

[轨道交通]

北京地铁直流牵引系统双边联跳方案的分析

文/北京市地铁运营有限公司供电分公司 姜 乐

为保证双边联跳保护的速动性与可靠性，分别在北京地铁9号线使用硬接线和继电器构成联跳回路的双边联跳方案，北京地铁机场线使用屏蔽双绞电缆、信号转换器和继电器构成联跳回路的双边联跳方案，北京地铁亦庄线使用通信光缆、光电转换控制器和继电器构成联跳回路的双边联跳方案，实现了两种不同的双边联跳功能。

随着改革开放以来我国经济的飞速发展和科技的巨大进步，国内城市化进程日益加深，特大型城市常住人口激增等多种因素影响下，城市轨道交通建设的速度也在飞速提高。城市交通的重心已由地面交通全面向地下轨道交通转移。地铁线路的稳定安全运行，无疑已经成为城市正常运转的重要保障。

北京地铁采用直流供电方式，为了保证直流牵引系统的安全性与可靠性，直流牵引系统供电设备设置了多种保护功能。其中，非常重要的保护功能之一就是用于双边供电时本站馈线开关动作联跳邻站相应馈线开关的双边联跳保护。

北京地铁双边联跳保护简介

北京地铁在正常运营时，正线接触轨或接触网是由两个相邻牵引变电所的馈线开关同时向同一区间供电构成双边供电方式。为了对向同一区间供电的两个馈线柜进行相互联锁控制、保证变电站其他馈线开关与故障线路的完全隔离，设置了双边联跳保护。双边联跳保护能够迅速切断变电站和供电区间内的故障，将供电区间迅速断电。

目前，北京地铁双边联跳保护按照双边供电

方式可分为两类：一类为双边联跳，即当本站馈线开关发生电流保护动作、机械紧急分闸、综控室紧急分闸及框架电流保护动作后使本站馈线开关跳闸，同时向邻站发送联跳信号使邻站相应馈线开关跳闸；另一类为大双边联跳，即当本站发生故障或者进行检修需要退出运行时，相邻两所变电站馈线开关通过本站越区隔离开关或越区断路器向同一区间供电，当馈线开关发生第一类故障时，向邻站发送联跳信号使邻站相应馈线开关跳闸。

北京地铁9号线双边联跳方案分析

1. 双边联跳方案概述

北京地铁9号线使用硬接线和继电器构成联跳回路的双边联跳方案。即相邻两所牵引变电站之间的联跳信号通过联跳电缆进行传输，传输信号使用继电器进行接收，开关柜内继电器实现对馈线开关的联跳功能。

2. 双边联跳的实现方式

本站馈线柜保护动作后启动本柜内相应继电器，本柜继电器导通接口柜内去联跳继电器，联跳信号通过联跳电缆使邻站接口柜内相应被联跳继电器动作，邻站接口柜内被联跳继电器再导

