

第五章 开关柜的常见问题

高压开关柜是使用量最大、故障率最高的高压电气设备之一。从整个变电站的设备来看，高压开关柜及柜内设备电压等级低，其地位远不及其他主设备重要。因此，长期以来，无论是开关柜的采购、安装、交接工作，还是检修维护工作，常常未得到应有的重视，导致大量不能满足安全稳定运行的开关柜长期存在于电力系统中，引起了大量的设备故障，甚至重大事故。根据历年故障的统计，10 kV 设备故障率远远高于其他电压等级的设备。同时，高压开关柜事故也是导致主变损坏的主要原因，所以，如何保障高压开关柜的安全运行的问题应该引起相关人员的足够重视。高压开关柜的问题涉及多个方面，既有电气的又有机械的，既有产品质量的问题，又有安装、运行和检修维护的问题，这里着重讨论现场感到比较困惑的一些问题：

- (1) 开关柜防潮、防凝露。
- (2) 防止开关柜过热故障。
- (3) 防止动、热稳定事故。
- (4) 防止电缆头故障。
- (5) 防止 PT 柜烧毁。

第一节 防止开关柜结露的问题

防止绝缘子表面结露引起外绝缘闪络击穿，是各供、用电单位普遍面对的问题。对于安装在箱体内这种相对封闭空间中的电气设备，为防止结

露，最常见的做法是加装加热器。实践证明：在很多时候，加热器除潮效果不理想，在一些地方开关柜结露甚至成为老大难问题，因此有必要在这里对此问题作一点探讨。

首先需要弄清的是为什么会出现结露现象？导致结露出现是由于在不同的温度下，水所具有的饱和蒸汽压不同所致，温度越高其饱和蒸汽压也就越大，反之，温度越低其饱和蒸汽压也就越小，就会有更多的水分子从气态转化为液态的形式而被析出。这也可以形象地把空气比喻为溶剂，而把水视作溶质，把这一现象理解为水在不同的温度下，对空气的溶解度不同。温度较高时，空气可以溶解较多的水分，使其以气态，即单个分子的形态存在于空气中，这时的水分不会对设备的绝缘造成影响，但是，如果空气的温度下降，就会有多余的水分以液态的形式析出，而这些液态水一旦在绝缘体表面凝结，并形成连续的水膜，就会造成绝缘的显著下降，总之，结露现象不外乎因为出现了温度差异：要么是空间内的温度发生了变化，要么是空间内各物体之间的温度不同而引起，比如空间中某一物体的温度相对较低，当其温度低于该空气湿度下的结露点时，就会结露，同时，这种结露现象总是自动指向该空间温度最低的物体，而该物体的结露带来的另一效果是吸收了空间的水分，而使得整个空间的湿度下降，夏天开空调会降低房间内的湿度就是这样的原理。当然，也可以利用该原理，人为地制造这种温差，将某物体的温度降得更低，使得该物体上结露，并将露水引出去，从而达到降低湿度的目的，通过以上分析可以知道，导致结露出现是由于温度的变化或差异，那么根据此原理在电力现场该采取什么对策呢？这就需要根据具体情况来加以分析。

(1) 对于比如操作箱一类体积较小的箱体，采用加热器是很有效的措施，加热器将箱体内各部分的温度加热，这样，即使环境的湿度达到 100%，由于箱内温度高于环境温度，所以，箱体内的湿度不会出现饱和，从而避免了结露的发生。

(2) 对于容积较小的 10 kV 开关柜, 采用加热器仍然是有效的措施, 但是需要注意严密封堵好地沟盖板, 防止地沟的潮气进入柜体, 注意将加热器放在柜内的最低处, 要保证每一个高压绝缘子都被加热, 才能起到防止结露的效果。

(3) 对于容积较大的开关柜, 比如 35 kV 开关柜, 无论从加热功率, 或是距离上都很难让柜内每一处高压外绝缘都被加热, 因此采用加热器的效果是不理想的, 在此情况下, 除了做好地沟盖板的封堵外, 最重要的措施就是做好柜体的通风透气, 只要与外部空气的湿度保持一致, 环境中一定存在温度更低的物体, 如果柜内的通风透气良好, 即使空气湿度很高, 结露也只会出现在温度较低的物体上, 而不会在柜内, 同时, 也正因为该处出现的结露而降低了环境湿度, 保证了柜内的安全。

(4) 无论上述哪种情况, 在绝缘表面涂上防污涂料(简称 RTV 涂料), 对于防止由于结露而造成放电、闪络都是一种有效措施, RTV 涂料的分子结构为类似于油脂类的“非极性”分子, 与水分子的亲和力很差, 是一种“疏水性”物质, 即使出现结露, 也很难在其表面形成连续的水膜, 从而大大提高了材料的绝缘性能。

