

高风险岩溶地区隧道施工地质灾害综合预报预警 关键技术研究

许超

(南京工程高等职业学校 江苏南京 211135)

摘要: 地质灾害对于隧道施工的影响最为直接、最为严重。为保证隧道施工安全、正常,尤其是在高风险岩溶地区可以实现有序的、高效的隧道施工,降低地质问题对施工过程的负面影响,需要注意地质灾害的综合化预报和预警技术应用,便于施工人员充分掌握施工位置地质情况,针对施工计划和安全管理进行科学分析,以此降低地质灾害对隧道施工的影响和破坏,为保障目标地区的隧道工程顺利完成提供可靠技术支持。基于此,本文先从预报技术、预报原则、预报内容三方面,对高风险岩溶地区的隧道施工地质灾害综合预报关键技术进行了分析,随后结合四色预警法分析了适用于高风险岩溶地区的隧道施工地质灾害综合预警机制,以供参考。

关键词: 隧道施工;岩溶地区;高风险;地质灾害;综合预警预报关键技术

Comprehensive forecast and early warning of geological hazards in tunnel construction in high risk karst areas
Research on Key Technologies

Xu chao

(Nanjing Engineering Higher Vocational School, Nanjing, Jiangsu 211135)

Abstract: Geological disasters have the most direct and serious impact on tunnel construction. In order to guarantee the tunnel construction safety, normal, especially in high-risk karst region can achieve an orderly and efficient tunnel construction, reduce the negative impact of geological problems of the construction process, need to pay attention to the integration of geological disaster forecast and early warning technology application, convenient for construction personnel to fully grasp the construction geology location, construction plan and safety management for scientific analysis, In order to reduce the impact of geological hazards on tunnel construction and damage, to ensure the smooth completion of the tunnel project in the target area to provide reliable technical support. Based on this, this paper firstly analyzes the key technologies of comprehensive prediction of geological disasters in tunnel construction in high-risk karst areas from three aspects: prediction technology, forecast principle and forecast content, and then analyzes the comprehensive warning mechanism of geological disasters in tunnel construction in high-risk karst areas with the combination of four-color early warning method for reference.

Key words: tunnel construction; Karst region; High risk; Geological hazards; Key technologies of integrated early warning and forecast

1. 隧道施工地质灾害综合预报关键技术分析

1.1 综合超前预报技术

从影响因素的角度分析,对于隧道施工而言地质灾害的影响深度、影响范围可以成为最为关键的直接性因素,因而加强综合超前预报技术有效应用至关重要。该技术是针对地质灾害实施有效、准确、可靠预报的重要技术,现已成为隧道施工达成现代化管理目标的关键性内容。通过注重预报技术合理化、规范化、严谨化应用,可以将该技术在保障隧道施工安全的相应方面发挥出应有的积极影响。现阶段,随着隧道施工范围的日渐扩大,施工方对能否全面掌握隧道工程区域的地质数据也愈发受到重视,因此多种预报技术得到了广泛的应用和发展^[1]。常用于地质预报的方法可分为两类,一种是地质分析法,包括工程地质调查法、超前水平钻探法、地质断层信息分析法、工程经验法等;另一种是地球物理法,包括地质分析法、地质素描法、陆地声纳法、激发极化法、地质雷达法、TSP法、TEM法等,受隧道施工现场条件的制约,不同超前预报法拥有不尽相同的适用预报距离和各自特点。

1.2 综合超前预报原则

由于地质勘察和探测存在多样性,单一的预报法难以准确掌握全部的地质数据,且获知的预报结果可靠性也会相应不足,而且不同预报方法对于不同地质问题的预报情况也相差甚多^[2]。从隧道施工地质灾害综合预报的实践情况来看,现阶段还没有专业化设备可以

对不同的地质问题进行准确、可靠的预报并获知相应数据资料。但是,结合大量的隧道工程实践研究,在总结了多种地质问题预报方法的前提下,可以得出适用于隧道施工的综合超前预报原则,即洞内洞外相结合、长短相结合、地质与物探相结合。在实际应用中还要考虑隧道工程的具体情况,在选用预报方法时做到合理选配、规范管理、因地制宜,由此确保地质灾害综合预报结果准确、可靠,隧道施工安全、高效、有序。

