

广东省标准



DBJ/T 15-213-2021

备案号 J 15641-2021

---

# 城市桥梁隧道结构安全保护技术规范

Technical code for protection structures of urban bridge and tunnel

(预览版)

2021-2-28 发布

2021-5-1 实施

---

广东省住房和城乡建设厅 发布

广东省标准

# 城市桥梁隧道结构安全保护技术规范

Technical code for protection structures of urban bridge and tunnel

DBJ/T 15-213-2021

住房和城乡建设部备案号：J 15641-2021

批准部门：广东省住房和城乡建设厅

实施日期：2021 年 5 月 1 日

# 广东省住房和城乡建设厅关于发布广东省标准《城市桥梁隧道结构安全保护技术规范》的公告

粤建公告〔2021〕16号

经组织专家委员会审查，现批准《城市桥梁隧道结构安全保护技术规范》为广东省地方标准，编号为DBJ/T15-213-2021。本标准自2021年5月1日起实施。

本标准由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释，并在广东省住房和城乡建设厅门户网站（<http://zfcxjst.gd.gov.cn>）公开。

广东省住房和城乡建设厅  
2021年2月28日

## 前 言

根据《广东省住房和城乡建设厅关于做好 2018 年广东省工程建设标准制修订工作的通知》（粤建科函〔2018〕2954 号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外标准，并在广泛征求意见的基础上，编制本规范。本规范不涉及专利。

本规范主要共分 7 章，主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 基本规定；4 控制保护要求；5 外部作业；6 安全监测；7 信息管理。

本规范由广东省住房和城乡建设厅负责管理，由主编单位负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送广州市城市道路养护管理中心（地址：广州市越秀区东风中路 318 号嘉业大厦 16 层，邮政编码：510030），以供今后修订时参考。

主编单位：广州市城市道路养护管理中心

广州市市维检测有限公司

参编单位：广州市中心区交通建设有限公司

广州市市政集团有限公司

广州市市政工程设计研究院总院有限公司

广州大学

中交（广州）铁道设计研究院有限公司

佛山市新城物业发展有限公司

中交四航工程研究院有限公司

主要起草人员：何永雄 姚洪春 鲍轶洲 刘飞强 罗振华 王 湛 戴永相

魏立新 刘力英 刘爱荣 黄永辉 孙文火 张 蓉 李志华

安关峰 祖冠周 朱 强 李雪英 徐光苗 周红星 陈江林

何锡荣 吕金良 陈 丹

主要审查人员：廖建三 陈 越 翟利华 邢永辉 钟显奇 张新金 郭 昕

# 目 次

1 总 则.....	1
2 术 语.....	2
3 基 本 规 定.....	3
4 控制保护要求.....	5
4.1 一般规定.....	5
4.2 结构调查.....	5
4.3 安全控制.....	6
4.4 安全评估.....	6
5 外部作业.....	7
5.1 一般规定.....	7
5.2 桩基作业.....	7
5.3 基坑（槽）开挖.....	7
5.4 暗挖作业.....	8
5.5 地基处理.....	9
5.6 地下水作业.....	9
5.7 爆破（振动）作业.....	10
5.8 水中疏浚、抛填作业.....	10
5.9 其他作业.....	11
6 安全监测.....	12
6.1 一般规定.....	12
6.2 监测项目.....	12
6.3 监测频率.....	14
6.4 监测预警.....	14
7 信息管理.....	16
附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区.....	17
附录 B 城市桥梁隧道结构安全控制指标值.....	23
本规范用词说明.....	25
引用标准名录.....	26
条文说明.....	27

# Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terms.....	2
3	Basic Requirements.....	3
4	Control and Protection Requirements.....	5
4.1	General Requirements.....	5
4.2	Structural Investigation.....	5
4.3	Safety Control .....	6
4.4	Safety Assessment.....	6
5	External Operation.....	7
5.1	General Requirements.....	7
5.2	Pile Foundation Operation.....	7
5.3	Foundation Pit (Trench) Excavation.....	7
5.4	Underground Operations.....	8
5.5	Foundation Treatment.....	8
5.6	Groundwater Operation.....	9
5.7	Blasting (Vibration) Operation.....	9
5.8	Dredging and Filling in the Water.....	10
5.9	Other Operations.....	11
6	Safety Monitoring.....	12
6.1	General Requirements.....	12
6.2	Monitoring Items.....	12
6.3	Frequency of Monitoring.....	14
6.4	Early Warning of Monitoring .....	14
7	Information Management.....	16
Appendix A	Proximity and External Operation's Influential Partition.....	17
Appendix B	Control Value for Structural Safety of Urban Bridge and Tunnel.....	23
	Explanation of Wording in This Standard.....	25
	List of Quoted Standards.....	26
	Addition: Explanations of the Provisions.....	27

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范外部作业行为，保障城市桥梁隧道结构正常使用，制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于已运营的城市桥梁隧道结构的安全保护，在建项目的安全保护参照执行。

**1.0.3** 对城市桥梁隧道结构的安全保护，除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 外部作业 external operation

在城市桥梁隧道结构周边安全保护区域范围内的作业。

### 2.0.2 安全保护区域 protection region

为保护城市桥梁隧道结构的安全和正常使用，在其结构及周边范围内设置的控制和保护区域。

### 2.0.3 外部作业影响等级 effects grade of external operation

外部作业对城市桥梁隧道结构安全影响程度的分级。

### 2.0.4 结构安全控制指标 control index for structural safety

根据城市桥梁隧道结构的安全保护要求及外部作业对结构的影响特征，规定保护结构安全的控制指标。

### 2.0.5 安全评估 safety assessment

根据外部作业的设计方案、桥梁隧道结构调查情况等，通过建模、计算、分析和测试等方法，评估外部作业对城市桥梁隧道结构安全影响的工作。

### 2.0.6 实时监测 real-time monitoring

对监测对象实施连续测量并即时反馈测量成果。

### 2.0.7 监测预警等级 grade of early warning for monitoring

根据监测值与其相应的结构安全控制指标值的比值，对城市桥梁与隧道结构实行监测预警管理的分级。

### 2.0.8 地下水作业 operation of groundwater

直接或间接诱发城市桥梁隧道周边水位变化或水质变化的外部作业，包括地下水的抽排、引导以及地下工程中的排水、降水、截水或回灌水作业等。

### 3 基本规定

**3.0.1** 在城市桥梁隧道周边进行外部作业时，应制定包含城市桥梁隧道保护内容的外部作业设计和施工方案，对于重大影响外部作业应加强管理，并编制安全保护专项方案，外部作业不得影响城市桥梁隧道的正常使用。

**3.0.2** 城市桥梁隧道沿线应设置安全保护区域，包括以下范围：

- 1 桥梁垂直投影外边线外侧 30m 内；
- 2 隧道结构外边线外侧 50m 内；
- 3 跨江桥梁、过江隧道外边线外侧 100m 内。

**3.0.3** 在城市桥梁隧道周边可能影响城市桥梁隧道安全的外部作业包括：

- 1 桩基作业；
- 2 基坑（槽）开挖作业；
- 3 暗挖作业；
- 4 地基处理；
- 5 地下水作业；
- 6 爆破（振动）作业；
- 7 水中疏浚、抛填等作业；
- 8 其他作业。

**3.0.4** 城市桥梁隧道安全保护区域内存在不良的工程地质情况，或当城市桥梁隧道为不合格状态时，应提高安全保护等级。

**3.0.5** 城市桥梁隧道不同期建设时，先建工程应充分考虑后建工程的影响，后建工程对既有城市桥梁隧道结构的安全保护应按本规范的相关规定执行。

**3.0.6** 外部作业影响等级应综合考虑城市桥梁隧道重要等级、地质情况、结构类型等因素，根据外部作业与城市桥梁隧道结构的接近程度及其工程影响分区（见附录 A）确定。

**3.0.7** 外部作业影响等级应按表 3.0.7 进行划分。

表 3.0.7 外部作业影响等级的划分

外部作业的工程影响分区 \ 接近程度	非常接近	接近	较接近	不接近
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、V的情况；围岩级别为I~III的情况，表中的影响等级可降低一级；围岩级别为VI的软土、岩溶、采空区等地区，表中的影响等级应提高一级，特级时不再提高；

2 围岩级别应按现行标准《市政工程勘察规范》(CJJ 56)中的有关规定确定；

3 城市桥梁隧道结构处于复杂的工程地质条件或存在地质灾害的情况，其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。

4 特殊情况按工程实际通过安全评估确定外部作业的工程影响分区。

### 3.0.8 重大影响外部作业主要包括：

- 1 影响等级为特级、一级的外部作业；
- 2 城市桥梁位于强烈影响区(A)、显著影响区(B)的外部作业；
- 3 城市桥梁隧道为不合格状态时安全保护区域内的外部作业。

## 4 控制保护要求

### 4.1 一般规定

4.1.1 在城市桥梁隧道安全保护区域内进行重大影响外部作业前，应进行桥梁隧道结构安全评估，制定安全保护专项方案。

4.1.2 城市桥梁隧道结构的安全控制标准应根据外部作业影响等级和结构安全控制指标确定。

4.1.3 结构安全控制指标值应综合城市桥梁隧道结构特点、运营安全要求、外部作业特点、结构安全现状等因素确定，宜符合附录 B 的规定。

4.1.4 重大影响外部作业的安全保护专项方案应包括下列主要内容：

- 1 既有桥梁隧道结构调查；
- 2 外部作业设计、施工方案；
- 3 监测方案；
- 4 安全评估；
- 5 应急预案。

4.1.5 外部作业对城市桥梁隧道产生影响时，其作业应满足城市桥梁隧道结构的安全控制要求。

4.1.6 外部作业过程中，对城市桥梁隧道结构的监测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。

4.1.7 城市桥梁隧道安全保护区域内多项外部作业交叉作业应考虑对城市桥梁隧道结构产生的叠加效应。

### 4.2 结构调查

4.2.1 城市桥梁隧道结构调查应包括工前调查、过程管理监控及工后调查，调查应形成记录或报告。

4.2.2 工前调查应在安全评估之前开展，收集竣工、检测、监测、养护维修等历史资料，按照现行国家行业标准和有关规定，对城市桥梁隧道的安全状态进行调查，为安全评估提供基础资料。对技术状况处于不合格状态的城市桥梁隧道，应进行专项检测。

