

中国工程建设标准化协会标准

钢外护管真空复合保温预制
直埋管道技术规程

Technical specification for steel jacket
pre-insulated pipeline with vacuum layer

CECS 206 : 2006

主编单位：北京豪特耐管道设备有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：2 0 0 6 年 1 1 月 1 日

中国计划出版社

2006 北 京

前 言

根据中国工程建设标准化协会(2003)建标协字第 27 号《关于印发中国工程建设标准化协会 2003 年第一批标准制、修订项目计划的通知》的要求,制定本规程

本规程是在引进德国钢套管抽真空技术,并结合国内工程实际,在总结实践经验,参考有关国际和国外先进标准,经多方征求意见的基础上编写的。

本规程的主要内容包括:钢外护管真空复合保温预制直埋管和管路附件;真空系统;管道布置和敷设;管道应力验算和受力计算;管道保温;工程测量和土建工程;施工准备和管道安装;工程检测及验收;管网运行和维护。

根据国家计委计标[1986]1649 号文《关于请中国工程建设标准化委员会负责组织推荐性工程建设标准试点工作的通知》的要求,现批准发布协会标准《钢外护管真空复合保温预制直埋管道技术规程》,编号为 CECS 206 : 2006,推荐给工程建设设计、施工和使用单位采用。

本规程由中国工程建设标准化协会城市供热专业委员会 CECS/TC 33(北京市朝阳区慧新南里 2 号院,邮编:100029)归口管理,并负责解释。在使用中如发现需要修改和补充之处,请将意见和资料径寄归口管理单位。

主 编 单 位: 北京蒙特耐管道设备有限公司

参 编 单 位: 北京热力集团

哈尔滨工业大学

北京市煤气热力工程设计院有限公司

北京特泽热力工程设计有限责任公司

主要起草人：杨帆 邹平华 冯继蓓 董乐意 贾震
叶勇 胡宝娣 王松涛 王璿 叶锡豪
吴德君 那威

中国工程建设标准化协会

2006年9月5日

目 次

1	总 则	(1)
2	术 语	(2)
3	钢外护管真空复合保温预制直埋管和管路附件	(3)
3.1	基本结构	(3)
3.2	工作管	(3)
3.3	内置管道支座	(3)
3.4	保温材料层	(4)
3.5	真空层(空气层)	(4)
3.6	钢外护管	(4)
3.7	管路附件	(5)
3.8	产品性能和测试方法	(6)
4	真空系统	(8)
4.1	真空系统设计	(8)
4.2	真空系统实现	(8)
4.3	真空维护	(8)
5	管道布置和敷设	(9)
5.1	管道布置	(9)
5.2	管道敷设	(10)
6	管道应力验算和受力计算	(12)
6.1	一般规定	(12)
6.2	钢外护管壁厚确定和竖向稳定性验算	(12)
6.3	内固定支座、内置导向支座受力计算	(13)
7	管道保温	(14)
7.1	一般规定	(14)

7.2 保温计算	(15)
8 工程测量和土建工程	(18)
8.1 工程测量	(18)
8.2 土建工程	(18)
9 施工准备和管道安装	(20)
9.1 施工准备	(20)
9.2 管道安装	(20)
10 工程检测及验收	(22)
10.1 工程检测	(22)
10.2 工程验收	(22)
11 管网运行和维护	(23)
11.1 一般规定	(23)
11.2 管道运行检查	(23)
附录 A 保温效果和工作管轴向移动测试	(24)
附录 B 保温结构保温性能实验室条件下 测试及评定	(26)
附录 C 钢外护管径向变形量计算	(34)
附录 D 钢外护管竖向稳定性验算	(36)
附录 E 土壤热阻计算	(38)
本规程用词说明	(39)
附:条文说明	(41)

1 总 则

1.0.1 为了统一钢外护管真空复合保温预制直埋管的技术要求,做到安全适用,经济合理、确保质量,制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工作压力不大于 2.5MPa、温度不高于 350℃的蒸汽或温度不高于 200℃的热水作为供热介质的钢外护管真空复合保温预制直埋管道的制造、工程设计、施工验收及运行管理。

1.0.3 钢外护管真空复合保温预制直埋管的制造、工程设计、施工验收及运行管理,除应符合本规程外,尚应符合现行行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34、《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28、《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81 和《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104 等的有关规定。

2 术 语

2.0.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道 steel jacket pre-insulated pipeline with vacuum layer

由钢外护管、真空层(空气层)、保温材料层和工作管构成的预制直埋保温管。

2.0.2 真空层 vacuum layer

在保温材料层外表面与钢外护管内表面之间封闭的具有一定真空度的空气层。

2.0.3 内置导向支座 inside guiding support

在钢外护管真空复合保温预制直埋管内,允许工作管与钢外护管有相对轴向位移并起支承作用的管道支座。

2.0.4 内置滑动支座 inside sliding support

在钢外护管真空复合保温预制直埋管内,允许工作管与钢外护管有相对位移的管道支座。

2.0.5 内固定支座 fix-point

钢外护管真空复合保温预制直埋管内,不允许工作管与钢外护管有相对位移的管道支座。

2.0.6 真空隔断装置 separating vacuum fitting

将工作管外表面与钢外护管内表面之间的空间沿管线进行分段的密封装置。

3 钢外护管真空复合保温预制直埋管和管路附件

3.1 基本结构

3.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道应由钢外护管、真空层(空气层)、保温材料层、工作管和各类支座等组成。

3.1.2 保温材料应绑扎在工作管上,工作管和钢外护管之间应设置内置导向支座、内置滑动支座,形成脱开式的预制直埋管结构。

3.2 工作管

3.2.1 所采用的工作管应符合现行国家标准《石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第1部分:A级钢管》GB/T 9711.1、《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163、《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 和现行行业标准《城市供热用螺旋缝埋弧焊钢管》CJ/T 3022 等的规定或按设计要求选用。

3.2.2 预制保温管生产厂焊接的焊缝应进行100%的射线探伤检验,其质量应达到现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 规定的II级合格标准。

3.3 内置管道支座

3.3.1 内置导向支座宜采用滚轮式内置导向支座;内置导向支座与工作管之间所采用的隔热材料导热系数不宜大于 $0.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$,其耐老化性能应满足管道的使用寿命要求,强度应满足推力设计的要求。

3.3.2 内置滑动支座的尺寸应根据弯头的位移量设计;内置滑动支座与工作管之间所采用的隔热材料导热系数不宜大于

0.3W/(m·K),其耐老化性能应满足管道的使用寿命要求,强度应满足推力设计的要求。

3.3.3 内置管道支座所在处钢外护管的表面温度应低于 60℃。

3.4 保温材料层

3.4.1 保温材料宜采用无机绝热材料,其物理和化学性能应保持稳定;不应受预制直埋管制造过程和正常安装的影响,且应抗老化;在干燥或潮湿环境中不应与钢管或其氧化层发生化学反应。

3.4.2 保温材料不应因工作管热膨胀而发生撕裂破坏。接触工作管的保温材料,其允许使用温度应高于介质设计温度 100℃以上。

3.4.3 在常压下,当保温材料的平均温度为 70℃时,其导热系数应小于 0.05 W/(m·K)。

3.4.4 保温材料的密度不宜大于 200kg/m³。

3.4.5 湿透的保温材料经再次烘干后应保持不变形,且性能应不改变。

3.4.6 保温材料层应具有一定的表面强度。

3.4.7 保温材料层可由单层或多层组成。保温材料层总厚度大于 80mm 时,应分层设置。当内外层采用同种保温材料时,内外层厚度宜相等;当内外层采用不同种保温材料时,内层厚度应按外层保温材料的允许使用温度确定。

3.5 真空层(空气层)

3.5.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道中,每个抽真空分段内管腔应有足够的空气流通面积。真空层(空气层)厚度不宜大于 25mm。

3.6 钢外护管

3.6.1 钢外护管宜符合现行国家标准《石油天然气工业 输送钢管交货技术条件 第 1 部分:A 级钢管》GB/T 9711.1、《低压流体

输送用焊接钢管》GB/T 3091 和现行行业标准《城市供热用螺旋缝埋弧焊钢管》CJ/T 3022、《低压流体输送管道用螺旋缝埋弧焊钢管》SY/T 5037 等的有关规定。当采用非标准钢管时,应考虑抽真空和强度要求,且应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235 的相关规定。

3.6.2 在埋地条件下,钢外护管的径向变形不应导致其内部保温结构和支座的破坏或阻碍工作管的正常位移,其径向变形量不得大于管子外直径的 3%。

3.6.3 预制保温管生产厂焊接的焊缝应经 100% 的超声波探伤检验,其质量应达到现行行业标准《压力容器无损检测》JB/T 4730 或现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345 中 I 级合格标准的规定。

3.6.4 钢外护管必须做外防腐处理。防腐层与钢表面应有良好的黏附性、电绝缘性、低吸水性 and 低水蒸汽穿透性,并应便于现场施工。

3.6.5 防腐层的长期耐温不应低于 70℃。钢外护管防腐层抗冲击强度不应小于 5J/mm。

3.6.6 防腐层应进行全面在线电火花检漏及施工安装后的电火花检漏,检测结果应符合国家现行相关标准的要求。

3.6.7 钢外护管宜采用聚乙烯防腐层防腐。聚乙烯防腐层的制作及其性能应符合现行行业标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层技术标准》SY/T 0413 的规定。当钢外护管采用其他形式的防腐材料时,防腐制作及其性能应符合国家现行相关标准的规定。

3.7 管路附件

3.7.1 管路附件的工作管、保温材料层、钢外护管及其防腐的技术要求,应符合本章对直埋管的规定。

3.7.2 管路附件的制作应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235 的要求。除真空隔断装置外,其他管

