

基于施工及救援因素的艰险山区公路路线方案研究

杨昌凤,余蜀予*

(四川省公路规划勘察设计院有限公司,四川 成都 610041)

摘要:中国西部高烈度艰险山区地形复杂、地质灾害发育,公路路线需绕避重大地质灾害,并选择有利的地形布设,公路建设同时也面临施工进场困难,运营期应急救援困难等难题。四川省乐英至宝兴快速通道铜头峡路段在路线方案设计时,通过巧妙设置两处横跨峡谷的永临结合索道便桥,实现路线方案于既有道路对岸布设的可能,变1座超特长隧道为3座长隧道,同时解决了施工进场和运营期通风、应急救援等问题,提高了综合抗灾能力,节省了工程投资,可为山区类似工程提供参考和借鉴。

关键词:艰险山区公路;路线方案;索道便桥;施工通道;应急救援通道

中图分类号:U491

文献标志码:A

0 引言

2013年“4·20”四川芦山强烈地震中,四川省道210线宝兴至芦山段严重受损,宝兴县一度成为孤岛,2d后方才抢通道路。该路段沿线次生灾害发育,崩塌及飞石等频发,安全隐患极大,严重影响了抢通保通和灾后重建工作的顺利推进。

当时,宝兴县只能通过南北方向的省道210线与外界联系。既有公路技术等级低(三~四级),抗灾能力弱,受不良地质及气候影响大,抗灾能力和通行保障能力不足,迫切需要建设一条抗灾能力强,通行保障能力服务水平高的生命线公路^[1]。

根据灾后重建规划,新建乐英至宝兴快速通道(国道351线乐英至夹金山垭口段恢复重建工程的一段),作为宝兴对外联系的生命线通道^[2]。该项目采用二级公路技术标准,设计速度60 km/h,路基宽度10~12 m。该项目中铜头峡路段为全线建设条件最艰巨的路段。

1 铜头峡路段的建设环境及原路状况

铜头峡位于芦山和宝兴之间,发源于夹金山的

灵关河在此变得极为狭窄,峡谷全长约10 km,U形峡谷,山高谷深,崖壁陡立,典型的“一线天”地形,峡谷陡壁高达数百米(图1)。峡谷口建有铜头电站大坝,最大坝高75 m,峡谷区均位于电站蓄水库区内。原S210线沿灵关河左岸布设,于库区蓄水位之上的陡壁上开凿而成,震后沿线崩塌、滑坡数十处,灾害不断,时常断道(图2)。



图1 铜头峡谷实景

峡谷区基岩出露良好,以晚白垩系一老第三系大溪组砾岩为主,厚至巨厚层状,场区位于龙门山构造带西南段,属松潘、龙门山地震带的一部分,地震动峰值加速度为0.2g,地震动反应谱特征周期为0.35 s。

收稿日期:2022-11-17

基金项目:四川省交通运输科技项目(编号:2021-A-03)

作者简介:杨昌凤,男,大学本科,教授级高级工程师.E-mail:821815195@qq.com

*通信作者:余蜀予,男,大学本科,高级工程师.E-mail:417307131@qq.com



图2 峡谷中崩塌灾害

该区域多年平均降雨量为 1 101.5 mm, 灵关实测最大年降雨量为 1 726.9 mm, 丰富而集中的降水, 较大的暴雨强度, 为山洪泥石流、滑坡形成提供了充足的水源条件, 致使宝兴、芦山等地多处发生较大规模的滑坡和泥石流, 造成道路中断。

该段现有道路为 S210 线, 位于灵关河左岸, 三级公路, 路基宽度 7.5 m, 水泥混凝土路面。原路平纵技术指标较差, 交通事故多、通行能力差。“4·20”芦山强烈地震导致的崩塌、滑坡等次生地质灾害, 使道路损毁严重。河道右岸(原路对岸), 无任何道路, 两岸间也无任何桥梁。

2 总体设计原则及思路

2.1 项目的重、难点分析

经分析, 铜头峡路段公路建设面临如下重、难点问题需解决:

