

# 基于广西某高速公路隧道工程施工关键技术要点研究

王正坤

广西路建工程集团有限公司

**摘要：**在我国社会主义现代化高速发展的新时期，交通工程项目历经数十年的发展取得了突飞猛进的成就，我国也由交通大国朝着交通强国高昂迈步。与此同时，我国在高速公路项目实施建设质量管理方面也积累了丰富的经验。在高速公路项目隧道工程实施建设过程中往往会因为各种主观和客观存在的因素影响，导致出现各类始料未及的施工安全生产事故发生。隧道工程项目施工过程中需要面对严峻复杂的地形地质地貌环境条件，施工的每一道工序环节都充满着技术难度。实践证明，通过在项目施工过程中把控关键技术，能够确保项目实施建设过程中有效达到项目施工质量、进度、安全和成本控制等指标。基于此，笔者在文中结合自身参与广西某高速公路隧道工程实施建设的经验，在文中对隧道工程施工关键技术要点展开研究，以供同行在后续相关类似项目中参考借鉴。

**关键词：**高速公路；隧道工程；施工；技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.049

## 一、引言

高速公路作为交通强国建设的重要组成部分，高速公路项目施工建设过程中，通常会受到地形地貌的影响，需要穿越丘陵或者山脉区域，为此必须进行隧道工程施工建设，隧道工程成了高速公路项目实施建设的关键一环。我国在隧道工程实施建设阶段，往往因为受到山体结构复杂多变的环境条件，项目施工技术难度大，为了能够有效保障项目整体实施建设的质量安全，急需对项目施工生产专业技术做研究。本文先是对隧道工程项目施工特性做分析，进而结合相关的项目做进一步阐述，最后分析归纳隧道工程项目施工关键技术要点，是深入贯彻质量强国战略的重要体现。

## 二、高速公路隧道工程施工特性分析

在高速公路隧道工程项目实施建设过程中，每一座隧道工程都有着自已特有的属性，针对不同的地质地貌环境条件施工的工艺也不尽相同。隧道工程项目设计阶段还会重点考虑项目周边环境、坡度、植被等问题进行综合考量，在有限的作业空间中还应当充分考虑施工生产工艺和机械设备等问题<sup>[1]</sup>。为此，在隧道工程实施生产作业一旦发生了危险事故，所带来了灾难时巨大的。隧道工程作为一项充满专业技术性的综合工程，隐蔽性施工工艺较多，施工风险较高，对施工技术和安全管理的要求非常高，这就需要施工技术人员要结合项目的实

际情况，确保安全的前提下做好提高施工生产技术。在高速公路隧道工程实际施工生产作业过程中，其施工特性可以分析概况为以下几方面。

### （一）不可控因素多

隧道工程施工时，往往与项目施工区域的地质条件和自然环境密切相关，虽然项目在勘察设计过程中就重点对地质环境条件做了较为全面的勘察。但施工作业阶段还需要进一步提高对环境地质条件影响的施工风险因素做全面的分析，据统计隧道工程实施作业过程中总是会遇到地质条件影响下坍塌、泥石流、透水等事故的发生。综合而言，隧道工程项目施工生产作业涉及的影响性因素较多，较为不可控的风险因子较多，施工所需要面对的不可控因素较多。

### （二）隐蔽性工程较多

高速公路隧道工程本身的结构较为独特复杂，在施工过程汇总又往往是在勘察中的地质环境条件下进行实施作业，特别是在长隧道施工过程中，暗挖隧道通过一环一环的施工，整体的隐蔽性较强。隐蔽性的施工作业过程中，危险性较强，对施工的技术要求也较高，稍有不慎，隧道工程施工产生的风险不可设想。

### （三）施工作业空间较为局限

隧道工程由于自身的结构所以施工环境较为局限，在狭窄的地下空间中难以一次性投入较多的人力和机械设备。而且与其他土木工程施工环境相比而言，隧道工程施工的环境条件较为恶劣，对施工生产作业人员的职业技术能力也要求较高。隧道工程施工中的粉尘、噪音，以及爆破作业容易危及到施工作业人员的生命安全。在受限的施工生产作业环境中，施工的整体综合性又强，需要对项目整体作业工序循环做全面的管理。

## 三、广西某高速公路隧道工程施工实例分析

### （一）工程概况

广西某高速公路隧道工程采用分离式隧道；总体走向约265°，右线起止桩号为YK54+108~YK54+425，长317米，进、出口隧道路面设计高程分别为108.256m、106.509m；左线起止桩号为ZK54+105~ZK54+405，长300米，进、出口隧道路面设计高程分别为108.319m、106.534m；属短隧道，最大埋深约91.506m（桩号为ZK54+220），最小埋深约为-9m（桩号为ZK54+405，洞口处，漏空段，需做护拱）。该隧道进出口附近无村落，存在临时修建的机耕道，用于砍树运输，对隧道施工无影响，无涉路施工，周边无文物古迹，无电杆电塔

表 1 隧道围岩情况一览表

线路	总长 (m)	IV级			V级		
		长度 (m)	比例 (%)	连续最大长度 (m)	长度 (m)	比例 (%)	连续最大长度 (m)
左线	300	135	45	80	165	55	75
右线	317	180	56.3	60	137	43.7	80

