与桩基础的连接宜采用插入式，约束作用为刚接。钢管柱内宜设置通长的构造钢筋。

6.6 节点

6.6.1 附属结构与主体隧道连接处开马头门前，宜设置拱梁、环梁、混凝土洞门等加强措施，必要时设置超前支护。二衬应设置加强段，该加强段应采用非爆破开挖。

6.6.2 当附属结构与主体隧道连接处为初支状态开洞时，应加密附属接口处两侧的初支钢架和洞口上方主体初支钢架纵向连接筋。

6.6.3 需扣拱的初支在节点部位应确保传力连续、可靠，导洞内预留扣拱节点可适当扩大，且应有可靠的加强钢筋，确保预留节点强度。

6.7 防水

6.7.1 拱盖结构宜采用单拱形式，防止地下水聚集。

6.7.2 拱盖结构不宜设纵向施工缝，确有需要时宜在拱盖结构施工缝两侧设企口和钢板止水

带，在拱盖迎水侧预埋可重复注浆管。

6.7.3 侧墙纵向施工缝位置，预留斜向坡口，迎水面坡口应低于背水面。宜在侧墙中设置两道遇水膨胀止水条，在侧墙迎水侧预埋可重复注浆管。

7 材料

7.1 一般规定

7.1.1 材料应根据拱盖结构形式、受力条件、使用要求和所处环境，并结合其可靠性、耐久性和经济性选用。

7.1.2 初期支护喷射混凝土应采用湿喷混凝土。

7.1.3 初期支护的钢架宜采用格栅钢架或型钢钢架。

7.1.4 二衬混凝土的原材料和配比、最低强度等级、最大水胶比和单方混凝土的胶凝材料最小用量应符合耐久性要求，满足抗裂、抗渗、抗冻和抗侵蚀的需要。

7.2 技术要求

7.2.1 环境类别应符合 GB/T 50010 的规定，一般环境条件下的混凝土强度等级和抗渗等级应符合表 3 的规定。

表 3 地下结构混凝土的强度等级和抗渗等级

施工方法	部位	砼强度等级	抗渗等级
拱盖法	喷射砼衬砌	≥C25	-
	现浇砼或钢筋砼衬砌	≥C35	≥P8

7.2.2 初期支护喷射混凝土宜采用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥。

7.2.3 水泥砂浆强度等级可选用 M20~M30。

7.2.4 砂浆锚杆杆体材料宜采用 HRB400、HRB500 热轧带肋钢筋。

7.2.5 锚杆垫板材料宜采用 Q235 热轧钢板。

7.2.6 初期支护钢筋网材料可采用 HPB300 热轧光圆钢筋。

7.2.7 初期支护喷射钢纤维混凝土，其中的钢纤维宜采用普通碳素钢制成，并满足 TB 10003 中钢纤维材料的有关规定。

7.2.8 系统锚管、锁脚锚管、超前小导管及初支、二衬背后压浆管可采用无缝钢管。

7.2.9 二衬钢筋混凝土和喷锚支护结构中的受力钢筋宜采用 HRB400 级钢筋。

7.2.10 防水材料应符合 GB 50108 的相关要求。

8 施工

8.1 一般规定

8.1.1 施工前应对周边建（构）筑物进行现状调查和基础资料收集，应根据施工需要进行针对性的地质补勘。

8.1.2 施工前应对进入开挖范围内的地质钻孔的封孔情况进行检查，确保填充密实。

8.1.3 施工过程中应根据设计要求和有关规定做好超前地质预报，条件困难时应采取多种措施和手段对地质情况进行综合研判。

8.2 拱盖

8.2.1 常规拱盖法施工应符合 GB/T 51310 中矿山法的有关规定。

8.2.2 导洞扣拱拱盖法施工符合下列规定：

a) 在导洞初支施工过程中严格控制每榀钢架的里程和位置，后行导洞钢架必须与先行导洞钢架同步，同时做好预留接头钢架的保护工作；

b) 在扣拱开挖前，应提前在导洞内对扣拱开挖范围的软弱地层进行径向注浆；扣拱开挖及支护完成后，扣拱二衬施工前应对三角区域进行初支背后注浆；

c) 扣拱初支施工前，应完成中导洞与顶纵梁之间、边导洞扣拱初支上方的混凝土回填。回填区域宜配置横向钢筋加强导洞初支顶部的整体性，并确保回填密实度；

d) 对于三跨的结构形式，应采取措施消除中、边跨拱脚推力差对中柱产生的不利影响，一般中跨先行，边跨落后距离不宜小于 15m，两侧边跨扣拱作业应同步，两边跨开挖面间距应小于 3m。对于两跨的结构形式，拱顶位于岩层时，两边跨同步掘进，开挖面间距应小于 3m，拱顶位于土层时，根据相互影响分析确定边拱开挖面间距。

