



中华人民共和国国家标准

GB/T 32348.2—2015/IEC 62395-2:2013

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

**Electrical resistance trace heating systems for industrial and
commercial applications—Part 2: Application guide for system
design, installation and maintenance**

(IEC 62395-2:2013, Electrical resistance trace heating systems for
industrial and commercial application—Part 2: Application guide
for system design, installation and maintenance, IDT)

2015-12-31 发布

2016-07-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	VII
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 容器和管道系统的表面加热	2
4.1 应用描述	2
4.1.1 一般要求	2
4.1.2 外界环境条件	2
4.1.3 电伴热系统注意事项	2
4.2 设计信息——一般要求	3
4.2.1 一般要求	3
4.2.2 电气系统的设计	3
4.2.3 控制和检测系统	3
4.2.4 电伴热系统设计	4
4.2.5 设计信息文档	4
4.3 热系统设计	4
4.3.1 一般要求	4
4.3.2 设计条件	4
4.3.3 绝热保温	5
4.3.4 热损失的确定	8
4.3.5 设计安全系数	9
4.3.6 加热过程中的注意事项	9
4.3.7 伴热器的选择	10
4.3.8 设计计算	12
4.3.9 理论护套温度的计算——金属管道的应用	12
4.3.10 理论护套温度的计算——非金属管道的应用	13
4.3.11 设计文档	14
4.3.12 低温环境下启动	14
4.3.13 长伴热器的电路	14
4.3.14 烟囱效应	15
4.4 电气设计	15
4.5 控制和检测系统设计	15
4.5.1 一般要求	15
4.5.2 机械控制器	15
4.5.3 电子控制器	15
4.5.4 应用的适用性	16
4.5.5 温控器的位置	16

4.5.6	传感器的位置	17
4.5.7	报警的注意事项	17
4.5.8	集成控制	18
4.5.9	流量模式分析	18
4.5.10	盲管段控制技术	19
4.6	特殊设计的注意事项	19
4.6.1	一般要求	19
4.6.2	防冻系统	19
4.6.3	自动喷洒灭火系统	20
4.6.4	热水/温水服务	21
4.6.5	安全淋浴设计要求	22
4.6.6	专用线	22
4.7	安装	24
4.7.1	一般要求	24
4.7.2	人员要求	24
4.7.3	准备工作	24
4.7.4	伴热电路的初步安装	24
4.7.5	绝缘电阻测试	24
4.7.6	伴热器系统的安装	25
4.7.7	控制和监视设备的安装	26
4.7.8	必要的修正	27
4.7.9	安装保温系统	27
4.7.10	电源的安装	28
4.7.11	调试	28
4.8	维护	29
4.8.1	一般要求	29
4.8.2	维护人员的培训	30
4.8.3	检查频率	30
4.8.4	维护程序文档	30
4.8.5	目测法	30
4.8.6	电气评价	30
4.8.7	检查电气保护系统	31
4.9	维修	31
4.9.1	一般要求	31
4.9.2	故障地点	31
4.9.3	有实行可能的电伴热器的维修	31
4.9.4	电伴热器的维修技术	31
5	屋檐和天沟除冰	32
5.1	应用描述	32
5.2	设计信息——一般要求	32
5.3	热设计	33
5.4	电气设计	33
5.5	控制和监测系统的设计	33

5.6	特殊的设计要素	31
5.7	安装	31
5.7.1	一般要求	31
5.7.2	伴热器及组件安装	31
5.8	维护	37
5.9	维修	37
6	轨道加热	37
6.1	用途说明	37
6.1.1	一般要求	37
6.1.2	道岔点加热	38
6.1.3	导电轨/载电轨加热	38
6.1.4	轨道加热	38
6.1.5	悬链线/受电弓加热	38
6.2	设计信息	38
6.2.1	一般要求	38
6.2.2	气候数据	38
6.2.3	铁路系统描述	39
6.2.4	系统设计	39
6.3	热设计	39
6.3.1	热负荷的确定	39
6.3.2	典型的热负荷	39
6.4	电气设计	40
6.5	控制和监测系统设计	40
6.6	特殊设计的注意事项	40
6.6.1	电气注意事项	40
6.6.2	有限元分析	40
6.7	安装	40
6.7.1	一般要求	40
6.7.2	道岔加热	41
6.7.3	可动心轨辙叉	41
6.7.4	夹锁伴热	41
6.7.5	导电轨/载电轨加热和轨道加热	42
6.7.6	悬链线/受电弓加热	42
6.8	维护	42
6.9	维修	42
7	融雪	43
7.1	应用描述	43
7.2	设计信息	43
7.2.1	一般要求	43
7.2.2	气候数据	43
7.2.3	工件的结构细节	43
7.2.4	电气注意事项	43

7.2.5	系统的性能水平	43
7.2.6	伴热器布局和组件安装	44
7.3	热设计——功率输出(热负荷)的确定	46
7.4	电气设计	47
7.5	控制和监测系统的设计	47
7.6	特别设计的注意事项	47
7.7	安装	47
7.8	维护	48
7.9	维修	48
8	地热	48
8.1	应用描述	48
8.2	设计信息	48
8.2.1	一般要求	48
8.2.2	环境数据	48
8.2.3	工件的结构细节	49
8.2.4	电气注意事项	49
8.2.5	伴热器布局和组件安装	49
8.3	热设计——热负荷的确定	50
8.4	电气设计	51
8.5	控制和检测系统设计	51
8.6	特殊设计的注意事项	51
8.7	安装	51
8.8	维护	52
8.9	维修	52
9	防止冰胀	52
9.1	应用描述	52
9.2	设计信息	52
9.2.1	一般要求	52
9.2.2	地面构造细节	53
9.2.3	电气注意事项	53
9.3	热负荷的确定	53
9.3.1	一般要求	53
9.3.2	伴热器布局和组件安装	54
9.4	电气设计	55
9.5	控制和检测系统设计	55
9.5.1	控制选项	55
9.5.2	监控	55
9.6	特殊设计的注意事项	55
9.7	安装	55
9.8	维护	56
9.9	维修	56
10	地下储能系统	56

10.1	应用说明	56
10.2	设计信息	56
10.2.1	一般要求	56
10.2.2	环境数据	56
10.2.3	建筑构造细节	56
10.2.4	电气注意事项	56
10.2.5	伴热器的布局和组件安装	57
10.3	热设计——热损失的确定	57
10.4	电气设计	58
10.5	控制和监测系统的设计	58
10.6	伴热器位于砂层的特殊设计注意事项	58
10.7	安装	58
10.7.1	一般要求	58
10.7.2	安装在砂地内	58
10.7.3	安装在混凝土内	58
10.8	维护	59
10.9	维修	59
附录 A (资料性附录)	安装前检查	60
附录 B (资料性附录)	伴热器调试记录	61
附录 C (资料性附录)	维护日程表和日志记录	63

前 言

GB/T 32348《工业和商业用电阻式伴热系统》分为以下 2 个部分：

- 第 1 部分：通用和试验要求；
- 第 2 部分：系统设计、安装和维护应用指南。

本部分为 GB/T 32348 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分采用翻译法等同采用 IEC 62395-2:2013《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》。

与本部分中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB 5959.1 电热装置的安全 第 1 部分：通用要求（GB 5959.1—2005，IEC 60519-1:2003，IDT）

为便于使用，本部分对 IEC 62395-2:2013 做了如下编辑性修改：

- 删除国际标准的前言；
- “本标准”一词改为“本部分”。

本部分由中国电器工业协会提出。

本部分由全国工业电热设备标准化技术委员会（SAC/TC 121）归口。

本部分起草单位：芜湖佳宏新材料有限公司、安邦电气集团有限公司、芜湖市科阳电热材料有限责任公司、西安电炉研究所有限公司、博太科防爆设备（上海）有限公司、滨特尔热控技术（上海）有限公司、国家电炉质量监督检验中心。

本部分主要起草人：徐楚楠、杜昉、李贻连、凌钧、朱国强、吴静、吴兴军、袁芳兰、朱琳。

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

1 范围

GB/T 32348 的本部分对电阻式伴热系统在工业和商业应用领域的设计、安装、维护和维修提出了详细的建议。本部分不包括潜在爆炸性气体环境中的任何应用。

本部分适用的电伴热系统涉及到工厂装配或现场(施工现场)安装组件,以及已经按照制造商的说明装配和/或端接的串联和并联伴热器或表面加热器(伴热垫和伴热板)。

本部分涵盖的产品由受过适当技术培训的人员安装,并且只能由受过培训的人员进行特别关键的工作,例如接头和尾端的安装。安装需在有资质的电工的监督下进行,该电工应接受过电伴热系统的补充培训。

本部分不包括感应、阻抗或集肤效应加热。

电伴热系统可以分为不同的应用类型,在安装时和安装后的不同条件下需要满足不同的试验要求。电伴热系统通常适用于特定类型的装置或应用。不同类型安装的典型应用包括但不限于:

a) 管道、容器和相关设备表面加热用伴热装置,应用包括:

- 防冻和保温;
- 热水管道;
- 石油和化工管道;
- 喷洒系统。

b) 户外露天场地伴热装置,应用包括:

- 屋顶除冰;
- 排水沟和下水管道除冰;
- 集水池与排水沟;
- 轨道加热。

c) 具有嵌入式伴热系统的装置,应用包括:

- 融雪;
- 地暖;
- 防止冰胀;
- 地下热能存储系统;
- 门框。

d) 导管或管道内部伴热系统的安装,应用包括:

- 融雪(在导管内);
- 冻胀防护(在导管内);
- 地暖(在导管内);
- 蓄能系统(在导管内);
- 饮用水管道内部伴热;
- 封闭排水管和阴沟。

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 32348.1—2015 工业和商业用电阻式伴热系统 第1部分:通用和试验要求(IEC 62395-1:2013,IDT)

GB 4706.82—2007 家用和类似用途电器的安全 房间加热用软片加热件的特殊要求(IEC 60335-2-96:2002,IDT)

IEC 60519-1 电热装置的安全 第1部分:通用要求(Safety in electroheating installations—Part 1:General requirements)

3 术语和定义

IEC 60519-1 及 GB/T 32348.1—2015 界定的术语和定义适用于本文件。

注:参考国际电工词汇 IEC 60050 查看一般定义。与工业电热相关的术语在 IEC 60050-841 中定义。

4 容器和管道系统的表面加热

4.1 应用描述

4.1.1 一般要求

管道和容器通常利用表面伴热系统使水在零点以上或是使工作流体和气体保持在给定的温度水平。电伴热器补偿因外界环境引起的热损失,该损失由保温层得以减少而不是消除。

4.1.2 外界环境条件

应注意外界环境条件,特别是对于系统被暴露在阳光下(紫外线辐射下)、沿海气候(腐蚀性盐雾和高湿度)、化学环境中(例如石油炼油厂以及化工厂等)。

设备受紫外线照射可能会因表面氧化而造成表面脆变、开裂而受损。腐蚀性环境能影响上述的暴露表面,并能加速易受紫外线辐射的表面的受损。无论有没有保温措施,化学品的接触都会对所有设备有影响。

电伴热设备上的保温措施可以在一定程度上保护管道和容器免受腐蚀性和紫外线的辐射。然而,这些设备仍然有一些组件是裸露的,例如电伴热的接头尾端及保温护套。所以在选择电伴热设备的时候,应考虑到设备对预期环境条件的适应性。

4.1.3 电伴热系统注意事项

电伴热系统的范围可以从商用建筑简单的管路防冻保护应用到工业设施中大型复杂的管道/容器系统的过程温度维护及加热的各种应用。要求的细节设计可以根据应用的复杂性而改变。控制系统和监视需求也取决于控制和设计要求。

电伴热设备需要选择适合它的应用场合。例如塑料管道的最大表面暴露温度就比金属管道低得多。电伴热加热和控制系统应该将管道的维持温度控制在允许的范围内。

在较高的温度维温过程中,应采用适用于能承受最大暴露温度的伴热和保温设备。

4.2 设计信息——一般要求

4.2.1 一般要求

系统设计的要求包括基本的热损耗(负载),电气控制和检测设备的安装说明,以及大的复杂工业设施的电伴热系统布置图等。每个零部件的设计都需要单独进行,系统最终需要对各部件作一个整体综合的评估。

电伴热系统的设计要求应该符合 IEC 国际电气设备标准,应考虑电伴热系统的维护以保证系统的能源效率和例行试验的安全性和正确操作。

电伴热系统的设计和安装人员,应接受过所需专业技术的培训。

4.2.2 电气系统的设计

电阻加热系统的评估包括能源要求以及相关配电设备的初步评估。电伴热系统和控制系统设备型号的选择会影响电气系统设计的要求。更多详细信息见 4.4。

4.2.3 控制和检测系统

4.2.3.1 一般要求

伴热系统的控制系统经常用来减少总能量和/或在狭窄的范围内保持特定的进程。监测系统是用来验证系统操作的正确性,在很多情况下,它用来提供电气问题或温度超出范围。4.2.3.2 中描述基本类型的控制和监测,4.2.3.3 中定义了对于控制系统的键应用程序。4.5 中给出了具体的控制系统的设计。

4.2.3.2 控制系统建议

控制和监测系统的建议用于下列应用:

- 型号 I: 型号 I 控制器应用于维持温度高于最低点。大的功率部件可通过一个单个控制部件,例如环境感应器及配电控制面板来控制。不要求连续提供热输入,而且也容许较大的温度偏差。能源效率可以通过盲管的控制技术的应用来改进(见 4.5.10);
- 型号 II: 型号 II 应用于温度保持在适当范围的控制,通过管道里面的温控器实现控制;
- 型号 III: 型号 III 是温度控制在很窄范围时应用。电子管道感应控制器采用热电偶或电阻温度检测器(RTD)以方便现场校准,并提供在选择温度报警以及监控功能的最大灵活性。热输入性能可以提供空管的预热,或使管内的流体温度升高,亦或在指定的范围和时间内两者皆可。型号 III 必须严格遵从流量模式和保温系统的要求。

4.2.3.3 严格应用中的控制和监控

如果电伴热系统的出错可能会引起安全或者运行问题的话,那么伴热系统就会被认为是至关重要的;每种应用的温度控制和电路检测的需求可以根据 4.2.3.2 所述的温度控制类型以及表 1 所述的控制级别来定义。

表 1 应用型号

电伴热线对此应用是非常重要的一个部件吗	温度控制的精度要求		
	超过最低点 型号 I	适度的范围 型号 II	狭窄的范围 型号 III
是=非常重要的(C-)	C-I	C-II	C-III
否=不太重要(NC-)	NC-I	NC-II	NC-III

当电伴热对此应用至关重要的时候,就需要考虑电路报警系统的正确操作,故障报警以及备份(冗余的)。备份的电伴热可以在电源没有关闭的情况下进行维护和修理,并且在使用过程中提高稳定性。如果监测设备或是报警器发出故障信号时,多余的控制器的可以自动激活。

4.2.4 电伴热系统设计

应选择可以提供加热电阻器足够功率的设备:

- a) 当应用中需保持在一个特定的温度的时候,热损耗的补偿计算方法见 4.3.4;
- b) 在指定的时间内提高工件的温度和容量时,计算方法参照 4.3.6。

评估应提供有足够的容量给出在指定的最低环境温度所需的功率的电气系统。在 4.3.5 的基础上,系统的热需求应该乘以一个安全系数。特殊的系统设计建议见 4.6。

4.2.5 设计信息文档

设计信息可以以规范、布局、系统文件和图纸的形式提供。下列任何信息或全部信息可能适用:

- 热系统设计参数;
- 系统流程图;
- 设备布局图(总图、截面等);
- 管道图(设计、等轴图、线列表等);
- 管道具体规格;
- 热绝缘材料规格;
- 设备详图(泵、阀、滤管等);
- 电气图(单线图、接线图等);
- 材料清单;
- 电气部件规格;
- 设备安装以及安装指导书;
- 设备细节信息;
- 热绝缘规范;
- 升温引起蒸发或是放热的过程。

4.3 热系统设计

4.3.1 一般要求

加热电阻器的选择包括确定最坏情况下可能的最高温度。评估应确保系统最高温度不超过工件或热绝缘最高承受温度等级。加热电阻器供应商也应该为这些应用程序提供建议,包括产品的性能和安装指导。

加热电阻器的护套温度和/或工件的最高温度可能因使用多重指示减少单位长度产生的功率,或选用温度控制系统得以降低。

4.3 论述参数、保温隔热考虑、系统的热损失、安全因素、升温考虑、加热电阻器的选用、设计计算、护套温度计算、设计文档、低环境温度下的启动、长的加热器回路、烟囱效应。

4.3.2 设计条件

以下的一般设计条件和应用输入通常需要在系统设计前特别注意,在特殊的应用中可能还需要一些其他的信息,见 4.6。

- a) 系统参数：
- 1) 管道和容器的维持温度；
 - 2) 最低环境温度；
 - 3) 保温材料的厚度与类型；
 - 4) 管道直径、长度，以及走向(垂直的、水平的、倾斜的)或是容器尺寸；
 - 5) 管道型号：
 - i) 非金属；
 - ii) 金属；
 - 6) 组件，例如泵、过滤网、法兰、阀和其他支撑组件；
 - 7) 最大过程温度(取决于过程，蒸气清洗等)；
 - 8) 流量特性：
 - i) 增压；
 - ii) 重力；
 - 9) 设计风速。
- b) 电气考虑：
- 1) 电源电压；
 - 2) 电路的位置；
 - 3) 配电系统。

4.3.3 绝热保温

4.3.3.1 一般要求

选用、安装和维护保温隔热部件被认为是电伴热系统性能的一个关键部分。保温系统通常被设计用于防止伴热系统在补充热量过程中的大部分热量的流失。因此，保温材料的问题直接影响到系统的整体性能。

考虑的主要因素如下：

- 绝热材料的选择；
- 包覆材料的选择；
- 经济保温层厚度的选择；
- 双重绝热方法。

4.3.3.2 绝热材料的选择

以下是选择绝热材料时需要考虑的重要方面。应考虑这些因素，并根据以下的设计准则优化选择：

- 温度等级；
- 绝热材料的热导率；
- 机械性能；
- 化学兼容性和耐腐蚀性；
- 防潮性；

- 在安装过程中的健康风险；
- 阻燃性；
- 暴露于火时的毒理学性质；
- 成本。

常用的绝热材料包括：

- 膨胀蛭石；
- 岩棉；
- 泡沫玻璃；
- 聚氨酯泡沫；
- 玻璃棉；
- 硅酸钙；
- 聚亚氨酯；
- 珍珠岩。

对于柔软的绝热材料(岩棉、玻璃棉等),大多数情况下都是紧紧的缠在管道的外壁。应特别小心伴热器不能铺设在绝热材料的里面,这可能导致伴热器的损坏或者可能限制部分的热传导。作为替代方案,用一个比较大的保温材料包裹管道和伴热器也是可接受的。硬质绝缘(硅酸钙、膨胀蛭石、泡沫玻璃等),可以定制以满足纵向连接的管道尺寸。在所有的情况下,绝热类型,尺寸及厚度应明确规定。

对于阀门、法兰、泵、仪器和其他不规则形状的设备绝热材料通常是定制适合的特定构造。这可能是由大块的绝热材料,小块的绝热材料以及可移动的覆盖材料组成。

绝热水泥或纤维材料可用于填充裂缝和接缝。凡是用于不规则表面的完全绝热层,要用较厚的绝热水泥层以达到预期的绝热能力。使用绝热水泥时,需要安装一个阻隔层以防止绝热水泥接触伴热器的工作部件(以提高发热电缆的温度)。

一般应避免绝热水泥嵌入发热电缆中。

4.3.3.3 气候保护层的选择

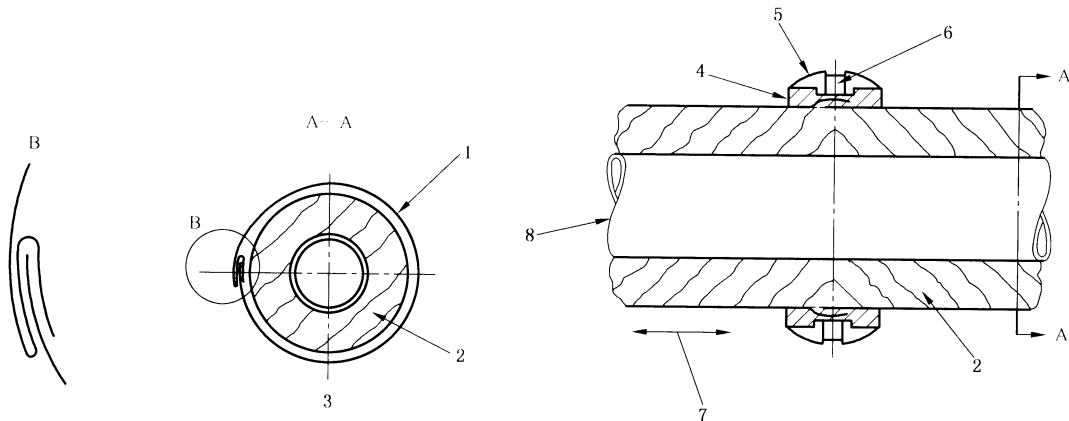
电加热系统的正确运行取决于绝热层的干燥。电伴热系统通常没有足够的热量输出来保持保温层的干燥。一些绝热材料,一旦受潮以后即使从管道上取下来并完全烘干也不能回复其已有的保温性能。