4.2.3 在施工过程中，当监测数据达到或超过预警值、结构出现新增病害或原有病害出现较快发展时应展开过程管理监控，调查病害发展原因。

4.2.4 工后调查应在外部作业完成后开展。

### 4.3 安全控制

4.3.1 外部作业净距控制值宜符合表 4.3.1 的规定，当外部作业处于净距控制值范围内时，应加强管理，编制安全保护专项方案。

表 4.3.1 外部作业净距控制值 (m)

外部作业	结构类型	隧道 (矿山法、盾构法)	桥梁
基础桩*		≥3.0	≥3.0
基坑围护桩、地下连续墙*		≥9.0	≥6.0
钻探孔*		≥3.0	≥3.0
锚杆、锚索、土钉(末端)*		≥6.0	≥6.0
存放易燃物料(非易爆物)		—	≥20.0
冲孔、震冲、挤土*		≥20.0	≥20.0
船只抛锚、拖锚作业		≥100.0	≥100.0

注：1 \*指外部作业与城市桥梁隧道结构外边线之间的水平投影净距；

2 外部作业采用爆破法实施时，应根据爆破专项安全评估成果确定净距控制值。

4.3.2 石油、天然气等易燃易爆危险品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》GB 50251 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 对于穿越江河的城市桥梁隧道结构，净距控制值应根据实际情况进行确定，不宜小于表 4.3.1 中相应数值的 3 倍。

### 4.4 安全评估

4.4.1 重大影响外部作业应进行安全评估，包括外部作业前评估、外部作业后评估。

4.4.2 外部作业前评估宜采用理论分析、模型试验、数值模拟等方法，预测外部作业影响下桥梁隧道结构的抗变形能力和承载能力，确定相应的结构安全控制指标值，评估外部作业设计、施工、监测方案和桥梁隧道结构保护方案的可行性。

4.4.3 在外部作业完成后应进行外部作业后评估。外部作业后评估工作应基于外部作业完成后桥梁隧道结构的结构调查结果和作业过程中的监测数据开展。

## 5 外部作业

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 作业单位应严格按照城市桥梁隧道安全保护专项设计方案、安全评估报告等制定专项施工方案，并在施工方案审批之后按照要求开展施工。

**5.1.2** 在安全保护区域内进行外部作业时应防止火灾、积水、碰撞或其他物体坠入等事件危及城市桥梁隧道结构安全。

### 5.2 桩基作业

**5.2.1** 当桩基和城市桥梁隧接近程度为非常接近时，不应采用挤土效应大或振动大的施工作业方案。

**5.2.2** 应根据外部作业影响等级选择桩基施工设备，采用冲击、振动小的作业方案，不宜采用冲孔等对周围影响较大的施工方案，采用钻孔和人工挖孔等作业方案时，应采取有效措施控制地层变形，确保孔壁稳定。

**5.2.3** 采用高压旋喷桩施工，应严格控制注浆压力。

### 5.3 基坑（槽）开挖

**5.3.1** 城市桥梁隧道安全保护区域的基坑（槽）作业，应符合下列规定：

- 1** 基坑应采用整体刚度较大的支护结构体系，存在较厚软弱土层宜采用连续墙。
- 2** 基坑的拆换撑应采取安全可靠的作业方案，避免地下结构发生过大的侧向变形。
- 3** 基坑围护结构与城市桥梁隧道之间的空隙，宜采用素混凝土回填密实，不得采用杂填土、建筑垃圾等性质较差或不稳定的材料。

**5.3.2** 城市隧道结构上方的基坑工程，应控制隧道结构上方的覆土厚度，覆土厚度应通过安全评估确定。

**5.3.3** 应遵循“分层、分步、对称、平衡、限时、先撑后挖、随挖随撑”的原则，应减少基坑开挖面上围护结构的无支撑暴露时间及变形，基坑开挖至设计高程，应及时浇筑底板结构。

**5.3.4** 施工设备选用应考虑城市桥梁的净空要求，施工期间做好安全警示工作，严禁施工设备碰撞城市桥梁。

**5.3.5** 基坑（槽）支护及临时结构拆除作业，应采用冲击、振动小的作业方案，减小振动

对城市桥梁隧道结构的影响。

**5.3.6** 城市桥梁隧道与基坑（槽）之间涉及有堆载、大型机械设备等改变地面荷载的活动，作业前应验算此外部活动引起的附加荷载及变形对城市桥梁隧道的影响。

**5.3.7** 应验算基坑（槽）开挖土方过程中基坑突涌稳定性和城市隧道的抗浮安全系数，在不考虑侧壁摩阻力时，其抗浮安全系数不得小于 1.05；当计及侧壁摩阻力时，其抗浮安全系数不得小于 1.15。抗浮安全系数不满足要求时，应采取相应的措施。

**5.3.8** 基坑（槽）施工期间应保证地下水位稳定，必要时采取止水措施。当基坑进行降水时，应符合 5.6 节规定。

**5.3.9** 应加强对基坑（槽）稳定性及变形的监测，应符合第 6 章规定，防止出现其自身支护结构破坏、土体失稳或变位过大等情况。

## 5.4 暗挖作业

**5.4.1** 城市桥梁隧道安全保护区域内从事暗挖作业时，暗挖作业与桥梁、隧道距离应满足安全距离需求。

**5.4.2** 在城市桥梁隧道安全保护区域内从事暗挖作业，应选择开挖影响小的作业方案，在外部作业影响等级为特级、一级时，应采用安全可靠的作业方案，细化施工控制参数，制定安全保护控制措施。

**5.4.3** 采用暗挖法作业下穿城市桥梁隧道时，当暗挖作业处于城市桥梁隧道强烈影响区范围，应符合下列规定：

- 1 施工期间应保证地下水位稳定，必要时采取止水措施；
- 2 暗挖作业前，不宜选择冷冻法加固围岩；
- 3 暗挖作业时，在 I~III 级围岩地层中，应采用静力爆破；
- 4 暗挖作业的任何结构物不得侵入城市桥梁隧道结构。

**5.4.4** 采用盾构法或顶管法近距离穿越城市桥梁隧道时，应根据工程地质、周边环境情况，采取可靠措施，确保城市桥梁隧道安全。

**5.4.5** 在城市桥梁隧道安全保护区域内采用暗挖作业时，当遇有不良地质情况，应采取有效措施消除不良地层对城市桥梁隧道的影响。

**5.4.6** 在城市桥梁隧道安全保护区域内采用暗挖作业时，应制定完善的监测方案，宜扩大监测范围，提高监测频率。

## 5.5 地基处理

**5.5.1** 城市桥梁隧道安全保护区域内的地基处理作业，应选择对城市桥梁隧道结构安全影响小的处理方式，不得采用强夯及振动较大的处理方式。

**5.5.2** 城市桥梁隧道安全保护区域内从事堆载预压处理前，应评估对桥梁隧道结构的影响。

**5.5.3** 外部作业影响等级为特级和一级时，采用旋喷桩处理地基，应严格控制注浆压力，减少对城市桥梁隧道结构的影响。

**5.5.4** 采用注浆加固地基时，在隧道结构上产生的附加压力不得大于 20kPa，如遇特殊情况，应开展第三方专项评估。

## 5.6 地下水作业

**5.6.1** 城市桥梁隧道安全保护区域内从事地下水作业，应采取措施避免既有结构周边地层发生流沙、管涌和渗流破坏。

**5.6.2** 地下水作业前，应预测水位变化对城市桥梁隧道结构的变形和沉降影响。

**5.6.3** 城市桥梁隧道安全保护区域内从事地下水作业，应防止地下水位骤然变化过大，并加强地下水位的监测。

**5.6.4** 强透水地层的地下水位作业，当不能形成封闭截水系统时，应评估地下水作业对城市桥梁隧道结构的安全影响。

**5.6.5** 当城市桥梁隧道结构位于欠固结地层时，不应进行大面积降水作业。

**5.6.6** 强透水性地层的地下水作业，当采用落底式竖向截水帷幕难以形成有效的封闭截水系统时，可采用悬挂式竖向截水帷幕与水平封底隔渗相结合的地下水控制措施。

**5.6.7** 当城市桥梁隧道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。

**5.6.8** 当外部作业影响城市桥梁隧道结构周围水位变化时，应验算作用于地下结构上的水土压力，并应验算地下结构的安全。

**5.6.9** 岩溶、土洞较发育地区的地下水作业，应避免降水诱发地层坍塌对城市桥梁隧道结构的使用和安全状态造成不利影响。

## 5.7 爆破（振动）作业

5.7.1 在城市桥梁隧道安全保护区内的爆破（振动）作业，应满足现行国家标准《爆破安全规程》（GB 6722）的规定。

5.7.2 爆破作业前应进行爆破安全评估和爆破设计审查，应对受保护桥梁隧道进行安全评估。

5.7.3 爆破作业实施前应制定技术方案、安全措施、安全应急预案和爆破安全监控方案，并经评审通过后方可实施。

5.7.4 爆破（振动）作业前应采取安全防护措施，设计安全区，并应进行安全警戒工作。

5.7.5 爆破（振动）作业前应进行试爆作业和爆破震动监测，且应根据试爆效果及监测信息优化爆破作业。

5.7.6 经爆破评估或试爆作业发现爆破有害效应超过安全允许振速时，应优化爆破技术措施，将爆破有害效应控制在安全允许振速以内；对采取优化爆破措施后，爆破有害效应仍不能满足城市桥梁隧道结构的安全允许振速要求时，应采用静态破碎法或其他作业方法。

