

码线路采用三极管和二极管联合译码,减少了元件的用量。

显示数字管为 SZ-1 辉光数字管,供电电压 190 伏。

为了克服环境温度对测量精度的影响,本仪表设有简单的温度校正装置。测量前,先以校正波导管的固定长度 8.1 米调节振荡器 ZD₁ 的记数频率,使仪表

显示为 8.10 米。然后进行水位、水位差的测量。

水电站拦污栅前后水位差值是安全运行的重要参数。本仪表给出水位差为 1 米、2 米时的报警信号及引出接点,接点容量 3 瓦,电压 220 伏。报警线路采用变压器隔离、可控硅无触点方式,避免了接点火花对仪表的干扰。

电气接头温度的红外检测*

沈阳电业局

无产阶级文化大革命期间,广大电业工人在毛主席无产阶级革命路线的指引下,高举“鞍钢宪法”的伟大红旗,大搞技术革新与技术革命,取得了许多成果。电气接头温度的红外检测就是其中一项。一九六九年七月东北电力局技术改进局和沈阳电业局共同协作,组成了三结合研究小组,在长春精密光学机械研究所和上海技术物理研究所等科研单位的大力支持和具体帮助下,经过多年反复实践和不断改进,现已试制成功电气接头温度的红外检测装置——红外测温仪,并在生产上正式使用,对电力工业安全生产起了很大的作用。

在电气设备上,连接各导电路的接头是很多的。有用液压或螺栓连接的固定接头,也有各种开关设备的活动接头。在一个变电所中,就有几百到几千个各种接头,在高压输电线路的导线上,大量的接头分布在几十到几百公里沿线的山区和田野里。这些接头在长时间的运行中,由于氧化和腐蚀作用,使接触电阻增大,电流通过时温度就升高。过高的温度将使接头烧化,或使导线拉断,造成严重的停电事故。为预防电气接头事故,过去要在发变电设备上采用贴示温蜡片,涂感温变色漆,或在绝缘杆上绑蜡头用触试的办法检查接头有无过热。在线路上则需停电或用带电作业的方法分别测量接头和同等长度的邻接导线的电阻或电压,根据其比值判断接头的好坏。采用这些方法要耗费大量的人力,而且判断也不够准确。例如:在线路上停电测量接头,需要五、六个人,抬着笨重的蓄电池,并要登上杆塔悬挂测量用具,一天只能测试几个头。如用带电方法测量,则由于强电场对测量仪表的干扰,所得结果往往不准,有时对一个接头要作多次反复测量核对。现在使用“红外测温仪”只需要两个人在地上观测,几分钟就可以测试一个接头,仪器轻便,操作简单,大大提高了劳动效率。

一、电气接头测温的特点

电气接头的正常温度不高于环境温度 40—50℃,而存在缺陷的接头温度可高达几百度。接头的几何尺寸随接头的型式不同而异。如:线路上使用较多的压接接头为直径 3—5 厘米、长数十厘米的棒状体。接头所在位置,一般距地面垂直高度为 5—30 米。

上述特点要求测温仪必须达到以下指标:

测温范围: 0℃—100℃—500℃。

最小鉴别温差: 5℃。

目标尺寸: 按直径 4 厘米的圆形考虑。

目标距离: 4—40 米。

距离系数: 目标距离/目标尺寸 = 1000。

二、基本原理

凡温度高于绝对零度的各种物体都会产生热辐射,其辐射率可用斯忒藩-玻耳兹曼定律确定:

$$N_s = \frac{\epsilon\sigma}{\pi} T^4 \quad (1)$$

式中: N_s 为辐射体每单位面积在法线方向上发射到单位立体角内的功率,单位为瓦/厘米²·球面弧度。

ϵ 为辐射系数,与辐射体物质、表面状态和辐射波长有关。对于绝对黑体 $\epsilon = 1$,非绝对黑体 $\epsilon < 1$ 。

σ 为斯忒藩-玻耳兹曼常数 = 5.67×10^{-14} 瓦/厘米²·度⁴。

T 为辐射体的绝对温度 °K = °C + 273°。

* 1974 年 8 月 5 日收到。

物体的最强辐射的波长 $\lambda_{\text{最大}}$ 与其绝对温度 T 的关系,可由维恩位移定律确定:

$$\lambda_{\text{最大}} = 2898/T \text{ (微米)}. \quad (2)$$

由(2)式可以确定,如测温范围为0—500℃,则测温仪的工作波段大致应在2—20微米。

可用一组光学镜片将目标物体的辐射集聚成象并作用在一红外探测元件上,使辐射能转换为电气信号,加以放大后由表计指示。这是一般红外辐射计的典型工作原理。如将表计读数用温度校准,则此红外辐射计能直接读出目标物体的表面辐射温度。

