

地铁临时支援供电中压环网方案研究

黄齐来

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 100044, 北京//工程师)

摘要 因征地拆迁等原因,地铁主变电所及电缆通道常因工期滞后而需临时支援供电。针对临时支援供电问题研究其中压环网方案,提出了系统运行方式及可靠性、压降要求、倒接可行性和经济性 4 方面评价标准。以武汉地铁 2 号线南延线为例,提出 3 种临时支援供电方案。分别阐述了每种方案的运行方式,计算了环网压降,研究倒接方案的可行性和经济性。通过综合比较,总结出各方案的优缺点,提出注意事项,为后续工程提供思路。

关键词 地铁; 临时支援供电; 环网压降; 倒接方案; 经济性
中图分类号 U231.8

DOI:10.16037/j.1007-869x.2020.03.037

Research on Subway Temporary Support Power Supply Scheme on Medium Voltage Ring Network

HUANG Qilai

Abstract Due to the difficulties of land acquisition and demolition, the time limit of subway main transformer substation and its cable passage projects are often lagged behind the overall progress. Hence the temporary support power supply is required. In view of the medium voltage ring network scheme in temporary support power supply, four aspects of evaluation criteria are put forward, including system operation mode and reliability, voltage drop calculation, feasibility and economic efficiency of the inverted reset scheme. Taking the South Extension of Wuhan metro Line 2 as an example, 3 temporary support power supply schemes are put forward. The operation mode of each scheme is expounded, the voltage drop of the ring network, the feasibility and economic efficiency of the inverted reset scheme are calculated and studied. Through comprehensive comparison, the advantages and disadvantages of each scheme are summarized, corresponding suggestions are put forward to provide ideas for the follow-up projects.

Key words metro; temporary support power supply; ring network voltage drop; inverted reset scheme; economical efficiency

Author's address Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 100044, Beijing, China

目前,国内大多数城市采用集中式供电系统,地铁线路由新建主变电所或既有工程的主变电所供电。随着建设速度的加快,主变电所及其电缆通道的建设常因征地拆迁等因素导致进度滞后,需由已建成的线路临时支援供电,以保证系统调试或运营初期的用电。此时需从系统运行可靠性、压降、倒接可行性及经济性等多个方面考虑。本文针对地铁临时支援供电的中压环网方案提出评价标准,并通过实际案例分析,以为后续类似问题提供思路。

1 地铁临时支援供电的评价标准

地铁作为一级负荷,中压环网为列车牵引和动力照明配电提供稳定电源,因此其设计方案应满足系统在各种状态下的技术指标。综合而言,应从以下各方面评价临时支援供电的中压网络方案:

1) 系统运行方式和可靠性。中压网络在正常运行方式、故障运行方式和应急运行方式下应能可靠运行。针对临时支援供电,尽量避免出现停运等重大影响^[1]。

2) 满足系统压降要求。互为备用线路中单路退出运行时,环网末端电压损失不大于 5%,以满足《地铁设计规范》要求^[2]。

3) 倒接方案简便可行。后期恢复正常供电系统时能够简单、快速地实现倒接,对一次、二次系统改造量小。

4) 经济性合理。临时支援产生的废弃工程少,可有效降低投资成本。

基于以上 4 个方面,现以武汉地铁 2 号线南延线临时支援供电为案例,综合对比各种支援供电方案的优缺点。

2 武汉地铁 2 号线南延线临时支援供电方案

2.1 原供电系统组成

武汉地铁 2 号线一期工程已于 2012 年开通运

营,新建的2号线南延线将与之贯通运营,与一期末端光谷广场站接驳。2号线一期工程在王家墩东站和中南路站总共设有2座主变电所,分别为王家墩主变电所(以下简称“ Z_{21} 主变电所”)和中南路主变电所(以下简称“ Z_{22} 主变电所”)。2号线南延线在光谷广场站新建1座光谷主变电所,共设2个供电分区,分别为珞雄路站—佳园路站分区(以下简称

“供电分区1”)和光谷火车站—佛祖岭停车场分区(以下简称“供电分区2”),正常情况下均由光谷主变电所供电。同时在光谷广场站设环网开环点,当2号线一期工程的 Z_{22} 主变电所因故障退出时,合闸开环点联络开关,由光谷主变电所为一期工程供电。交流供电系统图如图1所示^[3]。

