

〔电线电缆〕

6 kV 电缆开关箱操作安全分析及改进建议

文/中油电能电力生产保障公司 孙洪石

随着配电网电缆化进程的发展，配电网大部分架空线路实现落地改造，成为电缆与架空混合线路，大量应用带开关的电缆箱分段、分接和环网连接配电网。分析电缆开关箱安全管理和操作风险，加大对开关箱的安全职能管理工作力度，解决暴露出的操作风险隐患，保证调度正确指挥。

某企业电网配电网管辖 807 条电力线路，其中架空线路 90 条共 358.2 km，电缆线路 717 条共 791.7 km。从统计数据可以看出，电缆线路约占线路总数的 89%。随着配电网电缆化进程的发展，配电网大部分架空线路实现落地改造，成为电缆与架空混合线路，大量应用带开关的电缆箱分段、分接和环网连接配电网。随着运行年限的增加，在电缆开关箱操作和管理中暴露出很多安全隐患，已不能适应配电网发展要求，由此带来的安全风险威胁人身、设备安全。加强电缆开关箱的操作风险管理，有利于地区电网供电可靠性提升。

电缆开关箱安全操作管理存在问题

现应用的户外高压电缆开关箱属于组合电器，配装有真空断路器或 SF₆ 负荷开关充气柜等。可关合、承载和开断负载电流，并具有关合短路电流及在规定时间内承载短路电流的能力。能依据用户要求进行组合制造，开关箱主结构设计成一个进线开关接带几个出线开关的结线结构。

1. 配电网电缆开关箱管理存在的安全问题

(1) 停电申请提交的线路图电缆开关箱无详细标识

由于电缆开关箱技术改进和组合的多元化应用，以简单的文字标注区分电缆分支箱、中间箱和开关箱已不适应配电网运行管理要求。目前线路改造工作单位提供的线路图和配电网调度使用的操作票系统模拟图都以简单的方框表示开关箱，只标识几进几出，无详细的结构区别，接地开关、故障显示器等附件未在线路图中标识，而有的开关箱只进线有开关出线无开关直接压接出线，这种特殊的开关箱如调度不清楚内部结构，不利于电缆故障处理和安全管理。

(2) 调度模拟图未标识配电网电缆开关箱各部件

配电网操作票系统模拟图电缆开关箱用方框代表电缆开关箱和分支箱，如图 1 所示，用文字标识区别。电缆开关箱进出线有无开关、有无接地开关等未标识，模拟图不能显示电缆开关箱各部件实际运行状况，在事故和缺陷处理时存在以下安全风险：

