

ICS 27.140

CCS P 55



T

团 体 标 准

T/CSPSTC XXX-202X

城市地下空间近接工程建设变形控制指南

Guidelines for Deformation Control Throughout the Construction Process
of Urban Underground Space Adjacent Projects

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

中国科技产业化促进会 发布
中国标准出版社 出版

目 次

前言	II
引言	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 基本规定.....	1
4 规划.....	2
5 勘察.....	3
6 安全风险评估.....	3
6.1 一般规定.....	3
6.2 既有结构调查.....	3
6.3 风险因素分析.....	4
6.4 近接风险分区.....	4
6.5 阶段风险评估.....	5
7 设计.....	5
7.1 一般规定.....	5
7.2 变形机制识别与控制原则.....	6
7.3 变形控制标准与安全间距.....	6
7.4 新建结构.....	7
7.5 岩土体.....	8
7.6 既有结构.....	8
7.7 地下水控制.....	9
8 施工.....	9
8.1 一般规定.....	9
8.2 新建结构.....	9
8.3 岩土体.....	10
8.4 既有结构.....	11
8.5 地下水控制.....	11
8.6 爆破振动控制.....	12
9 监测.....	12
9.1 一般规定.....	12
9.2 新建结构.....	13
9.3 岩土体.....	13
9.4 既有结构.....	14
附录 A（资料性）安全风险等级标准	15
附录 B（资料性）监测精度及频率	17
参考文献.....	19

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专利的责任。

本文件由中铁第四勘察设计院集团有限公司提出。

本文件由中国科技产业化促进会归口。

本文件起草单位：中铁第四勘察设计院集团有限公司、中国科学院武汉岩土力学研究所、中国地质大学、XXX。

本文件主要起草人：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX。

引 言

随着城市化进程的加速和城市规模的快速扩张，城市地下空间的开发正在向深层化、网络化、复杂化的方向迅速发展。特别是地铁站、竖井、地铁隧道、给排水隧洞等城市深部工程的建设逐渐从 50 米以浅的空间向 50 米甚至更深的空间进军，这一变化迫切要求我们拓展新的城市地下立体开发模式，更有效地利用地球深部的空间资源。

当前，城市地下空间的开发重点已逐步转移到-50 米至-200 米的深度区域。在这一过程中，我们面临的挑战日益增多，尤其是在近接施工变形控制方面。由于深部地下空间近接施工的影响因素多样且复杂，如工程地质、水文地质、岩土力学参数以及既有结构的设计参数等，这些因素的复合作用使得近接设计方法的建立和优化显得尤为迫切。

尽管我们在浅部城市地下空间的变形控制设计上已积累了丰富的经验，但这些经验和方法不能直接适用于更为复杂的城市深部地下空间。不同于浅部地下工程和单一隧道工程，深部地下空间的变形控制需对症下药，同时考虑新建结构与既有结构之间的相互作用和岩土体的稳定性。

鉴于此，编制一份全面的《城市地下空间近接工程建设全过程变形控制指南》成为我们的当务之急。本标准不仅涉及近接施工变形控制的设计原则、设计流程和设计依据，而且包含对支护结构而非仅仅是地下空间结构的全面设计。此外，本标准还综合评估了各类风险，并提供了变形的智能监测与反馈分析设计，旨在为设计人员提供直接参考的变形控制设计方法，确保城市深部地下空间的安全、稳定与高效开发。

通过这份指南的制定，期望能够为城市深部地下空间的可持续发展提供科学、系统的技术支持，同时推动深部地下空间开发的新模式，向地球深部要空间，为城市的可持续发展贡献力量。

城市地下空间近接工程建设变形控制技术指南

1 范围

本文件提供了城市全域地下空间近接工程建设全过程变形控制的技术指导。

本文件适用于城市地下 0 m~200 m 范围内相邻结构之间距离较近的复杂工程开发建设，本文件旨在为城市深部地下空间的近接施工变形控制提供设计原则、设计流程、设计依据，以及变形监测与反馈分析，确保近接工程建造安全与稳定。

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 6722 爆破安全规程
- GB 50021 岩土工程勘察规范
- GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
- GB 51180 煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范
- GB/T 51238 岩溶地区建筑地基基础技术标准
- GB 55001 工程结构通用规范
- 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

3.1

城市深部地下空间 urban deep underground space

城市区域内，距离地表 50 m~200 m 人工开发的空間。

[来源：GB/T 51358-2019, 2.0.1, 有修改]

3.2

近接施工 adjacent construction

临近既有建构筑物的工程开挖、支护、地质处理等工程施工活动。

3.3

全资源 comprehensive resources

对城市空间内所有资源的整合和优化使用，包括土地、水资源、能源、交通、公共设施和服 务等，以及如何通过高效的资源管理和规划来支持可持续发展。

3.4

风险分区 risk zoning

将城市地下空间根据潜在风险的大小和类型进行划分，以便实施适当的管理措施和防范策略。

4 基本规定

- 4.1 城市地下空间结构设计应考虑城市地下空间规划，遵循安全可靠、绿色环保、经济耐久、技术先进的原则，满足抗震、防水、防火、防腐蚀、施工与运营等要求。
- 4.2 城市地下空间结构设计应根据地质勘察、工程建设环境调查、建筑方案、运营需求，结合施工方法开展结构设计。
- 4.3 城市地下空间结构设计采用的混凝土、钢筋、预应力筋、水泥浆液等工程材料，其材料性能应满足相关标准要求，并考虑承载力、刚度、抗渗性、耐久性等要求合理选用材料等级。
- 4.4 城市地下空间结构型式与施工方法应根据其所在场地的具体情况，考虑技术、经济、工期、环境影响等多方面因素后确定。
- 4.5 城市地下空间结构设计应综合考虑所处的岩土体类型，并与采用的结构型式与施工工法相适宜。
- 4.6 城市地下空间结构设计宜根据 GB 55001 中的相关规定采用极限状态设计法，亦可根据各行业标准要求采用工程类比法、容许应力法、破损阶段法或安全系数法。
- 4.7 当揭露的地质情况与地勘资料不一致时，应及时补充勘察，并对荷载作用、结构设计参数、构造措施等进行复核调整，实行动态设计。
- 4.8 城市地下空间结构设计可根据工程建设需求和环境控制要求采取地层处理措施，并采用与处理目标相适应的辅助工法；在特殊岩土及不良地质作用段尚需采取针对性技术措施。

