

浙江省高速公路隧道机电设备维护改造管理方法的研究

威士权¹ 张涛¹ 刘泽浩² 王飞² 朱熙豪²

1 杭州市交通运输行政执法队 2 浙江省机电设计研究院有限公司

DOI:10.12238/bd.v5i2.3694

[摘要] 为了提升高速公路隧道的营运管理水平,本文通过对省内典型高速公路隧道的调研,确定事故应急模拟、隧道机电设备维护手册建立和改造决策模型提出作为重点研究内容,并提出相应的改进措施,最后依托申苏浙皖高速公路浙江段弁山隧道,针对隧道机电设备的日常维护及改造工程进行了示范应用。以省内的杭长高速公路、杭州绕城高速公路、申苏浙皖高速公路浙江段作为调研的对象,从维护安全管理、维护组织模式、维护工作技术、改造的内容、改造工作的方式等方面入手,对隧道机电设备的维护、改造工作进行深入调研。从维护安全管理、维护组织、维护技术上对高速公路隧道机电设备的维护提出了相应的改进措施;对高速公路隧道机电设备的改造提出了相应的改进措施。针对维护和改造工作提出的改进措施,依托申苏浙皖高速公路浙江段弁山隧道,进行了示范应用,取得了良好的效果。

[关键词] 高速公路; 机电设备; 维护; 改造决策

中图分类号: TU2 **文献标识码:** A

Research on Management Method of Maintenance and Reformation of Mechanical and Electrical Equipment of Zhejiang Expressway Tunnel

Shiquan Qi¹, Tao Zhang¹, Zehao Liu², Fei Wang², Xihao Zhu²

1 Hangzhou Transportation Administrative Law Enforcement Team 2 Zhejiang Mechanical and Electrical Design & Research Institute Co., Ltd

[Abstract] In order to improve the operation and management level of expressway tunnels, this paper, through the investigation of typical expressway tunnels in the province, determines that the emergency simulation of accidents, the establishment of tunnel mechanical and electrical equipment maintenance manuals and the transformation decision-making model are put forward as the key research content, and corresponding improvements are proposed. Finally, relying on the Benshan Tunnel of the Zhejiang Section of the Shen Su Zhe Wan Expressway, a demonstration application was carried out for the daily maintenance and renovation of the tunnel's mechanical and electrical equipment. Taking Hangzhou-Changsha Expressway, Hangzhou Ring Expressway and Zhejiang Section of Shen Su Zhe Wan Expressway in the province as the objects of investigation, this paper makes an in-depth investigation on the maintenance and transformation of tunnel electromechanical equipment from the aspects of maintenance safety management, maintenance organization mode, maintenance work technology, transformation contents and transformation methods. In terms of maintenance safety management, maintenance organization, and maintenance technology, corresponding improvement measures are proposed for the maintenance of highway tunnel electromechanical equipment; corresponding improvement measures are proposed for the transformation of highway tunnel electromechanical equipment. In view of the improvement measures proposed for maintenance and reconstruction work, relying on the Benshan Tunnel in the Zhejiang section of the Shen-Su-Zhe-Anhui Expressway, demonstration applications have been carried out and good results have been achieved.

[Key words] expressway; electromechanical equipment; maintenance; transformation decision

引言

隧道机电系统,作为高速公路运营服务技术保障的基础组成部分,其规模、技术领域也在不断拓展延伸,特别是隧道照明、监控、供配电、通风、消防等系统,在促进隧道安全运营和提高服务水平中发挥了重要作用。随着通车高速公路隧道数量的不断增加,隧道呈现结构长大化、交通量剧增、大型车增多、车速提升等特点。隧道内重特大事故时有发生,运营安全面临严峻的考验。而高速公路隧道机电设备维护、改造的管理水平正直接影响了隧道的正常运营状态和未来运营服务水平。

目前,针对高速公路隧道机电设备维护、改造管理方法的研究,国内尚处于起步阶段,且发展不均衡。针对我省公路建设发展实际需要,更好的将维护、检查、改造工作相结合,有效的提高设备完好率、降低不必要的改造升级投入,加强规范我省高速公路隧道机电设备的维护改造管理工作,以使公路机电设施更好的在保证隧道通行安全、服务公众的工作中发挥高效、稳定的作用,有必要提出对浙江高速公路隧道机电维护改造管理方法的研究。

