

# 无量山特长隧道不良地质和复杂环境 施工安全风险防控的探讨

甘亚林

(中国有色金属工业第十四冶金建设有限公司 云南昆明 650000)

**摘要:** 随着城市化进程的加快,特长隧道的建设越来越受到关注。然而,对于无量山地区的特长隧道而言,因其地质及其周围环境的复杂性,此项目在施工时需要更多防范,尤其是在其施工安全上更需要注重其安全防范,减少施工人员在工作时出现危险的可能性。基于此,本文便对无量山地区特长隧道的施工安全风险防控进行简单探讨,以期此项工程可以顺利完成。

**关键词:** 无量山;特长隧道;不良地质;复杂环境;施工安全;风险防控;

## 引言:

根据相关数据统计,截至2017年底,我国已建成通车的隧道规模庞大,达到了16000座,总长度更是高达15000公里。由于云南地区的广阔面积以及其复杂的地形地貌条件,这些地区的隧道施工修建往往容易引发安全事故。随着我国在隧道领域的进一步发展,可以预见未来海底隧道、特长隧道等将成为重点研究的对象。相较于普通的隧道,超长隧道在施工过程中面临着更多的困难与挑战,在施工安全防范上要求也更高。因此,在特长公路隧道的挖掘与施工过程中需要遵守的第一原则是避免扰乱围浆层,并趁早实施初期支护以避免坍塌。

## 一、工程概况

无量山隧道位于云南南涧彝族自治县境内,是一条分离式隧道,具有双向四车道的设计。左线隧道起始桩号为ZK123+456,终止桩号为ZK130+972,全长7516米,最深部分埋深约为760.7米,处于ZK127+320处。右线隧道起始桩号为K123+446,终止桩号为K130+992,全长7546米,最深部分埋深约为774.1米,处于K127+320处。作为南云高速公路项目的重要组成部分,无量山隧道属于特长隧道。方式进行,等待斜井与主线贯通后隧道进口段左线施工范围为ZK123+456至ZK127+256,长3800米;右线施工范围为K123+446至K127+246,长3800米。隧道进口段左线的V级围岩长度为2770米,占总隧道施工长度的72.9%,而IV级围岩长度为1030米,占总隧道施工长度的27.1%。隧道进口段右线的V级围岩长度为2790米,占总隧道施工长度的73.4%,而IV级围岩长度为1010米,占总隧道施工长度的26.6%。隧道主洞建筑的限界净宽度为10.25米,净高度为5.0米(一般跨

度)。

## 二、无量山超长隧道地质状况

计划修建的隧道位于无量山山脉,将穿越无量山山脉的主要山脉。隧道的位置海拔介于1748.8~2453.5米之间,最大的相对高差为704.7米,属于中高山地形。该地区的地表山势陡峻,地形坡度多在30~45度之间,地表植被茂盛,主要由针叶林和灌木组成,生态环境十分脆弱。根据地质勘察的结果,并结合补充的地面地质调查,隧道所在区域的第四系覆盖层主要由粉质黏土、角砾组成,厚度分布不均匀;在覆盖层之下是寒武系的无量山群的第一、二、三、四段的板岩、千枚岩、片岩和变质砂岩等岩石。根据地形地貌分析,隧道所在区域将穿越无量山山脉的主要山脉,具有较大的汇水面积,地下水比较丰富。根据项目的勘察结果,并结合工程地质调绘的成果,隧道所在区域没有发现特殊性岩土发育,但主要地质问题是地震活跃区域。

## 三、施工难点

### 1、洞口段施工环节

在进行重、难点项目洞口段施工时,存在着许多危险源。例如,洞顶容易发生坍塌,洞口段的侧壁也容易失稳。这是因为洞口段的洞室埋深相对较浅,围岩的稳定性较差,因此施工过程较为困难。围岩主要由强风化板岩和千枚岩组成,顶部还有少量角砾。岩体的节理裂隙非常发育,岩石结构已经遭到破坏,岩体变得破碎,岩质较软,围岩的自稳能力较差。如果没有进行支护措施,洞口的拱部很容易发生坍塌,侧壁也容易失稳。

### 2、岩层破碎段施工环节

在此隧道工程中,岩层破碎段的施工是一个非常棘

手的任务。这些岩层破碎段存在着多种危险,如洞顶坍塌、塌方、涌水和突泥等。整条隧道共有11段破碎段,分别是ZK123+456至ZK123+890、ZK126+620至ZK127+110、K123+446至K123+880以及K126+600至K127+010。这些破碎段的岩体通常处于V级围岩级别,地下水资源丰富。由于破碎段的地质条件差,岩体的完整性丧失,强度大大降低。再加上易于风化和含水的特性,施工过程中往往会面临塌方、涌水突泥等危害。此外,破碎段的活动性还会给已经衬砌完毕的地段带来无法消除的挤压力。

