

上海城市轨道交通新线信号系统项目管理研究与应用

顾 鑫

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司, 200235, 上海//工程师)

摘 要 城市轨道交通新线信号系统工程的项目管理,不应仅以开通交付为目标,更需考虑设备全生命周期的运维管理。以“十三五”期间上海城市轨道交通建设的新线为例,对信号系统项目管理进行了研究。新建线路的信号系统项目管理应以全线网信号系统的总体设计规划为主导,以信号设备全生命周期运维为目标,强化从设计阶段至交付阶段的项目全过程管理,以提升项目交付质量,更好地保障运维阶段设备的安全性、可靠性、可维护性。

关键词 城市轨道交通;新线建设;信号系统;项目管理;进度规划

中图分类号 U231.7

DOI:10.16037/j.1007-869x.2021.11.021

Research and Application of Signaling System Project Management in Shanghai Urban Rail Transit New Line

GU Xin

Abstract The project management of urban rail transit new line signaling system engineering should not only aim at the opening and delivery, but also consider the operation and maintenance management of the whole life cycle of the equipment. Taking the new line of Shanghai urban rail transit constructed during the 13th Five-Year Plan as an example, project management of signaling system is studied. Signaling system project management of new line shall take the overall design planning of whole line network signaling system as the guide, viewing the whole life cycle operation and maintenance of signaling equipment as the goal, to strengthen the whole process management of the project from the design stage to the delivery stage, so as to improve the project delivery quality and to better ensure the safety, reliability and maintainability of equipment in the operation and maintenance stage.

Key words urban rail transit; new line construction; signaling system; project management; schedule planning

Author's address Telecom & Signaling Branch, Shanghai Metro Maintenance Support Co., Ltd., 200235, Shanghai, China

通超大规模网络化下高密度、高可靠、低成本的运营要求,这对工程项目的前期管理和交付质量提出了更高的要求。本文在总结上海城市轨道交通“十三五”4条新线信号系统建设的基础上,对如何提升城市轨道交通新线信号系统建设的项目管理水平进行研究。

1 信号系统项目管理难点

信号系统作为城市轨道交通运营的“大脑”和“中枢神经”,是保证列车安全、有序、快速运行的关键。在运营阶段,信号的可靠运作离不开高质量的前期建设及高效的设备维保。而在线路的前期建设过程中,信号系统工程项目管理涉及的接口专业多、技术难度高、安全风险高。信号系统项目的交付是新线建设开通投入运营的必要条件。目前,1条新线的CBTC信号系统施工调试需要4~6个月,其项目管理是影响建设进度的最关键因素。

1.1 统筹难度高

城市轨道交通的信号经历了从固定闭塞、准移动闭塞发展到基于通信的移动闭塞,从有人驾驶发展到全自动运行的阶段。信号系统制式多、功能复杂多变,在全自动运行模式下更是涉及数百个运营场景。因此,需要结合信号系统的运维实际需求,对全线网的信号系统设计进行统一规划,并将规划要求落实到每条新线的建设过程中。

信号系统不仅自身的功能多,与土建、轨道、车辆、供电、站台门、通信、综合监控等其他专业的接口也较多,在施工实施过程中不同专业间相互制约,从而加大了信号系统建设的推进难度,因此,工程计划的统筹是信号系统项目实施的难点之一。

1.2 管控难度高

信号系统工程在实施阶段由2部分组成:施工安装和功能调试。对于1条城市轨道交通线路而言,信号机、转辙机、漏缆、天线等信号设备遍布全线,设备体量大,对安装工艺质量的把控难度大;此

新线的大规模建设,需要满足上海城市轨道交通

外,信号系统功能的调试,与后台软件数据的精确性和现场施工环境的掌控度密切相关,在有限的工期内快速、有效、可靠地完成所有调试任务,是线路开通、安全运营的保障。因此,前期设备的安装质量和调试质量是决定信号系统运维阶段设备全生命周期管理的重要基础。

1.3 安全风险大

由于城市轨道交通建设环境密闭、空间有限,弱电专业会与土建、轨道、强电等专业交叉施工,现场敷设缆线、焊接钢轨、设备吊装、拆装脚手架等工序繁多,部分施工还需要运输材料的轨道车来回开行。现场施工环境复杂、施工人员众多,施工安全隐患多,施工安全风险难以管控。

