

Fire Resistance Experimental Research on Plate Thermocouple and General Thermocouple

Qing Liu, Li Wang, Yi Shi

Institute of Building Fire Research, China Academy of Building Research, Beijing
Email: alecaza@163.com

Received: Feb. 12th, 2017; accepted: Mar. 4th, 2017; published: Mar. 7th, 2017

Abstract

According to the fire resistance test code at home and abroad, the point of nickel chromium nickel silicon thermocouple and the plate of nickel chromium nickel aluminum thermocouple were designed and made. In the same high-temperature test, two different kinds of thermocouples were used to measure the temperature of furnace and a series of data about the durability and accuracy under the same high-temperature environment was obtained.

Keywords

Plate Thermocouple, Point Thermocouple, Nickel Chromium Nickel Aluminum, Nickel Chromium Nickel Aluminum, Fire Resistance Test

板式热电偶与普通热电偶在耐火试验中的应用研究

刘庆, 王礼, 史毅

中国建筑科学研究院建筑防火研究所, 北京
Email: alecaza@163.com

收稿日期: 2017年2月12日; 录用日期: 2017年3月4日; 发布日期: 2017年3月7日

摘要

本文依照国内外建筑构件耐火设计规范, 设计了点式镍铬镍硅热电偶、板式镍铬镍铝热电偶。在相同高

温试验中, 两种热电偶分别按照各自的标准位置进行炉温的测量, 从而得出了两种热电偶, 在相同高温环境中的耐久性、准确性的一系列数据。

关键词

板式热电偶, 点式热电偶, 镍铬镍铝, 镍铬镍硅, 耐火试验

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

热电偶是温度测量仪表中常用的测温元件, 它直接测量温度, 并把温度信号转换成热电动势信号, 通过电气仪表(二次仪表)转换成被测介质的温度。

常用热电偶可分为标准热电偶和非标准热电偶两大类。所谓标准热电偶是指国家标准规定了其热电势与温度的关系、允许误差、并有统一的标准分度表的热电偶, 它有与其配套的显示仪表可供选用。非标准化热电偶在使用范围或数量级上均不及标准化热电偶, 一般也没有统一的分度表, 主要用于某些特殊场合的测量。在中国标准化热电偶从 1988 年 1 月 1 日起, 热电偶和热电阻全部按 IEC 国际标准生产, 并指定 S、B、E、K、R、J、T 七种标准化热电偶为中国统一设计型热电偶。

随着国内实验室试验能力越来越强, 与国际接轨的速度与日俱增, 越来越多的国际标准试验可以在国内实验室中进行, 而国外标准中(ISO、EN 标准), 对于热电偶有自己地域的独特要求。为了满足国外标准要求, 同时也为了比较国内热电偶与国外热电偶在敏感度、耐久性、精确度等方面的差异, 本课题孕育而生。

2. 建筑构件耐火试验中热电偶使用状况及分度表

2.1. 国外使用状况

ISO、EN 中, 明确炉内采用镍铬镍铝板式热电偶[1][2]。BS 标准中, 明确炉内热电偶采用镍铬镍硅点式热电偶[3]。

2.2. 国内使用状况

GB 标准中, 明确炉内热电偶采用镍铬镍硅点式热电偶[4]。

2.3. 热电偶分度表

我国已经基本上用镍铬镍硅热电偶取代了镍铬镍铝热电偶。国外仍然使用镍铬镍铝热电偶。两种热电偶的化学成分虽然不同, 但其热电特性相同, 使用同一分度表。下列多项式为温度与电压值之间的对应关系, 表 1 为耐火试验中典型温度与电压值之间的对应关系[5][6]。

镍铬镍铝的分度表是由下列多项式算出的:

1) $-270^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}$

$$E = \sum_{i=1}^n a_i (t_{90})^i \mu\text{V}$$

Table 1. The Relationship between Electromotive Force and the Temperature of Type K Thermocouple (Nickel Chromium/Nickel Aluminum) in the Test**表 1.** 试验中典型 K 型(镍铬/镍铝)电动势温度关系

