

杭州地铁 1 号线三期工程临时支援供电方案

沈松伟

(北京城建设计发展集团股份有限公司, 100037, 北京//工程师)

摘 要 针对杭州地铁 1 号线三期工程中, 铁南阳主变电所无法按时投入使用的情况, 提出了 3 种临时支援供电方案, 并从系统运行方式及可靠性、电缆压降和经济性 3 个角度对 3 种临时支援供电方案进行了计算和分析。根据计算分析结果, 推荐了最优的临时支援供电方案, 可为地铁行业中压环网支援供电方案提供借鉴思路。

关键词 地铁; 供电系统; 临时支援供电方案

中图分类号 U231.8

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2023.01.050

Temporary Support Power Supply Scheme of Hangzhou Metro Line 1 Phase III Project

SHEN Songwei

Abstract In view of the situation that Tienanyang main substation of Hangzhou Metro Line 1 phase III project can't start operation on time as planned, three temporary support power supply schemes are proposed. The schemes are calculated and analyzed from three perspectives of system operation mode and reliability, cable voltage drop and economy. According to the calculation analysis results, an optimal temporary support power supply scheme is recommended, it can provide a referable idea for support power supply schemes of metro industry medium-voltage ring network.

Key words metro; power supply system; temporary support power supply scheme

Author's address Beijing Urban Construction Design & Development Group Co., Ltd., 100037, Beijing, China

杭州地铁 1 号线(以下简称“1 号线”)既有线有铁近江、铁工农、铁新业三座主变电所, 1 号线三期工程新建一座铁南阳主变电所。现阶段, 铁南阳主变电所滞后于地铁工程建设, 需要利用已建成线路的主变电所进行临时支援供电, 以保证 1 号线三期工程系统调试和运营初期的供电。在利用其他主变电所对 1 号线三期工程进行临时支援供电时, 除了要考虑对既有线路运营的影响外, 还应该从运行方式及可靠性、电缆压降、经济性等方面进行综

合分析。

本文提出一种地铁中压供电网络评判标准, 针对铁南阳主变电所未能按时投入使用的情况, 提出铁工农主变电所支援 1 号线三期工程、江东三路主变电所支援 1 号线三期工程、铁工农主变电所和江东三路主变电所各支援 1 个供电分区这 3 种临时支援供电方案。基于系统运行方式及可靠性、电缆压降和经济性对 3 种临时方案进行了综合比选, 最终推荐采用江东三路主变电所支援 1 号线三期工程方案。本文研究可为后续项目中的类似工程问题提供借鉴与工程经验。

1 临时支援供电评判标准

地铁供电网络用电负荷为一级负荷, 主变电所通过中压供电网络提供稳定电源给车辆和动力照明负荷系统。为保证地铁用电稳定性和可靠性, 可从以下几个方面评判地铁供电系统中压供电网络方案:

1) 运行方式及可靠性。在进行地铁供电系统设计时, 需考虑地铁供电系统中压环网在正常运行和故障运行时的供电方式, 要保证在故障运行方式下地铁线路的正常运行。

2) 中压环网电缆压降需求。根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》, 地铁供电系统在各种运行方式下均要求中压环网末端电压损失不应超过 5%, 以保证末端负荷的正常使用。

3) 合理经济性。临时支援供电可能会增加相应的工程量, 增加投资成本, 在考虑临时支援供电方案时, 应尽可能减少新增工程量, 降低投资成本。

2 1 号线三期工程临时支援供电方案

2.1 1 号线既有线供电系统组成

1 号线一期工程于 2012 年运营通车, 1 号线二期工程于 2015 年运营通车, 新建的 1 号线三期工程将与 1 号线既有线贯通运营, 接驳于下沙江滨站。1

号线三期工程与 1 号线既有线一致,采用集中式供电方案,中压供电网络电压 35 kV。

1 号线既有线交流供电系统图截图如图 1 所示。1 号线三期工程新建的铁南阳主变电所设有两个供电分区,分别为供电分区一(滨江一路站—南阳大道站)和供电分区二(向阳路站—萧山机场站),正常运行情况下由铁南阳主变电所供电。铁

南阳主变电所投入使用阶段的交流供电系统图截图如图 2 所示。在铁南阳主变电所因故缓建、未能按期投入使用阶段,利用中间续头在铁南阳主变电所电缆夹层内从主所引出与南阳大道站和向阳路站的环网电缆连接,环网电缆采用截面面积为 240 mm² 的三相单芯电缆。

