

福建省工程建设地方标准

DB

工程建设地方标准编号 : DBJ/T 13-431-2023

住房和城乡建设部备案号 : J 1 7 2 2 8 - 2 0 2 3

福建省市政隧道原位扩建 施工技术标准

Technical standard for the in-situ expansion construction of
municipal tunnels in Fujian province

2023-10-24 发布

2024-02-01 实施

福建省住房和城乡建设厅 发布

福建省工程建设地方标准

福建省市政隧道原位扩建 施工技术标准

Technical standard for the in-situ expansion construction of municipal
tunnels in Fujian province

工程建设地方标准编号 : DBJ/T 13-431-2023
住房和城乡建设部备案号 : J 1 7 2 2 8 - 2 0 2 3

主编单位: 福州市城乡建总集团有限公司
中铁十八局集团有限公司
福州大学
批准部门: 福建省住房和城乡建设厅
实施日期: 2 0 2 4 年 2 月 1 日

2023年福州

前 言

根据福建省住房和城乡建设厅《关于公布全省住房和城乡建设行业 2022 年第三批科学技术计划项目的通知》（闽建科〔2022〕15）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 基本规定；4. 既有隧道调查；5. 施工准备；6. 隧道原位扩挖与支护；7. 监控量测与超前地质预报；8. 施工质量控制。

本标准由福建省住房和城乡建设厅负责管理，由福州市城乡建设集团有限公司负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见和建议，请寄送福建省住房和城乡建设厅科技与设计处（地址：福州市北大路 242 号，邮编：350001）和福州市城乡建设集团有限公司（地址：福州市仓山区连江南路 136 号建总大厦，邮编：350007），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：福州市城乡建设集团有限公司
中铁十八局集团有限公司
福州大学

本标准参编单位：济南城建集团有限公司
闽鑫建工集团有限公司
永富建工集团有限公司
福建省富旺建设有限公司
福建恒茂源工程管理有限公司
福建紫金工程技术有限公司

福建省兴岩建设集团有限公司
福州市规划设计研究院集团有限
公司
福建省建筑工程质量检测中心有限
公司
福建省榕圣建设发展有限公司

本标准主要起草人：林财强 张广阔 关振长 傅木森
黄林祥 黄国双 严东升 汪文祥
林方昊 林皓 卢钦武 杜三虎
张乃焯 池善庆 吴联迎 方文新
郭兴 韩冬冬 郑东明 郑路
本标准主要审查人：陈培健 赖树钦 林震 唐颖
俞缙 郑金伙 陆传波

目 次

1	总 则	1
2	术 语	2
3	基本规定	3
4	既有隧道调查	4
4.1	一般规定	4
4.2	交通调查	4
4.3	衬砌病害调查	5
4.4	周边环境调查	6
5	施工准备	7
5.1	一般规定	7
5.2	施工人员、材料与设备的准备	7
5.3	施工风险评估	8
5.4	交通导改	10
6	隧道原位扩挖与支护	11
6.1	一般规定	11
6.2	既有隧道加固	11
6.3	原位扩挖与支护	12
6.4	爆破与非爆破开挖	14
7	监控量测与超前地质预报	16
7.1	一般规定	16
7.2	监控量测	16
7.3	超前地质预报	17
8	施工质量控制	19

8.1	一般规定	19
8.2	既有隧道加固	19
8.3	反压回填	20
8.4	既有隧道拆除	20
8.5	空腔加固	21
附录 A	隧道原位扩挖工法示意图	22
A.1	台阶法	22
A.2	中隔壁法	23
A.3	中隔壁预留核心土法	24
A.4	交叉中隔壁法	25
A.5	双侧壁导坑法	26
	本标准用词说明	27
	引用标准名录	28
	条文说明	29

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Regulations	3
4	Investigation of existing tunnels	4
4.1	General requirements	4
4.2	Investigation for traffic	4
4.3	Investigation for lining diseases	5
4.4	Investigation for surrounding environment	6
5	Preparation for construction	7
5.1	General requirements	7
5.2	Construction workers, materials and equipments	7
5.3	Construction risk evaluation	8
5.4	Traffic reform	10
6	In-situ excavation and support	11
6.1	General requirements	11
6.2	Existing tunnel reinforcement	11
6.3	In-situ excavation and support	12
6.4	Blasting and non-blasting excavation	14
7	Monitoring and geology forecast	16
7.1	General requirements	16
7.2	Monitoring	16
7.3	Geology forecast	17
8	Quality control	19

8.1	General requirements	19
8.2	Existing tunnel reinforcement	19
8.3	Backfill	20
8.4	Demolition of existing tunnel	20
8.5	Cavity reinforcement	21
Appendix A Diagrams for tunnel in-situ excavation methods		22
A.1	Top bench method	22
A.2	Center diagram method	23
A.3	Center diagram with residual core method	24
A.4	Cross diagram method	25
A.5	Bilateral side-drift method	26
Explanation of Wording in this Code		27
List of Quoted Standards		28
Explanation of Provisions		29

1 总 则

1.0.1 为规范福建省市政隧道工程的原位扩建施工,保障施工质量和安全,体现技术先进、经济合理、低碳节能,编制本标准。

1.0.2 本标准适用于采用新奥法或矿山法修建的既有市政隧道单侧或双侧原位扩建工程。

1.0.3 市政隧道原位扩建施工除应符合本标准的规定外,应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 市政隧道 Municipal tunnel

为满足城市交通需求所修建的各类通道式建筑。

2.0.2 隧道原位扩建 Tunnel expansion in-situ

拆除既有隧道构筑物，对既有隧道进行单侧或双侧扩挖，增大断面净空，重新施作支护、衬砌及相应设施的工程建设活动。

2.0.3 反压回填 Backfill

使用填筑材料对既有隧道进行回填，作为施工临时便道，并起到平衡围岩压力的作用。

2.0.4 既有隧道加固 Existing tunnel reinforcement

扩建施工之前，对既有隧道安全隐患进行处理，保障扩建施工安全、维持市政交通运营的措施。

2.0.5 支护拆除 Support demolition

隧道原位扩建过程中，对既有支护结构进行安全高效的拆除工作。

2.0.6 空腔加固 Cavity reinforcement

使用合适的材料对衬砌壁后空腔进行填充或加固处理。

3 基本规定

3.0.1 施工单位应收集既有市政隧道及沿线设施建设、系统升级、专项改造的设计文件、竣工文件、设备维护更新记录或其他相关资料，并对相关内容进行现场核对。

3.0.2 隧道原位扩建应考虑隧址地质条件和周边环境条件，结合隧道埋深、长度、断面、设备、工期要求、临时场地等条件，进行施工组织设计。

3.0.3 施工单位进场后，应详细调查隧道及沿线交通流量，根据交通流量及交通管理部门的相关要求，编制交通导改方案，并报有关部门审批。

3.0.4 应结合既有隧道运营状况调查和既有结构检测及安全评价，提出因地制宜、经济环保的既有隧道资源利用方案。

3.0.5 隧道原位扩建施工前及施工中，应根据地质复杂程度、水文条件、气象条件、周边环境以及扩建工程特点开展施工风险评估，制定安全应急预案。

3.0.6 隧道原位扩建施工过程中，应持续实施监控量测与超前地质预报。

3.0.7 应建立并执行严格的施工质量控制体系，包括施工方法、材料、设备、人员等方面，以确保施工质量达到设计要求和工程标准。

4 既有隧道调查

4.1 一般规定

4.1.1 除本章规定外，既有隧道调查应符合现行《高速公路改扩建交通组织设计规范》JTG/T 3392 以及《公路隧道养护技术规范》JTG H12 的规定。

4.1.2 既有隧道调查应由具有相应资质和经验的专业人员进行。

4.1.3 既有隧道调查宜采用非破坏性调查方法，必须采用破坏性调查时，应提前制定相应的修复措施和方案。

4.2 交通调查

4.2.1 施工单位宜对设计阶段给出的施工期间交通量预测结果展开复核。当实际情况发生变化时，宜补充调查并修正交通量预测结果，有条件时可利用大数据分析方法进行预测。

