

DB21

辽 宁 省 地 方 标 准

DB21/T XXXX—XX—XXXX

地铁结构安全保护技术规范

Technical Specification for Safety Protection of Structures in Urban Subways

(征求意见稿)

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

目 次

前 言 III

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 3

 4.1 一般规定 3

 4.2 外部作业影响等级划分 3

 4.3 外部作业净距控制指标 5

 4.4 结构安全控制指标 5

5 保护要求 7

 5.1 一般规定 7

 5.2 既有结构调查 7

 5.3 地下结构 7

 5.4 地面结构和高架结构 8

6 安全评估 8

 6.1 一般规定 8

 6.2 技术要求 8

7 外部作业 10

 7.1 一般规定 10

 7.2 基坑作业技术要求 10

 7.3 隧道作业技术要求 10

 7.4 管线作业技术要求 11

 7.5 基础工程作业技术要求 11

 7.6 接口改造技术要求 12

 7.7 地铁既有车站上方硬化铺设及绿化作业技术要求 12

 7.8 地下水作业技术要求 13

 7.9 爆破作业技术要求 13

 7.10 道路工程加（卸）载作业技术要求 14

 7.11 勘探作业技术要求 14

 7.12 河道工程技术要求 14

 7.13 其他作业技术要求 14

 7.14 实施要求 15

8 监测 15

 8.1 一般规定 15

 8.2 技术要求 15

 8.3 实施要求 17

9 运营设施保护及运营应急管理要求..... 17

 9.1 一般规定..... 17

 9.2 技术要求..... 17

附录 A 19

 A.1 外部作业与地铁结构的接近程度 19

 A.2 外部作业的工程影响分区 22

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。

本文件由辽宁省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件发布实施后，任何单位和个人如有问题和意见建议，均可以通过来电和来函等方式进行反馈，我们将及时答复并认真处理，根据实际情况依法进行评估及复审。

归口管理部门通讯地址和联系电话：沈阳市和平区十三纬路19号，024-23867960。

文件起草单位通讯地址和联系电话：沈阳市和平区丽岛路42号，024-83385565。

地铁结构安全保护技术规范

1 范围

本文件规定了地铁结构安全保护的**范围、对象、安全控制标准**，以及安全保护的相关要求，包括基本规定、安全评估、外部作业、监测、运营设施保护及运营应急管理**等要求**。

本文件适用于辽宁省地铁工程既有结构、在建结构及规划线路安全保护工作，保证地铁既有结构的正常使用、在建结构的施工安全、规划线路的可实施性。

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 50157 地铁设计规范
CJJ/T 202 城市轨道交通结构安全保护技术规范
CJJ/T 289 城市轨道交通隧道结构养护技术标准
GB 50307 城市轨道交通岩土工程勘察规范
GB/T 50308 城市轨道交通工程测量规范
GB 50911 城市轨道交通工程监测技术规范
GB/T 30012 城市轨道交通运营管理规范
GB/T50010 混凝土结构设计标准
GB55008 混凝土结构通用规范
TB 10003 铁路隧道设计规范
GB/T51438 盾构隧道工程设计标准
GB 50108 地下工程防水技术规范
JGJ 476 建筑工程抗浮技术标准
GB 50982 建筑与桥梁结构监测技术规范
GB 50183 石油天然气工程设计防火规范
GB 50251 输气管道工程设计规范
GB 50156 汽车加油加气加氢站技术标准
GB 50061 66KV及以下架空电力线路设计规范
GB 50545 110KV~750KV架空输电线路设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地铁

在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引的轨道交通。根据地铁的敷设方式可分为地下线、地面线和高架线。

3.2

地铁结构

包括既有结构及在建结构，既有结构为已运营或已建成尚未运营的地铁结构；在建结构为已施工或已开展设计尚未施工的地铁结构。

3.3

规划线路

线网规划中尚未开展设计的地铁线路。

3.4

安全保护区

为确保地铁既有结构的正常使用、在建结构的施工安全、规划线路的可实施性，其周边特定范围内设置的控制和保护区域。

3.5

外部作业

在地铁结构、规划线路安全保护区内进行的作业。主要包括基坑、隧道、基础、接口改造、降水、道路工程、河道工程、地下管线、勘探作业、爆破作业、绿化、既有建（构）筑物拆除等。

3.6

接口改造

当外部工程与地铁结构相衔接时，采用改造地铁结构的方式实现外部结构与地铁结构相连接的工程。

3.7

安全评估

外部作业临近既有结构时，根据外部作业的设计方案、既有结构的调查情况及对既有结构的安全保护方案等，通过建模、计算、分析，评估外部作业对地铁结构安全影响的工作。

外部作业临近在建结构及规划线路时，根据外部作业的设计方案、在建结构的施工情况、规划线路的规划情况及外部作业对在建结构、规划线路的预留条件方案等，通过建模、计算、分析，评估外部作业为后期地铁结构实施所预留条件可行性及安全性的工作。

3.8

安全控制标准

根据地铁结构的安全现状及其保护要求，针对外部作业的特点，为保护地铁结构而制定的控制标准。

3.9

影响等级

外部作业对地铁结构安全影响程度的分级。

3.10

净距控制值

根据外部作业和地铁结构的特点，为安全保护地铁结构，规定外部作业与地铁结构外边线之间的最小净距离。

3.11

结构安全控制指标

根据地铁结构的安全现状及其保护要求，针对外部作业时地铁结构的响应特征，为安全保护地铁结构而选用的控制指标。

3.12

实时监测

采用仪器量测、现场巡查或远程视频监控等手段和方法，实时、动态地采集或收集反映地铁结构以及周边环境对象的安全状态、变化特征及发展趋势的信息，并进行分析和反馈，以达到保护地铁结构安全的目的。

3.13

监测预警等级

根据监测值与其相应的地铁结构安全控制指标值的比值，对地铁结构实行监测预警管理的分级。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 在地铁结构周边进行外部作业时，应制定安全可靠的外部作业设计方案和地铁保护方案，外部作业不得影响地铁的正常运营和施工安全，满足地铁结构的正常使用、承载能力、耐久性和其他特殊功能。

4.1.2 地铁结构沿线应设置安全保护区，设置范围应包括以下区域：

- 1) 地下车站、地下变电所及隧道结构外边线外侧50m内；
- 2) 地面、高架车站及线路轨道结构外边线外侧30m内；
- 3) 运营控制中心、车辆基地等建（构）筑物用地界线外侧10m内；
- 4) 单独设置的出入口、电梯、通风亭、地面站房和变电站等建（构）筑物结构外边线外侧10m内；
- 5) 过河、过海隧道及桥梁，应适当扩大保护区范围，不得小于结构外边线外侧100m内。
- 6) 遇特殊的工程地质、水文地质或特殊的外部作业时，应适当扩大保护区范围。

4.1.3 在规划线路控制线外侧 50m 内进行外部作业时，先期实施的外部作业应制定安全可靠的设计方案，为后期规划线路的实施提供条件，同时应采取有效的措施，避免或降低后期规划线路实施对其造成的影响。

4.1.4 地铁安全保护应贯穿外部作业项目的规划、勘察、设计、施工、运营等阶段。

4.1.5 外部作业实施前，应收集地铁结构相关资料，结合地铁结构的安全保护要求，确定外部作业影响等级。

4.1.6 安全控制应包括：外部作业影响等级、外部作业净距控制指标、结构安全控制指标。

4.1.7 当既有地铁结构存在道床开裂、剥离、隧道漏水、结构变形过大等病害时，应提高外部作业影响等级、外部作业净距控制指标、结构安全控制指标。

4.2 外部作业影响等级划分

4.2.1 当外部作业为基坑工程、矿山法隧道、盾构法隧道、顶管隧道、浅基础、桩基础、加载工程时，应根据外部作业与地铁结构的接近程度及其工程影响分区，确定其影响等级。

4.2.2 外部作业影响等级应按表 1 进行划分，其中外部作业与地铁结构的接近程度和外部作业的工程影响分区按附录 A 确定。

表1 外部作业影响等级的划分

外部作业与地铁结构 外部作业 工程影响分区 接近程度	非常接近（Ⅰ）	接近（Ⅱ）	较接近（Ⅲ）	不接近（Ⅳ）
强烈影响区（A）	特级	特级	一级	二级
显著影响区（B）	特级	一级	二级	三级
一般影响区（C）	一级	二级	三级	四级
较小影响区（D）	二级	三级	四级	——
注 1： 本表适用于围岩级别为Ⅳ～Ⅵ的情况；围岩级别为Ⅰ～Ⅲ的情况，表中影响等级可降低一级；围岩级别为Ⅵ的软土地区，表中影响等级应提高一级，特级时不再提高。				
注 2： 围岩级别应按现行标准《城市轨道交通岩土工程勘察规范》GB50307 中的有关规定确定。				
注 3： 沿地铁方向单次开挖边长超过 100m 或开挖面积超过 10000m ² 的基坑工程，影响等级宜提高一级。				
注 4： 开挖面积不足 4h ₁ ² 的基坑工程，影响等级宜降低一级，其中 h ₁ 为基坑深度。				
注 5： 当区间隧道上方开挖深度大于区间隧道覆土深度的一半时，影响等级宜提高一级。				

4.2.3 外部作业为道路、管线及绿化等工程时，满足表 2 条件的可判定为小微工程。小微工程不再进行影响等级判定。

表2 小微工程判定条件

外部作业类型	小微工程判定条件			
	开挖深度/ 管底埋深	开挖宽度/开挖范围 控制原则	有无支护 结构施工	其他要求
新建道路或道路改扩建工程	≤1.0m	不影响下方既有结构 抗浮稳定性	无	需对道路软基进行处理、路基回填采用振动压实措施、路基回填高度高于原地面高度的除外
明挖法管线工程	≤2.0m	不影响下方既有结构 抗浮稳定性	无	下穿既有高架结构管线工程除外
绿化种植、景观改造工程	≤2.0m	不影响下方既有结构 抗浮稳定性	无	绿化种植、景观改造产生的附加荷载不超过既有结构设计限值
其他工程	≤2.0m	不影响下方既有结构 抗浮稳定性	无	采用振动较大施工工艺或在既有高架结构下方作业的工程除外
注 1： 对不满足以上判定条件的施工作业，若管线施工作业面与地铁结构相对净距不小于 10m，经现场确认，可判定为小微工程。				