8.2.3 双层初支拱盖的第二层初支施工，应严格按设计要求的工序进行。

8.2.4 二衬拱盖施工前，对顶纵梁可采用临时支撑、临时拉杆等措施进行变形控制；对中柱应采取可靠的限位防护措施，如放置锁口装置、中柱洞口素混凝土回填等。

8.2.5 二衬拱盖结构浇筑时，拱顶端头堵头板应埋设回填注浆管兼作排气管，混凝土应对称浇筑以免产生偏压，条件受限、振捣困难时应采用自密实混凝土。

8.2.6 拱部二衬封闭后，通过预埋的注浆管压注高强无收缩水泥浆液，注浆孔布置在拱顶，注浆压力根据埋深、水压力等因素综合确定。

8.3 拱脚

8.3.1 拱脚附近土石方开挖时应注意保护拱脚下方及外侧围岩，开挖后严禁泡水，及时喷砼封闭岩面、施工混凝土垫层或初支结构。

8.3.2 拱脚部位岩体存在渗漏水时，应采取排水或注浆堵水措施。

8.3.3 拱脚喷射混凝土较厚时宜分层施工，拱脚部位宜预留注浆管，并注浆填充密实。

8.3.4 拱脚地层需要进行加固时，应选择低振动等对围岩扰动较小的施工工艺。

8.4 拱盖下部结构

8.4.1 拱盖形成后，下方的土石方开挖应采用竖向分层、横向分块、纵向分段的方式进行。

8.4.2 无中立柱时，下方的土石方宜采用先中部拉槽，后两侧开挖的方式，拉槽临时坡率应结合分层高度和岩石条件确定，一般可选择 1: 0.5~1: 1 的放坡坡率。有中立柱时，柱周围的岩土体应对称开挖。

8.4.3 土石方开挖时应加强对拱脚下方围岩的保护，侧壁的支护措施和一次开挖高度应符合设计要求，必要时可采用临时支撑等措施。

8.4.4 采用逆作法施工时，中板结构宜采用矮支架法支模浇筑混凝土。侧墙下方与未开挖岩层的间隙可采用型钢进行临时支顶。开挖高度较大的软岩地层，可中部拉槽提前施工部分内部结构。

8.5 节点

8.5.1 主体隧道两侧有对称布置的附属结构时，应避免同时开挖，围岩较差或隧道埋深较浅时，应及时施作交叉口段二衬结构。

8.5.2 应加强扣拱拱架与小导洞预埋钢板或预留钢筋节点处的焊接质量。

8.6 防水

8.6.1 喷射混凝土施工前，应根据围岩裂隙及渗漏水的情况，预先采用引排或注浆堵水。

8.6.2 二衬混凝土施工应进行全过程控制，严格规范施工工艺，采取措施控制混凝土浇筑后裂缝的发展。

8.6.3 顶纵梁等需要分期实施的防水结构，应采取措施对先期施工的附加防水层进行保护。

9 风险分级与控制

9.1 一般规定

9.1.1 安全风险管控必须遵循“安全第一、预防为主、综合治理”的基本原则，风险分级和控制应符合 GB 50652 的相关规定。

9.1.2 拱盖法工程建设各阶段应编制安全风险管控文件和风险清单，清单应说明风险点名称、范围、风险描述、风险等级等，并提出重大安全风险的处置措施。

9.1.3 拱盖法工程建设应根据建设规模、地质条件、周边环境及可能造成的影响（危害）等因素，结合风险管控目标、技术经济水平等，进行风险分类，确定风险等级。

9.2 风险分级

9.2.1 拱盖法工程在拱盖形成之前，洞室开挖风险根据围岩级别与毛洞跨度进行分级，按表 4 确定。

表 4 拱盖形成前开挖风险等级标准

围岩级别		I/II级围岩	III级围岩	IV级围岩	V级围岩	VI级围岩
开挖 跨度 B	B≤6m	IV	IV	III	II	I
	6m<B≤10m	IV	III	III	II	I
	10m<B≤15m	III	III	II	I	I
	B>15m	III	II	II	I	I

