

关于地铁信号电源系统冗余对应关系的设置方案研究

于航升

卡斯柯信号有限公司 上海 200040

【摘要】：本文针对地铁信号电源系统的冗余配置方案展开论述，从电源系统冗余方式和信号联锁、DCS、ATS 子系统电源冗余配置方式出发，论述了上下层冗余结合时的匹配配置方案，结合典型配置错误所引发的故障案例，提出了系统调试阶段的现场检验方法。

【关键词】：信号电源；冗余配置；联锁；ATS；DCS

DOI:10.12417/2705-0998.25.19.047

信号系统是保障地铁安全高效运营的关键系统，其电源的安全性、可靠性至关重要。信号系统电源由动照系统提供两路相互独立的三相五线制交流电源。为提高系统可靠性，通常采用双套电源冗余配置方案，以杜绝因单点失效导致的系统失电。

信号联锁、ATS、DCS 子系统均采用双系统配置，并采用双路供电的方式，以提高系统的可靠性。主要设备配置如表 1 所示：

表 1 信号子系统主要配置

序号	子系统		配置	
1	联锁		联锁 A 系	联锁 B 系
2	ATS	OCC 服务器 A 系	OCC 服务器 B 系	
		OCC 网关 A 系	OCC 网关 B 系	
		车站 HMI-A	车站 HMI-B	
		车站自律机-A	车站自律机-B	
3	DCS	骨干网	红网	蓝网
		边缘网	深灰网	浅灰网
		LTE	核心网 A	核心网 B
			BBU-A	BBU-B

如果将电源系统作为下层系统，信号联锁、ATS、DCS 子系统作为上层系统，由于上下层均采用双系统冗余配置，在工程设计阶段，往往忽略上下层系统冗余结合时的对应关系，从而导致系统冗余失效。

故障案例：上海地铁 17 号线某站发生 UPS2 路电源故障断电，导致车控室 HMI（现地工作站）-A 机灰显（即网络连接中断），HMI-B 机断电关机，设备冗余失效。

案例分析：上海地铁 17 号线采用双切换、双 UPS、双母线供电方案，电源系统配置 2 套设备冗余运行，以避免单点故障对系统造成掉电风险。该方案设备主要包括 2 套电源切换单

元、2 台 UPS、2 台稳压柜、2 套电池组，独立输出 2 组电源。从电源结构上来看，信号联锁机柜、ATS 机柜、DCS 机柜均采用双路供电方式实现冗余。

电源结构示意图如图 1 所示：

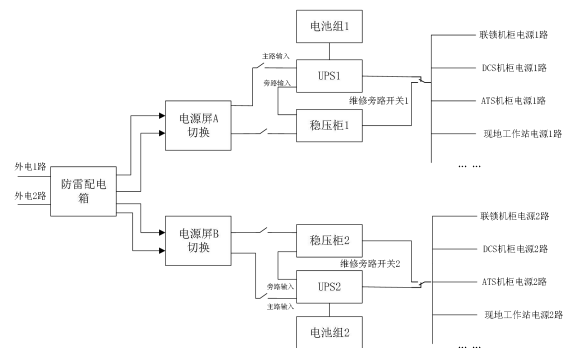


图 1 电源结构示意图

在通信结构设置上，联锁子系统和 ATS 子系统均通过双路冗余的通信传输通道接入 DCS 深灰网和浅灰网，以实现联锁和 ATS 子系统的冗余通信，当冗余网络中的一条发生故障时，各子系统仍可以通过另一条网络保持通信。

在电源配置上，根据联锁机柜生产图纸，可知联锁深灰网交换机接到了联锁机柜电源 1 路，由 UPS1 供电，联锁浅灰网交换机接入联锁机柜电源 2 路，由 UPS2 供电。根据 DCS 机柜生产图纸，可知 DCS 浅灰网交换机接入 DCS 机柜电源 1 路，由 UPS1 供电，DCS 深灰网交换机接到了 DCS 机柜电源 2 路，由 UPS2 供电。

