



中华人民共和国国家标准

GB/T 34035—2017

热电偶现场试验方法

Field test methods for thermocouples

2017-07-31 发布

2018-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业过程测量控制和自动化标准化技术委员会(SAC/TC 124)归口。

本标准主要起草单位：上海工业自动化仪表研究院有限公司。

本标准参加起草单位：安徽天康股份有限公司、重庆大正温度仪表公司、重庆川仪十七厂有限公司、国核自仪系统工程技术有限公司、河北省计量监督检测院、上海自动化仪表股份有限公司、上海市计量测试技术研究院、中国计量科学研究院、浙江伦特机电有限公司、中国合格评定国家认可中心。

本标准主要起草人：肖红练、范铠、陈迪、周步余、周洪琴、康文捷、李树成、郭强、万国良、郑伟、郑玮、徐云生。

引 言

热电偶广泛应用于工业中,在其规定的温度范围内使用时具有很高的可靠性。但是,若在使用中出现故障,则后果可轻可重,甚至威胁到人身安全。一般可能导致设备、产品或运行时间的重大损失。用户应对热电偶故障的潜在后果进行权衡,以确定在热电偶安装前后及使用期间需进行哪些试验。

本标准旨在为热电偶、热电偶整机及其连接导线的现场试验提供指南,避免热电偶在存贮、安装或使用期间损坏,而不是作为验收试验的指导。

试验方法涵盖一些确保热电偶正确安装的基本试验,以及一些作故障分析时必需的简单试验。而均匀性、电容量及回路电流阶跃响应等热电偶试验,由于需要配备复杂设备及作繁复分析,在本标准中不作规定。

正常生产的热电偶的故障原因,通常是安装错误以及在使用期间进行了规定范围外的操作。这些故障状态的大部分最常见形式,可通过采用本标准给出的试验方法来进行检测。

当热电偶整机首次安装在工作环境中时应进行本标准规定的试验。但这些试验并不保证热电偶整机能准确显示温度。要保证准确性,需选择合适的热电偶及仪表,以及在测量温度时选择合适的测量点。

热电偶现场试验方法

1 范围

本标准规定了在安装前后,或使用一段时间后,用户对热电偶整机包括补偿导线进行试验的方法。

试验的目的是确保热电偶整机在贮存或安装过程中没有损坏,补偿导线与接线端子的连接极性正确,并为今后试验评估热电偶整机使用后是否损坏提供参考数据。其中某些试验可能不适用于曾在高于推荐限值的温度下工作的特定型号的热电偶。

本标准规定的试验,包括热电偶整机安装后测量下列变量的方法,并为确定热电偶整机是否在工作中损坏提供参考数据:

——回路电阻:

- 热电极;
- 补偿导线和热电极。

——绝缘电阻:

- 热电偶整机的绝缘;
- 热电偶整机和补偿导线的绝缘。

——热电势:

- 热电极;
- 补偿导线和热电偶整机。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 4989—2013 热电偶用补偿导线

GB/T 25475—2010 工业自动化仪表 术语 温度仪表

GB/T 30429—2013 工业热电偶

3 术语和定义

GB/T 25475—2010 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

端的类型 junction class

热电偶的端的电连续性。例如:绝缘型、接地型等。

绝缘型:热电偶与导电保护套构件或电路参考接地端没有电接触的测量端。

接地型:热电偶与保护套管或盒直接电接触的测量端。

[GB/T 25475—2010,定义 2.5.60、2.5.62 和 2.5.63]

