

广州市地下工程安全设计导则

(试行)

广州市规划和自然资源局

2022年2月

前 言

为贯彻落实习近平总书记关于防灾减灾救灾、城市建设管理、统筹发展和安全等的重要指示精神，践行《中华人民共和国安全生产法》《建设工程安全生产管理条例》《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》等法律法规，根据市委、市政府有关工作要求，广州市规划和自然资源局组织动员我市轨道交通、市政、房屋建筑、岩土、水利水电等专业设计院所和高校，经广泛调研、实地考察、总结借鉴国内外应对城市地质风险的成功经验，编制了《广州市地下工程安全设计导则（试行）》。

本导则共分 6 章，主要内容包括：1.总则；2.术语和定义；3.基本规定；4.勘察要求；5.安全设计要求；6.安全运维。

本导则由交通、住建、水务等各类地下工程主管部门负责指导实施与监督管理，由广州市城市规划勘测设计研究院有限公司会同参编单位负责具体技术内容的解释。请各单位在执行过程中总结经验、积累资料，有关意见或建议可书面反馈给广州市规划和自然资源局（地址：广州市越秀区吉祥路 80 号广州市规划和自然资源局地质矿产管理处，黄佳铭，电话：13632355053），以供今后修订时参考。

主编单位：广州市城市规划勘测设计研究院有限公司

参编单位：广州地铁设计研究院股份有限公司

广州市市政工程设计研究总院有限公司

广州市设计院集团有限公司

广东省水利水电科学研究院

华南理工大学建筑设计研究院有限公司

广东省建筑设计研究院有限公司

华南理工大学

编写人员：彭卫平 史海欧 杨光华 李鼎强 魏立新 肖淑君 陈晓丹

陈位洪 黄俊光 周越洲 杨先华 楼康明 黄佳铭 周 密

杨春山 牛富俊 王一兆 胡雯婷 易诗轩 罗永健 陈富强

审 查 人：廖建三 林本海 林志元 连长江 周治国

目 录

1 总则	- 1 -
2 术语和定义	- 2 -
3 基本规定	- 4 -
4 勘察要求	- 5 -
4.1 基本要求.....	- 5 -
4.2 基坑工程.....	- 5 -
4.3 隧道工程.....	- 5 -
4.4 市政管道工程.....	- 6 -
5 安全设计要求	- 7 -
5.1 基本要求.....	- 7 -
5.2 基坑工程安全设计.....	- 7 -
5.3 矿山法隧道安全设计.....	- 8 -
5.4 盾构法隧道安全设计.....	- 8 -
5.5 顶管法隧道安全设计.....	- 9 -
5.6 市政管道工程安全设计.....	- 9 -
6 安全运维	- 11 -
附录 A 地质风险分析管理	- 12 -
附录 B 地下工程地质风险等级划分表	- 14 -
附录 C 地下工程地质风险列表	- 16 -
规范性引用文件	- 20 -

1 总 则

1.0.1 为了在地下工程设计中贯彻执行国家的技术经济政策，做到安全适用、技术先进、低碳环保、经济合理、确保质量和保护环境，有效防范和应对地质安全风险，制定本导则。

