

轨道交通装备系统 集成工程接口管理

Rail transportation equipment system integration
and interface management

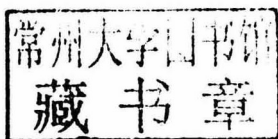
方 鸣 陈建国 刘潍清 编著

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

轨道交通装备系统集成工程接口管理

Rail transportation equipment system integration
and interface management

方 鸣 陈建国 刘潍清 ©编著



中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

本书以轨道交通装备系统构成及接口管理为基础,较为全面地阐述了轨道交通装备系统集成工程接口管理理论、接口管理实例、接口管理深入研究与展望。

本书是国内首次将接口管理概念融入轨道交通装备系统管理中,对于提高我国轨道交通设计制造、运营管理等有着积极的意义。本书可供轨道交通设计制造、咨询监理、运营维护等从业人员以及相关研究教学人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

轨道交通装备系统集成工程接口管理/方鸣,陈建国,刘潍清
编著. —北京:中国铁道出版社,2018.12
ISBN 978-7-113-25063-8

I. ①轨… II. ①方… ②陈… ③刘… III. ①城市铁路-轨道交通-交通设施-接口 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 247458 号

书 名: 轨道交通装备系统集成工程接口管理

作 者: 方 鸣 陈建国 刘潍清 编著

责任编辑: 侯跃文 王风雨 孙 楠 黄 璐 编辑部电话: 010-51873421 电子信箱: tdpres@126.com

封面设计: 郑春鹏

责任校对: 焦桂英

责任印制: 高春晓

出版发行: 中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街8号)

网 址: <http://www.tdpres.com>

印 刷: 北京建宏印刷有限公司

版 次: 2018年12月第1版 2018年12月第1次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 16.5 字数: 401 千

书 号: ISBN 978-7-113-25063-8

定 价: 98.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前 言

接口(Interface)在英、美词典中有多种解释。第一种指共同的边界,即两个事物互相接触的表面、位置或点;第二种指事物之间的边界,即物体或异种物质的不同阶段之间的一个共同边界;第三种指相互作用的点,即在人们共同行动或相互影响中的位置、状态、方式,或事物间的连接点。从接口的解释可以看出:首先,接口作为一个共同边界,它可能是一个功能、物理、电气、电子、机械、液压、气动、光学、软件的边界,或存在于两个或多个系统产品或组件之间;其次,接口作为边界,可以是内部的和外部的接口;再次,接口还是作为物质世界的一种客观存在,它是普遍存在的,并且大量地存在于人们的日常生活和工作中。同样,根据英、美词典的定义,接口管理(Interface Management)包括接口定义、控制活动以及所需要的信息交流,以使得无关联的对象(包括系统、服务、设备、软件以及数据等)能够相互作用,实现其有效使用和变更管理。因此,接口管理始于系统或服务的规划和设计,持续于整个系统或服务的构建、运行和维护中,即存在于系统生命周期的全过程中。现代轨道交通系统是为乘客提供安全、快捷、舒适的服务的系统,属于庞大的智能化交通系统工程,由各系统、子系统和设备之间相互关联、相互依存,共同实现轨道交通的各项功能需求。所以,在轨道交通装备系统集成工程中存在大量的接口,管理这些接口需要行之有效的手段。

轨道交通装备系统集成工程是轨道交通工程的重要组成部分,与隧道、桥梁、线路、车站等土建工程和轨道工程一起满足轨道交通项目建成后的运输生产和服务运营任务的要求。它是一个“系统的系统(System-of-Systems, SoS)”集成工程,不仅存在在本系统与外部系统之间的接口,还包含了构成系统的各子系统、设备之间所形成的成千上万的接口;既包含了各参与建设的组织之间的接口,又包含了所涉及的建设工程各个阶段中的空间、时序之间的接口。因此,接口存在于组织、管理、技术、空间、位置等中间。为了有序、高效、优质地设计开发、实现、验证和确认这些工程接口,需要对其进行科学有效的管理。

