JTG

中华人民共和国推荐性行业标准　　JTG/T 3391—2026

公路隧道改扩建技术规范

Technical Specifications for Reconstruction and Expansion of Highway Tunnels

交通运输部信息公开
浏览专用

2026-10-12 发布　　2026-12-01 实施

中华人民共和国交通运输部发布

前　言

根据交通运输部公路工程行业标准制修订项目计划的要求，由中交第一公路勘察设计研究院有限公司作为主编单位承担《公路隧道改扩建技术规范》（以下简称“本规范”）的制定工作。

编写组在总结我国公路隧道改扩建设计、施工、科研成果和实践经验，充分借鉴国内外相关标准及成熟技术，并广泛征求、吸收行业主管部门、勘察、设计、施工、科研院校、建设和运营管理等有关单位专家意见和建议的基础上，完成了本规范的编制工作。

本规范包括12章和5个附录，分别是：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 调查与检测、5 总体设计、6 荷载与结构计算、7 土建工程设计、8 施工准备、9 改建隧道施工、10 扩建隧道施工、11 增建隧道施工、12 监控量测，附录A 隧道典型改扩建方式、附录B 深埋隧道（单洞）扩建围岩压力计算方法、附录C 非对称小净距隧道围岩压力计算方法、附录D 非对称连拱隧道围岩压力计算方法、附录E 隧道复合式衬砌参数参考表。

本规范由韩常领负责起草第1章、第3章，董长松、李建斐负责起草第2章，富志鹏、杨健负责起草第4章，王万平、安冠宇负责起草第5章，夏才初负责起草第6章、附录B、附录C、附录D，唐颖、李建斐、李志厚负责起草第7章，王孝荣、富志鹏负责起草第8章，董长松、项斌负责起草第9章，曹校勇、王孝荣负责起草第10章，刘小辉、项斌负责起草第11章，王雪霁、仇玉良负责起草第12章，韩常领、李建斐负责起草附录A，唐颖负责起草附录E。

请各有关单位在执行过程中，将发现的问题和意见，函告本规范日常管理组，联系人：韩常领（地址：陕西省西安市高新区科技四路205号；邮政编码：710065；电话：029-61322888；邮箱：706545076@qq.com），以便修订时研用。

主 编 单 位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参 编 单 位：福建省交通规划设计院有限公司
宁波大学
贵州省交通规划勘察设计研究院股份有限公司
中铁长江交通设计集团有限公司
中铁十五局集团有限公司
云南省交通规划设计研究院股份有限公司
浙江省隧道工程集团有限公司

交通运输部公路局公开 试用专用

主　　编：韩常领

主要参编人员：富志鹏　夏才初　唐　颖　王万平　董长松　李建斐
王雪霁　王孝荣　杨　健　曹校勇　刘小辉　李志厚
项　斌　安冠宇　仇玉良

主　　审：程崇国

参与审查人员：王　太　黄伦海　李伟平　郜玉兰　赵春发　彭国才
陶连金　韦　虎　李　华　肖了林　万明富　尤显明
梁淦波　王　联　万　利　李玉文　石新栋　许崇帮
刘洪洲　钱师雄　仲继红

参 加 人 员：张安睿　赵力国　曹升亮　李　招　徐　晨　苟　超
曾东洋　马志伟　罗　刚　田　正

交通运输部信息公开浏览专用

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 3
3　基本规定 …… 4
4　调查与检测 …… 6
4.1　一般规定 …… 6
4.2　调查 …… 6
4.3　既有隧道检测与评价 …… 7
4.4　地质勘察 …… 8
5　总体设计 …… 9
5.1　一般规定 …… 9
5.2　隧道改扩建方式 …… 9
5.3　隧道线形设计 …… 13
5.4　隧道建筑限界 …… 13
5.5　横通道与紧急停车带 …… 14
5.6　交通组织 …… 15
5.7　施工计划 …… 16
6　荷载与结构计算 …… 17
6.1　一般规定 …… 17
6.2　荷载计算 …… 17
6.3　结构计算 …… 19
7　土建工程设计 …… 20
7.1　一般规定 …… 20
7.2　增建隧道衬砌结构 …… 21
7.3　扩建隧道衬砌结构 …… 22
7.4　横通道与紧急停车带衬砌结构 …… 25
7.5　既有隧道加固 …… 26
7.6　洞口及洞门 …… 27
7.7　防水与排水 …… 29
7.8　路基与路面 …… 29

交通运输部信息公开
浏览专用

8　施工准备 …… 31
8.1　一般规定 …… 31
8.2　施工场地与临时工程 …… 32
8.3　人员、材料及设备 …… 33
9　改建隧道施工 …… 35
9.1　一般规定 …… 35
9.2　既有隧道加固 …… 35
9.3　既有隧道衬砌局部拆除 …… 36
9.4　既有隧道衬砌整环拆除 …… 36
9.5　改建隧道支护及衬砌恢复施工 …… 37
9.6　电缆沟槽与设备洞室 …… 38
10　扩建隧道施工 …… 39
10.1　一般规定 …… 39
10.2　隧道洞口扩建 …… 40
10.3　扩建隧道既有衬砌拆除 …… 41
10.4　扩建隧道洞内扩挖 …… 42
11　增建隧道施工 …… 48
11.1　一般规定 …… 48
11.2　增建隧道施工与既有隧道保护 …… 48
11.3　增建横通道 …… 49
12　监控量测 …… 50
12.1　一般规定 …… 50
12.2　既有隧道监控量测 …… 50
12.3　扩建隧道监控量测 …… 51
附录 A　隧道典型改扩建方式 …… 53
附录 B　深埋隧道（单洞）扩建围岩压力计算方法 …… 59
附录 C　非对称小净距隧道围岩压力计算方法 …… 63
附录 D　非对称连拱隧道围岩压力计算方法 …… 67
附录 E　隧道复合式衬砌参数参考表 …… 72
本规范用词用语说明 …… 74

交通运输部信息公开
浏览专用

1 总则

1.0.1 为规范和指导公路隧道改扩建设计与施工，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于以钻爆法为主要开挖手段的各等级公路隧道改扩建土建工程。

1.0.3 公路隧道改扩建工程应贯彻全寿命周期设计理念，遵循“改扩建与利用结合、建管养运相互协调”的原则，满足安全、耐久、环保、经济的要求。

1.0.4 既有隧道工程应在调查、检测、评价的基础上，结合改扩建需求、运营情况，予以充分利用。

1.0.5 公路隧道改扩建工程应根据超前地质预报和监控量测成果，实施动态设计、信息化施工和安全风险管理。

1.0.6 公路隧道改扩建工程应遵循“保护环境、资源利用、节约用地”的原则，使工程与环境、资源和谐统一。

1.0.7 公路隧道改扩建工程应贯彻国家有关技术经济政策，积极稳妥地采用新技术、新材料、新设备、新工艺。

1.0.8 公路隧道改扩建工程除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关强制性标准的规定。

交通运输部信息公开
浏览专用

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 隧道改扩建 tunnel reconstruction and expansion

为提高隧道技术标准、增加车道数、改善技术状况、提升安全韧性等进行的既有隧道改建、扩建和增建隧道的工程行为。

2.1.2 隧道改建 tunnel reconstruction

为增强既有隧道结构安全、调整横断面布置、局部重建、局部线位调整等进行的工程行为。

2.1.3 隧道扩建 tunnel expansion

扩大既有隧道净空断面、增加行车道，原址扩挖建设隧道的工程行为。

2.1.4 增建隧道 additional tunnel

邻近既有隧道或既有道路增设的隧道。

2.1.5 单侧扩挖 excavation on one side of existing tunnel

向既有隧道一侧扩挖的扩建方式。

2.1.6 两侧扩挖 excavation on both sides of existing tunnel

向既有隧道左右两侧扩挖的扩建方式。

2.1.7 周边扩挖 excavation along the perimeter of existing tunnel

向既有隧道四周扩挖的隧道扩建方式。

2.1.8 机械开挖法 mechanical excavation method

采用机械劈裂、破碎、切割、水磨钻等方式拆除既有隧道衬砌结构、开挖围岩的方法。

交通运输部信息公开浏览专用

2.2 符号

2.2.1 材料性能

R_S^B——中隔墙顶部岩土体的设计抗压强度；

γ——围岩重度；

θ——滑面的摩擦角；

φ——围岩内摩擦角；

φ_c——围岩计算内摩擦角。

2.2.2 荷载

q——作用在支护结构上的均布荷载；

q_1——基本松散压力；

q_2、q_2'——附加松散压力；

q_3——中隔墙顶部松散压力。

2.2.3 几何参数

B_z——中隔墙或中夹岩有效宽度；

H_1、H_2、H_3——导洞的塌落拱高度；

β——隧道内、外侧破裂面与水平面夹角。

2.2.4 计算系数及其他有关符号

i——开挖宽度每增减 1m 时的围岩压力增减率；

η——影响系数；

λ——侧压力系数。

交通运输部信息公开 浏览专用

3 基本规定

3.0.1 应根据总体设计要求，对既有隧道进行调查，开展结构验算与安全性评价，并按现行《公路隧道养护技术规范》（JTG 5130）评定既有隧道技术状况，确定既有隧道直接利用、加固利用或不利用等方案。

3.0.2 隧道改扩建技术标准确定应符合下列规定：

1 增建及扩建隧道应采用现行技术标准。

2 改建隧道技术标准应综合论证后确定。

3 利用的既有隧道可维持原技术标准，当设计速度提升时应重新核定技术标准。

条文说明

2 改建隧道涉及类型较多，有高速公路隧道、低等级公路隧道，还有利用原单洞隧道与新建隧道组成一级或高速公路上下行隧道、接近使用年限原级改造的低等级公路隧道以及局部改线重建的隧道，早期建设的既有隧道建筑限界多数不能满足现行标准要求，故本着对既有工程结构和设施尽量利用的原则，改建隧道采用的技术标准需结合路段改建要求、行车安全、通行能力、改建难度、工程规模等进行综合论证后确定。如对运营状态良好的既有隧道，可以维持原设计技术标准，单洞双向行驶变为单洞单向行驶、限界可以满足现行标准或低等级公路原位重建时则采用现行标准。

3 对于利用的运营多年、运营状态良好的既有隧道，为减少改扩建工程量，节约投资，可以采用原设计技术标准。隧道改扩建提升设计速度时，需核实既有隧道的净空是否满足对应设计速度的要求，早期建设的既有隧道建筑限界多不满足现行标准要求，需进行专题论证，重新核定技术标准。

3.0.3 隧道改扩建方案应根据路线总体设计、地形、地质、环境、既有隧道技术状况、衬砌加固与拆除难度、改扩建施工对既有隧道的影响、交通组织等因素进行综合比选。

3.0.4 隧道机电设施改扩建应与土建工程协同设计、同步实施。

3.0.5 改扩建隧道主体结构应符合下列规定：

交通运输部信息公开浏览专用

1　改建利用的既有隧道结构，其强度、稳定性和耐久性等指标应符合原设计技术标准的要求，并满足安全使用要求，对不符合要求的局部段落应进行加固或拆除重建。

2　改建隧道局部新建和拆除重建段、扩建和增建隧道结构应具有规定的强度、稳定性和耐久性，并符合现行技术标准的要求。

3.0.6　隧道改扩建施工宜利用既有隧道进行补充地质勘察与超前地质预报。

条文说明

考虑到钻探可能会对既有隧道结构产生不利影响，一般尽量采用物探等手段；当采用钻探时，需对钻探可能对既有隧道造成的影响以及行车安全行进行评估，需采取必要的措施将其对既有隧道运营、衬砌结构的影响降至最低。

3.0.7　扩建、增建隧道施工时，应对邻近的既有隧道进行安全隐患排查，对既有隧道进行跟踪监测。

3.0.8　应结合路段总体交通组织要求，制定隧道路段施工期的交通组织方案。采取的交通组织疏导与工程措施应满足施工路段车辆通行和施工作业安全要求。

3.0.9　隧道改扩建应考虑在施工、运营阶段对环境的影响，统筹既有工程、设施和废弃物的集约利用，妥善处理弃渣和污水，并做好生态修复。

3.0.10　隧道改扩建工程质量评定标准应按现行《公路养护工程质量检验评定标准　第一册　土建工程》（JTG 5220）和《公路工程质量检验评定标准　第一册　土建工程》（JTG F80/1）的有关规定执行。

交通运输部信息公开
浏览专用

4 调查与检测

4.1 一般规定

4.1.1 应根据改扩建隧道现状和环境条件，确定调查的内容和范围，制定调查计划与检测方案。

4.1.2 改扩建隧道调查与检测应在设计阶段和施工阶段分别进行，调查与检测资料应齐全、准确，并符合下列规定：

1 设计阶段调查与检测的内容、范围、深度等应符合相应设计阶段的要求。

2 施工阶段应对既有隧道状况开展现场调查、监测；应对扩建、增建隧道开展跟踪地质调查、超前地质预报等工作，并贯穿施工全过程。

条文说明

改扩建隧道设计阶段调查主要包括既有隧道资料调查、工程周边环境调查、施工环境及交通组织调查、极端环境条件与地质灾害调查。施工阶段调查主要包括施工进场时的现场调查和施工过程中的调查。

4.1.3 改扩建隧道地质勘察应充分利用既有隧道的工程资料，开展地质核查或补充勘察，增建隧道应重新进行工程地质勘察。

4.2 调查

4.2.1 既有隧道资料搜集与调查应包括下列主要内容：

1 既有隧道勘察、设计文件及设计变更资料。

2 施工方法、施工风险事件及处治、施工缺陷和修复、交竣工资料等。

3 养护记录、历次检测报告、维修加固技术资料、运营状况等。

4 衬砌结构、横通道、附属洞室、紧急停车带、路面、防排水系统现状等。

5 洞门、洞口边仰坡防护、危岩处治及截排水系统等。

6 既有隧道交通量及交通组成。

交通运输部信息公开浏览专用

4.2.2 隧道周边环境调查应包括下列主要内容：

1 邻近建（构）筑物以及水利、公路、铁路、轨道交通、电力设施等。

2 矿产资源及有害气体分布范围、有害成分及含量。

3 附近的水系、植被分布、气象条件等自然环境状况。

4 改扩建隧道对周边生态环境及建（构）筑物、水利与交通设施的影响。

4.2.3 施工条件调查应包括施工便道、场地、拆迁、用水、供电、通信、建筑材料、弃渣场地、污水排放等内容。

4.2.4 交通组织调查应包括可供分流的公路网交通条件、技术状况、交通特性、对分流有影响的构造物分布等内容。

条文说明

交通组织调查的目的在于分析预测施工路段和区域路网的交通量，为制定路网分流方案提供依据。

交通特性指区域路网日常及节假日交通流量流向、客货组成、车辆类型组成、项目路过境、区间、路段车流状况等。

4.2.5 应对气象、地震、洪水等极端环境、地质灾害以及既有隧道抗灾防灾能力进行调查。

条文说明

对既有隧道抗灾防灾能力进行调查，是发现安全隐患、增强抗灾防灾能力、提升安全韧性的有效手段，重点是对现场水文地质与工程地质、气象灾害隐患进行排查，可以按《公路安全韧性提升技术指南（试行）》相关要求进行。

4.3 既有隧道检测与评价

4.3.1 应对隧道的净空断面、衬砌结构厚度和强度、衬砌背后脱空、衬砌裂缝、渗漏水、路面结构与抗滑性能、隧底状况、耐久性相关指标等进行检测。

条文说明

既有隧道衬砌可能存在脱空、开裂等病害时，若直接进行改扩建施工可能会引发施工风险事件，改扩建设计前需对既有隧道可能存在的病害进行检测。衬砌裂缝检测时需记录裂缝形态、起止点、宽度、深度、分布范围，并观测裂缝发展状态，判断发展趋势。

交通运输部信息公开浏览专用

4.3.2 隧道衬砌结构宜采用无损检测，并结合病害情况进行钻孔验证。

4.3.3 应对隧道洞口位置、线形、路面高程、横通道位置进行复测。

4.3.4 应根据检测结果，结合结构计算、安全性评价及工程类比，分析增建或扩建隧道对既有隧道的影响，并提出下列可用性建议：

1 直接利用的可行性及条件。

2 加固改造后利用的可行性及加固方案。

3 拆除重建或新建的必要性。

4 施工期间既有隧道保护措施及交通组织方案。

4.4 地质勘察

4.4.1 隧道改扩建工程应根据设计阶段、改扩建方式、既有隧道地质条件及病害情况等确定地质勘察工作内容、范围。

4.4.2 应结合改扩建隧道工程特点，开展工程地质调绘、现场调查、勘探和试验等工作。

4.4.3 不良地质、特殊性岩土段和既有隧道施工阶段发生过塌方、突泥涌水等段落以及运营阶段发生变形、开裂、渗漏水等严重病害段落，应进行重点勘察。

条文说明

既有隧道建设过程中已全程揭示地质条件，施工中发生过风险事件、存在缺陷或病害的段落，以及岩溶、采空区、瓦斯等不良地质和膨胀岩、湿陷性黄土等特殊岩土段落，在改扩建隧道施工时可能存在安全隐患，对这些段落需进行补充勘察，查明既有隧道施工后的工作状态，为改扩建隧道设计提供基础资料。

4.4.4 应根据勘察成果以及既有隧道施工揭示的地质条件，考虑既有隧道施工扰动、围岩变形等因素，评价隧道围岩稳定性、突涌水风险以及开挖施工对既有隧道的影响，综合确定隧道围岩级别、预测涌水量，并提出地质建议。

4.4.5 施工中应根据超前地质预报与跟踪地质调查，核定围岩岩性、构造、地下水及围岩级别等情况，及时预测施工中可能遇到的地质问题，必要时进行补充勘察。

交通运输部信息公开浏览专用

5 总体设计

5.1 一般规定

5.1.1 隧道改扩建总体设计应根据采用的技术标准、功能要求，本着优先利用既有隧道的原则，进行改建、扩建、增建及其组合方案的综合比选论证。

5.1.2 隧道改扩建设计应包括隧道布置、支护与衬砌结构设计、既有隧道加固与防护、施工方案和交通组织等。

5.1.3 改扩建隧道应做好实施方案的安全性论证，并减少对相邻隧道、周边建（构）筑物的影响。

5.1.4 改扩建隧道工程方案应与施工期及运营期交通组织方案相协调，减小对交通通行的影响。

5.1.5 改建或利用的既有隧道设计速度与隧道前后路段设计速度差不应大于20km/h。

条文说明

本条依据《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370.1—2018）第17.4.2条第3款制定。

5.2 隧道改扩建方式

5.2.1 隧道改扩建可采用下列方式：

1 既有隧道线形和净空满足安全使用要求时，宜利用既有隧道。技术状况评定为1、2类可直接利用，3类及以上可加固利用，当加固成本过高时，可采用改建或增建方式。

2 既有公路隧道需提高技术标准，可采用增建或扩建方式。

3 对交通事故多发、存在地质灾害隐患、雪害等影响的既有隧道，采用其他工程

交通运输部信息公开 浏览专用

措施难以解决其安全性问题时，可采用改建或增建方式。

4　既有隧道交通不能中断或保通难度大，可采用增建方式。

5　低等级公路隧道原级改造、安全韧性提升工程，可采用改建方式。

6　临近设计使用年限且病害严重的既有隧道，可采用改建或增建方式。

条文说明

1　既有隧道技术状况评定参照现行《公路隧道养护技术规范》（JTG 5130）执行，1、2类隧道其技术状况较好，能够满足安全要求，一般直接利用。

3　交通事故多发、存在地质灾害隐患、雪崩或风吹雪影响的既有隧道路段或邻近互通立交的既有隧道路段，当通过限速、灾害治理及增加交通诱导设施不能彻底解决安全隐患时，可以通过道路改线新建隧道，或局部改线，改善线形、绕避地质和冰雪灾害，提高行车安全性。

6　临近设计使用年限且病害严重的既有隧道多为低等级公路隧道，其断面宽度比现行标准规定的小，采用改建时一般是按现行标准原址重建，经过比选后也可采用增建方式，这样可以改善隧道路段平纵线形或提高隧道段道路等级，提高行车安全性。

5.2.2　既有隧道需增加车道时宜采用增建方式，当条件受限或洞外为整幅扩建、隧道地质条件较好时，经比选论证后可采用原位扩建方式。

条文说明

隧道改扩建需统筹既有隧道利用、洞外扩建方式、地质条件、保通要求、占地、工程规模等因素，优先考虑对既有隧道的利用，故一般多采用增建方案，尤其是长及特长隧道优先采用分离增建方式。增建和扩建方案各有特点，增建方案利于保通，施工技术成熟，工程费用低，但在行车方向入口段存在车流分内外、分路幅行驶、出口段存在合流以及洞口接线用地增加较多的问题；采用扩建方案避免了分合流问题，通行能力也大为提高，但对既有交通影响较大，施工工序复杂，施工风险与工程费用高；在洞口接线用地受限的路段或隧道地质条件较好、洞外路基为整幅扩建的路段，原位扩建方案也有一定优势，经论证后也可以采用；连拱隧道原位扩建、新建或扩建单洞五车道隧道断面大、施工风险高，一般需综合论证后采用，但在地质条件较好、条件受限时也是一种可以选择的方案。