直的管道应该有金属或聚合物套或者树脂防潮系统的保护。使用金属外套的时候,它应该是光滑的并采用S形的接头。圆周接头处应密封带密封,并在其外缘或重叠处施用密封胶(见图1)。

护套重叠或者其他未用密封胶闭合处,不能形成一个有效的阻断湿气的护套。单一的漏点就可能在一场暴雨中使相当多的水渗漏到保温材料上面。

气候保护层应基于以下因素决定：

- 阻隔潮气的能力；
- 该地区的化学品的腐蚀性；
- 防火要求；
- 机械的耐久性；
- 成本。



说明：

- 1 — 金属护套；
- 2 — 保温层；
- 3 — 有金属护套和保温层的管道；
- 4 — 树脂密封胶；
- 5 — 封闭带；
- 6 — 绝缘带；
- 7 — 移动；
- 8 — 管道。

图 1 保护层——气候保护层的安装

4.3.3.4 气候保护层的密封组件

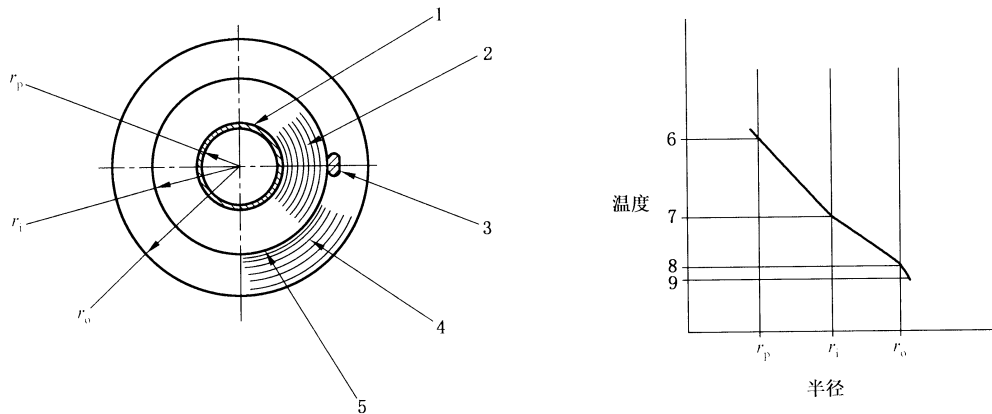
高质量的气候保护层填隙组件是用来阻止水和其他污染物进入保温层系统。结构支撑和伴热器连接组件都是这类密封组件的例子。低质量的密封材料易干燥并易产生裂缝而导致水的渗入。

4.3.3.5 经济厚度的选择

一个最小的、经济的绝热厚度取决于初始的材料成本和在整个系统运行周期中节约的能源。应当指出，实际的绝热层的厚度不总是与标准绝热厚度完全对应的。选择绝热层的大小时，应考虑实际的绝热管道尺寸是否适合用于管道和伴热器。

4.3.3.6 双层保温法

当管道的温度超过伴热器的最大允许温度时，需要使用双层保温法。一个典型的应用就是高温蒸汽管道在不使用的时候阻止冷凝水渗入伴热器。伴热器铺设在两个保温层的中间。双层保温技术的关键是确定内层和外层的保温层的类型和厚度，以使伴热器表面发热温度在一个可接受的范围。最里层的保温层在接头的地方需要用垫圈去防止管路产生缺口。缺口可能导致高温到达并损坏伴热器。图 2 是双层保温的安装示意图以及典型的温度曲线。应当指出的是，安装的时候需要考虑最大的环境温度。



说明:

- 1——管道;
- 2——内保温层;
- 3——伴热器;
- 4——外绝热层;
- 5——金属箱(铝);
- 6——管道温度;
- 7——界面温度;
- 8——外绝热层表面温度;
- 9——环境温度。

图2 典型的温度剖面

4.3.4 热损失的确定

工件的热损失可以从式(1)进行计算,同时考虑到传导和对流参数。

$$q = \frac{(T_p - T_a)}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi k_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi k_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- q ——管道的单位长度的热损失,单位为瓦每米(W/m);
- T_p ——需要保持的温度,单位为摄氏度(°C);
- T_a ——最低设计环境温度,单位为摄氏度(°C);
- D_1 ——内保温层的内直径,单位为米(m);
- D_2 ——内保温层的外直径,单位为米(m)(有外层保温层时是外保温层的内直径);
- D_3 ——有外保温层时是外保温层的外直径,单位为米(m);
- k_1 ——内保温层在平均温度下的热传导率,单位为瓦每米开[W/(m·K)];
- k_2 ——有外保温层时,是外层保温层在平均温度下的热传导率,单位为瓦每米开[W/(m·K)];
- h_i ——有内保温层时,是内部空气从管道到内绝热层表面的对流系数,单位为瓦每平方米开[W/(m²·K)];
- h_{co} ——内部空气从外保温层到气候保护层的对流系数,单位为瓦每平方米开[W/(m²·K)];
- h_o ——气候保护层到外环境的空气对流系数,单位为瓦每平方米开[W/(m²·K)][当温度低于

50 °C 下的低温应用的时候,此值范围从 5 W/(m²·K)~50 W/(m²·K)];

ln ——是 e 的自然对数。

计算的精确度依赖于系统参数的确定度。

式(1)的计算公式当仅考虑传导参数并只有一个保温层时,对于管道可简化为以下形式:

$$q = \frac{2\pi k(T_p - T_a)}{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)} \dots\dots\dots(2)$$

容器的热损失往往需要更复杂的分析来确定总的热损失。应当与伴热器的供应商协商。

为了便于产品的选择,伴热器的供应商往往要提供简单的图表或计算机程序,对于不同的维护温度和绝热材料来确定热损失,通常还要包括安全系数。

前面的关系是基于假定保温系统的密度、体积、热导率和热损失在相关温度范围均为定值。该模型只代表直管道,不涉及如泵和阀门等设备。非绝热或者部分绝热管支架或设备需要额外的热输入量,以补偿更高的热损失。

4.3.5 设计安全系数

由于理论热损失计算未考虑实际工作现场安装的缺陷造成的偏差,计算当中要考虑安全系数。这个安全系数需要根据客户的需求去设定,热损失通常要增加 10%~25%。更详细的评估要考虑到以下内容:

- a) 保温层的老化;
- b) 供电电压的变化;
- c) 分支电路电压降;
- d) 伴热器电压降;
- e) 高温环境下增加的辐射和对流;
- f) 保温层的安装质量。

4.3.6 加热过程中的注意事项

在某些设备的运行过程中,电伴热系统必须在特定的时间内能提升静止工件的温度。通过式(3)可以计算出一个伴热器的升温时间(以 s 计):

$$t = H \ln \left\{ \frac{q_c - U(T_f - T_a)}{q_c - U(T_i - T_a)} \right\} + \frac{P_1 V_{c1} h_i}{q_c - U(T_{sc} - T_a)} \dots\dots\dots(3)$$

U 表示每度温差,每单位管道长度的热损失,U 的计算如下:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\pi D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2\pi k_1} + \frac{\ln\left(\frac{D_3}{D_2}\right)}{2\pi k_2} + \frac{1}{\pi D_3 h_{co}} + \frac{1}{\pi D_3 h_o}} \dots\dots\dots(4)$$

H 是加热时间常数,由存储在管道,流体和每度平均绝热层的总能量除以单位管道长度、单位温差的热损失。如下所示:

$$H = \frac{P_1 C_{p1} V_{c1} + P_2 C_{p2} V_{c2} + 0.5 P_3 C_{p3} V_{c3}}{U} \dots\dots\dots(5)$$

式中:

P₁ ——管道中介质的密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

C_{p1} ——该介质的比热,单位为焦耳每千克开[J/(kg·K)];

V_{c1} ——管道的内部容积,单位为立方米每米(m³/m);

- P_2 ——管道的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
 - C_{p2} ——管道的比热,单位为焦耳每千克开 $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$;
 - V_{e2} ——管道的内壁体积,单位为立方米每米(m^3/m);
 - P_3 ——绝热层的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);
 - C_{p3} ——绝热层的比热,单位为焦耳每千克开 $[\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})]$;
 - V_{e3} ——绝热材料体积,单位为立方米每米(m^3/m);
 - T_i ——管道的初始温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
 - T_f ——流体和管道的最终温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
 - T_a ——环境温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
 - T_p ——期望的维持温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
 - t ——所需的加热时间秒,单位为秒(s);
 - U ——每度温度每单位长度的管的热损失,单位为瓦每米开(W/mK);
 - H ——热时间常数,单位为秒(s);
 - T_m ——发生相变的温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);
 - h_f ——熔解潜热,单位为焦耳每千克(J/kg);
 - q_c ——伴热器的功率,单位为瓦每米(W/m)。
- 当加热应用发生相变时有必要单独评估加热的需求。

4.3.7 伴热器的选择

4.3.7.1 一般要求

伴热器的选择基本包括以下内容:

- 伴热器的最大可承受温度要大于最高可能发热的温度(可能大于正常的工作温度);
- 伴热器须适用在规定的的环境下运行,例如腐蚀性的气氛或者比较低的温度;
- 伴热器要符合 GB/T 32348.1—2015 中电气标准的要求在特定的应用中使用。现场安装伴热器的前提条件是:
 - 安装人员具有所需的特殊技术;
 - 伴热器需要通过规定的场地测试(现场工作);
 - 按照 GB/T 32348.1—2015 中的要求标记伴热器。

为每个电路限定一个最大的功率密度是必要的,使得温度不超过限值。这通常是用理论公式计算,然后根据伴热器供应商以往的经验数据做出必要的调整。每一伴热器允许的最大功率密度由供应商提供或指定的系统里面挑选一个比较低的值。如果需要使用多个伴热系统,功率的密度要降低。

实际安装的负载应小于设计的负载,并且实际的功率密度也应当不大于上述得出的值。一个伴热系统可能需要多个伴热器或者一个伴热器盘旋在工件上面。伴热器的类型,安装的负载,功率密度都应记录在系统的档案中。

4.3.7.2 特定类型的伴热器

伴热器的类型通常由其电特性决定的。

伴热器一般都采用电阻丝作为发热元件,这样电路的电压和电阻丝的长度成为每一电路设计的关键参数。用聚合物作为保温的串联伴热器特别适合比较长的设备。还有一种伴热器用矿物材料绝热,因为金属护套能承受较高的温度,所以这种伴热器特别适合于很高温度和高功率密度的应用。

并联的伴热器一般包括两个并联的带有单独的聚合物或金属加热元件组成,从母线上获取电压。其典型的应用是防冻保护和复杂管道的保温。恒功率加热器通常有一个螺旋缠绕的金属的发热元件。

PTC 发热电缆(正温度系数 参见 4.3.7.1)通常包括母线间的聚合物加热元件。限功率类型通常介于两种类型之间,比 PTC 型在更高的工作温度有更高的输出功率,较恒功率型有较低的最大外套温度。

4.3.7.3 伴热器的选择

选择适合伴热器的目标是减少整体的安装成本,同时保证整个系统的可靠性和可维护性。首先确定不同的应用的特性是非常重要的。

- 复杂的管道系统由相对较短的管道组成,并有很多的 T 管道,另外管道系统中的阀门和泵也是需要伴热器。根据控制要求做出改变,这样的系统平均长度一般小于 30 m。
- 连接管道系统指的是在一个工业设备里连接不同区域的管道,一般比复杂的管道系统更长。长度可能达到 1 500 m,并且几乎没有小的在线设备或者分支的管道。
- 产品传输线常见应用于如驳船卸货线和油罐场。

4.3.7.4 伴热器的性能和平衡条件

图 3 显示了一个恒功率伴热器和两个 PTC(正温度系数)的输出功率曲线,它们具有不同的特征。该图还显示了在给定的环境温度(在这个例子是 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$)下通过保温材料的热损失,以及随着工件温度的升高热损失的增加。在这种情况下,热损失需要维持在 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的时候是 $15\text{ W}\cdot\text{m}$ 。图 3 表明无论哪一类伴热器,伴热器应该提供最低 $15\text{ W}\cdot\text{m}$ 的功率。

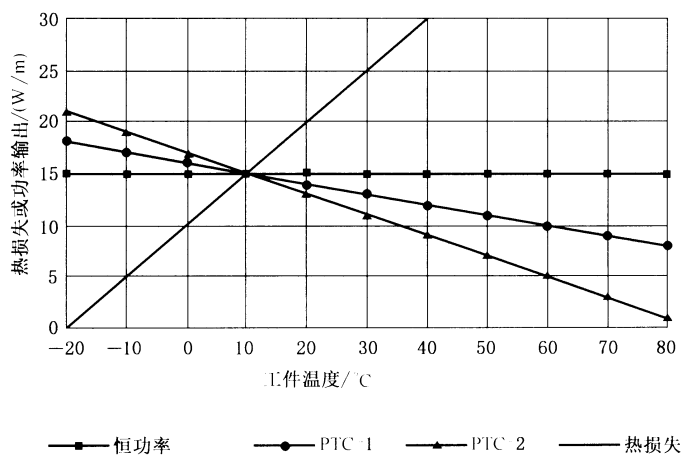


图 3 工件温度维持所需要的平衡条件

图 4 显示了从评估上限角度出发的相同例子。当前的热损失线表示的是最高的环境温度(在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的情况下)。伴热器输出水平的增加给出了最大输出公差。交点(热损失等于热量输出)显示最高的工件温度和在这些条件下的功率输出。例如,对于恒功率伴热器最大工件温度是 $73\text{ }^{\circ}\text{C}$,热损失和最大伴热器输出平衡点出现在 $17\text{ W}\cdot\text{m}$ 。由 PTC 伴热器的工作曲线,PTC-1 和 PTC-2 表面工件的最大温度偏低。PTC-2 表示工件的最大工作温度是在 $56\text{ }^{\circ}\text{C}$,并且热平衡点出现在 $8\text{ W}\cdot\text{m}$ 。这种方法可用在评估稳定设计方法的上限工作条件。

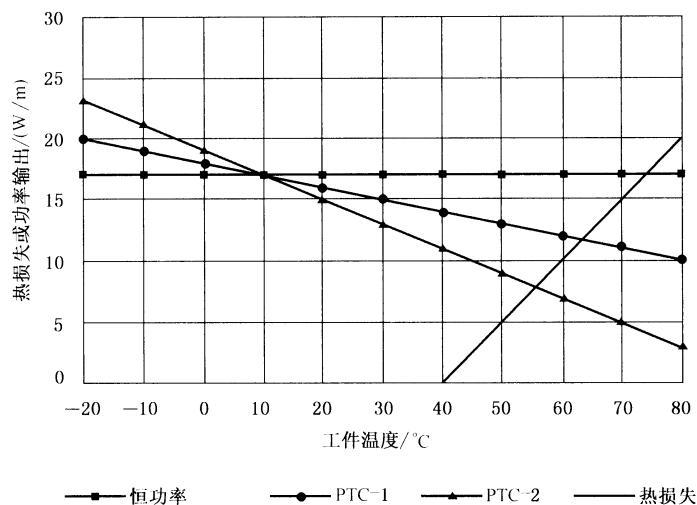


图4 平衡条件的上限评估

不同伴热器的输出功率水平通常由伴热器的供应商在产品说明书中提供或者在一个设计项目中提供。在大多数情况下 PTC 伴热器的类型都基于由类似于 GB/T 32348.1—2015 中 5.2.10 测试的数据。

4.3.8 设计计算

4.3.8.1 一般要求

为了满足电伴热系统的特殊要求,应有下列伴热系统的设计特征:

- 伴热器的输出功率应大于系统热损失并要考虑合适的安全系数。为此可以安装一个多回路的有合适的输出功率的伴热器,或者如果需要螺旋安装伴热器,以保证输出水平尽可能的低;
- 应该考虑供电电压和其他系统参数的可能变化来确定一个安全系数;
- 当环境温度比较宽泛,没有温控器或者环境传感控制,而加热过程温度的准确性是至关重要的时候,应用系统的上限特性(例如安培数,加热器和工件的温度)是需要评估的。

4.3.8.2 稳定性设计

稳定性设计基于在最坏条件下确定最大的工件和最高的伴热器表面温度。这是当热输出等于系统热损耗出现平衡条件时的计算。最坏条件包括:

- 最高环境温度,通常认为是 40 °C,除非有特殊说明;
- 没有风(静止的空气);
- 采用保守的或者最小值作为保温层的导热系数;
- 没有温度控制系统或者模拟一个失败的温度控制器;
- 伴热器工作在额定电压加 10%;
- 伴热器被认为是在制造误差的上限运行或这一类伴热器的最小电阻下运行。

这组情况在图 4 中说明。GB/T 32348.1—2015 的 5.2.13 中定义了稳定性设计的测试。通常,伴热器的最大表面温度是依据经验数据的评估或下述理论计算得出的公式计算得到的。许多伴热器供应商都提供在最坏条件下计算最高的表面温度的设计程序。

4.3.9 理论护套温度的计算——金属管道的应用

管道最大可能的温度是在最大的环境温度条件下伴热器不断加热的时所计算的。最大可能的管道

温度计算公式是一个重新排列的热损失的公式,见式(6)。

$$T_{pc} = \frac{Q_{sf}}{\pi} \left[\frac{1}{D_1 h_i} + \frac{\ln\left(\frac{D_2}{D_1}\right)}{2k} + \frac{1}{D_2 h_{ex}} + \frac{1}{D_2 h_o} \right] + T_a \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

T_{pc} ——最大的计算管道温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)(注意:最大管道运行温度有时会超过计算值);

Q_{sf} ——伴热器的功率的最大误差,单位为瓦每米(W/m);

k ——平均温度下保温的导热率,单位为瓦每米开 $[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ 。

其他的参数在之前的公式中都已经定义了。迭代技术也许需要应用到式(6)的计算中以计算出最大管道温度,因为保温层的导热率和伴热器的功率也是影响管道温度的因素。

伴热器的表面温度计算如式(7)所示:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{UC} + T_{pc} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

T_{sh} ——伴热器的护套温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$);

C ——伴热器的周长,单位为米(m);

U ——整体的热传导系数,单位为瓦每平方米开 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})]$ 。

对于每个伴热器的类型、安装方法、系统的配置整体热传导率是不同的。这是一个组合传导、对流和热辐射的传导模式。 U 的值可以从 $12 \text{ W}/\text{m}^2\text{k}$ (空气中的圆形伴热器,主要是对流)到 $170 \text{ W}/\text{m}^2\text{k}$ 或更多(伴热器运用多重热传导方式,主要是传导)。需要时,供应商应该对于一个特定的运用提供 U 的值,或者给出护套温度的计算值或经验值。

伴热器的实际功率不应该超出规定的功率公差范围,并且护套的运行温度不应该超过计算的最大护套温度。

4.3.10 理论护套温度的计算——非金属管道的应用

对于非金属管道的应用,因为非金属材料的导热性比较差,所以管道壁的导热系数应该考虑。这些非金属材料的导热率也许仅是钢的 $1/200$,管道或管壁上实际的温度差异取决于伴热器的功率密度。这个高于正常温度的温度(相对于金属的管道和容器)也许有两个不利影响:

- 非金属管道的最大允许温度也许会被超过;
- 伴热器的最大允许的护套温度有可能被超过;
- 伴热器的护套温度在正常工作条件下由式(7)计算得到。然而管道壁的热传导系数应该考虑进去。对于塑料管道的整体热传导系数应该是:

$$\frac{1}{U_p} = \frac{1}{U_m} + \frac{L}{k_p} \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

U_p ——非金属材料管道的整体热传导系数,单位为瓦每平方米开 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})]$;

U_m ——金属管道的整体热传导系数,单位为瓦每平方米开 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})]$;

L ——管道壁的厚度,单位为米(m);

k_p ——管道壁材料的热传导系数,单位为瓦每平方米开 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{k})]$ 。

因为非金属管道的额外的热阻,整个管壁存在温度差,与金属管道情况不同,非金属管道外边的温度和流体的温度是不一样的。因此,流体的温度应该被考虑进去。

对于非金属管道:

$$T_{sh} = \frac{Q_{sf}}{U_p C} + T_f \quad \dots\dots\dots(9)$$

式中:

Q_{\pm} ——伴热器额定功率的公差,单位为瓦每米(W/m);

