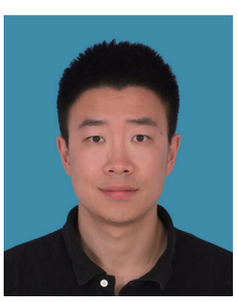
对于架混电缆线路故障的抢修流程与防范措施的探讨

以旺桥线路在短时期内连续发生的电缆事故为案例，对架混电缆线路故障的抢修过程，包括查找故障、处理缺陷及试验等工作做了探讨，并提出了防范措施，为今后处理同样的问题提供了依据。

吴松 李譞 吕晨/北京市电力公司



吴松/工程师

关键词/Keywords

架混电缆线路·
故障抢修流程·
防范措施·

0 引言

伴随着电力技术水平的提升与电网体系的逐渐扩展完善，电缆的应用场合逐渐增多，但是电缆在使用过程中存在很多问题。本文通过某35 kV电缆线路事故本身引发的问题，揭示出需要制定一套合理的抢修流程，从而快速、有效地查找缺陷和排除故障。同时，也要提出相关的防范措施，尽量避免可能会发生的事故，从而提高电力系统运行稳定性，为生产及生活用电提供有力支撑。

1 架混电缆线路的故障类型

电力电缆线路投入运行后，会由于各种原因引发故障，造成电缆线路掉闸。电力电缆发生故障的原因，主要有以下几个方面。

1）外力损坏。由于施工单位对电缆保护意识淡薄，以及供电企业的巡查力度不够，当电缆线路受到外力损伤时，绝缘发生瞬时击穿，造成线路掉闸的故障。

2）外部机械损伤。电缆包裹部分出现破损或铺设环节存在安全隐患，导致电缆在使用过程中被击穿。

3）试验击穿。试验击穿是由于非电缆本身发生故障造成电缆线路掉闸后，电缆线路由于本身绝缘存在薄弱环节在进行耐压试验时发生绝缘击穿的故障。

4）负荷较大。在用电高峰时期，供电系统需要长时间承受高额负荷，造成电缆温度升高并超过正常范围，最终使得电缆终端与中段接头或损伤区域被击穿。

5）外界环境作用。因为地质环境作用，使得电缆包裹层遭受化学腐蚀或电腐蚀，经过较长时间后会使得包裹层或外铅皮受到损伤，进而出现线缆被击穿问题。此外，在污染程度较高的区域，会增大线缆终端头套管污闪问题出现的概率，与此同时也可能会出现短路问题。

6）制造质量。制造质量是指电缆本体和电缆附件在生产中存在质量缺陷，试验时没能发现，在运行中发生的故障掉闸。

7）施工工艺影响。因为电缆铺设过程中，工作人员并未接受过专业培训或未依照相关规范施工，造成制造的线缆头与中间接头质量不高，线缆在使用过程中于线缆头或接头处可能会发生爆裂事故。