5 规划

- 5.1 城市地下空间近接工程规划建设应符合城市国土空间总体规划、城市地下空间专项规划和建设区域详细规划的要求，体现上位规划的传导。
- 5.2 应对城市地下空间近接工程规划建设区域进行地下空间资源评估，包括自然要素、环境要素、人文要素和建设要素等各个方面及其权重，明确地下空间管制要求，作为近接工程规划建设的依据。
- 5.3 应对新建区域近接的现状地下空间形态、功能布局和结构形式等进行全面分析。结合资源评估、工程规模和类型划定近接风险分区，落实与现状地下空间净距、围护结构型式及开挖工法等，结合制定相应的监控和管理措施，以确保地上和地下相邻建筑物、构筑物及附着物等工程安全、周边环境的稳定和文化遗产整体保护等要求。
- 5.4 关注新建区域与近接现状地下空间上的协同，通过垂直设计，实现不同深度层次功能的互补与支持；在同一深度层面上，通过功能混合，优化空间利用率和总体效率。
 - a) 城市道路地下空间在近接协同布局中，宜采用功能评定、分层开发、相互避让的原则，以确保地下空间的功能最大化，同时避免不同功能间的冲突。
 - b) 城市地块地下空间在近接协同布局中，宜采用功能级优评定和冲突与避让原则进行，不仅要考虑技术和经济的可行性，还要确保地下空间及其近接区域的功能多样性、灵活性和连续性，优化城市地下空间资源的整体利用。
- 5.5 关注新建区域与近接现状地下空间的时序协同，充分考虑国土空间规划、地下空间效益、近接施工难度和权属关系等影响，采用多目标综合排序法，确定开发优先顺序考虑未来发展需求，预留扩展空间和功能升级的可能性。
 - a) 地块与道路下空间预留：在地块与道路下开发时，特别是在权属复杂或功能需求密集的近接地区，通过预留空间，为公共设施如人行通道、车行道和市政管线提供建设空间。
 - b) 地块与道路下接口预留：考虑未来可能的连接需求，预留接口位置应基于专业分析和近接地块功能需求确定，确保实用性和经济性。
- 5.6 因地制宜，实现新建区域与近接现状地下空间的整体网络集成，宜从近接区域互联互

通、系统整合、网络构建三个关键方面出发，提出全面的规划措施。

- a) 面向近接的人行连通：强调行人在城市地下近接空间中的流动性和安全性。采用近接网络状连通、脊状连通、核心放射状连通和复合连通等多种模式，优化城市中心区和其他重点区域的地下步行环境。
- b) 面向近接的车行连通：整合地下车行道路和近接停车场系统，形成高效的地下车行网络。通过地下环路系统将独立的近接地下车库相互连接，实现资源共享和集约化利用，同时考虑易于管理和运营的布局。
- c) 面向近接的综合管廊和物流连通：通过建设环形脊状连通模式的综合管廊系统，整合物流管道，与近接地下空间中的商业、仓储和供应链设施和相关地块相连，实现高效的物资分发和回收。
- d) 面向近接的应急疏散通道的连通：通过近接地块地下空间之间、地块和道路地下空间之间的互联互通，构建应急疏散整体网络，纳入人民防空等功能，增强城市的韧性和安全性。

6 勘察

- 6.1 勘察工作应涵盖工程影响的所有相关地质、水文及环境因素，确保数据的全面性和代表性。
- 6.2 城市地下空间近接工程勘察应按规划、设计不同阶段的技术要求分阶段开展，勘察阶段可分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察、施工补充勘察等阶段。
- 6.3 城市地下空间近接工程各阶段勘察可按 GB 50021 的相关规定执行。
- 6.4 城市地下空间近接工程勘察应根据不同勘察阶段要求，探明岩溶、采空区、地面沉降等不良地质作用。
- 6.5 城市地下空间近接工程勘察应探明湿陷性土、软土、膨胀岩土、强风化岩、全风化岩与残积土等特殊岩土。
- 6.6 城市地下空间近接工程地下水勘察应探明地下水的类型、赋存状态、补给排泄规律，当水文地质条件对近接工程有重大影响时，宜进行专门的水文地质勘察。

7 安全风险评估

7.1 一般规定

- 7.1.1 城市地下空间近接工程应重点对受近接影响的既有地下结构、周边环境及近接工程自身的安全风险进行评估。
- 7.1.2 与近接工程相连接、连通或相互影响的既有地下结构，应作为独立的评估单元开展专项安全风险评估。
- 7.1.3 城市地下空间近接工程建设风险管理应根据工程建设阶段、规模、重要性程度及建设风险管理目标等制定风险等级标准，安全风险等级标准划分按照附录 A 执行。

7.2 既有结构调查

- 7.2.1 城市地下空间近接工程既有结构调查包括工前调查、过程调查及工后确认。近接工程在开工前应对城市地下空间既有结构进行工前调查，在施工过程中对出现的问题进行过程调查，完工后进行工后确认。既有结构调查应清晰、准确，宜采用技术先进、信息全面的检测手段，并充分结合影像数据。
- 7.2.2 工前调查应在安全评估之前开展，为安全评估提供基础资料。城市地下空间近接工

程既有结构调查应包含但不限于以下内容：

- a) 对既有结构的位置、周边地基处理情况、既有地下结构及机电设备的设计图纸、隐蔽工程施工记录、竣工图、功能、运营状态等开展详尽调查；
- b) 既有结构的渗漏水、开裂、剥离、掉块、倾斜、沉降等病害情况。