5.2.3　增加车道需设置隧道时，宜采用下列方式：

1　单洞两车道隧道增加两个车道组成一级或高速公路时，宜增建一座两车道隧道。

2　双洞四车道增加两个车道时，宜增建一座单洞三车道隧道，受限时可原位扩建为两个单洞三车道隧道，布置方式见本规范附录A中图A.0.1-5、图A.0.3～图A.0.5。

3　四车道连拱隧道增加两个车道时，宜增加一座单洞三车道隧道，受限时可原位

交通运输部信息公开 试发 专用

扩建为连拱六车道，布置方式见本规范附录A中图A.0.7-4、图A.0.7-6。

4　双洞四车道隧道增加四个或六个车道时，宜在两侧增建单洞两车道或三车道隧道，或单侧增加一座单洞四车道或五车道隧道；条件受限时可在同侧增建双洞；对于双洞八车道隧道，可采用原位扩建方式，布置方式见本规范附录A中图A.0.1、图A.0.3～图A.0.5。

5　连拱四车道隧道增加四个或六个车道时，宜在两侧增建单洞两车道或三车道隧道，或单侧增加一座单洞四车道或五车道隧道，布置方式见本规范附录A中图A.0.7。

6　双向六车道分离式、连拱隧道增加四个车道时，宜增建两座单洞二车道隧道，或增建一座单洞五车道隧道，布置方式见本规范附录A中图A.0.1、图A.0.7。

7　增建隧道与既有隧道可采用错位叠层布设方式，布置方式见本规范附录A中图A.0.2。

8　对于埋深较小的中、短隧道，经综合比选后可将隧道整体开挖改为路堑形式，布置方式见本规范附录A中图A.0.9。

9　在城镇化地区、交通流潮汐现象明显路段，增建隧道可增加车道数。

条文说明

4　改扩建项目中目前已出现单洞五车道隧道，在地质条件较好、洞外线形受限地段，短隧道采用单洞五车道断面也是一种可行的方案，故在方案选择中也列出了单洞五车道隧道。

8　对于条件受限路段或临近立交段，可以将既有隧道整体挖除，改为路堑形式，以满足改扩建要求。

9　城镇化地区交通量较大，在交通流潮汐现象明显的路段，考虑到隧道改扩建难度大，增建隧道可根据交通量特性增加隧道的车道数，车道数量根据交通量特性确定，一般较洞外路段增加1个车道，防止隧道路段成为堵点。

5.2.4　既有隧道扩建，应结合既有隧道断面、围岩条件、隧道布置净距、既有隧道线位利用情况确定扩建方式，可采用原位单侧扩挖、两侧或周边扩挖方式，布置方式见本规范附录A中图A.0.3～图A.0.5，或采用扩建和增建组合方式，布置方式见本规范附录A中图A.0.8。

条文说明

既有隧道扩建方式需结合既有隧道间距、地质条件等因素确定。单侧向外扩挖与相邻隧道的净距相对较大，两侧扩挖和周边扩挖与相邻隧道的净距相对较小。一般情况下多采用单侧向外扩挖方式；当隧道轴线间距较大或条件受限时，可以采用两侧扩挖、周边扩挖或内侧扩挖方式。

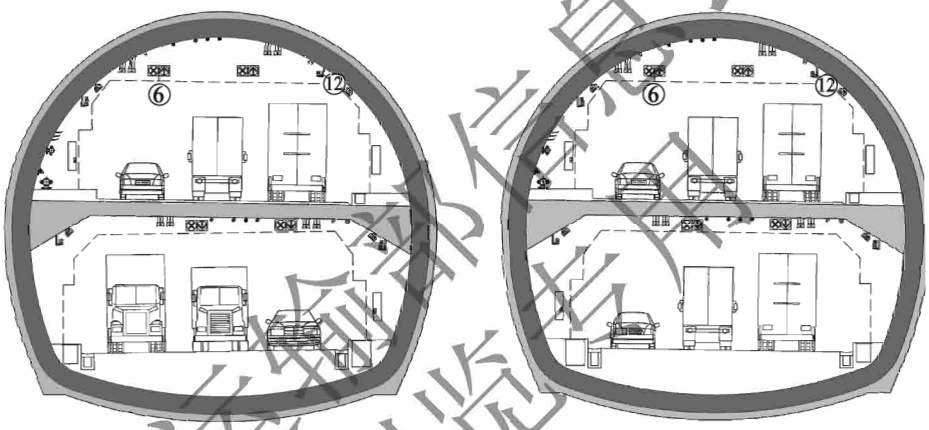
交通运输部信息公开浏览专用

5.2.5 连拱隧道扩建宜采用增建方式，不能采用增建方式时可采用在既有隧道向外侧扩挖形成连拱大断面隧道或向外侧扩挖形成小净距大断面隧道，布置方式见本规范附录A中图A.0.7。

5.2.6 受地形、用地、建（构）筑物等条件限制时，增建、扩建隧道可采用行车道双层立体布设方式。

条文说明

在部分受地形、周边环境或征地拆迁等条件控制情况下，隧道平面无法按照分离式断面进行布置，此时可以采用同向或对向车道上下双层布置，断面布置如图5-1所示，这样可以加大与既有隧道的间距，减小占地和征地拆迁，在城镇化地区改扩建已有应用。



a)对向交通双层断面　　b)同向交通双层断面

图5-1　双层隧道断面布置示意图

5.2.7 改扩建后不再作为通车使用的既有隧道，根据需要进行加固后，宜作为维修、养护服务通道或应急疏散和救援通道。

条文说明

不再作为通车使用的既有隧道，需要根据隧道的技术类别、用途进行必要的加固，以保证使用过程的安全。

5.2.8 既有隧道改变行车方向时，应结合总体设计、行车安全性、防灾救援、超高变化、侧壁效应影响等因素，对洞外接线、洞内外设施、路幅分配、紧急停车带、横通道以及检修道、路面、排水沟槽等进行改造。

交通运输部信息公开浏览专用

5.3 隧道线形设计

5.3.1 改建、扩建隧道应根据既有隧道净空情况，拟合既有隧道平面、纵断面和横断面。

条文说明

当既有隧道平纵面指标满足现行技术标准的要求时，设计时需拟合既有隧道平纵线形与净空断面，使既有隧道与扩建、改建隧道关系相对固定，减小开挖及回填工程量，降低工程造价。

5.3.2 与既有隧道并行布置的增建隧道应符合下列规定：

1 增建隧道与既有隧道宜按分离式形式布置，当条件受限时，可采用小净距布置形式。

2 增建隧道与既有隧道之间需布置车行横洞和人行横洞时，其平纵线形应满足设置车行横洞和人行横洞的要求。

5.3.3 原位扩建隧道的线形宜与既有隧道保持一致。

5.3.4 隧道洞口分合流路段应加强行车道线形连续性检验，接线分流起点、合流终端与隧道洞口距离应满足行车安全要求。

条文说明

多车道公路一般小型车在内侧、大货车在外侧，在主线分岔、合流时会存在不同类型车辆的交织，分流前要有足够的识别视距，避免车道变换不及时影响行车安全；合流端需位于隧道出口外一定距离，避免“白洞效应”造成驾乘人员对前方路况识别不及时，诱发交通事故。

5.4 隧道建筑限界

5.4.1 改建隧道建筑限界应符合下列规定：

1 当保持原设计速度不变时，可采用原技术标准建筑限界。

2 当改建需提高设计速度时，宜按现行标准重新核定建筑限界。当改建隧道内轮廓不能满足核定的建筑限界，但既有隧道运营状况良好、改建安全风险大或对环境有较大影响时，经比选论证后可维持原设计速度。

交通运输部信息公开浏览专用

5.4.2 利用既有隧道的内轮廓净空断面侵入建筑限界时，可采用拟合路幅分配、降低路面高程等方式进行调整，以满足限界要求。

5.5 横通道与紧急停车带

5.5.1 改扩建隧道横通道布置应符合下列规定：

1 新增横通道建筑限界及间距应符合现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370.1）的规定。

2 双洞既有隧道、双洞扩挖隧道、既有隧道与扩挖隧道之间的横通道布置可维持原设计。

3 双洞既有隧道单侧增建双洞隧道时，增建隧道与既有隧道间可不设横通道，增建的双洞隧道之间应根据其长度布设横通道。

4 双洞既有隧道两侧增建单洞隧道、既有单洞隧道一侧增建单洞隧道时，增建隧道与既有隧道之间应设横通道。

5 当既有车行横洞不能满足救援疏散要求时，应增建车行横洞或对既有车行横洞进行改造。

条文说明

3 双洞既有隧道单侧增建双洞隧道时，既有隧道需调整为单一行车方向，与增建隧道互为上下行方式，既有双洞隧道之间一般已按标准要求设置横通道，如图5-2所示；增建隧道之间设置横通道，保证单一行车方向隧道间有横通道连通，满足疏散救援要求。

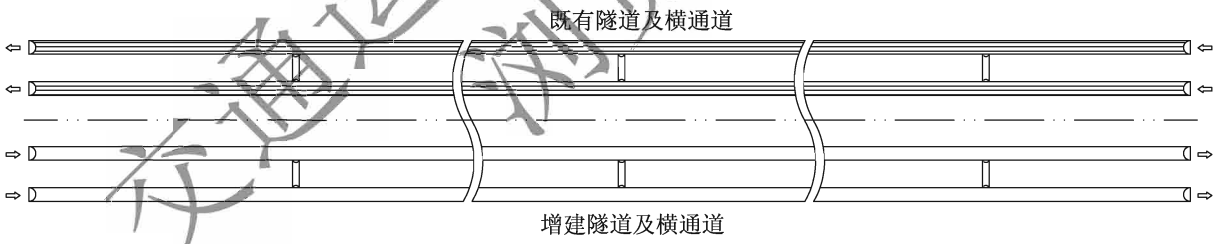


图5-2 双洞既有隧道单侧增建隧道时横通道布置示意图

4 双洞既有隧道两侧增建单洞隧道时，单侧既有隧道和增建隧道需采用同一行车方向，如图5-3所示，既有隧道间和增建隧道间要设置横通道，以满足疏散救援要求。

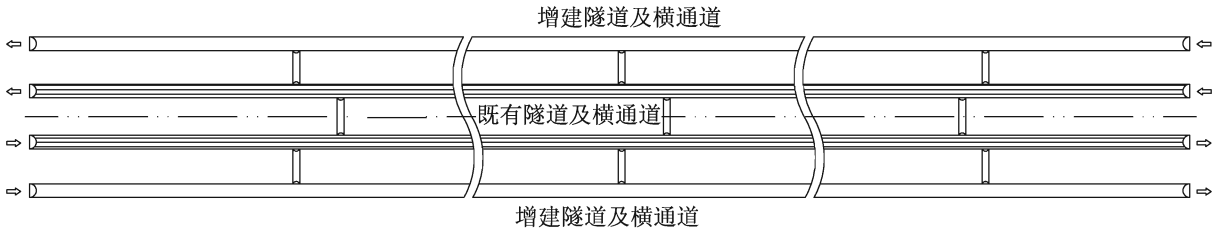


图5-3 双洞既有隧道两侧增建隧道时横通道布置示意图

交通运输部信息公开浏览专用

5　对于与既有隧道斜向相交布置的既有车行横洞，由于改扩建后既有隧道行车方向改变，导致某一方向行驶的救援车辆不能顺利转入既有车行横洞，这时需考虑新增车行横洞或对既有车行横洞进行改造。

5.5.2　与既有隧道相距较远的增建单洞中、长隧道和特长隧道，地形条件允许时，可设置直通洞外的逃生通道或平行导洞。

5.5.3　单洞双层隧道应结合隧道长度、逃生要求设置封闭楼梯间，其宽度不应小于1.2m，楼梯坡度不宜大于35°，其间距不应大于120m。

5.5.4　紧急停车带布置应符合下列规定：

1　扩建隧道和增建隧道紧急停车带建筑限界及间距应符合现行技术标准的要求。

2　改建或利用的既有隧道行车方向不变时，既有紧急停车带断面和设置长度可维持不变。

3　改建或利用的既有隧道行车方向改变时，宜沿行车方向右侧按现行标准新建紧急停车带。当隧道洞外路基设置左侧硬路肩时，可维持洞内紧急停车带布设方式。

条文说明

3　改建或利用的既有隧道行车方向改变时，考虑行车习惯，一般需要沿行车方向右侧按现行标准新建紧急停车带，原紧急停车带可以通过划线停用，满足行车安全要求。目前多车道高速公路改扩建出现了设置左侧硬路肩的情况，当隧道洞外路基设置左侧硬路肩时，则可以利用洞内原紧急停车带。

5.5.5　增建横通道、紧急停车带位置宜选择在围岩条件较好和既有隧道病害较少段落，并避开既有隧道塌方及涌突水等地段。

5.5.6　并行的长及特长隧道洞口联络道设置应符合下列规定：

1　当改扩建隧道为双洞时，应在洞外两隧道之间适当位置设置联络道。

2　当改扩建隧道为三洞、四洞时，任一隧道应在洞外与相邻的不少于一座隧道之间设置联络道。

3　当洞外条件受限时，可在洞内靠近洞口位置设置横通道，其布设方式及通道宽度应满足救援车辆通行要求。

5.6　交通组织

5.6.1　改扩建隧道交通组织应服从所在改扩建公路的交通组织总体要求，并遵循“保障安全、通行有序、保护环境、减少社会影响”的原则。

交通运输部信息公开浏览专用

5.6.2 隧道路段交通组织方案制定应考虑区域路网状况、既有公路交通特征、改扩建方案、施工工期等因素，并根据改扩建工程的实施情况动态调整。

5.6.3 改建、扩建隧道施工期间交通组织应符合下列规定：

1 当具备绕行条件时，宜采取封闭既有隧道交通的方式。

2 两侧增建隧道或增建单侧单洞四（五）车道隧道方案时，宜保持原交通通行方式不变，增建隧道建成后将交通转移至增建隧道，再封闭既有隧道。

3 改建隧道为单洞隧道时，宜封闭隧道施工；当不具备绕行条件时，在采取安全措施后可采用单车道通行方式。

4 改建、扩建隧道为双洞时，可封闭一洞，在采取安全措施后另一洞采用单洞双向通行方式。

5 不中断交通且不具备绕行条件或采用单洞双向通行方式时，应结合行车安全性评价与保通论证，在采取有效的交通管控与可靠的工程防护措施后，可采用分时段、分车道或限速、限流的通行方式。

5.6.4 增建隧道施工交通组织应符合下列规定：

1 宜保持既有隧道通行方式不变。

2 增建隧道洞口施工对既有隧道洞外交通有影响时，应采取交通诱导、限速、防护、临时交通管制等措施。

3 增建横通道在既有隧道内开口或贯通施工时，正在通车的既有隧道应采取临时交通管制措施。

5.6.5 改建、扩建隧道施工期间保通路段，应设置相应的临时交通工程设施。

5.7 施工计划

5.7.1 隧道改扩建设计应制定施工计划。施工计划应包括工期、施工方法、施工时机及施工顺序、施工场地、便道、弃渣场、既有隧道保护措施、监控量测与超前地质预报方案、交通组织、应急预案等。

5.7.2 施工计划编制应符合下列规定：

1 应根据工程规模、施工难易程度及交通影响等，确定施工总体方案。

2 施工进度指标应根据围岩级别和开挖方法、对既有隧道的影响等确定。

3 施工工期应结合工区数量及进度指标，并考虑通过控制性地物、环境敏感地段的作业时间等综合确定。

4 既有隧道加固、拆除、扩挖施工应提出加固、爆破或机械开挖、临时支撑和监测方案等。

5 交通疏解及保通方案应包括交通导行、管制、应急预案等。

交通运输部信息公开
浏览专用

6 荷载与结构计算

6.1 一般规定

6.1.1 既有隧道发生坍方、突水涌泥等段落，改扩建隧道围岩压力计算应考虑其影响；未发生段围岩压力可按新建隧道计算。

6.1.2 扩建和增建隧道结构可采用荷载结构法或地层结构法进行计算。

6.1.3 围岩的物理力学参数取值应结合既有隧道的勘察、竣工资料以及补充勘察成果获得，无资料时可根据经验类比选用。

6.1.4 改扩建隧道围岩荷载计算应根据施工工艺，按分步开挖的方法计算荷载，并考虑各导洞开挖的先后顺序、空间位置、相邻导洞间距对围岩压力分布的影响。扩挖过程中先行导洞承受后行导洞开挖引起的附加荷载，计算时应考虑围岩扰动区的叠加效应。

条文说明

改扩建隧道采用分步开挖时，各导洞开挖引起的围岩应力释放和荷载重分布具有明显的施工过程效应。先行导洞开挖后形成一定范围的围岩扰动区，后行导洞开挖将进一步改变其周边应力状态，并可能使先行导洞承受附加荷载。因此，围岩荷载计算需与实际开挖顺序相对应，考虑各阶段围岩压力的形成、转移和重新分布。

各导洞的空间位置和相邻间距决定其相互影响程度，需根据导洞的相对位置、扩挖方向及开挖跨度，分析围岩荷载的分布及传递特征；导洞间距较大时，可以按相对独立的受力区域考虑，间距较小时需考虑相邻导洞扰动区叠加及后行导洞开挖对先行导洞围岩压力的影响。

6.2 荷载计算

6.2.1 既有隧道塌方段围岩压力计算应符合下列规定：

1 塌腔高度小于现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370.1）

交通运输部信息公开 浏览专用

规定的深埋隧道围岩压力计算高度时，可按新建隧道确定围岩压力。

2　塌腔高度大于现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）规定的深埋隧道围岩压力计算高度时，可按实际塌腔高度、形态并结合原加固处治措施综合分析后确定围岩压力。

3　应根据塌腔位置及范围、岩体结构和软弱结构面特征，确定偏压荷载。

4　应根据施工揭示的地质条件和监控量测成果修正围岩参数，再进行计算。

6.2.2　深埋隧道原位扩建的围岩压力可按本规范附录B计算，并应符合下列规定：

1　采用单侧扩挖时（图A.0.3-1～图A.0.3-3），宜按2个相对独立的塌落拱分别计算导洞的围岩压力。

2　采用双侧扩挖（图A.0.4-1、图A.0.4-2）或周边扩挖（图A.0.5-1、图A.0.5-2）时，宜按3个相对独立的塌落拱分别计算导洞的围岩压力，并考虑后行导洞开挖对先行导洞的影响。

6.2.3　深埋扩建小净距隧道围岩基本松散压力可按本规范附录B计算，附加松散压力可按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）计算。

条文说明

深埋扩建小净距隧道的围岩压力为基本松散压力和附加松散压力之和。

6.2.4　与既有隧道形成非对称小净距隧道的增建隧道，深埋段围岩压力可按本规范附录C计算。

6.2.5　非对称扩建连拱隧道围岩压力可按本规范附录D计算。

6.2.6　深埋扩建连拱隧道（图A.0.6-1），利用既有单洞隧道作中导洞，在两侧扩建连拱隧道，当单侧洞室采用分部开挖时，可先按本规范附录B计算单侧洞室分部开挖的围岩压力，再按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）中的连拱隧道计算总的围岩压力。

6.2.7　下列情况的改扩建隧道，可按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）确定围岩压力。当单个洞室采用分部开挖时，可按本规范附录B计算单个洞室的围岩压力：

1　增建隧道（图A.0.1、图A.0.2）。

2　浅埋和浅埋偏压条件下的原位扩建隧道（图A.0.3～图A.0.5）。

3　既有连拱隧道的单侧或两侧增加单洞隧道或连拱隧道（图A.0.7-1～图A.0.7-4）；扩挖为小净距大断面隧道（图A.0.7-5）；向外扩挖为连拱大断面隧道（图A.0.7-6）；

交通运输部信息公开浏览专用

整体扩挖为大断面隧道（图 A. 0. 7-7）。

4　在既有两座隧道之间或在既有隧道外侧增建一座隧道，并对其中一座既有隧道进行扩建（图 A. 0. 8-1、图 A. 0. 8-2）。

6. 3　结构计算

6. 3. 1　扩建隧道应进行施工过程的结构受力及围岩稳定性计算，可采用有限元强度折减法验算施工过程中的安全系数，依据初期支护施工后的围岩安全系数判断围岩稳定性。