轨道交通装备包括车辆及设备系统,其集成工程除了建造运营所需要的隧道、桥梁、线路、车站和轨道等基础设施的土建工程外,另一项重要的工作则是轨

轨道交通装备系统集成工程中的设备、设施的设计开发、制造、安装测试、集成与调试。土建工程和装备系统集成工程之间存在大量接口,装备系统集成工程内部自身也存在大量的接口。以城市轨道交通系统为例,根据 GB 50722—2011《城市轨道交通建设项目管理规范》,城市轨道交通工程接口管理是指对轨道交通工程接口的协调与管理,包括项目内部设计、施工、制造、安装和调试等之间的协调管理,还应包括建设单位、设计单位、监理单位及与外部相关单位、团体和个人之间的协调管理。由此可见,轨道交通装备系统集成工程作为轨道交通工程的组成部分,其接口管理包括了轨道交通车辆及设备系统集成工程本身生命周期各阶段之间的协调与管理,既包括了设计开发阶段系统、子系统、组件等之间的技术协调与管理,又包括了在建造中相关系统组件之间在空间和时间上的配合与协调,同时还包括了其中各相关参与方之间在组织、人员上的协调与管理。

通常情况下,轨道交通装备系统集成工程主要包括车辆和车辆段设备、牵引供电/动力配电系统、信号系统、通信系统、自动售检票系统、站台门、电扶梯系统、环控系统和综合监控系统等。因此在整个轨道交通装备系统集成工程中,存在着车辆及设备系统集成工程与土建工程、车辆与设备系统、设备各系统内部、设备与设备之间的接口,主要包括安装位置和工序接口以及结构、电气、机械功能、设计约定和软件规约等方面相互关联、相互衔接的部分。另外,轨道交通的设备系统集成工程在设备制造、基础预制、安装、线缆布放、调试和总联调等各阶段还存在着众多技术、管理接口。这些接口有的存在于工程的时间和空间中,有的存在于工程的合同、设计等文件约定中,有的则存在于施工现场的管理和协调中。不论接口以何种形式存在,都需要运用系统工程方法进行及时、细致的接口管理和协调。接口问题处理失时或失当,不仅会给局部轨道交通装备系统集成工程造成损失,还可能给整个轨道交通工程带来严重的不良后果,甚至留下影响安全运营的隐患。因此,在处理轨道交通装备系统集成工程接口管理中,以下特点应引起轨道交通装备系统集成工程决策者和参与者的高度重视:

第一,轨道交通装备系统集成工程的接口管理工作贯穿于整个系统规划、车辆及设备系统方案设计、子系统设计,各子系统设备的产品设计、制造、安装、调试,以及子系统测试与调试、车辆及设备系统总联调、试运营等工程生命周期各个阶段。轨道交通装备系统集成工程接口管理工作通常开始于运营参数的确定、车辆及设备系统方案设计、子系统设计,历经设备的概念研究、系统初步设计、产品设计阶段、设计联络和设计审查、设备的采购和制造、设备供货、设备安装调试、子系统测试与调试、车辆及设备系统总联调、试运营等各个阶段。各阶段的接口管

理工作内容不尽相同,侧重点不同,深度也不同。例如,在设备制造阶段,接口管理工作的重点在于技术接口管理;在设备安装阶段,接口管理工作的重点在于工程接口的管理和协调。对于同一接口,子系统设计时比方案设计时具有更深的深度。

第二,轨道交通装备系统集成工程具有系统庞大复杂、构成子系统比较多、设备类型多、接口关系复杂、工程与管理接口繁多的特点;同时,涉及诸多供货商与集成商,而且合同约定和承包方式各有不同,使接口管理工作错综复杂,难度更大。

第三,轨道交通装备系统集成工程接口管理所涉及的专业技术涵盖面广,专业技术要求高。在设备接口管理过程中,各专业项目之间需要相互协调、密切配合,以保证满足各类设备的设计要求,充分发挥装备系统全部功能。

第四,轨道交通装备系统集成工程接口实施科学、有效的管理,对确保工程建设进度、控制投资规模都具有重要的意义。在轨道交通装备系统集成工程的实施中,存在多种类型的接口,接口定义了各个专业或各个系统、子系统之间的相互关系和技术要求,是设备系统之间功能的基础。轨道交通装备系统集成工程的技术接口顺利实现数据互通,工程接口、合同接口、管理接口和信息接口等实现顺利交接,是轨道交通装备整个系统能够顺利进行总联调和试运营的基础,这对防范设备工程风险、控制设备工程投资规模、保证总工期目标的实现具有重要的意义。