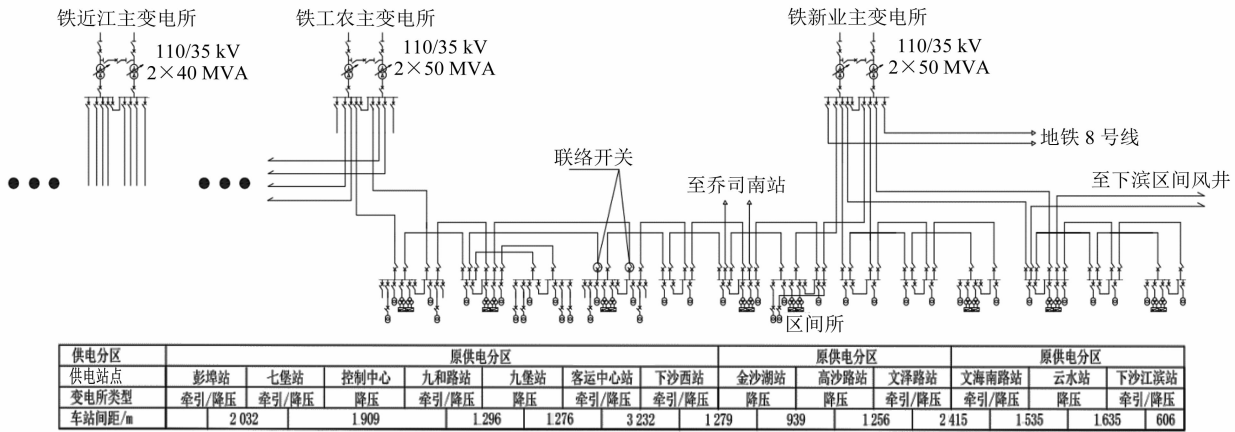


图 1 1 号线既有线交流供电系统图截图

Fig. 1 Screenshot of Line 1 existing line AC power supply system drawing

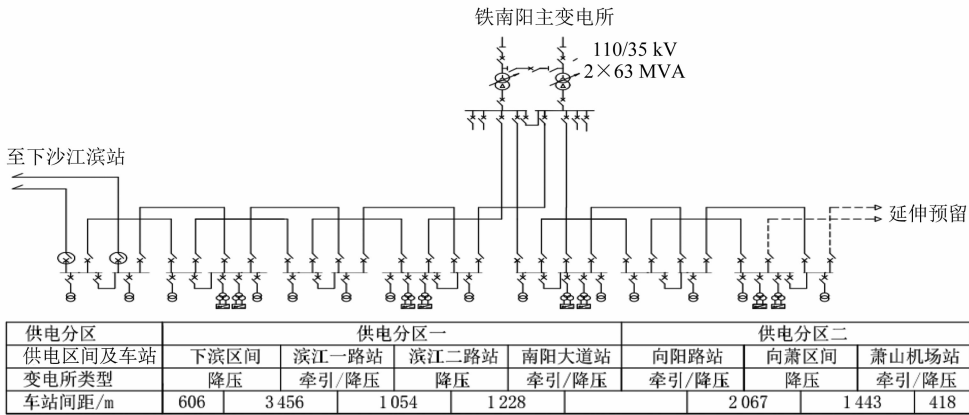


图 2 铁南阳主变电所投入使用阶段的交流供电系统图截图

Fig. 2 Screenshot of AC power supply system drawing of Tienanyang main substation at service stage

1 号线三期工程仅有萧山机场站 1 座换乘站,萧山机场站为 1 号线、地铁 7 号线(以下简称“7 号线”)和机场线三线换乘车站。其中,7 号线新建 1 座江东三路主变电所,机场线未新建主变电所。综上所述,在铁南阳主变电所未按期投入使用阶段,1 号线三期工程周边可利用主变电所为 1 号线既有铁新业、铁工农主变电所和 7 号线江东三路主变电所。

2.2 3 种临时支援供电方案

在铁南阳主变电所未按期投入使用时,将铁新

业主变电所作为 1 号线三期工程正常运行时的供电电源。在铁新业主变电所故障退出运行时,有以下 3 种支援方案:

- 1) 方案一,铁工农主变电所支援 1 号线三期工程。闭合九和路站联络开关,铁工农主变电所作为支援电源,支援供电至萧山机场站。
- 2) 方案二,江东三路主变电所支援 1 号线三期工程。利用环网电缆将 7 号线萧山机场站和 1 号线三期萧山机场站连接,由 7 号线江东三路主变电所支援供电至下滨区间风井。