1.0.2 本导则适用于广州市地下工程详细勘察、设计和运维管理。

1.0.3 地下工程安全设计应遵循本质安全设计原则，从设计源头上消除或削减风险源，将建设和运营风险降到合理、可控的最低程度。

1.0.4 地下工程安全设计除应符合本导则外，尚应符合国家现行有关法律法规、标准、规范和规程的规定。

2 术语和定义

下列术语与定义适用于本导则。

2.0.1 地下工程 **underground engineering**

修建在地表以下各种类型的地下结构物，包括地下建（构）筑物、地下铁道、公路隧道、水下隧道、综合管廊、过街地下通道、地下管道（涵）等。

2.0.2 本质安全设计 **intrinsic safety design**

在地下工程设计过程中，采用保护、替代或增强等手段，消除或削减风险源，将建设和运营风险降到合理、可控的最低程度。

2.0.3 地质安全风险 **geological safety risk**

地下土建工程建设活动中，由于地质条件的复杂性、变异性和不确定性导致工程质量、工期、造价等受到较大影响的可能性及其后果严重程度。

2.0.4 地面沉降 **ground settlement**

由自然因素或人为活动引发地壳表层松散土层压缩并导致发生幅度大、范围广的区域性地面标高降低的地质现象。

2.0.5 地面塌陷 **ground collapse**

由自然因素或人为活动引发洞隙或采空区上部及周边的岩土体突然向下陷落，导致地面快速沉降、开裂形成塌陷坑洞的地质现象。

2.0.6 基坑工程 **foundation pit engineering**

地下工程施工所需要开挖的地面以下的坑、槽工程。

2.0.7 隧道工程 **tunnel engineering**

修建在地下、水下或山体中，铺设轨道或修筑道路供机动车或人通行的建筑物。

2.0.8 矿山法 **mining method**

用开挖地下坑道的作业方式修建隧道的暗挖施工方法。传统矿山法主要采用钻眼爆破开挖，现代矿山法还包括新奥法等施工方法。

2.0.9 盾构法 **shield method**

在盾构的保护下进行全机械化开挖、推进、衬砌、注浆等作业，拼接预制混凝土管片形成隧道结构的暗挖施工方法。

2.0.10 顶管法 **pipe jacking**

地下管道（隧道）施工中，依靠顶管机和顶进装置，将管节在地下逐节顶进的施工方法。

2.0.11 地质风险单元 **geological risk unit**

以地质条件为基础，考虑工程建设的周边环境、施工方法等施工条件划分出的最小风险控制单元，以达到聚焦具体工程风险、精准控制工程风险的目的。

2.0.12 地质条件 **geological condition**

工程建设活动影响范围内、客观存在的工程地质及水文地质条件，包括水文气象、地形地貌、地层岩性、地质构造、不良地质、特殊性岩土和地下水等。

2.0.13 风险源 risk source

可能造成人员伤亡、财产损失和环境破坏等根源状态的统称。

2.0.14 风险识别 risk identification

用感知、判断或归类的方式对存在于工程建设中现实的和潜在的风险因素（事件）进行确认、分类和鉴别的过程。

2.0.15 风险因素 risk factors

导致失事破坏的外部危险性、工程本身易损性以及工程失事影响区域载体脆弱性等因素。

2.0.16 风险等级 risk level

单一风险或组合风险的大小，以后果和可能性的组合来表达。

2.0.17 风险管控 risk management and control

为了将风险减至社会和公众各个利益相关者可接受的水平，通过一整套程序、标准、流程和方法实施风险管理决策的行为，对工程风险识别、估计、评价、处置和控制的过程。

2.0.18 可接受风险 acceptable risk

在现有社会、经济和环境等条件下，工程利益相关者，特别是社会公众认为可以接受的失事破坏导致的损失。

2.0.19 风险处理 risk treatment

风险处理是通过选择和实施一项或多项备选方案来降低风险的过程。

3 基本规定

3.0.1 地下工程在设计和施工前应按基本建设要求开展岩土工程勘察，并提供相应阶段的勘察报告。

3.0.2 地下工程勘察设计施工时应开展地质安全风险分析，识别地质安全风险源、划分风险等级并提出风险防控措施。地质风险分析管理可参考附录 A，地质风险等级划分可参考附录 B，地质风险列表可参考附录 C。

3.0.3 地下工程安全设计应遵循城市地下空间可持续发展战略、合理降低风险原则，应在技术可行、经济合理的前提下，采用适宜、可靠的安全对策措施。

3.0.4 地下工程设计施工应遵循信息化管理原则，系统监测，及时反馈，动态调整设计。

4 勘察要求

4.1 基本要求

4.1.1 地下工程勘察前应收集拟建地下工程的功能类型、结构形式、支护方案、施工工法、既有地下建（构）筑物和地下管线等资料，分析勘察重点和难点，编制岩土工程勘察纲要。

4.1.2 基坑工程、市政管道工程采取岩土试样和原位测试的勘探点不应少于勘探点总数的 1/2；隧道工程采取岩土试样和原位测试的勘探点不应少于勘探点总数的 2/3。

4.1.3 含水层的渗透系数宜通过现场抽水试验确定，最大降深应接近工程设计所需的地下水位降深；应提供地下水的稳定水位和变化幅度。

4.1.4 对深厚淤泥、淤泥质土宜进行十字板剪切试验；采空区等存在潜在有毒有害气体的分布区应开展有毒有害气体测试。

4.1.5 岩溶场地应着重查明岩溶发育特征和富水性、岩溶地下水与地表水及其它地下水的补排关系，分析评价坑底突涌风险。

4.1.6 钻探过程中，岩芯采取率应逐回次计算。黏性土层应大于 90%，粉土、砂土层应大于 70%，碎石土层应大于 50%，强风化岩应大于 65%，中等风化岩应大于 80%，微风化岩应大于 85%。

4.1.7 市政道路等公共区域场地终孔后应封孔。

4.1.8 岩芯应按实际采取深度每行 1m、每箱 5m 摆放，选择正面、俯视角度逐孔、逐箱拍摄；清晰标记工程名称、孔号、箱号、分层深度和取样深度等内容。

4.1.9 勘察报告应对地下工程设计、施工可能涉及的地质风险进行分析，提出地质风险控制措施建议。

4.2 基坑工程

4.2.1 勘探点应沿基坑开挖边线布置，角点位置应布置勘探点，勘探点间距宜取 15~25m；遇到暗浜、隐伏冲沟、风化深槽、基岩凸起、岩性突变或岩溶区等地层结构变化较大时，应加密勘探点。

4.2.2 勘探孔的深度应符合下列规定：

a. 应满足基坑支护结构稳定性和地下水控制设计要求，一般地质条件下控制性勘探孔不宜小于基坑开挖深度的 2.5 倍，一般性勘探孔不宜小于基坑开挖深度的 2 倍；

b. 在第 a 款深度范围内遇到硬塑状黏性土、基岩，可根据岩土类型和支护设计要求适当减少勘探深度；

c. 当有降水或隔水设计需要时，勘探孔应穿越含水层进入隔水层一定深度。

4.2.3 现场抽水试验应选择砂层、岩溶或断裂破碎带等富水性强、有代表性的孔位进行。

4.2.4 对淤泥、淤泥质土分布场地，应取样进行有机质含量试验。

4.3 隧道工程

4.3.1 隧道工程勘探点应按左、右线分别布设，各线沿隧道结构外侧 3~5m（水域 5~8m）布置，

两侧勘探点宜呈交叉布点。岩溶发育区双线及以上的隧道，中心线间距 $<3D$ 时（ D 为洞外径尺寸或结构宽度），应在两线之间增布1排勘探点；中心线间距 $\geq 3D$ 时，两线之间交错布置2排勘探点。

4.3.2 当线路穿越主要地质界线，岩溶、孤石、断裂带等不良地质、特殊性岩土地段，以及暗浜、隐伏冲沟、风化深槽、基岩凸起或岩性突变等地层结构突变地段时，应加密勘察，勘探点间距宜取10~20m。隧道洞口、陡坡段、大断面、异形断面、工法变换部位、联络通道、渡线、施工竖井以及盾构出、入洞口外约10m处等区域应有勘探点控制，并布设横剖面，每条横剖面勘探点数不宜少于3个（单洞隧道可布置2个）。

4.3.3 控制性勘探点深度应进入结构底板以下不少于 $3D$ 或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不应小于5m，一般性勘探点深度应进入结构底板以下不少于 $2D$ 或进入结构底板以下中等风化或微风化岩石不应小于3m。若遇软弱土层，应钻穿进入可塑状黏性土、稍密以上砂土等稳定地层。

