

# 城市轨道交通信号系统电源技术改造研究

杨勇

深圳地铁运营集团有限公司

**[摘要]**基于当下城市轨道交通日趋发达,全国多个城市已开展全自动运行地铁线路的建设和运营工作,信号系统作为地铁全自动运行技术的核心系统,保障地铁运营安全及效率,这也对信号系统供电可靠性提出了更高的要求,本文分析了信号系统电源供电可靠性提升的技术改造方案。通过提高信号系统电源设备工作可靠性,有效提高地铁信号系统运行的稳定性及可靠性。

**[关键词]**城市轨道交通;信号系统;电源技术改造;研究

**【DOI】**10.12252/j.issn.2096-6288.2020.04.076

## 引言

城市轨道交通对信号系统设备运行的稳定性要求比较高,因为信号系统直接关系到列车运行的安全及运营组织的效率。但是目前已投入运营的多数线路的信号系统未考虑供电冗余性,这就需要在电源系统故障时投入大量的人力成本进行抢修处置,同时也会带来较大的行车影响。如果通过技术手段对既有线路的“单电源”供电方式改造为“电源冗余”供电方式,加之运营维护管理手段,可实现信号系统供电的可靠性。因此,为了实现地铁信号系统稳定性及可靠性,就需要将信号系统供电方式向冗余性、可靠性、稳定性的方向发展和提升。

### 一、信号系统电源稳定性提升需求分析

城市轨道交通作为当前主流城市主要出行工具,随着市民对地铁运营的安全性及正点率的高要求,信号系统作为保证地铁行车安全及行车效率的核心系统,对其运行稳定性的要求也随之提高,从此角度分析,同时,受地铁建设成本控制因素影响,各系统设备也在降低建设资金投入,导致目前很多已投入运营的线路信号系统均采用“单电源”供电方式,信号系统运行可靠性及稳定性存在“掉电”风险,同时,如出现部分暂时无法恢复的故障元器件,将对运营造成巨大影响,从而严重影响运营服务质量。

综上,为了保证轨道信号系统运行的可靠性和稳定性,需要对信号系统供电方式进行更深入的研究和合理的技术改造。首先,针对已开通且采用“单电源”供电方式的线路进行技术改造,在保证既有线路运营安全稳定的前提下,通过项目立项、工作计划制定、施工方案编制、现场施工各环节的流程管控,实现冗余供电的方式。其次,针对在建线路,要求建设方在建设初期信号系统设计阶段即采用“双电源”设备配置,从源头上实现信号系统供电的可靠性。

### 二、信号系统电源供电方式现状分析

以深圳地铁各线路信号系统为例,三期及以前的线路(1、2&8、3、5、6、7、9、10、11号线)均采用“电源屏+单UPS”供电方案,而自四期线路开始(6号线支线、12、14、16)设计上均采用了“电源屏+双UPS”,很大程度上提高了信号系统供电的可靠性。

通常情况下,信号电源系统可靠性控制指标主要通过设计初期通过实验室数据计算获得,现场测试及验证难度大,难以真实反应信号电源系统的真实可靠性指标。因此行业内很多供电系统的设计标准或规范通常直接规定供电部分的架

构,以此来直接控制供电系统的可靠性和可用度。下面就针对目前国内各城市轨道交通行业内信号系统供电设计的几种方案进行分析。

#### (一) 单机供电方案

##### 1. 基本原理分析

单机供电方案是指信号电源系统设备由信号电源屏(含两路电源转换)、UPS、蓄电池组等功能单元组成,信号电源系统采用单UPS+旁路稳压器供电方案。两路输入市电经切换单元后,分别给UPS主路、稳压器、交流转辙机供电,经UPS输出给所有负载供电,同时UPS给蓄电池进行充电,稳压器输出为UPS旁路提供电源。

##### 2. 优缺点对比研究

采用单机供电方案的优点是建设投入成本低、且机房占地面积小。但存在可靠性低的问题,且UPS常态处于满载工作,影响设备使用寿命。

#### (二) 并机+稳压器供电方案

##### 1. 基本原理分析

并机+稳压器供电方案是指单机供电方案的并机+稳压器方案的两路市电输入经切换单元后,分别给两台并联的UPS和转辙机供电,经UPS输出后给交、直流单元提供输入电源,两台UPS正常工作时均分负载,当其中一台UPS出现故障时,由另外一台UPS承担起所有的负载。

##### 2. 优缺点对比研究

采用并机+稳压器供电方案的优点是相比于单机方案可靠性高,当单台UPS故障时能保证输出电源的稳定性,且正常工作状态下UPS处于半负载工作状态,可有效延长设备使用寿命,同时旁路设置稳压器时UPS旁路供电状态下的供电回路具有稳压功能。但较单机供电方案,建设成本较高且设备房内占地面积较大,同时集中供电状态下故障影响面大。

#### (三) 不对称式双母线供电方案

##### 1. 基本原理分析

不对称式双母线供电方案是指两路市电输入经信号电源屏切换单元后切换后,分别给一系的UPS和另一系的电源模块;转辙机可由UPS或切换后市电直接供电,UPS与另一系的电源模块输出物理隔离,故障时相互不影响。当其中一系设备出现故障时,由另外一系设备承担起所有的负载。

##### 2. 优缺点对比研究

采用不对称式双母线供电方案的优点是相比于并机方案可靠性更高,当单台UPS故障或单个电源模块故障时能保证输

出电源的稳定性，设备结构简单，单机供电方式的设备容易开展升级改造为不对称双母线方式。但较对称式双母线方案可靠性略低，部分单电源负载的单元故障仍无法消除。

#### (四) 对称式双母线供电方案

##### 1. 基本原理分析

对称式双母线供电方案是指两路市电经过两套独立切换单元后，分别给两台并联的UPS和转辙机供电，经UPS输出后给交、直流单元提供输入电源，两台UPS输出物理隔离且相互间不影响，为后端负载提供稳压电源，当其中一台UPS出现故障时，由另外一台UPS承担起所有的负载。

