

城市轨道交通工程 地质风险防控技术规范

Technical code for prevention and control of geological risk of urban rail
transit engineering

目 次

前 言	1
1 总 则	1
2 术 语	2
3 基本规定	3
3.1 总体要求	3
3.2 勘察设计阶段地质风险防控一般要求	4
3.3 施工阶段地质风险防控一般要求	5
4 地质风险评估	7
4.1 一般规定	7
4.2 勘察设计阶段地质风险评估	7
4.3 施工阶段地质风险评估	8
5 明（盖）挖法工程地质风险控制	10
5.1 设计	10
5.2 施工	11
6 矿山法工程地质风险控制	13
6.1 设计	13
6.2 施工	14
7 盾构法工程地质风险控制	16
7.1 设计	16

7.2 施工.....	18
8 地下水风险专项控制.....	21
8.1 设计.....	21
8.2 施工.....	22
附录 A 地质风险分级标准.....	26
附录 B 地质风险因素辨识清单.....	27
附录 C 地质风险单元及风险等级划分表.....	28
引用标准名录.....	29
附：条文说明.....	30

1 总 则

1.0.1 为规范城市轨道交通工程的地质风险防控工作，有效预防和控制城市轨道交通工程建设中的地质风险，制定本规范。

1.0.2 本规范主要适用于北京市行政区域内采用明挖法、矿山法和盾构法施工的城市轨道交通土建工程的地质风险防控工作。

1.0.3 城市轨道交通工程的地质风险防控应遵循安全优先、技术可靠、经济合理和保护环境的原则。

1.0.4 城市轨道交通工程的地质风险防控工作除应符合本规范外，尚应符合国家及北京市现行有关标准规范的规定。

2 术 语

2.0.1 地质风险 geological risk

工程建设活动中，主要由于工程地质及水文地质条件的复杂性、不确定性或不利于工程施工等因素导致工程安全质量受到影响的工程风险。

2.0.2 地质风险评估 geological risk assessment

主要针对地质风险进行的风险辨识与界定、风险分析与单元划分、风险评价与分级并提出地质风险防控措施建议的技术活动。

2.0.3 地质风险单元 geological risk unit

主要根据地质风险类别及程度、场地工程地质及水文地质条件与工程结构的空间位置关系、施工工法等，划分出的不同地质风险区段或范围。

2.0.4 地质风险控制 geological risk control measures

主要针对地质风险，分别或同时从规划、勘察设计、施工、监测等方面制定技术方案或采取工程措施的技术活动。

2.0.5 地质风险防控 geological risk control measures

主要针对地质风险开展风险评估、风险控制等预测、预控和实时控制工作，并贯穿工程建设全过程的一系列活动。

3 基本规定

3.1 总体要求

3.1.1 地质风险防控应贯穿城市轨道交通工程建设全过程，各阶段应针对性地开展地质风险防控工作，满足各阶段的工作深度和工程实际需要，并符合下列规定：

1 线路建设规划和可行性研究阶段应本着规避重大地质风险的原则，针对性开展重大地质风险辨识，进行相应的方案性设计及其技术安全经济比选等工作；

2 勘察设计阶段应本着预测预控地质风险的原则，同期开展地质风险辨识、分析和评估，制定针对性的地质风险控制设计方案和技术措施，并落实到相应的勘察设计文件中；

3 施工阶段应本着全面和实时控制地质风险的原则，开展相应的地质风险动态评估，制定针对性的地质风险控制施工方案，采取相应的安全技术措施，有效实施信息化施工和风险动态管控。

3.1.2 工程规划建设中宜避让下列重大地质风险区段：

- 1 地面沉降漏斗区；
- 2 大范围分布污染土区、地下水污染区；
- 3 大范围赋存有害气体区；
- 4 采空区、废弃矿井与坑道；
- 5 活动断裂区、地裂缝发育区；
- 6 其他地质灾害易发区。

3.1.3 下列情况宜重点开展地质风险防控工作：

- 1 高承压水或地下水条件极其复杂；
- 2 大范围分布深厚填土；
- 3 地质条件重大变化部位、土岩复合地层、地形地貌变化处；

4 施工时地下水条件发生重大变化；

5 勘察成果文件不满足设计或施工的深度要求或工程实际需要；

6 发生过地质风险险情或事故；

7 其他无法避让的重大地质风险区段。

3.1.4 工程建设中地质风险防控宜采用先进适用的智能化工具或信息化手段。

3.1.5 施工前宜制定与地质风险及其控制相关的应急预案，按有关规定有效组织应急演练和评估。施工现场应备足相关应急物资设备，确保现场应急处置及时、有效。

3.2 勘察设计阶段地质风险防控一般要求

3.2.1 勘察工作应严格按照相关标准规范 and 设计要求分阶段进行，并开展相应的地质风险辨识与分析工作。

3.2.2 勘探作业中应采取有效措施，确保勘探施工和周边环境设施安全。钻孔完成后应按有关规定及时回填密实，记录回填方法、材料和过程。

3.2.3 勘察期间宜设置地下水位长期观测孔，观测至土建工程竣工。长期观测孔应做好保护、维护和警示标识。

3.2.4 因故未能勘察探明的工程区段、位置或关键部位，应在勘察文件中予以说明。条件具备后及时补充勘察。

3.2.5 工程设计和施工中出现下列情形，勘察单位应提出地质风险防控措施的建议：

1 场地地质条件复杂或施工过程中出现地质异常，且可能对工程结构及工程施工产生较大影响；

2 设计方案或工程措施发生变更，且不满足勘察设计标准和工程实际需要；

3 针对地质风险的控制措施或处理效果不满足工程实际。

3.2.6 勘察中应根据工程地质水文地质条件的分布、类别、岩土工程特性及地质风险防控要求等，采用工程地质调查与测绘、钻探、物探、原位测试、室内试验等综合性和适宜的勘察

手段，有针对性地开展勘察工作，并符合下列规定：

1 对人工填土、新近沉积土、污染土与有害气体等地层，宜先行采用现场走访调查和地形地貌调查等方式，初步了解地层的成因、形成年代与方式、类型及分布等；

2 对砂性土层，宜采用钻探、标准贯入试验、颗粒分析试验、黏粒含量试验、石英含量试验、现场水文地质试验等方法，重点查明土层及地下水的分布范围、厚度及粒径组成、矿物成分、密实度、渗透系数等物理力学指标。隧道拱顶和开挖范围内的砂层，宜加密土体现场取样，增加原位测试数量；

3 对大粒径土层，宜采用现场调查、现场试验和室内试验相结合，且侧重于现场试验，重点查明大粒径土层的分布特征及颗粒级配、最大粒径、强度参数、矿物成分、透水性或富水性等物理力学指标；

4 对细粗粒土组合地层，应重点查明各土层的空间分布关系、含水层及隔水层分布、物理力学指标，合理进行薄层、夹层、透镜体等地层分层和描述；

5 对土岩复合地层与基岩隆起，应重点查明土岩分界面、岩石产状、风化带、风化程度、岩石的物理力学性质、强度参数及矿物成分、破碎带分布和富水情况；

6 对污染土与有害气体，勘探测试工作量及布置宜结合污染源和污染途径的分布进行，近污染源处勘探点间距宜加密。现场钻探、取样及测试时应采取相应的防护措施；

7 当场地范围内分布有多层对工程有影响的地下水时，应分层观测地下水位和测定水文地质参数；

8 当场地周边存在对工程有影响的地表水体时，应重点查明其水位、水深、水质、防渗措施、淤积物分布等，同时明确地表水与地下水的水力联系情况。

3.2.7 对 I 级地质风险单元、地质风险等级突变位置和有关工程关键节点部位，应进行重点勘察，制定针对性的地质风险控制措施，并落实到设计图纸中；专项设计时应充分考虑地质因素；

