

大连湾海底隧道管内作业安全管理方法探索

李宝涛¹, 肖传龙¹, 韩振旭², 李冠男²

(1. 中交一航局第三工程有限公司, 辽宁 大连 116083; 2. 大连市城市管理局, 辽宁 大连 116011)

摘要: 大连湾海底隧道是大型综合性集群工程, 涉及的工程专业多、结构复杂、施工作业面广、交叉作业多、工期任务紧、资源投入密集、安全风险高。在沉管隧道施工的不同阶段, 存在大量的交叉作业, 为保证沉管隧道施工顺利平稳进行, 梳理安全责任, 预防和杜绝生产安全事故发生, 深入分析管内作业安全管理要点, 制定一系列适用于沉管隧道管内施工安全管理的方法, 对隧道交界口管理、有限空间、车辆设备、职业健康、动火作业、消防管理、应急管理等进行分析, 保障了海底隧道施工顺利开展, 为今后类似工程提供安全管理借鉴经验。

关键词: 沉管隧道; 安全管理; 交叉作业

中图分类号: U612.334

文献标志码: C

文章编号: 2095-7874(2024)04-0109-04

doi: 10.7640/zggwjs202404023

Exploration on operation safety management in Dalian Bay immersed tunnel

LI Bao-tao¹, XIAO Chuan-long¹, HAN Zhen-xu², LI Guan-nan²

(1. No.3 Engineering Co., Ltd. of CCCC First Harbour Engineering Co., Ltd., Dalian, Liaoning 116083, China;

2. Dalian City Administration Bureau, Dalian, Liaoning 116011, China)

Abstract: Dalian Bay immersed tunnel is a large-scale comprehensive cluster project, involving many engineering specialties, complex structure, wide range of construction operations, multiple cross-operations, tight schedule tasks, intensive resource investment, and high safety risk. In different stages of immersed tunnel construction, there are a large number of cross operations. In order to ensure smooth and stable construction of immersed tunnel, sort out safety responsibilities, prevent and eliminate production safety accidents, deeply analyze the main points of safety management of operation in tubes, develop a series of safety management methods in tubes suitable for immersed tunnel construction, and analyze tunnel interface management, limited space, vehicle equipment, occupational health, hot operation, fire management, emergency management, etc. It ensures the smooth development of the construction of the immersed tunnel, and provides safety management reference experience for similar projects in the future.

Key words: immersed tunnel; safety management; cross operation

0 引言

管内作业是海底隧道沉管安装完成后的重要工作区域, 主要的作业特点有隧道密闭潮湿、交叉作业多、机电安装复杂等, 因此管内安全管理的重要工作为合理的施工布局, 减少交叉作业带来的安全风险, 针对潮湿密闭环境下的作业人员安全健康进行分析研究, 制定可行的安全管理办法, 对管内临时用电、交通安全的突出风险制定专项的管理措施, 保障管内作业的安全可控^[1-2]。

1 交接及接口管理

管内施工设有管内分部专门负责协调管理管内各施工单位, 各工序开工时, 由动工单位负责人提交动工告知单, 并提供进行该分项施工的进度计划以及存在交叉工序的相关移交文件作为附件, 经批准后下发施工指令。沉管安装完成后, 清理管节接头, 按照止水带保护方案对GINA止水带保护完成后, 报送下一道工序单位接管; 完成钢封门等舾装件拆除并对预埋件打磨完成后,

报送下一道工序单位接管并重新对止水带保护措施进行调整,主要包括拆除侧墙保护钢板,待压舱混凝土浇筑完成后拆除剩余底板上的止水带保护槽钢(通道两侧4 m范围仍采用扣槽钢形式予以保护),实现了管节薄弱环节处于过程中的安全受控。

2 管内作业安全管理

2.1 门禁管理

隧道口位置设置了中管廊、行车道封闭门禁装置,实行封闭式管理,任何单位人员、车辆和设备未经批准严禁出入管内。需要定期进入隧道内进行作业的单位或个人,需提前进行登记和报备,凭识别卡、穿着反光背心进出;需要进入隧道内参观、学习的人员,应凭项目开具的《外来人员进入隧道内审批表》方能进入隧道。对于进入隧道内车辆和人员,门禁处实行登记备案制度,通过严格的门禁管理,实现人员、车辆、设备进出隧道的规范化管理。