路附件的空气流通面积不宜小于直管段的空气流通面积。

3.7.3 弯头、三通和异径管应符合下列要求：

1 工作管的弯头、三通和异径管应符合现行国家标准《钢制对焊无缝管件》GB/T 12459 或《钢板制对焊管件》GB/T 13401 的规定；

2 工作管连接支管时，宜采用机制三通。当支管外径小于主管外径的 $1/2$ 时，可采用焊接支管。管道开孔的补强宜采用等面积补强，补强面积应按现行国家标准《钢制压力容器》GB 150 的规定进行计算。

3.7.4 内固定支座应符合下列要求：

1 内固定支座的结构和所采用隔热材料的强度应满足设计推力的要求；

2 内固定支座中所采用隔热材料的导热系数不宜大于 $0.3\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ ，其耐老化性能应满足管道的使用寿命要求。

3.7.5 真空隔断装置应符合下列要求：

1 真空隔断装置不应妨碍工作管位移；

2 真空隔断装置处应采取措施降低冷桥影响，应防止破坏钢外护管防腐层。

3.7.6 补偿器应符合下列要求：

1 在补偿器的钢外护管上宜标出介质流向；

2 补偿器宜进行预拉伸。经过预拉伸的补偿器，在保温过程及安装过程中应采取措施保证预拉伸不被释放；

3 轴向补偿器的两端应设置内置导向支座。

3.7.7 疏水装置应靠近管道的固定支座。

3.8 产品性能和测试方法

3.8.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管的整体性能和测试方法应符合现行行业标准《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200 的规定。

3.8.2 钢外护管真空复合保温预制直埋管的保温效果测试和机械性能中工作管的轴向移动测试,可按本规程附录 A 的规定执行。

4 真空系统

4.1 真空系统设计

4.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道应采用真空隔断装置进行分段,分段长度不宜大于300m。抽真空设备应根据设计真空度、真空段的分段长度和管径选取。

4.1.2 在每个真空分段的两端,应设置真空阀门和真空表接口。

4.2 真空系统实现

4.2.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的各真空段,宜在安装完成后两周内抽真空。

4.2.2 初次抽真空必须采用具有冷凝、排水和除尘功能的真空设备。

4.2.3 真空系统的附件(真空球阀、真空表),应采用焊接或真空法兰连接。

4.2.4 真空表应满足防水和耐温的要求。真空表与管道之间宜安装真空阀门。

4.2.5 钢外护管真空复合保温预制直埋管道真空系统的真空绝对压力应小于20mbar。

4.2.6 在抽真空操作过程中,当真空泵的抽气量达到300m³、管道空腔湿度保持在50%以上时,应经排潮后方可继续抽真空。

4.3 真空维护

4.3.1 应定期观测并记录真空表读数。当真空绝对压力升至50mbar时,应启动真空泵,将真空绝对压力降至20mbar以下。

5 管道布置和敷设

5.1 管道布置

5.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的布置应符合现行行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34、《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81 和《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104 的有关规定。管道与有关设施相互间的最小水平和垂直净距应符合表 5.1.1 的规定。

表 5.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道与
相关设施之间的最小净距

相关设施名称	最小水平净距(m)	最小垂直净距(m)
给水、排水管道	1.5	0.15
燃气管道	压力 \leq 400kPa	1.0
	压力 \leq 800kPa	1.5
	压力 $>$ 800kPa	2.0
压缩空气、二氧化碳管道	1.0	0.15
乙炔、氧气管道	1.5	0.25
易燃、可燃液体管道	1.5	0.30
架空管道支座基础边缘	1.5	—
排水盲沟沟边	1.5	0.50
地 铁	5.0	0.80
电气铁路接触电杆基础	3.0	—
道路、铁路路基边坡底脚	1.0	0.70(路面)
铁 路	3.0(钢轨)	1.20(轨底)
灌溉渠沟边缘	2.0	—

续表 5.1.1

相关设施名称		最小水平净距(m)	最小垂直净距(m)
桥梁支座基础(高架桥、栈桥)		2.0	—
照明、通信电杆中心		1.0	—
建筑物基础边缘		3.0	—
围墙基础边缘		1.0	—
乔木或灌木中心		3.0	—
电 缆	通信电缆管块	1.0	0.30
	电力电缆 $\leq 35\text{kV}$	2.0	0.50
	电力电缆 $\leq 110\text{kV}$	2.0	1.00
架空输电线电杆基础	$\leq 1\text{kV}$	1.0	—
	35~220kV	3.0	—
	330~500kV	5.0	—

注:钢外护管真空复合保温预制直埋管道的埋深大于建(构)筑物基础深度时,最小水平净距应按土的内摩擦角计算确定。

5.1.2 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的最小覆土深度,应满足管道强度计算和稳定性计算的要求。

5.1.3 河底敷设钢外护管真空复合保温预制直埋管时,必须远离浅滩、锚地,并应选择在较深的稳定河段布管,埋设深度应按不妨碍河道整治和保证管道安全的原则确定。管道穿越河底的覆土厚度,除应根据水流冲刷和管道稳定条件确定外,还应进行抗浮验算。

5.2 管道敷设

5.2.1 当钢外护管真空复合保温预制直埋管道敷设在地质状况变化较大的地区时,应对地基做过渡处理。

5.2.2 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的设计使用期不应低于 25 年。

5.2.3 管道的固定支座的型式宜采用内固定支座。

5.2.4 管道的坡度不宜小于 0.002。变坡点应在内固定支座附近,且变坡点到内固定支座之间应设置内置导向支座。

5.2.5 当采用管道转角作为自然补偿时,弯臂长度不宜大于 15m,且靠近固定支座应设置内置导向支座,其位置应经计算确定。

5.2.6 钢外护管真空复合保温预制直埋管道与阀门等管路附件宜采用焊接连接。

5.2.7 真空隔断装置、疏水装置、补偿器和阀门宜布置在检查室内。

6 管道应力验算和受力计算

6.1 一般规定

6.1.1 工作管的许用应力取值、管壁厚度、补偿值计算和应力验算应按现行行业标准《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》SDGJ 6 的规定执行。

6.1.2 在进行工作管应力验算和受力计算时,供热介质的计算参数应按热源的最大工作压力和温度选取。设计时所采用的安装温度不宜低于 0°C 。当安装温度低于 0°C 时,其值应取安装时土壤表面的最低空气温度。

6.1.3 钢外护管的许用应力取值、热伸长量计算和应力验算应参照现行行业标准《城镇直埋供热管道工程技术规范》CJJ/T 81 的相关规定执行。

6.1.4 在进行钢外护管应力验算和受力计算时,钢外护管的工作循环最高温度应按可能达到的最高温度选取。设计时所取安装温度不宜低于 0°C 。当安装温度低于 0°C 时,其值应取安装时的最低环境温度。

6.2 钢外护管壁厚确定和竖向稳定性验算

6.2.1 钢外护管的外径与壁厚比不应大于 100。

6.2.2 在外力作用下钢外护管的变形应按最大真空度验算,其径向变形量(刚度)不应大于管子外径的 3%,径向变形量应按本规程附录 C 的规定计算。

6.2.3 钢外护管应按本规程附录 D 的规定进行竖向稳定性验算。

6.3 内固定支座、内置导向支座受力计算

6.3.1 工作管对内固定支座的作用力应包括下列三部分：

- 1 工作管热胀冷缩受约束产生的轴向力；
- 2 工作管内压力产生的不平衡力；
- 3 工作管位移产生的作用力。

6.3.2 工作管对内置导向支座的作用力应包括下列两部分：

- 1 工作管热胀冷缩受约束产生的侧向力；
- 2 工作管和供热介质的重力作用。

6.3.3 内固定支座两侧管段的作用力,应按下列原则合成：

1 内固定支座两侧管段由于热胀冷缩受约束引起的作用力和管道位移产生的作用力相互抵消时,较小方向作用力应乘以0.7的抵消系数；

2 内固定支座两侧管段内压产生的不平衡力的抵消系数取1；

3 计算工作管的摩擦力时,摩擦系数应分别按内置滑动支座和内置导向支座的型式确定。

7 管道保温

7.1 一般规定

7.1.1 直埋真空保温管的保温设计,除应符合本规程的规定外,尚应符合现行国家标准《设备及管道保温技术通则》GB/T 4272、《设备及管道保温设计导则》GB 8175 和《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 的有关规定。

7.1.2 保温材料层厚度应同时满足钢外护管的外表面温度不得大于 50℃ 和供热介质的工艺要求。计算保温材料层厚度时,应取常压下保温材料的导热系数。

7.1.3 计算真空保温管道年散热损失和钢外护管外表面温度时,应按运行期内的平均真空度确定其热阻。

7.1.4 保温计算中的土壤导热系数宜采用实测值,土壤导热系数可于现场采用探针法测定,也可取原状土在室内用导热系数测定仪测定。

7.1.5 保温计算温度参数应按下列要求采用:

1 当按钢外护管的外表面温度计算保温材料层厚度时,介质温度取锅炉出口、汽轮机抽(排)汽口或减温减压装置出口的最高工作温度;土壤表面空气温度取管网运行期内室外空气的设计温度;

2 当按规定的蒸汽温度降计算保温材料层厚度时,介质温度应取锅炉出口、汽轮机抽(排)汽口或减温减压装置出口的最高工作温度;土壤表面空气温度应取管网运行期内室外空气的设计温度;