最后,轨道交通装备系统的设备选型决定了接口功能的实现,接口试验过程中的优化设计、功能实现有可能改变设备选型甚至系统方案,容易引起设备变更和合同变更,所以接口管理工作中的技术接口、合同接口的科学有效管理是防范设备工程风险和控制设备投资规模的重要环节。

综上所述,轨道交通装备系统集成工程的接口管理不仅涵盖了设备系统自身的各个阶段,而且还涉及设备系统工程的相关工程,贯穿于整个设备系统工程的策划、设计、签约、制造、安装、调试和系统总联调的整个系统生命周期中,是保证车辆与设备系统集成工程质量和工程进度的至关重要环节,是确保轨道交通实现预定的功能和目标乃至安全运营的关键环节。

接口管理的论述散见于国内外大型工程建造项目管理方面的文献中,鲜有专著对此进行论述。本书作者根据多年从事轨道交通系统相关科学研究和工程实践的经验,尤其是在国内首次提出并主持的轨道交通工程装备系统集成工程专业工程咨询、监理项目中所获得的经验,参考国内外项目管理、系统工程科学等方面的相关文献,对轨道交通系统中的接口、以及接口管理进行了深入的研究,结合国

内的传统工程管理模式,在轨道交通系统集成工程实践中予以运用并取得了很好的效果。通过对上述研究成果、工程实践的总结,本书首次系统地阐述了接口管理理论在轨道交通装备系统集成工程中的运用,提出了轨道交通装备系统集成工程接口管理通用解决方案。为了更好地阐述相关概念,书中使用了部分整理、改编自国内外相关文献及网络文献中的图片,在此特向这些图片的原作者表示由衷的谢意。

期待本书的出版能够使得从事轨道交通系统工程人员充分理解城市轨道交通装备系统集成工程设计、安装施工、调试期间等系统生命周期阶段接口和接口管理的复杂性、系统性和重要性,并对其自身的工程实践有所裨益。

为方便读者阅读,根据相关的参考文献,附录列出了本书中的英文缩写词一览表。

本书可供从事轨道交通工程相关管理和技术人员参考,亦可作为大专院校相关专业的教学参考书籍。

编者

2018年10月

目 录

1 轨道交通装备系统的构成	1
1.1 车辆和车辆段设备	1
1.1.1 车 辆	1
1.1.2 车辆段设备	3
1.2 牵引供电/动力配电系统	6
1.2.1 牵引供电系统	6
1.2.2 牵引网系统	7
1.2.3 动力配电系统	9
1.3 信号系统	10
1.4 通信系统	12
1.5 自动售检票系统	15
1.6 站台门系统	16
1.7 电扶梯系统	18
1.8 环控系统	18
1.9 综合监控系统	19
1.10 小 结	21
2 接口管理理论概述	23
2.1 利益相关者理论	24
2.2 协同理论	25
2.3 闭环管理原理	26
2.4 动态管理原理	27
2.5 系统论和系统工程	27
2.5.1 系统工程的定义	28
2.5.2 系统工程目标和原则	30
2.5.3 系统工程过程	32
2.5.4 系统工程的 活动	37
2.5.5 典型的系统工程过程	42