2.2 职业健康管理

从事有粉尘、有毒有害作业人员按规定配戴防护用品,并定期进行体检存档备查。管内作业前,根据需要增加通风设施,确保作业面通风通畅。管内各作业面要进行空气检测,当空气质量不满足要求时,通知作业人员暂时撤离,并加强通风设备投入,确保管内空气质量满足要求后再进行作业。作业面备置正压式空气呼吸器等临时救护装置,保障了管内作业职业健康管理的安全受控^[3]。

2.3 管内消防管理

沉管隧道内严禁存放易燃易爆物品和危险化学品物品。施工需存放油漆时,将油漆存放至指定地点,并设置好安全警戒、警示标牌及灭火器。管节每个节段止水带处布设2具4 kg干粉灭火器、结合腔处布设推车式干粉灭火器。配电箱附近由所属工区布设2具4 kg CO₂灭火器等消防器材,并设有明显标志。进入沉管管内人员将随身携带的打火机等火种存放于隧道口安全箱内。通过以上一系列措施的落实,保障了管内作业消防安全受控^[4]。

2.4 管内动火作业管理

管内严格执行动火作业审批制度,动火作业前安排专人检查周围环境、电气焊设备及电闸箱的完好,使用的气瓶须保证压力表完好、气管完

好,配备灭火器(每个管节不允许2处以上、2套以上氧气乙炔同时进入管内作业),检查完毕后作业人员持操作证、许可证并穿戴好劳动防护用品方可进行动火作业,并安排专人监护,通过严格的管内动火作业管控,保障动火作业的安全可靠,保障管内重要设备设施的安全,实现了隧道内动火作业的规范化管理。

2.5 管内临时用电、高处作业管理

舾装件拆除、风管安装、剪力键安装、止水带安装、压舱水箱临时过道及临时支架拆除、人孔封堵、混凝土剪力键浇筑及后续管内隧道内装、管内照明设备维护以及其他作业时,执行安全许可管理。管内作业用电执行临时用电作业安全许可,如需接电、断电应提前办理用电审批手续。管内所有用电满足三级配电二级保护要求,所有电闸箱实行二维码巡检管理、电线敷设必须架空或采取其他防护设施。通过严格的高处作业管理和临时用电管理,规范管内作业安全行为,保障人员在隧道内作业的安全。

2.6 受限空间管理

管内作业属于典型的受限空间作业,严格执行受限空间作业审批制度。审批内容应包括但不限于是否制定作业方案、是否配备经过专项安全培训的人员、是否配备满足作业安全需要的设备设施等。审批负责人在审批单上签字确认,未经审批不得擅自开展有限空间作业。按照“先通风再检测后作业”的原则,进入管内前由施工单位负责对气体进行检测。作业人员必须随身携带便携式气体检测仪,随时监测管内气体情况,并为进入管内人员配备安全帽、防尘口罩、安全带等个人劳动防护用品。

2.7 管内应急管理

管内每个管节内设有应急电话,任何管内作业人员发现紧急情况均可通过紧急电话与门口隧道监控室沟通联络。紧急事故发生后,由现场管理人员第一时间进行确认,上报管内应急抢险领导小组,同时根据现场事故等级及伤亡情况立即对现场进行处置,主要包括伤员就地治疗及送医院治疗、现场保护等。项目部在接到通知后,立即组织各部门紧急会商抢险方案,确定方案后随即着手调集物资、设备等就位,并组织抢险,通过系统的管内应急管理,保障了应急响应的及时性、有效性^[5]。

3 管内文明施工管理

3.1 施工用料管理

所有作业在施工前需由施工单位申请划定作业责任区域、作业的起止时间等信息,作业区设置警戒区、安全标识牌等。区域内物资必须摆放整齐,施工垃圾每日清理出运,施工结束后做到工完料净场地清。前一作业面未清理整洁,后一作业面有权要求其改正。通过施工用料管理,实现了工完料净场地清的管理目的。

3.2 车辆管理

管内车辆停放设有专用停车区域,车辆必须停放在指定的作业区域内。载人电瓶车定点发车,定员、定司机驾驶。停放附近并摆放安全警示牌。车辆车况车容良好,车内无杂物。通过对管内车辆的标准化、规范化、固定化作业模式,保障了隧道内交通安全。

3.3 管内清洁、除尘管理

每日对隧道内公共区域进行清洁清扫,安排固定的扫保人员、设置洒水车、大功率吸尘器、市政清扫车等设备。管内实行“日事日毕、日清日高”的管理模式。设置交通车辆进行隧道人员的接送,并由专人维护保养。在隧道内设置移动卫生间,指定专人定期清运。通过此项措施的落实,保障了隧道内的清洁卫生,保障了管内作业的良好施工环境。

