

上海城市轨道交通接触网集中修模式的应用

郭德龙

(上海地铁维护保障有限公司供电分公司,201016,上海//高级工程师)

摘要 接触网工作环境恶劣,没有备用,对其检修维护提出了非常高的要求。探讨了上海城市轨道交通接触网维修模式的具体实践,提出了集中修的检修方法及实施手段。集中修模式其在提高设备检修效率、节约检修成本和保证设备可靠性方面均有上佳表现。

关键词 城市轨道交通;接触网;集中修

中图分类号 U226.8

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.01.030

Application of Centralized Repair Mode of Shanghai Urban Rail Transit Catenary

GUO Delong

Abstract Working condition of catenary is harsh and without spare, which places very high demands on its maintenance. The specific practice of the maintenance mode of Shanghai rail transit catenary is discussed, and the repairing method and implementation method of centralized repair mode is put forward. The centralized repair mode has outstanding performance in improving equipment maintenance efficiency, saving maintenance cost and ensuring equipment reliability.

Key words urban rail transit; catenary; centralized repair

Author's address Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., Power Supply Branch, 201016, Shanghai, China

为提高城市轨道交通接触网维护质量、合理利用施工资源、集中技术力量解决共性问题,以及提升设备的可靠性,上海地铁维护保障有限公司供电分公司借鉴高铁集中修作业模式,并结合上海城市轨道交通接触网设备特点及生产组织方式,于2017年应用了具有上海特色的城市轨道交通接触网集中修作业模式。

1 现有检修模式

上海城市轨道交通接触网设备现有检修模式为周期修,是根据接触网不同的设备,制定相应的检修内容、要求和周期。各生产部门根据《接触网维修规程》,编制年度、季度、月度生产计划。

既有周期修对户外段柔性接触网、隧道段柔性接触网、隧道段刚性接触网设备的检修周期详见表1。

表1 接触网设备既有周期修的检修周期

序号	接触网类型	作业对象	检修周期
1	柔性接触网	接触悬挂,定位装置,支持装置,中心锚结,接地系统,隧道线岔,软(硬)横跨,防雷装置及附属设备	12个月1次
2		锚段关节,下锚补偿装置,分段绝缘器(段场),隔离开关,线岔(户外)	6个月1次
3		分段绝缘器(正线及出入段)	3个月1次
4	刚性接触网	接触线,汇流排,定位装置,中心锚结,锚段关节,接地系统,线岔	12个月1次
5		隔离开关,分段绝缘器(不带折返功能)	6个月1次
6		分段绝缘器(带折返功能),刚柔过渡	3个月1次

长期的实践发现,周期修模式在现有运营条件下凸显出了以下3个“运修”矛盾:

1) 作业时间短:随着上海地铁线路运营时间延长,接触网夜间检修时间被缩短了30~60 min。为完成各周期施工计划,检修人员需要使用更多的施工作业点。这对施工资源是极大的浪费,检修人员进入轨行区频次增多也会影响到安全事故发生率,接触网设备停、送电频次增多还会缩短1500 V直流开关的使用寿命。

2) 检修范围小:现有周期修检修模式主要针对单项设备检修,经常出现反复进入同一区间作业,人工利用率低。同时,检修人员注意力集中于单项设备,容易忽视周边设备所存在的隐患。

3) 差异化检修难以体现:同一条线路中的小交路折返线、隧道沉降严重区段、小半径弯道区段相对于其他区段内设备风险更高,同一条线路中的所有同类型设备均采用相同检修标准和检修周期,不能同时满足不同风险设备的检修需求。

2 集中修作业模式

2.1 集中修概念及内容

集中修是依照设备状态,集中人员、材料优势,对接触网设备进行集中检修、系统检查的新型维修

模式。接触网集中修作业范围覆盖所有上海城市轨道交通线路正线段的接触网设备。

集中修作业对户外段柔性接触网、隧道段柔性接触网和刚性接触网进行全面检查。检查对象见表2。

表2 集中修的检修对象和周期

接触网类型	检修作业对象	检修周期
户外段柔性接触网	接触悬挂,定位装置,支持装置,锚段关节,中心锚结,下锚补偿,接地系统,分段绝缘器,隔离开关,线岔,防雷装置及附属设备	12个月1次
隧道段柔性接触网	接触悬挂,定位装置,锚段关节,中心锚结,下锚补偿,接地系统,分段绝缘器,隔离开关,线岔及附属设备	12个月1次
隧道段刚性接触网	接触线,汇流排,中心锚结,锚段关节,接地系统,隔离开关,分段绝缘器,刚柔过渡及附属设备	12个月1次

