



中华人民共和国国家标准

GB/T 19518.1—2024

代替 GB/T 19518.1—2017

爆炸性环境 电阻式伴热器 第 1 部分：通用和试验要求

Explosive atmospheres—Electrical resistance traces heating—
Part 1: General and testing requirements

(IEC/IEEE 60079-30-1:2015, Explosive atmospheres—
Part 30-1: Electrical resistance traces heating—General and testing
requirements, MOD)

2024-03-15 发布

2024-10-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	5
3 术语和定义	6
4 通用要求	10
4.1 通则	10
4.2 机械强度	10
4.3 接头和连接件	11
4.4 对分支回路的电路保护要求	11
4.5 温度要求	11
5 试验	13
5.1 型式试验	13
5.2 例行试验	30
6 标志	30
6.1 伴热器产品标志	30
6.2 现场组装元件标志	30
7 文件要求	31
7.1 通则	31
7.2 回路设计文件	31
7.3 伴热系统文件	31
7.4 伴热系统的安装说明	32
7.5 调试说明	33
7.6 维护/修理或改造说明	33
附录 A (规范性) 伴热器产品设计验证方法	34
附录 B (资料性) EPL Gb/Gc/Db/Dc 的型式试验(EPL 与区域的关系见 GB/T 3836.15)	41
附录 C (资料性) 安装检查表	42
参考文献	43
图 1 燃烧试验	15
图 2 室温冲击试验示例	17
图 3 最低温度冲击试验示例	18
图 4 冷态弯曲试验	19

图 5 整体元件耐水试验	20
图 6 额定输出功率验证	21
图 7 使用产品分级法的护套最高温度	24
图 8 使用管道雕塑验证护套温度	25
图 9 护套温度验证——板试验	27
图 10 护套温度验证——蛇形样品的板试验	28
图 11 两个样品交叉的板试验	28
图 12 单个样品交叉的板试验	29
图 A.1 工件维持的平衡条件	35
图 A.2 评价上限的平衡条件	35
表 1 GB/T 3836.1—2021 具体条款的适用或排除	1
表 2 基于设备保护级别的护套温度设计条件——稳态设计法	12
表 3 基于设备保护级别的护套温度设计条件——受控设计法	12
表 4 介电强度试验电压	13
表 B.1 试验样品的确定	41
表 C.1 伴热器安装记录示例	42

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 19518《爆炸性环境 电阻式伴热器》的第 1 部分。GB/T 19518 已经发布了以下部分：

- 第 1 部分：通用和试验要求；
- 第 2 部分：设计、安装和维护指南。

本文件代替 GB/T 19518.1—2017《爆炸性环境 电阻式伴热器 第 1 部分：通用和试验要求》，与 GB/T 19518.1—2017 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 增加了 GB/T 3836.1—2021 条款适用性的表格(见表 1)；
- 更改了稳态设计的要求(见 4.5.2, 2017 年版的 4.4.2)；
- 更改了受控设计的要求(见 4.5.3, 2017 年版的 4.5.3)；
- 增加了燃烧试验燃烧器和燃料的要求(见 5.1.4)；
- 增加了最低温度冲击试验(见 5.1.5.2)；
- 增加了电气绝缘材料的热稳定性试验中样品在芯轴上的缠绕要求(见 5.1.11)；
- 增加了热性能试验(见 5.1.12)；
- 更改了最高护套温度的测定的系统法(见 5.1.13.3、5.1.13.4, 2017 年版的 5.1.13.2)；
- 增加了户外暴露试验(见 5.1.16)；
- 更改了标志的要求(见第 6 章, 2017 年版的 6 章)；
- 增加了文件的要求(见第 7 章)；
- 增加了关于伴热器产品设计验证方法的附录(见附录 A)。

本文件修改采用 IEC/IEEE 60079-30-1:2015《爆炸性环境 第 30-1 部分：电阻式伴热器 通用和试验要求》。

本文件与 IEC/IEEE 60079-30-1:2015 相比做了下述结构调整：

- 附录 A 对应 IEC/IEEE 60079-30-1:2015 的附录 C；
- 附录 B 对应 IEC/IEEE 60079-30-1:2015 的附录 A；
- 附录 C 对应 IEC/IEEE 60079-30-1:2015 的附录 B。

本文件与 IEC/IEEE 60079-30-1:2015 的技术差异及其原因如下：

- 更改了表 1 中的章条, 以与 GB/T 3836.1—2021 一致；
- 用规范性引用的 GB/T 2900.35 替换了 IEC 60050-426(见第 3 章), 以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 2900.83 替换了 IEC 60050-151(见第 3 章), 以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 3836.1—2021 替换了 IEC 60079-0(见第 3 章、4.1、4.3、5.1.1、6.1、6.2), 以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 3836.3 替换了 IEC 60079-7(见第 3 章), 以适应我国的技术条件、增加可操作性；
- 用规范性引用的 GB/T 5169.15 替换了 IEC 60695-11-3(见 5.1.4), 以适应我国的技术条件、增加可操作性；

- 用规范性引用的 GB/T 15596 替换了 ISO 4582(见 5.1.16),以适应我国的技术条件、增加可操作性;
- 用规范性引用的 GB/T 16422.1 替换了 ISO 4892-1(见 5.1.16),以适应我国的技术条件、增加可操作性;
- 用规范性引用的 GB/T 16422.2 替换了 ISO 4892-2(见 5.1.16),以适应我国的技术条件、增加可操作性;
- 删除了关于 1 段和 2 段场所伴热系统要求的附录 D,以与我国的爆炸性环境场所分类方法一致。

本文件做了下列编辑性改动:

- 为与现有标准系列协调,将标准名称改为《爆炸性环境 电阻式伴热器 第 1 部分:通用和试验要求》;
- 删除了表 1 中关于标准条款号的注;
- 术语和定义中增加了关于 ISO 和 IEC 术语数据库地址的信息;
- 术语和定义中删除了关于 3.41“伴热器”定义的注;
- 术语和定义中删除了关于术语专业领域和来源的信息;
- 删除了关于 1 段和 2 段场所伴热型式试验的附录 E;
- 用我国文件替换了资料性引用的国际文件。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由全国防爆电气设备标准化技术委员会(SAC/TC 9)归口。

本文件起草单位:南阳防爆电气研究所有限公司、河南省计量科学研究所、万华化学集团股份有限公司、中国石化工程建设有限公司、芜湖佳宏新材料股份有限公司、佳木斯防爆电机研究所有限公司、安徽天康(集团)股份有限公司、重庆川仪十七厂有限公司、中煤科工集团常州研究院有限公司、正星科技股份有限公司、南阳中天防爆电气股份有限公司。

本文件主要起草人:王军、李淑香、吕隆壮、李玲、翁杰、郝长海、毛文章、卫丹、张亚军、王腾蛟、孙景富、毕东。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为:

- 2004 年首次发布为 GB 19518.1—2004,2017 年第一次修订;
- 本次为第二次修订。

引 言

GB/T 19518《爆炸性环境 电阻式伴热器》旨在确立爆炸性环境用电阻式伴热器的基本要求并提供应用方面的指南,采用分部分标准的形式,包括以下部分:

- 第1部分:通用和试验要求;
- 第2部分:设计、安装和维护指南。

电伴热系统在石油、化工等行业的爆炸危险场所中广泛应用,在此类设备的标准化工作方面,我国于2004年采用IEC 62086系列制定了关于爆炸性气体环境用电伴热通用要求和试验方法的GB 19518.1—2004,以及关于电伴热设计、安装和维护的GB/T 19518.2—2004,随后于2017年采用IEC 60079-30系列进行了修订。2017年版标准发布实施以来,电伴热系统的设计、试验等技术有了一定的新发展,对其应用方面也提出了新的要求。在国际标准方面,相应标准现行版本为IEC/IEEE 60079-30-1:2015和IEC/IEEE 60079-30-2:2015,其主要技术内容适用于我国的情况。为适应防爆技术和产业发展,并与国际标准发展相一致,需要对GB/T 19518系列进行修订。

对本文件,本次修订在采用IEC/IEEE 60079-30-1:2015《爆炸性环境 第30-1部分:电阻式伴热器通用和试验要求》主要技术内容的基础上,进行了适当的修改以符合我国的情况。本文件作为专用部分,是对GB/T 3836.1通用要求的补充和修改。

爆炸性环境 电阻式伴热器

第 1 部分：通用和试验要求

1 范围

本文件规定了除设备保护级别(EPL)Ga 级和 Da 级外在爆炸性环境中应用的电阻式伴热器的通用和试验要求。

本文件适用于由工厂装配单元或现场(工地)组装单元组成的电阻式伴热器,可以是按照制造商的使用说明书装配和/或端接的串联伴热器、并联伴热器、伴热垫或伴热板。

本文件还包括伴热系统使用的端接组件和控制方法的要求,本文件中所涉及的爆炸性环境见 GB 3836.14 和 GB/T 3836.35 中的定义。

本文件是对 GB/T 3836.1—2021 通用要求的补充和修改,如表 1 所示。当本文件的要求与 GB/T 3836.1—2021 的要求有冲突时,本文件的要求优先。

表 1 GB/T 3836.1—2021 具体条款的适用或排除

GB/T 3836.1—2021		电阻式伴热器和整体元件		作为独立元件的接头
章节编号	章节标题	I 类和 II 类	III 类	
1	范围	适用	适用	适用
2	规范性引用文件	适用	适用	适用
3	术语和定义	适用,环境温度除外,详见 3.1	适用,环境温度除外,详见 3.1	适用,环境温度除外,详见 3.1
4	设备分类	适用	适用	适用
4.1	总则	适用	适用	适用
4.2	I 类	适用	排除	适用
4.3	II 类	适用,总是 II C	排除	适用
4.4	III 类	排除	适用,仅保温层外部,总是 III C	适用,仅保温层外部
4.5	特定爆炸性气体环境用设备	排除	排除	适用
5.1	环境影响	适用	适用	适用
5.1.1	环境温度	替换为 6.1e)	替换为 6.1e)	适用,见 3.1
5.1.2	外部热源或冷源	适用	适用	适用
5.2	工作温度	修改	修改	适用
5.3.1	最高表面温度的测定	与 5.1.13 一起替换为 4.5	仅当根据 5.1.13.3 进行试验时,与 5.1.13 一起替换为 4.5	适用

表 1 GB/T 3836.1—2021 具体条款的适用或排除 (续)

GB/T 3836.1—2021		电阻式伴热器和整体元件		作为独立元件的接头
章条编号	章条标题	I类和II类	III类	
5.3.2.1	I类电气设备	适用	排除	适用
5.3.2.2	II类电气设备	适用	排除	适用
5.3.2.3.1	EPL Da级最高表面温度	排除	排除	排除
5.3.2.3.2	EPL Db级最高表面温度	排除	适用,仅用于暴露于可燃粉尘层表面最高护套温度确定。不适用于规定由保温层覆盖的伴热器	适用
5.3.2.3.3	EPL Dc级无粉尘层的最高表面温度测定	排除	适用,其中使用由GB/T 19518.1确定的最高护套温度代替GB/T 3836.1—2021的温度测定方法	
5.3.3	I类或II类电气设备的小元件温度	排除	排除	适用
5.3.4	I类或II类电气设备光滑表面的元件温度	排除	排除	适用
6.1	总则	适用	适用	适用
6.2	设备的机械强度	替换为4.2	替换为4.2	当与伴热器直接接触时,可用4.2代替
6.3	设备外壳打开时间	排除	排除	适用
6.4	外壳中的环流(如大型电机)	排除	排除	排除
6.5	衬垫保持	排除	排除	适用
6.6	电磁能和超声波能辐射设备	排除	排除	适用
7.1.1	适用范围	替换为4.1的最后一段	替换为4.1的最后一段	适用
7.1.2.1	通则	替换为4.1的最后一段	替换为4.1的最后一段	适用
7.1.2.2	塑料材料	替换为4.1的最后一段	替换为4.1的最后一段	适用
7.1.2.3	弹性材料	替换为4.1的最后一段	替换为4.1的最后一段	适用
7.1.2.4	粘结材料	替换为4.1的最后一段	替换为4.1的最后一段	适用
7.2	热稳定性	替换为本文件中的要求和试验	替换为本文件中的要求和试验	适用
7.3	耐紫外线	替换为5.1.16,用于户外暴露的伴热器和整体元件	替换为5.1.16,用于户外暴露的伴热器和整体元件	适用

表 1 GB/T 3836.1—2021 具体条款的适用或排除 (续)

GB/T 3836.1—2021		电阻式伴热器和整体元件		作为独立元件的接头
条款编号	条款标题	I类和II类	III类	
7.4	外部非金属材料上的静电电荷	排除	排除	适用
7.5	附属外部导电部件	排除	排除	适用
8.1	材料成分	排除	排除	适用
8.2	I类设备	排除	排除	适用
8.3	II类设备	排除	排除	适用
8.4	III类设备	排除	排除	适用
8.5	铜合金	适用于带金属外护套的伴热器和整体元件	适用于带金属外护套的伴热器和整体元件	适用
9	紧固件	排除	排除	适用
10	联锁装置	排除	排除	适用
11	绝缘套管	排除	排除	适用
12	预留将来使用			
13	Ex元件	适用	适用	适用
14	连接件	符合本文件的要求	符合本文件的要求	适用
15	接地导体或等电位导体连接件	替换为 5.1.15	替换为 5.1.15	适用
16	外壳的引入装置	排除	排除	适用
17	电机的补充要求	排除	排除	排除
18	开关的补充要求	排除	排除	排除
19	熔断器的补充要求	排除	排除	适用
20	现场布线连接用外部插头、插座和连接器的补充要求	排除	排除	适用
21	灯具的补充要求	排除	排除	排除
22	帽灯和手提灯的补充要求	排除	排除	排除
23	装有电池的设备	排除	排除	适用
24	文件	适用	适用	适用
25	试样或样机与文件的一致性	适用	适用	适用
26.1	通则	适用	适用	适用
26.2	试验配置	适用	适用	适用

表 1 GB/T 3836.1—2021 具体条款的适用或排除 (续)

GB/T 3836.1—2021		电阻式伴热器和整体元件		作为独立元件的接头
章条编号	章条标题	I类和II类	III类	
26.3	在试验用爆炸性混合物中的试验	排除	排除	适用
26.4	外壳试验	排除	排除	适用
26.4.1	试验顺序	排除	排除	适用
26.4.1.1	金属外壳、外壳的金属部件和外壳的玻璃或陶瓷部件	排除	排除	适用
26.4.1.2	非金属外壳或外壳的非金属部件	排除	排除	适用
26.4.2	抗冲击试验	替换为 5.1.5	替换为 5.1.5	适用
26.4.3	跌落试验	排除	排除	排除
26.4.4	合格判据	替换为 5.1.5	替换为 5.1.5	适用
26.4.5	外壳防护等级(IP)	替换为 5.1.8 和/或 5.1.9	替换为 5.1.8 和/或 5.1.9	适用
26.5	热试验	修改	修改	适用
26.5.1	温度测定	替换为 5.1.13	替换为 5.1.13	适用
26.5.2	热剧变试验	排除	排除	适用
26.5.3	小元件点燃试验(I类和II类)	排除	排除	适用
26.6	绝缘套管扭转试验	排除	排除	适用
26.7	非金属外壳和外壳的非金属部件	排除	排除	适用
26.8	耐热试验	替换为 5.1.11	替换为 5.1.11	适用
26.9	耐寒试验	替换为 5.1.7	替换为 5.1.7	适用
26.10	耐紫外线(UV)试验	替换为 5.1.16,用于户外暴露的伴热器和整体元件	替换为 5.1.16,用于户外暴露的伴热器和整体元件	适用
26.11	I类设备的耐化学试剂试验	适用于I类设备	排除	适用
26.12	接地连续性	排除	排除	适用
26.13	非金属材料外壳部件的表面电阻测定	排除	排除	适用
26.14	电容测量	排除	排除	适用
26.15	风扇额定值验证	排除	排除	排除
26.16	O形弹性密封圈替换评定	排除	排除	适用

表 1 GB/T 3836.1—2021 具体条款的适用或排除 (续)