3 在计算蒸汽管网年散热损失时,蒸汽温度应取运行期内的平均温度,对于输送距离较远的管道可采用分段取值方法;土壤表

面空气温度应取管网历年运行期空气平均温度的平均值；

4 对常年运行的管道,应验算土壤表面空气温度为室外最高月平均温度时,钢外护管的表面温度不应高于 50℃。

7.1.6 钢外护管真空复合保温预制直埋管外表面最大允许散热损失量应符合现行国家标准《设备及管道保温技术通则》GB/T 4272 中的规定。

7.2 保温计算

7.2.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道敷设时,保温层厚度应按下列式计算:

$$q = \frac{t - t_k}{\frac{1}{2\pi\lambda_b} \ln \frac{d_b}{d_w} + \frac{1}{2\pi\lambda_k} \ln \frac{d_n}{d_b} + R_t} \quad (7.2.1-1)$$

$$t_s = qR_t + t_k \quad (7.2.1-2)$$

$$\delta = \frac{d_b - d_w}{2} \quad (7.2.1-3)$$

$$t_s \leq [t_s] \quad (7.2.1-4)$$

式中 q ——单位长度管道的散热损失(W/m);

t ——工作管内的供热介质温度(℃);

t_k ——土壤表面空气温度(℃);

λ_b ——保温材料导热系数[W/(m·K)],取计算工况下保温材料层平均温度下的数值;

d_b ——保温材料层外表面直径(m);

d_w ——工作管外表面直径(m);

λ_k ——空气层等效导热系数[W/(m·K)];

d_n ——空气层外表面直径(m);

R_t ——土壤热阻(m·K/W),按附录 E 计算;

δ ——保温材料层厚度(m);

t_s ——钢外护管的外表面温度(℃);

$[t_s]$ ——钢外护管允许的外表面温度(℃),按设计要求确定。

7.2.2 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的热损失可按下列式计算：

1 对于单位长度管道：

$$q = \frac{t - t_k}{R_d + R_t} \quad (7.2.2-1)$$

式中 q ——单位长度管道的散热损失(W/m)；

t ——工作管内的热介质温度(°C)；

t_k ——土壤表面空气温度(°C)；

R_d ——保温结构等效热阻(m·K/W)；

R_t ——土壤热阻(m·K/W)。

2 对于管段：

$$Q = q \cdot l \cdot (1 + \beta) \quad (7.2.2-2)$$

式中 Q ——管段的热损失(W)；

l ——管段的长度(m)；

β ——考虑管段上有管路附件增加的散热损失系数，一般取0.1~0.15。

7.2.3 钢外护管真空复合保温预制直埋管道保温结构的等效热阻可按下列式计算：

$$R_d = R'_b + R_z \quad (7.2.3-1)$$

$$R'_b = \frac{1}{2\pi\lambda'_b} \ln \frac{d_b}{d_w} \quad (7.2.3-2)$$

$$R_z = \frac{1}{2\pi\lambda_z} \ln \frac{d_n}{d_b} \quad (7.2.3-3)$$

式中 R_d ——保温结构等效热阻(m·K/W)；

R'_b ——保温材料层热阻(m·K/W)；

R_z ——真空层热阻(m·K/W)；

λ'_b ——保温材料在平均温度和相应真空压力下的当量导热系数[W/(m·K)]；

d_b ——保温材料层外表面直径(m)；

d_w ——工作管外表面直径(m)；

λ_z ——真空层当量导热系数[W/(m·K)];

d_n ——真空层外表直径(m);

d_b ——保温材料层外表直径(m)。

7.2.4 钢外护管的外表面温度可按下式计算:

$$t_s = qR_t + t_k \quad (7.2.4-1)$$

式中 t_s ——钢外护管的外表面温度(°C);

q ——单位长度管道的散热损失(W/m);

R_t ——土壤热阻(m·K/W),按附录 E 计算;

t_k ——土壤表面空气温度(°C)。

8 工程测量和土建工程

8.1 工程测量

8.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的工程测量,应符合现行行业标准《城市测量规范》CJJ 8、《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 和《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104 的规定。

8.2 土建工程

8.2.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道土方工程的施工和验收应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 和本规程的规定。

8.2.2 钢外护管真空复合保温预制直埋管道工程开挖土方,宜以一个真空段作为一个施工段。直埋管沟槽的开挖、垫层材料、厚度、密实度等应符合设计要求。在直埋保温管的接头处应挖工作坑(图 8.2.2)。

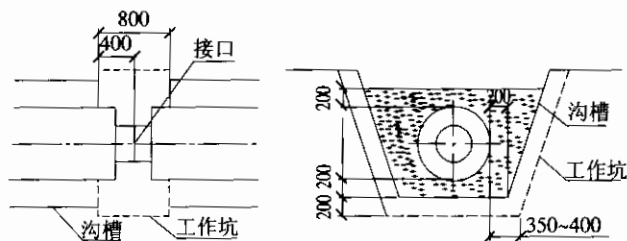


图 8.2.2 管道接头处工作坑尺寸

8.2.3 当地下水位高于开挖的管道沟槽槽底时,应采取措施将开挖部位的地下水位降至槽底以下。对水不能完全排除的槽底,应深挖并铺垫碎石层。必须保证施工范围内排水通畅,必要时应设

置临时排水设施,并应防止地面水和雨水流入管道沟槽。

8.2.4 土方开挖至槽底后,应由勘察人员会同建设、设计、施工、监理以及质量监督单位共同检验地基。对松软地基应采取加固措施;对槽底的坑穴、空洞应进行挖填、夯实。

8.2.5 隐蔽工程验收合格后,应及时进行回填土施工,回填土的土质应按设计要求采用。

8.2.6 回填土施工,应符合下列规定:

1 回填之前,应对焊口进行探伤。当发现钢外护管损伤时应进行修补。当有积水时应先排除;

2 当检查室墙体和盖板的强度、外墙防水抹面层的硬结程度、盖板或其他构件的安装强度、钢外护管接头防腐层的强度等均能承受回填土操作动荷载时,方可进行回填;

3 对管道防腐层进行电火花检测合格后,方可进行回填。

9 施工准备和管道安装

9.1 施工准备

9.1.1 施工单位应根据工程规模、现场条件、钢外护管真空复合保温预制直埋管道的性能和施工图进行施工组织设计,并绘制排管图。

9.1.2 进入现场的钢外护管真空复合保温预制直埋管、管件和接口材料,均应具有产品合格证。

9.1.3 进入现场的钢外护管真空复合保温预制直埋管和管件应逐件进行外观检验和电火花检测。

9.1.4 钢外护管真空复合保温预制直埋管和管件应分类整齐堆放。堆放场地应平整,无硬质杂物,无积水。

9.1.5 在成品管材的储存、运输、吊装和安装过程中,应按产品标识放置,防止损坏,并应严格防止保温层进水。

9.1.6 管材宜用宽度大于 50mm 的吊装带吊装。

9.2 管道安装

9.2.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管的安装,应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28、《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104 和本规程的规定。

9.2.2 在管道焊接前,应检查管道、管路附件的排序以及管道支座种类和排列,其应与设计图纸相符合。

9.2.3 管道接头保温材料层的施工应符合下列规定:

1 接头保温材料层的施工,应在工作管强度试验合格、沟内无积水、非雨天的条件下进行干式作业;

2 接头的保温结构、保温材料的材质、厚度应与工厂预制的

保温管材相同；

3 应保证接头的保温材料层与两侧直管段或管件的保温材料层紧密衔接,不得有缝隙；

4 在钢外护管焊缝部位的保温材料层的外表面应衬垫耐高温的保护材料。

9.2.4 管道接头处钢外护管的施工应符合下列规定：

1 钢外护管的防腐应在气密性试验合格后进行；

2 接头钢外护管应进行喷砂或相当工艺除锈处理,应符合外防腐要求；

3 接头防腐应按国家现行相关标准的要求执行,防腐层应采用电火花检测仪检测,耐击穿电压应符合国家现行相关标准的要求。

9.2.5 当施工间断时,工作管端口应采用堵板封闭,钢外护管端口应采用防水材料密封;雨季施工时,应有防止雨水和泥浆进入管内和防止管道浮起的措施。

10 工程检测及验收

10.1 工程检测

10.1.1 工作管现场焊接焊缝的检验应按现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定执行。

10.1.2 钢外护管现场焊接焊缝的检验应采用 100% 超声波探伤检测,其质量应达到现行行业标准《压力容器无损检测》JB/T 4730 或现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB/T 11345 中 I 级的合格标准的要求。

10.1.3 钢外护管焊缝应进行严密性试验。严密性试验应在工作管压力试验合格后进行。试验介质应采用空气,试验压力应为 0.2 MPa。

10.1.4 气体严密性试验的试验压力应逐级缓慢上升,当达到试验压力后,稳压 10min,然后在焊缝上涂刷中性发泡剂并巡回检查所有焊缝,无泄漏为合格。

10.2 工程验收

10.2.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的工程竣工总验收,应符合现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的规定。

10.2.2 管道真空系统应单项验收,可在工程实施过程中进行。其真空绝对压力应符合本规程第 4.2.5 条的规定。

11 管网运行和维护

11.1 一般规定

11.1.1 管网运行应按现行协会标准《城镇供热管网维修技术规程》CECS 121、现行行业标准《城镇供热系统安全运行技术规程》CJJ/T 88、《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104 和本规程的规定执行。

11.1.2 管网运行人员应了解管路真空装置的性能和运行参数，熟悉真空装置点的分布情况。

11.2 管道运行检查

11.2.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道系统在运行中应经常检查并做记录。对新投入运行的管道应加强巡视。

11.2.2 运行检查的主要项目应包括检查室、真空装置、疏水装置、弯头、补偿器、三通、阀门、固定支座等管路附件和设施，并应对真空表的读数做定期观测和记录。

附录 A 保温效果和工作管轴向移动测试

A.1 保温效果测试

A.1.1 在实验控制条件为:温度 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $50\% \pm 5\%$ RH 和常压的情况下,对直管、内固定支座、内置滑动支座和内置导向支座处的保温结构进行散热损失、表面温度实验室测定时,其测试应按附录 B 的规定进行。