4.3.4 洞身及其上、下各1倍隧道直径（宽度）范围应采取岩土试样。隧道工程每个区间（区段）每一主要岩土层不应少于10件（组）。

4.3.5 每个区间（区段）应选择砂层、岩溶、断裂破碎带等有代表性的地段进行现场抽水试验。

4.3.6 发现有热源影响区或采用冻结法设计、施工等对地温有特殊要求的部位应布置地温测试孔。

4.4 市政管道工程

4.4.1 明挖管道勘探点宜沿管道中线布置；因现场条件限制需移位调整时，勘探点位置不宜偏离管道外边线3m；顶管、定向钻法施工管道时，勘探点宜沿管道外侧交叉布置。

4.4.2 管道走向转角处、工作井（室）应布置勘探点；管道穿越河流时，河床及两岸应布置不少于3个勘探点；穿越铁路、公路时每侧应布置不少于1个勘探点。

4.4.3 管径不小于800mm时，明挖管道勘探孔深度应达到管底设计高程以下不少于5m；非开挖敷设管道，勘探孔深度应达到管底设计高程以下10m。当管道基底下存在松软土、厚层填土或可液化土层时，勘探孔深度应穿过这些土层进入稳定地层（可塑以上粉质黏土、中密以上砂土、风化岩与残积土等）不少于3m。预定深度范围内揭露岩层，可适当减小孔深。

5 安全设计要求

5.1 基本要求

5.1.1 地下工程设计前应进行环境状况、周边岩土工程条件调查，调查范围和内容可根据地下工程设计需求等确定，必要时开展工程周边环境专项调查。

5.1.2 近距离穿越周边既有建（构）筑物、地下管线或道路时，应根据地下工程特点、工程地质条件和周边环境要求进行风险分析与评估；矿山法隧道应针对开挖施工地层稳定性和透水性进行专项分析与评估，采取可靠的保护措施。

5.1.3 下穿地表水体、城市建成区与规划建设区的隧道，应按全封闭不排水原则设计。

5.1.4 对拟建地下工程影响范围内的建（构）筑物、地下管线和道路应设置监测点，开展信息化监测、设计和施工。

5.1.5 市政道路下矿山法隧道应进行路面沉降和上部土体沉降监测。

5.2 基坑工程安全设计

5.2.1 基坑支护设计应保证基坑周边建（构）筑物、地下管线和道路的安全和正常使用，保证主体地下结构的施工空间。

5.2.2 基坑支护设计、施工应综合考虑地质条件、基坑周边环境要求、主体地下结构要求、施工季节变化及支护结构使用期等因素，因地制宜，选取可靠的支护、止水工艺及保护措施。

5.2.3 支护结构设计应分析评价坑顶荷载对支护结构的影响，绘制基坑与周边环境关系图，在平面图和剖面图上标明基坑边线或地下室外墙线与周边建（构）筑物、道路和地下管线等的相对位置关系。

5.2.4 支护结构安全等级为一级的基坑，禁止使用土钉墙、复合土钉墙、重力式水泥土墙和逆作拱墙等支护型式。

5.2.5 支护结构安全等级不为一级的基坑，遇下列情况之一者，限制使用土钉墙（含复合土钉墙）支护：

a. 场地 3m 以下软弱土层（含砂层）厚度累计超过 3m；

b. 基坑周边 2 倍开挖深度范围内有建（构）筑物、道路或地下市政管线，且开挖深度大于或等于 7m 的基坑工程。

5.2.6 支护桩或地下连续墙底端处于中等风化软质岩（岩石单轴抗压强度 $\leq 15\text{MPa}$ ）中，限制使用吊脚桩和吊脚墙支护型式。

5.2.7 支护结构安全等级为一级的基坑，第一道内支撑应采用钢筋混凝土支撑，角撑和斜撑宜采用钢筋混凝土支撑，腰梁宜采用钢筋混凝土腰梁。

5.2.8 当开挖深度超过 10m、砂层厚度大于 6m，且环境等级为一级的基坑，应采用地下连续墙或咬合桩支护结构型式，或采用双轮铣水泥土墙等可靠的止水帷幕。

5.2.9 环境等级为一级的基坑，锚杆（索）不应布置在承压水头下的砂层，地下水位以下锚杆（索）开孔应有避免涌水、涌砂和防塌孔措施。

5.2.10 岩溶场地基坑开挖应进行坑底渗透稳定性验算，如不满足时，应提出岩溶注浆等止水设计方案。

5.2.11 环境等级为一级，采用地下连续墙支护结构且地基位于深厚松软土场地时，应采用成槽保护措施。

5.2.12 基坑止水帷幕遇到砂层与岩层直接接触时，应采取可靠的界面止水措施。

5.2.13 基坑开挖降水可能影响周边道路、地下管线和建（构）筑物的安全时，应设置止水帷幕，必要时设置回灌井。

5.3 矿山法隧道安全设计

5.3.1 对于近距离下穿既有管线、城市道路交通及敏感性的建（构）筑物与设施的隧道结构，应进行矿山法、盾构法、顶管法和其他工法的比选。

5.3.2 在富水岩溶、采空区、瓦斯和滑坡等不良地质发育场地，或隧道及拱顶 1 倍洞径范围内分布软土、砂土或花岗岩残积土及其他地质安全风险较大场地，限制采用矿山法；如采用矿山法应进行充分的分析论证，并进行专项设计。