- 4.2.4 以下特殊情况下外部作业影响等级应结合类似工程经验综合确定，且不宜低于一级：
- 1) 地铁结构所处工程地质条件、水文地质条件较复杂，主要表现为地铁结构处于岩溶发育区域、采空区，附近存在断裂带、破碎带，或地铁结构处于人工回填地层、软土地层、可液化地层等；
 - 2) 地铁结构存在道床开裂、剥离、隧道漏水、结构变形过大等病害；
 - 3) 在地铁结构未预留条件的情况下，改建地铁既有结构的作业；
 - 4) 在地铁结构安全保护区内进行降水施工，且降水深度大于地铁结构底板埋深的作业；
 - 5) 对地铁结构产生较大附加荷载或卸载的工程，地铁结构产生附加荷载大于20kPa。
- 4.2.5 开挖深度小于 3m，平均开挖宽度小于 3m 的浅埋明挖小型管沟、明渠的外部作业影响等级高于三级，既有地铁结构满足抗浮要求，且外部作业满足下列要求时，通过加强对地铁结构的安全保护措施后，可按照三级考虑：

- 1) 位于区间隧道上方与地铁结构并行的外部作业，开挖深度小于地铁结构顶部埋深的1/4，不影响区间隧道抗浮稳定性；
- 2) 位于区间隧道上方穿越地铁结构的外部作业，开挖深度小于地铁结构顶部埋深的1/4；
- 3) 位于车站上方与地铁结构并行的外部作业，沟底部与地铁结构顶板距离大于2.0m，且与上翻梁距离大于1m，不影响区间隧道抗浮稳定性；
- 4) 位于车站上方穿越地铁结构的外部作业，沟底部与地铁结顶板距离大于2.0m，且与上翻梁距离大于1m。

4.2.6 采用拉管法施工管线的外部作业，当拉管管线与地铁结构净距大于 3m(且大于 3 倍拉管直径)，小于等于 6m 时，采用严格控制施工精度、保证泥浆质量等措施减少对土体扰动，影响等级为二级；当拉管管线与地铁结构净距大于 6m，小于等于 10m 时，影响等级为三级；当拉管管线与地铁结构净距大于等于 10m 时，影响等级为四级。

4.3 外部作业净距控制指标

4.3.1 外部作业净距控制值宜符合表 3 的规定。

表3 外部作业净距控制值（m）

外部作业 \ 地铁结构类型	地下结构	地面结构	高架结构
工程桩（基础桩）*	≥3.0	≥3.0	≥3.0
基坑围护桩、地下连续墙、放坡上边线*	≥5.0	≥5.0	≥5.0
上方基坑#	≥4.0	—	—
穿越隧道#	≥2.0	—	—
钻探孔、降水井、拉管钻孔*	≥4m	≥3.0	≥3.0
锚杆、锚索、土钉（末端）	≥6.0	≥6.0	≥6.0
起重、吊装设备	—	≥6.0	≥6.0
搭建棚架及宣传标志	—	≥6.0	≥6.0
存放易燃物料（非易爆物）	—	≥6.0	≥6.0
冲孔、振冲、挤土*	≥20.0	≥6.0	≥6.0
浅孔爆破*	≥15.0	≥15.0	≥15.0
深孔爆破*	≥50.0	≥50.0	≥50.0
注 1： *指外部作业与地铁既有结构外边线之间的水平投影净距；#指外部作业与地铁既有结构外边线之间竖向净距。			
注 2： 小微工程及浅埋明挖小型管沟可不受本表放坡上边线及上方基坑净距限制。			
注 3： 当围岩级别为 I~III 级时，表中净距控制管理值宜结合当地工程经验进行适当调整。			

- 4.3.2 石油、天然气等易燃易爆危险品设施的净距控制值应按现行国家标准《石油天然气工程设计防火规范》GB50183 和《输气管道工程设计规范》GB50251 的要求确定。
- 4.3.3 汽车加油加气站的净距控制值应按现行国家标准《汽车加油加气站设计与施工规范》GB50156 的要求确定。
- 4.3.4 穿越河海的地铁地下结构、跨河海桥梁，净距控制值应根据实际情况进行确定，不宜小于表 3 中相应数值的 3 倍。

4.4 结构安全控制指标

4.4.1 结构安全控制指标应根据地铁工程安全保护技术的要求及现行国家标准《地铁设计规范》

GB50157 确定。

4.4.2 结构安全控制指标主要包括：隧道水平位移、隧道竖向位移、隧道径向收敛、隧道轴线变形曲率半径、隧道变形相对曲率、盾构管片接缝张开量、隧道结构外壁附加荷载、振动速度、盾构管片裂缝宽度、地下结构混凝土构件裂缝宽度、轨道横向高差、轨向高差（矢度值）、轨间距、道床脱空量、路基差异沉降、桥墩墩顶横向位移、相邻桥墩沉降位移差等。

4.4.3 结构安全控制值应根据工程具体情况确定，并宜符合表 4~7 的规定。表中数值为未考虑地铁既有结构发生变形或病害情况下的安全控制值，如既有结构已发生变形或病害，则应根据现状评估取值。

表4 轨道安全控制值

安全控制指标	控制值	安全控制指标	控制值
轨道横向高差	<4mm	轨间距	>-4mm <+6mm
轨向高差（矢度值）	<4mm	道床脱空量	≤5mm

表5 地铁既有地下结构安全控制值

安全控制指标	控制值	安全控制指标	控制值
隧道水平位移	<10mm	变形缝差异沉降	<4mm
隧道竖向位移	<10mm	隧道结构外壁附加荷载	≤20kPa
隧道径向收敛	<10mm	振动速度	≤2.5cm/s
隧道轴线变形曲率半径	>15000m	盾构管片裂缝宽度	<0.2mm
隧道变形相对曲率	<1/2500	地下结构混凝土构件裂缝宽度	迎水面<0.2mm
盾构管片接缝张开量	<2mm		背水面<0.3mm

表6 地铁既有高架结构安全控制值

安全控制指标		控制值
桥墩墩顶横向位移	25m~40m 简支梁	$3\sqrt{L}$
	50m~100m 连续梁	$2\sqrt{L}$
相邻桥墩沉降位移差*		≤10mm
桥墩倾斜		1‰
结构裂缝宽度		全预应力梁 0mm 其他构件≤0.2mm
振动速度		≤2.5cm/s
注 1： 控制指标应满足地铁桥梁设计文件要求。		
注 2： 满足上述控制指标的同时需满足轨道变形相关要求。		
注 3： L 表示简支梁单跨长或连续梁相邻跨的较小跨长，以 m 计，L<25m 时，按 25m 计。		
注 4： *表示适用于跨度不大于 40m 的区间简支梁桥和连续梁桥的相邻桥墩位移差。		
注 5： 高架车站相邻框架柱之间的沉降差应符合《建筑地基基础设计规范》GB50007 的相关规定。		

表7 地铁既有路基结构安全控制值

安全控制指标		控制值
路基差异沉降	整体道床	<10mm
	碎石道床	<15mm
	过渡段	<5mm

5 保护要求

5.1 一般规定

- 5.1.1 在地铁安全保护区内从事外部作业，作业单位应为既有结构制定保护方案、为在建结构预留实施条件、为规划线路提供通过条件。
- 5.1.2 制定地铁结构保护方案、预留方案前，应由作业单位对地铁结构进行调查。
- 5.1.3 位于地铁既有结构安全保护区内，当外部作业影响等级为特级、一级时，既有结构保护方案内容应包括外部作业的设计方案、地铁结构安全保护专项施工方案（含应急预案）、安全评估报告、监测方案等。当外部作业影响等级为二级时，宜按上述规定执行。
- 5.1.4 位于地铁既有结构安全保护区内，其他外部作业既有结构保护方案内容应包括外部作业的设计方案、地铁结构安全保护专项施工方案等。
- 5.1.5 位于地铁在建结构安全保护区内，当外部作业影响等级为特级、一级时，作业单位应制定在建结构的安全预留方案，为在建结构的安全施工预留条件。必要时根据地铁在建工程与外部作业工程的时空关系，结合双方的施工方法及工序，开展外部作业的设计方案论证、预留条件评估等。若外部作业与在建结构同期实施，参照 5.1.3 执行。当外部作业影响等级为二级时，宜按上述规定执行。
- 5.1.6 位于地铁规划线路安全保护区范围内，当外部作业影响等级为特级、一级时，作业单位的设计方案应根据地铁规划控制线，为规划线路实施提供通过条件，必要时开展外部作业的设计方案论证、地铁通过条件评价等。当外部作业影响等级为二级时，宜按上述规定执行。
- 5.1.7 对地铁既有结构的监测，应在外部作业施工前完成监测点的布设工作并采集初始值，施工过程中遵循连续监测的原则，监测成果应能准确及时反映结构的实际状态及外部作业对结构安全的动态影响。

5.2 既有结构调查

- 5.2.1 施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。地铁既有结构调查应包含但不限于以下内容：
- 1) 影响范围内地铁既有结构资料及图纸；
 - 2) 既有结构的渗漏水、开裂、剥离、掉块、倾斜病害情况等。
- 5.2.2 施工过程中出现以下情况之一时，应开展过程调查工作：
- 1) 监测数据达到C级预警值；
 - 2) 地铁既有结构出现新增病害；
 - 3) 地铁既有结构原有病害出现较快发展。
- 5.2.3 地铁既有结构的调查工作，不得影响地铁的正常运营。