以及石油天然气管道<sup>[2]</sup>。表1位隧道围岩情况。

(二) 地形地貌

该隧道工程地貌类型属剥蚀丘陵，山脊多呈东北、西北向。隧道区高程为85.0~200.0m，相对高差约115.0m，地形起伏大。隧道进洞口段斜坡自然坡度角约为25°-35°，坡向约为360°，轴线与斜坡基本平行。隧道出洞口段斜坡自然坡度角约为30°-45°，坡向约为150°，轴线与斜坡基本平行。在钻孔揭露范围内隧址区地层为古近系(E)砂岩砾岩互层，岩层产状265°∠20°，节理产状分别为J1: 100°∠55°、J2: 303°∠81°、J3: 162°∠67°、J4: 115°∠31°。图1位隧道地貌图。



图 1 隧道地貌图

(三) 水文地质

该隧道工程隧址区内无大的地表水体，暴雨季节，冲沟内溪流易产生山洪，地势起伏大，山洪易消退，对隧道影响较小。勘察期间隧址附近冲沟水流量一般为15-40L/s。受构造发育情况控制，构造裂隙水主要存在于岩性接触带，其富水性、导水性较好，水量变幅较大。

(四) 施工技术难点

根据相关的技术标准规范和管理规定，公路工程施工方案等级划分I级方案“第(6)隧道工程1)V级围岩连续长度占总隧道长度10%以上且连续长度超过100m，VI级围岩的隧道工程”，本项目隧道工程右线V级连续最大长度80米，约占总长的25%；因此判定为I级施工方案，组织了专家论证、审查<sup>[2]</sup>。

该隧道工程施工技术难点主要是：偏压：隧道穿越剥蚀丘陵，隧道走向基本与等高线近垂直，但隧道进口

右洞右侧为冲沟，左侧存在偏压；隧道出口左洞左侧为冲沟，右侧存在偏压，偏压对围岩稳定性有影响。浅埋：隧道进出口地段覆盖层较浅，此处施工难度高，安全风险大。隧道所穿越岩体为中风化砾岩互层，局部岩体较破碎，其成洞性较差。洞口原地形坡度较陡，保持洞口边仰坡稳定，使洞口段施工安全是一难点<sup>[3]</sup>。

(五) 施工技术要点

(1) 施工期间应加强施工监测，以实现动态施工。做好隧道洞口偏压段、浅埋段落地表沉降观测，保证隧道进洞安全；做好隧道拱顶沉降和周边收敛观测，保证隧道施工过程安全；根据现场地质情况，和地质勘探资料进行对比分析，适时与设计沟通调整围岩级别和衬砌参数。

(2) 加强施工控制。对隧道不同围岩级别开挖方法进行培训、学习、交底；选派经验丰富的管理人员对整个施工过程进行指导、监督，及时纠违；严格执行领导带班检查制；定期、不定期检查制。

(3) 加强施工超前预报全监督控制。结合本隧道的实际情况，采用了地震波法、地质雷达、红外探水及超前地质探孔等多种手段进行超前地质预报。根据施工中记录的地质素描图和地质展示图组织施工，及时调整支护参数。及时做好超前预报资料的归档及交底，确保施工作业人员第一时间掌握洞内情况，防患于未然，保证施工安全。坚决禁止掏底开挖，加强监控量测，对边坡稳定性进行监测。

(4) 偏压处理措施。隧道的开挖方式：跨度大，埋深浅，洞身受压不平衡，围岩级别低，所以进洞采取中隔壁法，先开挖左导坑，在中隔壁施工结束后，再开挖右导坑，由于隧道左洞左侧偏压，所以及时对隧道中隔壁右侧进行架设水平支撑，防止左侧偏压对中隔壁产生向右的推力，导致中隔壁倒塌。盖挖法护拱进洞：在边仰坡开挖前做好洞口ZK54+495-505段右侧基底换填工作，C15砼回填分段分台阶回填；在做完套拱护拱后立模回填C15砼，分层回填，使隧道两侧处于平衡状态，抵消左侧山体的推力<sup>[4]</sup>。

(5) 浅埋施工注意要点。在进行洞口土石方施工时，不得采用深眼大爆破或集中药包爆破，以免影响边仰坡的稳定，应按设计要求进行边仰坡放线，自上而下逐段开挖，不得掏底开挖或上下重叠开挖。

(六) 隧道进洞施工方案

隧道采用钻爆法单向开挖,先进洞再利用洞渣进行洞路基施工。洞口段采取“零开挖”方式施工。洞口段自然边坡坡度较陡,坡角约 $30\sim 45^\circ$ 。根据地质调查,进出口坡体主要由粉质黏土,强-中风化砂岩砾岩互层组成,坡体现状稳定。隧道接短路基,右线路基长度为50米,左线路基为90米为高填路基,设计为利用洞渣,填筑时间较长,为考虑施工进度,项目决定先填筑工作平台先进洞,后续再利用洞渣回填路基,严格开挖好台阶,处理好堆堆区,分层填筑分层压实,处理好填挖交界处。