2.2 集中修模式与当前检修模式的关系

原《接触网维修规程》中规定的接触网维修形式有巡视、测量、检修、大修四类。

集中修作业模式主要覆盖原维修规程中的检修类的内容,巡视及测量类工作由线路管辖部门根据原《接触网维修规程》的要求开展,大修类工作根据《接触网大修规程》开展。

2.3 集中修实施准备

2.3.1 集中修作业指导书

为提高集中修作业组成员作业水平和提高接触网集中修作业质量,应规范集中修的作业标准。为集中修作业制定了从上海轨道交通1号线至上海轨道交通13号线共计13本线路集中修作业指导书。在集中修作业指导书中明确了检修人员的作业分工、检修步骤及要求、工器具、备品备件的配备,并严格要求按照技术标准和作业规范进行施工,以确保接触网设备的检修质量。

2.3.2 调研对比

1) 检修模式调研。以深圳、广州等城市地铁日常设备检修模式为例,主要分为计划修、状态修和专项修。计划修根据不同设备制定3个月到多年不等周期的各类设备检修;状态修主要为树木侵限、异物搭接、隔离开关拒动等突发事件和步行巡视作业、登乘作业、梯车巡视等作业;专项修主要应用在设备较为稳定的刚性线路以及各类专项检查工作。上海轨道交通大部分线路使用年限较长且形式多样,其路网供电接触网的条公里数相较其他城市更长,相对应可以投入的检修用工总数更少,对检修人员检修效率的要求也更高。

2) 修前准备。各接触网生产部门对既有接触网

设备数量、形式、检修工作量进行摸底,明确集中修工作需要的总用工数,制定相应人员配备计划。

(1) 各线路人工点安排如表3所示。

表3 上海地铁维护保障有限公司供电分公司管辖线路人工点安排表

线别	周一	周二	周三	周四	周五	周六	周日
1号线	✓			✓			
2号线	✓			✓			
3号线		✓			✓		
4号线		✓			✓		
5号线	✓			✓			
6号线			✓			✓	
7号线	✓			✓			
8号线			✓			✓	
9号线			✓			✓	
11号线		✓			✓		
12号线		✓			✓		
13号线			✓				✓

(2) 作业组工作能力评估:根据接触网集中修作业指导书的要求,经接触网各部门安排梯车至现场多次试验、论证,统计出在夜间作业点检修时间(180 min)内的平均工作能力为:①户外柔性接触网每辆梯车在1次作业点内平均完成6个定位点;②隧道柔性接触网每辆梯车在1次作业点内平均完成20个定位点;③隧道刚性接触网每辆梯车在1次作业点内平均完成35个定位点。

根据线路作业梯车的工作能力,由各接触网检修部门对其检修频次需求情况进行统计(如表4)。

2.3.3 集中修队伍人员组成及职责

集中修作业队伍由各生产部门管理人员及检修

表4 各线路接触网作业梯车检修频次统计表

线路名称	使用梯车数/辆			各线梯车使用总数
	户外柔性接触网	隧道柔性接触网	隧道刚性接触网	
1号线	277	305		582
2号线	4	390	76	470
2号线东延伸	152		160	312
3号线	605	14		619
4号线	14	325		339
5号线	213			213
6号线	162		171	333
7号线	35		394	429
8号线	93		316	409
9号线	216		330	546
11号线	550		331	881
12号线			402	402
13号线			259	259
总计	2 237	1 034	2 439	5 794

人员共同组成。

1) 集中修人员组成,如表 5 所示。

表 5 集中修人员组成表

单位:人

人员类别	人员组成					
	部门分管经理	正班长	副班长	技术员	主值	副值
管理人员	1	1	1	1		
检修人员					1	2
总计	1	1	1	1	1	2