5.3.3 在第四系土层中的浅埋结构，初期支护应具有足够的刚度和强度，宜提前施工二次衬砌，由初期支护和二次衬砌共同承担外部荷载。

5.3.4 当隧道围岩等级为Ⅲ级及以上时，应采用超前预注浆、超前小导管、管棚或砂浆锚杆等辅助防护措施。

5.3.5 马头门开挖前应进行井壁加强，采用密排钢架、加强环梁、井底封闭或注浆等措施。

5.3.6 隧道开挖过程中，应进行地质描述并做好记录，对可能发生涌水、突泥的地段，应进行超前钻探预报，并设置防突涌水装置，应将超前地质预测预报纳入施工管理。

5.3.7 由小断面过渡至大断面扩大段开挖时，应明确断面变化的起终点和角度，并合理设置开挖步骤和工艺流程。

5.3.8 工程周边有结构性差的建构（筑）物、带压管线（容器、设备）、文物、医院、学校等对振动要求苛刻的环境时，宜采用非爆或静爆方式开挖。

5.3.9 隧道位于第四系松软层或全风化花岗岩时，应采取掌子面临时加固措施。

5.4 盾构法隧道安全设计

5.4.1 应根据工程地质和水文地质条件、周边环境及施工组织等因素对盾构选型提出明确要求，对软硬复合地层、岩溶强发育区，宜选择双模或多模盾构。

5.4.2 平行隧道间的净距和覆土厚度宜大于 1D（D 为隧道外径或结构宽度），水下隧道应考虑冲刷深度的影响。

5.4.3 应根据地质情况、穿越结构状况及周边环境状况，采取有效的保护措施，控制隧道盾构施工引起的地面沉降量和隆起量。当隧道穿越房屋建筑时，如果工程风险等级较高且采取保护措施较为困难时，应提出拆迁或临迁的要求。

5.4.4 盾构需穿越敏感周边环境前，应选取一定距离进行试验掘进，确定合适的掘进和注浆参数。掘进过程中应及时对已成环管片与地层的间隙充填注浆，注浆量和注浆压力应根据环境条件和地层位移实测结果调整。

5.4.5 盾构工作井端头应采取加固措施，加固范围应根据地质条件按加固体挡土和止水的要求计算确定。

5.4.6 盾构隧道穿越岩溶区、孤石等不良地质体，应采取预处理措施。当隧道拱腰以下存在淤泥、淤泥质土时，应提前进行加固处理。

5.4.7 联络通道、集水井附近管片应采取加强措施。

5.5 顶管法隧道安全设计

5.5.1 单轴抗压强度大于 5MPa 的岩层和卵砾石地层，不宜采用顶管法；

5.5.2 隧道平面布置不宜采用曲线，管顶覆土厚度不宜小于 3m。

5.5.3 隧道外部建筑空隙宜采用触变泥浆填充，注浆量宜取顶管与周边土层间隙体积的 1.5~2 倍。

5.5.4 隧道结构开挖面及影响范围有溶（土）洞时应提前注浆处理。

5.6 市政管道工程安全设计

5.6.1 市政管道的最小覆土厚度，对于非机动车道（含人行道、绿化带）下不应小于 0.6m，对机动车道下不应小于 0.7m（聚乙烯给水管线不宜小于 1m）；对城市快速路及主干道的机动车道下最小覆土厚度小于 1m 的市政管道，除燃气管道外，宜采取混凝土包管措施；对于达不到埋深要求的燃气管道，禁止采用混凝土包管措施，应采用钢套管或加盖板保护的措施。

5.6.2 市政工程管道间的最小横向及垂直净距及其与建（构）筑物间的最小水平净距不满足《城市工程管线综合规划规范》（GB 50289）要求时，应采取可靠的管道保护措施。

5.6.3 对市政非压力管道的管材，应遵循以下原则：

- a. 在机动车道下埋设的污水管道，避免选用高密度聚乙烯（HDPE）塑料管、玻璃夹砂管；
- b. 新建污水管道管径 $500 \leq DN \leq 1200$ ，优先采用球墨铸铁管，接口橡胶采用丁腈橡胶圈（NBR）；
- c. 新建污水管道管径 $DN > 1200$ ，采用承插式钢筋混凝土管或球墨铸铁管；
- d. 对于城市快速路及主干道下方的市政管道，若道路下方地质环境条件复杂时（主要为强透水性砂层、石灰岩溶洞区域），宜采用焊接钢管/球墨铸铁管，不宜采用平口管、企口管和承口管。

5.6.4 市政管道工程采用明挖法施工时，管槽回填应满足以下要求：

- a. 位于机动车道下方的管槽，其回填材料宜采用中粗砂或石屑；
- b. 对圆形柔性管道弧形土基敷设时管底垫层的压实系数应控制在 85%~90%，相应管两侧（包括腋部）的压实系数不应低于 90%~95%；

c. 对圆形刚性管道和矩形管道其两侧回填土的压实系数不应低于 90%，对管顶以上的回填土其压实系数应根据地面道路要求确定。

5.6.5 市政管道安装完成后应进行管道功能性试验，压力管道应进行压力管道水/气压试验，无压管道应进行管道的严密性试验。对于深厚砂层、石灰岩溶洞区域的市政管道，必须经功能性试验合格后方可投入运行。

5.6.6 管道验收时，针对位于城市道路下方的主干管道均应建立 CCTV 视频记录，对发现的管材破损、接头脱离及渗漏水问题应即时整改。

5.6.7 采用机械顶管法施工的管道埋深及净距应满足下列要求：

a. 互相平行的管道水平净距宜大于 1 倍管道外径；

b. 空间交叉管道的净间距，钢管不宜小于 0.5 倍管道外径且不应小于 1m；钢筋混凝土管不宜小于 1 倍管道外径且不应小于 2m。

5.6.8 市政管道工程采用机械顶管法施工时，应选用合适的顶管机和顶进施工工艺。平面上宜采用直线布置，当采用曲线布置时，需采取合理措施保证接头的密闭质量。管道顶进施工后，地层与管道之间的空隙应及时采用水泥浆填充密实。

5.6.9 富水地层中，顶管工作井不宜采用逆作拱墙法；顶管机进、出洞口前，应采用加固止水措施，加固体的长度不宜小于顶管套具长度的 0.5 倍，加固体的宽度每侧需超出顶管机 1m。