GB/T 3836.1—2021		电阻式伴热器和整体元件		作为独立元件的接头
章节编号	章节标题	I类和II类	III类	
26.17	转移电荷试验	排除	排除	适用
27	例行试验	适用	适用	适用
28	制造商责任	适用	适用	适用
29	标志	修改	修改	适用
30	使用说明书	修改	修改	适用
附录 A	电缆引入装置的附加要求	排除	排除	适用
附录 B	对 Ex 元件的要求	排除	排除	适用
附录 C	抗冲击试验装置示例	替换为 5.1.5	替换为 5.1.5	适用
附录 D	连接到变频器的电机	排除	排除	排除
附录 E	电机温升评估	排除	排除	排除
附录 F	非金属外壳或外壳的非金属部件试验的指导流程图	排除	排除	适用
附录 G	电缆引入装置试验的指导流程图	排除	排除	适用
附录 H	轴电压导致电机轴承或电刷火花放电能量计算	排除	排除	排除
附录 I	I类电气设备的特殊要求	适用 I类设备	排除	适用 I类设备
附录 J	取得防爆合格证的检验程序	适用	适用	适用
注：“适用”表示 GB/T 3836.1—2021 的要求适用,没有修改。 “排除”表示 GB/T 3836.1—2021 的要求不适用。 “修改”表示 GB/T 3836.1—2021 的要求在本文件有修改。				

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;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 2900.35 电工术语 爆炸性环境(GB/T 2900.35—2023,IEC 60050-426:2020,IDT)

GB/T 2900.83 电工术语 电的和磁的器件(GB/T 2900.83—2008,IEC 60050-151:2001,IDT)

GB/T 3836.1—2021 爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求(IEC 60079-0:2017,MOD)

GB/T 3836.3 爆炸性环境 第 3 部分:由增安型“e”保护的的设备(GB/T 3836.3—2021,IEC 60079-7:2015,MOD)

GB/T 5169.15 电工电子产品着火危险试验 第 15 部分:试验火焰 500 W 火焰 装置和确认试

GB/T 19518.1—2024

验方法(GB/T 5169.15—2015, IEC 60695-11-3:2012, IDT)

GB/T 15596 塑料 在玻璃过滤后太阳辐射、自然气候或实验室辐射源暴露后颜色和性能变化的测定(GB/T 15596—2021, ISO 4582:2017, IDT)

GB/T 16422.1 塑料 实验室光源暴露试验方法 第1部分:总则(GB/T 16422.1—2019, ISO 4892-1:2016, IDT)

GB/T 16422.2 塑料 实验室光源暴露试验方法 第2部分:氙弧灯(GB/T 16422.2—2022, ISO 4892-2:2013, IDT)

ASTM D5025 塑料材料小型燃烧试验用实验室燃烧器标准规范(Standard specification for laboratory burner used for small-scale burning tests on plastic materials)

ASTM G155 非金属材料曝光用氙弧灯装置的标准操作规程(Standard practice for operating xenon arc light apparatus for exposure of nonmetallic materials)

3 术语和定义

GB/T 3836.1—2021、GB/T 3836.3、GB/T 2900.83、GB/T 2900.35 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

ISO 和 IEC 在以下地址维护用于标准化的术语数据库:

——IEC: <http://www.electropedia.org/>;

——ISO: <http://www.iso.org/obp>。

3.1

环境温度 ambient temperature

包括伴热器和可能施加的任何保温层或气候防护层的工件周围的温度。

3.1.1

最高环境温度 maximum ambient temperature

最高规定环境温度。

3.1.2

最低环境温度 minimum ambient temperature

规定的环境温度最低值,在此温度下伴热器能操作且按规定的要求运行,且热损失的计算也以此温度为基础。

3.2

分支回路 branch circuit

安装在电路过电流保护装置与伴热器之间的线路部分。

3.3

连接件(接头) connections (terminations)

3.3.1

冷端引线 cold lead

用于将伴热器连接到分支回路,且在设计上不产生明显热量的单根或多根绝缘导线。

3.3.2

终端 end termination

位于伴热器供电端的相对端,可能产生热量的连接件。

3.3.3

电源端 power termination

位于伴热器供电端的连接件。

3.3.4

三通 tee

串联或并联伴热器电气连接件,以容纳分支或分支回路。

3.4

受控设计 controlled design

使用适用的温度控制器或高限装置的设定点确定最高护套温度的设计。

3.5

盲管 dead leg

为了提供热损失参考而从正常流动的管线隔开的工艺管段。

3.6

设计负载 design loading

在最不利条件下,考虑了电压和电阻的偏差和适当的安全系数之后,符合设计要求的最大功率。

3.7

导电防护层 electrically conductive covering

用来向伴热器和/或电气接地电路提供物理保护的金属防护层或其他导电材料。

3.8

工厂装配 factory-fabricated

在工厂将伴热器,包括必需的接头和连接件,装配成单元或整套的装置。

3.9

现场组装 field-assembled

在工作现场将散装形式提供的伴热器与连接元件装配成单元。

3.10

热损失 heat loss

从管道、容器或设备散逸到周围环境中的热量。

3.11

散热件 heat sink

从工件上传导并耗散热量的部件。

注:典型的散热件为管托、管线支架和如阀门执行机构或泵体等大件物体。

3.12

辅助传热材料 heat-transfer aids

如金属箔带或导热胶泥等用于提高从伴热源向工件的传热效率的导热材料。

3.13

上限温度 high-limit temperature

包括管道、流体和伴热系统在内的整个系统的最高容许温度。

3.14

整体元件 integral components

如热收缩接头、冷端引线连接件、模铸终端密封或接头等部件,能符合伴热器的一般形状,并暴露在与伴热器相同的环境中(如在保温层下),在修理或改造时预期不打算重复使用,能在工厂装配或现场组装。

3.15

最高连续暴露温度 maximum continuous exposure temperature

制造商声明的在伴热器断电的情况下伴热系统能暴露的最高允许连续温度。

3.16

最高维持温度 maximum maintain temperature

最高连续运行温度 maximum continuous operating temperature

制造商声明的在伴热器通电的情况下伴热器连续工作规定的最高工件温度。

3.17

最高间歇暴露温度 maximum intermittent exposure temperature

制造商声明的在伴热器通电或断电的情况下伴热器能暴露的最高允许间歇温度。

3.18

维持温度 maintain temperature

伴热器应能维持的工件或工艺的规定温度。

3.19

最高护套温度 maximum sheath temperature

伴热器最外层防护层的最高温度。

3.20

最高耐受温度 maximum withstand temperature

对伴热器及其元器件的热稳定性不会产生不利影响的最高运行温度或暴露温度。

3.21

最低安装温度 minimum installation temperature

能处理和安装伴热系统的最低温度。

3.22

MI 伴热器 MI trace heater

通常包含一个或多个加热导体的矿物绝缘金属护套伴热器。

3.23

工作电压 operating voltage

工作状态下施加到伴热器的实际电压。

3.24

户外暴露 outdoor exposure

暴露在紫外线和潮湿的户外条件下。

3.25

外护套 overjacket

施加在金属护套、防护层或铠装层外部以防止腐蚀的连续绝缘材料层。

3.26

并联伴热器 parallel trace heater

在连续型或分节型伴热器内的热元件采用并联的电气连接,使单位长度的功率密度保持恒定,而无需考虑连续型伴热器的长度或分节型伴热器的分节数量。

3.27

功率密度 power density

以瓦特每单位长度或瓦特每单位面积表示的伴热器功率输出。

3.28

额定输出功率 rated output

在额定电压、温度和长度或面积下,伴热器每单位长度或单位面积上的功率。

3.29

额定电压 rated voltage

由制造商指定的,伴热器运行和性能特性所依据的电压。

3.30

串联伴热器(组) series trace heater(s)

在电气上串联连接,具有单一电流通路,且在给定温度下对给定长度具有特定电阻值的热元件。

3.31

护套 sheath

包裹在伴热器外面,用于保护其避免受周围环境影响(腐蚀、潮湿等)的均匀且连续金属或非金属防护层。

注:见 3.25“外护套”。

3.32

护套温度 sheath temperature

可能暴露在周围环境中的最外层连续防护层的温度。

3.33

稳态设计 stabilized design

通过设计和使用,使伴热器的温度在最不利条件下稳定在上限温度以下,而不需要安全装置来限制温度的概念。

3.34

启动电流 start-up current

伴热器通电后的响应电流。

3.35

系统文件 system documentation

制造商准备的,能够满足对伴热系统的理解、安装和安全使用的信息。

3.36

温度控制装置 temperature control device

使温度维持在规定温度范围内的装置。

3.37

温度控制器 temperature controller

包含某种方式的温度传感和伴热器电源控制的装置或装置组合。

3.38

温度限制装置 temperature limiting device

用于在超过规定的最高表面温度之前切断伴热器电源的安全装置。

3.39

温度传感器 temperature sensor**温度传感元件 temperature sensing element**

设计用于响应温度,提供电信号或机械操作的装置。

3.40

保温层 thermal insulation**绝热层**

具有空气泡或气泡、空隙或热反射表面,适当使用时能减缓传热的材料。

3.41

伴热器 trace heater

以电阻发热为原理产生热量,通常由适当绝缘和保护的一根和/或多根金属导线或其他导电材料组成的装置。

3.42

伴热垫 heating pad

由并联或串联元件组成,具有足够的柔性以适应被伴热表面形状的伴热器。

3.43

伴热板 heating panel

由并联或串联元件组成,被制成适合被伴热表面一般形状的非柔性伴热器。

3.44

伴热器单元 trace heater unit

伴热器元件 trace heater set

按照制造商使用说明书适当连接的串联型、并联型伴热电缆、伴热垫或伴热板。

3.45

伴热 trace heating

在外部使用伴热电缆、伴热垫、伴热板和相关元件,以提高或保持管道、罐及相关设备内介质温度的方法。

3.46

伴热系统 trace heating system

包括所有必要的设计和安装文件的伴热的使用。

3.47

伴热比 trace ratio

伴热器的长度与管线长度的比值。

3.48

气候防护层 weather barrier

加装在保温层外表面,用来保护保温层不受水或其他液体浸入,冰雪、风或机械误伤造成物理损害,以及太阳辐射或环境污染造成的劣化的材料。

3.49

工件 workpiece

伴热器所施加的对象。

注:这些对象的实例包括工艺设备,如管道、容器、罐、阀门、仪表和类似设备。

4 通用要求

4.1 通则

本文件的要求用于确认本文件范围内的电阻式伴热器的设计及结构能确保其电气的、热的和机械的耐久性和可靠性。

电阻式伴热器及整体元件应符合 GB/T 3836.1—2021 的要求或从中排除,如表 1 所列。

伴热器所提供的均匀分布导电防护层应至少覆盖伴热器表面 70%。伴热垫或板的结构应使导电防护层位于被加热表面的相对端。导电防护层应适合在特定的大气中使用,或在防护层上具有合适的非金属外护套。制造商应声明产品的最高耐受温度(°C)。伴热器及整体元件所使用的材料,在按 5.1.11 进行试验时,应能承受不低于制造商声明最高耐受温度+20 K 的温度。制造商应提供机械强度和电气绝缘(伴热器和其他导电部件之间)所依赖的非金属材料的规格文件,其中应包括材料类型的标识。

4.2 机械强度

伴热器的机械强度应通过 5.1.5、5.1.6、5.1.7 和 5.1.11 中的试验测定。

如果确定伴热器仅用于低机械损伤风险的场所,可采用 5.1.5 中的降低能量冲击试验和 5.1.6 降低压力变形试验,并应按照 7.4e)的规定明确标志。

伴热器可以以整体组件(工厂预制)方式提供附加的机械保护以满足本文件要求,同时在说明书中包含以下警告:“不应拆除该机械防护层,且伴热器在该机械防护层未安装到位时不应运行”。在这种情况下,5.1.5 和 5.1.6 中的试验应在伴热器上安装附加机械保护的情况下进行。

4.3 接头和连接件

接头和连接件既可以作为伴热器整体的一部分标识,也可以按照 GB/T 3836.1—2021 作为 Ex 设备或 Ex 元件单独标识。作为伴热器整体一部分的接头和连接件,应作为典型伴热器单元的一部分进行试验,见 5.1.1。

整体元件中的电气连接器应经过制造商声明的伴热导体载流能力认证,并应符合本文件中规定的其他试验。

标识为独立元件的电阻式伴热器接头应符合 GB/T 3836.1—2021 中列出的一种或多种适用于该应用的防爆型式的要求,该要求可由本文件的要求进行补充和修改。见表 1。

4.4 对分支回路的电路保护要求

对用于爆炸性环境的伴热系统的最低要求如下。

- a) 采取措施使所有导线从电源端起得到隔离。
- b) 对每一个分支回路提供过电流保护。
- c) 通过断开所有线路导线防止接地故障的保护措施。
 - 1) 对 TT 和 TN 系统,所有伴热器或伴热器分支回路的电气保护应具备切断高阻接地故障以及短路故障的能力。应通过一个接地故障保护装置或一个带有接地故障保护功能的控制器结合适当的回路保护来完成。最佳跳闸动作值为标称 30 mA,或比伴热器供应商规定的伴热器固有电容泄漏参数高 30 mA。
 - 2) 对 IT 系统,应安装电气绝缘监测装置,以保证在任何情况下当电阻不大于每伏额定电压 50 Ω 时断开电源。

例外:当维护和监督条件确保仅由有资质人员检修已安装系统,且连续的回路运行为设备或工艺安全运行所必需时,如果采用确认响应报警方式,允许使用无间断接地故障检测。

a)、b)、c)的要求可由一台装置执行。

注 1:上述例外情况的适用性由最终用户自行决定。

注 2:该信息规定与第 7 章中的产品文件一起提供。

4.5 温度要求

4.5.1 通则

伴热系统应设计成伴热器护套温度被限制在温度组别或点燃温度之下,当温度不高于 200 $^{\circ}\text{C}$ 时低 5 K,或当温度高于 200 $^{\circ}\text{C}$ 时低 10 K。伴热器的最高护套温度也应低于最高耐受温度。应确定伴热器的最高护套温度以确保伴热器的正确使用。护套温度取决于伴热器输出功率密度、总传热系数和被加热表面的温度。

这应通过以下方式实现:

- a) 按照 5.1.13.2 的产品分级法确定伴热器的最高护套温度;
- b) 按照 4.5.2 的稳态设计;或
- c) 按照 4.5.3 的受控设计。

对于上述 b)和 c),当多个伴热器组合在一起(特别是在不同流动条件的管道上),使用同一台温度控制装置时,每一个设计条件都应进行分析。

4.5.2 稳态设计

通过稳态设计获得的最高护套温度是基于系统的热损失和热产生的能量平衡。能量平衡由基于系统参数的计算确定。

设计计算、系统参数和稳态设计方法应由制造商通过与 5.1.13.2 的试验结果进行比较向认证机构进行说明。表 2 给出了各种设备保护级别的稳态设计法的设计条件。

应使用无风设计条件、最高环境温度和系统传热系数来计算最高工件温度和最高护套温度。设计应符合附录 A 的规定。

表 2 基于设备保护级别的护套温度设计条件——稳态设计法

项目	EPL Gb/Db	EPL Gc/Dc
工作电压的百分比/%	110	110
用于计算的最高工件温度	— ^a	— ^a
用于计算的最大风速	0	0
^a 工件温度(计算的最高失控管道温度 T_{pr} 或声明的最高工艺温度 T_{pm} , 以较大者为准)用于计算最高护套温度, 见附录 A。		

4.5.3 受控设计

4.5.3.1 通则

通过受控设计获得的最高护套温度是基于温度控制器或限制装置的能量限制。这些保护性温度限制装置应设定在不高于对应于温度组别的最高允许护套温度按以下减少后的值:

- a) 温度限制器的设定点与伴热器的最高护套温度之间的预测温度差; 和
- b) 4.5.1 中规定的值。

有三种受控设计法可用于限制最高护套温度。这些方法仅适用于工件未受到附加热源的情况。

- a) 通过限制最高工件温度。温度控制传感器和/或温度限制器传感器直接安装在工件上。
- b) 通过使用高温限制器, 传感器黏附到安装在工件上的伴热器上。每个应用都需要与具体伴热器、输出功率级别和限制器/传感器特性的相关性。
- c) 通过创建一个人工热点, 其中高温限制器传感器黏附到位于工件保温垫上的伴热器上。每个应用都需要与具体伴热器、输出功率级别、限制器/传感器特性以及保温垫的相关性。

制造商预测伴热器护套温度与温度控制装置的设定点之间的偏移量(ΔT_{offset})。设计条件见表 3。制造商应通过将预测结果与 5.1.13.2 的试验结果进行比较来支持护套温度的计算方法。

注: 关于 ΔT_{offset} (等于伴热器护套温度 T_{sh} - 温度限制器的设定点 T_L) 的计算, 参考附录 A。 ΔT_{offset} 是根据经验确定的传感器和实际最高护套温度之间的温差。 ΔT_{offset} 是伴热器和传感器的几何形状和质量、伴热器的输出功率、传热系数和控制系统滞后等变量的函数。

表 3 基于设备保护级别的护套温度设计条件——受控设计法

项目	EPL Gb/Db	EPL Gc/Dc
工作电压的百分比/%	110	110
用于计算的最高工件温度	— ^a	— ^{a或b}
用于计算的最大风速	0	0
^a 使用 4.5.3.2 规定的温度限制器的设定点。 ^b 使用 4.5.3.3 规定的温度控制器的设定点。		