3.2.8 对分布厚度及范围较大、强度较低或自稳性较差的地层或地质风险单元，宜将深层土体沉降监测项目列为必测项目。

3.2.9 如工程施工距勘察报告提交日期较长，且期间场地地下水或周边地表水条件等发生较大变化，施工前宜补充地下水勘察。

3.2.10 场地存在污染土或有害气体地层时，宜对污染土范围内的主体结构进行防腐蚀及抗裂控制设计，明确有害气体的施工期及运营期防护要求。应进行污染土预处理设计，宜采用异位修复处理方案。止水帷幕宜采用防止有害气体泄漏的材料。

3.2.11 冻结法工程的勘察，宜重点测定地下水流速、流向、含盐量、地温等参数。

3.3 施工阶段地质风险防控一般要求

3.3.1 施工阶段应严格落实地质风险控制的设计措施，开展地质风险动态评估，完善或细化地质风险单元、风险等级和施工措施，编制针对性的安全专项施工方案和应急预案。对 I 级地质风险单元，宜制定专门的地质风险控制施工措施。

3.3.2 施工阶段宜适时开展地层空洞探测工作。发现存在空洞、土质疏松区或水囊的，应及时采取处理措施。

3.3.3 施工阶段应及时核查工程地质及水文地质和周边环境状况，根据工程地质及水文地质条件、周边环境、工况工序及其变化等情况，选择适用的施工机械设备和安全可靠的施工措施，结合监控量测信息，合理控制支护时机和施工工艺参数，并符合下列规定：

1 对地质风险大的单元或工程特殊部位，应制定合理可行的岩土体加固方案，采用可靠的施工工艺、参数或设备，对围护结构质量进行检测；

2 对挖运机具、堆载集中、起重吊装设备、车辆行驶与停放等区段或部位的地基承载力进行验算。地基承载力不满足要求时，宜按设计要求进行地面预加固或采取换填、铺垫钢板等预处理措施；

3 对地下水、周边地表水进行施工全过程动态监测，分析二者水力联系及其对工程的影响；

4 对基坑和矿山法隧道工程的开挖面进行地质描述和风险分析。

3.3.4 施工阶段宜对基坑或隧道预加固体、盾构端头井加固体、马头门开口段、止水帷幕等进行加固体质量检测。对 I 级地质风险单元所在的区段或部位，宜提高抽测率，并采用先进

可靠的综合检测手段。

3.3.5 施工阶段地质风险动态评估宜根据监控量测、风险巡查、视频监控等手段及成果开展。

3.3.6 I级地质风险单元或所涉工程部位的开工前条件核查，宜重点考虑地质风险因素。

3.3.7 施工过程中应加强 I级地质风险单元的监控量测、分析及反馈。遇到下列情况时，宜补充地质风险评估，完善地质风险控制措施，加密监控量测：

- 1 存在勘察未发现的不良地质条件，且影响工程安全；
- 2 盾构始发、接收以及停机检修或更换刀具期间；
- 3 暴雨或长时间连续降雨；
- 4 邻近工程施工、超载、振动、地表水等周边环境条件发生较大改变。

3.3.8 施工中遇污染土和有害气体，应符合下列规定：

- 1 污染土地层应编制专项处置方案，施工前对污染土进行先期处理；
- 2 遇有害气体，应严格遵循“先检测、后通风、再作业”的原则，作业面范围内不宜明火作业；
- 3 相关设备应满足防爆防毒要求；
- 4 盾构施工应对盾构密封系统进行全面检查和处理；
- 5 污染土和有害气体地层中进行作业和抢险施救时，应按规定做好个人防护。

4 地质风险评估

4.1 一般规定

4.1.1 工程建设各阶段应根据勘察成果文件、设计文件（图）、施工方案、施工状况、监测数据等基础资料等，开展针对性的地质风险评估工作，满足相应阶段地质风险防控的要求。

4.1.2 地质风险评估宜包括地质风险辨识、分析、单元划分和风险分级等工作，形成地质风险辨识清单和地质风险分级表等地质风险评估成果。

4.1.3 地质风险评估宜采用定性和定量相结合的方法。

4.1.4 地质风险等级宜分为Ⅰ级（高风险）、Ⅱ级（中风险）和Ⅲ级（低风险）三级风险。地质风险分级标准可参考附录 A。

4.2 勘察设计阶段地质风险评估

4.2.1 勘察过程中应对地质风险进行辨识与分析，并在勘察成果文件中予以说明。

4.2.2 勘察各阶段的地质风险辨识与分析宜符合下列规定：

1 可研勘察重点分析场地不良地质作用、特殊性岩土、对工程建设影响大的不利地质条件等对线路方案、重点车站及区间等单位工程建设方案影响的地质风险；

2 初步勘察初步分析场地工程地质与水文地质条件影响各车站、区间等单位工程及其危险性较大分部工程建设方案的地质风险；

3 详细勘察全面分析场地工程地质与水文地质条件影响各车站、区间等单位工程及其危险性较大分部工程建设方案的地质风险。

4.2.3 地质风险辨识与分析宜全面分析地层及地下水分布及变化、不良地质现象及特殊岩土作用、岩土工程特性及参数等，进行初步的地质风险单元划分和分级，并重点考虑下列情况：

1 基坑侧壁地层、隧道围岩及地下水分布的复杂性、变化性；

2 岩土参数及获取方法的可靠性；

3 施工工法及围（支）护方案的合理性、安全性；

4 地下水控制与注浆加固等工程辅助措施的合理性、适宜性；

5 施工开挖方法、施工工艺的适宜性；

6 勘察范围、内容及精度等的符合性和适宜性。

4.2.4 工程设计中应根据勘察成果文件、初步的设计方案及相关工程经验等，开展地质风险评估，宜编制地质风险因素辨识清单、划分不同的地质风险单元和相应的地质风险等级。地质风险因素辨识清单、地质风险单元及地质风险分级表分别见**附录 B**、**附录 C**。

4.2.5 地质风险单元划分与分级应在地质风险评价的基础上进行。地质风险评价应综合考虑因工程地质条件与水文地质条件及其变化可能导致地质风险事件或安全事故发生的类型、范围与主控因素。