5.3 地下结构

- 5.3.1 地铁地下结构上方区域不得作为材料堆场，不宜设置基坑出土口或运输车道。外部作业设施、设备、车辆等应与地铁结构保持一定的安全距离。

- 5.3.2 在地铁地下结构安全保护区内修建平行、下穿或上穿隧道，隧道间的水平、垂直净距不宜小于较大隧道的外径，并应采用安全可靠的隧道实施方案，细化施工控制参数，制定安全保护控制措施。
- 5.3.3 在地铁地下结构安全保护区内进行加载或卸载作业，应验算对地下结构的影响，并应满足相应的结构安全控制指标值。
- 5.3.4 在地铁保护区内进行钻探、锚索、降水等钻孔作业时，应严格控制其与既有地下结构的净距，并制定安全可靠的作业方案。
- 5.3.5 对注浆、旋喷等有压力的外部作业，实施前应制定安全可靠的作业方案，通过试验拟定作业参数。
- 5.3.6 作用于地铁地下结构外壁上的附加荷载不应大于 20kPa。

5.4 地面结构和高架结构

- 5.4.1 外部作业应防止火灾、积水、车辆或其他物体坠入、碰撞等危及地铁结构安全。
- 5.4.2 上跨地铁地面结构和高架结构的外部作业，与结构及轨道的净空必须满足地铁维保和行车安全的要求，并应针对地铁结构和行车安全设置防护措施。
- 5.4.3 下穿地铁地面结构的外部作业，实施前应评估其对地面结构的安全影响。
- 5.4.4 当外部作业邻近地铁高架结构基础时，实施前应评估其对高架结构基础的安全影响。
- 5.4.5 当地铁结构邻近高边坡、高挡墙时，外部作业应保证高边坡、高挡墙及其基础的安全。
- 5.4.6 与地铁地面、高架结构交叉的市政道路应设置防护、防撞设施和限高标志。

6 安全评估

6.1 一般规定

- 6.1.1 位于地铁安全保护区内，当外部作业影响等级为特级、一级时，应对地铁结构进行安全评估，当外部作业影响等级为二级时，宜对地铁结构进行安全评估。
- 6.1.2 安全评估包括：既有结构的外部作业安全评估、在建结构的外部作业预留条件评估，以及特定条件下的外部作业施工过程评估、外部作业影响后评估。
- 6.1.3 临近地铁既有结构的外部作业安全评估，应在外部作业实施前，对地铁既有结构进行调查分析，并采用理论分析、数值模拟等方法，预测外部作业对地铁既有结构的影响，评估外部作业方案的可行性。
- 6.1.4 临近地铁在建结构的外部作业预留条件评估，应在外部作业实施前，采用理论分析、数值模拟等方法，预测在建地铁结构施工时，对先期外部作业所建成结构的影响，评估外部作业为地铁结构预留条件的可行性及安全性。
- 6.1.5 当监测项目实测值达到结构安全控制指标值 80%时，应在外部作业施工过程中开展过程评估，结合地铁结构的监测数据和施工前评估的预测值，及时评估既有结构当前的安全状态。
- 6.1.6 当监测项目实测值达到结构安全控制指标时，应在外部作业完成后开展外部作业影响后评估，根据对地铁既有结构造成的影响程度，再次评估地铁既有结构安全状态。
- 6.1.7 地铁结构的评估计算分析宜采用荷载-结构模型、地层-结构模型进行，并应根据现行国家标准《混凝土结构设计标准》GB/T50010、《地铁设计规范》GB50157 及《混凝土结构通用规范》GB55008 进行验算。
- 6.1.8 安全评估应由外部作业各参建主体之外的第三方专业单位承担。

6.2 技术要求

- 6.2.1 地铁安全保护区内时空相近的多项外部作业，应综合考虑其对地铁既有结构产生的叠加影响，

提出各项外部作业的分阶段控制指标。

6.2.2 安全评估的技术要求应符合表8规定。

6.2.3 临近地铁既有结构的外部作业安全评估成果应包括以下内容：分析地铁现状结构并确定控制指标值，综合评定外部作业设计方案和地铁结构保护方案的可行性及安全性。

6.2.4 临近地铁在建结构的外部作业预留条件评估成果应包括以下内容：外部作业所建成结构控制指标值，综合评定外部作业为地铁结构施工预留条件的可行性及安全性。

表8 安全评估技术要求

项目	开展条件	技术要求	主要依据	分析方法
地铁既有结构现状调查分析	所有外部作业	1) 调查地铁既有结构资料及图纸，分析结构状态； 2) 结合外部作业对既有结构的主要响应特征及其安全保护要求，合理选用结构安全控制指标，确定相应的指标值。 3) 若既有结构存在渗漏水、开裂、剥离、掉块、倾斜、变形过大等病害时，应进一步评估当前既有结构的安全状态及继续抗变形能力和承载能力，调整控制指标。	1) 岩土工程勘察资料； 2) 既有结构竣工资料； 3) 既有结构历史监测数据； 4) 既有结构调查资料。	1) 既有结构调查； 2) 理论分析； 3) 类比法。
外部作业影响安全评估	临近地铁既有结构外部作业影响等级为特级、一级	1) 模拟外部作业与既有结构的三维空间关系，建立三维地层-结构或荷载-结构计算模型； 2) 预测分析外部作业实施全过程及永久使用阶段可能诱发既有结构各种风险的影响因素，包括周边卸载或超载、水位变化等，并系统计算既有结构的内力和变位预测值； 3) 当预测值超过相应的结构安全控制指标值，应要求设计单位调整外部作业设计方案，循环进行评估，直至预测值小于指标值； 4) 结合对应区段既有结构竣工资料，分别以裂缝宽度和强度控制进行计算，验算既有结构的安全性； 5) 综合评定外部作业设计方案和地铁保护方案的可行性； 6) 提出既有结构安全保护措施及监测的建议。	1) 岩土工程勘察资料； 2) 既有结构现状评估报告； 3) 外部作业设计方案，包括基坑支护和基础型式等； 4) 地铁保护方案； 5) 既有结构竣工资料，包括结构形式、尺寸、配筋等	1) 理论分析； 2) 三维数值模拟分析； 3) 类比法。
外部作业施工过程评估	监测项目实测值达到结构安全控制指标值80%	1) 模拟外部作业与既有结构的三维空间关系，建立三维地层-结构计算模型； 2) 及时跟踪评估既有结构的当前状态和继续抗变形能力、承载能力，及时修正安全控制指标值； 3) 必要时重新制定既有结构保护方案、增加控制保护措施，或调整外部作业设计方案； 4) 预测分析及综合评定后续外部作业设计方案和地铁保护方案的可行性。	1) 既有结构监测数据； 2) 外部作业影响评估报告、预测值； 3) 施工过程的既有结构调查报告。	1) 既有结构调查、检测、测量； 2) 理论分析； 3) 三维数值模拟分析； 4) 类比法。
外部作业影响后评估	监测项目实测值达到结构安全控制指标	1) 进入受外部作业影响范围内的既有结构区段，开展工后调查和分析； 2) 结合结构安全控制指标值评价外部作业对既有结构的影响； 3) 综合评估地铁结构工后的安全状态和安全控制指标值，及继续抗变形能力和承载能力； 4) 必要时提出修复既有结构的措施。	1) 地铁结构的实时监测数据； 2) 外部作业影响预评估报告、预测值。	1) 既有结构调查、检测、测量； 2) 三维数值模拟分析； 3) 类比法。

外部作业预留条件评估	临近地铁在建结构外部作业影响等级为特级、一级	1) 模拟外部作业与地铁在建结构的三维空间关系,建立三维地层-结构或荷载-结构计算模型; 2) 预测分析地铁在建结构实施全过程及永久使用阶段可能诱发外部作业所建设工程结构各种风险的影响因素,包括周边卸载或超载、水位变化等,并系统计算外部作业所建设工程结构的内力和变位预测值; 3) 当预测值超过相应的结构安全控制指标值,应要求设计单位调整外部作业设计方案,为地铁在建结构施工预留足够条件,循环进行评估,直至预测值小于指标值; 4) 综合评定外部作业为地铁在建结构施工预留条件的可行性。	1) 岩土工程勘察资料; 2) 地铁在建结构设计方案和施工方案,包括基坑支护和基础型式等; 3) 外部作业设计方案,包括基坑支护和基础型式等; 4) 外部作业为地铁在建结构施工预留条件。	1) 理论分析; 2) 三维数值模拟分析; 3) 类比法。
------------	-------------------------------	--	---	--

7 外部作业

7.1 一般规定

7.1.1 地铁安全保护区内从事外部作业前,应根据作业场地及周边环境、工程地质和水文地质条件、与地铁结构的空間关系及地铁结构现状等,制定安全可靠的设计及施工方案。

7.1.2 地铁安全保护区内从事外部作业,应报根据当地地铁建设单位、运营单位要求进行审批,批复后方可实施。

7.1.3 在地铁安全保护区内从事外部作业,应进行坐标点位复核,必要时对既有结构坐标进行测量,并在地面对地铁结构边线放样,无误后方可实施。

7.2 基坑作业技术要求

7.2.1 外部基坑工程应遵循“近浅远深,近小远大,先远后近”的设计和施工原则,并综合考虑基坑施工全过程及上部建筑施工对地铁结构的不利影响。

7.2.2 当外部基坑横跨地铁结构上方时,宜通过分坑措施将外部基坑分为上方基坑和旁侧基坑,根据其不同属性分别进行设计与施工,并综合考虑各分坑的叠加影响。

7.2.3 当外部基坑横跨地铁结构时,分坑措施宜符合下列规定:

- 1) 采取地基土体加固措施时,加固体与地铁结构的水平及竖向净距均不宜小于1m;
- 2) 单体基坑施工对地铁结构影响较大,必要时可在基坑内设置临时压重措施;
- 3) 基坑沿地铁结构纵向分区长度不宜超过100m;
- 4) 地铁结构上方地下结构宜增加抗浮措施。

7.2.4 基坑土方开挖应充分利用时空效应规律,遵循“分层、分块、限时”的原则。重型机械设备、土方运输车辆的行进路线应避开地铁结构正上方区域,地面荷载应满足设计要求。

7.2.5 基坑工程的围护结构及支撑体系应保证与地铁结构的安全距离,当外部作业影响等级为特级、一级或有特殊要求时,应采用整体刚度较大的支护结构体系,并匹配相应的施工辅助措施以降低施工不利影响。