5.7.7 爆破（振动）作业不应在城市桥梁隧道的运营高峰期进行，且不应影响城市桥梁隧道结构的安全和正常使用。

5.7.8 在城市桥梁隧道安全保护区内的爆破作业，应采取控制爆破作业，不得进行硃室爆破、深孔爆破等药量较大的爆破作业。

5.7.9 爆破用的炸药、膨胀剂管理应符合有关规范规定，且存放点应在城市桥梁隧道安全保护区之外。

5.7.10 爆破作业时，应监测桥梁隧道结构的振动速度。爆破作业传到桥梁基础、隧道结构的振速，不应超过城市桥梁隧道结构的安全允许振速。

## 5.8 水中疏浚、抛填作业

5.8.1 城市桥梁隧道安全保护区内从事水中疏浚作业，应符合下列规定：

- 1 疏浚作业前应进行详细的水下地形调查；
- 2 疏浚作业期间应在周边水域设置明显的标识物；
- 3 应避免采用爆破方式作业；
- 4 疏浚作业应选择对既有桥梁隧道结构影响小的设备；
- 5 疏浚作业应分段进行，严格控制疏浚厚度。

5.8.2 疏浚作业产生的余泥排放应远离城市桥梁隧道安全保护区。

**5.8.3** 城市隧道安全保护区域内从事疏浚作业，应确保疏浚后的隧道结构安全，不得超挖，疏浚不得破坏城市隧道防护设施。

**5.8.4** 城市隧道安全保护区域内从事疏浚作业时，应按设计要求确保水下边坡的稳定。

**5.8.5** 城市桥梁隧道安全保护区域内从事水中抛填作业，应符合下列规定：

- 1 抛填块石不得对桥梁或隧道结构产生直接冲击；
- 2 应控制抛填速度和抛填厚度，减小抛填对城市桥梁隧道的影响；
- 3 水下抛填时应验算对桥梁隧道结构的受力、变形及位移的影响，应满足相应的结构安全控制指标值。

**5.8.6** 城市桥梁隧道安全保护区域内从事水中疏浚作业和抛填作业，应加强施工过程的结构安全监测。

## 5.9 其他作业

**5.9.1** 在城市桥梁隧道安全保护区域内进行地质钻探作业时，应满足下列要求：

- 1 一般地区的土层范围宜采用套管进行护壁钻探，避免塌孔；
- 2 岩溶地区应参考桥梁隧道相关地质资料揭示的岩溶发育情况，制定保护桥梁隧道安全的钻探方案；
- 3 地质钻探完成后应及时进行封孔处理。

**5.9.2** 上跨城市桥梁的外部作业应满足下列要求：

- 1 外部作业与桥梁的净空应满足安全要求，并设置安全防护措施，外部作业前，应制定交通疏解方案；
- 2 作业前应编制专项施工方案、监测方案，并进行安全评估；
- 3 上跨城市桥梁的外部作业为新建桥梁或拆除既有桥梁时，应评估对桥梁结构安全的影响程度，施工过程应采取安全防护措施。

**5.9.3** 城市桥梁隧道安全保护区域内进行加载或卸载作业时，应符合下列规定：

- 1 城市隧道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。
- 2 软土地质的桥下区域不得作为材料堆场。
- 3 其余安全保护区域内的加载或卸载应满足相应的桥梁隧道结构安全和位移控制指标值。。

## 6 安全监测

### 6.1 一般规定

6.1.1 当外部作业影响等级为特级、一级、二级以及城市桥梁隧道为不合格状态时，应对受影响的桥梁隧道结构进行监测。

6.1.2 城市桥梁隧道结构的监测方案，应依据结构特征、技术状态、设计要求、外部作业施工方案等技术资料进行编制。

6.1.3 监测方案中的监测布点和频率，应根据外部作业影响等级及安全评估结果确定，结合城市桥梁隧道结构变形动态调整。

6.1.4 城市桥梁隧道结构的监测方法，应采用仪器监测与人工巡视检查相结合的方法。重大影响外部作业时宜进行自动化监测。

6.1.5 城市桥梁隧道结构监测新技术、新方法应用前，应与传统方法进行验证，监测精度应符合本规范的要求。

6.1.6 城市桥梁隧道结构的监测应符合《工程测量规范》GB50026、《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB50982 和《建筑变形测量规范》JGJ8 等国家现行标准的有关规定。

### 6.2 监测项目

6.2.1 监测项目应能及时反映外部作业对城市桥梁隧道结构安全影响的重要变化，桥梁结构的监测项目根据表 6.2.1-1 进行选择，隧道结构的监测项目根据表 6.2.1-2 进行选择。

表 6.2.1-1 城市桥梁结构监测项目

序号	监测项目	外部作业影响等级			
		特级	一级	二级	三级
1	竖向位移	应测	应测	宜测	宜测
2	水平位移	应测	应测	宜测	宜测
3	基础沉降	应测	应测	应测	宜测
4	墩台倾斜	应测	应测	宜测	可测
5	地基深层水平位移	应测	应测	宜测	可测
6	结构裂缝	应测	应测	应测	宜测
7	结构应变	应测	应测	宜测	可测
8	振动速度	应测	应测	宜测	可测

表 6.2.1-2 城市隧道结构监测项目

序号	监测项目	外部作业影响等级			
		特级	一级	二级	三级
1	竖向位移	应测	应测	应测	宜测
2	水平位移	应测	应测	应测	宜测
3	变形缝相对位移	应测	应测	宜测	可测
4	隧道断面尺寸	应测	应测	宜测	可测
5	结构渗漏水	应测	应测	宜测	可测
6	结构裂缝	应测	应测	宜测	可测
7	相对收敛	应测	应测	宜测	可测
8	振动速度	应测	应测	宜测	可测

注：1 外部作业基坑监测应按照《建筑基坑工程监测技术规范》GB 50497 的要求执行；

2 特殊工法如沉管等应制定针对性监测项目。

6.2.2 当外部作业需进行爆破时，应监测桥梁与隧道结构的振动速度。

6.2.3 监测位置应布置在监测对象变形和内力的关键特征点上，监测点的布置要求应符合表 6.2.3-1、表 6.2.3-2 的规定。地下结构曲线段监测断面的间距应加密布置。

表 6.2.3-1 城市桥梁结构测点布置要求

序号	监测项目	监测位置	测点布置位置
1	竖向位移	支点、L/4 截面、跨中截面	桥梁截面外表面易于观测的位置
2	水平位移	支点	桥梁截面外表面易于观测的位置
3	基础沉降	支点	桥墩底部或承台位置
4	墩台倾斜	桥墩、桥台	墩台身
5	地基深层水平位移	基础	基础周边的地基中
6	结构裂缝	结构裂缝位置	裂缝两侧均匀布置
7	结构应变	支点、跨中截面	截面顶、底面及中性轴位置
8	振动速度	跨中截面	截面顶面

表 6.2.3-2 城市隧道结构测点布置要求

序号	监测项目	监测位置	测点布置位置
1	竖向位移	按 3m~20m 一个断面	隧道顶板、底板和侧墙
2	水平位移	按 3m~20m 一个断面	隧道顶板、底板和侧墙
3	变形缝相对位移	结构变形缝两侧	缝的两侧均匀布置
4	隧道断面尺寸	城市隧道地下结构	按变形断面或在重点位置布设
5	结构渗漏水	渗漏水位置	渗漏水位置
6	结构裂缝	结构裂缝位置	裂缝两侧均匀布置
7	相对收敛	按 3m~20m 一个断面	每个监测断面不少于两条测线

## 6.3 监测频率

**6.3.1** 城市桥梁隧道结构的监测频率，应能系统反映监测对象所测项目的重要变化过程及其变化时刻。当监测数据接近城市桥梁隧道结构安全控制指标的预警值时，应提高监测频率；当发现城市桥梁隧道结构有异常情况或外部作业有危险事故征兆时，加密监测频率应集合专家会议意见，采取针对性的应急监测方案。最低监测频率应符合表 6.3.1 规定。

外部作业影响等级 外部作业施工工况	特级、一级作业	二级作业	三级作业
支护结构施工阶段	1 次/天	1 次/天	1 次/天
开挖阶段	3 次/天	2 次/天	1 次/天
地下工程实施阶段	3 次/天	2 次/天	1 次/天
地下工程完成并回填基坑后	1 次/3 天	1 次/周	1 次/周
达到报警值或出现险情	6 次/天	4 次/天	2 次/天

**6.3.2** 城市桥梁隧道结构的监测周期，应从测定监测项目初始值开始，至外部作业完成且监测数据趋于稳定后结束。

**6.3.3** 监测项目的初始值应在外部作业实施前测定，应取至少连续测量 3 次的稳定值的平均数作为初始值。

## 6.4 监测预警

**6.4.1** 监测预警等级划分及应对管理措施应符合表 6.4.1 的规定。

表 6.4.1 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	$0.6 \leq G < 0.8$	检测报警，并采取加密监测点或提高监测频率等措施加强对城市桥梁隧道结构的监测
C	$0.8 \leq G < 1.0$	应暂停外部作业，制定相应的安全保护措施
D	$G \geq 1.0$	启动安全应急预案