$t_{90}/^{\circ}\text{C}$	$E/\mu\text{V}$
0	0
30	1203
60	2436
90	3682
120	4920

试中: $a_1 = 3.9450128025 \times 10$

$$a_2 = 2.3622373598 \times 10^{-2}$$

$$a_3 = -3.2858906784 \times 10^{-4}$$

$$a_4 = -4.9904828777 \times 10^{-6}$$

$$a_5 = -6.7509059173 \times 10^{-8}$$

$$a_6 = -5.7410327428 \times 10^{-10}$$

$$a_7 = -3.1088872894 \times 10^{-12}$$

$$a_8 = -1.0451609365 \times 10^{-14}$$

$$a_9 = -1.9889266878 \times 10^{-17}$$

$$a_{10} = -1.6322697486 \times 10^{-20}$$

$$2) 0 \quad ^{\circ}\text{C} \sim 1372^{\circ}\text{C}$$

$$E = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i (t_{90})^i + c_0 \exp \left[c_1 (t_{90} - 126.9686)^2 \right] \mu\text{V}$$

试中: $b_0 = -1.7600413686 \times 10$

$$b_1 = 3.8921204975 \times 10$$

$$b_2 = 1.8558770032 \times 10^{-2}$$

$$b_3 = -9.9457592874 \times 10^{-5}$$

$$b_4 = 3.1840945719 \times 10^{-7}$$

$$b_5 = -5.6072844889 \times 10^{-10}$$

$$b_6 = 5.6075059059 \times 10^{-13}$$

$$b_7 = -3.2020720003 \times 10^{-16}$$

$$b_8 = 9.7151147152 \times 10^{-20}$$

$$b_9 = -1.2104721275 \times 10^{-23}$$

$$c_0 = 1.185976 \times 10^2$$

$$c_1 = -1.183432 \times 10^{-4}$$

3. 耐火试验

3.1. 热电偶准备

3.1.1. 板式热电偶

严格按照 BS EN 规范中的热电偶要求制作, 炉内热电偶应采用平板测温仪, 这种测温仪由折叠钢板,

固定在钢板上的热电偶装及填装在板中间的耐热材料组成。平板为 (150 ± 1) mm 长, (100 ± 1) mm 宽, (0.7 ± 1) mm 厚, 镍合金薄板折成。

3.2.2. 点式热电偶

点式热电偶严格按照 GB 要求进行制作[5], 炉内热电偶采用符合 GB/T 16839.1 规定的丝径为 0.75 mm~2.30 mm 的镍铬-镍硅(K 型)热电偶[6], 外罩耐热不锈钢套管, 中间填装耐热材料, 其热端伸出套管的长度不少于 25 mm。

3.2. 试验设备

3.2.1. 两种类型热电偶的安装

严格按照 EN 规范中的热电偶要求制作热电偶的位置不应受燃烧器火焰的直接冲击, 并且距离户内所有侧墙、底面和顶部不应小于 450 mm。试验开始时平板测温仪应该距离待测结构的背火面 (100 ± 50) mm, 并且在试验过程中必须尽可能的保持这个距离。固定的方式要确保在耐火试验期间平板测温仪不移动或脱落, 安装图示如图 1 所示。

3.3. 试验方案

3.3.1. 升温方案

本系列试验采用的升温曲线为 ISO 标准时间—温度曲线(如图 2 所示), 此曲线的实质是提供一个能合理代表火灾发生条件的标准试验环境条件, 在该试验环境条件下, 可以比较建筑结构中具有代表性的不同构件的耐火性能。

3.3.2. 试验对象

本系列试验主要针对 ISO、BS、EN 标准进行的电梯耐火层门、防火玻璃、防火隔墙等等。

3.4. 试验结果

3.4.1. 试验对象统计

从课题立项至今, 根据 ISO 标准进行了 5 次试验, 历经 7 小时; 根据 BS 标准进行了 16 次试验, 历经 22 小时; 根据 EN 标准进行了 49 次试验, 历经 67 小时。

