

大型山区高速公路隧道工程建设管理探讨

肖海健, 陈达章

(广东省高速公路有限公司, 广东 广州 510623)

摘要: 隧道工程在大型山区高速公路中通常占较大比例, 建设单位的隧道工程管理水平直接关系到工程造价、工程质量、施工安全和运营养护。文中从建设单位角度, 以乐广(乐昌—广州)高速公路为例, 分析了大型山区高速公路项目隧道工程勘察设计管理、招投标管理、工程质量管理 and 安全生产管理等的要点, 为隧道工程建设管理提供借鉴。

关键词: 工程管理; 隧道; 山区高速公路; 建设管理

中图分类号: U415.1

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2018)04-0176-05

中国已成为世界上修建隧道数量最多的国家, 隧道工程建设管理水平影响工程造价、工程质量、施工安全、养护维修和营运管理。建设单位作为项目投资主体, 主导着项目总体布局, 统筹项目建设各环节, 整合各方资源, 其意志在项目建设各环节均有不同程度的展现, 提高建设单位隧道工程管理水平具有重要意义。

乐广(乐昌—广州)高速公路总长约 302 km, 含隧道 28 座、总长 36 km, 其中特长隧道 2 座、长 8.2 km, 长隧道 11 座、长 21.1 km, 中隧道 6 座、长 4.1 km, 短隧道 9 座、长 2.3 km。其以隧道群形式穿越粤北地区大瑶山脉的崇山峻岭, 隧道分布密集, 隧道群路段设隧道 13 座、长 16.707 km, 桥隧相连, 桥隧比例高达 96%。所经路段地形地质复杂, 路线布设于深山峡谷中, 多处隧道洞口处于阙山处, 施工作业面狭窄, 施工难度大; 偏压、岩溶、断层、富水等不良地质普遍存在; 施工便道蜿蜒曲折, 运输条件十分艰苦, 给隧道工程建设管理带来极大困难。该文结合该项目, 探讨建设单位在大型山区高速公路隧道工程建设管理中的重点环节和措施。

1 勘察设计管理

在勘察设计阶段, 针对隧道工程特点, 建设单位会同设计单位提出隧道总体设计思路、设计理念和指导原则, 组织专家与设计单位编制隧道设计大纲, 审查设计单位初步设计和施工图设计指导细则。

1.1 优化线路方案

线路方案的选择受线路标准、地形地质、水文地质和环保要求等因素的影响。高速公路长大隧道方案往往影响整个项目线路方案, 在线路标准确定的

前提下, 地形地质对隧道线路方案起决定性作用。该项目穿越大瑶山路段隧道多且长, 坚持地形地质选线原则, 在设计各阶段不断优化线路走向和平纵面设计。建设单位充分发挥业主主导作用, 工程可行性阶段通过地质调查与测绘初步拟定线路方案, 初步设计和施工图设计阶段会同专家和设计单位依据地质调绘、钻孔等初步勘察资料比选多条线位, 合理选择隧道线路方案。

大瑶山隧道初步设计采用长隧道方案穿越大瑶山自然保护区核心区域(见图 1 A4 方案), 隧道长 6 715 m, 需增加斜井进行通风, 若按该方案实施, 建设及运营成本较高。施工图设计时进行线路方案优化, 采用隧道组合方案穿越保护区, 将大瑶山隧道分解为 3 条隧道, 长度为 4 275 m+300 m+2 200 m(见图 1 K 线方案), 缩短了单条隧道长度, 大大缩短了建设工期, 减少了后期运营管理费用, 且有利于隧道照明与通风。

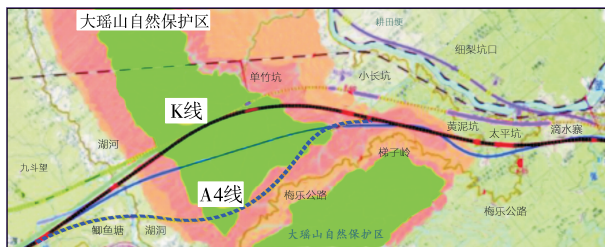


图 1 乐广高速公路穿越大瑶山自然保护区段线路方案优化

大瑶山隧道群 K26—K34 段初步设计线路方案见图 2 B 线方案, 该路段存在大量溶蚀洼地, 岩溶十分发育, 隧道施工安全风险大。施工图设计时进行线路方案优化, 采用在岩溶地区以桥梁代替隧道的方案(见图 2 C 线方案), 隧道长度缩短约 800 m, 桥