(1) 如何提高公路工程的本体安全, 重点在于如何合理解决地质灾害对道路带来的安全威胁。

(2) 极其狭窄的陡峭深谷, 电站库区水位涨落频繁且不确定, 施工进场极其困难, 灾后重建原路交通需求大, 施工期间保通压力大。

(3) 作为宝兴县对外的生命通道, 对该通道交通畅通的保障要求高, 而原路抗灾能力低, 新建对向行驶单洞超特长隧道或隧道群运营安全和应急救援保障难度大。

(4) 灾后重建资金受控, 地方财力有限, 后期运营费用控制要求高, 建设及运营资金控制难。

2.2 总体设计原则及思路

基于以上重、难点分析, 提出如下的总体设计原

则及思路:

(1) “避大治小”的地质选线原则, 提高公路防灾抗灾能力^[3]。

(2) 利于协同抗灾和应急救援原则, 加强新老公路的互联互通, 实现两路的协同抗灾和协同救援, 从路网的层面, 提高通道的综合交通保障能力, 提高应急救援能力。

(3) 强化施工组织选线, 将施工进场条件和施工保通作为路线方案布设和选择的重要因素。

(4) 化长为短、长隧短打, 增加施工作业面, 优化通风方式, 避免设置平导洞, 缩短施工工期, 节省工程投资, 节约后期运营费用, 处理好工程安全、运营安全、工程造价和养护成本的关系^[4], 实现全寿命周期成本最优。

3 路线方案论证研究

3.1 左岸(原老路岸)方案(简称 A 方案)的提出

根据区域总体地形条件以及城镇和产业布局规划, 新建快速通道路线只能沿灵关河布设, 为典型的高山峡谷沿溪线。而该铜头峡路段, 河谷深切, 岸坡近直立, 电站库区水位涨落频繁, 加上沿线次生地质灾害极其发育, 为保障公路安全, 必须遵照“地质选线”的原则, 绕避重大不良地质体, 以提高公路的抗灾能力。经全面地灾排查, 该峡谷路段基本无设置明线的条件, 考虑施工进场要求, 路线方案布设时, 首先提出左岸(原老路岸)的方案。

该方案起于铜头电站厂区上游, 沿原路上侧布设, 于灵关河左岸, 设置铜头峡隧道, 至灵关镇南侧出隧, 设桥跨至灵关河右岸。路线全长 9.310 km, 设置桥梁长 680 m/2 座, 隧道长 7 384 m/座(图 3)。受地形及地质条件限制, 该隧道无中间露头设置明线的条件, 为实现长隧短打, 并解决通风和应急救援问题^[5], 其间设置横洞 555 m/2 座。该方案总投资约 63 478 万元。

3.2 左岸(原老路岸)方案(A 方案)的优缺点论证分析

优点: ① 该方案以傍山隧道的方式绕避不良地质体和地形极其艰险的峡谷区, 公路抗灾能力强; ② 施工进场条件较好, 隧道主体工程对原路交通干扰较小; ③ 可通过两座横洞开辟两个作业面, 同时可利用横洞作为运营期横向通风排烟通道并作为应急逃

生、救援的通道,起到超特长隧道长隧短打的作用。

缺点:①隧道长度长,工程规模大,投资高;②两座横洞洞口场地条件差,横洞施工时对原路干扰较大,施工工期较长;③横向通风、排烟对原路交通存在不利影响;④20年通风运营费用约需3990万元,运营费用较高,全寿命周期成本高。

3.3 右岸(原老路对岸)方案(简称B方案)的提出

在方案研究过程中,发现原路对岸峡口段芦山端地形、地质条件较好,可以设置一段较长的明线,从而将隧道总长缩短至6200m(图3)。但是,该方案6200m的超特长隧道除隧道两端具有施工进出场条件外,其间由于灵关河(电站库区)相隔,该岸无任何道路可供施工进场,用以新建横洞,增加隧道新的施工作业面,实现长隧短打,缩短施工工期,为沿线灾后重建及时提供交通保障,加之岸坡极其陡峻,没有纵向新建施工便道的条件。同时,为满足后期

运营通风及救援需要,需设置贯通平导。该方案总投资约77527万元,20年通风运营费用约需3420万元,施工工期长,加之无法实现铜头峡路段新旧两路的互联互通,不利于提高该区段综合交通保障能力,相较左岸方案,无明显优势。

3.4 C方案的提出

经进一步现场调查和方案研究,发现灵关河右岸有两小支沟,沟处地形、地质条件较好,隧道可以在两小支沟处实现露头,设置明线。尽管路线稍有绕行(路线增长约500m),但可将1座6200m的超特长隧道变为长度分别为1085m、2078m和2870m,总长6033m的3座长隧道(图3),相较左岸方案和右岸超特长隧道方案,该方案(简称C方案)优势明显。