4.2.2 交通量复核宜包含以下内容：

1 既有隧道日平均和高峰小时交通量、流向及交通组成。

2 隧道原位扩建影响区内主要交叉口的日平均和高峰小时交通量及交通组成。

4.2.3 应收集隧道原位扩建影响区内，对交通组织设计有重大影响的下列资料：

1 施工期间的社会经济活动。

2 周边路网的道路状况与通行条件。

3 节假日、恶劣天气及自然灾害发生时，周边路网的交通量、流向及交通组成。

4.2.4 应分析施工方法及工艺、施工组织与计划对既有隧道通行条件的下列影响：

- 1 影响类型，主要包含保通车道数及车道宽度、侧向余宽、荷载限制、净空限制与设计速度限制等。
- 2 影响程度、范围和起讫时间。

4.3 衬砌病害调查

4.3.1 施工单位应对第三方检测公司出具的衬砌病害调查报告进行复核，并展开必要的补测。

4.3.2 衬砌病害调查应符合下列要求：

1 衬砌病害调查的主要内容包括：几何形态、表观裂缝与渗漏水、壁后空洞以及既有坍塌处治。

2 既有隧道须维持交通通行时，应调查通信、照明、通风、供电等机电设施的正常使用功能，以及调查隧道内外排水系统的正常使用功能。

4.3.3 衬砌几何形态主要调查内容包括：衬砌内轮廓断面形状、衬砌厚度、衬砌强度与配筋参数实际情况。

4.3.4 衬砌表观裂缝主要调查内容包括：表观裂缝的位置、分布、长度、宽度、深度、延伸方向等。

4.3.5 衬砌渗漏水主要调查内容包括：渗漏水的位置、分布、压力和流量，及其对既有隧道运营安全和结构安全影响的评价分级。

4.3.6 衬砌壁后空洞主要调查内容包括：二衬前对初期支护扫描资料、壁后空洞的位置、分布、几何尺寸、防水板，及其与扩建后隧道轮廓线的相对位置关系。

4.3.7 既有坍塌处治主要调查内容包括坍塌位置、坍塌范围、事故记录、处治方法以及对隧道原位扩建施工过程的影响。

4.4 周边环境调查

4.4.1 应对隧道原位扩建施工影响范围内的周边环境展开调查，并符合下列要求：

1 应调查隧址周边管线、文物和建筑物的分布与使用情况。需要重点保护的建构筑物，应考虑其保护标准并制定相应保护措施。

2 应调查生产生活用水、污水废气排放、施工营运噪声等对周边环境的影响，对敏感点应提出相应保护措施。

3 宜调查隧址附近的水体、矿产资源、植被分布等自然环境状况。

4.4.2 应调查洞口段边仰坡开挖与回填情况、坡体稳定情况，妥善处治可能出现的落石、坍方与泥石流等不良地质体。

4.4.3 宜利用既有隧道内部空间作为观察窗口，对断层破碎带地段的充填物性质、地下水补径排、围岩等级等开展细致调查；与勘察设计文件不相符时，应及时上报建设单位和监理单位，为确定处理措施提供必要依据。

5 施工准备

5.1 一般规定

5.1.1 除本章规定外，施工准备应符合现行《公路隧道施工技术规范》JTG 3660 以及《公路工程施工安全技术规范》JTG F90 的规定。

5.1.2 隧道原位扩建施工前，施工单位应核对并熟悉设计文件，并就重难点问题与设计单位充分沟通，同时结合既有隧道的交通调查、衬砌病害调查和周边环境调查，编制施工组织设计和专项施工方案。

5.1.3 应结合工程规模、工期要求、地形地貌、气象条件等情况，合理布置施工临时场地，并充分利用既有隧道内部空间及周边交通导改后形成的洞外空间。

5.1.4 应开展满足精度要求的控制测量与放样测量，与建设单位、监理单位办理测量桩点的交接工作，核对道路平纵断面和隧道平纵断面的控制点高程与坐标等关键数据，确定测量线、隧道中线和车道中线的具体位置。

