

城市轨道交通供电系统 施工技术与管埋

中铁电气化局集团有限公司 编著

CHENGSHI GUIDAO JIAOTONG GONGDIAN XITONG

SHIGONG JISHU YU GUANLI



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通供电系统施工技术与管理

中铁电气化局集团有限公司 编著

中国铁道出版社

2014年·北京

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通供电系统施工技术与管理/中铁电气化局集团有限公司编著. —北京:中国铁道出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-113-17282-4

I. ①城… II. ①中… III. ①城市铁路—供电系统—施工管理 IV. ①U239.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 207499 号

书 名: 城市轨道交通供电系统施工技术与管理

作 者: 中铁电气化局集团有限公司 编著

责任编辑: 荆志文

电话: 010-51873151

特约编辑: 闫 伟 冯俊凯 王瑞斌

封面设计: 崔丽芳

责任校对: 龚长江

责任印制: 赵星辰

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.tdpress.com>

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

版 次: 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16 印张: 45 字数: 1 145 千

书 号: ISBN 978-7-113-17282-4

定 价: 200.00 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

打击盗版举报电话: (010) 51873659, 传真 (010) 63549480

《城市轨道交通供电系统施工技术与管理》 编委会

主编单位 中铁电气化局集团有限公司
宁波市轨道交通集团有限公司

编委会主任:赵 勤 罗 兵
编委会副主任:张建喜 韦 国 李爱敏 赵印军
刘培栋 齐 波
编委会委员:赵 勤 周志宇 刘培栋 罗 兵
车建光 孙延焕 王军平 容仕宽
单圣雄 苏保卫 李金华 林云志
库西田 封书贞
编 者:赵 勤 罗 兵 车建光 孙延焕
王军平 张永康 李金华 谷运杰
李增山 常 河 吴胜翔 蔡志刚
周根华 赵海量 刘远略 张凌元
王昭斌 旷章宝 戴彦华 于纪利
葛义飞 胡 珉 黄长海 张永祥
张 怡

Preface 序言

很高兴看到这本书,因为它为目前我国城市轨道交通建设的科学发展提供了应时之需。

进入 21 世纪以来,随着我国大中城市交通问题的日益突出,优先发展公共交通,大力发展城市轨道交通已成为城市交通发展的必然选择。目前,我国城市轨道交通建设已进入了大规模高速度发展期,国内现有 30 多个城市正在建设或规划筹建城市轨道交通工程,北京、上海、广州等特大城市正在逐步形成城市轨道交通网络。

城市轨道交通对缓解城市交通拥堵、改善城市居民出行、节约能源、减少污染物排放量,具有重要作用。以提供资源集约利用、环境舒适、节能减排、安全快捷的大容量运输服务,与城市其他公共交通工具并举互补不干扰等优点为优势,形成了符合城市可持续科学发展的战略趋势。

城市轨道交通供配电系统,是城铁工程中重要机电设备系统之一,它担负着为电动列车和各种运营设备提供电能的重要任务,同时也是城市电网的重大用户。因此,城市轨道交通供配电系统的可靠性与安全性,直接影响城市轨道交通的安全运营与服务水平;城市轨道交通供配电方案的科学性及设备选型的合理性,也直接影响到城市轨道交通的节能效果;而城市轨道交通供配电系统的优质

施工质量,又是保证城市轨道交通运输安全、可靠、舒适、便捷的重要基础之一。

我国的城市轨道交通的发展至今虽然只有 47 年的历史,与 1863 年 1 月 10 日启运的世界第一条地铁英国伦敦地铁及其他发达国家 149 年的城市轨道交通发展历史相比较,可以非常自信地讲:中国的城市地铁与轻轨无论从建设规模、建设速度、建设模式、技术装备、优化设计、基建施工、运营管理等方面都已达到国际先进水平。

