

# 高海拔地区电气设备的选型与应用

孙 涛\*

中国轻工业长沙工程有限公司, 湖南 410000

**摘 要:** 本文针对高海拔环境对电气设备影响的几个重要因素进行分析, 提出了在高海拔地区电气设备选型和使用时的一些注意事项及建议。

**关键词:** 高海拔地区; 电气设备; 选型应用

## 一、前言

我国拥有世界上最辽阔的高海拔地域, 面积约为270万平方千米, 平均海拔2000~4500m。高海拔地区气候特点为空气稀薄、气压低、含氧量少、昼夜温差大、低温冻土厚、紫外线辐射强、风沙尘大、降雨少、气候干燥等<sup>[1]</sup>。

目前国内、外生产厂商的电气设备一般按海拔2000m以下的标准研制和生产。在高海拔环境下, 空气压力和空气密度下降、空气温度降低、昼夜温差较大、空气绝对湿度减少等因素, 均会对电气设备的正常使用带来不良影响。

## 二、高海拔气候对电气设备的影响

不同海拔高度的大气压、空气密度和湿度表如表1所示。

表1 不同海拔高度的大气压、空气密度和湿度表

海拔高度 (m)	0	1000	1500	2000	2500	3000	3500
相对大气压	1	0.888	0.835	0.786	0.741	0.695	0.655
相对空气密度 ( $g/m^3$ )	1	0.9085	0.865	0.824	0.784	0.745	0.708
绝对湿度	11	7.64	6.37	5.44	4.42	3.68	3.08

根据高海拔环境气候特点以及高、低压电器的结构性能, 高海拔对电气设备的影响主要表现在以下几个主要方面<sup>[2]</sup>。

### (一) 温升

由于海拔升高, 空气密度渐低, 散热的对流作用减弱, 温升就会随之升高, 而高海拔地区的气温随海拔高度的增加而降低, 递减率为海拔每升高100m, 气温降低0.6℃, 又可以部分补偿由海拔升高对电器温升的影响。由空气冷却的电气设备的零部件温升增高, 以及在空气中灭弧比较困难。因此, 电气设备的温升如何补偿需要关注并采取一定措施。

### (二) 绝缘性能

由于海拔升高, 空气密度渐低, 介质绝缘强度降低, 外绝缘表面及不同电位的带电间隙较容易击穿, 特别对电气间隙和爬电距离的影响较大; 低气压时的低空气密度使空气介电强度, 空气冷却效应以及弧隙空气介质强度降低, 因而引起电气设备空气绝缘耐压降低<sup>[3]</sup>。因此, 在进行电器的介电性能试验时, 如何选用试验电压也应考虑。

### (三) 接通和分断能力

空气压力和空气密度的降低, 造成对空气介质灭弧开关电器灭弧性能的影响。目前, 存在两种说法。

1. 海拔升高, 气压降低, 空气密度下降, 会造成开关电器灭弧时间延长, 触头烧损严重, 从而使得接通和通断能力降低。

2. 认为在这种环境下, 反而有利于开关电器灭弧, 真空开关的灭弧原理就是基于空气密度极其低。

### (四) 对产品动作性能的影响

随着海拔升高, 空气密度渐低, 散热的对流作用减弱, 而且高海拔地区的环境特点, 会给低压电器产品的动作特性带来一定影响。如热磁式低压断路器、热继电器的动作特性均会发生一定变化, 需要引起关注<sup>[4]</sup>。

\*通讯作者: 孙涛, 1985年2月, 男, 汉族, 湖南长沙人, 毕业于湖南大学, 中级工程师, 本科。研究方向: 供配电系统设计与应用。

(五) 电寿命

由于受高海拔地区的极限温度过低及产品温升和灭弧时间的综合影响，高海拔环境会对电气设备的电寿命产生一定影响。

太阳辐射强度较大时，会引起户外使用的电气设备表面温度增高，由于高海拔地区昼夜温差大，在热胀冷缩的作用下，有机绝缘材料和涂料等产生裂缝，在氧和粉尘的条件下加速老化，缩短使用寿命。