7.2.6 支撑体系应根据基坑安全等级、规模、平面形状及地铁保护要求综合确定。

7.2.7 基坑开挖影响深度内的地下水控制应符合本规程第7.8节的相关规定。

7.2.8 基坑开挖至基底设计高程时,应及时施作垫层和结构底板,严禁基坑长时间暴露,邻近地铁结构侧的底板混凝土宜延伸至围护结构边。基坑内的局部深坑宜在浅部底板施工完成后进行。

7.3 隧道作业技术要求

- 7.3.1 新建隧道上穿、下穿或侧穿地铁结构的设计与施工方案,应综合考虑工程地质与水文地质条件、穿越净距、场地环境等因素选用合理的工法,并应优先选用施工扰动较小的盾构法。
- 7.3.2 新建隧道与地铁结构交叉时,线路宜设计为直线,宜优先从结构上方垂直穿越。
- 7.3.3 新建隧道施工前,应对地铁结构进行变形和受力验算,制定抗隆起、抗沉降专项方案和应急预案。当不满足控制指标时,应采取地层预加固、隧道刚度增强等措施,以降低穿越施工对既有结构的影响。
- 7.3.4 新建隧道穿越施工时不宜进行降水作业,如需降水应进行专项论证。
- 7.3.5 软弱地层中隧道近距离侧穿地铁结构时,宜采取设置隔离桩、地层加固等措施,加固措施应选用扰动较小的施工工法。
- 7.3.6 矿山法隧道应结合功能需求,合理设置断面规模及形式,优化开挖步序,控制开挖引起的地层变形。
- 7.3.7 盾构法隧道施工期间,应合理选择注浆工艺、浆液配比,控制注浆压力、注浆量,并可根据需要适度提高浆液早期强度。进行同步注浆及二次注浆,浆液初凝时间可根据需要合理缩短。
- 7.3.8 盾构法隧道施工,应遵循微扰动掘进的原则。
- 7.3.9 矿山法隧道施工,应遵循“管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测”的施工原则。

7.4 管线作业技术要求

- 7.4.1 新建管线上穿、下穿或侧穿地铁结构的设计与施工方案,应综合考虑工程地质与水文地质条件、穿越净距、场地环境等因素选用合理的工法。
- 7.4.2 地下管线有条件时宜优先考虑从地铁既有结构上方穿越,从地铁结构下方穿越时应符合管线设计相关规范的相关规定,综合考虑其防火、防爆的安全保护要求,并应避开地铁结构的变形缝、结构开洞等薄弱位置。
- 7.4.3 地铁安全保护区的管道工程,应采用耐久性高、整体性强的材质和可靠的连接形式。
- 7.4.4 新建管线为有水、有压管线时,需加强防护,防止结构渗漏对地铁结构造成不利影响。当新建管线采用钢管、铸铁等导电材料时,还应采取主动防护措施,防止杂散电流对新建管道的腐蚀。
- 7.4.5 地下管线采用拖拉管施工工艺时,应严格控制导向钻孔轴线;施工结束后,产品管与回扩孔之间空隙应注浆充填饱满。
- 7.4.6 雨(污)水管、自来水管、燃气管等管线临近地铁结构时,应采取相应的防渗、防爆、防电气腐蚀措施。
- 7.4.7 与地铁结构邻近的市政燃气管道新建、改线、维修等作业前,应将相关作业方案报地铁建设单位、运营单位备案,以提前做好应急预案的措施准备。

7.5 基础工程作业技术要求

- 7.5.1 浅基础作业在地铁结构上产生的附加荷载与其他附加荷载叠加不宜超过 20kPa。
- 7.5.2 地基处理作业应采用对环境影响小、施工质量好的施工工艺,不宜采用预压、强夯、挤、振、冲等对环境影响较大的施工工艺,并应预先在地铁结构安全影响范围外进行试验施工,确定施工工艺和参数。
- 7.5.3 桩基作业应综合考虑下列因素对地铁结构的不利影响:
- 1) 桩基的成孔质量;
 - 2) 不同桩型及沉桩工艺的振动效应、挤土效应;
 - 3) 上部结构通过桩基传递至土层中的附加应力;
- 7.5.4 对距离地铁区间隧道 D (D 为隧道外径或宽度) 范围内的非嵌岩桩,其桩底深度宜超过隧道底部 0.5D。

7.5.5 桩基作业应优先选用施工影响小的桩型和非挤土桩，可采用全长钢套筒等措施减小桩基施工对地铁结构的影响。

7.5.6 桩基施工应合理安排桩基施工顺序，宜按照先近后远，循序渐进的原则，间隔施工，不宜大范围同步施工，减小施工对地铁结构影响。

7.6 接口改造技术要求

7.6.1 接口改造作业前应查明场地环境、地铁既有结构的设计及施工资料、结构使用情况及安全状态等，根据改造要求和目标，制定专项作业方案。

7.6.2 地铁既有结构的破除、改造和新建结构的基坑支护、降水等实施方案应尽量减少对既有结构的影响，避免造成结构构件损伤；当地铁既有结构构件产生损伤时，应及时采取有效的加固措施，治理后构件应满足后续使用年限的要求。

7.6.3 地铁既有结构的接口改造设计与施工，应具备以下资料：

1) 场地岩土工程勘察资料、既有结构及机电设备的设计图纸、地铁既有结构施工记录及竣工图等资料，并应通过现场调查、测绘、物探或检测等手段进行补充；

2) 地铁既有结构使用现状的监测或鉴定资料，包括变形观测、裂缝、倾斜观测等数据。

7.6.4 接口改造的基坑工程，应采取措施控制单边卸载对既有结构的影响。

7.6.5 地铁既有结构接口破除前，应对车站内现有设备、设施进行检查确认，拆除施工不得影响现有设备、设施的正常运行。

7.6.6 地铁既有结构接口应采用静力切割的方式进行破除。对未预留接口的改造工程应采取临时支撑、分块拆除的方式进行破除。

7.6.7 新建结构与地铁既有结构连接面应采用人工凿毛处理，凿毛后应清理干净，连接面宜涂刷界面剂，提高粘结强度。

7.6.8 当地铁既有结构没有预留连接接口时，可采用植筋或凿出钢筋连接。采用植筋时，植筋深度应满足设计要求；采用钢筋焊接时，焊接长度应符合规范要求。

7.6.9 接口改造作业应满足以下要求：

1) 细化施工组织设计，尽量缩短工期，减小对地铁正常运营的影响；

2) 采取临时防雨、防淹措施，确保雨水不倒灌向地铁既有结构接口处，并做好施工期间运营车站内乘客的疏导及防护工作；

3) 采取有效措施控制施工现场的各种粉尘、废气、废弃物、噪声、振动等对周围环境造成的污染和危害。

7.6.10 新建结构未完成之前，不得破除地铁既有结构与其连通。

7.7 地铁既有车站上方硬化铺设及绿化作业技术要求

7.7.1 地铁既有车站上方硬化铺设及绿化种植进行整修时，施工期间开挖深度宜小于 1.0m，减小施工对车站的影响。

7.7.2 当车站顶板覆土 $<1.0\text{m}$ 时，不宜进行各种开挖作业；当车站顶板覆土 $<3.0\text{m}$ 时，可进行硬化铺设及草坪种植作业，不宜种植大型树木；当车站顶板覆土 $\geq 3.0\text{m}$ 时，可进行硬化铺设及各种绿化种植作业。地铁车站上方开挖底部与车站顶板及上翻梁距离应大于 1.0m。

7.7.3 车站结构上方土体应分区分段开挖，应保证施工期间车站抗浮要求，防止车站产生上浮变形。

7.7.4 车站结构上方及两侧一定范围不应增加新的建（构）筑物，不应增加永久覆土。

7.7.5 地铁车站设计时地面超载按照 20kPa 考虑，车站上方及两侧一定范围不宜堆放施工材料及开挖产生土体，施工机具设备荷载不应大于 20kPa。

7.7.6 车站结构上方回填土应分层夯实，施工过程中应避免结构不均匀受力，回填土体满足相关要求。

7.7.7 大型树木不宜种植在车站顶板上方，若在车站顶板上方种植其他乔木及灌木时，应设置阻根层防止植被根系生长穿透防水层。

7.7.8 对于风井等出地面结构墙外侧，为避免施工时破坏车站结构的安全，结构外墙外侧 3.0m 范围内不宜进行种植穴施工。

7.7.9 临近出地面结构施工应严格控制精度，防止破坏结构及外包防水。

7.7.10 施工前应对地铁供水、供电等外接线及设备进行调查，避免施工期间造成破坏。

7.8 地下水作业技术要求

7.8.1 地铁安全保护区内的地下水作业，应采取措施避免地铁结构周边地层发生流砂、管涌等渗流破坏。

7.8.2 地下水作业前应预测水位变化对地铁结构的变形和沉降影响。

7.8.3 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。

7.8.4 地下水作业过程应控制地铁结构周边地层的水位变化幅度。

7.8.5 地铁安全保护区内的地下水作业，应监测地铁结构周边地层的水位变化。

7.8.6 在地铁既有结构安全保护区内进行降水施工，且降水深度大于地铁既有结构底板埋深时，应评估地下水作业对地铁结构的安全影响。

7.8.7 地铁结构外部的地下水作业，应监测地下水位变化诱发地铁结构发生过的沉降量、差异沉降、水平位移。

7.8.8 当地铁结构位于欠固结地层时，地下水作业不应大面积降水。

7.8.9 当地铁结构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。

7.8.10 当外部作业影响地铁结构周围的水位变化时，应验算作用于地铁结构上的水土压力，并应验算地下结构的安全。

7.8.11 降水井使用后，应采用黏土或素混凝土进行回填封堵处理。

7.9 爆破作业技术要求

7.9.1 爆破作业的爆破工程分级、爆破振动安全允许距离应符合《爆破安全规程》GB 6722 的规定，并考虑地铁既有结构的特点从严控制。

7.9.2 地铁安全保护区内的爆破作业，应进行爆破安全评估和爆破设计审查。

7.9.3 爆破作业实施前应制定技术方案、安全措施、安全应急预案和安全监控方案。水下爆破作业方案应通过爆破测试和专家论证后确定。

7.9.4 爆破作业前应进行试爆作业和爆破振动监测，并应根据试爆效果及监测信息优化爆破设计和参数。

7.9.5 对采取优化爆破措施后，爆破有害效应仍不能满足地铁既有结构的安全允许振速时，应采用静态破碎法或其他减振作业方法。

7.9.6 地铁安全保护区内爆破作业时，不得进行硃室爆破、深孔爆破等药量较大的爆破作业。

7.9.7 爆破作业应做好包括爆破参数、效果及有害效应等内容的作业记录。

7.9.8 爆破作业宜在地铁运营停运期进行，爆破作业前应采取安全保护措施，设立安全保护区，并进行安全警戒工作。

7.9.9 地铁既有结构的爆破安全监控应包括：

- 1) 对地铁既有结构的爆破振动监测和结构薄弱部位的应变监测。
- 2) 对地铁既有结构的摄像、摄影和对既有裂缝、新生裂缝的观测记录。

7.10 道路工程加（卸）载作业技术要求

- 7.10.1 应考虑道路施工过程加（卸）载和施工荷载等引起的地铁既有结构附加应力及变形。
- 7.10.2 应考虑道路长期使用期间（车辆动荷载）的地基变形引起的地铁既有结构附加应力及变形。
- 7.10.3 应考虑路基地基加固对地铁既有结构的不利影响。
- 7.10.4 如道路规划确实无法避免在地铁既有结构上方加载作业时，可采取轻质土换填或结构托换等措施。