a) 开挖跨度 B 为拱盖法结构最终形成的拱部毛洞跨度，拱部采用多个导洞分部开挖且导洞间距大于一倍洞径时，导洞开挖阶段 B 可按单个导洞的毛洞跨度计。采用导洞扣拱拱盖法时，扣拱开挖阶段 B 可取扣拱开挖跨度计；

b) 隧道轮廓 3m 范围内存在富水砂层、淤泥、淤泥质土、断层破碎带或溶(土)洞等不良地层时，风险等级可直接确定为 I 级。开挖过程中存在仰挖、俯挖、扩挖施工时，风险等级可上调一级。设计采取措施对围岩进行地层加固后，风险等级可下调一级。

9.2.2 拱盖法工程在拱盖形成之后，继续向下开挖风险根据拱盖以下围岩级别与拱盖以下开挖深度进行分级，按表 5 确定。

表 5 拱盖形成后开挖风险等级标准

拱盖以下开挖深度 H	边墙支护形式	I / II 级围岩	III 级围岩	IV 级围岩	V 级围岩
H ≤ 5m	逆作法	IV	IV	IV	IV
	内支撑	IV	IV	IV	III
	喷锚支护	IV	IV	III	II
5m < H ≤ 10m	逆作法	IV	IV	III	III
	内支撑	IV	IV	III	II
	喷锚支护	IV	III	/	/
10m < H ≤ 15m	逆作法	IV	IV	III	II
	内支撑	IV	III	II	II
	喷锚支护	III	II	/	/
H > 15m	逆作法	IV	III	I	I
	内支撑	III	II	I	I
	喷锚支护	II	I	/	/

a) 拱盖以下为 VI 级围岩的情况应进行专门论证。当拱盖以下开挖深度超过 5m，且围岩等级为 IV 级及以下时，边墙支护形式不应仅采用喷锚支护；

b) 围岩裂隙水发育时，风险等级可上调一级。拱盖以下开挖宽度超过 30m，风险等级宜上调一级。采取其他风险控制措施时，可根据具体情况对风险等级进行调整。

9.2.3 拱盖法结构周边环境风险等级应根据周边环境重要性以及周边环境与工程之间的空间位置关系，按表 6 进行确定。周边环境重要性类别划分应符合 GB 50652 的相关规定。

表 6 拱盖法施工对周边环境影响风险等级标准

重要性类别	水平距离	垂直距离		
		0 ≤ H < 3m	3m ≤ H ≤ 6m	H > 6m
重要设施	$L < 0.5 \alpha B$	I	II	II
	$0.5 \alpha B \leq L < 1.5 \alpha B$	II	II	III
	$1.5 \alpha B \leq L \leq 2.5 \alpha B$	III	III	IV
	$L > 2.5 \alpha B$	IV	IV	IV
较重要设施	$L < 0.5 \alpha B$	II	III	III
	$0.5 \alpha B \leq L < 1.5 \alpha B$	III	III	IV
	$L \geq 1.5 \alpha B$	IV	IV	IV
一般设施	$L < 0.5 \alpha B$	III	IV	IV
	$L \geq 0.5 \alpha B$	IV	IV	IV

注：L—拱盖法隧道外轮廓线与周边环境的水平投影最小距离，B—拱盖法结构外包跨度，H—隧道顶部与周边环境基础底部的垂直距离的绝对值。

a) 表格中 α 取值为 0.8-1.2。当隧道顶部以上为 V、VI 级围岩时 $\alpha=1.2$ ，III、IV 级围岩时 $\alpha=1.0$ ，I、II 级围岩时 $\alpha=0.8$ 。也可根据实际情况通过专家论证后确定；

b) 隧道拱顶与周边环境基础底部之间为 V、VI 级围岩时，风险等级宜上调一级；为 I、II 级围岩时，风险等级可下调一级。采用二衬拱盖法或双层初支拱盖法施工时，拱盖形成且监测数据稳定后，风险等级可下调一级。