1.3 综合超前预报内容

图1为某隧道工程对于综合超前的预报内容。在该工程中将超前预报进行了综合规划,选用了短期预报、长期预报、超前钻探、地质分析反馈等预报方法相结合的形式。具体预报内容如下:首先利用地质分析法在宏观层面明确所预报区域的各段围岩情况,同时依据分析结果对地质情况进行风险等级区分;若岩性情况较为良好,则选用TSP法对100-150m的地质范围进行预报,若岩性情况较为一般,则对100m的地质范围进行预报,若发现存在不良地质,则选用地质雷达法或是TEM法实施短期的精准预报,并结合超前钻探法确认地质预报结果^[3]。借助不同预报方法的综合运用,可以基本掌握地质情况,包括不良地质的大致规模、范围、性质等数据信息。此外,预报内容应与隧道施工情况进行及时对照,由此分析预报结果可靠性和验证预报方法应用价值,从而持续提升综合超前预报方法选用效果和预报结果准确性。

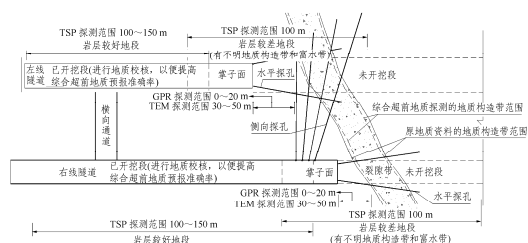


图1 综合超前预报内容示意图

表2 适用于隧道工程的地质灾害四色预警方法

预警等级	适用情况
蓝色预警	适用于一般紧急预警情况，此类情况不影响隧道正常、有序施工，并且符合预警决策部门划分的岩溶地区 D 级风险，即隧道内部将出现小股的涌水情况，可能存在落块，当严格按照隧道施工安全管理要求开展相应工作时，通常不会出现安全施工事故，也不会对其他工作产生负面影响。
黄色预警	适用于比较紧急预警情况，此类情况会影响隧道正常、有序施工，并且符合预警决策部门划分的岩溶地区 C 级风险，即隧道内部将出现一定量的涌水情况，存在涌泥或是塌方类地质灾害，当严格按照隧道施工安全管理要求开展相应工作时，不会出现较大的安全施工事故，但会对其他工作产生负面影响。
橙色预警	适用于紧急预警情况，此类情况符合预警决策部门划分的岩溶地区 B 级风险，即隧道内部将出现较为严重的涌水、涌泥、塌方类地质灾害，且相应地质灾害可以造成重大的安全施工事故，严重影响正常、有序的隧道施工和其他工作。
红色预警	适用于特别紧急预警情况，此类情况符合预警决策部门划分的岩溶地区 A 级风险，即隧道内部将出现严重的涌水、涌泥、塌方类地质灾害，且相应地质灾害可以造成特大的安全施工事故，将对隧道施工和其他工作造成毁灭性影响。

基于四色预警方法的高风险岩溶地区隧道施工地质灾害预警机制应包括以下内容：一是预警处理中心，该中心应由专业化地质灾害监测机构的工作人员组成，主要负责实时监测隧道施工区域地质变化情况，处理各类地质灾害预警数据及相关信息，同时可以综合预报的结果进行科学化、规范化、技术化验证；二是预警决策部门，该部门主要基于预警处理中心的地质数据信息反馈，通过运用信息化、现代化、智能化技术，形成最终可用于发布的预警信息，并且及时结合预警等级拟定相关的应急预案；三是预警发布措施，该措施主要是指利用线上和线下相结合的形式，及时、快速、准确、高效传达预警信息，确保信息传递至每一位相关人员，如利用即时社交软件、电话等措施发布预警信息；四是预防应对方法，该环节是地质灾害预警机制至关重要的部分，需要负责分析地质灾害情况，制定预防不同类型地质灾害的措施，当遭遇地质灾害时需要进行及时、有效应对，在最大程度上降低地质灾害对隧道施工和其他工作造成的负面影响^[5]。