A.1.2 依据实测结果,计算出整体保温结构的等效热阻 R_d 。

A.1.3 按下列公式计算管道实际运行工况下的钢外护管外表面温度和散热损失,根据计算结果检验是否符合设计和标准的要求。

单位长度管道热损失:

$$q = \frac{t - t_k}{R_d + R_i} \quad (\text{A. 1. 3-1})$$

钢外护管外表面温度:

$$t_s = qR_i + t_k \quad (\text{A. 1. 3-2})$$

单位面积管道热损失:

$$q' = \frac{q}{\pi d_s} \quad (\text{A. 1. 3-3})$$

式中 q ——单位长度管道的折算散热损失(W/m);

t ——工作管内热介质的温度($^\circ\text{C}$),按设计温度取值;

t_k ——土壤表面空气温度($^\circ\text{C}$),按设计温度取值;

R_d ——保温管道的等效热阻($\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$),按 A.1.2 条采用;

R_i ——土壤热阻($\text{m} \cdot \text{K}/\text{W}$),土壤参数按设计参数选取,计算方法参照附录 E;

d_s ——钢外护管外径(m);

t_s ——钢外护管的折算外表面温度($^\circ\text{C}$);

q' ——单位面积管道的折算散热损失(W/m^2)。

A.1.4 直管处钢外护管的折算外表面温度 t_s , 不应高于 $50^{\circ}C$ 。

A.1.5 内固定支座、内置滑动支座和内置导向支座处钢外护管的折算外表面温度 t_s , 不应高于 $60^{\circ}C$ 。

A.1.6 单位面积管道的折算散热损失 q' 应符合行业标准《供热管道保温结构散热损失测定与保温效果评定》CJ/T 140- -2001 附录 A 中表 A1 和表 A2 允许最大热损失值的要求。

A.2 工作管轴向移动测试

A.2.1 试件采用长度不小于 $6000mm$, 支座距端头不小于 $2000mm$ 的钢外护管预制直埋真空保温管段。

A.2.2 将试件的钢外护管固定不动, 以速度 $30mm/min$ 推动工作管, 使轴向滑动位移量达 $1600mm$, 推动时应无卡管现象。

A.2.3 不停顿地往复推动试件的工作管各 3 次, 记录每次的最大推力, 并计算推动 6 次的算术平均值 F 。

A.2.4 平均值 F 不应大于最大允许推力 F_{max} , F_{max} 按下式计算:

$$F_{max} = G\mu \quad (A.2.4)$$

式中 G ——试件工作管的重力(N);

μ ——摩擦系数, 取 0.3 。

附录 B 保温结构保温性能实验室 条件下测试及评定

B.1 适用范围

B.1.1 本试验方法适用于对供热管道建设工程中采用的保温结构的保温效果进行模拟测试和对保温管道产品进行性能测试;适用于地上、管沟和直埋等各种敷设方式的测试;适用于对供热管道直管、管件、接头和各种支座等不同形式保温结构的保温效果测试及评定。

B.2 测试分级和要求

B.2.1 供热管道保温结构散热损失测试可分下列三级:

- 1 一级测试:适用于采用新技术、新材料、新结构的鉴定测试;
- 2 二级测试:适用于新建、改建、扩建及大修后保温工程的验收测试;
- 3 三级测试:适用于保温工程的普查和定期监测。

B.2.2 实验室模拟测试的适用等级:

- 1 产品和保温结构的生产鉴定,应执行一级测试;
- 2 定型的预制保温管产品和保温结构的施工现场抽样检测,应执行二级测试。

B.2.3 保温性能测试应符合下列要求:

- 1 一级测试必须采用不少于两种测试方法,同步、对照进行。当不具备采用两种方法进行测试条件时,允许用一种方法在相近工况下做多次测试,取所有测试数据的算术平均值。重复测试的次数,宜根据测试结果的偏差范围确定,不得少于3次。

2 二、三级测试可采用一种方法进行。

B.3 测试方法

B.3.1 热流计法。

1 用热阻式热流传感器(热流测头)和测量指示仪表直接测量保温结构的散热热流密度。热流传感器的输出电势(E)与通过传感器的热流密度(q')成正比,即 $q' = cE$,其中 c 为测头系数,由标准热流发生器标定。

2 热流传感器的标定按现行国家标准《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法》GB/T 10295 规定的方法进行,必要时绘制系数 $c(q'/E)$ 与被测表面温度(视作热流传感器温度)的标定曲线,该曲线还应表示出工作温度与热流密度的范围。具体测试操作按现行国家标准《设备及管道绝热层表面热损失现场测定 热流计法》GB/T 17357 的规定进行。实验室测试时应按一级测试要求。

B.3.2 表面温度法。

1 对于地面上、地沟敷设的热力管道,应测定保温结构外表面温度、土壤表面空气温度、风向和风速、表面热发射率和保温结构外形尺寸,并按下式计算其散热热流密度 q' :

$$q' = \alpha(t_w - t_f) \quad (\text{B.3.2})$$

式中 q' —— 散热热流密度(W/m^2);

α —— 总放热系数 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$];

t_w —— 保温结构外表面温度($^{\circ}\text{C}$);

t_f —— 土壤表面空气温度($^{\circ}\text{C}$)。

总放热系数 α 按行业标准《供热管道保温结构散热损失测定与保温效果评定》CJ/T 140—2001 附录 D 的规定计算。

2 按现行国家标准《设备及管道绝热层表面热损失现场测定 表面温度法》GB/T 18021 规定的相应方法进行操作。测取被测表面温度、表面发射率和外形尺寸等参数,以及土壤表面空气

温度、风向、风速等,并按式(B.3.2)计算散热热流密度。

3 表面温度按下列方法测定:

- 1) 热电偶法;
- 2) 表面温度计法;
- 3) 红外辐射测温仪法。

B.3.3 温差法。

1 通过测定保温结构各层厚度、各层分界面上的温度和各层材料在使用温度下的导热系数,按一维导热方程计算保温结构的散热热流密度。

1) 管道单层保温结构的散热热流密度和单位长度线热流密度可按式计算:

$$q' = \frac{q}{\pi D} \quad (\text{B. 3. 3-1})$$

$$q = \frac{2\pi\lambda(t-t_w)}{\ln \frac{D}{d}} \quad (\text{B. 3. 3-2})$$

2) 平壁单层保温结构的热流密度可按式计算:

$$q' = \frac{t-t_w}{\frac{\delta}{\lambda}} \quad (\text{B. 3. 3-3})$$

式中 q ——单位长度线热流密度(W/m);
 λ ——保温材料在使用温度下的导热系数[W/(m·K)];
 t ——保温材料首层内表面温度(°C)(工程测试时可认为是管中介质温度);
 d ——保温层内径(m)(可视为钢管外径);
 D ——保温结构外径(m)。

3) 管道多层保温结构的散热热流密度和单位长度线热流密度可按式计算:

$$q' = \frac{q}{\pi D} \quad (\text{B. 3. 3-4})$$

$$q = \frac{t - t_w}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_{i-1}}} \quad (\text{B. 3. 3-5})$$

4) 多层保温结构的热流密度可按下式计算:

$$q' = \frac{t - t_w}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i}} \quad (\text{B. 3. 3-6})$$

式中 λ_i ——第 i 层保温材料在使用温度下的导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

d_i ——第 i 层保温材料保温层外径 (m);

n ——保温层数。

5) 直埋管道保温结构散热热流密度和单位长度线热流密度可按下式计算:

$$q' = \frac{q}{\pi D} \quad (\text{B. 3. 3-7})$$

$$q = \frac{(t - t_k)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{d_i}{d_{i-1}} + \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{4H_z}{D}} \quad (\text{B. 3. 3-8})$$

式中 t_k ——土壤表面空气温度 ($^{\circ}\text{C}$);

λ_i ——实测土壤导热系数 [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$];

H_z ——管道的折算埋深 (m), 按附录 E 计算。

2 稳态传热时, 在保温材料首层内表面与设备和工作管接触良好的条件下, 设备和管道内介质温度可视为保温材料首层内表面温度。

3 当保温结构外护壳较厚, 而热阻不可忽略时, 应将外护壳作为保温结构中的一层来计算热流密度。

B. 4 测试工作程序

B. 4. 1 测试的准备应符合下列要求:

1 按照测试任务的性质和委托方要求确定测试等级。

- 1) 产品和保温结构的生产鉴定应执行一级测试；
 - 2) 产品和保温结构定型产品的施工现场抽样检测应执行二级测试。
- 2 测试方案的确定应包括下列内容：
- 1) 制定测试计划、方案，确定测试人员，相关人员应持证上岗；
 - 2) 确定测试方法和相应测试参数，制定测试记录表格；
 - 3) 保温结构的实验室模拟测试管段，应按正常制造工艺制作。其长度不应小于 2.5m；当管径不小于 DN500mm 时，试验管段长度不应小于 3.0m；
 - 4) 为保证一维测试条件，被测管段与系统连接端应加倍做好保温防护，在测试过程中应控制被测管段进出口温降小于 0.5℃；
 - 5) 对于各种不同的被测试保温结构，均应按正常施工工艺制作。在被测管段的正中，以及在整个管道中间相距 100mm 处同时选取两个测试截面；每个测试截面上传感器测点可按图 B. 4. 1 或其垂直对称位置布置。当管径不小于 DN 500mm 时，应适当增加测点数量。