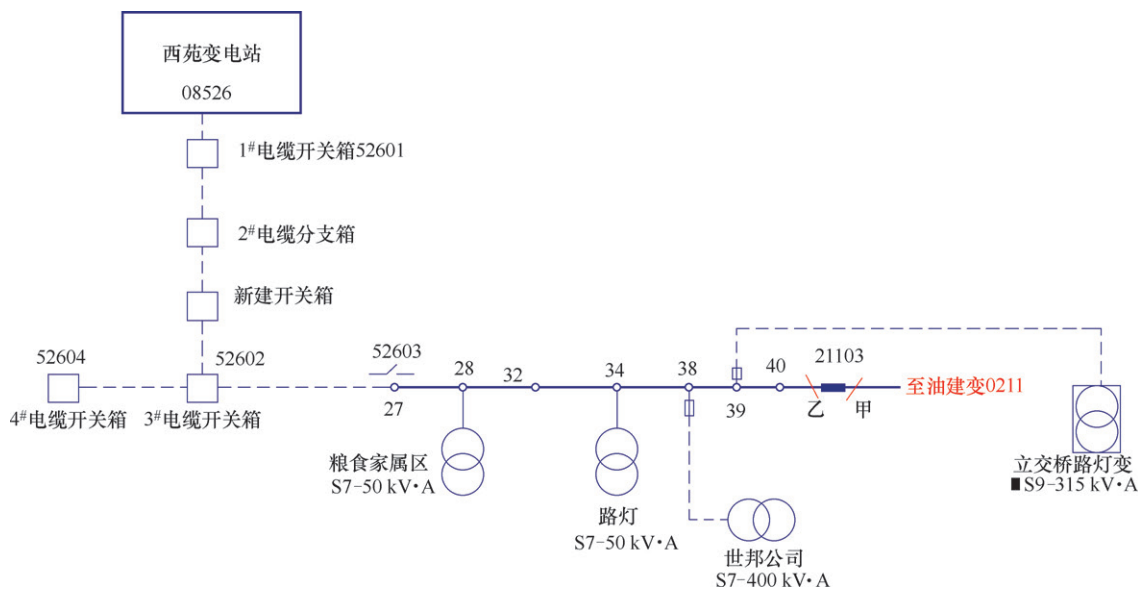


图1 西苑变电站 6 kV 西干线 08526 线路图

1) 误判断, 若对末端电缆开关箱结构掌握不清, 则隔离故障点就会扩大停电范围。

2) 误调度, 如将分支箱误认为电缆开关箱, 则在安排设备停送电任务申请时会出错。

3) 误认为电缆开关带有接地开关, 在不具备检修条件时调度许可开工, 将威胁人员安全。

配电网电缆开关箱操作安全风险

1. 电缆开关箱进出线开关无双重编号

配电网调度在运行操作和事故处理时使用配电网调度操作票系统, 电缆开关箱的作用相当于架空线路的联络开关, 架空线路的联络开关管理正规, 符合电业规范, 具备双重编号及线路名称, 能在操作票系统形成线路倒闸操作票, 配电网调度能清晰、准确地下令和操作人员能正确地复述和执行操作项目, 而近几年的电缆开关箱在操作上存在以下问题:

1) 由于配电网线路改造多, 有的线路多次改造后, 在故障处理时发现用户提供的电缆开关箱编号与配电网调度的模拟图电缆开关箱编号不对应。

2) 对电缆开关箱所带分支线路开关没有统一的双重编号, 有的电缆分支多, 同时带开闭所和众多分支用户, 在末端或分支电缆故障时, 停其中一条分支时对其他线路供电, 或者分支线路改造工作

只停分支开关进行工作, 在下令时只是双方口头约定称呼, 如停错分支线路不仅影响正常用户供电, 也会危及到线路检修人员安全。

这种情况既影响调度判断和处理事故的时间, 又无法保证线路工作人员的人身安全。如线路发现故障点, 需要与外线工作人员落实电缆开关箱有无分支开关及刀开关, 再手动编辑操作票, 不能快速隔离故障点及尽快地恢复对其他用户的供电, 扩大了停电范围。原有的调度主接线图中线路所带电缆开关箱只是以方块图形的形势在接线图中表现出来, 标注一进几出开关箱, 线路分支有无状态改变无法直观地体现出来。

2. 电缆开关箱内开关设备无操作元件, 无法生成操作票

电缆开关箱内进出线开关和接地开关归配电网调度管辖并下达操作命令, 现有的配电网调度操作票系统没有电缆开关操作元件, 不形成操作票, 只凭配电网调度根据线路图手工填写操作票形成操作项, 实际上新型电缆开关箱功能全面, 结构复杂, 和过去简单的电缆分支箱不能相提并论, 相应的管理必须跟上, 才能确保系统安全平稳运行。

电缆开关箱操作安全风险消减措施

1. 配电网电缆开关箱安全运行管理措施

(1) 停电申请提交的线路图电缆开关箱无详细

标识管理措施

要求工作单位提交停电申请时,提供的线路图必须详细标明电缆开关箱内部结构。在作业完毕办理完工手续时,工作负责人与配电网调度核对工作任务,交代设备变动情况,相应的模拟图也应同时变更。

(2) 配电网电缆开关箱统计不清和接线图与现场实际不对应管理措施

配电网对电缆开关箱统计不全面,控制措施不到位,需分类细化和责任到人。配电网调度对配电网线路电缆开关箱数量详细统计,要求营销公司和线路用户将变动后的线路图及时提交,在故障处理和线路改造时和工作人员详细核对,加强配电网资料基础管理,形成电子表格以便查阅,配电网 6 kV 出线电缆开关箱统计表见表 1。

