

摘要 成都地铁 1 号线一期工程在车辆、信号、屏蔽门、综合监控、自动售检票、隧道通风、轨道等 9 个机电子系统中推行系统保证工作。从技术及管理两方面介绍了系统保证工作的实施情况,并对系统保证在国内地铁项目中的应用进行了探索。

关键词 地铁;可靠性;可用性;可维护性;安全性

可靠性,可用性,可维修性,安全性(Reliability,Availability,Maintainability & Safety,简称为 RAMS)管理,又称为系统保证管理,主要是指在系统的计划、设计、建造、验收和运营阶段,通过一系列的控制措施,保证系统在投入运营时能符合系统的预期性能要求。具体来讲,主要在上述过程中确保已经充分地整合并考虑了可靠性、可用性、可维修性、人为因素、安全性等因素。

成都地铁公司本着“经营地铁”的理念,在成都地铁 1 号线一期工程设计和建造过程中,从运营角度出发,综合考虑运营的安全及效率需要,引入了系统保证。它与香港铁路有限公司(简称“港铁”)合作,采用系统保证理念,力求在项目的各个阶段降低风险,有效控制系统在各阶段形成的质量,最终得到一个高品质的地铁系统。

1 RAMS 在成都地铁 1 号线一期工程中的应用

成都地铁根据自身的特点,在车辆、信号、供电、屏蔽门、综合监控、自动售检票、隧道通风、轨道等 9 个机电子系统中,从技术和管理两个方面,对设计单位、业主、咨询单位、供货商、安装单位、监理单位等进行了多角度的系统保证工作。

1.1 技术方面的系统保证工作

在项目进行的各阶段,通过系统保证指标分配,隐患分析,RAM(可靠性,可用性,可维修性)分析,安全原则与符合性评估,故障模式、影响及重要性分析,分阶段提交和更新报告,并建立故障报告与修正措施系统;对隐患分析及改进进行记录及跟踪,在必要时对单项隐患进行危害和可操作性研究分析,进行安全与成本计算,最终决定改进方案。具体通过以下几个方面的工作来满足相关的要求。

(1)将整个地铁机电系统的可靠性指标按照一定的分配方法及原则分配到各机电子系统。各机电子系统在设计过程中根据各自的性能和技术指标,综合考虑 RAMS 要求,优化设计方案。成都地铁 1 号线一期工程设定的服务指标为 98.5%。对应这一指标选定了相应的 RAM 指标,并完成了这些指标在 9 个机电系统中的分配,以及对各机电系统的设计进行优化。

(2)针对系统的潜在隐患进行分析,在设计、开发、生产及测试阶段,应用安全评估技术,从系统、接口、运营三方面进行系统的隐患分析。在此基础上,考虑有关隐患的减轻措施,并将其纳入系统的设计、开发、生产及测试过程,起到切实消除或减轻隐患的作用。通过隐患分析,可以明确在地铁建设的各阶段都存在什么隐患,可采取何种相应的措施将隐患降低至可接受的范围。最后,在初步运营阶段前,各系统承包商将需要制定特定运营及维修过程控制的运营银行转交至运营部门,便于在运营中采取相应的措施来保证地铁的服务。

(3)承包商需进行 RAM 分析,以预测系统 RAM 的表现,确保设计能满足系统 RAM 目标及设备可靠性目标要求。分析中必须列明设备及相关组件的主要故障模式、故障原因、维修时对运营造成干扰的可能性(即就地维修),以及单项故障和多项故障同时发生时对系统造成的影响等。人为错误以及由其它设备接口故障所造成的影响亦应纳入 RAM 分析中。任何对安全构成影响的故障模式必须记录在隐患登记册上,以便于跟踪。通过 RAM 分析,在地铁建设的相应阶段落实 RAM 指标,最终以各系统的可靠性、可用性、可维修性来保证地铁的服务质量。