##### 2. 优缺点对比研究

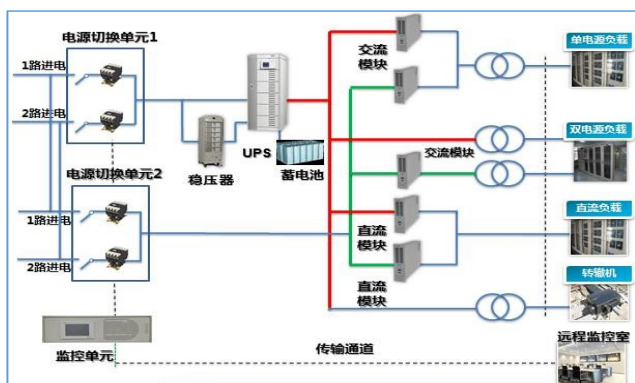
采用对称式双母线供电方案的优点是相比于不对称式双母线方案可靠性、冗余性更高，任意UPS单系故障、输出短路或母线短路均不影响运营，较大程度上提升了信号系统供电稳定性和可靠性。但因设备结构复杂，导致建设和改造的成本及难度较大，机房占地面积较多，同时增加了运营维护量。

#### 三、信号系统电源技术改造施工研究

深圳地铁一、二期工程线路信号系统均按“信号电源屏+单UPS”供电方式建设，符合上文中“单机供电方案”的设计方案，但随着深圳地铁网络化运营的发展，也带来对地铁信号系统稳定性及可靠性的不断提高，后期对信号供电方式的优化性技术改造也将成为技术攻关的方向，下面选取深圳地铁10号线甘坑站信号电源系统改造为例研究。

##### (一) 改造分析

针对上文对四种供电方式的原理及优劣分析，结合甘坑站信号设备室机房内实际物理条件，综合考虑采用不对称式双母线改造方案（如下图所示）。



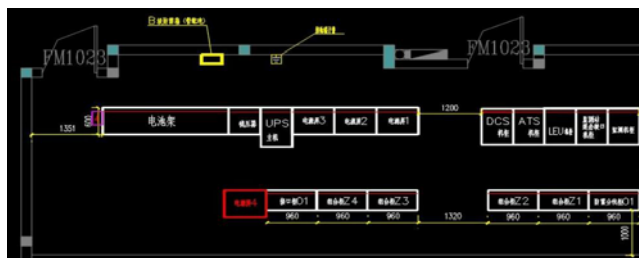
该改造方案下，两路市电输入经电源屏切换单元后，分别给各设备一系的UPS和另一系的电源模块供电，UPS与另一系的电源模块供电输出设置物理隔离，当其中一系设备发生供电回路故障时可保证另一系设备正常供电，有效提高了信号系统设备的可用性。

##### (二) 改造施工方案研究

##### 1. 新增设备布置

根据上文可行性分析，在信号设备机房内既有电源屏后排与接口柜并排增设加装的电源屏机柜（机柜尺寸：长800mm\*宽600mm\*高2250mm）、相对占地面积增加0.48m<sup>2</sup>，信号设备机房既有空间可满足新增设备安装条件，如下图所示。

示。



##### 2. 既有设备改造分析

将信号系统各负载设备单、双电源进线区分放置，同时对所有直流模块输入进行区分放置，将所有交流双电源其中一路及交流单电源增加TH1模块，此状态下开展对电源屏机柜内部相关变压器、输出配线进行调整，具体如下。

##### 3. 现场改造施工步骤

施工预计三个作业点可完成改造所有内容，其中第一个作业点将新增电源屏与既有电源屏1输入连接并对新增电源屏进行调试，完成新增电源屏输出至其余电源屏端子安装及连接工作；第二个作业点将模块新增线缆放置到位并做好已拆除的线缆标记，完成安装模块输入开关、配线等准备工作；第三个作业点将需要更改配线的全部进行更换并完成新增设备的接入及功能调试工作，具体如下：

(1) 新增电源屏输入、柜间输出环线以上走线方式布置放线；

(2) 在电源屏1增加两个TH1模块及相输入输出配线，输出至变压器T60输入，给电源屏1所有交流电源供电；

(3) 直流模块（数量视车站规模而定）输入接线进行分开；

(4) 电源屏2增加7个TH1模块及一个变压器T62相关配套线缆开关，其中TH1-3/4/5模块分别依次输出至电源屏2变压器T80、T82、电源屏3变压器T82，同时需要拆除既有变压器的输入配线并做好绝缘处理；

(5) 电源屏2-TH5/6/7/8模块输出屏2变压器T60、T61、T62、T84变压器供电，同时需要拆除既有变压器的输入配线并做好绝缘。

综上所述，以深圳地铁甘坑站为样板站进行信号系统供电方式改造，从技术上满足不对称式双母线供电方式的改造条件，且施工难度及成本投入较低，可实现信号系统供电的稳定性及可靠性。

#### 结束语

通过分析信号系统供电方式的技术分析，以及当下地铁信号系统对于安全性及稳定性的要求，本文通过多个技术维度提出了信号系统电源供电方式的优化方案，此方案可以有效降低信号系统因供电故障造成的地铁运营服务中断风险，从而可以实现信号系统保持在一个长期可靠的状态运行，以保证地铁行车安全及运营效率。

#### 参考文献

[1]王颖, 李新, 冯前进, 等.城市轨道交通信号UPS电源系统优化配置方案[J].铁路通信信号工程技术, 2019, 19(8): 62-67, 96.