4.5.3.2 EPL Gb 和 Db 温度控制装置的要求

温度限制器或类似的控制装置应切断系统电源,以防止超过最高允许护套温度。任何用于温度控制的装置都应满足 EPL Gb 和/或 Db 的要求。

此外,高温限制功能应:

- a) 独立于温度控制器运行;
- b) 当达到高温限制器的设定点时,切断伴热器的电源;
- c) 当高温限制功能被激活时发出通知;
- d) 具有需要重置确认的上限功能;
- e) 机械或电子方式锁定装置的上限设定点,以防止未经授权的访问;
- f) 具有当温度传感器故障时切断回路电源的安全功能;
- g) 只有在正常工作条件恢复之后,或者在开关状态被连续监测条件下,才可能重新设置;
- h) 当使用多个装置进行控制和限制时,至少对 100 000 次耐久性循环进行评价。

4.5.3.3 EPL Gc 和 Dc 温度控制装置的要求

可以规定单个温度控制器,前提是它包含失效条件通知,并且已经至少对 250 000 次运行周期进行评价。或者,可以规定符合 4.5.3.2 的温度控制装置。

如果规定了带有失效通知的单个温度控制器,应对此类通知进行充分监测,如 24 h 监测。

5 试验

5.1 型式试验

5.1.1 通则

GB/T 3836.1—2021 的规定(见表 1)和以下补充适用。伴热器样品的长度应至少为 3 m,另有规定的除外。进行试验时的温度应在 10 °C~40 °C 之间,另有规定的除外。整体元件应进行与伴热器相同的试验,除非另有注明。型式试验所需的试验样品在附录 B 中总结。

注:根据 GB/T 3836.1—2021 的规定,由于防爆型式中包含安全系数,品质良好且定期校准的测量设备固有的测量不确定度被认为没有明显的不利影响,并且在进行必要的测量以验证符合本文件时不需要考虑。

5.1.2 介电强度试验

介电强度试验应按照表 4 的规定在按 5.1.1 描述所准备的试验样品上进行。

表 4 介电强度试验电压

额定电压 U	试验电压/V a.c.(有效值)
<30 V a.c.(有效值)	500
<60 V d.c.	500
≥ 30 V a.c.(有效值)	$2U+1\ 000$
≥ 60 V d.c.	$\sqrt{2}U+1\ 000$

表中试验电压一栏, U 指额定电压。试验电压应加在导线芯和导电防护层之间,试验电压升压速度在 100 V/s~200 V/s 之间,并保持 60^{+5}_0 s 不发生介电击穿。试验电压的波形应为近似正弦波,频率为 45 Hz~65 Hz。或者,介电强度试验可以通过在室温下将伴热器浸没在自来水中(电阻率通

常为 $500 \Omega \cdot \text{m}$) 来进行。接地编织层或护套应与水等电位,电压应施加在导线芯和水之间。

当确定 U 时,需要考虑正确使用相对相或相对中性点电压等级。

对于 5.1.5、5.1.6、5.1.7、5.1.8、5.1.9、5.1.11 中的型式试验和 5.2.1 中的例行试验,由于 MI 伴热器结构和电气绝缘材料的介电特性,如果其额定电压超过 30 V a.c. ,将要求的试验电压降低至 $(2U+500) \text{ V a.c.}$,如果其额定电压超过 60 V d.c. ,将要求的试验电压降低至 $(\sqrt{2}U+500) \text{ V d.c.}$ 。

5.1.3 绝缘电阻试验

绝缘电阻试验应在已通过 5.1.2 规定的介电强度试验后的试验样品进行。绝缘电阻的测量应在导线芯和导电防护层之间进行,施加 500 V d.c. (标称值)电压。测量值应不低于 $50 \text{ M}\Omega$ 。

或者,绝缘电阻试验可以通过在室温下将伴热器浸没在自来水中(电阻率通常为 $500 \Omega \cdot \text{m}$)来进行。接地编织层或护套应与水等电位,电压应施加在导体和水之间。

5.1.4 燃烧试验

伴热器和有整体元件的伴热器均应进行燃烧试验。所有尺寸范围均应符合试验要求。试验应在不通风的房间和最小容积为 0.5 m^3 的火焰室或通风柜中进行。对伴热器,样品长度至少应为 450 mm ,且应垂直悬挂。对伴热垫和伴热板(适用时),样品的宽度应为 80 mm 。

用一张原色的胶黏试纸缠绕样品一周,使试纸伸出样品 20 mm 。试纸应位于火焰内部蓝色锥形火焰与样品接触点以上 250 mm 处,将一层厚度不超过 6 mm 的干燥纯药棉放置在样品的下面,从药棉到火焰施加点的距离为 250 mm 。

应使用 GB/T 5169.15 或 ASTM D5025 中描述的实验室燃烧器进行试验。燃料应为具有以下特性的甲烷、天然气、丙烷或丁烷。

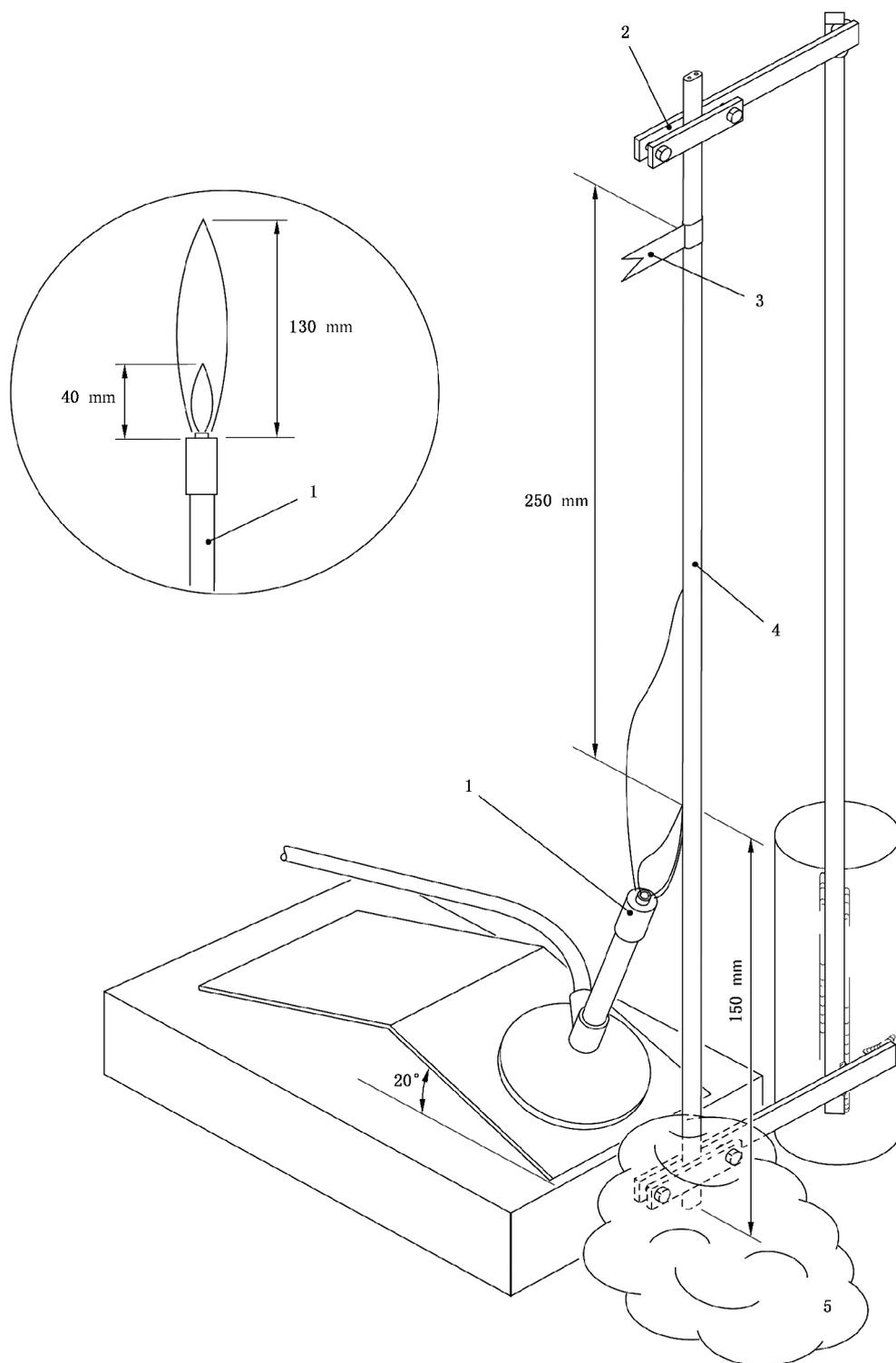
- a) 甲烷或天然气——对于甲烷:工业纯(T.P.),最低纯度 98%;对于甲烷或天然气:25 °C 时热值 $(37 \pm 1) \text{ MJ/m}^3$ 。
- b) 丙烷——工业纯(T.P.),最低纯度 98%,25 °C 时热值 $(94 \pm 2) \text{ MJ/m}^3$ 。
- c) 丁烷——化学纯(CP),最低纯度 99%,25 °C 时热值 $(120 \pm 3) \text{ MJ/m}^3$ 。

如图 1 所示,火焰的高度应调整为 130 mm ,其内部蓝色锥形火焰的高度为 40 mm 。燃烧器应与垂直方向倾斜 20° 角,并将火焰施加到样品上,使火焰内部蓝色锥形火焰前端在原色试纸以下 250 mm 处和样品底端以上大约 150 mm 处与样品接触。对于端接组件,火焰的设置应使其接触最脆弱点处的材料。用于支撑样品的夹具应在试纸上方,并在火焰施加点以下至少 80 mm 处。对于对伴热垫、伴热板,火焰施加在样品的水平中点,原色试纸垂直于火焰上方,尺寸如图 1 所示。

燃烧器应朝向样品移动,直到内部蓝色锥形火焰接触样品,如图 1 所示。施加火焰 15 s ,然后移开火焰 15 s 后重新施加,如此重复进行 5 次。

如果伴热器在 5 次施加火焰后持续燃烧不超过 1 min ,伴热器上伸出的原色试纸燃烧不超过 25%,且落下的燃烧颗粒未引燃药棉,则试验结果被视为满足要求。

注:本规定等效于 GB/T 5169.15 和 ASTM D5207 中规定的点燃源。



标引序号说明：

1——燃烧器；

2——支撑；

3——原色试纸标记；

4——试验样品；

5——干燥的纯药棉。

图 1 燃烧试验

5.1.5 冲击试验

注：电伴热器在大多数情况下都有保温层覆盖，由此能提供一定的机械保护。然而，在某些情况下，伴热器可能不是在始终有保温层保护的条件下安装，例如，在施加保温层之前的安装期间，或者伴热器从保温层中引出进入到接线盒的位置。

5.1.5.1 室温冲击试验

将长度约 450 mm 的样品放置和平钢板上(质量等于或大于 20 kg, 尺寸约 195 mm×195 mm×70 mm)。该钢板置于刚性基底上, 使得由基底吸收的冲击能量可忽略不计。然后在其上面平放一段直径为 25 mm 的钢质半圆柱, 样品位于圆柱中间位置下方。当用于伴热垫和伴热板试验时, 钢质圆柱的长度应为 25 mm, 并带有半径约 5 mm 的光滑倒圆(见图 2)。进行试验时, 将钢质圆柱水平放置在样品上。对于横截面为非圆形的伴热器, 其放置的状态应使冲击力沿短轴方向施加(即将伴热器平放在钢板上)。

除非试验针对仅预期用于低机械损伤风险的场所的伴热器, 否则试验应采用质量为 $1.0^{+0.01}_0$ kg 的冲击锤从 $0.7^{+0.01}_0$ m 的高处落下冲击到水平放置的圆柱上。

对预期用于低机械损伤风险的场所的伴热器, 按照 4.2 的规定, 冲击高度可减少到 $0.4^{+0.01}_0$ m。承受这种冲击试验的伴热器应按照 7.4e) 的规定明确标志, 以警示用户其已降低的机械能力。

冲击后, 在钢质圆柱及冲击锤仍位于样品上的情况下, 立即按照 5.1.2 和 5.1.3 的规定进行电气绝缘试验, 检验是否符合要求。

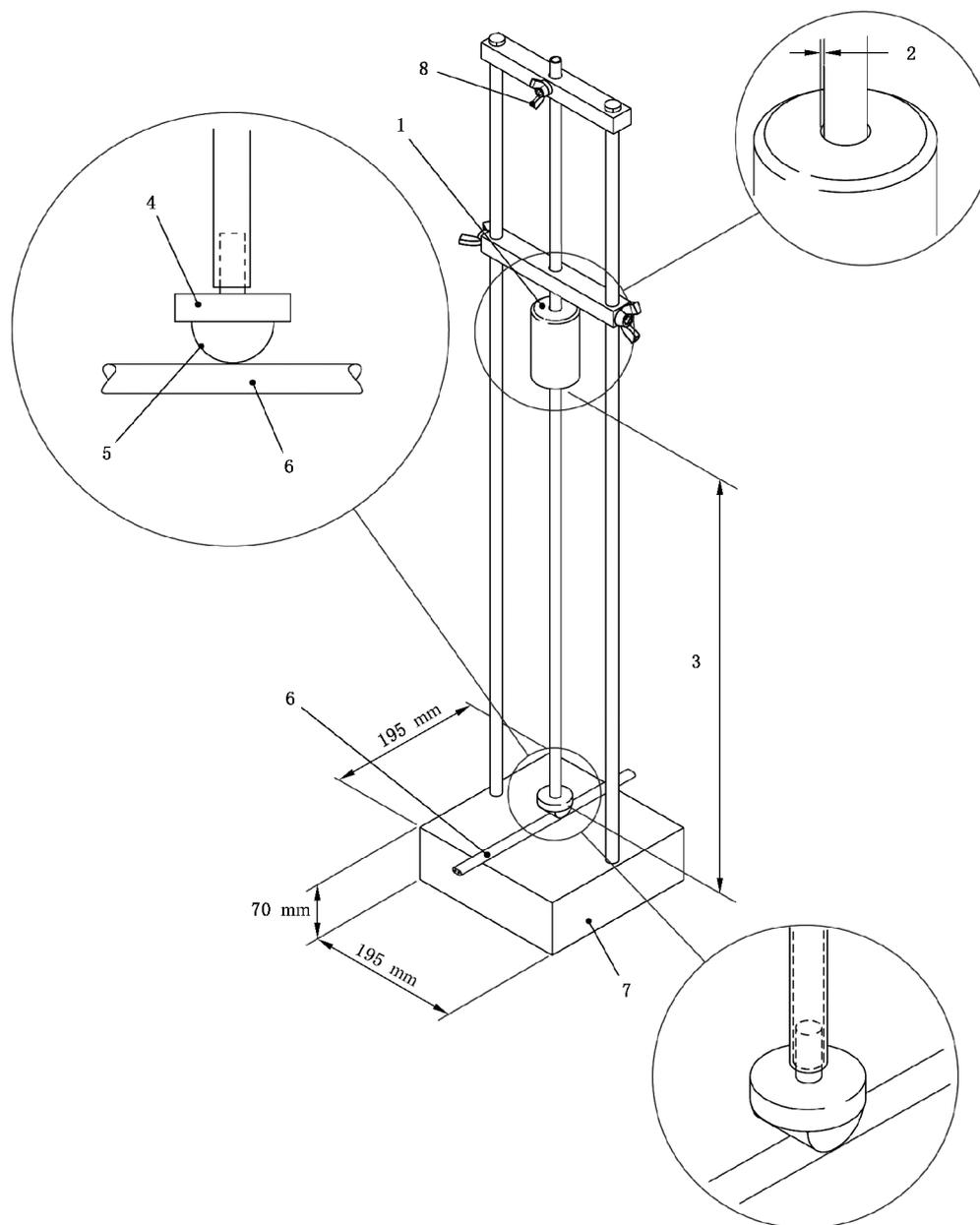
5.1.5.2 最低温度冲击试验

将长度约 450 mm 的样品放置和平钢板上(质量大于或等于 20 kg, 尺寸约 195 mm×195 mm×70 mm)。该钢板置于刚性基底上, 使得由基底吸收的冲击能量可忽略不计。然后将组件在制造商规定的最低安装温度下处理至少 4 h。用于该试验的装置如图 3 所示。

处理后, 除预期用于低机械损伤风险的场所的伴热器的试验外, 在样品处于最低安装温度下时, 应承受直径为 50.8 mm, 带有半径约 5 mm 的光滑倒圆, 质量为 $1.8^{+0.02}_0$ kg 的钢质圆柱塞从 $0.76^{+0.01}_0$ m 的高处自由落下。