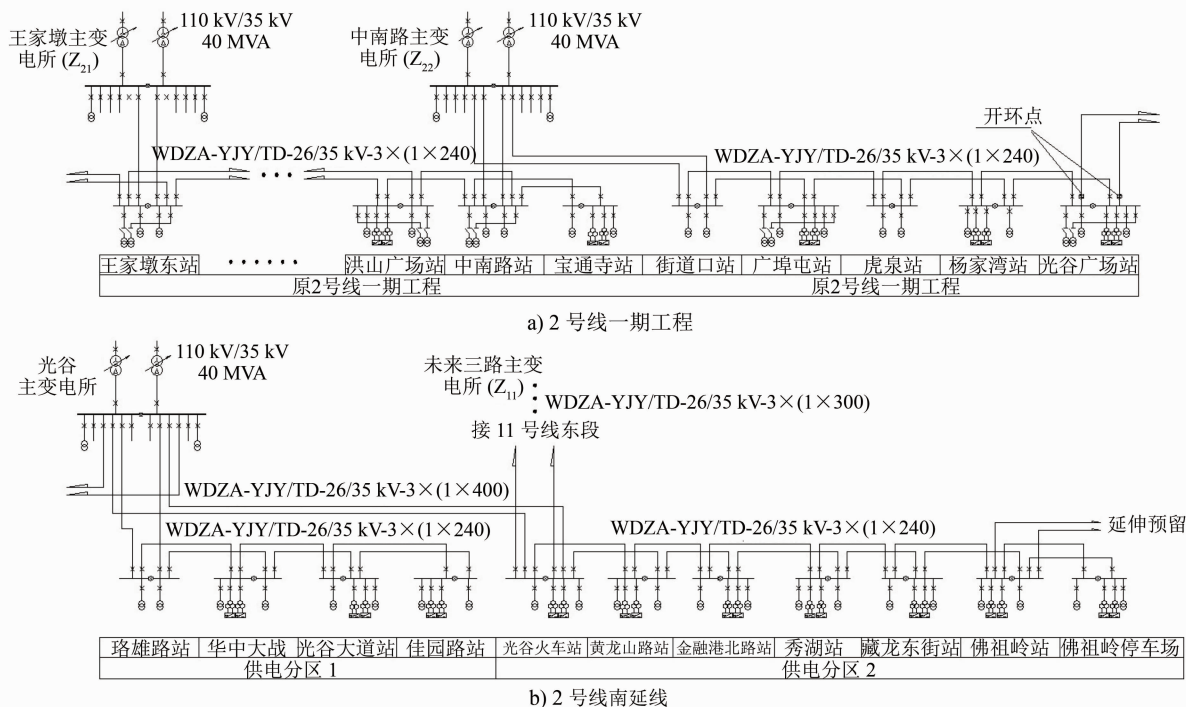


图1 2号线南延线原交流供电系统图

2号线南延线在光谷火车站与11号线换乘,其近期开通时仅有1座11号线的未来三路主变电所(以下简称“ Z_{11} 主变电所”),在此站设联络供电回路,故障情况下可互相支援供电,以提高系统的可靠性。

实际工程中,因光谷主变电所征地拆迁进度慢,预计无法按期建成投运,为保证系统调试及运营前期用电,考虑临时支援供电的方案。根据系统组成可知,有2个支援电源点,分别为2号线一期 Z_{22} 主变电所(电源1)和11号线 Z_{11} 主变电所(电源2)。

2.2 3种临时支援供电方案

1) 方案1: 电源1支援全线。即2号线一期 Z_{22} 主变电所支援2号线南延线分区1和分区2供电。临时支援示意如图2a)所示。此方案中分区1和分区2共同组成一个环网大分区,同时保留光谷火车站与11号线间的联络线。

2) 方案2: 电源2支援全线。即 Z_{11} 主变电所为

2号线南延线分区1和分区2供电。临时支援示意如图2b)所示。光谷火车站母线作用等同于二级开闭所,同时为供电分区1和供电分区2提供电源。

3) 方案3: 电源1、电源2各支援1个分区,即分区1由电源1供电,分区2由电源2供电。临时支援示意如图2c)所示。

3 临时支援供电方案的分析与比较

基于前文中提出的支援供电评价标准,分别从系统运行方式和可靠性、中压网络压降、倒接方案可行性以及经济性4个方面对比3种支援供电方案。

3.1 系统运行方式和可靠性

方案1正常运行时,由 Z_{22} 主变电所供电,即一路电源失电时, Z_{22} 主变电所单电源继续运行。当 Z_{22} 主变电所故障退出时,应由2号线 Z_{21} 主变电所或11号线 Z_{11} 主变电所支援供电。相比而言,前者不会影响其他运营线路,但压降是否满足要求需进

