

文章编号: 1674—8247(2023)01—0091—06

DOI:10.12098/j.issn.1674-8247.2023.01.017

## 合福高速铁路闽赣段防洪对策分析

戴龙钦 余少华 蔡康

(中国铁路南昌局集团公司南昌高铁基础设施段, 南昌 330100)

**摘要:**山区高速铁路安全行车是较为复杂的人机合一的环境系统,铁路沿线复杂多变的自然环境对铁路的行车安全有着巨大的影响。本文通过对合福高速铁路水害形成因素的分析掌握防范方向 and 对策,分析结果表明:(1)以水害灾情构成因素分析为出发点,充分认清水害灾情的构成因素,设备及自然环境的预防性修复可显著改善孕灾环境,降低水害的发生概率;(2)在人、环境、经济、科学管理等条件的支持下,非工程措施与工程措施相互作用,形成结构完整、功能齐全的防洪系统。研究成果可为提高防洪管理水平提供参考。

**关键词:**高速铁路;山区;防洪对策;孕灾环境;致灾因子;承灾体

**中图分类号:** U216.41+9.2

**文献标识码:** A

## Analysis of Flood Control Measures for Fujian-Jiangxi Section of Hefei-Fuzhou High-speed Railway

DAI Longqin YU Shaohua CAI Kang

(Nanchang High-speed Railway Infrastructure Section, China Railway Nanchang Bureau Group Company, Nanchang 330100, China)

**Abstract:** The safe operation of high-speed railways in mountainous areas is a relatively complex man-machine integration environmental system. The complex and varied natural environment along the railway has a great impact on the operation safety of railways. This paper analyzed the forming factors of flood damages to Hefei-Fuzhou High-speed Railway, to find the prevention direction and countermeasures, and the analysis results show that: (1) Based on the analysis of the constituent elements of flood damages, fully recognizing the constituent elements of flood damages, and the preventive repair of equipment and natural environment can significantly improve the disaster-inducing environment and reduce the probability of flood damages; (2) Under the support of human, environment, economy, scientific management and other conditions, non-structural measures interact with engineering measures to form a flood control system with complete structure and functions. The results can provide a reference for improving the flood control management level.

**Key words:** high-speed railway; mountainous area; flood control measures; disaster-inducing environment; disaster-causing factors; elements at risk

合福高速铁路(简称合福高铁)是典型的山区高速铁路,其中中国铁路南昌局集团公司南昌局管内区段由南昌高速铁路基础设施段负责维护管理,管辖黄山

北合福场(不含)至福州站(不含),正线长 494.190 km,其中桥梁 355 座,总长 164.304 km,166 隧道(含明洞)座,总长 281.8 km,路基 339 段,总长 48.086 km。管

收稿日期:2022-02-09

作者简介:戴龙钦(1990-),男,工程师。

引文格式:戴龙钦,余少华,蔡康.合福高速铁路闽赣段防洪对策分析[J].高速铁路技术,2023,14(1):91-96.

DAI Longqin, YU Shaohua, CAI Kang. Analysis of Flood Control Measures for Fujian-Jiangxi Section of Hefei-Fuzhou High-speed Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2023,14(1):91-96.

内线路桥隧比达 90.27%, 包含特长隧道 4 座、深路堑 188 段、陡坡路基 52 段。合福高铁在防洪管理方面存在许多不利因素, 如沿线地质条件复杂、车间班组管辖半径大、公路断道、排水系统不完善、地方发展破坏等, 给防洪管理工作提出了更高的要求。

近年来诸多学者对铁路防洪进行了研究, 如闫立新<sup>[1]</sup>通过对铁路主要防洪措施分析, 提出高速铁路、高普联络线、动车走行线防洪安全措施; 陆寅<sup>[2]</sup>通过分析防洪现代化管理的目标和基本内容, 论述构建防洪现代化管理的设想和措施; 周乐<sup>[3]</sup>研究防洪区段视频监控防护系统部分替代人工看守的实际效果; 叶志贤<sup>[4]</sup>对山区铁路环境进行分析, 提出相应的解决对策; 王要彬<sup>[5]</sup>介绍了洪水影响评价的方法和在铁路沿线产生的防洪效果; 苗俊杰等<sup>[6]</sup>对普速铁路雨量监测系统技术方案进行研究, 总结了一套行之有效的普速铁路雨量监测系统技术方案, 但该方案对不同地区地质、水文、气候、经济等因素的差异性考虑有所不足。