1 研究方向

本文将杭长高速公路、杭州绕城高速公路、申苏浙皖高速公路浙江段等省内具有代表性的高速公路的隧道作为调研对象,从安全管理、维护组织、维护经费、维护工作技术、改造项目的规划过程、改造的内容等方面入手,对隧道机电设备的维护、改造工作进行深入调研,分析隧道机电设备维护和改造管理的问题所在,确定本课题的重点研究内容。依托申苏浙皖高速公路浙江段弁山隧道,针对隧道机电设备的日常维护及改造工程进行示范应用,验证本文研究的成果。

2 维护工作的改进措施研究

2.1 安全管理改进措施

2.1.1 完善安全生产制度

高速公路隧道机电系统运行维护管理工作以高速公路隧道作业、高低压电力设备作业、登高作业等高危工作为主,高速公路隧道机电维护工作首要面对的就是维护人员作业安全问题,做好安全生产工作不仅关系到人民群众的生命和财产安全,更是关系到国家经济发展和社会进步。针对影响高速公路隧道运维安全因素,可采取以下改进措施:

- (1)完善安全生产制度;
- (2)执行安全生产制度;
- (3)检查安全生产制度;
- (4)反馈改进安全生产制度。

2.1.2 建立事故应急处理制度

针对隧道管理人员的运营技术知识较为薄弱,在事故预防、应急技术、逃生策略等方面明显落后等问题,本文将对公路隧道交通事故和火灾事故的特性研究,提出系统性的应急流程,建立科学、合理的应急救援策略。交通事故和火灾事故是公路隧道的主要事故类型,本文以此为重点进行应急设计。

(1)交通事故。当隧道内发生交通事故时,迅速将监控图像切换至相应的位置,确认现场情况,并对事故现场进行录像;立即启动应急预案,通知值班站长发生事故的地点、情况,及事故靠近隧道的哪个车行通道,通知管辖本路段的高速交警发生事故的地点、简况;利用对应事故路段的有线广播进行呼叫,如引导驾驶员向后续车辆发出警告信号并开启报警灯,在夜间或隧道内应开启示宽灯和尾灯等;更改来车方向的交通信号灯、可变情报板、可变限速标志诱导指挥事故路段的交通状况。

(2)火灾事故。当隧道内某处发生火灾时,迅速将监控图像切换至相应的位置,确认火灾情况,并对火灾现场进行录像;立即启动应急预案,根据火灾情况通知值班站长发生火灾的地点、状况,靠近隧道的哪个汽通,同时通知当地消防队、高速交警、高速路政、相关收费站发生

火灾的地点、状况。利用对应事故路段的有线广播进行呼叫,如引导驾驶员利用附近的消防器材进行现场自救等;更改来车方向的交通信号灯、可变情报板、可变限速标志等诱导指挥着火路段的交通状况。

2.1.3 应急模拟及关键设备维护

针对一些高速公路隧道的机电设备长期没有运行试验,当发生事故时,并未能及时相应等问题,本文将在事故应急处理机制的基础上,提出相应的应急模拟方案,对关键设备进行定期维护。当发生事故时,能最大限度地降低事故造成的人员伤亡和财产损失,更好地保障隧道的营运安全。

2.2 维护组织改进措施

高速公路隧道开通运营后,受经验不足以及思维定势的影响,仍采用了以往高速公路普通路段的运维组织结构模式,在实际运维过程中导致了问题的出现。

针对维护管理制度不够完善这一问题,本文利用项目管理的有关理论,对浙江省高速公路隧道机电系统运维组织结构进行改进,以求达到资源共享、提高机电维护管理效率的目的。为适应高速公路隧道机电系统运维管理的需要,结合山区高速公路的特点,拟引入矩阵式管理模式重构高速公路隧道机电系统运维组织结构。

将原各分中心技术人员整合重新分配组成监控、通风、电力、照明等技术维护组,负责各系统运维管理工作,由运维单位构成横向运维机构。采用纵向专业技术组的指令为主以避免矩阵式组织结构中指令矛盾对工作的影响。

2.3 维护技术改进措施

设备维护是保证设备安全运行,提高设备使用寿命的有效措施,为了更好地对高速公路的机电系统进行管理、保养和维护,首先是要建立行之有效的管理流程,使各项工作可以在科学的流程规定下运作。

3 改造工作的改进措施研究

根据本文对杭长高速公路、杭州绕城高速公路、申苏浙皖高速公路三个路段公司的隧道机电设备维护历史数据与机电改造工作的调研,发现对隧道机电设备升级改造从管理的角度进行研究和优化,对于提升高速公路机电运维的技术水平、加强机电改造项目资金管理、保证道路通行的安全稳定都有着十分重要的意义。本文对于机电改造工作管理的研究主要包括涉路施工方面问题、改造规划问题、设备报废问题等方面改进措施。