通相应馈线柜内跳闸继电器，实现双边联跳的功能。例如上行10开关联跳左邻站30开关，双边联跳实现方式如图1所示。

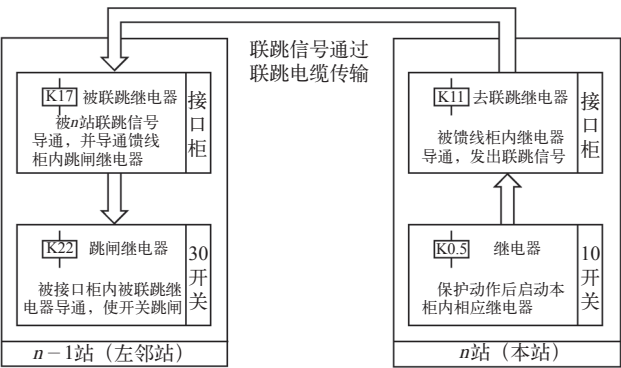


图1 北京地铁9号线双边联跳实现方式示意图

3. 双边联跳回路元器件

北京地铁9号线双边联跳回路元器件构成如表1所示。

表1 北京地铁9号线双边联跳回路元器件构成

序号	名称	数量	作用
1	馈线柜内中间继电器	20	馈线柜保护动作后，继电器导通，将联跳信号输入到接口柜内（如K50、K0.5、K0）；接收接口柜内被联跳信号，使馈线柜断路器跳闸（如K21、K22）
2	接口柜内中间继电器	5	将综控室紧急分闸命令传到本站对应馈线柜，同时发送联跳信号到接口柜内相应去联跳继电器（如K40.1）；将本站框架电流保护动作联跳信号发送到接口柜内去联跳继电器（如K21.1）
3	接口柜内去联跳继电器	8	将本站产生的联跳信号通过联跳电缆导通邻站接口柜内相应的被联跳继电器（如K11、K12）
4	接口柜内被联跳继电器	8	通过联跳电缆接收邻站的联跳信号，动作后导通本站相应馈线柜的跳闸继电器（如K13、K14）
5	联跳电缆	4	传输联跳信号（8芯电缆，上下行各两根，邻站之间共用）

4. 双边联跳类型

双边联跳分为两种，一种为带线路测试联跳，另一种为不带线路测试联跳。

1) 带线路测试联跳：被联跳后启动线路测试。包括电流速断保护跳闸、过电流保护跳闸、上升率保护跳闸和大电流本体脱扣保护跳闸。

2) 不带线路测试联跳：被联跳后不进行线路测试。包括机械紧急分闸、综控室紧急分闸和框架电流保护动作。

5. 双边联跳方案的特点

- 1) 优点：联跳回路清晰；故障易查找；成本较低。
- 2) 缺点：联跳回路元器件较多；抗干扰能力较差。

北京地铁机场线双边联跳方案分析

1. 双边联跳方案概述

北京地铁机场线使用屏蔽双绞电缆、信号转换器和继电器构成联跳回路的双边联跳方案。即相邻两所牵引变电站之间的联跳信号通过屏蔽双绞电缆进行传输，传输信号使用信号转换器进行接收，开关柜内继电器实现对设备的联跳功能。

2. 双边联跳的实现方式

本站馈线柜保护动作后启动本柜内相应继电器，本柜继电器将联跳信号发送至接口柜内信号转换器，再通过屏蔽双绞电缆使邻站接口柜内信号转换器收到联跳信号，邻站接口柜内被联跳继电器再导通相应馈线柜内跳闸继电器，实现双边联跳的功能。例如上行10开关联跳左邻站30开关，双边联跳实现方式如图2所示。

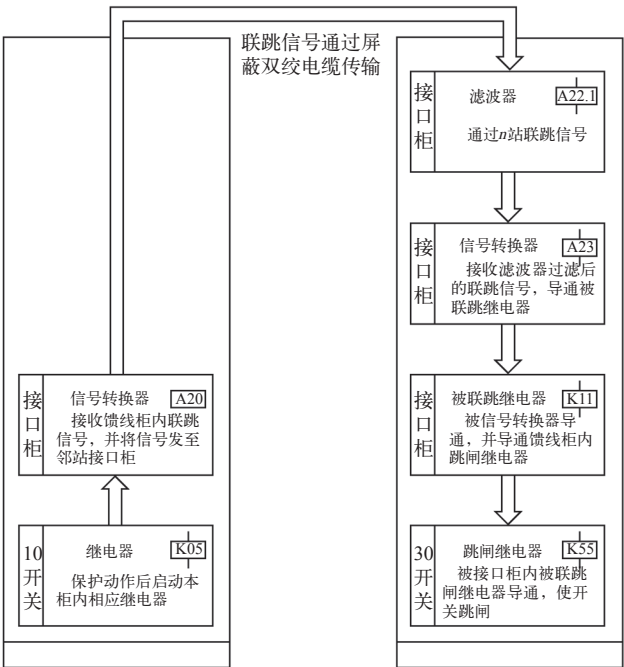


图2 北京地铁机场线双边联跳实现方式示意图

3. 双边联跳回路元器件

北京地铁机场线双边联跳回路元器件构成如表2所示。

表2 北京地铁机场线双边联跳回路元器件构成

序号	名称	数量	作用
1	开关柜内中间继电器	24	本柜保护动作后，继电器导通，将联跳信号输入到接口柜内（如K50、K05、K0）；接收接口柜内被联跳信号，使本柜断路器跳闸（如K55、K21、K22）
2	接口柜内中间继电器	2	用于监控接口柜内信号转换器是否正常工作（如K30）
3	接口柜内去联跳继电器	9	将本站产生的联跳信号发送到信号转换器中（如K23、K24、K20）
4	接口柜内被联跳继电器	10	由信号转换器驱动，导通后使馈线柜内跳闸继电器动作（如K10、K10.1、K12）
5	信号转换器	4	对电压信号和高频电信号进行转换（如A20）
6	滤波器	2	过滤被联跳信号的干扰（如A20.1）
7	屏蔽双绞电缆	2	传输联跳信号（16芯电缆，上下行各一根，邻站之间共用）