本文按照“一线一案”的原则, 引入自然灾害的素孕灾环境、致灾因子、承灾体 3 要素<sup>[7]</sup>对合福高铁水害构成进行分析, 掌握防洪管理现状, 并提出针对性防洪对策。研究成果可为类似的铁路防洪工作提供參考。

## 1 水害构成因素分析

### 1.1 孕灾环境

水害孕灾环境由自然环境和社会环境两部分组成, 其中自然环境分为地形、地貌、水文、气候、植被等, 社会环境分为设备状态、交通系统、经济发展等。

#### 1.1.1 自然环境

合福高铁区间平原、山区、微丘、重丘等地形交错, 沿线穿越地貌单元较多、地层岩性及地质构造复杂, 泥石流、崩塌、山洪等发生概率大, 近 3 年累计发生水害 268 处。不同时间及水害类型占比如图 1、图 2 所示, 沿线每 20 km 水害累计数量分布如图 3、图 4 所示。

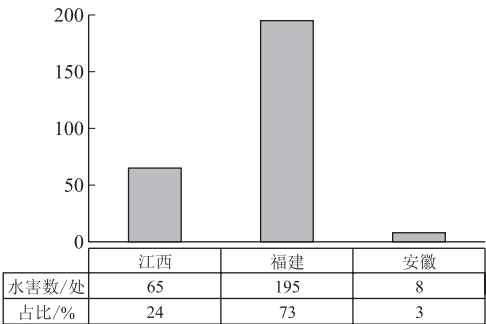


图 1 近 3 年不同地域水害占比图

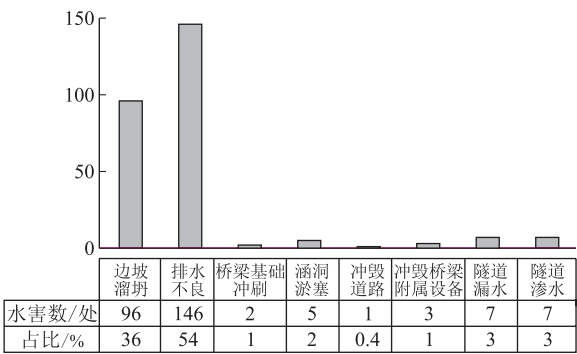


图 2 近 3 年不同水害类型占比图

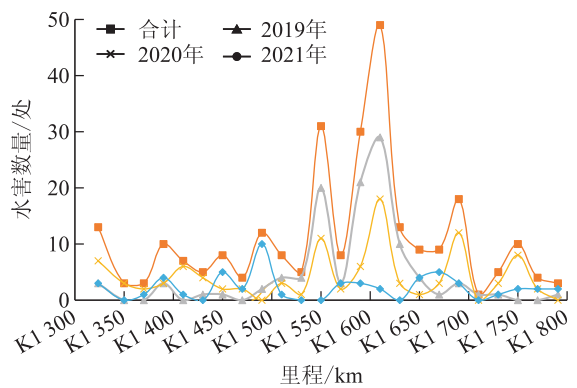


图 3 沿线每 20 km 水害累计数量分布图

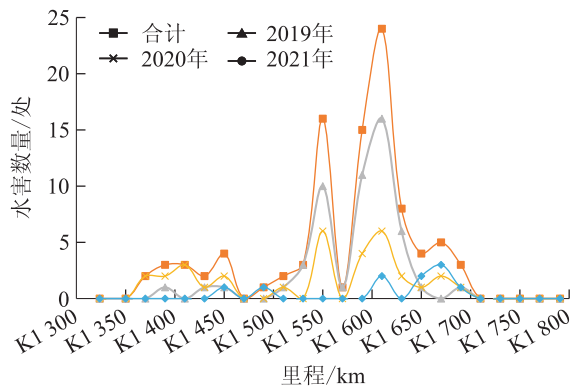


图 4 沿线每 20 km 边坡溜坍水害累计数量分布图

由图 1~图 4 可知: (1) 边坡溜坍分布与水害总体分布情况基本一致; (2) 福建境内水害发生数量最多, 且集中在武夷山脉及中部山脉之间; (3) 江西省境内水害发生分布相对平均, 但边坡溜坍主要集中在三清山附近; (4) 排水不良和边坡溜坍数量占比 90.3%, 是水害的主要表现形式。