2 信号系统项目管理的实施对策

上海城市轨道交通新线信号系统工程建设的过 程分为 5 个阶段:准备阶段、设计阶段、实施阶段、交付阶段和运维阶段。为了匹配超大规模网络化运营的运维特点,上海城市轨道交通对信号系统设计进行了线网层面的统一规划,将大部分影响运营的故障场景提前在设计阶段解决。此外,还将“规划管理、组织管理、进度管理、质量管理、风险管理”措施贯穿于从准备阶段到交付阶段的建设全过程,为信号系统项目全生命周期管理打下扎实的基础。

2.1 准备阶段

《工程可行性报告》批复后,项目进入信号设计前的准备阶段。该阶段主要工作是以项目经理为核心搭建业主方项目团队的组织架构,筹划整体的设计和工筹计划。项目团队由项目经理、技术经理、商务专员、技术员、计划员等组成,主要职能涵盖合同管理、设计定位、工筹统筹等方面,并对信号系统前期功能设计和信号工期计划进行统一管理。

在上海城市轨道交通的“十三五”规划中,10 号线二期、14 号线、15 号线、18 号线都采用最高自动控制等级 GoA4(无人干预列车运行)的全自动运行模式,该模式下的运营场景需要更多、更完善、更有效的信号功能与之匹配。

上海城市轨道交通已迈入超大规模网络化运营时代,线网的日均客流量超过 1 000 万人次。为降低设备运行的故障率、提升运营服务质量,通信和信号专业已经从原来的计划修、状态修逐步转为状态修。因此,新建线路的信号功能设计不但要考虑最先进的信号技术,更要满足设备全寿命周期健

康管理、系统状态修、智能化预测诊断等方面的维护需求,需要从运营和维护 2 个维度,提前形成信号功能设计需求并纳入招标文件中。

信号系统项目工程实施周期长、接口多、功能复杂,筹划工期计划需要依据线路建设的总体工程节点,具备可操作性、可控制性。工期计划的主要元素包括信号系统建设目标节点、外部接口专业输入节点、工作包分解、工序合理组合、风险源分析等。

1) 信号系统建设目标节点应满足国家交通运输部发布的交办运[2019]17 号《城市轨道交通初期运营前安全评估技术规范 第 1 部分:地铁和轻轨》的规定,具备初期运营信号安全证书。

2) 外部接口专业输入节点即信号实施阶段启动各工序的前置条件。该条件分为信号内部时间节点和信号外部时间节点,需要对这 2 个部分时间节点进行细化拆解。其中:内部时间节点主要分为信号设计招标、系统集成招标、施工标招标、监理标招标、合同谈判、设计联络会、相关接口会、工厂监造、软件设计、试验线调试、现场设备安装、现场设备调试、列车调试、现场验收等;外部时间节点主要分为与信号功能接口相关的车辆、通信、站台门、综合监控的招标时间节点,以及实施工期、轨道专业铺轨工期、接触网专业送电工期、土建装修机房交付工期等。由此,需要合理拟定每项工序完工的时间,并根据各资源(人力、物力、施工点、软件等)的具体情况考虑影响进度的风险源,拟定相关措施以避免风险,确保在预定的工期内完成工程。

2.2 设计阶段

在准备阶段,上海城市轨道交通根据信号系统线网总体规划的设计定位已形成了详细的用户需求纳入招标合同。设计阶段主要是从信号本专业和相关接口专业的各类招标活动到形成最终设计的过程,即通过设计联络会的形式将合同输入资料落地,形成信号系统的实施方案、技术规格书、工程图纸等技术文件。

设计在技术上是否可行、工艺是否先进、费用是否合理、设备是否配套、系统结构是否安全可靠等,都将决定工程项目建成后的功能、使用价值及工程实体的质量。没有高质量的工程设计,就没有高质量的工程,精心设计是工程质量的重要保障^[1]。

该阶段应根据用户需求和招标文件编制运营场景文件,通过完善场景文件来优化信号系统设

计、明确信号功能分配,以此作为后续方案落地和验收标准的依据。应组织设计联络会、相关接口会及各技术方案专题会,细化落实信号工程的总体架构和子系统功能,并对初步设计、详细设计进行审核,形成最终版的技术规格书和工程蓝图。