5.6.10 当管道地基位于深厚软土地层或存在明显软硬不均情况时，应验算地基的不均匀沉降量，并确定其不大于管道接头脱开允许值；管道接头部位应设置反滤等措施以防止渗漏水掏空管道周边土体，确保接头位置不出现脱开漏水，必要时采取加固措施。

5.6.11 在道路下顶进时，路面沉降量应控制在 20mm 以内。当路面沉降量超过 10mm 时，应抽查钻孔查验道路路基的掏空情况，如有发现应及时对孔洞采取压浆填充密实。

5.6.12 在土层中禁止使用人工顶管或敞开式机械顶管。

6 安全运维

- 6.0.1** 应对隧道、管道进行定期检查，根据检查结果对其技术状况进行评定，制定相应的养护计划。
- 6.0.2** 隧道土建结构应按相关行业养护规范进行巡查和健康检查；隧道健康检查内容包括隧道水害、材质劣化、结构缺损和结构变形等；雨季、极端天气和周边临近施工时应加强巡查。
- 6.0.3** 除定期监测与常规巡查外，隧道定期检查的周期应根据隧道技术状况确定，宜每年 1 次，最长不得超过 3 年；新建隧道在交付使用 1 年后，进行首次检查，必要时开展专项检查。
- 6.0.4** 应定期检查埋地管网，各权属单位应结合管道现状、重要程度及周边环境条件确定不同频次的巡检周期，雨季汛期前、后均应检查一次。针对巡检中发现问题的管段应建立专门台账进行统一管理。周边有重要建（构）筑物或周边环境产生重大变化时，应加强巡检。
- 6.0.5** 对位于城市快速路、主干道下方，管径 $DN \geq 800\text{mm}$ 的管道，权属单位应制定细致的工后沉降定期监测方案；定期检查宜每年一次，最长不得超过 2 年。对于不均匀沉降超限的管段，应实时评估其管道结构及接头处的安全性能并及时维修缺陷，以确保城市道路的安全。
- 6.0.6** 道路下废弃的市政管道，宜进行永久性清除。如因特殊原因不能清除的，废弃燃气管道宜采用氮气置换后封堵，其他管道除电缆外应采用混凝土或水泥砂浆充填密实。
- 6.0.7** 对爆管频率较高的管段以及位于城市道路下方出现渗漏水或破损情况的管道，应优先列入更新改造清单。
- 6.0.8** 应记录检查结果和维修更新改造情况，建立信息管理系统，进行信息化管理。

附录 A 地质风险分析管理

A.0.1 地下工程设计风险评估与管理宜遵循图 A.0.1 所示风险管理流程图，一般包括如下方面：

- a. 风险计划：制定风险管理计划，确定风险管理的依据、对象、范围和目标；
- b. 风险识别：收集风险源分析所需的数据和相关信息，识别所有潜在风险因素、风险产生的条件及可能后果；
- c. 风险估计：估计风险发生的概率，对损失或不利后果进行分析；
- d. 风险评价：确定风险并进行风险评价，确定风险等级，风险分级表参考附录 B；
- e. 风险处理：结合风险接受准则（风险接受准则主要有：风险接受、风险减轻、风险转移、风险规避），提出风险控制措施建议；
- f. 风险监测：进行风险监测和检查，判断风险是否在可接受范围内，形成风险分析结果文件；
- g. 风险跟踪：对风险进行跟踪和再评价。

A.0.2 地下工程面临复杂地质环境，地质风险识别和控制尤为重要。地质风险识别应根据地质风险单元的工程地质和水文地质条件、工程自身特点、周边环境和工程管理等方面的内容，结合类似工程的事故案例、工程经验以及可能采用的施工工艺、工法，分析预测可能发生的地质风险。地质风险列表参照附录 C。

A.0.3 地质风险识别评估需划分地质风险单元，主要基础资料依据如下：

- a. 工程区域地质、水文、气象和自然环境等资料；
- b. 工程规划、可行性和岩土工程勘察报告等资料；
- c. 工程区域内的建（构）筑物、市政管线、铁路、公路、河流和防汛墙等周边环境资料；
- d. 地下工程相关设计资料、施工和事故资料等。

A.0.4 明挖法风险识别应分析基坑坍塌、基底隆起、基底突涌、围护结构渗漏、围护结构变形、地表过量沉降、爆破振动、降水困难和中毒窒息等风险。

A.0.5 盾构法风险识别应分析地面坍塌、进出洞坍塌、进出洞突涌、中途换刀检修、密封失效、过大沉降、掘进受阻、刀盘刀具非正常磨损、中毒窒息和爆炸等风险。

A.0.6 矿山法隧道风险识别应分析地面坍塌、掌子面坍塌、掌子面突涌、初支过载、过量沉降、爆破飞石、降水困难、中毒窒息和爆炸等风险。

A.0.7 顶管法风险识别应分析掘进面坍塌、进出洞坍塌、涌水涌砂、环境过量变形和中毒窒息等风险。

A.0.8 从风险损失进行分析，风险类型应包括：人员伤亡风险、环境影响风险、经济损失风险、工期延误风险和社会影响风险。从可接受程度进行分析，风险可分为不可接受风险、不愿接受风险、可接受风险和可忽略风险。

