

## 中企在黑山共和国高速公路隧道施工所遇问题及对策

罗良乾<sup>1,2</sup>

(1. 中交基础设施养护集团有限公司, 北京市 100011; 2. 中交南京交通工程管理有限公司, 江苏 南京 211899)

**摘要:**中国承包商进入欧洲地区建筑市场初期,建设标准、理念、环境等方面的差异给承包商造成了许多问题。该文通过总结黑山共和国高速公路隧道施工,从施工方案与手续、施工工艺、施工组织与管理3方面,对遇到的问题及对策进行分析。并将其归纳为标准的差异、缺乏对施工环境的熟练掌握、当地对承包商的不信任几类问题,提出针对性的应对建议。

**关键词:** 东欧; 差异; 高速公路; 隧道施工; 问题及对策

**中图分类号:** U455 **文献标志码:** A

亚非拉作为中国建筑企业海外市场开拓较早的地区,在过去的数十年中,中国建筑企业在这些地区开展了大量的工程项目建设,2014年肯尼亚蒙内铁路采用中国标准建设,标志着中国标准、中国技术、中国装备、中国管理向世界工程建设舞台中心迈出了一大步。中国建筑企业技术人员对亚非拉地区的工程项目建设进行了全面的研究,总结了大量成套技术及成功经验<sup>[1-4]</sup>。

随着中国“一带一路”倡议的实施推进,越来越多的中国建筑企业进入欧美地区建筑市场,欧美地区建筑技术及标准体系相对完善,机械化程度高,法律意识、职业健康安全意识和环保意识强,中国建筑企业在这些地区开展工程建设时,因建设环境差异,工程实施往往会受到较多阻碍<sup>[5-8]</sup>。该文以黑山共和国高速公路隧道建设为例,分析施工过程中遇到的问题及对策,以为类似海外工程建设项目提供借鉴参考。

## 1 工程概况

### 1.1 线路情况

黑山共和国巴尔港至北部城市保加利高速公路是该国首条高速公路,建成后将并入国际公路交通网,连接中部欧洲多个国家。主干道规划全长约180 km,拟分5段建设,首先开工的是首都波德戈里察至科拉欣段,线路长40.871 km,由中国承包商承建。

### 1.2 建设环境

黑山曾是前南斯拉夫社会主义联邦共和国的一员,于2006年独立,建立黑山共和国,国土面积1.38万km<sup>2</sup>,高速公路建设的相关资源匮乏。建国后,沿用了前南斯拉夫大部分的建设规范和标准,并以欧洲标准为补充。相关法律健全,对建设手续、职业健康安全、环境保护等要求严格。项目监理单位为欧洲的监

- \*\*\*\*\*
- [2] 梁养辉,刘伯来,李涵,等.重载作用下波纹钢板加固旧桥的应变测试[J].筑路机械与施工机械化,2019,36(6):138-142.
- [3] 蔡事廷,符铎砂,曾彦杰.波纹钢在路桥加固中的运用[J].低温建筑技术,2015,48(2):35-37.
- [4] 李百建,朱良生,李勇,等.小波形波纹钢加固混凝土管涵的试验研究[J].华南理工大学学报(自然科学版),2020,37(3):58-68.
- [5] 郭长志,褚志成,王汉文,等.冻土地区波纹钢加固既有盖板涵研究[J].水利与建筑工程学报,2020,18(1):135-140.
- [6] American Association of State Highway and Transportation

- Officials. AASHTO LRFD Bridge Design Specifications [S]. 4th Edition, 2007.
- [7] 冶金工业信息标准研究院,衡水益通管业股份有限公司,河北腾是达金属结构有限公司,等.冷弯波纹钢管:GB/T 34567—2017[S].北京:中国标准出版社,2017.
- [8] 李百建,符铎砂,江孝礼.波纹钢板—混凝土钢合梁在旧桥加固中的应用技术[J].公路,2016,61(10):77-81.
- [9] 湖南省交通规划勘察设计院有限公司. G354(原 S312)娄底至涟源公路改建工程设计文件[R], 2015.
- [10] 李少波.大跨填土式波形钢板拱桥的受力分析[D].长沙:湖南大学,2015.