研究图1所示的物象关系可以导出红外辐射计测温的基本关系。图中的透镜是与仪器中的光学系统等价的(有效孔径相等,有效焦距相等)简单薄透镜。并假定 $A'_s > A_D$ 。

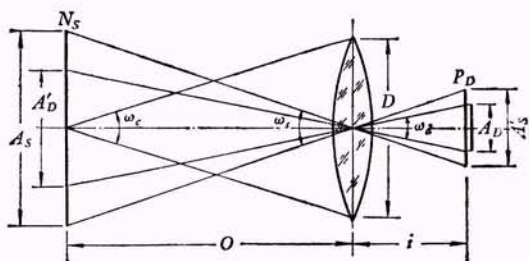


图1 红外辐射计的物象关系

红外探测元件接收到的辐射通量为 P_D 。

$$P_D = N_s A'_D \omega_c \eta \text{ (瓦)}. \quad (3)$$

图(1)和式(3)中:

- P_D ——红外探测元件接收到的辐射通量;
- A_s ——辐射体面积(厘米²);
- A'_s ——辐射体的象面积(厘米²);
- A_D ——红外探测元件面积(厘米²);
- A'_D ——相应于红外探测元件的辐射体面积(厘米²)

$$A'_D = \left(\frac{O}{i}\right)^2 A_D, \text{ 当物距较大时,} \quad (4)$$

$$A'_D \approx \left(\frac{O}{f}\right)^2 A_D;$$

ω_c ——物镜对辐射体的张角(球面弧度),当物距较大时,

$$\omega_c \approx \frac{\pi D^2}{4O^2}; \quad (5)$$

- D ——物镜的有效孔径(厘米);
- η ——整个光路系统的效率;
- O ——物距(厘米);
- i ——象距(厘米);
- f ——焦距(厘米)。

将(1)、(4)、(5)式代入(3)式并简化得:

$$P_D = \frac{\epsilon \sigma}{4} \left(\frac{D}{f}\right)^2 A_D T^4 \eta \text{ (瓦)}. \quad (6)$$

由(6)式可看出,当探测系统已给定,在被测辐射体所成的象能盖满红外探测元件时,元件接收到的辐射通量与距离无关。当然,在距离较大时,红外辐射在大气中传输是有较显著损耗的,如要正确测量,需对损耗进行补偿,而在几十米的范围内应用时则损耗可忽略不计。

各种电气接头长期暴露于大气中,表面被氧化,其辐射系数不等于1但接近于1,红外测温仪如以绝对黑体标定温度,则作接头测量时需加修正。如直接用常用的接头加热以标定温度,则可减少误差。

由于电气接头处于高空,在测温过程中略有摆动,同时还有瞄准误差,因此必须使物体的象大于红外探测元件,即 $A'_s > A_D$ 。亦即使被测物体的张角大于元件的张角,即 $\omega_s > \omega_d$ 。根据我们的实践, $\omega_s \geq 2\omega_d$ (平面角度)时,可以保证测量值较稳定和准确可靠。

三、仪器的构造

仪器分为红外接收器和电子放大器两部分。红外接收器安装在三脚架上,整个仪器外形如图2所示。

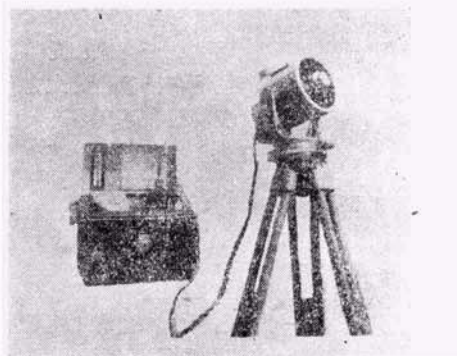


图2 仪器外形

红外接收器光学系统采用卡塞格林反射镜组,结构如图3。主镜1为椭球面,有效孔径120毫米;次镜2为球面;组合后焦距为400毫米。移动次镜调焦,调焦范围4米—∞。单晶硅滤光片3成45°斜面放置,其透过波长为1.2—15微米,在透过红外线的同时,

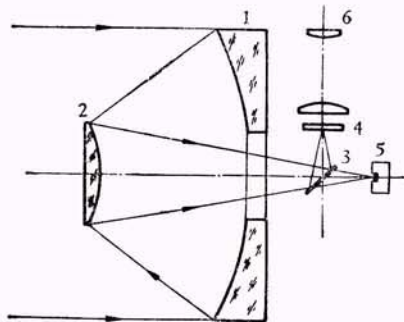


图3 红外接收器结构示意图

其前表面还反射可见光，使目标物在目镜 6 的分划板 4 上成象，以便准确瞄准。在红外线的焦点上安装探测元件 5，它是一种金属氧化物制成的几个微米厚的小薄片形热敏电阻，尺寸为 0.12×0.12 毫米²，元件窗口材料为硫化锌，通过波长为 1—14 微米。为了补偿环境温度变化的影响，探测元件内除了工作元件外还有一个屏蔽起来不接收辐射的补偿元件。