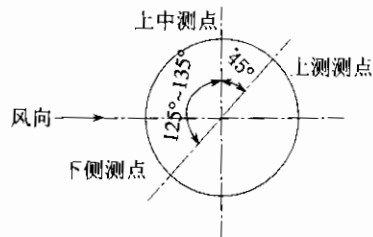


图 B. 4. 1 传感器测点布置

在每个测试管段上，原则上只宜进行一种保温结构的测试和评定，避免相互影响。

3 选配测试仪表,校核并检查其计量检定的有效性。应按测试等级要求选用相应准确度的仪器并符合表 B.4.1 的规定。

表 B.4.1 不同测试等级选用仪器、仪表的准确度要求

测试项目	测试仪器、仪表	单位	准确度要求		
			一级	二级	三级
外形尺寸	钢直尺、钢卷尺	mm	±0.5	±1.0	±1.0
介质温度	温度计	℃	±0.1	±0.2	±0.5
介质压力	压力表		0.4%	1.0%	1.0%
保温层厚度	卡尺	mm	0.02	0.02	0.02
保温层界面温度	热电偶、热电阻	℃	±1.0	±1.5	±1.5
材料导热系数	导热仪		±5.0%	±7.0%	±10%
材料重量	天平	g	±0.5	±1.0	±1.0
外表面温度	热电偶、热电阻	℃	±1.0	±1.5	±1.5
	表面温度计		±0.5	±1.0	±1.0
	红外测温仪		±0.5	±1.0	±1.0
外表面辐射率	红外辐射仪		±2.0%	±2.0%	±2.0%
热流密度	热流计		±6.0%	±10%	±10%
土壤表面空气温度、地温	温度计	℃	±0.5	±1.0	±1.0
风速	风速仪		±5.0%	±10%	±10%

B.4.2 测试条件应按下列要求确定:

1 测试管段或保温结构的运行工况稳定,各测试截面处应达到稳定的一维传热状态:

2 对于直埋或复合保温结构的界面层,应预置传感器测头;对未能事先预置的试样,在重新设置后,稳定运行时间不得少于72h,然后检查保温结构是否达到稳态运行工况;

3 在实验室测试过程中应根据要求进行环境温、湿度调节,并控制内部风速小于0.5m/s,且不得受阳光直接辐射的影响。

B.4.3 开始正式测试后,测试、数据记录应准确无误。

- B.4.4** 整理测试结果和处理数据,应按附录 B.5 节的规定执行。
B.4.5 编写测试报告,应按附录 B.7 节的规定执行。

B.5 数据处理

- B.5.1** 应对原始记录、数据表格进行整理。
B.5.2 数据应按下列要求计算:

- 1 将采集的可疑数据列出,标明原因,可不参与计算。
- 2 所测数据可按算术平均值的方法处理,并按下式计算:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{B.5.2-1})$$

- 3 所测数据可按表面积加权平均法处理,并按下式计算:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i A_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (\text{B.5.2-2})$$

式中 X ——平均表面温度($^{\circ}\text{C}$)或平均热流密度(W/m^2);
 X_i ——第 i 区块实测表面温度($^{\circ}\text{C}$)或热流密度(W/m^2);
 A_i ——第 i 区块表面积(m^2);
 n ——区块总数。

- 4 按各相应测试方法的计算公式,计算出各处的平均热流密度值。

B.5.3 测试结果应按下列规定整理:

- 1 设备各壁面的表面平均热流密度,应按表面积加权平均法计算;
- 2 对于均质保温管道,以各测试截面处热流密度的算术平均值作为被测管段全长的平均热流密度,并按下式计算出平均线热流密度:

$$q_l = \pi D q' \quad (\text{B.5.3})$$

式中 q_l ——线热流密度(W/m);
 D ——保温结构外径(m);
 q' ——管段全长的平均热流密度(W/m²)。

对于非均质保温管道,应按表面积加权平均法计算平均热流密度和平均线热流密度。

B.6 测试误差

B.6.1 测试误差主要来源于仪表、测试方法、测试操作和读数误差、运行工况不稳定和环境条件变化等形成的误差。当测试过程出现较大误差又难以做出明确分析时,应采用多种方法对比测试,或一种方法重复测试,以确定测试误差和重复性误差。

B.6.2 采用一级测试时,应对测试的各参数做误差分析,并对测试结果做出综合误差分析。测试结果的综合误差不应超过 15%,重复性误差不应超过 5%。

B.6.3 采用二级测试时,应做误差估计,测试结果的综合误差不应超过 20%,重复性误差不应超过 8%。

B.6.4 采用三级测试时,可不做误差分析和误差估计,但重复性测试误差不应超过 10%。

B.7 测试报告

B.7.1 测试报告应包括下列内容:

- 1 概况说明,项目和任务来源,测试目的和测试等级;
- 2 测试日期,测试项目状况,测试现场和气象条件调查;
- 3 测试方案,主要测试仪器、仪表及其精度;
- 4 测试工作安排和主要技术措施;
- 5 测试的主要参数数据记录;
- 6 测试数据处理,计算公式,测试结果和误差分析;
- 7 测试结果分析,对被测项目的评价及建议。

B.7.2 原始记录、数据处理资料及测试报告存档备查。

附录 C 钢外护管径向变形量计算

C.0.1 钢外护管钢管在外荷载作用下的径向变形量,可按下式计算:

$$\Delta X = \frac{\beta K W r^3}{EI + 0.061 E' r^3} \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$I = \frac{\delta^3}{12} \quad (\text{C.0.1-2})$$

式中 ΔX ——钢外护管水平径向的最大变形量(m);
 β ——钢外护管的变形滞后系数, $\beta=1.5$;
 K ——钢外护管的基座系数,按表 C.0.1 的规定取值;
 W ——钢外护管单位管长上总垂直荷载,包括管顶土垂直荷载和地面车辆传到钢管上的荷载(MN/m),按 C.0.2、C.0.3 条计算;
 r ——钢外护管的平均半径(m);
 E ——钢外护管钢材的弹性模量(MPa);
 I ——钢外护管的截面惯性矩(m⁴/m);
 δ ——钢外护管的壁厚(m);
 E' ——回填土的变形模量(MPa),按表 C.0.1 的规定取值。

表 C.0.1 钢外护管预制直埋保温管的敷设条件和设计参数

敷 设 条 件	E'(MPa)	基本包角	K
管道敷设在未被扰动的土上,回填土松散	1.0	30°	0.108
管道敷设在未被扰动的土上,管道中线以下的土轻轻压实	2.0	45°	0.105
管道敷设在厚度最少 100mm 的松土垫层上,管顶以下回填土轻轻压实	2.8	60°	0.103

C.0.2 钢外护管预制直埋保温管道单位管长上的垂直土荷载应按下列式计算：

$$G_w = \gamma DH \quad (\text{C.0.2})$$

式中 G_w ——作用在单位长度钢外护管真空复合保温预制直埋管道上的垂直土荷载(MN/m)；

H ——地表面到管道顶部的埋置深度(m)；

γ ——土壤重度(N/m³)；

D ——钢外护管的外径(m)。

C.0.3 地面车辆作用在钢外护管预制直埋保温管单位管长上的荷载应按下列式计算：

1 单个轮压传递的竖向压力：

$$G_A = \frac{\mu_d P_o}{(a+1.4H)(b+1.4H)} \quad (\text{C.0.3-1})$$

2 两个以上轮压传递的综合竖向压力：

$$G_A = \frac{n\mu_d P_o}{(a+1.4H)(nb + \sum_{i=1}^{n-1} d_i + 1.4H)} \quad (\text{C.0.3-2})$$

式中 G_A ——地面车辆轮压传递到管道顶部埋置深度 H 处的竖向压力(MN/m²)；

P_o ——车辆的单个轮压(MN)；

a ——地面单个轮压的分布长度(m)；

b ——地面单个轮压的分布宽度(m)；

H ——土壤表面到管道顶部的覆土深度(m)；

μ_d ——车辆荷载的动力系统,可按表 C.0.3 采用；

n ——轮压的数量；

d_i ——地面相邻两个轮压间的净距(m)。

表 C.0.3 车辆荷载动力系数 μ_d 的值

覆土深度 H (m)	≤ 0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	≥ 0.70
动力系数 μ_d	1.30	1.25	1.20	1.15	1.05	1.00

附录 D 钢外护管竖向稳定性验算

D.0.1 钢外护管应按下列式验算竖向稳定性:

$$N \leq \eta N_{cr} \quad (\text{D.0.1-1})$$

$$N = \alpha EA(t_2 - t_1) \quad (\text{D.0.1-2})$$

式中 N ——钢外护管所受的轴向力(N);
 α ——钢外护管的线膨胀系数(1/°C);
 E ——钢外护管的弹性模量(Pa);
 A ——钢外护管的横截面面积(m²);
 t_2 ——钢外护管的设计温度(°C);
 t_1 ——管道的安装温度(°C);
 η ——安全系数,可取 0.9;

N_{cr} ——钢外护管开始失稳时的临界轴向力(N),按附录 D.0.2 条的规定计算。

D.0.2 钢外护管开始失稳时的临界轴向力 N_{cr} ,可按下列式计算:

$$N_{cr} = \sqrt{\frac{QEI}{f_0}} \quad (\text{D.0.2-1})$$

$$Q = G_w + G + G_F \quad (\text{D.0.2-2})$$

$$S_F = \frac{1}{2} \rho g Z^2 K_0 \tan \phi \quad (\text{D.0.2-3})$$

$$f_0 = \pi \sqrt{\frac{EI}{N}} \quad (\text{D.0.2-4})$$

式中 Q ——直埋管道单位管长上的垂直荷载(N/m);
 G_w ——单位管长上的垂直土荷载(N/m);
 G ——钢外护管真空复合保温预制直埋管道单位管长的自重(N/m);