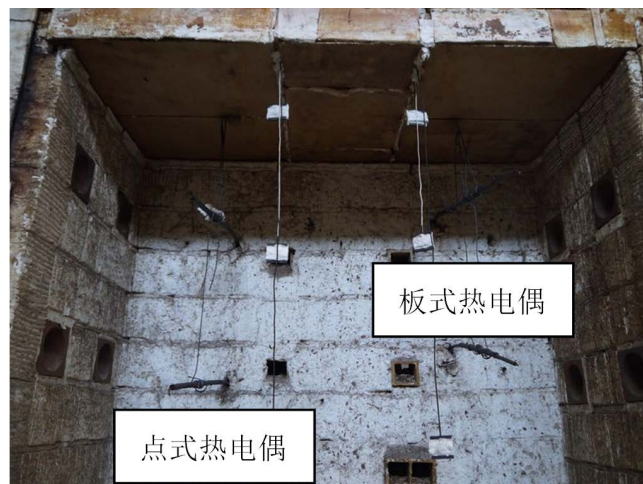


Figure 1. Two types of Furnace Thermocouples
图 1. 两种类型炉内热电偶

3.4.2. 试验结果分析

(1) 点式热电偶测量平均炉温、板式热电偶测量平均炉温及标准升温曲线炉温对比

图 3 为点式热电偶炉温、板式热电偶炉温及标准升温曲线图示。

从大量试验可以得出：板式热电偶平均炉温和点式热电偶平均炉温与标准升温曲线之间温差在 $\pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 满足炉温精度要求，均可以作为炉温热电偶使用。