7.2.3 施工过程中出现以下情况时，应开展过程调查工作：

- a) 监测数据达到或超过控制值的 70%；
- b) 城市地下空间既有结构出现新增病害；
- c) 城市地下空间既有结构原有病害出现较快发展。

7.2.4 工后确认应在外部作业完成且监测数据稳定之后开展。

7.2.5 当搜集的资料不完整，不能满足设计要求时，应通过现场调查、测绘、物探或检测等手段进行补充。

7.2.6 既有结构调查工作宜在各方见证下开展，可作为证据保全的依据之一。

7.3 风险因素分析

7.3.1 风险因素分析应针对不同近接方式，结合近接工程的特点进行安全风险因素识别及风险评估。

7.3.2 城市地下空间近接工程风险因素分析宜考虑新建工程开挖卸载、结构密贴(或连接)、开挖爆破等因素对既有结构造成的不利影响，进行风险因素分析。

7.3.3 平行近接工程风险因素分析宜考虑既有结构开孔、洞室连接、结构加固等因素对既有结构造成的不利影响，进行风险因素分析。

7.3.4 上穿、下穿近接工程风险因素分析宜考虑开挖卸载、承载体系转换、结构连接等因素对既有结构造成的不利影响，进行风险因素分析。

7.3.5 以小扩大近接工程风险因素分析宜考虑扩挖拆除、新旧结构连接、加固施工等因素对既有结构造成的不利影响，进行风险因素分析。

7.3.6 多维拓展近接工程风险因素分析宜考虑不同时间、空间的多次扰动对新旧结构及环境造成的不利影响，进行风险因素分析。

7.4 近接风险分区

7.4.1 城市地下浅部（0 m~50 m）风险分区应满足下列规定：

- a) 浅层近接风险分区应结合工程所在地的地质水文条件情况、周边环境敏感性以及工程的规模和类型进行综合评估；
- b) 浅层近接工程的风险分区应在工程规划阶段进行，并在设计和施工阶段根据实际情况进行调整和优化；
- c) 应根据不同风险分区制定相应的监控和管理措施，以确保工程安全和周边环境的稳定。

7.4.2 城市地下深部（50 m~200 m）风险分区应满足下列规定：

- a) 深层近接风险分区应结合工程所在地的地质条件、地下水文情况、周边环境敏感性以及工程的规模和类型进行综合评估；
- b) 深层近接工程的风险分区从选择管控要素、搭建指标体系、建立准则体系、确定权重体系、构建综合评估模型五个方面探讨城市地下空间管控分区划定的方法；
- c) 应根据不同风险分区制定相应的监控和管理措施，以确保工程安全和周边环境的稳定。

7.4.3 本文件给出了城市地下空间三种近接类型的影响风险分区，见表 1 所示。

表 1 近接施工影响风险分区

近接类型		影响分区		
		强烈影响区	一般影响区	轻微影响区
平行近接	III级	$<0.25 D$	$0.25 D \sim 1.0 D$	$>1.0 D$
	IV级	$<0.5 D$	$0.5 D \sim 1.5 D$	$>1.5 D$
	V级	$<1.0 D$	$1.0 D \sim 2.0 D$	$>2.0 D$
	土层	$<1.5 D$	$1.5 D \sim 3.0 D$	$>3.0 D$
上穿	III级	$<0.25 D$	$0.25 D \sim 1.0 D$	$>1.0 D$
	IV级	$<0.5 D$	$0.5 D \sim 2.0 D$	$>2.0 D$
	V级	$<1.0 D$	$1.0 D \sim 2.5 D$	$>2.5 D$
	土层	$<2.0 D$	$2.0 D \sim 3.0 D$	$>3.0 D$
下穿	III级	$<0.25 D$	$0.25 D \sim 1.0 D$	$>1.0 D$
	IV级	$<0.5 D$	$0.5 D \sim 1.5 D$	$>1.5 D$
	V级	$<1.0 D$	$1.0 D \sim 2.0 D$	$>2.0 D$
	土层	$<1.5 D$	$1.5 D \sim 3.0 D$	$>3.0 D$

注：D为隧道直径。

7.5 各阶段风险评估

7.5.1 城市地下空间近接工程建设各个阶段均应进行安全风险评估，评估的内容与方法可根据建设阶段的目标确定。

7.5.2 规划与可行性研究阶段应重点围绕重大方案的可行性进行安全风险评估。

7.5.3 工程勘察阶段应从地质和既有地下结构的复杂性、周边环境的敏感性，以及勘察的规范性、手段的先进性等方面，进行风险因素的辨识与风险分析。

7.5.4 初步设计阶段应从勘察资料的分析采用、重大原则的确定、主要参数的选择、规范的执行及技术水平等方面，进行风险因素的辨识与风险分析。

7.5.5 施工图阶段应重点围绕方案的可实施性、地质及周边环境资料的准确性、主要工程措施的安全性、工法选择的合理性等方面，进行风险因素的辨识与风险分析。

7.5.6 近接工程施工阶段应根据现场核实的实际情况、新发现的风险因素及监测数据等资料，进行动态风险评估。针对既有地下结构，应核实设计阶段所采用的资料，并进行专项安全风险评估。

8 设计

8.1 一般规定

8.1.1 城市地下空间近接工程设计方案应依据勘察和风险评估结果，统筹考虑地质条件、周边环境、既有地下结构等因素，确定合理的结构型式、受力体系转换、节点型式、施工时序及预留条件。

8.1.2 城市地下空间近接工程土建结构应按施工阶段及运营阶段分别进行结构强度、刚度和稳定性计算。对于钢筋混凝土结构，应进行使用阶段裂缝宽度验算。

8.1.3 城市地下空间近接工程包含复杂结构体系时，宜按空间结构模型进行分析，实施阶段通过监控量测、数据分析，动态调整结构设计及施工工法。

8.1.4 近接工程结构设计应考虑新、老结构变形协调及相互作用。

8.1.5 近接工程结构抗震、防水、耐久性、人防、防火设计应符合国家标准的相关要求及

规定。

8.2 变形机制识别与控制原则

8.2.1 变形机制识别，可按下列规定采用位移识别、塑性区识别、应力识别法。

- 位移识别：**系统记录和评估工程开挖区域内的竖向和横向位移情况。使用位移图来揭示变形的大小和分布，尤其是在新建隧道拱顶和拱底的变形情况，以及隧道交叉处的位移特征。
- 塑性区识别：**通过塑性区图评估开挖活动可能引发的结构失效区域。分析塑性区的分布提供了对岩体稳定性变化的直观理解，特别是在拱腰部位的塑性发展情况。
- 应力识别：**评估开挖对周围岩体和已有结构产生的应力影响。应力图用于确定应力在结构中的集中区域，识别由于新建隧道开挖造成的应力集中和可能的应力释放区。