3.1 涉路施工的改进措施

目前设备改造最大的难题就是涉路施工问题。一旦需要进行隧道内的设备更新,基本上都要封道,因此很难保证较高的设备完好率;同时,封道审批需要经过高速业主单位、高速交警、高速路政等的审批。针对以上问题,需要从业主单位牵头协调和探索隧道集约化施工两方面进行改进。

3.2 改造规划的改进措施

各业主单位对隧道机电设备的管理,基本是以被动管理为主,当设备发生故障时才对其进行更新改造。本文研究结合高速公路业主单位管理需要、部分机电设备已超期服役、故障率高、维护成本大、急需进行全面升级改造的特点;结合国内外先进技术及发展趋势,遵循前瞻性、先进性、实用性和经济性原则,区分轻重缓急,合理选择关键设备的技术要求,制定分期升级改造具体内容计划。

3.3 设备报废的改进措施

隧道机电设备众多,各设备的报废年限行业主管部门没有明确的规定,有些运营公司有自己的报废年限,并没有统一的标准。本文将对设备更新的情况进行分析,以设备经济寿命最大化为目标,为设备的报废问题提供决策支持。

3.3.1 设备更新的情况分析

根据《JTG H12-2015公路隧道养护

技术规范》,可根据设备完好率对机电设施技术状况进行评分,公式如下:

$$JDCI = 100 \cdot \left(\frac{\sum_{i=1}^n E_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right) \quad (1)$$

其中, E_i 为设备完好率, w_i 为各分项权重, JDCI 为机电设施技术状况评分。

设备更新时机的选择取决于设备的技术寿命和经济寿命。设备使用年限超过设备的经济寿命,其年度费用将上升,所以设备使用到其经济寿命的年限更新最为经济。因此,如何确定经济寿命是本文的重点内容。

3.3.2 设备更新决策模型

(1) 不考虑资金时间价值的情况

假定每年运行成本的劣化增量是均等的,即运行成本呈线性增长,以闭路电视监控、车辆检测器、火灾报警设施、本地控制器等为例。设每年运行成本增加额为 λ ,若设备使用 T 年,年均总费用的计算公式为:

$$AC_T = \frac{K_0 - V_T}{T} + C_1 + \frac{T-1}{2} \lambda \quad (2)$$

AC_T 为第 T 年的年均总费用; K_0 为设备的原始价值; V_T 为设备使用 T 年后的残值; T 为使用年数; C_1 为运行成本的初始值,即为第一年的运行成本。

随着设备使用时间的延长,每年分摊的设备费用是逐年下降的,而年均运行成本却逐年线性上升。综合考虑这两方面的因素,随着使用时间的延长设备使用的年均总费用的变化规律是先降后升,呈U型曲线。

可用求极值的方法找出设备的经济寿命,则经济寿命为:

$$T_3 = \sqrt{\frac{2(K_0 - V_T)}{\lambda}} \quad (3)$$

上述方法简化了设备残值对经济寿命的影响。如果设备残值不能视为常数,则可用列表法计算设备年均总费用,来

判断设备的经济寿命。

(2) 考虑资金时间价值的情况。运行平稳不易损坏的设备可以参考考虑资金时间价值的情况,如风机、通风照明设施、供配电等。设备的年平均总费用计算公式为:

$$AC_T = \frac{K_0 - V_T}{T} + C_1 + \frac{T-1}{2} \lambda + \frac{K_0 - V_T}{2} i \quad (4)$$

式中, i 为设备最低期望收益率。

各设备根据上述两种情况,并结合自身的特点,计算得出隧道各机电设备的使用年限,并确定各设备出现哪些情况时应考虑更新设备。

4 研究成果的应用

4.1 维护工作成效

4.1.1 安全方面

申苏浙皖高速公路经过近两年时间的摸索,在每一次安全策划、实施、检查与改进过程中不断完善着高速公路隧道机电系统运维安全制度与措施,本隧道未发生任何因维护、改造造成的交通事故。未发生任何因维护、改造过程中操作不当造成的设备故障,提高了设备完好率。不但确保了高速公路机电系统维护人员的作业安全,更为过往司乘人员提供了一条安全、舒适、便捷的高速通道。通过本项目研究的应急模拟及关键设备维护,多次配合业主单位完成隧道应急安全演习,保障了设备在关键时刻的可靠,从而提高了应急响应能。