5.1.5 应进行施工总体风险评估和重大风险专项评估，并结合施工组织设计与工程特点编制专项施工方案。

5.2 施工人员、材料与设备的准备

5.2.1 应根据工程规模、工期、技术难度等，配备满足工程需要的管理、技术、质检与安全人员。

5.2.2 隧道施工人员应经过岗前专业培训，接受安全、职业健康等教育，特种作业人员应持证上岗。

5.2.3 施工前应对管理人员、施工人员进行技术培训、操作规程培训，并进行技术安全交底。

5.2.4 材料进场时应按批次和规定频率进行试验、检测，并满足设计、施工的相关规范要求。

5.2.5 应配备满足工程需要的施工设备和检测仪器，并完成相应检定工作。

5.3 施工风险评估

5.3.1 施工单位应根据设计文件、现场环境调查及交通运营资料等，在风险事件识别的基础上开展风险源识别工作，风险源可分为以下3类：

1 施工条件风险，包括但不限于：地形地貌、水文地质条件、周边环境等。

2 结构方案风险，包括但不限于：扩建前后隧道左右洞净距、支护结构设计等。

3 施工方案风险，包括但不限于：扩建工法、施工工艺、新材料新设备等。

5.3.2 应成立由相关专业专家组成的评估小组，按指标体系法（如图 5.3.2-1 所示）和专家调查法（如图 5.3.2-2 所示），开展施工风险评估工作。

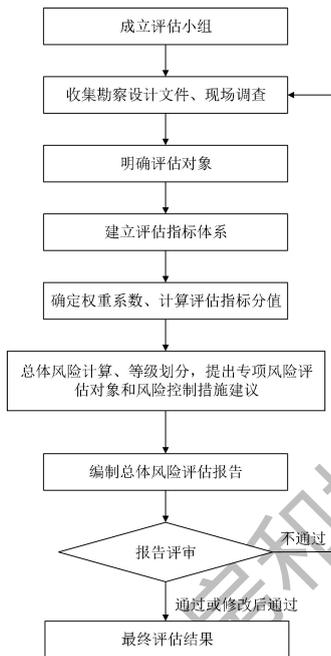


图 5.3.2-1 指标体系法

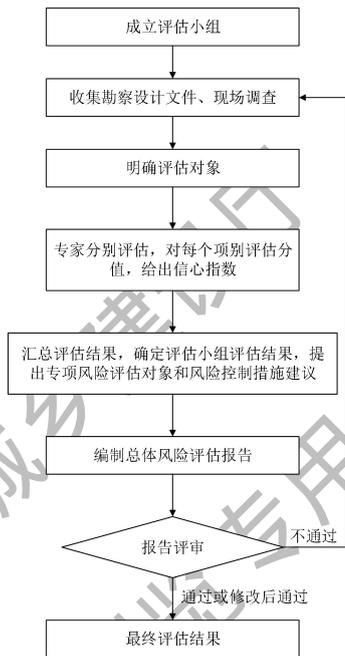


图 5.3.2-2 专家调查法

5.3.3 隧道原位扩建施工过程中,除常规风险源外,已扩建隧道、扩建中隧道、未扩建隧道之间应互为风险源,应根据作业顺序从地质条件、技术方案、作业环境及管理措施等多角度进行控制和防范。

5.3.4 应针对下列剩余风险编制应急预案:洞口段滑坡或落石、衬砌拆除引发围岩大变形或坍塌、初期支护及临时支撑大变形或损坏、掌子面失稳、隧道内涌水突泥、岩爆等。

5.3.5 对邻近运营隧道,应分别针对结构承载以及正常运营等两部分剩余风险,编制相应的应急预案。

1 结构承载应急预案应包括:施工扰动引发的既有衬砌开裂掉块、大变形、渗漏水,既有路基开裂、变形、渗漏水等。

2 正常运营应急预案应包括:停电、车辆事故、火灾、化学

品泄漏、交通管制、人流疏散等。

5.3.6 对原位扩建隧道周边环境，应针对下列剩余风险编制应急预案：周边建（构）筑物沉降与损坏等、地表土体滑移和周边管线变形等。

5.4 交通导改

5.4.1 应根据交通流量及交管部门要求编制专项交通导改方案，报交管部门审批并严格按照审批的方案实施。同时与交管部门加强联系，做好对沿线单位和居民宣传、沟通工作。

5.4.2 应按照批准的导改方案，设置安全标志，配合交管部门加强车辆和行人的交通管理，交通高峰期派专人协助交警疏导交通。进出工地的车辆和人员严格遵守交通法规，服从交管部门的命令和管理。

5.4.3 占道结束后应及时恢复路面通行能力，设置、完善相应的交通设施（标志、标线、信号灯等），经道路主管部门和公安机关交管部门验收合格，符合通行要求后，方可恢复通行。

6 隧道原位扩挖与支护

6.1 一般规定

6.1.1 除本章规定外，隧道原位扩挖与支护应符合现行《城市道路交通工程项目规范》GB 55011、《公路隧道施工技术规范》JTG 3660、《公路工程施工安全技术规范》JTG F90、《公路隧道加固技术规范》JTG/T 5440 以及《爆破安全规程》GB 6722 的规定。

6.1.2 风险评估等级为重大风险的隧道原位扩挖与支护工法，应先施作试验段，以验证开挖步序、支护参数、工艺质量等能否满足设计要求和施工安全。

6.1.3 根据施工组织要求，可利用既有隧道内部空间横向开口增加作业面，并制定相应的专项施工方案和风险应急预案。

6.2 既有隧道加固

6.2.1 对可能影响后续扩挖与支护施工安全的既有隧道，或内部开口增设作业面的扩建隧道，应采取必要的局部加固措施；对邻近运营隧道，应采取必要的整体加固措施。

6.2.2 既有隧道加固措施包括钢拱架、锚杆、注浆、钢筋网以及碳纤维布等，应根据具体工况选用一种或多种加固措施。

6.2.3 对既有隧道衬砌病害，宜采用注浆、锚杆、钢拱架支撑等措施进行加固，应符合下列要求：

1 当渗漏水严重时，在不影响结构性能的前提下，采用“疏、截、排、堵”等措施。

2 当围岩条件较差或有坍塌风险时,应在既有隧道拆除前采用注浆、锚杆等方式加固既有隧道及周边围岩。

3 壁后空腔应采用 C15 及以上混凝土填充,并进一步通过注浆加固空腔周边松散体。

4 衬砌壁后空腔位于起拱线以上时,宜采用补偿收缩混凝土或轻质泡沫混凝土等材料进行填充。

6.2.4 内部开口增设作业面时,宜采用钢拱架、注浆等措施进行临时加固,并符合下列规定:

1 内部开口区段的围岩等级不宜低于 IV 级,开口区段长度不宜大于既有隧道 10 榀钢架间距或不超过 6 米,前后加固区段长度均不应小于开口区段长度的 1 倍。

2 开口区段与前后加固区段均应进行壁后注浆加固,加固体范围应不小于扩挖隧道断面。

3 各榀钢拱架之间应通过系梁可靠连接,钢拱架拱脚处应采用螺栓或锚杆与既有隧道衬砌可靠连接。

6.2.5 对于邻近运营隧道,宜采用钢拱架、钢筋网以及碳纤维布等措施进行临时加固,应符合下列要求:

1 应根据既有隧道病害评估情况和交通通行需求,间隔或连续施作加固措施。

2 若衬砌结构完好,可采用钢架临时加固,加固时应满挂钢筋安全网,并采用木块楔紧拱架与衬砌间的空隙。

3 衬砌劣化严重或裂缝分布密集时,可采用碳纤维布结合钢筋安全网的组合措施。

6.3 原位扩挖与支护

6.3.1 洞口段扩挖应符合下列要求:

1 紧邻洞口段的桥、涵、路基挡护等工程的施工,应结合隧道原位扩建施工场地布置同步完成。

2 洞口段边仰坡宜综合采用清、锚、喷、植等措施进行加固，并采用 C25 及以上等级的喷射混凝土和厚层基材复绿。

6.3.2 洞身段原位扩挖常见方法见附录 A。单侧原位扩挖宜采用台阶法、中隔壁法、中隔壁预留核心土法或交叉中隔壁法，双侧原位扩挖宜采用台阶法或双侧壁导坑法，并应符合下列规定：

