

[信号电源]

一体化信号电源系统应用及维护

文/ 中国铁路上海局集团有限公司合肥电务段 桑世松

一体化信号电源系统结构简单，可靠性高，供电稳定。分析了信号电源系统的发展现状，并对现有系统进行分析，根据现有系统暴露的问题进行研究，开发了适应现代化发展的一体化信号电源系统，符合现代化铁路大发展的要求。

“十三五”铁路大发展时期，为了实现铁路提速、重载、扩能和安全的目标，我国积极引进和开发了许多先进技术，使得作为铁路主要装备的铁路信号设备获得了迅速发展。铁路信号电源屏是铁路信号联锁、闭塞和列控等设备可靠运行的心脏，其供电质量、安全性和可靠性也随着铁路的快速发展得到

不断提高。

随着铁路信号系统智能化的不断提升，信号系统对供电质量的要求越来越高，现有信号电源系统主要由系统输入配电单元、不间断供电单元、稳压电源模块及隔离单元、系统输出配电单元和监控与通信管理单元等组成，如图1所示。

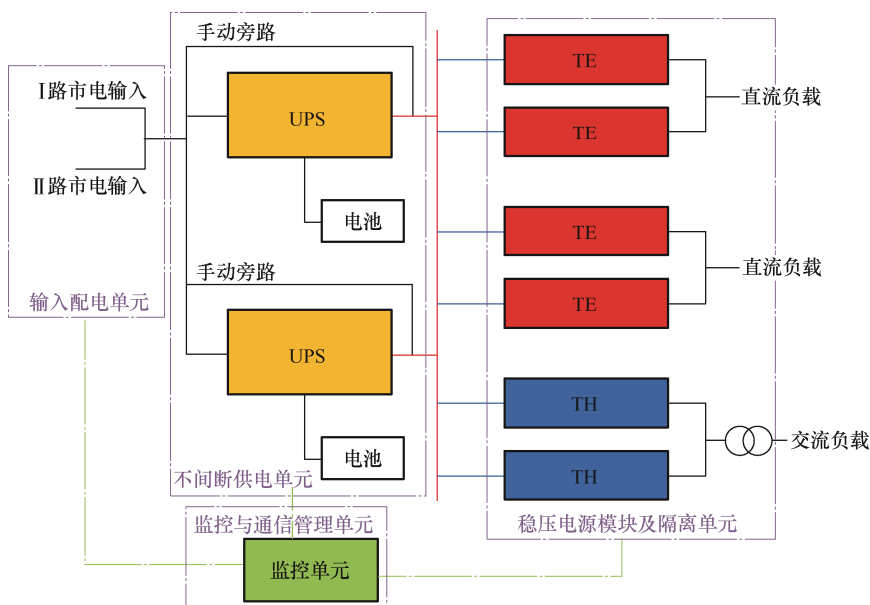


图1 传统信号电源系统原理图

随着列车运行速度和装备水平的提高,以及对信号系统可靠性越来越高的要求,信号电源系统逐渐暴露出一些技术问题:

- 1) 系统整体存在薄弱单点故障环节。
- 2) 输入端有较大的输入冲击时,导致前端不间断供电系统备份能力丧失。
- 3) 不间断供电单元与电源转换单元部分功能重复,变换级数多,转换效率低,系统复杂,故障率高。

我国信号系统的装备技术水平已经达到或接近国际先进水平,特别是铁路系统已经基本实现了国产化,但是目前信号电源系统条块分割严重,没有从整体系统角度进行统筹设计,故存在设备变换层级过多、效率过低的问题,轨道交通信号电源系统还停留在四五年前满足行业标准的最低水平,导致与信号系统的高可靠性需求不匹配。

随着铁路智能化的推进,铁路信号电源机房内的智

能设备逐步增多,对不间断供电的需求随之扩大,由不间断电源设备 UPS 所带来的不利因素正在成为降低系统可靠性、增加系统维护工作量的重要原因。本文根据铁路行业的需求进行研究,致力于新一代数字一体化智能不间断铁路信号电源屏系统研制,以解决目前信号电源系统存在的问题。