中铁电气化局集团有限公司城铁公司是专业从事城市轨道交通建设的大型国有企业,在短暂的 10 年发展中,先后参加了北京、上海、广州、重庆、南京、沈阳、长春、哈尔滨、杭州、昆明、深圳等众多城市的轨道交通建设。他们结合城市轨道交通“四电”技术发展、系统集成和总承包项目实际,坚持科学发展观,提高企业自主创新能力,把多年积累的城市轨道交通供配电系统各专业的施工组织、施工技术、施工工艺与工法等方面的经验及解决实际问题的思路和方法,进行了全面总结,系统提升,由多位具有施工实践的专业技术人员编著成书与业内共享。这在城市轨道交通供配电系统施工指导参考书比较缺乏的情况下,无疑是一件好事。它将有助于进一步提高我国城市轨道交通供配电系统的技术水平和建设水平,对建设资源节约型、安全便捷性、环境友好型、技术创新型的城市轨道交通具有重要意义。

本书不仅适用于城市轨道交通供配电系统工程施工单位,对于从事城市轨道交通行业的各项专业技术人员、管理人员也具有一定的参考价值。也可以作为城市轨道交通大专院校、职业学校学生的教学参考用书。

中国工程院院士



目 录

第一篇 变电所电气工程

第一章 牵引降压混合变电所、降压变电所简介	1
第一节 城市轨道交通供配电系统概论	1
第二节 变电所系统概论	3
第三节 变电所设备分类与平面布置	6
第四节 变电所施工程序	9
第二章 牵引降压混合变电所、降压变电所施工工艺	10
第一节 基础预埋作业	10
第二节 电缆桥支架安装作业	18
第三节 接地干线制作安装作业	24
第四节 设备运输与设备安装作业	30
第五节 变电所电缆敷设作业	55
第六节 变电所电缆接续作业	61
第七节 变电所综合自动化系统安装作业	79
第八节 杂散电流腐蚀防护系统安装作业	100

第二篇 中压网络电气工程

第三章 中压交流供电环网分类、功能及施工工艺流程	113
第一节 城市轨道交通供配电中压交流环网系统概论	113
第二节 中压交流环网系统电缆支架与接地系统安装作业	116
第三节 中压交流环网系统电缆敷设作业	126
第四节 中压交流环网系统电缆中间接头制作安装	137
第四章 中压网络电气工程综合接地系统	145
第一节 城市轨道交通综合接地系统概论	145
第二节 综合接地系统施工工艺	146

第三篇 线路授电工程(架空式接触网系统、接触轨式接触网系统)

第五章 架空式刚性接触网系统	161
第一节 架空式刚性接触网系统概论	161
第二节 施工准备	166
第三节 定位测量作业	169
第四节 钻孔、锚栓预埋安装作业	174
第五节 悬挂支持装置安装作业	181
第六节 汇流排安装作业	187
第七节 接触线架设作业	197
第八节 架空地线架设作业	202
第九节 接触悬挂调整作业	207
第十节 中心锚结安装作业	213
第十一节 锚段关节和线岔安装作业	217
第十二节 电连接安装作业	222
第十三节 分段绝缘器(接触网设备)安装作业	226
第十四节 隔离开关及引线(接触网设备)安装作业	231
第十五节 接地线安装作业	238
第十六节 刚柔过渡安装作业	242

第十七节	标志牌安装作业	248
第十八节	接触网限界检测作业	251
第十九节	接触网冷滑试验作业	257
第二十节	接触网送电开通及热滑试验作业	261
第六章	架空式柔性接触网系统	266
第一节	架空式柔性接触网系统概论	266
第二节	施工准备	273
第三节	定位测量作业	279
第四节	基坑开挖及基础浇制作业	283
第五节	支柱组立安装及整正作业	290
第六节	硬横梁安装作业	297
第七节	支柱装配作业	301
第八节	腕臂预配及安装作业	305
第九节	拉线预制及安装作业	310
第十节	固定绳预制及安装作业	315
第十一节	下锚装置安装作业	319
第十二节	架空地线架设作业	324
第十三节	承力索架设作业	329
第十四节	接触线架设作业	335
第十五节	中心锚结安装作业	341
第十六节	接触悬挂调整作业	347
第十七节	吊弦安装作业	353
第十八节	接触悬挂终端调整作业	359
第十九节	线岔安装作业	364
第二十节	电连接安装作业	370
第二十一节	接地极(接触网设备)安装作业	376
第二十二节	分段绝缘器(接触网设备)安装作业	380
第二十三节	隔离开关及引线(接触网设备)安装作业	386
第二十四节	避雷器及放电间隙(接触网设备)安装作业	394
第二十五节	限界门(接触网设备)安装作业	398
第二十六节	标志牌、支柱号码(接触网设备)安装作业	402
第二十七节	接触网限界检测作业	406
第二十八节	接触网冷滑试验作业	411
第二十九节	接触网送电开通及热滑试验作业	415
第七章	接触轨式接触网系统	420
第一节	接触轨式接触网系统概论	420
第二节	施工准备	426
第三节	接触轨施工定测	428
第四节	钻孔、螺栓安装	432
第五节	绝缘支持装置安装	436
第六节	端部弯头安装	442
第七节	接触轨安装	446
第八节	中间接头安装	452
第九节	中心锚结(防爬器)安装	456
第十节	电缆连接板安装	460
第十一节	接触轨调整	465
第十二节	防护罩安装	469
第十三节	接地线安装	473
第十四节	设备安装	477
第十五节	均、回流装置安装	484
第十六节	冷滑试验	489
第十七节	送电开通及热滑试验	493