1 开挖循环进尺不宜大于既有隧道初期支护钢架间距。

2 对于扩建隧道轮廓线以外的空腔，应采用初支同等级的喷射混凝土或泵送混凝土填充，并二次注浆加固周边松散体。

3 应采用锁脚锚杆（锚管）将钢拱架脚部与围岩锁紧，同时钢拱架脚部严禁悬空，应立于坚实围岩上，单侧原位扩挖时可利用既有隧道衬砌结构作为临时支撑点。

4 临时支撑拆除时应增加监测频率。

5 采用台阶法进行扩挖施工时，严禁变更为全断面法进行扩挖施工。

6 采用中隔壁预留核心土法进行扩挖施工时，临时竖撑与未开挖围岩间应留有 30cm 以上空隙，形成爆破缓冲带。

7 隧道净距较小且围岩条件较差时，宜采用交叉中隔壁法进行扩挖施工。

8 采用双侧壁导坑法进行扩挖施工时，左右导坑的掌子面间距不应低于 10m，中间导坑和左右导坑的掌子面间距不应低于 10m。

6.3.3 既有隧道反压回填应符合下列规定：

1 回填长度应超前开挖掌子面，不宜小于 2 倍扩建隧道洞径。

2 回填高度应与扩挖方法匹配，不宜低于既有隧道拱腰，且满足施工车辆的通行需求。

3 反压回填质量要求见本标准 8.3 节。

6.3.4 既有隧道拆除应符合以下规定：

1 应根据开挖进尺将既有隧道二衬沿纵向分段，分段不得跨施工缝、变形缝。

2 原坍塌地段或围岩条件较差时，每段拆除长度不宜超过 2 榀钢架间距，同时应对未拆除衬砌施作临时支撑；围岩条件较好时，每段拆除长度宜为 1.5~3m。

3 既有隧道初期支护的拆除应与洞身段扩挖同步进行。

4 既有隧道二衬或初支拆除宜采用机械方案，当采用爆破方式拆除时，应预设环缝，并保证环缝内的钢筋完全切断。

5 既有隧道拆除的质量要求应符合本标准第 8.4 节的相关规定。

6.4 爆破与非爆破开挖

6.4.1 施工单位应根据设计文件以及有关部门批文，选择爆破或非爆破开挖方案，必要时宜组织第三方单位进行爆破可行性研究。

6.4.2 保证爆破振动速度符合安全规定的前提下，可进行爆破开挖，并符合以下要求：

1 爆破施工属于危大工程，应根据扩挖段围岩地质条件、开挖断面、开挖方法以及衬砌拆除方案等因素，编制专项施工方案并组织专家论证、审查。

2 爆破方案设计应满足下列要求：爆破后围岩稳定、无大剥落或坍塌、被爆围岩块度适于出渣、不影响未拆除衬砌的稳定性。有条件时可采用数值模拟方法对爆破方案进行优化。

3 爆破方案设计应严格控制单段最大爆破药量，并利用既有隧道临空面，提高钻眼效率和爆破效果、降低工料消耗。

4 隧道原位扩建施工过程中，应根据监测结果与爆破效果，动态优化爆破方案。

6.4.3 当周边环境敏感且爆破振速严格受限时，应采用静力裂解、水力切割、机械开挖等非爆破开挖方式。

6.4.4 应综合考虑围岩特性、原位扩挖工法、施工工效及经济性等因素，选择合适的非爆破开挖方式，并在施工过程中对具体方

案进行动态优化。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

7 监控量测与超前地质预报

7.1 一般规定

7.1.1 除本章规定外，监控量测与超前地质预报应符合现行《工程测量通用规范》GB 55018、《公路隧道施工技术规范》JTG 3660的规定，有条件时宜采用自动监测、无线传输监测技术。

7.1.2 监测项目应包括洞内及周边环境两部分，具体参数设置应由设计单位给出，由第三方监测单位评估补充，并满足下列要求：

1 动态反馈掌子面、围岩、新建衬砌、未拆除衬砌状态，为后续施工提供依据。

2 临时支撑拆除时应增加监测频率。

7.1.3 监控量测应与施工方案紧密配合，通过实测数据对掌子面、周边围岩、扩建隧道衬砌、邻近运营隧道衬砌、地表及周边建（构）筑物的稳定性和安全性进行综合评判，并形成相应工程建议。

7.1.4 超前地质预报内容应包括地质构造、不良地质与地下水，为后续施工中可能遭遇的不良地质及突发情况提供预警，为优化工程设计和施工提供依据。

7.1.5 超前地质预报应充分利用既有隧道的勘察资料、施工过程资料和竣工资料等；实施过程中可利用既有隧道提供额外的作业空间。

7.2 监控量测

7.2.1 洞内监控量测的必测项目包括：掌子面观察、未拆除衬砌观察、周边位移、拱顶下沉、地表下沉（洞口段、浅埋段）、拱

脚下沉（不良地质和特殊性岩土段）、未拆除衬砌爆破振速；选测项目包括：围岩压力、渗水压力、钢拱架内力、围岩内部位移、锚杆轴力、围岩弹性波波速等。

7.2.2 周边环境监测应考虑先扩建隧道对未扩建隧道影响，后扩建隧道对已扩建隧道影响，以及扩建隧道施工对周边建（构）筑物影响。其必测项目包括：

- 1 未扩建隧道衬砌的爆破振速与表观观察，以及临时钢拱架内力。
- 2 已扩建隧道衬砌的爆破振速与表观观察。
- 3 隧道浅埋段的地表沉降，周边敏感建（构）筑物的沉降、爆破振速与表观观察。

7.3 超前地质预报

7.3.1 超前地质预报应包括以下内容，并具体分析各种不良地质体对隧道原位扩建施工的危害程度。

- 1 断层破碎带的性质、产状、物质组成、富水情况、规模、构造发育以及与隧道的相对位置关系。
- 2 岩溶、人为坑洞、瓦斯等发育情况。
- 3 岩溶管道水、富水断层、富水褶皱轴以及富水地层中的裂隙水的分布、规模、水量、水压。
- 4 软弱夹层、破碎地层、煤层及特殊性岩土的地层岩性。

7.3.2 预报方法包括地质调查法、物探法与超前钻探法等，应根据原位扩建隧道地质复杂程度分级、扩建施工方案特点，进行多源信息融合的综合预报，并符合以下要求：

- 1 采用物探法时，除沿掌子面布设横向测线外，还可充分利用既有隧道空间，沿既有隧道布设纵向测线，对扩建影响范围内的地层进行全面探测。
- 2 对于危害程度重大的不良地质体，宜进行超前钻探补充调

查；除掌子面前方纵向打设超前钻探外，还可充分利用既有隧道空间开展横向超前钻探。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

8 施工质量控制

8.1 一般规定

8.1.1 除本章规定外,施工质量验收应符合现行《混凝土结构通用规范》GB 55008、《公路隧道施工技术规范》JTG 3660 以及《公路工程质量检验评定标准》JTG 20F801 的要求。

8.1.2 由于隧道原位扩建与新建隧道施工之间存在差异,施工质量验收应重点关注既有隧道加固、反压回填、既有隧道拆除、空腔加固等转序步骤。

8.2 既有隧道加固

8.2.1 既有隧道加固与内部开口注浆的压力、注浆量,应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察。

8.2.2 既有隧道加固与内部开口注浆的孔位置、数量、孔深,应符合设计要求。

检查数量:全数检查。

检验方法:观察、测量。

8.2.3 碳纤维布进场时,应对其品种、级别、型号、规格、包装、标识、产品合格证和出厂检验报告等进行检查,并应对碳纤维布的抗拉强度、弹性模量、伸长率和单位面积质量进行见证取样复验。