T_{\pm} ——流体的温度,单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)。

式(9)是复杂问题的一个保守简化的处理,涉及的标准已经超过本标准的范围。伴热器的供应商应该提供对于特殊应用的外护套温度的设计信息。

伴热器的实际功率不应该超出规定的功率公差范围,并且护套的最大运行温度不应该超过计算的最大护套温度。

4.3.11 设计文档

伴热器的设计图纸应该描述他们的物理位置、配置和相关数据、以及相关的管道系统。图纸或者设计资料应包括以下信息:

- a) 管道和罐体系统的名称;
- b) 管道的大小,罐体的尺寸以及材料类型;
- c) 管道或罐体的位置或在线识别码;
- d) 伴热器名称或电路编号;
- e) 电源连接线,尾端,温度传感器的位置;
- f) 伴热器的数量;
- g) 设计数据如下:
 - 1) 要维持的温度;
 - 2) 最大过程温度;
 - 3) 最低环境温度;
 - 4) 最大可维持温度(当适用的时候);
 - 5) 最大外护套温度;
 - 6) 加热参数(当需要时);
 - 7) 管道的程度;
 - 8) 单位长度管道伴热器的比;
 - 9) 伴热器用于阀门,管道支撑件,以及其他热交换部件的额外长度;
 - 10) 伴热器的长度;
 - 11) 工作电压;
 - 12) 维持温度下伴热器的功率;
 - 13) 在所维持的温度下,伴热器单位管道长度的热损失;
 - 14) 总功率;
 - 15) 启动和稳定状态的电路电流;
 - 16) 保温层的类型、公称尺寸、厚度和导热系数;
 - 17) 材料清单。

图纸还应该注明配电面板的数量或名称,报警器和控制设备的名称及设定点。

4.3.12 低温环境下启动

当电伴热系统在非常低的环境温度下启动时,可能导致初始电流激增,引起电流保护装置跳闸的麻烦。电流保护装置的级别和特性应该适合于伴热器在低温条件下启动的情况。在低温环境下伴热器的供应商应在说明书中给出详细说明和建议。

4.3.13 长伴热器的电路

并联伴热器具有输出功率变化的特性,从而减小了电路长度的增加。

由于母线中电压降导致功率密度在电路末端小于标准值。电路的长度应该被设计成电路的加热性能不能下降。

相反,在电路刚刚通电的时候,伴热器的功率是大于标准值的。这是由于导体在通电的时候也会产生热量,形成辅助作用。另外,电路长度在设计时也要考虑到伴热器的温度不能超过限制的温度。

温度传感器的位置应该要考虑伴热器在长度上功率输出的变化。

4.3.14 烟囱效应

在长而垂直的管道中运行时,需要紧密的温度控制,可能需要两个或者两个以上的控制电路。由于对流的原因,从底部到顶部垂直运行的时候可能发生实质性的温差。长的垂直运行的电路控制系统电路的最大长度取决于最大维持温度的公差和管子内部流体的特性。伴热器的供应商应该提供这些情况的具体设计信息。

4.4 电气设计

电气系统的设计除了需要符合本标准的要求以外,还要符合国际、国家和地方的规范。除了需要注意适当的功率大小和配电设备,还需要注意分支电路的保护。另外还需要考虑伴热器的启动电流和在最低启动温度下的持续时间。

每个伴热器以及分支电路都要有切断高阻抗接地故障和短路故障的保护能力。这可由一个额定 30 mA 的切断电流接地保护装置完成或一个接地保护控制器来防止电路的过载。对于一个漏电风险更高的电路,漏电电流通常设置在 30 mA 以上,或者由伴热器的提供者制定。对于已经安装好的系统的维护和监督只能由专业人员完成,安全的操作设备对于一个电路的持续运行是必要的,或者不切断的接地故障检测如有报警设置确保应答,也是可行的。

当导体用于电源连接线时,推荐使用一个低漏电的导体连接电源接线盒。

永久的标记和识别将在后面 4.7.10 中定义和安装。

4.5 控制和检测系统设计

4.5.1 一般要求

控制和检测系统应该根据 4.2.3 中定义的级别和过程温度满足系统应用的最低要求。

控制和检测设备用来确保任何高限温度不会出现。如果需要的话,也可以提供必要的隔离、监测故障条件、过载保护和漏电保护。电伴热系统设计师全面落实集成伴热系统的运行和安全要求是至关重要的。

如果传感器或者控制装置出现故障,控制系统应当开路。除了温度,像电流等参数也应该进行控制。在 GB/T 32348.1—2015 的 4.4 可以看到特别要求设计的控制系统。

4.5.2 机械控制器

机械控制器,例如温控器,用两个不同的原理:双金属元件或被一个球泡或者一个球泡加毛细管中流液的膨胀。温度的变化引起位置的变化,造成触头动作打开或者闭合电路。

机械控制器是粗糙的,并且现场的校准是繁琐的,但是可不用配置远程面板。

选择机械控制器应考虑传感器及其他组件的最大和最小额定温度,任何腐蚀性的条件和对位置的敏感性都会受到影响。

4.5.3 电子控制器

电子控制器的传感器通常包括电阻式温度检测器(RTD)、铂电阻温度计(PRT)、热敏电阻、热电偶

(T/C)或者其他感温装置。控制器可以位于传感器的几百米以外,通常位于控制和配电板上以方便操作人员操作和维修。

这些控制器电子化来处理来自传感器的信号来实现对继电器的开关或者固态装置的开关或者相位控制。

4.5.4 应用的适用性

防冻系统的控制类型 I 可能只需要一个带指示灯的开关或者一个带环境感温装置的机械控制器来控制一定数量的伴热器电路。为了提高控制类型II或者类型III的能源效率和控制精度,应考虑使用一个测量工件温度的温度控制系统。

大多数温度控制应用都是需要带管道感温的类型 II 或类型 III,这些通常都至少要有一个机械式温控器。在一些关键使用场合或要求温度控制在一个很窄的范围(类型 III),就可能需要一个能够对运行温度过高或过低或者伴热器电路故障报警的装置。当规范要求时,应使用电子控制器。系统一般提供连续工作、接地故障、系统诊断报警和高温限制开关。根据系统要求,高限温信号可以发出报警和/或启动电路保护装置。

消防喷洒系统和安全淋浴系统推荐使用 III 型控制系统,当接地故障保护装置中断电路时会发出报警。消防喷洒系统需要低温报警器。对于进一步的需求,请参考当地和国家法规(例如:安全淋浴的超限报警)。

查看表 2 关于类型 II 和类型 III 控制和监测的建议。

表 2 控制和监测建议——类型 II 和类型 III 控制

类 型	控制				监测				
	手动 开/关	环境	在线传感		低温	高温	接地故障	伴热器 供电电压	高/低 电流
			机械	电子					
类型 II									
饮用水 ≤ 150 mm	M	R	---	---	---	---	---	---	---
饮用水 > 150 mm	M	---	R	---	---	---	---	---	---
排水	M	R	---	---	---	---	---	---	---
热水	M	---	---	---	---	---	---	R	---
油脂		---	M	---	---	---	---	---	---
燃油		---	M	---	---	---	---	---	---
类型 III									
安全淋浴器/洗眼装置		---	M	R	R	M		R	---
消防喷头		M	---	M ^a	M	---	M ^b	M	M
注: M=最低要求,R=推荐。									
^a 控制器应该监视其运行并在系统功能发生故障时报警。报警输出应该在警报时改变状态或者切除控制器供电电压。报警输出应该连接到火灾探测报警系统。									
^b 接地-故障监视器要报警。									

4.5.5 温控器的位置

电子温控器通常组合在一个共同的柜子里,在可能情况下,温控器应该设在方便维护和校准的地方。

4.5.6 传感器的位置

在决定传感器的位置时,应该考虑以下几点:

- a) 应根据设计的要求决定传感器的数量和位置。传感器应放在可以代表维持温度的位置;
- b) 在两个或更多伴热器相遇或连接,传感器应安装在离结合点 1 m~1.5 m 的地方;
- c) 如果一个伴热电路包括管道、在线管道散热片或热源,传感器应安装在系统里距离散热片或热源 1 m~1.5 m 的管道截面上;
- d) 对于贯穿不同环境温度的管道加热电路(如被加热建筑物的内部和外部),为了合理控制管道温度需要两个传感器和相关的控制装置;
- e) 在复杂的管路系统里,物料流动模式需要先作评估以适合所有可能的情况,再选择传感器的位置;4.5.9 和 4.5.10 给出了评估所需的详细信息;
- f) 温控的温度传感器位置应避免受伴热器温度的直接影响。传感器应可靠地安装以确保与部件有良好的热接触;
- g) 某些工艺材料和管材的温度敏感性可保障控制和高限温度设备。传感器应该放置在离伴热器周围 90 °C 以上的位置。高限传感器通常也放置在离伴热器 90 °C 的位置,但不应邻近其他的传感器。这个传感器的控制器应对这材料有设定点或系统最高允许温度减去安全系数。

4.5.7 报警的注意事项

4.5.7.1 一般要求

报警电路的主要功能是提醒操作人员电伴热系统可能超出设计极限,因此应检查采取纠正措施。各种不同的报警的类型和功能取决于系统的要求(见 4.2.3)。任何或所有报警数据整合在记录设备中,最常用设备的特点在 4.5.7.2~4.5.7.4 中列出。

4.5.7.2 伴热电路报警

伴热电路报警用于检测电流、电压的损失,或伴热电路连续性,包括(但并不限于)以下装置:

- a) 电流检测装置。监控伴热器电流,并在温度开关闭合时电流下降到低于预设定的最小值发出报警信号;
- b) 压敏装置。监控伴热器尾端电压(通常是并联式加热电缆)或监控回路上的电压;
- c) 电阻感应或连续性传感装置。监测系统断电时的伴热电路。通常,低电压或脉冲信号被发送到伴热器并受监测。

4.5.7.3 温度报警

低温和高温报警通常与温度控制器整合在一起,或者作为单独的设置,并具有以下功能:

- a) 低温警报:这表明管道或容器的电伴热系统的温度下降到低于预设定的最小值,随后的冷却可能会超出可接受的操作设计标准;
- b) 高温警报:这表明管道或容器的电伴热系统的温度上升到超过预先设定的最大值,随后的加热可能会超出可接受的操作设计标准。

4.5.7.4 其他报警

其他有效的报警包括(但并不限于)以下装置:

- a) 辅助接点报警:报警表明辅助开关闭合,电源为伴热加热电路供电的情况。它提供信息给操作者,以确认接触器的正确操作,但并不确保二次接触器在打开或伴热器失去连续性时伴热加热

电路的正确运行；

- b) 剩余电流保护装置:标称工作电压 120/240 V a.c.,接触报警可以选择电流跳闸水平。这些装置监控电路的接地漏电电流。如果总电流超过所选的跳闸电流,该设备就会跳闸,供电电路中断。此外,这些监控设备可以只有报警功能；
- c) 开关驱动报警:报警通常由温度控制器上的辅助报警开启；
- d) 电流测量装置:该装置由温度控制旁路开关和电流表或电流灵敏的继电器和报警组成；
- e) 诊断报警:该报警由带电子控制器的诊断电路发出,内部控制或数据处理逻辑电路故障信号启动。

4.5.8 集成控制

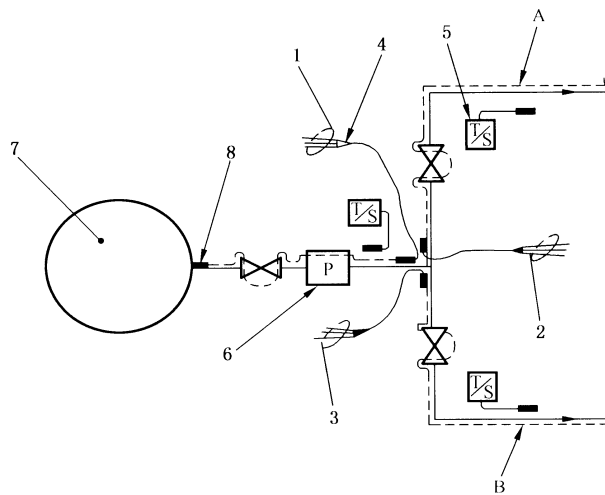
电伴热系统控制和报警电路可能需要与中央(主)控制和监测系统进行整合。应当认真考虑设备的选择,设备要在控制和监督职能上兼容,以确保成功和可靠的数据传输。

4.5.9 流量模式分析

在必须控制临界温度时,应该考虑管网中所有可能的流量状况以决定伴热电路各部分。图 5 中所示的罐体加热例子说明了这一点。所有这三个伴热电路单独控制是必要的,以保持管道系统所需的维持温度。当加热的产品通过管 A 从罐体流出,1 号电路和 2 号电路断开,加热非流动线路的 3 号电路仍保持通电。如果三个电路合成一个,只要一个控制,管道 A 或管道 B 非流动,温度就会降到期望维持温度以下。

控制阀旁边的支路是另一种常见的需要额外电路的地方,如图 6 所示。

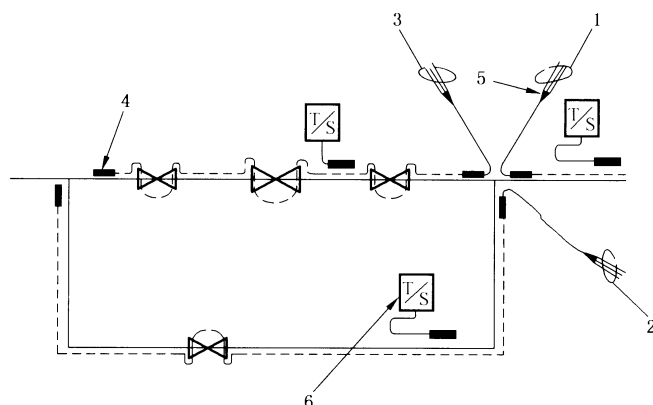
这是电路设计需要密切关注的两个管道系统案例。死角和歧管系统也需要仔细安排伴热设备及其相关的控制装置。



说明:

- | | | | |
|---|--------|---|--------|
| A | 管道 A; | 1 | 冷尾端; |
| B | 管道 B; | 5 | 温度传感器; |
| 1 | 1 号电路; | 6 | 泵; |
| 2 | 2 号电路; | 7 | 加热罐体; |
| 3 | 3 号电路; | 8 | 热尾端。 |

图 5 罐体加热案例



说明:

- 1——1 号线路;
- 2——2 号线路;
- 3——3 号线路;
- 4——热尾端;
- 5——冷尾端;
- 6——温度传感器。

图 6 支路案例

4.5.10 盲管段控制技术

这是有时用于对非常复杂的管网和歧管系统进行温度控制的技术。它可使用在那些以牺牲节约能源和控制精度把温控器的总数控制在最低限度的地方。该技术由设置或加工的一段管道组成:

- a) 在任何时候都有层流;
- b) 像其他被控制的管道一样有热损失。无论什么样的流动条件,所有的管段将被加热。在同一时间有层流的所有部分将有适当的随着环境温度的变化所需要的热量。有流动的管段不必要加热的。盲管段的方法的优点主要是节约能源和节省初始成本的折中处理。在与温度敏感产品中使用这种技术时,应格外小心。

要注意,第一、盲管段要足够长,这样它的温度不会受相邻管道的流体所影响。第二、温度传感器应放在不受流体热状况的位置上。

4.6 特殊设计的注意事项

4.6.1 一般要求

某些应用可能要求特殊的设计条件。4.6.2~4.6.5 描述了防冻系统、喷洒灭火系统、热水系统和特种路线中特殊的条件。

4.6.2 防冻系统

以下考虑适用于防冻系统:

- a) 在伴热器放置在通道中的应用中,应指定管道限定温度,设计师应该考虑潜在的更高的护套温度。PTC 伴热器在这些条件下典型地显示较低的输出;

- b) 如果节能是被关注的问题,对比较大的管道尺寸(~150 mm 及以上)和处于或接近冻结数周以上的地方,推荐考虑环境比例或在线传感控制器。

4.6.3 自动喷洒灭火系统

有干湿两种类型喷洒灭火系统。湿式采用充水管道,而干式有控制阀,当喷头或其他传感器被激活,就涌到支管。

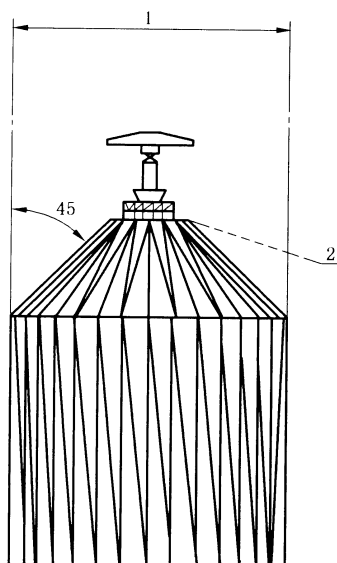
湿式系统简单可靠,但灭火系统可能在一些受冷冻困扰的地区不允许采用。因此,干式系统往往使用在受制于冷冻的地区,但这些都可靠性的问题。特别是,控制阀可能泄漏导致系统漏水或冻结,或者在一段较长的时间内保持关闭后无法打开。此外,管垢增加了维修的麻烦,已被激活的系统在复位前应完全干燥。

电伴热系统可用在偶尔达到结冻温度的地区保护湿式系统,以及干式系统适用地区。系统通常有伴热系统运行的监测功能,故障自动保障的温度控制,以及防止伴热器和管路系统过热的设置。

多个管段可以由一个控制器来控制,因为该系统是不流动的。

下面列出了这些应用的电伴热系统的设计考虑:

- a) 系统通常是不流动的;
- b) 多个管段可以由一个有环境控制的控制器来控制;
- c) 系统安装细节应指明有喷头的支线上的伴热安装;
- d) 系统安装细节应指明保温层厚度以平衡系统的热损失和伴热的功率输出;
- e) 对于 20 mm 厚的保温层通常用 25 mm 直径的钉子。绝缘层可能是大尺寸的以便于伴热电缆安装,使得安装外径不大于 75 mm(如 25 mm 直径钉子,采用 34 mm 内径,20 mm 厚的保温,外径 74 mm);
- f) 直立式喷洒灭火系统的系统安装细节须注明钉子高度和/或横臂覆盖距离以克服喷洒障碍;
- g) 对于直立洒水装置,洒水喷头应以 45°锥度绝缘到缩径管的顶部,以避免喷洒障碍,详见图 7;
- h) 产品应经认证适合于灭火系统使用的供水线及支线;
- i) 产品规格应包括适用于电伴热系统的最低喷头温度;
- j) 应为每个消防喷洒伴热电路配置带远程报警触头的低温报警器。推荐的设定点是 2 °C;
- k) 应为每个消防喷洒伴热电路配置带远程报警触头的高温报警器。推荐的设定点是在 38 °C ~ 43 °C 之间;
- l) 消防喷洒系统的伴热系统应永久连接到电源;
- m) 对于消防喷洒系统,保温层应是不可燃的并用密封的不燃盖保护,以保证其接触到排水时的完整性;
- n) 如果需要一个单独的高温限制控制器去断开伴热,它应具有自动复位和报警功能;
- o) 消防喷洒系统中电伴热系统如采用塑料管路,生产商应指明将用于该系统中的塑料材质。



说明:

1——当保温材料直径大于75 mm,推荐45°角;

2——绝缘与异径接头齐平。

图7 消防喷头-圆锥保温

4.6.4 热水/温水服务

表3中显示了热水系统的系统设计温度。伴热供应商应核实工作温度和最大的系统温度。如果管道系统运行时温度超过65℃或启动时温度超过85℃,伴热供应商应指定适当的伴热器。

伴热器的选择应不超过加热系统里所有管道材料的最大承受温度。

对环境温度变化大于3℃,垂直升降超过3 m和维持温度为80℃或更高的地方,推荐使用在线传感温度控制。

表3 热水和调温水温度建议

单位为摄氏度

应用	温度
安全淋浴和洗眼	16~35
没有混合阀热水服务	40
疗养院和医院	40、46
通用	49~60
洗衣房	71
厨房消毒	82

注:特殊应用的温度要求咨询当地的法规

对于消毒,混合阀热水服务通常要求最低为55℃。建议对该控制系统进行评估,以确保其可靠性,易于校准,温差带窄和报警指示。

4.6.5 安全淋浴设计要求

安全淋浴和洗眼器加热装置的应用,除了 4.2~4.5 描述的工业供热管道应用的一般做法,还需要独特的关注。因为这些是人员的整体安全系统的一部分,注意水温和运行的可靠性是重要的。此外,这些应用程序不像大多数管加热系统,需要更精确的温度控制,以维持水温的较小变化。

应正确设计紧急洗眼装置,安全淋浴和相关供应管道的加热系统,以防止冻结或维持温水系统。对于人员安全,水不得超过当地法规或标准(见表 3)所规定的最高温度。某些应用中紧急洗眼装置和安全淋浴需要说明维持温度。要考虑的项目包括以下内容:

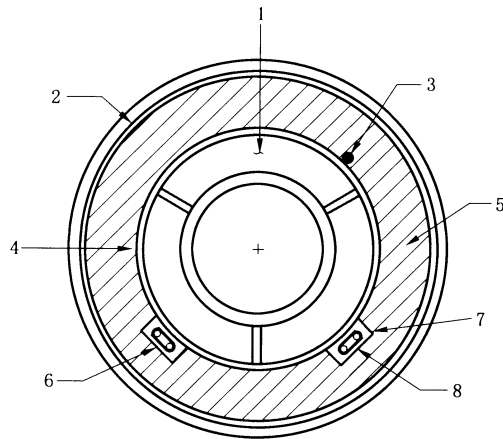
- a) 注意设计超过正常考虑的情况,预防使用时烫伤;
- b) 这些设计考虑应包括在站的供水管道;
- c) 建议减少或消除热损失计算中的安全系数,以限制管道最大可能的跑温;
- d) 温水系统应设计维持在 16 °C~35 °C;
- e) 温水系统应该能够提供 1 135 L~1 700 L 的水和持续 15 min 内 75 L/min~114 L/min;
- f) 温水系统设计需要 III 型的管道温度控制器(见表 2);
- g) 同样需要带高限报警的 III 型高限温度控制器(见表 2);
- h) 防冻保护设计由几个类似的淋浴/清洗站组成和并用带 III 型控制和报警功能的单个环境控制器控制;
- i) 推荐的监测功能包括低温报警、失压报警、以及加热器一年左右定期通电来验证电路的完整性;
- j) 考虑控制传感器的位置,以减少供应管道上的因室外架空管道长的垂直运行和吸收太阳能所带来的热点的影响;
- k) 长的垂直运行或有高太阳能增益的管路可能需要使用单独的电路,以防止水温在整个供水系统的长度范围变化较大;
- l) 在可能的情况下,终端和控制应位于淋浴头喷淋区外面;
- m) 调温水的设计应用一定的措施来处理藻类和细菌的生长,一般是通过定期冲洗或再循环;
- n) 在极端寒冷的气候条件下,应注意水洗人员的体温过低(可使用封闭的清洗站),并防止排出的水在排出区域结冻而产生危险。

4.6.6 专用线

注:爆炸性气体中使用的系统参见 IEC 60079-30-1 和 60079-30-2。

以下因素可能适用于专用线:

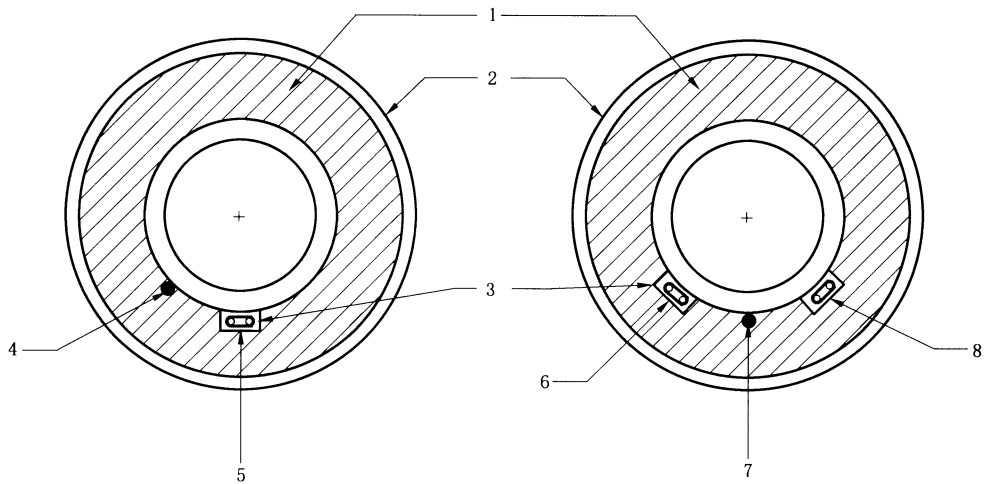
- a) 在必要时,伴热器的最外层套或护套应该要耐得住管道系统中材料的潜在暴露;
- b) 如果提供的是双密封管道,伴热器应安装于密封管道保温层下的外表面;
- c) 当双密封管道是预制的/绝热处理过的,密封管道外表面应提供一个通道,见图 8。伴热供应商应指明热输出和最大护套温度。应避免拼接。如果需要,建议拼接处用适合的外罩制作并密封;
- d) 建议线的温度控制传感器位于伴热器的 90°处;
- e) 对于地下已绝热处理管道,热损失是基于最低土壤温度和维持温度之间的温度差;
- f) 伴热器应安装在管道或重力流排放的底部。参照图 9a)。建议线感应温度控制传感器位于伴热器的 50 mm 处;
- g) 对于用塑料管的相似系统,应考虑伴热器的功率密度。经常在 4 点钟和 8 点钟位置安装两个低瓦数伴热器来代替 6 点钟位置的单个伴热器。参照图 9b)。温度传感器应放置在两根伴热器中间的 6 点钟位置。



说明：

- 1 — 密封(密封空间)；
- 2 — 天气屏障；
- 3 — 温度传感器；
- 4 — 密封管；
- 5 — 硬质泡沫绝缘；
- 6 — 第二个伴热器(可选)；
- 7 — 通道；
- 8 — 伴热器。

图 8 双封闭系统



说明：

- 1 — 硬质泡沫塑料绝缘；
- 2 — 外护套；
- 3 — 通道；
- 4 — 温度传感器；
- 5 — 伴热器在六点钟；
- 6 — 第二个伴热器在八点钟；
- 7 — 温度传感器；
- 8 — 第一个伴热器在四点钟。

图 9 重力流管道系统

4.7 安装

4.7.1 一般要求

每个电伴热系统都是为了满足特定应用的需要,因为系统由多个部件在现场组成,有必要确保原来的设计参数是有效的。根据安装程序,正确的安装,适当的测试和维护对获得满意的性能和安全是必要的。电伴热系统的供应商应提供具体的电伴热指导和系统部件的各种类型。

不是下列所有的程序适用于每一个安装;可向电伴热器供应商咨询具体的建议。安装的每一个方面在完成后应该检查。

4.7.2 人员要求

参与电伴热系统的安装和测试的人员应该对所有的特殊的技术受过适当的培训。安装应在受过电伴热系统培训的电工监督下实施。只有受过专门训练的人员才能实施关键的工作,例如连接部分和终端的安装。

4.7.3 准备工作

电伴热系统的安装应该在所有的管道和设备都通过压力检测,以及所有相关的仪器已经安装好时才开始。即将安装的电伴热工件表面应没有锈斑、油脂等。任何尖锐突出物如焊渣、水泥溅渣等,应清除。应用于加热表面的所有涂料和表面材料应适合于预期的要求。为了确保预定的工作完成日期,伴热器系统的安装应与工件、热绝缘和仪表的工作相协调。热绝缘安装应在电伴热系统完全被安装和测试好才能进行。

对跟踪的设备应验证管道的长度,容器、阀、法兰和部件的数量与设计图纸相符。如果有改变,应对照伴热器材料表进行检查,需要时作出修改。

收到伴热器部件时,应核查材料正确的类型和数量,并记录在案。此外,应核实收到的安装说明书,合格的认证和公告机构的声明。

串联电阻伴热器应检查以确保安装的长度与设计的长度和负荷相一致。

对于并联伴热器电路,总的电路长度不应超过供应商建议值。

材料应存放在干燥的地方保护,材料只在需要的工地现场发放,以避免任何不必要的处理和无意的伤害。

4.7.4 伴热电路的初步安装

推荐一个类似于附录 A 的预装清单,所示的表显示特定的初步安装指南。下面列出补充注意事项:

- a) 伴热器和预安装的连接应该目测有无损坏。连续性和热绝缘检查应作为最后的检查。绝缘电阻测量应按照 4.7.5 测量;
- b) 应对单独的控制件进行测试,以确保正确的校准和设定点,工作温度范围和温度跨度的正确运行;
- c) 供应商的制造和组装的控制面板应有文件证明的已经测试过的所有布线、布局和功能是正确的。对工作地点收到的控制面板,应检查以确认运输过程中没有损坏。

4.7.5 绝缘电阻测试

绝缘电阻测试应用最小 500 V 直流电压从伴热器导体到金属外罩。但是,建议用更高的电压测试。矿物绝缘伴热器测试应该在(但不超过)1 000 V 直流电压,聚合物绝缘伴热器测试应该在 2 500 V 直流

电压。安装之前,测量绝缘电阻不得少于 20 M Ω 。

4.7.6 伴热器系统的安装

4.7.6.1 一般要求

伴热器的安装应符合供应商的指南,避免由于冲击、磨损或震动造成的损坏。特别注意法兰、阀门和其他配件,以避免尖锐或锯齿状表面损坏伴热器。安装应有足够的材料以适应管道和设备的移动和振动。

安装者应理解伴热系统对于为管路和其他设备均匀加热的重要性,注意更大表面积或散热片的设备需要额外的伴热。伴热器的安装应与被加热表面紧密接触。这样的接触在阀门等处不可能时,可使用一个适合的导热金属覆盖箔或其他导热材料。

伴热器不应该折叠、扭曲或重叠、交叉或触摸,除非有明确准许的指令。按照制造商的说明应注意最小弯曲半径。

安装电伴热器的过程中,只有经认证的组件可以使用,否则,不能通过系统认证。

4.7.6.2 伴热器的安装

通常伴热器应安装在 1:1 的基底上(例如 1 m 的伴热器加 1 m 的管道)。当设计需要通过多个伴热器时,伴热器在管道的圆周上应是等距离的。额外的伴热器的长度应补偿在管道支架、吊架、锚等额外的热损失。

一般直敷是首选的最容易的安装方式,在某些情况下可指定螺旋运作。用均匀螺旋的伴热器之前在管道和设备上标识螺距,从伴热器应用的电源点和保持轻微张力开始。在任何情况下它应小于供应商声明的最小间距。

螺旋伴热应用于阀门等,可以很容易的去除或取代。如果过量或不足的伴热器存在于加热部分的末尾,螺距应缩短或加长,根据设计保留统一的螺旋。

额外的伴热器长度应准许设计来弥补额外的阀门、法兰、过滤器、泵等的热量损失。这些长度应按照供应商的说明包括任何必要的公差,用螺旋或多个伴热提供。

伴热器安装时,应可以移走以更换密封以及无损坏的维修在线设备。伴热器经过可能的泄漏的源头,例如法兰时,他们应定位在尽量减少与其接触的地方。

固定材料应适合最大的曝光温度和环境条件。对于直接伴热运行,它们应位于间隔不超过 300 mm,螺旋伴热时,不超过 2 000 mm。额外的附件应用在弯头、法兰和其他障碍物。金属带只用于管道和设备的固体金属护套伴热器,并加强接触表面的加热。过度紧缩可能损坏伴热器。

对于非金属管道、伴热器可用整个伴热器长度的铝带覆盖以增加与管道的热耦合。

在所有伴热器安装后应按 4.7.5 进行测试。

4.7.6.3 安装连接和终端

接线盒应有合适的入口保护和放置在接近伴热器的出口点,以允许任何的管道扩张。接线盒盖子不应在任何时候都开着。这些盒子应在伴热器、热绝缘和进入接线盒之间不受损坏的方式安装。接线盒内未使用的进口应用合适的插头封闭。

接线工具和终端应按照供应商的指示安全地安装,以防止可能影响他们使用或适用性的损坏,定位要防止水或其他污染物侵入。工厂终端设备应检查以确保终端完整,正确和/或依照 GB/T 32348.1—2015 中第 6 章进行标识。这对安装者确保链接和终端的温度适用操作条件是重要的。

当矿物绝缘伴热器终端在工作现场时,断端应立即密封,以防止任何水分侵入。安装应依照伴热器供应商的文件。

如果有密封和/或电缆密封应予确认。密封应根据认证提供的指令安装。

伴热器的安装不是终端密封,必须密封以防止入口水分侵入和保护终端装置免受损害。

最后标识连接到输入功率导体之前,应按 4.7.5 完成伴热器电路的测试过程。

4.7.6.4 焊接、拼接和修改

只有当伴热器供应商指明,才可在现场进行伴热器的焊接、拼接和修改,并必须严格按照供应商的说明。这特别适用那种单位长度上的任何变化将改变伴热器的功率密度和影响护套温度的情况。修改应记录在系统文件中。

4.7.6.5 接地要求

任何金属覆盖应接到接地系统。如果要求提出接地路径,连接应可承受故障电流。如果暴露在腐蚀性气体或液体,应考虑金属覆盖的耐化学性。

高电阻的材料,如不锈钢板和护套,可能无法提供有效的接地路径。应当考虑替代接地装置或补充的接地保护。

4.7.6.6 导体终端

终端应该要有足够的尺寸和容量接受实心导体或绞合导线或金属箔。剥离绝缘时要格外注意,以避免损坏导体。压缩式连接或套圈应该尺寸正确并与导体类型相吻合。压缩工具应要适合固定件的类型,并处于良好的状态。

4.7.6.7 文件的准备

每个伴热器电路的类型,长度和电气数据应记录在最终的文件里。文件里同样要记录连接点。

4.7.7 控制和监视设备的安装

4.7.7.1 一般要求

安装人员通常负责安装控制和监测以及配电板。至少要提供过电流和接地漏电的保护,以及其他的隔离方式。通常提供某种形式的温度控制或限制,以确保安全温度或提升能源利用效率。控制器的设置很重要,加热器护套温度不能超过高限温度。

所选控制器、温控器、传感器及相关装置应满足工作温度、IP 等级以及当地和国家法规等整体系统方面的要求。电伴热系统的认证规定了特定组件的使用。在这种情况下,只能强制使用伴热供应商指定部件。

温度控制器的传感器直接测量工件表面或介质的温度。如果传感器被安装在表面上,有效的热耦合是必不可少的。传感器的直径和长度可以影响温度的测量。

水和腐蚀性蒸气侵入可导致温度控制器故障。控制器外壳除非必须打开时,否则应始终闭合。

4.7.7.2 传感器的考虑

传感器安装和定位应根据供应商的说明,放置在可以代表整体电路的温度的地方。位置应远离明显的散热片和管道支吊架。控制传感器应放在不受伴热器温度影响的位置,不能位于受外部辐射热,太阳能照射,工艺放热或者接近受热建筑物的区域。环境温度感应控制器在安装时应放置在最暴露的位置。

传感器应固定并与管道或设备具有良好的热接触,并得到保护,这样热绝缘层不会夹在传感器和加热表面之间。应小心不要损坏细管,热电偶或 RTD 导线,或扭曲传感器,从而导致传感器校准误差。

导线通常在热绝缘层下面运行,但要注意他们放入绝缘下的方式,不要让湿气渗入。

在需要直接介质温度传感的时候,传感器应在热电偶套管的适当位置,例如,高于容器上潜在的污泥。

对非金属管道的在线控制,传感器应放置距离伴热器 25 mm~50 mm 的位置,并用铝带固定到管道上。铝带不应该产生从伴热器到传感器的热路径。

4.7.7.3 控制器操作、校准、使用

在调试过程中,应再核查温度控制器的设置和安全温度限制。根据安全温度限制器给出的设定可能性,限制器应被密封,以防止篡改。

温度控制器和传感器回路如果有迹象(如损坏或不寻常的读数)显示存在问题,应校准调试。控制器应设置到所需要的温度,并在必需的情况下再次校准出厂设置。调整温控器温度设定以检测其功能直到温控器可以给伴热器供热,所有的测量数据应该被记录下来。

4.7.8 必要的修正

根据设计规定,这可能是验证工件表面温度最好的办法,如果测量的温度偏离允许的温度或者设计的温度,有必要时应采取纠正措施和修改系统。

4.7.9 安装保温系统

4.7.9.1 一般要求

保温系统的安装应符合所有适用的国家标准和地方法规。在安装和测试伴热器后,应尽快应用保温系统。应确保执行以下的检查和程序:

- a) 应确认类型,内径及厚度与所选择的伴热器的要求一致,如保温层厚度和所规定的不一致,将不能维持设计,运行及表面温度;
- b) 在贮藏、搬运及安装过程中,应提供临时气象保障,以避免在最终气象护套下面的保温进水。

4.7.9.2 保温材料的安装

保温层应用于所有管道和设备,包括法兰、阀门、管架、弯管、T型接口等。如果在系统中安装热缩管和波纹管,应为保温系统做出规定,不能损坏电伴热系统的热效率。

为了确保能充分覆盖伴热器和设备,可能需要过大尺寸的隔热措施,其他的注意事项如下:

- a) 为了允许保温系统的安装,管道之间,管道和部件的结构之间有必要保持足够的距离;
- b) 验证所有各处的保温层厚度和规定的标称厚度一致很有必要。把伴热器嵌入保温层的时候要小心,因为这可能会导致护套温度升高。如果指定的绝缘尺寸不是完全符合,为了适应伴热器,可使用更厚的保温层;
- c) 应该做好密封,防止水分进入。在任何可能的情况下,都应提前准备好切口,应该处于低于 180 °C 的保温段。保温层应完全允许紧密的进入伴热器和热传感器或毛细管;
- d) 隔热板应裁好并完全贴合,以避免产生气隙。管片接缝应交错排列在水平面上,以使对流热损失降到最小;
- e) 应用隔热时,应小心不要损坏电伴热器。不要改变伴热器,温度传感器和其他器件的位置;
- f) 要使用铝箔覆盖阀门上的伴热器和其他不规则形状的器件,防止伴热器周围的热绝缘;
- g) 要小心避免包含高卤化物的热绝缘材料覆盖带外露不锈钢护套或编织物的伴热器。

4.7.9.3 保护层

应特别注意指定的金属保护层,以确保裸露边缘的金属制品不直接接触伴热器及其部件。

风险最大处如下：

- a) 法兰：应减少金属加工，并用一个合适的非吸收性的化合物来完成暴露的保温板表面；
- b) 阀门：应切掉预制绝缘护套过长的部分，并拉到相邻的管道保护层；
- c) 弯管、弯头或者三通：应注意不要用力使相邻保护层的直管弯曲，从而损坏伴热器。

卷边连锁弯头是优选。应在金属护套的重叠部分使用非硬化封口机。需要用到铆钉或者自攻螺钉的地方，应注意确保选择的钻头或者钉子不能长于热绝缘板的厚度而损坏底下的伴热器。

警告标签应被贴在不超过 6 m 间隔的保护层上，建议电伴热系统安装在保温板下面。这些标签也应该被贴在每一个阀门和可能需要定期维护的其他设备的保护层上。

4.7.9.4 现场(现场工作)电路的绝缘电阻测试

从 4.7.5 开始就该在安装后对所有伴热器进行测试，并满足测试绝缘电阻不小于 5 MΩ。

4.7.9.5 目视检查

目视检查应确保：

- a) 因为风化的作用，没有水分可以进入绝热层(正确的重叠或者锁卷边位置)；
- b) 在天气保护层的滑动连接(诸如此类)能够足够灵活地来吸收任何膨胀移动；
- c) 用来固定露天保护层的螺丝，要足够短而能够排除一切可能损坏伴热器和温度传感器的因素；
- d) 用于伴热器、温度传感器等开孔的气候保护层，需要标注尺寸，用来到达任何到不了的地方，特别在分支的情况下，保护层应被切割足够宽；
- e) 保护层接头和保温层能够进入时应用有弹性的非硬化密封剂密封，耐化学腐蚀和衰变，并且它的尺寸是固定的。

4.7.9.6 文档

应记录保温层和保护层的材料、尺寸和厚度。

4.7.10 电源的安装

系统电气连接和连接到配电设备应由受过训练的人员来安装(大型设备电工)，需要依据供应商的说明书和适用的地方和国家代码。

永久性标记和确认应证实符合 GB/T 32348.1—2015 的标记要求。

- a) 分支电路断路器；
- b) 监控和报警装置；
- c) 伴热器电源连接；
- d) 电路数量和每个温度传感器的设置点。

标志应符合 GB/T 32348.1—2015 各自的接线盒上的每个伴热器电路。

4.7.11 调试

4.7.11.1 一般要求

保温层安装后和完成配电后，应该调试电伴热系统，包括功能检查和 4.7.11.2、4.7.11.3 所描述的文档更新。应完成和保留附录 B 中的伴热器系统调试记录。

4.7.11.2 功能检查

应采取下列步骤：

- a) 关闭所有分支电路和验证适当的电流。温度控制装置可能需要一个临时的旁路；
- b) 应确认监控器和报警器电路如预期运行。现场接触可能需要一个旁路；
- c) 填写每个电路的伴热器调试记录(附录 B)。必须清楚地记录所有的测试和调试数据；
- d) 根据 4.7.9.4 给出的步骤,记录每个绝缘电阻值；
- e) 记录供应商规定的应用电压及电流；
- f) 确保已履行温度控制器设定点的校准检验,并已设定正确值。