7.11 勘探作业技术要求

- 7.11.1 地铁保护区内的钻探施工作业，钻探孔位不应偏移，钻探孔孔位应现场实地放样并经第三方复核。
- 7.11.2 地铁保护区内的钻探孔施工作业，钻探完毕后，应采用黏土或素混凝土进行回填封堵处理。

7.12 河道工程技术要求

- 7.12.1 地铁建设过程中，地铁安全保护区内的河道宜按照规划在主体结构工程实施前施工完成，减少建设后再施工对地铁结构的影响。
- 7.12.2 河道结构设计时应充分考虑结构的安全性和耐久性，合理使用年限不宜低于对应轨道交通的剩余使用年限，以减少后期养护和维修工作量。
- 7.12.3 地铁结构上方河道清淤厚度应保证地铁结构上方覆土不小于设计厚度，且清淤厚度不宜大于1m；清淤方式应选择水下清淤，清淤时不得降低河道水位。清淤工程如不能满足以上要求，应进行专项论证。
- 7.12.4 地铁安全保护区范围内河道流速不应超过不冲流速，超过不冲流速应采取相应的防护措施。
- 7.12.5 地铁安全保护区内的新开及改扩建河道工程应进行专项论证，分析项目实施后对地铁结构的影响，以及施工过程中导流、围堰、施工降水、基坑和堆载等临时工程对地铁结构的影响。
- 7.12.6 地铁安全保护区内不宜新建水闸、泵站、船闸、码头等控制性构筑物，如无法避免，建设方案应进行专项论证。
- 7.12.7 地铁安全保护区内实施河道填埋等作业应进行专项论证，分析项目实施后对地铁结构的影响。
- 7.12.8 地铁安全保护区内水下管涵施工等作业前应验算其增加荷载量，设施运行增加荷载不应大于5kPa。
- 7.12.9 地铁安全保护区内禁止船只的抛锚、拖锚等作业，应在禁止范围两侧设立警示标志标牌。

7.13 其他作业技术要求

- 7.13.1 外部作业采用强夯、挤土或半挤土桩时，应合理安排成桩施工顺序及措施，减少挤土效应。
- 7.13.2 在地铁安全保护区内的冻结法作业，应采取措施降低地层冻胀、融沉对地铁结构产生的不利影响。
- 7.13.3 在地铁安全保护区内施工的管道、箱涵，应采用耐久性高、整体性强的材质和可靠的连接形式。
- 7.13.4 塔吊等外部高空作业吊重时严禁经过地铁轨行区、地面结构和高架结构的正上方，并应保持安全距离。
- 7.13.5 河道清淤作业，应保证地铁结构抗浮及防水等要求，并应保持安全距离。
- 7.13.6 荷载超过城-A级别特种车辆，应与地铁结构保持安全距离。
- 7.13.7 对地铁结构周边土体采取注浆加固措施时，宜采用微扰动注浆工艺，严格控制注浆管与地铁结构距离；进行注浆实验，根据实验情况，合理调整注浆压力，优化浆液配比。应合理提高浆液的早期强度，保证加固的综合效果，并进行取芯验证。

7.13.8 地铁安全保护区内的结构拆除应采用冲击、振动较小的作业方案。拆除过程中应采取措施确保地铁结构及人员安全。

7.14 实施要求

7.14.1 地铁建设单位、运营单位可对外部作业的设计技术方案提出要求，可对外部作业的实施过程进行监督检查。

7.14.2 外部作业建设单位应组织落实地铁结构的保护方案，并对外部作业实施过程进行监督检查，制止施工单位危及地铁结构安全的违规行为。当出现危及地铁结构安全的情况时，负责组织外部作业参建单位应启动应急预案。

7.14.3 外部作业设计单位应提供满足地铁结构安全保护要求的设计文件，明确相关保护控制指标、技术措施和地铁结构监测要求。

7.14.4 外部作业评估单位应在外部作业的设计、实施全过程提供真实可靠、满足要求的评估成果。

7.14.5 外部作业监测单位应编制并实施地铁结构监测方案，提供监测数据和分析报告，并保证其可靠性和及时性。

7.14.6 外部作业施工单位应编制并实施地铁结构保护方案及其应急预案。保护方案及其应急预案应结合实际工程特点，提出针对性的措施，并明确与地铁的对接程序、应急联动机制。

7.14.7 外部作业监理单位应制定地铁结构保护监理细则，并按照细则监督施工单位落实地铁结构保护方案。

8 监测

8.1 一般规定

8.1.1 位于地铁既有结构安全保护区内，当外部作业影响等级为特级、一级、二级时，应对受其影响的地铁结构进行监测。根据监测数据，结合结构安全控制指标，应对外部作业实行过程监控。

8.1.2 地铁结构的监测工作，不得影响地铁的正常运营。

8.1.3 地铁结构的监测方法，应采用仪器监测与巡查检查相结合的方法。

8.1.4 地铁结构的监测方案，应依据结构受外部作业的影响特征、结构安全保护要求及外部作业实施前所开展的安全评估成果编制。

8.1.5 监测方案中的监测布点和监测频率，应根据外部作业影响等级及安全评估确定，应能系统反映监测对象所测项目的重要变化时刻及其变化过程。

8.1.6 监测作业应符合国家现行标准《城市轨道交通工程测量规范》GB/T 50308、《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911 和《建筑变形测量规范》JGJ8。

8.1.7 地铁结构监测新技术、新方法应用前，应与传统方法进行验证，监测精度应符合相关规范及标准的要求。

8.1.8 监测单位应由外部作业各参建主体之外的第三方专业单位承担。

8.2 技术要求

8.2.1 地铁结构的监测应按照以下流程开展工作：

- 1) 收集资料、现场踏勘；
- 2) 编制和执行监测方案；
- 3) 监测信息收集、处理和分析；
- 4) 信息反馈及成果提交。

8.2.2 开展地铁结构监测工作前应进行现场巡查，应重点巡查既有结构的渗漏水、开裂、剥离、掉块、错台等。

8.2.3 地铁结构的监测项目应及时反映外部作业对地铁结构安全影响的重要变化，地铁结构监测项目根据表 9 进行选择，外部作业自身监测项目应满足外部作业相关规范的要求。

表9 监测项目

序号	监测项目	外部作业影响等级		
		特级	一级	二级
1	竖向位移	应测	应测	应测
2	水平位移	应测	应测	应测
3	相对收敛	应测	宜测	宜测
4	变形缝张开量、裂缝	应测	应测	宜测
5	道床与轨道变位	应测	应测	宜测

8.2.4 地铁结构监测方式应根据监测对象的现场情况选取，已运营线路车站、区间轨行区应采用自动化监测的方式。未运营车站、区间宜采用自动化监测的方式。

8.2.5 地铁结构监测点的布设要求：1) 监测点应埋设在地铁结构上，且位于监测对象变形和内力的关键特征点，同时结合既有结构稳定性监测点埋设；2) 埋设点位不能影响地铁的正常运营及维护，测点应埋设稳固且便于观测，并采取有效的保护措施，测点标识应清晰、美观；3) 监测点的布置要求应符合表 9 的规定；4) 地下结构曲线段应加密布置监测断面。

表10 监测点布置要求

序号	监测项目	监测点布置位置	监测断面布置间距（m）
1	竖向位移	地下结构道床、拱顶、侧墙；地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩	3～10
2	水平位移	地下结构道床、拱顶、侧墙；地面及高架结构底层柱、桥面、桥墩	3～10
3	相对收敛	地下结构每监测断面不少于两条测线	3～10
4	变形缝、裂缝	结构裂缝位置、结构变形缝两侧	缝的两侧均匀布置
5	道床与轨道变位	道床的纵、横断面上，两条轨道上	3～20
注 1： 桥墩监测应根据桥墩的具体位置，每个墩位顶底位置不少于 2 个监测点。			
注 2： 监测点和监测断面的布置，应根据外部作业影响等级和地铁结构的特征综合确定。			

8.2.6 变形监测网基准点、工作基点的布设，应符合现行国家标准《工程测量标准》GB50026 及《城市轨道交通工程监测技术规范》GB50911 的相应规定。

8.2.7 位于地铁既有结构安全保护区范围内，当外部作业影响等级为特级、一级、二级时，对地铁结构的监测范围不应小于外部作业一般影响区在地铁结构的投影长度两侧各增加 H、D 或 W。（H、D、W 同附录 A 表 A.1）

8.2.8 地铁结构变形监测频率，应根据外部作业影响等级、外部作业施工方法和进度、地铁结构评估结果、监测项目、地质条件等情况和特点，并结合当地类似项目工程经验确定。