表 1 配网 6 kV 出线电缆开关箱统计表

序号	出线名称	电缆规格型号	电缆长度 /km	电缆开 关箱	几进几出	有无丁 刀开关
1	6 kV 全光温室 0119	YJLV22-6/6 3×150	1	2	①1 进 1 出;②1 进 3 出	有
2	6 kV 油建南干线 0213	YJLV22-6/6 3×185	0.9	3	①1 进 1 出;②1 进 2 出;③1 进 3 出	有
3	6 kV 油建东干线 0217	YJLV22-6/6 3×185	1.5	2	①1 进 1 出;②1 进 3 出	有
4	6 kV 院校线 0218	YJLV22-6/6 3×150	0.19	1	1 进 1 出	有
5	6 kV 油建北干线 0220	YJLV22-6/6 3×185	0.15	1	1 进 1 出	有
6	6 kV 西干线 08526	YJLV22-6/6 3×185	0.97	4	①1 进 1 出;②1 进 2 出	有
7	6 kV 中龙东 079 号变线 9363	YJLV22-6/6 3×50 YJLV22-6/6 3×50	0.06 0.06	1	1 进 3 出	有
8	6 kV 汇景 1 号线 9387	YJV-6/6 3×240	0.38	1	1 进 4 出	有
9	6 kV 汇景 2 号线 9388	YJV-6/6 3×240	0.38	1	1 进 4 出	有
10	6 kV 汇景 3 号线 9375	YJV-6/6 3×240	0.385	1	1 进 4 出	有

2. 配电网电缆开关箱操作风险消减管理措施

(1) 电缆开关箱进出线开关双重编号存在问题管理措施

只要配电网线路增设带有开关的电缆箱,电缆箱重新编号应及时通知配电网调度,相应的模拟图也应同时变更;所有电缆开关箱均应标明其名称、结构,并作出分路标记。对电缆开关箱所带分支线路开关标注统一的双重编号。

(2) 电缆开关箱内开关设备无操作元件无操作票管理措施

利用矢量图的拓扑着色、元件联动和文本信息模块编辑等功能,对配电网操作票软件系统高压线路电缆开关箱开关无操作元件、无操作动项文本信息、无设备动态变动和安全逻辑联动进行改进。

1) 利用元件模块编辑功能增加电缆开关、丁刀开关操作元件,可以直观地看到该电缆开关箱是一进几出、有无接通、断开和接地三工作位类型的电缆开关箱。

2) 利用拓扑着色和元件联动功能,使电缆开关箱进出开关在运行、冷备用和检修状态改变时相应的颜色对应改变,调度员在合上丁刀开关时开关

相应联动在冷备用状态。

3) 利用文本信息模块编辑功能对电缆箱内开关和丁刀开关操作元件添加对应的操作票信息,形成操作动项,单击可进入系统组织令票。

改进前调度员只是对着线路图中简单的电缆开关箱图形标注下令操作,无安全保障,改进后调度员可以准确地掌握电缆开关箱内分支开关及丁刀开关的状态,设备动态的变动和安全逻辑联动避免调度员误操作,改动前调度手动输入操作票,改动后可利用文本信息模块自动生成开关操作票。

配电网经过讨论研究、实践应用,有如下几个方案。

方案一。电缆开关箱内部属于组合电器,根据实际需要灵活多变,将开关箱做成单一开关模块,只能做成断开点分段断开线路,如图 2 所示,体现不了开关箱控制分支线路要求,此方案淘汰。

方案二。将电缆开关箱内部按实际组合做出各进出分支开关,如图 3 所示的 1# 开关箱,优点是进出开关标识清晰,各分支开关元件可控分支线路,调度可准确隔离故障点,掌握线路停电范围,进出开关元件可添加相应的操作文本信息。