第四篇 电气试验项目

第八章 变电所电气试验概论	497
第一节 电气试验目的及基本要求	497
第二节 电气试验环境影响预测及程序	498
第九章 变电所电气试验单体设备试验	502
第一节 变压器试验	502
第二节 互感器试验	509
第三节 真空断路器试验	515
第四节 六氟化硫(SF ₆)封闭式开关柜试验	520
第五节 隔离开关、负荷开关试验	523
第六节 绝缘子试验	526
第七节 电力电缆试验	529
第八节 电容器试验	535
第九节 金属氧化物避雷器试验	537
第十节 母线耐压试验	541
第十一节 接地装置试验	544
第十二节 400 V 开关柜及低压电器试验	546
第十三节 整流器试验	549
第十四节 直流开关柜试验	552
第十五节 轨电位限制器试验	555
第十六节 排流柜试验	560
第十七节 继电保护和安全自动装置的调试	563
第十章 变电所电气试验整组传动试验	569
第一节 整组传动试验概述	569
第二节 调试项目及调试方法	569
第三节 试验安全防护、环保、质量控制及检验	574
第十一章 变电所电气试验电力监控系统(远动系统)调试	576
第一节 电力监控系统(远动系统)调试概述	576
第二节 电力监控系统(远动系统)调试工艺流程	577
第三节 试验安全防护、环保、质量控制及检验	583
第十二章 变电所电气系统动态试验	586
第一节 多列车负荷试验概述	586
第二节 直流短路试验	586
第十三章 线路电气系统试验	590
第一节 电气试验目的及基本要求	590
第二节 绝缘子	594
第三节 隔离开关	595
第四节 金属氧化物避雷器	596
第五节 试验安全防护、环保、质量控制及检验	596
第十四章 线路电气试验限界检测、接触网(轨)绝缘测试、冷、热滑行试验	599
第一节 接触网(轨)限界检测	599
第二节 接触网(轨)冷滑行试验	603
第三节 接触网(轨)热滑行试验	606

第五篇 施工项目管理

第十五章 施工项目管理体制	611
第一节 施工管理组织体系	611
第二节 项目法施工管理	615
第三节 施工管理流程	619
第十六章 施工准备	621
第一节 概述	621

第二节	施工准备程序	621
第十七章	工程施工图预算、验工计价、竣工决算及工程竣工验收交接与工程总结	627
第一节	施工图预算的编制依据、步骤、作用、审批程序	627
第二节	施工图预算的费用种类及章节划分	629
第三节	工程验工计价及竣工决算	630
第四节	工程竣工验收交接及工程总结	631
第五节	工程技术总结	634
第六节	表格	637
第十八章	工程施工技术管理	641
第一节	技术管理机构	641
第二节	技术交底	642
第三节	施工记录	643
第四节	施工调度	643
第五节	设计变更分类及处理	644
第六节	表格	645
第十九章	工程施工质量管理	668
第一节	概述	668
第二节	质量管理体系及其职责范围	668
第三节	质量管理体系要素分配	672
第四节	施工过程及工艺管理	673
第五节	工程施工“创优措施”及优质工程条件	676
第六节	工程质量事故分类报告及处理	678
第七节	表格	679
第二十章	工程施工安全管理	694
第一节	概述	694
第二节	安全生产责任制	695
第三节	安全生产费用	699
第四节	安全教育	700
第五节	安全检查	701
第六节	安全事故报告和调查处理	702
第七节	应急救援	704
第八节	安全生产考核及奖罚	705
第九节	安全会议制度	705
第十节	环境保护	705
第十一节	表格	708