8.2.9 监测项目的初始值应在外部作业实施前一周测定，应至少连续测取 3 次稳定值，取其平均值作为初始值。

8.2.10 地铁结构的监测预警等级，应根据结构监测值的大小和变化趋势，以及其相应的结构安全控制指标值进行划分，监测预警等级划分及应对管理措施应符合表 11 的规定。

表11 监测预警等级划分及应对管理措施

监测预警等级	监测比值 G	应对管理措施
A	$G < 0.6$	可正常进行外部作业
B	$0.6 \leq G < 0.8$	监测报警，并采取加密监测点或提高监测频率等措施加强对地铁结构的监测
C	$0.8 \leq G < 1.0$	应暂停外部作业，进行施工过程安全评估工作，各方共同制定相应安全保护措施，并经组织审查后，开展后续工作。
D	$1.0 \leq G$	启动安全应急预案

注 1： 监测比值 $G = \text{监测项目实测值} / \text{结构安全控制指标值}$ 。

注 2： 监测预警等级的划分，尚应充分考虑地铁结构监测数据的变化速率。

注 3： 监测同一测点连续两天变形增量均达到 1mm/天时，根据具体情况，监测预警应视作 B 级或 C 级。

注 4： 监测数据接近预警值，应提高监测频率。

8.3 实施要求

8.3.1 地铁结构的监测周期，应贯穿于外部作业的全过程，从测定监测项目初始值开始，直至外部作业完成且监测数据趋于稳定后结束。如监测数据保持稳定一个月，并且地铁结构未因外部作业出现病害的发展或增加，向地铁建设单位、运营单位提交监测总结报告后，方可停止监测。

8.3.2 当发现地铁结构有异常情况或外部作业有危险事故征兆时，应进行 24 小时不间断监测。

9 运营设施保护及运营应急管理

9.1 一般规定

9.1.1 外部作业施工改变地铁安全保护区环境，对地铁运营设施及运营安全造成影响，施工作业前应根据不同的工况进行运营安全风险识别与评价，并在地铁保护专项设计及施工方案中编制运营设施保护及运营应急管理内容。

9.1.2 需编制运营设施保护及运营应急管理内容的外部作业项目包括：

- 1) 接口改造工程；
- 2) 临近地铁车站结构及设备设施影响等级为特级、一级的外部作业；
- 3) 临近区间风道结构及设备设施影响等级为特级、一级的外部作业；
- 4) 临近变电所及外电源线路自维部分供电设施影响等级为特级、一级的外部作业；
- 5) 在轨行区实施监测的外部作业；
- 6) 影响地铁既有结构安全的其他影响等级为特级、一级的外部作业。

9.1.3 通过评审的包含运营设施保护及运营应急管理内容的地铁保护专项设计及施工方案应报地铁运营分公司备案。

9.2 技术要求

9.2.1 地铁车站接口改造外部作业，应考虑施工期间车站的结构变形、噪声、渗漏水、防汛、消防等可能对客运组织带来的影响。

- 9.2.2 临近地铁车站站外电梯、出入口罩棚、风亭、冷水机组、给排水管线、水泵接合器井、消防水井等的外部作业，应考虑对地铁车站设备设施的损坏及乘客进出站等的影响。
- 9.2.3 临近变电所及外电源线路自维部分供电设施的外部作业，应考虑对运营变电自维线路等的影响。
- 9.2.4 影响地铁既有结构安全的外部作业，应考虑地铁既有结构、轨道变形可能引起的结构坍塌、行车事故等。
- 9.2.5 外部作业施工期间可能对运营行车安全、客运组织带来影响的，应编制有针对性的专项安全保障措施。内容包括但不限于限速、越站、停运、影响乘客进出站等可能危及运营安全的因素。
- 9.2.6 外部作业施工期间可能对运营行车、客运组织造成影响的，应编制有针对性的专项应急预案。
- 9.2.7 第三方监测单位需在施工开始前 1 个月，向运营分公司办理监测点位布设施工作业令，并对临近施工区段的地铁既有结构和设施现状调查分析，并提出保护措施。

附录 A
(规范性)
接近程度和外部作业的工程影响分区

A.1 外部作业与地铁结构的接近程度

接近程度应根据地铁结构施工方法及其与外部作业的空间关系确定。

1) 地下结构接近程度的判定按表A.1和图A.1~图A.3确定。

表 A.1 地下结构接近程度的判定

地铁结构类型	相对净距	接近程度
明挖、盖挖法	$L \leq 0.5H$	非常接近 (I)
	$0.5H < L \leq 1.0H$	接近 (II)
	$1.0H < L \leq 2.0H$	较接近 (III)
	$L > 2.0H$	不接近 (IV)
矿山法	$L \leq 1.0W$	非常接近 (I)
	$1.0W < L \leq 1.5W$	接近 (II)
	$1.5W < L \leq 2.5W$	较接近 (III)
	$L > 2.5W$	不接近 (IV)
盾构法、顶管法	$L \leq 1.0D$	非常接近 (I)
	$1.0D < L \leq 2.0D$	接近 (II)
	$2.0D < L \leq 3.0D$	较接近 (III)
	$L > 3.0D$	不接近 (IV)

注 1: L 为地铁结构与外部作业的最小相对净距; H 为明挖、盖挖法结构底板的深度; W 为矿山法的隧道毛洞跨度; D 为盾构法的隧道外径, 圆形顶管的外径或矩形顶管隧道的长边宽度。

注 2: 相对净距指外部作业的结构外边线与地铁结构外边线的最小净距离。基坑外部作业水平相对净距指外部作业的基坑围护桩、地下连续墙或放坡边线与地铁结构外边线最小距离。

注 3: 地铁非轨行区结构及尚未运营的在建结构可按相关经验进行适当调整。

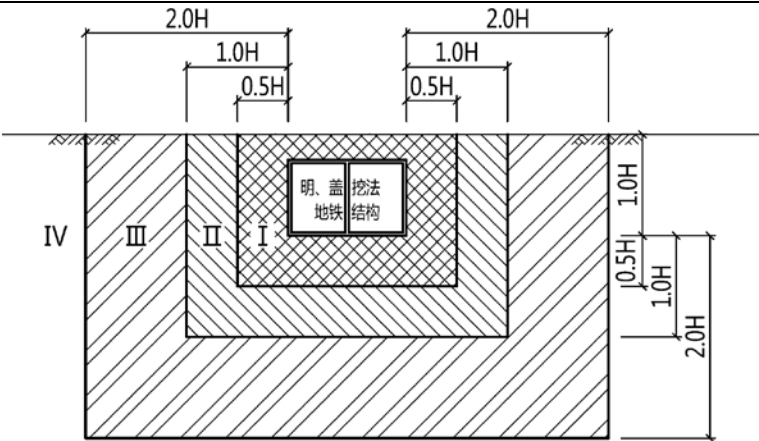


图 A.1 明、盖挖法地铁结构的接近程度判定

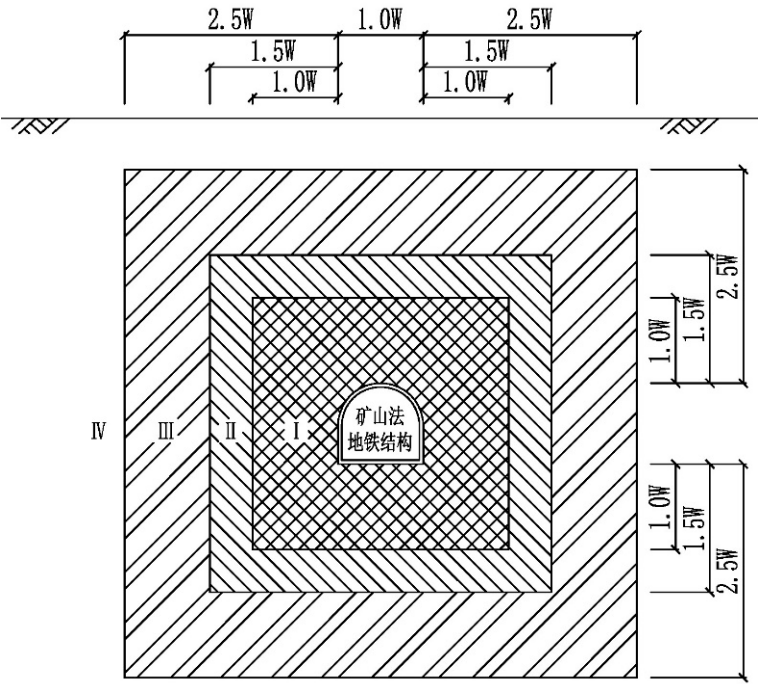


图 A. 2 矿山法地铁结构的接近程度判定

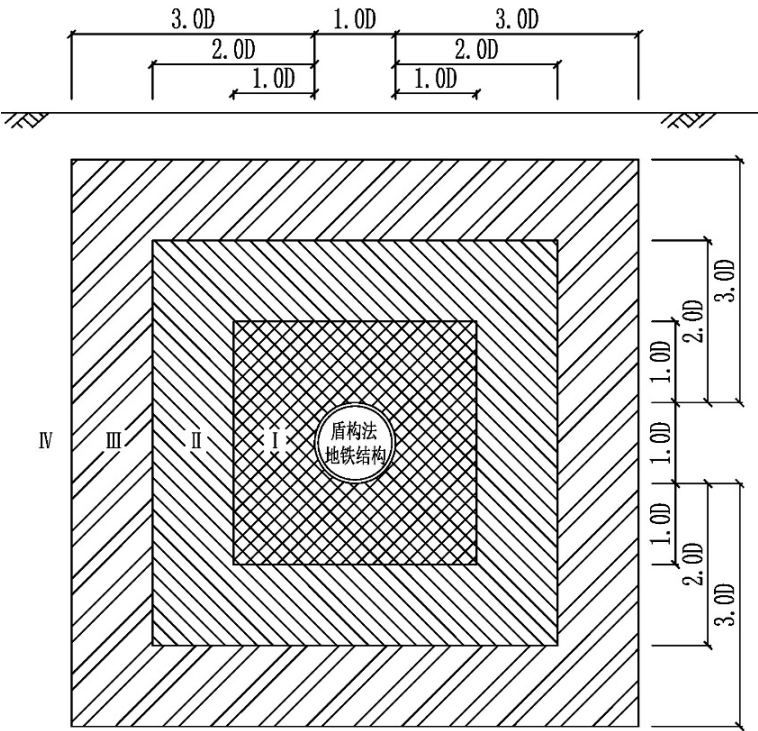


图 A. 3 盾构法或顶管法地铁结构的接近程度判定

2) 高架结构接近程度的判定按表A. 2和图A. 4确定。

表 A. 2 高架结构接近程度的判定

地铁结构类型	相对净距	接近程度
高架区间结构 (桥梁桩基)	$L \leq \max(3.0P, 1.0B_c)$	非常接近 (I)
	$\max(3.0P, 1.0B_c) < L \leq \max(10.0P, 2.0B_c)$	接近 (II)
	$\max(10.0P, 2.0B_c) < L \leq \max(20.0P, 4.0B_c)$	较接近 (III)
	$L > \max(20.0P, 4.0B_c)$	不接近 (IV)
注 1: L 为地铁结构与外部作业的最小相对净距; P 为高架桥梁桩基 (单桩) 结构的桩径。B _c 为基础宽度, 基础宽度小于 10m 时, 取 10m。		