检查数量：每进场批次抽检 1 组。

检验方法：在确认产品批号、包装及中文标识完整的前提下，检查产品合格证、出厂日期、出厂检验报告和进场见证复验报告。

8.3 反压回填

8.3.1 回填所用材料的品种、级别、规格应符合设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察、测量。

8.3.2 回填压实质量应符合设计要求并满足通车需求。

1 单车道回填宽度不宜小于 4.5m，双车道施工便道不宜小于 6.5m。

2 回填应分层回填，每层回填厚度不大于 0.3m。

检验数量：按同区段、同填层检验不少于 3 处。

检验方法：测量。

8.4 既有隧道拆除

8.4.1 拆除进尺应符合本标准 6.3 节以及设计文件要求。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察，测量。

8.4.2 采用爆破拆除时，二衬以及初支分段处钢筋、导管应完全切断。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察。

8.4.3 拆除后同断面轮廓线纵向差值不宜大于 50cm。

检验数量：全数检查。

检验方法：观察、测量。

8.5 空腔加固

8.5.1 空腔加固、回填所用混凝土的水泥、细骨料、粗骨料、外加剂的品种、批号、规格、进场时间以及配合比应分批检验。

检验数量：每批抽检 1 次。

检验方法：检查出厂检验报告和取样送检。

8.5.2 空腔加固、回填所用混凝土的强度和用量应符合设计需求。

检验数量：同一配合比，每 3 个空腔取 1 组（每组大于等于 3 个）抗压强度试件。

检验方法：混凝土强度试验。

8.5.3 回填空腔的混凝土应密实、平整，应无裂缝、脱落、空鼓、渗漏水等现象。平整度允许偏差应为 30mm，且矢弦比不应大于 1/6。

检验数量：全部检查。

检验方法：观察、测量。

8.5.4 回填空腔混凝土的厚度应符合下列规定：

- 1 大于等于设计文件要求厚度的测点应在 80%以上。
- 2 最小值不应小于设计文件要求厚度的 80%。
- 3 厚度总平均值不应小于设计文件要求的厚度。

检验数量：每空腔检查 1 个断面。

检验方法：钻孔检查、超声波无损检测。

8.5.5 空腔回填混凝土与围岩之间无空洞，无杂物。

检验数量：每空腔检查 1 个断面。

检验方法：超声波无损检测。

附录 A 隧道原位扩挖工法示意图

A.1 台阶法

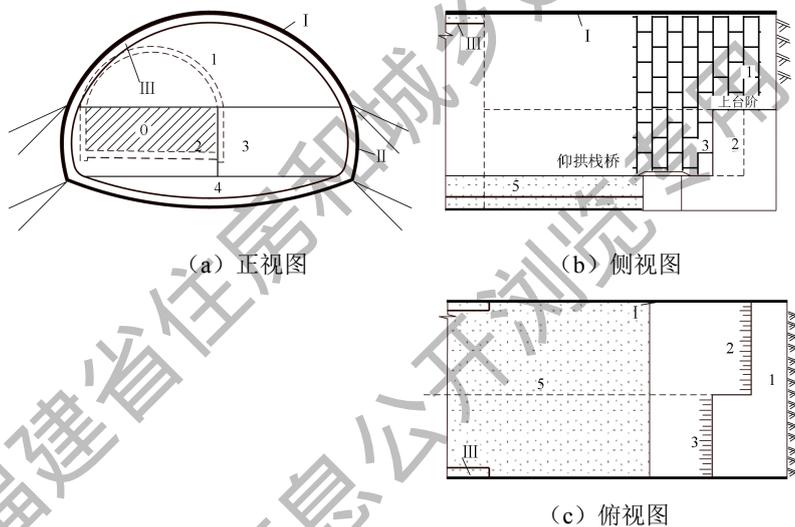


图 A.1 台阶法原位扩挖工序示意图

0-回填既有隧道至拱腰；1-上台阶开挖；I-上台阶初期支护和锁脚锚杆；2、3-上下台阶错开开挖；II-下台阶初期支护和锁脚锚杆；4-底部开挖；5-仰拱及填充混凝土；III-二次衬砌

A.2 中隔壁法

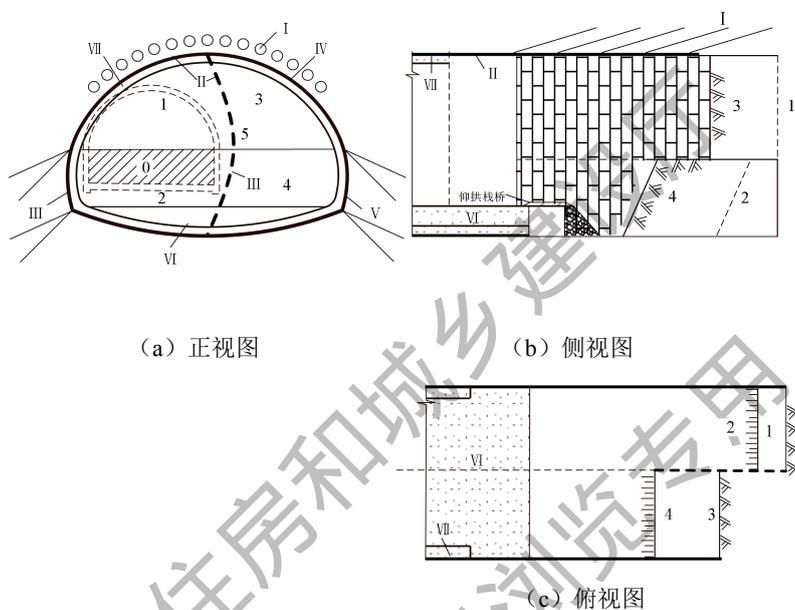


图 A.2 中隔壁法原位扩挖工序示意图

0—回填既有隧道至初次开挖断面； I—超前支护； 1—左侧上部开挖； II—左侧上部初期支护和锁脚锚杆； 2—左侧下部开挖； III—左侧下部初期支护封闭成环和锁脚锚杆； 3—右侧上部开挖； IV—右侧上部初期支护和锁脚锚杆； 4—右侧下部开挖； V—右侧下部初期支护封闭成环和锁脚锚杆； 5—拆除临时支撑（中隔壁）； VI—仰拱及填充混凝土； VII—拱墙二次衬砌