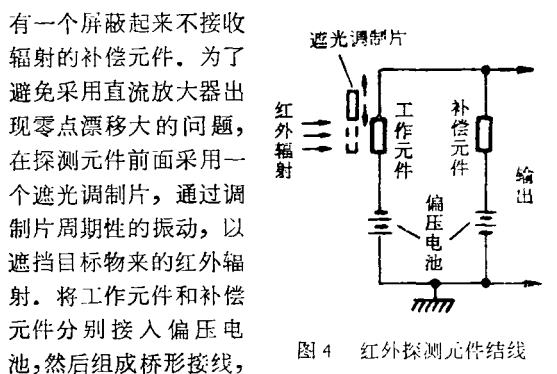


图4 红外探测元件接线

为了避免采用直流放大器出现零点漂移大的问题，在探测元件前面采用一个遮光调制片，通过调制片周期性的振动，以遮挡目标物来的红外辐射。将工作元件和补偿元件分别接入偏压电池，然后组成桥形接线，如图 4。这样，当目标物辐射被调制时，即输出一个与目标物(温度 T) 和调制片(温度为环境温度 T_A) 辐射之差 ($T - T_A$) 成比例的交变信号。此信号如图 5 所示

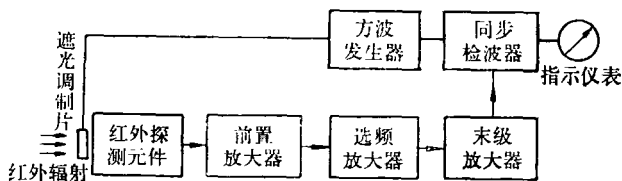


图5 电子放大器方框图

示进行前置放大、选频放大、末级放大和同步检波后由仪表指示。采用选频放大和同步检波的目的是降低噪声。经过调制后，仪表指示的数值是与目标物温度和调制片温度之差成比例关系的。这样，当标定测温仪读数时，环境温度为 T_A ，而使用测温仪是在环境温度 T'_A 时，所得温度读数将不准确。最好的解决办法是使调制片恒温，即引入一个恒定参考温度。由于仪器要在野外携带使用，为了不增加复杂性，使仪器较轻便，

因而实际使用中是采用校正曲线的办法来消除此种误差。

红外探测元件的时间常数为几个毫秒，因此调制频率选用 19 赫。元件接收到的功率是毫微瓦数量级，输入讯号电压为微伏级。电子回路总电压增益约为 10^5 。全部回路由晶体管等元件组装在印刷电路板上。由 9 节一号电池串联成 13.5 伏电池组供电。在 0—500℃ 范围内分为三档，由量程扩展开关控制。

$$\text{仪器的元件张角 } \omega_d = \frac{\sqrt{2} \cdot 0.12}{400} = 0.42 \text{ 毫弧度}$$

(考虑元件的对角线的线度)，在 40 米距离时 4 厘米直径的目标物的张角为 $\omega_s = \frac{4}{40 \times 100} = 1.0 \text{ 毫弧度}$

$\omega_s / \omega_d = 2.4$ 说明目标的象能盖满元件 2.4 倍(线性尺度)。

根据计算，最小鉴别温差约为 2—3℃，实际能反应 4—5℃ 的温度变化，测温准确度：距离 4—30 米时为 $\pm 5\%$ ，距离 30—40 米时为 $\pm 10\%$ 。

以上性能基本达到了使用要求。

四、使用效果及存在问题

经过三年多的实际使用，已测试高压输电线路、变电所和电缆接头几万次，效果良好。通过用红外测温仪对电气接头进行普查，发现了多处缺陷。例如：在某 220 千伏变电所发现隔离刀闸触头发热达 107℃；在另一个变电所发现 11 千伏母线接头发热达 190℃；在一条 220 千伏线路的一次测试中发现接头温度超过 70℃ 的就有四处，其中一处高达 220℃。对发现的缺陷都进行了及时处理，保证了安全供电。

该仪器存在的主要问题是光学镜片加工复杂，成本高，仪器重量还比较大。如何在批量生产中加以改进，并提高稳定性和可靠性，以满足各供电部门的迫切需要是今后的课题。

更 正

本刊第 3 卷第 3 期第 141 页《r 射线距离指示器》一文图 8 中符号“—+—”应表示静态，“△”应表示动态。

同期第 181 页《孔孟盗用物理科学为复辟服务三例》一文参考文献[3]中“2 月 2 日”为“2 月 21 日”之误。