2.3 实施阶段

方案设计形成后,需要组织设备厂验工作,对硬件设备的工艺质量、技术性能、检验报告等逐一审核,厂验通过后方可允许厂商发货至现场使用。另外,联锁是保障列车安全运行的基础,需提前组织对联锁子系统的厂验,检验其逻辑安全性,以减少后续实施阶段在安全和进度上的风险。为了提升系统软件的稳定性,应利用外场试车线提前测试信号、车辆、综合监控、站台门、通信等子系统的单体功能及联动功能,尽可能减少系统功能反复测试对线路开通造成的影响。

实施阶段是信号系统项目建设的实质性阶段,涉及首件定标、室内外设备安装、道岔工电联检、设备单体调试、列车动车调试、综合联调等一系列活动,这些活动工作量很大,需要耗费很长的时间。项目初期的团队人员配置已无法满足实施阶段项目管控的要求,需要优化组织架构,成立 1 支人数更多的管理团队。因此,需要和施工单位、设备供应商、监理共同成立项目联合团队,以混编的形式成立统筹组、技术组、质量安全组、现场组,以实时进行施工资源统筹、质量盯控、安全把控、进度管控,在项目实施过程中取长补短,增强协同作战能力。

该阶段的进度管理主要对象分为 2 部分:施工调试和后台软件。其中,施工调试受外部条件制约较多,主要包括:①室内设备安装前需土建装修完工交付机房并具备 400 V 设备调试用电;②室外设备安装前,需根据短轨铺设进度完成设备的位置测量及安装,转辙机设备安装需在轨道专业浇筑完成基坑后实施,站台区域的线缆敷设需等轨道人防门挂设完成等;③信号动车调试前需待接触网专业完成冷、热滑试验并确保接触网送电成功后实施;④车辆专业需在限界动态实验保障无限界侵限完成后进行。

后台软件的进度和稳定是确保信号系统完成最终调试任务的重点。新线信号工程的软件一般会有 4 个版本:低速版、高速版、试运行版、消缺版,每 1 版软件的编写都有一定周期性,需要匹配现场的实际工期。虽然准备阶段已筹划了总体工期计

划,但现场实施过程中进度偏差仍无法避免,需根据准备阶段的工期计划和现场实际情况进行动态的跟踪和调整。此外,还需结合土建、轨道等外部专业的人工点需求、信号专业的施工调试需求及后台软件进度等因素,统筹施工资源,使其更合理。

施工调试质量管理是基于定性、定量、定标的过程管理,项目管理应贯穿从项目初期的设计交底、合同对标、行业规范对标、首件设备安装定标,到实施阶段的“自查、互查、抽查”管控,以及交付前验收的全过程。只有这样,才能从真正意义上保证施工调试质量,保障信号运行的安全可靠,延续设备的使用寿命,并利于后期的设备维护。

每个项目都存在影响项目进度的不确定因素,设计功能是否实现、前置节点是否保证、现场交叉施工是否安全、软件倒接是否可靠等方面都需要通过实施风险管理来加以管控。项目中主要通过主动识别风险、预防风险、拟定应对措施等进行风险管理。事前对可能存在的风险项进行梳理,每项施工调试作业在实施前应由监理方牵头,对所有参与人员统一进行安全交底工作。对于风险较高的施工调试,还应开展专项方案讨论,从管理和技术两方面筹备相关的应急预案。现场应专设信号作业指挥室,对每日的施工调试作业集中管理,加强协调组织,以应对突发事件。

2.4 交付阶段

在新线开通前,应依据前期编制的验收标准,组织专业技术人员开展设备安装和系统功能的验收工作,配合完成初期运营前 3 个月试运行的要求,并对遗留问题项进行跟踪与消缺,以保证信号系统在线路开通后安全、可靠运行。

3 信号系统项目管理案例应用

上海轨道交通 15 号线工程是“十三五”期间构建城市轨道交通超大规模轨道交通网络的新建线路。在初步设计阶段,15 号线的项目团队根据各专业的重要节点,编制了工程筹备计划,明确了各阶段的工筹计划和各专业的边界条件要求,其内容涵盖了各专业的招标计划、设计安排、接口联络计划,以及信号设备安装、单体调试、静态验证和联调联试等计划。