3) 方案三,铁工农主变电所和江东三路主变电所各支援 1 个供电分区。利用环网电缆将 7 号线萧山机场站和 1 号线三期萧山机场站连接,由 7 号线江

东三路主变电所为供电分区二支援供电。闭合九和路站联络开关,铁工农主变电所作为支援电源,为供电分区一支援供电。支援供电方案如图 3 所示。

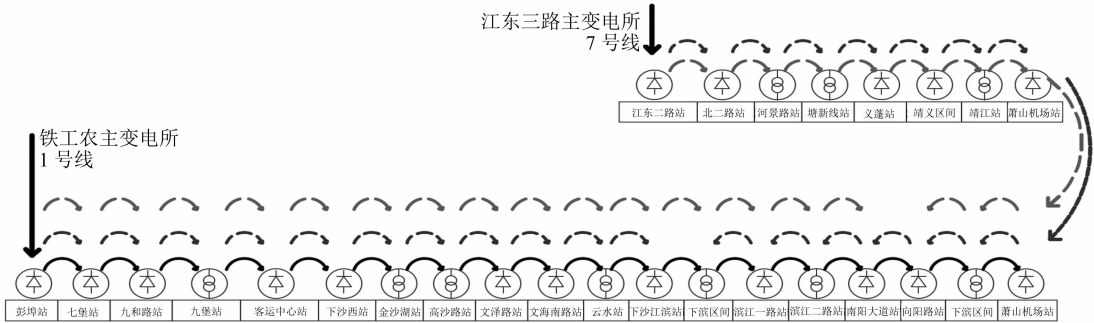


图 3 支援供电方案
Fig. 3 Support power supply scheme

3 临时支援供电方案分析与比较

结合上述地铁供电系统中压供电网络评判标准,从运行方式及可靠性、电缆压降和经济性三方面对上述 3 种临时支援供电方案进行分析。

3.1 系统运行方式及可靠性

方案一只需调整 1 号线既有线路保护整定值^[1-3],不影响其他线路运行,但电缆压降是否能够满足要求还需进一步论证。方案二在利用 7 号线江东三路主变电所进行支援供电时,会将 1 号线三期串入至 7 号线供电分区,需调整 7 号线保护整定值,这将对 7 号线运行线路造成影响。方案三需同时调整 1 号线既有线路和 7 号线保护整定值。综上所述,在铁新业主变电所故障退出运行时,方案一、方案二和方案三均有支援电源,不会造成线路停运,可以保证线路的正常运营。

3.2 环网电缆压降计算

根据 GB 50157—2013《地铁设计规范》15.1.6 节要求,线路末端电压损失不宜超过 5%,对上述 3 种方案进行供电潮流计算^[4-5],校验环网系统末端压降是否满足规范要求。线路末端电压损失计算结果如表 1 所示。根据表 1 可知,方案一的最大电缆压降为 6.02%,超过 5%,不能满足规范要求。方案二的最大电缆压降为 3.47%,满足规范要求。方案三的最大电缆压降为 4.63%,满足规范要求。综上所述,方案一不能满足电缆压降需求,方案二和方案三可满足电缆压降需求。

表 1 线路末端电压损失计算表

Tab. 1 Calculation table of route end voltage loss

变电所名称	电压损失/%					
	方案一		方案二		方案三	
	I 段	II 段	I 段	II 段	I 段	II 段
铁工农主变电所	0.00	0.00			0.00	0.00
彭埠站牵混所	1.02	0.92			0.90	0.78
七堡车辆段牵混所	1.10	0.96			0.98	0.82
车辆段跟随所	1.11	0.97			0.99	0.84
七堡站牵混所	1.64	1.43			1.44	1.20
控制中心降压所	1.68	1.47			1.48	1.23
九和路站牵混所	2.14	1.84			1.87	1.53
九堡站降压所	2.54	2.20			2.20	1.81
客运中心站牵混所	2.94	2.57			2.53	2.10
下沙西站牵混所	3.83	3.24			3.27	2.59
铁新业主变电所	4.45	3.80			3.76	2.99
金沙湖站降压所	4.56	3.83			3.87	3.03
高沙路站降压所	4.60	3.85			3.91	3.04
文泽路站牵混所	4.66	3.86			3.97	3.05
文海南路站牵混所	5.00	4.24			4.21	3.32
云水站降压所	5.08	4.25			4.29	3.33
下沙江滨站牵混所	5.15	4.26			4.36	3.33
下滨区间降压所	5.21	4.32	2.60	3.47	4.39	3.37
滨江一路站牵混所	5.50	4.69	2.59	3.47	4.55	3.57
滨江二路站降压所	5.59	4.75	2.58	3.42	4.59	3.59
南阳大道站牵混所	5.68	4.82	2.57	3.35	4.63	3.59
向阳路站牵混所	5.89	5.06	2.41	3.14	1.44	1.88
向萧区间降压所	5.97	5.08	2.30	2.93	1.43	1.79
萧山机场站牵混所(1 号线)	6.02	5.09	2.23	2.78	1.42	1.73
萧山机场站牵混所(7 号线)			2.21	2.76	1.41	1.72
靖江站牵混所			1.86	2.25	1.24	1.44
靖义区间牵混所			1.48	1.78	1.02	1.18
义蓬站牵混所			1.27	1.51	0.89	1.01
塘新线站降压所			1.10	1.31	0.78	0.89
河景路站牵混所			0.88	1.06	0.63	0.73
北二路站降压所			0.65	0.76	0.47	0.53
江东二路站牵混所			0.45	0.51	0.33	0.35
江东三路主变电所			0	0	0	0