- G_F ——净土压力造成的剪切力(N/m);
 S_F ——静土压力产生的剪力(N/m);
 f_0 ——钢管的初始挠度(m);
 Z ——从地表面到管道中心的埋置深度(m);
 ρ ——土壤的密度(kg/m³);
 g ——重力加速度(m/s²);
 K_0 ——土壤压力系数, $K_0 = 1 - \sin\phi$;
 ϕ ——土壤内摩擦角;
 I ——钢管的截面惯性矩(m⁴/m)。

附录 E 土壤热阻计算

E.0.4 土壤热阻应按下列式计算：

$$R_t = \frac{1}{2\pi\lambda_t} \ln \left[\frac{2H_z}{D} + \sqrt{\left(\frac{2H_z}{D}\right)^2 - 1} \right] \quad (\text{E.0.1-1})$$

式中 R_t ——土壤的热阻(m·K/W)；

λ_t ——土壤的导热系数[W/(m·K)]；

D ——钢外护管的外径(m)；

H_z ——管道的折算埋深(m)。

管道的折算埋深 H_z 可按下列式计算：

$$H_z = z + h_j = z + \frac{\lambda_t}{\alpha_k} \quad (\text{E.0.1-2})$$

式中 z ——从地表面到管道中心的埋置深度(m)；

h_j ——附加土层厚度(m)；

α_k ——土壤表面对空气的放热系数[W/(m·K)]。

当埋置深度较大($z/D \geq 2$)时,土壤热阻可近似按下列式计算：

$$R_t = \frac{1}{2\pi\lambda_t} \ln \frac{4H_z}{D} \quad (\text{E.0.1-3})$$

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;

反面词采用“严禁”。

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;

反面词采用“不应”或“不得”。

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”;

反面词采用“不宜”。

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的:

正面词采用“可”;

反面词采用“不可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行时,写法为“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”。非必须按所指定的标准执行时,写法为“可参照……执行”。

中国工程建设标准化协会标准

钢外护管真空复合保温预制
直埋管道技术规程

CECS 206 : 2006

条文说明

目 次

1	总 则	(45)
2	术 语	(47)
3	钢外护管真空复合保温预制直埋管和管路附件	(48)
3.1	基本结构	(48)
3.3	内置管道支座	(49)
3.4	保温材料层	(49)
3.5	真空层(空气层)	(49)
3.6	钢外护管	(50)
3.7	管路附件	(50)
4	真空系统	(51)
4.1	真空系统设计	(51)
4.2	真空系统实现	(52)
4.3	真空维护	(52)
5	管道布置和敷设	(53)
5.1	管道布置	(53)
5.2	管道敷设	(53)
6	管道应力验算和受力计算	(54)
6.1	一般规定	(54)
6.2	钢外护管壁厚确定和竖向稳定性验算	(54)
6.3	内固定支座、内置导向支座受力计算	(55)
7	管道保温	(56)
7.2	保温计算	(56)
8	工程测量和土建工程	(60)
8.2	土建工程	(60)

9	施工准备和管道安装	(61)
9.1	施工准备	(61)
9.2	管道安装	(61)
10	工程检测及验收	(63)
10.1	工程检测	(63)
10.2	工程验收	(63)
11	管网运行和维护	(64)
11.1	一般规定	(64)
11.2	管道运行检查	(64)
附录 A	保温效果和工作管轴向移动测试	(65)
附录 B	保温结构保温性能实验室条件下 测试及评定	(66)

1 总 则

1.0.1 供热管道直埋敷设方式由于施工周期短、占地少、维修量小,近年来在我国迅速发展,在城市供热管网中得到广泛应用。同时国内对供热管道直埋敷设技术也开展了许多研究,并相继制定了一些有关的标准,推动了管道直埋敷设技术的发展。钢外护管真空复合保温预制管道是新型的直埋管道,其保温结构由真空层和耐高温保温材料组成。抽真空有效地降低了真空层和保温材料中的含湿量,从而降低了保温结构的导热系数;在钢外护管和工作管之间形成环形真空层,减少了钢管的腐蚀和便于监视工作管的泄漏。因此,真空复合保温预制直埋管道除具有一般直埋管道的优点外,在承受高温介质、降低热损失、延长使用寿命等方面具有独到之处。为了推广和应用钢外护管真空复合保温预制直埋管道技术,统一该项新技术在制造、设计、施工、验收和运行管理等方面的要求,编制了本技术规程。

1.0.2 《城市热力网设计规范》CJJ 34 适用于设计压力不大于 2.5MPa、温度不高于 200℃ 的高温热水;设计压力不大于 1.6MPa、温度不高于 350℃ 的蒸汽,这是《城市热力网设计规范》CJJ 34 编制组调研国内供热行业发展的现状并适当留有余地而确定的。本技术规程中规定的介质参数为工作压力不大于 2.5MPa、温度不高于 350℃ 的蒸汽或 200℃ 以下的高温热水。制定本技术规程时考虑到界定最高介质温度主要受到保温材料所能承受的最高温度的限制;而界定的最高介质工作压力主要影响到工作管的管壁厚度和固定支座受力。钢外护管真空复合保温预制直埋管道适用于以热水和蒸汽(包括饱和蒸汽和过热蒸汽)为介质的供热管道和工业管道。为了适当扩大钢外护管真空复合保温预

制直埋管在蒸汽供热系统中的应用范围,本技术规程所规定的蒸汽压力高于《城市热力网设计规范》CJJ 34 规定的蒸汽最高压力,但与《城市热力网设计规范》CJJ 34 中规定的水最高允许压力相同。一般钢管壁厚和固定支座都应能满足该压力范围的要求。

1.0.3 《城市热力网设计规范》CJJ 34、《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 和《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81 等是供热工程通用的现行标准。所以,规定钢外护管真空复合保温预制直埋管道可采用上述标准中的相关条文。由于钢外护管真空复合保温预制直埋管道有不同于一般供热直埋管道的构造、性能和特点。因此,在制造、设计、施工、验收和运行管理各个环节首先应遵守本技术规程的规定。

2 术 语

2.0.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道在现场安装之前保温层与钢外护管之间是空气层；在现场安装完成后，对其进行抽真空，在保温层与钢外护管之间形成真空层。

2.0.5 内固定支座与传统的外固定支座有本质区别。内固定支座的基本原理是将工作管在运行过程中产生的力通过工作管与钢外护管之间的连接构件传递给钢外护管。

2.0.6 当管线很长时，为了提高管道抽真空的效率，提高整个管网运行管理的可靠性和经济性，需将管线的真空层按照一定的长度进行分段，分段采用真空隔断装置。

3 钢外护管真空复合保温预制直埋管和管路附件

3.1 基本结构

3.1.1 含内置导向支座的钢外护管真空复合保温预制直埋管的基本结构(图 1)和含内置滑动支座的钢外护管真空复合保温预制直埋管基本结构(图 2)如图所示。

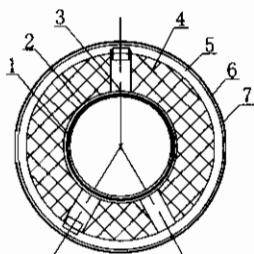


图 1 管道基本结构(一)

1—工作钢管;2—隔热材料;3—导向支架;4—保温材料;
5—真空层;6—外套钢管;7—外防腐层

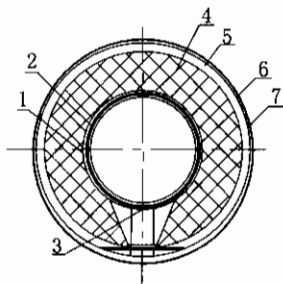


图 2 管道基本结构(二)

1—工作钢管;2—隔热材料;3—滑动支架;4—保温材料;
5—真空层;6—外套钢管;7—外防腐层

3.3 内置管道支座

3.3.1 为了保证工作管在钢外护管内自由滑动,保证管道安全运行,内置导向支座宜采用滚轮式导向支架,以降低支座与钢外护管之间的摩擦力;为了减少冷桥的影响,内置导向支座与工作管之间应采用导热系数低、耐老化、强度高的绝热材料。

3.3.2 内置滑动支座的尺寸应根据弯头的位移量设计,保证弯头在工作状态下自由移动;同时,为了减少冷桥的影响,内置滑动支座与工作管之间应采用导热系数低、耐老化、强度高的绝热材料。

3.4 保温材料层

3.4.2 保温材料在工作状态下撕裂破坏将影响管道的保温性能和工作管的自由移动,进而影响管道的安全运行。因此,保温材料应具有一定的柔韧性和延展性,满足工作管自由移动的要求。

3.4.4 由于管道是脱开式结构,保温材料通过钢带固定在工作管上,所以应尽量选择密度小、柔韧性好的保温材料,避免保温材料由于密度大、脆性大而发生破坏。而且,保温材料密度大将增加管道支座与钢外护管的摩擦力,影响工作管的自由移动。

3.4.5 本条规定的保温材料性能非常重要。在事故状态或安装过程中保温材料进水时,为了保持其表面和外护钢管之间的环形间隙不变,以保证抽真空段内有畅通的流通截面积,保温材料在去除水分以后应能恢复原有性能和状态,应具有很好的耐煮沸性能。

3.4.6 为了防止在抽真空过程中高流速气流对保温材料造成损伤,可以采用柔韧性和透气性好的材料包敷在保温层表面。

3.4.7 可采用同层错缝、内外层压缝方式敷设。内外层接缝应错开 100~150mm。

3.5 真空层(空气层)

3.5.1 当真空层厚度过小时,管道中的气体流通面积不够,抽真

空的效率低;当真空层过大时,将增加保温材料层与钢外护管之间的对流换热。因此,借鉴国外经验,考虑钢管的标准规格和保温材料层厚度变化,真空层厚度宜取 20mm。

3.6 钢外护管

3.6.2 钢外护管应按最大外荷载和最大真空度验算在外力作用下钢外护管的变形。钢外护管的变形过大将限制管道中内置导向支座的位移,导致内置导向支座破坏,进而影响工作管的自由移动,造成管网破坏。因此,钢外护管的选择要经过严格的理论计算。3%的径向变形量是参考现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253 中关于管道变形量的规定而确定的。