3.4 视觉标识标准化设置管理

在隧道口处布置项目概况、项目组织机构、文化宣传牌、人员信息牌等,隧道口处设立安全风险告知牌。隧道内设置人行、车行通道,做到人与车的分流管理。隧道内各作业面均设有风险分析牌、区域责任人标识牌、安全警示牌等,为作业人员进入隧道内安全作业起到了警示教育作用,保障了隧道内的作业安全^[9]。

4 管内安全保障管理

管内保障设施主要包括通风设备、照明设备、视频监控和通讯设备、施工用电和通道设施等。对动力保障系统加强监管,对于隧道内的安全起到了关键性作用,是保障隧道内有序施工的一道屏障^[7]。

4.1 通风管理

项目风机布设在距离隧道北出口1 km处,随着施工进度推进,移到北岸敞开段。待拆除压

载水箱等工作后,组织管内风管的安装。通风系统经过项目验收合格后投入运行,通过维护保养及巡视检查,保证风机运转正常,能满足24 h全天通风。风机5 m半径范围内不得堆放杂物,并装有保护装置防止刮碰风管及影响风机正常工作。通过风机及风管的全过程管理,保障了隧道内通风的效果,为隧道内作业人员安全生产提供了可靠条件。

4.2 隧道内照明管理

沉管内照明灯具、电缆、控制箱、应急照明灯在干坞预制场舾装时安装。沉管浮运对接完成,钢封门及压舱水箱等拆除完成前,沉管内的照明系统需进行检查,保障完好性;拆除完成后,沉管内的照明系统进入工作状态。定期对照明设备进行每日巡检,并填写检查表,做好相应记录,确保沉管内每个管节照明设施正常使用,保证沉管内24 h照明。通过强化隧道内照明管理,实现了隧道内照明无死角、隧道应急情况下照明满足应急条件,保障了项目安全推进。

4.3 监控及通讯管理

沉管隧道内视频监控系统、手机电信信号覆盖及固话通讯系统、对讲机通讯系统实现了全覆盖,每日由专人负责对各系统设备的日常使用进行维护管理,确保隧道监控及通讯系统正常使用。同时安排专人24 h值守,监督检查隧道内施工情况,发现问题第一时间响应。通过各系统的叠加使用,保障了隧道内作业的实时监控管理,确保隧道施工不留死角,全过程受控的目的^[8]。

4.4 隧道内通电管理

沉管内施工用电总电源点取自4 000 kVa开闭所;沉管内设立3个500 kVa箱变,供电范围是E3—E18管节。北岸东西围堰南端设立2个630 kVa箱变,供电范围是2台通风机及E1—E2管节。为加强施工现场电闸箱等安全管理,确保施工用电的安全,安排专业电工负责配电箱、配电线路的巡查。随着管节的安装和管内施工作业情况,箱变同步向前推进。箱变设立与转换时,若需要停电,由专业施工单位完成。通过管内用电的规范化管理,保障了隧道内用电安全,实现了用电管理零伤害目的。

5 结语

通过管内作业安全管理的落实,从沉管对接完成后的交接及接口管理、管内施工管理、文明

施工管理、动力保障管理4个方面入手,规范了沉管内各工序之间作业流程,规避工序交叉作业造成的管理漏洞,达到安全与风险可控,施工组织流畅,施工现场井然有序,外观质量美观的总体要求,为海底隧道沉管内作业提供了坚实的安全保障。

参考文献:

- [1] 张皎,廖斌.沉管隧道施工风险分析与控制[J].铁道建筑,2019(2):98-101.
ZHANG Jiao, LIAO Bin. Risk analysis and control for immersed tunnel construction[J]. Railway Construction, 2019(2): 98-101.
- [2] 戚政伟,胡昌炳.港珠澳大桥岛隧工程施工安全风险与控制措施[J].铁道建筑,2014(6):31-34.
QI Zheng-wei, HU Chang-bing. Construction safety risks and control measures of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge Island Tunnel Project[J]. Railway Construction, 2014(6): 31-34.
- [3] 肖传龙,李晓强,俞博顺.港珠澳大桥外海人工岛HSE管理[J].中国港湾建设,2016,36(7):122-124.
XIAO Chuan-long, LI Xiao-qiang, YU Bo-shun. HSE management for construction of offshore artificial island of Hongkong-Zhuhai-Macao Bridge[J]. China Harbour Engineering, 2016, 36(7): 122-124.
- [4] 方万堂,杨海涛,许华辉,等.新形势下高速公路施工安全管理几点建议[J].云南水力发电,2021(4):223-225.