注：监测比值 G 为监测项目实测值与结构安全控制指标值的比值。

**6.4.2** 城市桥梁结构墩台基础不均匀沉降安全控制指标值不应超过设计允许变形值。

**6.4.3** 城市隧道结构安全控制指标值宜符合附录 B 表 B.0.2 的要求。

**6.4.4** 当外部作业需进行爆破时，桥梁与隧道结构的振动速度控制值为 2.5cm/s，预警值为 1.5cm/s。

**6.4.5** 城市桥梁隧道结构原有病害出现较快发展或出现新增病害时应预警。

广东省住房和城乡建设厅信息公开  
浏览专用

## 7 信息管理

**7.0.1** 城市桥梁隧道管理单位宜配备信息管理系统。

**7.0.2** 信息管理系统宜具备审批管理、项目管理、巡查管理、监测管理、预警管理、视频监控、报表统计等功能。

**7.0.3** 城市桥梁隧道外部作业单位应将外部作业信息、监测方案、监测数据、监测报告等资料、图片传输至信息管理系统。

**7.0.4** 重大影响外部作业实施前应由外部作业单位建立现场视频监控系统，确保作业实施全过程的视频信息传输至信息平台。

**7.0.5** 现场视频应能够满足管理单位远程实时调阅任一路外部作业的实时监控视频和历史录像视频，录像保存时间应至外部结构施工完毕且城市桥梁隧道结构的监测数据稳定六个月后为止。

## 附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区

**A.0.1** 接近程度应根据城市桥梁隧道结构的类型及其与外部作业的空间关系确定，接近程度的判定宜按表 A.0.1-1、表 A.0.1-2 和图 A.0.1-1~图 A.0.1-5 确定。

**表 A.0.1-1 城市桥梁接近程度的判定**

结构类别	结构类型	相对净距	接近程度	备注
城市桥梁	端承桩 (桩基基础)	$L \leq 2.0D$	非常接近 (I)	见图 A.0.1-1
		$2.0D < L \leq 3.0D$	接近 (II)	
		$3.0D < L \leq 4.0D$	较接近 (III)	
		$L > 4.0D$	不接近 (IV)	
	摩擦桩 (桩基基础)	$L \leq 3.0D$	非常接近 (I)	见图 A.0.1-1
		$3.0D < L \leq 4.5D$	接近 (II)	
		$4.5D < L \leq 6.0D$	较接近 (III)	
		$L > 6.0D$	不接近 (IV)	
	扩大基础	$L \leq 1.5B$ 及底部 45°扩展区域	非常接近 (I)	见图 A.0.1-2
		$1.5B < L \leq 3.0B$ 及底部 45°扩展区域	接近 (II)	
		$3.0B < L \leq 4.5B$ 及底部 45°扩展区域	较接近 (III)	
		$L > 4.5B$	不接近 (IV)	

- 注：1 L 为城市桥梁结构与外部作业的最小水平相对净距，D 为桩基的直径或扩大基础的长边长度，B 为扩大条形基础宽度；
- 2 相对净距指外部作业的结构外边线与城市桥梁基础结构外边线的最小净距离。
- 3 表中不含下穿外部作业，下穿时应进行专项结构影响分析。

表 A.0.1-2 城市隧道接近程度的判定

结构类别	结构类型	相对净距	接近程度
城市隧道	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）
	沉管法	$L \leq 1.0H$	非常接近（I）
		$1.0H < L \leq 2.0H$	接近（II）
		$2.0H < L \leq 3.0H$	较接近（III）
		$L > 3.0H$	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）
		$1.0 < L \leq 2.0D$	接近（II）
		$2.0 < L \leq 3.0D$	较接近（III）
		$L > 3.0D$	不接近（IV）

注：1 L 为城市隧道结构与外部作业的最小相对净距，H 为明挖、盖挖法城市隧道的基坑开挖深度以及沉管法城市隧道的埋置深度；W 为矿山法城市隧道结构的隧道毛洞跨度；D 为盾构法城市隧道结构的隧道外径，圆形顶管结构的外径或矩形顶管结构的长边宽度；

