

山区高速公路隧道设计关键技术研究

吴羿君

中交第二公路勘察设计研究院有限公司 湖北省武汉市 430000

DOI: 10.12238/ems.v7i2.11607

[摘要] 建筑工程技术和交通网络的结合与完善,使高速公路的建设已经覆盖了部分的山区。虽然,在山区建设高速公路可以改善这些地区的交通条件,但是,在山区建设高速公路其难度高,施工危险系数大,尤其是涉及到挖山洞,凿隧道的施工。基于此,文章围绕高速公路隧道的设计进行了一些分析,从山区隧道公路的施工特点、设计原则等出发,通过分析工程案例,对隧道的设计关键技术进行了重点阐述,希望对以后的同类工程可提供些参考。

[关键词] 山区;高速公路;隧道设计;关键技术

我国的经济实力在不断增强,也使得山区的高速公路交通的基础设施逐渐地在完善,但山区的地形地貌条件也对高速公路的设计造成了一定的阻碍。例如,隧道建设涉及隧道选址、通风照明设施配置、防排水处理等。如不能保证设计的合理性,易在工程建设以及公路通车阶段发生安全事故。因此,有必要结合山区高速公路具体情况进行隧道设计,攻克技术难关,从而在保障山区高速公路运输安全、舒适时,尽量减少对自然环境的破坏。

一、山区高速公路隧道施工面临的问题

(一) 施工路况差

相比于平原地区,山区地形地貌更复杂,山体起伏、沟壑纵横,且大部分山区运输道路仍然保持原始状态。而在山区高速公路隧道施工中,需用到大型运输车辆,这不仅会延长材料运输时间,还会因车辆需多次绕行、爬坡,还会增加运输成本。并且,山区气候多变,尤其在降雨较集中的时期,常出现暴雨、山洪等,极易引发滑坡、泥石流等地质灾害,导致行车受阻,无法确保施工材料供应的及时性。

(二) 沟通效率低

山区高速公路隧道工程一般是由多个施工单位和部门协同作业的,但因地理位置分散,各单位间无法形成高效的联动机制。当出现突发状况时,因沟通不畅,无法快速解决问题,易延误工期。同时,山区信号不稳定或覆盖不全也会加剧沟通难度。

(三) 人员结构混乱

因施工现场地理位置特殊,交通不便,基础设施薄弱,所以施工环境较艰苦,不利于留住履历优秀的高素质工作人员,也致使施工人员的流动性增大。一方面,频繁的人员更替不仅会导致施工进度受阻,还可能造成技术断层,影响工程质量;另一方面,新人上岗需适应一段时间,这给施工管理造成了一定阻碍。

二、山区高速公路隧道设计的原则

(一) “短隧道服从线位,长隧道控制线位”原则

短隧道通常指长度较短的隧道,从地形和地质条件对隧道设计影响程度来看,其对短隧道的影响不大。因此,短隧道可更好地适应地形变化,在设计和施工中,可据实际情况服从现有的线路线位。长隧道指长度较长的隧道,这类隧道受地形和地质条件的影响更大。因此,在隧道设计与施工中,应合理规划线路,避免与不利地质区段发生交集。

(二) “早进洞,晚出洞”原则

因山区生态环境系统较脆弱、敏感,为保护周围环境,应遵循这一原则。即在设计过程中,缩短隧道进出口段的长度,减少对地表植被和土壤的破坏。同时,采用合理开挖方式和支护结构形式,减轻对周围环境的影响。

(三) 长期发展原则

隧道是山区高速公路交通设施的重要组成部分之一。在进行隧道设计时,不仅要考虑隧道在短期内营运需求,还要

预测长期营运需求以及可能出现的问题。例如,经济发展使山区旅游业兴起,致使出入山区的车流量不断增加,这就对山区公路或者隧道设施的负载性能提出了要求,因此,山区高速公路施工应选择耐久性优良的材料和结构形式。此外,在设计时,还要考虑到隧道维护和管理需求,并为其预留出相应的维护空间和维护通道。

三、工程实例分析

(一) 工程概述

某山区高速公路隧道工程的施工现场呈南北走向,隧道穿越的岩体结构层次丰富,既有较软岩,也有较硬岩,岩体结构具有较大的连续厚度,埋深极值为510米。本区域不具备岩爆条件,但在地质构造勘察中发现,隧道出口段的含煤系地层特征明显,地层岩性以硅质岩、泥质灰岩、泥页岩系列下的夹煤层为主。总体岩质软硬分布较为均匀,岩性复杂。受地下或者降雨等因素的影响,围岩含水量上升,可能会出现坍塌事故,威胁隧道施工安全。因此,在开挖作业结束后,应该进行合理支护。此外,经勘察发现,本工程隧道进口位置有可见块石堆基层,这是由于降雨的原因,把块石主要集聚在了隧道洞外部。

