

电气化铁道暨城市轨道交通 供电系统 **安装工艺技术** (下)

于小四 邓建峰 王军平◎主编



中国建筑工业出版社

电气化铁道暨城市轨道交通 供电系统安装工艺技术(下)

于小四 邓建峰 王军平 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

电气化铁道暨城市轨道交通供电系统安装工艺技术.
下/于小四, 邓建峰, 王军平主编. —北京: 中国建筑
工业出版社, 2017. 2
ISBN 978-7-112-17761-5

I. ①电… II. ①于…②邓…③王… III. ①电气化
铁道-供电系统-安装 IV. ①U223.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 026262 号

本书是在总结近 60 多年来电气化铁道暨城市轨道交通供电系统施工经验的基础上, 从施工实际应用出发而编写的。主要适用于电气化铁道、城市轨道交通供电系统柔性/刚性结构及接触轨系统, 轻轨、城市有轨电车供电系统等施工。对于供电系统运营维护、教学及机具制造也具有一定的参考价值。本工艺技术是遵照我国现行的国家标准、行业标准及有关规定, 工艺技术中数据均在实际实用的基础上总结得出, 具有很强的借鉴作用。

本书适用于从事电气化铁路暨城市轨道交通供电系统设计、施工、监理、运营管理等方面的工程技术人员、管理人员, 也可供大中专院校师生教学参考。

责任编辑: 郇锁林 曾 威

责任校对: 焦 乐 刘梦然

电气化铁道暨城市轨道交通供电系统安装工艺技术 (下)

于小四 邓建峰 王军平 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京科地亚盟排版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 880×1230 毫米 1/32 印张: 17½ 字数: 553 千字

2017 年 2 月第一版 2017 年 2 月第一次印刷

定价: 68.00 元

ISBN 978-7-112-17761-5

(29939)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

《电气化铁道暨城市轨道交通供电 系统安装工艺技术》(下)

主 编：于小四 邓建峰 王军平
副 主 编：范晓辉 刘宏泰 辛登高 谈 武
董红军 张 峰 于文争 于文乐
魏宝红 张道俊 杨美忠 程永胜
侯文凯 王志安 蒋会哲 杨国栋
黄 琳 徐 新 于文斌 李 军
张志强 王明义 于文博 谢克明
张迎波

技术顾问：何华武 王梦恕

主编单位：中铁七局集团有限公司

参编单位：中国铁路总公司

上海申通地铁集团有限公司

宁波地铁集团有限公司

苏州地铁集团有限公司

郑州地铁集团有限公司

南宁地铁集团有限公司

杭州地铁集团有限公司

中国铁路总公司新乡、洛阳、信阳、

郑州、武汉、襄阳、柳州、南宁、

钦州、广州、西安、宝鸡、安康、

杭州、南京、广州等供电段

朔黄铁路发展有限责任公司

参编人员：（排名不分先后）

梁剑文 郭小兵 钱五福 郭彦路

龚乾扬 哈 亮 王 群 高 晖

贺太成 丁再超 林 新 靳玉枝

冯 杰 冯艺帆 宋兴海 刘 翠

秦长鸿 张立朋 邱 苏 李海娟

李 君 李依璐 周静娟 张庆哲

吴秀丽 李昱熙 莫启清 王海燕

淡平海 张文瀚 赵 玲 李轶群

张艳艳 王金志

序 一

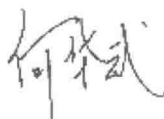
1879年5月31日,德国西门子和哈尔斯克公司在柏林举办的世界博览会上展出了世界上第一台电力机车和第一条电气化铁路。1880年,美国的发明大王爱迪生在门罗帕克的研究院后院敷设双轨铁道试行电力机车获得成功。1893年,瑞典在斯德哥尔摩,建成11km、550V的直流电化铁路;1895年美国在巴尔的摩至俄亥俄间,修建5.6km长,550V直流电供电的隧道电化铁路。1904年,瑞士塞在巴赫和雷根斯多夫之间架设了单相交流电压1.5万V的高压电线。其他各国的铁路公司也开始采用高压,出现了大量1500~3000V高压电气化铁路。1964年,日本建成世界第一条210km/h的东海道干线;1994年,德国在汉堡—柏林建成世界第一条长距离磁悬浮铁路,全长285km,运行时速450km/h。

目前全球电气化铁路经过130多年的快速发展,世界上68个国家和地区拥有电气化铁路。我国从1958年6月,开始修建电气化铁路,1961年8月15日,建成了我国第一条干线电气化铁路宝鸡至凤州段,预计到2020年“十三五”结束时,我国铁路运营里程将达15万km,高铁3万km;城市轨道交通运营总里程将突破6000km。