对预期用于低机械损伤风险的场所的伴热器, 按照 4.2 的规定, 冲击高度可减少到 $0.42^{+0.01}_0$ m。承受这种冲击试验的伴热器应按照 7.4e) 的规定明确标志, 以警示用户其已降低的机械能力。

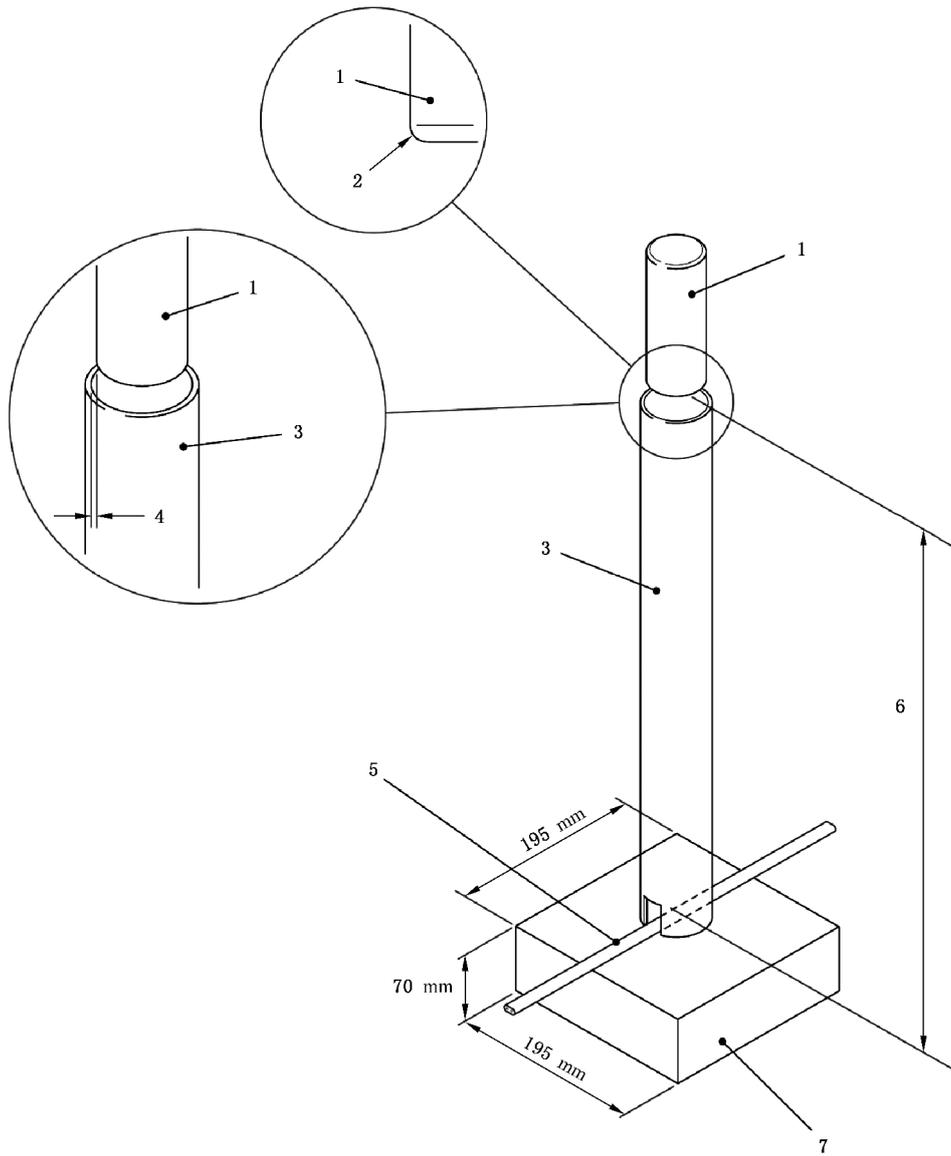
然后将样品的受冲击部分在室温下浸于自来水中至少 5 min, 并进行 5.1.2 的介电强度试验和 5.1.3 的绝缘电阻试验。对伴热垫和伴热板, 加热区域和冷端引线都应受到冲击。



标引序号说明：

- | | |
|---------------------------|---|
| 1——质量为 1 kg 的冲击锤； | 5——半圆柱体，直径 25 mm，总长度 25 mm，边缘倒圆半径 5 mm； |
| 2——允许自由下落的足够间隙； | 6——伴热器样品； |
| 3——冲击锤下落高度：0.7 m 或 0.4 m； | 7——最小质量为 20 kg 的底座； |
| 4——冲击板（松弛的插进导向管）； | 8——导向管固定螺钉，使导向管不落在冲击板上。 |

图 2 室温冲击试验示例



标引序号说明：

- 1——质量为 1.8 kg、直径为 50.8 mm 的冲击锤；
- 2——光滑圆角(约 5 mm 的倒圆)；
- 3——导向管；
- 4——允许自由下落的足够间隙；

- 5——伴热器样品；
- 6——冲击锤下落高度:0.76 m 或 0.42 m；
- 7——最小质量为 20 kg 的底座。

图 3 最低温度冲击试验示例

5.1.6 变形试验

将长度约 450 mm 样品放置在平钢板上。通过一根直径为 6 mm、长度为 25 mm、端部为半球形的钢棒向样品施加 1 500 N 的无冲击压力,作用时间 30 s。进行试验时,将钢棒平放在样品上成直角。对于伴热垫,钢棒应与有效元件十字交叉放置。

对预期用于低机械损伤风险的场所的伴热器,压力可降至 800 N。承受这种试验的伴热器应按照 7.4e) 的规定明确标志,以警示用户注意其已降低的机械能力。

压力负载施加至少 30 s 后,在水平钢棒仍位于样品上并施压的情况下,按照 5.1.2 和 5.1.3 的规定进行电气绝缘试验,检验是否符合要求。

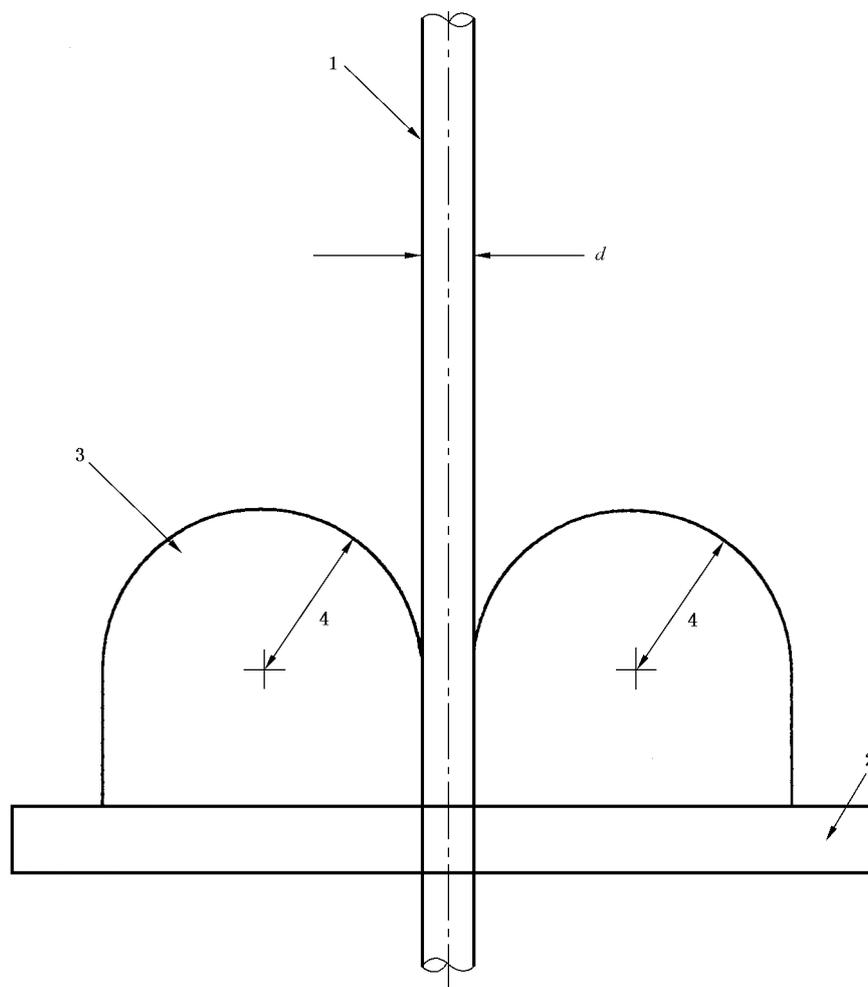
5.1.7 冷态弯曲试验

该试验仅针对规定最小弯曲半径小于 300 mm 的伴热器进行。

系统文件应规定最低安装温度以及最小弯曲半径。

冷态弯曲试验所用的装置如图 4 所示,金属卷筒半径等于制造商规定的最小弯曲半径。长度至少 450 mm 的伴热器样品,不带整体接头或连接件,按图示安装在装置上。装置和样品均应放置在冷箱内,温度保持在制造商规定的最低安装温度下不少于 4 h。在此阶段结束前,且仍在制造商规定的最低安装温度下时,样品应绕着一个卷筒弯曲至少 90°,然后相反方向绕着第二个卷筒再弯曲至少 180°,再竖直回到初始位置。所有弯曲操作应保持在一个平面内进行。这样的操作循环应进行 3 次。

按照 5.1.2 和 5.1.3 的规定进行电气绝缘试验,检验是否符合要求。



标引序号说明:

- 1 —— 伴热器样品;
- 2 —— 钢制底座;
- 3 —— 金属卷筒;
- 4 —— 制造商规定的最小弯曲半径;
- d —— 伴热器直径或一次弯曲平面。

图 4 冷态弯曲试验

5.1.8 耐水试验

将 5.1.1 中所述的伴热器样品(不包括整体元件)浸入自来水中 14 d。伴热器端部不浸水。

上述处理后 1 h 内,且样品仍浸在水中时,应进行 5.1.2 的介电强度试验和 5.1.3 的绝缘电阻试验。

5.1.9 整体元件耐水试验

将包含整体元件的伴热器样品放置在自来水中,给排水装置如图 5 所示。对于伴热垫或伴热板,应使用带有冷端引线的单元。开始注入水流并使样品完全浸入水中。此时,停止注水并给伴热器通电。然后装置开始排水。从水流开始注入到水流完全排空的全部时间应不超过 4.5 min,但不少于 2.5 min。当水流排空后伴热器应继续通电至少 30 s。然后停止伴热器通电,开始下一个循环的水流注入。试验应持续 24 h。全部试验完成后,应进行 5.1.2 的介电强度试验和 5.1.3 的绝缘电阻试验。伴热器的连接件浸水后,应检查确认其没有水渗入。

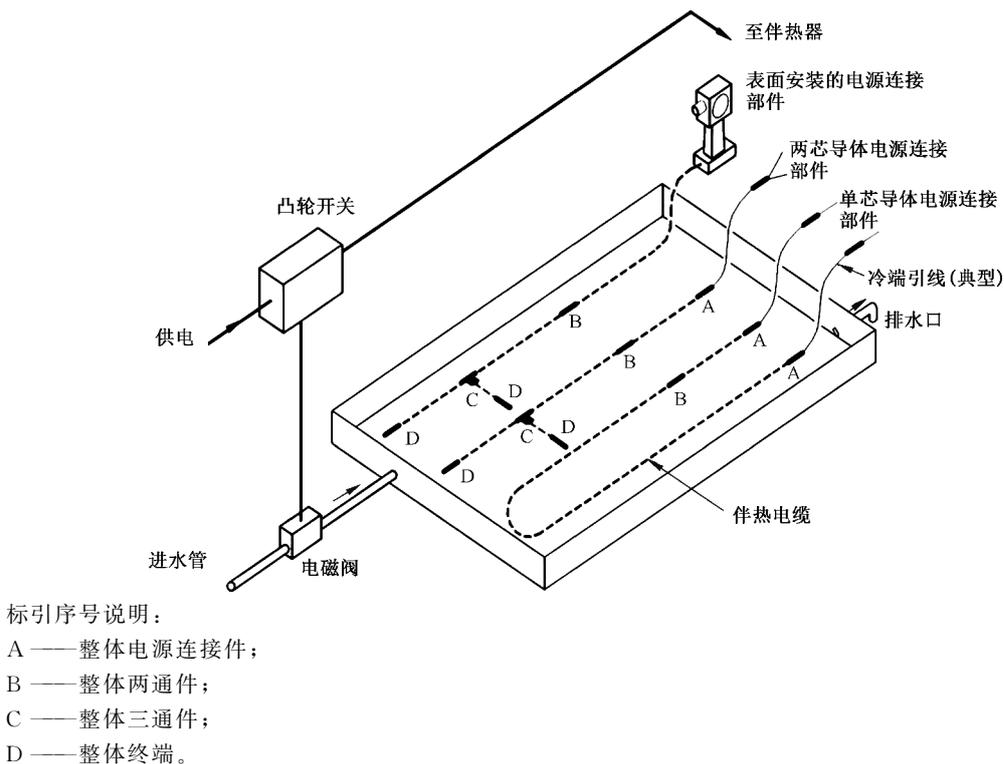


图 5 整体元件耐水试验

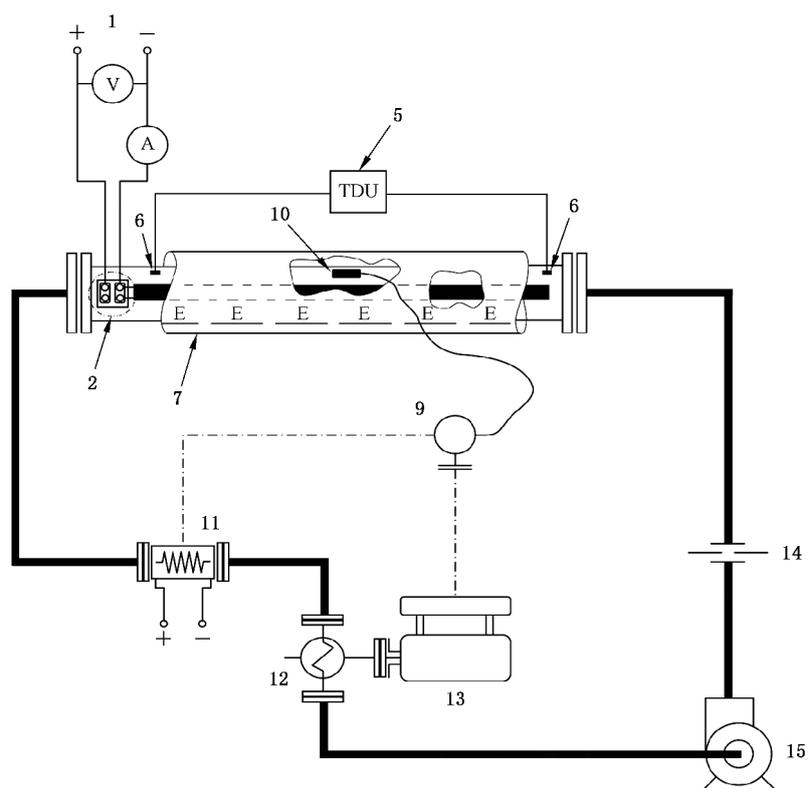
5.1.10 额定输出功率验证

伴热器、伴热垫或伴热板的额定输出功率应按以下两种方法之一进行验证。

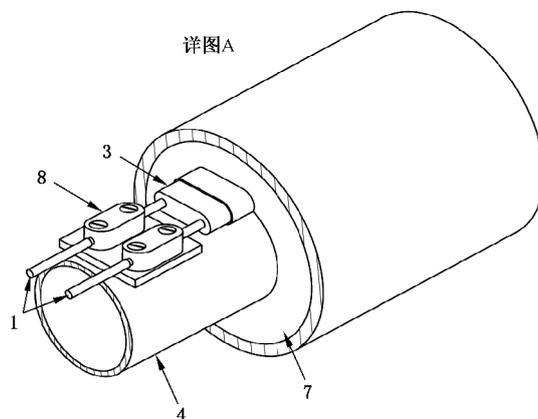
- a) 电阻:在规定温度下测定的单位长度上的直流电阻应在制造商声明的容差范围内。
注:该方法适用于带有金属加热元件的产品。
- b) 热:伴热器热输出功率通过将 3 m~6 m 长的单根伴热器样品安装在直径为 50 mm 或更大的碳钢管上进行测定,如图 6 所示。样品按照制造商的说明书安装。试验装置被厚度至少为 25 mm 的保温层完全包裹。
对于伴热垫或伴热板,试验在液冷式金属平板上进行,伴热垫或伴热板表面被厚度至少为 25 mm 保温层覆盖。