8.2.2 新建隧道近接施工变形控制原则可参照表 2：

表 2 近接施工变形控制原则

典型近接类型	整体变形模式		结构变形模式	结构受力模式	整体变形控制原则	结构变形控制原则
水平并行	土	下沉、侧移	拱顶底收敛，拱腰扩张	拱顶底主动土压力增量，拱腰被动土压力增量	控制整体侧移，土层中控制下沉	控制拱顶底下沉，土层中还要控制既有隧道旋转
	岩	侧移				
上穿	上浮		拱顶底扩张，拱腰收敛	拱顶底主动土压力增量，拱腰被动土压力增量	控制上浮	控制拱腰收敛，拱项上浮
下穿	下沉		拱顶底扩张，拱腰收敛	拱顶底主动土压力增量，拱腰被动土压力增量	控制下沉	控制拱腰收敛，拱项上浮

8.3 变形控制标准与安全间距

8.3.1 新建隧道近接施工变形控制标准如表 3、表 4：

表 3 城市地下空间近接施工（新建结构）变形控制标准

围岩质量近接类型	III	IV	V	土层
平行近接	70 mm~80 mm	80 mm~100 mm	100 mm~160 mm	140 mm~360 mm
上穿	10 mm~30 mm	30 mm~70 mm	70 mm~90 mm	90 mm~120 mm
下穿	20 mm~30 mm	30 mm~40 mm	40 mm~90 mm	90 mm~200 mm

表 4 既有结构变形控制标准

监测项目		基准值 /mm	位移平均和最大速率控制值/ (mm/d)	备注	
类型	对象				
沉降	既有隧道 结构	3~10	1	/	
上浮		5	1	/	
水平位移		3~5	1	/	
差异沉降		/	/	0.04%Ls	差异沉降

变形缝差异沉降		2~4	1	/	
拱顶沉降	新建地下空间 隧道结构	50 mm	5 mm/d	I类围岩	
		30 mm		II类围岩	
		19 mm	3 mm/d	III、IV类围岩	
沉降	新建地下空间 管片结构	10~20	2	坚硬~中硬土	盾构隧道
差异沉降		20~30	3	中软~软弱土	
净空收敛		/	/	0.04%Ls	
		/	/	0.2%D	

8.3.2 新建隧道安全间距的选取应满足以下原则，不同近接形式下的安全间距预留如表5。

- 地层条件：在同一质量等级的地层中，优质地层应取安全间距下限，劣质地层应取上限。
- 既有结构的使用年限和设计标准：设计使用年限超过20年且设计标准较低的既有结构，新建隧道的安全间距应取上限；设计使用年限较短且设计标准近似的既有结构，安全间距可取下限。
- 既有隧道结构的功能和变形控制要求：功能重要且变形控制要求高的结构（如地铁、高铁或铁路隧道）的安全间距应取上限；功能一般且变形控制要求低的结构（如公路隧道、水利隧道等）的安全间距可取下限。
- 综合考虑：安全间距的选取需要综合考虑地层条件、既有结构特性及功能要求，也可以选取中间值作为实际应用的安全间距。

表5 不同近接形式下的安全间距

围岩质量近接类型	III	IV	V	土层
平行近接	0.5 D~1.0 D	1.0 D~1.5 D	1.5 D~2.0 D	>3.0 D
上穿	0.5 D~1.0 D	1.0 D~2.0 D	2.0 D~2.5 D	>3.0 D
下穿	0.5 D~1.0 D	1.0 D~1.5 D	1.5 D~2.0 D	>3.0 D

8.4 新建结构

8.4.1 近接新建结构设计应满足下列要求：

- 根据既有结构与新建工程潜在滑移面的关系，选择采用有限土体土压力理论，综合考虑既有地下结构卸荷或加载作用；
- 新建结构位于既有结构上部或下部时，应考虑卸荷作用对新、旧结构的影响；
- 地下空间近接新建可根据新、老结构相互影响及近接程度的不同，对既有建（构）筑物采取相应的保护和监测措施。

8.4.2 新建结构设计前应对邻近建筑物的基础类型、埋深及承载力进行详尽调查，确保设计充分考虑建筑物特性。

8.4.3 新建结构设计时，应根据建筑物基础埋深、荷载传递方式和土体特性，确定合理的基坑与建筑物基础之间的安全距离。

8.4.4 新建结构设计应具备足够的刚度，尤其当新建结构接近建筑物基础时，新建结构应避免因过度变形影响邻近建筑物。

8.4.5 在近接建筑物基础时，新建结构的支护设计应与降水系统配合，防止降水引起的地

基土体沉降。

8.4.6 新建结构设计应避免使用高振动的施工方法，如锤击桩，减少施工过程中对邻近建筑物基础的冲击。

8.4.7 新建结构深度较大或建筑物结构脆弱时，可采用桩锚支护、钢板桩等高刚度支护结构，确保变形控制目标的实现。

8.4.8 设计前应分析近接新建结构的影响范围，明确不同新建结构之间的相互影响，并结合区域土体条件优化设计方案。

8.4.9 当多个新建结构互相近接时，设计中应合理安排开挖顺序，避免同时开挖引起过大的变形。

8.5 岩土体

8.5.1 城市地下空间近接结构设计可能遇到的特殊岩土主要包括软弱岩(土)、膨胀岩(土)、黄土等，不良地质作用主要包括有害气体、岩溶、采空区、地裂缝等。

8.5.2 特殊岩土体区的城市地下空间近接结构设计可参照 JTG 3370.1 及 TB 10003 采取相应技术措施。

8.5.3 不良岩土体作用段的城市地下空间近接结构设计可参照 GB 51180、GB/T 51238、JTG 3370.1、TB 10003 采取相应技术措施。

8.5.4 近接施工过程中新建结构与既有结构之间岩土体，可以从提高岩土体的物理力学性能、隔断或者减弱岩土体变形传递的角度进行加固。

8.5.5 近接施工过程中当既有结构位于新建结构周边岩土体潜在滑动面之内时，靠近既有结构侧的土压力计算采用有限土体主动压力理论。

8.5.6 位于岩土体高地应力或地应力复杂的地下结构，应考虑地应力的作用，当采用荷载结构模型时，可将地应力作为岩土体压力施加于结构上；当采用地层应力模型时，可将地应力作为岩土体初始应力条件，并考虑施工步骤对岩土体稳定及支护受力状态的影响。