A.3 中隔壁预留核心土法

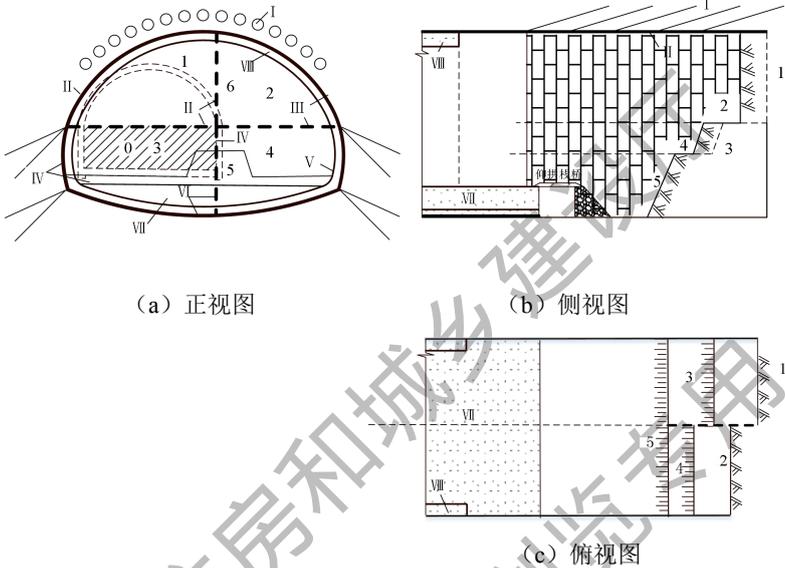


图 A.3 中隔壁预留核心土法原位扩挖工序示意图

0—回填既有隧道至拱腰； I—超前支护； 1—左侧上部开挖； II—左侧上部初期支护和锁脚锚杆，中隔壁支承于既有衬砌结构； 2—右侧上部开挖； III—右侧上部初期支护和锁脚锚杆； 3—左侧下部开挖，保留既有隧道衬砌结构； IV—左侧下部初期支护和锁脚锚杆； 4—右侧下部开挖； V—右侧下部初期支护和锁脚锚杆； 5—预留核心土开挖； VI—仰拱初期支护并封闭成环； 6—拆除临时支撑（中隔壁与横撑）； VII—仰拱及填充混凝土； VIII—拱墙二次衬砌

A.4 交叉中隔壁法

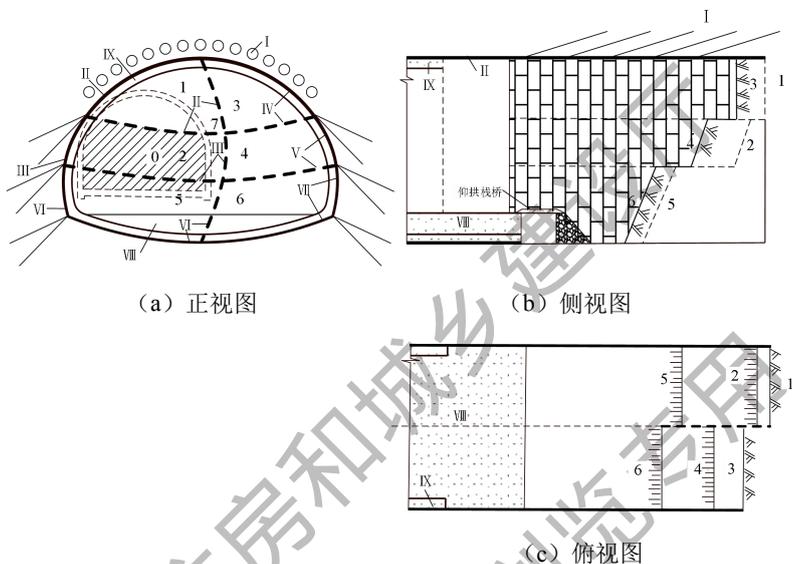


图 A.4 交叉中隔壁法原位扩挖工序示意图

0—回填既有隧道至初次开挖断面； I—超前支护； 1—左侧上部开挖； II—左侧上部初期支护成环和锁脚锚杆； 2—左侧中部开挖； III—左侧中部初期支护成环和锁脚锚杆； 3—右侧上部开挖； IV—右侧上部初期支护成环和锁脚锚杆； 4—右侧中部开挖； V—右侧中部初期支护成环和锁脚锚杆； 5—左侧下部开挖； VI—左侧下部初期支护成环和锁脚锚杆； 6—右侧下部开挖； VII—右侧下部初期支护成环和锁脚锚杆； 7—拆除临时支撑（中隔壁与横撑）； VIII—仰拱及填充混凝土； IX—拱墙二次衬砌

A.5 双侧壁导坑法

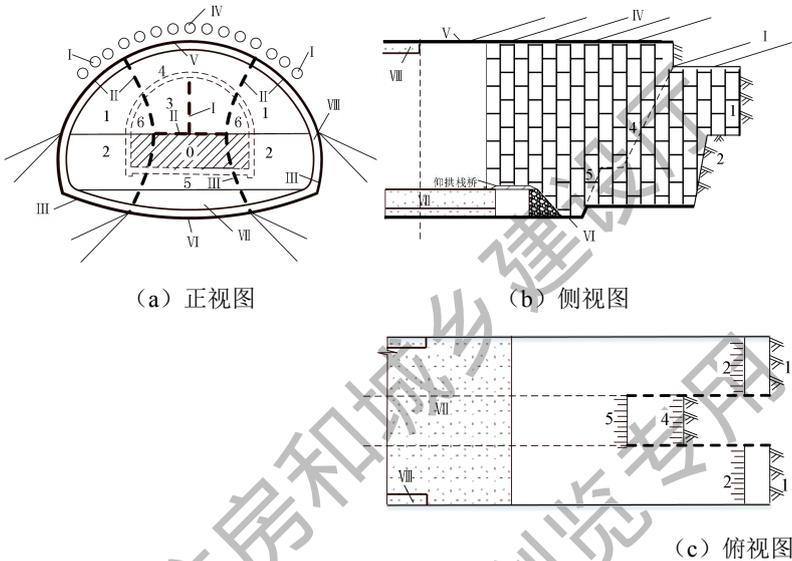


图 A.5 双侧壁导坑法原位扩挖工序示意图

0—回填既有隧道至初次开挖断面； I—两侧超前支护与中导坑临时竖撑； 1—左（右）侧导坑上部开挖； II—左（右）侧导坑上部初期支护、锁脚锚杆与中导坑临时横撑； 2—左（右）侧导坑下部开挖； III—左（右）侧导坑下部支护成环和锁脚锚杆； IV—拱部超前小导管； 3—拆除中部临时支护； 4—中导坑上部开挖； V—中导坑拱部初期支护与左右 II 闭合； 5—中导坑下部开挖； VI—中导坑下部支护与左右 III 闭合； 6—拆除临时支护； VII—仰拱及填充混凝土； VIII—拱墙二次衬砌

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词如下:

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 条文中指明应按其他有关标准执行时的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《城市道路交通工程项目规范》 GB 55011
- 2 《爆破安全规程》 GB 6722
- 3 《工程测量通用规范》 GB 55018
- 4 《混凝土结构通用规范》 GB 55008
- 5 《混凝土结构加固设计规范》 GB 50367
- 6 《公路隧道施工技术规范》 JTG/T 3660
- 7 《公路工程施工安全技术规范》 JTG F90
- 8 《公路隧道加固技术规范》 JTG/T 5440
- 9 《公路工程质量检验评定标准》 JTG 20F801
- 10 《公路隧道养护技术规范》 JTG H12

福建省工程建设地方标准

福建省市政隧道原位扩建技术标准

DBJ/T13-431-2023

条文说明

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

编制说明

《福建省市政隧道原位扩建技术标准》DBJ/T 13-431-2023，经福建省住房和城乡建设厅 2023 年 10 月 24 日以闽建科〔2023〕44 号文批准发布，并经住房和城乡建设部备案，备案号为 J17228-2023。

