

# 新增斜井在长大、复杂地质公路隧道安全、快速施工中的应用

## Application of new inclined shaft in safe and rapid construction of long and complex geological highway tunnel

宋宝顺 熊成宇

Baoshun Song Chenyu Xiong

中交一公局第四工程有限公司 广西 南宁 530033

The Fourth Engineering Co Ltd ofCCCC First Engineering Co Ltd Nanning Guangxi 530033

**摘要:**在长大隧道施工中合理运用辅助通道进行施工,能有效地缩短施工工期,本文以桐梓隧道(出口端)新增斜井对降低瓦斯隧道施工风险、提高隧道系统工效进行分析,为同类型长大隧道提供借鉴。

**Abstract:** the reasonable use of auxiliary channel in the construction of long tunnel can effectively shorten the construction period. This paper analyzes the new inclined shaft of Tongzi tunnel (exit end) to reduce the construction risk of gas tunnel and improve the work efficiency of tunnel system, so as to provide reference for the same type of long tunnel.

**关键词:** 长大隧道;高瓦斯;新增斜井;优化设计

**Keywords:** Long Tunnel; High gas; content New inclined shaft; optimal design

**DOI:** 10.12346/etr.v3i4.3276

### 一、引言

斜井作为长大隧道辅助施工通道是加快施工进度的主要方式之一,本文以桐梓隧道背景,通过新增4#斜井作为施工辅助通道,以实现如下功能:

①可提前探煤、揭煤;②施工通风稀释瓦斯浓度效果更好;③揭煤通道距离短,施工通风系统简单和便于维护;④可作为正洞涌水排水通道,降低突水突泥灾害风险;⑤降低3#斜井施工安全风险;⑥可利用新增斜井作为救援通道;⑦减小因抢工期带来的安全风险;⑧可减少施工工期,实现全隧施工工期可控。

通过新增斜井给项目带来了一定技术经济效益和很好的社会效益,为同类型长大、复杂地质隧道提供借鉴。

### 二、概况

兰州至海口国家高速公路重庆至遵义段(贵州境)扩容工程起于渝黔交界的下坪,与重遵扩容工程重庆境段顺接,路线全长约118.918km。全线最长的重点控制性工程桐梓隧道起讫里程ZK34+508-ZK45+005(10497m),全长10497m,

桐梓隧道(出口端)起讫里程ZK40+511-ZK45+005,长4494m。隧道区位于扬子准地台黔北台隆遵义断拱毕节北东构造变形区东部边缘,隧道为三车道大跨隧道,最大断面积213.36m<sup>2</sup>,最大埋深639.61m,地质以灰岩、泥岩为主,主洞隧道最大涌水19.2万m<sup>3</sup>/d(全隧),斜井最大涌水2.89万m<sup>3</sup>/d,主洞瓦斯最大压力1.5MPa,具有突出危险。作为设计确定的IV级极高风险隧道,全隧要穿越3条断层破碎带,存在煤层采空区、高瓦斯、高地应力、岩溶等复杂地质。为确保施工工期,设计采用“长隧短打”法,桐梓隧道(出口端)设置1座3#斜井,进入主洞开辟4个工作面同时施工,斜井采用无轨运输双车道衬砌断面。

### 三、原设计斜井的设置与施工组织

桐梓隧道(出口端)设出口端、斜井两个工区施工,隧道出口端设计有斜井1座,长度1570m,平面交角90°,综合纵坡-8.46%,与主洞右洞相交里程为YK41+990,距离出口3025m,距离合同交界处(进口端)1444m,净空尺寸为6.65m(高)×9.8m(宽),桐梓隧道及3#斜井均为无轨运输,桐梓隧道(出口端)施工图工程概况见表1。

**【作者简介】**宋宝顺(1993~),男,汉族,广西宾阳人,助理工程师,本科。熊成宇(1972~),男,汉族,湖南永州人,高级工程师,本科。

表 1 桐梓隧道(出口端)施工设计图工程概况表

序号	隧道名称	总长(m)	各级围岩长度/m			备注
			III	IV	V	
1	隧道(出口端) 左幅 ZK40+	4494	825	2960	709	5m 明洞
	511-ZK45+005					
2	隧道(出口端) 右幅 YK40+	4469	694	3060	715	5m 明洞
	546-YK45+015					
3	3# 斜井	1570	--	1440	130	2m 明洞

#### 四、新增斜井设置的原因和位置选择

桐梓隧道(出口端)新增斜井主要原因为工期压力大,具体分析如下:

(1)项目合同工期为 1240 天(41 个月),即 2018 年 9 月 6 日-2022 年 1 月 28 日,以出口端工区 V 级围岩 485m,占比 16%,为控制性工程,在无任何特殊地质情况影响下,月均需完成 75m/月以上的施工任务;