梁长度增加约 700 m,尤其是湖洞隧道由原来的 2 135 m减为约 750 m,大大降低了项目施工期安全风险和后期运营管理费用。

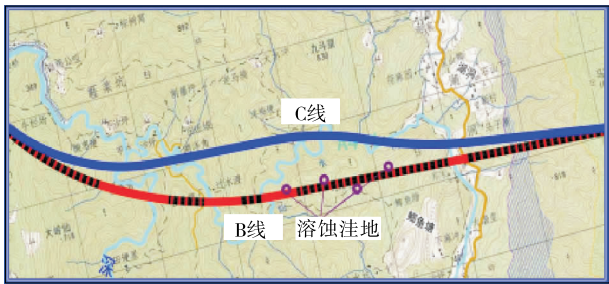


图 2 乐广高速公路 K26—K34 段线路方案优化

1.2 引入地质勘察监理提高地质勘察质量和围岩等级划分准确性

地质勘察作为高速公路隧道工程一项很重要的基础工作,具有较强的专业性,高质量的地质勘察是高质量设计和施工的基础,如何保证地质勘察质量在隧道工程中尤为重要。该项目从实施地质勘察开始便引入地质勘察监理加强监管,同时加大前期地质勘察数量,提高地质勘察的深度和准确性。

地质勘察监理一般采取巡视、抽查和旁站的方式进行监管,按段落、按工点对工程地质调绘、钻探、物探、原位测试和不良地质等进行监理,其主要职责是发现问题、督促整改、检查闭合,并将监理情况定期向建设单位汇报,使建设单位及时掌握地质勘察情况。由于地质勘察监理的有效监管,隧道地质勘察资料更详细、准确。依据勘察资料,在施工图设计阶段优化隧道围岩等级和支护参数,大大减少了隧道施工过程中围岩变更数量,有利于控制工程投资,提高施工效率和降低施工风险。

1.3 细分围岩等级支护参数,有效指导施工

在建设单位主导下,在设计阶段开展隧道围岩分级和支护参数研究,建立三车道高速公路隧道岩体围岩稳定性亚分级标准,将Ⅲ级围岩细分为Ⅲ1、Ⅲ2,Ⅳ级围岩细分为Ⅳ1、Ⅳ2、Ⅳ3,Ⅴ级围岩细分为Ⅴ1、Ⅴ2 等亚级,使围岩级别把握更精准、更符合实际。根据围岩亚分级,针对各亚级围岩进行开挖方法、辅助工法、支护类型、结构形式和初期支护参数(见表 1)设计,有效指导隧道工程施工。

1.4 重视隧道水处理设计

渗漏水是隧道工程的主要质量通病之一。该项目全线共 28 座隧道,有多座隧道穿越富水段,如何在设计阶段和施工阶段加强水的处治是建设单位亟

表 1 三车道隧道岩体围岩稳定性亚分级和部分支护参数

围岩级别		喷混厚度/cm		锚杆		
基本级别	亚级	拱、墙	仰拱	位置	长度/m	间距/m
Ⅲ	Ⅲ 1	12~16	—	拱、墙	2.5~2.7	1.0~1.5
	Ⅲ 2	16~20	—	拱、墙	2.7~3.0	1.0~1.5
Ⅳ	Ⅳ 1	16~18	—	拱、墙	3.0~3.2	0.8~1.0
	Ⅳ 2	18~22	—	拱、墙	3.2~3.3	0.8~1.0
	Ⅳ 3	22~24	—	拱、墙	3.3~3.5	0.8~1.0
Ⅴ	Ⅴ 1	20~24	0~28	拱、墙	3.5~3.7	0.5~1.0
	Ⅴ 2	24~28	0~28	拱、墙	3.7~4.0	0.5~1.0

待解决的问题。遵循“提前设计、精细施工”理念,坚持“因地制宜、堵排结合、综合治理”原则,同时开展“隧道地下水综合利用及处治技术”课题研究,完善隧道富水段处理方案与措施,以科研成果指导隧道水处理。