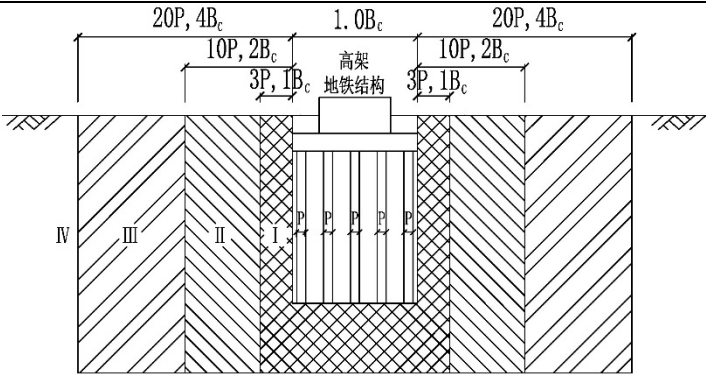


图 A. 4 高架地铁结构 (桥梁桩基) 的接近程度判定

3) 浅基础建筑结构接近程度的判定按表A. 3和图A. 5确定。

表 A. 3 浅基础建筑结构接近程度的判定

地铁结构类型	相对净距	接近程度
浅基础建筑结构	$L \leq 1.0K$	非常接近 (I)
	$1.0K < L \leq 2.0K$	接近 (II)
	$2.0L < L \leq 4.0K$	较接近 (III)
	$L > 4.0K$	不接近 (IV)
注 1: L 为地铁结构与外部作业的最小相对净距; K 为浅基础建筑结构的边跨跨度与基础埋深中较大值。		

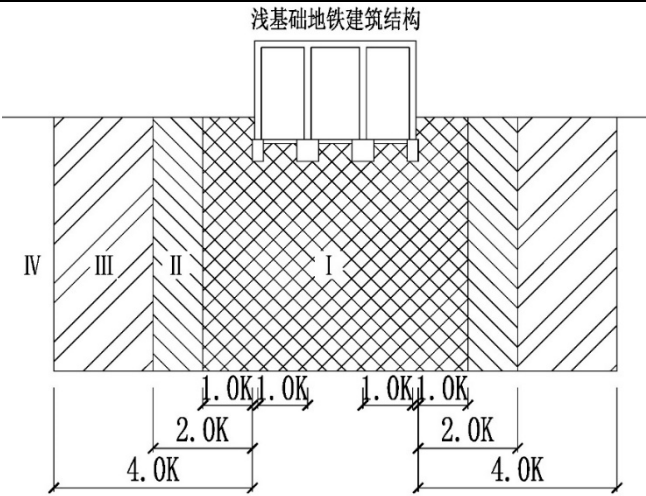


图 A. 5 浅基础建筑结构的接近程度判定

4) 地面路基结构接近程度的判定按表A. 4和图A. 6确定。

表 A. 4 地面路基结构接近程度的判定

地铁结构类型	相对净距	接近程度
地面路基	$L \leq 0.5B$	非常接近（Ⅰ）
	$0.5B < L \leq 1.0B$	接近（Ⅱ）
	$1.0B < L \leq 2.0B$	较接近（Ⅲ）
	$L > 2.0B$	不接近（Ⅳ）

注 1： L 为地铁结构与外部作业的最小相对净距； B 为地面路基的宽度及高度中较大值。

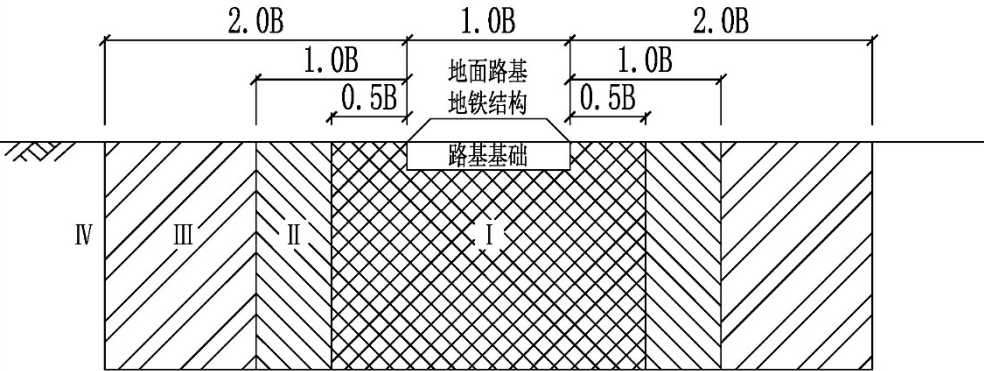


图 A. 6 地面路基地铁结构的接近程度判定

A. 2 外部作业的工程影响分区

外部作业的工程影响分区宜根据外部作业的施工方法确定。矿山法和盾构法外部作业深埋、浅埋划分按照《铁路隧道设计规范》TB10003执行。

1) 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区宜按表A. 5和图A. 7确定。

表 A. 5 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区（A）	结构正上方及外侧 $0.7h_1$ 范围内
显著影响区（B）	结构外侧 $0.7h_1 \sim 1.0h_1$ 范围
一般影响区（C）	结构外侧 $1.0h_1 \sim 2.0h_1$ 范围
较小影响区（D）	结构外侧 $2.0h_1$ 范围以外

注 1： h_1 为明挖、盖挖法外部作业结构底板的深度；
注 2： 作业边界为基坑围护桩、地下连续墙或放坡边线。当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，应严格控制锚杆、锚索、土钉与地铁结构净距。

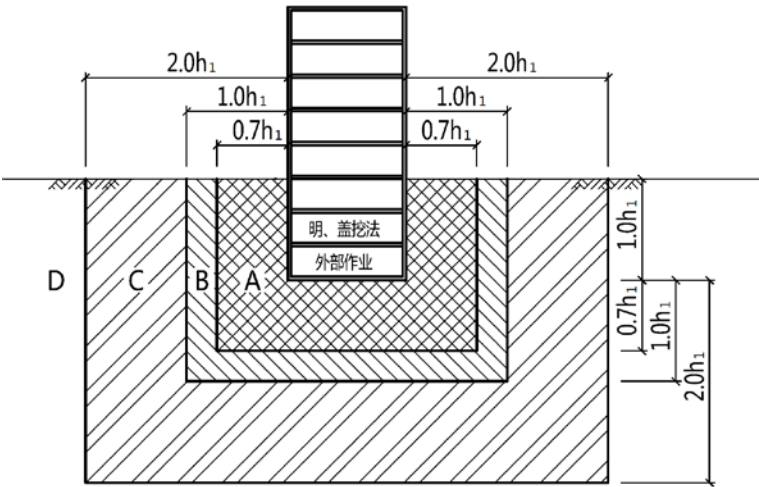


图 A.7 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区

2) 浅埋矿山法和盾构法外部作业工程影响分区宜按表A. 6和图A. 8~图A. 9确定。

表 A. 6 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区 (A)	隧道正上方及外侧 $0.7h_2$ 范围内
显著影响区 (B)	隧道外侧 $0.7h_2 \sim 1.0h_2$ 范围
一般影响区 (C)	隧道外侧 $1.0h_2 \sim 2.0h_2$ 范围
较小影响区 (D)	隧道外侧 $2.0h_2$ 范围以外

