

ICS 25.180.10

K 61

备案号: 53709—2016

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 2379—2016

代替 JB/T 2379—1993

金属管状电热元件

Metallic tube type electroheating elements

2016-01-15 发布

2016-06-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 产品分类..... 3

 4.1 品种和规格..... 3

 4.2 型号..... 4

 4.3 主要参数..... 4

5 技术要求..... 5

 5.1 设计要求..... 5

 5.2 制造要求..... 8

 5.3 性能要求..... 9

6 试验方法..... 10

 6.1 一般要求..... 10

 6.2 引出棒拉力试验..... 10

 6.3 密封试验..... 10

 6.4 X 光检查..... 11

 6.5 升温时间测量..... 11

 6.6 额定功率测量..... 12

 6.7 泄漏电流测量..... 12

 6.8 绝缘电阻测量..... 13

 6.9 绝缘耐压试验..... 13

 6.10 通断电试验..... 14

 6.11 过载试验..... 14

 6.12 耐热性试验..... 14

7 检验规则..... 15

 7.1 验收型式..... 15

 7.2 出厂检验..... 15

 7.3 型式检验..... 15

 7.4 其他..... 16

8 标志、包装、运输和储存..... 16

9 订货和供货..... 17

 9.1 订购文件..... 17

 9.2 特殊要求..... 17

 9.3 供货依据..... 17

 9.4 技术保证..... 17

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JB/T 2379—1993《金属管状电热元件》，与 JB/T 2379—1993 相比主要技术变化如下：

- 对标准的适用范围进行了补充；
- 补充增加了规范性引用文件；
- 对元件金属管常用材料进行了补充；
- 对元件常用金属管在不同介质中允许使用的最高表面负荷进行了补充；
- 增加了不同工作温度下绝缘填充材料；
- 补充了对于两端引出带有螺旋散热翅的元件的制造要求；
- 增加了元件使用寿命的要求；
- 补充了用于加热液体、接头安装在液面以下的元件的水压试验要求；
- 补充了型式检验工作内容。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国工业电热设备标准化技术委员会（SAC/TC121）归口。

本标准起草单位：镇江东方电热科技股份有限公司、西安电炉研究所有限公司、江苏大唐电器制造有限公司、国家电炉质量监督检验中心、中冶电炉工程技术中心、陕西省电炉工程技术研究中心。

本标准主要起草人：张淑蓉、谭克、唐伟、黄奎刚、谭伟、朱琳。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB/T 2379—1978、JB/T 2379—1993。

金属管状电热元件

1 范围

本标准规定了金属管状电热元件（以下简称元件）的术语和定义、产品分类、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存、订购和供货。

本标准适用于以金属管作为外壳的金属管状电热元件。

本标准不适用于日用和类似用途的管状电热元件。

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 2900.23—2008 电工术语 工业电热装置

GB 5959.1—2005 电热装置的安全 第1部分：通用要求

GB/T 10066.1—2004 电热设备的试验方法 第1部分：通用部分

GB/T 10067.1—2005 电热装置基本技术条件 第1部分：通用部分

3 术语和定义

GB/T 2900.23—2008、GB/T 10066.1—2004 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

金属管状电热元件 metallic tube type electroheating elements

以金属管作为外壳，合金电热丝作为发热体，在一端或两端具有引出棒（线），在金属管内填装密实的氧化镁粉绝缘介质以固定发热体的电热元件。

3.2

引出棒（线） lead

与发热体连接，供元件与电源、元件与元件连接用的金属导电零件。

3.3

展开长度 stretching length

L

元件图样上金属管的直线与弯曲部分长度的总和，单位为毫米（mm）。

3.4

发热长度 thermal length

t

元件图样上布置发热体发热工作部分的长度，单位为毫米（mm）。

3.5

发热表面积 thermal surface

发热长度上金属管表面积，单位为平方厘米（cm²）。

3.6

表面负荷 surface load

发热表面上单位面积的功率，单位为瓦每平方厘米（W/cm²）。

3.7

充分发热条件 sufficient thermal condition

使元件达到规定工作状态的工作条件。

3.8

额定电压 rated voltage

在设计时规定并在元件外壳上标出的接在元件上的电压，单位为伏（V）。

3.9

额定功率 rated power

在设计时规定并在元件外壳上标出的元件输入功率，单位为瓦（W）。

3.10

工作电压 operating voltage

对单支接入电源的元件，指设计时规定的接在元件上的电压，即额定电压，单位为伏（V）。

注：对多支串接到电源的一组元件，是指设计时规定的接在这组元件上的电压。

3.11

工作温度 operating temperature

在额定功率和充分发热条件下，元件发热表面的平均温度，单位为摄氏度（℃）。

3.12

最高温度 max temperature

在 1.27 倍的额定功率和充分发热条件下，元件发热长度上最高温度点的温度，单位为摄氏度（℃）。

3.13

模拟条件 simulated condition

在本标准各条款规定的状态下，采取措施使元件的工作温度与规定值基本相符的工作条件。

3.14

允许修复 permitted repair

对元件的引出棒损坏、金属表面涂层损坏、绝缘子破损和密封失效进行的修复，且修复后不影响元件的性能和正常使用。

3.15

恢复 recover

由于使用和长期存放等原因，元件的电气绝缘性能低于标准值，通过烘箱干燥等方法，使元件的电气绝缘性能恢复到标准值，且不影响元件的性能和正常使用的过程。

3.16

损坏 damage

元件的物化性能发生改变，不能达到使用要求的状态。

元件有下列情况之一即被视为损坏：

- 元件耐电压低于标准值、泄漏电流值大于 5 mA 或绝缘电阻值低于 1 MΩ 又不可恢复；
- 外壳有火焰发射及熔融物、表面严重腐蚀或其他不允许修复的；
- 元件的实际功率比额定功率超差 ±10%；
- 元件的形状发生严重改变，导致绝缘层厚度明显不均匀，经测量绝缘性能明显降低，不符合本标准的规定的。