(2)桐梓隧道(出口端)地质情况复杂,存在反坡大涌水、高瓦斯、突水、突泥等诸多不利桐梓隧道施工的因素,现有施工工艺工法难以保证桐梓隧道施工工期;

(3)根据施工通风设计,单工作面通风管径为 2.0m,桐梓隧道 3# 斜井采用压入式通风,斜井侧需留 1.5m 人行通道,隧道车辆净通行高度装载机:  $b \times h = 3m \times 3.5m$ , 自卸汽车:  $b \times h = 2.5m \times 3.5m$ , 砼罐车:  $b \times h = 3.2m \times 3.8m$ , 考虑安全性加大 50cm 要求,最小通行尺寸为:  $b \times h = 3.7m \times 4.3m$ 。

从以上分析看,3# 斜井进入主洞后开 2 个工作面,隧道二衬后可利用空间宽度 6.9m,高度 4.35m,可实现隧道二衬后会车的需要;若开设 4 个工作面(即斜井进入主洞后往进口端和出口端掘进)隧道内布设 4 根风管,隧道有效利用宽度 4.68m,有效利用高度 3.98m,不能满足会车要求,总体分析来看,3# 斜井进入主洞后只能开辟 2 个工作面,若开设 2 个以上工作面,会使隧道通风、会车受阻,效率大大降低。

(4)以主洞出口端为第一作业工区,斜井端为第二作业工区,根据隧道各口承担施工任务、围岩级别,结合以往施工经验进度指标(见表 2),在分析设计图纸及施工条件基础上,计划隧道出口右洞、3# 斜井先进洞,左洞滞后右洞安全距离后施工,桐梓隧道分两个作业工区进行掘进,在考虑了煤系地层、断层破碎带帷幕注浆、长距离独头掘进、反坡施工效率降低等富余时间后,计算得出桐梓隧道(出口端)编排总工期 56.1 个月,远远不能满足桐梓隧道合同工期要求。

表 2 桐梓隧道(出口端)施工进度指标一览表

编号	隧道名称	进度指标 (m/月)			备注
		III	IV	V	
1	桐梓隧道 主洞	120	70	30	
2	3# 斜井	--	60	100	

#### 五、新增斜井平纵及地质情况

经过对施工现场的反复调查和分析,结合对地理位置、地质条件、斜井长度、施工便道、弃渣场地等综合因素的考虑,考虑在 3# 斜井与桐梓隧道出口间增设一个斜井,新增斜井井进口位于 YK44+250 右侧约 200m 处,长度 452m,井身围岩为粉质粘土,强、中风化粉砂质泥岩,中风化灰岩,其与主洞交叉桩号为 YK43+810,新增斜井净空断面为半径 4.9m 的单心圆,内轮廓设计底面高程距拱顶高度 6.65m,净宽 9.8m,,除 V 级围岩以及与主洞交叉口段采用复合式衬砌外,其他段落采用锚喷衬砌,新增斜井综合纵坡为-9.18%。距设计煤系地层瓦斯段(YK43+715~YK43+480)95m。

#### 六、新增斜井优势分析

##### (一)新增斜井可大大降低隧道施工安全风险

###### 1、实现提前探煤、揭煤

原设计计划从出口段 1300m 处进入煤系地层,煤系地层长度约为 300m,预计穿越 6~7 层煤层,其中突出煤层 2~3 层。

按原设计方案通过出口端正洞揭煤,从出口到揭煤处距离最长达 1600m。因洞内作业人员、设备、左右互联互通以及同时作业面多,可能产生瓦斯聚集、引发瓦斯爆炸的点分布范围广,隐患点多,且增加跨度管理难度,大大增加了不安全因素偶发的频率。

新增斜井方案,可实现较短施工距离的探煤、揭煤,可实现最大程度的降低以上不良因素偶发的频率,降低或减少了不安全隐患,同时,新增斜井后,可提前进入煤系地层进行瓦斯治理及揭煤工作,与原来的揭煤方案相比,具有更高的可操作性和优越性。

###### 2、实现施工通风稀释瓦斯浓度效果更好

通风系统的合理性,是隧道瓦斯治理的最有效保障。瓦斯浓度的降低,主要依靠施工通风对瓦斯浓度的有效稀释和流动排出井外。如果按照原有设计进行隧道揭煤工作,最困难时期通风系统长度将达到 1600m 左右。如果利用新增斜井进行石门揭煤,困难时期通风系统的长度仅为 800m,通风

距离将减小一半左右,缩短了通风距离,减小了通风阻力,降低了漏风率,有效保证了通风风量,给隧道施工带来了更大的安全保证。

### 3、揭煤通道距离短,施工通风系统简单和便于维护

由于新增斜井揭煤方案通风系统线路缩短,巷道断面减小,系统维护更加简单。同时,新增斜井为专用瓦斯治理巷道,巷道内部结构简单,设备相对减少,隧道内发生设备失爆或着火而引发瓦斯爆炸事故的几率变得更小,更有利于安全生产。