(2) 各个点式热电偶测量炉温、各个板式热电偶测量炉温及标准升温曲线炉温对比

图 4、图 5 为各个点式热电偶炉温、各个板式热电偶炉温及标准升温曲线图示。

从大量试验可以得出：各个板式热电偶和点式热电偶均满足炉温精度要求。在稳定性方面，板式热电偶要好于点式热电偶。

(3) 相近位置处，点式热电偶与板式热电偶数据对比

图 6、图 7、图 8 为相近位置处，板式热电偶与点式热电偶数据对比。

从大量试验可以得出：相近处，点式热电偶与板式热电偶温度相近，基本不受热电偶类型影响。

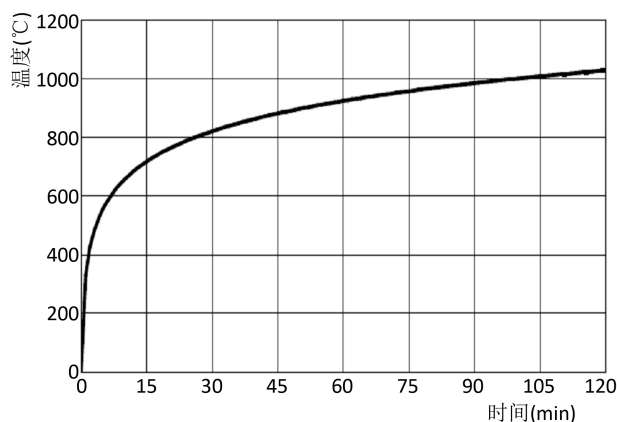


Figure 2. ISO Standard Temperature/Time Curve

图 2. ISO 标准时间—温度曲线

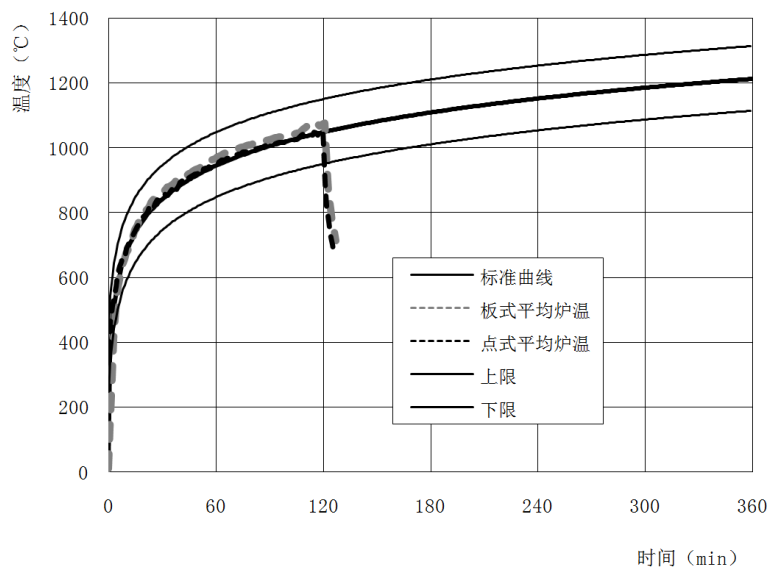


Figure 3. Point Mean Furnace Temperature, Plate Mean Furnace Temperature and Standard Temperature/Time Curve

图 3. 点式热电偶平均炉温、板式热电偶平均炉温及标准升温曲线

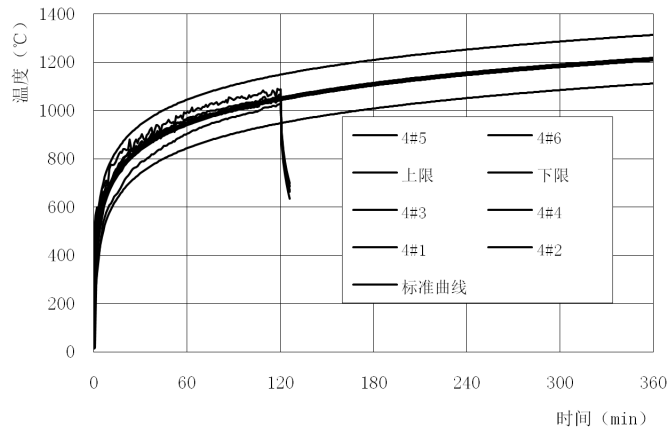


Figure 4. Each Point Mean Furnace Temperature and Standard Temperature/Time Curve

图 4. 各个点式热电偶及标准升温曲线

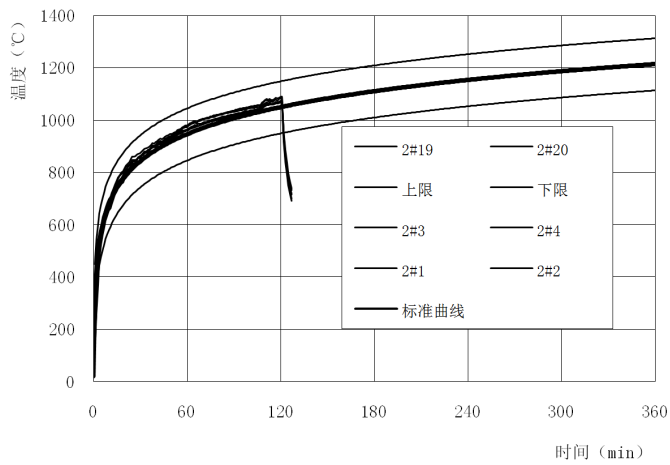


Figure 5. Each Plate Mean Furnace Temperature and Standard Temperature/Time Curve

图 5. 各个板式热电偶及标准升温曲线

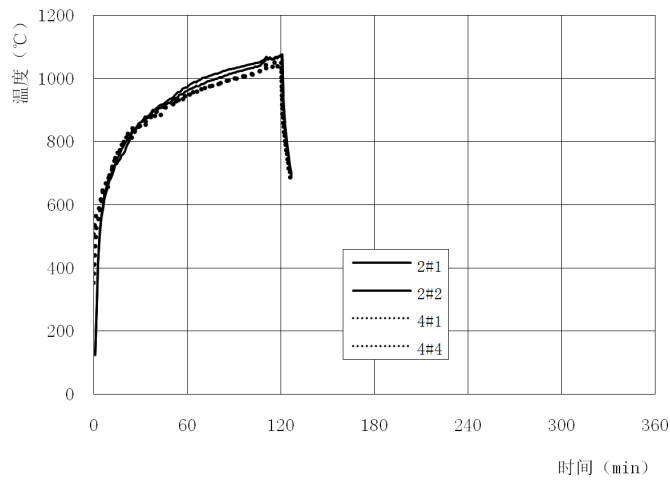


Figure 6. Point Furnace Temperature and Plate Furnace Temperature/Time Curve at the Similar Position