4 产品分类

4.1 品种和规格

4.1.1 元件按基本结构分为以下四个规格：

a) 两端引出的元件，结构代号 A，其尺寸代号和名称应与图 1 相符。



说明：

- | | |
|---------------|-------------------------------|
| 1——引出棒； | L ——元件的展开长度； |
| 2——端部绝缘密封料； | ϕ ——元件的外径； |
| 3——合金电热丝； | δ ——元件的壁厚； |
| 4——绝缘填充料氧化镁粉； | L_{d1}, L_{d2} ——引出棒管内部分长度。 |
| 5——金属管； | |

图 1

b) 两端引出、其中一端接外壳的元件，结构代号 B，其尺寸代号和名称应与图 2 相符。



注：图中各符号与序号所代表含义同图 1。

图 2

c) 一端引出、引出棒并行的元件，结构代号 C，其尺寸代号和名称应与图 3 相符。



注：图中各符号与序号所代表含义同图 1。

图 3

d) 一端引出、引出棒同轴的元件，结构代号 D，其尺寸代号和名称应与图 4 相符。



注：L_{d3} 为尾部不发热长度，6 为金属堵头，其他符号与序号所代表含义同图 1。

图 4

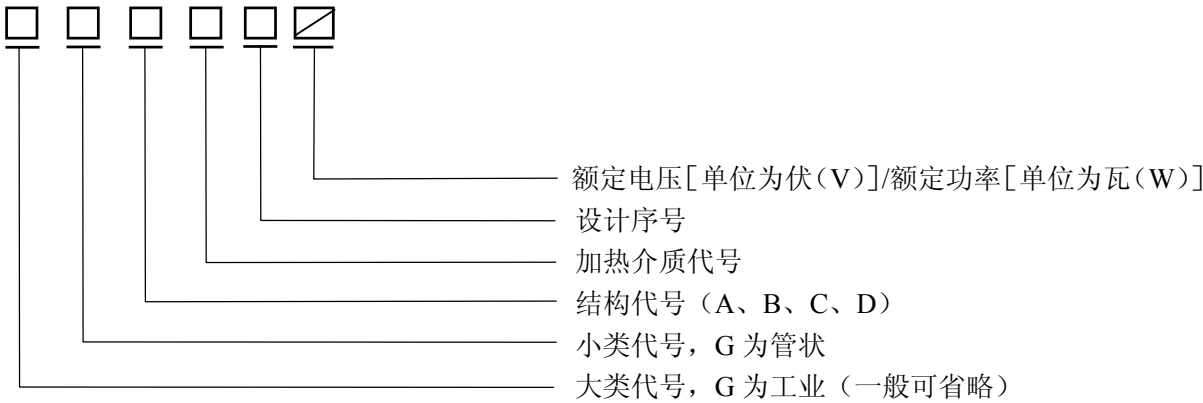
4.1.2 元件按其与被加热介质配合情况可分为：

- a) 普通元件：主要用于气体、液体加热的元件；
- b) 嵌装元件：主要用于金属固体的加热以及对外径尺寸偏差有一定要求的元件。

4.1.3 各个品种的元件按外径尺寸分为多个规格。外径尺寸 [直径 ϕ ，单位为毫米 (mm)] 应在下列规格中选择：22、20、18、16、14、12、10、8.5、8、6.5。

4.2 型号

元件的型号及其所代表的含义规定如下：



4.3 主要参数

元件的主要参数如下：

- a) 电源电压，单位为伏 (V)；
- b) 电源频率，单位为赫 (Hz)；
- c) 额定电压，单位为伏 (V)；
- d) 额定功率，单位为瓦 (W)；
- e) 工作温度，单位为摄氏度 (℃)；
- f) 外径，单位为毫米 (mm)；
- g) 展开长度，单位为毫米 (mm)；
- h) 外形尺寸，单位为毫米 (mm)；
- i) 质量，单位为千克 (kg)。

5 技术要求

5.1 设计要求

5.1.1 一般要求

元件的设计应按 GB/T 10067.1—2005 中 5.1 的规定。

5.1.2 设计标准

对在真空中或绝对压力超过 1 MPa 的介质中使用及有特殊要求的元件，除应符合本标准外，还应符合具体的产品标准的规定。

对于工作电压超过 440 V 的金属管状电热元件，除应符合本标准外，还应符合 GB 5959.1—2005 的规定。

对单位制、电源电压、电源频率等有特殊要求时，可按本标准中 9.2 的要求提出。

5.1.3 环境条件

元件的使用应同时满足以下环境条件：

- a) 海拔不超过 1 000 m；
- b) 周围环境温度 $-20^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 周围空气相对湿度不大于 90%（环境温度为 25°C 时）；
- d) 周围无导电尘埃、爆炸性气体及能严重损坏金属和绝缘材料的腐蚀性气体；
- e) 没有明显的冲击与震动。