9.3 风险控制

9.3.1 设计应根据风险源的种类、风险的性质和风险等级，采取相应的技术措施，对工程自身风险和周边环境风险进行控制。

9.3.2 施工应根据拱盖法的主要施工阶段和施工步序进行风险管理和控制。

9.3.3 对于风险等级 II 级及以上风险，设计应编制风险管控专项设计文件，施工应编制专项应急预案并组织应急演练。

10 工程监测

10.1 一般规定

10.1.1 在施工阶段应对支护结构、周围岩土体及周边环境进行监测。

10.1.2 工程监测方案应根据工程的施工特点，在分析研究工程风险及影响工程安全的关键部位和关键工序的基础上，有针对性地进行编制。

10.1.3 工程监测应满足 GB50911 的规定，并应纳入施工全过程进行管理。

10.2 监测对象及范围

10.2.1 监测对象包括拱盖法工程的初期支护、临时支护、二次衬砌、周围岩土体及周边环境。

10.2.2 监测范围应根据埋深，断面尺寸，施工工法、支护结构形式、地质条件和周边环境条件等综合考虑。一般情况下不应小于洞身轮廓线以外 $1.5\sim 2H$ 和 $30m$ 的较大值（ H 为拱顶埋深）；特殊地层或存在软弱地层（淤泥、淤泥质土、砂层）可取洞身轮廓线以外 $2\sim 3H$ 和 $50m$ 的较大值。监测范围应同时考虑降水和预计的地面沉降大小及变化过程的影响。

10.2.3 采用爆破开挖岩土体的拱盖法地下工程，爆破振动的监测范围应根据工程实际情况通过爆破试验确定。

10.3 监测项目

10.3.1 工程监测项目应根据监测对象的特点、工程监测等级、工程影响分区、设计及施工的要求合理确定，并应反映监测对象的变化特征和安全状态。

10.3.2 工程监测等级宜根据拱盖法工程的自身风险等级、周边环境风险等级进行划分，无当地经验时可参考表 7 进行划分。

表 7 工程监测等级

工程自身风险等级	周边环境风险等级			
	I	II	III	IV
I	一级	一级	一级	一级
II	一级	一级	二级	三级
III	一级	二级	三级	三级
IV	一级	二级	三级	三级

10.3.3 各监测对象和项目应相互配套，满足设计、施工方案的要求，并形成有效、完整的监测体系。

10.3.4 拱盖法工程监测项目可参考附录 C 进行选取。

10.3.5 除上述监测项目外，拱盖法施工过程中尚应对施工工况、支护结构和周边环境进行现场巡查，对基准点、监测点和元器件应进行定期巡查。

10.3.6 拱盖结构形成前，宜对岩土体开挖面进行远程视频监控。

10.4 监测点布设

10.4.1 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测断面及监测点布设应符合下列规定：

a) 初期支护结构拱顶沉降、净空收敛监测应布设垂直于隧道轴线的横向监测断面，监测断面间距宜为 5m~10m；

b) 监测点宜在隧道拱顶、两侧拱脚处布设，拱顶的沉降监测点可兼作净空收敛监测点，净空收敛测线宜为 1 条~3 条；

c) 分部开挖施工的每个导洞均应布设横向监测断面；

d) 监测点应在初期支护结构完成后及时布设。

10.4.2 拱脚水平和竖向位移监测点布设应符合下列规定：

a) 拱脚水平位移监测点与初期支护结构净空收敛监测宜共同组成监测断面；

b) 拱脚竖向位移监测点与初期支护结构拱顶沉降监测宜共同组成监测断面。

10.4.3 二衬拱顶沉降，中柱沉降、倾斜及应力监测点布设应符合下列规定：

a) 所有中柱，与中柱位置对应的拱脚、二衬拱顶应进行沉降监测；

b) 应选择有代表性的中柱进行倾斜监测。

10.4.4 围岩压力、初支结构应力、二衬应力监测断面及监测点布设应符合下列规定：

a) 应力监测断面与沉降、净空收敛监测断面宜处于同一位置；

b) 监测点宜布设在拱顶、拱脚、墙中、墙脚、仰拱中部等部位；

c) 需拆除竖向初期支护结构的部位应根据需要布设监测点。

10.4.5 周围岩土体深层水平位移和分层竖向位移监测点布设应符合下列规定：

a) 监测点水平间距宜取 30m~45m 并和地面沉降监测点处于同一断面；

b) 监测点与拱顶的竖向距离不宜小于 5m。

10.5 监测频率

10.5.1 监测频率应根据施工方法、施工进度、监测对象、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地工程经验进行确定。