本标准制订过程中，编制组总结了福建省隧道原位扩建的实践经验，同时参考了国内外先进技术法规、技术标准。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《福建省市政隧道原位扩建技术标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，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标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	32
3	基本规定	33
4	既有隧道调查	34
4.2	交通调查	34
4.3	衬砌病害调查	34
4.4	周边环境调查	35
5	施工准备	36
5.1	一般规定	36
5.3	施工风险评估	36
6	隧道原位扩挖与支护	38
6.1	一般规定	38
6.2	既有隧道加固	38
6.3	原位扩挖与支护	39
6.4	爆破与非爆破开挖	40
7	监控量测与超前地质预报	41
7.1	一般规定	41
7.2	监控量测	41
7.3	超前地质预报	42
8	施工质量控制	43
8.1	一般规定	43
8.3	反压回填	43
8.4	既有隧道拆除	43

1 总 则

1.0.1 针对老旧隧道无法承载现有交通量需求的现状,并响应国家十四五规划和 2035 远景目标纲要中“加强出疆入藏、中西部地区、沿江沿海沿边战略骨干通道建设,有序推进能力紧张通道升级扩容”的战略需求,总结现有福建省内市政隧道原位扩建经验并规范施工流程、施工方案,制定本标准。

1.0.2 现有隧道扩建方案一般分为水平扩建与立体扩建,鉴于后者省内相关施工范例较少且经验积累不足,本标准适用对象为采用钻爆法施工的既有市政隧道单侧或双侧水平原位扩建工程。

1.0.3 既有市政隧道原位扩建施工除应符合本标准的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

3 基本规定

3.0.1 既有隧道在长时间运营后,其实际结构受力性能以及轮廓与既有竣工文件之间存在差异,在施工前应开展既有资料核对工作。

3.0.4 在保证施工安全的情况下,隧道原位扩建过程中拆除的既有隧道结构宜用于后续施工工序,如既有隧道衬砌可作为初期支护的落脚点以及拆除后的混凝土废料处理后可作为反压回填原料,从而安全、环保、经济地循环利用既有隧道资源。

3.0.5 隧道原位扩建施工是在破坏既有隧道结构稳定性的基础上,受既有隧道结构损伤、壁后空洞等不利因素影响下的围岩二次扰动再稳定过程,施工过程中应保证既有隧道和相邻结构物安全,并采取必要的监测和防护措施。

4 既有隧道调查

4.2 交通调查

4.2.1 针对于隧道扩建工程,施工期间的交通量大小决定施工方案、交通导改方案等,应在正式施工前开展复核工作,并根据实际情况进行动态修正。

4.2.4 由于隧道原位扩建过程中常需要保持交通畅通,在设计施工组织计划和施工方法及工艺时,应充分考虑其对隧道通行能力的影响,以保证邻近运营隧道通车安全。

4.3 衬砌病害调查

4.3.2 相较于新建隧道施工,隧道原位扩建施工中的风险源更为复杂,为保证扩建过程中的施工安全与通车隧道的运营安全,查明扩建施工隧道是否存在壁后空洞、衬砌厚度不足、衬砌损坏以及渗漏水等病害也是保证施工安全的必要条件。病害调查应符合现行《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)的规定。

4.3.4 表观裂缝主要是由于隧道洞身穿越岩溶、断层、构造破碎带等富水地带,隧道病害部位结构设计薄弱或存在缺陷,隧道内防排水设施设置不合理或失效等原因造成。根据现行《混凝土结构加固设计规范》(GB 50367)的相关要求,裂缝按其所处阶段分为3类:静止裂缝、活动裂缝、尚在发展裂缝。对于静止裂缝一般采用修补措施即可,对于活动裂缝和尚在发展裂缝,宜在加固处置且裂缝停止发展之后进行修补工作。

4.3.6 既有隧道的衬砌壁后空洞一般被松散体包裹,在长时间运

营的情况下将在渗漏水、围岩扰动等多种因素影响下进一步扩张，调查壁后空洞的尺寸、分布的同时考虑周边松散体十分必要。进一步地，当空洞位于扩建隧道轮廓线以内的，在不影响结构及周边围岩稳定的情况下可不作处置，因此调查内容包括空洞与扩建隧道轮廓线的相对位置也是有必要的。

4.3.7 既有隧道坍塌处虽然已经过处治与加固，但长时间的运营依然将对其造成多次扰动从而直接影响周边围岩稳定性，同时扩建中既有隧道拆除施工进一步造成应力释放以及围岩变形，易诱发二次坍塌，因此施工前应对既有隧道坍塌处位置、范围、事故记录、处治方法进行调查，用以判定在隧道原位扩建过程中是否存在坍塌或掉块风险。

4.4 周边环境调查

4.4.1 市政隧道常处于城市环境中，周边难免存在有敏感建(构)筑物。在隧道扩建施工之前应对周边环境进行调查，并设计合适的施工方法、提出相应的保护措施，以免施工影响周边人员正常生活、工作秩序，保证建(构)筑物稳定安全。

4.4.3 既有隧道已经具有完整的施工前调查资料、施工中调查资料，在改扩建隧道的地质勘察工作应得到充分利用，对确需补充勘察的地段应增补相应勘察工作。

5 施工准备

5.1 一般规定

5.1.2 竣工图纸是既有隧道最终版本的施工图纸，但既有隧道结构、位置等条件可能在多年使用过程中产生变化。施工前应通过控制测量与放样测量对既有隧道形状和相对位置的核查。

5.1.3 隧道原位扩建工程中宜充分利用既有隧道施工过程记录的地质资料，充分利用既有隧道纵向上提供的工作面，同时扩建隧道施工基本上需临时封闭交通，可以利用相邻路基段作为设备拼装场地、施工驻地等，从而减少临时用地占地，降低对周边生产生活的干扰。

5.3 施工风险评估

5.3.1 相比于新建隧道，隧道原位扩建施工具有更加复杂的风险来源。已扩建隧道、扩建中隧道、未扩建隧道之间互为风险源，因此应该更加注意风险源的辨识、评价与管理。对于风险源的辨识可参考《公路桥梁和隧道工程设计安全风险评估指南》与《公路水路行业安全生产风险辨识评估管控基本规范（试行）》。

5.3.5 不论是新建隧道还是扩建隧道，洞口段的施工都具有极高的风险。对于隧道原位扩建施工则具有更加复杂的风险源，如拆除既有衬砌可能引发的灾害或是施工过程中对未拆除衬砌产生的影响等，针对这些风险源编制应急预案是保障施工安全、有效应对风险的必要条件。

5.3.6 由于隧道原位扩建施工过程中对邻洞的通车需求，使施工

过程中的风险控制极其重要。在做好邻洞加固与防护的前提下，应针对影响正常运营的突发状况设置应急预案。

福建省住房和城乡建设厅
信息公开浏览专用

6 隧道原位扩挖与支护

6.1 一般规定

6.1.2 隧道原位扩建施工中风险源复杂,尤其是在经过地质条件差、施工难度高的重大风险地段时,适当设置试验段,可以很好地验证施工工法选取的合理性、可靠性。

6.1.3 市政道路的保通压力较大,相应工期要求较高,在此类既有隧道原位扩建的工程施工中可以考虑从既有隧道内部开口的方式,通过增加作业面进而提高施工进度、降低工程造价。