用户若有特殊要求，可按 9.2 的要求提出。

5.1.4 安全与卫生

用于可燃性气氛中加热的元件，在设计时应考虑避免发生爆炸事故。

用于压力介质中加热的元件，在设计时应考虑避免金属管、焊缝、密封件损坏造成泄压事故。

用于有毒有害介质中加热的元件，在设计时应考虑避免金属管、焊缝、密封件损坏造成有毒有害介质泄漏事故。

与食品和饮食用具接触的元件的外壳或涂层不应产生对人体饮食有害的各类风险，应采取可靠、有效的方式进行保护。对可能的有害物质的限量要求在具体的产品标准中规定。

5.1.5 材料

制造元件用的材料应根据其使用要求合理选择，应考虑工况条件，且应符合其质量标准的规定。

元件金属管常用材料及其允许的介质特性和最高工作温度见表 1。

元件金属管常用材料在常用介质中允许的最高的表面负荷应符合表 2 的规定。

应根据元件的工作温度选择绝缘填充材料。工作温度 $T \leq 400^{\circ}\text{C}$ 时，填充低温氧化镁粉；工作温度 $400^{\circ}\text{C} < T \leq 600^{\circ}\text{C}$ 时，填充中温氧化镁粉；工作温度 $600^{\circ}\text{C} < T \leq 850^{\circ}\text{C}$ 时，填充高温氧化镁粉。对最高温度高于 450°C 或在其加工中可能遇到的温度超过 450°C 的元件，不得使用黄铜引出棒。

5.1.6 结构

5.1.6.1 元件在设计时应考虑热膨胀、烧蚀、氧化、蠕变等影响，以免在正常工作中因变形等产生故障。

表 1

工况条件		材料及其牌号	备 注
加热介质及特性	允许的最高温度 T ℃		
空气	175	铜 T4	
	400	碳钢 10	
	550	不锈钢 06Cr18Ni10 (304)	
	700	不锈钢 06Cr18Ni10Ti (321)	
	850	不锈钢 06Cr18Ni10Ti (321) 不锈钢 06Cr25Ni20 (310S) 合金 IncoLoy840	
水、水蒸气或 低腐蚀性的潮湿介质	550	不锈钢 06Cr18Ni10Ti (321)	
有一定腐蚀性的水、水蒸气 或潮湿介质	400	不锈钢 06Cr17Ni12Mo2 (316)	
有相当腐蚀性的水、水蒸气 或潮湿介质	400	不锈钢 022Cr17Ni14Mo2 (316L)	如船用水电加热器
较强腐蚀性介质	750	不锈钢 06Cr25Ni20 (310S) 合金 IncoLoy840	
	850	合金 IncoLoy800	
强腐蚀性介质	750	合金 IncoLoy800 合金 IncoLoy800H	
	850 或短时间小于950	合金 Incone1600; UNS No6600; HastelloyC276	HastelloyC276 合金的加 工性能差
注: () 内为美国钢材牌号。			

表 2

加热介质及其代号	表面负荷 W/cm^2	金属管材料及其牌号
静止空气 Q	2	碳钢 10
	5	不锈钢: 06Cr18Ni10 (304); 06Cr18Ni10Ti (321); 06Cr17Ni12Mo2 (316); 022Cr17Ni14Mo2 (316L)
	7.5	不锈钢: 06Cr25Ni20 (310S); 合金: IncoLoy840
	10	合金: IncoLoy800; IncoLoy800H; Inconel 600
流动空气 L 流速 ≥ 6 m/s	2.5	碳钢 10
	5.5	不锈钢: 06Cr18Ni10 (304); 06Cr18Ni10Ti (321); 06Cr17Ni12Mo2 (316); 022Cr17Ni14Mo2 (316L)
	8	不锈钢: 06Cr25Ni20 (310S); 合金: IncoLoy840
	11	合金: IncoLoy800; IncoLoy800H; Inconel 600
水, 弱酸、弱碱溶液的煮沸 S	7	铜 T4
	9	碳钢 10

表 2 (续)

加热介质及其代号		表面负荷 W/cm ²	金属管材料及其牌号
水, 弱酸、弱碱溶液的煮沸 S		11	不锈钢: 06Cr18Ni10 (304); 06Cr18Ni10Ti (321); 06Cr17Ni12Mo2 (316); 022Cr17Ni14Mo2 (316L)
		13	不锈钢: 06Cr25Ni20 (310S); 合金: IncoLoy840
		15	合金: IncoLoy800; IncoLoy800H; Inconel 600
食物油、润滑油、 液压油 Y	静止	0.7	碳钢 10;
	流动	1.5	不锈钢: 06Cr18Ni10 (304); 06Cr18Ni10Ti (321); 06Cr17Ni12Mo2 (316); 022Cr17Ni14Mo2 (316L)
	流动的导热油	2.5	不锈钢 06Cr18Ni10Ti (321)
燃料油 R		4	不锈钢: 06Cr18Ni10Ti (321); 06Cr17Ni12Mo2 (316); 022Cr17Ni14Mo2 (316L)
元件被浇铸、嵌装、压制在铝、铜、 钢等材料中 M		13	碳钢 10; 不锈钢: 06Cr18Ni10 (304); 06Cr18Ni10Ti (321); 022Cr17Ni14Mo2 (316L)
高压、中高工作温度的水 A		2.5 (高温时为2.0)	不锈钢: 06Cr18Ni10Ti (321); 06Cr25Ni20 (310S); 合金: IncoLoy840
		3 (高温时为2.5)	合金: IncoLoy800; IncoLoy800H; Inconel 600
注: () 内为美国钢材牌号。			