2 相对净距指外部作业的结构外边线与城市隧道结构外边线的最小净距离。

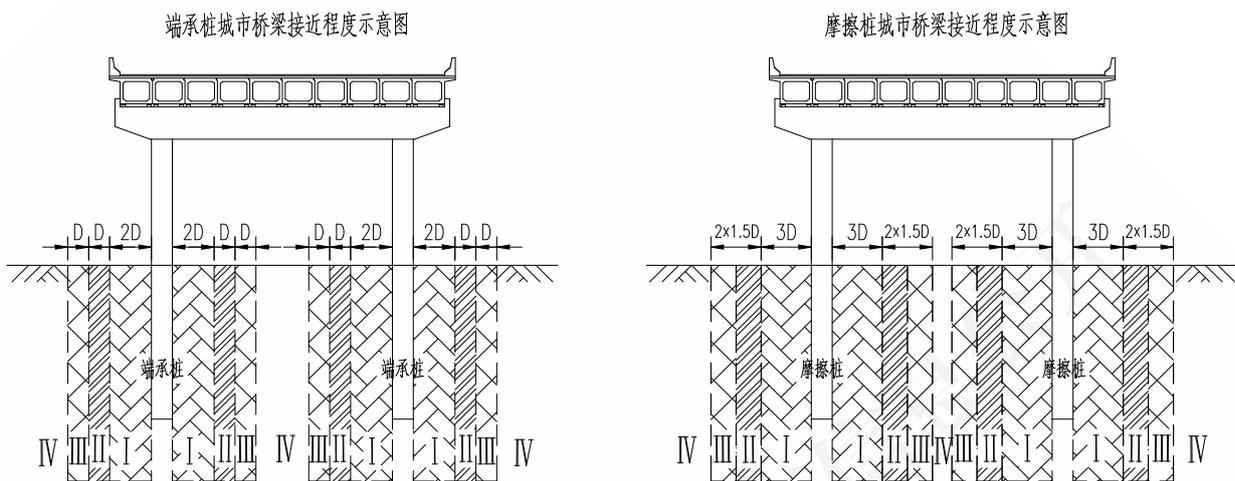


图 A.0.1-1 桩基础桥梁结构的接近程度判定

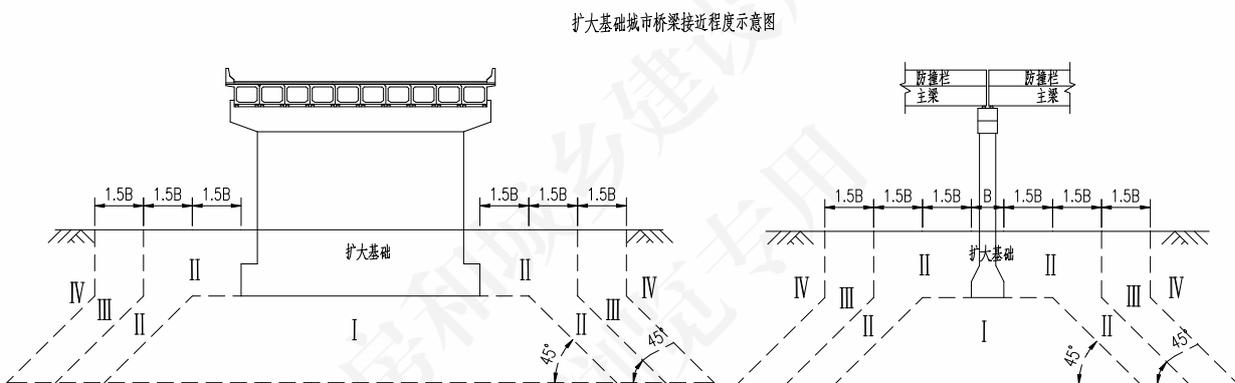


图 A.0.1-2 扩大基础桥梁结构的接近程度判定

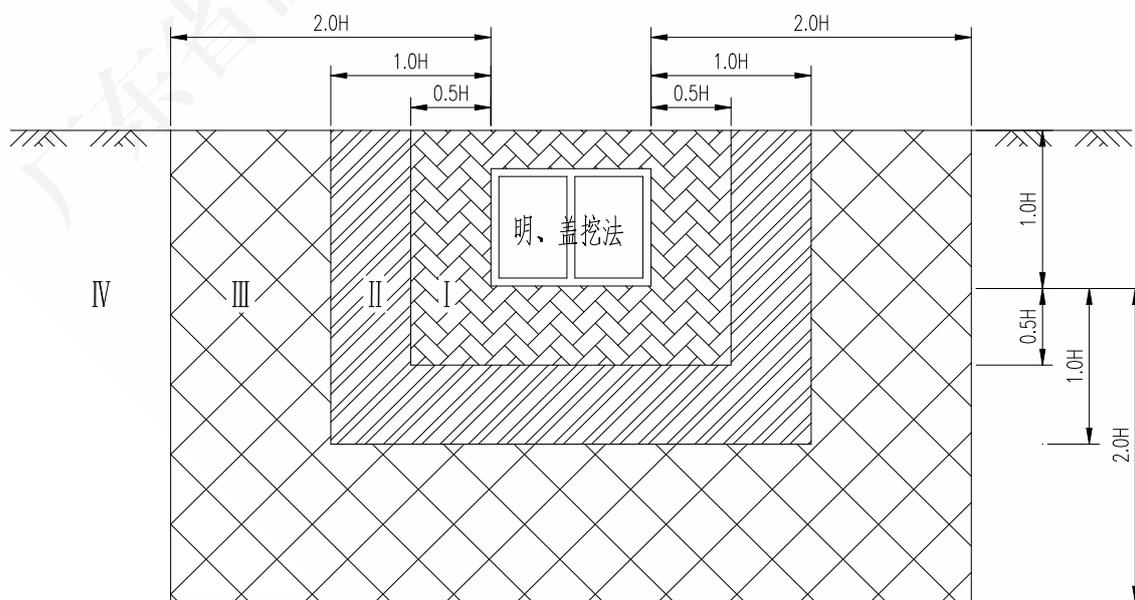


图 A.0.1-3 明、盖挖法结构的接近程度判定

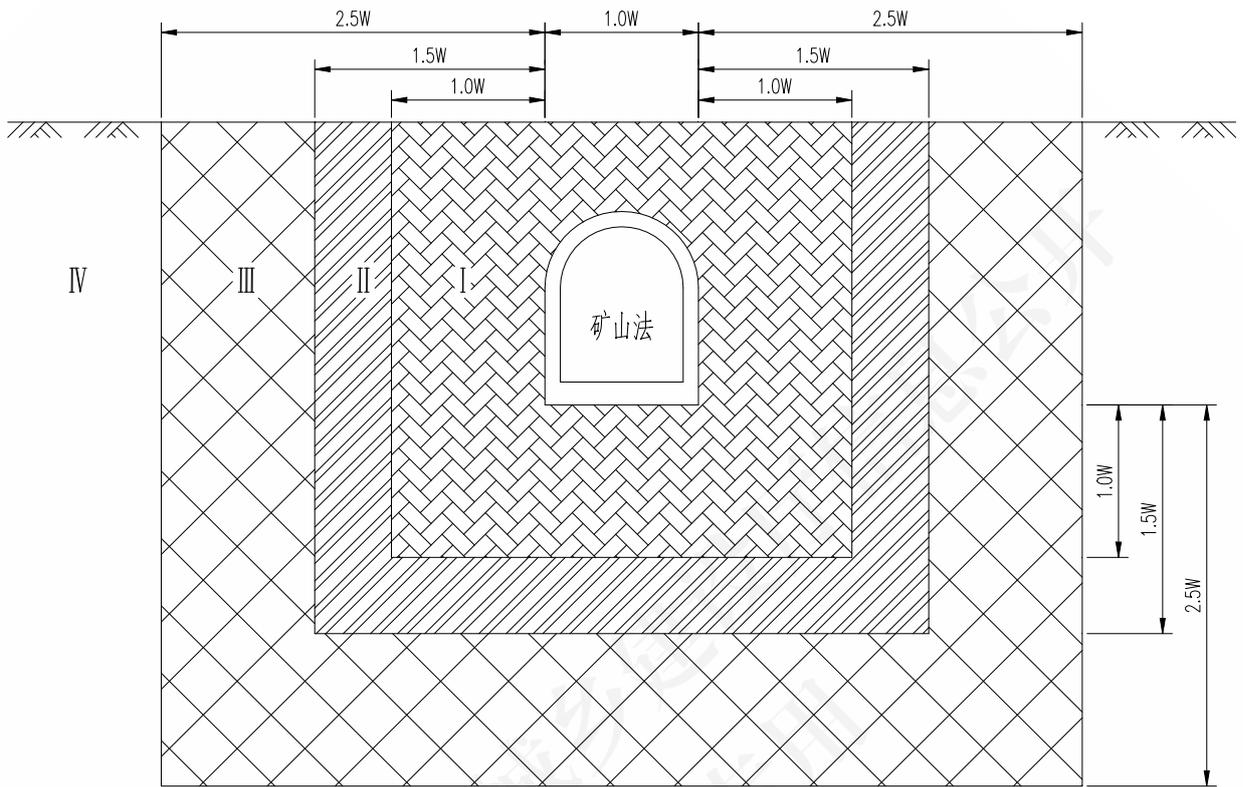


图 A.0.1-4 矿山法结构的接近程度判定

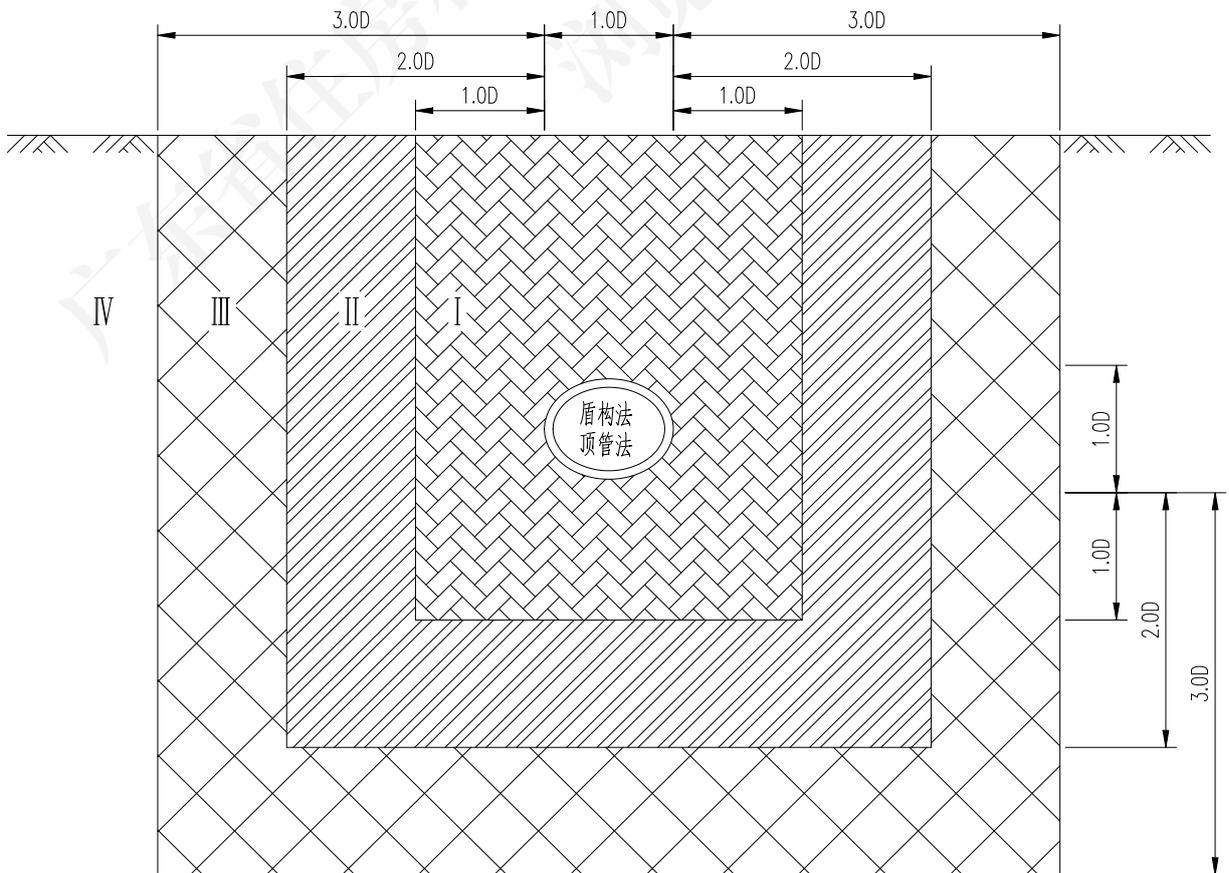


图 A.0.1-5 盾构法或顶管法结构的接近程度判定

**A.0.2** 城市桥梁隧道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，特殊情况按工程实际制定专项方案。

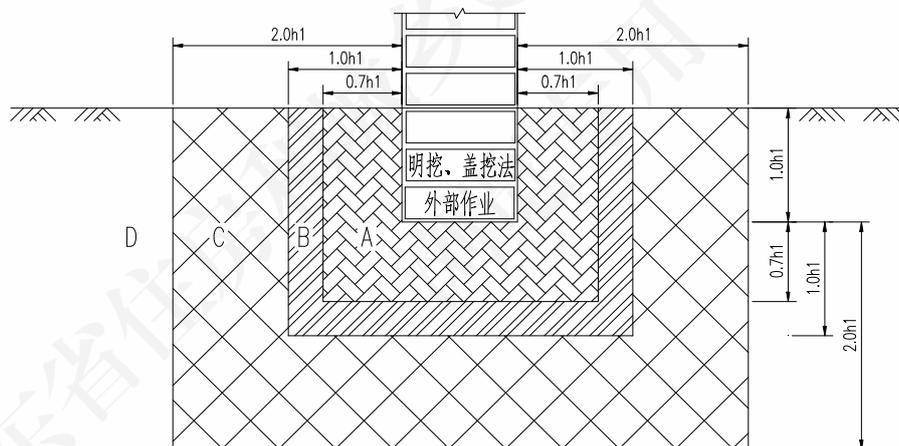
1 明挖、盖挖法外部作业的工程影响分区宜按表 A.0.2-1 和图 A.0.2-1 确定。

**表 A.0.2-1 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 $0.7\sim 1.0h_1$ 范围
一般影响区 (C)	结构外侧 $1.0\sim 2.0h_1$ 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。

2 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平投影位置为准。



**图 A.0.2-1 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的工程影响分区宜按表 A.0.2-2 和图 A.0.2-2 确定。

**表 A.0.2-2 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)	隧道正上方及外侧 $0.7h_2$ 范围内
显著影响区 (B)	隧道外侧 $0.7\sim 1.0h_2$ 范围
一般影响区 (C)	隧道外侧 $1.0\sim 2.0h_2$ 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隧道底板的深度。