8.5.7 在软弱土体环境中可采用超前支护措施，超前支护可根据地层条件，采用超前管棚、超前小导管、注浆帷幕、玻纤管或其他可靠技术措施。

8.5.8 当岩土体条件复杂时，宜建立与结构传力特征相符的计算模型进行结构计算，以求解出新建结构每一个施工步骤及运营期的地层反力。

8.5.9 近接施工需要考虑岩土体稳定性验算，岩土体稳定分析宜采用地质分析和数值分析相结合的方法。

8.6 既有结构

8.6.1 近接施工设计预加固一般不从既有结构预加固着手。对既有结构的加固本质是提高既有结构抵抗变形和稳定的能力，使其在近接施工过程中具有保证结构原始功能的抵抗能力。

8.6.2 可通过增大构件尺寸、改变原结构传力路径等方法进行近接施工过程中的预加固，比如常见的基础增大、桩基主被动托换等。

8.6.3 当近接施工对既有结构的影响程度超过其承载力状态、正常使用要求或变形控制标准时需对既有结构进行加固。

8.6.4 既有结构加固不宜损伤原结构，应避免不必要的拆除及更换，防止加固中造成新的结构损伤及病害，并制定有效的安全保障措施。

8.6.5 加固混凝土结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计和验算，既有地下结构材料参数的取值应根据原设计或实测值确定，新增部分材料参数可按相关规范确定。

8.6.6 既有结构加固设计及验算，应考虑新建过程中局部拆除受力体系的转换，以及新建

工程施工影响的实际受力状况。

8.6.7 既有结构加固后改变传力路径或使结构质量增大时，应对相关结构、构件及建筑物地基基础进行必要的验算。

8.6.8 抗震及人防设防区既有结构、构件的加固应避免局部应力集中或刚度突变，并进行抗震、人防承载能力的复核。

8.6.9 设计应明确结构加固后的用途，在设计使用年限内，应对加固部位进行不定期观测、巡查及定期检测。

8.7 地下水控制

8.7.1 地下水控制设计应基于含水层结构、地下水补径排特征，综合考虑施工方法、开挖深度、地下水资源和环境要求。

8.7.2 地下水控制设计分析评价应在充分搜集类似地下工程开挖与支护设计施工方案、相邻地区地下水控制工程经验及周围建(构)筑物、地下管线分布状况等资料基础上进行。

8.7.3 近接工程地下水控制设计应遵循“以防为主、刚柔结合、多道防线、重点加强、因地制宜、综合治理”的原则。

8.7.4 近接工程地下水控制设计之前，应对既有地下结构的渗漏水情况进行调查、评估，并根据使用要求进行处治。

8.7.5 新建工程结构应以混凝土结构自防水为主，以接口、结构缝等部位防水为重点，根据功能、运营及环境要求，可采用全包防水或半包防水。

8.7.6 新建工程应对变形缝、诱导缝、施工缝、后浇带、穿墙管、预埋件、新老结构接口、桩头等细部构造加强防水措施。

8.7.7 城市地下空间的全过程地下水控制目标，在施工期应为严格防水；在运营期宜采用调水调压技术，达到深地空间排水量与结构承担的外水压力的合理平衡。

8.7.8 设计中应协调各近接工程的地下水控制措施，避免因地下水流动导致的变形失控。

8.7.9 明挖基坑开挖设计，应进行地下水控制设计，包括基坑开挖影响深度内的潜水、微承压水与承压水控制。根据支护设计方案、施工条件和环境条件制定地下水控制方案，并应减少对周边环境的不利影响。

9 施工

9.1 一般规定

9.1.1 城市地下空间近接工程施工前应依据设计文件、岩土工程勘察报告及环境资料，编制具有针对性和可操作性的施工方案。

9.1.2 施工中采用的新技术、新工艺、新材料、新设备，应按有关规定进行评审、备案。施工前应对新的或首次采用的施工工艺进行评价，制定专门的施工方案。

9.1.3 施工方法、施工工艺以及施工设备的选择应与场地的工程地质与水文地质条件相匹配，并应采取有针对性的质量控制措施。

9.1.4 施工质量应满足设计文件的要求。

9.1.5 施工过程中，应通过科学管理和技术进步，节约资源，保障安全、减少对环境的负面影响。

9.2 新建结构

9.2.1 新建结构施工前应根据勘察及设计等技术文件全面核查既有地下空间的施工工法、结构形式、基础形式、尺寸、定位及使用状态等情况。

- 9.2.2 新建结构施工前应编制专项施工方案、应急预案及施工监测等专项方案。
- 9.2.3 新建结构施工过程中应结合风险评估结果，对既有地下空间结构进行监测，必要时采取加固措施，确保既有地下空间结构正常使用功能、承载能力、耐久性和其他特殊功能。
- 9.2.4 新建结构施工应采用信息化技术，依据监测预警信息针对性地采取动态安全技术措施，保证施工安全。
- 9.2.5 新建结构施工前应对水文地质勘察资料、临近建（构）筑物资料、管线资料、既有地下工程竣工图、既有地下结构及基础现状调查评估资料进行核查。
- 9.2.6 新建结构施工前应做好技术、材料、劳动力组织、机械设备、施工场地布置、安全措施及环境保护等准备工作。
- 9.2.7 新建结构施工前，应对影响施工的管线、建构筑物等进行改迁或保护，对废弃管线、建构筑物拆除后再进行施工。

9.3 岩土体

9.3.1 明挖基坑开挖施工岩土体标准及原则：

- a) 基坑开挖应遵循“开槽支撑，先撑后挖，分层分段开挖，严禁超挖”的原则；
- b) 基坑开挖时，应严格控制变形，包括土体变形和围护结构水平变形；
- c) 在进行基坑开挖前，必须进行充分的技术准备工作，包括环境调查、现场查勘、测量放线、清除障碍物等，以确保施工的安全和顺利进行；
- d) 在开挖过程中，应采取措施防止开挖机械碰撞支护结构、格构柱或扰动基底原状土；
- e) 当出现围护结构变形、内力超过设计值、渗漏、流土等现象时，应立即停止开挖，查明原因并采取相应措施后才能继续。