注 1: h_2 为矿山法和盾构法外部作业的隧道底板深度。

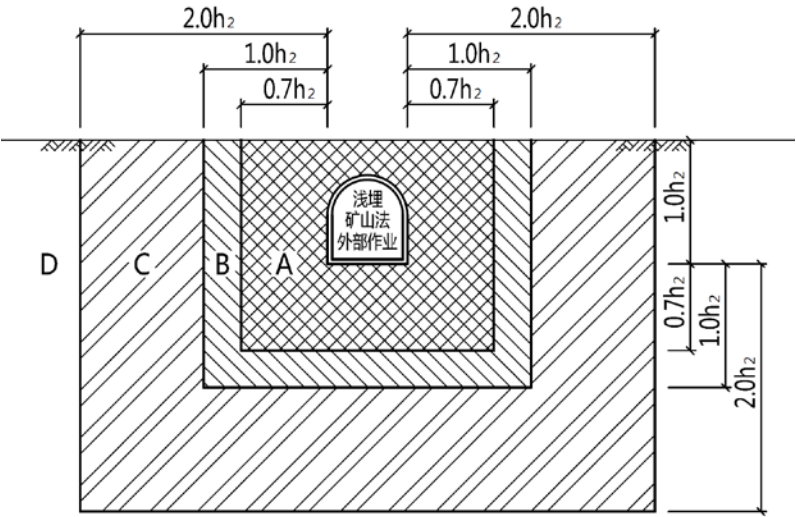


图 A.8 浅埋矿山法外部作业的工程影响分区

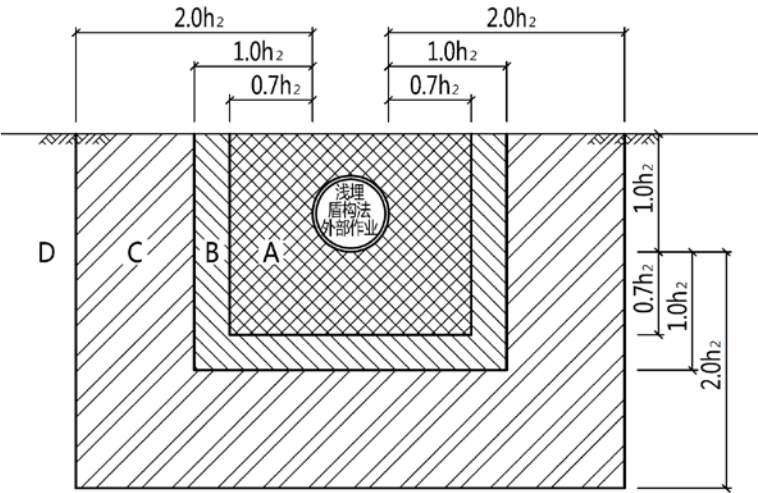


图 A.9 浅埋盾构法外部作业的工程影响分区

3) 深埋矿山法和盾构法外部作业工程影响分区按表A.7和图A.10～图A.11确定。

表 A.7 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区 (A)	隧道外围 1.0b 范围内
显著影响区 (B)	隧道外围 1.0b～2.0b 范围
一般影响区 (C)	隧道外围 2.0b～3.0b 范围
较小影响区 (D)	隧道外围 3.0b 范围以外

注 1: b 为矿山法和盾构法隧道的毛洞跨度。

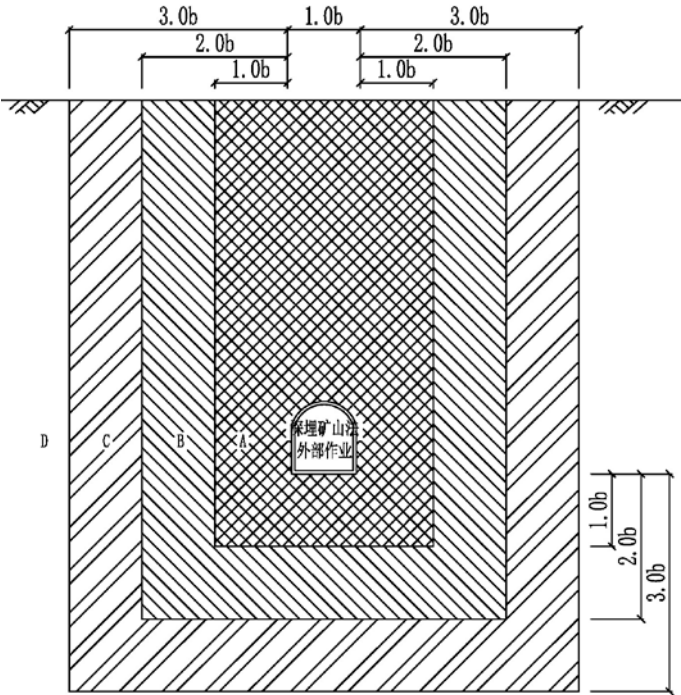


图 A.10 深埋矿山法外部作业的工程影响分区

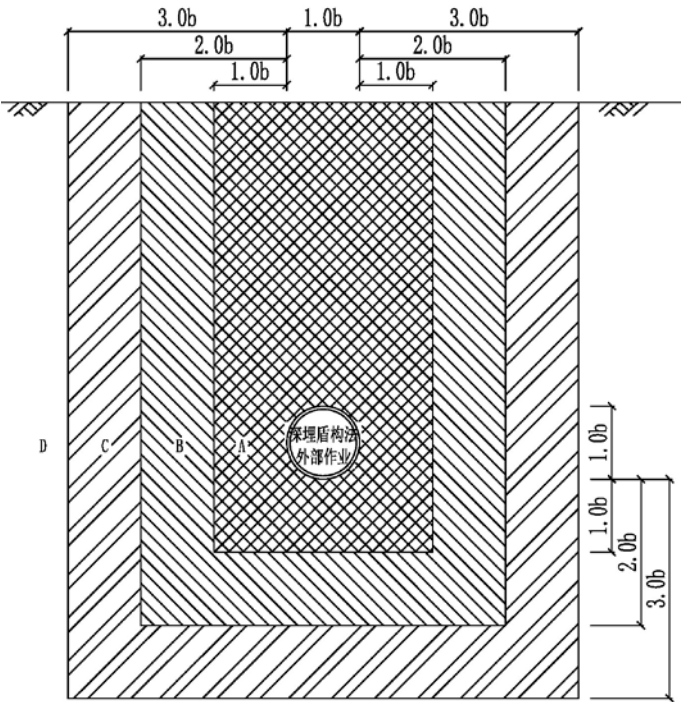


图 A.11 深埋盾构法外部作业的工程影响分区

4) 浅基础外部作业的工程影响分区宜按表A. 8和图A. 12确定。

表 A. 8 浅基础外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区 (A)	基础底部 $0.5B_f$ 范围内和外侧 $0.25B_f$ 范围内
显著影响区 (B)	基础底部 $0.5B_f \sim 1.0B_f$ 和外侧 $0.25B_f \sim 0.5B_f$ 范围内
一般影响区 (C)	基础底部 $1.0B_f \sim 2.0B_f$ 和外侧 $0.5B_f \sim 1.0B_f$ 范围内
较小影响区 (D)	基础底部 $2.0B_f$ 和外侧 $1.0B_f$ 范围外

注 1: B_f 为基础宽度。

注 2: 浅基础外部作业在地铁结构产生附加荷载小于 20kPa 时按照本表判定, 大于 20kPa 时均为强烈影响区 (A)。

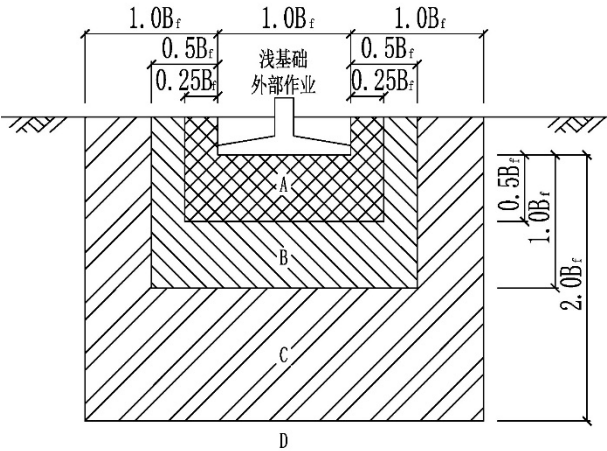


图 A.12 浅基础外部作业的工程影响分区

5) 桩基础外部作业的工程影响分区宜按表A. 9和图A. 13确定。

表 A. 9 桩基础外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区 (A)	基础底部 $0.5B_p$ (3Φ) 和外侧 3Φ 范围内
显著影响区 (B)	基础底部 $0.5B_p\sim 1B_p$ ($3\Phi\sim 10\Phi$) 和两侧 $3\Phi\sim 10\Phi$ 范围内
一般影响区 (C)	基础底部 $1B_p\sim 2B_p$ ($10\Phi\sim 20\Phi$) 和两侧 $10\Phi\sim 20\Phi$ 范围内
较小影响区 (D)	基础底部 $2B_p$ (20Φ) 和两侧 20Φ 范围外

注 1: B_p 为承台宽度 (m), 不规则承台取最大外廓宽度; Φ 为桩身直径 (m)。

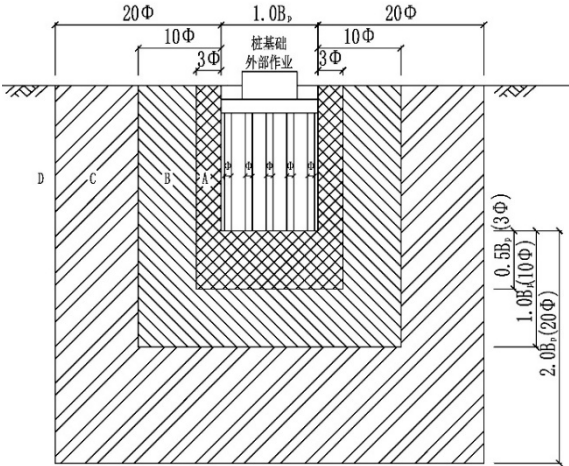


图 A. 13 桩基础外部作业的工程影响分区

6) 加载外部作业的工程影响分区宜按表A. 10和图A. 14确定。

表 A. 10 加载外部作业的工程影响分区

工程影响分区	区域范围
强烈影响区 (A)	加载底部 $0.5W$ 和外侧 $0.25W$ 范围内
显著影响区 (B)	加载底部 $0.5W\sim 1.0W$ 和外侧 $0.25W\sim 0.5W$ 范围内
一般影响区 (C)	加载底部 $1.0W\sim 2.0W$ 和外侧 $0.5W\sim 1.0W$ 范围内
较小影响区 (D)	加载底部 $2.0W$ 和外侧 $1.0W$ 范围外

注 1: W 为地面加载宽度 (m)

注 2: 加载外部作业在地铁结构产生附加荷载小于 20kPa 时按照本表判定, 大于 20kPa 时均为强烈影响区 (A)。

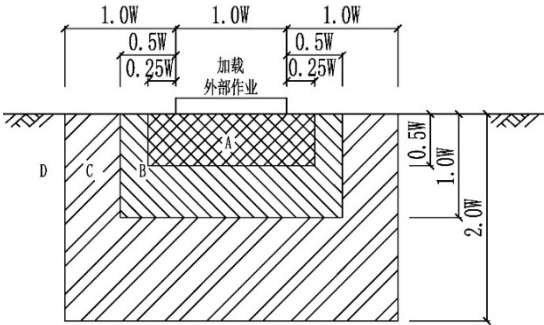


图 A. 14 加载外部作业的工程影响分区