开挖前必须做好各种防护措施,保护施工及当地人员的安全;在洞口仰坡开挖后及时进行喷锚支护,并根据围岩稳定情况,布置锚杆,加大喷砼厚度,确保洞口稳定。进洞口边仰坡施工完毕后可施工进洞口套拱及管棚工程。由于拱顶出现半明半暗段,套拱施作前需将露空部分回填土,回填至开挖轮廓线以上, YK54+423-YK54+425 段需要换填C15砼;回填完成后进行套拱及管棚施作,最后进行立模板回填C15砼。明洞衬砌留待暗洞开挖掘进一定步距后进行。进行ZK54+405-ZK54+400段的基础换填C15砼,在进行施作套拱,本洞口为半明半暗洞口,套拱施作完成后,需进行护拱的施作及预埋导向管,完成后进行管棚施作,最后进行立模板回填C15砼。

#### 四、高速公路隧道工程施工关键技术要点研究

虽然我国在基建工程实施建设领域具有“基建狂魔”的美誉,在大基建高速发展的新时期,积极构建高速公路隧道工程高质量施工生产作业水平显得尤为关键。基于此,结合对广西某高速公路隧道工程项目的实践经验,对高速公路隧道工程施工关键技术要点研究归纳为以下几点。

(1) 隧道工程施工必须根据国家有关的安全生产的法律法规、标准规范、施工组织设计等编制部分项工程安全专项施工方案;隧道施工作业前,必须进行超前地质预报,全面了解地质状况,根据围岩等级进行钻爆设计,选择合适的施工方法和施工工艺,合理安排施工工序;隧道软弱围岩施工应遵循“弱爆破,短进尺,少扰动,早喷锚,勤量测,紧封闭”的原则,施工组织围绕这一原则开展施工。

(2) 根据施工要求配备足够的技术人员、现场管理人员,投入满足施工要求的劳动力。根据各阶段施工需要,做好劳动力计划,并提前组织好,同时做好工地的驻地安排及现场布置,使作业队进场后即能全身心地投入到施工生产中。配备数量充足,装备配套,性能好、效率高的机械设备,根据各阶段施工需要,做好机械设备使用计划,并提前组织保养好,适时合理地安排到各施工环节上。

(3) 编制详细的施工组织计划,制定详细的总体规划,计划中还包含有需求的人员、机械、设备等配置。并保持每月召开一次项目生产会议,稳定材料采购关系,保证材料供应的及时性。施工前应对设计图纸进行现场复核,主要复核进洞桩号、标高等,若与现场不符或不合理处及时与设计院联系。采用零开挖进洞、出洞方案进行施工,以避免水土流失,美化环境。

(4) 做好排水引导,做好施工期间的防排水措施。爆破单位需具备相应的资质,爆破运输及爆破作业人员需具备相应的从业资格,严格遵守《爆破安全规程》,确保爆破施工安全。严格按图纸施作二衬钢筋,控制二衬拆模时间。钢架安装底脚不得有虚碴,积水,必须置于牢固的基础上,否则应清除干净并用钢板或混凝土板下垫。洞口段岩体较破碎,较少开挖步距,加强超前支护<sup>[5]</sup>。洞口回填土需分层回填分层填筑。偏压盖挖法进洞,进洞前必须完成护拱、挡墙施作,且做好护杠钢架的支撑。在隧道施作中要及时清理两侧盲沟,防止建筑垃圾堵塞,雨季排水受堵。进洞前施做好排水设施。洞口段路基基底先填筑一层大石头,利于雨后排水。

#### 五、结语

综上所述,随着人类社会生产方式和发展模式的转型升级,在质量强国实施背景形势下,对高速公路隧道工程施工建设有着更严格的要求。面对高速公路隧道工程地质环境条件复杂、施工技术难度高,安全风险系数大和技术标准规范严等施工特性,这就要求施工专业技术人员要通过自身强有力的学习,充分掌握隧道工程项目施工专业理论知识和实践技能,能够清晰把控隧道工程施工关键技术要点,才能够有力推动我国高速公路事业高质量发展。

#### 参考文献

- [1] 张沛远, 张晓平, 张晗等. 莲花隧道软弱围岩大变形预测方法适用性评价研究[J]. 工程地质学报, 2022, 30(5): 1689-1702.
- [2] 广西某高速公路隧道专项施工方案[Z]. 广西路建工程集团有限公司, 2023. 5.
- [3] 陈彪. 浅谈隧道洞口边仰坡安全防护保证措施[J]. 房地产导刊, 2015, (9): 348-348.
- [4] 吴韩建. 高速公路浅埋偏压隧道进洞施工技术探讨[J]. 建筑工程技术与设计, 2017(10): 489-489.
- [5] 荣巍. 大断面软岩隧道力学参数智能反演及施工优化加固处理[D]. 湖南科技大学, 2020.

作者简介: 王正坤(1993-)男, 汉族, 广西百色凌云县, 大学本科学历, 助理工程师。研究方向: 高速公路工程项目隧道施工技术、质量管理。