4.7.11.3 最终文档

电伴热加热电路适当统一的文档对经济的维修设备是一个重要的前提。这对于电路快速排除故障是非常重要的。它也提供了简单,更快,成本更低的处理任何需要由电伴热系统专家进行的修改和扩充。

每个电伴热系统加热电路的文件需要包含以下内容：

- 安装系统的设计和测试文档：
 - a) 目录；
 - b) 显示伴加热电路和电源点位置、接线、接头、三通、尾端密封和用于控制和限制的温度传感器的管道图；
 - c) 对容器:伴热器的配置；
 - d) 管道和绝缘表；
 - e) 伴热器单个电路的长度；
 - f) 计算和尺寸数据；
 - g) 材料清单；
 - h) 伴热器的安装说明；
 - i) 温度传感器的描述和安装说明；
 - j) 伴热器调试记录(附录 B)；
 - k) 温度剖面测试；
 - l) 安装证书；
- 电路图：
 - a) 接线和线路图；
 - b) 终端连接图；
 - c) 开关零件清单；
 - d) 安装说明；
- 其他：
 - a) 设备各个部件的技术描述和安装手册；
 - b) 设计工程师同意的功能图；
 - c) 需认证机构的符合标准的证书或者声明。

4.8 维护

4.8.1 一般要求

必须提供检测的日常维护计划,按要求记录情况和维修。对重要部件的适当维修计划包括建立一个合适的检查频度,记录所有的维修操作,并进行目测检查,定期的运行检查,及评价电保护系统。

不是所有的以下程序都会在每次安装时应用,这取决于应用的复杂性。

4.8.2 维护人员的培训

对于参与电伴热系统的检查及维修的个人应提供足够的培训,以熟悉特定类型的伴热器。这种培训应包含任何相关的设备及操作和涉及系统安装的环境条件。当维修方法受影响而导致改变,应为熟练人员提供必要的信息支持其完成职责。

必要时,应提供维修概念的培训乃至进修或强化讲座。

培训记录应与工厂操作文档放在一起。

4.8.3 检查频率

对伴热器系统进行检查的频繁程度取决于系统的类型和安装位置,以及应用的关键性。当电伴热器用于防冻,在冬季前应先进行检查。类型Ⅱ系统至少每年一次的检查,类型Ⅲ系统需要每半年一次或更频繁进行检查。

4.8.4 维修程序文档

维修项目文档需提供足够的信息:

- a) 以保留维修历史及每个系统的作出修改的原因;
- b) 并确认频繁检查的有效性。

应在日志表上记录,如附录 C 所示。

4.8.5 目测法

应目视该系统是否有损坏,检查电伴热系统的裸露部件。检查的特定区域包括:

- a) 电缆入口;
- b) 接线盒;
- c) 裸露的伴热器和电缆;
- d) 每个相关的电源连接,三通和尾端密封的密封配件;
- e) 电气连接的松紧程度(扭矩);
- f) 温控器和控制柜没有水气及密封适当;
- g) 伴热器绝热和气候保护设施;
- h) 过热的迹象;
- i) 有否泄漏、腐蚀和异物。

应检查接线盒,以确保防水和潮气。如有需要,应替换或修理。

4.8.6 电气评价

检查所有的电路及控制都应正常运行。应检查每个电路的额定电流和正确应用的电压。对接地故障设备保护设置应每年至少一次进行伴热器系统通电检查。用于关键过程控制的伴热系统,运行检查应更频繁。

在已安装上伴热器的管道,容器或设备进行机械维修后,应检查电绝缘电阻和伴热器的连续性。在伴热器或者总系统完全脱离电源后,应以最小 500 V 直流电压测试伴热器导体与金属覆盖的绝缘电阻,测得的绝缘电阻应不小于 20 MΩ。

对于类型Ⅲ应用,应测试电流来确保伴热器性能,每个电路测试时间为通电后 2 min~5 min 和通电后 15 min。此值应与当地管道温度保持一致。如果可能,在测试管道温度时,应比较伴热器的测试值同供应商的伴热器额定输出功率。

应解决测量值与规定值的差异。

4.8.7 检查电气保护系统

检查包括所有接地系统的连接,确保连接都已拧紧且无腐蚀。定期操作检查时,应通过测量电阻来检查接地的完整性。

所有的控制器(温控器、指示灯、仪表、控制器等)应正常运行及显示。保护设置必须为出厂原设定值。

所有控制装置(温控器、指示灯、仪表、控制器等),根据伴热器供应商的规定,应检查控制器的设定点,系统报警限制和正常运行。

4.9 维修

4.9.1 一般要求

在电路故障的原因确定后,以下条件符合时故障可现场维修或更换来解决:

- a) 伴热器的设计和结构特性是保持一致的,如机械强度和防水;
- b) 建议在电伴热系统文档中加入维修方法以及所需的特殊材料和工具;
- c) 在维修时,不能造成当地的危险;
- d) 认证机构的证书不是没有价值的。任何对认证装置的维修都应严格按照认证计划中专门的说明执行。

4.9.2 故障地点

热绝缘和金属保护层覆盖的电伴热器系统有专门的确定故障地点方法,它应由电伴热系统供应商提供。故障可能是机械损伤、腐蚀、过热或者进水。

可能包含以下步骤:

- a) 系统文档能确定伴热器电路的准确布局。另外,一个“感应”仪器在 1 000 Hz 运作时可以给电伴热器装置注入一个信号,从仪器中获得的音频信号来配置线路;
- b) 确认故障类型,如短路或者漏电;
- c) 如果开路或者接地电阻过低而少于 500 Ω ,使用脉冲回应或反射仪可得到相当程度的成功。其他故障可能运用一个电桥型的仪器来定位。

4.9.3 有实行可能的电伴热器的维修

如果伴热器不是预先供电的,并且机械损伤导致了电绝缘的破坏,导体被切断或进水,通常可以修复。

如果只是在电气连接后发现故障,并且损坏的只是一小部分,伴热器的目视检查应对故障的任何一边 1 m 范围进行检测,来显示除了机械损伤电绝缘是否受影响。

如果故障时由腐蚀引起的,只是小范围受损,通常可以修复。然而,如果电伴热器损坏超过一点或者损坏区域较大,那么需要替换整个电路。

如果故障是由局部的过热引起的,那么只有当损坏限制于小范围时,才能实行维修。长时间的高电流故障就必须更换整个电路。如果怀疑系统设计故障,应实行伴热器系统的评估。

4.9.4 电伴热器的维修技术

维修通常可以通过线内结合来做,或者用接线盒来完成电路的替换,通常维修是运用在线的接合或接线盒连接,作为更换整个电路的一个替代方案。通常维修程序如 4.9.4 所示,但是只能应用供应商提供的专门的方法、材料和工具。

去除伴热器损坏部分后,相比于最初的设计特性不应有显著改变伴热性能。要小心确保在线接合不受操作压力影响。比如,为节点的其中一边提供膨胀环。当重新应用工件的时候,节点任意一边的150 mm 的截面不应该弯曲,应确保良好的接触。伴热器和维修节点应重新牢固地贴到工件上,以保证良好的接触。

如果使用接线盒连接,那么冷接头的固定和与接线盒的连接应根据供应商的说明来执行。

伴热器采用金属编织,护套或箔来接地,接地的完整性和连续性不应受到维修的损害。

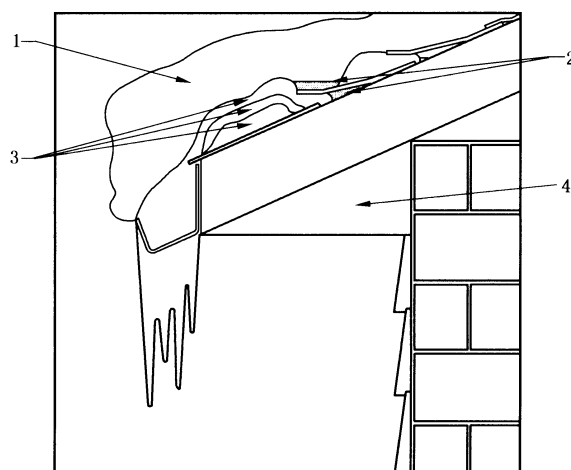
修好的伴热器应在重新安装前按 4.7.5 所述进行测试,并且维修信息应与电路文档一起记录。

5 屋檐和天沟除冰

5.1 应用描述

屋檐和天沟除冰系统能保持天沟、落水管及排水渠的流道,防止积冰(如图 10)。

伴热器用于这些应用应符合 GB/T 32348.1—2015 中 5.3 的附加要求。



说明:

- 1——雪;
- 2——水积聚;
- 3——分层冰坝;
- 4——梁腹。

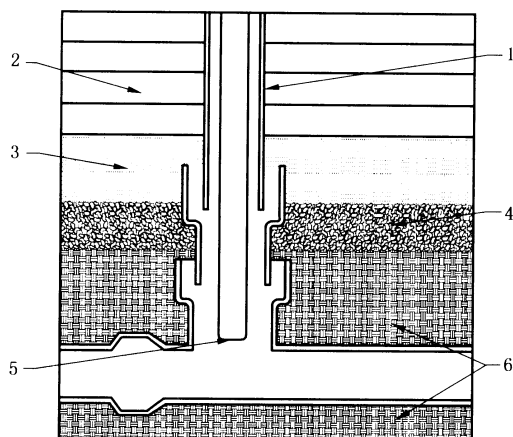
图 10 冰坝的形成

5.2 设计信息——一般要求

设计系统时,应考虑到以下几点:

- a) 伴热器及其部件应防紫外线;
- b) 连接应尽可能避免;
- c) 设计通常是每 1 m 的排水沟有 1 m 的伴热器,排水沟宽度大于 150 mm 时,建议多管道伴热器;
- d) 落水管的循环加热,即双回路伴热,如果并入排水系统,那么就延伸到冻结线之外(如图 11);
- e) 尾端的放置应尽可能减少暴露于水分中;
- f) 不应超过供应商提供的最大电路长度;

- g) 应使用供应商提供的用于伴热器的附件装置(如图 12,图 13 和图 14);
- h) 用塑料排水沟或者下水道的伴热器通常的额定功率为 15 W/m,金属系统则可达 65 W/m,自控温伴热器建议安装多路伴热器;
- i) 应为屋檐、凹处和悬壁提供适当数量的伴热器;
- j) 每个加热电路应有原理图。



说明:

- 1——落水管;
- 2——盆线;
- 3——沙子;
- 4——碎石;
- 5——伴热器;
- 6——接地。

图 11 地下排水管的落水管

5.3 热设计

防止结冰所需的热负荷量受到屋顶排水沟系统的尺寸、几何特性和当地的天气状况的共同影响。

5.4 电气设计

每个伴热器或者伴热器分支电路应能中断高阻抗接地故障保护。这可以由一个标称 30 mA 跳闸等级的接地保护设备,或由同时具有接地故障和过载短路保护功能的控制器控制。如果伴热器电路泄漏电流较高,可调装置的跳闸水平应设置在供应商规定的伴热器的固有的电容漏电特点之上 30 mA。

对于建筑物、设备或者工艺的安全运行,不间断的电路运行是必需的,如果确认公认的反应而报警,不间断的接地故障检测是可以接受的。

5.5 控制和监测系统的设计

推荐屋檐和排水沟除冰系统最低温度的控制应包含一个环境温度开关(当空气温度低于 5 °C,通常设置通电)或者一个水分感知开关。

为节能建议使用环境和水分感知系统。这个控制方案也推荐用于更大、更复杂的应用中。

系统的完整性很重要,推荐使用失压报警器。

5.6 特殊的设计要素

当设计屋檐及排水沟除冰系统时,以下的特殊设计要素可能会被应用:

- a) 伴热器应筛选和系统设计,使得屋檐及排水沟材料接触加热系统时不超过其最大承受温度;
- b) 设计者应指定热需要量用于加热拱腹,提供突出部分(走廊)的除冰;
- c) 屋檐排水管引向起加热区域时,应安装一个常规深度为 1 m 的伴热器回路。如果排水经过未加热的区域,回路会贯穿未加热区域(见图 15);
- d) 对于集水池,应指定额外的伴热器以确保适量的排水;
- e) 没有在本标准中明确提及的屋檐及排水沟应用,应提交给伴热设计师。

5.7 安装

5.7.1 一般要求

在安装前,应验证所提供的伴热器符合设计。屋檐上的伴热器的铺设不论屋面材料(瓷砖,石板等)都是相似的,建议以下的一般程序:

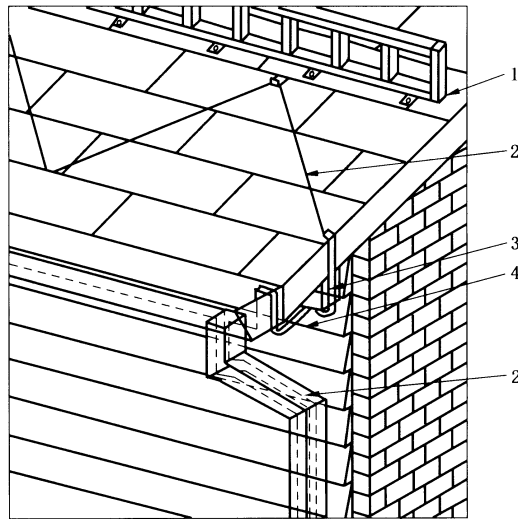
- a) 工件应清除杂物;
- b) 应使用防水电源连接;
- c) 伴热器应先连接电源,接着根据设计师图纸显示的路径进行安装;
- d) 应进行绝缘电阻测试,试验电压至少直流 500 V,其结果应予以记录。然而,对于矿物绝缘伴热器,建议使用最大测试电压直流 1 000 V。对于聚合物绝缘伴热器,建议使用直流 2 500 V。测得值不得小于 20 M Ω 。

5.7.2 伴热器及组件安装

固定办法可根据不同的应用而改变。设计师或者系统供应商应指定夹子或者托架安装技术为特殊类型的屋檐及排水沟应用。

一般来说:

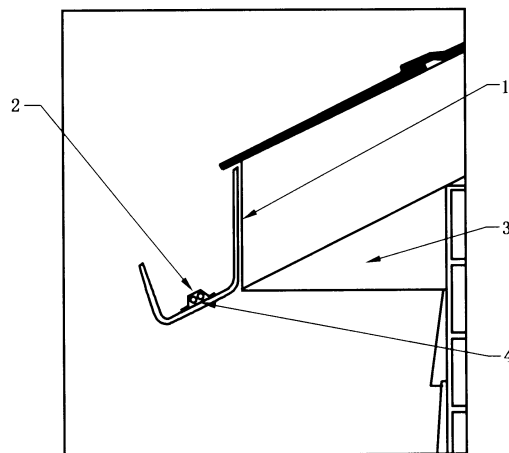
- a) 根据供应商的说明端接并安装所有的伴热器;
- b) 如果可能,所有的电源连接应处于一个受保护的位置(如屋檐下)。进线应在接线盒的底部进入,并配置一个滴水环(如图 12);
- c) 可能在电伴热系统上需要设置冰/雪栅栏,以防止冰或雪滑落;
- d) 应记录已安装电路细节,供应商应为用户提供建成图及数据;
- e) 所有渗透屋檐表面的物质应用合适的密封胶或者其他密封方法达到防潮效果。安装伴热器不影响屋檐及排水沟的完整性;
- f) 安装硬件应耐腐蚀,不该有损坏伴热器的锐边或者毛刺。



说明：

- 1——防雪板；
- 2——伴热器；
- 3——接线盒；
- 4——低点排水或者滴水管。

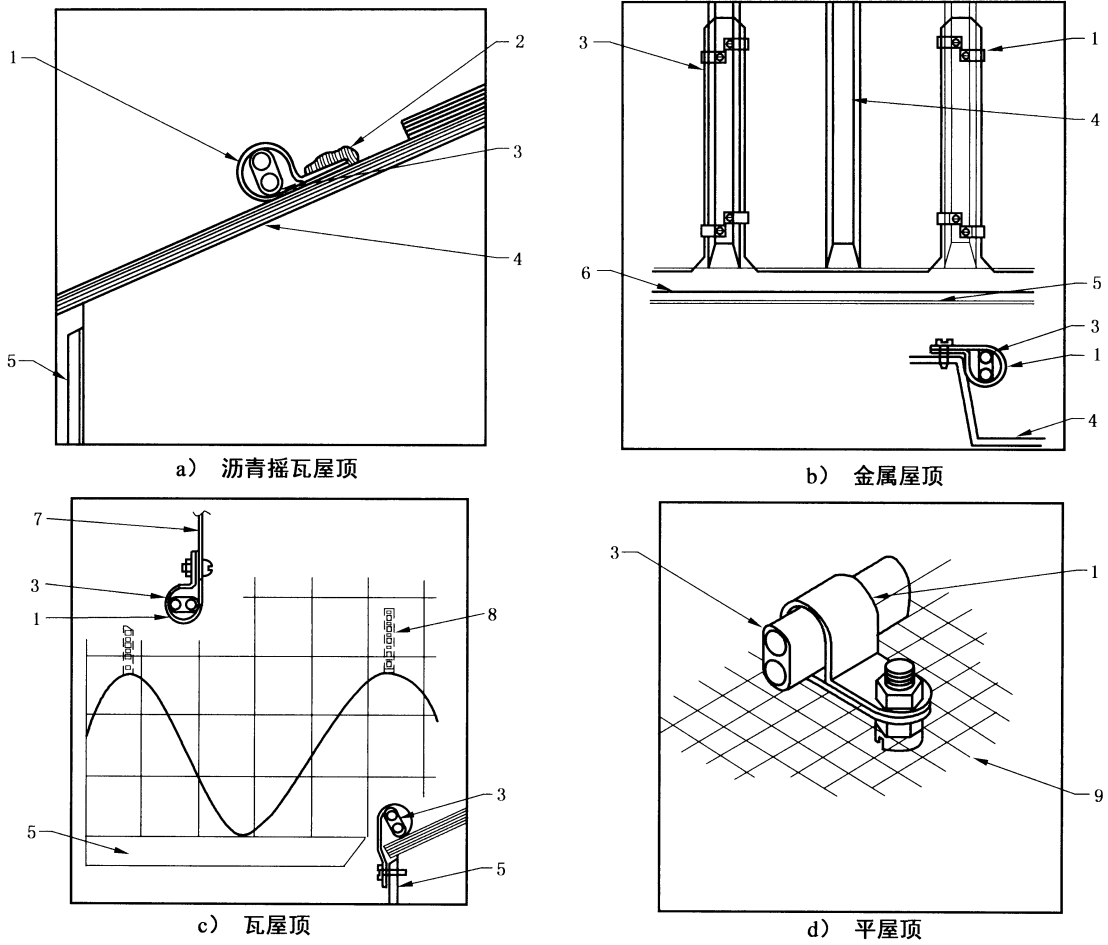
图 12 屋檐及排水沟的伴热器布置



说明：

- 1—排水沟；
- 2—铝带/夹；
- 3—拱腹；
- 4—伴热器。

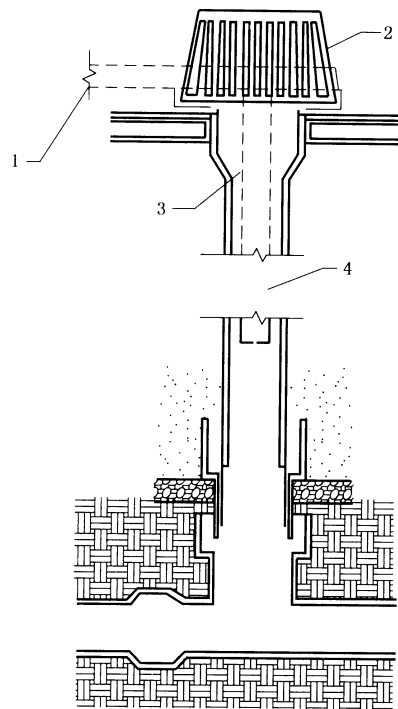
图 13 排水沟细节



说明：

- 1——夹子；
- 2——密封剂；
- 3——伴热器；
- 4——屋顶；
- 5——排水沟；
- 6——排水沟底部的伴热器；
- 7——扎带；
- 8——瓷砖下面的钉子；
- 9——长期粘附于平屋顶的夹子及连接到覆盖排水沟的网。

图 14 典型的屋顶安装方法



说明:

- 1——电源连接及接线盒的尾端密封;
- 2——排水;
- 3——伴热器;
- 4——非绝缘的阁楼空间。

图 15 平屋顶的排水细节

5.8 维护

参考 4.8。另外,推荐半年一次清除屋檐及落水管的碎片。

5.9 维修

在正常运行的情况下,伴热器持续暴露,其损坏通常通过目测来确定。应根据供应商的说明进行维修。重要的是,修复的系统应保持抗紫外线性能、机械性能和耐候性品质。如果不能得到保证,那么建议更换。