选择适当的热传导液体以充分的流速在管道内循环以形成湍流,从而可以使流体和管道之间的温差忽略不计。热传导液体的温度保持恒定。通过设在管道进口和出口处的热电偶验证这些参数。液体流速应保持在从管道一端到另一端形成的温度差不超过 2 K。

伴热器的热输出功率在三个工件温度下进行测量,这三个温度代表了伴热器的整个运行范围。伴热器在额定电压下通电并达到平衡。在每一试验温度下都要记录下电压、电流、液体温度,以及样品长度。三个独立的测量分别在三个样品上进行。测量结果应在制造商声明的容差范围内。



详图A



标引序号说明:

- | | |
|---|------------|
| 1——受控电压源; | 10——温度传感器; |
| 2——见详图 A; | 11——在线加热器; |
| 3——伴热器样品; | 12——热交换器; |
| 4——外径 50 mm 或更大的管道(工件); | 13——冷却装置; |
| 5——温度显示器(TDU); | 14——流量计; |
| 6——热电偶; | 15——泵; |
| 7——玻璃纤维保温材料,最小厚度 25 mm,密度约 3.25 kg/m ³ ; | Ⓧ——电压表; |
| 8——电气接线端子; | ⓐ——电流表。 |
| 9——温度控制器; | |

图 6 额定输出功率验证

5.1.11 电气绝缘材料的热稳定性

伴热器样品应放置在强制循环空气烘箱中。烘箱应加热到制造商声明的最高耐受温度加 20 K,并保持 4 周。

样品应从烘箱中取出并冷却至室温。伴热器应绕芯轴缠绕 6 圈,芯轴半径等于伴热器直径或厚度的 6 倍。整体元件和伴热板不应缠绕在芯轴上。伴热垫应缠绕在芯轴上,芯轴半径等于制造商建议的最小弯曲半径。当仍在芯轴上时,样品(接头或尾端导体暴露部分除外)应浸没在自来水中至少 5 min。当仍在自来水中时,应进行 5.1.2 的介电强度试验和 5.1.3 的绝缘电阻试验。完成后,样品应从水中取出,并且在正常目视检查时不应有可见裂缝。

对于电气绝缘为吸潮材料的 MI 伴热器防潮密封接头(例如冷端密封),应在 $(80 \pm 2)^\circ\text{C}$ 且相对湿度不低于 90%的条件下存放 4 周。按照 5.1.2 和 5.1.3 的规定,对样品进行电气绝缘试验,检验是否符合要求。

5.1.12 热性能试验

在爆炸性环境中,伴热器的最高护套温度低于爆炸性环境的点燃温度是非常关键的。该试验通过验证并联伴热器产品相对于时间的输出功率稳定性来证明热安全性。

试验装置由一个保持在规定的试验温度下的加热金属压板和一个保持在规定的低试验温度下的冷却金属压板组成,试验样品在压板之间交替。或由一个具有内置加热和冷却能力的金属压板组成,在规定的温度水平内改变温度。该装置放置在室温环境中。压板的尺寸应使伴热器在正常安装条件下暴露的所有部分暴露在此程序要求的温度水平下。试验装置应确保伴热器与压板紧密接触。试验装置可提供样品安装夹具。可以在夹具或压板中内置补偿装置,以容纳尺寸轮廓超过伴热器轮廓的终端/电源过渡配件/护套(如果提供)。该装置应允许在试验过程中根据需要给伴热器通电。

样品应在不面对压板的一侧进行隔热,以确保从压板到伴热器的有效热传递。

压板温度应均匀控制,如果压板温度低于 100°C ,最大容差为 $\pm 5^\circ\text{C}$;如果高于 100°C ,最大容差为最高连续运行温度的 5%。

上述压板可以是平金属板、金属管或代表受试伴热器的大多数应用的金属表面。

伴热器样品应在制造商声明的热输出功率容差的上半部分内,经 5.1.10(方法 B)所确认。对于形状不规则的伴热器以及伴热垫和伴热板,样品应至少包括一个加热单元。

如果伴热器是伴热器产品系列的一部分,具有共同的材料(具有相同性能等级的材料)和结构,具有不同额定电压和输出功率,则应选择以下每项中的三个样品(总共六个样本):

- a) 最低额定电压等级和最大额定输出功率;
- b) 最高额定电压和最小额定输出功率。

在开始试验之前,伴热器可在制造商声明的最高连续运行温度下以最高额定电压运行 150 h。

最小长度至少为 0.3 m 的伴热器样品,应安装在样品安装夹具上或直接施加于压板。样品应在最高额定电压下供电。压板的温度应为 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。样品的初始输出功率应通过在夹具达到平衡后测量电压和电流来确定。

连续并联结构的伴热器样品,当仍安装在样品安装夹具或压板上且在最高额定电压下通电时,应通过交替将样品暴露于与 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ 和最高连续运行温度相对应的压板温度来进行温度循环。样品可在冷却期间断电。

区段式并联结构的伴热器应以相同的方式进行温度循环,但当样品未保持在最高连续运行温度时应断电。

如果循环温度范围超过 350°C ,则下限温度可设定为比最高连续运行温度低 350°C 。

通电的样品应暴露在每个极限温度下至少 15 min,极限之间的过渡时间不应超过 15 min,每个循

环是在两个极限温度下的一次完全暴露。

伴热器样品应承受 5 个连续温度循环的预处理期。然后应进行至少 1 500 次循环。应连续监测伴热器的输出功率,在冷循环的最后 300 s 内记录测量值,间隔不超过 50 个热循环。在样品具有区段式并联结构的情况下,应在热循环的最后 300 s 内测量输出功率。

在温度循环之后,压板的温度应升高到制造商声明的最高连续暴露温度或最高间歇暴露温度(如果更高),并保持不少于 250 h。

如果最高间歇暴露温度声明为通电情况下,则样品应在最高额定电压下通电。

完成最高暴露试验后,应使用与初始测量期间使用的相同方法和压板温度测量伴热器的输出功率。伴热器应保持在初始测得输出功率 $+25\%$ 或 -25% 之内的功率级别。这适用于终点以及中间测量。

5.1.13 最高护套温度的测定

5.1.13.1 通则

在爆炸性环境中,伴热器的最高护套温度低于爆炸性环境的点燃温度是非常关键的。最高护套温度取决于伴热器的功率密度、总传热系数和被加热表面的最高可能温度。这些因素用于验证特定伴热器的温度组别,并用于验证制造商预测伴热器最高护套温度的能力。

应至少采用下列两种方法之一验证制造商声明的护套温度或温度组别。

- a) 产品分级法,其中最高护套温度在模拟不利条件的人工环境中进行。
- b) 系统法,其中当按照制造商的安装说明安装时,通过在代表不利设计和工作条件的代表性装置上进行试验,证明制造商设计和预测伴热器护套温度的能力。

5.1.13.2 产品分级法

将至少 1 500 mm 长的伴热器样品,松弛地绕成盘状放置在一台强制空气循环的烘箱内。对伴热垫或伴热板,代表性样品水平放置在烘箱中。样品应在伴热器热输出功率容差的上半部分之内。使用有代表性的热电偶来监测样品护套温度,并放置在距每端约 500 mm 处。另一只热电偶用来监测烘箱内的环境温度。伴热器的电源电压应按表 2、表 3 的规定为其额定电压的 110%,烘箱内的环境温度从室温起,以约每 15 K 为一挡递增。可以在每一个温度上停留足够的时间,以使烘箱环境温度和伴热器护套温度稳定并达到热平衡。在每个温度等级上记录烘箱环境温度和伴热器护套温度,直到二者间的温差(ΔT)不大于 5 K。根据试验数据绘出一条曲线,并在 5 K 的温差点绘出一条直线与曲线相切,并延长至与横坐标轴(烘箱温度)相交。交点上的温度读数作为最高护套温度,如图 7 所示。

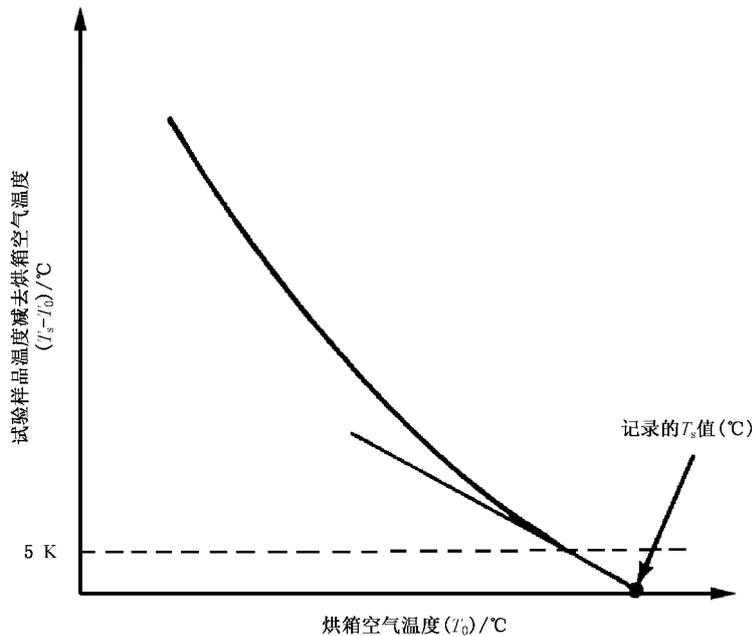


图 7 使用产品分级法的护套最高温度

5.1.13.3 系统法——稳态设计和受控设计验证

在系统法中,伴热器承受相应试验条件,通过按 5.1.13.4.2~5.1.13.4.5 所述在应用代表试验装置进行试验,并将护套温度结果与预测值进行比较,从而证明制造商预测最高护套温度的能力。

该方法用于稳态设计和受控设计温度验证。根据认证机构和制造商之间达成的协议,通过对各种参数(例如功率密度和管道温度)进行采样来验证护套温度。对于受控设计温度验证,这些程序用于确认通过合适的组合温度限制和调节控制装置或通过合适的高温限制装置控制时,制造商预测的最高伴热器护套温度(见 4.5.3.2、A.7.2 和 A.7.4)。伴热器的最高护套温度不应超过预测值 10 K 以上,且温度不应超过制造商声明的最高耐受温度。

伴热器应按表 2、表 3 的规定以额定电压的 110% 供电。选择用于最高护套温度试验的伴热器应位于制造商声明的输出功率容差的上半部分,或对于串联伴热器或并联区段式伴热器,试验条件应达到类似的结果。所有最高护套温度试验应在最高环境温度(或把环境试验温度数据扩展到最高环境温度水平)和无风条件下进行。对于稳态系统设计验证,所有温度试验应在伴热器持续通电运行(控制被旁路)的情况下进行。对于受控设计,温度试验应在控制或限制器系统就位的情况下进行。受控设计包括每个伴热器回路中都包含组合温度限制和调整装置或合适的高温限制器(具有手动复位控制或报警通知和伴热器关闭功能)的系统。在这些情况下,最高护套温度应在当加热表面处于控制器关闭点时测量,加上控制器的精度容差并根据系统热惯量进行调整。

如果伴热器有多个额定输出功率,则应在三个输出功率处进行试验,或在其他三个不同的参数下进行试验,例如保温层类型或厚度(如适用),以满足认证机构的要求。

5.1.13.4 试验装置和程序

5.1.13.4.1 通则

应使用以下试验装置之一来确定伴热器的输出功率并验证护套温度。

5.1.13.4.2 保温的外部加热表面——管道雕塑

对用于管道的保温伴热器,图 8 所示的试验装置由管径为 100 mm(根据应用可使用较大或较小的

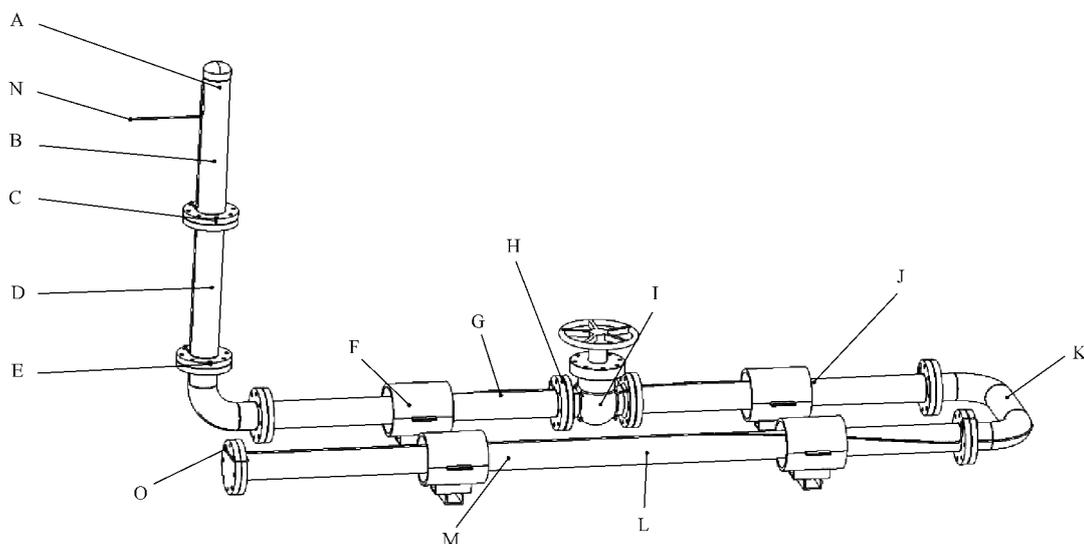
管道)的两个 3 m(最小长度)U 形布置水平管段和一个 1.5 m 垂直管段构成。管道应为空管。在水平管段的中部安装一个法兰闸阀。伴热器的安装方法应符合制造商的安装说明(如有规定,包括自身交叉),并位于管道圆周的 9 点钟和 3 点钟位置之间(管道的上部)。提供的样品应覆盖试验装置的整个长度,如图 8 所示,且应在伴热器热输出功率容差的上半部分内,或对于串联伴热器或并联区段式伴热器,需要考虑试验条件以达到相似的结果。应采用热电偶监测管道、阀门和法兰表面温度以及在每个位置对应的伴热器护套温度。热电偶和连接电缆的选型及布置应使其不会显著影响温度测量的热行为,例如 0.2 mm^2 或更小尺寸的 K 型或 J 型热电偶。金属护套和加热金属表面的热电偶应适当黏附,以尽量减少测量误差。对于其他导电防护层、聚合物护套和非金属加热表面,热电偶应使用合适的黏合剂/胶带系统黏附。附加热电偶可由认证机构决定放置其他预期热点上。管道系统应采用至少 25 mm 均匀厚度的保温层保温,例如硅酸钙或膨胀珍珠岩。管道末端应封堵并保温。可在试验部分的任何一端增加额外的伴热电缆长度,以减少端部效应。

伴热器应按表 2、表 3 的规定以额定电压的 110% 供电。稳定后,应记录热电偶的读数,包括局部环境温度。制造商应证明其预测失控管道(工件)温度(T_{pr})和最高护套温度的能力。

使用受控设计法时,控制传感器应按照制造商的说明安装在管道中点处或附近。基于温度控制装置或限制器设定点的预测的最高护套温度应与测量的最高伴热器护套温度进行比较。

为了使用组合温度限制和调节装置或合适的高温限制器来验证受控设计法,应按照制造商的说明安装高温控制装置或限制器传感器。对于温度控制装置或限制器的具体设定点,预测的最高护套温度应与测量的护套温度进行比较。

测量的护套温度不应超过制造商计算值 10 K 以上,且不应超过制造商声明的最高耐受温度。



标引序号说明:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| A —— 管道和伴热器护套热电偶; | I —— 阀体和伴热器护套热电偶; |
| B —— 管道和伴热器护套热电偶; | J —— 隔离支撑; |
| C —— 法兰和伴热器护套热电偶; | K —— 管道和伴热器护套热电偶; |
| D —— 管道和伴热器护套热电偶; | L —— 管道和伴热器护套热电偶; |
| E —— 法兰和伴热器护套热电偶; | M —— 管道和伴热器护套热电偶; |
| F —— 隔离支撑; | N —— 伴热器电源连接; |
| G —— 管道和伴热器护套热电偶; | O —— 伴热器终端。 |
| H —— 法兰和伴热器护套热电偶; | |

图 8 使用管道雕塑验证护套温度

5.1.13.4.3 保温的外部加热表面——容器

对于伴热垫和伴热板,应按照制造商的安装说明,在约 6 mm 厚的钢板上施加代表性样品。从伴热垫和伴热板的任何边缘到钢板的距离均不应超过 50 mm。应使用热电偶监测伴热垫或伴热板最中心区域或最热点处的板温和相应的伴热垫或伴热板护套温度。伴热垫和伴热板样品应在其热输出功率容差的上半部分内,或需要考虑试验条件以获得相似的结果。热电偶和连接电缆的选型及布置应使其不会显著影响温度测量的热行为,例如 0.2 mm² 或更小尺寸的 K 型或 J 型热电偶。金属护套和加热金属表面的热电偶应适当黏附,以尽量减少测量误差。对于其他导电防护层、聚合物护套和非金属加热表面,热电偶应使用合适的黏合剂/胶带系统黏附。附加热电偶可由认证机构决定放置其他预期热点上。板的加热侧应按照制造商的安装程序采用均匀厚度的保温材料进行保温。板垂直放置在稳定无风的室温环境中。