4. 双边联跳类型

双边联跳分为三种，一种为带线路测试联跳，一种为不带线路测试联跳，另一种为框架电流保护联跳。

1）带线路测试联跳：被联跳后启动线路测试，包括电流速断保护跳闸、过电流保护跳闸、上升率保护跳闸及大电流本体脱扣保护跳闸。

2）不带线路测试联跳：被联跳后不进行线路测试，包括机械紧急分闸、综控室紧急分闸。

3）框架电流保护联跳：框架电流保护动作。

5. 双边联跳方案的特点

1）优点：系统运行长期稳定；故障点少；成本较低。

2）缺点：抗干扰能力一般；调试时间较长。

北京地铁亦庄线双边联跳方案分析

1. 双边联跳方案概述

北京地铁亦庄线使用通信光缆、光电转换控制器和继电器构成联跳回路的双边联跳方案。即相邻两所牵引变电站之间的联跳信号通过联跳光缆进行传输，传输信号使用光电转换控制器接收，开关柜内继电器实现对设备的联跳功能。

2. 双边联跳的实现方式

本站馈线柜保护动作后启动本柜内相应继电器，本柜继电器导通接口柜内联跳继电器，联跳信号输入到接口柜内光电转换控制器，再通过

联跳光缆使邻站接口柜内光电转换控制器收到联跳信号，驱动相应被联跳继电器动作，邻站接口柜内被联跳继电器再导通相应馈线柜内跳闸继电器，实现双边联跳的功能。例如上行10开关联跳左邻站30开关，双边联跳实现方式如图3所示。

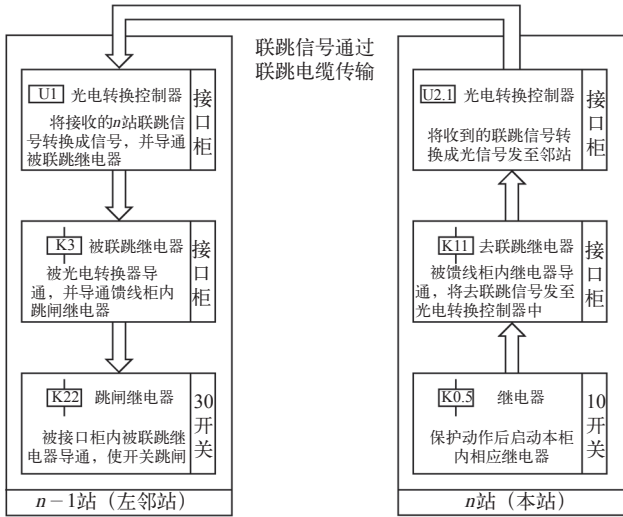


图3 北京地铁亦庄线双边联跳实现方式示意图

3. 双边联跳回路元器件

北京地铁亦庄线双边联跳回路元器件构成如表3所示。

表3 北京地铁亦庄线双边联跳回路元器件构成

序号	名称	数量	作用
1	馈线柜内中间继电器	16	馈线柜保护动作后，继电器导通，将联跳信号输入到接口柜内（如K50、K0.5）；接收接口柜内被联跳信号，使馈线柜断路器跳闸（如K21、K22）
2	接口柜内中间继电器	5	将综控室紧急分闸命令传到本站对应馈线柜，同时发送联跳信号到接口柜内相应去联跳继电器（如K40.1）；将本站框架电流保护动作联跳信号发送到接口柜内去联跳继电器（如K21.1）
3	接口柜内去联跳继电器	4	接收光电转换控制器的联跳命令，导通相应馈线柜内跳闸继电器（如K3、K4）
4	接口柜内被联跳继电器	8	接收邻站的被联跳信号和发送本站去联跳信号（如U1）
5	光电转换控制器	2	传输联跳信号（4芯光缆，上下行各一根，邻站之间共用）
6	联跳光缆	2	过滤被联跳信号的干扰（如A20.1）