适当注意 4.9 的要求。

6 轨道加热

6.1 用途说明

6.1.1 一般要求

轨道系统经常需要提供伴热,以改善恶劣天气条件下的牵引,确保机械系统在冷冻条件下的正确运行以及确保应用系统上容易被积雪或者积冰所破坏的电力接触。

6.1.2 道岔点加热

轨道工程中线路的分叉或拼合接头被称为道岔、岔点、岔口。尖轨的道岔电伴热应在恶劣的条件下,确保其以及与其相关机械可靠运作。

在冻雨条件下,有效的道岔伴热安装应保证:

- a) 尖轨不结冰,或与本轨或者支持/滑床板粘结;
- b) 道岔和/或可动心轨辙叉运行正常,防止轨座或者尖轨与本轨之间的冰积累。

道岔加热系统包括几个特定的需要加热的位置,确保在冻雨条件下能够正确地运行。具体如下:

- a) 道岔拉杆(轨距杆)
道岔拉杆和下面的区域应被加热,以消除一切限制尖轨机械移动的雪/冰的积聚;
- b) 夹锁
夹锁伴热器可以是由夹锁制造商安置在夹锁内,以阻止冻结条件下的运行错误;
- c) 可动心轨辙叉
在岔口和道岔上,有个两个轨道相交的点。交叉点翼轨两侧的区域应加热,防止雪/冰积累,并防止移轨冻结在本轨或者支撑/滑床板上。

6.1.3 导电轨/载电轨加热

当牵引力由导电轨或载电轨提供时,导电轨与车辆的接触点可能因冰/雪的积聚而产生不利影响。为了防止这种情况,可以为载电轨提供一个电伴热器系统。伴热器常由牵引动力所用的直流电源供电。

6.1.4 轨道加热

轨道表面加热包括例如主要轨道(永久线路)、电车轨道、城市轨道交通系统、单轨铁路和捷运系统等应用。加热防止整个系统上,或特定的区域上,如高速曲线、梯度、加速或减速区,单轨导轨和列车停靠站的冰雪积累。对于城市捷运和类似的系统,不允许车轮和轨道之间的滑移,因为可能会影响对接站的列车位置。在这些情况下,可能也需要加热机械/液压制动系统。

6.1.5 悬链线/受电弓加热

牵引动力可能由主轨、城市交通和电车系统的架空悬链线提供。保持传输线和受电弓的无冰接触有时候是通过在受电弓中敷设伴热器来实现。这样即使是在恶劣的天气条件下,仍允许系统的持续运行。来自受电弓的热量可在开始运行时,也可以融化传输线上积累的冰。

6.2 设计信息

6.2.1 一般要求

设计条件很大程度上取决于应用和地理位置。应考虑到当地的气候条件及被加热物的表面。一般来说,6.2.2~6.2.5中给出的数据是最低要求。

6.2.2 气候数据

需要以下信息:

- a) 环境温度:
 - 1) 最小(考虑持续时间,频率等);
 - 2) 冻雨的最小值(通常在零下 10 °C ~ 2 °C 的范围内)。
- b) 降雪率:

- 1) 最大速率;
- 2) 平均速率。
- c) 风速:
 - 1) 最大速率;
 - 2) 名义速率在冻雨期间。
- d) 最大的风化积雪。

6.2.3 铁路系统描述

需要知道材料和结构的类型,例如:

- a) 铁路系统类型——第三轨、尖轨、电车、城市捷运系统、货运系统,其他;
- b) 铁路建设:
 - 1) 材料——钢、铸钢或铁、铝;
 - 2) 外形——I 横梁、H 横梁、箱形梁、其他;
 - 3) 大小——规格和质量。
- c) 运行表面(钢,混凝土等);
- d) 铁路加热系统的运行要求:
 - 1) 低——典型的货运系统;
 - 2) 标准——在典型条件下保证运行;
 - 3) 严格——城市捷运系统及类似系统。

6.2.4 系统设计

必需的设计信息,如:

- a) 加热要求——伴热所应用的具体系统和位置,例如道岔、道口、道岔拉杆、夹锁等;
- b) 每个道岔系统的数量和大小;
- c) 系统布局图;
- d) 控制和监测。

6.3 热设计

6.3.1 热负荷的确定

热负荷的要求随应用类型,当地的气候条件和加热方法而改变。不像许多其他表面加热应用,铁路系统组件往往是非隔绝的和开放型的。在这样的情况下,热量散失到大气中可能非常显著。热屏蔽,保温(如适用)及/或导热化合物的使用可提高加热效率,从而减少加热的要求。

让热负荷可以适应各种天气条件的设计要求可能是不切实际的。在极端天气导致了超过已安装的电伴热应用条件的情况时,用机械融雪除冰设备来清除轨道系统可能就变得可能了。

因此,在设计阶段就清晰地建立运行等级是非常重要的,对机械融雪除冰设备的潜在需要清楚地理解也非常重要。如果需要的话,与当地的铁路运营商联系应该能够了解更多的细节。

6.3.2 典型的热负荷

施加到一个给定的应用的热负载可以在很宽的范围内变化,这种变化主要取决于预期的气候条件。系统规定的安全性和置信水平通常确定了组件和轨道需伴热的部分,但也可以影响所提供的热量的量。铁路和轨道系统一般会得到 $50 \text{ W/m} \sim 200 \text{ W/m}$ 钢轨的热能,有些轨道系统需要高达 500 W/m 。这些值也适用于道岔点加热元件,如道岔和可动心轨辙叉,道岔拉杆和夹锁组件将需要每米 $150 \text{ W} \sim 300 \text{ W}$ 。

每个受电弓通常设计在 200 W~300 W 的范围内。

6.4 电气设计

轨道电伴热系统与主轨电气系统兼容是至关重要的。应当指出,通常该系统的金属部件要接地,并与轨道变压器的原边相连,而伴热器通常连接到未接地的变压器次级线圈。在这种情况下,要求避免使用剩余电流装置。显然,防护设备的设计应向铁路工程师咨询,以不会危及列车检测和其他运营和安全系统的有效性。

6.5 控制和监测系统设计

伴热电路包括链轨式的伴热元件及相关的供电电缆。要特别注意,伴热器电路的设计要确保信号设备系统在正常和故障情况下都不受伴热电路的影响。

控制选项由系统所选择的运行等级决定。在使用自动化的控制系统中,低水平的系统可能很少使用,而更重要的系统可以提供用于感测的所有/部分下列选项的选择:环境温度、热轨温度、冷轨温度、湿度、积雪与否。此外,这些选项的自动监测可以确保在不利的天气条件轨道或伴热系统维持在一定的温度。

要考虑来自中央控制站的控制和远程数据访问。该系统可以被用来控制和/或确定的状态的电迹线加热系统。

6.6 特殊设计的注意事项

6.6.1 电气注意事项

下面的电气信息是必需的:

- a) 供电电压,不同的国家和应用可能有很大的不同,一般可达 750 V;
- b) 配电信息,如单线电气规格参数包括任何变压器和应用电压;
- c) 轨道信号的考虑。伴热系统的设计应使其不妨碍轨道信号电路的运行。

6.6.2 有限元分析

对以上不精确的热负载的确定的情况,推荐对既定的热负荷和既定的伴热系统进行有限元分析。

6.7 安装

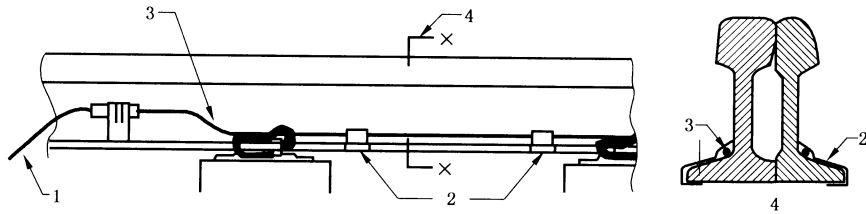
6.7.1 一般要求

每个电伴热系统的设计都是为了满足特定应用的要求。由于系统由多个组件在现场整合而成,所以必须保证原设计参数仍然有效。根据安装程序进行正确的安装,适当地测试和维护,对于获得良好的性能和安全是最基本的要求。电伴热系统的供应商应为伴热系统和各种类型的系统组件提供具体的指导。如下所示:

- a) 伴热器:为了保证良好的热传递,轨道相关的部分应该是干净的。伴热器的设计应考虑膨胀和收缩。伴热器的冷线要保证是安全的,以防止影响轨道交通的隐患及维护除雪设备;
- b) 线夹:伴热线夹用于伴热器在轨道上的定位。不同类型的伴热器和不同的应用,线夹的设计和类型有所变化。目的是确保伴热器保持与轨道紧密接触以帮助热传递,同时允许伴热器在膨胀和收缩时横向移动。线夹应能承受重型轨道通过度振动,并且足够牢固以适应不良环境和操作条件(见图 16);
- c) 通道:伴随着线夹,通道要常常提供协助确保伴热器保持与轨道接触,并应该能够承受同样的不利条件;
- d) 图示:6.7.2~6.7.6 为一些典型安装实例。

6.7.2 道岔加热

见图 16。



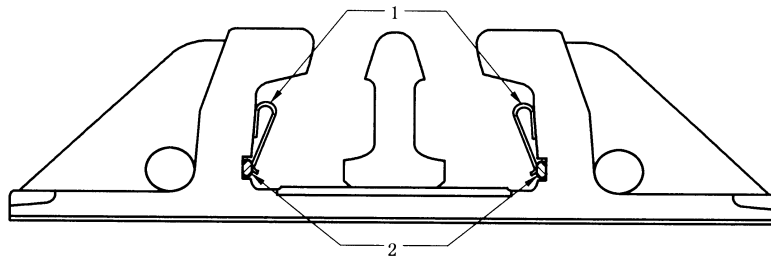
说明：

- 1——冷线；
- 2——线夹；
- 3——伴热器；
- 4——×-×表示典型的横截面。

图 16 伴热器在主轨和尖轨上的典型定位

6.7.3 可动心轨辙叉

见图 17。



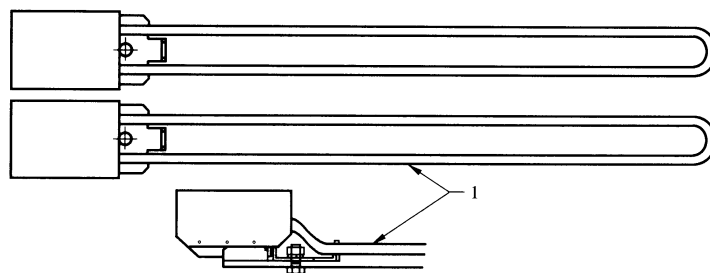
说明：

- 1——线夹；
- 2——伴热器。

图 17 伴热器在可动心轨辙叉上的典型的定位

6.7.4 夹锁伴热

见图 18。



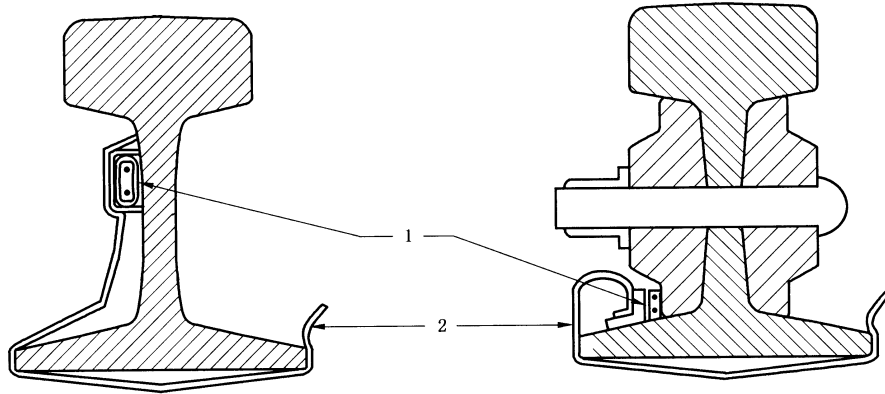
说明：

- 1——伴热器。

图 18 典型的夹锁伴热器

6.7.5 导电轨/载电轨加热和轨道加热

见图 19。



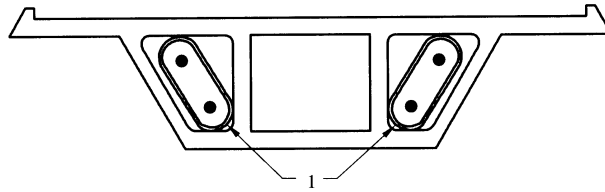
说明：

- 1 — 伴热器；
- 2 — 线夹。

图 19 伴热器在钢铝复合导电轨上的典型定位

6.7.6 悬链线/受电弓加热

见图 20。



说明：

- 1 — 伴热器。

图 20 伴热器在受电弓蹄铁中的典型定位

6.8 维护

参照 4.8。当导热助剂是轨道加热系统的一部分，保证系统热效率的维护非常重要。

6.9 维修

伴热器由于机械原因损伤经常发生，通常可以通过目视检查伴热器来发现，这些损伤往往在正常操作期间会暴露。维修时应根据制造商的指示进行。维持已修复系统的抗紫外线性能、机械性能、耐候性是很重要的。导热助剂是滑轨加热系统的一部分，通过再应用热传输系统，保证维持系统的热效率保持是很重要的。

若不能保证，那么建议更换。

任何维修后，必须参照 6.7 的建议，特别是在膨胀和收缩时伴热器可以横向移动的要求。

应适当遵守 4.9 的要求。

7 融雪

7.1 应用描述

电伴热系统的设计可以为防止在某些应用中冰雪的堆积,如车道、人行道、商业建筑停车场坡道和直升机舱板的入口。

伴热电路通常是直接嵌入,因而要满足 GB/T 32348.1—2015 中 5.4 的要求。

在某些情况下,伴热电路可以安装在管道内应用,此时应符合 GB/T 32348.1—2015 中 5.5 的要求。

7.2 设计信息

7.2.1 一般要求

在系统设计开始前,需要输入 7.2.2~7.2.6 规定的设计条件和应用要求。

7.2.2 气候数据

需要以下信息:

- a) 最低的环境温度;
- b) 最大降雪量;
- c) 最大风速;
- d) 湿度。

7.2.3 工件的结构细节

材料和结构的类型必须清楚,如:

- a) 材料,例如预制板、单或双灌注混凝土、沥青等;
- b) 基础施工和材料;
- c) 尺寸和布局,和其他的项目,如伸缩接头、排水沟、扶手等,应体现在施工图纸上。

7.2.4 电气注意事项

以下电气信息是必需的:

- a) 电源电压;
- b) 有效功率;
- c) 控制和监控要求。

7.2.5 系统的性能水平

有必要确定系统如何在最坏的情况下执行的要求。然而,经济上的考虑,可能会导致对一些积雪可能发生的非关键应用规定一热负荷。

一个全面的设计应根据天气的统计数据。对于关键应用,它可能需要确保自由的面积比(定义见 7.3)为 1,也许是 99% 的降雪事件。

在这些关键的应用程序中,可能需要安装额外的伴热器来缩短热工件的时间。在零度以下,降雪开始,接通伴热器的控制系统要花一些时间来提高工件的温度,特别是有相当一段时间无降水,但环境温度低的情况。

表 4 说明了天气严重程度和应用临界的热密度的要求的典型范围。

表 4 典型的融雪热负荷

单位为瓦每平方米

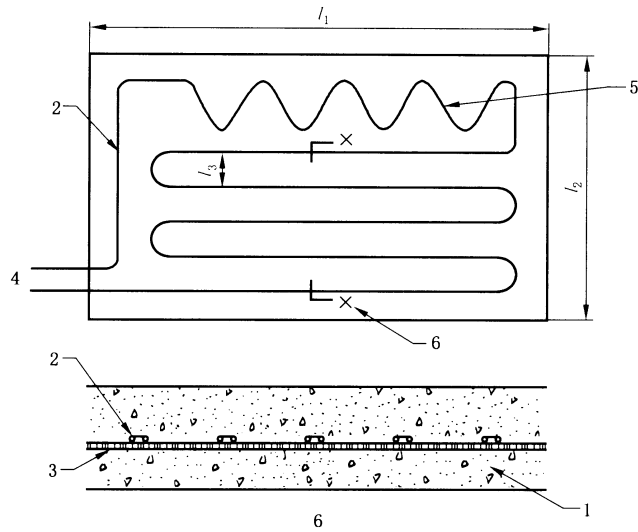
天气的严重程度	应用临界		
	最小的,例如住宅 走道和车道	中等的,例如商业 走道和车道	最大的,例如收费广场、 医院急诊入口和直升机舱板
温和	150~250	250~350	300~400
严重	200~300	300~450	350~500
非常严重	250~350	400~550	450~750

注:热负荷的要求包括气候条件的函数。表 4 中的值的范围反映在不同地区使用值的变化。

7.2.6 伴热器布局和组件安装

伴热器典型地盘旋在工件里(如图 21 所示)提供均匀的热。如果伴热器是在一个管道,它的间隔如图 22 所示:

- a) 嵌入式的伴热器之间的或管道间距(S)通常变化范围从 80 mm~300 mm,以获得较均匀的表面温度分布。间距是用所需的功率输出(W/mm^2)及伴热器的线性输出功率计算出来的。例如,如果应用程序需要 $360 W/m^2$,所选的伴热器在混凝土中线性输出功率为 $90 W/m$,由此得出的间距是 250 mm。虽然伴热器能在 $180 W/m$ 的输出和 500 mm 间距达到相同的功率密度能,但可能会发生热量分布不均匀,伴热正上方的部位将超过 $0^\circ C$,而伴热之间的部位则低于 $0^\circ C$;
- b) 伴热深度对于混凝土一般推荐 50 mm~100 mm,对于沥青,一般推荐 40 mm~50 mm。伴热器通常固定在钢筋或钢丝网,用尼龙扎带。加热板是一种额外的选项,当采用混凝土两次浇注时,伴随初始注入来清洁表面。在两次浇注中预冲孔夹往往是非常方便的方法;
- c) 伴热器应位于离边缘至少 150 mm。安装在坡道时,通常横向穿过坡道与减少裂缝控制节点的交叉数。应该避免与伸缩缝的交叉,但在胀节点的过度是必要的,一定要有额外的保护。见图 23;
- d) 电源连接应位于地面以上,在可能的情况下,更倾向于在建筑物或结构墙的内部安装接线盒(见图 24)。现场组装伴热端部应位于接线盒内,方便维修;
- e) 融雪安装设计应充分记录,并在图纸标识:
 - 1) 伴热器类型;
 - 2) 间距;
 - 3) 深度;
 - 4) 布局;
 - 5) 电源接头和膨胀接头的位置(如果使用);
 - 6) 电路的识别;
 - 7) 其他项目如排水沟,传感器的位置等。



说明：

1——混凝土板；

2——伴热器；

3——钢筋或网；

4——接电源盒；

5——锯齿形的回路仅用于奇数电缆；

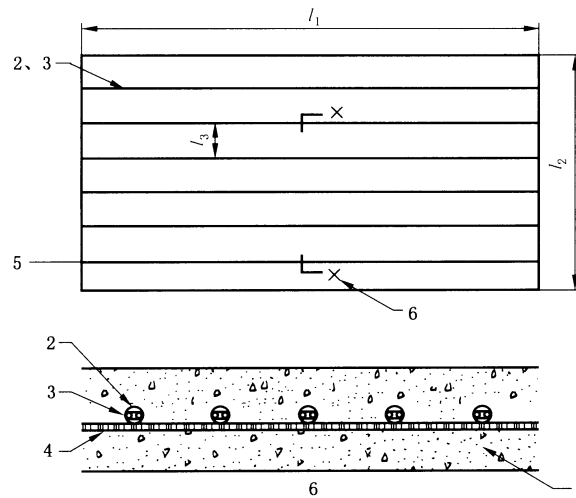
6——×-×显示典型的截面；

l_1 ——板的长度；

l_2 ——板的宽度；

l_3 ——伴热器之间的间距。

图 21 嵌入到混凝土中的融雪伴热器



说明：

1——混凝土板；

2——管道；

3——伴热器；

4——钢筋或网；

5——接电源盒；

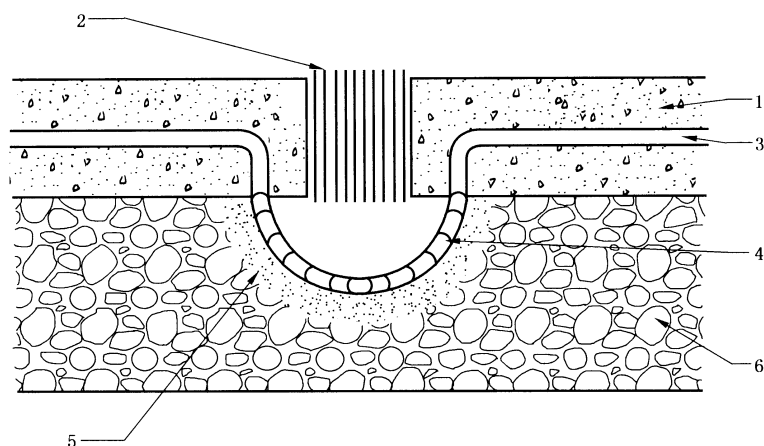
6——×-×显示典型的截面；

l_1 ——板的长度；

l_2 ——板的宽度；

l_3 ——伴热器之间的间距。

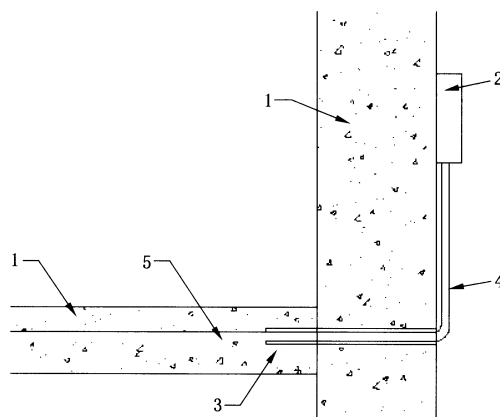
图 22 在管道中的融雪伴热器



说明:

- 1——混凝土板;
- 2——接线盒;
- 3——伴热器;
- 4——保护装置;
- 5——沙;
- 6——压缩填充物。

图 23 伸缩接头详情



说明:

- 1——混凝土板;
- 2——接线盒;
- 3——充满密封剂的管道;
- 4——伴热器或者电源连接线;
- 5——伴热器。

图 24 融雪接线盒的位置

7.3 热设计——功率输出(热负荷)的确定

融雪所需要的热量是基于多个因素,按式(10)计算:

$$Q_T = A_r(Q_v + Q_c + Q_r) + Q_s + Q_m + Q_R \dots\dots\dots (10)$$

式中：

A_r —— $A_{\text{除雪}}/A_{\text{总共}}$ ；

Q_e —— 从上表面蒸发的热量；

Q_c —— 从上表面传递的热量；

Q_r —— 来自上表面的辐射热量；

Q_s —— 显热(即融化之前,用来提升冰雪温度的能量)；

Q_m —— 潜热；

$Q_{\text{侧}}$ —— 从侧面和底面传导的热损失。

A_r 表示有效面积比,通常输入值为 0、0.5 或 1.0。 $A_r = 1$,意味着表面无雪,可用于极限应用。 $A_r = 0$ 意味着不应该有积雪,但可能会有薄薄的一层雪。

计算出的值提供了总功率密度,但未解决工件表面的温度分布,这取决于工件的热传导率,伴热器的功率输出和工件的间距。

7.4 电气设计

每个伴热器的分支电路或每个伴热器都有保护电路,能够中断高阻抗接地故障和短路故障。这可以通过一个带有一个 30 mA 的额定跳闸或控制器的接地故障中断能力,并有合适的电路保护装置来完成。对于泄漏电流更高的电路,上述跟踪加热器的任何固有电容漏电特性的可调节设备通常设定在 30 mA,或由加热器供应商指定。确保安装系统只有合格人员才能维护和监测,持续的电路运行对于安装的安全进行是必要的,为确保公认的响应警报,不中断的接地故障检测是可以接受的。

7.5 控制和监测系统的设计

融雪系统可以实施基本控制,例如一个开关、一个指示灯或一个更复杂的带湿度和温度传感器的控制系统。选择较复杂的控制可能会受到应用的关键性质的影响。大型设备,更严格的控制系统可以提高能源效率。

7.6 特别设计的注意事项

在某些应用中,要考虑下面的一些特殊的设计需要：

- 当伴热器位于导管或管道中时,应指定或确认最大护套温度和热输出；
- 对于伴热器被嵌入在沥青中时,一定要确保伴热器暴露温度高于沥青浇注温度；
- 砖或铺路石结构需要特殊的设计考虑,伴热器可能需要额外的机械保护；
- 裸露的金属护套伴热器嵌入在混凝土时,应确认护套材料不受暴露于化学物质的环境的负面影响,化学物可能是在混凝土中或可能渗入混凝土的；
- 融雪应用在飞机机库门或燃料贮存区附近可定为爆炸性环境,在这种场合,伴热器应退出工件区。这样的应用超出本标准的范围。

注：用于爆炸性环境的电伴热器参照 IEC 60079-30-1 和 IEC 60079-30-2。

7.7 安装

每个电伴热系统的设计,是为了满足特定应用的要求。因为系统是在现场很多组件整合而成的,必须保证原设计参数仍然有效。根据安装程序进行正确的安装,适当的测试和维护,对于良好的性能和安全是必需的。电伴热系统的供应商应为伴热系统和各种类型的系统组件提供具体的指导：

- 融雪安装通常将伴热器被嵌入在混凝土或沥青中。因此,验证正在安装的工厂制造的组件或加热器尤为重要；
- 伴热器安装之前,应检查邻近区域,任何尖锐的物体或毛刺(在钢筋或网上)应该去除或打平；

- c) 伴热器附件、间距和最小弯曲半径应符合制造商的规格,膨胀接头的转换应参照安装图纸显示的方法来制作;
- d) 伴热器安装完成而浇灌混凝土或沥青之前,如果布局已经偏离了最初的图纸,建成图应修改显示伴热器的具体位置;
- e) 浇灌混凝土或沥青之前,应进行绝缘电阻试验。对于带有聚合物绝缘的伴热器,推荐 2 500 V 直流试验电压测试,对于矿物绝缘的伴热器,建议采用最大的直流测试电压 1 000 V。如果设备不能提供这些测试电压,至少应采用 500 V 直流试验电压。无论测试何种电压,测量值应不小于 20 M Ω 。在混凝土或沥青的浇灌过程中应反复实验。如果检测到损伤,在继续安装之前应加以矫正;
- f) 在混凝土的浇筑过程中,应注意保持伴热器上面的混凝土输送槽有足够的间隙,保持适度的混凝土输送速度以防止伴热器移位。不必要的代步交通和过度使用耙、铲子和振捣器也可能移动或损坏伴热器;
- g) 浇灌沥青时,要验证使用温度是否如预期,不得超过伴热器的额定温度;
- h) 应手工操作沥青使其在伴热器持平的水平面上散开;
- i) 不推荐使用大颗粒沥青;
- j) 一旦混凝土和沥青浇灌完成,要记录绝缘电阻值;
- k) 混凝土固化或沥青冷却到环境温度之前,伴热器不应通电。

7.8 维护

参照 4.8。

7.9 维修

嵌入在混凝土中的电伴热器系统的修补需要使用特殊的设备来确定故障。在执行这种修复中,要听取来自制造商或与受过专门训练的承包商的咨询与建议。然而,安装的目视检查通常可看出一个系统故障的原因,如混凝土被锯切割或钻孔,为取芯样或安装设备。

8 地热

8.1 应用描述

地板采暖系统的目的是通过从地板赶走冷空气来提供舒适。在某些情况下,地板采暖系统补充或替代其他形式的房间采暖。地板采暖应用于如浴室的地板、日间护理中心、服务楼和车库。

当伴热系统直接位于底层时,它应满足嵌入式电伴热系统 GB/T 32348.1—2015 中 5.4 的额外要求。

当伴热器安装在管道内应符合 GB/T 32348.1—2015 中 5.5 的额外要求。

注意:在 GB 4706.82—2007(IEC 60335-2-96)中要求使用专门用于地暖的软片加热元件。

8.2 设计信息

8.2.1 一般要求

在系统的设计和相关区域布局之前,应严格按照 8.2.2~8.2.5 中规定的设计条件和应用输入。

8.2.2 环境数据

需要以下信息:

- a) 最低的环境温度；
- b) 维持温度的范围。

8.2.3 工件的结构细节

材料和配置的类型必须清楚，例如：

- a) 安装方法和位置，例如埋在混凝土中，底层地板之上，或之下，位于瓷砖下面；
- b) 建筑材料；
- c) 地板的结构（如果有关的话）；
- d) 热绝缘材料的类型和厚度。

8.2.4 电气注意事项

以下电气信息是必需的：

- a) 电输入；
- b) 电源电压；
- c) 有效电功率；
- d) 控制和监测要求。

8.2.5 伴热器布局和组件安装

伴热器通常直接安装在混凝土里，通过附加到钢筋或钢丝网或被嵌入在瓷砖和木地板之间的一层灰浆，与伴热器固定到一个膨胀金属带，钢丝网，或一个典型的捆扎深度 20 mm 的预穿孔上，或者直接装在混凝土板的下表面并固定在热绝缘的地方。典型的铺设伴热器的方法如图 25 所示。

伴热器的间距由如图 26 所示的功率密度和所用伴热器的线性功率输出决定。

$$S = \frac{P}{Q} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

- S——伴热器的间距，单位为米(m)；
- Q——所需负荷，单位为瓦每平方米(W·m²)；
- P——伴热器线性输出功率，单位为瓦每米(W/m)。

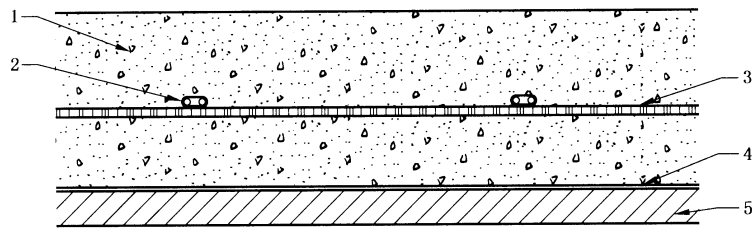
例如，如果热负荷是 100 W/m² 和伴热器输出功率是 20 W/m，然后这个间距需要 0.2 m（也就是在伴热器之间每 200 mm 通过 1 次或每米通过 5 次）。

对于所有的安装，电源应该连接在建筑物里的墙上的接线盒内。伴热器终端设置页应该安装在相同的或另外一个接线盒内以便于故障诊断而提高可靠性。

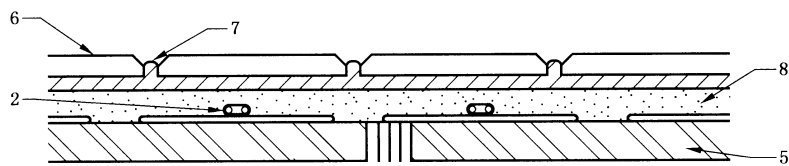
通过使用温度控制器保持地板温度时，传感器最好应安装在伴热器运行的管道中途。这个位置易于更换，还能更好的了解地板温度。

地板采暖装置应充分用图纸来记录：

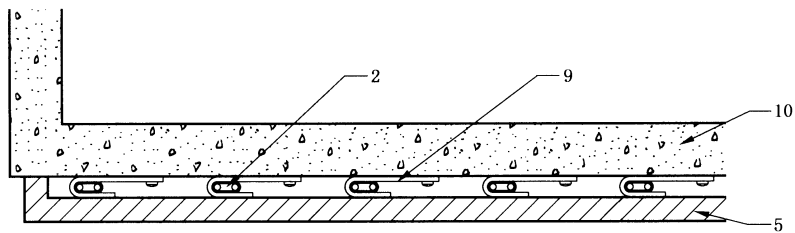
- a) 伴热器类型；
- b) 间距；
- c) 深度；
- d) 布局；
- e) 电源连接和密封端的位置；
- f) 识别电路；
- g) 额外物品如传感器等的位置。



a) 安装在混凝土中



b) 在嵌有灰浆的瓷砖下面



c) 在填高的混凝土板下面

说明:

- 1 —— 混凝土板;
- 2 —— 伴热器;
- 3 —— 钢筋或网;
- 4 —— 防潮层(如果指定了的话);
- 5 —— 热绝缘;
- 6 —— 瓷砖;
- 7 —— 水泥浆;
- 8 —— 灰浆;
- 9 —— 通道;
- 10 —— 高架混凝土板。

图 25 典型的地板采暖伴热器安装

8.3 热设计——热负荷的确定

热负荷通常在 $50 \text{ W/m}^2 \sim 160 \text{ W/m}^2$ 之间以用于所需温度维持区域, 比如浴室、办公建筑和日托中

心,还取决于每天短期内的舒适采暖加热的次数(例如,浴室)。车库和仓库区域可能要求热负荷增加到 $150 \text{ W/m}^2 \sim 250 \text{ W/m}^2$ 。假设相对静止的空气和较低的地面热损失,图 26 显示了各种条件下热负荷的要求。

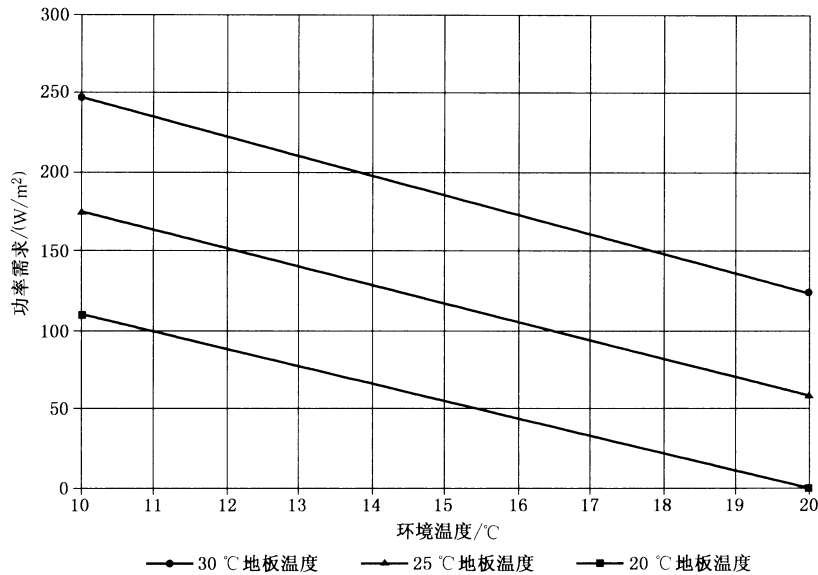


图 26 典型的地板采暖功率需求

8.4 电气设计

每个伴热器的分支电路或每个伴热器都有保护电路,能够中断高阻抗接地故障和短路故障。这可以通过一个带有 30 mA 的额定跳闸或控制器的接地故障中断能力,并有合适的电路保护装置来完成。对于泄漏电流更高的电路,上述跟踪加热器的任何固有电容漏电特性的可调节设备通常设定在 30 mA,或由加热器供应商指定。确保安装系统只有合格人员才能维护和监测,持续的电路运行对于安装的安全进行是必要的,为确保公认响应警报,不中断的接地故障检测是可以接受的。

应特殊考虑游泳池和温泉周边地区。应参考当地电气规范。

8.5 控制和检测系统设计

为了节约能源,地板采暖系统的能源消耗应通过一个定时器开/关控制系统或地板感应温度控制系统(或两者兼有)控制。室内温度控制系统不带地板温度传感装置时,只应用于伴热器不会过热的产品设计中。

8.6 特殊设计的注意事项

设计地板采暖系统时,功率密度和地板温度受当地法规限制。

8.7 安装

每个电伴热系统的设计,是为了满足特定应用的要求。因为系统是在现场很多组件整合而成的,必

须保证原设计参数仍然有效。根据安装程序进行正确的安装,适当的测试和维护,对于良好的性能和安全是必需的。电伴热系统的供应商应为伴热系统和各种类型的系统组件提供具体的指导。

地板采暖安装通常需要嵌入伴热器。确保工厂装配件或散装伴热器类型正确的安装是尤为重要的:

- a) 伴热器安装之前,被加热的地板应该保持干净并进行检查,任何碎片,锋利的物体和毛刺(在丝网或钢筋上)应该被去除并打平;
- b) 安装伴热器之前,应记录使用至少 500 V 直流电压进行绝缘电阻测试的结果。但是,对于矿物绝缘伴热器,建议测试最大直流电压 1 000 V。对于聚合物绝缘伴热器,建议 2 500 V 直流电压测试。测得值应不小 20 M Ω ;
- c) 为了与安装间距,安装图纸指定的弯曲半径和伸缩接头过度办法保持一致,伴热器应附于底层构造中;
- d) 在伴热器安装后,应再次进行绝缘电阻测试并记录其数值;
- e) 在伴热器安装完成后,表面层浇筑前,应修改图纸以反映已建成的状况;
- f) 在地板表面安装时,应再次进行绝缘电阻测试并记录其数值;
- g) 直到地板表面固化,伴热器才可通电。

8.8 维护

参见 4.8。

8.9 维修

当伴热器被嵌入时,故障定位需要专门的设备。推荐咨询制造商或专业的维修商。

9 防止冰胀

9.1 应用描述

电伴热系统在溜冰场、冰柜和冷藏存储区域下面有特殊用途。他们的功能是防止在地板下面的衬底出现大量的冰。如果冰继续在这个区域发展,它可以构建成一个相当大的冰透镜,向楼上面生长(冻胀现象)。这种情况的阻止是通过确保底座地板下面特定深度的整个区域温度保持在冰点以上。

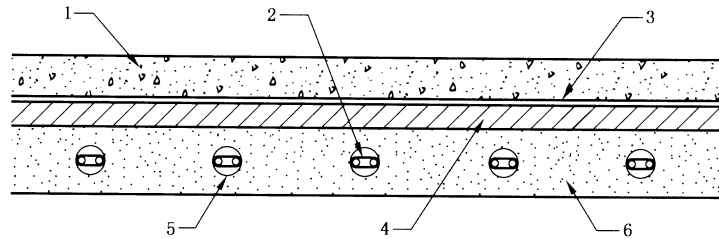
伴热器的电路通常直接嵌入在衬底,并应满足 GB/T 32348.1—2015 中 5.4 的要求。

在某些情况下,伴热器可以安装在这些应用的管道中,并应满足 GB/T 32348.1—2015 中 5.5 的要求。

9.2 设计信息

9.2.1 一般要求

图 27 显示了一个典型的带伴热器回路的地板结构截面图。为了设计这样的安装,在 9.2.2 和 9.2.3 中规定的信息是必需的。



说明：

- 1——混凝土板；
- 2——伴热器；
- 3——防潮层；
- 4——保温层；
- 5——管道；
- 6——压实砂或混凝土。

图 27 典型的冻胀防治结构

9.2.2 地面构造细节

以下信息是必需的：

- a) 地板的材料,厚度和保温层参数；
- b) 基础施工材料和保温层参数；
- c) 防潮层的类型和位置；
- d) 总体的尺寸和最优的伴热器电路布局；
- e) 溜冰场或冰箱或冷藏存储区域的地板维持温度。

9.2.3 电气注意事项

以下的电气信息是必需的：

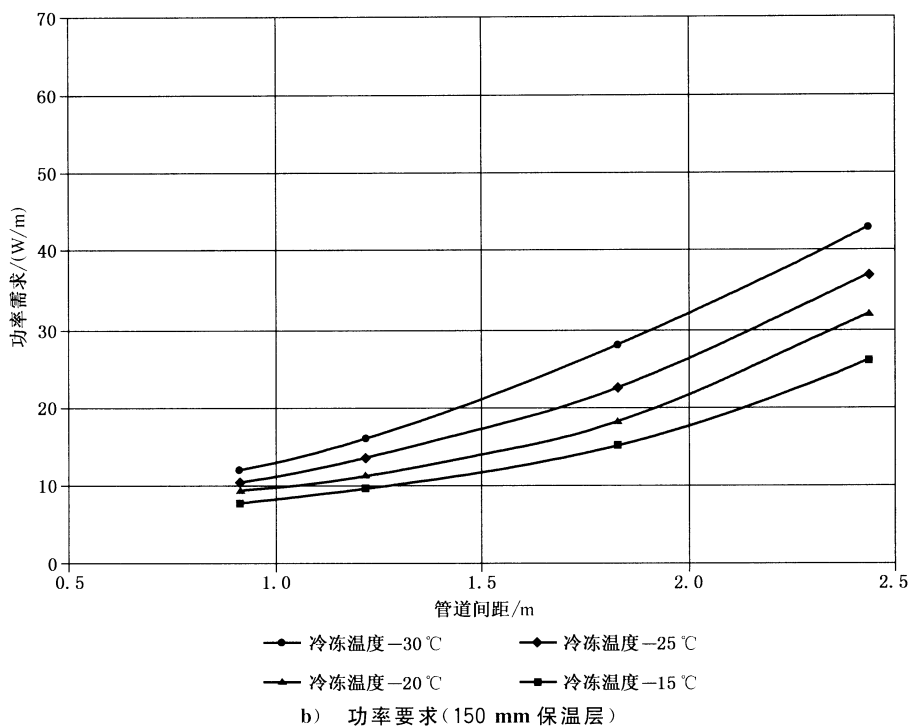
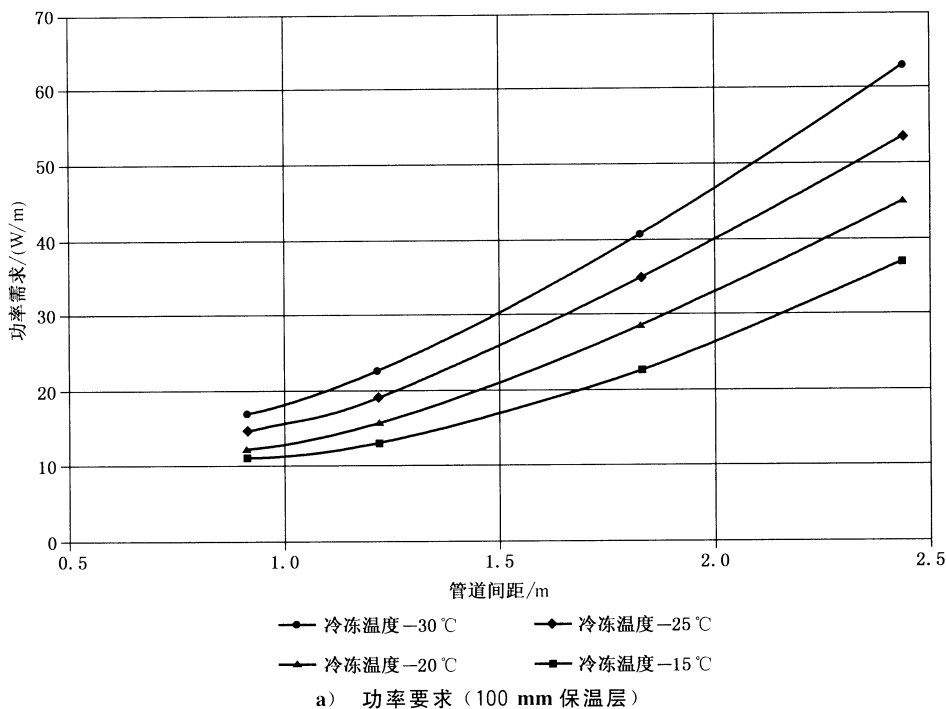
- a) 电源电压；
- b) 可用功率；
- c) 控制和监测要求。