6. 3. 2　既有隧道结构计算应符合下列规定：

1　应根据隧道病害程度对既有隧道结构按破损阶段法进行截面强度验算。

2　在既有隧道附近增建形成小净距隧道时，应验算既有隧道的结构安全系数。

3　采用爆破开挖时，应验算爆破震动对既有隧道的影响。

4　既有明洞出现开裂、下沉等病害及回填土发生改变时，应对结构进行验算。

5　应按现行《公路隧道抗震设计规范》（JTG/T 2232）进行结构强度和变形验算，对既有隧道抗震能力进行评估。

交通运输部信息公开
浏览专用

7　土建工程设计

7.1　一般规定

7.1.1　增建和扩建隧道宜采用复合式衬砌。

条文说明

大部分的增建和扩建隧道所处的公路等级较高，需按照现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）的规定采用复合式衬砌。扩建隧道是在原有已受到既有隧道施工扰动的围岩中修建，采用复合式衬砌可以较好地满足施工安全、防排水系统和机电设施安装等要求。

7.1.2　衬砌结构设计应考虑地形、地质条件、增建、扩建方式以及与既有隧道相互作用等因素的影响，并能保持围岩稳定，满足结构强度的要求。

条文说明

隧道增建和扩建的布置方式、既有隧道的位置和技术状况会对隧道的衬砌受力造成影响，在衬砌设计中需充分考虑。

7.1.3　增建和扩建单洞四车道及以上隧道应结合地质条件、受力分析确定断面形状及扁平率。

条文说明

单洞四车道及以上隧道开挖跨度大，断面形状和扁平率对结构受力和施工过程控制影响较大，为控制开挖规模、保证结构安全，需要对断面轮廓形状及扁平率进行分析。

7.1.4　增建及扩建隧道的布置应减少对既有隧道的影响，可按表7.1.4的相互影响程度，确定对衬砌结构采取的加强措施。

交通运输部信息公开浏览专用

表 7.1.4　增建及扩建隧道与邻近既有隧道相互影响程度划分

邻近既有隧道影响			严重影响	中等影响	轻微影响
围岩级别	Ⅱ、Ⅲ	隧道净距	≤0.4*B*	(0.4～0.75) *B*	(0.75～1.5) *B*
	Ⅳ		≤0.5*B*	(0.5～1.0) *B*	(1.0～2.0) *B*
	Ⅴ		≤0.75*B*	(0.75～1.5) *B*	(1.5～2.5) *B*

注：*B* 为隧道开挖宽度，为增建、扩建隧道以及邻近既有隧道跨度的较大值；增建、扩建隧道跨度较大时取表中大值。

7.1.5　增建和扩建隧道衬砌结构设计参数，宜根据工程类比和结构计算分析确定。在施工阶段，应根据现场监控量测结果调整支护参数，必要时可通过试验分析确定。

条文说明

由于增建和扩建隧道目前样本较少，以及增建、扩建形式的多样性，工程类比有一定的局限性，要根据工程实际情况进行结构计算分析。在施工过程中，需根据超前地质预报及现场监控量测信息对衬砌设计参数进行优化调整，必要时，可以通过试验分析确定。

7.1.6　增建和扩建隧道衬砌结构应考虑环境作用的影响，满足耐久性设计要求。

7.1.7　增建和扩建隧道衬砌边墙及以下为较完整～完整微风化硬质岩层，经计算满足结构稳定要求时可不设仰拱。

条文说明

对于围岩级别划分为Ⅳ或Ⅴ级的段落，往往会出现拱部围岩较差但边墙及以下的围岩为微风化较硬岩的情况，Ⅳ或Ⅴ级围岩段衬砌结构常采用带仰拱的形式，此地质条件下衬砌仰拱的作用几乎可以忽略，故提出满足结构稳定要求时可以不设仰拱的要求。

7.2　增建隧道衬砌结构

7.2.1　邻近的既有隧道发生过塌方、涌泥和大变形等段落，增建隧道衬砌结构应考虑其影响。

条文说明

既有隧道的塌方、涌泥和大变形等病害处理后，周边岩层存在松弛等不利因素，可能影响邻近增建隧道的围岩稳定。

交通运输部信息公开浏览专用

7.2.2 增建隧道与既有隧道并行布置时，衬砌结构应根据工程地质和水文地质条件、隧道埋深与跨度、周边工程环境等条件进行设计，可按表7.1.4划分的与相邻隧道的相互影响程度确定衬砌结构参数、两隧道间岩体保护和加固措施。

条文说明

增建隧道与既有隧道间形成小净距时，两隧道间岩体的保护和加固措施包括对中夹岩注浆、设对拉预应力锚杆、控制开挖方式和施工顺序等。中夹岩采用何种加固措施，与中夹岩所处的岩层有关，一般情况下，中夹岩处于微风化硬岩层时不需要采取加固措施，处于微风化软岩层或中风化岩层的可以采用预应力锚杆加固，处于强、全风化层的可以采用外插角45°左右的超前小导管注浆加固。

7.2.3 增建三车道隧道形成小净距隧道时，衬砌结构参数宜通过工程类比和结构计算分析确定，也可按本规范附录E中表E.0.1取值。

7.3 扩建隧道衬砌结构

7.3.1 扩建隧道支护结构设计应包括扩建隧道衬砌结构、临时支护参数确定和既有隧道衬砌结构拆除方案。

7.3.2 既有隧道发生过塌方、衬砌背后存在较大空腔等段落，宜进行预加固处治，并应加强扩建隧道衬砌结构。

条文说明

在既有隧道工程建设和运营期间产生的围岩塌方等病害，虽然已经过相应地处治，但仍然会对扩建隧道衬砌荷载以及衬砌与围岩的相互作用等产生不利影响，需要采取相应的加强措施。

7.3.3 既有单洞两车道隧道扩建为三车道隧道或四车道隧道的衬砌参数宜根据既有隧道技术状况、地质、埋深、周边环境等条件，通过工程类比和结构计算分析确定，也可按本规范附录E中表E.0.2和表E.0.3取值。

7.3.4 既有隧道塌方地段扩挖时，应采取超前预支护、注浆充填、加强初期支护等加强措施，必要时可采用加长锚杆锚入稳定岩体。

条文说明

既有隧道塌方虽经处治，但塌方体和回填体与原围岩的结合仍然薄弱，在衬砌设计

交通运输部信息公开浏览专用

时需考虑对塌腔的再处治，以提高塌方段围岩稳定性。

7.3.5 扩建隧道的初期支护宜采用整体新建。当既有隧道边墙部分二次衬砌结构完整稳定、墙底稳固，且混凝土强度等级不小于C25、裂缝宽度小于0.2mm时，可作为扩建隧道边墙部分的初期支护，新作初期支护与利用既有二次衬砌边墙应可靠连接。

条文说明

当利用既有隧道二次衬砌边墙部分作为扩建初期支护的一部分时，新作初期支护与既有隧道的二次衬砌需要有可靠的连接，一般采用在利用的既有隧道二次衬砌段植筋和焊接法兰盘的方法与扩建的初期支护连接。

7.3.6 不得利用既有隧道的二次衬砌结构作为扩建隧道的二次衬砌结构。

条文说明

考虑二次衬砌的整体性、其结构的承载能力和在衬砌结构中的重要性，扩建隧道的二次衬砌需采用新建的整体结构。

7.3.7 扩建隧道Ⅳ～Ⅴ级围岩地段，开挖轮廓线在既有隧道系统锚杆加固区域范围内时，可采用注浆小导管代替系统锚杆；扩建开挖轮廓线超出既有隧道锚杆加固区域范围时，可采用系统锚杆。

条文说明

由于既有隧道锚杆设置范围包含松动围岩，扩建隧道开挖时会对松动区域造成二次扰动，需要对松动区进行加固，图7-1为径向小导管注浆加固区示意。

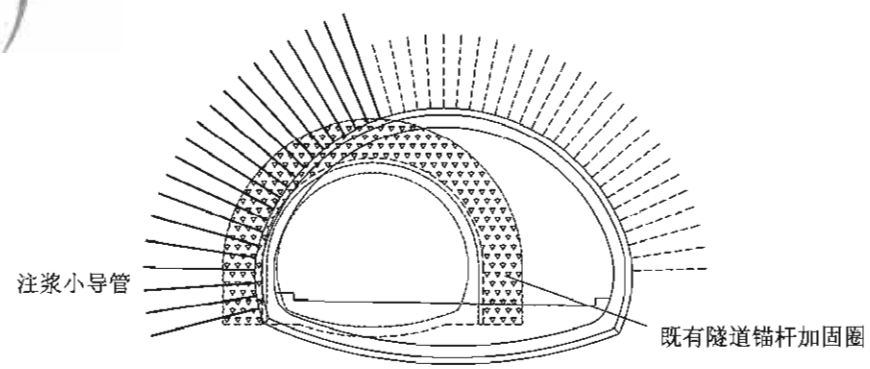


图7-1 径向小导管注浆加固区示意

交通运输部信息公开浏览专用

7.3.8 扩建隧道位于Ⅳ级软岩、Ⅴ级围岩地段或对围岩变形控制要求较高时，可采取双层支护或预应力长锚索（杆）等措施。

7.3.9 扩建连拱隧道宜采用复合式中隔墙，中隔墙设计应考虑左右洞施工不同步导致偏压受力的影响。

条文说明

连拱隧道扩建由于工序的原因，左右洞施工不同步，对中隔墙形成不对称偏压荷载，需采取增大中隔墙尺寸、增加临时支撑等措施以减少不对称偏压荷载对中隔墙受力的影响。

7.3.10 扩建连拱隧道中隔墙利用既有隧道中隔墙时应符合下列规定：

1 既有连拱隧道中隔墙纵向裂缝宽度小于0.25mm、无压溃病害、混凝土强度满足既有隧道要求。

2 当既有连拱隧道的中隔墙小于扩建隧道中隔墙厚度时，可采用现浇混凝土增加扩建隧道中隔墙的整体厚度，并应做好新旧混凝土之间的连接。

3 既有隧道中隔墙作为扩建隧道中隔墙，其基底承载力不能满足要求时，应对基底进行加固或采取扩大基底截面的措施。

条文说明

2 保留既有连拱隧道的中隔墙作为扩建后隧道的中隔墙，有利于扩建连拱隧道施工的安全和工序的简化。当既有连拱隧道的中隔墙不能满足扩建连拱隧道中隔墙受力要求时，一般采用图7-2所示的方法增加中隔墙整体厚度，浇筑的混凝土内设置钢筋并和原二次衬砌混凝土间采用对拉锚杆或植筋等方法连接，保证新旧混凝土间连接成整体结构。

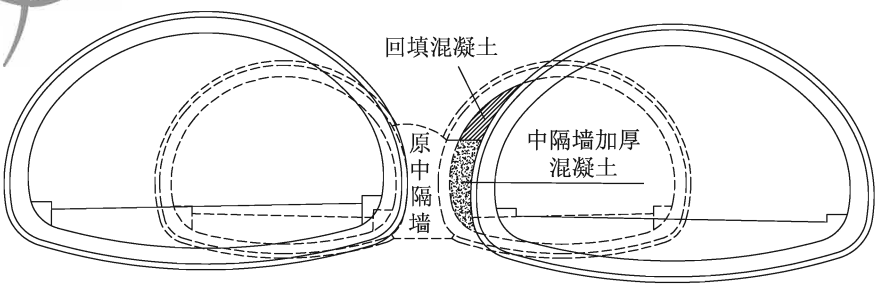


图7-2 加厚既有中隔墙

3 连拱隧道扩建后，跨度增大，加大了对中隔墙地基承载力的要求。当地基承载力不能满足扩建后隧道中隔墙基础应力要求时，一般采用打入斜竖向钢管桩，并注浆以提高地基的承载力，必要时增大中隔墙的基础宽度，使基底应力满足地基承载力的

交通运输部信息公开浏览专用

要求。

7.3.11 Ⅳ～Ⅴ级围岩段导坑临时支护拆除应考虑初期支护受力变化和稳定性。

条文说明

导坑临时支护拆除需考虑初期支护内力的增量，较大、较快的内力增量对初期支护会造成不利的影响。

7.3.12 当扩建隧道的隧底为含水率较高的强风化或全风化地层时，应采取加强仰拱、隧底加固等措施。

条文说明

考虑到扩建隧道跨度大，对隧底围岩的承载力要求高，含水率较高的强风化或全风化地层隧底围岩受既有隧道和扩建施工的多次扰动，会造成隧底围岩承载力不足，需要加强仰拱结构并对底部地基进行加固。

7.4 横通道与紧急停车带衬砌结构

7.4.1 增建横通道衬砌宜采用复合式衬砌，围岩条件较好时横通道中间段可采用喷锚衬砌。

7.4.2 增建横通道和既有隧道交叉口位置应避开既有隧道二次衬砌施工缝或变形缝，交叉口结构外缘距离施工缝或变形缝不应小于2m。

7.4.3 与横通道连接处的既有隧道，应根据所在段落的衬砌技术状况、地质条件及横通道断面等因素，确定既有隧道衬砌的加固措施，加固范围应向两侧延伸，延伸长度不宜小于既有隧道开挖跨度的0.5倍且不应小于5m。

7.4.4 Ⅳ、Ⅴ级围岩段，新增横通道与既有隧道连接端长度3～5m范围内的二次衬砌宜采用钢筋混凝土结构，厚度不宜小于30cm。

条文说明

横通道包括人行、车行横通道，目前设计中车行横通道、Ⅴ级围岩人行横通道交叉口基本上采用钢筋混凝土结构，钢筋混凝土二次衬砌设置长度人行横通道可以取低值，车行横通道可以取高值。

交通运输部信息公开
仅供浏览专用

7.4.5 增建车行横通道开口位置段的既有隧道技术状况较差时，宜拆除重建。

7.4.6 增建紧急停车带衬砌设计应符合下列规定：

1 增建紧急停车带衬砌宜按扩建隧道衬砌结构设计。

2 增建紧急停车带两端相邻的既有隧道衬砌应加固，加固长度宜为至下一施工缝的段落长度且不应小于既有隧道洞径的0.5倍。

3 拆除的二次衬砌两端位置宜为既有隧道二次衬砌施工缝位置，与施工缝距离较远时，可采用机械切缝与既有二次衬砌结构分离。

条文说明

2 既有隧道增设紧急停车带，对紧急停车带两端连接的既有隧道围岩造成了二次扰动，同时增设紧急停车带造成隧道宽度的突变也会使相邻段落围岩临空面增加，因此需结合围岩级别和既有隧道衬砌的技术状况，采取相应的加固措施。

7.5 既有隧道加固

7.5.1 既有隧道加固应符合下列规定：

1 应根据隧道病害、检测评价结果，按照不破坏既有隧道主体结构的原则进行加固设计。

2 既有衬砌加固可采用喷射混凝土、粘贴钢板、嵌入钢架、增设锚杆、增加套拱、注浆加固等一种或多种处置方法。

3 应根据利用隧道抗震能力评估结论，进行抗震能力提升设计。

4 对存在的围岩塌方、结构失稳、突涌水等风险应提出防控措施。

5 相邻增建或扩建隧道施工完成后、既有隧道加固施工前，宜对既有隧道进行检查，与增扩建隧道施工前技术状况进行对比分析，有变化时应调整加固方案。

条文说明

1 既有隧道经过多年的运营，可能存在着危及安全的病害，且较近距离的增建隧道也会对其安全造成不良影响，如不加固可能会引发既有利用隧道安全问题。

3 抗震能力提升主要包含围岩加固、衬砌补强、洞口与附属抗震改造等内容。围岩加固多采用注浆、锚固方式。衬砌补强针对开裂、剥落、厚度不足、强度偏低等，采用增加套拱等方式提升结构承载力。洞口改造主要包括洞门加固、边仰坡防护加固、延长明洞等。

7.5.2 既有衬砌背后空洞宜采用混凝土或水泥砂浆回填。

交通运输部信息公开 试览专用

7.5.3 应根据相邻增建、扩建隧道施工影响程度及既有隧道技术状况，对通车隧道进行临时防护或加固，对洞内机电设施进行检查和加固。

7.5.4 既有隧道邻近待扩挖段衬砌宜结合其技术状况，采用钢拱架及其他方式临时加固。

条文说明

既有隧道的扩挖施工存在爆破振动或施工扰动，会导致工作面前方围岩和衬砌应力重分布，扩挖施工可能引发既有隧道工作面失稳坍塌，需要对既有隧道进行必要的临时加固，确保施工安全。

7.6 洞口及洞门

7.6.1 应结合路线总体设计，对存在地质灾害、雪害和行车安全隐患的洞口及洞外接线进行防护、加固或改造。

条文说明

据统计，有70%以上的事故发生在隧道接线及进洞后200m范围内，隧道改扩建时要根据交通事故调查及分析成果，对隧道洞口事故多发点进行改造，通过优化平纵线形，增加交安设施，使隧道内外线形顺畅，指标均衡，指示清晰。

早期建设的部分隧道边仰坡过高，存在一定的安全隐患，如边坡失稳、落石、泥石流、雪崩、风吹雪等问题，对这些隧道需采取接长明洞、增加支挡及防护、设置防雪棚洞等措施。

7.6.2 增建隧道洞口设计应遵循“早进洞、晚出洞”的原则，洞门形式宜与邻近既有隧道洞门、周边自然环境相协调。

7.6.3 应对洞口安全有影响的危岩、不稳定坡体进行清理、防护或加固处治，并应符合下列规定：

1 洞口上方及两侧可能滑落的表土、灌木及危石应清除。

2 边仰坡坡面可采取放坡、设置防护网、护面墙、锚杆框架梁、支挡结构等进行防护。

3 沿河傍山、陡峻路段及边仰坡较高的洞口可延长明洞或设置棚洞。

7.6.4 新旧洞口之间回填、坡面防护应顺接，坡面绿化应协调。

交通运输部信息公开浏览专用

7.6.5 洞顶地面陷穴、积水坑槽、裂缝等应进行回填、封闭处理。

7.6.6 原位扩建隧道洞口边仰坡需扩挖部分可采用陡直开挖、设支挡结构，扩挖范围以外的既有边仰坡防护可保留利用。

条文说明

原位扩建隧道明暗成洞面位置确定需根据既有隧道暗洞位置、边仰坡现状经综合比选后确定，在现状边仰坡稳定、生态恢复良好、无危岩落石风险且地形较陡、边仰坡较高的情况下，下部边仰坡需扩挖部分可以设置挡墙、桩板墙等支挡结构，减少对既有边仰坡的开挖，将扩挖范围以外的边仰坡予以保留利用，降低扩挖施工对周围环境的影响，如图 7-3、图 7-4 所示。

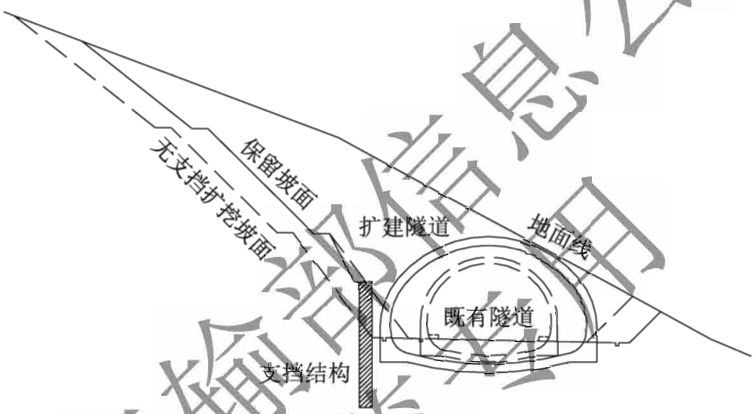


图 7-3 扩建隧道洞口边坡陡直开挖形式示意图

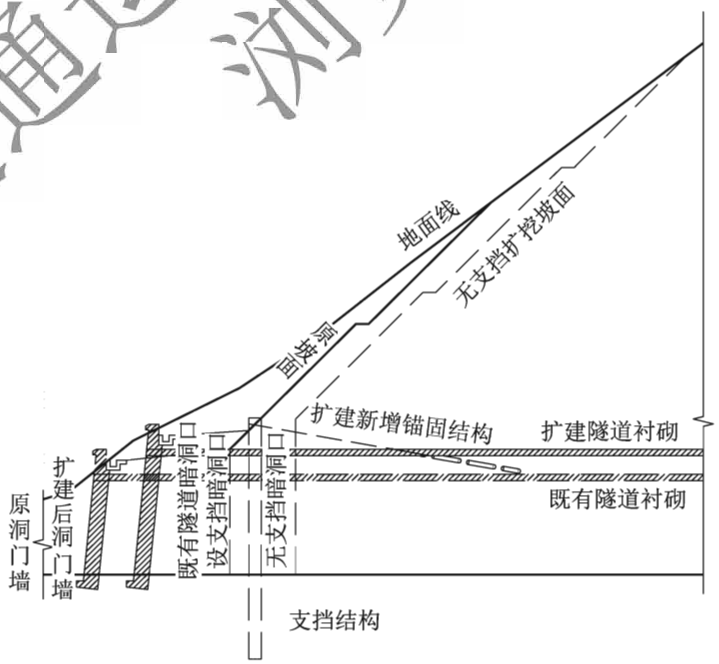


图 7-4 扩建隧道洞口仰坡陡直开挖形式示意图

交通运输部信息公开浏览专用

7.7 防水与排水

7.7.1 改扩建隧道洞口截排水系统与利用的既有洞口截排水系统应顺接，利用的既有水沟过水断面应满足排水要求，并做好洞口段综合排水设计。

条文说明

增建隧道与既有隧道排水系统衔接后坡面汇水面积会加大，当新增坡面汇水排入既有隧道截排水系统时，排水沟排水能力可能不足，需加宽改造水沟断面。

7.7.2 应对利用的既有隧道渗漏水地段进行处治，处治方案应考虑对既有隧道防排水系统的保护措施。

7.7.3 利用的既有隧道排水能力不足时，可采取加大边沟或中心排水沟断面尺寸、设置泄水洞等措施。

7.7.4 寒区改扩建隧道应结合气象条件、既有隧道的冻害情况进行防冻保温设计。

7.7.5 利用的既有隧道路侧边沟、电缆槽等改建时宜整体翻修。

7.8 路基与路面

7.8.1 改建隧道路面应根据路面病害及路幅调整情况进行处治、改造或重建，扩建隧道路面宜拆除重建。

条文说明

隧道路面病害与既有隧道衬砌拱脚下存在虚方或地基承载力不足密切相关，因此需采取清除虚方、混凝土换填、注浆加固、增设钢管桩或树根桩等措施，确保隧道衬砌和路面基础的稳定。

