



地铁供电系统设备技术要求知识(DOC 29 页)

部门： XXX

时间： XXX

制作人： XXX

整理范文，仅供参考，勿作商业用途

地铁供电系统

第一节 概述

一、地铁供电方式

地铁的供电电源要求安全可靠，通常由城市电网供给。目前，国内各城市对地铁及城市轨道交通的供电一般有三种方式，即分散供电方式、集中供电方式、分散与集中相结合的混合供电方式。

分散供电方式是指沿地铁线路的城市电网（通常是 10KV 电压等级）分别向各沿线的地铁牵引变电所和降压变电所供电。其前提条件是城市电网在地铁沿线有足够的变电站和备用容量，并能满足地铁牵引供电的可靠性要求。如早期的北京地铁采取的就是这种供电方式。

集中供电方式是指城市电网（通常是 110KV 或 66KV 电压等级）向地铁的专用主变电所供电，主变电所再向地铁的牵引变电所和降压变电所供电，地铁自身组成完整的供电网络系统。近几年新建的地铁系统多采用集中供电方式，如上海、广州、深圳地铁等。

分散与集中相结合的供电方式是上述两种供电方式的结合，可充分利用城市电网的资源，节约投资，但供电可靠性不如集中供电方式，管理亦不够方便。

集中和分散两种不同供电方式的比较如表 1-3-1 所示，分散与集中相结合的供电方式优缺点介于两者之间。

表 1-3-1 地铁供电方式的比较

供电方式	优点	缺点
集中式供电	1、供电可靠性高，受外界因素影响较小； 1、主变电所采用 110/35KV 有载自调压变压器，并有专用供电回路，供电质量好； 1、地铁供电可独立进行调度和运营管理； 1、检修维护工作相对独立方便； 1、可提高地铁供电的可靠性和灵活性； 1、牵引整流负荷对城市电网的影响小； 1、只涉及城市电网电压等级 220KV 变电站的改造，工程量较小，相对容易实现。	1、投资较大。
分散式供电	1、投资较小； 1、便于城市电网进行统一规划和管理。	1、因同时受 110KV 和 10KV 电网故障影响，故受外界因素影响较多； 1、10KV 电网直接受天、地、雷、电引起的故障几率大，可靠性低。

- 性较低；
- 1、与城市电网的接口多，故障调度和运转果不便；
- 1、牵引整流机组产生的谐波影响较大；
- 1、要求城市电网的变电站应具有足够的容量，否则，工程量大。

对于某一城市究竟应采用哪种供电方式，需要根据地铁和城轨交通用电负荷并结合该城市电网的具体情况进行分析。若该城市的电力资源缺乏，变电站较少，采用分散供电方式时由于需要新建多个地区变电站而使投资增大，在此情况下采用集中供电方式就比较合适。该供电方式具有管理方便、供电可靠性相对较高等优点。若城市的电力资源较丰富，沿地铁和城轨交通线路的地区变电站较多且容量也足够给地铁和城轨交通供电，则采用分散供电方式可节约建设资金。当城市电网的情况介于上述两种情况之间时，可考虑采用分散与集中相结合的供电方式。

由于我国目前大多数地铁和城轨交通均采用集中供电方式，故本文将集中供电方式为主介绍地铁的供电系统和设备。

二、中压供电网络的电压等级

国外地铁和城市轨道交通的中压供电网络一般有 33KV 、20KV 、10KV 三个电压等级。国内现有地铁和城市轨道交通的中压供电网络有 35KV 、33KV 、10KV 电压等级。北京和天津的地铁和城市轨道交通的中压供电网络采用了 10KV 电压等级；上海地铁 1 号线的中压供电网络中牵引供电网络采用 33KV 电压等级、动力照