9.3 热负荷的确定

9.3.1 一般要求

冰冻防治应用的热负荷主要取决于地板和加热区域或平面之间的保温防护层。对于再下级的应用,设施周围的边缘效应和地面上的热输入对总的热负荷的影响很小。对于更高级别的应用,保温层边缘应加以考虑。

典型的热密度 W/m^2 如图 28 所示,为最小的冷冻环境温度和保温屏障厚度的函数,基于有效的地面温度为 $10\text{ }^\circ\text{C}$ 。



注：这些都是使用 100 mm 或 150 mm 的保温层与 0.03 W/mK 的 K 因子和 50% 个设计安全系数的安装典型值。

图 28 冻胀防治的功率要求

9.3.2 伴热器布局和组件安装

为了便于维修或改造地板上的伴热器,伴热器通常安装在导管中,导管位于下方的衬底的热绝缘屏下方的衬底中。其他组件的安装建议如下:

- a) 伴热器电源连接和终端装置应安装在一个可接近的接线盒中；
- b) 为了优化控制系统的精度,应考虑使用多个传感器和电路。这也限制了任何非功能区的范围。然而,这应该由经济因素所平衡；
- c) 温度传感器应放置在单独的管道里,管道与处于加热区中心的两个伴热器管道之间距相等。

对于 150 mm 的公称厚度的热绝缘硬质泡沫,典型的热负荷是 $5 \text{ W/m}^2 \sim 15 \text{ W/m}^2$ 之间。由于大量的热负荷评估中的变量,建议每个应用要有一个具体的设计。

9.4 电气设计

每个伴热器的分支电路或每个伴热器都要有接地故障保护,能够中断高阻抗接地故障和短路故障。这可以通过一个带有 30 mA 的额定跳闸或控制器的接地故障中断能力,并有合适的电路保护装置来完成。对于泄漏电流更高的电路,上述跟踪加热器的任何固有电容漏电特性的可调节设备通常设定在 30 mA,或由加热器供应商指定。确保安装系统只有合格人员才能维护和监测,持续的电路运行对于安装的安全进行是必要的,为确保公认的响应警报,不中断的接地故障检测是可以接受的。

9.5 控制和检测系统设计

9.5.1 控制选项

电子控制系统被推荐用于此应用。特征包括数字读出和一个可调节的温度差。

9.5.2 监控

推荐使用电路监控以指出伴热器输出任何重大的变化。30 mA 漏电检测也被用于检测伴热器电路的介电性的任何降低。

在基面其他地点的温度指示可以用于大面积或土壤条件不同的地方。

9.6 特殊设计的注意事项

当设计一个冻胀预防系统,以下的一些特殊设计条件可能适用:

- a) 对于所有地下设施,建议使用带有金属屏蔽和聚合物外护套的伴热器；
- b) 当使用管道从 500 mm~1 m 宽的间距为典型的间距,由此产生的温度分布应被验证；
- c) 在安装管道时,伴热器功率输出的数据,应由制造商提供,并考虑到设计者；
- d) 当伴热器安装在管道上,设计师要验证热输出和产生的护套温度应与管道材料兼容；
- e) 当伴热器直接钳在底面,多余的伴热器的电路安装应予以考虑。

9.7 安装

每个电伴热系统的设计,是为了满足特定应用的要求。因为系统是由现场很多组件整合而成的,必须保证原设计参数仍然有效。根据安装程序进行正确的安装,适当的测试和维护,对于良好的性能和安全的必需。电伴热系统的供应商应为伴热系统和各种类型的系统组件提供具体的指导。

冰胀防治系统通常包括在管道安装伴热器。以下是一般和具体安装这些系统的建议:

- a) 应该验证伴热器是否是正规工厂制造元件或电缆类型；
- b) 在安装伴热器之前,在导管中的任何障碍应该被清除,粗糙的边缘应打平滑；
- c) 静压力不应该超过制造商的推荐值,拉力取决于弯曲数,润滑剂类型和运行长度；
- d) 伴热器制造商指定为兼容的润滑油才可使用；
- e) 伴热器的拉力应通过连接一个拉眼到编织或屏蔽上来体现；
- f) 在伴热器安装完毕后,绝缘电阻测试应至少为 500 V 直流电压。但是,矿物绝热伴热器建议直

流测试电压应为 1 000 V,对于聚合物绝热伴热器,建议 2 500 V 直流电压测试。测得的值应不小于 20 MΩ。该值应记录在记录表中。

9.8 维护

参考 4.8。

9.9 维修

当伴热器安装在管道时,最好是更换为运行导管整个长度的伴热器。拼接可以在拉箱做,但伴热器在管道内不应有拼接。

10 地下储能系统

10.1 应用说明

伴热器可用于在建筑物下面地基面,作为使电能转化为热能储存的一种设置。典型的应用:在仓库,卫生保健设施和其他采用混凝土结构地板的地面下。地下热能存储系统特别适用于在非高峰期间,电力公司减少使用率。

在某些情况下,伴热器可安装在这些应用程序的导管中,因此,应满足 GB/T 32348.1—2015 中 5.5 的要求。

10.2 设计信息

10.2.1 一般要求

应有 10.2.2~10.2.5 规定的设计条件和应用输入,来计算所需的地下蓄能系统的要求。

10.2.2 环境数据

需要以下信息:

- a) 在可能需要加热的季节的平均环境温度;
- b) 最低环境温度。

10.2.3 建筑构造细节

需要以下信息:

- a) 建筑物的用途;
- b) 区域的建议数量;
- c) 每个区域的维持温度;
- d) 来自于墙、窗户等的尺寸和绝热值的每个区域的热损失。

10.2.4 电气注意事项

以下电气信息是必需的:

- a) 电源电压;
- b) 可用电力;
- c) 非高峰时电力每天可用小时数;
- d) 每个区域的监控和检测要求。

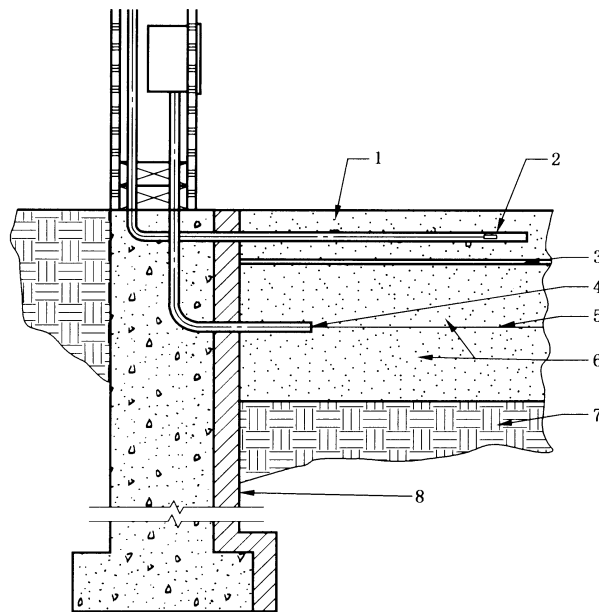
10.2.5 伴热器的布局和组件安装

伴热器通常安装在混凝土地板下面厚度为 100 mm~500 mm 的压实的砂层中,或混凝土地板本身之中,混凝土厚度是为了储存能量应用的。图 29 显示了典型的地板下伴热器的安装。电源连接或接线盒安装在坡面上。温度控制元件位于嵌入混凝土中的导管中。高温传感器,如果使用,应位于伴热器上。

伴热器的间距取决于所选产品的输出功率和补充每个区域的热损失量。最小 150 mm 的间距是不常用的。通常应用设计为使用每单位长度更大功率输出和间距较宽的伴热器。

伴热器均匀分布在离墙、排水沟、底座和其他障碍物约为 150 mm 处。

如果可能的话,最好是在可接近的接线盒内安装终端设置。



说明:

- 1——混凝土板;
- 2——温度传感器;
- 3——防潮层(如果指定了的话);
- 4——高限温度传感器;
- 5——伴热器;
- 6——压实砂层;
- 7——储热区;
- 8——周边绝缘。

图 29 典型的地下热能存储安装系统

10.3 热设计——热损失的确定

为一个特定的应用提供热量所需电能可以通过计算建筑物如墙壁,地板,天花板和紧闭的门窗的热损失得到。这是自然的建筑物热损失。额外的热量损失发生在建筑的通风系统和开放的大门。如果供给的能量未计入这些额外的损失,可能需要补充加热。

10.4 电气设计

每个伴热器的分支电路或每个伴热器都有保护电路,能够中断高阻抗接地故障和短路故障。这可以通过一个带有 30 mA 的额定跳闸或控制器的接地故障中断能力,并有合适的电路保护装置来完成。对于泄漏电流更高的电路,上述跟踪加热器的任何固有电容漏电特性的可调节设备通常设定在 30 mA,或由加热器供应商指定。确保安装系统只有合格人员才能维护和监测,持续的电路运行对于安装的安全进行是必要的,为确保公认的响应警报,不中断的接地故障检测是可以接受的。

10.5 控制和监测系统的设计

每个加热区应该有自己的温度控制器。设置点的范围通常在 18 °C ~ 24 °C。有些类型的伴热器要求用高限温度控制器来保证系统的完整性。

电伴热器系统在受控期间应该通电用来建立一个储热层,因此当禁止使用电期间,进一步的通电是不需要的。

10.6 伴热器位于砂层的特殊设计注意事项

推荐使用防潮层保留砂中水分。见图 29。

地基周边地区通常用 50 mm 的硬质泡沫塑料薄膜向下延伸 1.5 m,来绝热,来减少横向热损失的热绝缘。

10.7 安装

10.7.1 一般要求

每个电伴热系统的设计,是为了满足特定应用的要求。因为系统由在现场很多组件整合而成的,必须保证原设计参数仍然有效。根据安装程序进行正确的安装,适当的测试和维护,对于良好的性能和安全是必需的。电伴热系统的供应商应为伴热系统和各种类型的系统组件提供具体的指导。

10.7.2 安装在砂地内

为这个特定应用提供的伴热器设计安装在一个精心准备的砂基地,没有石头,碎片和有机物。在一些地区,伴热器可直接放置在通过挖沟犁挖出的土地里。典型的砂地安装如下:

- a) 砂基应该安装和压实到伴热器所需的埋藏深度;
- b) 安装前应该验证伴热器是正规工厂制造元件或电缆类型;
- c) 绝缘电阻测试应至少为 500 V 直流电压。但是,矿物绝热伴热器建议直流测试电压应为 1 000 V,对于聚合物绝热伴热器,建议 2 500 V 直流电压测试。测得的值应不小于 20 MΩ;
- d) 伴热器是有一个预定的模式,秉承伴热器制造商指定的间距和弯曲半径。可以使用临时框架定位并支持伴热器回路。C 项目描述得绝缘电阻测试应该是重复进行一次;
- e) 砂应填满板的安装水平面(除了框架区域);
- f) 临时框架(或定位装置)应被小心地去除,注意使伴热器模型不变形;
- g) 暴露的伴热器回路应该覆盖沙子,整个区域应该被压实。

10.7.3 安装在混凝土内

伴热器安装在混凝土里时,验证工厂正确装配组件或安装的伴热器尤为重要的。其他安装注意如下:

- a) 伴热器安装之前,应检查相邻区域,任何尖锐的物体或毛刺(金属丝网或钢筋)应去除或打平;

- b) 伴热器的附件,间距和最小弯曲半径应符合制造商的规格和伸缩器的转换应遵循安装图的表示方法;
- c) 在伴热器安装完成,混凝土浇筑前,如果建成的布局已经偏离了最初的图纸,图纸应进行修改以显示伴热器的确切位置;
- d) 在混凝土浇筑前应进行绝缘电阻测试。对于带有聚合物绝缘的伴热器,推荐 2 500 V 直流试验电压测试,对于矿物绝缘的伴热器,建议采用最大的直流测试电压 1 000 V。如果设备不能提供这些测试电压,至少应采用 500 V 直流试验电压。无论测试电压,测量值均应不小于 20 m Ω 。在安装过程中,应重复此测试。如果发现损坏,应予以纠正,然后再继续安装;
- e) 在混凝土的浇筑过程中,应注意保持伴热器与上方的混凝土输送槽的足够的间隙,保持适度的混凝土输送速度以防止伴热器移位。不必要的步行交通和过度使用耙,铲子和振捣器也可能移动或损坏伴热器;
- f) 在混凝土浇筑完成后,应记录绝缘电阻读数;
- g) 直到混凝土固化,伴热器才可以通电。

10.8 维护

参考 4.8。

10.9 维修

嵌入混凝土中或在混凝土下方的电伴热系统的修复,需要使用专用设备进行故障定位。向受过专门修复训练的制造商或承包商咨询建议。

如果安装设计可以接近每个运行的伴热器,就可以识别和隔离故障的运行,只要不会使其他运行中电流过大。在缩短串联电缆的长度前咨询生产厂家是非常重要的,否则,有必要隔离所有伴热加热故障回路。

在某些情况下,对某些类型的伴热加热,它可能会增加一些电路的电压,以补偿任何已被隔离的电路。在进行这样的更改之前,咨询制造商至关重要。

附 录 A
(资料性附录)
安装前检查

表 A.1

序号	检查项目	评 论
1	工件完全安装和测试完,所有临时支撑已拆除?被加热的表面无锐边,焊接飞渣和粗糙面吗?	安装伴热器后任何焊接或压力测试可能会损坏装置。
2	伴热器的表面是普通钢或非金属?	如果表面是抛光的不锈钢,非常薄壁管或任何非金属,特别的预防措施是必要的。
3	待加热元件与设计的大小,位置等相符吗?	有时很难确定正确的管被加热。一个合适的在线编号系统可能会有所帮助。
4	在伴热器的应用前规定安装金属箔吗?	有助于热量分布。
5	在伴热器的应用后规定安装金属箔吗?	这可能是为了防止伴热器周围的绝热或帮助热分布。
6	在正常或不正常的条件下产品运行可以达到大于伴热器能承受的温度?	在设计阶段这通常已解决,但是与工厂的工作人员进一步讨论可能显示已使用了不正确的或过时的信息。
7	电伴热系统文件(工作图纸,设计及说明书)都备齐了吗?	没有审查系统电伴热系统文档时,不应作改变,为确保安全运行认真的计算是必要的。
8	管道或表面扩张和收缩会导致伴热器的任何部分产生应力吗?	在这种情况下,必须采取预防措施以避免损伤。
9	温度控制器的传感器会受外界影响吗?	相邻的加热电路可能影响传感器。
10	根据设计,工件上的伴热器是螺旋形或锯齿状?	检查管的每单位长度(或表面积)的设计负荷,以确定是否应用螺旋形或锯齿形。
11	冷接头安装时适合与加热表面接触吗?	如果冷接头是埋在保温层下,它必须能承受这温度。
12	管道是否挂在管架上?	在这种情况下,特殊的预防措施是必需的,以确保在悬挂点的保温层不受气候影响。
13	管道是否有其完整支撑?	后期增加中间支撑可能会损坏加热系统。
14	是否有示范线,放气线在现场而不是在图纸上?	这些可能会妨碍或阻止伴热器的安装,必须审核伴热系统的文件。
15	是否有设备的设计中使用的其他参数是由设计文档规定的?	
16	伴热器,控制器,接线盒,开关,电缆压盖等,是否适合环境条件,是否有必要的对腐蚀及渗入液体和颗粒物质的防护?	

附 录 B
(资料性附录)
伴热器调试记录

表 B.1

位置	系统	项目编号	参考图
线号	伴热器号码	腐蚀性气氛	护套温度限制
面板编号	位置	电路编号	电路的电流/电压
伴热器供应商	伴热器型号	伴热器单位长度功率/额定电压	
兆欧表制造商/型号		电压设置	精度/满刻度
兆欧表校准的最近日期			
万用表制造商/型号	欧姆设置	精度/满刻度	
伴热器测试	测试值/备注	日期	初始
可接受的最小绝缘电阻为 20 MΩ。最小可接受的测试电压 500 V 直流,1 000 V 直流用于 MI,2 500 V 直流用于聚合物伴热器。			
1. 卷筒料的接收			
卷轴上的连续性测试			
卷轴上的绝缘电阻测试			
2. 管道完成批准开始安装伴热器			
3. 安装完成后			
4. 安装伴热器(批准开始安装保温绝热)			
伴热器正确的安装在管道、容器或设备上			
伴热器正确安装在阀门、管道支架,其他的散热池			
组件正确安装和终止(电力,接头密封)			
安装符合供应商的说明和电路设计			
5. 保温绝热安装完成			
连续性测试			
绝缘电阻测试			
系统检查			
6. 标记,标牌和识别完成(见 GB T 32348.1--2015 中第 6 章)			
7. 伴热器有效接地			
8. 温度控制的正确安装和设定点验证			
9. 接线盒妥善标识和关闭			
10. 热绝缘气候防护(全密封)			
11. 端部密封装置,覆盖接头上标明外绝缘			
12. 图纸、文件标记为建成			

表 B.1 (续)

执行:	公司	日期
见证人:	公司	日期
接受:	公司	日期
批准:	公司	日期

附 录 C
(资料性附录)
维护日程表和日志记录

表 C.1

系统位置		系统				参考图(s)	
电路信息							
伴热器型号		线路长度				断路器板编号	
电源连接		设计电压				断路器极数	
三通连接		剩余电流保护(类型)					
接头连接		剩余电流跳闸设定					
加热调节器							
目测							
板面型号	电路号						
	日期						
	初始						
热绝缘							
绝热损坏/绝热层偏置							
适合的水封							
绝热/偏置缺失							
存有水分							
加热系统组件							
外壳,密封盒							
存有水分							
腐蚀的痕迹							
伴热器导线变色							
加热和/或高温限制控制器							
操作正常							
控制器的设定点							
电气							
绝缘电阻测试(可用旁路控制器)。参见 4.8.6 和 4.7.5。							
测试电压							
兆欧表值 MΩ							
伴热器电源电压							
电源值							
现场联结值							

表 C.1 (续)

伴热器电路电流读数							
水管温度在 2 min~5 min 的 安培值							
水管温度在 15 min 后的 安培值							
接地故障电流							
评论和措施							
执行：						公司	日期
批准：						公司	日期

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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
GB/T 32348.2—2015/IEC 62395-2:2013

*

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

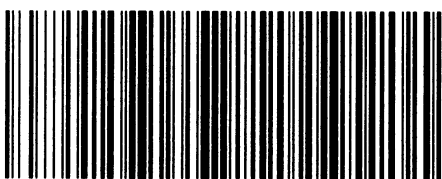
*

开本 880×1230 1/16 印张 4.75 字数 128 千字
2016 年 2 月第一版 2016 年 2 月第一次印刷

*

书号：155066·1-52904 定价 63.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话：(010)68510107



GB/T 32348.2-2015