第一篇 变电所电气工程

第一章 牵引降压混合变电所、 降压变电所简介

第一节 城市轨道交通供配电系统概论

一、城市轨道交通供配电系统的构成

按功能的不同,城市轨道交通供配电系统一般分成外部电源、主变电所或电源开闭所、牵引供电系统、动力照明供电系统、杂散电流腐蚀防护系统和电力监控系统。

1. 外部电源

为城市轨道交通供配电系统的主变电所或电源开闭所供电的外部城市电网电源。外部电源方案形式有集中式供电、分散式供电、混合式供电这三种。

2. 主变电所或电源开闭所

主变电所适用于集中式供电,接受城网高压电源,经降压为牵引变电所、降压变电所提供中压电源;电源开闭所适用于分散式供电,接受城市中压电源,为牵引变电所、降压变电所转供中压电源,电源开闭所一般与车站牵引(或降压)变电所合建。

3. 牵引供电系统

为电动客车提供牵引供电,将交流中压电压经降压整流变成直流 1 500 V 或直流 750 V 电压,它包括牵引变电所与牵引网。

4. 动力照明供电系统

为运营需要的各种机电设备提供低压电源,将交流中压电压降压变成交流 220 V/380 V 电压,它包括降压变电所、动力照明配电系统。

5. 杂散电流腐蚀防护系统

杂散电流腐蚀防护系统是减少因直流牵引供电引起的杂散电流并防止其对外扩散,尽量避免杂散电流对城市轨道交通本身及其附近结构钢筋、金属管线的电腐蚀,并对杂散电流及其腐蚀防护情况进行监测。

6. 电力监控系统

为城市轨道交通各变电所、接触网设备进行远程数据采集和监控。通过控制中心的调度端、通信通道和执行端对主要电气设备进行遥控(含遥调)、遥信、遥测,实现对整个供配电系统的运营调度和管理。