明供电网络采用 10KV 电压等级；广州地铁 1 号线的中压供电网络采用了 33KV 电压等级；深圳地铁 1、4 号线和南京地铁南北线的中压供电网络均采用 35KV 电压等级。我国电力系统并未推荐过使用 33KV 电压等级，上海、广州地铁采用此电压等级有其特殊历史原因。其他城市很少采用。

不同电压等级的中压供电网络有不同的特点：

（1） 35KV 中压供电网络：输电距离和容量大、电能损失小、设备可实现国产化，但设备相对体积大、产品价格高、国内无环网开关柜。目前国内城市配电网拟取消 35KV 电压等级，但国内地铁和城市轨道交通的中压供电系统仍在使用。

（2） 20KV 中压供电网络：输电距离和容量适中、电能损失较小、设备可完全实现国产化、设备体积小、产品价格适中、国内有环网开关柜。国外地铁和城市轨道交通大量采用，但国内地铁和城市轨道交通尚未使用此电压等级。

（3） 10KV 中压供电网络：输电距离和容量小、电能损失大、设备可完全实现国产化、设备体积小、产品价格低、国内有环网开关柜。国内城市配电网大量使用，部分国内地铁和城市轨道交通也使用此电压等级。

表 1-3-2 不同电压等级的中压供电网络的比较

序 号	项 目	35KV	20KV	10KV
1	输电容量	大	中	小
2	输电距离	大	中	小
3	电能损耗	小	较小	大
4	设备价格	高	中	低
5	设备国产化	国产	国产	国产
6	设备体积及占地 面积	大	中	小
7	国内生产环网柜	无	有	有
8	国内城市电网应 用	拟取消	有，很少	广泛应用
9	国内地铁及城轨 应用	有	无	有
10	适用标准	国 家 标 准	国际标准	国家、国 际标准

中压供电网络既可采用牵引和动力照明同用一个供电网络的方案，即牵引动力照明混合网络；也可以采用牵引和动力照明供电网络相对独立的两个供电网络方案，即牵引供电网络、动力照明供电网络。由于电费在地铁和城轨交通的运营成本中占很大比例，从长远的角度考虑，中压供电网络宜选择较高的电压等级，亦即 35KV 或 20KV 为优选方案。

三、地铁供电系统的组成

地铁供电电源通常取自城市电网，通过城市电网一次电力系统和地铁供电系统实现输送或变换，然后以适当的电压等级供给地铁各类设备。

根据用电性质的不同，地铁供电系统可分为两部分：由牵引变电所为主组成的牵引供电系统和以降压变电所为主组成的动力照明供电系统。

牵引供电系统主要由主变电所、牵引变电所、接触网、电力监控、供电电缆网等组成。提供地铁车辆的牵引动力电源。

动力照明供电系统主要由降压变电所、低压母线排、配电设备、线缆、用电设备等组成。提供地铁机电设备动力电源和照明电源。

此外，还应设置地铁应急电源系统，如小型发电机、EPS电源、UPS电源等。

四、牵引供电系统的制式

城市轨道交通和地铁的牵引供电系统通常均采用较低电压的直流供电制式，主要原因是：

（1） 由于直流制供电无电抗压降，因而比交流制供电的电压损失小；

（2） 电网的供电范围（距离）、电动车辆的功率都不大，均不需太高的供电电压；

（3） 城市轨道交通和地铁的供电线路都处在城市建筑群之间，供电电压不宜过高，以确保安全；

（4） 直流制供电的对象，即早期使用的直流牵引电动机和近期采用的变频调速异步牵引电动机均具有良好的起动和调速特性，可充分满足电动车辆牵引特性的要求。

基于上述原因，世界各国城市轨道交通的供电电压均在 550 ~1500V 之间，其中间档级很多，这是由各种不同交通形式、不同发展历史时期造成的。现国际电工委员会拟定的电压标准为：600V 、750V 、1500V 三种，后两种电压为推荐值。我国国标亦规定为 750V 和 1500V ，不推荐 600V 电压等级。