3.3 经济性

考虑临时支援供电方案时,若在临时支援供电阶段,35 kV 开关柜和环网电缆无需增加,则该方案的经济性较优。3 种方案中,方案一无需新增 35 kV 开关柜和环网电缆;方案二和方案三的 1 号线萧山机场站和 7 号线萧山机场站均需 2 套 35 kV 开关柜和 1 200 m 环网电缆将其进行连接。1 号线萧山机场站有 2 套预留 35 kV 开关柜,而 7 号线萧山机场站未预留 35 kV 开关柜,故需增加 2 套 35 kV 开关柜。根据市场价格,分析 3 种方案的增加费用,设备造价对比如表 2 所示。由表 2 可知,方案一不需要增加额外的设备成本,经济性最优。

表 2 3 种方案增加设备造价对比表
Tab. 2 Comparison of the increased equipment cost in three schemes

方案	截面面积为 240 mm ² 的环网电缆/m	35 kV 中压 开关柜/套	合计造价/ 万元
方案一	0	0	0
方案二	1 200	2	110.4
方案三	1 200	2	110.4

3.4 3 种方案优缺点综合比较

综上所述,方案一可靠性好,需调整 1 号线既有线的继电保护整定值,不影响 7 号线的继电保护整定值,没有新增设备成本,经济性较好,但其电缆压降不能满足规范要求。方案二可靠性好,需调整 7 号线的继电保护整定值,不影响 1 号线既有线的运行,影响范围较小,且其电缆压降满足规范要求,但需额外增加 110.4 万元新增设备成本。方案三可靠性好,需调整 1 号线既有线和 7 号线的继电保护整定值,影响范围较大,其电缆压降满足规范要求,此外也需增加 110.4 万元新增设备成本。综合分析 3 种方案的优缺点,本文推荐方案二。

4 结语

针对部分轨道交通工程主变电所滞后于线路

建设的工程情况,本文提出了利用换乘线路的主变电所对本线路进行支援供电的方案,并从供电系统运行方式及可靠性、电缆压降和经济性三方面对其进行了分析。以杭州地铁 1 号线三期工程临时支援供电方案为例,经分析后推荐方案二进行支援供电。本研究未考虑 7 号线萧山机场站的改造工期安排及其改造施工对其他专业造成的影响,后续将集中在这几方面进行深入研究。

参考文献

[1] 闫石,钟素梅. 地铁 35 kV 供电系统继电保护分析[J]. 电气技术,2019,20(12):79.
YAN Shi, ZHONG Sumei. Analysis of 35 kV power system protective relaying of metro[J]. Electrical Engineering, 2019, 20 (12):79.

[2] 王蛟,杨灵芝. 城市轨道交通中压环网大分区供电保护方案比选[J]. 城市轨道交通研究,2018,21(1):95.
WANG Jiao, YANG Lingzhi. Comparison and selection of protection scheme for large division power supply in urban rail transit medium voltage ring network[J]. Urban Mass Transit, 2018, 21(1):95.

[3] 申正超,潘育山,刘炜,等. 地铁供电系统继电保护整定研究[J]. 电工技术,2019(19):54.
SHEN Zhengchao, PAN Yushan, LIU Wei, et al. Study on relay protection setting of metro power supply system[J]. Electric Engineering, 2019(19):54.

[4] 张颖,张海波. 城市轨道交通供电系统中压网络的潮流分析[J]. 城市轨道交通研究,2010,13(8):43.
ZHANG Ying, ZHANG Haibo. Tidal current analysis of medium voltage network in power supply system of urban mass transit[J]. Urban Mass Transit, 2010, 13(8):43.

[5] 许永坚. 城市轨道交通交流牵引供电系统潮流分析与动态仿真研究[D]. 成都:西南交通大学,2019.
XU Yongjian. Power flow analysis and dynamic simulation of AC traction power supply system for urban rail transit[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2019.

(收稿日期:2020-10-15)

敬请关注《城市轨道交通研究》微信视频号

《城市轨道交通研究》微信视频号聚焦轨道交通行业内的热点问题、焦点问题,以及新技术、新成果,邀请相关专业领域内的专家学者及高级管理人员以视频方式解读和评述,是您及时获知行业资讯深度了解轨道交通各专业领域的最佳平台。您还可以通过该平台查阅往期论文、查询稿件进度、开具论文录用通知书。敬请关注。