#### 1.1.2 社会环境

合福高铁沿线车间班组管辖里程长, 管辖半径最大近 60 km, 平均汽车车程超过 1 h, 最大近 2.5 h, 应急时效性不足, 人员无法及时到达现场处置, 应急处

置出现空白期。此外,线路穿过赣东、闽东北中低山区,通信信号受山体影响,导致通讯信号不稳定。同时,日常出行涉及的部分低等级地方道路依山而建,因地区发展差异,养护状态不一,降雨时常导致水淹道路、滑坡导致公路断道等情况,特别是经济发展状态不佳地区尤为严重。

1.2 致灾因子

致灾因子是导致水害发生的关键因素,包括自然因子和人为因子,其中自然因子通常为降雨量,人为因子主要有设计理念、施工质量、自然环境的污染、资源的过分开采等。

1.2.1 自然因子

大范围人为干预降雨存在一定困难,因此当地降雨量主要受气候影响。为掌握合福高铁沿线降雨情况,共设置 25 处雨监测点,通过对近 3 年降雨监测数据和水害情况进行分析,了解掌握降雨与水害的关系。近 3 年不同月份水害占比、月降雨量分布、降雨量与水害数量关系如图 5~图 7 所示。

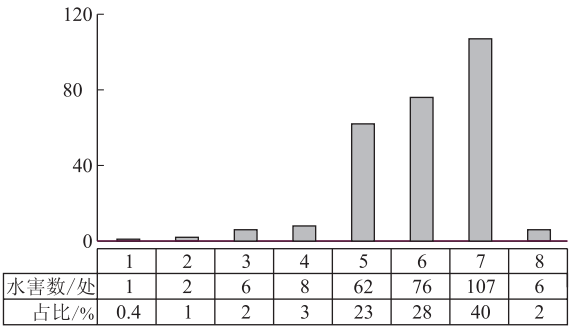


图 5 近 3 年不同月分水害占比图

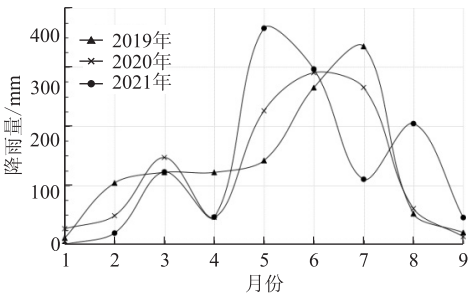


图 6 近 3 年 1-9 月降雨分布图

由图 5~图 7 可知:

(1)降雨主要出现在 5-7 月,接近全年 70%,而水害同样主要发生在 5-7 月,约占全年的 90%;3-4 月虽有降雨,但是土体含水量处于升高过程,且降雨相对分散,加之往年防洪工程提升设备抗洪能力,还未大范围引发水;9 月份以后降雨逐渐停止,说明降雨