我国北京地铁采用的是 750V 直流供电电压，上海地铁、广州地铁、深圳地铁等均采用的是 1500V 直流供电电压。究竟应选择哪种电压等级，这涉及供电系统的技术经济指标、供电质量、运输的客流密度、供电距离、车辆的选型等。必须根据各城市的具体条件和要求，通过综合技术论证后决定。

近年来，由于交流变频调速技术的发展，车辆的牵引电动机已逐步采用结构简单、运行可靠、价格低廉的鼠笼式交流异步电动机替代原先的直流电动机。在城市轨道交通中采用交流变频调速

异步牵引电动机是一项新技术，也是牵引动力的发展方向，具有非常广阔的发展前景。通常采用的“交—直—交”（AC-DC-AC）变频调速方式，尽管在电动车辆上采用的是交流异步电动机，但其接触网架线供电电压还是直流的。从供电的角度分析，仍然还可认为是属于直流供电制式的扩大运用范畴。

第二节 牵引供电系统

一、牵引供电系统的组成

图 1-3-1 表示地铁和城轨交通牵引供电系统的各组成部分的示意图。

发电厂

升压 变压器

升压 变压器

发电厂

主变电所（降压）

牵引变电所

整流装置

车 辆

电力网

馈电线

接触网

回流线

轨 道

车 辆

接触网

图 1-3-1 牵引供电系统示意图

图中，从发电厂（站）经升压变压器、高压输电网、区域变电站至主变电所，通常被称为“一次（外部）供电系统”。主变电所可以由电力系统部门直接管理（如采用分散式供电的情况），也可归属于地铁或城市轨道交通单位管理（如采用集中式供电的情况）。

主变电所（属于地铁或城市轨道交通单位管理时）、牵引变电所、整流装置、馈电线路、接触网、走行轨道、回流线等统称为“牵引供电系统”。城市电网的三相高压交流电 110KV（或 220KV）经主变电所降低为 10～35KV 作为牵引变电所的进线电压。牵引变电所再将 10～35KV 电压变成适合电动车辆应用的低压直流电。馈电线将牵引变电所的直流电输送到沿车辆走行轨架设的接触网（或接触轨）上。电动车辆通过其受流器与接触网（或接触轨）的直接接触而获得电能。走行轨道构成牵引供电回路的一个组成部分，回流线将轨道回流返回牵引变电所。

二、主变电所

1、概述

地铁主变电所将城市电网的高压 110KV（或 220KV）电能降压后以 35KV 或 10KV 的电压等级分别供给牵引变电所和降压变

电所。为保证供电的可靠性，地铁线路通常设置两座或两座以上主变电所。主变电所由两路独立的电源进线供电，内部设置2 台相同的主变压器。根据牵引负荷和动力负荷的不同情况，主变压器可采用三相三绕组的有载调压变压器或双绕组的变压器。采用有载调压变压器在电源进线电压波动时二次侧电压维持在正常值范围内。

主变电所为地铁线路的总变电所，承担整条地铁线路的电力负荷的用电。

（1） 可根据负荷计算确定在地铁线路上设置的主变电所数量。

（2） 每座主变电所设置 2 台主变压器，由城市电网地区变电站引入两路独立的 110KV 专用线路供电，两回路同时运行，互为备用，以保证供电的可靠性和供电质量。进线电源容量应满足远期时其供电区域内正常运行及故障运行情况下的供电要求。

（3） 低压 35KV 侧采用单母线分段接线，两段母线间设母联断路器，正常运行时母联断路器打开。

（4） 正常运行时每座主变电所的两路 110KV 电源和 2 台主变压器分列运行。通过 35KV 馈出电缆分别向各自供电区域的负荷和动力照明负荷供电。

2、主变电所的主要设备

（一）主变压器

高压侧电压为 110KV ， 低压侧电压为 35KV （或 10KV ）。

主变压器容量应能满足正常运行时， 每台变压器容量承担其所供区域内的全部牵引负荷和动力照明的供电。当发生故障时，应满足如下条件：

- （1） 当一台主变压器发生故障时， 另一台主变压器应能满足该供电区域高峰小时牵引负荷和动力及照明一、二级负荷的供电。
- （2） 当一座变电所因故解列时， 剩余主变电所应承担全线的动力和照明一、二级负荷及牵引负荷。