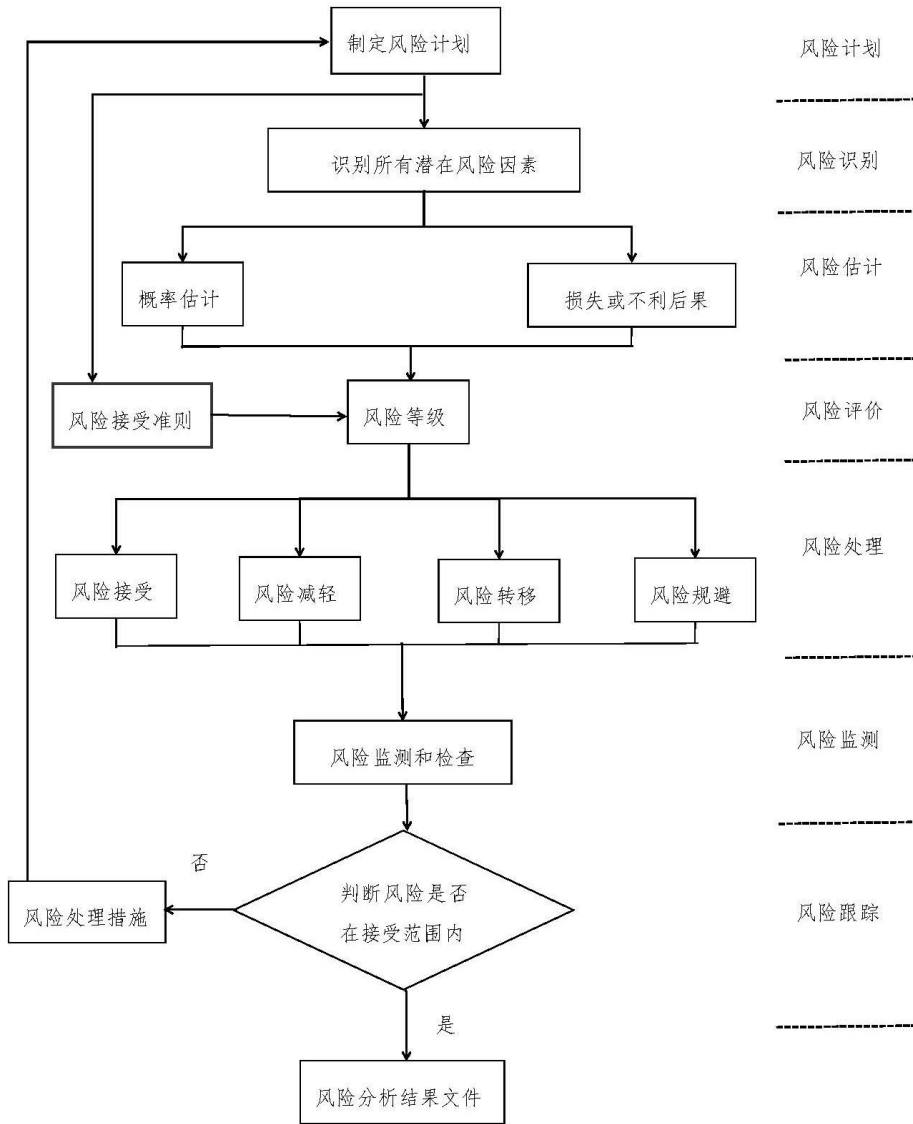


图 A.0.1 设计风险管理流程图

A.0.9 风险处理的技术措施包括但不限于以下几种：

- a. 消除或规避：采用本质安全的设计和科学的管理，尽可能从根本上消除或规避风险因素，如采用先进工艺技术、实现自动化作业、避开不良地质地段等；
- b. 预防：当消除或规避风险因素困难时，可采取预防性技术措施，预防风险事件发生；
- c. 削减：在无法消除风险因素和难以预防的情况下，应尽量削减危害的程度，或减缓风险事件发生以便有足够时间进行风险应对；
- d. 隔离或转移：在无法消除、预防、削减的情况下，应将人员与风险因素隔开，或将风险转移至其他可接受该风险的场所，或转为其它可接受的事件；
- e. 警告：在易发生故障和危险性较大的地方，设置醒目的安全色、安全标志；必要时，设置声、光或声光组合报警装置。

A.0.10 风险管控是动态过程，应根据工程环境的变化、工程的推进及时进行修正、登记及监测检查，定期反馈，随时与相关单位沟通。

附录 B 地下工程地质风险等级划分表

B.0.1 地质风险评价指标体系包括可能性指标与后果严重程度指标，分级标准如下：

a. 可能性分级标准：地质风险可能性等级分为频繁的、可能的、偶尔的、罕见的和不可能性的五级；

b. 后果严重程度分级标准：后果严重程度宜按风险损失的严重性程度划分灾难性的、非常严重的、严重的、需考虑的和可忽略的五级。

B.0.2. 地质风险可能性等级可采用定量或定性方法确定。

B.0.3 地质风险可能性等级标准定量表达宜采用概率或频率表示，划分标准见下表 B.0.3。

表 B.0.3 风险发生可能性等级标准（定量表达）

等级	A	B	C	D	E
可能性	频繁的	可能的	偶尔的	罕见的	不可能的
概率或频率值	>0.1	0.01~0.1	0.001~0.01	0.0001~0.001	<0.0001

注：1. 当概率值难以取得时，可用年发生频率代替；

2. 风险发生概率等级应优先采用定量判断标准确定；当无法进行定量计算时，可采用定性判断标准确定。

B.0.4 地质风险可能性等级采用定性评价时，可根据不良地质条件的类型及其与工程的位置关系进行分析评价。

B.0.5 风险损失等级宜定性表达，划分标准见下表 B.0.5-1；各种后果的风险损失宜定量表达，划分标准见下表 B.0.5-2，B.0.5-3，B.0.5-4，B.0.5-5，B.0.5-6。

表 B.0.5-1 风险损失等级标准（定性表达）

等级	A	B	C	D	E
严重程度	灾难性的	非常严重的	严重的	需考虑的	可忽略的

表 B.0.5-2 人员伤亡等级标准（定量表达）

等级	A	B	C	D	E
建设人员伤亡数量(人)	死亡（含失踪） 10人以上	死亡（含失踪）3 人~9人，或重伤 10人以上	死亡（含失踪）1 人~2人，或重伤 2人~9人	重伤1人，或轻 伤2~10人	轻伤1人
第三方人员伤亡数量 (人)	死亡（含失踪） 1人以上	重伤2~9人	重伤1人	轻伤2人~10人	轻伤1人