理公司, 监理人员来自欧洲多国。总体建设环境复杂。为左右线分离式, 隧道净空半径 4.95 m, 按新奥法设计和施工, 围岩分级采用 RMR 法, 主要支护类型及参数如表 1 所示。

1.3 隧道设计情况

此高速公路采用当地标准建设, 双向四车道, 隧道

表 1 隧道主要支护参数

项目	不同支护类型的支护参数					
	Ⅲ	Ⅳ a	Ⅳ b	Ⅳ c	V a	V b
拱架	三支格栅拱架	三支格栅拱架	三支格栅拱架	三支格栅拱架	三支格栅拱架	三支格栅拱架
	P70—25—36 型	P95—25—36 型	P95—30—36 型	P95—30—36 型	P115—30—36 型	P115—30—36 型
钢筋网	单层 Q188,	单层 Q188,	双层 Q188,	双层 Q188,	双层 Q188,	双层 Q188,
	φ6 mm, 15 cm× 15 cm	φ6 mm, 15 cm× 15 cm	φ6 mm, 15 cm× 15 cm	φ6 mm, 15 cm× 15 cm	φ6 mm, 15 cm× 15 cm	φ6 mm, 15 cm× 15 cm
初支 混凝土	喷射	厚度 20 cm	厚度 22 cm	厚度 24 cm	厚度 24 cm	厚度 26 cm
	混凝土	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30
锚杆	平均 6.67 根/延 m	平均 9.14 根/延 m	平均 13 根/延 m	平均 13 根/延 m	平均 8 根/延 m	平均 10 根/延 m
	4 m 砂浆锚杆	3.6 m 砂浆锚杆	3.6 m 砂浆锚杆	3 m 砂浆锚杆	3.5 m 砂浆锚杆	3.5 m 砂浆锚杆
超前 支护	—	—	平均 11 根/延 m	平均 11 根/延 m	平均 11 根/延 m	平均 13 根/延 m
			3.5 m 砂浆锚杆	3 m 砂浆锚杆	3 m 注浆小导管	3 m 注浆小导管
初支	无	无	无	无	格栅拱架闭环	格栅拱架闭环
					双层钢筋网	双层钢筋网
仰拱					喷混厚度 26 cm	喷混厚度 26 cm
	仰拱	无	混凝土厚度 50 cm	混凝土厚度 50 cm	钢混厚度 50 cm	钢混厚度 50 cm
衬砌	衬砌	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30
	仰拱填充	无	无	有	有	有
拱墙二次衬砌	混凝土厚度 30 cm	混凝土厚度 35 cm	混凝土厚度 35 cm	钢混厚度 40 cm	钢混厚度 40 cm	钢混厚度 45 cm
	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30	标号 MB30

2 施工所遇问题及对策

2.1 施工方案及手续方面

(1) 施工方案

问题情况: 实施此项目的中国企业首次参与该国工程建设, 当地对承包商建设能力缺乏信任, 双方在施工理念和施工工艺方面存在诸多差异, 监理对承包商的方案审批谨慎、要求详细, 特别是欧洲不常采用的工艺。例如: 承包商计划采用 YT—28 风动凿岩机钻孔, 监理要求详细提供如何实现在隧顶垂直向上钻锚杆孔, 如何保证人员职业健康安全等。施工方案反复提交修改, 报批周期过长。

应对措施: ① 对不符合欧洲施工标准和不符合当地职业安全健康标准的工艺进行改变, 例如: 钻孔设备由人工 YT—28 改为多臂凿岩台车; 喷射混凝土设备

由小型干喷机改为大型湿喷机; 开挖支护平台由中国常用的台架改为伸缩臂叉装车平台; ② 对监理不熟悉的工艺尽量详述, 重点从如何实现设计的结构、如何保证职业健康安全、如何保证工艺效率等方面的措施进行解释描述, 不能做到和难以做到的措施杜绝出现在方案中。