主变压器容量的选择应考虑近期实际负荷和远期发展的需求。单台容量大约在 20MVA ～40MVA 范围， 主要考虑相邻变电所故障解列时应满足向该段牵引负荷越区供电的要求。

（二） 110KV GIS 组合电器

主变电所采用 110KV 全封闭六氟化硫组合电器设备， SF6 气体绝缘的金属封闭开关设备,简称 GIS(Gas InsuLated metaL-encLosed Switchgear)。 GIS 是由各种开关电器：断路器 GCB 、隔离开关 DS 、接地开关 ES、母线、现地汇控柜 LCP 以及电流互感器 CT 、电压互感器 VT 和避雷器 LA 等组成的电力设备,具有结构紧凑、抗污染能力强、运行安全、外型美观、设备占用空间小等特点。主要技术规格如下：

（1）	额定电压：110KV
（2）	最高工作电压：126KV
（3）	额定绝缘水平：
Ø	额定雷电冲击耐受电压（峰值）：相对地 650KV
断 口	650+100KV （隔离开关）
断 口	650KV （断路器）
Ø	额定 1 分钟工频耐受电压（有效值）：耐受电压 275KV
断 口	315KV （隔离开关）
断 口	275KV （断路器）
（4）	SF6 气体零表压时耐受电压（相对地）：1.3*126 $\sqrt{3}$ KV (5min)
（5）	局部放电量（1.1 倍相电压下）
Ø	气绝缘子：小于 3PC
Ø	整体 GIS：小于 10PC
（6）	额定电流：2000A
（7）	额定热稳定电流及持续时间：40KA/3S

（8） 额定动稳定电流：100KA

（9） 额定频率：50HZ

（10） 相数：3

（11） 断路器操动机构和辅助回路的额定电压：直流 220V

（三）主变电所二次设备

（1）主变压器保护

Ø SR745 数字式变压器管理继电器，用于变压器保护、控制、接口、测量和监测。可实现以下功能：

1 主变内部故障时的纵差保护，保护动作跳主变两侧；

1 SR745 低压侧过流元件和 MIV 电压继电器配合，组成低压侧复合过流，依次跳本侧及主变两侧；

1 按负荷起动风扇回路；

1 联跳电容器回路；

1 用于 2 # 主变时，作主变及线路的纵差保护，动作跳主变两侧。

Ø MIF 数字式馈线管理继电器（装于 110KV 侧），用于主变压器保护、接口、测量和监测。可实现以下功能：

1 同 MIV 电压继电器共同组成 110KV 复合电压过流保护，第一时限跳本侧，第二时限跳两侧；

1 同 MIV 电压继电器共同组成 110KV 零序过流方向保护，第一时限跳本侧，第二时限跳两侧；

1 监视零序，保护动作经 0.3~0.5S 跳主变两侧；

1 过负荷保护，发信号及闭锁有载调压开关。

Ø MIV 电压继电器，共 2 台：

1 一台装于 110KV 侧，实现：同 MIF 共同组成复合电压过流保护，第一时限跳本侧，第二时限跳两侧；同 MIF 共同组成零序过流方向保护，第一时限跳本侧，第二时限跳两侧；零序过压保护保护动作经 0.3~0.5S 跳主变两侧。

1 另一台装于 35KV 侧，实现：

利用 SR745 的过流保护功能共同组成复合电压过流保护，依次跳本侧及主变两侧。

（2）线路保护

配置 L90 线路差动继电器，实现线路保护要求。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/898054024132007040>