2 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平投影位置为准。

3 本表适用于矿山法和盾构法外部作业的浅埋隧道，隧道顶埋深小于  $3b$  ( $b$  为隧道毛洞跨度)。

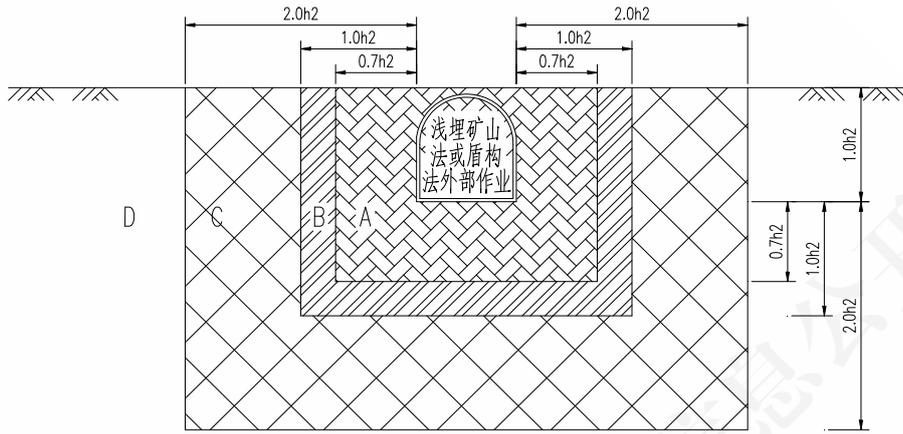


图 A.0.2-2 浅埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区宜按表 A.0.2-3 和图 A.0.2-3 确定。

表 A.0.2-3 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)	隧道正上方及外侧 1.0b 范围内
显著影响区 (B)	隧道外侧 1.0b~2.0b 范围
一般影响区 (C)	隧道外侧 2.0b~3.0b 范围
较小影响区 (D)	隧道外侧 3.0b 范围以外

注：1 b 为矿山法和盾构法隧道的毛洞跨度。

2 当外部作业需施工锚杆、锚索、土钉时，作业边界以锚杆、锚索、土钉末端的水平投影位置为准。

3 本表适用于矿山法和盾构法外部作业的深埋隧道，隧道顶埋深大于 3b(b 为隧道毛洞跨度)。

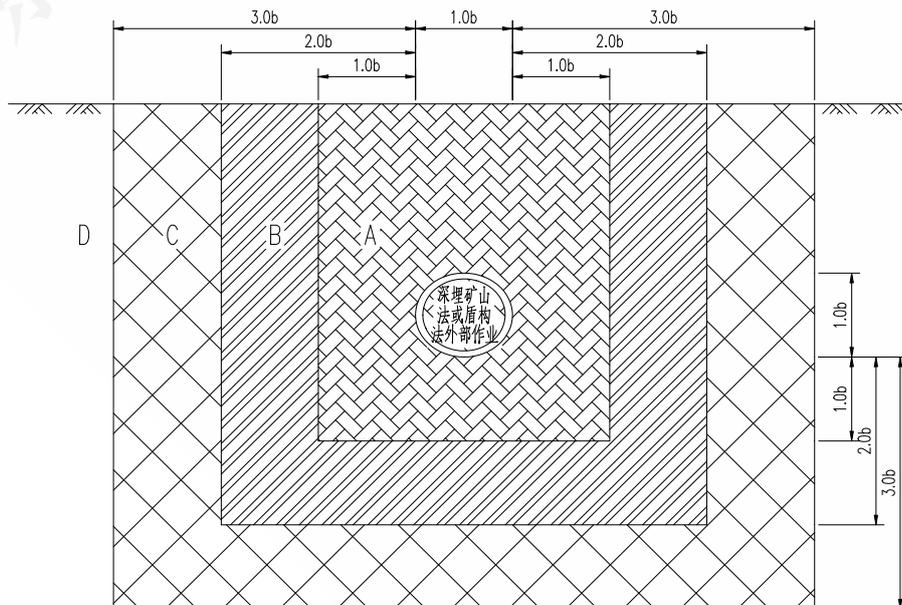


图 A.0.2-3 深埋矿山法和盾构法外部作业的工程影响分区

## 附录 B 城市桥梁隧道结构安全控制指标值

**B.0.1** 城市桥梁结构安全控制指标主要为裂缝宽度和变形和墩柱变位，其中裂缝宽度控制指标值如表 B.0.1-1 所示，变形值、墩柱变位值不应超过设计允许值，并在外部作业前评估时确定。

**表 B.0.1-1 城市桥梁混凝土结构恒载裂缝宽度控制指标值**

结构类型	裂缝部位及所处侵蚀环境		允许最大裂缝宽度 (mm)	
钢筋混凝土构件	A 类		0.20	
	B 类		0.20	
	C 类		0.15	
	D 类		0.15	
预应力混凝土构件	非结构裂缝		0.10	
	结构裂缝		不允许或按设计规定	
混凝土拱	拱圈横向		0.30 (裂缝高小于截面高一半)	
	拱圈竖向 (纵缝)		0.50 (裂缝长小于跨径 1/8)	
	拱波与拱肋结合处		0.20	
墩台	墩台帽		0.30	
	墩台身	A 类	0.40 (不允许贯通墩台身截面一半)	
		B 类	有筋	0.25
			无筋	0.35 (不允许贯通墩台身截面一半)
C、D 类	有筋	0.20		
	无筋	0.30 (不允许贯通墩台身截面一半)		

注：1 所处侵蚀环境按表 B.0.1-2 侵蚀环境分类表规定选取。

- 2 上表为一般情况下的桥梁结构恒载裂缝宽度控制指标值，当有设计要求时应同时满足设计标准。
- 3 表中数值为未考虑城市桥梁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。
- 4 指标值不包括测量、施工等的误差。
- 5 钢结构等其它类型桥梁结构安全控制指标应进行安全评估确定。

表 B.0.1-2 侵蚀环境分类

侵蚀环境分类	状态描述
A 类	无侵蚀性静水浸没环境，与无侵蚀性土壤直接接触的环境
B 类	严寒和寒冷地区露天环境，构件表面经常处于结露或湿润状态的环境，水位频繁变动环境
C 类	距海岸线 1km 范围内，直接承受盐雾影响的环境
D 类	盐渍土环境，受除冰盐作用环境，严寒和寒冷地区冬季水位变动区环境

**B.0.2** 城市隧道结构的安全控制指标值宜符合表 B.0.2 的要求。

表 B.0.2 城市隧道结构安全控制指标值

安全控制指标	预警值	控制值
竖向位移	12mm	20mm
水平位移	12mm	20mm
混凝土主体结构裂缝宽度	0.18mm	0.30mm
相对收敛	9mm	15mm
振动速度	1.5cm/s	2.5cm/s

注：1 上表为一般情况下的隧道控制指标，当有设计要求时应同时满足设计标准。

2 表中数值为未考虑城市隧道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。

3 指标值不包括测量、施工等的误差。

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的；

正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 规范中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 引用标准名录

- 1 《爆破安全规程》 GB 6722
- 2 《城市轨道交通结构安全保护技术规范》 CJJ/T202-2013
- 3 《城市轨道交通既有结构保护规范》 DBJIT-15-120-2017
- 4 《石油天然气工程设计防火规范》 GB50183
- 5 《110kv-750kv 架空输电线路设计规范》 GB50545
- 6 《城市桥梁检测与评定技术规范》 CJJ/T 233-2015
- 7 《公路隧道养护技术规范》 JTG H12-2015
- 8 《沉管法隧道施工与质量验收规范》 GB 51201-2016
- 9 《城市桥梁养护技术标准》 CJJ 99-2017
- 10 《城市桥梁隧道安全保护区技术标准》（沪建交〔2010〕511号）
- 11 《混凝土结构设计规范》 GB50010-2010
- 12 《钢结构设计规范》 GB50017-2017
- 13 《工程测量规范》 GB50026-2007
- 14 《城市轨道交通工程测量规范》 GB 50308-2017
- 15 《建筑与桥梁结构监测技术规范》 GB 50982-2014
- 16 《建筑变形测量规范》 JGJ 8-2016
- 17 《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》 (TB 10182-2017)

广东省标准

# 城市桥梁隧道结构安全保护技术规范

DBJ/T 15-213-2021

条文说明

## 制订说明

《城市桥梁隧道结构保护技术规范》DBJ/T15-213-2021，经广东省住房和城乡建设厅 2021 年 2 月 28 日以第 16 号公告批准、发布。

本规范制定过程中，编制组进行了城市桥梁隧道结构安全保护技术的广泛调查研究，总结了我国各城市桥梁隧道结构安全保护的实践经验，同时参考了国内先进的技术法规、技术标准，通过分析研究取得了安全保护的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定，《城市桥梁隧道结构保护技术规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规范规定参考。

# 目 次

1 总则.....	30
3 基本规定.....	30
4 控制保护要求.....	31
4.1 一般规定.....	31
4.2 结构调查.....	31
4.3 安全控制.....	32
4.4 安全评估.....	32
5 安全保护区域外部作业.....	33
5.2 桩基作业.....	33
5.3 基坑（槽）开挖.....	34
5.4 暗挖作业.....	34
5.5 地基处理.....	35
5.7 爆破（振动）作业.....	36
5.9 其他作业.....	36
6 安全监测.....	36
6.1 一般规定.....	36
6.2 监测项目.....	37
6.3 监测频率.....	37
附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区.....	37
附录 B 城市桥梁隧道结构安全控制指标值.....	37