9.3.2 矿山法隧道支护施工岩土体标准及原则。

- a) 施工中应充分保护围岩，避免过度破坏和损伤遗留围岩的强度，使暴露的围岩尽量保留既有的质量。
- b) 施工中应控制围岩过度变形，避免围岩过度松弛。
- c) 施工中应合理决定支护结构的类型、支护结构参与工作的时间、各种支护手段的相互配合、底部封闭时间以及一次掘进长度等参数，保证变形的控制效果和隧道的安全性。
- d) 初期支护设计应考虑围岩的压力、地下水的影响等因素，确保支护结构的强度和稳定性。二次衬砌作为安全储备，应在初期支护变形稳定后进行，以提供额外的安全保障。
- e) 施工中应布置监控量测点，定期对围岩变形、支护结构受力等进行数据采集和分析，根据量测结果及时调整施工方法和支护参数，确保隧道的安全和稳定。

9.3.3 盾构法隧道施工岩土体标准及原则：

- a) 应详细调查工程条件、地质条件、环境条件，制定防护措施，控制影响区域的地层变形；
- b) 处理不良地质条件下的盾构施工风险，如盾构处在承压水砂层中时，应设置足够的正面压力，采取必要的渣土改良措施以及确保盾尾密封的有效性，以避免正面及盾尾涌砂涌水导致的问题；
- c) 盾构进出洞时需特别注意洞口土体及加固土体的稳定性，防止洞口水土流失或坍方，特别是在饱和含水砂性土层或沼气层等特殊地质条件下，应采取特别的安全措施；
- d) 穿越江河水底的风险管理，应通过控制推进速度和压力，避免因推进挤压导致前方土体隆起过多或因饱和含水砂层中发生涌水突沉。

9.4 既有结构

9.4.1 明挖基坑近接既有地下结构保护与加固可按下列说明实施：

9.4.2 近接施工过程中，为了保证基坑开挖及地下结构回筑过程中周边环境及建构筑物变形及稳定性要求，需对既有结构进行针对性的加固加强：

- a) 控制施工振动、超载等附加荷载，不应超过安全限值；
- b) 基坑开挖时需制定专项施工方案，减少对近接既有地下结构的影响；
- c) 既有地下结构有材料运输或施工场地需求时，应严格按照设计方案布置，需要调整时应重新进行检算；
- d) 对于永久承载及抗浮的既有围护结构、支护结构，应做好施工防护；
- e) 除开洞、加固、改造等直接影响范围外，对既有地下结构其余部位附加防水层应做好保护。
- f) 既有地下结构加固的施工荷载、附加荷载不应超过设计允许值。

9.4.3 矿山法隧道近接既有地下结构保护与加固可按下列说明实施：

- a) 以信息化施工为基础，设计和施工紧密结合，根据现场施工情况动态调整设计，达到围岩自承能力和支护作用的动态平衡，减少对近接既有地下结构影响；
- b) 采用爆破开挖时，应采取短进尺，弱爆破施工，加强对近接既有地下结构的监测，控制爆破引起的振动影响。

9.4.4 机械法隧道近接既有地下结构保护与加固可按下列说明实施：

- a) 近接施工过程中，通过盾构机选型、地层加固、既有结构加固等综合措施，减小对近接既有地下结构的影响；
- b) 加强盾构施工参数控制，加强同步注浆，及时进行二次注浆；加强监测，信息化施工；
- c) 穿越段管片增设注浆孔，必要时采取洞内注浆加固，控制好地层损失率。

9.5 地下水控制

9.5.1 明挖基坑施工可按下列措施控制地下水：

- a) 明挖基坑开挖设计，应进行地下水控制设计，包括基坑开挖影响深度内的潜水、微承压水与承压水控制。根据支护设计方案、施工条件和环境条件制定地下水控制方案，并应减少对周边环境的不利影响；
- b) 地下水可采用隔水、基坑降水以及地下水回灌等措施。

9.5.2 矿山法隧道支护施工可按下列措施控制地下水。

- a) 矿山法隧道在施工过程中，可采取径向注浆、工作面超前注浆、帷幕注浆等分式，减小围岩渗水、涌水的不利影响。当具备操作空间时，可对机械法推进通道处围岩实施预注浆或冻结等工艺减小围岩渗水、涌水的不利影响。
- b) 对于地下水渗透风险大，或因功能需求需要严格防水的机械法隧道，可设置模筑二次衬砌，以加强隧道防水能力。

9.5.3 机械法隧道施工可按下列措施控制地下水：

- a) 在隧道运营期，盾构法、护盾式掘进机法、顶管法隧道应按全封闭不排水的原则进行防水设计；
- b) 掘进机法的管片接缝及顶管法的管节接缝处，应设置密封垫，且密封垫应满足接缝在最大张开量及错台情况下不渗透的要求；
- c) 掘进机管片的螺栓孔、注浆孔宜设置密封圈。

9.5.4 其它说明：

- a) 隧道运营期宜首选全封闭不排水的设计原则，当必须采用排水措施时，应评估排水

措施对城市地下环境的影响；

- b) 隧道渗控设计应充分考虑地下水环境,隧道不宜选址于地下水含量大且补给充沛的地层,不应选址于存在地下水暗流的地层;
- c) 当城市地下空间下方地层存在承压水时,应验算外部作业基坑开挖土方过程中基坑突涌稳定性和地下结构的抗浮安全系数,必要时可采用钻孔降水减压措施或水平封底隔渗措施;
- d) 城市地下空间近接施工的地下水作业,应采取措施避免既有结构周边地层发生流砂、管涌等渗流破坏;
- e) 地下水作业前应预测水位变化对城市轨道交通结构的变形和沉降影响;
- f) 地下水作业应采用合适的排水、降水、截水或回灌等地下水控制技术;
- g) 地下水作业过程应控制城市地下空间结构周边地层的水位变化幅度。