一体化信号电源系统应用方案

1. 一体化信号电源系统方案介绍

一体化信号电源系统由系统输入配电单元、不间断供电单元、稳压电源模块及隔离单元、系统输出配电单元和监控与通信管理单元等组成。在进行系统设计时,采用的是双母线冗余式配电架构。相对于传统 UPS 信号电源系统,结构更简单,有效地解决了单点故障问题,工作效率更高,维护更便捷。一体化信号电源系统如图 2 所示。

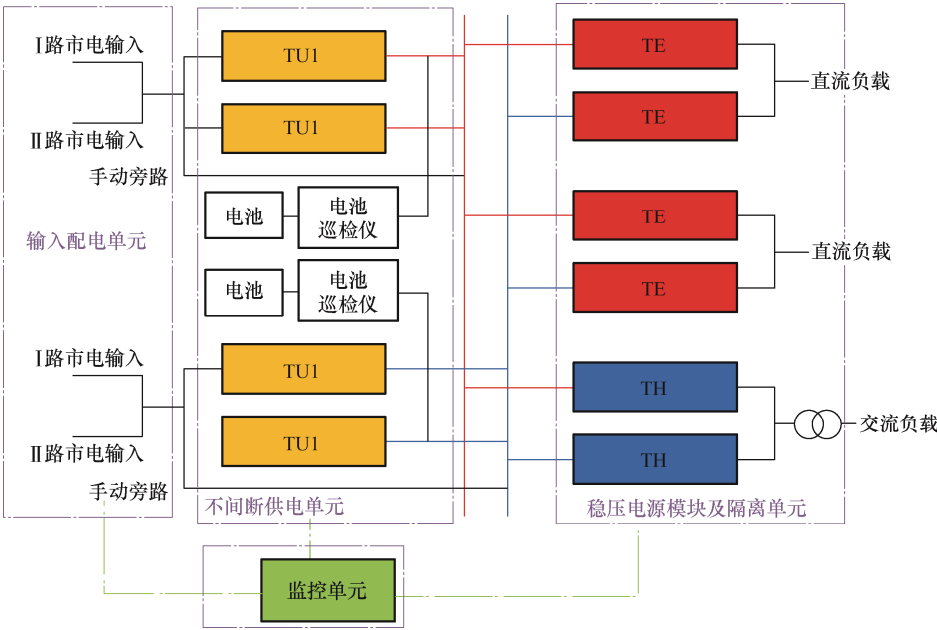


图 2 一体化信号电源系统原理图

由图 2 可知,系统的供电回路可分成两个相互独立、物理隔离的电源系统,两个信号电源系统(含内部静态开关、总开关电源模块和不间断电源单元容量等)都应能独立满足负载供电最大供电容量。一体化信号电源系统基于双总线供电,包括第一电源供电电路和第二电源供电电路,两者均包括至少一对不间断供电单元、

总线和电源变换单元,不间断供电单元的输入端接市电,输出端与相应的电源供电电路中的总线连接,第一电源供电电路和第二电源供电电路相互独立且物理隔绝。

当任意一个供电电路所供电的 50 Hz 交流设备出现短路时,或者当任意一个供电电路中的不间断供电单元或者电源变换单元出现短路时,仅会影响该供电电路自

身,而不会影响另一个供电电路,从而也不会影响信号设备的正常工作,保证铁路运营秩序不受影响。

2. 一体化信号电源系统配置

1) 系统设置两套 Y 形切换系统,两套切换系统互相独立,互不影响,其中一路设定为一路市电输出,另外一路设定两路市电输出。

2) 两路市电经两套 Y 形切换系统分别输出两路母线,后端电源模块按照“N+N”的配置方式分别均匀挂在两路直流母线上。

3) 当市电任意一路发生缺相时,模块发出相应的市电异常告警,但模块仍可正常输出。

4) 采用 TU1 模块替代 UPS 作为不间断电源,模块采用“1+1”或“N+M”并联方式工作,单个模块配置容量不大于 10 kW,配置时按照 UPS 的配置方式进行配置,冗余数量按照容量冗余进行确定。