供配电系统如图 1-1 所示。

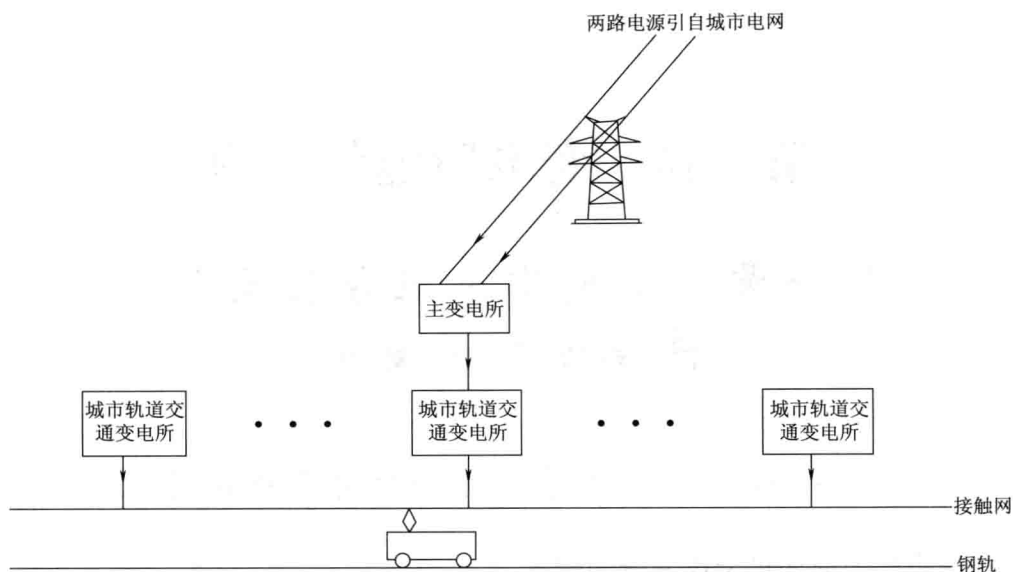


图 1-1 供配电系统示意图

二、牵引网系统的电压等级

目前,世界上城市轨道交通中的直流牵引电压等级众多,如 570 V 至 3 000 V 不等有近 20 种,在这 20 种电压等级中,应用最多的还是 DC750 V 和 DC1 500 V 两种,这也是国际电工委员会(IEC)推荐采用的电压等级。中国国家标准规定为 DC750 V、DC1 500 V 两种,其电压允许浮动范围分别为 500~900 V、1 000~1 800 V。具体适用哪种电压等级,需结合馈电方式,根据车辆、线路等工程特点综合比较确定。国际电工委员会(IEC)标准及国家相关规范规定了牵引电压的波动允许范围,见表 1-1,牵引供电系统如图 1-2 所示。

表 1-1 牵引电压波动允许范围

序号	标称电压(V)	最高电压(V)	最低电压(V)
1	直流 750	900	500
2	直流 1 500	1 800	1 000

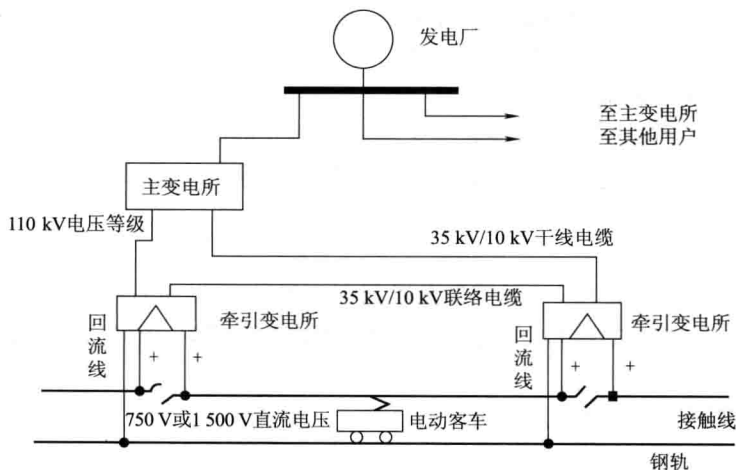


图 1-2 牵引供电系统示意图

第二节 变电所系统概论

一、牵引变电所概论

牵引变电所通过引入两个独立的中压交流电源,并将交流电能转换为直流电能,实现承担着向电动客车提供直流牵引电能的功能。牵引变电所向接触网供电一般采用双边供电,在事故情况下可越区供电,保证了供配电的可靠性及灵活性。

正线牵引变电所一般与车站合建,大多数情况下,牵引变电所与车站降压变电所合建,形成牵引降压混合变电所。牵引变电所的间距比较小,一般只有 2~4 km,这就大大缩短了供电距离、减小了线路损耗,保证了末端电压。牵引变电所供电效率不得低于 98%。变电所供电方式如图 1-3 所示。

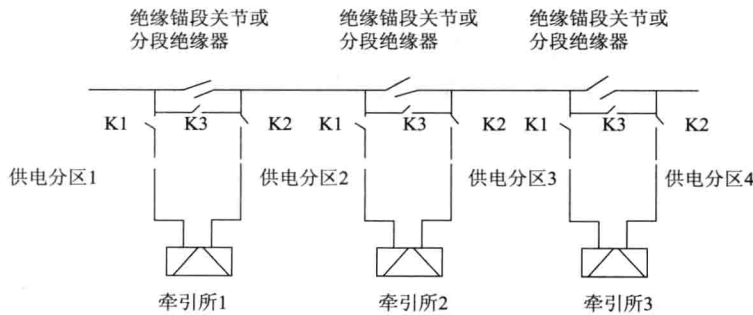


图 1-3 变电所供电方式示意图

牵引变电所主接线由交流中压开关设备、牵引整流机组、直流开关设备等几部分组成。主接线应满足可靠性、灵活性和经济性的基本要求。

1. 中压主接线

中压主接线的基本环节是电源和引出线。国内大部分城市轨道交通采用牵引动力照明混合网络,分段单母线接线形式,设置母线分段开关。对于中压网络,考虑牵引负荷均衡性,相邻牵引变电所的牵引整流机组应交叉挂在不同母线上。中压主接线形式分别如图 1-4、图 1-5、图 1-6 和图 1-7 所示。