在设计阶段,项目团队收集了大量国内外全自动运行城市轨道交通项目的相关资料,一方面对信号功能的用户需求进行对标梳理工作,形成了符合

上海城市轨道交通运维特点的全自动运行的信号功能设计,另一方面充分考虑了在线监测、综合运维等信息化建设,积极推进新线设备运维向智能化、精细化转型。在信号系统的设计阶段,分别召开了4次信号系统的设计联络会、数十次的车辆接口会及上百次的各类技术专题会,参会人员覆盖了业主运维方和各接口供应商,每项功能的设计及落实均建立在长时间的连续讨论、探索研究的基础上,力求获得最优方案。为了提升全自动运行系统的成熟度,项目团队还牵头编制《全自动运行的外场测试方案》,方案涉及了各专业的功能、接口、工期计划、测试配套需求等内容。

在实施阶段,2020年突发的新冠病毒疫情导致前置节点滞后了2个多月。项目团队在协助推进土建、轨道、供电等外部条件的同时,内部重新细化编制了《15号线信号系统安装调试计划》,该计划以小时为单位,涵盖了信号及相关接口专业的设备安装、单体调试、静态验证和联调联试等计划进度,进一步细化了各专业的关键工序和各专业的边界条件要求,以大幅度压缩工期。为了使现场进度盯控工作更具有可操作性、科学性和针对性,项目团队联合施工单位和供应商,建立了精细化管理体系的联合团队,明确了施工进度控制人员及其职责分工。另外,项目团队还建立了计划的审核制度及实施中的检查分析制度,以实时反馈每个节点的进度情况,推进节点落实到位。

在质量把控过程中,项目团队更强调过程控制,从设备厂验、现场到货开箱到首件定标、大规模安装,一直实行“三检”制度,即施工单位自行例检、

业主管理团队定期现场检查、项目经理不定期抽检。为了配合土建、轨道专业更高效地利用施工时间,15号线分为3个区段开展列车动车调试,这对风险防控提出了更高的要求。项目团队成立了现场指挥室,实时监控现场情况,对于突发事件做到及时响应、快速处理。在技术上,还通过设置安全防护区段、采用软件实现临时处理方案、调整调试工序等方式来降低安全风险。

15号线已于2021年1月23日开通运营,该线一次性在全线以全功能模式完成了全自动运行信号的调试与验收,整个项目的施工工期为111 d,创下了全球全自动运行城市轨道交通线路的信号系统动车调试工期最短的记录。线路运营开通至今,未发生过因信号故障造成5 min运营晚点。

4 结语

综上所述,城市轨道交通建设的项目管理需要结合项目进度、项目质量、项目成本、项目风险、运维服务、技术发展等多维度统筹管理。信号系统的前期建设质量是后期运维稳定性的关键因素,需结合科学的信号系统项目管理理论,提高实际的管理能力和积累管理经验,在保证开通节点设备的同时,进一步提升线路运营后的运维服务质量。

参考文献

- [1] 张剑平. 设计阶段项目管理的重要性. 山西建筑, 2010(34): 210.
ZHANG Jianping. Importance of project management at design phase[J]. Shanxi Architecture, 2010(34): 210.

(收稿日期:2021-04-27)

上海地铁维护保障有限公司通号分公司积极推进“十四五”规划相关工作

近期,上海地铁维护保障有限公司通号分公司(以下简称“通号分公司”)在积极推进“十四五”规划相关工作的落地,主要包括:

一是加速设备管理体系的优化和运维模式的转型,逐步形成具有通信、信号专业特色的超大规模网络设备运维特征。通号分公司重点研究了基于数据的平台化管理体系,形成了《上海超大规模轨道交通网络运营指挥中心关键技术研究及应用》、《面向智慧地铁的信号系统全生命周期主动维保关键技术研究及应用》等多份研究报告,为超大规模网络的智慧化运维夯实基础。二是打破传统的事后防控管理模式,形成事前预警的防控机制。在上海轨道交通15号线双柏路站试点基于数字化运维的状态修模式获得成功后,通信、信号专业拟将所有设备纳入在线监测体系,根据设备及人员的实时情况来派发工单、组织生产,实现机房的无人值守;发生故障后,迅速生成故障的基本信息、定位故障点,及时推送处置预案,采用抢修人员接单模式来排除故障;施工作业关键工序与设备状态相关联,实行自动化管控。三是关注人才梯队培养。通过长期带教、培训等传承工作,逐步形成金字塔型的梯队储备人才库,建立良好的人才生态内循环。

通号分公司突破传统制约,维保模式逐步从粗放式、快速增长向集约化、高质高效转型,依托新的科学技术,为打造全球领先的城市轨道交通维保体系而不断努力。

(上海地铁维护保障有限公司通号分公司供稿)