电气化水平是发展高速铁路暨城市轨道交通的基础,自20世纪50年代以来,发达国家就开始研究建设高速电气化铁路(简称高铁)。2004年我国做出发展中国高铁的决策后,拉开了我国高铁发展的序幕,在我国高铁快速发展的背后,铁路电气化水平的提高为高铁提供了发展的后盾。

为编写《电气化铁道暨城市轨道交通供电系统安装工艺技术》,主编于小四、邓建峰、王军平和参编人员付出了艰辛努力,不仅从实践经验提炼验收程序和指标,而且广泛调研施工单位和全路供电段电气化铁道暨轨道交通供电系统施工与运营维护经验,编写出参考性比较强的工

艺流程、技术标准和安全注意事项，本安装工艺技术的出版无疑将为我国电气化铁道暨轨道交通供电系统安装工程的施工工艺流程的统一起到建设性推动作用。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '何杰' (He Jie), written in a cursive style.

中国铁路总公司总工程师 中国工程院院士

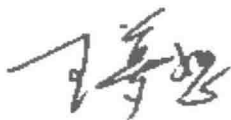
2016 年 1 月 28 日

序 二

编写工艺技术是一项长期系统的工作，不仅要有强烈的行业技术发展敏感性，还要广泛收集、整理大量技术资料，归纳整理出具有广泛意义的可执行条文。饱经数据斟酌之繁琐，历经工艺流程要求之准确，是编写人员必然的编写历程。通过与主编于小四的沟通了解，深深感到他工作能力非常扎实，工作作风非常专注，工作理念非常超前，工作态度非常务实。小到技术标准数据，都要认真查阅相关书籍和规定，确保数据的真实性和可操作性；大到工艺流程和编写框架，多次深入行业内广泛调研，听取广泛意见，提炼出具有共性的管理流程。这些工作有效保证本工艺技术的通用性、科学性和可操作性。

作为电气化铁路专业之一，供电系统肩负着整列牵引机车的能源供应，供电系统工艺安装的优劣关系到整个系统运行的安全性、稳定性。供电系统涉及多个领域多专业，专业之间联系密切。《电气化铁道暨轨道交通供电系统安装工艺技术》也是本着突出工艺流程和“少而精”的原则，遵照我国现行的国家标准、行业标准及有关规定编写而成，非常适用于电气化铁道暨轨道交通供电系统安装等施工。对于供电系统安装、运营维护和教学也具有一定的参考价值。

本安装工艺技术是全面系统编写我国电气化铁道暨轨道交通供电系统工程施工工艺流程、安装技术标准和安全注意事项，出版以后将对规范电气化铁道暨轨道交通供电系统安装工程的施工质量管理发挥积极作用。



中国工程院 院士

2016年1月19日

前 言

根据国务院批准的中国铁路总公司《中长期铁路网规划》和轨道交通“十三五”规划，我国铁路和轨道交通新一轮大规模建设强力推进，在建设客运专线、发展城际客运轨道交通的同时，加快城市轨道交通和市域轨道的建设。在此背景下，本安装工艺技术是在总结我国电气化铁道暨城市轨道交通供电系统多年来施工经验的基础上，从施工实际应用出发而编写的。

本工艺技术本着突出技能的原则，强调培训的针对性、实用性和有效性，以专业知识为主要内容，充分反映铁路和轨道交通的新技术、新材料、新工艺、新设备及新标准、新规程；力求贴近现场实际，并应用案例教学的手法，用直观的案例和图示进行分析和说明，努力提高质量和效果；突出非正常情况下应急处理能力的训练；同时，本着“少而精”的原则，知识以必须、够用为度，文字力争生动、通俗易懂、图文并茂。

全书共分上、中、下三册：上册讲述了电气化铁道接触网建造工艺技术；中册讲述了电力牵引供电系统安装工艺技术；下册内容主要为城市轨道交通供电系统理论基础和安装工艺技术，共分十四章：第一章介绍城市轨道交通供电系统概述；第二章为电气设备；第三章为电气主接线与高压配电装置；第四章为接地装置；第五章为杂散电流；第六章为实施策划；第七章为牵引降压变电所；第八章为环网电缆；第九章为架空式柔性接触网；第十章为架空式刚性接触网；第十一章为接触轨；第十二章为杂散电流防护；第十三章为疏散平台安装；第十四章为新设备应用。全书理论与实践相结合，内容丰富，实用操作性强。

本安装工艺技术由中国建筑业协会建筑工程技术专家委员会委员、国务院政府特殊津贴专家、中国中铁股份公司一级专家/河南省优秀青年科技专家、教授级高级工程师、詹天佑铁道科学技术青年奖和茅以升铁道工程师奖获得者于小四主笔，郑州铁路局新乡供电段副段长、教授