7.8.2 路面改造应充分利用既有路面结构，并应符合下列规定：

1 路面高程调整应满足建筑限界净空要求。

2 水泥混凝土路面局部拆换时，应满足路面结构承载力和路基稳定性要求。

交通运输部信息公开浏览专用

3　水泥混凝土路面加铺沥青混凝土时，应对破损面板进行更换，采用功能性加铺时加铺层厚度应与混合料公称最大粒径匹配，不宜小于4cm。

4　水泥混凝土路面加铺水泥混凝土路面时，宜采用结合式加铺层，加铺层厚度不宜小于8cm。

交通运输部信息公开
浏览专用

8 施工准备

8.1 一般规定

8.1.1 隧道改扩建施工前，应熟悉设计文件，领会设计意图，并做好现场核查和图纸核对。

8.1.2 施工前应调查、核实既有隧道设计、施工、养护、运营和隧道病害情况以及工程影响范围内建（构）筑物和设施现状，分析地质资料及技术状况。

8.1.3 隧道施工前应根据改扩建隧道特点开展施工风险评估。

条文说明

根据《公路桥梁和隧道工程施工安全风险评估指南》，施工安全风险评估分为总体风险评估和专项风险评估两个阶段。总体风险评估从隧道的工程规模、建设条件、技术难度等因素考虑，评估隧道工程整体施工安全风险。风险等级Ⅲ级（高度风险）及以上，需进行专项评估。

8.1.4 隧道改扩建施工前，应结合改扩建方式、地形地质条件、工程特点和规模等编制施工组织设计，制定施工安全措施，并做好施工准备、组织落实等工作。

8.1.5 隧道改扩建施工前应完成控制测量以及既有隧道线形、断面复核。

8.1.6 隧道改扩建施工方法应根据设计文件并结合地质条件、周边环境条件、隧道规模、工期要求、设备与场地条件等因素，并借鉴已有施工经验确定。

8.1.7 改扩建隧道应编制不良地质段专项施工方案，方案应包括下列内容：

1 工程地质条件及风险分析。

2 开挖方法及支护措施。

3 施工工序及步距控制。

4 超前地质预报与监控量测方案。

交通运输部信息公开浏览专用

5　应急预案，包括人员撤离路线、救援措施、医疗救护等。

条文说明

不良地质主要是指既有隧道出现的塌方、涌突水、大变形、有害气体等，施工安全风险评估等级Ⅲ级及以上的地段，由于施工安全风险大，需在施工前制定专项方案，做好应对措施。

8.1.8　既有隧道拆除应考虑结构安全、施工安全、对邻近隧道影响、交通组织、环境保护等因素，编制专项施工方案和监测方案。

8.2　施工场地与临时工程

8.2.1　施工场地与临时工程场区宜开展地质灾害评估，应避开崩塌、滑坡、洪涝、泥石流、雪崩等地质灾害易发区以及高陡边坡下方，严禁在行洪河道内选址。

条文说明

按照交通运输部《公路水运工程生产安全重大事故隐患判定标准》（交办安监〔2025〕28号）的规定，施工办公区、生活区、预制场、加工场、拌和场（简称“两区三场”）未进行山洪灾害和地质灾害评估且无有效防护措施情况下，设置在地质灾害易发区等位置时判定为重大事故隐患。

8.2.2　施工场地布置应综合考虑工程规模、工期、地形条件、交通条件等因素，遵循“因地制宜、统一规划、节约用地、安全环保”的原则，并应符合下列规定：

1　应便于开展施工活动，并满足安全作业和环保要求。

2　宜在红线范围内进行场地布置，可利用交通封闭后的路基段、相邻隧道之间的空地作为施工场地。

3　施工便道和场地应减少对原地貌的破坏，并不得影响洞口边仰坡的稳定。

4　施工场地、弃渣场地不应堵塞既有排水通道、水利设施等。

条文说明

1　施工场地布置及场内安全管理需按照交通运输部发布的《“两区三厂”建设安全标准化指南》及其他相关规定执行。

2　利用封闭路基段作为设备拼装场地、施工驻地等，可以减少临时用地。

8.2.3　临时工程和设施应根据工程施工和安全管理需要设置，并应符合下列规定：

1　临时工程宜在隧道施工前完成。

交通运输部信息公开
仅供浏览专用

2　临时工程应考虑当地暴雪、暴雨、大风、高温、高寒等极端气候条件的影响，并制定预警、预防和应急措施。

3　临时工程布置宜考虑永临结合。

4　应设置人员、设备进出洞管理设施。

5　风、水、电设施宜靠近洞口布设。

6　机械、设备安装和管线架设应符合相关规定。

条文说明

临时工程主要包括“四通”（通水、通电、通路、通信畅通）、“一平”（平整场地）及办公、生活用临时房屋、停车场、临时弃渣场等。临时设施主要指隧道施工所需的压缩空气供应设施、混凝土生产设施、钢筋加工棚、炸药库等。

8.2.4　临时房屋布置应符合下列规定：

1　应满足人员工作和生活的需要，并符合消防安全、人员疏散规定。

2　不宜建在电力线路、输油（气）管线等高危管线保护区内。

3　应设置截排水系统。

4　不应设置在起重设备、高大料仓等影响范围以内。

5　生活用水排放不得影响施工，不得污染周围环境。

8.2.5　爆炸物品储存库、油库位置应满足安全防护距离要求和相关行业部门的规定。

条文说明

易燃易爆品存放需满足《中华人民共和国消防法》《危险化学品安全管理条例》《小型民用爆炸物品储存库安全规范》（GA 838）等相关规定。

8.2.6　施工便道宜利用既有道路。新建便道或既有道路改造后的线形、纵坡、宽度及路面结构应满足施工运输需要，并设置必要的安全防护和警示标志。

8.2.7　施工现场使用的安全警示标志（牌）应符合相关规定，且清晰醒目。

8.3　人员、材料及设备

8.3.1　从事隧道施工的各类特殊岗位人员应持证上岗。

8.3.2　施工前应对施工人员进行安全培训、交通安全教育和安全、技术交底。

交通运输部信息公开浏览专用

8.3.3 工程所需材料进场时应按批次和规定频率进行检测、试验和留样。

8.3.4 应结合隧道改扩建特点配备满足施工需要的机械设备。

8.3.5 应配备满足工程需要的试验、检测仪器设备，并应符合检校要求。

8.3.6 施工前应完成生活、生产及应急物资储备。

交通运输部信息公开
浏览专用

9 改建隧道施工

9.1 一般规定

9.1.1 隧道改建宜在邻近的增建和扩建隧道施工完成后进行。

条文说明

相邻的增建、扩建隧道施工不影响既有隧道结构安全时，在增建、扩建隧道施工完成并开放交通后，再进行既有隧道的改建施工，这样对交通运行影响较小，同样改建隧道施工也不能影响增建、扩建隧道结构和运营安全。

9.1.2 改建隧道施工应保持既有隧道主体结构的稳定和完整性，减少扰动，不得造成破坏。

9.1.3 改建隧道施工应保护原有的排水系统，改造和修复后的排水系统应顺畅。

9.1.4 改建隧道施工应做好隧道内既有机电与交通工程设施的保护、加固、临时迁移与恢复。

9.1.5 改建隧道需拆换衬砌地段，施工前宜先对相邻段采取临时加固措施。

9.2 既有隧道加固

9.2.1 加固施工前宜对既有隧道进行检查，发现新增病害时应按程序调整加固方案。

9.2.2 既有隧道采用围岩注浆加固作业时，应对衬砌采取临时支撑措施，并监测衬砌变形情况。

9.2.3 当隧道加固施工遇到下列情况时，应及时调整处治措施：

1 原结构或相关工程隐蔽部位有严重缺陷。

2 出现衬砌变形、剥落、掉块等现象。

交通运输部信息公开浏览专用

3　渗水量加大或范围扩大。

9.2.4　临时支撑设置不应影响后续改建施工。

9.3　既有隧道衬砌局部拆除

9.3.1　应根据拆除部位、拆除尺寸、衬砌病害情况等，确定拆除方法、拆除顺序。

9.3.2　喷锚衬砌、整体式衬砌需局部拆除时，宜先对围岩进行必要的加固。

9.3.3　既有隧道二次衬砌局部拆除时，与被拆除段连接的既有衬砌可采用钢拱架、木垛、斜竖向钢管等临时支撑措施，临时支撑应与既有衬砌密贴。

9.3.4　新建横通道与既有隧道交叉口二次衬砌拆除时，应按设计要求对拆除段进行预加固，对邻近交叉口未拆除段设置临时支撑措施。

9.3.5　衬砌局部拆除宜先采用机械切缝后再采用机械开挖法分段、分块拆除。

9.3.6　衬砌局部拆除应保护衬砌背后防水板，并对破损的防水板进行修复。

9.4　既有隧道衬砌整环拆除

9.4.1　模筑混凝土衬砌可采用机械破碎、劈裂、静态爆破等方式拆除。

9.4.2　拆除段与未拆段为整体式模筑衬砌时，应环向切缝分离。

9.4.3　模筑混凝土衬砌拆除宜先拱部后边墙。采用机械拆除时，应从上至下逐段拆除。

9.4.4　采用爆破拆除时应密布钻孔、少装药，爆破振动速度应满足设计要求。

9.4.5　应根据围岩与支护稳定情况确定初期支护整环拆除方式，并符合下列规定：

1　应逐环由上向下拆除。

2　有钢架时每次拆除纵向长度不应大于2榀钢架间距，在不良地质段应逐榀拆除。

3　无钢架时每次拆除纵向长度不宜超过3m。

4　采用爆破拆除时，应结合既有隧道技术状况和衬砌结构具体情况确定爆破方案。

交通运输部信息公开浏览专用

9.5 改建隧道支护及衬砌恢复施工

9.5.1 每循环衬砌拆除完成、开挖断面满足改建要求后，应及时施作新的初期支护。

条文说明

改建隧道包含既有衬砌局部拆除与整环拆除，拆除时需分步、分部位进行；每循环衬砌是指每次破除既有衬砌的范围或纵向宽度。

9.5.2 既有隧道衬砌与新隧道结构存在空隙时应回填密实，采用混凝土回填时其强度等级不应低于C20。

条文说明

低等级公路既有隧道需局部调整线形时，存在新断面与既有断面中线不重合的情况，使新旧衬砌结构间存在空隙（图9-1），需采用混凝土回填密实，以保证新建衬砌结构背后具有足够的约束反力，满足结构受力要求。

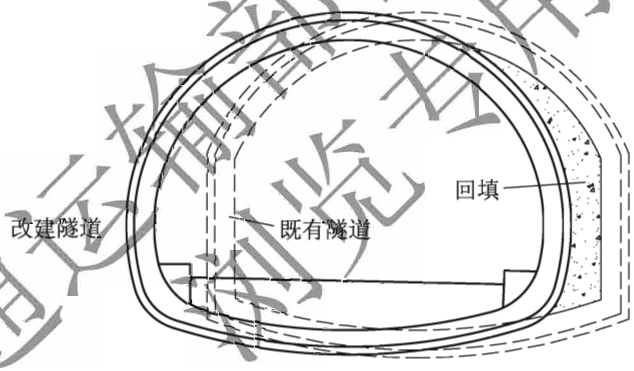


图9-1 既有隧道衬砌与新隧道结构间空洞回填示意

9.5.3 二次衬砌局部拆换形成的新旧混凝土纵向接缝，连接截面应凿成法向面，并凿毛、清除混凝土残渣、涂刷混凝土界面剂、植连接筋。

9.5.4 新旧混凝土植筋连接时，植筋直径不应小于20mm，沿衬砌内外缘两侧布置，间距不应大于30cm，植筋植入深度不宜小于25cm，外露长度不宜小于30cm。植筋施工应采用专用锚固材料，植入后进行拉拔试验，合格后方可进行混凝土浇筑。

条文说明

置换混凝土与原衬砌混凝土需结合牢靠，除混凝土自身黏结外，还需借助钢筋作用

交通运输部信息公开浏览专用

使其有效连接形成整体。

9.5.5 整环新浇筑混凝土衬砌宜采用模板台车施工，局部混凝土浇筑可采用组合模板。

9.6 电缆沟槽与设备洞室

9.6.1 电缆沟槽改造应采用机械拆除。

9.6.2 新增设备洞室应避开施工缝、变形缝位置。

9.6.3 新增设备洞室应采用切割或机械等非爆开挖的凿洞方式，并应做好与原防排水系统的衔接及新旧混凝土的连接。

交通运输部信息公开
浏览专用

10 扩建隧道施工

10.1 一般规定

10.1.1 扩建隧道应根据地质条件、埋深、断面、既有隧道检测结果、施工安全风险评估结论等编制专项施工方案。施工方案应包括下列内容：

1 扩建隧道勘察、设计、施工、运营养护、检测等资料的调查与分析。
2 扩挖顺序及工艺流程。
3 扩建隧道的临时支撑、加固、拆除方法。
4 开挖、支护方法及步距。
5 爆破设计和爆破振动监测方案。
6 超前地质预报与监控量测方案。
7 施工安全措施及应急预案。
8 交通组织。

10.1.2 扩建隧道的施工方案选择应考虑下列因素：

1 地质条件。
2 隧道长度及跨度。
3 既有隧道及扩建隧道结构形式。
4 既有隧道拆除与扩挖对围岩的扰动。
5 扩建施工对邻近隧道的影响。
6 配备的机械设备类型和数量。

10.1.3 扩建隧道衬砌拆除与扩挖时，应确定合理的拆除时序，并采用控制爆破和机械拆除相结合的方法进行施工。

10.1.4 扩建隧道施工应逐段拆除、逐段扩挖，模筑衬砌拆除与围岩扩挖不得同时进行，每循环的施工长度应根据地层条件与围岩稳定性确定。

条文说明

扩建隧道施工需对既有隧道衬砌结构进行拆除和围岩扩挖，若模筑衬砌拆除与围岩

交通运输部信息公开
浏览专用

扩挖同时进行，施工进尺难以控制，施工安全风险增大，故对衬砌拆除与围岩扩挖时机作出了规定。

10.1.5 每循环衬砌拆除和围岩扩挖完成后应及时施作初期支护。

条文说明

扩建隧道施工时需及时封闭围岩，完成初期支护，降低施工风险；采用分部开挖时，需避免拱脚长时间、长距离悬空，初期支护钢架需及时施加锁脚稳固墙脚。

10.1.6 隧道扩建形成小净距隧道时，应采取稳定中夹岩体与降低围岩扰动的措施。

10.1.7 当扩建隧道揭示地质条件与设计不符，或围岩与支护变形超过设计要求时，应及时反馈相关信息，并调整支护参数或施工方法。

条文说明

根据揭示的地质条件及监控量测结果进行动态设计，调整支护参数及施工方法，以适应地质条件的变化，保持围岩及支护结构稳定。

10.2 隧道洞口扩建

10.2.1 施工前应清除可能滑塌的坡面及危岩，对保留的边仰坡按设计要求进行防护或加固。

10.2.2 洞口扩建施工宜避开雨季及融雪期。

10.2.3 洞口边仰坡扩建施工应符合下列规定：

1 边仰坡扩挖前应完成截水沟迁移和改造，必要时可设置临时排水设施。

2 洞口边仰坡扩挖宜采用机械或微振控制爆破开挖。

3 洞口边仰坡扩挖应自上而下、分级防护、分段成型，不得掏底或多级同时开挖。

4 洞外进行爆破作业时，应做好爆体的柔性覆盖或设置防护排架等设施，人员、设备应撤离至安全距离以外。

5 挡墙及其他支挡结构拆除时，宜先按设计坡率卸载被支挡土体后再拆除。

10.2.4 边仰坡防护及加固施工应符合下列规定：

1 应对扩挖范围以外不稳定坡体进行清除或加固。

2 开挖后应及时施作坡面防护。

交通运输部信息公开浏览专用

3　扩挖边仰坡与利用的既有边仰坡应圆顺衔接。

10.2.5　明洞、洞门墙拆除及施工应符合下列规定：

1　宜先清除拱背回填土，对开挖坡面进行防护。

2　宜采用机械拆除，自上而下拆除洞门墙及明洞衬砌。

3　拆除后应及时施作明洞、洞门墙。

4　洞门墙背后的排水设施应与洞门墙同步施工，并按设计要求布设泄水孔。

5　当既有洞门墙部分利用时，新旧墙体连接应符合设计要求。

6　明洞回填应分层填筑、分层夯实，分层厚度不应大于30cm。

10.2.6　洞口施工邻近通行车辆的道路时，应采取保证既有道路通行安全的措施。

10.3　扩建隧道既有衬砌拆除

10.3.1　既有隧道衬砌拆除应遵循“纵向分段、横向分块、由拱到墙”的原则，宜从两端洞口向中间区段逐段拆除。

10.3.2　既有隧道需进行加固的地段，应先进行加固后再拆除二次衬砌。

10.3.3　二次衬砌应分段拆除，并符合下列规定：

1　分段长度不宜大于6m，不良地质段、原坍塌地段分段长度不宜大于3m。

2　分段位置为整模浇筑的混凝土时，可采用机械切割或密集钻孔进行分离。

3　不应跨施工缝、变形缝分段。

4　宜对邻近拆除段既有衬砌采取临时支撑措施。

条文说明

既有隧道衬砌结构对周边围岩起到稳固支撑作用，需控制拆除长度，防止发生坍塌事故。

10.3.4　当隧道衬砌纵向间隔拆除时，宜选择在围岩条件较好的地段，初次开口长度不宜大于5m，一次拆除长度不宜大于3m。

10.3.5　扩建隧道既有衬砌采用爆破拆除时，应符合下列规定：

1　二次衬砌爆破拆除前宜先切割分离再爆破。

2　爆破拆除宜密布炮眼，并严格控制单段爆破药量。

3　既有衬砌为钢筋混凝土时，可采用密眼预裂爆破、静态爆破等方法拆除。

交通运输部信息公开 试行专用

条文说明

3　既有隧道衬砌采用爆破拆除时，爆破振动会对衬砌和围岩有一定影响，当为钢筋混凝土结构时，钻爆设计需根据二次衬砌钢筋的分布情况采用密眼预裂或静态爆破，既要控制拆除既有衬砌的破碎程度，也要降低爆破振动的影响。

10.4　扩建隧道洞内扩挖

10.4.1　应根据围岩条件、扩挖断面尺寸、扩挖部位、扩挖隧道技术状况确定扩挖方法、扩挖步距和步序。

10.4.2　洞内扩挖位于下列地段时，应按设计要求采取围岩加固、超前支护或临时支撑等措施：

1　软弱破碎围岩、采空区、岩溶等不良地质段。

2　发生过塌方、突水、涌泥的地段。

3　衬砌大面积渗漏水、衬砌开裂严重地段。

4　衬砌背后存在较大空洞、缺陷段。

条文说明

隧道开挖通过软弱地层或既有隧道塌方等不良地质地段，既有隧道存在严重的缺陷和病害地段，扩挖施工存在爆破振动或施工扰动，扩挖二次扰动极易造成围岩失稳甚至塌方等严重事故，需要按设计要求先加固地层，消除安全隐患，并采取超前支护、锁脚锚管（杆）、临时支撑、临时仰拱等措施，降低施工风险，保障施工安全。