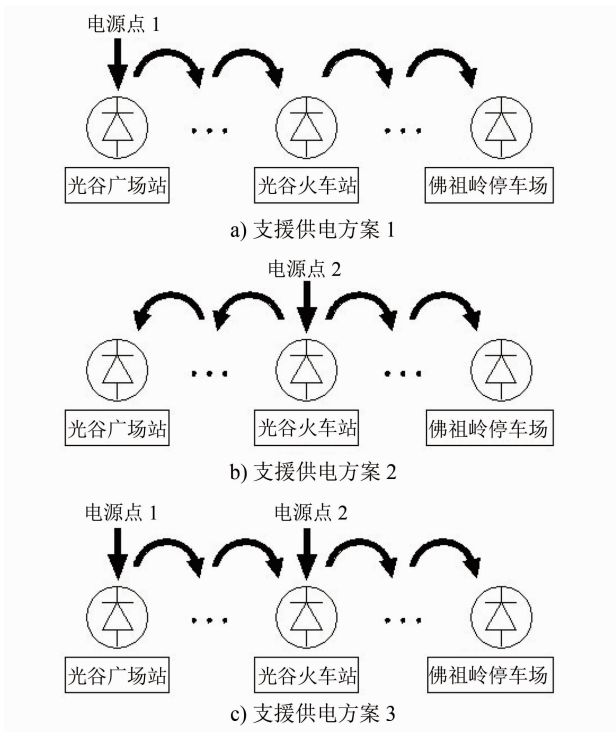


图2 临时支援供电方案示意图

一步核算确定。

方案2正常运行时,由 Z_{11} 主变电所供电,即一路电源失电时, Z_{11} 主变电所单电源运行。当 Z_{11} 主

变电所故障退出时,由于11号线目前仅1座主变电所,故11号线一期及2号线南延线将全部停运,此时要启动应急模式,组织人员紧急疏散。

方案3正常运行时,由 Z_{22} 主变电所为分区1供电, Z_{11} 主变电所为分区2供电。当任一主变电所一路电源失电时,该主变电所单电源运行。当 Z_{22} 故障退出时,由2号线 Z_{21} 支援分区1。当 Z_{11} 主变电所故障退出时,分区2停运,要启动应急模式,组织人员紧急疏散。

综上所述,方案1可靠性最高,方案2、3在应急模式(双重故障)下会造成局部或全线停运,供电系统可靠性较低。此外,方案1、2仅接入1条已运营线路,影响范围相对较小。

3.2 环网压降计算

分别对3种方案中正常情况及故障情况下的中压环网潮流进行计算,校验环网末端压降,以确保动力照明设备的正常使用。

根据牵引变电所的设置情况输入计算参数,如表1所示。此外,潮流计算可采用“迭代法”或“逐步渐进法”,亦可采用计算机软件计算^[4]。因只需考虑运营近期支援,故应按6B车辆编组、24对/h发车间隔进行校验。

表1 各供电范围内潮流计算输入参数

供电范围	I段负荷/kW	II段负荷/kW	供电距离/m	导体电缆规格	单根载流量/A
中南路主所—光谷广场站	10 481	10 756	8 277	3×(1×240)	630
光谷广场站—佳园路站	9 796	6 379	3 981	3×(1×240)	630
光谷火车站—佛祖岭停车场	11 670	13 974	8 740	3×(1×240)	630
未来三路主所—光谷火车站	24 082	23 278	18 010	3×(1×300)	730

经计算,方案1正常运行和单电源运行时最大电压损失满足规范要求。 Z_{22} 主变电所退出时,若由 Z_{21} 主变电所支援供电,电压损失为9.04%;若由 Z_{11} 主变电所支援,电压损失为4.33%;由此可知 Z_{22} 主变电所故障退出时应由 Z_{11} 主变电所支援供电。方案2正常运行和单电源运行时最大电压损失满足规范要求, Z_{11} 主变电所故障退出时,无备用电源。方案3正常运行和单电源运行时最大电压损失满足规范要求; Z_{22} 主变电所故障退出时,分区1满足规范要求; Z_{11} 主变电所退出时则无备用电源^[5]。

3.3 倒接方案的可行性

当光谷主变电所建成后,需恢复至原供电系统方案,需考虑倒接方案的可实施性。本例中存在两处电缆倒接点,应选取合适的倒接点位置。

1) 光谷广场站—珞雄路站区间。系统方案中

光谷主变电所馈至光谷广场站及珞雄路站2路的电缆截面相同。光谷主变电所电缆通道引入光谷广场站—珞雄路站区间中部,与区间隧道相接,因此倒接点应设在电缆隧道出口处。倒接过程如图3所示。