(2) 施工手续

问题情况: 当地施工手续复杂, 需要报政府部门审批的主要有环境保护计划、一般废弃物管理计划、有毒有害废弃物管理计划、安保计划、安全计划等; 需要报监理审批的主要有准备工作研究报告、施工进度实施规划、质量管理计划、试验检测计划。合同规定每次审查周期为 28 d, 不符合要求则重新修改后提交再审。承包商缺少在当地办理手续的经验, 申报受阻。

应对措施: ① 与当地环境咨询和安全管理公司合作, 当地公司负责按法律规定的要求, 结合承包商的实

际情况,编制环境、安全管理细则;协助承包商与当地政府和监理沟通,报批各类相关报告和手续;② 聘用熟悉标准和经验丰富的当地工程师,参与编制质量、试验等管控计划;③ 正式提交审批前,与审批方沟通获取非正式意见并进行修改完善,以解决因多次循环提交导致审批周期过长的问題。

## 2.2 施工工艺方面

### (1) 开挖支护作业平台

问题描述:中国国内隧道施工常用的开挖支护台架在当地不被认可,虽然经过努力沟通后同意使用,但对安全防护要求极严格,例如台架平台边缘与围岩或初支的距离不大于 20 cm,满足这样要求的台架在施工中极易与初支碰撞损坏而影响正常施工作业,辅助台架失去便捷性。

应对措施:采用伸缩臂叉装车平台(MERLO Ro-to 38.16 S),平台的作业栏可承重 800 kg,最大伸展长度 16 m,用于隧道拱架、钢筋网、锚杆等安装及其他高处作业。较中国传统开挖支护台架机动灵活、作业高效。

### (2) 二次衬砌模板台车

问题描述:二次衬砌模板台车由中国生产并运至施工现场,但由于生产标准不符合当地技术及安全规范的要求,得不到认可。

应对措施:委托当地有设计资质的公司按已成型的二次衬砌模板台车进行设计验算并出图签章。根据新的设计图对不符合当地标准的项目进行整改后使用。

### (3) 钻爆施工

问题描述:采用多臂凿岩台车替代中国常用的小型风动凿岩机进行炮眼钻设,在Ⅲ、Ⅳ级围岩中一次开挖进尺 2 榀拱架时,因凿岩台车钻臂较大受到上一循环初支的限制,钻设的周边眼外插角度过大而引起第 2 榀拱架处大的超挖。

应对措施:采用双排周边眼的爆破设计(图 1),外圈周边眼保证第 1 榀拱架范围内的开挖轮廓,内圈周边眼保证第 2 榀拱架的开挖轮廓问题。此爆破设计明显减少了超挖问题。

### (4) 围岩等级判定

问题描述:在隧道施工过程中,根据围岩揭示情况动态调整支护参数,在每一循环开挖后,须由当地持证的地质工程师(承包商聘用)进行现场地质调查并绘制地质素描,判定围岩等级及支护类型,监理抽查复核。在施工过程中存在以下问题:① 开挖出渣完成后的地

质调查和素描用时 1~2 h,新开挖的软弱岩石因不能及时初喷封闭,暴露在空气中的时间延长更易风化脱落,同时占用施工时间;② 法律规定地质工程师对判定结果负责,在围岩及支护类型判定时过于保守,不仅额外增加了支护工作量,还限制了围岩开挖进尺而影响隧道整体掘进效率。