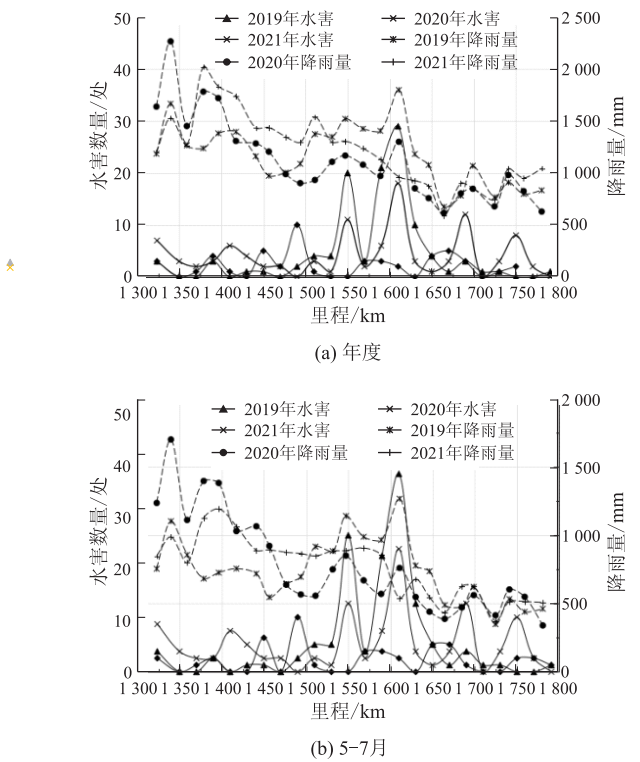


图 7 累计降雨量与水害数量分布图

是导致水害发生的主要致灾因子。

(2)5-7 月累计降雨量分布与全年分布基本相同,仅量值有所差距,且水害发生与降雨量分布正相关,降雨量越大,水害发生概率越大,5-7 月需重点防范水害。

(3)沿线江西地区地质条件好于福建地区,在降雨量相同的情况下,福建地区水害发生概率明显高于江西地区,这说明孕灾环境的改善可大幅度减小水害发生概率。

(4)水害发生数量明显降低,2021 年的水害数量仅为 2019 年和 2020 年的一半,这说明经过多年维修,孕灾环境明显改善,致灾因子影响程度下降。

1.2.2 人为因子

在近 3 年发生的水害中,排水不良和边坡溜坍数量占比 90.3%,且其中大部分边坡溜坍是由于排水不良导致的。此外,当年设计理念和施工工艺与现今有一定差距,排水设备的设置与现场实际需要存在一定差距,降雨不能很好地排出线路,加大对设备的影响。同时,线路穿过赣东、闽东北中低山区,平原区耕地资源宝贵,合福高铁沿线地方开发破坏原有排水体系、人为堵塞排水通道、形成水浸路堤等,或者破坏山体植被,山体稳定性下降,轻者造成土体冲刷,重者会导致滑坡、泥石流等灾害发生。



### 1.3 承灾体

承灾体是指直接受到灾害影响和损害的人类社会主体,主要包括人类本身和社会发展的各个方面,如人类的生命和所积累起来的各类财富等。承灾体也是灾害发生时的保护对象,即保护高速铁路和旅客列车安全万无一失。

## 2 水害防范方向分析

从水害灾情构成因素可以看出,防范方向可概括为改善孕灾环境、控制致灾因子、隔离承灾体,同时完善防洪制度,确保各项工作能够有序开展,主要包括:

(1)建立健全防洪工作制度,采取有效措施,消除安全隐患,全面提高灾害预防能力,落实“安全第一、预防为主、防治结合”的方针,以有效的机制保障防洪工作有力、有序的推进,避免建设人为影响。

(2)改善孕灾环境及控制人为致灾因子属于预防性措施,在有限的人力物力基础上,科学研判各项风险项点,根据轻重缓急采取相应防范措施;同时对已存在的隐患问题,在汛期来临前,通过复旧、维修、抢险等措施完成修复,保障设备抗洪能力。

(3)控制自然致灾因子属于事中控制,通过各类监测系统等技术手段,先人一步动态掌握现场情况,将致灾因子纳入监控,如在雨量达到某一临界值时预警,提前采取预防措施。

(4)隔离承灾体属于灾后控制,在水害发生后,通过限速、扣停列车等方式,将旅客列车隔离在水害发生处所,有效确保人民生命财产安全。

因此,为确保汛期行车安全和运输畅通,以上述3个方向为突破点,努力减少水害损失,实现段安全工作和生产经营目标,最终实现降低洪灾损失、保障铁路安全稳定运行、保障生命财产安全、促进社会稳定发展等目的。

## 3 防洪管理对策

### 3.1 建立健全防洪管理体系

以制度、组织、监控、预警、信息、风险、应急7个环节为核心,探索建立具有工电供融合优势的防洪管理体系,主要措施有:

(1)以各专业相互交叉或者容易出现空档的结合部为重点,建立完善规章制度体系,补强安全管理环节。

(2)探索网格化管理理念,形成由4个段级网格、27个车间级网格和241个工区级网格构成的管理体系,全面加强日常防汛工作的组织管理。

(3)基于自然灾害监控系统及维艾思、中国天气

网等气象平台,掌握雨情,适时启动相关等级预警。

(4)明确雨情灾情信息流转程序,采用流转卡确保信息畅通,同时利用钉钉、微信平台拓展沟通渠道,提高工作效率。

(5)抓好汛前春季防洪检查、管理干部重点排查和汛中冒雨、添乘、雨后检查,组织技术力量进行研判,确保各类风险隐患得到发现并明确应对措施。

(6)突破专业屏障,整合各专业之间的资源优势,使应急处置过程顺畅,建立工电供融合后的联合应急体系,实现应急基础数据共享、应急资源共享,同时通过定期、随机两种形式开展应急演练,保持演练工作常态张力,提升联合应急处置能力,缩短应急时间、提高应急效率。