FANG Wan-tang, YANG Hai-tao, XU Hua-hui, et al. Several suggestions on safety management of highway construction under new situation[J]. Yunnan Water Power, 2021(4): 223-225.

- [5] 李宝涛,肖传龙,李虎高.大连湾海底隧道建设工程安全管理探索[J].中国港湾建设,2021,41(11):69-72.
LI Bao-tao, XIAO Chuan-long, LI Hu-gao. Exploration on safety management of Dalian Bay subsea tunnel construction project[J]. China Harbour Engineering, 2021, 41(11): 69-72.
- [6] 谭雷平,白秀国.项目标准化管理的形成与实施[J].施工企业管理,2015(11):34-35.
TAN Lei-ping, BAI Xiu-guo. The formation and implementation of project standardization management[J]. Construction Enterprise Management, 2015(11): 34-35.
- [7] 范铁锐,李瀚,郑秀磊.港珠澳大桥航道区沉管施工安全措施[J].中国港湾建设,2015,35(7):140-142.
FAN Tie-rui, LI Han, ZHENG Xiu-lei. Safety measures of immersed tube construction in shipping channel of Hongkong-Zhuhai-Macao Bridge[J]. China Harbour Engineering, 2015, 35(7): 140-142.
- [8] 孙健,魏红波,马宗豪.长距离沉管隧道施工通讯工艺及控制方法[J].中国港湾建设,2018,38(3):46-49.
SUN Jian, WEI Hong-bo, MA Zong-hao. Communication technology and control method for long-distance immersed tube tunnel construction[J]. China Harbour Engineering, 2018, 38(3): 46-49.

(上接第91页)

参考文献:

- [1] 章勇,王海龙,郭俊,等.沉管隧道接头竖向压剪力学性能研究[J].地下空间与工程学报,2016,12(S1):24-31.
ZHANG Yong, WANG Hai-long, GUO Jun, et al. Vertical compression shear mechanical performance study of immersed tube tunnel joint[J]. Chinese Journal of Underground Space and Engineering, 2016, 12(S1): 24-31.
- [2] 王明俊,安贺东,张延猛,等.差异沉降下沉管隧道接头剪力键力学特征[J].中国港湾建设,2023,43(1):1-6,29.
WANG Ming-jun, AN He-dong, ZHANG Yan-meng, et al. Mechanical behavior of shear keys in immersed tunnel joints under differential settlements[J]. China Harbour Engineering, 2023, 43(1): 1-6, 29.
- [3] 姚延焕,杨超.沉管隧道结构抗震性能试验研究[J].中国港湾建设,2022,42(12):85-90.
YAO Yan-huan, YANG Chao. Experimental study on seismic performance of immersed tube tunnel structure[J]. China Harbour Engineering, 2022, 42(12): 85-90.
- [4] 胡指南,宾胜林,谢永利,等.沉管隧道节段接头剪力空间分布规律研究[J].现代隧道技术,2018,55(2):121-126.
HU Zhi-nan, BIN Sheng-lin, XIE Yong-li, et al. Research on the spatial distribution laws of shear force of immersed tunnel segment

joints[J]. Modern Tunnelling Technology, 2018, 55(2): 121-126.

- [5] 姜杰.沉管接头钢剪切键的试验与设计[J].现代隧道技术,2001,38(4):40-43.
JIANG Jie. Test and design of steel shear key of immersed tunnel [J]. Modern Tunnelling Technology, 2001, 38(4): 40-43.
- [6] 程新俊,景立平,崔杰,等.沉管隧道接头剪力键抗震性能及减震措施[J].西南交通大学学报,2022,57(6):1208-1216.
CHENG Xin-jun, JING Li-ping, CUI Jie, et al. Seismic performance and damping measures of shear keys for immersed tunnel joints[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2022, 57(6): 1208-1216.
- [7] 袁勇,罗健琿,禹海涛.沉管隧道接头竖向钢剪力键剪切荷载分配分析[J].水利水电技术,2020,51(5):17-25.
YUAN Yong, LUO Jian-hui, YU Hai-tao. Analysis on shear load distribution of vertical steel shear-key for joint of immersed-tube tunnel[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2020, 51(5): 17-25.
- [8] 陈伟彬,邹正周,王蔚.创新型注浆囊袋在沉管隧道不规则抗剪支撑体系中的应用[J].公路,2018(8):180-183.
CHEN Wei-bin, ZHOU Zheng-zhou, WANG Wei. Application of innovative grouting pouch in the irregular shear supporting system of immersed tunnel[J]. Highway, 2018(8): 180-183.