该方案要达到总体设计原则的相关要求,其关键控制因素就是如何实现左岸老路与对岸两支沟沟口的永临结合便桥的设置。

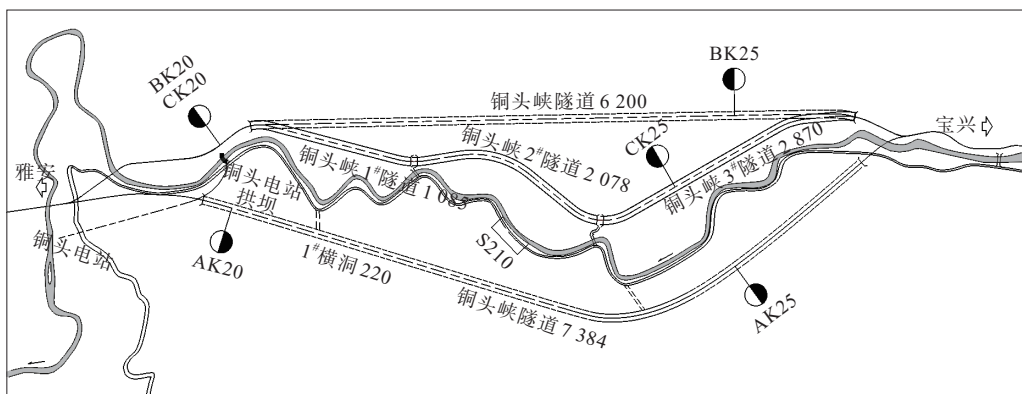


图3 路线方案示意图(单位:m)

4 永临结合索道便桥的提出及对总体方案的支撑性

4.1 永临结合索道便桥的提出

铜头峡谷区域为U形深谷,崖壁近直立,两岸基岩出露良好,为晚白垩系—老第三系大溪组砾岩组成,厚层至巨厚层状构造。经测量,两拟设便桥桥位处,在S210高程面上峡谷两岸间距为120~130m,峡谷中铜头电站库区蓄水深10~20m,S210距电站最高蓄水面40~50m。由于库区蓄水较深,且涨落不定,库区中设置桥墩的难度极大,故需采用一跨跨越的方式。对于此种跨径,一般梁桥无法实现,而拱式结构由于场地极其受限,同时S210保通要求高,实施也极其困难。鉴于两岸基岩裸露、岩体完整,索锚体

系^[6]应是一种较好的选择,故提出施工方便、对原路交通影响较小的索道桥^[7]方案。

两座索道桥均采用125m跨径,桥面总宽7m,由1幅4.5m机动车道和两侧人行道组成。设计荷载:单车40t,主索垂跨比为1/52(图4)。按永临结合的思路设计,施工期作为施工进场通道,施工结束后,予以保留,作为新老道路之间的应急救援、应急联系通道使用。

4.2 索道便桥对路线方案选择的支撑

经测算,灵关河右岸的C方案全长9.464km,设置桥梁长880m/3座,隧道长6033m/3座,另设置索道便桥250m/2座,总投资约48715万元(其中2座索道便桥的投资约886万元),较A、B方案总投资均有较大节省。由于索道便桥的实施(工期约6个月),新增两处进场通道,隧道土建主体工程总工期可由

30个月降低至20个月,节省工期近10个月;隧道于右岸两支沟露头后,实现了3座隧道独立通风,20年通风运营费用约需1140万元,较A、B方案均有较大降低,全寿命周期成本更优。另外,永临结合的索道

便桥,实现了该峡谷区段新、老公路的互联互通,对于提高该通道的综合抗灾能力,交通的应急转换、疏散和应急救援能力均具有重要作用,提高了交通网络的安全性^[8](图5)。