上海 17 号线设计中，UPS1 仅对信号设备 A 系统供电，UPS2 仅对信号设备 B 系统供电。因此，当 UPS2 故障失电时，联锁 B 系统和联锁浅灰网交换机断电，DCS 机柜深灰网交换机也断电，导致仍在运行的联锁 A 系统无法通过联锁深灰网交换机，与 DCS 深灰网交换机通信。最终造成一路 UPS 断电，联锁双系与 ATS 双系通信全部中断，导致整个集中站 ATS 界面“灰显”，系统冗余失效。

联锁、ATS、DCS 子系统供电和网络连接如图 2 所示：

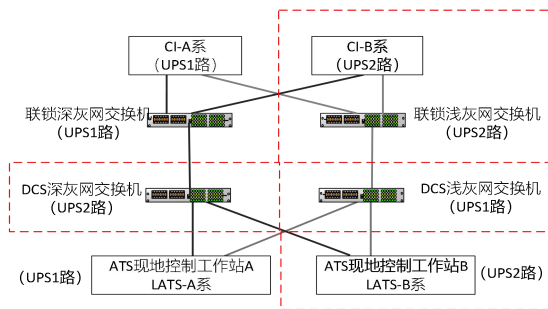


图2 联锁、ATS、DCS 子系统供电和网络连接图

整改方案：重新配置 DCS 机柜 1、2 路电源对应的网络结构，将 DCS 浅灰网交换机接入 DCS 机柜电源 2 路，由 UPS2 供电，将 DCS 深灰网交换机接入 DCS 机柜电源 1 路，由 UPS1 供电，使其与联锁深灰、浅灰网交换机对应的供电方式保持一致。

建议进一步优化方案：将 ATS 现地工作站深灰、浅灰网络分别接入 DCS 骨干网交换机和联锁交换机，以进一步提高系统冗余性。

在信号系统调试和验收阶段，通常仅进行单系统冗余测试，如关闭联锁双系统一系进行单系测试，或关闭 DCS 机柜双电源一路进行单电源测试等，系统间的冗余测试进行的得往往不够全面。建议针对各子系统的冗余对应关系，分别进行断电、断网测试。

现场冗余检验方案：制定冗余对照表，逐项进行冗余测试。

参考文献：

[1] 凌力地铁信号电源冗余配置方案研究[J]城市轨道交通研究,2017(6):37.

表2 冗余对照表

系统 I 系统 II	UPS1	CI-B 系	CI 浅灰 网交换 机	DCS 浅灰 网交换 机	ATS-HMI-B 机
UPS2	/	✓	✓	✓	✓
CI-A 系	✓	/	✓	✓	✓
CI 深灰网交换 机	✓	✓	/	✓	✓
DCS 深灰网交 换机	✓	✓	✓	/	✓
ATS-HMI-A 机	✓	✓	✓	✓	/

测试举例：

第一步：关闭 UPS1，断开 DCS 机柜 1 路电源，再分别断开联锁 1 路电源和 2 路电源，验证 HMI 不失效；

第二步：关闭 UPS1，断开 DCS 机柜 2 路电源，再分别断开联锁 1 路电源和 2 路电源，验证 HMI 不失效。

测试延伸：进行以上测试时，同步检查 LTE 系统的室内 BBU 设备、远端 RRU 设备不失效，持续监控 BBU 与 RRU 间的光纤链路状态，确保传输信号稳定无中断，同时验证车地通信系统实时可靠。

电源系统的冗余方案对地铁信号系统的可靠性和安全性至关重要。通过对冗余结构方案的实际应用案例的研究可知，合理的冗余设置能够有效提高系统的可靠性，减少因电源故障导致的系统失效。在信号系统调试和验收阶段，应加强系统间的冗余测试，制定完善的现场冗余测试方案，确保系统的可靠性和安全性。