2) 集中修人员职责:(1) 集中修管理人员监督集中修作业组的作业过程安全、质量控制情况,检查“工完料清”落实情况、车梯摆放情况,进行接触网设备评估工作。(2) 集中修检修人员根据《集中修作业指导书》的要求,负责接触网设备专项检修、维护工作的实施及作业报表记录,登记设备缺陷并及时进行消缺。

2.3.4 作业组织

1) 人员组织:检修队伍中各生产部门调派现场班组长 1 名、技术员 1 名。根据接触网布置形式的差别,每辆梯车由 4~5 人组成,每次集中修作业出动约 40 辆梯车。施工总指挥、作业负责人由集中修线路所属生产部门分派。

2) 作业实施管理:(1) 在集中修开始前 2 周制定施工计划和用车计划,并提报生产计划部门。(2) 施工准备阶段,由施工总负责人根据计划安排梯车分工。集中修各班组长根据梯车分工安排,细化人员、工器具、材料和车辆安排,并予以落实。(3) 施工总负责人在每次集中修作业前须召开班前会,对全体作业人员进行施工安全、技术交底,做到分工明确、责任到人,以确保安全施工。(4) 施工要点、消点由施工总负责人负责完成。集中修各班组长、技术员负责集中修作业中各梯车的作业安全及检修质量。(5) 作业完成后,集中修各班组长负责管辖梯车的工完场清、料清、工具清,并通知施工总负责人可以消点,作业人员现场保驾至送电完成后方准离开。

2.3.5 作业记录

根据不同的接触网悬挂形式,编制集中修作业专用生产记录表(图 1 为其中一例),用于记录当日施工检修内容和检修人员,做到检修周期内责任实名制。

2.3.6 质量把控

为保证集中修作业质量的有序可控,从“强化管理队伍”“加强人员培训”“制定技术标准”“建立‘自检、互检’制度”四方面开展质量把控。

1) 强化管理队伍,保证作业质量:选用质量意

柔性接触网内置式下锚棘轮补偿装置检调表			
() 号线	车站/区间: 下锚形式:	锚段/定位点:	执行情况
棘轮与钢丝绳状态检查	1、棘轮完好,无缺损,无裂缝,应转动灵活。		
	2、绳索卷绕大小轮圈数和为 3.5 圈。		
	3、棘轮轴是否加油。		
	4、棘轮轴是否加油补偿绳无断股散股、无重叠及偏磨。		
	5、制动距离为 7~15mm。		() mm
导向轮状态检查	1、导向轮应转动灵活,坠砣串在支柱中心线上,偏差 2mm。		
	2、导向轮与补偿绳、支柱开口中心面三者重合,偏差 5mm。		
所有连接件连接牢固可靠	1、下锚绝缘子无破损、无裂痕、无放电痕迹。		
	2、所有连接件应连接牢固,开口销无锈蚀,张开角度不小于 60°。		
螺栓紧固	型号	标准力矩 (N·m)	/
	M12	44~56	
	M16	60~70	
	M20	120~135	
A/B 值的测量	1、夏天测量 B 值,冬天测量 A 值。 现场温度 () °C		() mm
计量器具			
存在的问题			
检修负责人:		检修日期:	

图 1 内置式下锚生产检调表实拍图

识强、领导水平高、作业经验丰富、职业素质好的人员担任集中修作业管理人员,负责集中修作业的施工,以有效组织人力、设备等资源,保证作业质量达到检修标准。

2) 加强对集中修人员的教育培训:对集中修全体作业人员的质量意识和技术能力的培训教育贯穿于集中修作业的全过程。由集中修管理人员按照《集中修工艺工法》编制培训教材,分层次、分职责、分岗位组织全员认真学习集中修的目标、标准、作业程序,贯彻集中修的精髓,保证工艺工法能够在现场得到有效落实。培训后经考核合格方准上岗作业。

3) 制定集中修作业技术标准:根据《接触网检修规程》以及作业指导书中对检修质量的要求,制定集中修作业工艺工法。明确检修人员作业的分工、检修步骤及要求,以及工器具、备品备件的配备。严格按照技术标准和作业规范进行施工,确保接触网设备检修质量。