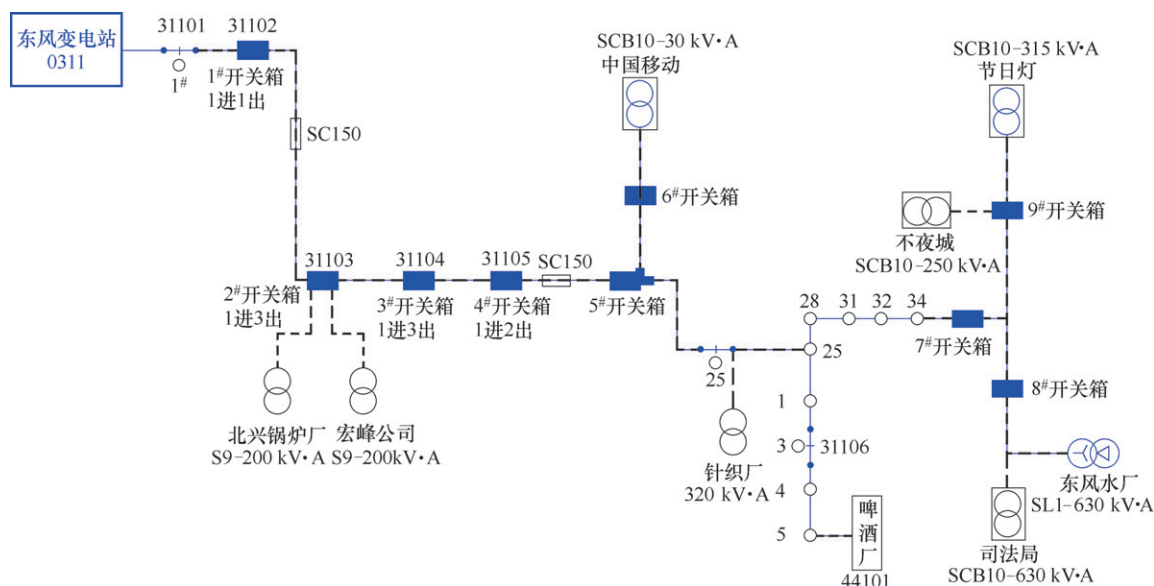


图2 电缆开关箱单一开关模块

缺点如线路分支少、结构简单及电缆开关箱少，此方案没问题，如线路用户多、分支线路多和电缆开关箱多，元件复杂占用面积过大，如果再加上各分支开关的丁刀开关，形成的线路图杂乱不直观，此方案淘汰。

方案三。将电缆开关箱内部按实际组合，就在线路分支点做出一个开关动态元件，如图4所示的优点是元件小，有多少分支开关就添加多少端点，进出开关标识清晰，各分支开关元件可控分支线路，调度可准确隔离故障点，掌握线路停电范围，进出开关元件可添加相应的操作文本信息。配电网研究后采用此方案。

对各种类型电缆开关箱设计操作元件见表2。

电缆开关箱内丁刀开关与开关一体组合在开关箱内互为闭锁关系。从与开关一体且占用面积小考虑，设计和运行状态显示如图5所示。

进出开关元件可添加相应的操作文本信息：对所有线路电缆开关箱所带开关操作元件添加操作文本信息，如要停中国移动分支线路，点击开关操作元件调出系统组织令，包括拉开6 kV工业区线0311/5#开关箱中国移动分支开关，检查在开位；合上6 kV工业区线0311/5#开关箱中国移动分支丁刀开关，检查在合位两项操作动项。