### 3.2 改善孕灾环境

#### 3.2.1 研判并改善自然环境

通过无人机航拍技术,在线路开通初期设备航拍的基础上,逐步对管内线路重新进行拍摄,结合卫星云图、地形图、地质资料,研判分析地貌变化、汇水量、沟谷、不良地质、山塘水库等因素对线路的影响。结合降雨量及水害分布情况(图7)可以看出:

(1)怀玉山脉(K 1 430 + 000 ~ K 1 450 + 000)和武夷山脉(K 1 530 + 000 ~ K 1 630 + 000)区域地质条件复杂,存在隧道群(各存在1座特长隧道),不良地质灾害发生率高,武夷山脉区域往年水害发生数大。

(2)福建中部山脉所在区域(K 1 670 + 000 ~ K 1 725 + 000)地质条件相对怀玉山脉和武夷山脉有所改善,但其间存在19座隧道、27段路基,占线路长度85.8%,2021年水害数呈现突然增加的趋势。

(3)线路两合肥端(K 1 307 + 230 ~ K 1 410 + 000)降雨量最大,但是水害发生率低,而福州端(K 1 725 + 000 ~ K 1 803 + 495)降雨量和水害发生情况均最低,同时无高大山体存在,因此风险等级最低。

(4)其他区段因地质情况、降雨量及水害发生数均未存在突出情况,介于各区段之间。

因此,根据代表水害危害程度的孕灾环境中“灾害发育度”、致灾因子发生率、承灾体需求、灾害危害方式和保障安全性的“木桶原理”等原则<sup>[8]</sup>,结合设备特征点(如隧道口、车站)分界,将沿线划分为4个等级9个区段进行管理,其中穿过怀玉山脉(三清山)、武夷山脉所在区域为第一等级,福建中部山脉所在区域为第二等级,德兴至建瓯西区间除第一、二等级区段外为第三等级,其他区域为第四等级。

对研判发现的重点隐患纳入防洪重点地点和薄弱地段进行管理,邀请设计人员进行现场踏勘,制定

整治方案,通过水害复旧、防洪预抢等形式基本上完成治理,状态良好。

3.2.2 填补应急处置空白期

针对管辖范围长的问题,在所有隧道口和危险区域安装高清视频系统,抓好视频系统能第一时间探查设备状态的先天优势,在人员排查或日常盯控不及时的情况下,实时掌握设备情况。出现雨量警戒时,第一时间通过综合视频对隧道边仰坡设备进行检查,最大限度避免突发病害对行车安全的影响。同时,与调度所沟通联系,建立公路断道及其他紧急情况登乘客

运列车运送检查人员到指定地点的协议,优化减少中间环节,做到简化申请、快速响应,确保高效完成指定区段设备检查。

3.3 控制致灾因子

3.3.1 优化雨量警戒值

充分利用自然灾害监测系统中雨监测子系统功能,根据自然环境 4 个等级 9 个区段管理要求,兼顾行车安全与经济效益的需求特点,选取“经济型”或“安全型”雨量阈值,初步确定合福高速全线的建议雨量警戒阈值,如表 1 所示。