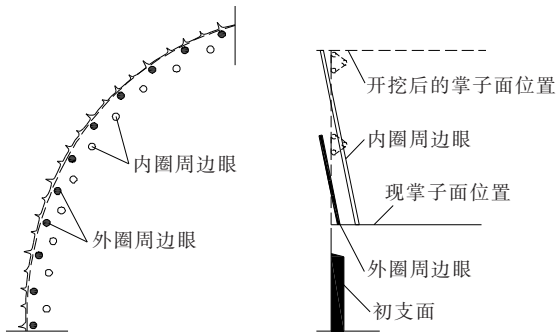


图 1 双排周边眼布置示意图

应对措施:承包商增配地质工程师,组建地质专业团队,充分沟通和尊重他们的意见,做好现场施工控制,通过实际行动让地质工程师和监理想了解到承包商较强的施工能力和经验,以及对工程质量和安全的重视。逐渐建立相互间的信任关系后,现场地质调查效率明显提高,且对围岩和支护类型的判定也更加客观。

### (5) 锚杆施工

问题描述:① 中国的隧道设计中,边墙多采用砂浆锚杆或药包锚杆,拱部多采用中空注浆锚杆或药包锚杆以保证锚固质量。而当地隧道设计中,边墙和拱顶均采用砂浆锚杆,如何保证拱顶的砂浆锚杆注浆饱满成为锚杆施工的关键;② 在软弱围岩地段,为保证掌子面稳定,按中国的常规做法预留了核心土。但掌子面附近的空问被核心土占用后,大型机械设备作业受限,多臂凿岩台车无法钻设径向锚杆孔。

应对措施:① 为了解决注入拱顶锚杆孔内的浆液不因自重而往下流失的问题,通过现场试验和优化,将砂浆调配至黏稠状且可泵送状态,采用螺杆砂浆泵(Turbosol Poli T EV/MP 2L6,输送压力 2.5~4 MPa)泵送注浆,注浆管深入孔底部进行倒退式注浆,注至距孔口约 1/4 孔深的位置后,拔出注浆管,并在伸缩臂叉装车平台的辅助下插入锚杆;② 在掌子面打设 9 m 长的玻璃纤维锚杆,以替代预留核心土保持掌子面稳定。

### (6) 钢筋网安装

问题描述:内外两层钢筋网一次安装完成后,喷射混凝土时先后被外层和内层钢筋网两次阻挡,钢筋网



背后不易喷射密实,混凝土出现空洞。

应对措施:两层钢筋网分次安装,具体方法为:拱架和第一层钢筋网安装后,进行第一次混凝土喷射(喷射厚度约15 cm);然后进行下一循环开挖出渣,上一循环的第二层钢筋网与下一循环的第一层钢筋网同时安装,然后进行上一循环的复喷和下一循环的第一次喷射混凝土作业。

### (7) 仰拱钢筋安装

问题描述:仰拱钢筋外侧设计有5 cm的保护层,按当地规范标准,钢筋(包括用于辅助施工的架立钢筋)不允许超出保护层,因此需要依靠混凝土保护层垫块将仰拱钢筋全部架起。由于仰拱初支面形状存在不规则的高低起伏,造成大部分垫块悬空而失去对钢筋的支撑作用,仰拱钢筋整体不稳,报验时常被监理拒绝执行。

应对措施:自制特定的混凝土垫块,垫块边长15 cm、高7 cm,并将长15 cm左右的短钢筋一端预埋到该混凝土块中,另一端与仰拱钢筋焊接牢固。此混凝土垫块可适应初支面不规则起伏的情况,为钢筋提供有效支撑,保证了钢筋的整体稳定。

### (8) 二次衬砌步距

问题描述:中国隧道规范对二次衬砌与掌子面的安全步距有强制规定。而当地规范对安全步距无强制规定,仅对二次衬砌施作时机提出变形速率小于0.2 mm/d或2 mm/15 d的要求。承包商计划按中国规范的安全步距组织二次衬砌与掌子面同步施工,但由于仰拱不能及时施作而无法实现,导致步距严重超过中国规定的安全值。例如:17号隧道左洞1 455 m、右洞1 360 m,隧道贯通后二次衬砌才开始施工。