大瑶山 1 号隧道长 4 239 m,位于大瑶山自然保护区,环保要求高。隧道洞顶有一水库,隧道开挖时洞内涌水多、压力大(见图 3)。在设计阶段,建设单位组织各方充分调研,多次组织专家开会讨论,采取地表注浆措施(见图 4)对水源进行封堵,以洞内注浆方式降低水对衬砌结构的侵蚀,通过注浆处理减少水的渗流量,避免地下水流失,减少对地表生态环境的影响(见图 5)。

中山顶隧道长 1 174 m,洞顶有多处岩溶漏斗及落水洞,洞身两侧岩溶极为发育。隧道开挖中发



图 3 大瑶山 1 号隧道洞内涌水

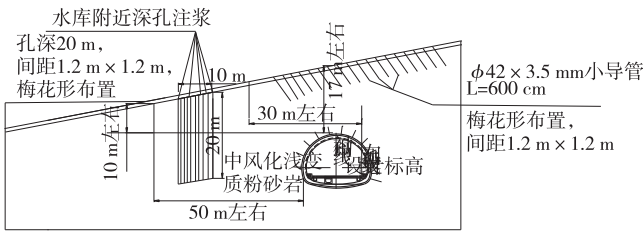


图 4 大瑶山 1 号隧道地表注浆立面图

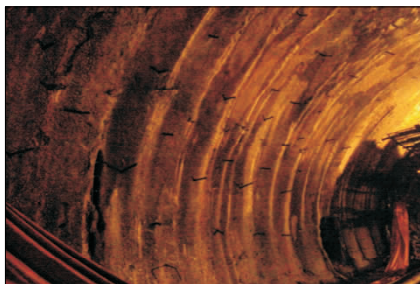


图5 大瑶山1号隧道洞内处理效果图

现水量大,曾出现拱顶大面积漏水、检查井严重涌水(见图6)。由于为季节性涌水,主要通过限量排放、拉槽引排(见图7)、增设中心排水沟(见图8)将水引排至洞口原灌溉系统。通过处理,既保证了隧道涌水排放通畅,又将隧道水连接地方水系补给农田灌溉水源。



图6 中山顶隧道检查井涌水



图7 中山顶隧道洞口引排设施

1.5 洞口景观设计

洞口设计坚持美观实用、环境优先的原则,减少修建隧道对原生态的破坏,使洞门与自然景观融为一体。根据“早进晚出”原则,尽可能采用不刷坡或少刷坡施作突出山体的洞门结构形式,结合偏压等因素,主要采取端墙式和削竹式洞门形式(见图9、图10)。

1.6 重视设计安全性评估

在初步设计、施工图设计阶段开展安全性评估,从设计符合性、运行安全性能预测、道路几何线形、

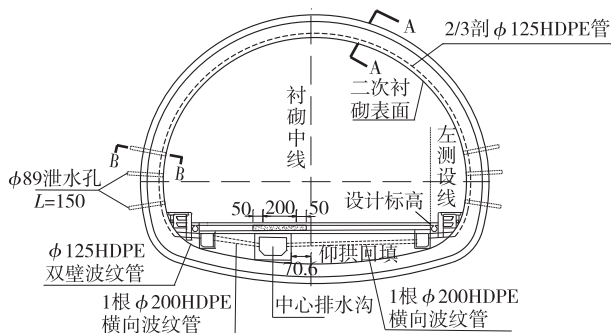


图8 中山顶隧道中心排水沟设计方案(单位:cm)



图9 张溪隧道洞口景观

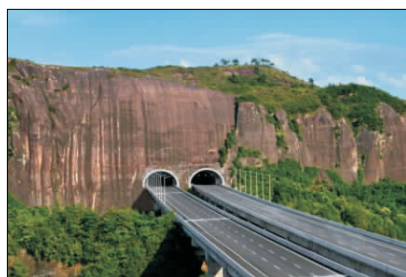


图10 潜龙涧隧道洞门景观

视距、交通工程及沿线设施等方面对设计方案的交通安全性进行分析,识别可能存在的交通安全不利因素,提出完善建议,为设计和科研提供依据。一是重点对平纵线形组合进行优化设计,不在隧道内设置超高和加宽路段。二是通过安全性评估,优化标志标线、交通安全设施工程设计。三是在大瑶山隧道群路段增设车速反馈标志和车距反馈标志,设置可变情报板,增强交通管制的效力。四是针对隧道工程未有效解决的安全性问题开展专项课题研究,进一步完善安全设施,主要从安全防护无缝化设计、特长隧道群通风一体化设计、特长隧道群照明一体化设计等方面开展安全性课题研究。