5.1.6.2 元件内部结构的设计应保证制造元件所选用的材料在最高温度或在其加工中可能遇到的最高温度情况下不被损坏, 仍能可靠地工作。

5.1.6.3 元件焊接结构的设计应符合有关标准, 受压元件的焊缝特别是容器内的部分, 应尽量少, 焊接的设置应便于检查。

5.1.6.4 承受压力的元件外壳及其附件的设计必须符合有关的标准。

5.1.6.5 对于两端引出带有螺旋散热翅的元件, 螺旋散热翅在轴向长度上应完全覆盖元件的发热长度, 螺旋散热翅内径与元件的金属管外径配制, 两端点焊连接于金属管壁上。

5.1.6.6 元件 (包括端部) 必须是密封的。

注: 若有协议, 端部可采用临时密封措施或不密封, 且端部的密封性能不考虑。

5.1.6.7 用于侵蚀性介质加热的元件必须采用耐蚀的金属管或有保护套, 以保证元件的工作寿命。

5.1.6.8 外壳为普通钢材或性能优于普通钢材的其他合金材料时, 其壁厚应不小于 0.35 mm, 外壳为铜或铜合金等材料时, 则必须具有相应的机械强度, 使其能适应恶劣的工作环境。

5.1.6.9 元件的弯曲半径应不小于管径的 2.5 倍。

5.1.6.10 元件的弯曲形状必须保证引出棒的内端处于管子的直线部分, 并且与弯曲起点的距离应不小于 10 mm。

5.1.6.11 元件中电位差大于 40 V 的两载流部分间以及载流部分与外壳间的间隙和绝缘填充物的厚度应不小于 1 mm。外露引出棒与外壳的距离应不小于 1 mm。

注: 若有协议, 上述间隙和距离可小于 1 mm, 但需加强设计、精心制造以保证性能及可靠性。

5.1.6.12 元件引出棒管内长度应不小于表 3 的规定。

5.1.6.13 元件引出棒的截面积应不小于电热丝截面积的 7 倍。

表 3

单位为毫米

引出棒外径 ϕ	金属管外径									
	6.5	8	8.5	10	12	14	16	18	20	22
$2 \leq \phi \leq 3$	20	25		30						
$3 < \phi \leq 4$	20	25		30	35	40				
$4 < \phi \leq 5$				30	35	40		50	60	
$5 < \phi \leq 6$							50		60	80
$\phi > 6$										80

5.2 制造要求

5.2.1 元件应按符合本标准设计要求的图样加工制造，并满足产品标准和有关技术文件的要求。

5.2.2 元件的焊接应符合有关标准的规定，只有在设计规定的地方才允许采用熔化焊、硬钎焊、软钎焊，但这些工艺不允许用于修补有缺陷的元件。

5.2.3 引出棒应能承受历时 3 min 的拉力试验，而不发生位移和断裂现象，试验拉力为引出棒抗拉拉力的 70%，但不大于 1 000 N。

5.2.4 用于加热液体、接头安装在液面以下的元件，应能承受 0.5 MPa、历时 5 min 的静水压力试验而无渗漏。承压 0.1 MPa 以上的元件，必须进行保压 30 min 的水压试验，应无任何渗漏、无目视可辨别的或影响性能的变形，试验压力应大于或等于设计压力的 1.25 倍，且不低于 0.5 MPa。

5.2.5 元件的金属管不得有明显的机械伤痕或局部膨胀，弯曲处不得有皱纹、凹凸等现象。

5.2.6 涂漆层、电镀层、金属或非金属喷涂镀层、渗铝层应均匀牢固，不应有气泡、剥落或局部堆积等现象。

5.2.7 元件的外径尺寸偏差应不超过表 4 规定的范围。

表 4

单位为毫米

类别	外 径									
	6.5	8	8.5	10	12	14	16	18	20	22
普通型	± 0.3						± 0.5			
嵌装型	± 0.18			± 0.215				± 0.26		

5.2.8 元件展开长度偏差应不超过表 5 规定的范围。

表 5

单位为毫米

展开长度 L	偏 差
$L < 1\,000$	± 5
$L \geq 1\,000$	± 10

5.2.9 引出棒外露长度偏差应不超过 $\pm_2^5$ mm。

5.2.10 弯曲成型后元件的安装尺寸及一些需要考核的几何尺寸偏差应不超过表 6 规定的范围。

表 6

单位为毫米

基本尺寸 L	偏 差
$L < 500$	± 3
$500 \leq L < 1\,000$	± 5
$L \geq 1\,000$	± 10

- 5.2.11 管内引出棒长度 L_{d1} 、 L_{d2} 偏差应不超过 $\pm 2\%$ 或 ± 5 mm。
 5.2.12 尾部不发热长度 L_{d3} 偏差应不超过 ± 5 mm。
 5.2.13 单端引出元件的发热长度偏差应不超过 $\pm 5\%$ 或 ± 20 mm。
 5.2.14 发热体应沿管子轴线方向均匀布置, 单位长度的电热丝圈数偏差应不超过 15%。
 5.2.15 对发热体有特殊要求时, 可按 9.2 的要求提出。