应对措施:为保证在二次衬砌不施作情况下的初支稳定安全,采取了以下措施:① 对初支进行了加强设计,采用高标号喷射混凝土(MB30)、长锚杆(最长6 m)、加强拱架( $\phi 36$  mm主筋的三支格栅)、双层钢筋网(Ⅳb及以上规格);② 严格控制初支质量并进行实体质量检验,喷射混凝土以40 m为一批次进行钻芯取样验证厚度、强度及密实情况,锚杆按5%的比例现场拉拔验证锚固力;③ 采用多种监测手段以掌握初支情况,主要监测项目有:初支变形、地面沉降、围岩多点位移、锚杆轴力、地下水、爆破振动等,发现异常及时注浆和加设锚杆加固。

## 2.3 施工组织及管理方面

### (1) 爆破施工组织

问题描述:出于安全考虑,当地法律规定不允许外

国人员接触和使用爆破器材,爆破作业须由当地持证的爆破工程师和持证炮工负责。在此高速公路建设前,当地隧道工程较少,爆破工程师及炮工数量少且经验不足,严重影响了开挖作业效率。

应对措施:通过与相关管理方的多次沟通,明确当地和中方人员在爆破作业中的分工:当地爆破工程师负责爆破设计,中方工程师提供爆破优化方案。中方工人负责装药作业,当地炮工负责爆破网络连接及起爆作业。这样既保证了当地法律规定的安全初衷,也保证了开挖作业效率和开挖质量。

### (2) 仰拱施工组织

问题描述:按当地施工规范,仰拱初支混凝土28 d强度检测合格后方可进行初支计量,并开始仰拱衬砌和填充施工;填充混凝土达到设计强度100%之后,方可在混凝土面上行车。受这些规定的限制,中国常见的仰拱开挖—初支—衬砌—填充一次连续施作的施工组织方法不适用,造成仰拱施工效率低下。

应对措施:当地对二次衬砌步距无强制规定,因此采取以下仰拱施工组织措施:① 仰拱开挖和初支紧跟下台阶施作,期间采用仰拱栈桥通行,仰拱喷射混凝土完成1 d后回填洞渣等强并保证通行,继续进行下一循环的仰拱开挖和初支;② 将仰拱施工组织调整如下:设计时在左右洞之间每隔250 m设置一处横通道,横通道位置处下台阶开挖完成后,尽快挖通横通道,封闭其中一条隧洞,集中施作另一条隧洞的仰拱衬砌及填充,采用从里向外的倒退式、连续、分段浇筑施工,以提高仰拱整体施工效率。

### (3) 生产工区划分

问题描述:中国工程的监理分工常采用分段负责的方式,而当地监理按专业分工,例如:一名隧道专业监理负责一个标段的隧道施工监理工作。承包商在施工初期,未考虑该国监理分工与中国的差异,将标段按中国常用的地理区域段落划分了生产工区。在施工过程中,标段内各生产工区的管理者与同一名隧道监理重复对接,且中方人员与当地监理之间存在语言障碍,总体沟通效率低下,很多问题得不到解决,造成监理不信任承包商,对施工影响较大。

应对措施:通过改变生产工区划分方式,将标段内生产工区按专业划分为隧道工区、桥梁工区及路基工区,各工区仅需对接一名专业监理,大量减少了承包商和监理方的沟通工作量,沟通效率也明显提高,减小了因监理沟通问题给施工造成的影响。

### (4) 施工材料

问题描述:所有主体工程的建筑材料都必须通过 ETA 认证(欧洲技术认可),甚至混凝土保护层垫块、钢筋绑扎丝、钢筋连接套筒等辅助材料也必须获得认证,承包商从中国采购的部分辅助材料不能在主体工程中使用。

应对措施:承包商在当地采购通过认证的材料,已进场但是得不到使用的部分辅助材料在临时工程中使用消耗。

#### (5) 弃渣

问题描述:隧道弃渣场由承包商选址,合同规定弃渣场应使用国家公有地,否则征地费用由承包商自行承担。但国家公有地均在山势险峻的深山内,弃渣场选址存在环评难、运距远、线路坡度大(重载上坡)、挡护工作量大、手续批复周期长等问题,隧道开工后无弃渣场可用,影响正常施工。