6.2 既有隧道加固

6.2.1 既有隧道的加固是扩建安全施工的重要保障,包括扩建隧道本身以及邻近运营隧道两部分。局部加固适用于扩建隧道衬砌渗水,裂缝,壁后空洞等病害,目的在于保证既有结构在扩建过程中的稳定;而整体加固目的在于维持周边围岩的稳定性以保证邻近隧道正常运营。

6.2.3 对于既有隧道壁后空洞应于既有隧道结构拆除前进行注浆及混凝土填充加固,其中注浆作为空腔、松散体以及填充混凝土的一体化加固措施,应于混凝土填充后进行。当壁后空腔位于衬砌起拱线以上时,采用泵送填充混凝土将在重力作用下与空洞壁之间存在缝隙,使得填充效果较差,宜采用收缩补偿混凝土或轻质泡沫混凝土等材料进行填充。

6.2.4 由于隧道原位扩建过程中需要保证正常运营,施工受限多、难度大,因此可采用内部开口的方式以增加作业面,从而提高施

工速度。但扩建工程中内部开口即对既有隧道周边围岩造成较大扰动，需着重注意开口作业范围内的加固工作。

6.2.5 对于临近运营隧道保障交通的需求，可满布钢筋网防止较大的掉块以及碳纤维布以防止小型裂缝掉灰。

6.3 原位扩挖与支护

6.3.1 洞口段扩建施工时会对既有洞口边坡造成扰动，可能在施工期间发生塌方落石，在确定改扩建隧道洞口方案时，应对洞口周边已有的或可能发生塌方落石的地段进行重点调查与治理。

6.3.2 洞身原位扩挖方案的选择，主要受道路线型以及地质条件制约，原位扩建时应避免对围岩造成过大的扰动，有必要时应采用数值模拟进行扩挖方案比选。需要注意的是，由于目前隧道扩建工程一般为2车道扩建为4车道，前者隧道宽度一般接近后者的1/2，线型和地质条件允许时，宜采用较为简单的单侧扩挖方案。此时，临时初支与既有衬砌的空间位置较为重合，可以利用既有衬砌的剩余部分作为临时初支的基础，实现绿色、低碳的隧道原位扩建。

6.3.3 由于扩建施工过程中需要进行衬砌拆除、扩建开挖等工序，同时保证未拆除部分衬砌的稳定性，因此需要进行反压回填作业。对隧道下半部分进行回填，一方面提供了衬砌拆除、扩建开挖工序的工作空间，另一方面也为围岩与衬砌提供了反力。

6.3.4 一次拆除的衬砌长度应根据既有衬砌所处围岩条件、施工条件、工期要求做适当调整，根据地质勘察报告，围岩等级IV级（或以下）可认为围岩条件较差，围岩等级III级（或以上）可认为围岩条件较好。需要注意的是，采用爆破拆除时，应沿隧道环向预制裂缝并切断既有隧道初支及二衬的钢筋，以保证未拆除既有隧道结构的稳定性。

6.4 爆破与非爆破开挖

6.4.2 在采用爆破开挖方式时，应严格执行《爆破安全规程》GB 6722，爆破方案的设计应充分考虑并利用隧道既有临空面。在进行爆破施工过程中应加强对正常通行隧道裂缝、掉块、渗漏水等情况的监测，若出现裂缝增大、渗漏水加剧的情况应立即暂停施工，评价施工安全性，采取适当措施对隧道展开检测与处治，并优化开挖方案。

7 监控量测与超前地质预报

7.1 一般规定

7.1.2 施工单位确定具体施工方案后,应交由设计单位作施工评估以给出具体监测参数及预警指标,监控量测应达到掌握围岩和支护状态、支护设置合理性、隧道安全性的目的,为之后施工中调整设计方案、优化施工工艺提供支撑。

7.1.3 与新建隧道不同,隧道原位扩建工程常需要在保证交通的情况下进行施工。在扩建隧道施工过程中对临近运营隧道的监测就显得极为重要。为使监控量测充分发挥作用,在制订监控量测计划时应充分考虑现场条件,尤其应该注意与施工工序之间的关系,可适当利用既有隧道空间进行监控量测工作,尽量减少对其它施工工序的影响。

7.2 监控量测

7.2.1 对于隧道扩建项目,洞内监测部分要求与新建隧道类似,不同之处主要在于未拆除衬砌很大程度上影响着扩建开挖工作面的稳定性,对施工安全起重要作用,应对各工序后的未拆除衬砌裂缝、掉块、大变形等不稳定因素进行排查。

7.2.2 由于原位扩建工程两隧道之间、施工隧道与周边环境之间互为风险源,因此将周边环境监测分为3部分。未扩建隧道有保证正常通车的需求,所以对未扩建隧道应针对可能影响交通安全的因素做重点监测。在后扩建隧道施工过程中,先扩建隧道已完

成施工并通车，此时同样需要针对可能影响已扩建隧道安全运营的因素做重点关注。

7.3 超前地质预报

7.3.1 在既有隧道基础上进行扩建施工，可充分参考既有隧道竣工资料。但至扩建施工开展时，既有隧道所处地质条件可能发生改变，产生空洞、裂隙等不良地质情况，与竣工资料或设计资料存在误差，有必要进行超前地质预报对地质勘察资料进行核实，并及时调整设计和施工方案。

7.3.2 实施地质预报应根据市政隧道的地质环境与特点，选择适宜的地质预报方法，运用物探与钻探相结合、长距离与短距离相结合、地面与地下相结合、超前导洞与主洞探测相结合等综合方法，多种物探结果相互验证、综合分析，提高预报准确性。不同于新建隧道，隧道原位扩建工程具有既有隧道形成的操作空间，可更加灵活地进行地质预报操作。例如，可以沿隧道轴线布置横向钻探、物探方法可以更加全面的了解待开挖岩土体的状态。

8 施工质量控制

8.1 一般规定

8.1.2 对于扩建工程,施工转序直接影响既有结构稳定与施工安全,对于各工序,需要格外关注提供反向围岩压力的回填工序、提供开挖工作面以及影响后续结构稳定的既有隧道拆除工序以及直接影响周边围岩稳定性的空腔加固工序。

8.3 反压回填

反压回填的目的在于为扩建工程提供基础作业平台且需要满足通车需求,同一区段内回填按压实度、厚度、宽度作划分依据。

8.4 既有隧道拆除

既有隧道拆除至扩挖初期支护的时间段内,工程作业在周边围岩二次扰动且未支护的情况下风险较高,因此要特别保证既有隧道拆除质量。单次拆除进尺不宜超过扩挖进尺且同断面轮廓线不宜差距过大以避免局部应力集中,爆破时应确保分段处钢筋、导管应完全切断以防止扩挖施工影响后续未拆除隧道结构稳定。