2 轨道交通装备系统集成工程接口管理

2.6	并行工程理论	44
2.7	功能框图	45
2.8	小 结	46
3	接口管理	47
3.1	接口概述	47
3.1.1	接口定义	48
3.1.2	接口特征	50
3.1.3	接口性质	51
3.1.4	接口分类	52
3.1.5	接口解决方案	56
3.1.6	接口协调与控制	59
3.1.7	接口分析和开发工具	61
3.2	接口生命周期	62
3.3	接口管理	64
3.3.1	接口管理定义	64
3.3.2	接口管理分类	65
3.3.3	接口管理活动	66
3.3.4	接口管理方法	78
3.4	接口管理过程	79
3.4.1	接口管理计划	79
3.4.2	接口管理实施	80
3.4.3	实施接口控制	82
3.4.4	接口管理跟踪检查	82
3.5	接口风险管理	82
3.6	接口变更管理	85
3.7	接口管理记录	85
3.8	小 结	85
4	轨道交通装备系统集成工程接口管理	87
4.1	轨道交通装备系统集成工程接口管理特点和意义	87
4.1.1	轨道交通装备系统集成工程接口特点	87
4.1.2	轨道交通装备系统集成工程接口管理特点	88
4.1.3	轨道交通装备系统集成工程接口管理意义	88
4.2	轨道交通装备系统集成工程接口概述和分类	89

4.2.1	轨道交通装备系统集成工程接口概述	89
4.2.2	轨道交通装备系统集成工程接口分类	90
4.3	轨道交通装备系统集成工程接口内容和管理	94
4.3.1	整体系统要求阶段	95
4.3.2	整体系统定义阶段	96
4.3.3	各系统生命周期阶段	99
4.3.4	整体系统集成和确认阶段	122
4.3.5	整体系统验收阶段	124
4.4	小 结	124
5	轨道交通装备系统集成工程接口管理实例	126
5.1	概 述	126
5.2	工程接口管理总体策划	128
5.2.1	工程接口管理主要任务	128
5.2.2	工程接口管理主要内容	128
5.2.3	工程接口管理组织机构	128
5.2.4	工程接口管理规定的制定	129
5.2.5	接口管理记录	132
5.3	车辆与设备系统接口框图与接口内容	134
5.3.1	车辆系统	134
5.3.2	信号系统	135
5.3.3	供电系统	138
5.3.4	通信系统	141
5.3.5	电扶梯系统	143
5.3.6	站台门系统	144
5.3.7	综合监控系统	149
5.3.8	环控系统	151
5.3.9	AFC 系统	153
5.3.10	车辆段设备	154
5.3.11	牵引网(接触网/接触轨)系统	156
5.4	机电设备系统进场条件	157
5.5	系统设备制造、安装中的接口管理	160
5.6	系统联调中的接口管理	195
5.7	小 结	209

6 系统集成工程接口管理的深入研究与展望	210
6.1 简介	210
6.1.1 传统建设项目	210
6.1.2 集成—建设项目	212
6.2 集成工程接口管理的深入研究	213
6.2.1 通用接口管理策略	213
6.2.2 集成—建设项目接口管理方法	216
6.3 轨道交通系统集成工程接口管理的进展	225
6.3.1 动态接口管理	225
6.3.2 系统集成授权(SIA)	230
6.4 接口管理信息化	240
6.4.1 用户会话层	241
6.4.2 接口业务层	241
6.4.3 接口数据层	242
6.5 小结	243
参考文献	244
附录 中英文缩写简表	248

1 轨道交通装备系统的构成

轨道交通系统工程是一个复杂而完整的综合性系统工程,不仅包括隧道、桥梁、线路、车站等土建工程和轨道工程,还包括轨道交通装备系统工程。举例来说,城市轨道交通装备系统包括车辆和车辆段设备、牵引供电/动力配电系统、信号系统、通信系统、自动售检票系统、站台门、电扶梯系统、环控系统和综合监控系统等九个主要设备系统大类。因此,要实现城市轨道交通工程的目标,不仅要完成包括隧道、桥梁、线路、车站等土建工程和轨道工程的建造,而且还要完成上述轨道交通装备系统工程的集成,使之形成一个安全、舒适运送旅客的综合轨道交通系统。

1.1 车辆和车辆段设备

1.1.1 车 辆

在轨道交通车辆及设备系统中,车辆是列车的基本组成,它具有先进性、可靠性和实用性,满足容量大、安全、快速、舒适、美观和节能的要求。按照不同的编组由车辆构成车辆单元,若干车辆单元经过连挂形成一列列车。列车是运输乘客并确保轨道交通运营的关键设备工程之一,除了直接服务于旅客的设备系统外,其他设备系统以列车运行为核心,完成其各自的系统功能,实现旅客列车安全、舒适、便利和快捷地运行。