(4)根据业主及相关行业规范的安全要求,进行安全原则及规范要求的符合性评估,包括根据安全等级的要求,让相关安全认证及评估机构进行安全验证及评估,并出具相应的评估报告;同时,进行故障树分析-危险侧故障-量化风险评估,并出具相应报告。若各系统通过安全符合性评估,可以确定其满足业主及相关行业规范的安全要求(承包商需出具相应的安全报告)。业主也可以采用第三方安全认证的模式对各系统的安全进行重新评估,以确保地铁建设及运营的安全。



(5)进行故障模式、影响及重要性分析。一般运用归纳法,首先确定潜在的问题,继而进行分析,最后计算出可能造成的影响及严重性。

1.2 管理方面的系统保证工作

系统保证技术方面指标的实现,需要有相应的组织架构及管理类的程序来支持。成都地铁1号线一期工程在建设初期设立了系统保证小组,并与各机电系统的系统保证负责人一起组成系统保证委员会;后期根据项目的进展情况,还需要安全委员会及质量管理委员会等部门人员的协作管理。具体的组织架构及管理类程序如下:

(1)在项目的构思策划阶段,咨询单位根据成都地铁公司及1号线的具体情况,设计系统保证各有关方的工作职责及工作程序,提出了各阶段系统保证工作人员的投入情况。同时,对系统保证人员的资历提出了要求,拟定对业主方相关人员的培训计划,并进行初期培训。

(2)根据项目的进展,成都地铁成立了由项目经理及项目管理人员组成的系统保证项目小组,并与各机电系统的系统保证负责人一起,组成了系统保证委员会。

(3)在项目的后继阶段,系统保证工作需要咨询单位、供货商、安装单位、监理单位等参与,因此在组织上需要安全委员会及质量管理委员会等部门的人员参与。

(4)建立了一套系统保证管理的程序类文件,其中包括:项目各相关方在内的组织架构,人员职责及分工,文件编制、递交、审查、批准的流程,各方的职责及权限等。为规范操作,成都地铁在各相关的招标文件中明确要求承包商及监理单位提交系统保证计划,其中包括:各单位在系统保证工作中的责任及分工,相应的人员及组织架构安排,文件编制、递交、审查、批准的流程等,确保各单位内部的系统保证工作切实推行,过程可控。

(5)在工作形式上,围绕在不同阶段开展的安全分析、RAM分析、故障模式、影响及重要性分析、RAM证明、故障报告与修正措施系统的建立等,展开相应的管理工作,组织会议或现场审查。

(6)在质量与进度的控制上,采用月度会议、启动会议、跟进会议,探索性地利用设计联络会、现场监造、联调等现场工作方式,落实系统保证工作。

2 取得的成果

目前,成都地铁1号线一期工程处于招标及合同谈判阶段,部分系统已经进入承包商详细设计阶段。在这一时期,系统保证工作取得了较好的进展。

2.1 整个系统的构思

制定了成都地铁1号线一期工程的服务指标、RAMS目标及系统保证要求,便于后期各阶段据此采取进一步的措施;设立相应的组织架构,成立了建设安全委员会、运营安全委员会、系统保证小组、项目小组,明确了各委员会和小组的职责范围,以及各组织内部、各组织之间的信息沟通方式;对地铁相关人员进行了系统的RAMS理论培训,并引导各专业负责人从业主的角度,从系统保证方面,结合成都地铁各专业的特点,思考系统保证在成都地铁1号线一期工程中的推行;明确了各阶段系统保证工作的概要,便于指导各阶段的系统保证工作。

2.2 系统保证指标的建立

系统保证咨询单位根据成都地铁1号线一期工程的服务指标及RAMS目标,确立了各子系统的RAMS指标,并明确了在各阶段所需进行的RAMS管理工作。

2.3 各系统初步隐患分析的梳理

系统保证咨询单位根据成都地铁各机电电子系统的招标设计情况,综合国内外的经验,进行了各子系统的初步隐患分析。分析结果见表1。初步隐患分析列出了在现有设计状况下各系统存在的隐患,提出了相应的改进措施,以便于系统保证各相关单位在后期的工作中跟踪该隐患,直至隐患消除或降低至可接受范围。本次隐患分析列出不可接受风险4项,不理想风险55项,并通过隐患减轻措施消除了这些风险。分析还列出了479项可容忍风险,并也通过隐患减轻措施,将其降低到64项。该项分析有效地减轻了本阶段的系统风险。