三、高海拔地区电气设备的应用现状和存在缺点

(一) 现使用的电气设备大致可以分为三种情况

1. 高海拔地区普通电气设备绝缘距离不够等问题，防止绝缘击穿，采用高一级电压等级的电气设备，如10kV高压断路器采用24kV电压等级的高压断路器代替。

2. 低压设备采用与平原地区相同标准电压等级的电气设备，电流容量采用高一级。

3. 采用高海拔地区专用电气设备，如高海拔型变压器、真空断路器、电动机等。

(二) 高海拔上应用电气设备存在的缺点

1. 将普通电气设备应用于高海拔地区，部分电气设备不能解决高海拔适用性问题，使得设备故障多，维修量大。

2. 盲目提高电气设备的电压标准等级，使得电气设备的外绝缘裕度很大，而造成建设费用提高，浪费资金。

3. 盲目选用的某些高海拔型产品，没有完全解决高海拔环境对电气设备的影响，存在事故隐患。

四、电气设备在高海拔地区选型应用

高海拔地区对电气设备主要的影响是绝缘和温升两方面。对不同的电气设备影响的侧重点不同。

(一) 高压电器

提高绝缘等级，选用维护方便、成套性高的高压电器，如：10kV高压断路器采用12kV高海拔型真空断路器。

(二) 低压电器

根据GB/T20645-2006、GB/T22580-2008标准及科研部门的调查研究，高海拔型户内使用的低压电器产品温升极限值可按原相关产品标准规定执行；高海拔户外使用的低压电器产品，因为户外环境平均温度随海拔的升高而递减，对产品的极限温度有明显补偿作用。为此，所使用的低压电器产品都无需采取有关温升抑制措施，相反由于温度补偿明显，还可以对温升限值进行一定的海拔修正，各海拔高度处的温升极限值应按下式确定<sup>[5]</sup>。

$$T = T_0 + \Delta T$$

式中：T<sub>0</sub>—相关产品标准中规定的温升极限值；ΔT温升极限值的海拔修正值见下表2。

表2 温升极限值的海拔修正值

海拔高度 ( m )	ΔT ( K )
2000	0
2000~2500	2
2500~3000	4
3000~3500	6
3500~4000	8
4000~4500	10
4500~5000	12

注：本表依据为海拔每升高100m，环境温度降低0.6℃。

高海拔用低压电器应尽量采用动作特性受海拔影响较小的智能电子型产品，但应考虑电子器件受高海拔气候影响的适应性。

(三) 电动机

1. 低压电动机

根据海拔对电机的效率影响较小，由于海拔高，空气稀薄，转子和定子之间空气间隙的散热能力差，直接影响电机的额定功率输出。电动机发热量不变的情况下，由于散热能力差致使电机温升过高，造成电动机带负荷的能力减小，从而引起功率输出降低。因此，低压电动机在高海拔地区采用高一级容量、高一级绝缘等级选型。

## 2. 高压电动机

在高海拔地区选型时,不但要考虑采用高一容量、高一绝缘等级选型外,还要注意空气稀薄电机绕组间易产生放电现象(即电晕),因此海拔在2000m以上,电压在10kV以上的电机要做“防电晕”处理<sup>[6]</sup>。

### (四) 干式变压器

根据GB1094.11-2007的规定,对于在超过1000m海拔处运行,并在正常海拔进行试验的变压器,其温升限值应相应递减,超过1000m海拔部分以每高500m为一级,温升限值按自冷变压器2.5%、风冷变压器5%减小;额定短时工频耐受电压值同时增加6.25%。

## 五、结束语

电气设备种类多,性能差异大,遇到具体产品应根据安装使用地点的海拔环境气候条件、工艺要求和运行方式等,具体分析其高海拔适应性要求。

本文仅对高海拔地区电气设备影响的几个重要因素进行分析,提出电气设备在高海拔环境下选型和使用时的一些注意事项及建议,希望能够对高海拔环境下使用电气设备的人员等能够提供一定的指导。

### 参考文献:

- [1]我国高海拔地区某些气候因素代表值的统计分析.上海电科所、昆明电器所.
- [2]GB/T20645-2006特殊环境条件高原用低压电器技术要求.
- [3]IEC60664-1低压系统内设备的绝缘配合第1部分:原理、要求和试验.
- [4]海拔对低压开关电器动作性能的影响[英]Conf Rec.IEEE Ind Appl Conf.
- [5]特殊环境条件 高原电气设备技术要求 低压成套开关设备和控制设备(GB/T22580-2008).
- [6]《工业泵选用手册》.