10.4.3　隧道浅埋、偏压段扩挖施工应符合下列规定：

1　浅埋、偏压段应按设计要求，先完成地表反压回填或地表预加固。

2　洞内扩挖施工前，应先对需进行围岩加固、超前支护的地段进行处治，对相邻段施作临时支撑后再开挖。

3　扩挖施工每循环开挖进尺不宜大于1榀拱架间距，且不应大于1.5m。

4　扩挖后应及时施作初期支护。

10.4.4　采用中隔壁法、交叉中隔壁法及双侧壁导坑法扩挖时，每循环进尺宜为1榀拱架间距，左右两侧掘进工作面纵向错开距离宜为15～20m。

10.4.5　采用台阶法扩挖时，每循环扩挖进尺宜为1～2榀拱架间距，无钢架段开挖进尺不宜大于3.0m，台阶长度宜为5～10m。

交通运输部信息公开浏览专用

10.4.6 扩挖后应测量断面轮廓，出现超欠挖时应及时处理，超出扩挖范围的空腔宜采用喷混凝土或模筑混凝土充填。

10.4.7 两车道隧道单侧扩挖为三车道或四车道隧道时，宜采用下列方式开挖：

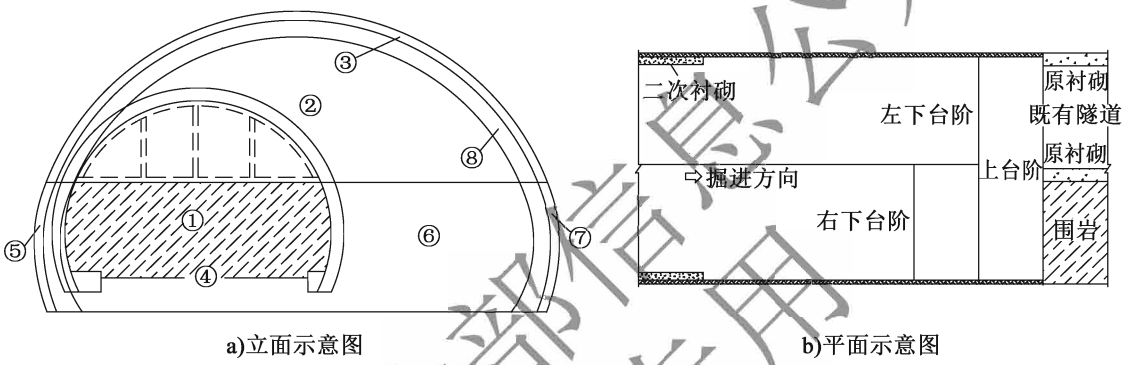
1 Ⅱ、Ⅲ级围岩宜采用台阶法。

2 Ⅳ级围岩可采用台阶法或中隔壁法。

3 Ⅴ级围岩可采用中隔壁法或交叉中隔壁法。

条文说明

（1）台阶法施工时，下台阶需左右侧交错开挖。台阶法施工工序如图 10-1 所示。

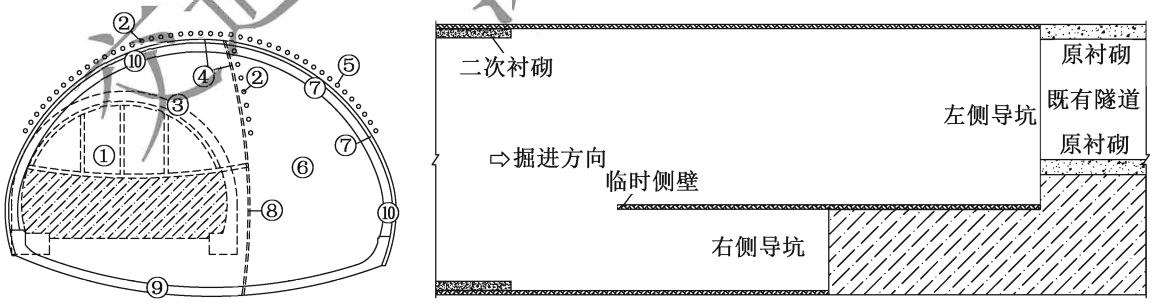


a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-1　单侧扩挖台阶法施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部设竖向临时支撑；②拆除既有隧道拱部衬砌，上台阶开挖；③施工上台阶初期支护，施工锁脚锚杆；④开挖左侧下台阶；⑤施工左侧下台阶初期支护，施工锁脚锚杆；⑥开挖右侧下台阶；⑦施工右侧下台阶初期支护，施工锁脚锚杆；⑧铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

（2）单侧扩挖中隔壁法施工工序如图 10-2 所示。



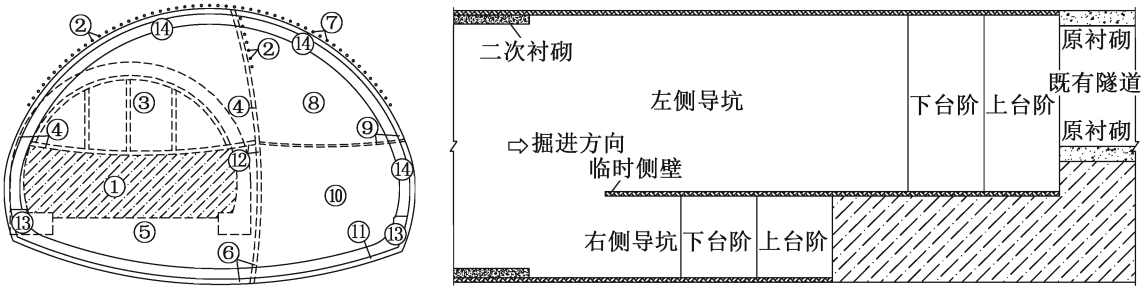
a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-2　单侧扩挖中隔壁法施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部设竖向临时支撑；②左侧导坑超前支护施工；③拆除既有隧道衬砌，左侧导坑开挖；④施工左侧导坑初期支护及锁脚锚管；⑤右侧导坑超前支护施工；⑥开挖右侧导坑；⑦施工右侧导坑初期支护；⑧拆除中隔壁临时支护；⑨施工仰拱二次衬砌，施工仰拱回填；⑩铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

交通运输部信息公开浏览专用

（3）单侧扩挖交叉中隔壁法施工工序如图 10-3 所示。



a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-3　单侧扩挖交叉中隔壁法（带临时仰拱）施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部设竖向临时支撑；②左侧导坑超前支护；③拆除既有隧道拱部衬砌，开挖左侧导坑上台阶；④施工上台阶初期支护（包括中隔壁临时支护、拱墙初期支护及临时仰拱），施工锁脚锚管；⑤开挖左侧导坑下台阶；⑥施工下台阶初期支护（包括中隔壁临时支护、侧墙及仰拱初期支护）；⑦右侧导坑超前支护；⑧开挖右侧导坑上台阶；⑨施工上台阶初期支护（包括拱墙初期支护及临时仰拱），施工锁脚锚杆；⑩开挖右侧导坑下台阶；⑪施工下台阶初期支护（包括侧墙及仰拱初期支护）；⑫拆除侧壁临时支护及临时仰拱；⑬施工初期支护仰拱、二次衬砌仰拱，施工仰拱回填；⑭铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

10.4.8　两车道隧道两侧扩挖或周边扩挖为三车道及以上隧道时，可采用下列方式开挖：

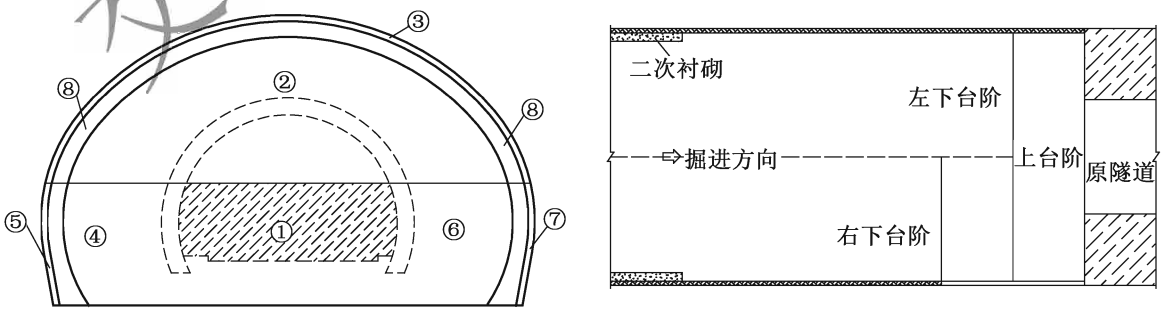
1　Ⅱ、Ⅲ级围岩可采用台阶法。

2　Ⅳ级围岩段可采用台阶法或中隔壁法。

3　Ⅴ级围岩段可采用交叉中隔壁法或双侧壁导坑法。

条文说明

（1）台阶法施工工序如图 10-4 所示，根据围岩完整情况及既有隧道技术状况，可以采用上下台阶法和三台阶法开挖。



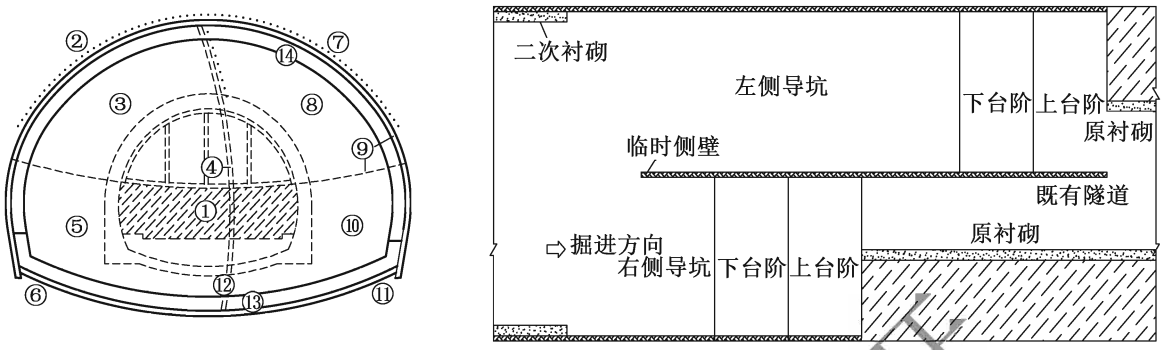
a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-4　两侧或周边扩挖台阶法施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部设竖向临时支撑；②拆除既有隧道拱部衬砌，上台阶开挖；③施工上台阶初期支护，施工锁脚锚杆；④开挖左侧下台阶；⑤施工左侧下台阶初期支护，施工锁脚锚杆；⑥开挖右侧下台阶；⑦施工右侧下台阶初期支护，施工锁脚锚杆；⑧铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

交通运输部信息公开浏览专用

（2）周边扩挖中隔壁法施工工序如图 10-5 所示。

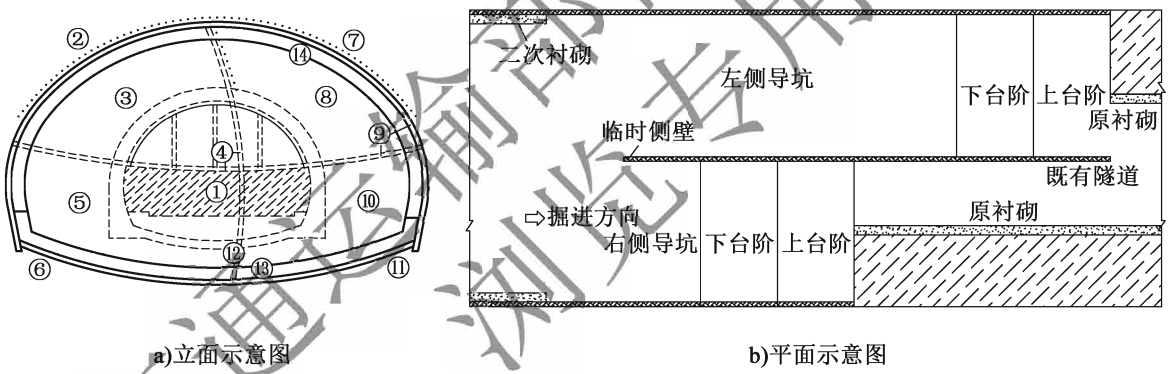


a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-5　周边扩挖中隔壁法施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部设竖向临时支撑；②左上导坑超前支护；③左上导坑范围既有隧道二次衬砌拆除，导坑开挖；④施工左上导坑初期支护、侧壁临时支护；⑤开挖左侧下台阶；⑥施工左下导坑边墙及仰拱初期支护、侧壁临时支护；⑦右上导坑超前支护；⑧右上导坑范围既有隧道二次衬砌拆除，导坑开挖；⑨施工右上导坑初期支护、侧壁临时支护；⑩开挖右侧下台阶；⑪施工右下导坑边墙及仰拱初期支护；⑫拆除临时侧壁支护；⑬施工初期支护仰拱、二次衬砌仰拱，仰拱回填；⑭铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

（3）周边扩挖交叉中隔壁法施工工序如图 10-6 所示。



a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-6　周边扩挖交叉中隔壁法施工工序示意图

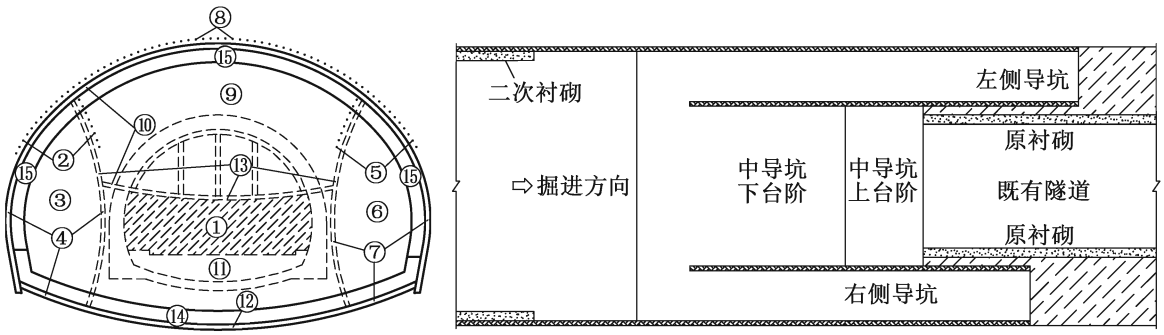
注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部设竖向临时支撑；②左上导坑超前支护；③左上导坑范围既有隧道二次衬砌拆除，导坑开挖；④施工左上导坑初期支护、侧壁临时支护、临时仰拱；⑤开挖左侧下台阶；⑥施工左下导坑初期支护及临时支护；⑦右上导坑超前支护；⑧右上导坑范围既有隧道二次衬砌拆除，导坑开挖；⑨施工右上导坑初期支护、侧壁临时支护、临时仰拱；⑩开挖右侧下台阶；⑪施工右下导坑初期支护；⑫拆除临时侧壁及临时仰拱；⑬施工初期支护仰拱、二次衬砌仰拱，施工仰拱回填；⑭铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

（4）周边扩挖双侧壁导坑法施工工序如图 10-7 所示。

（5）先中间后两侧、先上半断面后下半断面开挖的周边扩挖双侧壁导坑法施工工序如图 10-8 所示。

隧道周边扩挖采用双侧壁导坑法施工时，一般为两侧导坑先行，既有隧道衬砌在中导坑开挖时同步拆除。当两侧导坑开挖与既有隧道衬砌拆除顺序有冲突时，采用中部导坑先行法施工。

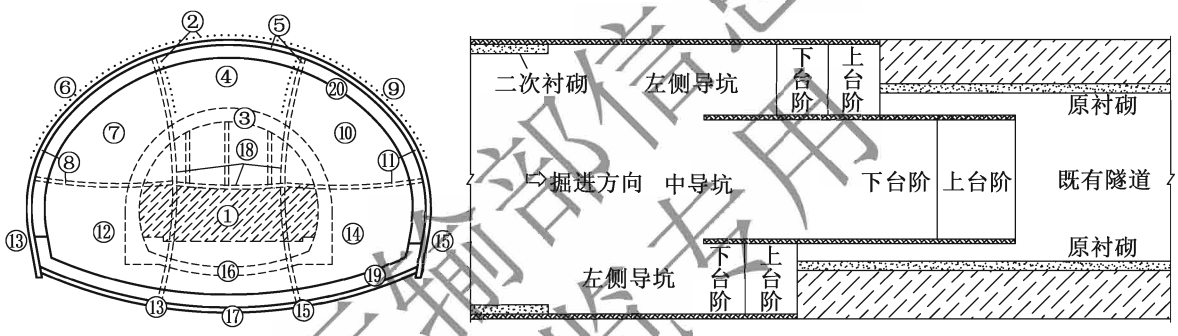
交通运输部信息公开浏览专用



a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-7　周边扩挖双侧壁导坑法施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部临时加固；②左侧导坑超前支护；③开挖左侧导坑；④施工左侧导坑初期支护（包括侧壁临时支护、拱墙及仰拱初期支护）；⑤右侧导坑超前支护；⑥开挖右侧导坑；⑦施工右侧导坑初期支护（包括侧壁临时支护、拱墙及仰拱初期支护）；⑧中部导坑超前支护；⑨开挖中部导坑上台阶、拆除既有隧道衬砌；⑩施工中部导坑初期支护（包括仰拱临时支护、拱部初期支护）；⑪开挖中部导坑下台阶；⑫施工中部导坑仰拱初期支护；⑬拆除侧壁临时支护及临时仰拱；⑭施工初期支护仰拱、二次衬砌仰拱，施工仰拱回填；⑮铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。



a)立面示意图　　b)平面示意图

图 10-8　先上中导坑、后侧导坑的双侧壁导坑法施工工序示意图

注：①回填既有隧道至起拱线，必要时拱部临时加固；②中导坑上台阶超前支护；③拆除既有隧道中导坑范围内二次衬砌结构；④中导坑上台阶开挖；⑤施工中导坑上台阶初期支护（包括侧壁临时仰拱、拱部初期支护）；⑥左导坑上台阶超前支护；⑦开挖左导坑上台阶；⑧施工左导坑上台阶初期支护；⑨施工右导坑上台阶超前支护；⑩开挖右导坑上台阶；⑪施工右导坑上台阶初期支护（包括侧壁临时仰拱、拱墙及仰拱初期支护）；⑫左导坑下台阶开挖；⑬左导坑下台阶初期支护；⑭右导坑下台阶开挖；⑮右导坑下台阶初期支护；⑯中导坑下台阶开挖；⑰中导坑下台阶初期支护；⑱拆除侧壁临时支护及临时仰拱；⑲施工初期支护仰拱、二次衬砌仰拱，施工仰拱回填；⑳铺设环向盲沟及防水板，整体浇筑拱墙部二次衬砌。

10.4.9　临时支护拆除应符合下列规定：

1　应在初期支护封闭成环后进行拆除。

2　每次拆除长度应根据围岩地质条件确定，且不宜大于3m。

3　拆除长度满足一模二次衬砌浇筑长度时，应及时施作二次衬砌。

条文说明

临时支护指临时仰拱（台阶法）或导坑临时侧壁支撑（中隔壁法、交叉中隔壁法

交通运输部信息公开浏览专用

及双侧壁法)。

10.4.10 既有横通道保留利用时，宜采用切割、机械钻孔等方式，沿主洞扩挖轮廓切割分离既有横通道衬砌结构。

10.4.11 采用爆破扩挖时，应根据扩挖段围岩地质条件、开挖断面、开挖方法、既有衬砌结构等编制钻爆设计，并应包括下列内容：

1 炮眼（周边眼、掏槽眼、辅助眼）布置图（数目、深度和角度）。

2 装药量和装药结构。

3 起爆方法、爆破顺序和爆破网络。

4 钻爆参数。

5 爆破有害效应的控制方法。

6 主要技术经济指标。

10.4.12 扩挖爆破作业应符合下列规定：

1 宜采用光面爆破、微震爆破、静态爆破等控制爆破技术。

2 开挖前应进行爆破试验，确定钻爆参数。

3 应严格控制一次起爆量及爆破振动。

4 二次衬砌拆除与扩挖不应同时实施爆破作业。

5 施工中应根据爆破振动监测结果与爆破效果及时优化钻爆设计，调整间隔不宜大于3个循环。

条文说明

4 扩挖爆破与二次衬砌拆除爆破同时装药爆破，一次爆破量较大，容易超挖或塌方。在二次衬砌配有钢筋地段，一次爆破成型难度较大，爆破后钢筋切割、出渣等耗时较多，不能及时进行围岩支护，导致存在较大的安全隐患。