以上概括地分析了结露现象发生的机理, 下面通过基层电力公司两个现场改造的实例, 读者对于在现场如何防止开关柜结露可能会有更深的体会。

防结露实例一

户外电力成套设备(箱变、户外环网柜等)的防凝露处理

1. 现场设备凝露情况

此案例为 2011 年的一台户外箱变和 2010 年的一台户外环网柜。结露情况见图 5-1~图 5-4, 若没有看过现场的人仅看图片, 可能都会认为, 箱



变或户外环网柜一定是什么地方出现了进水现象。



图 5-1 箱变隔室顶部挂满水珠 (另见彩图)





图 5-2 箱变内元器件上挂满水珠 (另见彩图)



图 5-3 户外环网柜电缆导管上挂满水珠

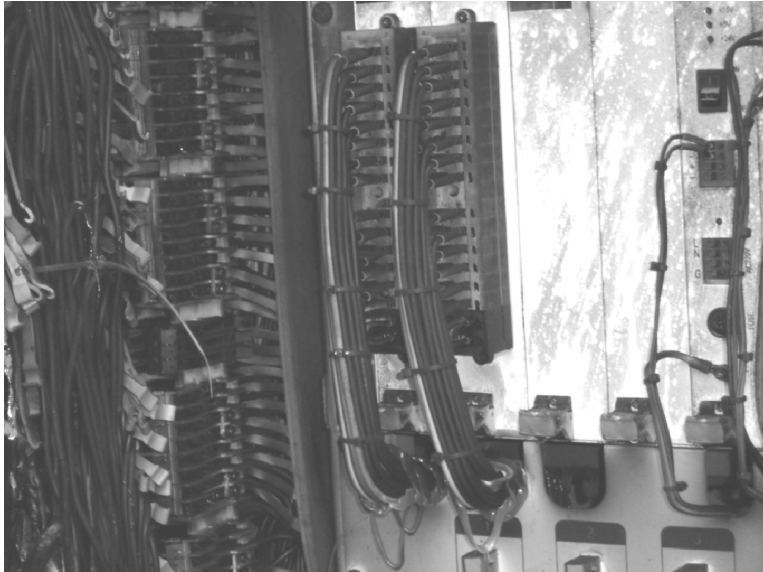


图 5-4 户外环网柜 DTU 面板及二次线上挂满水珠

2. 改造前现场设备风道结构

该箱变或户外环网柜的底板上和顶盖上都开有很大的通风孔，设备安装就位后设备的风道如图 5-5 所示，设备进风口是从基础底部进风，通过箱变或户外环网柜内，从顶部四周出风，形成风道循环。

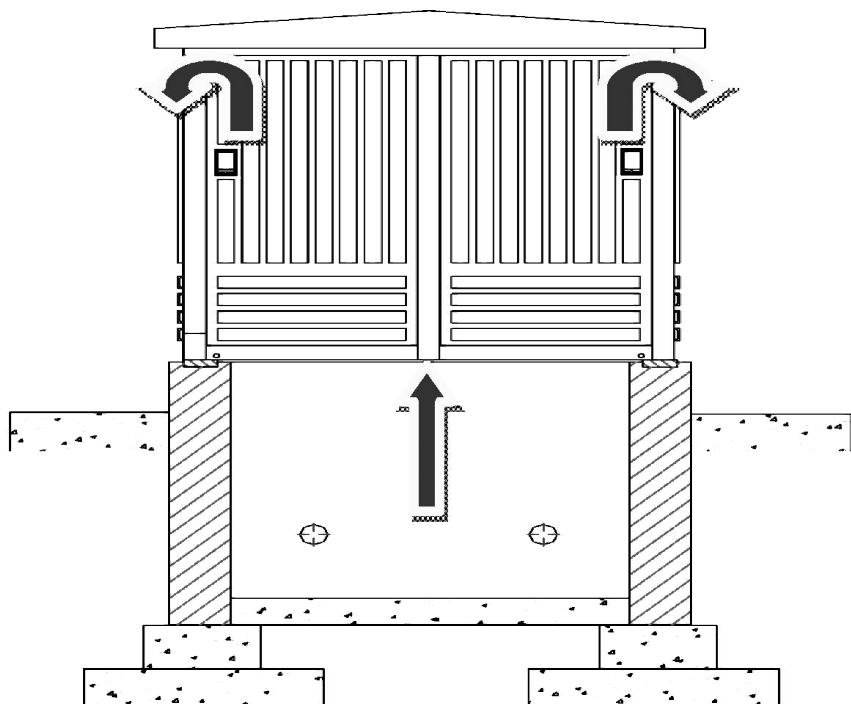


图 5-5 安装后设备的通风示意图

3. 现场改造方案及效果

如图 5-6 所示,对现场设备做了三处改造:① 将箱变或户外环柜的底板上的通风孔用胶泥(或 3 M 胶)封堵;② 设备下部四周增开通风孔;③ 基础四周增加基础专用通风孔。通过这样的改造就形成了基础风道和设备风道,二者各自独立的通风通道。设备风道是从设备下部四周进风,经过设备内部,最后从顶部出风。基础通风是在基础四周开了出风口,从而降低了基础内的湿度,同时,基础内的空气不再经过设备内部,毕竟基础内温度比较低,湿度较大。