3.6.3 钢外护管的焊接效果直接影响管道抽真空,钢外护管在工厂焊接完毕后,应进行超声波探伤,以保证焊接质量。

3.6.4 钢外护管的防腐可以选择不同的方法,但防腐层的技术指标必须满足本规程以及国家现行相关标准的要求。

3.7 管路附件

3.7.1 管路附件在出厂时宜带直管段,以便保证管道的现场安装质量,提高管网的施工安装速度。

3.7.4 本条提出了对内固定支座的要求。

1 内固定支座是管线中的重要部件,为保证整个管线寿命和安全运行,应按管道规格和设计参数经计算后加工制造。

2 为减少冷桥影响,保证内固定支座的受力结构不发生改变,绝热材料不应采用导热系数高、易老化的绝热材料。

3.7.5 真空隔断装置的设计、制造应允许工作管自由移动,避免工作管与钢外护管形成刚性连接,造成管道破坏。

4 真空系统

4.1 真空系统设计

4.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道系统要实现真空,工作管与钢外护管之间的空间必须密封,工作管和钢外护管都应按本规程的要求进行探伤检验。真空隔断装置应保证密封,减少管道的热损失,协调工作管和钢外护管热伸长的不一致性。确定真空系统的分段长度应考虑下列因素:

- 1 现场抽真空设备的体积不宜过大;
- 2 考虑现场抽真空设备的抽吸能力时,抽真空的时间不宜过长;
- 3 真空系统有管道泄漏预警作用时,应缩小管道泄露时的查找范围;
- 4 便于施工过程中分段及时抽真空。

基于以上因素的考虑,本规程建议选择 300m 左右为一真空段。

抽真空原理可由下列公式描述:

$$S = \frac{V}{t} \ln \frac{P_0}{P_1} \quad (1)$$

式中 P_0 ——抽真空的起始压力(mbar);

P_1 ——抽真空的终止压力(mbar);

V ——抽真空的容积(m^3);

t ——抽真空的时间(b);

S ——平均有效的抽吸能力(m^3/h)。

当保温材料处于潮湿状态时,考虑流体阻力、湿分和不纯气体的影响,平均有效抽吸能力随压力的降低而减小,实际抽吸时间相应增大。实际抽吸时间比理论计算时间最多可达 3 倍。应尽可能

将真空隔断装置和附件与其他管路附件共用检查室,以减少管线上检查室的数量。

4.1.2 设置真空阀门和真空表接口是为了连接抽真空设备和真空表。

4.2 真空系统实现

4.2.1 管道安装完毕后,及时抽真空的好处在于:一是抽真空后可封闭管道,避免地表水和地下水进入管道;二是尽早使保温材料处于干燥状态,有利于减轻管道腐蚀。

4.2.2 如空气不经冷凝、排水和除尘直接进入真空泵,将影响真空泵的使用寿命,降低真空泵的抽吸效率。

4.2.3 为了保证系统的严密性,真空系统的附件不采用螺纹连接,应采用焊接或专用的法兰连接。

4.2.5 当达到一定真空度后,真空度越高,真空系统的隔热性能越好,系统中的水分含量越少,相应地抽真空所付出的代价就越大。通过测试和理论分析,系统真空压力在 20mbar 以下时,与大气压力(或不抽真空)相比,热损耗可大大降低,其降幅与工作管内的热介质温度、管径和保温材料的种类、厚度和含湿量等有关。当系统真空压力高于 20mbar 时,其降幅减小,当大于 50mbar 时,降幅进一步减小。同时,在工程适用范围内认为系统内处于干燥状态。

4.3 真空维护

4.3.1 定期观测真空压力表的示值,通过记录真空压力值了解管道是否处于正常工作状态,可起到管道预警的作用;真空压力缓慢上升属于正常状态,如条文说明第 4.2.5 条所述,当真空压力达到 50mbar 以上时,由于真空层保温、干燥等性能明显下降,应及时再抽真空。

5 管道布置和敷设

5.1 管道布置

5.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道属于直埋敷设热力管道,其布置原则应符合现行行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34、《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81 等有关标准的规定。

钢外护管真空复合保温预制直埋管道的保温效果好,其钢外护管外表面温度低于 60℃。管道的泄漏和保温失效可通过真空系统监测及时发现,因此制定表 5.1.1 时参照了现行行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34 的有关条文规定。

5.2 管道敷设

5.2.1 本条的规定是为防止局部不均匀沉降,使管道受力损坏。

5.2.2 本条参照了现行行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34 的规定。

5.2.4 管道要排水、放气,因此要设置坡度。钢外护管真空复合保温预制直埋管的内固定支座只能承受轴向力,管道变坡将产生侧向力,因此需要设内置导向支座。

5.2.5 利用管道转角作补偿时,管道转角处将产生侧向位移。由于转角处的钢外套管受规格限制,因此转角处弯臂长度不宜过大。

管道转角变形会产生侧向力,而钢外护管真空复合保温预制直埋管的内固定支座不能承受侧向力,因此,需要设置内置导向支座。

5.2.6 焊接连接有利于保障管道的安全,减少管内介质的泄漏。

6 管道应力验算和受力计算

6.1 一般规定

6.1.1 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的工作管相当于在管沟内工作。目前,国内地上敷设和管沟敷设的热力网管道的计算都是按照《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》SDGJ 6 的规定执行。

6.1.2 设计时所取安装温度不宜低于 0℃,是在通常的施工方式下为保证焊接质量而提出的。当采取了有效的措施后,焊接安装能够在低于 0℃ 情况下实施,则设计安装温度可取安装时的最低环境温度。

6.1.3 钢外护管直接埋于土壤中,其外表面有一定温度,相当于直埋敷设的热水供热管道。直埋敷设供热管道的应力分析和计算,不同于地上敷设和管沟敷设,有其特殊规律,应采用根据直埋供热管道受力特点编制的现行行业标准《城镇直埋供热管道工程技术规范》CJJ/T 81 的规定。

6.1.4 当按现行行业标准《城镇直埋供热管道工程技术规程》CJJ/T 81 计算时,计算公式中有关参数的取值如下:管道工作循环最高温度,取钢外护管表面的最高温度;管道工作循环最低温度,可按上述规程取用;管道计算安装温度,取值同本规程第 6.1.2 条的条文说明;管道计算压力,可取最大绝对真空压力。

6.2 钢外护管壁厚确定和竖向稳定性验算

6.2.1 规定钢外护管外径与壁厚比值的目的是,要求钢外护管具有一定的刚度,保证在运行期间工作管正常移动和支座正常工作。

6.2.2 本条是参考国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253—2003制定的。

6.3 内固定支座、内置导向支座受力计算

6.3.1 本条所称三种力是依照行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34—2002 的规定：

1 工作管热胀冷缩受约束产生的轴向力，为管道内置滑动支座和内置导向支座摩擦力在管道中产生的轴向力；

2 工作管内压产生的不平衡力，指管道横截面不对称在内压作用下产生的不平衡力，也包括波纹管补偿器端环状截面上的内压力，内压不平衡力按设计压力计算；

3 工作管位移产生的作用力包括：波纹管补偿器的弹性力、自然补偿管段的弹性力、套筒补偿器的摩擦力等。

6.3.2 工作管热胀冷缩受约束产生的侧向力包括：管道内置滑动支座和内置导向支座摩擦力在管道中产生的侧向力，以及补偿器侧向力、自然补偿管段的侧向弹性力等。

6.3.3 本条是按照行业标准《城市热力网设计规范》CJJ 34—2002 的规定提出。

7 管道保温

7.2 保温计算

7.2.2 本条中式(7.2.2-1)的形式与一般直埋管热损失计算公式类似。主要区别在于式中引入了一项保温结构等效热阻。钢外护管真空复合保温预制直埋管道的保温和热损失计算是受多个因素影响的复杂传热计算。钢外护管真空复合保温预制直埋管道的保温结构真空度较低,属于低、中真空,在保温结构内残留较多空气。保温结构换热属于低、中真空条件下保温材料层中保温材料固体纤维导热和保温材料孔隙内稀薄气体的复合换热、真空层残留空气的复合换热问题。在真空条件下,由于保温材料中的水分蒸发,保温材料的导热系统减小,保温性能变好,但目前没有保温材料在真空压力下导热系统的数值。真空层的传热涉及到导热、对流、辐射三种形式。因此,没有理论公式可直接用来进行这种管道的热力计算。但可依据实验室测试数据和理论分析相结合、现场实测与理论分析相结合的方法扩大测试结果的应用范围。测试的方法越接近实际传热条件,测试数据越准确;测试样本越多,越能获得较准确的保温材料当量导热系数、真空层当量导热系数的数值。

北京市建设工程质量检测中心第四检测所对北京豪特耐集中供热设备有限公司提供的工作管为 DN100、钢外护管为 DN300 的真空复合保温预制直埋管道的热力特性进行了实验室测试。标准编制组根据上述数据研究了在采用热流计法计算时,保温材料的当量导热系数和真空层当量导热系数的计算方法。当管道的尺寸确定时,输入工作管内表面温度(即工作管内的热介质温度 t)和真空绝对压力 p ,则可联立下列公式(2)~(7),通过迭代方法求得保温材料层外表面温度 T_b ,进而得到保温材料的当量导热系数