1.7 积极开展科研,将研究成果纳入设计文件

通过开展“大跨扁平隧道开挖施工安全及方案决策关键技术”课题研究,开发隧道施工方案决策系统,形成《高速公路山区三车道大跨扁平隧道分部开

挖施工细则》,实现安全施工、高质量施工。开展“隧道节能技术应用示范研究”,主要包括大断面公路隧道照明系统节能设计参数取值及设计方法、照明灯具利用系数、短隧道照明的安全及节能设计参数和方法、LED隧道灯的应用指标和示范应用方案研究,并将研究成果用于设计。

2 招标管理

2.1 合理划分标段,充分考虑洞渣的利用

设计阶段和招标阶段充分考虑洞渣的岩性及性能指标,对不同岩性和围岩级别的洞渣进行合理利用。根据洞渣性能,利用洞渣加工碎石进行路基96区填筑和用于路面工程,提升路基整体稳定性,降低路面工程造价。

2.2 补充制定合同专用条款

在合同中明确隧道施工重要施工工艺、专用设备(如二次衬砌台车延米用钢量、湿喷工艺等)的具体要求,为隧道工程的高质、安全提供基础保障。

针对特长隧道设立专门奖励条款,包括优质优价、优监优酬条款,对在实施过程中涌现的优秀监理、施工人员及优质工程予以大力表彰及奖励,提高参建单位的积极性。

明确信用等级评价相关内容,将施工单位信用评价与履约检查、日常隧道施工质量管理挂钩,激励承包人加强质量管理。

3 工程质量管理

3.1 严格方案审查,重视技术交底

施工开始前,组织隧道技术人员对施工组织设计、施工方法、专项方案组织审查,审查通过后方可施工。明确建设单位或监理单位对设计交底、施工组织设计交底、专项方案交底、质量安全方案交底的职责与内容,并严格执行。

3.2 关键材料和设备准入制

对湿喷机、二次衬砌台车等关键设备执行准入制,验收合格后方可入场。对防水板、锚固剂、土工布、硬式透水管、止水带、镶贴瓷砖等原材料实行准入制,选择有实力、有资质、信誉良好的产家与产品。

3.3 全面推行标准化和精细化管理

该项目作为广东省“双标”管理示范项目,从项目开始就制订标准化管理指南,全面推进隧道工程洞口建设、施工作业标准化管理,通过抓隧道工程施工工艺流程、施工工艺和方法等标准化管理,严要

求、高标准,将标准化管理贯穿项目始终。根据《广东省高速公路建设施工精细化管理规定》,全面推进精细化管理,各项目重点把握施工关键环节的管理,对施工方案、材料、设备、工艺等严格控制,提高关键质量控制目标,做到粗活细做、细活精做、精益求精。

3.4 建立隧道工程实体9项关键指标,确保工程实体质量

建立隧道工程实体质量9项关键指标,明确隧道工程实体质量主要指标的相应合格率要求作为承包人获得“优质优价”奖金、劳动竞赛奖金的准入条款。隧道工程实体质量9项关键指标包括拱架间距、拱架数量、喷射砼强度、喷射砼厚度、二次衬砌钢筋数量、二次衬砌钢筋间距、二次衬砌强度、二次衬砌厚度、二次衬砌背后空洞。通过对关键质量指标的控制,全面提升隧道工程实体质量指标。

4 安全生产管理

4.1 全面推行隧道施工安全标准化管理

严格落实交通运输部、广东省交通运输厅的公路工程施工安全标准化指南,提高安全施工管理水平,预防安全事故的发生。

4.2 开展“平安工地”和“平安工程”建设活动

制订隧道“平安工地”建设活动方案,确保“平安工地”建设活动落到实处。推行“全员、全过程、全覆盖、全天候”的全面安全管理理念,形成隧道工程安全生产管理体系和长效机制,打造“平安工程”。

4.3 以“科技强安”为抓手,实现隧道安全生产管理信息化

以“科技强安”为抓手,引用安全生产管理信息系统,以建设项目安全生产管理系统为平台,对全线隧道安全生产进行监控管理;建立视频监控系统,在各隧道洞口、二次衬砌施工、掌子面等重要位置设立视频监控点,对施工过程进行全面监控管理;建立应急指挥系统,使用ZIGBEE无线定位技术,对隧道内施工人员进行精确定位,对特殊施工区域进行闯入报警、超时报警、违禁时间闯入报警等,实现隧道安全生产管理信息化。