(二) 隧道设计目标

在隧道设计中,一是要满足交通通行功能需求、确保结构安全稳固;二是要融入“自然和谐”的思想,尽可能在设计方案中充分融合周边环境,减少对原有自然地貌和生态环境的破坏;三是要在满足技术标准和用户需求的前提下,追求经济效益最大化。

(三) 隧道设计思路

根据本工程实际情况,在隧道设计时,应该按照以下思路施工:

(1) 在根据工程需求进行隧道设计时,必须确保所有的设计参数和指标都符合国家和行业的规定。(2) 统一设置洞门,虽然洞门结构体系具有多样化的特点,但是在选择、设计时,须据洞口地质条件、预计交通流量等因素进行综合规划。(3) 当隧道中线与洞口等高线直接斜交时,应将洞门设计为斜交式洞门。并且在这种情况下,要注意确保线路中线和对应端墙的夹角不能低于 45° 。(4) 隧道内的轮廓设计在满足施工的规定外,也要满足隧道内其他需要安装的设备要求。比如,安装照明系统,通风系统,排水系统等时,要为其预留相应的空间和接口。(5) 在设计过程中,根据施工规范制定详细的隧道内轮廓系统图。

四、山区高速公路隧道设计及关键技术

(一) 隧道洞口段设计

通过分析以往的隧道工程设计实践发现,大多数与隧道相关的交通事故集中发生在隧道引道处。当车辆驾驶员在行驶过程中突然遇到隧道时,特别是在进出隧道的过程中,光线明暗交替会影响驾驶员的视线,导致他们出现非常规操作。容易引发交通事故。因此,在设计隧道时,必须充分考虑这

一点,采取合理的措施以改善和优化引道设计,确保隧道通行的安全性:

第一,在设计隧道洞口时,针对平面和纵断面进行合理设计。据隧道路线设计总体要求,将隧道洞口连接线与整个线路衔接在一起。对此,设计者应该从全局视角出发,保证隧道出入口的位置、角度与周围环境的协调性。

第二,在平面线形设计阶段,为了确保隧道布线方案的合理性,在设计时应该充分考虑所在地区的地形地貌特征、地质条件及周边环境。鉴于本工程的隧道较长,为了保持视觉连续性和行驶安全性,应该采用直线形控制线位。

第三,加强横断面线形设计。由于隧道内部空间较小,且通常与外部路基或路面的宽度不同,因此,设计人员需要考虑如何平滑衔接隧道进出口与外部道路,为此,需设置过渡段,其长度最少为50米。具体来说,在隧道入口前和出口后,逐步实现横断面的线性过渡。

(二) 路线设计

对山区高速公路隧道工程而言,其在建设中会对周边环境造成较大影响。因此,从设计初期开始,设计人员就应该坚持生态环境保护原则,以施工现场的勘察结果为依据,有序完成隧道位置规划、隧道结构设计优化等工作。结合对本工程特点的分析,决定采用分离式设计方案,同时,在设计过程中运用不同长度的隧道组合拼接,确保整个隧道群在空间布局上的合理性和施工可行性。此外,为了节约资源,设计人员还要在隧道设计中综合考虑经济效益和社会效益,权衡利弊,比如采用节能环保的新材料、新技术和新工艺。在总体设计路线上,除了要满足实用性要求外,还要使路线与周围环境相协调,尽可能使新建隧道融入自然环境中。

(三) 隧道衬砌设计

隧道衬砌结构是隧道工程的重要组成部分,其设计效果直接影响隧道使用寿命和行车安全。由于隧道长期处于地下环境中,受地下水、地质及应力作用等因素的影响,容易发生安全风险,所以,在进行隧道衬砌结构的设计时,要充分考虑该结构的耐久性和安全性。因此,为增强山区隧道公路行车的安全性,可在隧道的洞口设置一定的照明设施,为出入口增加视野的开阔度,或者采用复合式衬砌结构。考虑到本工程存在斜交进洞的情况,对此,需采用斜交衬砌结构,且要求斜交角度 $\geq 45^\circ$,以免因角度过小导致应力集中,破坏结构稳定性。