10.4.13 当扩挖隧道邻近通车运营的既有隧道时，宜先从远离既有隧道侧进行爆破。

10.4.14 机械扩挖应符合下列规定：

1 应根据扩建隧道断面大小、既有隧道结构形式、地质条件、扩挖部位及施工扰动等，选择合适的开挖机械、开挖方法及开挖顺序。

2 软弱破碎围岩可采用挖掘机、铣挖机或悬臂掘进机。

3 硬质岩及衬砌结构可采用悬臂掘进机、液压破碎或液压劈裂机、水磨钻等。

4 开挖过程中应防止机械碰撞已施工支护。

交通运输部信息公开浏览专用

11 增建隧道施工

11.1 一般规定

11.1.1 应结合地形、地质条件、隧道净距、施工安全风险评估结果等，编制施工方案。

11.1.2 应根据邻近隧道技术状况、增建隧道与邻近隧道净距及地质条件、断面尺寸等确定开挖方法。

11.1.3 增建隧道开挖可能会对邻近隧道产生有害影响时，应采取减小扰动以及相应的加固措施。

11.1.4 增建隧道施工期间既有隧道不中断交通时，应采取保障既有隧道安全通行的措施。

11.2 增建隧道施工与既有隧道保护

11.2.1 增建隧道施工前应按设计对影响围岩稳定和衬砌结构安全的既有隧道病害段进行加固处治，施工期间应加强巡查。

11.2.2 增建隧道施工对既有隧道不产生有害影响时，可按新建隧道施工。

11.2.3 增建隧道与既有隧道按小净距布置时，应符合下列规定：

1 应采取降低中夹岩及隧道围岩扰动的措施，必要时采用机械开挖。

2 采用侧壁导坑法开挖时，宜先开挖远离既有隧道一侧。

3 需对中夹岩进行预加固的地段，应先加固后再开挖。

4 爆破开挖时，掏槽眼宜适当远离中夹岩；应减少单段最大爆破装药量；可适当增大相邻爆破分段的起爆间隔时间；施工前应进行现场爆破试验验证；爆破振动速度应满足设计要求。

5 施工中应实时观测既有隧道变形、裂缝发展、渗漏水变化等情况。

交通运输部信息公开浏览专用

11.3 增建横通道

11.3.1 既有隧道增建横通道时，增建横通道施工不宜两端对向开挖。

11.3.2 既有隧道增建横通道交叉口开口两侧 5～15m 的范围内宜设置临时支撑。

11.3.3 横通道与既有隧道交叉口开口前，应采用切割或钻孔等方式将既有隧道二次衬砌沿开口线分离。

11.3.4 增建横通道邻近既有隧道时，宜采用非爆开挖；增建人行横通道时，非爆开挖段长度不宜小于5m；增建车行横通道时，非爆开挖段长度不宜小于10m。

11.3.5 新建横通道的初期支护、混凝土衬砌、防排水设施应与既有隧道可靠衔接，并符合相关要求。

交通运输部信息公开
浏览专用

12 监控量测

12.1 一般规定

12.1.1 改扩建隧道施工应编制监控量测方案，监控量测应贯穿改扩建施工全过程。

12.1.2 改扩建隧道施工监控量测数据及分析成果应及时反馈，并根据监测结果调整支护参数、施工方案以及既有隧道的保护措施，并跟踪落实情况。

条文说明

监控量测数据及其发展趋势是分析判断隧道安全状况的重要依据，其时效性要求较高，故一般情况下需按要求反馈，但当监测数据达到预警值时，一般需在2h内反馈并提出处置建议。

12.1.3 隧道改扩建监控量测的范围，除施工隧道自身监测外，尚应对受到施工影响的邻近建（构）筑物、既有隧道进行监测，并根据现场实际情况及时调整监测方案和范围。

条文说明

邻近建（构）筑物包括建筑物、管线、铁塔、防护工程等；需要进行监测的内容包括沉降监测、倾斜监测、裂缝监测及振动监测等。

12.1.4 隧道监测宜采用自动化、轻量化的监控量测系统。

12.2 既有隧道监控量测

12.2.1 既有隧道监测项目应包括洞口地表位移、衬砌表面观测、衬砌变形监测。衬砌表面爆破振动速度、临时支撑应力、地下水变化监测、渗漏水观测、设备异响与脱落观测等，可根据现场实际情况确定。

条文说明

衬砌表面观测是指施工期间对既有隧道衬砌表面裂缝的发展变化进行观测，对新增

交通运输部信息公开浏览专用

裂缝的位置、形态及发展变化进行观测。

12.2.2 监测频率除应满足基本频率要求外，尚应结合周边环境、隧道结构、施工方法、地质条件等增加监测频率。

条文说明

基本频率要求是指相关标准规定的频率要求，如现行《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660）规定的监控量测频率要求。

12.2.3 增建、扩建隧道与既有隧道形成小净距时，应加强对中夹岩稳定性监测。

12.2.4 既有隧道衬砌表面振动速度控制值可按表12.2.4选取，施工中宜结合周边环境、既有隧道衬砌变形监测和运营设施稳定情况等进行调整。

表12.2.4 既有隧道衬砌表面振动速度控制值

隧址区条件	既有隧道衬砌表面振动速度控制值（cm/s）
地质和环境条件简单的山岭区	5.0～10.0
地质相对复杂的山岭区或环境复杂地区	1.5～5.0
行人、非机动车、机动车混行隧道	≤1.0

注：1. 环境复杂指既有隧道及其周边环境存在特定条件，使其在受到振动影响后易劣化既有隧道衬砌力学状态和稳定性。

2. 当新建隧道施工对既有隧道影响较大时，既有隧道衬砌表面振动速度控制值取小值，反之取大值。

3. 需考虑既有隧道机电设备、设施受爆破振动的影响。

条文说明

目前行业内不同爆破振动频率下振动速度控制的实践经验较少，既有隧道衬砌表面振动速度控制值的确定，不但要考虑衬砌结构本身材料性能，还要考虑隧道施工和爆破振动引起既有隧道衬砌荷载边界条件的改变，爆破振动往往会导致这一情况的发生，从而诱发既有隧道衬砌病害加剧或产生新的病害，需谨慎确定。

12.3 扩建隧道监控量测

12.3.1 扩建隧道扩挖段设临时支撑时，宜对临时支撑变形或受力状况进行监测。

12.3.2 扩建隧道扩挖段测点应根据扩挖方式及周边环境进行布置，并应符合下列规定：

1 拱顶下沉、周边收敛测点纵向间距可按表12.3.2选用。

交通运输部信息公开 浏览专用

表 12.3.2　监测断面纵向间距

围岩级别	Ⅴ	Ⅳ	Ⅲ
间距（m）	5～10	10～15	15～30

2　洞口段地表沉降测点纵向间距宜为5～10m，横向布置范围不应小于3倍隧道开挖跨度。

3　既有隧道衬砌变形测点纵向间距不宜大于20m，有病害处宜加密。

12.3.3　扩挖爆破前后应对扩挖面前方不小于3倍扩挖洞径范围待扩挖段衬砌、临时支撑状态进行巡查，有异常时应增加巡查次数，并采取加固措施。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 A　隧道典型改扩建方式

A. 0. 1　增建隧道横向布设方式如图 A. 0. 1-1 ~ 图 A. 0. 1-5 所示。

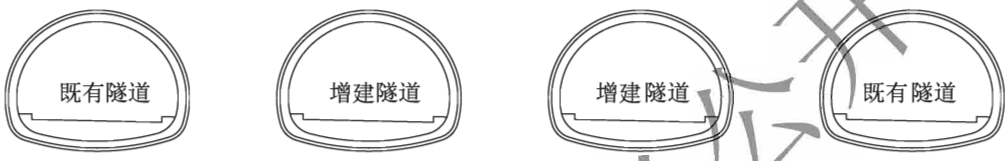


图 A. 0. 1-1　既有隧道间增建两座隧道



图 A. 0. 1-2　既有隧道间增建一座隧道、一侧增建一座隧道



图 A. 0. 1-3　既有隧道两侧各增建一座隧道

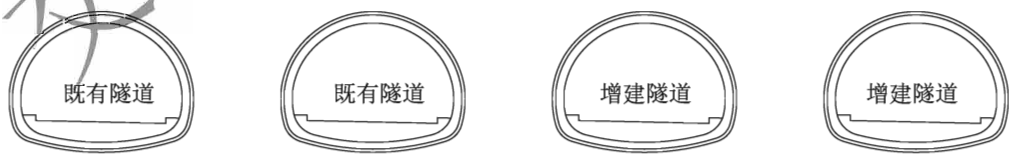


图 A. 0. 1-4　既有隧道一侧增建两座隧道



图 A. 0. 1-5　既有隧道一侧增建一座多（三 ~ 五）车道隧道

交通运输部信息公开浏览专用

A. 0. 2 增建隧道错位布设方式如图 A. 0. 2-1 ~ 图 A. 0. 2-5 所示。

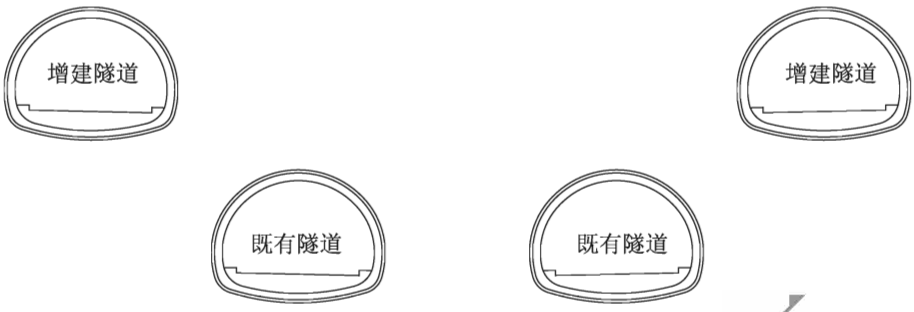


图 A. 0. 2-1 既有隧道上方外侧增建分离式隧道

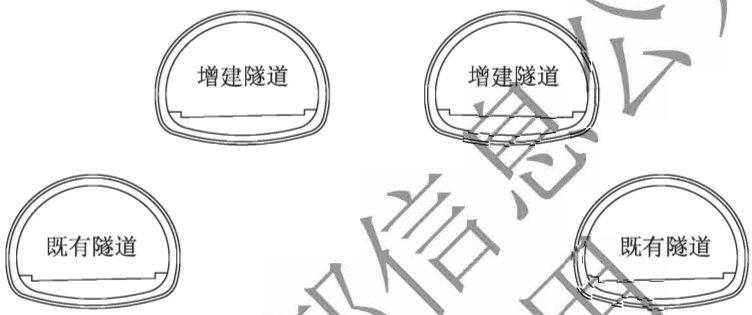


图 A. 0. 2-2 既有隧道上方内侧增建小净距隧道

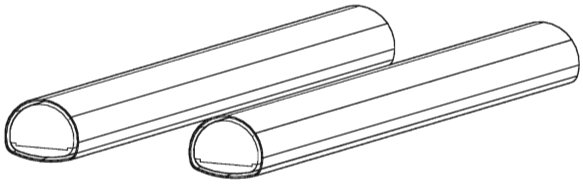


图 A. 0. 2-3 既有隧道上方内侧增建连拱隧道



图 A. 0. 2-4 既有隧道上方增建单洞短隧道

交通运输部信息公开浏览专用



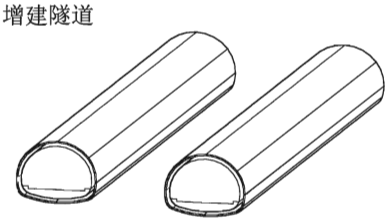


图 A. 0. 2-5　既有隧道上方增建叠层隧道

A. 0. 3　原位扩建单侧扩挖方式如图 A. 0. 3-1 ~ 图 A. 0. 3-3 所示。



图 A. 0. 3-1　外侧扩挖



图 A. 0. 3-2　内侧扩挖

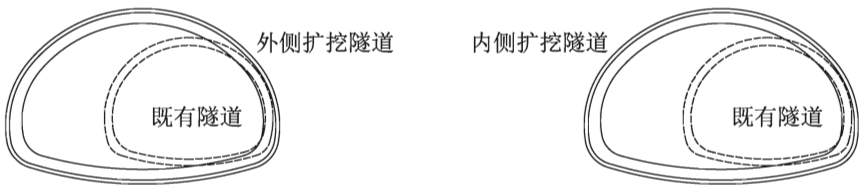


图 A. 0. 3-3　外侧扩挖 + 内侧扩挖

A. 0. 4　原位扩建两侧扩挖方式如图 A. 0. 4-1、图 A. 0. 4-2 所示。

交通运输部信息公开浏览专用



图 A. 0. 4-1　两侧扩挖（既有隧道位于下侧）



图 A. 0. 4-2　两侧扩挖（既有隧道位于上侧）

A. 0. 5　原位扩建周边扩挖方式如图 A. 0. 5 所示。



图 A. 0. 5　周边扩挖

A. 0. 6　既有单洞隧道扩建连拱隧道方式如图 A. 0. 6 所示。

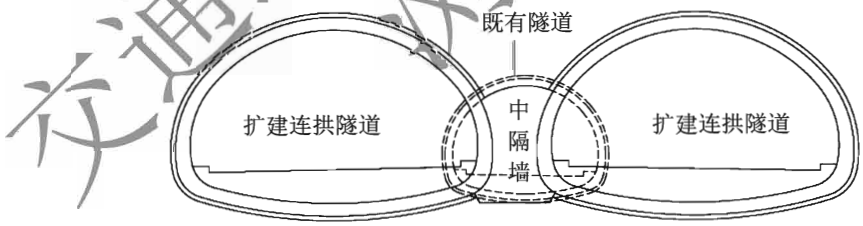


图 A. 0. 6　利用既有隧道作中导洞、向两侧扩建为连拱大断面隧道

A. 0. 7　连拱隧道改扩建方式如图 A. 0. 7-1 ~ 图 A. 0. 7-7 所示。

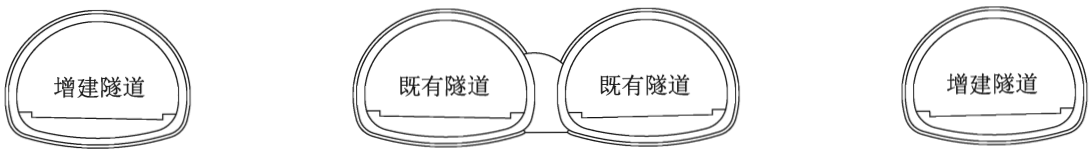


图 A. 0. 7-1　既有连拱隧道两侧边各增建一座隧道

交通运输部信息公开浏览专用

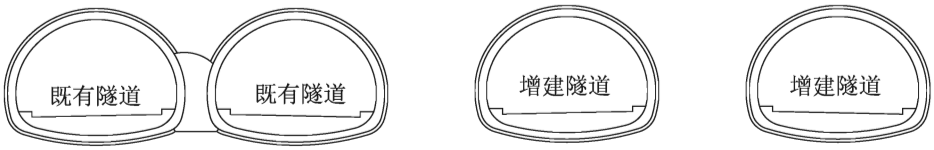


图 A.0.7-2　既有连拱隧道单侧增建两座隧道



图 A.0.7-3　既有连拱隧道单侧增建连拱隧道



图 A.0.7-4　既有连拱隧道单侧增建一座多（三～五）车道隧道

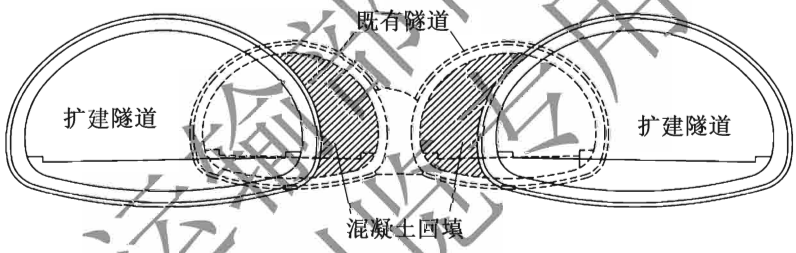


图 A.0.7-5　既有连拱隧道向外扩挖为小净距大断面隧道

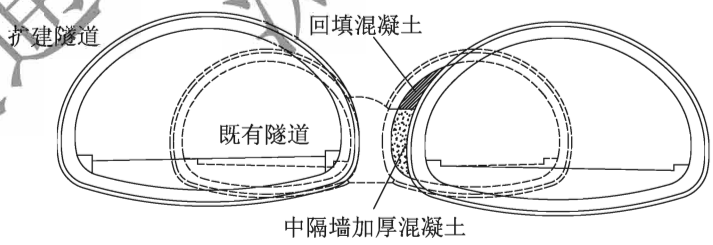


图 A.0.7-6　既有连拱隧道向外扩挖为连拱大断面隧道



图 A.0.7-7　既有连拱隧道整体扩挖为大断面隧道、增建一座隧道

交通运输部信息公开浏览专用

A. 0. 8 增建＋扩建组合如图 A. 0. 8-1、图 A. 0. 8-2 所示。

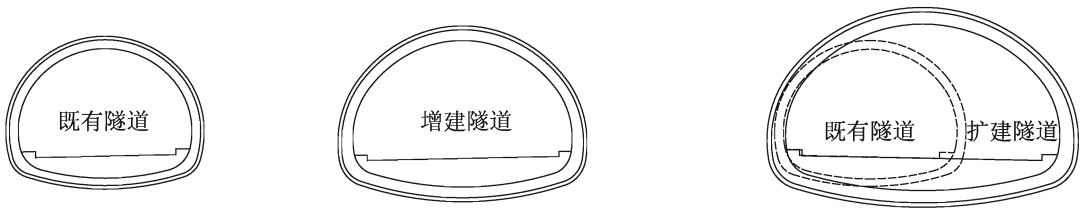


图 A. 0. 8-1 增建＋扩建组合方案 1

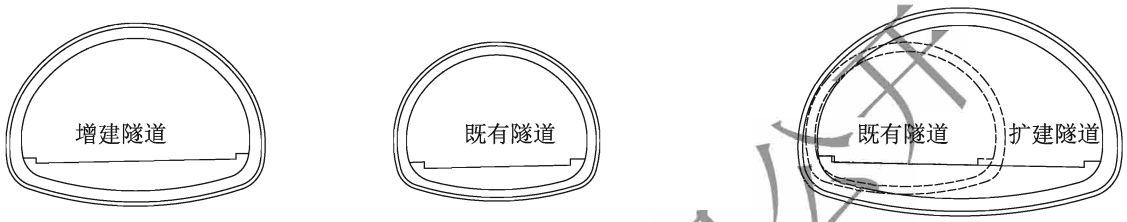


图 A. 0. 8-2 增建＋扩建组合方案 2

A. 0. 9 整体开挖如图 A. 0. 9 所示。

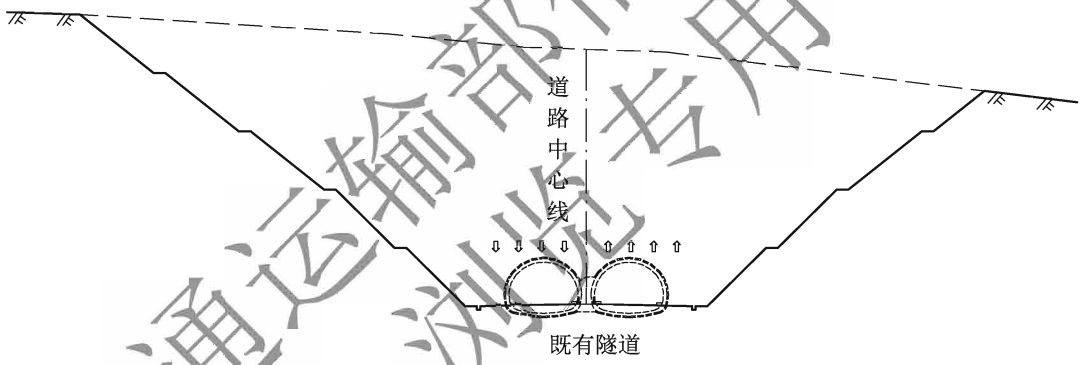


图 A. 0. 9 隧道整体扩建为路堑

交通运输部信息公开浏览专用

附录 B　深埋隧道（单洞）扩建围岩压力计算方法

B. 0. 1　扩挖时建议采用分步扩挖，使各导洞能形成相对独立的塌落拱，按照分步开挖的方法计算围岩压力。

B. 0. 2　单洞隧道单侧扩挖（图 B. 0. 2），侧导洞围岩压力按下列方法计算：

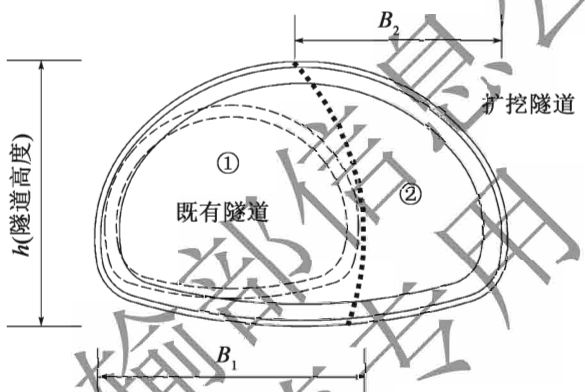


图 B. 0. 2　单洞隧道向单侧扩挖示意图

1　隧道扩挖后分别形成导洞①、②，导洞①为先行导洞，导洞②为后行导洞。

2　后行导洞②的垂直均布压力可按式（B. 0. 2-1）和式（B. 0. 2-2）计算：

$$H_2 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_2 - 5)] \tag{B. 0. 2-1}$$

$$q_1^{②} = \gamma H_2 \tag{B. 0. 2-2}$$

3　先行导洞①的垂直均布压力可按式（B. 0. 2-3）和式（B. 0. 2-4）计算：

$$H_1 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_1 - 5)] \tag{B. 0. 2-3}$$

$$q_1^{①} = \eta\gamma H_1 \tag{B. 0. 2-4}$$

式中：S——围岩等级；

γ——围岩重度（kN/m^3）；

i——开挖深度每增减 1m 时的围岩压力增减率（m^{-1}）；

H_1、H_2——导洞①和导洞②的围岩压力计算高度（m）；

B_1、B_2——导洞①和导洞②的跨度（m）；

$q_1^{①}$、$q_1^{②}$——先行导洞①和后行导洞②的垂直均布压力（kPa）；

η——后行导洞开挖对先行导洞围岩压力的影响系数，η 由各分项指标决定的表达式见式（B. 0. 2-5）：

交通运输部信息公开浏览专用

$$\eta = \begin{cases} \dfrac{\alpha_1\alpha_2\alpha_3}{\alpha_4} & (\eta > 1) \\ 1.0 & (\eta \leqslant 1) \end{cases} \tag{B.0.2-5}$$