表 B.0.5-3 环境影响等级标准（定量表达）

等级	A	B	C	D	E
影响范围 及程度	涉及范围非常大， 周边生态环境发生 严重污染或破坏	涉及范围很大，周 边生态环境发生 较重污染或破坏	涉及范围大，区域 内生态环境发生 轻度污染或破坏	涉及范围较小，邻 近区生态环境发生 轻度污染或破坏	涉及范围很小，施 工区生态环境发生 少量污染或破坏

表 B.0.5-4 经济损失等级标准（定量表达）

等级	A	B	C	D	E
工程本身经济损失（万元）	>1000	500~1000	100~500	50~100	<50
第三方经济损失（万元）	>200	100~200	50~100	10~50	<10

表 B.0.5-5 工程延误等级标准（定量表达）

等级	A	B	C	D	E
长期工程	延误大于 9 个月	延误 6 个月~ 9 个月	延误 3 个月~ 6 个月	延误 1 个月~ 3 个月	延误少于 1 个月
短期工程	延误大于 90d	延误 60d~90d	延误 30d~60d	延误 10d~30d	延误少于 10d

表 B.0.5-6 社会影响等级标准（定量表达）

等级	A	B	C	D	E
影响程度	恶劣的,或需要紧急转移安置 1000 人以上	严重的,或需要紧急转移安置 500~1000 人	较严重的,或需要紧急转移安置 100~500 人	需考虑的,或需紧急转移安置 50~100 人	可忽略的,或需紧急转移安置小于 50 人

B.0.6 根据风险发生的可能性和风险损失采用风险矩阵方式进行风险等级分级，见表 B.0.6。

表 B.0.6 风险等级标准

可能性等级 \ 损失等级		A	B	C	D	E
		灾难性的	非常严重的	严重的	需考虑的	可忽略的
1	频繁的	I 级	I 级	I 级	II 级	III 级
2	可能的	I 级	I 级	II 级	II 级	III 级
3	偶尔的	I 级	II 级	III 级	III 级	IV 级
4	罕见的	II 级	III 级	III 级	IV 级	IV 级
5	不可能的	III 级	III 级	IV 级	IV 级	IV 级

B.0.7 针对不同等级风险，应采用不同的风险处置原则和控制方案，不同风险等级的接受准则应符合表 B.0.7 的规定。

表 B.0.7 风险接受准则

等级	接受准则	处置原则	控制方案	应对部门
I 级	不可接受	必须采取风险控制措施降低风险，至少应将风险降低至可接受或不愿接收的水平	应编制风险预警与应急处置方案，或进行方案修正或调整等	政府主管部门、工程建设各方
II 级	不愿接受	应实施风险管理降低风险，且风险降低所需成本不应高于风险发生后的损失	应实施风险防范与监测，制定风险处置措施	
III 级	可接受	宜实施风险管理，可采取风险处置措施	宜加强日常管理与监测	工程建设各方
IV 级	可忽略	可实施风险管理	可开展日常审视检查	

附录 C 地下工程地质风险列表

施工工法	风险类型	地质安全影响因素			防范措施建议
		较大可能诱发该风险的不良地质作用	较大可能诱发该风险的特殊性岩土	较大可能诱发该风险的复杂地层结构	
明挖法	基坑失稳	岩溶、采空区	软土、富水砂土和碎石土、风化岩	松软土复合地层、暗浜、岩性突变	预注浆加固；加强止水措施
	局部坍塌	岩溶、采空区、断裂破碎带	软土、富水砂土和碎石土、风化岩	松软土复合地层、二元结构地层、暗浜、风化深槽、隐伏冲沟、岩性突变	预注浆加固；加强止水措施
	基底隆起	/	软土	/	预加固处理；加大支护结构嵌固深度
	基底突涌	岩溶、断裂破碎带	富水砂土和碎石土	二元结构地层	预注浆加固；加大止水深度；降排水结合
	侧壁渗漏	岩溶、断裂破碎带	填土、富水砂土和碎石土、风化岩	二元结构地层、岩性突变	预注浆加固；加强止水措施
	环境过量变形	岩溶、采空区、断裂破碎带	软土、富水砂土	松软土复合地层、暗浜、岩性突变	预注浆加固；加强止水措施；坑外回灌
	降水困难	岩溶、采空区、断裂破碎带	富水砂土、碎石土	二元结构地层	预注浆加固；加强止水措施；降排水结合
矿山法	地面坍塌	岩溶、采空区、断裂破碎带	填土、软土、富水砂土和碎石土、花岗岩残积土和风化岩	松软土复合地层、二元结构地层、风化深槽、隐伏冲沟、暗浜、岩性突变	加强超前支护；预注浆加固

施工工法	风险类型	地质安全影响因素			防范措施建议
		较大可能诱发该风险的不良地质作用	较大可能诱发该风险的特殊性岩土	较大可能诱发该风险的复杂地层结构	
矿山法	冒顶	岩溶、采空区、断裂破碎带	填土、软土、富水砂土和碎石土、花岗岩残积土和风化岩	松软土复合地层、二元结构地层、风化深槽、隐伏冲沟、暗浜、岩性突变	加强超前支护；预注浆加固
	掌子面坍塌	岩溶、采空区、断裂破碎带	填土、软土、富水砂土和碎石土、花岗岩残积土和风化岩、孤石	松软土复合地层、二元结构地层、风化深槽、隐伏冲沟、暗浜、岩性突变	加强超前支护；预注浆加固；临时封闭
	掌子面突涌	岩溶、采空区、断裂破碎带	富水砂土和碎石土、风化岩	松软土复合地层、二元结构地层、风化深槽、隐伏冲沟、暗浜、岩性突变、岩相突变	加强超前支护；预注浆加固；加强止水措施；超前探查预报
	环境过量变形	岩溶、采空区、断裂破碎带	填土、软土、富水砂土和碎石土、花岗岩残积土和风化岩	松软土复合地层、二元结构地层、风化深槽、隐伏冲沟、暗浜、岩性突变、岩相突变	加强超前支护；预注浆加固；加强止水措施或冻结法处理
	中毒窒息	有害气体、采空区	/	/	打孔释放有害气体；通风监测
	降水困难	岩溶、断裂破碎带	富水砂土和碎石土	二元结构地层、隐伏冲沟、岩性突变	预注浆加固；加强止水措施或冻结法处理
	爆炸	采空区，有害气体	/	/	打孔释放有害气体；通风监测
	爆破飞石	岩溶	孤石	基岩凸起、岩性突变、硬质岩脉	合适的爆破作业方式、爆区覆盖、设立警戒区
盾构法	地面坍塌	岩溶、采空区、断裂破碎带	填土、富水砂土、孤石	松软土复合地层、风化深槽、隐伏冲沟、二元结构地层、基岩凸起	预注浆加固；选用双模或多模盾构