5.3 性能要求

5.3.1 升温时间

在试验电压下, 元件从环境温度升至试验温度的时间应不大于 15 min。

5.3.2 额定功率偏差

在充分发热条件下, 元件的额定功率的偏差 ε 应不超过下列规定的范围:

- a) 对额定功率小于或等于 100 W 的元件为: $\varepsilon \leq \pm 8\%$;
 b) 对额定功率大于 100 W 的元件为: $-8\% \leq \varepsilon \leq 4\%$ 。

5.3.3 泄漏电流

冷态泄漏电流以及水压和密封试验后泄漏电流应不超过 0.5 mA。工作温度下热态泄漏电流应不超过公式 (1) 的计算值, 且不超过 5 mA。

$$I = \frac{1}{6} t T \times 10^{-5} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

I ——热态泄漏电流, 单位为毫安 (mA);

t ——发热长度, 单位为毫米 (mm);

T ——工作温度, 单位为摄氏度 ($^{\circ}\text{C}$)。

当多个元件串接到电源中时, 应以这一组元件为整体进行泄漏电流试验。

5.3.4 绝缘电阻

出厂检验时冷态绝缘电阻值应不低于 50 M Ω 。密封试验后、长期存放或使用后的绝缘电阻值应不低于 1 M Ω 。工作温度下热态绝缘电阻值应不低于公式 (2) 的计算值, 且不低于 1 M Ω 。

$$R = \frac{10 - 0.01T}{t} \times 10^3 \dots\dots\dots (2)$$

式中:

R ——热态绝缘电阻值, 单位为兆欧 (M Ω)。

5.3.5 绝缘耐压强度

元件应在 6.9 规定的试验条件及供货合同约定的试验电压下保持 1 min, 而无闪络和击穿现象。

5.3.6 经受通断电的能力

元件应在 6.10 规定的试验条件下经历 2 000 次通断电试验, 而不发生损坏。

5.3.7 过载能力

元件应在 6.11 规定的试验条件和输入功率下承受 30 次循环过载试验, 而不发生损坏。

5.3.8 耐热性

元件应在 6.12 规定的试验条件和输入电压下承受 1 000 次循环耐热试验，而不发生损坏。

5.3.9 使用寿命

元件在额定电压、额定功率下工作，使用寿命不得低于 3 000 h。

6 试验方法

6.1 一般要求

6.1.1 本试验应满足 GB/T 10066.1—2004 的规定。

6.1.2 元件的通电试验应在下列条件下进行：

- a) 环境温度为 $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ，无风，无强烈热辐射，相对湿度不大于 85%；
- b) 电源电压偏差不得超过 $\pm 1\%$ ；
- c) 元件处于充分发热条件或模拟条件下。

6.1.3 两端引出其中一端接外壳的元件的泄漏电流测量、绝缘电阻测量和绝缘耐压试验，应在一端尚未与外壳连接时进行，并且不进行这几个项目的型式试验。若需要进行仲裁试验时，将已连接起来的部分用机械办法剥离，但不能破坏本体，然后按图 1 所示对元件进一步加工后，再做全部项目或需要项目的试验。

6.2 引出棒拉力试验

将元件固定，然后将设定的重物（包括悬挂到引出棒所需要的附件）垂直悬挂到引出棒上，历时 3 min，按 5.2.3 的要求试验。

6.3 密封试验

6.3.1 元件外壳密封试验

将元件浸在酸化水中〔在水中加入盐酸，制成盐酸浓度（质量分数）为 2%~3%的酸化水〕3 h，并采取措施使元件的端面露出液面（5~10）mm，然后依次进行绝缘电阻测量、泄漏电流测量和绝缘耐压试验。

注：对进行水压试验的元件，此项可不作。

6.3.2 元件端部密封试验

6.3.2.1 对试验箱（室）的要求

元件端部密封试验对试验箱（室）的要求如下：

- a) 在试验箱（室）的有效工作空间中应装有温、湿度传感器用于监控试验条件；
- b) 试验箱（室）有效工作空间中各处温度应均匀，尽可能与控温点的温度一致，温差保持在 $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度应能保持在 $(90^{+2}_{-3})\%$ 的范围内；

注： $\pm 2^\circ\text{C}$ 的温度允差包括测量绝对误差以及有效工作空间内温度的均匀性、波动性；控制点的温度波动应保持在 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 。

- c) 在试验箱（室）内的冷凝水要不断排出，排出的冷凝水在纯化处理前，不得作为产生湿度的水源；
- d) 直接用来产生湿度的水的电阻率应不小于 $500 \Omega \cdot \text{m}$ ；
- e) 元件的特性及电气负载不应明显影响试验箱（室）内的条件；

f) 在试验箱（室）壁上和顶上的凝结水不得滴落到元件上。

6.3.2.2 试验方法

元件端部密封试验的试验方法：

- a) 元件应在不包装、不通电、“准备使用状态”和正常工作位置或按有关标准的状态放入试验箱（室），首先在箱内 40℃ 条件下预热，当元件温度稳定后再加湿，以防止在元件上产生冷凝水；
- b) 试验时间为 48 h；
- c) 在试验结束后，将元件从试验箱（室）内取出，放在环境温度为 $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ 、无风、无强烈热辐射、相对湿度不大于 85% 环境里，然后依次进行绝缘电阻测量、泄漏电流测量和绝缘耐压试验；
- d) 从元件取出到绝缘耐压试验结束的总时间不得超过 10 min。