伴热垫、伴热板应按表 2、表 3 的规定以额定电压的 110% 供电。稳定后,应记录热电偶的读数,包括局部环境温度。测量的护套温度不应超过制造商的计算值 10 K 以上,且不应超过制造商声明的最高耐受温度。

使用受控设计法时,控制传感器应按照制造商的说明安装在距离伴热垫和伴热板至少 25 mm 处。对于合适的组合温度限制和调节控制装置或合适的高温限制器的具体设定点,预测的最高护套温度应与测量的最高加热装置护套温度进行比较。测量的护套温度不应超过制造商的计算值 10 K 以上,且不应超过制造商声明的最高耐受温度。

5.1.13.4.4 保温的外部加热表面——管束

对于管束,试验装置应由 4.5 m 长的伴热管束组成。管束中的管数量及其直径应由制造商和认证机构商定。应使用热电偶监测管束中点区域的管道和相应的加热器护套温度。热电偶和连接电缆的选型及布置应使其不会显著影响温度测量的热行为,例如 0.2 mm² 或更小尺寸的 K 型或 J 型热电偶。金属护套和加热金属表面的热电偶应适当黏附,以尽量减少测量误差。对于其他导电防护层、聚合物护套和非金属加热表面,热电偶应使用合适的黏合剂/胶带系统黏附。附加热电偶可由认证机构决定放置其他预期热点上。

加热装置应按表 2、表 3 的规定以额定电压的 110% 供电。稳定后,应记录热电偶的读数。使用受控设计法时,控制传感器应按照制造商的说明安装在管束中点处或附近。基于温度控制装置或限制器设定点的预测的最高护套温度应与测量的最高伴热器护套温度进行比较。

测量的护套温度不应超过制造商的计算值 10 K 以上,且不应超过制造商声明的最高耐受温度。

对于最高温度试验,管束内的管道应为空,并记录最高护套温度。对于输出功率试验,当验证功率级别时,管束内的管道应包含额定温度值的流动水或水乙二醇。

5.1.13.4.5 护套温度验证——利用板试验程序

该程序可用于代替 5.1.13.4.2 的护套温度验证部分。

应使用 5.1.13.4.2 中的试验装置和程序以及表 2、表 3 中的设计条件来确定将作为板温之一的最高工件温度。使用该试验方法时,制造商应证明其使用 5.1.13.4.2 中的试验方法预测失控管道(工件)温度(T_{pr})的能力。

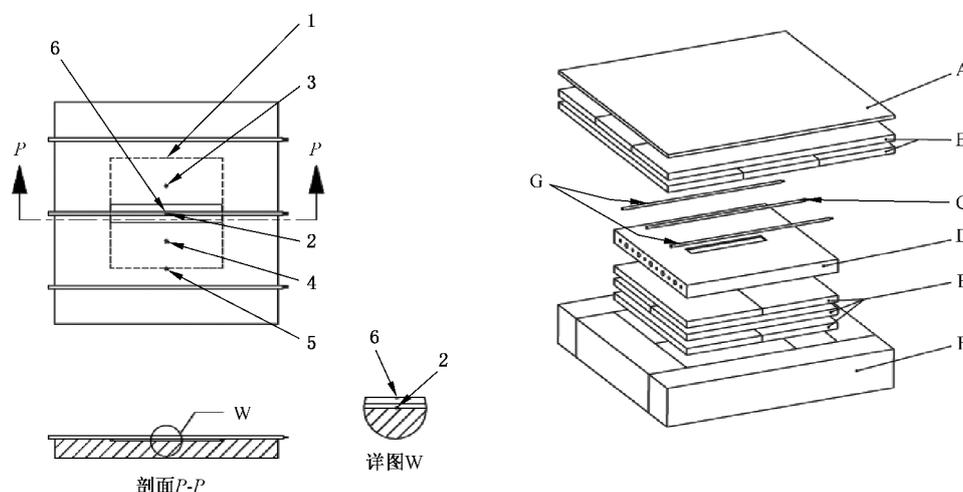
图 9 所示的试验装置应由带管式加热器的 600 mm×600 mm×50 mm 铝板、温度控制器和冷却通道组成。在板的中心是一个槽(约 300 mm×50 mm×5 mm),在其上放置伴热器。该板底部应有约 75 mm 的硅酸钙保温材料,两侧应有约 150 mm 宽的矿棉保温材料。装置顶部有两层保温,每层由三个部分组成,每个部分为约 900 mm×300 mm×25 mm 硅酸钙或与认证机构商定的其他合适的保温材料。刚性保温材料应在 300 °C 下退火 4 h,以减少使用过程中开裂的可能性。刚性保温材料应直接位于

样品上,并由两个尺寸与样品相同的未通电伴热器支撑,如图9所示。端部和侧面间隙应填充矿棉或刚性保温材料,顶部应放置900 mm×900 mm×13 mm木板(约10 kg)以减少可能的间隙。伴热器应在其热输出功率容差的上半部分内,或者对于串联伴热器或并联区段式伴热器,试验条件应达到类似的结果。伴热器的长度至少应为600 mm,使整个加热部分与板接触,如图9所示。或者,将伴热器在板上弯曲成蛇形,以确保样品的整个加热部分与板接触,如图10所示。在这种情况下,不需要支撑保温材料的两个未通电伴热器。伴热器应固定到位,且允许伴热器热膨胀。单个热电偶应位于槽区中部的伴热器护套顶部,温度传感器应位于300 mm×300 mm试验区域内以控制板温度,三个附加热电偶应位于板上,如图9或图10所示。热电偶和连接电缆的选型及布置应使其不会显著影响温度测量的热行为,例如0.2 mm²或更小尺寸的K型或J型热电偶。金属护套和加热金属表面的热电偶应适当黏附,以尽量减少测量误差。对于其他导电防护层、聚合物护套和非金属加热表面,热电偶应使用合适的黏合剂/胶带系统黏附。

对于允许交叉的伴热器,两个伴热器应相互垂直安装,与槽的中心线成45°,如图11所示。或者,将单个样品自交叉,与槽的中心线成45°,以确保整个加热部分与板接触,如图12所示。在这种情况下,三个热电偶安装在伴热器护套上,在中心点及距离中心75 mm和150 mm处。刚性保温材料应直接平放在顶部样品和附加支撑上,以保持保温材料平行于板。

板温应设定为指定的工件温度。当板温控制器和三个板热电偶彼此在2 °C以内时,板温应被认为是稳定的。然后,伴热器应按表2、表3的规定以额定电压的110%供电。稳定后,当护套温度变化率在30 min内小于2 K时,应记录护套温度、输出功率和板温。应调整记录的输出功率以补偿与冷端引线和/或电源连线相关的任何电压降。护套温度测量的验证应在三个板温和三个输出功率(即9组测量)下进行(如适用),以满足认证机构的要求。

测量的护套温度不应超过制造商的计算值10 K以上,且不应超过制造商声明的最高耐受温度。

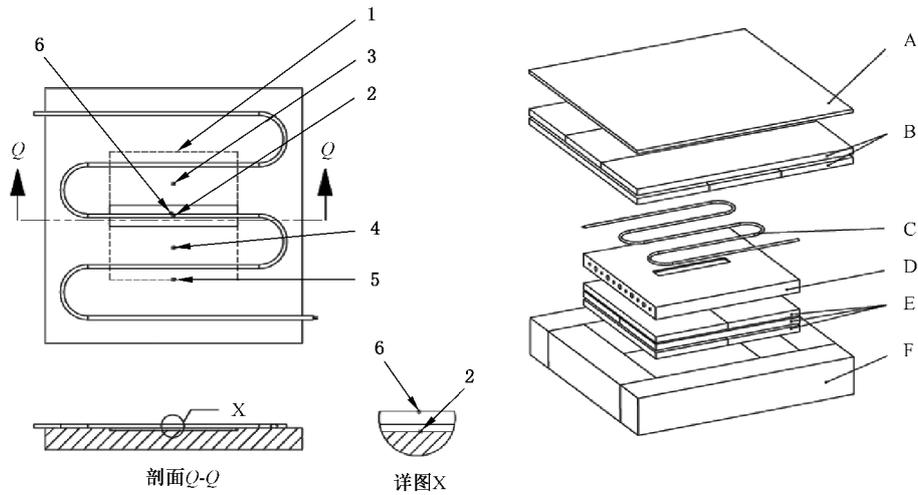


标引序号说明:

- 1——300 mm×300 mm 试验区域;
- 2——槽底表面的热电偶;
- 3——距槽中心线 75 mm 的板温控制点;
- 4——距板中心 75 mm 的热电偶;
- 5——距板中心 150 mm 的热电偶;
- 6——试验样品上的热电偶;

- A——木板;
- B——两层刚性保温材料;
- C——试验样品;
- D——600 mm×600 mm 板;
- E——板下 75 mm 保温材料;
- F——板边 150 mm 矿棉;
- G——两个未通电支撑伴热器。

图9 护套温度验证——板试验



标引序号说明：

1——300 mm×300 mm 试验区域；

2——槽底表面的热电偶；

3——距槽中心线 75 mm 的板温控制点；

4——距板中心 75 mm 的热电偶；

5——距板中心 150 mm 的热电偶；

6——试验样品上的热电偶；

A ——木板；

B ——两层刚性保温材料；

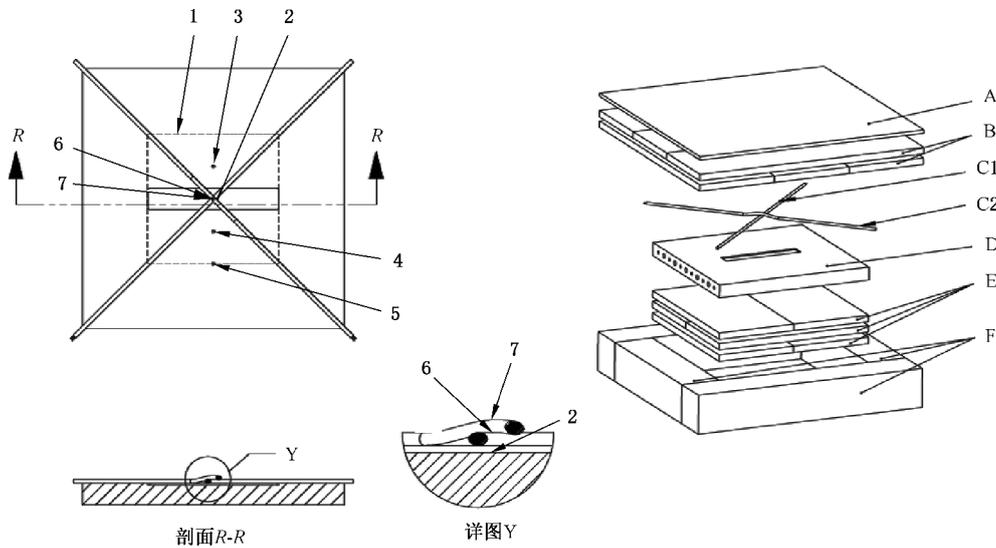
C ——试验样品；

D ——600 mm×600 mm 板；

E ——板下 75 mm 保温材料；

F ——板边 150 mm 矿棉。

图 10 护套温度验证——蛇形样品的板试验



标引序号说明：

1——300 mm×300 mm 试验区域；

2——槽底表面的热电偶；

3——距槽中心线 75 mm 的板温控制点；

4——距板中心 75 mm 的热电偶；

5——距板中心 150 mm 的热电偶；

6——试验样品上的热电偶；

7——中心交叉点；

A ——木板；

B ——两层刚性保温材料；

C1 ——下部试验样品；

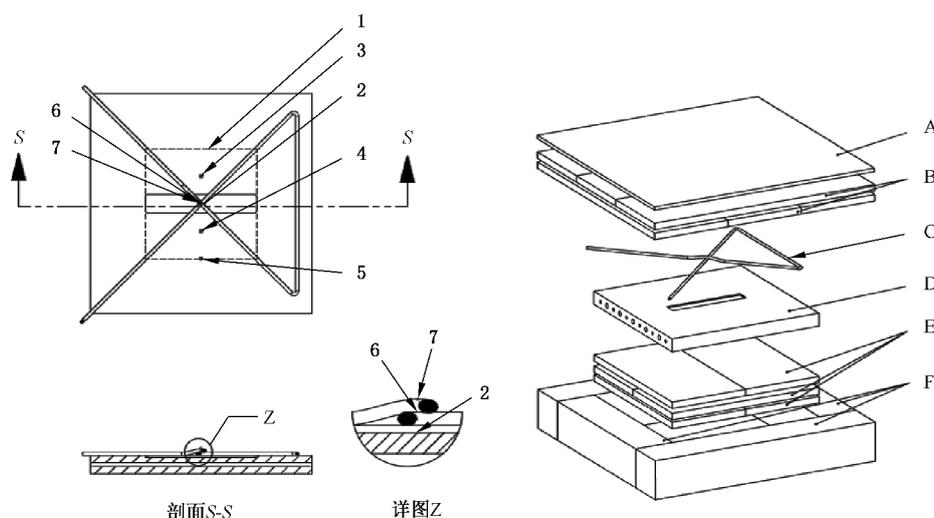
C2 ——上部试验样品；

D ——600 mm×600 mm 板；

E ——板下 75 mm 保温材料。

F ——板边 150 mm 矿棉。

图 11 两个样品交叉的板试验



标引序号说明：

- 1——300 mm×300 mm 试验区域；
- 2——槽底表面的热电偶；
- 3——距槽中心线 75 mm 的板温控制点；
- 4——距板中心 75 mm 的热电偶；
- 5——距板中心 150 mm 的热电偶；
- 6——试验样品上的热电偶；
- 7——中心交叉点；

- A——木板；
- B——两层刚性保温材料；
- C——自身交叉的试验样品；
- D——600 mm×600 mm 板；
- E——板下 75 mm 保温材料；
- F——板边 150 mm 矿棉。

图 12 单个样品交叉的板试验

5.1.14 启动电流验证

伴热器的启动电流应按制造商所指定作为启动温度的函数进行测量。应将至少 1 m 长的伴热器样品,按制造商的使用说明书安装在一根直径至少为 50 mm 的充满流体的钢管或实心的圆钢上,对于伴热垫和伴热板,则应安装在平面金属散热体上。试验装置外应全部覆盖保温层,并在指定的环境温度条件下放置至少 4 h。

注：5.1.10 所述的试验装置能够用于本试验。

经过一定放置时间以后,应向样品施加额定电压,并记录从 0 s~300 s 的时间内的电流(有效值)-时间特性。记录的启动电流应与最大输出容差相关联。数据应通过将试验值乘以样品最大输出容差级别与样品的实际输出功率的比值来进行调整,以反映输出功率容差的上限。此电流-时间特性不应大于制造商的声明值。

5.1.15 导电防护层电阻验证

应在室温下,对至少 3 m 长的伴热器的导电防护层的电阻(不包括整体元件)进行测量。

对伴热垫或伴热板,应采用有代表性的样品。

测得的电阻值应小于或等于制造商声明的值。

5.1.16 户外暴露试验

只有规定用于户外暴露的伴热器和整体元件才进行该试验。此外,具有连续金属护套且无外护套的伴热器和整体元件应免除该试验。

长度约为 450 mm 的伴热器样品,包括整体元件,应放置在 ASTM G155 或 GB/T 16422.2 中所述

的氙弧曝光装置中。

程序应符合 ASTM G155、GB/T 15596 或 GB/T 16422.1 的规定,总时间为 1 000 h。循环速率应设定为 102 min 的光照和 18 min 的光照与水喷雾组合。在这段时间结束时,样品应从室中取出并进行 5.1.5 的冲击试验和 5.1.7 的冷态弯曲试验。此外,最外层护套应承受在导电层和水之间施加的 500 V a.c.的介电电压,持续 1 min 而没有介电击穿。

或者,可以接受已按照该试验程序独立进行户外暴露评定的材料。

5.2 例行试验

5.2.1 介电强度试验

伴热器的主要电气绝缘护套应承受至少 6 000 V a.c.的干电火花试验。作为干电火花试验的替代方法,5.1.2 中的介电强度试验方法应在生产长度或单位上进行。