4) 建立“自检、互检”制度:接触网集中修作业后,由集中修各班组长、技术员根据《集中修工艺工法》中技术要求对当日作业的设备进行检查,自查完成后在生产记录表上签字确认。自查需在当日作业消令前完成。集中修作业完成后,由线路的管辖部门对设备状态进行互查,互查数量要求 >5% 区间设备数量,互查完成后填写生产记录表,并签字确认。

3 集中修的实施

3.1 集中修试点作业

为了熟悉集中修作业模式,首先在上海轨道交通 11 号线展开了一次大规模、全范围的集中修试点作业。作业内容共计 35 处柔性户外段定位点,涵盖了接触网柔性户外段具有代表性的悬挂形式:有站

台处的正、反定位悬挂,门型梁结构悬挂,柔性正、反定位悬挂等。除此之外,还包含了柔性分段绝缘器、线岔、隔离开关、中心锚结、内置式下锚、避雷器、吊弦、横向电连接等接触网设备。如图 2 所示,将上述作业内容作为此次集中修作业试点,能够充分排摸各种柔性户外悬挂形式,从其中吸取经验,为以后顺利开展集中修作业奠定基础。

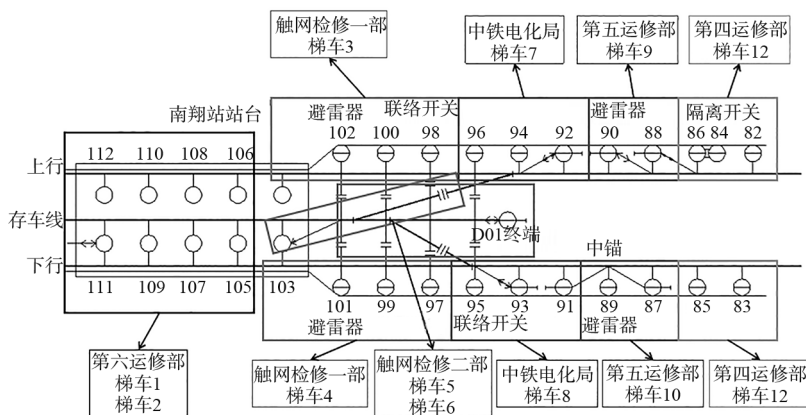


图2 试点区段工作量分配图

3.2 集中修全面开展

上海地铁维护保障有限公司供电分公司 5 个触网生产部门及委外单位共同参与了集中修,涉及管理、检修人员 300 余人,平均每人一周 3 至 4 个作业点。从 1 号线到 16 号线、从架空式接触网到接触轨、从支柱上部设备到基座螺栓,检修人员全方位、深入地对接触网设备进行排查。

截止 2017 年 12 月 30 日,此次接触网集中修(如图 3、图 4 所示),共实施了 509 个作业点,出动了 3 184 辆梯车,总用工人数达 15 866 人,全面检查

了隧道柔性段定位点 11 726 个、户外柔性段 10 276 个、刚性定位点 75 440 个。集中修作业中共发现 A 类缺陷 4 个、B 类缺陷 221 个,并已全部整改完毕。