4.2.6 地质风险单元划分应遵循工程地质水文地质条件逢变必分的原则，并充分考虑施工工法、围（支）护方案、工程单元等要素。下列情况宜划分出不同的地质风险单元：

1 地形地貌发生较大变化；

2 围岩等级发生较大变化；

3 地层类型、厚度及相关岩土参数发生较大变化；

4 地下水类型或水位、含水层厚度发生较大变化；

5 地质条件与结构空间位置关系发生变化；

6 周边环境类型及保护标准发生变化等。

4.2.7 下列情况宜细分地质风险单元，提升地质风险等级：

1 地形地貌、地层结构、地下水条件等发生变化，且对工程实施产生较大影响；

2 围岩等级发生 2 级以上突变；

3 浅埋隧道上方存在厚层填土或软土；

4 开挖面地层严重不均匀；

5 存在水囊、孤石、漂石、富水砂层、高承压水、土岩复合地层或基岩隆起、有害气体等特殊地质现象；

6 受现场环境条件影响，勘察精度不足或未进行勘察；

7 隧道结构上方及周边存在变形控制要求高的既有轨道交通线（站）、地下管线或建（构）

筑物。

4.2.8 当补充勘察或设计方案措施发生变化后，宜核查地质风险单元及等级，在此基础上修正工程安全风险等级，完善地质风险控制的设计方案和工程措施。

4.3 施工阶段地质风险评估

4.3.1 施工前宜根据施工方案、相关工程措施、地质条件核查结果等，进行地质风险评估，核查地质风险单元及等级。

4.3.2 施工前宜在勘察设计阶段和施工前地质风险评估基础上，结合施工方案和相关安全控制要求，对施工工艺的地质条件适宜性进行评价。

4.3.3 施工过程中宜根据工程地质水文地质条件的变化，结合工序工况、工程方案与措施、周边环境控制要求、监测及预警信息等，动态评估地质风险。

4.3.4 当评估地质风险等级提高时，宜优化相关施工方案、施工工艺与参数和安全技术措施。下列情况宜重点考虑：

1 勘察精度不满足施工要求的特殊区段或部位；

2 矿山法隧道拱顶存在厚层人工填土、松散粉土砂土或软土的部位；

3 矿山法隧道拱顶或开挖面地层严重不均匀的部位；

4 地层类型、厚度及相关岩土参数发生较大变化；

5 围岩等级发生 2 级以上突变的部位；

6 水文地质条件发生较大变化的部位；

7 隧道围岩变形过大但地表变形监测值未协调反应的区段或部位。

5 明（盖）挖法工程地质风险控制

5.1 设计

5.1.1 明（盖）挖法工程设计应根据场地工程地质与水文地质条件、地质风险评估结果，结合周边环境条件及保护要求、以往工程经验等，选择合理可行的围支护结构设计方案和地下水控制、土体加固等工程措施。

5.1.2 围支护结构宜根据场地地质风险等级及单元分区，结合基坑平面、深度、周边环境条件及保护要求等，进行分区设计。不同支护形式转换处宜采取加强措施。

5.1.3 场地存在厚度较大、强度较低或自稳性较差的地层时，明挖法工程宜采取下列设计措施：

1 采用内支撑体系，并增加支撑体系冗余度；

2 增加围支护结构刚度，第一道支撑宜采用钢筋混凝土支撑；

3 增加支护结构深度，支护结构宜穿透软弱地层，嵌固至下伏坚硬土层；

4 地下连续墙宜在异型幅、邻幅接头、阴阳角和软弱夹层处等部位的外侧地面，采用旋喷桩或水泥搅拌桩等加固措施；导墙部位增加导墙深度、土层换填或槽壁两侧预加固措施；

5 土钉支护可采用超前微型桩、复合土钉墙局部补强加固；

6 基坑坑底地层地基承载力不能满足要求时，采取旋喷桩或搅拌桩等地基加固措施；

7 减少开挖面坡度。

5.1.4 场地存在富水地层或承压水地层时，明挖法工程设计宜根据水文地质条件、基坑深度及结构特点、周边环境条件及变形控制要求等，综合确定地下水控制方案和措施，并符合下列规定：

1 排桩、锚杆支护结构应采用降水辅助措施；

2 当降水对基坑周边建（构）筑物、管线、道路等造成不利影响时，宜采取具有止水功能的支护结构形式；

3 地下连续墙宜采用刚性或防水接头，接头位置可增设坑外注浆加固或旋喷桩加固止水等措施；

4 坑内宜设置降水井或减压井，布置集水坑、排水沟等辅助措施；

5 当基底下存在承压水时，应进行坑底抗突涌稳定性验算。当不满足要求时，宜采取减压井或止水帷幕等措施；

6 高承压水地层、富水砂性土层中采用施工锚杆支护，应先实施工程降水，并选用套管成孔工艺，在开孔位置采用防涌砂涌水装置。

5.1.5 场地存在孤石、大漂石地层，明挖法工程设计宜采取下列措施：

1 支护结构采用钻孔灌注桩、地下连续墙时，可采用预爆破处理方案、全套筒钻进成孔工艺或冲击加旋挖结合工艺；

2 支护结构采用锚索及土钉时，宜采用跟管钻进的机械成孔工艺或全套筒成孔工艺。

5.1.6 场地存在土岩复合地层和基岩隆起时，明挖法工程设计宜采取下列措施：

1 对土岩结合部位的结构抗变形能力、地基稳定性和不均匀沉降性进行专项分析；

2 根据基岩风化及软硬程度，合理设置围护桩嵌固岩石深度或锚杆（索）长度；

3 基岩上覆地层稳定性较差、富水性较强或强度较低时，对围护结构侧壁进行预加固；

4 土岩结合部位界面水或基岩裂隙水的水量较丰富或水压较大时，宜采取围护结构外侧降水或深孔注浆、坑内径向注浆止水或集水坑抽排等单一或组合措施；

5 基坑内基岩采用爆破处理措施时，应开展专项设计。

5.1.7 明（盖）挖法工程设计时，应根据地基基础条件对地质不均、施工期间土方卸荷等可能造成的结构立柱、结构墙的差异沉降影响进行分析，采取增加桩长、增大桩径等措施。

5.1.8 场地存在中等或严重液化地层，明挖法车站结构基础宜避免处于中等或严重液化地层。无法避开时，应对液化地层采取碎石桩、换填、注浆、搅拌桩、旋喷桩等地基处理措施，围护结构宜采用地下连续墙或咬合桩，嵌入到非液化地层，并按永久结构设计。

5.2 施工

5.2.1 明挖法施工应根据基坑结构特点、周边环境、施工季节等，严格遵循先撑后挖，分层、分段、对称均衡的开挖支护原则，严禁反坡、超挖及掏挖施工。

5.2.2 明（盖）挖法施工阶段应制定合理的土方开挖方案，并进行试挖，根据试挖及监测情况优化土方开挖参数及结构施工方案，严格控制差异沉降超限。

5.2.3 场地存在厚度较大、强度较低或自稳性较差的地层时，明挖法施工宜采取下列措施：

1 采用土钉支护，土钉长度小于 6m 时，可采用打入式钢花管注浆代替土钉；土钉长度大于 6m 时，可采用跟管钻机施工，并及时进行补浆。采用超前微型桩局部补强加固方案时，宜采取跳钻法组织施工；

2 地下连续墙支护可根据地层和设计墙幅长度等情况，选用合适的成槽机及尺寸、合理划分单元槽段及其施工顺序。成槽时根据不同的地层土质条件选用合适的泥浆种类及比重，并宜通过试验确定。成槽过程中慢速钻进或挖掘，并加强槽深、垂直度等参数的检测与控制；

3 钻孔灌注桩支护宜采用长套筒或泥浆护壁工艺，适当提高泥浆的比重和黏度，降低泥浆的滤失量，成孔作业时应随时监测泥浆比重等参数，加强孔位、孔深、垂直度的检测与控制；