10.5.2 监测频率应使监测信息及时、系统地反映施工工况及监测对象的动态变化，并宜采取定时监测。

10.5.3 无特殊情况时，隧道初期支护结构、周围岩土体和周边环境的监测频率可按表 8 确定。

表 8 拱盖法工程监测频率表

监测部位	监测对象	开挖面至监测点或监测断面的距离	监测频率
开挖面前方	周围岩土体和周边环境	$2B < L \leq 5B$	1次/2d
		$L \leq 2B$	1次/d
开挖面后方	初期支护结构	$L \leq 1B$	(1次~2次)1d
		$1B < L \leq 2B$	1次/d
	周围岩土体和周边环境	$2B < L \leq 5B$	1次/2d

		L>5B	1次/(3d~7d)
--	--	------	------------

10.6 监测控制值

10.6.1 应根据施工工序分阶段提出监测控制值。

10.6.2 监测控制值应根据地质条件、隧道设计参数、工程监测等级及当地工程经验确定。

11 质量控制

11.1 质量控制应符合 GB/T 51310 和 GB/T 50299 的相关要求。

11.2 拱盖法工程建设各方应建立健全质量保证体系，对工程施工质量进行全过程控制，加强对进场检验及隐蔽工程、关键工序的质量验收。

11.3 施工前应制定预防拱盖混凝土浇筑后开裂、防止拱脚下方岩层受扰动等专项质量控制措施。

11.4 拱盖法工程施工应采用先进、成熟、科学的检测手段对工程实体进行质量检测。

附录 A
(资料性)