# 1 总则

**1.0.2** 本规范适用于已运营及正在建设的城市桥梁隧道结构，主要为市政桥梁、隧道。其他类型的结构，例如铁路桥梁、地铁等轨道交通，应按照轨道交通的规范执行。

## 3 基本规定

**3.0.2** 为保证城市桥梁隧道结构的安全和正常使用，控制城市桥梁隧道结构一定范围内的外部作业是较有效的措施。参考《城市桥梁检测和养护维修管理办法》（建设部 118 号令）、《广州市市政设施管理条例》（1997 年）、《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202-2013）、《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99-2017）、《城市轨道交通既有结构保护技术规范》（DBJ/T 15-120-2017）等，制定本条文。

国内城市交通相关的一些管理规定：

《城市桥梁检测和养护维修管理办法》（建设部 118 号令）第 14 条，“第十四条 城市人民政府市政工程设施行政主管部门应当根据城市桥梁的具体技术特点、结构安全条件等情况，确定城市桥梁的施工控制范围”。

1997 年《广州市市政设施管理条例》中要求：“桥梁安全保护区域为桥梁上下游或周围各 50m 范围水域和规划红线内的陆域”。

2017 年《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99-2017）要求，“城市桥养护应按结构形式、桥梁类型的不同划定城市桥梁安全保护区域范围，编制监督管理方案，发现桥梁安全隐患应及时进行处置”。

2013 年住建部《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202-2013）和 2017 年广东省《城市轨道交通既有结构保护技术规范》（DBJ/T 15-120-2017）均要求：“控制保护区为地下结构外边线 50m 内、地面结构外边线外侧 30m 内和过江隧道外边线 100m 内”。

对于岩溶强烈发育区，保护范围可适当扩大。

**3.0.3** 在城市桥梁隧道周边可能影响城市桥梁隧道安全的外部作业包括：

3 暗挖作业包含顶管作业；

7 水中疏浚包含河道挖掘作业；

8 其他作业包括地质钻探作业、上跨城市桥梁的外部作业、堆载或卸载作业（含起重吊装及安装拆卸作业、路堤填筑或其他增加地面或地基荷载的作业）等。

**3.0.4** 对于特殊工程地质条件下的外部作业，如岩溶土洞发育地区、深厚砂层地区、欠固结地域（河漫滩、新开发区）等，应根据监测结果和当地的工程经验适当提高安全保护等

级。

根据《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99-2017）第 3.0.5 条，城市桥梁不合格状态指城市桥梁技术状况等级为 I 类桥梁的不合格级和 II 类~V 类桥梁的 D 级、E 级。根据《公路隧道养护技术规范》（JTG H12-2015）第 3.2.2 条，隧道不合格状态为 4 类、5 类。

**3.0.7** 外部作业影响等级参考《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202-2013）第 3.2.2 节的外部作业影响等级的划分。外部作业影响等级分为特级、一级、二级、三级和四级，其中影响等级为四级的外部作业对结构的影响不明显，基本可以忽略。外部作业与结构的空間关系是确定外部作业影响等级的重要因素，然而工程地质和水位地质的影响也不容忽视，因此需根据围岩等级对外部作业影响等级进行调整。城市桥梁隧道结构所处工程地质条件、水文地质条件较复杂，主要表现为结构处于岩溶发育区域，或附近存在断裂带、破碎带，或深厚软土区域，表中的影响等级应提高一级，特级时不再提高。外部作业与城市桥梁隧道结构的接近程度及其工程影响分区见附录 A。

## 4 控制保护要求

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 在城市桥梁隧道安全保护区域内实施外部作业前，应根据城市桥梁隧道结构现状并结合工程地质条件等因素，开展方案设计、安全保护专项方案制定等工作。重大影响外部作业设计方案中应落实安全评估成果中的结构保护措施和结构监测内容，包括设计监测范围、监测断面、监测点布置、特殊监测项目等。安全保护专项方案在审查通过后，如果改变设计、改变工法、改变施工临时结构、发现地质条件变差等，应重新论证变更方案的可行性，并报管理单位备案，以便监督管理。

**4.1.4** 外部作业设计、施工方案中应包含安全保护专项设计、施工方案。

### 4.2 结构调查

**4.2.1** 工前调查是对结构原始状态的观察和记录，过程管理监控是在外部作业过程中对结构的跟踪监控，工后调查是在外部作业完成后对桥梁隧道结构现状的再次调查。在结构调查中应采用技术先进、信息全面的检测手段，获取的调查信息应做到全面、直观、可量化，同时做好数据的整理、分析工作，完善各类确认手续。

**4.2.2** 工前调查是对结构进行安全评估的基础。工前调查应尽可能收集城市桥梁与隧道结构的设计、施工及验收等各项资料，观察并记录结构的外观情况，尽可能反应其真实情况。

工前调查内容包括外观检查、线形测量、荷载试验等。现行国家行业标准主要是指《城市桥梁检测与评定技术规范》(CJJ/T 233-2015)、《公路隧道养护技术规范》(JTG H12-2015)、《内河沉管隧道管养技术规范》(DBJ/T 15)和《沉管法隧道施工与质量验收规范》(GB 51201-2016)等。

**4.2.3** 当城市桥梁隧道结构监测数据达到或超过控制值的 80%，原有病害较快发展或出现新增病害时，表明结构安全隐患增大或有进一步恶化的趋势，此时应开展过程管理监控工作。过程管理监控能反映既有结构的现场动态，为进一步采取措施提供依据。

### 4.3 安全控制

**4.3.1** 外部作业净距控制值主要参考《城市轨道交通结构安全保护技术规范》(CJJ/T 202—2013)第 3.2.4 条与《城市轨道交通既有结构保护技术规范》(DBJ/T 15—120—2017)第 3.3.1 条、第 4.3.5 条规定。

**4.3.2** 石油、天然气等易燃易爆危险品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》GB 50251 的要求确定，且不得小于表 4.3.1 的规定。

**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，且不得小于表 4.3.1 的规定。

**4.3.4** 对于岩溶强烈发育区和采空区，当采用表中的数值时，应采取可靠的保护措施。

### 4.4 安全评估

**4.4.1** 在外部作业方案设计前应对城市桥梁与隧道结构进行现状评估；在外部作业前，应根据结构的现状调查结果、设计方案、施工方案、监测方案等资料，评估外部作业对结构的影响；在外部作业施工过程中，当监测数据达到或超过控制值的 80%、结构出现新病害或者原有病害出现较快发展时，应进行过程管理监控；当施工完毕后，应对外部作业影响进行后评估。评估贯穿于外部作业的设计、施工多个阶段全过程。

**4.4.2** 作业前评估报告应包括作业前桥梁与隧道结构的调查情况，计算分析模型的参数选取和分析结果，对设计方案、施工方案、监测方案、保护方案合理性的评估意见，结构安全控制指标值等方面内容。

对于城市桥梁结构计算分析宜考虑桩土相互作用的影响，对于城市隧道结构宜考虑地

层-结构相互作用的影响，并根据结构所采用的材料类型，对于混凝土结构采用现行国家标准《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010），分别以裂缝、强度控制两种工况进行验算，估算结构的安全度；对于钢结构采用国家标准《钢结构设计规范》（GB50017-2017），分别以强度、稳定性控制两种工况进行验算。建立考虑桩土相互作用、地层-结构相互作用的三维有限元模型。计算分析时应考虑既有结构所受的既有荷载，对作业的施工阶段进行模拟分析，预测外部作业诱发的既有结构变形及内力响应。

**4.4.3** 外部作业影响后评估是在外部作业完成后，评估城市桥梁隧道结构的安全。应包括作业对既有结构影响程度分析，下一步监测和保护方案等方面内容。若监测数据接近安全控制值并呈增大趋势，应及时进行结构调查、检测，并进行结构验算，评估结构的继续抗变形能力和承载性能，提出安全控制指标、处理意见和建议。必要时提出结构的加固维修措施。待实测数据稳定后，应再次进行外部作业影响后评估。

## 5 安全保护区域外部作业

### 5.2 桩基作业

**5.2.1** 预应力管桩、钢筋混凝土打入桩等挤土类桩在沉桩过程中，由于桩自身的体积“占用”了土体原有的空间，使桩周土向四周挤压排开，土体受挤压产生很高的附加应力，使土体向周围位移，并向上隆起，给邻近既有结构带来很大的影响，甚至使之破坏。当桩周土为非饱和土层，挤土效应不明显，当桩周土为饱和土层，挤土效应十分显著，对桥隧结构造成的负面影响较大。为减小挤土效应对桥隧结构的影响，可根据具体情况采取有效措施，如优化挤土桩桩尖、设置防挤沟与消挤孔、较少桩的排土量、预钻孔排水、合理安排沉桩顺序等。

在保护区域内，经论证必须采用挤土桩或者部分挤土桩方案时，应采取如合理安全顺序、引孔、设置排水板等有效措施减小挤土效应对城市桥梁隧道的影响。

**5.2.2** 当桩基作业采用锤击打入、振动沉入等作业方案时，成桩过程中的振动会对周边结构受力及变形产生影响，应结合周边环境、场地地质条件、工程桩设计参数、成桩速率等诸多因素结合地区经验综合评估振动对城市桥梁隧道的影响。

**5.2.3** 高压旋喷桩以高压设备将水泥浆变成高压喷射流横向喷出，冲切、扰动、破坏土体，高压旋喷桩施工很容易使周边土体产生位移，进而对城市桥梁隧道产生挤压变形，严重时会使周边土体产生向上隆起，对桥隧结构产生较大影响，使结构存在安全隐患，应避免。沉管隧道尤其是管段接头位置附近是不允许进行高压旋喷施工，损伤 GINA 止水带后果无