### 3、突泥、涌水段施工环节

突泥是指在隧道掘进过程中,地质中含有大量的黏土和泥浆,当掘进机械与这些黏土和泥浆发生接触时,会导致泥浆突然喷出,给施工人员的生命安全和隧道设备的完好性带来威胁。突泥事件的发生与地下水位、地质岩层和施工技术等因素密切相关。涌水是指在隧道施工过程中,由于地下水位的变化或地质层中存在水脉等因素,大量地下水突然涌入隧道内部,给施工工作带来阻碍和风险。涌水不仅会导致施工进度延误,还可能对隧道结构和施工设备造成损坏,甚至危及工人的生命安全。这些对于施工团队而言都是不可预估的危险,因此在施工上也相对较难。

### 4、反坡排水环节

在进行反坡排水阶段时,会遇到一些施工排水的困难。特别是在进口端的工作区,需要进行反坡施工,这就需要对排水进行反向处理。相比较顺坡施工,反坡施工的排水问题更加复杂。同时,如果发生了涌水或者涌泥的情况,对作业人员和机械设备的安全造成的危害也更大。

### 5、供电通风环节

随着隧道掘进深入,面对诸多困难。首先,电压不足出现,给供电通风带来了困难。由于电压低,大型用电设备无法正常运转,这严重影响了施工工作的进行。其次,随着施工进度推进,洞口与掌子面的距离不断增加,导致通风压力不断增大。而掌子面的送风量却无法满足不同作业所需的最小风量。这使得隧道施工过程中的通风问题日益突出。为了解决这些问题,需要采取措施来保障供电通风的正常运行。同时,也需要加强对电压不足和通风压力的监测,以便及时采取相应的调整和改进措施。通过提高电压供给能力和优化通风系统的设计,可以有效解决电压不足和通风不足的问题,

确保隧道施工的顺利进行。另外,还可以考虑引入新的通风设备和技术,提升通风效果,进一步增加洞内的风量,以满足作业的需要。不仅如此,还可以加大工程进展的监测力度,及时调整施工进度,确保洞口离掌子面的距离始终在可控范围内,以确保通风效果不会受到过大的影响。通过上述措施的综合应用,可以有效解决供电通风所面临的困难,实现隧道施工的顺利进行。

## 四、施工安全风险防控措施

### 1、对于洞口段施工安全防范措施

在进行隧道施工的过程中,需要根据具体情况确定边坡的保护形式。如果与设计要求不符合,就要通知现场的工作人员进行实地勘察,并制定相应的处置措施。在进入隧道之前,需要先完成洞顶的防水沟和洞口的排水设施,并且在完成洞口的超前长管棚等辅助措施来加固地层后才能进入隧道。由于隧道入口处的坡面比较陡峭,地形起伏较大,所以在进行洞口施工前,需要先清理或处理洞口上方的不稳定土壤、植被和山坡上的危岩等,严禁仓促盲目的大规模挖掘和清理工作,以免造成高陡不安全的边坡。

隧道洞口段的岩体完整性较差,整体强度较低,洞室的稳定性也较差,因此需要采用初始支护结构,这种结构具有较高的强度和刚度,能够限制土体的变形。同时,需要进行二次衬砌和仰拱结构的紧密配合,形成一个封闭的支护结构。为了加强对地质环境的预测,需要加强超前的地质预报工作,密切关注围岩的变化情况。同时还要加强监测和测量工作,及时分析监测数据,以便及时采取相应的措施,确保施工质量和安全。

在隧道进口的左幅存在着浅埋偏压问题,因此在进行洞口施工时,需要在完成超前长管棚等辅助措施来加固地层之后才能进入隧道进行施工。

### 2、对于岩层破碎段施工安全防范措施

基于地质超前预报的成果,在对断层破碎带或接触带围岩进行堵水和加固时,首先采用超前小导管注浆或超前帷幕注浆作为施工辅助措施。如果发现承压性地下水存在,应采用全断面超前帷幕注浆堵水方案,并在挖掘完毕后沿洞口周围设置一定数量的泄水孔。

对于断层破碎带或接触带地段,采用CD法进行施工。在土质地段,主要采用机械开挖的方法,辅以微量的弱爆破。而在岩石地段的上台阶部分,采用控制爆破技术进行开挖。在开挖过程中,应遵循"短进尺、弱爆破"的原则,以保证施工的安全性。