3.2

检测回路 sensing circuit

热电极和补偿导线的总和,但不包括信号调理元件,例如参比端补偿器、放大器、变送器等。

GB/T 34035—2017

3.3

热电偶整机 thermocouple assembly

由热电偶元件、接线端和安装固定装置等相关部件组成的整机。

注：热电偶整机参比端的保护套管通常会防潮密封。一般来说，套管的测量端会进行焊封。但如果热电偶的测量端为外露型，则测量端和参比端均应有效的防潮密封。

3.4

接线板 terminal block

用于热电极与补偿导线之间，或补偿导线之间、补偿导线与仪表之间机械连接的终端装置。

3.5

热电偶接插件 thermocouple connector

一种快速连接插头及插座，其内部的电连接元件的温度-电动势特性与所要连接的补偿导线或热电极相匹配。

注：接插件部件仅在特定的温度范围内与补偿导线或热电极的温度-电动势特性相匹配。

4 试验综述

4.1 回路电阻测量

4.1.1 热电偶

将电气回路电阻与安装前测得的电阻值相比较，以确保在安装过程中热电极没有断路或短路（例如在热电偶接插件处）。

4.1.2 检测回路

本测量旨在确定热电偶整机及补偿导线的总回路电阻，以确保补偿导线没有短路，连接牢固。补偿导线连接到热电偶整机前应确定其电阻。

4.2 绝缘电阻测量

4.2.1 热电偶整机

将绝缘型热电偶整机安装前后的室温绝缘电阻值相比较，以确保在安装过程中保护套管和防潮密封没有损坏，热电极与套管之间没有短路。

注：本试验仅适用于绝缘型热电偶整机。接地型热电偶不适用此方法。

4.2.2 检测回路

本测量旨在确定延长电路不会降低绝缘型热电偶的电绝缘性。

4.2.3 补偿导线

本测量旨在确定补偿导线接通良好，且导线与导线之间、导线与其他部件（包括地）之间没有短路。接地型热电偶应进行本试验。

4.3 热电势测量

4.3.1 热电偶整机

本测量（取决于测量端和接线板之间的温度差）旨在确定热电偶接线端子与热电极的连接极性

正确。

4.3.2 检测回路

本测量(取决于测量端和终端硬件之间的温度差)旨在确定补偿导线与热电偶的连接极性正确。

5 仪器设备

5.1 数字电阻测量仪或万用表

一种数字直流电阻测量仪器,分辨力优于 0.1Ω 。

5.2 兆欧表或兆欧电桥

测量范围 $5 \times 10^4 \Omega \sim 1 \times 10^{12} \Omega$,测量试验电阻的最大允许误差不超过 $\pm 10.0\%$,试验电压根据热电偶材料的外径,在 $50 \text{ V} \sim 500 \text{ V d.c.}$ 范围内选取。

5.3 热源

热源可采用小型丙烷燃烧器或者电热枪等。

6 一般要求

所提交的热电偶应在安装前通过 GB/T 30429—2013 规定的试验确认其回路电阻和常温绝缘电阻符合要求,再进行本试验。

所有被试热电偶整机宜采用可追溯到安装前测试和制造商生产流程的序列号或其他类型的特殊标记进行标识。

本试验要求回路具有电连续性。

连接时,补偿导线的颜色代码及材料成分宜与热电偶的型号相匹配。标准热电偶型号的颜色代码应符合 GB/T 4989—2013 的规定。

7 回路电阻测量

7.1 热电偶回路电阻

7.1.1 断开热电偶与补偿导线及测温仪表的连接,在接插件的插脚或接线板处测量回路电阻。这种基本测量只是为了确定电路的连续性。若要精确测量回路电阻,建立参考数据,并确保热电极之间没有短路(例如在热电偶接插件组件中),应使用电阻分辨力不低于 0.1Ω 的欧姆表。由于热电偶的热电势会影响到电阻测量,所以应测量两次电阻,第二次测量的极性与第一次相反。两次测量的平均值为热电偶回路电阻。应注意,欧姆表的工作原理为测量电流通过被测电阻产生的电压,如果热电偶在一个有温度梯度的环境下,测量端和参比端的温度不同,则应从欧姆表测得的电压中加上或减去热电偶的热电势。正、反向两次测量电阻并取平均值的做法就是为了消除热电势产生的影响。但是,如果热电偶安装在高温区内而测得的回路电阻很低,则热电偶的热电势可能比欧姆表测得的电压还要大,导致欧姆表测得的电压为负值(见 7.1.4)。某些数字万用表不显示负值,因此正、反向两次测量的平均值为正值,若用这两个值进行平均,将会得到错误的测量结果。

7.1.2 要精确测量电阻,应测得欧姆表的引线电阻。如果欧姆表的引线电阻与热电偶回路电阻相比不可忽略(大于 0.1%),应在后面所有的热电偶回路电阻测量中减去欧姆表引线电阻。