密封试验后允许对元件进行恢复。

6.4 X 光检查

对单端引出、引出棒并行的元件的两引线间距离（见 5.1.6.11）、管内引出棒长度偏差（见 5.2.11）、尾部不发热长度偏差（见 5.2.12）、单端引出发热长度偏差（见 5.2.13）和单位长度电热丝圈数偏差（见 5.2.14）进行 X 光机显示测量。根据元件的设计图样在引出棒与发热体连接处紧靠管子放置 100 mm 长铅条，中间每隔 200 mm 放置 50 mm 长铅条，但至少放置一条 50 mm 长铅条。试验时以铅条为基准，铅条长偏差应小于 ± 0.5 mm，允许元件在压缩定长后和弯曲前进行测量，引线间距离的测量必须保证自 X 光源看下去清楚看到二根，使 X 光片显示的二引线间距离最大。尾部不发热长度通常在整个尾部 X 光片全显示后测量。

单位长度电热丝圈数偏差按公式（3）计算，计算时必须包括 100 mm 长铅条中自引出棒起 50 mm 段电热丝圈数。

$$\Delta = \max \left\{ \left| 1 - \frac{n_i}{n} \right| \right\} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

Δ ——单位长度电热丝圈数偏差；

i ——测量用各 50 mm 长铅条的序号， $i=1, 2, \dots, k$ ，其中 k 为 50 mm 长铅条的总数（包括引出棒端的）；

n_i ——第 i 条 50 mm 长铅条长度上电热丝圈数；

n ——由测量算得的 50 mm 长度上电热丝圈数平均值。

注：当 X 光片能够全部显示元件时可按显示的实际尺寸乘上比例系数计算。

6.5 升温时间测量

6.5.1 试验时将元件置于静止的空气中，在冷态情况下将元件接上试验电压，测出达到试验温度的时间。

6.5.2 试验电压是使元件达到额定功率 0.73 倍的电压，试验温度为工作温度的 90%。

6.5.3 试验温度的测定：用表面温度计或热电偶在元件外壳规定的测温点进行温度测量，取各个测温点上所测得的温度平均值作为测量温度。发热长度 1 m 内的元件测温点分别位于元件发热长度的 1/4、1/2 和 3/4 处；发热长度大于 1 m 的元件，应每 200 mm 取一个测温点。

6.5.4 对升温时间估计能达到要求的元件，测量时应先降低供电电压进行试验，若合格则认为这次合格。否则应待元件彻底冷却后再升高电压，通电试验，直到规定的电压为止。

6.6 额定功率测量

6.6.1 额定功率应在元件处于充分发热条件或模拟条件下,达到工作温度 10 min 后用功率表或电压表、电流表测量。测量用仪表的准确度应不低于 1.5 级。

6.6.2 元件工作温度应用下列方法确定:

在充分发热条件下,用表面温度计或热电偶在元件外壳规定的测温点上温度测量,各个测温点上所测得的温度平均值即为工作温度。测温点取三点,分别位于元件发热表面的最高温度点、最低温度点和中间温度点。

6.6.3 当多支元件串接到电源中时,应分别测量各支元件的功率。

6.6.4 在出厂检验时,允许通过测量元件的冷态直流电阻值,并按公式(4)进行功率折算。

$$P = \frac{U^2}{R_0 C_t} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

P ——功率,单位为千瓦(kW);

U ——额定电压,单位为伏(V);

R_0 ——冷态直流电阻,单位为欧(Ω);

C_t ——电热丝的工作温度系数。

冷态直流电阻及其偏差以及电热丝的温度系数,必须在技术文件中明确规定,用于测量冷态直流电阻的仪表的准确度应不低于 1 级。

6.7 泄漏电流测量

6.7.1 本试验使用的毫安表准确度应不低于 1.5 级,对于多支元件串接到电源中的一组元件,测量泄漏电流时应将元件外壳全部并联接到毫安表。

6.7.2 冷态和密封试验后的泄漏电流测量:

- a) 试验应在元件不通电的情况下进行;
- b) 使元件的外壳与大地绝缘,然后将试验电压加在元件任一引出棒与外壳之间,接在连线中的毫安表测得的电流即为泄漏电流;
- c) 试验电压 U_s 为额定电压的 1.1 倍;
- d) 试验电路的原理如图 5 所示。



图 5

6.7.3 热态泄漏电流测量:

- a) 试验应在元件通电并达到工作温度的情况下进行。
- b) 工作温度可参照 6.6.1 规定的方法确定。
- c) 将元件接通电压,调整试验电压 U_s ,使输入功率等于额定功率的 1.15 倍,在元件达到工作温度 10 min 后开始泄漏电流的测量。测量时应通过开关 K 的转换、分别在两个引出棒测量泄漏电流,并以其中的较大值为准进行考核。
- d) 试验电路的原理如图 6 所示。



图 6

6.8 绝缘电阻测量

6.8.1 元件的额定电压低于 500 V 时，用 500 V 交流或直流兆欧表测量；额定电压为 500 V~1 000 V 时，用 1 000 V 交流或直流兆欧表测量；高于 1 000 V 时，用 2 500 V 交流或直流兆欧表测量。在试验时，元件外壳与兆欧表不得通过大地构成回路，以免影响测量精度。同时要考虑环境对测量精度的影响。