4 锚杆（索）支护成孔时应控制钻机钻速。普通锚杆钻机无法成孔时，宜采用跟管钻进的机械成孔工艺，及时进行二次补浆甚至三次补浆，可对锚杆进行劈裂注浆。锚杆采用劈裂注浆时，宜根据土层特性设置试验段，以确定扩散范围、注浆压力、时间、浆液配比等参数；

5 基坑开挖期间严格控制分层开挖高度。长期边坡应及时挂网喷护封闭坡面，临时土坡宜采用帆布、塑料薄膜苫盖，对坡面进行保护；

6 严格按照设计要求控制围护结构、土方开挖、结构施工期间的邻边荷载。

5.2.4 场地存在富水地层或承压含水层时，明（盖）挖法施工宜采用下列措施：

1 围护结构施工时按设计要求做好地下水控制或止水加固措施及其效果检测，合理布置坑边排水沟和坑底集水井；

2 围护结构施工宜采用泥浆护壁工艺，选择合适的泥浆指标；成桩（槽）过程中严格控制垂直度，做好接头防水处理；

3 土方开挖前应进一步探明并切断补给水源，可增设坑内集水、排水措施和坑边截水措施；

4 土方开挖前对围护结构渗漏情况进行检测，发现渗漏宜提前采用引排与堵漏相结合的方法，根据围护结构形式、含水层类型、渗漏范围、渗漏量等要素选择合理的导流引排、旋喷加固或注浆堵漏等措施；

5 土方开挖期间应对桩间土随挖随挂网喷射混凝土；

6 现场应准备相关应急物资和设备，开挖期间桩间出现渗漏、水土流失甚至失稳坍塌征兆时，应及时采取地下水处理和止水加固等措施；

7 采用降水时宜进行抽水试验，降水中应根据含水层类型、地下水位高低、涌水量大小等，合理控制降速、降深。

5.2.5 场地存在分布不均的大粒径土、土岩复合地层或基岩隆起时，围护结构施工前宜开展地质超前预报或试桩作业，并根据地质核查结果或试桩报告，确定或调整相关施工参数，选择与地层相适应的围护结构施工工艺。

5.2.6 场地地层存在孤石、漂石或硬度较大的基岩时，围护结构施工时宜选择胎体厚、水口少、硬度高、多保径的钻头钻进。采用爆破处理时，宜进行试爆破，并根据试爆破效果调整钻孔间距、深度、装药量等参数。

6 矿山法工程地质风险控制

6.1 设计

6.1.1 下列地层不宜采用矿山法设计方案：

1 厚度大、松散、均匀性较差且通过技术措施无法保证施工安全或变形控制要求的填土层与软土地层；

2 分布范围广的工业污染土或有害气体地层。

6.1.2 矿山法工程设计应结合场地地层及地下水分布、地下水位与矿山法结构的相对关系、开挖支护方法和周边环境条件及控制要求等，采取合理和综合性的地下水控制方案。当地下水位较高且缺少降水实施条件或降水技术不可行时，宜采取地层止水加固措施，采用帷幕隔水方法技术不可行或经济不合理时，宜采用降水设计措施。

6.1.3 遇地质风险单元变化区段或部位，矿山法工程设计宜采取针对性分区开挖支护措施。

6.1.4 对下列地质风险单元或部位，矿山法工程设计宜采取工程加强措施，并加密地表或构筑物变形监测点：

1 地质风险相对大的单元；

2 相邻不同地质风险单元结合处；

3 地下水条件发生较大变化。

6.1.5 矿山法隧道拱部地层自稳性较差时，宜在隧道开挖（含马头门）前对地面或洞内拱部地层采取适宜的预加固措施：

1 隧道埋深较浅、具备地面施工条件且采用工程降水为主的地下水控制方案时，采用高压旋喷、深孔注浆等地面预加固措施；

2 隧道埋深较深、不具备地面施工条件且采用工程降水为主的地下水控制方案时，采用超前小导管、深孔注浆、大管棚等洞内预加固措施。并根据地层性质及变化、地层的分布范围、地层与结构的关系等，采用加密超前小导管和钢格栅布设、加大深孔注浆范围、优化开挖步序及进尺等措施；

3 采用深孔注浆加固方案时，无水粗砂及砂砾（卵）石地层宜选用水玻璃水泥砂浆，无水中砂及粉细砂地层宜选用水玻璃水泥浆；

4 采用止水加固为主的地下水控制方案时，宜采用全断面或帷幕深孔注浆措施。对富水水地层，选择水泥-水玻璃双液浆；

5 根据实际地层情况，对马头门部位采取（双排）超前小导管注浆、深孔注浆以及大管棚、连立三榀格栅、设置对撑、环梁加固等措施。

6.1.6 矿山法隧道开挖面地层自稳性、均匀性较差时，设计宜对开挖地层采取小导管注浆、深孔注浆、加密超前小导管、大管棚等预加固措施。

6.1.7 矿山法隧道拱脚或墙脚地层自稳性、均匀性较差时，设计宜采取加密钢格栅纵向连接筋、对拱脚或墙角进行支垫或进行地基加固等措施。

6.1.8 矿山法隧道所处地层为易液化的饱和粉土或饱水砂性土层时，应根据地基液化等级和抗震设防要求选用相应的抗液化措施。

6.1.9 矿山法隧道地层存在空洞时，宜根据空洞大小和充填情况，采取下列措施：

1 空洞洞径大于 2m 的无充填或半充填空洞，采取先填砂处理、后注浆加固的措施，其中对全充填砂泥空洞，采用压力注浆的加固填充措施，注浆材料宜采用水泥浆或水泥-水玻璃混合浆液；

2 对洞径小于 2m 的空洞，采用直接注浆充填措施，并根据地层情况选择不同的浆液类型，根据空洞与隧道位置关系来确定适宜的处理方法；

3 对水囊区段，应采取超前支护和预加固措施。

6.1.10 矿山法隧道遇土岩复合地层或基岩隆起，宜采用相应的预加固、爆破辅助开挖和减振降噪措施，并符合下列规定：

1 拱顶地层稳定性较差时，采取上半断面深孔注浆预加固；

2 基岩存在裂隙水且具有一定的承压性时，应做好抗突涌计算，并进行应急设计；

3 开挖面基岩破碎且地下水较丰富时，采用降水方案或超前小导管注浆、全断面帷幕注

浆；基岩裂隙发育一般且地下水较少，可采用超前锚杆支护措施；

4 宜采用光面爆破或预裂爆破法辅助开挖，爆破应进行专项设计；

5 加强对爆破振动、裂隙水、洞内噪声与气体、地表及周边建（构）筑物的监测。

6.2 施工

6.2.1 浅埋暗挖隧道施工应严格遵守“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤测量”十八字方针，进行信息化施工和地质风险控制。