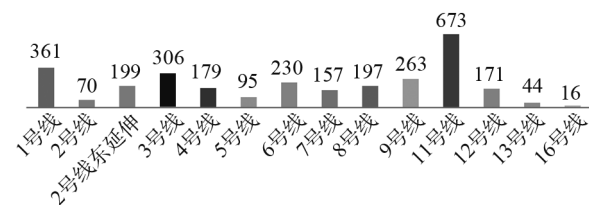


图3 出动梯车数量图

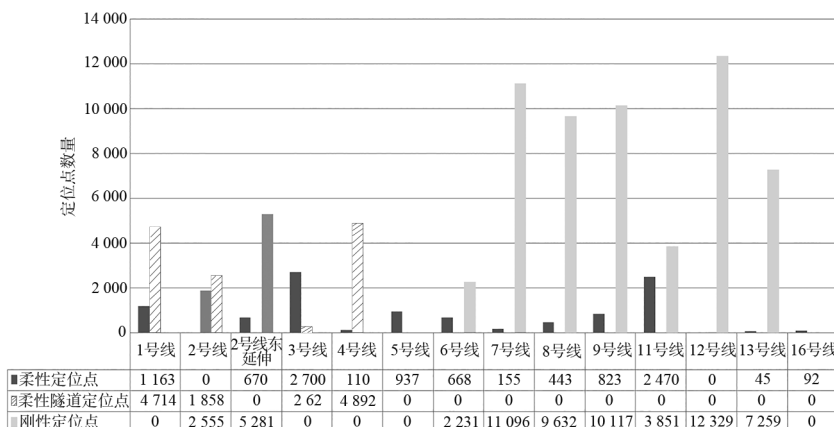


图4 集中修完成工作量统计图

3.3 缺陷分类与处置

在集中修作业过程中发现了一些设备的缺陷隐

患,根据设备隐患对运营的影响程度进行分类管理,一般分为 3 类:A 类缺陷要求集中修作业人员在现

场立即处理、消缺;B类缺陷对运营有较大影响,要求线路管辖部门申请临修点进行处理;C类缺陷对运营影响较小,要求线路管辖部门利用计划点进行处理。现将检查中的分类缺陷汇总如下。

1) A类缺陷:现场发现并可现场马上处理完成的设备缺陷。其主要集中在螺栓扭矩不到位、开口销开口角度不到位等。

2) B类缺陷:现场发现不能马上处理但隐患较为严重,要求次日上报上级管理部门,由管理部门联系线路管辖部门申请临修点完成修复。其主要集中在电连接断股、电缆绝缘损坏等。

3) C类缺陷:现场发现后不能现场处理的,且对线路运营无直接影响的轻微设备缺陷,要求次日上报上级管理部门,由管理部门联系线路管辖部门,申请计划点完成修复。其主要集中在紧固件的表面锈蚀等。

3.4 新型工器具的投入使用

1) 高空巡检仪。接触网作业中往往存在着一些检修盲点,如高架段的架空地线、门型梁上抱箍、电缆等,由于高度过高及安全问题,作业人员缺乏有效地手段去进行检修。此次集中修作业利用高空巡检仪(见图5)查看支柱上部地线及跳线本体各连接部件状态,并拍照留档,解决了检修困难和人员安全的矛盾,成为日后接触网高空巡检的一种有力手段。

2) 内窥镜。下锚补偿装置也是平日接触网检修的一个重点设备,其中有一种形式为内置式棘轮补偿下锚,其状态只能用手触摸,且不能全部触摸到位,故下锚补偿绳存在检查盲区。此次集中修作业采用内窥镜(见图6)对该处进行检查,同时可实现拍照的功能,杜绝了该设备发生故障的安全隐患。



图5 高空巡检仪



图6 内窥镜

3) 工作记录仪。如图7所示,集中修作业中在员工安全帽及安全带上固定一个运动相机,利用无线传输功能与手机软件连接,通过手机可实时观看员工的作业动态,实现了对员工作业质量、安全的监督及把控。



图7 工作记录仪

4) 标记膏。螺栓紧固后使用标记膏对紧固件划线标记,以便后期检查,也为下一年生产计划中螺栓的紧固做好前期的工作,以便提高检修效率。

3.5 集中修作业模式成果

1) 设备质量稳定可靠:夏冬两季一直以来是接触网设备故障高发的季节。本次集中修从2017年6月份开始,到同年12月份结束,至今未发生因接触网设备故障导致的5 min晚点事件。通过全面的检查,对设备缺陷的统计及消缺,消除了直接影响运营的缺陷隐患,集中解决了设备上存在的共性问题,彻底排查了接触网“松、脱、卡、磨、断、裂、锈”等一系列问题;完成了各线路设备的评估报告,整理了线路设备情况,编写了线路作业指导书,为下一年的专项整改及补短板项目提供了依据。

2) 施工作业点利用率提高:随着集中修作业的开展,单个作业区域内检修人员投入增加,各线路供电设备停电和操作次数减少,提高了使用寿命。以隧道柔性段为例,部件修模式下1个供电臂内接触网设备检修需要停电次数约为10次,集中修模式下需要停电次数约为6次,节省40%。