图 6. 相近位置板式热电偶、点式热电偶升温曲线

(4) 相同位置处不同材质板式热电偶对比

图 9、图 10 为相近位置处，不同材质板式热电偶数据对比。

从大量试验可以得出：相近位置处，不同保护措施的板式热电偶温度相近，不同类型的板式热电偶温度相近。

4. 结论

从大量的试验数据可以得知：

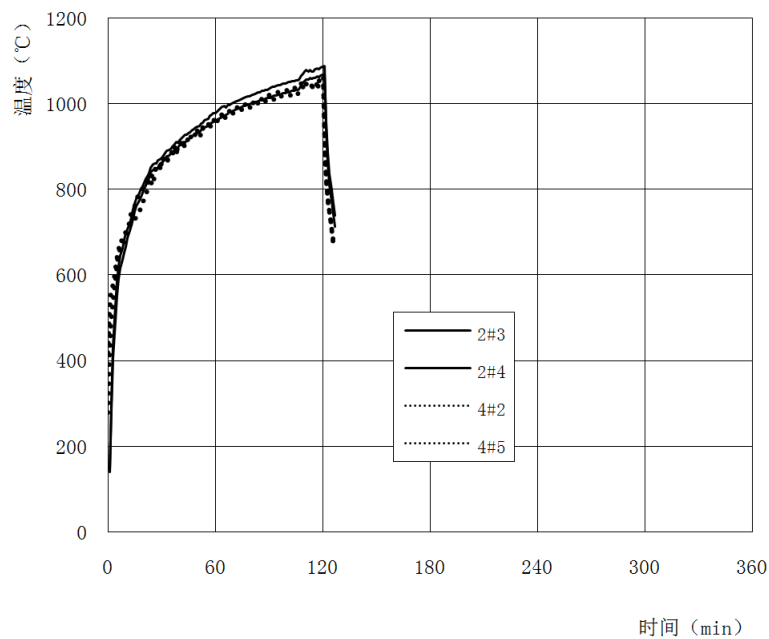


Figure 7. Point Furnace Temperature and Plate Furnace Temperature/Time Curve at the Similar Location

图 7. 相近位置板式热电偶、点式热电偶升温曲线

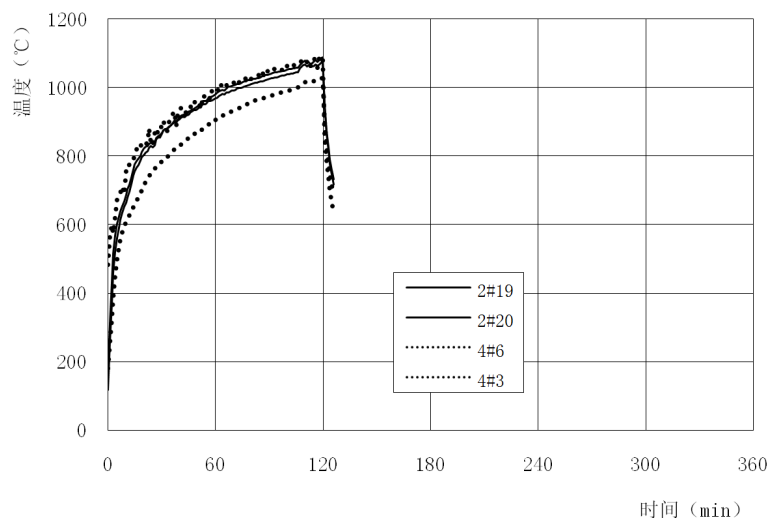


Figure 8. Point Furnace Temperature and Plate Furnace Temperature/Time Curve at the Similar Location