6.2.2 矿山法隧道施工遇大粒径土层或基岩地层并采用爆破施工、高承压地下水、污染土和有害气体等特殊地层情况，应制定针对性的地质风险专项处理方案和应急预案。

6.2.3 矿山法隧道安装的视频监控设备，应确保掌子面在可视范围内，能够全面记录掌子面地质、地下水及其风险控制情况，以及支护开挖、注浆加固等施工全过程。

6.2.4 浅埋暗挖隧道施工中遇到地质风险大的单元或工程部位，应进行超前地质探测，并符合下列规定：

1 选择适合地层情况的探孔方式；

2 拱顶或开挖面地层自稳性较差时，宜采用沿开挖面斜向外打的探孔；

3 深孔和中浅孔相结合；

4 对地层空洞或地下水较丰富区段，宜采用地质雷达进行探测。

6.2.5 对地质条件较差、地质风险大或发生变化的地质风险单元或注浆效果不佳部位，宜采取如下工程措施：

1 缩短每榀开挖进尺；

2 减小格栅间距；

3 支护跟土方开挖工序紧密协调，逐榀进行开挖及支护；

4 及时安装钢格栅和锚喷；

5 减少围岩土体开挖暴露时间，及时支护、快速封闭成环；

6 临时停工的掌子面采用型钢挂网喷射混凝土；

7 优化导洞、台阶、核心土等设计规模及参数；

8 初支过程中及时进行背后注浆，多导洞开挖时多次补充注浆，根据地层情况合理和严格控制注浆压力和注浆量；

9 加强监控量测，根据监测结果调整施工工艺和参数。

6.2.6 矿山法隧道拱顶或开挖面地层自稳性较差时，支护开挖施工宜遵循如下原则：

1 采用人工开挖支护方式，避免选用施工振动较大的机械设备；

2 小导管打设采用振动力小的打设方式；

3 采取格栅挂网喷射混凝土临时封闭，或采用型钢格栅进行短期封闭。

7 盾构法工程地质风险控制

7.1 设计

7.1.1 盾构工程应根据所处场地地质条件、地质风险单元及其风险分级，结合以往工程经验，进行盾构机选型和针对性设计。

7.1.2 场地地层为分布连续、厚度较大、范围较广的大粒径土层、土岩复合地层和基岩隆起，盾构工程应在方案综合比选的基础上进行设计。

7.1.3 盾构隧道穿越污染土或含有害气体地层构造部位时，宜进行防护设计和电气设备防爆处理设计。

7.1.4 盾构工程应根据工程地质与水文地质条件、周边环境及管控要求等，合理选择始发、接收位置，宜采取下列地层预加固措施：

1 杂填土或高孔隙率填土层、地层空洞或水囊地层，宜采用深孔注浆加固，增加加固区段范围，加密注浆钻孔；

2 无水砂土层，宜采用高压旋喷加固；

3 富水砂土层尤其是地下水位较高时，可采用降水、冻结法加固或钢套筒始发接收；

4 富水大粒径土层，宜采取降水、或深孔注浆加固。采用注浆止水加固时，宜根据大粒径土层的密实度、渗透性等，加大注浆加固范围、加密注浆孔间距。

5 细粗粒土组合地层，宜采用注浆、搅拌桩或高压旋喷桩。注浆加固宜采用劈裂注浆法，搅拌桩或高压旋喷桩可增加加固范围、减小桩间距；

6 存在土岩界面水或基岩裂隙水的土岩复合地层或基岩隆起，宜根据含水层分布及涌水量大小等，采用降水、止水或相结合的地下水控制措施；

7 对加固体与围护结构之间的间隙、桩的咬合位置、洞门周圈等薄弱部位，宜加密注浆钻孔。

7.1.5 盾构工程在选择起重设备时，宜根据盾构机安拆吊装的设备重量等验算场地承载力。

如不满足，宜对所涉区域进行地面预加固设计。

7.1.6 当盾构隧道上方存在厚度较大、孔隙率高或不均匀地层时，可根据其地层分布情况及岩土特性，采取预加固处理或洞内超前注浆处理方案。

7.1.7 盾构掘进断面为砂土层时，宜根据地层分布情况、特性和体量进行盾构设计，并符合下列规定：

1 同步注浆采取注浆量和注浆压力双重控制指标；

2 对石英含量高的砂土层，选择适宜的刀盘结构形式，并合理布设刀具，适当提高刀具耐磨性；

3 对密实砂土层，盾构设计时应特别考虑螺旋输送机处的土拱效应，以减小对密闭舱土压力的影响；

4 盾构选型应考虑开挖面上较高水压力的影响。对渗透性较大的砂土层，考虑螺旋取土器喷涌的影响，并进行针对性设计。

7.1.8 盾构掘进断面为大粒径土层时，宜根据地层分布情况、特性和体量采取相应的盾构专项设计，并符合下列规定：

1 盾构机选取适合的刀盘刀具，宜选用安装齿刀和滚刀能够互换的刀盘，刀盘面板增加耐磨层，同时增强刮刀耐磨性和抗冲击性；

2 盾构掘进前方存在侵入洞身的漂石且盾构机无法正常掘进通过时，可配备土体加固及破除漂石的相应设备、土仓内安装超声波探测系统；

3 长距离掘进时，应设计竖井、横通道用于检修。

7.1.9 盾构掘进断面为土岩复合地层或基岩隆起时，宜采取盾构专项设计，并符合下列规定：

1 对上软下硬的上部地层和隧道周边软弱地层可进行注浆预处理；

2 加强滚刀的配置，增加刀盘的开口率；

3 宜采用复合式刀盘，根据岩石的强度，选择匹配的硬岩刀具和耐磨刀具。合理布置滚

刀与先行刀的比例。

7.1.10 盾构掘进断面为黏粒含量较高的地层，宜根据地层分布情况、特性和体量采取相应的盾构专项设计，并符合下列规定：

- 1 选用大开口率的刀盘；
- 2 土仓内应设置主动搅拌棒；
- 3 刀盘中心处应设置注水孔和高压水喷头，土仓内中心位置设置泥浆注入孔。

7.1.11 盾构掘进断面为富水且水压较大的地层时，宜根据地层地下水分布、渗透性、涌水量等进行盾构设计，并符合下列规定：

- 1 选择合理的渣土改良系统；
- 2 盾构机设计应具备加泥浆或泡沫功能，螺旋出土器应设有防喷装置；
- 3 盾构系统合理设定盾构油脂注入压力并适当高于盾尾注浆压力；
- 4 选择合理的管片类型。

7.1.12 盾构掘进应选择地层土体稳定性较好、地面条件良好的地段进行开仓换刀，如换刀地点地层强度不足，应设计地面预加固措施。遇以下地层不宜进行开仓换刀，设计宜制定刀具更换计划，提前设置换刀地点：

- 1 隧道上方存在厚度较大、孔隙率高或不均匀的填土层或新近沉积土层，地层空洞或水囊；
- 2 隧道断面地层为富水的砂性土层或大粒径土层；
- 3 隧道断面地层为土岩复合地层或基岩隆起。

7.1.13 盾构联络通道结构位于富水或软弱地层时，设计宜根据地层类型及地下水情况，采取降水、地面预加固、洞内冻结法、洞内预支撑等工程措施。

7.2 施工

7.2.1 盾构法施工中应根据地质条件、地质风险单元及其风险分级，划分不同的掘进组段，确定合理的掘进参数并动态调整。在掘进至地质风险或其变化大的单元前应设置试验段。

7.2.2 盾构施工遇高孔隙率地层、大粒径土层、土岩复合地层与基岩隆起、有害气体地层、分布不均匀地层或地层突变区段时，宜开展超前地质探测或补充勘察，制定相应的预处理措施。

7.2.3 盾构始发、接收段土体加固施工及其风险控制宜符合下列规定：

1 根据设计和实际地层情况，合理选取加固工艺和参数，其中对填土、砂性土、大粒径土、土岩复合和基岩隆起等地层通过试桩确定加固参数，对黏性土、粉土地层进行注浆加固的注浆材料宜采用超细水泥；