3) 员工素质得到提升:本次参与集中修作业的人员多、分布广,涵盖了公司所有接触网检修部门及委外单位。由于检修人员实际检修能力不同,且管辖设备存在一定差异,因此在集中修开展前,公司统一进行了修前培训及试点作业。参与集中修的员工,通过全程参与、共同作业、深入交流,系统地掌握了集中修作业组织、计划编制、质量标准、安全控制等关键环节工作要求,逐步树立了标准化作业的检修规范,个人技能水平也得到提高。

3.6 集中修作业模式和日常维修模式的匹配优化

此次集中修作业模式具有任务时间短、工作量大等特点,各生产部门跨线路、跨部门联合开展作业,既要保证集中修任务的完成,又不能影响生产计划。为此,供电分公司花费了大量人力、物力,并联合施工单位一起参与集中修,在5个月时间内基本完成全

网络的集中修工作。今后,集中修作业将融入到日常生产计划中,进行差异化集中修作业,即检修周期一年一次的项目由集中修完成,一年多次的项目其中一次由集中修完成,其余的由日常检修完成。螺栓紧固、

涂标记膏的工作由集中修完成,复查周期为2年。

根据此次集中修检查的情况及设备状态,如表6所示,修订了各设备的检修周期,完善了差异化检修规程。

表6 规程调整对比表

序号	规程调整项目	原周期	现周期	原年度 梯车数/辆	调整后年度 梯车数/辆
1	柔性线路步行巡视	户外段(含停车场)1季度1次, 隧道段半年1次	隧道段半年1次, 停车场1季度1次	38	14
2	柔性线路绝缘锚段关节检测	半年1次	1季度1次	116	140
3	柔性线路线岔检测	1年1次	半年1次	22	41
4	刚性线路线岔检测	半年1次	1年1次	20	10
5	视频监控	3d1次	1d1次	180	549
6	冷滑试验	半年1次	取消	36	0

对集中修作业的报表进行修订,对检修项目进行合并,简化了报表数量,增加检修数据等量化指标的填写,并结合移动点巡检设备的开发,做到报表电子化,便于数据的分析和统计。

4 城市轨道交通集中修与铁路集中修的比较

4.1 接触网布置形式对比

铁路接触网采用的是柔性户外的架空接触网形式,其悬挂类型一般采用单链形悬挂方式,即单承单导的结构形式。城市轨道交通接触网主要采用三种结构形式:户外或隧道的柔性架空接触网;隧道的刚性架空接触网;接触轨。两者相比,城市轨道交通接触网的悬挂形式更多样,其中涉及的设备种类也更多,集中修难度也随之增加。

4.2 作业点情况对比

铁路接触网采用的是天窗点的作业方式进行检修,即对某个区间实行封闭停电,供维修人员进行作业,通常每次作业时间一般不大于2h;城市轨道交通接触网采用的是1周2次人工作业点的作业方式进行检修,每次作业时间为3h。两者相比,铁路接触网的集中修检修作业难,时间更紧迫。

4.3 作业手段对比

铁路接触网供电分段的间隔大,一般可达40~

50 km,所以通常采用轨道车进行撒网作业,作业完成后统一撤回;城市轨道交通接触网与站间隔一般小于3 km,采用人工车梯进行检修作业。两者相比,铁路接触网作业的集中性较高,趋向于一次性连检带修地完成集中修的作业,城市轨道交通接触网作业更分散,集中修作业以检为主,重在发现设备共性隐患,以确定日后检查重点。

5 结语

城市轨道交通接触网集中修模式通过对现有检修模式的调整优化,改革生产机构,发挥管理人员、作业人员、材料机具的集中优势,强化了作业组织,可充分发挥作业人员的工时效率。它是解决线路长度增长和设备检修之间矛盾的一种新型检修模式,也是今后城市轨道交通接触网检修的发展趋势。

参考文献

- [1] 徐利民.铁路集中修管理模式的研究[J].铁路运输与经济,2014(6):36.
- [2] 胡志洪,赵朝蓬.京沪线接触网集中修模式的探讨[J].电气化铁道,2008(4):39.
- [3] 陈青松.浅谈铁路接触网的特点及其改进与保护[J].黑龙江科技信息,2011(15):27.

(收稿日期:2019-04-07)

欢迎订阅《城市轨道交通研究》

服务热线 021-51030704