

# 铜电阻温度计研究

郭树权 崔长庚 李山林

(中国科学院物理研究所)

由于高温氧化物超导体的发现<sup>[1]</sup>, 国内有不少实验室投入了这一工作. 许多实验室都要进行液氮温区的测量, 需要灵敏度高、重复性好、精度高的温度敏感元件. 本文给出用商用漆包线制成的铜电阻温度计的性能, 指出它的优缺点, 并计算了铜电阻温度计的经验公式.

由于铜在温度较高时容易氧化, 又由于它的德拜温度比铂要高, 所以铜电阻温度计的使用温区要比铂电阻温度计窄. 另外, 铜电阻温度计的重复性为 25mK<sup>[2]</sup>, 比铂电阻温度计要差一些. 但是制作铂电阻温度计的工艺是相当考究的<sup>[3]</sup>, 铂丝要提纯, 绕好后要进行严格的热处理, 引线的设计也很特殊, 以保证温度变化时不产生应力, 所以一支好的铂电阻温度计的价格是非常昂贵的.

我们用  $\phi = 0.048\text{mm}$  的漆包线, 绕在内径为  $\phi = 1.3\text{mm}$ 、外径为  $\phi = 3.0\text{mm}$ 、长为 3.5mm 的线圈架上, 在没有进行热处理也没有考虑消除引线应力的情况下, 得到 77—300K 下重复性小于 80 mK, 灵敏度  $\Delta R/(R\Delta T)$  为  $0.0036\text{—}0.0040\text{K}^{-1}$  (与铂电阻温度计的相同, 比热电偶的高 40 倍). 它的电阻值及灵敏度随温度的变化见图 1.

当铜电阻温度计标定后, 用最小二乘法可定出经验公式如下:

$$R = A_0 + A_1T + A_2T^2 + A_3T^3 + A_4T^4, \\ (50\text{ K} \leq T \leq 120\text{ K})$$

用此公式计算的电阻误差小于 0.1%, 对应的温度误差小于 0.05%.

$$R = A_0 + A_1T + A_2T^2 + A_3T^3, \\ (120\text{ K} \leq T \leq 300\text{ K})$$

用此公式计算的电阻误差小于 0.05%, 对应的温度误差小于 0.03%.

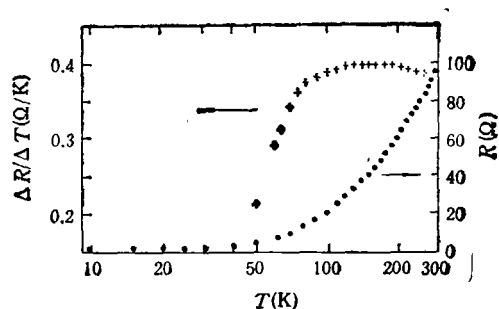


图 1 铜电阻温度计的电阻  $R$  和  $\Delta R/\Delta T$  与温度的关系

如果只有冰点 (273.15K) 和液氮沸点 (77.34 K) 的电阻值, 铜电阻温度计的电阻值可用下式计算:

$$R = A_0 + A_1(\log T)^{6+\Delta}, \\ (70\text{ K} < T < 290\text{ K})$$

$\Delta$  为 0—0.3, 对不同牌号的漆包线, 取不同的修正值  $\Delta$ , 它与线的纯度和不均匀性等有关. 所以, 在使用此公式之前最好能确定该批材料的  $\Delta$  值. 确定  $\Delta$  值的方法也很简单, 除了测出在冰点和液氮点的电阻值外, 在 170 K 附近再测定一点电阻值就可以算出  $\Delta$ . 用此方法计算的温度误差小于 300mK.

铜电阻温度计在温度范围为 70K 至 300K, 是一种很好的测温敏感元件. 它不仅灵敏度高, 线性好, 而且每个实验室都可以自己制作, 造价非常低. 用很简单的公式就可计算出它的电阻值. 一支精度为  $\pm 0.1\%$  的铂电阻温度计, 其价格为四百多美元, 而铜电阻温度计只要几十元.

我们制作的一批铜电阻温度计, 其尺寸为  $\phi 3\text{mm} \times 5\text{mm}$ , 其体积、热容、时间常数和自热系数等参量都比铂电阻温度计要小. 所以, 在

(下转第 354 页)