2 对加固体与围护结构之间的间隙、桩的咬合位置、洞门处等薄弱或关键部位的土体加固进行重点控制；

3 采用垂直抽芯和水平探孔相结合的方式检测加固体的强度、连续性和抗渗性，对洞门止水加固效果进行检查；

4 对抽芯和探孔部位、止水加固效果不佳区段或部位进行及时、有效的注浆填充。

7.2.4 为控制盾构姿态和掘进方向，盾构掘进及其施工风险控制宜符合下列规定：

1 对浅埋覆土、砂性土、大粒径土、土岩复合和基岩隆起等地层宜进行盾构试掘进长度，做好各类参数控制与优化，试掘进长度宜根据地层情况和控制需要确定；

2 及时和缓慢纠偏，控制单次纠偏量，逐环和小量纠偏，小半径转弯或竖曲线变坡前应提前纠偏，纠偏时，应密切注意盾构机的姿态、管片的选型及盾尾的间隙等，盾尾与管片四周的间隙要均匀；

3 砂性土层中掘进时盾构姿态宜略高于设计轴线；土岩复合地层和基岩隆起地层中始发掘进时宜略调低盾构中心线，盾构机姿态宜提前偏向硬度较大地层一侧；

4 掘进完成后宜及时进行二次补浆，控制好注浆压力，并加强管片螺栓复紧管理。

7.2.5 为控制盾构喷涌、渗漏或管片渗漏风险，盾构掘进宜采取下列施工措施：

1 盾构设备进场前，对盾构的中心密封、铰接密封进行验收，确保密封完好，盾尾油脂注入系统工作正常，盾构掘进中加强对密封系统的检查；

2 掘进中合理控制注浆压力及范围和设定盾构油脂注入压力（宜略高于盾尾注浆压力）；

3 对每环管片间隙进行量测，严格控制盾构推进的纠偏量，确保管片四周的盾尾空隙均匀一致，减少管片对盾尾密封刷的挤压或磨损；

4 及时、保量、均匀地压注盾尾油脂，采用优质的盾尾油脂，确保该部位的密封质量和效果；

5 对已经产生泄漏的部位，集中压注盾尾油脂，有多道盾尾钢丝刷的盾构机，可更换最里面的一道盾尾刷，以保证盾尾刷密封性；

6 承压水地层中掘进时，加强对盾尾密封、螺旋密封、铰接密封等的专项检查，严禁随意打开有内外水力联系的部件，必须打开时应有预防措施；

7 管片拼装过程中，严格控制管片楔形量与间隙量，以降低盾尾刷的磨损；加强对已拼装管片渗漏情况巡视，及时补充注浆，可在管片背后塞入海绵，堵住泄漏部位；

8 掘进中一旦发现盾尾有泥沙漏涌迹象，应立即停止推进并进行封堵；发生错台、涌水风险时，应及时注入足量盾尾油脂，设定合适注浆压力。

7.2.6 在粘粒含量较高地层中进行盾构掘进，宜采取如下控制刀盘结泥饼风险的施工措施：

1 根据勘察成果文件给出或及时测定出的黏粒含量，选择合适的泥浆参数和渣土改良剂

2 添加适量的土体改良剂或土体改良时添加分散剂，减小土体黏度和黏着力，降低结泥饼发生率；

3 出现泥饼时可使用分散剂泡仓法清除，或适时高速空转刀盘、向泥土仓内注水方法脱落清除。

7.2.7 在大粒径土层、土岩复合、基岩隆起和石英含量高的砂层等地层中盾构掘进，宜采取如下控制刀盘刀具磨损风险施工措施：

1 掘进中采用滚刀，以增大盾构刀盘的扭矩；

2 开启刀盘加泡沫、加水装置，改良正面土体，降低刀具和土体的摩擦力，减小扭矩；降低刀盘和土体温度，减小刀具的偏磨；

3 严格控制刀具的贯入度、扭矩、转速，从而降低刀具与硬岩之间的冲击力，减少刀具在碰撞时产生的崩裂、脱落、变形等损坏；

4 承压水区段盾构刀盘驱动处宜采用高负荷、高性能的土砂密封圈，盾尾密封采用多道密封刷；

5 盾构掘进中加强对密封系统的专项检查，不合格时及时更换；

6 对前方存在侵入洞身的直径较大的漂石层、硬度较高的岩石层，且盾构无法正常掘进通过时，宜采用预处理措施；

7 盾构掘进施工时根据刀具的磨损情况，提前制定换刀计划，选择在适当地层中开仓更换刀具；在开仓前应对地层加固效果进行检测，开挖面稳定性和气密性必须满足进仓作业要求；开仓作业期间在刀盘开口部位应设置挡板进行封闭，安排专人值守；

8 掘进过程中注意观察盾构掘进参数的变化及异常情况，确保刀具和刀盘受力均匀，以防刀盘产生变形。

7.2.8 在砂土层、地层空洞或水囊区段、大粒径土层、土岩复合地层与基岩隆起等地层中进行盾构掘进，宜采取如下控制盾构超挖或开挖面失稳甚至地面塌陷风险的施工措施：

1 对盾构前进方向 20m 范围内地面区域进行雷达探测，对盾构区段进行地面沉降观测，掌握地质及变化情况；

2 掘进过程中根据盾构机仪表掘进压力情况，控制好盾构掘进各项参数指标；

3 根据探测地层空洞或水囊及地层复合情况采用注浆或回填处理措施，同时根据监测数据情况做好二次补浆加固措施。

7.2.9 在密实砂土层、大粒径土层、土岩复合地层与基岩隆起等地层中进行盾构掘进，宜采取如下控制盾构推力过大或掘进困难甚至卡壳风险的施工措施：

1 根据盾构机仪表盾构压力等参数情况，合理调整掘进方式，遵循“低转速、小贯入度、小推力、低扭矩”原则，控制好土压、出土量、注浆量、注浆压力等掘进关键参数；

2 掘进中加强刀具的磨损监测，发生卡机、卡刀盘等情况时，优先使用脱困模式自行处理；

3 根据地层情况选择合适的渣土改良剂，设定合理的泡沫发泡倍率和气体量，进行一次二次多次改良，确保渣土改良效果，发现盾构铰接、盾尾泄漏时立即处理。

7.2.10 盾构掘进中需二次补浆时宜在脱出盾尾 3~5 环时进行，粉砂地层段注浆应采用快凝早强注浆材料。

8 地下水风险专项控制

8.1 设计

8.1.1 地下水控制设计应遵循“保护优先、综合利用、兼顾经济和环境效益”的原则，考虑对地下水资源的合理保护和利用，考虑环境保护和地下水风险控制的双重要求，可采用“堵、排、降、灌、冻”等方法，并加强地下水控制方案的比选论证和地下水动态监测。

8.1.2 降水设计应对降水影响范围内的建（构）筑物、道路、管线等因降水引起的沉降进行预测。当降水对周边环境可能产生不利影响时，应提出可靠的预防和保护措施，确保降水对周边环境风险可控；当预测降水会对工程周边建（构）筑物、道路、管线等造成损坏或可能存在长期不利影响时，宜采用止水方案或降水回灌。