9.6 爆破振动控制

9.6.1 近接工程位于城市轨道交通保护区或铁路保护区内时,且需爆破作业时,应进行爆破安全评估和爆破设计审查。

9.6.2 爆破施工前,应对作业影响范围内的既有地下结构进行安全评估,并制定技术方案、安全措施、安全应急预案和爆破安全监控方案。

9.6.3 爆破作业应进行试爆作业和爆破振动监测,并根据试爆效果及监测数据优化爆破方案及技术参数。

9.6.4 爆破安全监控措施可采用局部监测和宏观调查等方法。

9.6.5 爆破作业应严格控制振速,作业影响的特殊保护性结构应满足相关行业标准和规范要求。

9.6.6 爆破作业应做好爆破作业点、爆破规模、爆破参数、爆破效果及爆破有害效应等作业记录。

9.6.7 爆破作业采取控制爆破方案时,可采用静态破碎法、气体爆破法等作业方法。

9.6.8 水下爆破作业方案,应通过爆破测试和专家论证后确定。

9.6.9 城市轨道交通保护区或铁路保护区内的爆破作业,不应在运营高峰期进行。

9.6.10 爆破作业采用新技术方案时,应进行爆破专项设计和专项施工方案审查。

10 监测

10.1 一般规定

10.1.1 新建近接工程应根据工程特点、地质条件、施工方法及风险评估结果进行监测设计,确定合理的监测方法、项目及内容。

10.1.2 新建近接工程监测设计内容,主要包括监测范围、监测项目及其测点布置、监测频率、监测预警值等。

10.1.3 新建近接工程建设时应做好既有地下结构、新建结构、周边岩土体及影响范围内建(构)筑物的监测,宜优先采用自动化监测技术。

10.1.4 新建近接工程监测工作应结合施工作业的进程,按要求布点和监测,并根据现场实际情况及时调整补充,监测数据应及时分析、处理和反馈。

10.1.5 监测过程中,宜加强现场巡视。

10.1.6 新建结构、土体变形监测控制值及频率应结合工程特点,可参照 GB 50497、GB 50911 的规定执行。

10.2 新建结构

10.2.1 新建结构主要根据施工工法、工程安全等级或监测等级，选取监测项目。

- a) 明挖法和盖挖法基坑支护结构，可选取支护桩（墙）水平位移与竖向位移、桩（墙）体应力、桩（墙）侧向土压力、立柱结构竖向位移与水平位移、立柱结构应力、支撑轴力、土体水平位移与竖向位移、孔隙水压力、地下水位、锚杆拉力、土钉拉力等。
- b) 盾构法隧道管片结构，可选取管片结构竖向位移与水平位移、净空收敛、应力、管片连接螺栓应力、地表沉降、土体水平位移与竖向位移、围岩压力、孔隙水压力等。
- c) 矿山法隧道支护结构，可选取初期支护结构拱顶沉降、底板竖向位移、净空收敛、应力、二次衬砌应力、拱脚竖向位移、中柱结构竖向位移与倾斜、中柱结构应力、地表沉降、土体水平位移与竖向位移、围岩压力、地下水位等。

10.2.2 新建结构监测范围需考虑结构自身特征，考虑地质条件、周边环境特征、施工工法等因素综合确定，应能反应新建结构施工对周边环境的影响。

10.2.3 采用降水措施时，监测范围应能充分反映降水对地面沉降的影响；采用爆破施工时，爆破振动的监测范围宜根据爆破试验结果并参考 GB 6722 确定。

10.2.4 新建结构监测项目应根据结构自身特征、施工工法、周边环境要求综合确定，宜组成互相验证、互为补充的监测体系。

10.2.5 新建结构监测点布置位置应在结构变形和内力的关键特征点上，宜使监测点形成监测断面，多个监测断面形成反映结构变化规律的监测体系。

10.2.6 监测断面数量及每个监测断面的监测点数量，根据工程结构特征及规模综合确定。

10.2.7 监测方法应根据新建结构的特点、工程监测等级、设计要求、精度要求、场地条件和当地工程经验等综合确定，并应合理易行。

10.2.8 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。

10.2.9 新建结构监测点应在施工过程中及时埋设。

10.3 岩土体

10.3.1 岩土体变形监测，根据结构安全风险等级、外部作业影响等级，可选取地面沉降、土体深层水平位移、土体分层竖向位移、基坑坑底隆起（回弹）的监测项目。当遇到下列情况时，应对工程周围岩土体进行监测：

- a) 基坑深度较大、基底土质软弱或基底下存在承压水且对工程影响较大时，应进行坑底隆起（回弹）监测；
- b) 基坑侧壁、隧道围岩的地质条件复杂，岩土体易产生较大变形、空洞、坍塌的部位或区域，应进行土体分层竖向位移或深层水平位移监测；
- c) 软土地区，既有结构对近接施工敏感时，宜对既有结构附近的土体孔隙水压力、土体分层竖向位移或深层水平位移进行监测；
- d) 基坑、隧道近接施工影响较大时，对软弱地基中的并行既有隧道，宜监测深层土体水平位移、竖向位移及孔隙水压力。

10.3.2 周围岩土体监测点的布设位置和数量应根据施工工法、工程监测等级、地质条件及监测方法的要求等综合确定。

10.3.3 监测点布设应满足监测岩土体实际状态、位移和内力变化规律，及分析岩土体安全

状态的要求。

10.3.4 空隙水压力应根据工程测试的目的、土层的渗透性和测试期的长短等条件，选用封闭或开口方式埋设空隙水压力计进行监测。

10.3.5 地下水位监测宜通过钻孔设置水位观测管，应分层监测，水位观测管的滤管位置和长度应与被测含水层的位置和厚度一致，被测含水层与其他含水层之间应采用隔离措施。

10.3.6 周围岩土体监测点应在施工前埋设。

10.4 既有结构

10.4.1 既有结构主要根据施工工法、外部作业影响等级，选取监测项目：

- a) 明挖法或矿山法地下结构，可选取竖向位移、水平位移、接缝处差异沉降、结构裂缝、立柱竖向位移、结构倾斜；
- b) 盾构法或顶管法地下结构，可选取竖向位移、水平位移、相对收敛、接缝、裂缝、隧道断面尺寸；
- c) 高架及地面结构，可选取竖向位移、水平位移、相邻桥墩沉降位移差、墩台、墩顶横向位移、结构裂缝、结构倾斜。