现场设备改造一个月后,再对现场进行观察,设备内没有发现凝露现象,凝露问题已较好地得到解决。

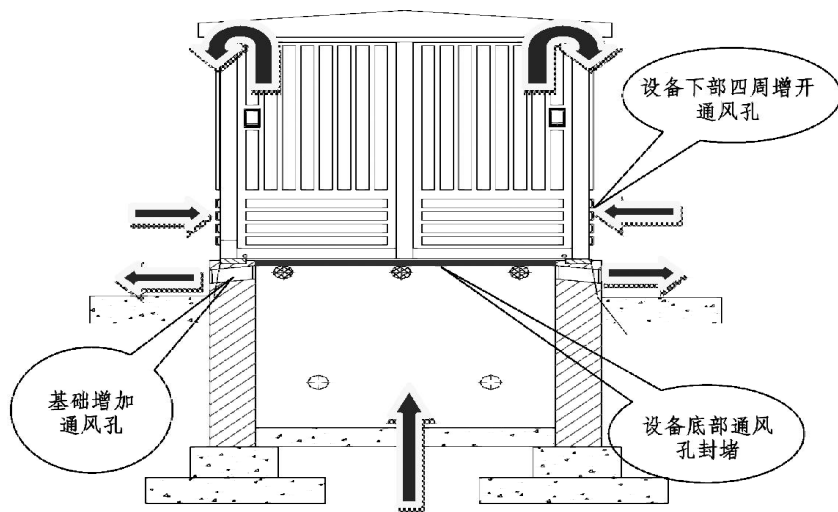


图 5-6 改造后设备的通风示意图

防结露实例二

户内 KYN61 设备凝露的处理

1. 现场设备凝露情况

2012 年，某变电站的 KYN61 柜，柜内有加热器，有一台还加了抽湿机，房间内也有除湿机。刚一走进配电室时，就闻到一股由放电产生的臭氧（ O_3 ）味，靠近设备，就会听到空气被电离的“吱吱”声。设备停电后，在触头盒上可见明显的水珠。如图 5-7、图 5-8 所示。

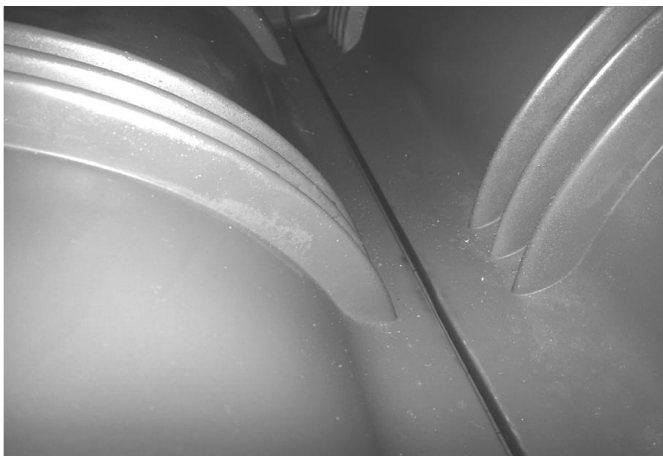


图 5-7 开关触头盒潮湿 (另见彩图)

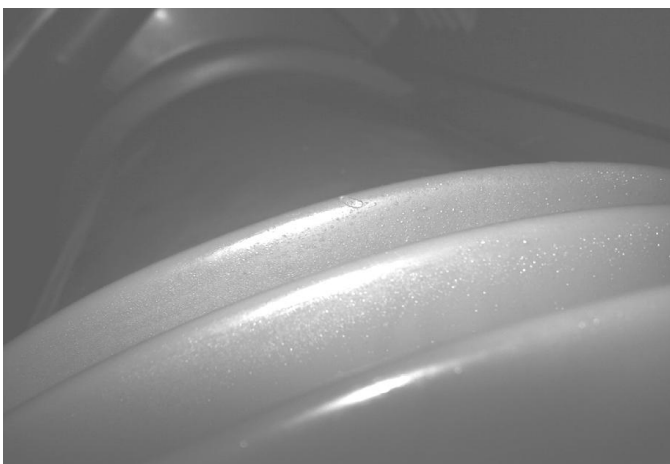


图 5-8 开关触头盒上水珠 (另见彩图)