一般地,我国铁路以动力集中或分散形式将列车分为动车组和机车牵引列车两类。城市轨道交通则按有无驾驶室分,车辆可分为带司机室车和不带司机室车两类;按车辆有无动力分,车辆可分为动车(Motor)和拖车(Trailer)两类。

车辆根据黏着计算,按照一定比例的动车、拖车构成车辆单元(动车组),然后多辆动车组构成列车。在我国,城市轨道交通一般采用两种动车与拖车的配比方式构成列车,同时列车两端的车辆采用带司机室车辆,便于往复行驶。编组形式如下:

(1)一动一拖构成车辆单元,两组或三组车辆单元连挂构成一列 4 辆或 6 辆编组的列车;

(2)二动一拖构成车辆单元,两组车辆单元连挂后构成一列 6 辆编组的列车。

城市轨道交通车辆主要由车体、转向架(走行部)、缓冲装置(含车钩)、牵引和电制动系统、基础制动装置、受流装置、车辆内部设备、车门及其控制、车辆控制和诊断网络系统以及车辆视频监控、旅客信息系统等组成。

依据高峰小时客流断面人次,我国标准规定城市轨道交通分为地铁交通(高峰小时客流断面超过 3 万人次)、轻轨交通(高峰小时客流断面在 3 万人次以下)和有轨电车交通(高峰小时客流断面在 1 万人次左右,目前除个别城市保留外,经过现代化改造的有轨电车还成为一些大城市特定区域的公共交通形式)三大类。对于地铁交通,车辆规定采用四轴车

2 轨道交通装备系统集成工程接口管理

辆,并按照车辆的车体大小分为 A 型车辆和 B 型车辆两种。对于轻轨交通,车辆除采用四轴车辆中的 B 型车辆外,还可以采用 C 型车辆(铰接式车辆)。我国城市轨道交通车辆主要技术参数见表 1-1。

表 1-1 城市轨道交通车辆主要技术参数

序号	名称		A 型车	B 型车	C 型车
1	车体基本长度(mm)		22 000	19 000	/
2	车体基本宽度(mm)		3 000	2 800	2 600
3	车辆外部高度(mm)	受流器车辆	/	3 800	四轴、六轴、八轴铰接式车辆
		受电弓落弓车辆高度	3 810~3 890	/	
		受电弓工作高度	3 980~5 410	/	
4	车内净空高度(mm)		≥2 100		
5	地板面高(mm)		1 130	1 100	
6	轴重(t)		≤16	≤14	
7	车辆定距(mm)		15 700	12 600	
8	固定轴距(mm)		2 200~2 500	2 000~2 300	
9	每侧车门数(对)		4~5	3~4	

注:带司机室的车辆可加长。

我国标准规定的 A 型、B 型和 C 型车辆如图 1-1 所示。



(a) A 型车辆



(b) B 型(受流器)车辆



(c) C 型车辆

图 1-1 城市轨道交通常用车辆

所有城市轨道交通车辆在投入到运行线路前可以说是自成体系,除了图 1-2 中的受电弓、车门系统、车轮和车轴、牵引系统、辅助变流系统、车载空调通风系统、连接器(车钩)等子系统(组件)外,还包括了车体、转向架、列车及车辆网络、车载信号系统、车辆照明系统以及列车控制系统等,如图 1-3 所示。



图 1-2 城市轨道交通车辆构成的主要子系统(组件)

1.1.2 车辆段设备

车辆段及综合基地是主要用于对车辆进行运用管理、停放、维修和保养的场所,所配置的检修设备除了用于车辆检修外,还应用于全线的基础设施及机电设备系统养护、修理和测试。

车辆段及综合基地一般由车辆段、维修中心、物资总库和培训中心及相应的生活设施组成,是轨道交通装备系统对车辆、各项设备设施进行维修保养,材料、器材、设备管理和对职工进行技术教育的主要基地。其中,车辆段的任务范围是车辆的日常运用、维修、保养(包括停车、列检和月检),车辆的定期检修(包括定修、架修和大修),车辆的临修以及段用机电设备的维修保养和中小修。维修中心的任务范围是全线土建工程和建筑物的维修、保养,全线机电设备的维修保养和中小修,全线供电设备的维修保养,全线通信、信号及 EMCS、FAS、AFC 等自动化设备的维修保养。物资总库负责全线材料、器材和设备的采购、保管和发放。培训中心负责公司职工的技术、业务培训。