10.4.2 近接工程施工过程中应对既有结构变形、裂缝、基础沉降及结构应力等应进行监测。

10.4.3 近接工程施工过程中应根据既有结构的结构型式、地质条件、支护类型和数据采集方法等，对既有结构的重要构件和节点进行监测，既有结构监测点应在施工前埋设。

10.4.4 新建结构与既有结构相互连接时应监测新旧结构连接部位的相对位移、渗漏水情况。

10.4.5 采用爆破施工时，应监测邻近既有地下结构振动情况。

10.4.6 近接工程施工中既有地下结构的监测精度及频率可按附录 B 的规定确定，对关键工序和变形速率出现明显增大的情况，应增加监测频率。

10.4.7 近接工程施工降水对周边环境有影响时，应监测地下水位的变化，同时应加强对周边有影响的地上及地下建（构）筑物的沉降监测。

10.4.8 对既有结构应在施工期间及使用期间进行沉降变形监测，施工阶段监测应贯穿工程施工全过程，直至土建施工完成，且监测数据稳定后方可停止。

10.4.9 既有结构存在较大安全风险时，宜采用自动化监测作为主要数据采集方式。

附录 A
(资料性)
安全风险等级标准

A.1 风险发生可能性等级标准宜采用概率划分，并应符合表 A.1 的规定。

表 A.1 风险发生可能性等级标准

等级	1	2	3	4	5
可能性	频繁的	可能的	偶尔的	罕见的	不可能的
概率值	$P > 0.1$	$0.01 \leq P < 0.1$	$0.001 \leq P < 0.01$	$0.0001 \leq P < 0.001$	$P < 0.0001$

A.2 风险损失等级标准宜按损失的严重性程度划分五级，并应符合表 A.2 的规定。

表 A.2 风险损失等级标准

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

A.3 根据风险发生的可能性和风险损失，工程建设风险等级宜分为四级，并宜符合表 A.3 的规定。

表 A.3 风险等级标准

风险等级		损失等级				
		A (灾难性的)	B (非常严重的)	C (严重的)	D (需考虑的)	E (可忽略的)
可能性等级	1 (频繁的)	I 级	I 级	I 级	II 级	III 级
	2 (可能的)	I 级	I 级	II 级	III 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

A.4 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，各等级风险的接受准则应符合表 A.4 的规定。

表 A.4 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受的水平	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，且风险降低的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，可采取风险处理措施	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	

A.5 风险损失可按照工程建设人员和第三方伤亡、建设对周边环境的影响、工程本身和第三方直接经济损失、工期延误和社会影响等因素划分等级，可参照 GB 50652 的规定执行。

附录 B
(资料性)
监测控制值及频率

B.1 对既有结构监测控制值及频率应根据现行国家标准确定，并应符合表 B.1~表 B.5 的要求。

表 B.1 盾构法或顶管法地下结构安全监测控制值

安全控制指标		控制值	安全限值
水平位移		≤ 10 mm	—
竖向位移	上浮	≤ 5 mm	—
	沉降	≤ 10 mm	—
相对收敛		≤ 10 mm	< 55.8 mm
变形曲率半径		≥ 15000 m	> 1200 m
变形相对曲率		$\leq 1/2500$	$< 1/1500$
管片接缝张开量		≤ 2 mm	< 6 mm
接缝错台	纵缝	≤ 5 mm	< 10 mm
	环缝	≤ 6 mm	< 15 mm
结构外壁附加荷载		—	≤ 20 kPa
管片裂缝宽度		≤ 0.2 mm	< 1.0 mm
振动速度		—	≤ 2.5 cm/s

表 B.2 明挖法或矿山法地下结构安全监测控制值

安全控制指标		控制值	安全限值
水平位移		< 10 mm	—
竖向位移	上浮	< 5 mm	—
	沉降	< 10 mm	—
接缝处差异沉降		< 4 mm	< 8 mm
变形相对曲率		$< 1/2500$	$< 1/1500$
结构裂缝宽度	迎水面	< 0.2 mm	< 3 mm
	背水面	< 0.3 mm	< 3 mm
振动速度		—	≤ 2.5 cm/s

表 B.3 明挖法和盖挖法基坑工程作业期间既有结构监测频率

影响等级	施工作业工况				
	围护结构、首道支撑施工	首道支撑一下土方开挖施工	底板浇筑至封闭 28 天	地下结构施工	地上结构施工
特级	1 次/1 天	1 次/1 天	1 次/1 天	1 次/2 天	1 次/1 周

一级	1次/2天	1次/1天	1次/1天	1次/2天	1次/1周
二级	1次/1周	1次/2天	1次/2天	1次/1周	1次/4周
三、四级	1次/1周	1次/3天	1次/3天	1次/1周	1次/4周

表 B.4 盾构法工程作业期间既有结构监测频率

影响等级	施工作业工况			
	掘进面前方		掘进面后方	
	$3D < L \leq 8D$	$L \leq 3D$	$L \leq 3D$	$3D < L \leq 8D$
特级、一级	1次/1天	实时	实时	1次/1天
其他等级	1次/1周	1次/4天	1次/4天	1次/1周

注：D为盾构法、顶管法隧道开挖直径（m），L为开挖面至监测点或监测断面的水平距离（m）。

表 B.5 矿山法工程作业期间既有结构监测频率

影响等级	施工作业工况			
	掘进面前方		掘进面后方	
	$1B < L \leq 5B$	$L \leq 1B$	$L \leq 1B$	$1B < L \leq 5B$
特级、一级	1次/1天	实时	实时	1次/1天
其他等级	1次/1周	1次/4天	1次/4天	1次/1周

注：B为盾构法、顶管法隧道开挖直径（m），L为开挖面至监测点或监测断面的水平距离（m）。

参考文献

- [1] GB 50497 建筑基坑工程监测技术标准
- [2] GB 50652 城市轨道交通地下工程建设风险管理规范
- [3] GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
- [4] GB 51180 煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范
- [5] GB/T 51238 岩溶地区地基基础技术标准
- [6] GB/T 51358 城市地下空间规划标准
- [7] CJJ/T 202 城市轨道交通结构安全保护技术规范
- [8] JTG 3370.1 公路隧道设计规范 第一册 土建工程
- [9] TB 10003 铁路隧道设计规范（2024年局部修订）
- [10] DB32/T 4351 城市轨道交通结构安全保护技术规程
- [11] DBJ / T 15-120 城市轨道交通既有结构保护技术规范
- [12] DG/TJ 08-2235 既有地下建筑改扩建技术规范
- [13] T/CSRME 016 城市地下空间网络化拓建工程技术规范
- [14] T/CSRME 031 城市深部地下空间结构设计指南