2. 改造前现场设备风道情况

KYN61 柜顶部, 断路器室、母线室、电缆室均开有符合 IP4X 标准的通风撕裂孔 (一种类似于百叶窗式的通风孔), 但开关柜底板及四周, 没有开通风孔, 只有在门关后, 门与柜体间或底板零件与零件间留下的细小间隙作为进风口。柜体风道结构如图 5-9 所示: 一次电缆沟, 前后柜门的间隙就成了柜体的进风口, 进入三个室后, 再从柜顶出去, 形成风道循环。

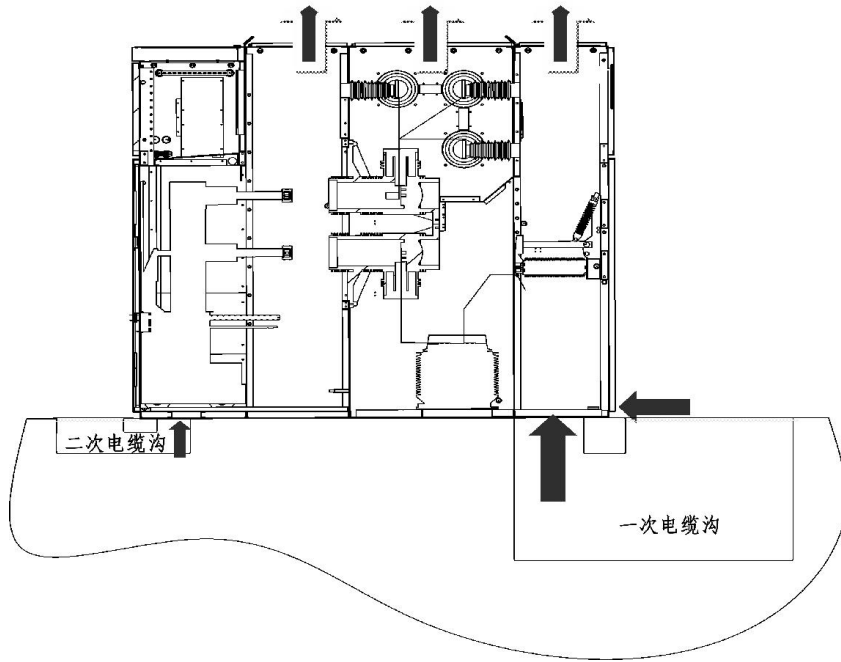


图 5-9 KYN61 现场风道示意图

3. 风道改造方案及效果

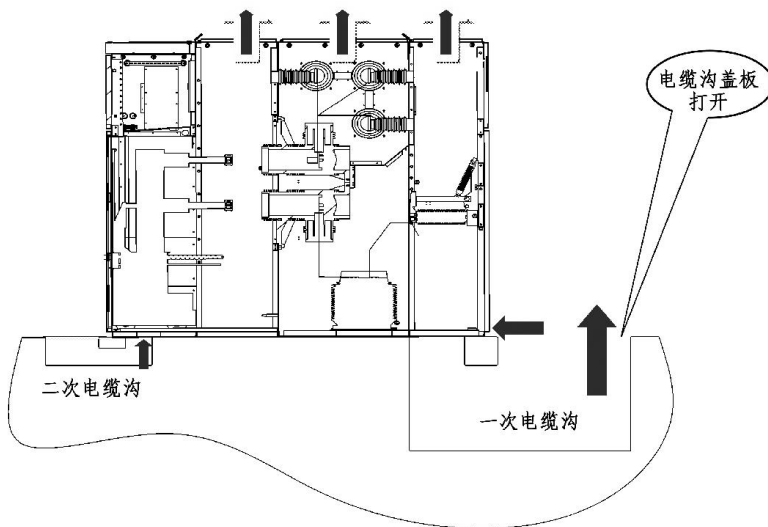


图 5-10 KYN61 柜电缆沟盖打开后风道示意图

对该 KYN61 设备本身基本没有做什么改造，只是将柜体前面的一次电缆沟盖板打开，使得电缆沟从原来较为封闭的状态改为敞开状态，两个月后，重返现场观察，配电室内已无臭氧（ O_3 ）味，触头盒上也不存在凝露了，凝露问题基本得到了解决。后建议各供电公司将一次电缆沟盖板换成了带通风孔的电缆沟盖板。改善电缆沟的通风状态，同时让电缆沟的空气不再经过柜体内进行循环，以防止结露。

结论：

以上两个案例都没有采取复杂的技术措施，没有在温度方面对设备进行特殊处理，只是改变了风道就取得了显著的效果。笔者认为，阻断湿气来源，改善通风，在解决电力现场成套设备凝露的问题上常常可能达到意想不到的效果。