根据任务范围,车辆段及综合基地所配置的主要检修设备包括用于车辆检修、维修的主要设备。包括公铁两用车、移车台、调车机车、架车机、列车自动清洗机、不落轮旋床、静调电源等。常用车辆检修设备如图 1-4 所示。用于其他系统检修或抢修的主要设备包括平板拖车、轨道检测车、接触网检测车、隧道设备限界检测车、轨道探伤车、钢轨打磨车、接触网作业车等。常用其他设备系统检修设备如图 1-5 所示。

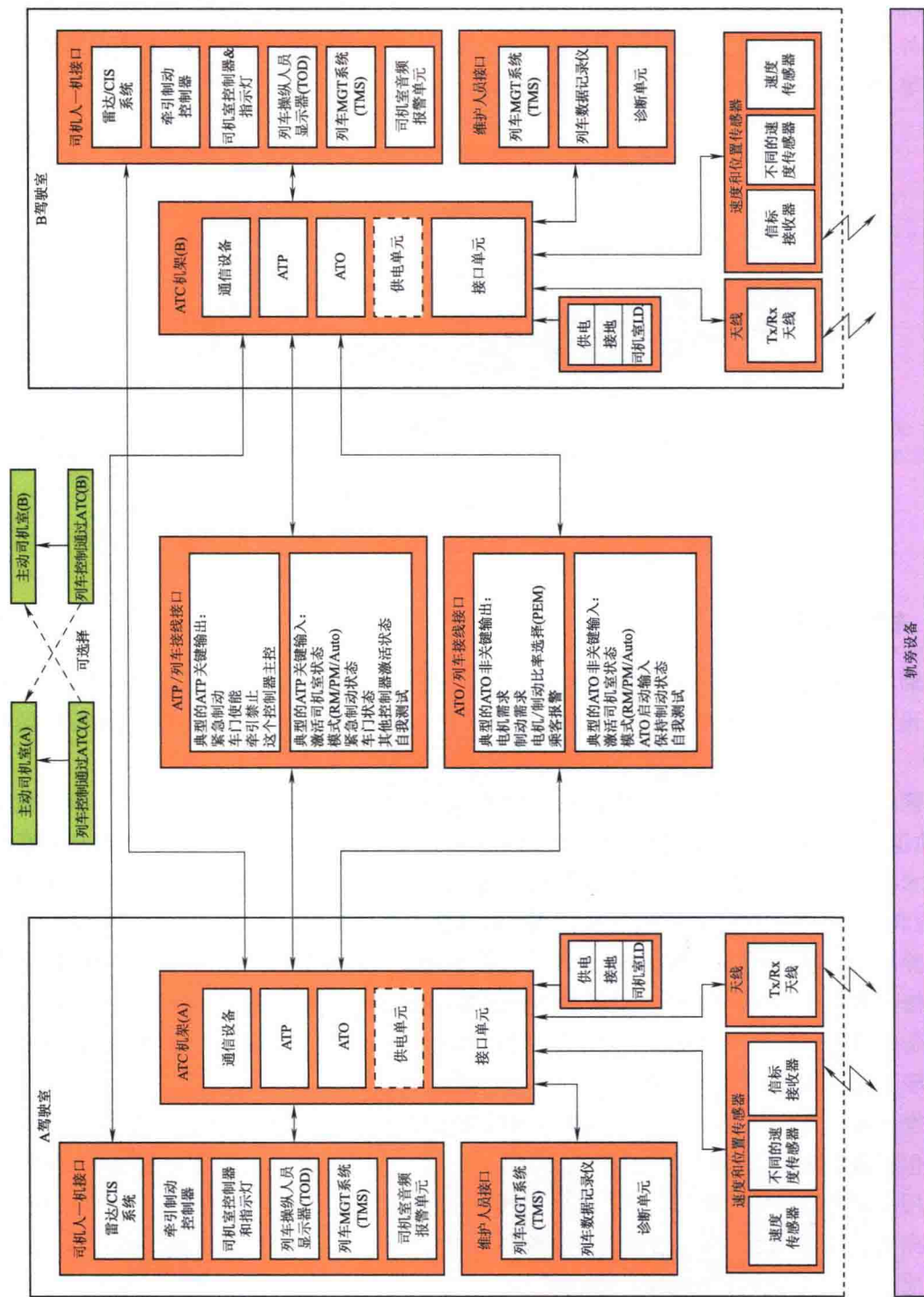


图 1-3 典型的城市轨道交通列车控制系统



图 1-4 车辆段所配置常用车辆检修设备



图 1-5 车辆段所配置其他设备系统常用检修设备

1.2 牵引供电/动力配电系统

1.2.1 牵引供电系统

轨道交通使用电能作为工作能源,牵引/动力供电系统是提供工作能源的系统。它为运行车辆提供标准规定的额定电压为 DC 750 V/1 500 V 的电能,为城市轨道交通的其他设备系统提供额定电压为 AC 400 V/220 V 的电源。

轨道交通的牵引/动力供电系统电源均取自国家电网,依其接入方式的不同,分为分散供电、集中供电和混合式供电三种方式。