式中：α_1——导洞之间距离的影响指标，由导洞间距与后行导洞跨度之比确定，按表 B.0.2-1 取值；

α_2——后行导洞几何形状高跨比的影响指标，按表 B.0.2-2 取值；

α_3——地下水影响指标，按表 B.0.2-3 取值；

α_4——先行导洞的支护参数的影响指标，按表 B.0.2-4 取值。

表 B.0.2-1　导洞距离影响指标 α_1 的取值建议

导洞相对间距［（0～1.0）B_2］	（0～0.2）B_2	（0.2～0.4）B_2	（0.4～0.6）B_2	（0.6～0.8）B_2	（0.8～1.0）B_2
α_1 的建议值	1.8	1.75	1.75～1.7	1.7～1.65	1.65～1.5
导洞相对间距（>1.0B_2）	（1.0～1.2）B_2	（1.2～1.4）B_2	（1.4～1.7）B_2	（1.7～2.0）B_2	>2.0B_2
α_1 的建议值	1.5～1.4	1.4～1.3	1.3～1.15	1.15～1.0	1.0

注：表中 B_2 为后行导洞的开挖宽度。

表 B.0.2-2　后行导洞几何形状影响指标 α_2 的取值建议

高跨比	>1.6	1.6～1.2	1.2～1.0	1.0～0.6	<0.6
α_2 的建议值	0.8	0.9	1.0	1.0～1.2	1.2～1.5

表 B.0.2-3　地下水影响指标 α_3 的取值建议

地下水状态	淋雨状或涌流状出水	潮湿或点状出水	无
α_3 的建议值	1.1	1.05	1.0

表 B.0.2-4　先行导洞的支护参数影响指标 α_4 的取值建议

支护参数的强度	复合型支护	普通支护	简单支护	无支护
α_4 的建议值	1.5～1.35	1.35	1.35～1.0	1.0

注：1. “复合型支护”是指刚度较强的支护形式，如初期支护＋二次衬砌。

2. “普通支护”是指刚度相对较小的支护形式，如设钢拱架的喷射混凝土支护结构。

3. “简单支护”是指喷层厚度小于 10cm 的混凝土、临时支撑等结构。

4　隧道内、外侧破裂面与水平面夹角 β 按式（B.0.2-6）计算：

$$\tan\beta = \tan\varphi_c + \sqrt{\frac{(\tan^2\varphi_c + 1)\tan\varphi_c}{\tan\varphi_c - \tan\theta}} \tag{B.0.2-6}$$

θ——滑面的摩擦角（°），可按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）取值；

φ_c——围岩计算内摩擦角（°）。

B.0.3　单洞隧道双侧对称扩挖（图 B.0.3），隧道扩挖后分别形成导洞①、②、③，各侧导洞围岩压力按下列方法计算：

交通运输部信息公开浏览专用

1　情况一：先开挖中间导洞①，后开挖两侧导洞②、③，即导洞开挖顺序为①→②→③。

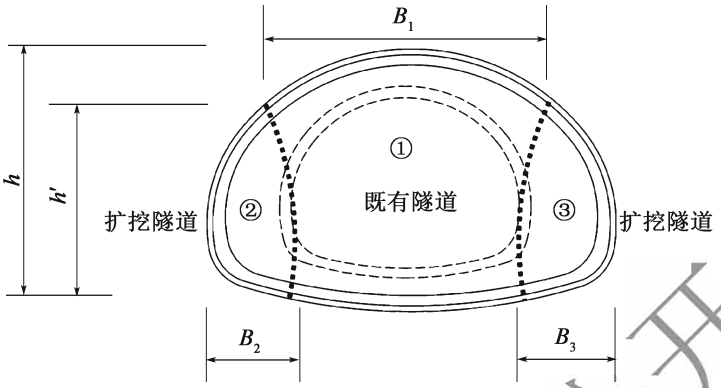


图 B.0.3　单洞隧道向双侧对称扩挖示意图

后行导洞②和③的垂直均布压力可按式（B.0.3-1）~式（B.0.3-4）计算：

$$H_2 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_2 - 5)] \tag{B.0.3-1}$$

$$H_3 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_3 - 5)] \tag{B.0.3-2}$$

$$q_1^{③} = \gamma H_3 \tag{B.0.3-3}$$

$$q_1^{②} = \eta_{32}\gamma H_2 \tag{B.0.3-4}$$

式中：η_{32}——后行导洞③开挖对导洞②围岩压力的影响系数，由式（B.0.2-5）确定。

先行导洞①的垂直均布压力可按式（B.0.3-5）和式（B.0.3-6）计算：

$$H_1 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_1 - 5)] \tag{B.0.3-5}$$

$$q_1^{①} = \eta_{21}\eta_{31}\gamma H_1 \cdot \frac{B_1 + 2(h - h')\tan\beta}{B_1 + 2h\tan\beta} \tag{B.0.3-6}$$

式中：H_1、H_2、H_3——导洞①、②和③的围岩压力计算高度（m）；

h——导洞①的高度（m）；

h'——导洞②和③的高度（m）；

B_1、B_2、B_3——导洞①、②和③的跨度（m）；

$q_1^{①}$、$q_1^{②}$、$q_1^{③}$——导洞①、②和③的垂直均布压力（kPa）；

η_{21}——导洞②开挖对导洞①围岩压力的影响系数，由式（B.0.2-5）确定；

η_{31}——导洞③开挖对导洞①围岩压力的影响系数，由式（B.0.2-5）确定；

β——隧道内、外侧破裂面与水平面夹角（°），按式（B.0.2-6）计算。

2　情况二：先回填部分既有隧道，再采用周边扩挖双侧壁导坑法的施工方式，即导洞开挖顺序为②→③→①。

后行导洞①的垂直均布压力可按式（B.0.3-7）和式（B.0.3-8）计算：

$$H_1 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_1 - 5)] \tag{B.0.3-7}$$

交通运输部信息公开浏览专用

$$q_1^{①} = \gamma H_1 \cdot \frac{B_1 + 2(h - h')\tan\beta}{B_1 + 2h\tan\beta} \quad \text{(B. 0. 3-8)}$$

先行导洞③的垂直均布压力可按式（B. 0. 3-9）和式（B. 0. 3-10）计算：

$$H_3 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_3 - 5)] \quad \text{(B. 0. 3-9)}$$

$$q_1^{③} = \eta_{13}\gamma H_3 \quad \text{(B. 0. 3-10)}$$

先行导洞②的垂直均布压力可按式（B. 0. 3-11）和式（B. 0. 3-12）计算：

$$H_2 = 0.45 \times 2^{(S-1)}[1 + i(B_2 - 5)] \quad \text{(B. 0. 3-11)}$$

$$q_1^{②} = \eta_{32}\eta_{12}\gamma H_2 \quad \text{(B. 0. 3-12)}$$

式中：H_1、H_2、H_3——导洞①、②和③的围岩压力计算高度（m）；

$q_1^{①}$、$q_1^{②}$、$q_1^{③}$——导洞①、②和③的垂直均布压力（kPa）；

η_{13}——导洞①开挖对导洞③围岩压力的影响系数，由式（B. 0. 2-5）确定；

η_{32}——导洞③开挖对导洞②围岩压力的影响系数，由式（B. 0. 2-5）确定；

η_{12}——导洞①开挖对导洞②围岩压力的影响系数，由式（B. 0. 2-5）确定。

B. 0. 4 水平压力可按现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370. 1）的规定计算。

交通运输部信息公开浏览专用

附录 C　非对称小净距隧道围岩压力计算方法

C. 0. 1　深埋非对称小净距隧道的塌落拱曲线如图 C. 0. 1-1 所示，围岩压力按下列方法确定：

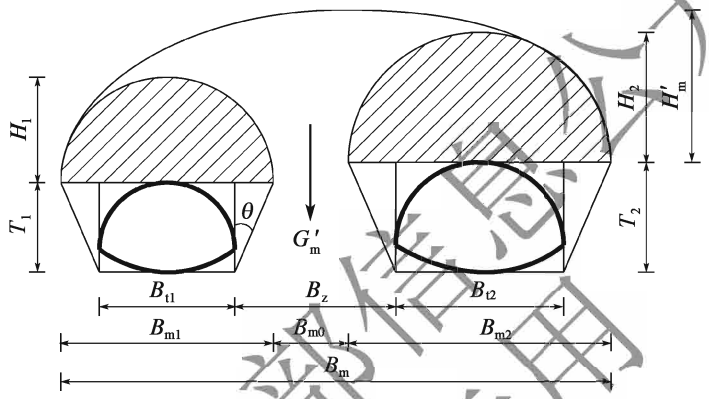


图 C. 0. 1-1　深埋非对称小净距隧道的塌落拱曲线

1　深埋非对称小净距隧道的围岩压力由基本松散压力 q_1 和附加松散压力 q_2 构成，如图 C. 0. 1-2 所示。

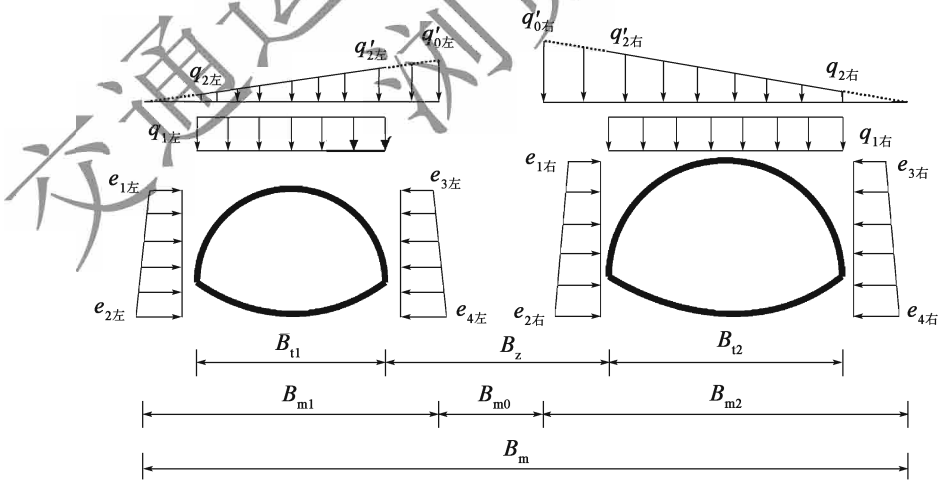


图 C. 0. 1-2　深埋非对称小净距隧道围岩压力分布

2　基本松散压力 q_1 的确定。左侧和右侧隧道的垂直均布压力 $q_{1左}$ 和 $q_{1右}$ 可按式（C. 0. 1-1）和式（C. 0. 1-2）计算：

$$q_{1左} = \gamma H_1 \tag{C. 0. 1-1}$$

交通运输部信息公开浏览专用

$$q_{1右} = \gamma H_2 \tag{C.0.1-2}$$

式中：γ——围岩重度（kN/m^3）；

H_1、H_2——左、右侧隧道单洞的围岩压力计算高度（m）。

3　附加松散压力 q_2 的确定。假设 q_2 为三角形分布荷载，左、右洞两侧的附加垂直土压力 $q_{2左}$、$q'_{2左}$、$q_{2右}$、$q'_{2右}$可按式（C.0.1-3）～式（C.0.1-9）计算：

$$q_{2左} = \frac{T_1 \tan\theta}{B_{m1}} q'_{0左} \tag{C.0.1-3}$$

$$q'_{2左} = \frac{T_1 \tan\theta + B_{t1}}{B_{m1}} q'_{0左} \tag{C.0.1-4}$$

$$q_{2右} = \frac{T_2 \tan\theta}{B_{m2}} q'_{0右} \tag{C.0.1-5}$$

$$q'_{2右} = \frac{T_2 \tan\theta + B_{t2}}{B_{m2}} q'_{0右} \tag{C.0.1-6}$$

$$q'_{0左} = \frac{2B_{m1}(G'_m - P_z)(B_{m1}^2 + B_{m2}^2)}{B_{m2}^2} \tag{C.0.1-7}$$

$$q'_{0右} = \frac{2(G'_m - P_z)(B_{m1}^2 + B_{m2}^2)}{B_{m2}} \tag{C.0.1-8}$$

$$G'_m = \frac{2}{3}\gamma(B_m H'_m - B_{m1} H_1 - B_{m2} H_2) \tag{C.0.1-9}$$

式中：B_{t1}、B_{t2}——左侧和右侧导洞的跨度（m）；

B_{m1}、B_{m2}——左侧和右侧导洞可能坍塌的宽度（m），按式（C.0.1-10）计算：

$$\left.\begin{aligned} B_{m1} &= B_{wp1} + B_{t1} + B_{np1} \\ B_{m2} &= B_{wp2} + B_{t2} + B_{np2} \end{aligned}\right\} \tag{C.0.1-10}$$

B_{wp1}、B_{wp2}——左侧和右侧导洞的外侧破裂面在水平方向上的投影长度（m），可按式（C.0.1-11）计算：

$$\left.\begin{aligned} B_{wp1} &= T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \\ B_{wp2} &= T_2 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \end{aligned}\right\} \tag{C.0.1-11}$$

B_{np1}、B_{np2}——左侧和右侧导洞的内侧破裂面在水平方向上的投影长度（m）：

当 $B_z < 2T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right)$ 时（图 C.0.1-3），

$$B_{np1} = B_{np2} = T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{C.0.1-12}$$

当 $2T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) < B_z < (T_1 + T_2) \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right)$ 时（图 C.0.1-4），

$$\left.\begin{aligned} B_{np1} &= T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \\ B_{np2} &= B_z - T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \end{aligned}\right\} \tag{C.0.1-13}$$

交通运输信息公开 浏览专用

当 $B_z > (T_1 + T_2)\tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right)$ 时（图 C.0.1-5），

$$\left.\begin{aligned} B_{np1} &= T_1 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \\ B_{np2} &= T_2 \tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \end{aligned}\right\} \quad \text{(C.0.1-14)}$$

φ_c——围岩计算内摩擦角（°）；

G'_m——附加承载拱内岩土体重力（kN/m）；

P_z——中夹岩柱支撑力（kN/m），按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）的规定计算；

$q'_{0左}$、$q'_{0右}$——左、右侧附加三角形分布荷载的峰值（kPa）；

T_1、T_2——左、右侧导洞的高度（m）；

B_m——整体塌落拱宽度（m）；

H'_m——整体塌落拱高度（m）；

B_z——中夹岩柱宽度（m）；

θ——破裂面与竖直方向的夹角（°）。

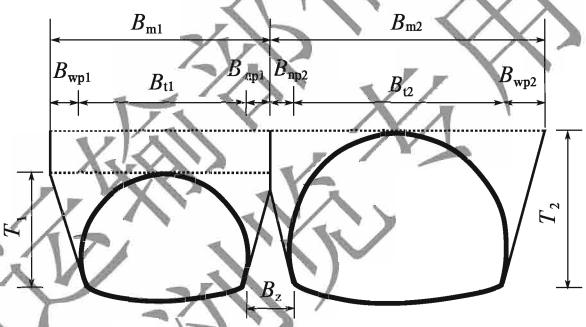


图 C.0.1-3　深埋非对称小净距隧道围岩压力计算示意图 $\left[B_z < 2T_1\tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right)\right]$

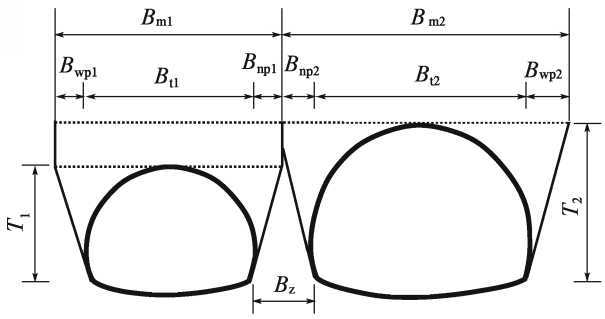


图 C.0.1-4　深埋非对称小净距隧道围岩压力计算示意图

$\left[2T_1\tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) < B_z < (T_1 + T_2)\tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right)\right]$

4　水平侧压力的确定。

左侧隧道的水平侧压力可按式(C.0.1-15)和式(C.0.1-16)计算：

外侧：

交通运输部信息公开浏览专用

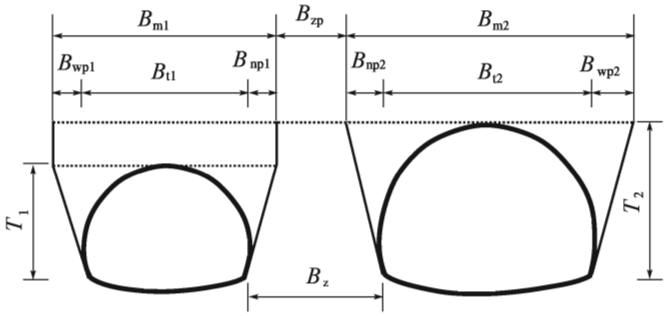


图 C. 0. 1-5　深埋非对称小净距隧道围岩压力计算示意图 $\left[B_z > (T_1 + T_2)\tan\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right)\right]$

$$e^i_{1\sim 2左} = \lambda(q_{1左} + q_{2左} + \gamma h_i) \tag{C. 0. 1-15}$$

内侧：

$$e^i_{3\sim 4左} = \lambda(q_{1左} + q'_{2左} + \gamma h_i) \tag{C. 0. 1-16}$$

右侧隧道的水平侧压力可按式(C. 0. 1-17)和式(C. 0. 1-18)计算：

外侧：

$$e^i_{1\sim 2右} = \lambda(q_{1右} + q_{2右} + \gamma h_i) \tag{C. 0. 1-17}$$

内侧：

$$e^i_{3\sim 4右} = \lambda(q_{1右} + q'_{2右} + \gamma h_i) \tag{C. 0. 1-18}$$

式中：$e^i_{1\sim 2左}$——左侧隧道的外侧拱部及边墙任意点水平方向围岩压力（kPa）；

$e^i_{3\sim 4左}$——左侧隧道的内侧拱部及边墙任意点水平方向围岩压力（kPa）；

$e^i_{1\sim 2右}$——右侧隧道的外侧拱部及边墙任意点水平方向围岩压力（kPa）；

$e^i_{3\sim 4右}$——右侧隧道的内侧拱部及边墙任意点水平方向围岩压力（kPa）；

h_i——计算点到拱顶的距离（m）；

λ——侧压力系数，按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370. 1）的规定取值。

C. 0. 2　浅埋非对称小净距隧道的围岩松散压力可按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370. 1）的规定计算。

交通运输信息公开 仅供查阅

附录 D　非对称连拱隧道围岩压力计算方法

D. 0. 1　深埋非对称连拱隧道的塌落拱形态如图 D. 0. 1-1 所示，围岩压力按下列方法确定：

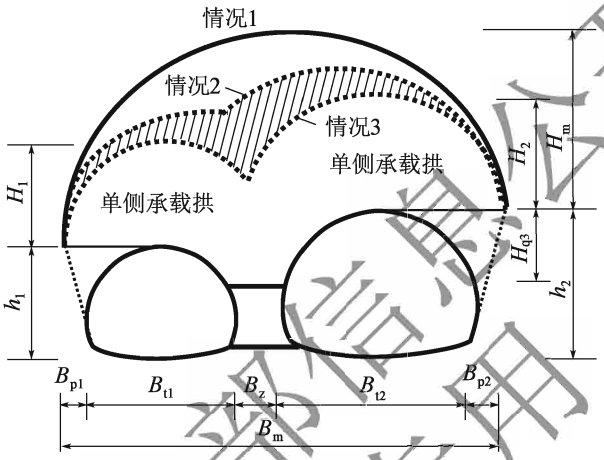


图 D. 0. 1-1　深埋非对称连拱隧道塌落拱曲线

B_{t1}、B_{t2}-左侧和右侧导洞的跨度；B_{p1}-左侧导洞的破裂面在水平方向的投影长度；B_{p2}-右侧导洞的破裂面在水平方向的投影长度；B_m-整个非对称连拱隧道的塌落拱的宽度；B_z-中隔墙有效宽度；H_1、H_2-左、右侧隧道单洞的垂直均布压力计算高度；H_m-最不利情况的极限塌落拱高度，$H_m = 0.45 \times 2^{(S-1)}\ [1 + i_m(B_m - 5)]$；$i_m$-以 B_m 为计算宽度时的围岩压力增减率，按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370. 1）的规定取值，当宽度大于 14m 时，取 0. 12