GB/T 34035—2017

注：热电偶安装后所处的温度往往不同于安装前测量时的温度。不同温度下其回路电阻也不同，不视作热电偶性能缺陷。

7.1.3 若多个相同型号的热电偶安装在相同地点和热环境下，对比安装前后这组热电偶单位长度的电阻。见 7.1.2 的注。如果某个热电偶安装前后单位长度的电阻值与其他热电偶相比差异过大（大于 10%），则该热电偶可能损坏。

注：如果热电偶整机在安装后，回路电阻出现极大的变化（例如电阻显示断路或者接近零），则需进行替换或维修。

如果在安装过程中，热电偶接插件与外壳一起转动，则接插件处热电极可能已损坏或短路，可能可以修复。

7.1.4 另一种确定高温下热电偶回路电阻的方法，是在接插件插脚处用一变阻器将热电偶分流。使用可测量微伏级电压的高阻抗电压表测量接插件插脚之间开环情况下的热电偶热电势（见图 1）。测量端应保持恒温，测试过程中接插件插脚应保持同样的终端温度。合上开关，调整变阻器的电阻，直到测得的电压为开环热电势的 1/2（此时变阻器的电阻与热电偶回路电阻相同）。然后将变阻器从电路中取出，直接用欧姆表测量其电阻。此方法可避免 7.1.1 提及的关于热电势的复杂情况。

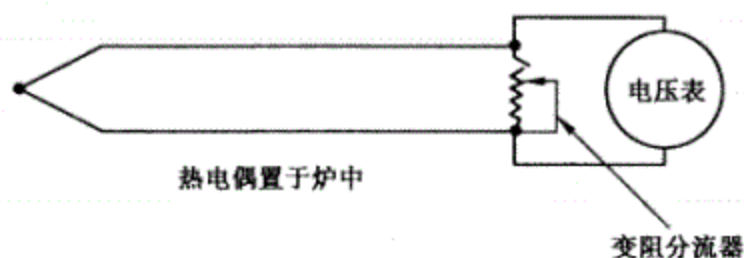


图 1 测量回路电阻的替代方法

注：高温（大于 800 ℃）时，绝缘型热电偶的绝缘电阻可能非常低，因此在热电极之间或者热电极与套管之间的分流现象会非常明显。此时回路电阻测量和温度测量都不能得到准确的结果。高温下绝缘型热电偶的绝缘电阻测量应在所有其他测量之前进行（见 8.3）。

7.2 检测回路电阻

补偿导线与热电偶整机相连，与温度指示仪表断开。按照 7.1.1 的规定测量热电偶整机和补偿导线的总电阻，以确定补偿导线和热电偶整机的电连续性。如需进行精确测量，从总电阻中减去 7.1.3 或 7.1.4 中测得的热电偶整机的电阻以得到补偿导线的电阻。记录补偿导线的电阻作为参考数据。如果给定补偿导线单位长度电阻值与同型号导线的单位长度电阻值相差大于 5%，则补偿导线可能损坏，应进行检查。例如，接线板接头松弛或被腐蚀会增加电路电阻，或导致电路断路或短路；这些情况都会导致温度指示错误。

在操作过程中，如果温度示值不稳定或出现原因不明的突变，可能是热电偶补偿导线回路的问题，也可能是温度指示仪表出现问题。如果并非仪表故障，可以更换热电偶或补偿导线。故障分析时，可再次测量补偿导线及热电偶整机的总回路电阻，并将其与参考数据作比较。如果两者差距很大，则应分别测量热电偶和补偿导线的回路电阻，以找出哪一部分发生了变化。需注意，叠加的直流电压也会影响到指示温度和电阻测量。

8 绝缘电阻测量

8.1 总则

绝缘电阻试验仅适用于绝缘型热电偶。对于接地型热电偶整机，补偿导线的绝缘电阻应在与热电偶连接前测量。

8.2 安装前的热电偶整机

按照 GB/T 30429—2013 的试验方法，在室温下测量接插件插脚、接线板或引线与管壁之间的绝缘

电阻。将测得的绝缘电阻与供应商提交热电偶时进行验收试验得到的绝缘电阻相比较。本试验旨在确认防潮密封在贮存的过程中没有损坏或损毁。记录绝缘电阻的值作为后续试验的参考数据。