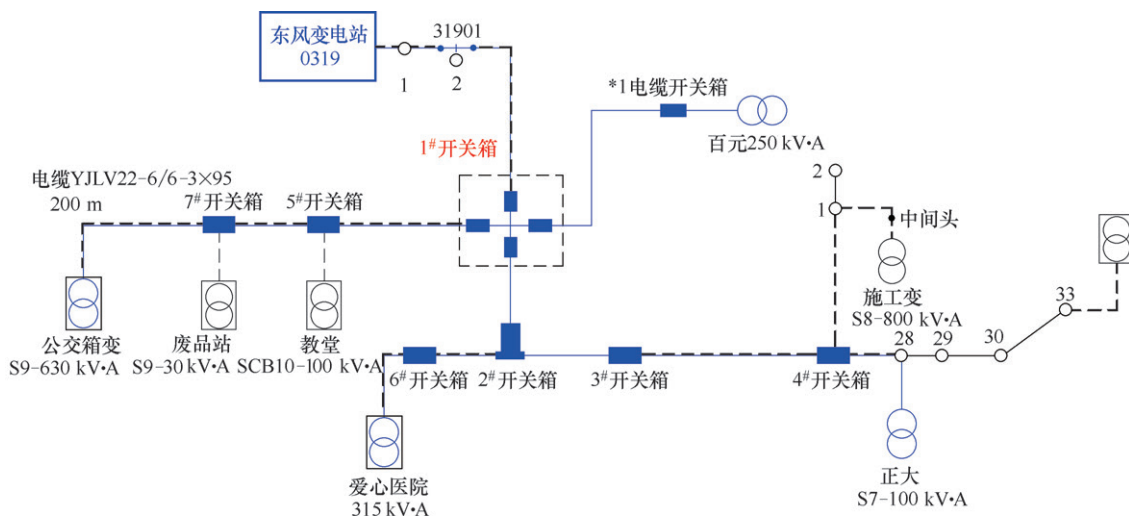


图3 东风变电站6 kV 403干线

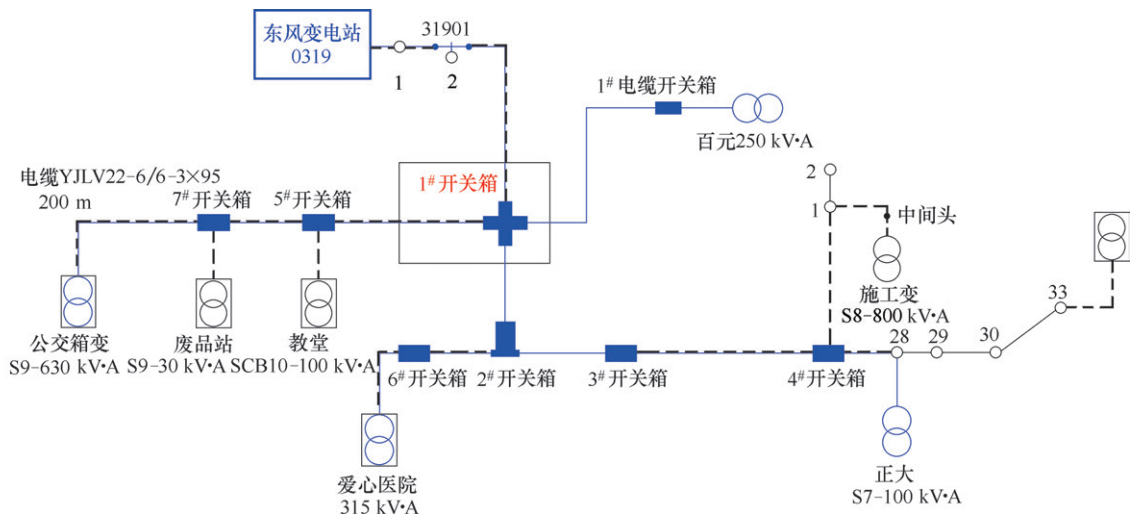


图 4 电缆开关箱元件

表 2 电缆开关箱操作元件表

电缆开关箱操作元件					
开关类型	操作元件			运行状态 (蓝)	冷备用 (红)
	上进	左近	右进		
1 进 2 出					
1 进 3 出					
1 进 4 出					
1 进 5 出					
1 进 6 出					

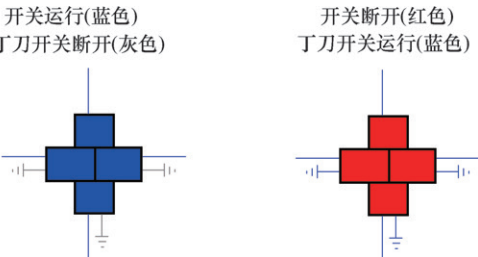


图 5 电缆开关箱丁刀开关操作元件

和操作风险，加大对开关箱的安全职能管理工作力度，解决暴露出的操作风险隐患，能提升查找故障的工作效率，保证调度正确指挥。配电网调度操作票系统电缆开关箱的改进在配电网全面应用后，调度员可以直观地了解设备动态，快速、准确地处理事故，保证了线路工作人员人身安全，确保电网在最经济状态下运行。EA

(收稿日期：2021.06.30)

结束语

基于安全方面考虑，分析电缆开关箱安全管理