法挽回。

## 5.3 基坑（槽）开挖

**5.3.1** 城市桥梁隧道安全保护区内的基坑（槽）施工对城市桥梁隧道影响较大，应采用整体刚度较大且止水效果好的支护结构体系，不宜采用放坡开挖方案；对于存在透水地层的情况，基坑开挖前应采用封闭性强的止水帷幕。当城市桥梁隧道与基坑围护结构间存在施工间隙时，应采用素混凝土回填密实，确保桥隧结构与围护结构间的刚性过渡，从而严格控制城市桥隧结构的侧向位移。

**5.3.2** 基坑（槽）开挖施工应严格按照《建筑基坑工程技术规程》DBJ/T 15-20-2016、《建筑基坑支护技术规程》JGJ 210-2012 等现行国家行业标准和有关规定施工，在开挖过程中遵循“分层、分步、对称、平衡、限时、先撑后挖、随挖随撑”的施工原则。锚索、锚杆施工应严格控制钻孔方向偏差，避免流砂。基坑开挖后，应做好排水措施，及时设置坑内排水沟及集水井，防止坑底积水，基坑开挖到设计高程，没有施工垫层时遇到雨天，基坑应及时覆盖。

**5.3.7** 当城市隧道结构下方地层存在承压水时，其上方的基坑（槽）开挖可能会使得城市隧道结构土层最薄弱处的渗透力超过土层有效重度，使得土层发生浮托破坏，故需计算隧道抗浮安全系数。目前地下结构抗浮安全系数尚无统一规定，宜参照类似工程，根据各地工程实践经验确定，上海采用的抗浮安全系数：不计侧壁摩阻力时采用 1.05，计侧壁摩阻力时采用 1.10，广州、南京、深圳、北京采用的抗浮安全系数：不计侧壁摩阻力时采用 1.05，计侧壁摩阻力时采用 1.15，当隧道抗浮安全系数不满足要求时，可采用钻孔降水减压措施或水平封底隔渗措施。

## 5.4 暗挖作业

**5.4.1** 暗挖法作业包括盾构法、矿山法、钻爆法、顶管法等作业。从地下工程的开挖方式可主要分为明挖法和暗挖法。从机械化程度方面暗挖法可分为全机械化（盾构法和顶管法）、半机械化法（TBM 和顶管法等）以及非机械化（矿山法）。其中 TBM 也叫掘进机械法，矿山法也叫钻爆法，矿山法在城市地下隧道中又衍生了各种不同的工法（包括 CD，CRD，柱洞法等等）。

暗挖作业与城市桥梁、隧道的安全距离应根据外部作业影响等级和结构安全控制指标确定。暗挖隧道作业的临时结构物和永久结构不得侵入桥梁、隧道，与桥梁、隧道的安全

影响距离除满足本规范的要求外，其作业不能降低桥梁、隧道结构的评定等级。

**5.4.2** 在作业影响为特级、一级时，暗挖作业应采用盾构等影响小的方式。当采用矿山法或钻爆法施工时，作业影响范围应计算至暗挖作业的注浆范围最外侧。在影响区范围内不应采用爆破开挖方式。当进行暗挖作业的安全评估工作时，专项设计和施工方案应明确暗挖作业类型、施工机械设备、施工作业参数、施工控制标准、施工监测方案和检测方案等内容。

**5.4.3** 采用暗挖法作业下穿城市桥梁隧道时,当暗挖作业处于城市桥梁隧道影响区范围,应符合下列规定:

1 在城市桥梁隧道影响区范围内有透水地层时，从事暗挖作业应将地下水隔断，其止水范围应适当加大。暗挖作业期间应加强对地下水位的监测，当水位下降明显时，应采取必要的回灌措施。

2 冷冻法一般用于软弱地层的加固，当暗挖作业选择冷冻法时，其冻胀和融沉效应比较明显，对城市隧道结构的安全产生影响。

3 围岩分级参照《铁路隧道设计规范》TB 10003 有关规定。

4 暗挖作业的结构物包括但不限于锚杆、注浆管、超前小导管、管棚、管幕、注浆体及任何新施工的临时或永久结构。

**5.4.4** 盾构施工的变形控制效果与推进速度、注浆参数等有关，近距离穿越城市桥梁隧道时，宜适当放缓推进速度、稳步连续推进、严控管片拼装或管节拼装质量、避免在控制范围内更换刀具，并根据监测反馈结果实时调整掌子面压力、同步注浆量、进行洞内二次和多次注浆。这些参数的合理取值与施工机械、围岩特性等有关，因此应在事先设定参数的基础上，根据监测反馈结果实时调整；为确保成型后隧道质量、减少后续沉降，应严控管片拼装质量，并根据沉降监测结果进行洞内多次注浆。为减少对周围土体的扰动一般情况下，一般需要保持掘进速度稳定，波动较小，机械负荷适中，避免卡刀盘、停机等异常现象。在软土中宜将推进速度控制在 50~70mm/min 以内，在砂卵石地层中宜将掘进速度控制在 30mm/min 以内。本条文引用《公路与市政工程下穿高速铁路技术规程》(TB 10182-2017)。

**5.4.5** 当遇有不良地质情况时，在暗挖作业前，宜进行地质补勘，根据补勘制定有效措施，必要时编制专项方案并组织专家评审。

## 5.5 地基处理

**5.5.1** 桥梁隧道两侧均有地基处理或路基施工时，宜相对桥梁和隧道对称施工。

**5.5.2** 本条规定了采用堆载预压方式的地基处理，均应对桥梁、隧道结构的影响进行分析、评估。

**5.5.3** 在影响等级为特级和一级情况下，设计应明确注浆压力，应评估注浆压力产生的荷载效应对城市桥梁隧道结构的影响，避免采用三重管旋喷。

**5.5.4** 参照《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202—2013）第 4.2.3 条，附加压力可通过模拟计算获得数据。

## **5.7 爆破（振动）作业**

**5.7.10** 爆破用的炸药、膨胀剂管理应符合国家现行标准《爆破安全规程》GB 6722、《混凝土膨胀剂》GB/T 23439 以及《民用爆炸物品安全管理条例》等的相关规定。

**5.7.11** 爆破作业时应做好包括爆破作业点、爆破规模、爆破参数、爆破效果及爆破有害效应等的作业记录。

## **5.9 其他作业**

**5.9.2** 作业前应结合新建桥梁特点、周边环境、新建桥梁与既有桥梁的空间关系、新建桥梁与既有桥梁的结构发生关联与否等因素，编制专项施工方案、监测方案，并进行安全评估；施工过程应设置安全防护措施，并加强监测，保证高支模、吊装或顶推等外部作业不影响受保护桥梁结构的安全；上跨城市桥梁的外部作业为拆除既有桥梁时，作业前应结合待拆桥的特点、周边环境、待拆桥与保留桥的空间关系及结构关联情况等因素编制专项施工方案、监测方案，并进行安全评估；施工过程应设置安全防护措施，并加强监测，拆桥作业不影响受保护桥梁结构的安全。上跨城市桥梁的外部作业为架空线作业时，应满足现行国家标准有关规定。

# **6 安全监测**

## **6.1 一般规定**

**6.1.4** 监测布点和监测频率还应结合城市既有桥梁与隧道结构的结构形式、受力大小、承载余量以及周边地质构造、水文状况等确定。

**6.1.5** 人工巡视检查为依据《公路隧道养护技术规范》JTG H12-2015 和《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99-2017）所进行的桥梁与隧道结构的现状检查和测量。

**6.1.6** 传统监测方法一般是采用全站仪、水准仪、收敛计等仪器设备，并结合人工观测的

方法进行现场观测。随着监测技术的发展，三维激光扫描法、摄影测量法以及各种不同功能的光电传感器的应用等，逐渐成为城市桥梁隧道监测的新技术、新方法。在应用这些新技术、新方法之前，应与传统方法进行对比验证。

## 6.2 监测项目

**6.2.2** 一般桥梁和隧道结构的爆破振动安全判据为结构的振动速度  $V$  (cm/s)。只有当保护对象为管养单位有特殊要求的桥梁与隧道结构时，才需要增加爆破振动加速度作为安全判据，振动速度控制值和预警值由相关管养单位确定。

**6.2.3** 监测点和监测断面的布置，应根据外部作业影响等级和城市桥梁隧道结构的响应特征综合确定，监测断面应布置在预测变形和受力较大的位置即最不利位置，且监测断面数量应足够反映监测对象在整个结构的总体变化规律；在同一监测断面，测点数量应足够反应监测对象在该断面的变化规律。

## 6.3 监测频率

**6.3.1** 当监测数据接近既有结构安全控制指标值的 60%，或既有结构出现异常、外部作业有危险事故征兆等情况时，应加强对外部作业施工过程的监控，有针对性地采取以下措施：实施实时监测、扩大监测范围、增加监测项目、加密监测点和提高监测频率等。

## 附录 A 接近程度和外部作业的工程影响分区

**A.0.1** 参考《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202-2013）附录 A、《城市轨道交通既有结构保护技术规范》（DBJ/T 15-120-2017）附录 A 规定。

**A.0.2** 参考《城市轨道交通既有结构保护技术规范》（DBJ/T 15-120-2017）附录 A 规定。

## 附录 B 城市桥梁隧道结构安全控制指标值

**B.0.1** 参考《城市桥梁养护技术标准》（CJJ 99-2017）第 5.3.2 条规定，其中桥梁变形值、墩柱变位值应根据桥梁结构特点（如连续梁、刚构、简支梁等桥梁结构型式不同）计算确定。

**B.0.2** 参考《城市轨道交通结构安全保护技术规范》（CJJ/T 202-2013）附录 B 规定。