4.1.2 组织方面

原有隧道管理所只有水电工和应急施救人员。在本项目实施后,将该路段现有电工、系统员整合后可重新分配组成监控、通信、电力系统三个技术组,并配备工具车辆。隧道内各子系统分别包干给各专业相关负责人员,监督外协单位保质保量完成维护、抢修工作,并自行根据维护作业指导书,排除部分设备故障,缩短了故障排除时间,提高设备完好率。较原有组织方式,让业主单位的维护工作更加专业,提高维护工作质量。

4.2 改造工作成效

在弁山隧道照明节能改造工程中,对原有照明设施进行了改造。改造采用隧道照明节能控制技术和LED灯进行节能改造,本着安全可靠、节能环保、济实用、技术先进的设计原则进行设计实施,实现按需照明,节约隧道照明系统运营成本,延长隧道照明灯具使用寿命。

在弁山隧道左右洞隧道灯增单灯控制模块,单灯控制模块采用0-10V、PWM方式实现隧道内LED灯照明调光控制,可在10~100%范围内调,实现无极调光或分级调光。改造后一年用电约为27.91万千瓦时。通过本项目研究维护方法及设备更新决策的应用,大部分设备的完好率得到了提高了4%以上。

4.3 产生效益

本文通过对高速公路隧道机电设备维护改造工作的分析研究,形成了对维护改造工作的管理方法。对提高各业主单位的隧道机电设备管理水平,起到了积极的作用。降低了隧道的营运安全风险,有利于形成可操作的维护依据,提高了隧道运营服务水平。

并可指导业主单位提升维护工作的管理水平,降低设备损坏的概率,节省设备维修费用,降低运营成本;优化了改造方案,进一步提高投资效益,降低改造成本和后期运营成本,有利于提升隧道机电设备全寿命周期经济效益水平。

5 展望

高速公路隧道机电设备维护改造管

理方法的研究是一个较为复杂而又长期的过程,其设计过程中涉及到了多门学科。本文在隧道机电设备的维护改造方面取得了一定的成果,仍有不足之处,有待于进一步的探索和完善,主要体现在以下几个方面:

(1)在本文研究基础上,组织在路网范围内进行更深入的实际推广试行,以对设施维护费用计算方法等量化标准进行更广泛的验证,提高适应性。

(2)隧道机电新设备新技术不断推陈出新,在改造更新的过程中,往往会遇到一些新旧设备兼容方面的问题。在后期的工作实践中,应对此展开研究,为后续各路段公司可能遇到的技术兼容问题提供参考。

(3)随着人工智能、云计算、大数据等技术的不断发展,这些信息化技术已应用到高速公路隧道机电设备维护改造管理工作中。在今后该领域的研究,应着重考虑信息化技术与现有质量管理体系间的融合。

[参考文献]

- [1]范嗣龙.高速公路机电系统维护及信息化建设策略[J].智能城市,2021,7(11):85-86.
- [2]张庆妹.高速公路机电设备维护管理系统信息化研究[J].设备管理与维修,2021,(10):105-106.
- [3]王华强.高速公路机电设备运维信息化管理的应用[J].科技经济导刊,2021,

29(15):33-34.

[4]朱娟芬,谢志勇.机电设备运行的维护和故障处理措施研究[J].中国设备工程,2021,(09):75-76.

[5]陶杰,朱熙豪,郑于海,等.基于图像处理的隧道火灾烟雾识别算法研究[A].中国公路学会、世界交通运输大会执委会、西安市人民政府、陕西省科学技术协会.世界交通运输工程技术论坛(WTC2021)论文集(上)[C].中国公路学会、世界交通运输大会执委会、西安市人民政府、陕西省科学技术协会:中国公路学会,2021:8.

[6]刘斌.高速公路机电设备维护管理[J].交通世界,2021,(13):147-148.

[7]滕宇,赵勇.高速公路机电工程的智慧供电设计[J].公路,2021,66(5):210-212.

[8]朱熙豪.基于AI视频检测的隧道交通与机电一体化监控系统[J].中国交通信息化,2020,(S1):127-131+136.

[9]向深贵.高速公路特长隧道机电施工管理与技术分析[J].设备管理与维修,2021,(06):135-136.

[10]王辉.高速公路隧道机电设施养护管理优化[J].北方交通,2020,(12):92-94.

作者简介:

威士权(1981--),男,汉族,河南人,硕士,桥梁隧道工程专业,从事隧道工程领域研究。

通讯作者:

朱熙豪(1996--),男,汉族,浙江台州人,本科,研究方向:智能交通。