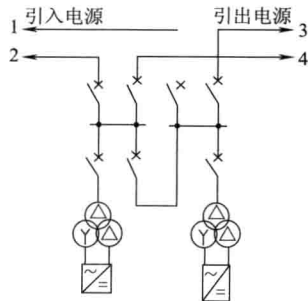


图 1-4 两套牵引整流机组分接两段母线示意图

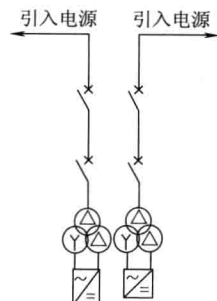


图 1-5 单母线接线示意图

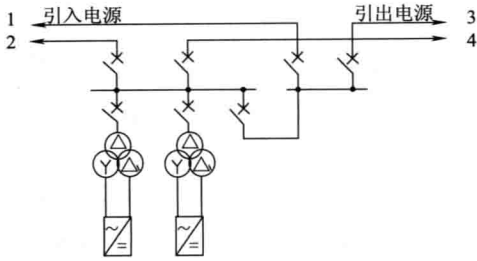


图 1-6 分段单母线接线示意图

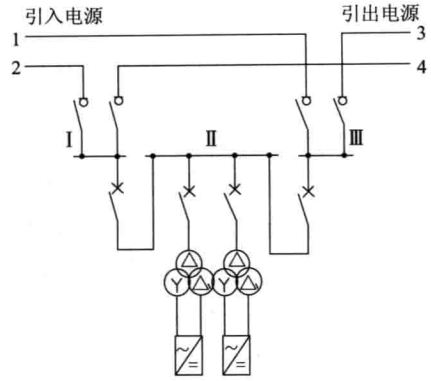


图 1-7 三段母线接线示意图

2. 直流主接线

直流侧主接线按照母线形式有单母线系统、双母线系统两种主要形式,因设备配置及运行方式的差异,可以演变出多种形式。直流主接线形式分别如图 1-8、图 1-9、图 1-10 和图 1-11 所示。

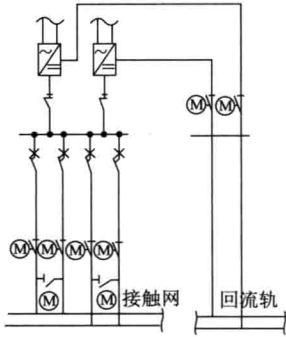


图 1-8 A 型单母线系统示意图

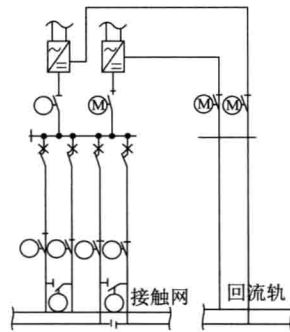


图 1-9 B 型单母线系统示意图

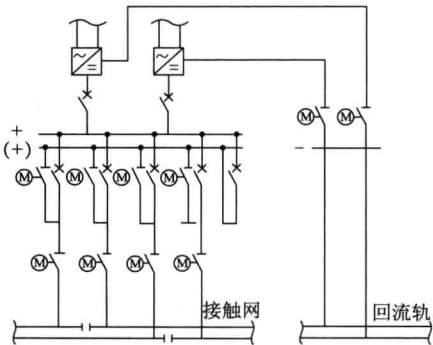


图 1-10 C 型双母线系统示意图

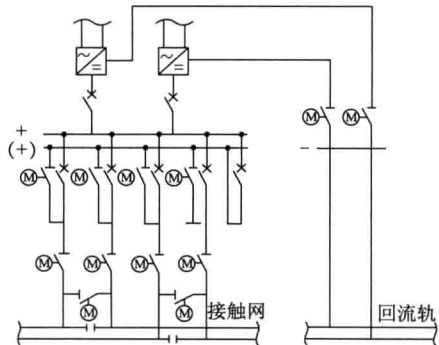


图 1-11 D 型双母线系统示意图

二、降压变电所概论

降压变电所将中压电能转换为低压电能，向车站、区间、车辆段(停车场)、控制中心所有低压用电负荷提供电源，它是城市轨道交通运营安全、行车安全、防灾安全以及应急处理等动力照明供电的保障，在供电系统中与牵引变电所同等重要。降压变电所有独立式、跟随式、混合式三种类型，在满足各种用电负荷供电要求的情况下，同一个车站，降压变电所与牵引变电所应合建。车辆段降压变电所应尽量与牵引变电所合建。