8）其他原因。曾出现过接地端短路问题，因为该问题没有被及时解决

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

时线路依旧正常运行，可是之后不久电缆会被击穿；临近线路发生故障时对本线路造成一定的影响，留下隐患，等等。

2 故障抢修过程分析

故障抢修过程如图1所示。

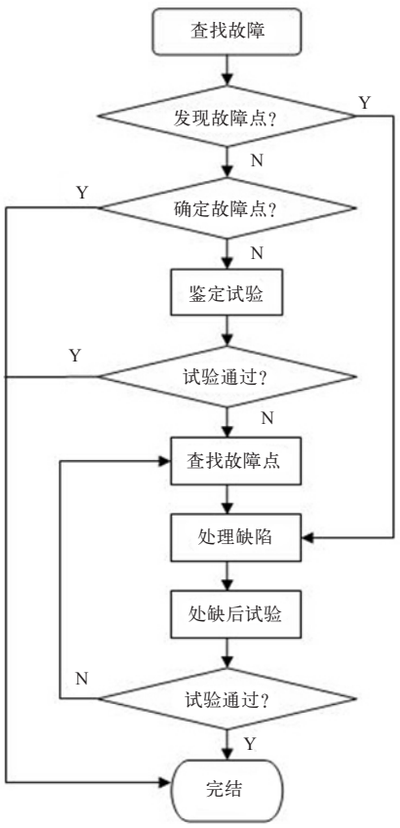


图1 故障抢修过程

2.1 抢修原则及流程

1）首先判明并切除故障段，缩小事故影响范围。

2）快速修复电缆缺陷。

3）避免牺牲原线路载流量、绝缘及寿命等主要性能，避免造成新的隐患。

4）尽量减少重新接头的数量。

5）进行修后试验时，确认是否存在其他故障点。

2.2 查找故障

一般显而易见的外力破坏点，可以迅速进行故障处理。但是遇到无法预知的故障点则需要进行故障测寻。首先要确定故障性质，故障种类及测试方法如下。

1）短路故障。测量绝缘电阻。

2）断线故障。测量导体的回线电阻。

3）闪络故障。加压试验。

如上述两步骤没有发现缺陷，则应对电缆进行加压试验。施加电压不超过电缆交接试验电压标准，在高电压作用下可判断电缆是否存在闪络故障。通过找故障的常用方法迅速判断故障所在位置并准备下一步的处理。

2.3 故障处理

（1）确定抢修方案

在发现故障点后应随即进行下一步的故障处理，以2010年旺桥线路为例，具体故障情况如下表所示。

表 2010年旺桥线路故障情况

序号	日期	线路名称	故障位置	简要故障情况描述
1	2010-7-14	35 kV旺桥一	旺桥一哨支距哨子营站200 m处	青龙桥站36开关保护动作掉闸，重合不成功；发现旺桥一韩支一杆断线，旺桥一哨支一电缆中间接头发生击穿
2	2010-7-18	35 kV旺桥一	青龙桥站至分支箱段位于距青龙桥变电站470 m洪山桥下直埋段	东北旺变电站35开关再次速断保护动作，重合不成功。发现直埋段的电缆中间接头发生击穿
3	2010-7-20	35 kV旺桥一	东北望站至户外终端塔段距终端塔约800 m处	主绝缘耐压试验时未通过，发现一中间接头有放电击穿状况
4	2010-7-21	35 kV旺桥一	离终端塔约1.3 km处	在进行耐压试验时一支中间接头发生击穿
5	2010-7-22	35 kV旺桥二	东北望站至户外终端塔段	由旺桥一击穿事故弧光造成邻近线路旺桥二外护套受损
6	2010-8-05	35 kV旺桥二	东北望站至户外终端塔段间一直埋段	挖掘导致的外力破坏

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

此次事故涉及了多方面的事故原因，具有一定的典型性。由于35kV混合线路结构比较复杂，全线电缆的敷设类型较多，首先要确定故障点所在位置的敷设结构。例如，旺桥一线路发生第二次故障的位置为直埋敷设，且两侧分别被压在民房下和锅炉厂房下，一时难以恢复。经请示北京市电力公司领导同意在电缆分支箱处将故障段电缆终端拆除，甩掉故障电缆段后将旺桥一其他电缆进行耐压鉴定试验，试验通过后将其余三段电缆及所带韩家川外电源架空线发出。

具体情况需要具体分析，认真细化抢修方案，把损失降到最小。

（2）缺陷处理

在采取处置办法时需要首先了解事故破坏性质，按照下列几个方面具体执行处理工作。

1）故障处置原则。线路出现问题后，应该及时采取修复措施，从而防止水分吸附在电缆上，引发更大程度的故障。在处理过程中，应该彻底清除问题，避免修复之后不久故障重复出现，耗费人力物力。修复环节对应有3个原则：线缆受潮区域需要彻底去除；修复材料需要拥有非常高的工艺质量；必须依据安装指引条例进行施工。