5) 各 T 系列为直流输入模块,功率相对较小,设计为单相输入,分挂不同相位,避免断相时同时崩溃。

图 2 中,TE 系列模块输出为直流,TH 模块输出为交流,模块采用“1+1”或“N+M”并联方式工作,配置时根据现场用电需求配置模块种类和数量。

6) 主备模块并联输出,实现零中断切换。

7) 采用双母线的配置方式,各环节出现单点故障时均能够实现有效的零中断输出。

一体化信号电源系统方案应用研究

1. 一体化信号电源系统功能

一体化信号电源系统在传统信号电源功能上进行了改进,可以实现以下功能:

1) 两路输入电源间应具有自动转换、手动转换功能以及每路输入均具备直供功能。

2) 主备电源的转换时间(包括手动和自动)不应大于 0.15 s。

3) 当输入电源超出额定电压三相 AC380⁺⁵⁷₋₅₆ V/单相 AC220⁺³³₋₄₄ V 时,电源屏发出声光报警,允许 I、II 路进行自动转换,但转换前要检测另一路电源状态,只有当另一路电源状态在标准规定值以内时方可实施转换。

4) 当输入电源出现断电、断相时,电源屏应自动

转换至另一路电源供电,并发出声光报警。

5) 两路输入三相电源应具有相序检测及报警功能,当输入电源出现相序错相时,应启动声光报警功能,其中有三相交流转辙机输出电源的电源屏应能自动转换至另一路电源供电。

6) 当一路电源故障转到另一路电源工作,原供电电源恢复后,如需转回原供电电源工作,应采用手动转换方式。

7) 若两路均超限时,电源屏宜中断输出。

8) 两路输入电源间切换时,输入冲击电流应不大于额定工况时的 10 倍。

9) 两路输入电源间转换过程中各路输出不应出现断电现象(交流转辙机输出除外)。

2. 一体化信号电源系统应用优势

一体化系统相对于原有 UPS 信号电源系统,主要具有以下优点:

1) 不间断电源 TU1 模块本身体积小,结构简单,占用空间小,其外形为铁标要求的 1/4 模块大小,该模块与相同容量 UPS 尺寸对比见表 1。

表 1 TU1 与 UPS 体积对比 (单位: mm)

产品	长	宽	高
TU1 模块	445	85	310
单相输入单相输入 UPS	580	300	870
三相输入三相输入 UPS	715	555	225

2) UPS 结构复杂,型号多样,内部出现问题排查困难,不便于维护。而 TU1 模块结构较简单、效率高,并支持热插拔,其与监控配合的统一的电池管理使维护和扩容都具有极大的便利。

3) 不同型号不同容量的 UPS,因母线电压的不同,导致配置的电池数量也不同,对于维护造成了困难,相对比一体化信号电源,统一了电池的数量,并且做到了统一的电池管理,提高了维护的效率。

4) UPS 输出至电源模块前端为单母线,会造成单点故障;电压变换环节冗余,系统整体可靠性降低。一体化信号电源系统删除了部分冗余的功能,将变换层级由 4 级降低到 2 级,精简了系统,有效减少了系统损耗,同样也降低了因系统复杂而产生的故障点。

5) 一体化系统在设计时,进行了多重冗余备份设计,双母线互相独立,有效解决了系统单点故障,提高了系统的可靠性,任一子系统出现故障时,均可以隔离出来进行处理,不会影响系统正常工作。

6) 一体化采用直流供电方式,具有抗冲击能力强、拓扑简单、扩容方便和稳定性高等优点,另外,TU1模

块针对铁路电网适应性进行了专项设计优化,TU1检测标准采用铁标 TB 1528 的标准,UPS 检测标准采用 YD/T 1095、YD/T 944 及 YD/T 983 标准,对比见表 2,从表 2 中看出 UPS 的部分测试要求和判据偏低,TU1 可靠性更高,相对于传统 UPS 更适应严苛的铁路应用环境,最高谐波耐受达到 30%,更适应现场实际情况。

