

主变电所之间 35kV 自动支援供电测试与实践

廖林根

港铁中铁电化轨道交通（深圳）有限公司 518109

DOI:10. 32629/ems. v8i6. 20621

[摘 要] 地铁属于公共交通，地铁线路的开通至少需要两座主变电所为其供电以保证电源供电的可靠性，两座主变电所之间设置 35kV 联络开关，当一座主所双回 110kV 电源解列时，将造成至少 10 座以上 35kV 变电所失电，给地铁运营造成损失超过 100 万元。如果将 35kV 联络开关设置为自动支援供电，能有效避免一座主变电所退出对地铁运行的影响。

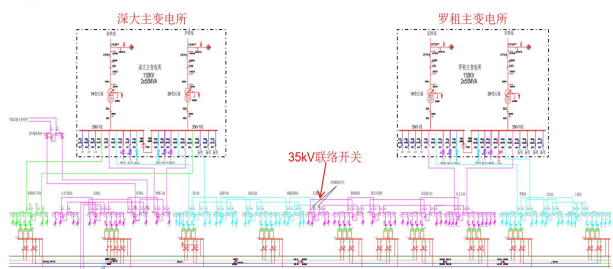
[关键词] 110/35kV；集中供电；35kV 联络开关；自动支援供电

1、一座主变电所解列风险及应对措施

地铁供电系统至少设置 2 个主变电所，采用集中式 110/35kV 两级电压供电方式，牵引和动力照明共用 35kV 供电网络，当某主变电所的二回 110kV 进线电源或二台主变压器均解列时，会给地铁车站造成大面积停电。根据历史故障，单一主变电所二台主变压器同时故障退出运行，由当值电力调度人为分析判断后进行远程操作 35kV 开关进行支援供电，将会导致失电区域中断行车时间 20 分钟以上，给地铁公司及市民造成巨大的经济损失。如果将 35kV 联络开关设置自动合闸功能，单一主所二台变压器均解列退出运行时在 1S 内实现 35kV 联络开关自动合闸，由相邻主变电所承担该所失电供电范围内的牵引负荷和动力负荷供电，这种 35kV 自动支援供电方式将把主变电所退出运行的大面积停电影响降低到忽略不计，为地铁 35kV 供电系统筑起最后一道安全屏障，有效加强地铁 35kV 供电系统可靠性。

2、地铁主变电所供电情况简介

以某地铁线路为例，由深大主变电所及罗租主变电所为其供电，二座主所的主变压器安装容量均为 2×50MVA；110kV 侧均采用线路-变压器组接线方式，35kV 母线分段运行，主变电所负责相应供电区一、二及三级负荷供电，主变电所间 35kV 联络开关处于常分状态，供电系统图如下：



3、异常供电方式

(1) 当某主变电所的一回 110kV 进线电源或一台主变压器解列时，主所相应 35kV 进线开关保护跳闸或失压跳闸，主

变电所 35kV 母联断路器自动合闸，由另一台 110kV 变压器组承担该所正常供电范围内的牵引负荷和动力照明等负荷。

(2) 当某主变电所的一回 110kV 进线电源或一台主变压器检修的工况下，另一回 110kV 进线电源或一台主变压器同时解列，会造成整座主变电所退出运行，由此主变电所供电的 35kV 正线变电所均失电，造成地铁线路大面积失电。当值电力调度分析判断故障后进行遥控合上 35kV 联络开关进行应急支援供电，从失电到恢复正常供电，影响中断行车将超过 20 分钟。

4、主变压器容量供电能力分析

根据不同供电工况，结合运营高峰小时行车对数、车辆特性、列车编组及列车运行速度等资料，结合工程的牵引变电所分布情况计算得出主变电所供电范围内高峰小时的牵引负荷如下表所示：

项目		深大主所及罗租主所	
		1#变压器	2#变压器
正常运行方式	牵引负荷（kVA）	7623	6407
	动照负荷（kVA）	8787	8787
	合计（kVA）	16410	15194
	负载率（%）	32.82	30.39
一台主变压器解列或一回 110kV 进线电源故障	牵引负荷（kVA）	14031	
	动照一、二级负荷（kVA）	12759	
	合计（kVA）	26790	
	负载率（%）	53.58	
罗租主所解列，深大主所支援供电	牵引负荷（kVA）	18194	15712
	动照一、二级负荷（kVA）	10192	10192
	合计（kVA）	28385	25903
	负载率（%）	56.77	51.81
主变压器目前安装容量（MVA）		2×50	