应对措施:在当地,私有地是地主的私有财产,法律非常重视对私有财产的保护。承包商在隧道附近选择了一片位于河畔低洼处的私有地,并与地主达成协议,以地主的名义用隧道弃渣填平造地,保护在河边低洼的土地不被河水冲刷。此举在当地引起了良好的反响,附近居民纷纷提出同样的请求,不仅解决了隧道弃渣问题,节约了大量弃渣场挡护费用以及运渣费用,同时还帮助了当地居民,树立了良好的企业形象。

#### (6) 废水处理

问题描述:当地对施工废水排放的环保要求高,隧道施工废水必须经过多道工序处理才能达到排放标准。由于隧道施工废水量大,洞口多位于沟谷,场地狭窄,无处理大量废水的场地条件,因排放的废水达不到环保要求被处罚和停工。

应对措施:① 将未被污染的洞内地下水和洞外雨水与施工废水分沟引流,避免两者混合而增加废水处理工作量;② 将废水通过管道引至开阔地带,采用多级沉淀、中和、油污分离等措施处理达标后排放。

### 3 结语及建议

黑山共和国高速公路隧道施工过程中遇到的问题可归纳为以下 3 类:① 技术、标准、工艺差异引起的问题;② 对当地建设环境缺乏掌握和未及时采取转变措

施而引起的问题;③ 当地各方对承包商缺乏信任而引起的问题。这些问题说明中国工程建设与欧美地区在工艺技术、标准、环境、理念及管理等方面存在不小差异;在管理精细化程度、施工机械化程度、职业健康安全标准要求、环境保护措施落实及建设细节关注等方面亦存在一定差距。

因此,中国建筑企业在欧美地区建筑项目进场前及项目前期,应在充分调研当地技术、职业健康安全、环境保护等标准,以及当地建设相关的法律法规、程序、管理要求等的基础上,完善环境保护计划、废弃物管理计划、安全计划、安保计划、准备工作研究报告、施工进度实施规划、质量管理计划、试验检测计划等的编制和审批,合理考虑这些文件的审批用时。在工程实施过程中,应高度重视当地技术标准的学习、建设理念和施工工艺的本地化转换、管理精细程度和施工机械化程度的提高、职业健康安全和环境保护规定的积极响应。另外,根据建设环境的差异针对性调整施工组织和管理措施,加强双方沟通和理解,以客观数据和实施结果为支撑,逐步建立互信互利的良好关系,方可推进工程项目建设目标顺利实现。

#### 参考文献:

- [1] 刘韬.非洲市场工程承包项目风险管理案例分析[J].铁道建筑技术,2014(S1):423-425,447.
- [2] 向世欢,魏传光,余芳.蒙内铁路项目的 HSE 管理[J].国际工程与劳务,2016(6):72-74.
- [3] 李安山,贾丁.从坦赞铁路到蒙内铁路:中非合作中的技术转移[J].国际社会科学杂志(中文版),2016,33(4):171-187,8,13-14.
- [4] 张杰,盛民嘉.东南亚某铁路项目风险管理探析[J].工程建设与设计,2011(6):181-185.
- [5] 张利华.中国企业在欧洲国家承包工程的经验教训——以交通运输工程建设项目为例[J].人民论坛·学术前沿,2017(22):42-49.
- [6] 张兮维,张利华.中国企业在中东欧承包工程项目的特点、问题与对策[J].国际经济合作,2017(6):87-95.
- [7] 张民庆,张梅,肖广智.浅析欧洲隧道修建技术[J].现代隧道技术,2013,50(1):8-15.
- [8] 王浩.海外路桥工程项目施工管理中的问题与对策探索[J].工程建设与设计,2017(9):219-220.