表 1 合福高速铁路雨量警戒值表

| 序号 | 区间              | 起终点里程                         | 出巡警戒值/mm |      |      |     | 限速警戒值/mm |                |             |                | 管理等级 |
|----|-----------------|-------------------------------|----------|------|------|-----|----------|----------------|-------------|----------------|------|
|    |                 |                               | 重点出巡     |      | 全面出巡 |     | 1 h      | 限速值/<br>(km/h) | 连续 +<br>1 h | 限速值/<br>(km/h) |      |
|    |                 |                               | 1 h      | 24 h | 24 h | 连续  |          |                |             |                |      |
| 1  | 黄山北合福场(局界) — 德兴 | K 1 307 + 230 ~ K 1 412 + 061 | 20       | 55   | 70   | 180 | 50/70    | 160/80         | 200 + 20    | 120            | 4    |
| 2  | 德兴 — 上饶合福场      | K 1 413 + 634 ~ K 1 419 + 100 | 20       | 55   | 75   | 180 | 45/60    | 120/45         | 190 + 20    | 120            | 3    |
| 3  | 德兴 — 上饶合福场      | K 1 430 + 400 ~ K 1 456 + 454 | 18       | 50   | 65   | 170 | 45/60    | 120/45         | 190 + 20    | 120            | 1    |
| 4  | 德兴 — 武夷山北       | K 1 456 + 454 ~ K 1 516 + 900 | 20       | 55   | 70   | 180 | 45/60    | 120/45         | 190 + 20    | 120            | 3    |
| 5  | 五府山 — 建瓯西       | K 1 531 + 100 ~ K 1 629 + 838 | 18       | 50   | 65   | 170 | 45/60    | 120/45         | 190 + 20    | 120            | 1    |
| 6  | 南平市 — 建瓯西       | K 1 629 + 838 ~ K 1 633 + 002 | 20       | 55   | 70   | 180 | 45/60    | 120/45         | 190 + 20    | 120            | 3    |
| 7  | 建瓯西 — 古田北       | K 1 634 + 115 ~ K 1 698 + 782 | 20       | 55   | 70   | 180 | 50/70    | 160/80         | 200 + 20    | 120            | 4    |
| 8  | 延平 — 古田北        | K 1 698 + 782 ~ K 1 724 + 486 | 18       | 50   | 65   | 170 | 50/70    | 160/80         | 200 + 20    | 120            | 2    |
| 9  | 延平 — 福州         | K 1 724 + 486 ~ K 1 803 + 495 | 20       | 55   | 70   | 180 | 50/70    | 160/80         | 200 + 20    | 120            | 4    |

3.3.2 改善设备状态

由于南方地区气候条件适宜杂草杂灌生长,部分线路防护设备已被杂草杂灌覆盖。通过劳务工 + 职工互相配合的方式,投入人力物力对隧道边仰坡、路基及高大挡墙上部进行清理,同步排查设备状态。全年通过春检防洪检查、管理干部重点排查、冒雨巡查、添乘检查及雨后设备检查等方式发现的水害和存在的隐患,按照轻重缓急进行处置,均在未进一步发展影响高速铁路和旅客安全的情况下完成整治,保障设备抗洪能力,及时消除安全隐患<sup>[9]</sup>。为确保排水系统功能,定期组织排查排水系统状态,按照“沟沟相通、保护生态平衡、尽量与农田水利相结合”的原则完善排水系统,同时对排水状态不佳区域进行疏通,确保排水系统不堵塞、不淤积、不渗漏。

3.3.3 建立路地联防机制

在铁路沿线,根据历年雨量、山体、居民区分布等情况,在显目处设置铁路灾害应急电话标牌,公布段调度、相关行车室、车站及调度所的联系电话,以便路外人员发现时,能够及时通知相关职能部门,确保行车安全;同时,与地方政府做好铁路安全宣传,特别是

汛期来临之前加大宣传力度,使更多的路外人员知道发现此类问题时应及时通知铁路相关人员;另外,建立适当的奖励机制,对由地方发现的隐患问题,根据等级情况进行奖励。

同时加强盯控,发现开发活动后主动介入,与建设方一并研判对铁路设备的影响情况,逐项制定可靠的措施进行防范。对已经造成影响的,积极通过“双段长”平台,与地方政府沟通协调,制止不法行为<sup>[10]</sup>,整改已造成的负面影响。

3.4 隔离承灾体

3.4.1 多渠道掌握设备状态

挖掘工电供融合优势,安排专人对高速铁路移动视频平台(HMVP)、供电 6C 等平台数据进行分析,减少添乘及现场问题复核工作量。同时,以机车角度排查风险隐患和缩短检查周期,充分发挥沿线路外巡防队每天对全线地面覆盖检查的优势,与车载视频系统相结合,线上线下同步,可达到每天完成不少于 1 次设备覆盖检查。巡防员居住在线路附近,在发现病害时可最快时间赶往现场,在技术人员远程指挥的情况下进行应急处置,甚至及时拦停列车,将承灾体隔离

在隐患风险处所之外。

3.4.2 建立完善可视化监控体系

通过无人机航拍技术,在线路开通初期设备航拍的基础上,逐步对管内线路重新进行拍摄,并制作航拍影像资料。对防洪薄弱地段、重点病害、高大堑坡、隧道口等处所制作VR影像资料,形成由航拍资料、VR影像、奥维地图、隧道口综合视频监控系统构成的多方位监控体系,实现静态、动态互相配合的可视化技防手段,对高速铁路应急处置和防洪工作提供可视支撑。

