

「变电站」

户外机构箱内凝露原理及防治的改进

文/国网福建省电力有限公司检修分公司 严哲旺

我国南方地区空气湿度大，变电站户外机构箱经常发生凝露，容易导致二次设备绝缘降低或锈蚀，甚至长霉，造成二次设备损坏、直流接地、机构卡涩、保护装置误跳闸等问题，给电网安全运行带来严重威胁。为了解决这一问题，在机构箱的设计上一般安装加热器驱潮，由于没有统一的驱潮规范，有的安装排风扇，有的加大通风排气孔等，形式多样。然而因对其凝露机理片面的理解，有的设计不仅不能降低端子箱内的湿度，可能还会适得其反，导致端子箱严重凝露。为解决这一问题，分析了凝露的原理和现行的措施，找到了其不合理的误区，并提出了相应的改进措施。

凝露发生的原理

1. 相对湿度

凝露是一种常见的自然现象，要解释其成因，首先要理解空气相对湿度的概念。湿度是用来表征空气中含有水蒸气多少的物理量，绝对湿度表示每立方米中所含的水蒸气的量，相对湿度表示空气中所含水蒸气与同温度下饱和湿空气中所含水蒸气的量的比值。由于理想情况下，混合空气中各组分量的比等于各组分分压力的比，所以相对湿度又可以记为相同温度下，湿空气中水蒸气分压力 p_a 与饱和湿空气中水蒸气分压力 p_s 的比值，即

$$RH(\%) = p_a / p_s$$

空气的温度越高，能够吸收的水汽就越多，空气温度越低，越容易达到饱和。所以，饱和湿空气的水蒸气分压力 p_s 与空气温度 t 成正比。因而空气的相对湿度RH随空气温度 t 的升高而降低。

2. 露点温度

在固定气压下，空气中所含水蒸气量一定时，空气温度降低使相对湿度升高，当空气达到

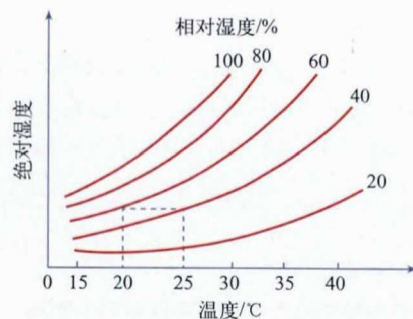


图 1

饱和后，即 $RH(\%) = 100\%$ ，水蒸气凝结成水滴，这时的温度 t 称作露点或露点温度。露点没有准确的计算公式，根据测量数据，在一定温度下，相对湿度越高，露点会越接近气温。当空气中含水量不变时，相对湿度与气温成反比。

可得如下结论：开关柜内壁、端子排、电缆外皮等物体的表面温度低于柜内空气的露点温度，就会在低温处形成凝露。

现行防凝露的措施误区

多数设备厂家为防止机构箱的凝露，一般在

其内部安装加热器驱潮，同时设置呼吸孔帮助空气流通。此方式在如下情况下并不能有效驱潮，反而促成了凝露的条件。

1) 例如在雨露天气时，空气中的水蒸气已经达到了饱和， $RH(\%)=100\%$ ，机构箱内湿度传感器感应到相对湿度过高，开启加热器使机构箱内部温度提升，以此来降低相对湿度。此时，机构箱外部的的水蒸气已经饱和，自然会通过呼吸孔进入 $RH(\%)<100\%$ 的机构箱内部，这样使得箱内实际所含水蒸气比例高于外界环境。如果内部的水汽无法及时排出，当外界开始降温，与加热器较远的部分箱壁温度降低，这就达成了凝露的条件：湿热的空气在温度相对较低的物体上凝结水珠，导致箱内凝露积水。

2) 大部分厂家采用的加热器均是小型化，且只在箱子的一个角落放置，这样导致箱内受热不均。离加热器近的二次电缆会因较高的运行温度

而影响使用寿命，离加热器较远的箱壁又会为凝露提供条件，经常发现在机构箱未加装加热器的仍发生凝露。

改进措施的探讨

目前普遍的温湿度感应装置均放置于箱内，只是单纯地改变箱内的温湿度，同时又有呼吸孔与外界对流。笔者认为，如果外界水蒸气的比例比箱内高，此时就可不开放呼吸孔进行对流，于是提出改进后的防凝露策略。

1) 在呼吸孔内外两侧均安有温湿度传感器，在呼吸孔上有关闭措施，可以阻止空气对流，同时在呼吸孔上设置助排风扇，同时在机构箱内部均匀布置加热器。通过图2程序来控制呼吸孔的关合、排风扇和加热器。其中 $T_{外}$ 指外界温度、 $T_{内}$ 指箱内温度、 $RH_{外}$ 指外界湿度、 $RH_{内}$ 指箱内湿度。数据判定的范围应设置些许回差值。

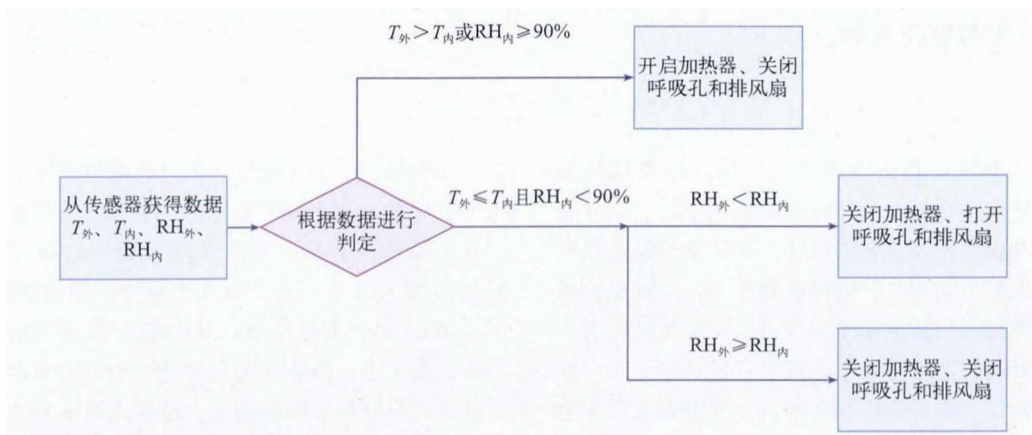


图 2

在开启加热器的同时关闭呼吸孔，这样可以阻止外界潮气进入箱内，同时又有助于箱内空气的快速加热，从而降低RH值，达到防止凝露的目的。在箱内潮气较重时，开启呼吸孔和排风扇加速排出潮气。在外界潮气比箱内更重时，关闭呼吸孔，通过自身的加热器装置调节温度，保证箱内不出现凝露现象。

2) 改进加热器布置和工艺。增加多点布置加热器或者效仿汽车后窗加热铁丝，将加热器制作成大面积贴片，增加加热面积以达到均匀加热的效果。

3) 采取集约控制防凝露装置。一个集成控制装置负责一个区域的防凝露装置，这样外界温度和湿度就可以只由一致两个传感器提供，还省去了每个箱子装温控器的麻烦。此设计有如下优点：减少了传感器数量和温控器数量，降低了工程造价；通过长时间温湿度数据的采集，方便以后改进防凝露策略；方便于运行人员在特殊天气来临时，提前更改防凝露的“手动/自动”运行方式的切换。EA

(收稿日期：2017.08.31)

(编辑：白文亭)