在施加导电防护层之后,5.1.2 中的介电强度试验方法应在生产长度或单位上进行。

非金属外护套应承受附加的干电火花试验,最小试验电压为 3 000 V a.c.。作为干电火花试验的替代方法,5.1.2 中的介电强度试验方法应在生产长度或单元上进行。

5.2.2 额定输出功率验证

并联式伴热器的每一制造长度的额定输出功率的线性应采用连续或统计学的试验方法进行验证。串联伴热器或恒定电阻的伴热器每一长度的额定输出功率应在额定电压和给定温度下,通过测量直流电阻、电导率或电流进行验证。应建立试验测量判据,或者与 5.1.10 规定的输出功率验证相比较。输出功率应在制造商声明的容差范围内。

6 标志

6.1 伴热器产品标志

伴热器表面应按照 GB/T 3836.1—2021 的要求和以下修改内容清晰、永久地标志。对于带有工厂装配连接件或表面无法实现清晰印刷的伴热器,标志应采用耐久性的标牌/标签永久地固定在距离电源连接件或密封接头 75 mm 的范围内。

- a) 要求的序列号或批号可以用生产年月、日期编号或等效内容替代。
- b) 应标志并联伴热器额定或工作电压,或串联伴热器的最高工作电压。
- c) 应标志额定电压(对输出功率随温度变化的伴热器,包括规定的参考温度)下的单位长度额定输出功率,或串联伴热器单位长度的电阻欧姆值,或工作电流或总功率(适用时)。
- d) 伴热器的“防爆型式”符号应为“19518.1”,例如,典型的 Ex 标志字符串应为“Ex 19518.1 II C T4 Gb”和“Ex 19518.1 III C T135 °C Db”,但不排除使用适合于随伴热器一起提供或建议与伴热器一起使用的元件的附加防爆型式。
- e) GB/T 3836.1—2021 的环境温度范围标志要求不适用,但伴热器或伴热器系统应随要求的温度组别标志最低安装温度。

6.2 现场组装元件标志

安装后可接近的现场组装元件,除应按照 GB/T 3836.1—2021 的要求标志外,还应包含以下信息。

- a) 制造商名称、商标或其他公认的标识符号;
- b) 目录号、参考号或型号;
- c) 生产年月、日期编号、适用的序列号或等效内容;

d) 适用的环境要求,如防护等级(IP 代码)及使用场所要求。

如果元件只有很小的表面或表面无法实现清晰印刷,标志可以设置在最小的单元外壳上而不是元件本身。

7 文件要求

7.1 通则

制造商的文件应规定产品的详细安装说明及留档要求。当端接/安装说明完全等同时,不同元件和伴热器的说明可以整合在一起。说明应明确阐述产品及应用环境。

任何特殊使用条件,包括 7.4e) 的内容,均应在安装说明和防爆合格证中描述,且防爆合格证编号应包含后缀“X”。文件应包括:

- a) 4.4 中规定的适用电路保护信息;
- b) 回路设计要求,见 7.2;
- c) 伴热系统文件要求,见 7.3;
- d) 伴热系统安装说明,见 7.4;
- e) 调试说明,见 7.5;
- f) 维护/修理或改造说明,见 7.6。

7.2 回路设计文件

回路设计文件中给出的信息应包括以下声明(或其等效)“电阻伴热系统的设计应由熟悉伴热的人员按照制造商规定的爆炸性环境设计方法进行监督”。

7.3 伴热系统文件

7.3.1 通则

要求应包括以下声明(或其等效)“只要系统在使用,就应为每个伴热回路保留伴热系统文件”。伴热系统文件至少应包括 7.3.2、7.3.3 或 7.3.4 中规定的适用信息。

7.3.2 按照产品分级法的伴热系统

伴热系统文件应包括以下信息:

- a) 伴热回路标识;
- b) 伴热系统设计参数:
 - 1) 适用的温度组别或最高护套/表面温度,
 - 2) 伴热器类型,
 - 3) 工作电压。

该信息可以由 GB/T 19518.2 中列出的信息补充。

7.3.3 按照稳态设计法的伴热系统

伴热文件应包括以下信息:

- a) 伴热回路标识;
- b) 伴热系统设计参数:
 - 1) 管道尺寸或工件尺寸,
 - 2) 需要维持的温度或最高工艺/暴露温度,

- 3) 最高环境温度，
- 4) 伴热器类型，
- 5) 工作电压，
- 6) 伴热比，
- 7) 伴热器的长度或尺寸，
- 8) 最高工件温度，
- 9) 适用的温度组别或最高护套/表面温度，
- 10) 保温材料类型、尺寸和厚度，
- 11) 如适用，保温材料保护层技术条件。

7.3.4 按照受控设计法的伴热系统

伴热系统文件应包括以下信息：

- a) 伴热回路标识；
- b) 伴热系统设计参数：
 - 1) 温度控制器/限制器的传感器在管道/工件上的位置，
 - 2) 按照 4.5.3a)、b)或 c)安装传感器的细节，
 - 3) 需要维持的温度或最高工艺/暴露温度，
 - 4) 最高环境温度，
 - 5) 温度控制器/限制器设定点，
 - 6) 伴热器类型，
 - 7) 工作电压，
 - 8) 伴热比，
 - 9) 伴热器的长度或尺寸，
 - 10) 适用的温度组别或最高护套/表面温度，
 - 11) 按照 4.5.3.3 的任何失效通知和监测的详细信息。

该信息可以由 GB/T 19518.2 中列出的信息补充。

7.4 伴热系统的安装说明

安装说明应包括：

- a) 适用时，声明(或其等效)“适用于”及适用伴热器列表或适用连接件列表；
- b) 声明“每个回路均要求接地故障保护”；
- c) 声明“安装或维修前回路断电”；
- d) 声明(或其等效)“安装前及安装过程中保持伴热器及连接件端部干燥”；
- e) 对于认证用于降低冲击和/或变形水平(场所)的伴热器，声明“警告：仅用于低机械损伤风险的场所”，并且，如适用(见 4.1)，声明“警告：不应拆除该机械防护层，且伴热器在该机械防护层未安装到位时不应运行”；
- f) 对于伴热器，以下声明(或其等效)“伴热器的导电防护层应与适当的接地端子连接”；
- g) 声明(或其等效)“现场伴热器应在适当位置和/或以适当间隔沿回路设置明显的警告符号或标志”；
- h) 在现场进行并记录在伴热器安装记录中的试验要求，附录 C 提供了示例；
- i) 声明(或其等效)“应在安装后测量并记录伴热器的绝缘电阻，且不应小于 20 MΩ(或制造商规定的更高值)”；
- j) 声明(或其等效)“参与电伴热系统安装和试验的人员应经过所有需要的特殊技术的适当培训”。

安装应在有资质人员的监督下进行”；

- k) 对伴热器单元的加热部分自身不应接触、交叉或重叠的任何限制；
- l) 最小弯曲半径；
- m) 最低安装温度。

7.5 调试说明

说明书应包括在调试期间应验证伴热系统参数(如 7.3.2、7.3.3 和 7.3.4 所示)的声明。

7.6 维护/修理或改造说明

说明书应包括：

- a) 声明“警告：在维护/修理/改造之前查阅伴热系统文件”；
- b) 声明(或其等效)“维护/修理/改造后，对每个受影响回路的接地故障装置的运行进行测试”；
- c) 声明(或其等效)“如果发生接地故障或过电流中断，则在有资质人员调查原因之前该装置不应复位”；
- d) 声明(或其等效)“在完成维护/修理/改装后，应在安装后测量并记录伴热器的绝缘电阻，且不应小于 20 M Ω ，MI 伴热器不应小于 5 M Ω (或制造商指定的更高值)”。

附 录 A
(规范性)
伴热器产品设计验证方法

A.1 通则

系统温度特别是在规定的不利条件下产品护套温度的确定,对电路的受控设计和稳态设计至关重要。制造商应保持在认证所涵盖的参数范围内正确计算系统温度的能力,并通过试验并将结果与系统设计计算结果进行比较来证明这一能力。

计算方法通常基于公认的传热公式,这些公式根据需要进行调整,以反映经验数据,并通常根据需要纳入安全系数。

本附录说明了制造商形成其系统设计能力所依赖的公式和注意事项。

A.2 伴热器设计方法和选择

重要的是,设计方法包含伴热器选择准则,以优化本文件中规定的不利条件下最高可能系统温度的确定。可以通过例如调节系统参数、使用多根伴热带降低单位长度产生的功率或选择温度控制系统来降低温度。伴热器的最高耐受温度应高于最高可能工件温度(可能高于正常运行温度)。

如 4.5.1 所示,伴热器的最高护套温度由产品分级法、稳态设计或受控设计确定。对于产品分级法,只要伴热器的温度组别在温度上低于应用规定的温度,则不需要进一步的温度限制控制措施。然而,控制限制和稳态设计措施可用来使系统在较窄的工艺温度范围内运行。对于稳态设计和受控设计的注意事项是相似的,在这两种情况下都需要精确地确定系统热损失及最高系统和护套温度。在稳态设计的情况下,还需要对系统的能量平衡进行评价。

A.3 稳态设计计算

稳态设计是基于在规定的不利条件下确定最高工件和伴热器护套温度的原则,这是当热输入等于系统热损失时出现的平衡条件的计算。规定的不利条件包括:

- a) 最高环境温度,一般假定为 40 °C,另有规定时除外;
- b) 无风(静止空气);
- c) 使用保温材料导热系数的保守值或最小值;
- d) 无温度控制器或模拟失效的温度控制器;
- e) 伴热器在规定工作电压加 10%的情况下工作;
- f) 假定伴热器在制造容差上限或串联伴热器的最小电阻率情况下运行;
- g) 最高失控工件温度或最高平衡工艺温度(如果更高)。

稳态设计的试验在 5.1.13 中规定。一般来说,伴热器的最高护套温度通过经验数据评价得出的公式或下述理论方法计算。或者,可使用基于这些规定的不利条件计算最高表面温度的设计方案。

A.4 伴热器性能和平衡条件

根据伴热器的应用和类型,可能需要在平衡条件下对系统进行评定。不带控制器的系统和带有环境敏感控制器的系统是一些典型的实例。图 A.1 显示的是恒功率伴热器和具有不同倾斜特征的正温度系数(PTC)伴热器的输出功率曲线示例。热损失曲线表示最低环境温度的条件,从图中可以看出,恒功率伴热器在最高温度(80 °C)时维持工件温度,但由于它也具有最高的输出功率(32 W/m),因而也具有最高的运行温度。具有最陡倾斜曲线的 PTC 伴热器在最低温度(50 °C)时维持工件温度,但由于它

也具有最低的输出功率(23 W/m),因而也具有最低的运行温度。

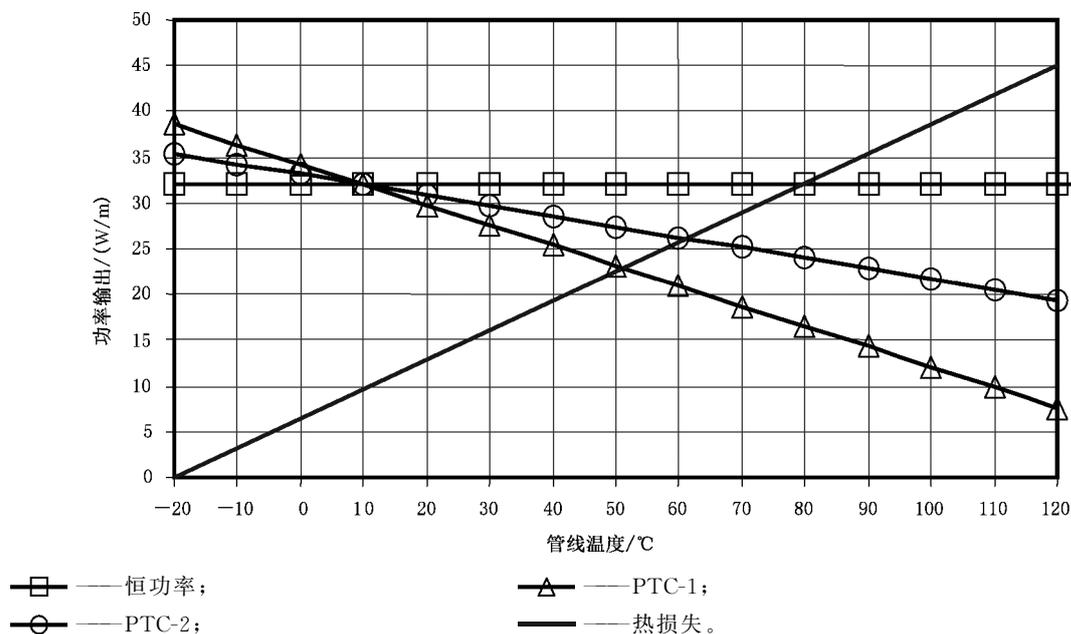


图 A.1 工件维持的平衡条件

图 A.2 显示的是相同的示例,但是从评价上限温度的角度。这种情况下,热损失曲线转换成了最高可能环境温度,图中交叉点代表在这些条件下的维持温度和相应的输出功率。例如,PTC-1 此时具有比以前更高的维持温度(91 °C),但由于输出功率曲线是向下倾斜的,因此输出功率反而减少(16 W/m)。在对稳态设计的工作条件上限进行评价时可以采用这种方法。

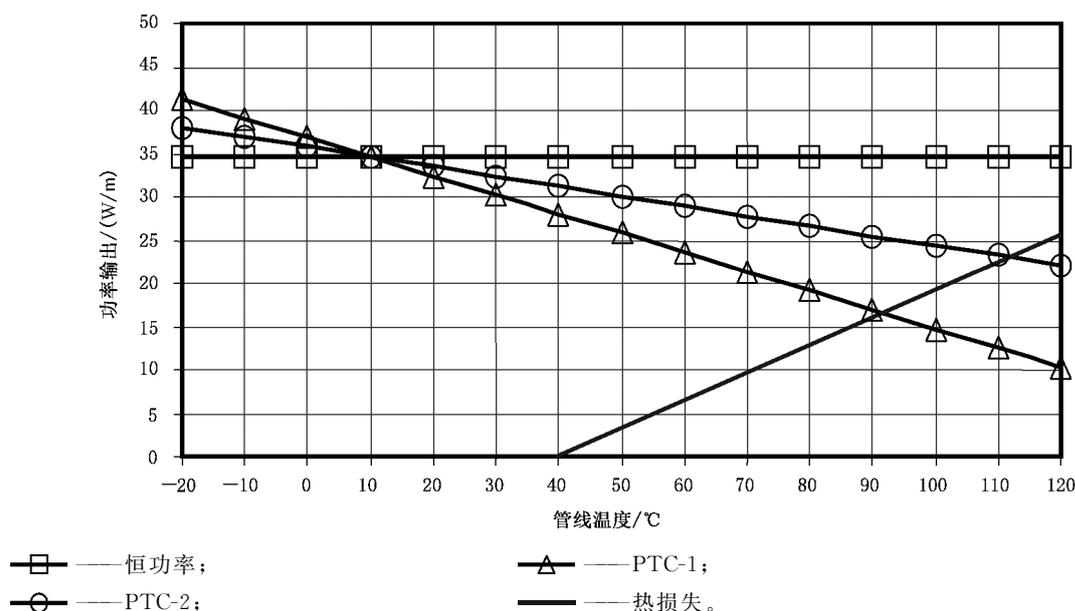


图 A.2 评价上限的平衡条件

不同伴热器的输出功率级别一般由制造商在产品使用说明书中和/或设计方案中给出。多数情况下,PTC 式伴热器的输出功率曲线是基于经验数据,通过类似 5.1.10 规定的试验装置试验确定。

串联式伴热器的输出功率一般是根据电气参数,使用公式(A.1)计算得出:

$$Q = \frac{V^2}{r_s l^2} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

Q —— 伴热器的输出功率，单位为瓦每米(W/m)；

V —— 系统电压，单位为伏(V)；

r_s —— 每根导体的电阻率，单位为欧每米(Ω/m)；

l —— 每根导体的长度，单位为米(m)。

导体电阻率是导体温度的函数，由公式(A.2)给出：

$$r_s = r(1 + \alpha \Delta T) \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

r —— 20 °C时导体的电阻率，单位为欧每米(Ω/m)；

α —— 导体材料类型的电阻温度系数，单位为负一次方开尔文(K^{-1})；

ΔT —— 导体在工作状态的温度和 20 °C之间的差值，单位为摄氏度($^{\circ}C$)。

认识到下列电伴热系统的特性对成功安装很重要。

- a) 伴热器的输出功率宜大于系统热损失，包括适当的安全系数。这可通过安装单根具有合适输出功率的伴热器、使用多个通路，或在需要保持输出功率在尽可能低的级别时通过螺旋缠绕方式来实现。
- b) 宜确定电压偏离或其他随时间改变的参数，并通过安全系数进行补偿。
- c) 对于工艺温度精度至关重要的应用、环境温度范围较大的应用、不带控制器或带环境敏感控制器的系统，应对系统的上限温度进行评定。