4.4 完善应急预案,开展安全教育培训和应急演练

完善隧道防坍塌、突泥突水专项预案,隧道施工单位编制安全专项应急预案及现场处置方案。积极开展安全教育培训,通过技术交底、民工夜校、岗前培训、班前会等形式对隧道施工作业安全进行培训,对危险源进行辨识,提高作业人员的安全意识。开

展坍塌、突泥突水、防洪、物体打击等事故应急演练,提高参建单位施工现场应急能力。

5 结语

乐广高速公路建设中强化建设单位管理主体责任,在隧道工程管理中重视勘察设计管理、招投标管理、工程质量和安全生产管理,重点从线路方案、地质选线、围岩分级、隧道水处理等方面强化勘察设计管理,通过充分考虑洞渣利用、合理规划标段、强化招标管理,坚持技术方案审查制、材料设备准入制、标准化管理等,保障工程优质。推行“平安工地”建设、“科技强安”,加强安全生产管理。该项目隧道多、分布密集,囊括了山区高速公路隧道典型地形地质困难,其建设管理经验具有可推广性,可为山区高速公路项目隧道工程建设管理提供借鉴。

参考文献:

- [1] 张航.高等级公路路线方案优化研究[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2002,26(4).
 - [2] 庄凌云.云南罗富高速公路路线方案的比选优化[J].交通运输研究,2010(23).
 - [3] 郑倩.恩施外环快速路路线方案优化研究[D].武汉:武汉理工大学,2011.
 - [4] 吴国雄,刘旷华,贾建华.业主在高速公路项目路线方案优化中的作用[J].重庆交通大学学报:自然科学版,2006,27(增刊1).
 - [5] 李瑞涛,张志坚,潘文豪.浅谈山区高速公路路线方案的优化[J].公路,2014(9).
 - [6] 贾骥峰.公路隧道洞口景观设计方案优化[J].黑龙江交通科技,2013(10).
 - [7] 郭玮.山岭区高速公路路线方案布置及比选论证[J].公路与汽运,2014(4).
 - [8] 叶飞,赵峰,王领战,等.公路隧道工程建设质量管理[J].长安大学学报:自然科学版,2007,27(2).
 - [9] 刘桂霞.高速公路隧道工程建设技术现状与问题探讨[J].河南科技,2013(2).
 - [10] 董海军.公路隧道工程建设质量管理[J].科技风,2013(4).
 - [11] 杨育鸿.公路隧道施工质量检测及评价方法研究[D].成都:西南交通大学,2009.
 - [12] 吴边.长山隧道项目建设过程管理研究[D].成都:西南交通大学,2011.
 - [13] 姜云.控制公路隧道质量的几个关键问题[J].公路,2002(1).
 - [14] 邹正明.隧道施工质量检测与监控量测综合管理[J].公路,2006(10).
- 收稿日期:2018-05-08

《公路与汽运》杂志 2019 年征订启事

《公路与汽运》杂志由长沙理工大学主办,是一份介绍汽车、道路、桥梁等公路交通领域科技信息的面向国内外公开发行的技术类科技期刊。国际标准刊号:ISSN1671-2668,国内统一刊号:CN43-1362/U。发行代号:国内42-95,国外DK43002。该刊为首届(2006年)中国高校特色科技期刊、湖南省一级期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊,被中国期刊全文数据库及中文科技期刊数据库全文收录、万方数据—数字化期刊群全文上网,并荣获首届《CAJ-CD规范》执行优秀期刊奖。

该刊立足公路交通系统,报道国内外汽车与公路交通领域的最新研究成果,荟萃汽车运用与维修技术,传播公路交通安全知识,介绍公路运输行业的新技术与管理经验,刊登公路交通工程的新工艺、新技术、新材料。2019年拟设主要栏目:汽车工程;交通规划与管理;运输与物流;道路工程;桥隧工程;工程经济与管理等。

本刊为双月刊,逢单月25日出版。每期定价15元,全年90元。欢迎订阅。读者可在当地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部索取订单订阅。订阅款请汇至本刊或银行账号。

通信地址:长沙理工大学云塘校区8号信箱

联系电话:0731-85258189(含传真)

开户行:长沙市农行高云支行

邮政编码:410004

联系人:王文

户名:长沙理工大学

账号:18-051401040000158