级高级工程师、茅以升铁道工程师奖获得者邓建峰，宁波地铁集团有限公司机电处长、高级工程师王军平主编。上海申通地铁集团有限公司陆彬，宁波地铁集团有限公司王军平，中铁七局电务公司总经理范晓辉，郑州地铁集团有限公司运营分公司副总经理刘宏泰，中国铁路总公司辛登高，郑州供电段的魏宝红，洛阳供电段张峰，武汉铁路局信阳供电段董红军，武汉供电段程永胜，南宁铁路局柳州供电段侯文凯，钦州供电段谈武，南宁供电段黄琳；朔黄铁路发展有限责任公司于文争，中铁八局张志强、十局王明义等同志参与了编写工作。铁道部经规院朱飞雄亲自指点。感谢中国铁路总公司总工程师、中国工程院院士何华武和中国工程院院士王梦恕为本工艺技术策划并作序。

由于我们的工艺技术和编写水平所限，书中缺点和错误在所难免，敬望广大读者提出宝贵意见。

作 者

2016 年 12 月于上海

目 录

第一章 城市轨道交通供电系统概述	1
第一节 城市轨道交通的构成	1
第二节 城市轨道交通供电系统	6
第三节 主变电所	15
第四节 降压变电所	20
第五节 牵引降压混合变电所	21
第二章 电气设备	25
第一节 短路的基本概念	25
第二节 标么值及其应用	29
第三节 三相对称短路的分析计算	39
第四节 不对称短路电流的计算	53
第五节 短路电流的效应	55
第六节 电气设备选择	61
第三章 电气主接线与高压配电装置	72
第一节 电气主接线概述	72
第二节 常见电气主接线	75
第三节 配电装置	82
第四节 GIS 组合电器	87
第五节 AIS 组合电器	94
第四章 接地装置	100
第一节 接地的概念	100
第二节 接地装置的敷设	107

第五章 杂散电流	113
第一节 杂散电流的形成与危害	113
第二节 杂散电流腐蚀的防护与监测	116
第三节 杂散电流防护系统的维护	123
第四节 钢轨电位异常的处理	124
第六章 实施策划	126
第一节 项目策划	126
第二节 施工调查	128
第三节 设计联络会	129
第四节 实施性施工组织设计	130
第五节 施工机械配置	131
第六节 小临设施	132
第七节 作业人员	133
第八节 专项施工技术方案	133
第九节 安全质量管理计划	134
第十节 施工许可证	135
第七章 牵引降压变电所	138
第一节 设备基础预埋件安装	138
第二节 电缆桥支架安装	140
第三节 接地工程施工	142
第四节 设备运输吊装	145
第五节 设备安装	157
第六节 所内电缆敷设	163
第七节 二次电缆配线	165
第八节 光缆终端接续	167
第九节 附属工程	169
第八章 环网电缆	173
第一节 区间电缆支架及接地系统安装	173

第二节 环网电缆敷设	176
第三节 电缆头制作安装	178
第九章 架空式柔性接触网	187
第一节 基础开挖及浇筑	187
第二节 接地装置安装	193
第三节 支柱组立及整正	195
第四节 门型架安装	198
第五节 腕臂装配	200
第六节 门型架悬挂安装	204
第七节 拉线安装	207
第八节 下锚装配	210
第九节 承力索架设	212
第十节 接触线架设	217
第十一节 接触悬挂调整	221
第十二节 线岔安装	225
第十三节 隔离开关安装	227
第十四节 避雷器安装	231
第十五节 分段绝缘器安装	233
第十六节 电连接安装	236
第十七节 架空地线架设	239
第十八节 附属工程	242
第十九节 贯通式刚柔过渡段安装	247
第十章 架空式刚性接触网	250
第一节 施工测量	250
第二节 隧内打孔及预埋锚栓	254
第三节 接触网支持结构安装及粗调	259
第四节 汇流排安装	261
第五节 接触线架设	266
第六节 地线架设	271

第七节	悬挂调整	274
第八节	接地跳线安装	279
第九节	设备安装	281
第十节	柔刚过渡段安装	287
第十一节	号码牌安装	290
第十二节	冷滑、热滑、绝缘测试、送电开通	294
第十一章	接触轨	300
第一节	接触轨底座安装	300
第二节	整体绝缘支架安装	304
第三节	接触轨安装	306
第四节	接触轨调整	311
第五节	电连接安装	315
第六节	防护罩安装	317
第七节	接地系统安装	318
第八节	隔离开关及引线安装	321
第十二章	杂散电流防护	325
第一节	单向导通装置安装	325
第二节	传感器安装	328
第三节	参比电极安装	329
第四节	均（回）流箱安装及均（回）流电缆敷设	331
第十三章	疏散平台安装	334
第一节	施工测量	334
第二节	平台支架及踏板安装	337
第三节	平台扶手安装	340
第四节	平台步梯安装	342
第十四章	新设备应用	344
第一节	GWA-2X27.5 型户外高压隔离开关	344