8.1.3 止水设计应根据场地水文地质条件及地区工程经验，采用适宜的支护结构形式及止水措施。

8.1.4 场地邻近埋置较深的地下建（构）筑物时，宜将其对应的含水层作为隔水边界进行地下水控制设计。

8.1.5 明（盖）挖法工程的地下水控制设计宜优先采用成熟可靠的止水方案。如有特殊情况无法采用止水方案的，可采用降水方案，降水设计参数应根据基坑涌水量、地层条件、基坑形状、含水层疏干与否和地区经验等综合确定。当受场地条件所限地面降水井无法封闭时，可在坑内增加降水井或在局部相应位置增加止水措施。

8.1.6 矿山法工程具备降水条件且止水方案不可靠的，宜采用降水方案或堵、排相结合的地下水综合处置方案；当受场地条件所限地面降水井无法封闭时，可采用导洞内管井降水或施工竖井辐射井降水方案等。

8.1.7 盾构法工程应根据地层、地下水类型及特点等选用适宜的端头始发、换刀与接收方案。

8.1.8 冻结法设计应与结构设计、开挖支护相匹配。当场地地下水流速过快、含盐量过高时，不宜采用冻结法。

8.1.9 承压水控制设计宜遵循如下原则：

1 按最不利条件对承压水突涌可能性进行评价。当不满足抗突涌要求时，应采取减压降水或增加隔水帷幕深度等方法，以满足抗突涌稳定性要求；

2 基坑开挖范围内存在承压水含水层或承压水水头较高时，宜采用地下连续墙止水，并选用适宜的接头型式；

3 矿山法工程宜采用降水为主的地下水控制措施，辅以洞内堵、疏、排综合措施治理残留水；

4 盾构法工程始发、接收宜采用钢套筒或降水、地层加固措施，采用加固措施时设计应进行工程类比或计算分析，确保加固范围满足要求，并对加固效果提出明确要求，做好洞门密封。

8.1.10 多层地下水控制设计宜遵循如下原则：

1 应根据各层地下水及含水层性质，按最不利条件进行抗突涌及防渗流稳定性验算，选择适宜的地下水控制方案；

2 采取降水方案时，地下水位降深值应根据各层地下水位综合确定，各层地下水的涌水量计算应综合分析各层水的性质，选取正确的计算模型和参数，分层计算涌水量；

3 采用止水方案时，落地式隔水帷幕应保证帷幕体进入隔水层深度满足防渗流要求，当帷幕体进入隔水层较深且隔水层下部存在承压水时，应对下部隔水层渗透稳定性进行验算，当验算不满足要求时应采取封底隔渗或减压降水措施保证坑底土层稳定；悬挂式隔水帷幕应根据基底所在含水层及地下水的性质，采用隔水帷幕并在基坑内或基坑外设置减压井。

4 当槽底上下两个含水层之间为弱透水层时，应考虑地下水越流补给及其影响。

8.1.11 地下水位动态变化较大时，地下水控制设计宜遵循如下原则：

1 存在相邻工程降水施工时，应综合分析相邻工程降水周期、降深等与本工程的相互关系，合理制定本工程的地下水控制方案；方案中应充分考虑相邻工程停止降水后，水位回升对本工程的影响；

2 应充分考虑施工期间工程场地附近地下水的动态变化，尤其考虑区域性地表水生态放水、极端天气等不利影响因素，制定合理的地下水控制方案；

3 工程邻近地表水体时，应查明地表水与地下水是否存在水力联系。当存在水力联系时，降水设计计算应将地表水作为补给边界，增加临水侧降水井降水能力，或增加阻水帷幕阻断水力联系；

4 降水工程邻近地下水补给边界或地下水回灌区时，应在地下水补给方向或地下水回灌区适当加密降水井。

8.2 施工

8.2.1 施工过程中应做好地下水自身的控制，确保地下水控制效果和施工作业条件，也应兼顾在地下水控制过程中或因地下水控制效果不佳导致的结构、围岩、开挖面和周边环境的安全风险控制，确保工程结构安全和环境安全。

8.2.2 遇上层滞水，施工中宜采取如下风险控制或加强措施：

1 施工前查明工程实施范围内上层滞水的分布范围、埋藏形式及形成原因，并据此制定经济、合理、可行的处理方案；

2 对赋存于回填土中的上层滞水可采用深孔注浆加固，以降低土体渗透性，消除上层滞水渗漏风险；

3 对管道渗漏产生的上层滞水，应查找并封堵渗漏点并对渗漏水进行导排。与地表水有水力联系的上层滞水，宜采用注浆方法构筑隔水帷幕截断补给源；

4 明挖法工程可采用潜水泵、真空泵抽吸方式处理上层滞水；对排除上层滞水后可能产生的地质疏松、地下空腔等，应采用注浆、灌注砂浆等方式进行填充；

5 矿山法工程开挖遇上层滞水时，可采用洞内打设水平井管进行超前导流；

6 为防止上层滞水流入降水井，引起储水空腔垮塌，降水井上部穿越上层滞水层的部分应采用井壁管，并在井管外填充黏土进行隔离。

8.2.3 遇承压水，地下水控制施工中宜采取如下风险控制或加强措施：

1 采用降水方案时，现场应配置备用电源，确保降水持续、稳定运行；

2 应对地下水位变化进行长期动态观测，水位观测应从开挖施工前开始；

3 基坑中施作工程桩时，桩的施工工作面标高应高于所穿过承压水头标高 0.3m 以上，当桩穿过多层承压含水层时，应高于最高的承压水水头；

4 如需带压封井，应制定封井专项方案，明确封井时间、顺序及封井方式。

8.2.4 遇多层地下水，施工中宜采取如下风险控制或加强措施：

1 对工程有影响的多层含水层应进行长期分层水位观测；

2 降水涉及多个含水层，当各含水层水质差异较小，降水井滤管应分层设置，并采取分层止水措施；多个含水层性质差别较大时，应根据含水层岩性及粒径，降水井结构应分层设计滤料和滤网规格；

3 含水层底部界面残留水量较小时，可明排处理；残留水量较大时，可采用超前水平井和真空斜井进行补充降水，也可采用黏土球对不需降水的上部含水层和地表下与大气的隔离段进行密封。

8.2.5 场地地下水位动态变化较大时，施工中宜采取如下风险控制措施：

1 根据对相邻工程降水状态、地表水水位及雨情变化等信息的调查、监控、分析及评估，完善地下水控制措施；

2 开展地下水位持续观测与分析，针对水位异常情况应及时研判风险，制定对策。

8.2.6 为保证降水效果，施工中宜采取如下风险控制或工程加强措施：

1 在强渗透性含水层、巨厚含水层和多层含水层等富水地层，充分考虑含水层过水断面单井出水量和涌水量，适当增加降水井数量或采用大功率水泵；

2 保证降水井施工质量，进行降水施工质量及降水效果检验；

3 存在隔水底板残留水“疏不干”时，补充采用轻型井点或倾斜管井补充降水措施，赋存于砂卵石含水层的界面残留水或基岩裂隙水，采用疏干井或渗漏水引排措施；渗漏范围较小时，也可采用深孔注浆止水措施；

4 周边工点或降水单元同步实施降水，形成区域降水效果。

8.2.7 为有效控制降水引起地面沉降，宜采取如下风险控制或工程加强措施：

- 1 对降水影响范围内的地面沉降、重要环境设施沉降及变形情况进行连续监测；
- 2 对抽水量及含砂量进行连续监测；
- 3 对降水导致细颗粒流失或地层损失风险，可在发生较严重区段或邻近重要环境风险设施一侧实施降水回灌；
- 4 降水井周及地面发生沉陷时应及时分析原因，确因降水井降水造成的，可采用级配砂石回填降水井，回填预埋注浆管，回填到地面后再注浆加固地层。