降压变电所主接线由交流中压开关设备、配电变压器、交流低压开关设备等几部分组成。主接线应满足可靠性、灵活性和经济性的基本要求。

1. 中压主接线

中压主接线一般为分段单母线，根据系统运行需要，可设或不设母线分段开关。单台配电变压器正常负载率宜在 70% 左右，并应满足本降压变电所一、二级低压负荷的用电要求。中压主接线形式分别如图 1-12、图 1-13、图 1-14 所示。

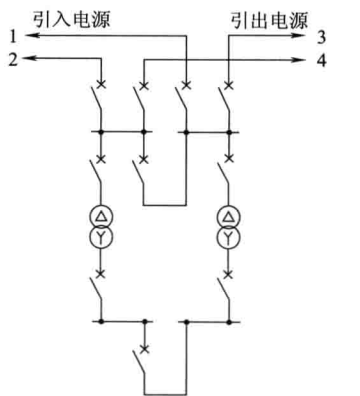


图 1-12 分段单母线接线示意图
(设母线分段开关)

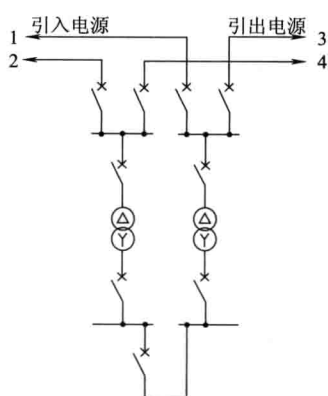


图 1-13 分段单母线接线示意图
(不设母线分段开关)

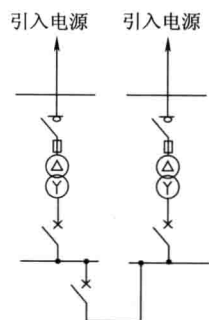


图 1-14 线路-变压器组
接线示意图

2. 低压主接线

0.4 kV 配电系统直接面向车站、区间的低压用户，从用电设备负荷分类来讲，一、二负荷占绝大多数，对低压电源的可靠性要求高。0.4 kV 配电系统这一环节采用分段单母线接线，设母线分段开关。如图 1-15 所示。