第二节	JYNA-31.5 型间隔移开式户内交流金属封闭开关	347
第三节	VSV-31.5 户内高压交流真空断路器	352
第四节	XGN17D-2×27.5 气体绝缘金属封闭开关	355
第五节	XGN86-12 系列充气环网柜	359
第六节	脉波牵引整流变压器	365
第七节	QB/QYB 气动式、气液式张力补偿装置	367
第八节	WESHAN 机械和化学锚栓	372
第九节	NM 系列电源箱	390
附录 A	城市轨道交通柔性悬挂系统零配件	397
附录 B	城市轨道交通接触轨系统零配件	434
附录 C	城市轨道交通刚性悬挂系统零配件	456
附录 D	变(配)电所施工过程质量控制记录表	464
附录 E	接触轨(网)施工过程质量控制记录表	485
附录 F	疏散平台施工过程质量控制记录表	504
附录 G	杂散电流施工过程质量控制记录表	506
附录 H	参考数据	509
附录 I	母线搭接螺栓的拧紧力矩	541
参考文献		542

第一章 城市轨道交通供电系统概述

第一节 城市轨道交通的构成

作为城市公共交通系统的一个重要组成部分，在中国国家标准《城市公共交通常用名词术语》中，将城市轨道交通定义为“通常以电能为动力，采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称。”目前国际轨道交通有地铁、轻轨、市郊铁路、有轨电车以及悬浮列车等多种类型，号称“城市交通的主动脉”。城市轨道交通是由地铁、轻轨铁路、独轨铁路、新交通系统及城市铁路等组成，是近代高科技的产物，大多采用全封闭道路，立体交叉，自动信号控制和电动车组等高科技产品和手段，其行车密度大，旅行速度高，载客能力大，其疏通客流的能力与传统的道路公共交通工具相比，具有无与伦比的优越性。

一、轨道形式

1. 地铁

地铁是地下铁道交通的简称，它是一种在城市中修建的快速、大运量的轨道交通，通常以电力牵引，其单向高峰小时客运能力可达3万人次以上，它的线路通常设在地下隧道内，也有的在城市中心以外地区从地下转到地面或高架桥上。图1.1.1为宁波地铁2号线车体。

目前世界上一些著名的特大城市，如纽约、伦敦、巴黎、莫斯科、东京等，均已形成一定的城轨交通规模和网络，且以地铁为主干，延伸到城市的各个方向。伦敦是个国际大都市，有700多万人口，目前共建有1000km以上的轨道交通系统，其中总长400km的地铁每天运送乘客300万人次。东京有1300万人口，轨道交通系统有2000km以上，每天运送乘客3000万人次，轨道交通运输担当了东京全部客运量的80%。1000万人口的巴黎，轨道交通系统有1200km，轨道交通运输占全部客

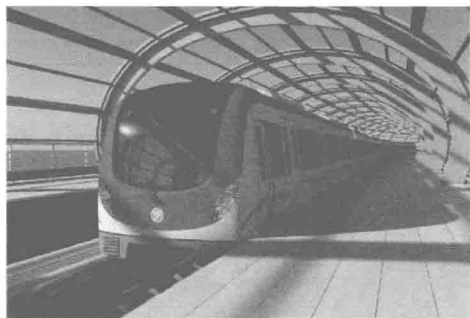


图 1.1.1 宁波地铁 2 号线车体

运量的 66%。

地铁有以下特征:

- (1) 全部或大部分线路建于地面以下。
- (2) 建设费用大、周期长、成本回收慢。
- (3) 行车密度大、速度高。
- (4) 客运量大。
- (5) 地铁列车的编组数决定于客运量和站台的长度,一般为 2 辆~8 辆。
- (6) 地铁车辆消音减振和防火均有严格要求,既安全,又舒适。
- (7) 受电的制式主要有直流 750V 第三轨受电或直流 1500V 架空线受电弓受电。

2. 轻轨

城市轻轨交通是在老式的地面有轨电车的基础上发展起来的,它与一般的铁路相比,其轨道和车辆都是轻型的,其运输系统相对也比较简单,较适宜于中等运量的城市客运交通。

国外开发的城市轻轨交通系统主要有 3 种类型:旧车改进型、新线建设型、新交通系统型。图 1.1.2 为大连城市轻轨实物图。

轻轨有以下特征:

- (1) 它是以钢轮和钢轨为车辆提供走行的一种交通方式,车辆以电力提供牵引动力,可以采用直流、交流或线性电机驱动。
- (2) 轻轨的建设费用比地铁少,每公里线路造价仅为地铁的 $1/5 \sim 1/2$ 。