3. 案例分析

3.1 案例情况概述

针对某隧道进口 YK255+468 区域的地质情况进行预报，该案例在隧道掌子面的底板位置揭露了一定数量且具备相应规模的岩溶竖井，并对隧道进口左侧进行开挖，挖掘位置至 ZK255+524，在掌子面上部发育较大规模的充泥溶洞。结合当地地质情况进行综合分析，隧道的左右侧进口将受暗河直接影响，因而存在地质灾害风险。基于溶洞位置处于隧道底板以下的实际情况，该案例在勘察和探测中选用地质雷达法组织实施具体工作。

3.2 综合预报预警分析

地质雷达探测侧壁及底板下溶洞群。该案例为明确隧道底板以下区域的岩溶分布具体情况，共在左侧和右侧的隧道洞口设置 4 条探测，其中，隧道进口右洞设置了一条测线，进口左洞设置了三条测线。

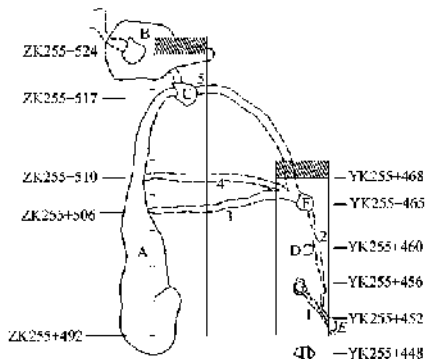


图2 隧道侧壁及底板以下岩溶发育示意图

2. 隧道施工地质灾害综合预警机制分析

在高风险岩溶地区组织开展隧道施工需要结合该地区地质灾害特征，分析并制定符合不同灾害程度的预警机制，对此可以结合四色预警方法，对适用于高风险岩溶地区的隧道工程地质灾害进行区分（如表 2 所示），同时结合四色预警方法制定并实施相应的综合预警机制，由此持续提高隧道施工地质灾害综合预警准确性、可靠性^[4]。

结合 4 条测线的探测结果和实地揭露的岩溶竖井情况，得到了隧道底板岩溶发育分布示意图，如图 2 所示，图中的 1-5 为岩溶管道或连通裂隙发育情况，A-H 是溶洞的相应发育情况。

结合地质情况综合预报结果和当地地质分析报告可以得知，存在岩溶地质灾害风险的位置位于该案例的 YK255+350~YK255+650 区域，风险等级符合 C 级标准（见表 2），综合地下水文情况可以得知，位于隧道底部以下 30-50m 的范围存在暗河，因而岩溶具备强发育条件，容易形成较大的溶洞甚至是溶洞。

结束语：

本次研究分析了高风险岩溶地区的隧道施工地质灾害综合预报和预警技术，针对不同的预报方法进行了特点分析，并且在符合隧道施工条件的基础上，对结合四色预警方法的地质灾害预警机制进行了探究。通过研究发现，在高风险岩溶地区组织开展隧道施工，需要加强预见性、规划性的地质情况勘察和探测，结合当地地质数据和资料进一步充实隧道施工准备资料，由此确保隧道施工可以合理规避潜在的、不同严重程度地质灾害，从而有效降低地质灾害对于高风险岩溶地区的隧道工程不良影响，为保障隧道施工实现安全、高效、有序的目标提供支持。

参考文献：

[1]田忠, 陈禹成, 赵远庆, 冯升, 丁洁.岩溶发育区隧道超前地质预报管理及风险评估研究[J].交通科技, 2021(05): 136-139.
 [2]郑宗利, 关惠军, 苟想伟, 石恒岳, 于咏妍.岩溶隧道突涌水预警体系的建立[J].灾害学, 2022, 37(01): 41-46.
 [3]余俊, 翁贤杰.浅埋隧道塌方灾害智能预警方法研究[J].智能建筑与智慧城市, 2020(12): 13-14.
 [4]李昌龙, 卢凤文, 姬同旭, 廖斌, 吴维义.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.
 [5]郑波, 吴剑, 郭瑞.季节性岩溶隧道结构安全预警体系构建及对策[J].现代隧道技术, 2019, 56(S2): 67-72.