施工工法	风险类型	地质安全影响因素			防范措施建议
		较大可能诱发该风险的不良地质作用	较大可能诱发该风险的特殊性岩土	较大可能诱发该风险的复杂地层结构	
盾构法	进出洞坍塌	岩溶、采空区、断裂破碎带	软土、富水砂土、孤石	松软土复合地层、风化深槽、隐伏冲沟、岩性突变、岩相突变、二元结构地层	预注浆加固；进出洞段预加固
	进出洞突涌	岩溶、采空区、断裂破碎带	富水砂土和碎石土	松软土复合地层、二元结构地层、隐伏冲沟	预注浆加固；进出洞段预加固隔离
	环境过量变形	岩溶、采空区、断裂破碎带	软土、富水砂土	松软土复合地层、基岩凸起	预注浆加固；选用双模或多模盾构
	栽头	岩溶、采空区	/	软硬地层突变	预注浆加固
	掘进受阻和滞排	岩溶、断裂破碎带	孤石	硬质岩脉、软硬复合地层	预注浆加固、预破除处理
	刀盘道具非正常磨损	断裂破碎带	风化岩、卵石层、孤石	软硬复合地层、基岩凸起、硬质岩脉、岩性突变	预破除处理、预注浆加固
	中毒窒息	有害气体	/	/	打孔释放有害气体；通风监测
	爆炸	有害气体	/	/	打孔释放有害气体；通风监测

施工工法	风险类型	地质安全影响因素			防范措施建议
		较大可能诱发该风险的不良地质作用	较大可能诱发该风险的特殊性岩土	较大可能诱发该风险的复杂地层结构	
顶管法	掘进面坍塌	/	填土、富水砂土和碎石土、孤石	松软土复合地层、岩性突变	选取合适的顶管施工工艺；预破除处理；加强超前支护；预处理填筑、加固；绕避
	进出洞坍塌	/	软土、富水砂土	松软土复合地层、隐伏冲沟、岩性突变	预加固处理
	进出洞涌水、涌砂	/	富水砂土	松软土复合地层、隐伏冲沟	预加固止水处理
	环境过量变形	/	/	松软土复合地层、隐伏冲沟	选取合适的顶管施工工艺
	中毒窒息	有害气体	/	/	打孔释放有害气体；通风监测

备注：

- 1.地下水的抽排抽采等导致的地下水位下降、水头差导致的动水压力等地下水相关因素均可能导致上述地质风险，应在工程中加强地下水截排控制，减少或避免其造成不利影响；
2. 本列表主要根据地下工程施工方法分列地质风险，明挖法可用于基坑工程、隧道工程、市政管道工程，矿山法、盾构法主要用于隧道工程，顶管法可用于隧道工程和市政管道工程。

规范性引用文件

本导则编制参照的主要规范性文件如下所示。注明日期的引用文件，表明的是本导则编制时的文件版本，如后期文件有更新，应以最新日期为准。凡是不注日期的应用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本导则。

1. 岩土工程勘察规范（GB50021-2001，2009年版）；
2. 建筑基坑支护技术规程（JGJ120-2012）；
3. 城市轨道交通既有结构保护技术规范（DBJ/T 15-120-2017）；
4. 地铁设计规范（GB50157-2013）；
5. 城镇给水排水技术规范（GB 50788-2012）；
6. 室外排水设计标准（GB50014-2021）；
7. 室外给水设计标准（GB50013-2018）；
8. 给排水工程顶管技术规程（CECS246:2008）；
9. 城镇燃气设计规范（GB50028-2006，2020年版）；
10. 铁路隧道设计规范（TB10003-2016）；
11. 岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范（GB50086-2015）；
12. 公路与市政工程下穿高速铁路技术规程（TB10182-2017）；
13. 建筑基坑工程监测技术标准（GB 50497-2019）；
14. 给水排水管道工程施工及验收规范（GB 50268-2008）；
15. 城镇供水管网运行、维护及安全技术规程（CJJ 207-2013）；
16. 城镇排水管道维护安全技术规程（CJJ6-2009）；
17. 城市工程管线综合规划规范（GB 50289-2016）；
18. 城市桥梁隧道结构安全保护技术规范（DBJ/T 15-213-2021）；
19. 轨道交通运营隧道结构安全评估技术规范（DBJ/T 15-205-2020）；
20. 公路隧道养护技术规范（JTG H12-2015）；
21. 城市轨道交通地下工程建设风险管理规范（GB 50652-2011）；
22. 城市轨道交通工程地质风险控制技术指南（住房和城乡建设部，2020年9月）；
23. 大型工程技术风险控制要点（住房和城乡建设部，2018年2月）；
24. 化工建设项目安全设计管理导则（AQ/T 3033-2010）；
25. 其他与地下工程设计有关的现行规范规程。

除以上规范性文件外，本导则部分指标是根据地下工程的特点，结合实地调研数据或相关研究成果，参考国内外相关行业标准规范研究确定。