2) 佳园路站—光谷火车站区间。光谷主变电所至光谷火车站环网电缆敷设途经佳园路站,为避免中间接头设置在站台板下,故倒接点设置在佳园路站—光谷火车站区间隧道洞口,但存在一定长度的废弃电缆。

3.4 经济性

临时支援增加的开关柜和电缆在系统恢复后能继续使用,若能不产生废弃,则方案的经济性较优。分别估算3种方案所需造价,如表2所示。由表2可知,方案3因废弃工程少,经济性更优。

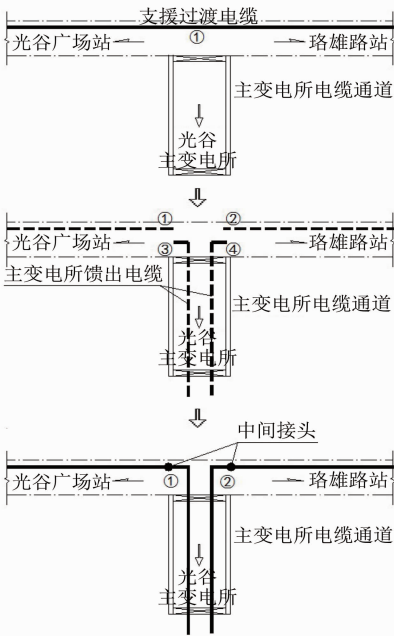


图3 过渡电缆倒接示意图

表2 3种方案设备造价对比表

方案	400 mm ² 环网电缆/m	35 kV 中压 开关柜/面	中间 接头/套	合计 造价/万元
方案1	1 200	2	6	117.6
方案2	1 200	2	2	112.8
方案3	无	无	4	4.8

注: 400 mm² 环网电缆的单价为 0.042 万元/m; 35 kV 中压开关柜的单价为 30 万元/面; 中间接头的单价为 1.2 万元/套

3.5 综合比较

综上所述,3种方案各有优缺点,总结如表3所示。由表3可知:方案1供电可靠性高,故障时不会停运;方案2倒接次数少,易于现场实施;方案3造价低,节省成本。

表3 3种方案优缺点对比表

方案	优点	缺点
方案1	①可靠性高,有两个主变电所供电;②只接入一条运营线路,影响范围小	①倒接过程复杂,现场实施难度大;②主变电所退出时需由另一条运营线路支援
方案2	①只接入一条运营线路,影响范围小;②倒接次数少,易于现场实施	①电缆、开关柜均有废弃,造价高;②压降较大,电能质量差;③未来三路主变电所退出时线路停运,可靠性低
方案3	①无废弃工程,造价低;②压降小,电能质量好	①未来三路主变电所退出时部分线路停运,可靠性较差;②接入两条运营线路,影响范围大

4 其他注意事项

4.1 电力监控临时上传

临时支援供电时需将新建线路的必要信息上传至支援电源线路的控制中心,以保证中心级对设备状态的实时监控。设备供货商需做好端口预留和软件通讯协议的兼容。

4.2 保护装置、互感器的匹配

支援电缆两端的中压差动保护装置及电流互感器变比应匹配,且保护装置的定值在恢复正常送电后需重新调整。

5 结论

- 1) 临时支援供电环网方案应保证系统运行持续可靠、中压网络压降满足要求,同时倒接方案可行,经济性合理;
- 2) 支援供电系统在正常运行模式、单电源运行模式及单主变电所退出时,原则上应持续可靠,压降满足规范要求;
- 3) 倒接方案应结合具体电缆敷设路径选取倒接点,保证电缆倒接的实施方便,减少电缆废弃;
- 4) 需核算临时方案产生的开关柜、电缆废弃、中间接头制作等材料费,以及电力监控软件、保护装置的调试、倒接等费用,全面对比其经济性。

参考文献

[1] 韩连祥. 城市轨道交通中压双环网运行方式和联锁、联跳关系研究[J]. 都市快轨交通, 2004(1): 54.
[2] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 地铁设计规范: GB 50157—2013 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2014: 141.
[3] 北京城建设计发展集团股份有限公司. 武汉市轨道交通2号线南延线施工图设计文件[Z]. 北京: 北京城建设计发展集团股份有限公司, 2018.
[4] 于松伟, 杨兴山, 韩连祥, 等. 城市轨道交通供电系统设计与应用[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 2008.
[5] 韩连祥, 李华. 结合运行交路划分供电分区的思考[J]. 都市快轨交通, 2005(6): 12.

(收稿日期: 2018-05-21)

《城市轨道交通研究》欢迎投稿

投稿网址: tougao.umat1998.com