分散供电方式:电源分别取自沿线国家电网的民用配电系统,电压等级为 10 kV 或 20 kV,并以此向城市轨道交通牵引/动力供电系统提供电能的方式。

集中供电方式:电源取自沿线国家电网的重要用户网,电压等级通常为 110 kV,通过主变电所将 110 kV 电压降低为 35 kV,以 35 kV 等级向城市轨道交通牵引/动力供电系统提供电能的方式。

混合式供电方式:根据城市不同区域的电力系统网络情况,同时采用上述两种方式向城市轨道交通牵引/动力提供电能的方式。

城市轨道交通牵引/动力供电系统主要由外电源、主变电所(集中供电方式设置)、中压环网(35 kV/10 kV/20 kV)、牵引降压变电所、降压变电所、牵引降压混合变电所、牵引网(DC 750 V/1 500 V)、动力配电网(AC 400 V,三相五线制),以及保护控制设备等构成。如图 1-6 所示为城市轨道交通牵引/动力供电系统示意图。

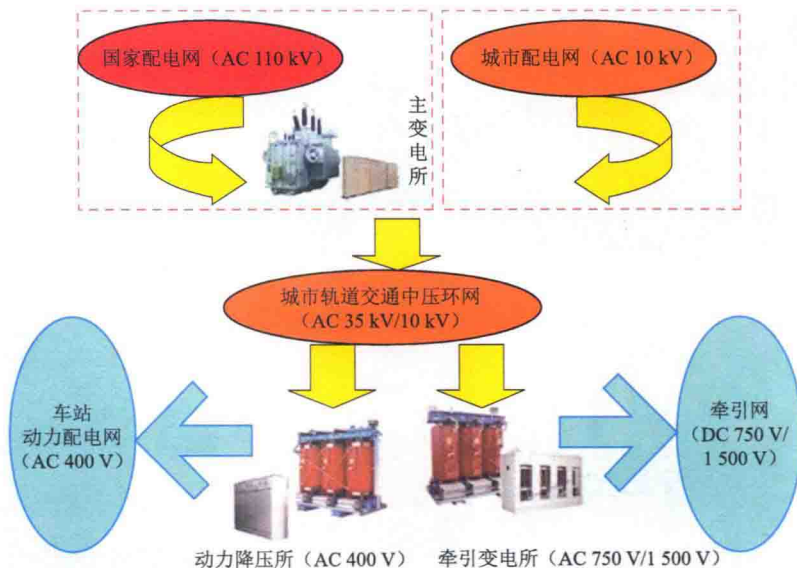


图 1-6 城市轨道交通牵引/动力供电系统示意

由于城市轨道交通一般采用直流供电制式,因此在牵引降压变电所或牵引降压混合变电所内不仅有开关柜、避雷器和变压器等一次设备,还设置整流装置,将交流电转换为车辆所