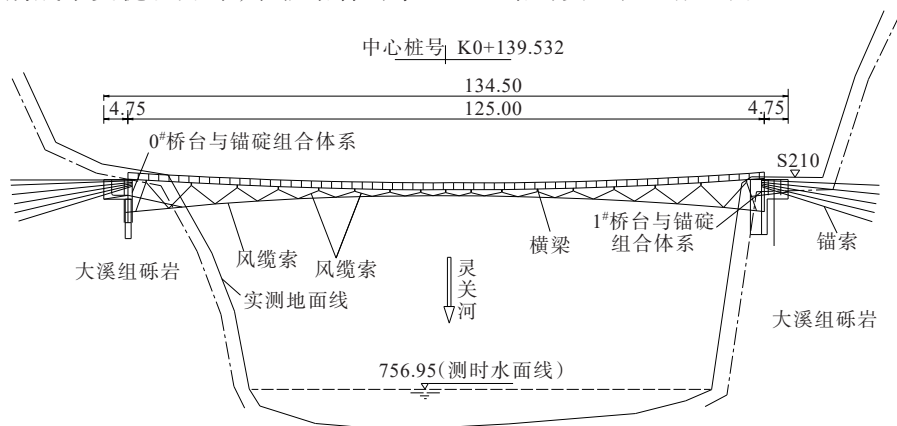


图4 索道便桥桥型方案示意图(单位:m)

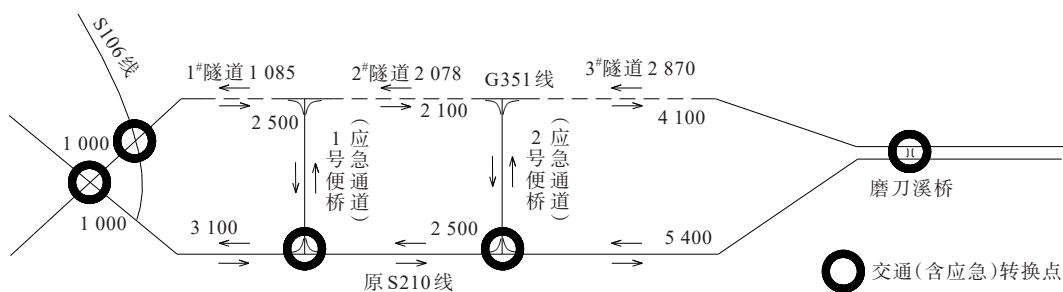


图5 铜头峡路段交通应急疏解、应急救援网络图(单位:m)

5 结语

中国西部高烈度艰险山区地形复杂、地质灾害发育,公路路线需绕避重大地质灾害,并选择有利的地形布设,公路建设同时也面临施工进场困难,运营期应急救援困难等难题。本文以“4·20”四川芦山地震后乐英至宝兴快速通道铜头峡路段路线方案设计为例,介绍了基于施工和应急救援因素的公路路线方案研究论证的情况,最终推荐方案通过巧妙设置两处横跨峡谷的永临结合索道便桥,实现路线方案于既有道路对岸布设的可能,变1座超特长隧道为3座长隧道,同时解决了施工进场和运营期通风、应急救援等问题,提高了综合抗灾能力,节省了工程投资。该工程于2013年底开工建设,于2016年建成^[9],为宝兴新增一条生命通道。

该设计思路已为其后的汶川至马尔康高速公路狮子坪路段设计提供了借鉴,也可为艰险山区类似工程提供参考。

参考文献:

- [1] 杨昌凤,李树鼎,殷强,等.映秀—汶川高速公路设计中的关键技术对策[J].公路,2013,58(5):102-106.
- [2] 杨昌凤,余蜀予,汪晓锋,等.芦山地震后宝兴生命线通道恢复重建规划研究[J].山西建筑,2015,41(23):1-3.
- [3] 杨昌凤,殷强,李树鼎,等.高烈度山区公路选线策略[J].中外公路,2015,35(6):1-4.
- [4] 王宏权.粤东山区复杂地质条件下特长公路隧道路段线路方案研究[J].中外公路,2021,41(2):256-261.
- [5] 翟正平.特长公路隧道方案选择[J].中外公路,2018,38(4):223-229.
- [6] 苏强,吴东明,谢正元.多股成品索锚碇锚固系统关键技术研究[J].中外公路,2018,38(4):197-200.
- [7] 黄绍金,刘陌生.现代索道桥[M].北京:人民交通出版社,2004.
- [8] 四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院.汶川地震灾后重建公路抗震减灾关键技术研究[Z],2013.
- [9] 四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院.国道351线乐英至夹金山垭口段恢复重建工程施工图设计文件[Z],2014.