在施工过程中,将进行加强监控量测工作。通过水平收敛、拱顶下沉和拱脚沉降等情况的监测,可以及时采取措施来修正支护参数、加强支护等工作,以确保工程的质量和安全性。此外,还将进行一系列的质量监控措施,以确保工程的顺利进行。

### 3、对于突泥、涌水段施工安全防范措施

考虑到本项目施工开挖所揭示的地质情况、水文地质勘察资料、地质探水钻孔和超前地质预报手段等综合因素,以明确前方存在的大型隐伏含水水体地段。在了解前方地质构造以及地下水分布和水量的基础上,根据实际情况包括涌水量大小、出水点和水压等因素,合理确定注浆堵水方案。为了确保施工安全,并解决突泥和涌水带来的不利影响,需要采取以下措施和方法:

① 揭示地质情况和水文地质勘察资料:通过施工开挖,了解地下的地质构造和水文地质特征,包括地层的层次、分布和含水性质等。同时,收集和分析水文地质调查数据以提供更全面的信息。

② 地质探水钻孔:通过钻孔获取地下水位、水质和压力等数据,以更好地了解地下水的状况。结合勘察结果,可以进一步评估突泥和涌水的潜在风险。

③ 超前地质预报手段:利用现代技术手段,例如地震勘探、地球物理探测和遥感技术等,预测地质构造和地下水的分布状况。通过这些手段的综合运用,可以提前预知潜在的隐患,为制定防范措施提供更准确的依据。

④ 合理确定注浆堵水方案:根据前方地质和水文地质的信息,以及实际的涌水情况,确定合适的注浆堵水方案。方案的制定应充分考虑涌水量大小、出水点和水压等因素,同时结合施工条件和技术要求,确保施工过程中涌水得到及时有效的控制。

### 4、对于反坡排水段施工安全防范措施

按照设计要求,需要加强综合超前地质预报,并根据排水距离、坡度、水量和施工组织来制定反坡排水方案。根据勘察文件,要备足排水设备和设施,以确保在反坡施工段的抽排水能力符合要求。所配备的抽水设备和设施还应具备自行启动的能力。在隧道的排水设计中,采用了集水坑接力式的反坡排水方法。设置了多级泵站来进行接力排水。工作面积水会被移动式污水泵抽出,并输送至就近的小型泵站。然后,从小型泵站再通过接

力式或直接抽水的方式输送至就近的主泵站。最后,由主泵站接力式排水直至洞外。此外,为了确保排水效果更加稳定,还可以考虑加强隧道内部的排水系统。

### 5、对于供电通风段施工安全防范措施

为了确保洞内用电电压保持正常稳定,当隧道的掘进达到1500米后,需要进行高压进洞操作。同时,在隧道掘进1500米之后,还可以采用车行横通道的方式,设置一个称为“中央储风硐室”的增压通风设施,以保证洞内的送风量。除此之外,还可以进一步拓展原文内容。为确保洞内供电系统正常运行,不仅需要保证电压的稳定,还需要确保洞内用电的可靠性和安全性。因此,在隧道掘进1500米之后,可以安装一套完善的电力供应系统,包括变压器、开关柜、配电设备等,以满足洞内用电的需求。为降低洞内的通风阻力,提高通风效果,除了设置中央储风硐室外,还可以采用其他措施。例如,可以在洞内的关键位置设置风机,利用风机的强制通风作用,提高洞内的空气流动速度,确保洞内的正常通风。此外,在进行高压进洞和通风增压方面,还需要采取相应的安全措施。例如,在高压进洞操作时,需要确保操作人员具备相关的技术知识和操作经验,以避免意外情况的发生。在通风增压过程中,需要定期对设备进行检查和维护,以确保设备的正常运行。

### 结束语:

总而言之,随着我国经济的逐步发展,人们的政治意识、思想意识、环保意识逐步增强,公路工业发展也十分迅速。特长公路隧道基本上成为各个国家或地区建设高速公路的首选。在隧道施工过程中一定要与实际环境相结合,具体问题具体分析,把握好复杂的地质条件,结合实际情况选择科学合理的技术措施。

### 参考文献:

- [1] 邓磊磊.不良地质条件下隧道施工方法探讨[J].科技创新与应用,2022,12(28):135-137+141.
- [2] 简华华.隧道不良地质段稳定性分析及处置对策研究[J].交通世界,2022(20):28-31.
- [3] 文雯.TBM 隧洞施工安全风险防控信息化管理研究[J].山东水利,2021(08):59-61.
- [4] 李昌龙,卢凤文,姬同旭等.公路隧道施工数智化安全防控系统集成与开发[J].交通科技,2020(06):113-117.