(四) 通风和照明设计

1. 通风设计

本工程中的隧道较长,需要通到山体内部,这会导致隧道内部的空气循环不畅,与外部空气质量相比,其内部氧气不足,且含有大量有害气体,非常不利于施工人员的身体健康。因此,此隧道设计应选择合适的通风方式。而现阶段,隧道内部的通风设计主要采用的是压入式通风方式。这种通风方式的作用长度约为3400m。而巷道式通风方式,可进一步延长通风作用长度。对于本工程而言,设计人员应该采用分阶段设计方法,根据不同施工阶段的特点,制定与之适配的隧道通风方案。对此,设计人员需要通过计算得到隧道对通风风压与风量的需求量。在得出具体数据后,按照相关设计规范,同时结合周围的环境情况进行设计。在本工程隧道通风设计中,采用通风体系为射流风机体系下的诱导式通风。

2. 照明设计

在山区高速公路隧道照明设计中,考虑到驾驶员视野受阻的问题,应该做好灯具设计与配置工作。首先,应该结合隧道的特点,合理规划照明灯具的位置,并在不同位置设置不同的照明亮度,从而为驾驶员提供良好的照明条件,提高视野清晰度,以免因为驾驶员视觉疲劳而发生行车风险。驾驶员在长时间驾车的过程中,因光线等因素的干扰,特别是在隧道内部,因光线不均匀,容易出现眩光现象,不利于保

障驾驶安全。对此,在灯具设计中,设计人员应该将驾驶员的生理特点考虑在内,并以此为依据选择灯具并调整亮度,既要确保隧道内光线的均匀性,也要满足亮度要求。在隧道照明设计过程中,隧道长度、宽度和曲度等因素都会影响灯具设置效果。针对短隧道而言,可以适当降低灯具的布置高度。而本工程的隧道较长,因此需要适当调高灯具的布置高度,同时保证整个隧道内的照明强度均匀分布。考虑到照明效果、耐用性和节能环保等因素,本工程选用的灯具为高压钠灯。除此之外,在本次隧道设计中,为了确保照明系统的安全性,还设置了电缆槽,用于固定电缆并引导电缆走向。同时,为了方便维护和管理,整个隧道内的照明系统、通风系统等统一通过动力设备供电。

(五) 防排水设计

1. 洞内防排水系统

为了排出隧道衬砌结构背后的积水,本工程在防排水设计中使用了透水管,使其沿着岩面呈环形布局。透水管不仅覆盖了隧道的主要区域,还与隧道侧壁底部的纵向排水管相连。横向引水管布设间隔30m,将纵向排水管水引入侧沟,然后排出隧道。

2. 洞外防排水

在本隧道的设计中,从隧道进口端部位开始,在洞外侧沟处应用5%反坡排水措施。此外,为了进一步增强排水效能,在与隧道洞口外相距1~2m的地表位置,设置横向盲沟。盲沟的深度为3m,宽度为4m,其作用是截流并汇集从路面流水。

3. 隧道防排水

在隧道防排水设计中,应设计一套综合性防渗方案。在施工前,勘察隧道区域的地下水情况。根据地下水水量,判断可能存在的渗漏风险。结合实际情况,提出合理的排水方案。勘察、记录隧道区域的出水点、水量、水质等资料,并据此预防边坡和拱部渗水风险,防止道床冒水积水。

五、注意事项

第一,在山区隧道公路建设中,有一些隧道洞口的中线恰好不利于施工,这时可以选择大角度斜交等非平行的等高线施工方式,避开这些位置施工。

第二,隧道的洞口位置要选择地质构造稳定,坡度适中的山坡位置,以免因地质条件恶化发生地质灾害导致隧道在施工过程中或投入使用后出现裂缝、滑坡、坍塌等安全隐患。

第三,在挖掘过程中,针对稳定性较差的岩层,在开挖后要注意防范其发生顺层滑动或局部坍塌等风险。为此,施工单位应该采取积极的预控措施,如提前进洞施工。为了增强山体稳定度,可以采用在洞口搭管棚或接长明洞的方法,保障隧道的安全运行。

总结

综上所述,在山区环境中,高速公路隧道工程建设面临着诸多制约因素,对此,为了规划好隧道工程方案,确保隧道设计的合理性与安全性,本文利用相关案例工程进行了具体探究,阐明了设计要点及关键技术,形成了一套完整、可行的设计方案。只有这样,才能确保隧道工程在建设过程中顺利推进,并最大程度地保障行车的安全与舒适。

【参考文献】

[1]谢威,刘蔚,刘映奎.山区城市道路常见设计问题及优化措施分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(9):52-55.

[2]赖海东,臧晓冬,周少博,刘元骞,罗强.隧道出口异型连接段交通行为分析及改善方案研究——以广州大学城官洲隧道出口为例[J].中外公路,2023(6):336-344.

[3]罗勋,谢文强,曾发铤.基于云模型的复杂艰险山区深埋隧道施工通风系统综合评估[J].铁道学报,2022(3):123-131.