和真空层当量导热系数。

7.2.3 钢外护管真空复合保温预制直埋管保温结构的等效热阻
由保温材料层热阻、真空层热阻和保护层热阻组成。

1 计算保温材料热阻时,所用保温材料的当量导热系数与保温材料层的平均温度和真空绝对压力有关,可按下式计算:

$$\lambda_b = \alpha_1 + \alpha_2 \cdot T_{Cl} + \alpha_3 \cdot T_{Cl}^2 + \alpha_4 \cdot e^{(-p/\alpha_4)} + \alpha_6 \cdot e^{(-p/\alpha_6)} + \alpha_8 \cdot T_{Cl} \cdot e^{(-p/\alpha_8)} + \alpha_9 \cdot T_{Cl} \cdot e^{(-p/\alpha_9)} + \alpha_{10} \cdot T_{Cl}^2 \cdot e^{(-p/\alpha_{10})} + \alpha_{11} \cdot T_{Cl}^2 \cdot e^{(-p/\alpha_{11})} \quad (2)$$

式中 λ_b ——保温材料在平均温度和相应真空压力下的当量导热系数[W/(m·K)];

T_{Cl} ——保温材料绝对平均温度(K), $T_{Cl} = (T_b + T)/2$;

T ——工作管内的供热介质温度(K);

T_b ——保温材料层外表面温度(K);

p ——真空绝对压力(mbar);

$\alpha_1 \sim \alpha_{11}$ ——常数,根据实验数据确定。

2 真空层内的传热方式有导热、对流和热辐射三种。

计算真空层的当量导热系数时也分别按导热、对流和热辐射来考虑,即按下式计算:

$$\lambda_z = \epsilon_k \cdot \lambda + \alpha_f \cdot \frac{d_g - d_b}{2} \quad (3)$$

式中 λ_z ——真空层当量导热系数[W/(m·K)];

λ ——真空层导热系数[W/(m·K)];

ϵ_k ——真空层对流换热附加系数;

α_f ——真空层折算辐射换热系数[W/(m²·K)];

d_g ——钢外护管内表面直径(m);

d_b ——保温材料层外表面直径(m)。

1)真空层的导热系数 λ 与真空压力有关。可参考俄罗斯学者С. С. Кутателадзе的专著《В. М. Боришанский Справочник по теплопередаче》中论述的在不同压力下空气导热系数的计算方法。可按下式计算:

$$\lambda = \lambda_N (p/13.33)^{0.8} \quad (4)$$

式中 λ ——真空层导热系数[W/(m·K)];

λ_N ——常压(101325 Pa)下气体的导热系数[W/(m·K)];

p ——真空绝对压力(mbar)。

2) 真空层对流换热计算方法参考俄罗斯学者 С. С. Кутателадзе 的专著《В. М. Боришанский Справочник по теплопередаче》和俄罗斯学者 Н. К. Громова 和 Е. П. Шубина 的专著《Воляные тепловые сети Справочное пособие》中同心圆筒壁之间的空气自然对流换热计算方法,真空层对流附加系数可按下列式计算:

$$\epsilon_k = b_1 \cdot (Pr \cdot Gr \cdot L^3)^{b_2} \quad (5)$$

$$L = \frac{\pi d_b + (d_g - d_b)}{2d_b + (d_g - d_b)} \quad (6)$$

式中 ϵ_k ——真空层附加系数;

Pr ——普朗特准则数,准则定性温度取真空层空气平均温度, $(T_b + T_g)/2$, 准则定型尺寸取真空层平均直径, $(d_b + d_g)/2$;

Gr ——格拉晓夫准则数,准则定性温度取真空层空气平均温度, $(T_b + T_g)/2$, 准则定型尺寸取真空层平均直径, $(d_b + d_g)/2$;

T_b ——保温材料层外表面温度(K);

T_g ——钢外护管内表面温度(K);

d_g ——钢外护管内表面直径(m);

d_b ——保温材料层外表面直径(m);

L ——真空层内对流气流从热表面到冷表面所流经的长度比;

b_1, b_2 ——常数,根据实验数据确定。

3) 辐射换热计算方法参考了美国学者 Robert Siegel 和 John R. Howell 的专著《Thermal Radiation Heat Transfer Second Edi-

tion》中同心圆筒壁之间辐射换热计算方法。

真空层的折算辐射换热系数按下式计算：

$$\alpha_t = \frac{\sigma A_b (t_b^4 - t_g^4)}{1/\epsilon_b + (A_b/A_g)(1/\epsilon_g - 1)} \cdot \frac{\ln\left(\frac{d_g}{d_b}\right)}{2\pi(t_b - t_g)} \quad (7)$$

式中 α_t ——真空层折算辐射换热系数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$ ；

σ ——斯蒂芬-玻尔兹曼常数 $[\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)]$, $\sigma = 5.669 \times 10^{-8} [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)]$ ；

t_b ——保温材料层外表面温度(K)；

t_g ——钢外护管内表面温度(K)；

A_b ——保温材料层外表面面积(m^2)；

A_g ——钢外护管内表面面积(m^2)；

ϵ_b ——保温材料层外表面黑度；

ϵ_g ——钢外护管内表面黑度；

d_g ——钢外护管外径(m)；

d_b ——保温层外径(m)。

8 工程测量和土建工程

8.2 土 建 工 程

8.2.2 工作坑加宽、加深的目的是为了便于接头的焊接和安装。

8.2.5 沟槽胸腔部位宜填砂或过筛的细土,回填料种类由设计确定。填砂时,回填高度应符合设计要求;填土时,筛土颗粒不应大于20mm,回填范围为保温管顶以上200mm以下的部位。

9 施工准备和管道安装

9.1 施工准备

9.1.1 由于钢外护管真空复合保温预制直埋管道通常自重较大、现场切割工艺复杂。因此,施工单位应根据具体工程规模、现场条件和施工图编制合理的施工方案,并按排管图尺寸在工厂进行预制加工,以缩短施工周期。

9.1.4~9.1.6 作为成品保护,在吊装、运输、存放的过程中应注意:

1 为了防止钢外护管防腐层破坏,管道搬运应使用吊车,不得使用叉车,在管道两端的未防腐管段或者端口进行吊装;当必须在管道防腐管段进行吊装时,应使用吊装带,同时用橡胶板或其他软质材料对防腐层进行保护;运输时管道与车板之间、管道与管道之间应使用橡胶板或其他软质材料作垫层。

2 管道在工地存放时,不应长时间在露天存放,应防止阳光暴晒,始终保证管端的密封防水完好。工地存放时,应用软质材料作垫层,保护防腐层。

3 管道和管件吊装、运输、存放时应注意方向性。

9.2 管道安装

9.2.3 应保证接头的保温材料层与两侧直管段或管件的保温材料层紧密衔接,不应留缝隙。在钢外护管焊缝部位的保温材料层的外表面衬垫耐高温的保护材料,是为了防止钢外护管焊接时对保温材料产生破坏。

9.2.5 管道在工地存放时,和未作接头的外护钢管焊接前,应始终保证管端和接口处的密封防水,必须用防雨布或其他防水材料

密封管端和接头处。当管端的工作坑中有积水时,应及时抽干积水,防止雨水或者其他水进入管道保温层中。

10 工程检测及验收

10.1 工程检测

10.1.3 钢外护管的焊缝应按各真空段进行严密性试验,试验方法参照现行国家标准《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235 的规定。

10.2 工程验收

10.2.1、10.2.2 钢外护管真空复合保温预制直埋管道的工程竣工验收由单项工程验收和各单项工程全部验收后的总验收组成。

11 管网运行和维护

11.1 一般规定

11.1.2 管网运行人员必须掌握真空装置点的分布情况和管路真空装置的性能及运行参数,才能及时发现问题,保证管网正常运行。

11.2 管道运行检查

11.2.2 正常的运行检查包括下列主要内容:

- 1 真空表的压力是否正常;
- 2 正在运行的管道系统有无漏汽、漏水等异常现象;
- 3 检查室内是否有积水,井圈、井盖有无损坏;
- 4 管道上方地表附近是否存在妨碍管道安全运行的因素;
- 5 阀门操作是否灵活可靠;
- 6 夏季防汛和冬季防冻的设施是否完好。

当蒸汽管道运行状态改变时,主要应采取下列措施:

- 1 当蒸汽流量小于设计最小流量时,应加强疏水或停止送汽,防止发生汽水冲击,造成管道损坏;
- 2 在冬季较长时间停止运行的蒸汽管道,在运行结束后应开启泄水阀门,将管内积水放净。
- 3 在改变运行状态时,应保持管网的真空度。

附录 A 保温效果和工作管轴向移动测试

A.1 保温效果测试

1 本测试方法可以用来对不同保温材料和保温结构管道进行整体保温效果测试。

2 本测试方法主要考虑将来具体的使用工况不同,尤其是直埋时会使保温层外表面温度上升,不同外护层的耐温性能存在明显差异,从而导致管道外保护层发生过热、老化、腐蚀情况。

3 此处以强制检验方式将该两项测试同时提出来,原因有两个方面:第一,直管段在以往的工作中极少出现问题,并且容易满足标准要求,而支座则不然,保温做不好会烧蚀外护层,强度不够会导致结构失稳;第二,如果两项试验不同时进行很难达到动态检验该保温结构的目的,因为将来在实际使用中,支座既要起到保温作用,也要起支撑结构的作用。

A.2 工作管轴向移动测试

通过本测试方法可以测试工作管在钢外护管内的自由移动性能。管道的移动速度参照了行业标准《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200—2004 中对管道移动性能的测试规定,测试管道的长度和移动距离的选取,主要考虑了焊接钢管的钢板宽度(通常 1200~1500mm)。因此,管道移动距离应大于一块钢板宽度,取 1600mm。管道的长度可以根据实验条件适当选取。

附录 B 保温结构保温性能实验室 条件下测试及评定

B.3 测试方法

本测试方法,具体实施时可参照现行行业标准《供热管道保温结构散热损失测定与保温效果评定》CJ/T 140 的相关要求。