6.8.2 兆欧表应接在元件任一引出棒与外壳之间。

6.8.3 冷态绝缘电阻和密封试验后绝缘电阻测量：

- a) 冷态绝缘电阻测量应在提供元件 24 h 后进行。试验时允许使用高于 500 V、但不超过 2 500 V 的兆欧表进行测量。
- b) 密封试验后绝缘电阻测量应在密封试验后 30 s 内完成。

6.8.4 热态绝缘电阻测量：

- a) 试验应在元件处于工作温度时进行。工作温度可参照 6.6.1 规定的方法确定。
- b) 接通电源使元件达到工作温度并保持 10 min 后断电，在断电后 10 s 内完成测量，在这 10 s 内不准采用任何使元件降温的强迫冷却方法。

6.9 绝缘耐压试验

6.9.1 试验条件

推荐的试验电路如图 7 所示。



说明：

- | | | | |
|--------------|-------------|-----------|----------|
| T1——调压器； | T2——试验变压器； | R——保护电阻； | Cx——试样； |
| S——电压测量球隙； | PV——电压表； | FU——熔断器； | HL——指示灯； |
| SB1、SB2——按钮； | KC——过电流继电器； | KM——接触器； | |
| KC'，KM'——触点； | SV——门限位开关； | QK——电源开关。 | |

图 7

试验电路应满足以下基本要求：

- a) 试验变压器的容量应保证次级额定电流不小于 0.1 A。
- b) 试验电源应为 50 Hz 的正弦波电源，试验变压器输出电压波峰系数为 $\sqrt{2} \pm 7\%$ 。
- c) 保护电阻的阻值以高压每伏 (0.2~0.5) Ω 计算。
- d) 调压器应能均匀地调节，其容量与试验变压器相同。
- e) 过电流继电器应有足够的灵敏度，保证元器件击穿时 0.1 s 内切断电源，动作电流应选择适当值，避免发生击穿后不动作或未击穿时误动作。
- f) 高压侧的电压用准确度不低于 1.5 级的静电计、球隙或准确度不低于 0.5 级的电压互感器来测量。低压侧的电压用准确度不低于 0.5 级电压表测量，其测量误差不应超过 $\pm 4\%$ 。

试验电压的选择按 GB/T 10066.1—2004 中表 3 的规定执行。

6.9.2 试验方法

首先设定动作电流，然后在元件的引出棒与外壳之间以每秒 0.5 kV 的速度将试验电压升到规定值并保持 1 min。动作电流由公式 (5) 决定。

$$I_H = \frac{U_H}{R_H} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

I_H ——动作电流，单位为毫安 (mA)；

U_H ——试验电压，单位为伏 (V)；

R_H ——120 k Ω 。

动作电流应圆整到整数值。当多支元件串接到电源中时，应以这一组元件为整体进行试验。

在元件出厂检验时，允许在相同的试验电压下对每一支元件进行试验。例如：4 支额定电压各为 95 V 的元件串接到 380 V 电源中，在型式检验时 4 支元件串接起来做 2 000 V 绝缘耐压试验，在出厂检验时，可以对每支元件进行 2 000 V 绝缘耐压试验。出厂检验时允许将试验电压提高 25%，动作电流不变，进行 1 s 绝缘耐压试验。对多支元件串接到电源中的一组元件，进行单支元件出厂检验时，应将动作电流减半。

6.10 通断电试验

将元件接入电源，在元件达到充分发热条件后 10 min 开始做 2 000 次通断电操作。

通电时间为 1.5 min，断电时间为 0.5 min。

6.11 过载试验

将元件接入电源，同时调节电压使输入功率达到规定值，元件在充分发热条件下，通电 1 h，然后断电冷却 0.5 h 到室温（必要时可采用强迫冷却）。通断电的循环次数为 30 次。

对额定功率不大于 100 W 的元件，过载试验输入的功率为额定功率的 1.3 倍；对大于 100 W 的元件，过载试验输入的功率为额定功率的 1.27 倍或 1.21 倍加 12 W，取两者中的较大值。

6.12 耐热性试验

将元件接上试验电压，在充分发热条件下，对其进行循环通断电操作，通电和断电时间分别为 60 min 和 20 min，在断电期间元件应冷却至室温（必要时可采用强迫冷却），循环次数为 1 000 次。

试验电压为额定电压的 1.08 倍。

在耐热性试验时，元件的外壳应通过 3 A 熔丝接地。

7 检验规则

7.1 验收型式

- 7.1.1 元件应分别视情况进行出厂检验和型式检验。
- 7.1.2 元件的验收形式和要求由制造厂与用户商定（见 9.1）。

7.2 出厂检验

- 7.2.1 凡提出交货的产品，均需按规定的出厂检验项目进行检验。每个产品由企业质检管理部门检验合格，并附有产品合格证或在产品上标上厂方规定的合格标志后方能出厂。
- 7.2.2 出厂检验项目及顺序见表 7。

表 7

序号	检验项目	技术要求	试验方法
1	标志检查	8.2、8.3	—
2	外观检查	5.2.5~5.2.10	—
3	水压试验	5.2.4	5.2.4
4	冷态绝缘电阻测量	5.3.4	6.8.3
5	冷态绝缘耐压试验	5.3.5	6.9
6	额定功率测量	5.3.2	6.6
7	包装检查	8.5~8.8	—