不同拱盖结构形式的主要施工工序

不同拱盖结构形式的主要施工工序如图 A. 1、图 A. 2 和图 A. 3 所示。

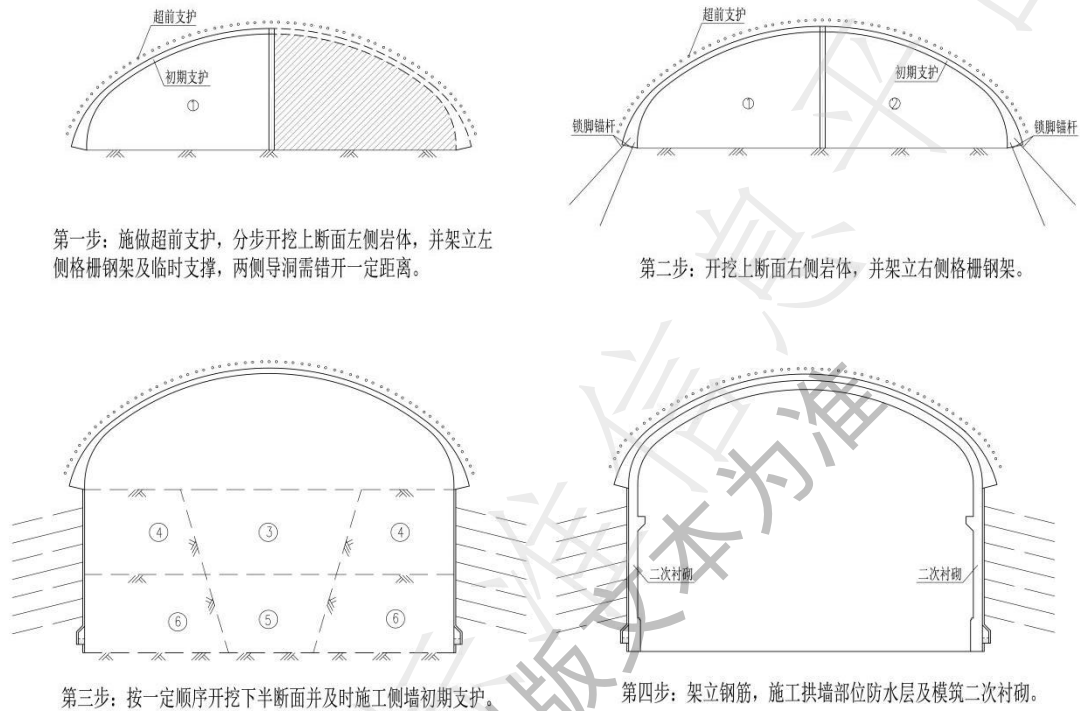


图 A. 1 单层初支拱盖主要施工工序图

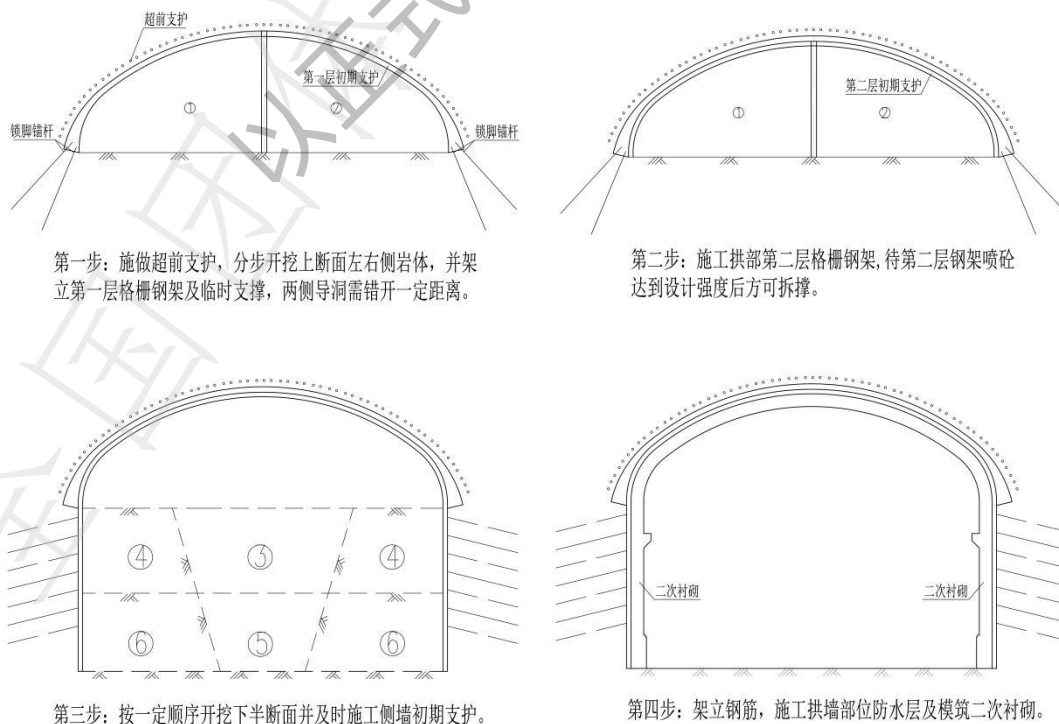
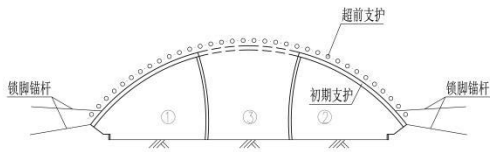
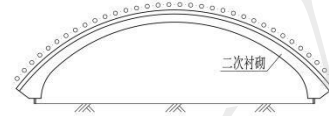


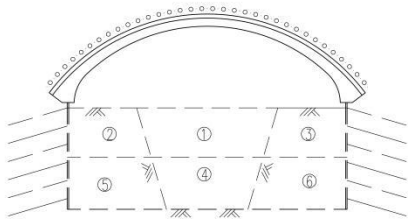
图 A.2 双层初支拱盖主要施工工序图



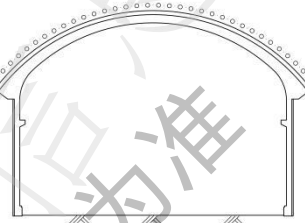
第一步：施做超前支护，分步开挖左右侧和中部岩体，并架立格栅钢架及临时支撑。两侧导洞错开一定距离。



第二步：分段拆除临时支撑，施工拱部防水层并模筑二次衬砌，预埋边墙钢筋接驳器。



第三步：按一定顺序开挖下半断面并及时施工侧墙初期支护。



第四步：架立钢筋，施工拱墙部位防水层及模筑二次衬砌。

图A.3 二衬拱盖主要施工工序图

附录 B
(规范性)
拱盖法工程监测项目表

拱盖法工程监测项目表见表 B.1。

表 B.1 拱盖法工程监测项目表

序号	监测项目	工程监测等级		
		一级	二级	三级
1	初支拱顶沉降	A	A	A
2	初支底板竖向位移	A	B	B
3	初支净空收敛	A	A	A
4	拱脚水平和竖向位移	A	A	A
5	中柱结构竖向位移	A	A	B
6	中柱结构水平位移	A	A	B
7	中柱结构倾斜	B	B	B
8	中柱结构应力	B	B	B
9	二衬拱顶沉降	A	A	A
10	初支钢架应力、初支/二衬接触应力	B	B	B
11	地表沉降	A	A	A
12	土体深层水平位移	A	B	B
13	土体分层竖向位移	A	A	B
14	围岩压力	B	B	B
15	地下水位	A	A	A
注：A-应测项目；B-选测项目。				