8.3 安装后的热电偶整机

热电偶安装之后就应在室温下测量绝缘电阻,比较安装前后的测量结果。在连接补偿导线之前,在接插件插脚或接线板处测量热电偶整机安装后的绝缘电阻。如有可能,测量热电极与套管之间的电阻。否则,如果套管接地,应测量热电极与公共参考地之间的电阻。绝缘电阻比最初测量值降低2个数量级($\times 10^{-2}$)或以上,则套管或者防潮密封可能在安装中损坏。如果热电偶整机安装后处于高温环境中,则由于温度关系,绝缘电阻也可能降低(见注)。比较一对热电偶整机安装前后的绝缘电阻值,以计算特定温度分布下绝缘电阻的下降值。

注:如果热电偶在高温(大于800℃)环境下,建议按照GB/T 30429—2013的试验方法来测量绝缘电阻,但测量电压建议不大于10V。

8.4 检测回路

8.4.1 补偿导线连接到热电偶整机,但不连接温度指示仪表,测量公共参考地与补偿导线和热电偶整机组合之间的绝缘电阻。试验电压不应超过补偿导线的绝缘强度额定值。对于接地型热电偶整机,补偿导线的绝缘电阻应在未连接热电偶或指示仪表时测量。

8.4.2 由于系统中包含补偿导线,因此绝缘电阻会降低;但是如果与8.3的测量结果相比,降低超过2个数量级,说明补偿导线可能出现部分短路,例如在不洁净或潮湿的接线端子处。或者当补偿导线穿过温度高于其绝缘层额定温度限值的区域时也会出现这种情况。使用者需注意使补偿导线避开温度接近其绝缘层额定温度限值或塞贝克匹配或补偿极限的区域(见3.1)。

8.4.3 工作过程中,如果温度示值变得不稳定,或者发生不明原因的变化,应重新测量绝缘电阻(按8.4.1的规定)。绝缘电阻降低两个数量级以上(与8.4.1的初始测量值相比)表明由于套管或防潮密封泄漏或者接线端子脏污或潮湿,温度测量不再可靠。

9 热电势测量

9.1 热电偶整机的极性和完整性测试

9.1.1 试验应在热电偶整机安装前进行。本试验旨在确定热电偶的插头和其他中间连接件极性正确,且热电偶整机中没有出现因制造或现场装配错误导致的明显的不均匀性。使用暖风机作为热源进行试验,暖风机吹出的暖风温度应低于可能导致受试系统各元件受损的温度。

9.1.2 将微伏计(或热电偶指示仪)的正极线接到热电偶接插件的正极插脚上,微伏计的负极线接到热电偶接插件的负极插脚上。使用暖风机加热热电偶整机测量端及相邻部位,但是不要加热热电偶接插件,同时观察或连续记录热电偶接插件插脚上的信号。应观察到信号增强。当加热测量端时信号减小,说明热电极和热电偶接插件的连接不正确。如果信号不变,则说明测量端和热电偶接插件之间某处热电极可能出现短路。

9.1.3 对测量端及其相邻部位进行遮挡和散热,使温度变化不大于 $0.017\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ($1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$)。用暖风机的暖风流吹扫热电偶接插件与达到热稳定的测量端(不包括这两个部分)之间的热电偶套管,同时观察或连续记录热电偶接插件处的温度或电压。本试验旨在检测热电偶测量端与接插件之间大空间内的总不均匀性。若观察到被试热电偶的信号变化相当于 $2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上温度变化时,意味着热电偶内可能有严重缺陷(例如不同材料的接合处或热电极短路)。

注:本试验可能无法检测出小空间内的较大不均匀性,使用者不要将本试验的结果与实际现场测量误差进行比较。本试验并不能检测塞贝克系数的空间非一致性,仅用于检测断裂,接线缺陷或其他类型的电路故障。