牵引变电所(含牵引降压混合变电所)主接线图如图 1-16 所示。

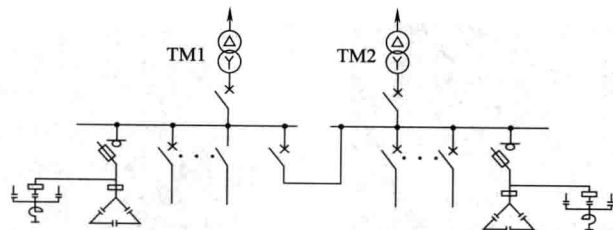


图 1-15 低压主接线示意图

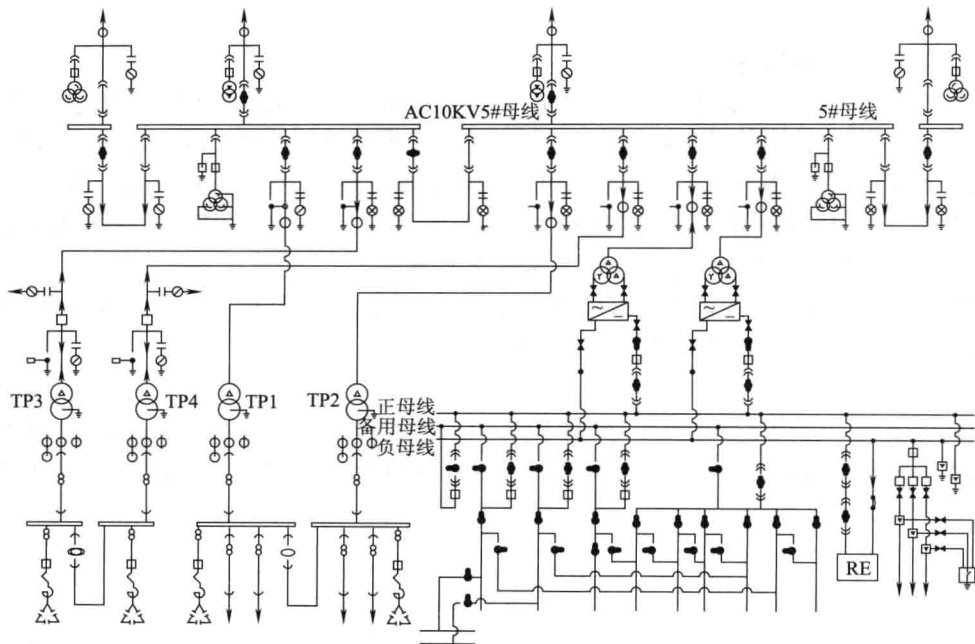


图 1-16 牵引变电所(含牵引降压混合变电所)主接线模拟盘实例图

第三节 变电所设备分类与平面布置

一、变电所设备分类概述

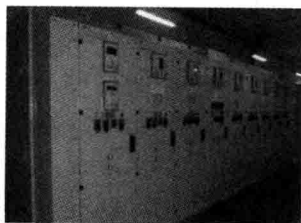
1. 牵引(含降压混合)变电所设备

牵引降压混合变电所的主要设备有:交流中压开关柜、牵引变压器、整流器、直流开关柜、排流柜、交直流电源屏、微机综合控制柜、钢轨电位限制装置等。除此之外还包括配电变压器及 0.4 kV 低压开关柜。国内中压开关柜常用 35 kV 和 10 kV 两个电压等级的设备,不同电压等级的中压开关柜其布置方式不相同。牵引变压器、整流器、直流开关、负极柜、排流柜、钢轨电位限制装置等是城市轨道交通牵引降压混合变电所特有的设备。

2. 降压变电所设备

降压变电所的主要设备有:交流中压开关柜、配电变压器、0.4 kV 低压开关柜、交直流电源屏、微机综合控制屏、钢轨电位限制装置等。

交流中压开关柜、直流开关柜实例如图 1-17 所示,变压器实例如图 1-18 所示。



(a) 35 kV 开关柜



(b) 10 kV 开关柜

图 1-17

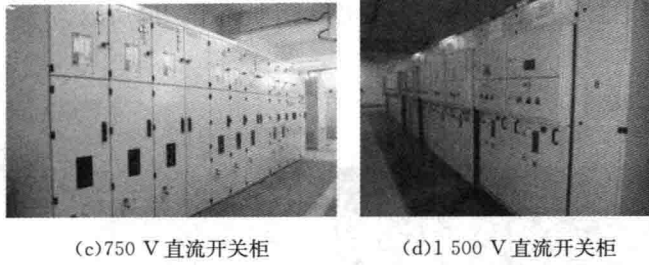


图 1-17

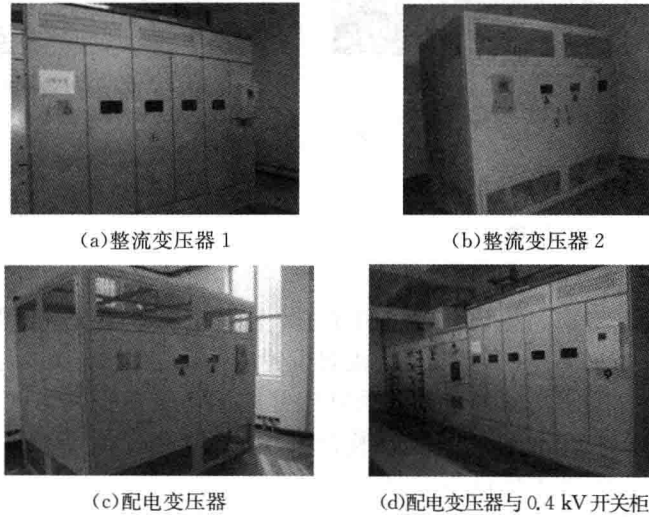


图 1-18

整流器柜、交直流电源屏实例如图 1-19 所示。



图 1-19

0.4 kV 开关柜实例如图 1-20 所示。



图 1-20