A.5 热损失计算

为了确定给定条件下的实际热损失，需要一个完整的保温层技术条件，包括几种平均温度下保温材料的导热系数、规定的气候防护层类型、保温材料的尺寸和厚度、期望的管道维护温度以及环境温度和风力条件。

给定这些参数，管道的热损失可通过公式(A.3)进行评价：

$$q_p = \frac{T_p - T_a}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln(D_2/D_1)}{2\pi k_1} + \frac{\ln(D_3/D_2)}{2\pi k_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

q_p —— 单位长度管道的热损失，单位为瓦每米(W/m)；

T_p —— 期望的维持温度，单位为摄氏度($^{\circ}C$)；

T_a —— 规定的设计环境温度，单位为摄氏度($^{\circ}C$)；

D_1 —— 内保温层的内径，单位为米(m)；

D_2 —— 内保温层的外径(外保温层的内径，当存在时)，单位为米(m)；

D_3 —— 外保温层的外径(当存在时)，单位为米(m)；

k_1 —— 内保温层在其平均温度下评价的的导热系数，单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)]；

k_2 —— 外保温层(当存在时)在平均温度下的导热系数，单位为瓦每米开尔文[W/(m·K)]；

h_i —— 从管道到内保温层表面的内部空气传热系数，单位为瓦每平方米开尔文[W/($m^2 \cdot K$)]；

h_{co} —— 从外保温层表面到气候防护层的内部空气传热系数，单位为瓦每平方米开尔文[W/($m^2 \cdot K$)]；

h_o —— 从气候防护层到周围环境的外部空气传热系数，单位为瓦每平方米开尔文[W/($m^2 \cdot K$)]
[对于 50 °C 以下的低温应用时此项数值的范围一般在 5 W/($m^2 \cdot K$) ~ 50 W/($m^2 \cdot K$) 之间]。

GB/T 19518.2 中更详细地描述了管道的热损失。

按照相同的过程,容器的热损失可以通过公式(A.4)进行评价:

$$q_v = \frac{T_p - T_a}{\frac{1}{h_i} + \frac{b_1}{k_1} + \frac{b_2}{k_2} + \frac{1}{h_{co}} + \frac{1}{h_o}} \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

q_v ——容器单位面积的热损失,单位为瓦每平方米(W/m²);

b_1 ——内保温层的厚度,单位为米(m);

b_2 ——外保温层的厚度(当存在时),单位为米(m)。

其他符号见公式(A.3)。

GB/T 19518.2 中更详细地描述了容器的热损失。

为了便于选择产品,伴热供应商通常提供对应各种维持温度和保温材料的热损失,并通常包含安全系数的简化图表。

A.6 热损失设计的安全系数

由于热损失的计算基于理论值,没有考虑与实际现场安装相关的不利因素,所以计算值宜考虑安全系数。安全系数宜基于用户的要求,其范围一般为10%~25%。增加安全系数通常用来补偿伴热系统的容差,安全系数宜考虑:

- a) 保温材料降级;
- b) 供电电压变化;
- c) 分支回路压降;
- d) 伴热器压降;
- e) 较高温度应用时辐射和传热增强;
- f) 保温材料的安装质量。

A.7 最高温度测定

A.7.1 管道及护套理论温度计算——金属应用

最高可能管道温度是在最高环境温度和伴热器连续通电条件下计算得出的。计算最高可能管道温度的公式是根据热损失公式重新整理得出的:

$$T_{pr} = \frac{Q_{sf}}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln(D_2/D_1)}{2k_1} + \frac{\ln(D_3/D_2)}{2k_2} + \frac{1}{D_2 h_{co}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \dots\dots\dots (A.5)$$

式中:

T_{pr} ——计算的最高失控管道温度,单位为摄氏度(°C);

Q_{sf} ——伴热器输出功率,对于确定稳态设计的温度分级, Q_{sf} 是在最大制造商输出容差下声明的最大输出功率,按额定电压的110%进行调整,单位为瓦每米(W/m);

T_a ——规定的最高设计环境温度,单位为摄氏度(°C)。

其他符号见公式(A.3)。为了得出 T_{pr} ,公式(A.5)可能需要用迭代法进行计算,因为保温材料的导热系数和伴热器输出功率可能随管道温度的变化而变化。

伴热器护套温度可由下列公式计算,如果 T_{pm} 大于 T_{pr} ,则使用 T_{pm} 的公式:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pr} \dots\dots\dots (A.6)$$

或

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pm} \dots\dots\dots (A.7)$$

式中:

- T_{sh} —— 伴热器护套温度,单位为摄氏度(°C);
- U —— 总传热系数,为经验确定的值,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)];
- C —— 伴热器周长,单位为米(m);
- T_{pr} —— 计算的最高失控管道温度,单位为摄氏度(°C);
- T_{pm} —— 声明的最高工艺温度,单位为摄氏度(°C)。

对于伴热器的不同类型、安装方式和系统配置,总传热系数会有所不同。它是传导、对流和辐射传递方式的组合。 U 值可从 12(空气中的圆柱形伴热器,以对流为主)到 170 或更大(使用辅助传热材料的伴热器,以传导为主)。根据要求,伴热器供应商对规定的应用宜提供 U 系数,或提供经计算或试验确定的护套温度。

选择伴热器的输出功率 Q_{sf} 应提供稳态设计,且 T_{sh} 不应超过温度组别或任何其他最高温度限制。

A.7.2 容器及护套理论温度计算——金属应用

同样,对于容器,可能达到的最高温度是在最高环境温度和伴热器连续通电条件下计算得出。计算最高可能容器温度的公式是根据热损失公式重新整理得出的:

$$T_{wr} = Q_{sf} \left(\frac{1}{h_i} + \frac{b_1}{k_1} + \frac{b_2}{k_2} + \frac{1}{h_{co}} + \frac{1}{h_o} \right) + T_a \dots\dots\dots (A.8)$$

式中:

- T_{wr} —— 计算的最高失控容器温度,单位为摄氏度(°C);
- Q_{sf} —— 伴热器输出功率,对于确定稳态设计的温度分级, Q_{sf} 是在最大制造商输出容差下声明的最大输出功率,按额定电压的 110% 进行调整,单位为瓦每平方米(W/m²);
- T_a —— 规定的最高设计环境温度,单位为摄氏度(°C)。

其他符号见上文。为了得出 T_{wr} ,公式(A.8)可能需要用迭代法进行计算,因为保温层的热导率和伴热器输出功率可能是容器温度的函数。

伴热器垫或板的护套温度可由下列公式计算,如果 T_{wm} 大于 T_{wr} ,则使用 T_{wm} 的公式:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U} + T_{wr} \dots\dots\dots (A.9)$$

或

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U} + T_{wm} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

- T_{sh} —— 伴热器护套温度,单位为摄氏度(°C);
- U —— 总传热系数,为经验确定的值,单位为瓦每平方米开尔文[W/(m²·K)];
- T_{wr} —— 计算的最高失控容器温度,单位为摄氏度(°C);
- T_{wm} —— 声明的最高工艺温度,单位为摄氏度(°C)。

对于伴热器的不同类型、安装方式和系统配置总传热系数会有所不同,它是传导、对流和辐射传递方式的组合。 U 值可从 12(空气中的圆柱形伴热器,以对流为主)到 170 或更大(使用辅助传热材料的伴热器,以传导为主)。根据要求,伴热器供应商对规定的应用宜提供 U 系数,或提供经计算或试验确定的护套温度。

选择伴热器的输出功率 Q_{sf} 应提供稳态设计,且 T_{sh} 不应超过温度组别或任何其他最高温度限制。

A.7.3 护套温度——利用温度限制器控制感应伴热器护套或人工热点的金属应用

当限制器控制传感器直接位于伴热器上时,护套温度评价应包括以下内容:

$$T_{sh} = T_L + \Delta T_{offset} \quad \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

T_L ——温度限制器的设定点;

ΔT_{offset} ——根据经验确定的传感器和实际最高护套温度之间的温差。 ΔT_{offset} 是伴热器和传感器的几何形状和质量、伴热器的输出功率、传热系数和控制系统滞后等变量的函数。

A.7.4 护套理论温度计算——非金属应用

对于非金属应用伴热器,因非金属材料为不易传热的介质,故宜考虑工件壁热阻。这些材料的导热系数(k 值)是钢的 1/200,根据伴热器的输出功率密度,在管壁内外侧或罐壁内外侧产生明显温差。高于正常温度(与金属管道和容器比较时)可能有两种不利因素:

- a) 可能超过非金属管道的最高允许温度;
- b) 可能超过伴热器最高允许温度。

在正常工作条件下伴热器的护套温度原则上从公式(A.6)、公式(A.7)、公式(A.9)或公式(A.10)求出,但是,为求出 U 值,宜考虑工件壁热阻的影响。塑料表面的总传热系数为:

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

U_p ——非金属管道总传热系数,单位为瓦每平方米开尔文 [$W/(m^2 \cdot K)$];

U_m ——金属工件总传热系数,单位为瓦每平方米开尔文 [$W/(m^2 \cdot K)$];

L ——管壁厚度,单位为米(m);

k_p ——工件壁材料的导热系数,单位为瓦每米开尔文 [$W/(m \cdot K)$]。

由于非金属材料存在附加热阻,工件壁上将有温差。也就是说,工件外壁和流体温度与金属工件相比是不同的。因此,宜考虑流体的温度。

对于非金属管道,则:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U_p C} + T_f \quad \dots\dots\dots (A.13)$$

式中:

Q_{sf} ——伴热器输出功率,对于确定稳态设计的温度分级, Q_{sf} 是在最大制造商输出容差下声明的最大输出功率,按额定电压的 110% 进行调整,单位为瓦每米 (W/m);

T_f ——流体温度,单位为摄氏度 ($^{\circ}C$)。

类似地,对于非金属容器,公式为:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U_p} + T_f \quad \dots\dots\dots (A.14)$$

式中:

Q_{sf} ——伴热器输出功率,对于确定稳态设计的温度分级, Q_{sf} 是在最大制造商输出容差下声明的最大输出功率,按额定电压的 110% 进行调整,单位为瓦每平方米 (W/m^2);

T_f ——流体温度,单位为摄氏度 ($^{\circ}C$)。

公式(A.13)和公式(A.14)是对复杂问题的简化保守公式,它包括了超出本文件范围的一些参数。伴热器制造商应提供特定应用条件下的护套温度。

选择伴热器的输出功率 Q_{sf} 应提供稳态设计,且 T_{sh} 不应超过温度组别或任何其他最高温度限制。

A.7.5 护套温度——利用温度限制器控制感应伴热器护套或人工热点的非金属应用

当限制器控制传感器直接位于伴热器上时,护套温度评价应包括以下内容:

$$T_{sh} = T_L + \Delta T_{offset} \dots\dots\dots (A.11, \text{重复})$$

式中:

T_L ——温度限制器的设定点;

ΔT_{offset} ——根据经验确定的传感器和实际最高护套温度之间的温差。 ΔT_{offset} 是伴热器和传感器的几何形状和质量、伴热器的输出功率、传热系数和控制系统滞后等变量的函数。

附录 B

(资料性)

EPL Gb/Gc/Db/Dc 的型式试验
(EPL 与区域的关系见 GB/T 3836.15)

表 B.1 显示了试验样品的确定。

表 B.1 试验样品的确定

条编号	型式试验	样品数量/长度		温度控制器/限制器	接头	
		伴热器	伴热垫/伴热板		整体	独立
5.1.2	介电强度试验	3 m	f		X	
5.1.3	绝缘电阻试验	3 m	f		X	
5.1.4	燃烧试验	0.45 m	f		X	X
5.1.5	冲击试验					
5.1.5.1	室温冲击试验	0.45 m	f		X	
5.1.5.2	最低温度冲击试验	0.45 m	f		X	
5.1.6	变形试验	0.45 m	f		X	
5.1.7	冷态弯曲试验	0.45 m	f			
5.1.8	耐水试验	3 m	f			
5.1.9	整体元件耐水试验	3 m	f		X	X
5.1.10	额定输出功率验证					
5.1.10a)	电阻	3 m	f			
5.1.10b)	热	3×3 m ^b	f			
5.1.11	电气绝缘材料的热稳定性	3 m	f		X	
5.1.12	热性能试验	3×0.3 m ^c	f			
5.1.13	产品分级法 ^d	1.5 m	f			
5.1.13.4.2	系统法——管道雕塑 ^{a,d}	10 m ^e		X ^g		
5.1.13.4.3	系统法——容器 ^{a,d}		f	X ^g		
5.1.13.4.4	系统法——管束 ^{a,d}	—4.5 m ^e		X ^g		
5.1.13.4.5	系统法——利用板试验程序 ^{a,d}	3×0.7 m 或 1×3.5 m 或 2×0.9 m 或 1×2.5 m		X X X X		
5.1.14	启动电流验证	1 m	f			
5.1.15	导电防护层电阻验证	3 m	f			
5.1.16	户外暴露试验	0.45 m	f		X	
^a 使用表 2、表 3 的适当参数。 ^b 来自于三个独立样品。 ^c 最低额定电压等级和最大额定输出功率；最高额定电压和最小额定输出功率。 ^d 所有样品均在输出功率容差的上半部分。 ^e 样品的长度由安装说明和试验装置确定，样品的数量可以不同。 ^f 至少需要一个代表性样品。具体尺寸由检验机构和制造商商定。 ^g 如适用，按试验要求。						

附 录 C
(资料性)
安装检查表

表 C.1 给出了一个伴热器安装记录的示例。

表 C.1 伴热器安装记录示例

位置	系统	项目编号	参考图纸
管线编号	伴热器编号	场所分类	温度组别或最高护套/表面温度
配电盘编号	位置	回路编号	回路电流/电压
伴热器制造商	伴热器类型	单位长度伴热器的功率/额定电压	
验证认证标志:			
兆欧表制造商/类型		电压设定值	精确度/满刻度
最后校正兆欧表的日期			
万用表制造商/类型	电阻设定值	精确度/满刻度	
伴热器试验	试验值/备注	日期	测试人
<p style="text-align: center;">注: 在接线盒处测量时,最小的允许绝缘电阻为 20 MΩ,下述第 4 条中对 MI 伴热器最小值为 5 MΩ 除外。最低允许试验电压是 500 V d.c.。但是对于 MI 电缆来说建议使用 1 000 V d.c.,对于聚合物材料电缆来说建议使用 2 500 V d.c.。</p>			
1 整卷材料的验收			
卷材的连续性测试			
卷材的绝缘电阻测试			
2 管线安装完成(允许开始安装伴热器)			
3 伴热器安装完成(允许开始安装保温材料)			
伴热器正确安装在管线、容器或设备上			
伴热器正确安装在阀门、管线支架、其他散热件上			
元件正确安装和连接(电源、三通密封等)			
按照制造商说明书和回路设计安装			
4 保温材料安装完成			
连续性测试			
绝缘电阻测试(对 MI 伴热器为 5 MΩ)			
系统检查:			
5 标志、标签和标识完成			
6 伴热器有效接地			
7 温控器安装合适并校验设定点			
8 接线盒全部认证和封闭			
9 保温材料气候密封(密封所有贯穿部位)			
10 在保温层外防护层上标出接头、终端等位置			
11 竣工图、文件			
执行:	公司	日期	
见证:	公司	日期	
验收:	公司	日期	
批准:	公司	日期	

参 考 文 献

- [1] GB 3836.14 爆炸性环境 第14部分:场所分类 爆炸性气体环境
 - [2] GB/T 3836.35 爆炸性环境 第35部分:爆炸性粉尘环境场所分类
 - [3] GB/T 19518.2 爆炸性环境 电阻式伴热器 第2部分:设计、安装和维护指南
 - [4] GB/T 32348.1 工业和商业用电阻式伴热系统 第1部分:通用和试验要求
 - [5] GB/T 32348.2 工业和商业用电阻式伴热系统 第2部分:系统设计、安装和维护应用指南
 - [6] ASTM D5207 Standard practice for confirmation of 20 mm (50 W) and 125 mm (500 W) test flames for small-scale burning tests on plastic materials
 - [7] CSA C22.1 Canadian Electrical Code, Part 1
 - [8] CSA C22.2 No.130-03 Requirements for electrical resistance heating cables and heating device sets
 - [9] IEEE Std 515™ IEEE Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Industrial Applications
 - [10] IEEE Std 515.1™ IEEE Standard for the Testing, Design, Installation, and Maintenance of Electrical Resistance Trace Heating for Commercial Applications
 - [11] NFPA 70 National Electrical Code® (NEC®)1
-