表 2 TU1 与 UPS 标准对比

测试目的	UPS 标准	电源屏标准
环境耐受	环境试验,采用恒定湿热检测法(YD/T 1095 4.1.2 5.30.5)	环境试验,采用交变湿热检测法(TB/T 1528.2)
用户使用可靠性	电磁兼容试验,静电放电试验,测试电压为 4 kV/4 kV,判据为 B(YD/T 983 表 9)	电磁兼容试验,静电放电测试电压为 6 kV/8 kV,判据为 A(TB/T 3073 表 3)
防雷电	电磁兼容试验,浪涌试验,测试电压为 0.5 kV/1 kV,判据为 B(YD/T 983 表 9)	电磁兼容试验,浪涌测试电压为 1 kV/2 kV,判据为 A(TB/T 3073 表 4)
抗电网冲击	电磁兼容试验,电快速脉冲群试验,测试电压及判据为 0.25 kV/B 0.5 kV/C(YD/T 983 表 9)	电磁兼容试验,电快速脉冲群试验,测试电压及判据为 2 kV/A(TB/T 3073 表 4)
耐复杂电磁环境	电磁兼容试验,射频场感应传导骚扰试验,测试电压及判据为 1 V/A(YD/T 983 表 9)	电磁兼容试验,射频场感应传导骚扰试验,测试电压及判据为 10 kV/A(TB/T 3073 表 4)
电网适应性	无相应检测标准	电磁兼容试验,交流电源谐波抗扰度试验,测试电压及判据为 3 级/A(TB/T 3073 表 5)

一体化信号电源系统工程应用验证

1. 一体化信号电源系统现场应用

一体化信号电源系统满足铁路行业标准内对信号电源系统的外形结构及安装方式要求,目前普速铁路、客运专线铁路和城市地铁均已应用,典型配置如图 3 所示。

该系统容量为 20 kW,采用“N+1”配置方式,配置 3 个 TU1 模块提供直流稳压供电,根据现场设备应用需求配置两个 TH 模块、两个 TE 模块和一个采样模块 FM 为后端设备提供供电,变压器置于 TH 模块后端交流供电隔离。

整个系统采用直流供电方式和双母线的供电方式,系统可靠性更高,TU 模块及 TH 模块均支持热插拔,模块维护更加方便。

2. 一体化信号电源系统维护内容及周期

信号电源设备在运行中出现故障,不需要现场维修,供电模块均遵循备份原则,且支持热插拔,维护人员现场切换或适时更换即可。现场遇到疑难问题可及时拨打客服人员电话求助。

为了更好地维护信号电源系统,需要进行以下工作:

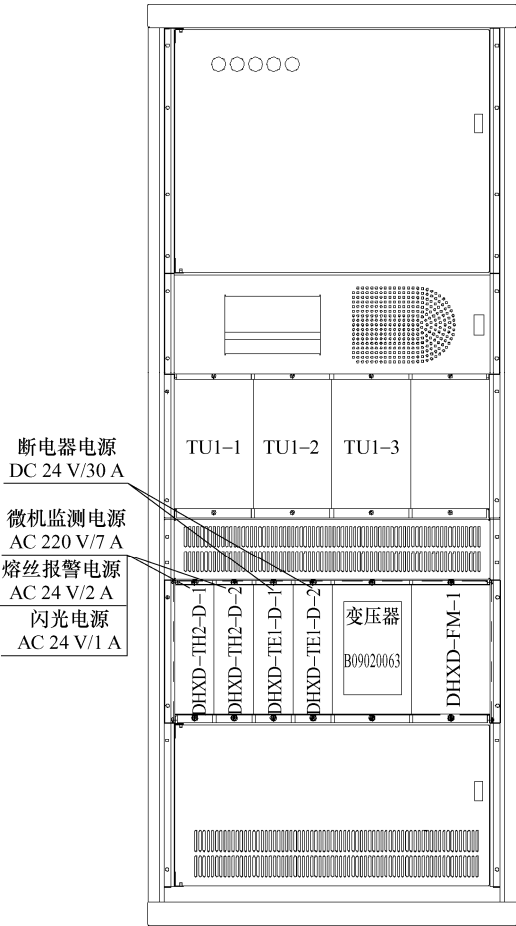


图 3 一体化系统典型应用

(1) 故障现象记录

若现场发生故障，需要及时观察故障发生时的现象并记录。如现场条件允许及时拍照或导出报警数据。

(2) 故障部件返修

若故障部件需要返修，寄回时尽量使用原包装或相同的包装方式，避免不当运输发生的损坏。

(3) 设备巡检

为了保证设备长时间稳定运行，需要对系统设备分阶段进行巡检。

1) 日常巡检。主要观察设备所处环境是否符合要求，设备外观是否完好，接线端子是否牢靠，设备风扇是否过多灰尘，系统设备是否运行，指示灯、面板或监控有无报警。

2) 小修作业。

月检。测试系统切换和漏电检测是否正常，检查各个模块的输出和告警功能是否正常，指示灯是否正常，若监控有告警数据及时记录。

季检。检查同步时钟板是否正常，模块测试主备切换，检查防雷和安全地线，进行电池放电测试。

年检。检查开关及端子连线状态、电池接线状态，紧固设备接线，系统整体除尘。

3) 中修作业。电解电容、谐振电容和风扇等易损品器件的寿命为 5 年，因此所有应用上述器件的模块都需要返厂轮修更换。

4) 深度维保。高频开关电源模块、监控单元和系统分立单板的寿命为 10 年，需更换适宜性部件。

3. 现场故障处理

(1) 现场常见故障处理步骤及方法

1) 观察系统整体灯光告警显示（包括模块指示灯、系统指示灯等），状态显示（包括温度、湿度、开关和交流接触状态等），记录故障状态。

2) 进一步观察电源屏监控单元文字告警信息，记录故障状态。

3) 确定告警位置，针对故障信息进行对应处理。

① 某路输入电源故障。检查接线是否正常，条件许可测试电网情况（如电压、频率和相序等），若有异常，及时联系供电部门处理。

② 切换电源或辅助电源故障。检查对应指示灯和

各处电压，若有异常及时更换。

③ 防雷故障。检查各防雷输入开关和状态显示，若防雷器件故障，及时断开开关更换。

④ 模块故障或告警。若模块发生告警，及时查询故障表，根据处理方法进行处理。确认模块故障时及时更换模块。

⑤ 监控模块故障。先将监控模块断电重启，若仍异常及时联系相关技术工程师。

⑥ TU 模块故障。若 TU 模块发生告警，及时查询故障表，其处理方法与信号电源模块处理方法一致。确认模块故障时及时更换模块。

(2) 应急故障处理步骤及方法

应急处理方法仅能保证系统的输出正常。紧急情况可在应急处理后进行常规处理。

1) 电源模块应急处理。当电源模块故障后会由其冗余模块进行供电，及时拔出故障模块更换为同型号备用模块。

2) 交流接触器故障应急处理。开关转换到旁路供电。

3) 系统正常却发生报警应急处理。监控模块只是进行监控和故障定位，若设备正常时发生报警，可见对对应告警进行暂时屏蔽，不会影响系统功能。

4) TU1 模块故障应急处理。TU1 模块故障时处理防范与信号电源模块处理方法类似。当 TU1 模块故障后会由其冗余模块进行供电，及时拔出故障模块更换为同型号备用模块。

结束语

本文分析了现有信号电源系统的现状及发展趋势，详细介绍了一体化信号电源系统方案及配置方式，介绍了系统的整体功能，通过对比现有常用信号电源系统，分析了一体化信号电源系统采用 TU1 模块代替 UPS 的优势，变换传统交流供电为直流供电，突出了其应用优势，并对该系统的维护和应急处理工作进行了详细的阐述和介绍，突出了一体化信号电源系统结构简单、可靠性高、扩容方便和易于维护的特点。在信号电源屏发展中，一体化系统将应用越来越广泛。EA

（收稿日期：2021.02.02）