表 1 初步隐患分析风险数量表

| 项目 | 原有风险 | 剩余风险 |
|-----------|------|------|
| 不可接受 (R1) | 4 | 0 |
| 不理想 (R2) | 55 | 0 |
| 可容忍 (R3) | 479 | 64 |
| 可接受 (R4) | 129 | 603 |
| 合计 | 667 | 667 |

注: R2为风险等级过高,不能接受,一定要采取有效措施将其安全等级降到可接受范围。R3为如果业主批准则为可接受风险,否则需要采取有效措施将其安全等级降到可接受范围。

2.4 承包商系统保证评估

系统保证咨询单位对承包商进行了系统保证能力评估,指出承包商在系统保证方面的不足之处,提请业主及各相关单位在后期跟踪;定期召开会议,对承包商不明白的系统保证要求进行详细讲解,便于承包商对系统保证工作的理解与重视,从而使系统保证工作达到实际效果。

2.5 下阶段工作思路的建立

系统保证咨询单位编制了设计阶段系统保证工作细则。该细则明确了设计阶段各相关单位的职责,以及文件提交计划、文件审批流程、文件审查标准、月度报告、审查意见表等的格式,规范了设计阶段具体的系统保证工作,以期对各相关单位的系统保证工作起到指导作用,便于后期工作有序开展。

3 存在的问题及下阶段工作重点

在成都地铁 1 号线一期工程中推行的系统保证工作,是系统保证咨询单位根据 EN 50126 标准,并结合国内地铁的特点而进行的,在国内地铁行业中尚属首例。由于国内既无这方面的经验可借鉴,亦无标准可循,因此从目前来看,还存在以下问题:

(1)国内地铁建设管理模式与国外有差别,各相关单位在系统保证工作中的职责需要结合国内的具体实际,逐步落实。

(2) EN 50126 标准与国内相关的安全标准及行业标准不尽相同,需要结合国内的具体实际制定相应规范。

(3)在后续阶段中,需要将成都地铁 1 号线系统保证工作中所产生的数据与地铁公司的数据库系统结合;并将运营与维护的资料纳入数据库管理,定期进行服务质量的考核;在此基础上进行相应的系统保证分析,从而将系统保证工作规范化,在有计划投入改进的情况下逐步提升地铁的服务质量及安全性。

(4)本项目实施结束后,系统保证的管理工作已纳入成都地铁 1 号线的建设与运营各环节的项目管理工作中,系统保证工作操作模式基本固定,有规范化的管理。后续成都地铁公司的系统保证工作,应对各系统、各项目进行深入的系统保证分析;在必要时,应对某一隐患、故障、事故设立专门的课题进行系统保证研究,起到系统保证的预防与根治作用,从根本上改进地铁服务质量及安全性。

系统保证各相关方需从自身乃至地铁整体的角度,考虑系统保证工作的推行与落实,创造性地开展系统保证工作,以争取获得一个高品质的地铁系统。

参考文献

- [1]陈蕾.城市轨道交通引入 RAMS 管理的必要性[J].城市轨道交通研究, 2007(3): 4.
- [2]吴涛.安全评估方法在轨道交通中的应用[J].城市轨道交通研究, 2002(3): 52.
- [3]屈植,钟勇.安全评价在城市轨道交通工程中的运用[J].安全技术与管理, 2002(8): 40.



[4]孙思南,刘金叶.轨道交通信号系统的可靠性、可用性、可维修性和安全性分析[J].城市轨道交通研究, 2007(11): 66.