2）运行状态下电缆故障处置。线路在工作状态下，由于绝缘击穿引发的保护反应，会造成线路供电中断或由于绝缘击穿造成的单相接地，虽然没有造成供电中断但是不得不退出运行的故障被称为运行故障。运行状态出现的事故可能会使得电缆遭受较大程度烧伤，在去除故障后需要对其进行修复。单相接地不会引发保护电路自动跳闸，通常可采取局部修复方式，该类事故电缆仅出现局部区域损坏，若属于机械类损坏，同时损坏区域周边土壤湿度较低时，允许对该区域进行修复，如添加一支假接头，可不截断线缆，仅需要加强损坏区域绝缘属性之后对其进行密封。

3）停电处理。若线缆导体与绝缘体部分出现较为严重的损坏，并无法对其进行局部修复，需要将损坏与已受潮区域线缆去除，之后添加新的接头或终端。线缆终端出现击穿事故后，由于终端通常拥有备用部分，由此出现事故后需要对其进行完全修复。此外在线缆截掉一段之后为了避免其受潮需要为其添加新终端。

（3）处缺后试验。依据有关标准，在故障处置完成后需要利用试验保证电缆的正常运行。对于35 kV混合线路而言，一般由多段线路组成，其中某一段发生故障时所产生的过电流会对其他非故障段产生冲击，使其薄弱环节产生新的隐患。为了避免隐患一步扩大，应对每一段（包括非故障段）线路采取处缺后试验。在旺桥一故障的案例中，第三、四次击穿均为试验中暴露缺陷而引发的击穿，由此可以说明全段试验的必要性。

若试验未通过，需重复进行找故障、处理缺陷等步骤。如图2所示为此次故障抢修中所发现的故障接头。

(a) 第一次击穿

(b) 第二次击穿金属金属铠装以及铜带腐蚀

(c) 第三次击穿

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(d) 第四次击穿

(e) 第一次击穿旺桥一故障对旺桥二外护套损坏

图2 故障接头

3 故障的防范措施

3.1 把控招标和出厂质量问题

依照实际敷设状况并且同过去已发生事故相结合完善电缆技术指标，进而提高其质量与结构合理性。在招标过程中，生产厂家需要按照改进后的技术指标提供电缆结构尺寸、使用性能参数等有关信息，还需要提供制造与技术条件、电缆质检结果、质量管控及电缆性能抽检试验结果等相关文件。此外，收货时有关单位需要对产品进行严格验收。

3.2 优化电缆设计工作

敷设方式要因地制宜，对不同的地区应采用不同的敷设方式，充分考虑到地势、降雨等因素。设计配型适度，留有裕度，以应对负荷大的时期。35 kV电缆接头应采用管井的敷设方式，尽量避免直埋敷设，减小敷设方式对电缆接头运行的不利影响。

3.3 加强施工和验收工作

注重基层管理工作，尽量避免施工环节因为人为因素造成的电缆故障或机械损伤。制作人员需要拥有娴熟技术，工作认真负责，严格遵守对应技术标准执行，进而保证电缆中间与终端接头拥有较高质量。整个制作过程需要在现场进行，需要挑选有效时机，尽量防止周围环境温度、水分及灰尘等因素给制作环节带来不利影响，从而避免该过程自身存在安全隐患，加强对出厂试验、质量抽检和安装工艺等环节的监管。验收机构需要组织有关部门依照检验规范严格执行验收工作。

4 结束语

抢修流程是一个不容忽视的问题，特别是对于敷设结构复杂、线路分段多的电缆线路。若采取不当的流程，会引起事故进一步扩大，造成重大损失。但究其根本，还是要把握电缆的生产质量、施工管理和运行维护等关键环节，实现电缆网的“可控”，从而达到预防事故和保障电网运行安全可靠的目的。

参考文献

[1] 电力电缆运行规程.

[2] 黄维成.35 kV及以下电力电缆故障点测寻方法[J]. 内蒙古石油化工，2009，24：104-106.

[3] 杨强. 电缆线路故障处理[J]. 中国电力企业管理（农电版），2008，8：61-62.

[4] 徐丙垠，李胜祥，等著. 电力电缆故障探测技术[M].北京：机械工业出版社，1980.

作者简介

吴松（1985-），男，本科，工程师，主要从事变电专业运维及安全生产监督工作。

（收稿日期：2015-12-10）EA

（编辑：杨得润）

(C)1994-2024 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net