7.3 型式检验

- 7.3.1 凡有下列情况之一时，应进行型式检验：
 - a) 试制的新产品；
 - b) 设计和工艺或材料有重大改变；
 - c) 停产一年以上，再恢复生产；
 - d) 对连续批量生产的产品，至少一年进行一次，其中耐热性试验两年进行一次；
 - e) 对连续批量生产的产品，结构类似、材料及尺寸参数在系列范围内的多品种产品（确定为非新产品），每年对一个代表产品进行一次，其中耐热性试验两年对一个代表产品进行一次。
- 7.3.2 型式检验的元件应从出厂检验合格且经包装后的产品中随机抽取。
- 7.3.3 用于型式检验的元件应分三组，每组两件。

每一组型式检验的项目及顺序见表 8；第二组型式检验是通断电试验，按 6.10 的规定进行，试验结果应符合 5.3.6 的要求；第三组型式检验是耐热性试验，按 6.12 的规定进行，试验结果应符合 5.3.8 的要求。

表 8

序号	试验项目	技术要求	试验方法
1	标志检查	8.2、8.3	—
2	设计要求检查	5.1	—
3	外观检查	5.2.5~5.2.10	—
4	X 光检查	5.1.6.12、5.2.11~5.2.14	6.4
5	水压试验	5.2.4	5.2.4

表 8 (续)

序号	试验项目	技术要求	试验方法
6	密封试验	5.1.6.6	6.3
7	冷态泄漏电流测量	5.3.3	6.7.2
8	冷态绝缘电阻测量	5.3.4	6.8.3
9	冷态绝缘耐压试验	5.3.5	6.9
10	额定功率测量	5.3.2	6.6
11	热态泄漏电流测量	5.3.3	6.7.3
12	热态绝缘电阻测量	5.3.4	6.8.4
13	热态绝缘耐压试验	5.3.5	6.9
14	升温时间测量	5.3.1	6.5
15	过载试验	5.3.7	6.11
16	引出棒拉力试验	5.2.3	6.2

经型式检验后的元件不得作为成品交货。

在型式检验中,每个元件的各项检验项目均应合格。如果仅有一个元件的一个项目不合格,允许重复试验,否则认为该批产品不合格。

重复试验应从该批产品中抽取加倍数量的元件,进行该项目的重复试验,只要有一个元件的该项目不合格,即认为该批产品不合格。

7.4 其他

订货方有权检查产品是否符合本标准的要求,交货时按出厂检验项目验收,若对产品质量有疑问,有权要求增加检验项目直至按表 8 试验。若试验合格连同被试验的元件一起交货。

8 标志、包装、运输和储存

8.1 元件外壳上必须有永久性的标志。

8.2 标志的内容应包括:

- a) 制造厂代号(对出口产品应标明国名代号);
- b) 加热介质及加热特点代号;
- c) 额定电压,单位为伏(V);
- d) 额定功率,单位为千瓦(kW);
- e) 出厂年、月。

8.3 用于加热液体、接头安装在液面以下的元件和承压 0.1 MPa 以上的元件都必须有承受水压力的标志。

8.4 对外壳材料是 10 钢或类似材料又未经电镀喷涂等处理的元件,应对外壳进行防锈处理。

8.5 元件应装在包装箱内,以免运输时受到冲击震动而损坏。

8.6 包装箱内必须有合格证、装箱清单和使用说明书。

8.7 包装箱外应有耐久明显的标志,其内容应包括:

- a) 制造厂名称;
- b) 产品名称及型号;
- c) 元件的数量;
- d) 净重、毛重;

- e) 箱子尺寸;
- f) 装箱编号;
- g) “轻放”“防晒”“防雨”“防潮”的标志;
- h) 出厂日期(年、月)。

8.8 用户如对包装有特殊要求,可按 9.2 的要求提出。

8.9 元件应存放在空气流通、无腐蚀性气体并不受到雨雪侵袭的仓库中。

9 订货和供货

9.1 订购文件

用户在订购文件中应对元件提出详细的要求,包括:

- a) 产品型号和名称;
- b) 主要技术参数;
- c) 特殊要求(见 9.2);
- d) 验收型式和要求(见 7.1)。

9.2 特殊要求

有下列特殊要求时用户可向供方提出:

- a) 对单位制、电源电压、电源频率等的不同要求;
- b) 对使用环境的不同要求;
- c) 对发热体的特殊要求;
- d) 对包装的特殊要求。

供方应尽可能满足用户的各项特殊要求,但实际可供用户选择的特殊要求项目由供方参照本标准根据各自的条件决定,供需双方应将各项特殊要求写进供货合同中。

9.3 供货依据

经制造厂与用户商定的 9.1 和 9.2 的各项内容应写进供货合同中,后者和产品标准一起作为供货合同的技术依据。

9.4 技术保证

在用户遵守元件的保管、安装和使用规则条件下,从制造厂发货日起 18 个月内,产品因制造质量不良发生损坏或不能正常工作时,制造厂应负责免费为用户维修或更换。

中 华 人 民 共 和 国

机械行业标准

金属管状电热元件

JB/T 2379—2016

*

机械工业出版社出版发行

北京市百万庄大街 22 号

邮政编码：100037

*

210mm×297mm • 1.5 印张 • 40 千字

2016 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

定价：24.00 元

*

书号：15111 • 13787

网址：<http://www.cmpbook.com>

编辑部电话：（010）88379399

直销中心电话：（010）88379399

封面无防伪标均为盗版

版权专有 侵权必究