根据计算负荷及结合实际运行负荷，通过分析判断，深

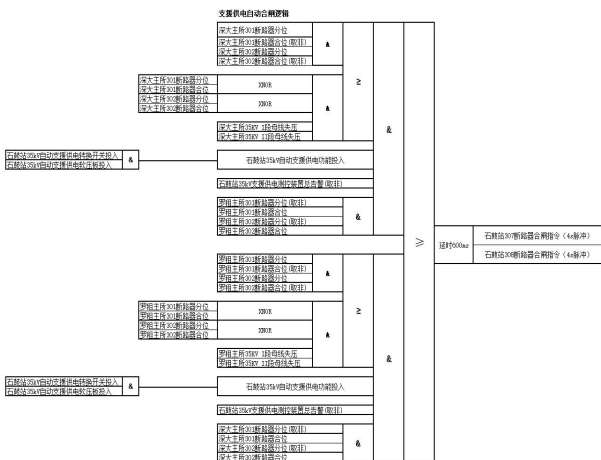
大主变电所或罗租主变电所任一主所故障退出运行, 合上 35kV 联络开关进行应急支援供电工况下, 运行的主变压器负载率未达到过负荷能力的峰值, 供电能力满足设计要求。

5、35kV联络开关自动合闸功能保护逻辑与实现

深大主变电所、罗租主变电所及联络开关石鼓站各配置 1 套综合测控装置, 综合测控装置实时监测罗租主变电所及深大主变电所进线柜 35kV 301 断路器、302 断路器、35kV I 段母线及 II 段母线电压。

例如: 当石鼓站测控装置检测到罗租主所 35kV 301 断路器分闸、302 断路器分闸, 同时罗主所 35kV I 段母线失压及 II 段母线电压失压, 罗租主所 35kV 母联开关 300 无延时自动分闸。罗租主变电所的信息会通过光信号传送到石鼓站综合测控装置, 独立光纤传输, 可以防止大面积停电时各系统出现信息出现雪崩效应造成 35kV 自动支援信息传送受阻, 经测试信息传输时间小于 10ms。在石鼓站 35kV 联络开关自动支援供电功能投入运行工况下, 石鼓站综合测控装置经逻辑判断并延时 600ms 自动合上石鼓站 35kV 联络开关 307 断路器及 308 断路器, 实现深大主变电所向罗租主变电所 35kV 自动支援供电。

35kV 系统支援供电自动合闸逻辑如下:



当任意 1 套综合测控装置故障时, 也可在 NOCC 的 PSCADA 上远程退出 35kV 自动支援供电功能, 由电调远程合石鼓站 307 及 308 断路器, 现实深大主变电所向罗租主变电所应急支援供电。

为了防止 35kV 环网供电系统合环操作, 当 35kV 联络开关合闸状态下, 会发闭锁信号给主变电所 35kV 分闸后的进线开关, 主变压器恢复供电后, 只有 35kV 联络开关分闸后, 相应的主所 35kV 进线开关才能合闸操作。

6、35kV联络开关自动合闸功能实测

(1) 支援供电测试期间正线 4 辆列车配合试验, 行车间

隔 3.5 分钟。

(2) 模拟故障将罗租主所 1#主变压器及 2#主变压器退出运行, 石鼓站 35kV 联络开关延时 660ms 后自动合闸。



(3) 按上述方法进行罗租主所向深大主所 35kV 自动支援供电测试, 测试结果相同, 当一主所双回 110kV 线路故障或双台主变压器退出运行时, 通过 35kV 联络开关自动合闸支援供电, 运行中的列车、动力照明及通风空调等运行均无受到影响。

7、35kV联络开关自动合闸功能实践测试结果

通过罗租主变电所与深大主变电所相互自动支援供电测试, 可以确认主变电所进线 35kV 301 及 302 断路器保护分闸后, 相应 35kV 母联开关无延时保护分闸, 石鼓站 35kV 自动支援测控装置收到信息后延时 600 毫秒将石鼓站 35kV 联络开关 307 及 308 合闸, 整个过程中任一主变电所故障退出运行, 均未对正线相应供电区 35kV 开关、DC1500V 开关及 400V 开关产生影响, 各站开关均未产生失电变位, 各站设备供电均正常, 末端站 35kV I 段及 II 段母线电压满足设计要求。

整个自动支援供电测试过程中各站供电设备恢复正常供电, 全线接触网持续带电, 4 辆列车正常运行, 列车未受支援供电切换影响。

通过报文及开关运行状况分析, 支援供电功能与支援供电保护逻辑一致, 设备运行安全可靠, 各 35kV 开关动作时间顺序正确, 满足设计要求。

[参考文献]

- [1] GB 50157-2013 地铁设计规范
- [2] 廖林根—三座主变电所间 35kV 自动化越区供电测试与实践
- [3] 交办运〔2025〕71 号《城市轨道交通供电系统运营技术规范(试行)》
- [4] 《深圳市城市轨道交通 13 号线工程》初步设计修编