8.2.8 为有效控制止水帷幕渗漏风险，宜采取如下风险控制或工程加强措施：

- 1 充分考虑帷幕体与围护结构的搭接、咬合偏差，采取合理的帷幕组合形式；
- 2 采用高压旋喷等工艺的桩式帷幕，帷幕桩深度超过 15m 时，宜采用双排咬合搭接桩式帷幕；
- 3 槽壁垂直度和槽底沉渣厚度应进行检测，并应满足相关规范要求；
- 4 根据声波透射法等检测方法判定帷幕体质量不合格时，宜采用钻芯法进行验证；
- 5 对判定存在渗漏风险的部位提前采取补救措施，并对补救措施的有效性进行检验。

8.2.9 为有效控制地下连续墙接头漏水风险，宜采取如下风险控制或工程加强措施：

- 1 地下连续墙接头类型应根据地下水性质、水压、围护结构变形预期、支撑型式及布置等确定选型。在高水压、强渗透地层及薄壁地下连续墙结构中宜选用刚性或防水接头；对接头防水及刚度无特殊要求时可采用锁口管柔性接头；
- 2 在高水压、强渗透地层，围护结构阳角或邻近周边环境风险等级较高的地下连续墙基坑，宜在槽段接口处增设坑外旋喷止水、深孔注浆等补充措施；
- 3 地下连续墙分幅接头位置及施工控制应考虑围护结构、支撑体系受力协调，避免在端墙跨中、阴阳角、转角等结构受力复杂区段设置。

8.2.10 为有效控制注浆止水失效风险，宜采取如下风险控制或工程加强措施：

1 根据地层及地下水性质，注浆止水范围宜为开挖轮廓线周圈不小于 2m；

2 深孔注浆孔位应根据注浆范围和隧道开挖形式布置，采用单排孔和双排孔布置时，任意断面各注浆孔间距不应大于 2 倍的扩散半径，多排孔应采用梅花型布置；

3 注浆盲区可通过调整注浆孔角度、短孔与长孔相结合等方式消除；

4 注浆完成后，应对注浆效果进行检验；

5 判定存在渗漏风险的部位提前采取补救措施，并对补救措施的有效性进行检验。

8.2.11 为保证冻结法施工效果，宜采取以下风险控制措施：

1 在冻结壁形成期间，冻结壁外 200m 区域内的含水层不宜采取降水或回灌措施；

2 冻结壁温度、冻结土体强度等应符合设计要求；

3 加强冻结法施工周期的监测及分析；

4 在冷冻站运转前期，应定期观测地层水压。

8.2.12 矿山法工程下穿或紧邻地表水体时，施工中宜采取铺设防渗毯等工程措施，阻断水力联系。

附录 A 地质风险分级标准

地质风险分级参考标准

风险等级	基本划分标准（满足其一）		与工程风险关系
I 级 (高风险)	基坑、高架桥基、竖井	施工范围内地形地貌变化大；存在厚层填土、软土层或软弱夹层；存在严重液化地层或富水砂层；存在高承压水、水囊或富水基岩裂隙水；邻近地表水且与地下水有水力联系	对工程风险影响极大。工程自身风险等级宜为一级（一级除外），环境风险宜上调一级（特级、一级除外）
	矿山法隧道（含浅埋暗挖、钻爆法等）	隧道范围内覆土浅或上覆地形地貌变化大；隧道断面或拱顶存在厚层填土、地层疏松区、软土层、严重液化地层或富水砂层；I 级或 II 级围岩或围岩等级发生 2 级以上突变；隧道断面存在土岩复合地层或基岩隆起；隧道断面存在污染土或有害气体；隧道断面或拱顶存在高承压水、多层地下水、水囊、界面水或富水基岩裂隙水；隧道邻近地表水且与地下水有水力联系	
	盾构、TBM 及顶管隧道	隧道范围内覆土浅或上覆地形地貌变化大；隧道断面或拱顶存在厚层填土、地层疏松区、软土层、严重液化地层或富水砂层；围岩等级发生 2 级以上突变；隧道断面存在孤石、漂石等大粒径土层；隧道断面存在土岩复合地层或基岩隆起；隧道断面存在污染土或有害气体；隧道断面或拱顶存在高承压水、水囊或富水基岩裂隙水；隧道邻近地表水且与地下水有水力联系	
	冻结法	施工范围存在厚层填土、地层疏松区、软土层、严重液化地层或富水砂层；I 级或 II 级围岩；存在高承压水、水囊或富水基岩裂隙水；地下水流速隧道邻近地表水且与地下水有水力联系；地下水流速大于 5m/d 或地下水水位有异常波动；土层结冰温度低于 -2℃、土层含水量低或有地下热源存在影响土体冻结	
II 级 (中风险)	I 级和 III 级地质风险所属基本划分标准之间的情形		对工程风险有一定影响。工程自身风险可上调一级或保持不变（一级除外），环境风险可上调一级或保持不变（特级、一级除外）
III 级 (低风险)	施工范围内地形地貌、地层结构、地下水条件较简单或分布连续稳定；基坑侧壁地层或隧道围岩为 IV 或 V 级；无不良地质、特殊岩土或围岩突变；		对工程风险影响较小。工程自身风险等级保持不变或下调一级，环境风险等级可保持不变

附录 B 地质风险因素辨识清单

地质风险因素辨识清单

线路名称：

工点名称：

序号	工程区段或部位	地质风险因素 (地层及地下水特征)	涉及范围	易发风险 (风险类别)	备注
1					
2					
3					
...					
N					

注：1、工程单元指满足各建设阶段的内容及深度要求的工程单元范围，可行性研究阶段为单位子单位工程及重点危大分项工程，初步设计阶段为单位子单位及各项相关危大分项工程，施工图阶段为子单位及各项危大分部分项工程，施工阶段为子单位及各项危大分部分项工程；

2、涉及范围指线路里程范围、工程区段划分或有关工程部位。

附录 C 地质风险单元及风险等级划分表

地质风险单元及风险等级划分表

序号	地质风险单元	涉及范围	地质风险等级	(地质风险因素) 地层及地下水特征	工程特征	易发风险	主要风险控制措施方案
1							
2							
3							
...							
N							

线路名称:

工点名称:

注：1、涉及范围指线路里程范围、工程区段划分或有关工程部位；
2、工程特征包括但不限于施工工法、支护体系形式、埋深及断面大小、地下水控制与土体加固等辅助措施等。

UG

DB

北 京 市 地 方 标 准

编 号：DB 11/X X X X—201X

备案号：J×—201×

城市轨道交通工程
地质风险防控技术标准

Technical code for prevention and control of geological risk of
urban rail transit engineering

【条文说明】

202*-**-* 发布

202*-**-* 实施

北京市住房和城乡建设委员会

联合发布

北京市市场监督管理局

北京市地方标准

城市轨道交通工程 地质风险防控技术标准

Technical code for prevention and control of geological risk of
urban rail transit engineering

编号：DB11/T。。。-2024

【条文说明】

主编单位：北京城建设计发展集团股份有限公司

批准部门：北京市住房和城乡建设委员会

北京市市场监督管理局

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/996023222211010134>