4. 双边联跳类型

双边联跳分为两种，一种为带线路测试联跳，另一种为不带线路测试联跳。

1) 带线路测试联跳: 被联跳后启动线路测试, 包括电流速断保护跳闸、过电流保护跳闸、上升率保护跳闸和大电流本体脱扣保护跳闸。

2) 不带线路测试联跳: 被联跳后不进行线路测试, 包括综控室紧急分闸、框架电流保护动作。

5. 双边联跳方案的特点

1) 优点: 回路元器件和接线较少, 集成度高; 光纤传输, 线路抗干扰能力强。

2) 缺点: 故障查找困难; 成本较高。

三种双边联跳方案的比较

1. 北京地铁9号线双边联跳方案

该双边联跳方案使用硬接线和继电器构成联跳的回路, 具有联跳回路清晰、故障易查找、故障原因分析快和元器件更换方便等特点。且联跳信号为DC220V持续信号, 可以不经任何转换直接让邻站相应馈线柜内跳闸继电器动作使馈线开关跳闸。

但该联跳回路中的接线和继电器的数量最多、故障点较多且抗干扰能力较差。所以, 该方案适用于建设资金紧张、周边干扰源较少且工期较紧张的地铁线路。

2. 北京地铁机场线双边联跳方案

该双边联跳方案使用屏蔽双绞电缆、信号转换器、继电器构成联跳的回路, 具有调试后系统运行长期稳定、故障点少等特点。且联跳信号为高频电信号, 经过滤波器过滤后可以准确接收联

跳信号使馈线开关跳闸。

但该联跳回路需要长时间调试来过滤干扰源、抗干扰能力一般。所以, 该方案适用于建设资金适当、周边干扰源较少且工期较宽松的地铁线路。

3. 北京地铁亦庄线双边联跳方案

该双边联跳方案使用通信光缆、光电转换控制器和继电器构成联跳的回路。具有回路元器件和接线较少、故障点较少、集成度高和安全性高等特点。且联跳信号为光信号, 传输介质为高质量光导纤维电缆, 防干扰性能强。

但该联跳回路故障点不易查找, 且光电转换控制器、联跳光缆等成本较高。所以, 该方案适用于建设资金充裕、周边干扰源较多且工期较紧张的地铁线路。

结束语

目前, 全国各大城市甚至中型城市都在大规模地进行地铁建设。但是各种不同的城市现状和地质条件, 对于双边联跳保护的影响也日益显现。为了应对这些不同的情况, 本着安全、高效、节约及稳定的宗旨, 需要使用不同的双边联跳方案进行匹配。所以, 在地铁建设时, 设计者和建设者们更应该根据项目情况、城市现状和地质条件合理选择适合项目的双边联跳方案。EA

(收稿日期: 2019.04.02)

(编辑: 朱金凤)

(上接第37页)

推动自备电厂转型与发展。包含三个层面, 一是明确自备电厂所承担的各项社会责任, 需要把完成可再生能源消纳目标纳入自备电厂的责任体系中; 二是协调各政府部门完善自备电厂监管体制, 实施与公用电厂同等力度的管理细则; 三是推动自备电厂成为合格市场主体, 自由参与市场交易, 以保障资源合理配置下市场的竞争性, 并进一步深化供给侧结构性改革。

市场目标上, 探索自备电厂可自由参与的市场互动机制, 推动建立我国完善的辅助服务市场。将自备电厂作为市场主体纳入市场机制的设计中, 基于价格信号以激励性机制引导自备电厂主动参与辅助服务市场中, 承担可再生能源消纳及系统调峰等社会责任, 并合理分配市场资源。有效协调自备电厂企业、新能源发电企业和公用

电厂企业等相关方的利益分配, 因地制宜促进当地新能源消纳, 提高能源利用效率, 实现社会效益与企业经济效益的统一。

结束语

新疆地区的自备电厂经过长期的发展, 已经成为新疆工业企业重要的组成部分。目前, 新疆的自备电厂整体经济运作良好, 也承担起了一部分社会责任, 但在供给侧结构变化和新一轮电力市场化改革的背景下, 自备电厂未来发展还存在诸多问题。为了融入电力市场, 适应环境变化, 自备电厂需要改变指导思想, 服从政策导向, 主动参与市场, 以积极转型发展应对未来的挑战。EA

(收稿日期: 2019.09.12)

(编辑: 朱金凤)