GB/T 34035—2017

9.2 安装后热电偶极性试验

9.2.1 本标准给出了两种试验方法。这两种试验都应在热电偶整机安装后,未连接补偿导线之前进行。本试验的目的是确认热电偶整机在安装过程中没有损坏,或者当使用接线板时,确认其极性正确。如果热电偶整机安装后,测量端与连接插脚或接线端有足够大的温差,可以产生稳定的测量信号,则可以使用第一种较为简单的试验方法。第二种试验方法需要对热电偶整机进行加热,只能用于热电偶整机安装后可接近的场合。

9.2.2 第一种方法(在安装后存在可测量的电压),将微伏计(或热电偶指示仪)的正极导线接到热电偶接插件的正极插脚上,微伏计的负极线接到热电偶接插件的负极插脚上,在热电偶插脚或接线板处测量热电偶整机处的电压。以下两种情况说明热电极与热电偶接插件插脚的极性连接正确:

- a) 当测量端所处的温度低于插脚或接线端时,测得电压为负值;
- b) 当测量端所处的温度高于连接插脚或接线端时,测得电压为正值。

记录未连接补偿导线前热电偶整机电压值大小和极性。

9.2.3 第二种方法(没有可以测量的电压),由于测量端和回路终端处在相同的温度中,不会有电压产生。使用暖风机逐步加热热电偶整机测量端区域,同时观察热电偶接插件插脚或接线板处的电压。可观察到信号增强。如果出现负电压则说明热电偶整机的导线与插脚或接线板的连接有误。如果加热不能对电压产生明显的影响则说明连接插头可能在安装中发生转动,使热电极在连接插头处短路。

9.3 检测回路极性试验

本标准给出了两种试验方法。两种方法都是在热电偶补偿导线安装之后进行。本试验的目的是确认补偿导线极性连接正确。本试验对于发现电路上多重极性反转至关重要,因为仅观察加热或冷却测量端产生的电压变化无法检测多重极性反转。如果补偿导线有颜色代码,应检查连接,以确保代码正确,符合 GB/T 4989—2013 的规定。

注:参见附录 A 热电偶补偿导线相关内容。

将补偿导线连接到热电偶整机上,在补偿导线与温度指示仪连接点处测量并记录电压的大小和极性。

第一种试验方法适用于安装后存在可测量电压的场合,除了将补偿导线连接到热电偶整机之外,其他与 9.2.2 的方法相同。将测得电压的极性与 9.2.2 中测得的极性作对比。在补偿导线与温度指示仪连接点处的电压极性发生变化意味着补偿导线与热电偶整机和温度指示仪表间某处端子的极性接错。需注意如果补偿导线的两端都出现极性反接,则本试验可能无法指示电压或其极性的变化。

第二种方法适用于没有可以测量电压的场合用暖风机加热热电偶整机和补偿导线的连接处,同时观察补偿导线与温度指示仪连接端处的电压。电压若变化说明补偿导线选型错误或极性接反。

一般来说,暖风机宜沿着热电偶整机和补偿导线毗邻(且包括)连接点的整个可接近长度进行加热。确认热电极与补偿导线的连接处或补偿导线中断或衔接处的极性。

如果发现热电偶或补偿导线极性接反,应将其连接到正确的极性上,而非简单的将温度指示仪的极性改变。虽然这样操作可以使温度指示仪显示正确的极性,但是会导入测量误差。

10 文件归档

如有需要,热电偶整机安装后的每次试验结果都应安装前的随机文件一同归档。

热电偶整机工作期间定期测量的数据也应记录在同一份档案中,作为热电偶整机状况的历史档案。

附 录 A**(资料性附录)****热电偶补偿导线附加信息**

用户需记住在热电偶使用过程中测量的是电压(而不是温度)。任何引入热电偶回路中的外来电压都会被转化成温度,从而导致温度示值出现误差。补偿导线虽然不属于热电偶,但却是整个测量系统的一部分,因此如果补偿导线材料不匹配或者安装极性错误,其产生的电压也会使温度测量产生较大误差。当使用校准过的热电偶进行高精度测量时,需特别注意,补偿导线在其工作温度范围内的热电特性应与热电偶的特性相匹配。

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
热 电 偶 现 场 试 验 方 法
GB/T 34035—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 16 千字
2017年7月第一版 2017年7月第一次印刷

*

书号: 155066·1-56172 定价 16.00 元



GB/T 34035—2017