### 4、作为正洞涌水排水通道,降低突水突泥灾害风险

新增斜井位于3#斜井与出口之间,处于夜猫洞断层的附近,夜猫洞断层属煤系地层,原团圆煤矿旧址所在地,因煤矿2012年停产,隧道下穿其运输大巷,存在采空区积水的可能,上下水系一旦因隧道施工地层扰动相连贯通,将导致涌水、涌泥安全事故发生。

通过新增斜井,在斜井往下掘进的过程中,不但可对煤系地层全方位的提前超前探测,还可作为泄水通道。如运输大巷存在积水,完全可通过新增斜井解决隧道正洞下穿煤矿运输大巷积水串通排水的难题,大大降低正洞施工至煤系地层时遇到团圆煤矿老窑积水串通的突水突泥风险,确保了正洞施工安全。

### 5、降低3#斜井施工安全风险

新增斜井后,3#斜井不承担出口方向施工任务,而由新增斜井承担,3#斜井仅往进口端施工,降低3#斜井双向施工时的施工干扰,缓解3#斜井洞内施工通风压力、反坡排水压力,降低3#斜井多作业面交叉作业施工安全风险。新增斜井后在某种程度上解决3#斜井无法施工时,缓解主洞小桩号方向的进度压力。

### 6、增设隧道应急通道

新增斜井仅对井底段几米进行封堵,隧道运营紧急工况下可以利用新增斜井作为救援通道,为消防车的快速到达现场提供了另一通道。

### 7、减小因抢工期带来的安全风险

新增斜井后,施工作业面增加,各作业面基本不交叉干扰作业,把出口段分成3段施工,每段施工长度在1500m左右,工期可控,避免了新增斜井前工期不可控及抢工期而引发的安全隐患增大、人力物力成倍增加等不良社会影响。

## (二)新增斜井可减少施工工期,实现全隧施工工期可控

新增斜井后,隧道以3#、4#斜井为界划分为3#斜井工

区(YK40+546-YK42+270),4#斜井工区(YK42+270-YK43+810),出口端工区(YK43+810-YK45+015),隧道施工组织如图2所示。

经计算分析,通过新增斜井,隧道左洞施工工期为43.1个月,右洞施工工期为41.3个月,基本满足设计工期41个月的要求,新增斜井后会缩短工期15.3个月,实现全隧总工期的可控,新增斜井前后工期对比如表3所示。

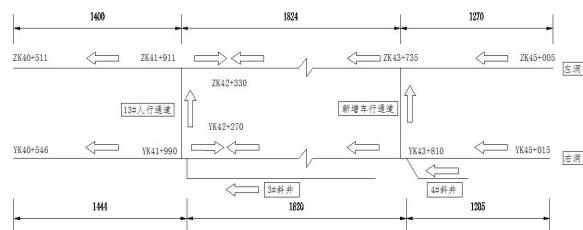


图2 桐梓隧道(出口端)施工组织设计

表3 新增斜井前、后工期对照表

项目	3#斜井往进	3#斜井往进	3#斜井至出	3#斜井至出
	口端右洞	口端左洞	口段左洞总	口段右洞总
	(月)	(月)	工期(月)	工期(月)
新增斜井前	40.4	41.7	58.4	56.9
新增斜井后	40.4	41.7	43.1	41.3
节超时间(-,+)	0	0	+15.3	+15.6

## 七、结束语

随着国民经济的发展,长大隧道的建设越来越多,要求也越来越高,采取“长隧短打”的施工方法,将斜井作为施工辅助通道对改善施工通风、排水条件等具有显著的效果,项目在设计辅助施工通道不能满足施工要求的情况下增设斜井需要做好现场的全面调查,正确选择斜井位置,以期达到新增斜井设计要求,本文以桐梓隧道(出口端)新增斜井对降低瓦斯隧道施工风险、提高隧道系统工效进行分析,为今后长大复杂地质隧道施工选择斜井类型及配套设置等事项提供施工经验。

## 参考文献

- [1] 原旭峰,长大隧道工程中斜井的应用与施工,公路交通科技桥隧工程,2017,第5期:256-258.
- [2] 李建忠,新增斜井在长大隧道中的运用,山西建筑,2011,37(25):176-177.
- [3] 窦忠孝,对乌鞘岭特长隧道斜井施工的思考,铁道工程学报,2006,第2期:59-63.
- [4] 杨仰平,利用通风斜井与小半径断面导洞加快隧道施工,山西交通科技,2005,第3期:58-61.