1　深埋非对称连拱隧道的垂直围岩压力由基本松散压力 q_1、附加松散压力 q_2、中隔墙顶部松散压力 q_3 组成（图 D. 0. 1-2）。

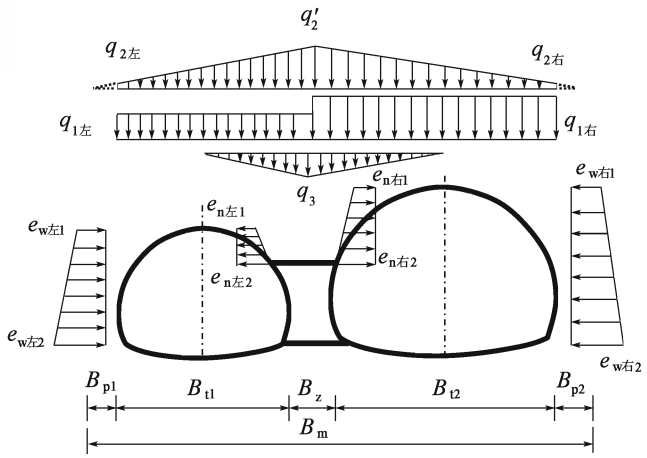


图 D. 0. 1-2　深埋非对称连拱隧道围岩压力分布

交通运输部信息公开浏览专用

2　基本松散压力 q_1 的确定。左侧和右侧隧道的垂直均布压力 $q_{1左}$、$q_{1右}$ 可按式（D.0.1-1）和式（D.0.1-2）计算：

$$q_{1左} = \gamma H_1 \tag{D.0.1-1}$$

$$q_{1右} = \gamma H_2 \tag{D.0.1-2}$$

式中：γ——围岩重度（kN/m^3）。

3　附加松散压力 q_2 的确定。若不考虑中隔墙支护作用，可将整个连拱隧道开挖宽度作为毛洞跨度的塌落拱曲线，为最不利情形，即图 D.0.1-1 中的情况 1；若中隔墙在其顶部围岩未发生变形前就进行支护，且和围岩密贴，隧道计算松动压力的塌落拱高度按照单侧承载拱高度进行计算，即图 D.0.1-1 中的情况 3；实际施工时中隔墙顶部围岩在支护时已发生一定的变形，且中隔墙施工不易做到和围岩完全密贴，计算连拱隧道松动压力时，塌落拱高度介于情况 1 和情况 3 之间，即图 D.0.1-1 中的情况 2。假设 q_2 荷载为三角形分布，附加垂直压力 q'_2、$q_{2左}$、$q_{2右}$ 可按式（D.0.1-3）～式（D.0.1-5）计算：

$$q_{2左} = \frac{B_{p1}}{B_m/2} \cdot q'_2 \tag{D.0.1-3}$$

$$q_{2右} = \frac{B_{p2}}{B_m/2} \cdot q'_2 \tag{D.0.1-4}$$

$$q'_2 = \xi\gamma(H_m - H_1) \tag{D.0.1-5}$$

式中：ξ——附加荷载修正系数，中隔墙顶部回填及时且顶部围岩与中隔墙密切接触，$\xi = 0.2 \sim 0.3$，反之 $\xi = 0.6 \sim 0.7$，一般情况取 $\xi = 0.3 \sim 0.6$。

4　中隔墙顶部松散压力 q_3 可简化成三角形荷载，按式（D.0.1-6）计算：

$$q_3 = \gamma H_{q3} \tag{D.0.1-6}$$

式中：H_{q3}——中隔墙至隧道外侧拱顶的最大竖直距离（m）。

5　深埋非对称连拱隧道侧向压力的确定。

作用在左侧隧道外侧拱部和边向的侧向压力 $e_{w左1}$、$e_{w左2}$ 按式（D.0.1-7）计算：

$$\left.\begin{aligned} e_{w左1} &= \lambda\gamma H_1 \\ e_{w左2} &= \lambda\gamma(H_1 + h_1) \end{aligned}\right\} \tag{D.0.1-7}$$

作用在左侧隧道内侧拱部和边向的侧向压力 $e_{n左1}$、$e_{n左2}$ 按式（D.0.1-8）计算：

$$\left.\begin{aligned} e_{n左1} &= \lambda(q_{1左} + q'_2) \\ e_{n左2} &= \lambda(q_{1左} + q'_2 + h_1) \end{aligned}\right\} \tag{D.0.1-8}$$

作用在右侧隧道外侧拱部和边向的侧向压力 $e_{w右1}$、$e_{w右2}$ 按式（D.0.1-9）计算：

$$\left.\begin{aligned} e_{w右1} &= \lambda\gamma H_2 \\ e_{w右2} &= \lambda\gamma(H_2 + h_2) \end{aligned}\right\} \tag{D.0.1-9}$$

作用在右侧隧道内侧拱部和边向的侧向压力 $e_{n右1}$、$e_{n右2}$ 按式（D.0.1-10）计算：

$$\left.\begin{aligned} e_{n右1} &= \lambda(q_{1右} + q'_2) \\ e_{n右2} &= \lambda(q_{1右} + q'_2 + h_1) \end{aligned}\right\} \tag{D.0.1-10}$$

D. 0. 2 浅埋非对称连拱隧道围岩压力按下列方法确定：

1 浅埋隧道上部围岩不能形成压力拱，为保证安全，可不考虑中隔墙顶的预支撑荷载 q_z。

2 当埋深小于或等于等效荷载高度 h_q［h_q 按现行《公路隧道设计规范 第一册 土建工程》（JTG 3370. 1）计算］时，为超浅埋隧道，左右隧道顶部围岩压力分别视为均布荷载，中隔墙顶分布土压力简化为三角形分布，如图 D. 0. 2-1 所示。

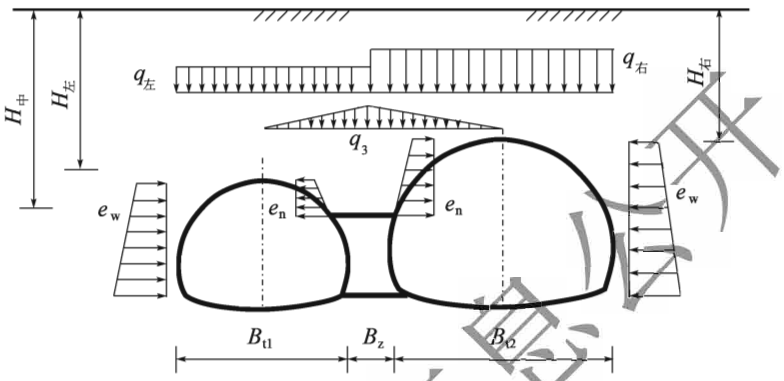


图 D. 0. 2-1 浅埋非对称连拱隧道围岩压力分布

左侧隧道顶部垂直均布压力按式（D. 0. 2-1）计算：

$$q_{左} = \gamma H_{左} \tag{D. 0. 2-1}$$

右侧隧道顶部垂直均布压力按式（D. 0. 2-2）计算：

$$q_{右} = \gamma H_{右} \tag{D. 0. 2-2}$$

中隔墙顶三角形分布土压力按式（D. 0. 2-3）计算：

$$q_3 = \gamma(H_{中} - H_{右}) \tag{D. 0. 2-3}$$

左侧隧道外侧水平压力按式（D. 0. 2-4）计算：

$$e_{w左} = \gamma h_i \tan^2\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{D. 0. 2-4}$$

左侧隧道内侧最小水平压力按式（D. 0. 2-5）计算：

$$e_{n1左} = q_{左}\tan^2\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{D. 0. 2-5}$$

左侧隧道内侧最大水平压力按式（D. 0. 2-6）计算：

$$e_{n2左} = (q_{左} + q_3)\tan^2\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{D. 0. 2-6}$$

右侧隧道外侧水平压力按式（D. 0. 2-7）计算：

$$e_{w右} = \gamma h_i \tan^2\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{D. 0. 2-7}$$

右侧隧道内侧最小水平压力按式（D. 0. 2-8）计算：

$$e_{n1右} = q_{右}\tan^2\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{D. 0. 2-8}$$

交通运输部信息公开 浏览专用

右侧隧道内侧最大水平压力按式（D.0.2-9）计算：

$$e_{n2右} = (q_{右} + q_3)\tan^2\left(45° - \frac{\varphi_c}{2}\right) \tag{D.0.2-9}$$

式中：$H_{左}$——左侧隧道上覆土层高度（m）；

$H_{右}$——右侧隧道上覆土层高度（m）；

$H_{中}$——中隔墙上覆土层高度（m）；

h_i——计算点到地表的竖直距离（m）；

φ_c——围岩计算内摩擦角（°）。

3　当埋深大于等效荷载高度 h_p，小于浅埋隧道分界深度 H_p［H_p 按现行《公路隧道设计规范　第一册　土建工程》（JTG 3370.1）计算］时，假定地面水平，且土体或岩体性质单一均匀；在土体中隧道外侧形成的破裂面是一与水平面成 β 角的斜直面，如图 D.0.2-2 所示。隧道上覆土体 ABCD 的重力为 W_1，外侧三棱土体 AKJ 和 BHI 重力分别为 W_3 和 W_4，外侧未扰动的土体对滑体的阻力分别为 F_1 和 F_2，当隧道上覆土柱 ABCD 下沉时，两侧受到的阻力为 T_1 和 T_2，跨度较小的左侧隧道上还有上覆土柱 CEFG 的重力 W_2，当上覆土柱 CEFG 下沉时，两侧受到的阻力分别为 T_3 和 T_4。作用在 CD 面和 FG 面上的垂直均布荷载按式（D.0.2-10）、式（D.0.2-11）计算：

$$q_{CD} = \gamma H\left[1 - \frac{h_1^2 + 2h_1H - H^2}{2H(B_{t1} + B_{t2} + B_z)}\lambda\tan\theta\right] \tag{D.0.2-10}$$

$$q_{FG} = \gamma(H_1 - H)\left[1 - \frac{(h_1 - H)^2 + (H_2 - H)^2}{2(H_1 - H)B_{t2}}\lambda\tan\theta\right] \tag{D.0.2-11}$$

式中：h——右侧隧道外侧破裂面起点到地表的竖向距离（m）；

h_1——左侧隧道外侧破裂面起点到地表的竖向距离（m）；

H——右侧隧道顶部上覆土层高度（m）；

H_1——左侧隧道顶部上覆土层高度（m）；

H_2——中隔墙顶部上覆土层高度（m）；

θ——滑面摩擦角（°）；

λ——侧压力系数，按式（D.0.2-12）计算：

$$\lambda = \frac{\tan\beta - \tan\varphi_c}{\tan\beta[1 + \tan\beta(\tan\varphi_c - \tan\theta) + \tan\varphi_c\tan\theta]} \tag{D.0.2-12}$$

β——破裂面与水平面的夹角（°），按式（D.0.2-13）计算：

$$\tan\beta = \tan\varphi_c + \sqrt{\frac{(\tan^2\varphi_c + 1)\tan\varphi_c}{\tan\varphi_c - \tan\theta}} \tag{D.0.2-13}$$

φ_c——计算摩擦角（°）。

右侧隧道顶部的竖直围岩压力 $q_{右}$ 按式（D.0.2-14）计算：

$$q_{右} = q_{CD} \tag{D.0.2-14}$$

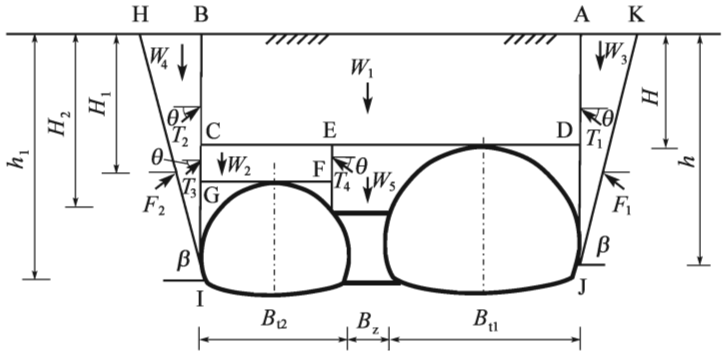


图 D. 0. 2-2　假定滑动模式示意图

左侧隧道顶部的竖直围岩压力 $q_{左}$ 按式（D. 0. 2-15）计算：

$$q_{左} = q_{CD} + q_{FG} \tag{D. 0. 2-15}$$

隧道外侧的水平压力 e_w 按式（D. 0. 2-16）计算：

$$e_w = \lambda \gamma h_i \tag{D. 0. 2-16}$$

隧道内侧的水平压力 e_n 按式（D. 0. 2-17）、式（D. 0. 2-18）计算：

右侧隧道：

$$e_n = \lambda (q_{CD} + q_{3i}) \tag{D. 0. 2-17}$$

左侧隧道：

$$e_n = \lambda (q_{CD} + q_{FG} + q_{3i}) \tag{D. 0. 2-18}$$

式中：h_i——计算点至地表的竖直距离（m）；

q_{3i}——计算点对应的中隔墙上部三角块土体压力，如图 D. 0. 2-3 所示，图中取 $q_3 = \gamma (H_2 - H)$。

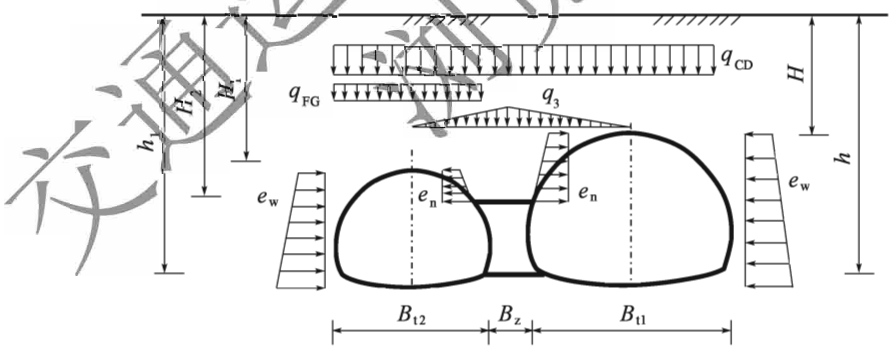


图 D. 0. 2-3　浅埋非对称连拱隧道围岩压力分布

交通运输部信息公开浏览专用

附录 E　隧道复合式衬砌参数参考表

E.0.1　增建三车道小净距隧道复合式衬砌参数可按表 E.0.1 取值，根据表 7.1.4 的规定，邻近洞严重影响的取大值，中等、轻微影响的取小值。

表 E.0.1　增建三车道小净距隧道衬砌参数参考表

围岩级别	初期支护								二次衬砌厚度（cm）	
	喷射混凝土厚度（cm）		锚杆			钢筋网间距（cm）	钢拱架		拱、墙混凝土	仰拱混凝土
	拱墙	仰拱	位置	长度（m）	间距（m）		间距（m）	截面高（cm）		
Ⅱ	8～12	—	局部	2.5～3.0	1.2	20×20（局部）	—	—	35	—
Ⅲ	15～20	—	拱墙	3.0～3.5	1.2	20×20	1.0～1.2	12～14	45	0 或 45
Ⅳ	20～24	20～24	拱墙	3.5～4.0	0.7～1.0	20×20	0.7～1.0	14～18	45～50	45～50
Ⅴ	26～32	26～32	拱墙	4.0～4.5	0.5～0.6	20×20	0.5～0.6	20～25	55～65	55～65

注：1. Ⅴ级、Ⅳ级围岩段二次衬砌材料为钢筋混凝土，Ⅱ、Ⅲ级围岩段二次衬砌材料为素混凝土。

2. 钢拱架可采用工字钢或 ϕ22（25）的钢筋格栅，Ⅲ级围岩局部段落设置钢拱架。

E.0.2　既有单洞两车道隧道扩建为三车道隧道的复合式衬砌参数可按表 E.0.2 取值；根据表 7.1.4 的规定，邻近洞严重影响的取大值，中等、轻微影响的取小值。

表 E.0.2　两车道隧道扩建为三车道隧道衬砌参数参考表

围岩级别	初期支护								二次衬砌厚度（cm）	
	喷射混凝土厚度（cm）		锚杆			钢筋网间距（cm）	钢拱架		拱、墙混凝土	仰拱混凝土
	拱墙	仰拱	位置	长度（m）	间距（m）		间距（m）	截面高（cm）		
Ⅱ	8～12	—	局部	2.5～3.0	1.2	20×20（局部）	—	—	35	—
Ⅲ	18～20	—	拱	3.0～3.5	1.0～1.2	20×20	1.0～1.2	12～14	45～50	0 或 45～50
Ⅳ	22～26	22～26	拱墙	3.5～4.5	0.7～1.0	20×20	0.7～1.0	16～20	45～55	45～55
Ⅴ	26～32	26～32	拱墙	4.0～5.5	0.5～0.6	20×20	0.5～0.6	20～25	60～70	60～70

注：1. Ⅴ级、Ⅳ级围岩段二次衬砌材料采用钢筋混凝土，Ⅱ、Ⅲ级围岩段二次衬砌材料可采用素混凝土。

2. 钢拱架Ⅴ级围岩可采用工字钢，Ⅳ级和Ⅲ级围岩可采用工字钢或 ϕ25（22）的钢筋格栅，Ⅲ级围岩局部段落设置钢拱架。

交通运输部信息公开 试行 使用

E.0.3 既有单洞两车道隧道扩建为四车道隧道的复合式衬砌参数可按表 E.0.3 取值；根据表 7.1.4 规定，邻近洞严重影响的取大值，中等、轻微影响的取小值。

表 E.0.3 两车道隧道扩建为四车道隧道衬砌参数参考表

围岩级别	初期支护								二次衬砌厚度（cm）	
	喷射混凝土厚度（cm）		锚杆			钢筋网间距（cm）	钢拱架		拱、墙混凝土	仰拱混凝土
	拱墙	仰拱	位置	长度（m）	间距（m）		间距（m）	截面高（cm）		
Ⅱ	10～15	—	局部	3.0～3.5	1.2	20×20（局部）	—	—	40～50	—
Ⅲ	18～20	—	拱	3.0～4.0	1.0～1.2	20×20	0.8～1.0	12～14	45～60	45～60
Ⅳ	24～28	24～28	拱墙	4.0～5.0	0.6～0.8	20×20	0.6～0.8	18～22	50～70	50～70
Ⅴ	26～32	26～32	拱墙	4.5～6.0	0.5～0.6	20×20	0.5～0.6	20～25（H 型钢）	60～80	60～80

注：1. Ⅴ级、Ⅳ级、Ⅲ级围岩段二次衬砌材料采用钢筋混凝土，Ⅱ级围岩段二次衬砌材料为素混凝土＋钢筋网。

2. 钢拱架Ⅴ级围岩可采用 H 型钢，Ⅳ级和Ⅲ级围岩可采用工字钢或 ϕ25（22）的钢筋格栅。

3. 仰拱厚度不应小于边墙厚度。

交通运输部信息公开浏览专用

本规范用词用语说明

1　本规范执行严格程度的用词，采用下列写法：

1）表示很严格，非这样作不可的用词，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用词，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用词，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用词，采用“可”。

2　引用标准的用语采用下列写法：

1）在标准总则中表述与相关标准的关系时，采用“除应符合本规范的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2）在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准和行业标准时，表述为“应符合《××××××》（×××）的有关规定”。

3）当引用本标准中的其他规定时，表述为“应符合本规范第×章的有关规定”“应符合本规范第×.×节的有关规定”“应符合本规范第×.×.×条的有关规定”或“应按本规范第×.×.×条的有关规定执行”。

交通运输部信息公开
浏览专用