3.4.3 主动避险

针对福建地区隐患发生率高、孕灾环境恶劣及致灾因子复杂的情况,主动调整运行速度,如以雨为令,当连续强降雨达250 mm以上时,合福高铁武夷山北至闽清北降速至250 km/h运行,进一步减少承灾体收到灾害的风险。

4 结论

本文通过对合福高铁水害构成因素进行分析,在此基础上介绍了水害防范方向,提出了针对性防范措施,得出以下结论:

(1)从水害构成因素分析,孕灾环境的改善可明显降低水害的发生概率,铁路防洪的观念应从“控制水”向“管理水”转变,通过完善排水系统减少水对设备及孕灾环境的影响,加强设备及孕灾环境对水的抵抗能力,改善孕灾环境,从源头减小水害发生概率。

(2)根据地形地貌、水文、降雨、经济、设备特点等因素,将合福高铁中国铁路南昌局集团公司管内分为9段4个等级进行管理,实现精细化、精准化管理。

(3)发掘高科技在巡查、盯控、指挥方面的优势,根据现场情况划分管理等级,为实现精细化管理提供指导,到达提前预防、精准掌握现场,进一步减少应急响应时间,及时处置水害,并确保第一时间将高速铁路列车隔离在水害处所之外。

参考文献:

[1] 闫立新. 高速铁路防洪工作措施及建议[J]. 甘肃科技, 2018, 34(13): 48-49.  
YAN Lixin. Measures and Suggestions for Flood Control of High-

Speed Railway[J]. Gansu Science and Technology, 2018, 34(13): 48-49.

[2] 陆寅. 铁路防洪现代化管理模式探讨[J]. 上海铁道科技, 2018(4): 160-162.  
LU Yin. Discussion on Modern Management Mode of Railway Flood Control[J]. Shanghai Railway Science & Technology, 2018(4): 160-162.

[3] 周乐. 铁路防洪区段视频监控防护系统[J]. 科技视界, 2018(13): 48-49.  
ZHOU Yue. Video Monitoring and Protection System of Railway Flood Control Section[J]. Science & Technology Vision, 2018(13): 48-49.

[4] 叶志贤. 山区铁路汛期行车安全防洪对策分析[J]. 运输经理世界, 2021(11): 116-118.  
YE Zhixian. Analysis of Flood Control Measures for Railway Traffic Safety in Mountainous Areas during Flood Season[J]. Transport Business China, 2021(11): 116-118.

[5] 王要彬. 洪水影响评价对铁路沿线防洪措施的作用分析[J]. 内蒙古水利, 2020(11): 62-64.  
WANG Yaobin. Analysis of the Effect of Flood Impact Assessment on Flood Control Measures along Railway Lines[J]. Inner Mongolia Water Resources, 2020(11): 62-64.

[6] 苗俊杰,于行健,王志斌. 普速铁路雨量监测系统技术方案研究[J]. 高速铁路技术, 2017, 8(4): 83-87.  
MIAO Junjie, YU Xingjian, WANG Zhibin. Technical Scheme Research of Rainfall Monitoring System for Railway[J]. High Speed Railway Technology, 2017, 8(4): 83-87.

[7] 王茂龙. 甘泉铁路防洪体系评价研究[D]. 兰州: 兰州交通大学, 2019.  
WANG Maolong. Evaluation of Ganquan Railway Flood Control System[D]. Lanzhou: Lanzhou Jiatong University, 2019.

[8] 接小峰. 铁路水害致灾模式与预警预报方法研究[D]. 长沙: 中南大学, 2014.  
JIE Xiaofeng. Research on Disaster Model and Pre-Warning Method of Railway Water Disaster[D]. Changsha: Central South University, 2014.

[9] 柴克宏,郝刚成. 山区铁路汛期行车安全防洪对策分析[J]. 铁路技术创新, 2017(2): 47-50.  
CHAI Kehong, HAO Gangcheng. Analysis of Flood Control Measures for Railway Traffic Safety in Mountainous Areas during Flood Season[J]. Railway Technical Innovation, 2017(2): 47-50.

[10] TG/GW 101-2014 高速铁路工务安全规则(试行)[S].  
TG/GW 101-2014 Safety Rules for Track Maintenance of High-Speed Railway (Trial)[S].