图 8. 相近位置板式热电偶、点式热电偶升温曲线

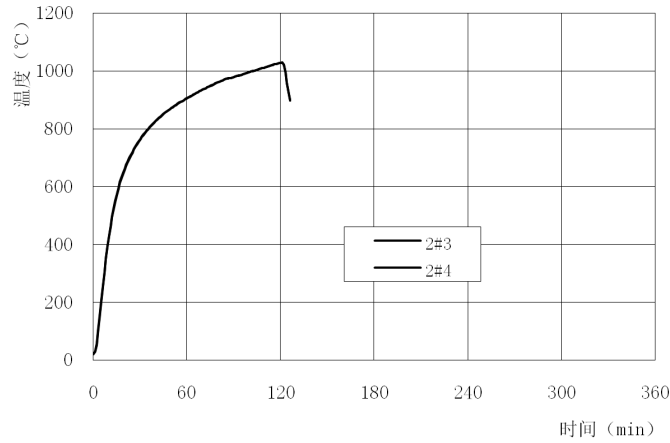


Figure 9. Armor Plate Furnace Temperature and Ceramics Plate Furnace Temperature/Time Curve at the Similar Location
图 9. 相近位置处铠装板式热电偶与陶瓷板式热电偶升温曲线

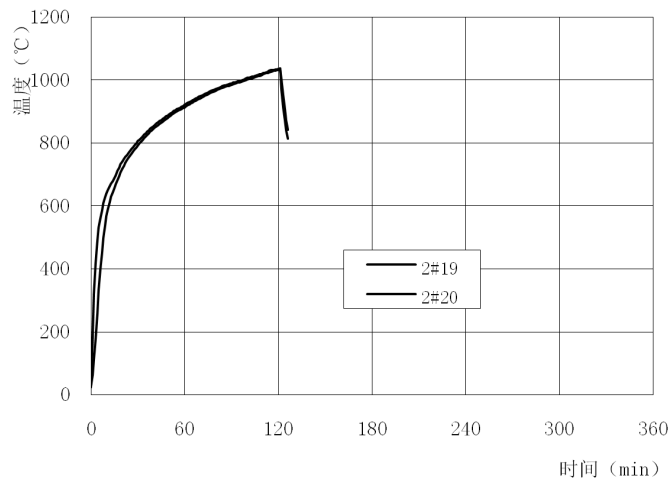


Figure 10. Armor Plate Furnace Temperature and Imported Silica Plate Furnace Temperature/Time Curve at the Similar Location
图 10. 相近位置处铠装板式热电偶与进口二氧化硅板式热电偶升温曲线

- (1) 板式热电偶与点式热电偶均满足建筑构件耐火规范对炉温精度的要求,均可以作为炉温热电偶使用;
- (2) 板式热电偶在试验初期,对温度敏感度要低于点式热电偶,但是整体的稳定性要高于点式热电偶;
- (3) 相近位置处,热电偶受材质、类型及保护措施的影响不大,基本可以忽略。

基金项目

中国建筑科学研究院青年基金《板式热电偶与普通热电偶在耐火试验中的应用研究》。

参考文献 (References)

- [1] Fire-Resistance Tests, Elements of Building Construction, Part 1: General Requirements, 1999.
- [2] Fire Resistance Tests, Part 1: General Requirements, 1999.
- [3] Fire Tests on Building Materials and Structures, 1999.

-
- [4] 建筑构件耐火试验方法, 第 1 部分: 通用要求, 2008.
 - [5] 热电偶, 第一部分: 分度表, 2007.
 - [6] Thermocouples. Part 1: Reference Table, 1995.

期刊投稿者将享受如下服务:

- 1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
- 2. 为您匹配最合适的期刊
- 3. 24 小时以内解答您的所有疑问
- 4. 友好的在线投稿界面
- 5. 专业的同行评审
- 6. 知网检索
- 7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: jsst@hanspub.org