UDC

中华人民共和国行业标准

CJJ

CJJ/T 104－2014

P

备案号 J456－2014

城镇供热直埋蒸汽管道技术规程

Technical specification for directly buried steam heating pipeline in city

2014－04－16　发布　　2014－10－01　实施

中华人民共和国住房和城乡建设部　　发布

中华人民共和国行业标准

城镇供热直埋蒸汽管道技术规程

Technical specification for directly buried steam heating pipeline in city

CJJ/T 104－2014

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2014年10月1日

中国建筑工业出版社

2014 北 京

中华人民共和国行业标准

城镇供热直埋蒸汽管道技术规程

Technical specification for directly buried steam heating pipeline in city

CJJ/T 104－2014

*

中国建筑工业出版社出版、发行（北京西郊百万庄）

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

环球印刷（北京）有限公司印刷

*

开本：850×1168 毫米 1/32 印张：2⅞ 字数：76 千字

2014 年 8 月第一版 2014 年 8 月第一次印刷

定价：**14.00** 元

统一书号：15112・23955

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题，可寄本社退换

（邮政编码 100037）

本社网址：http：//www. cabp. com. cn

网上书店：http：//www. china-building. com. cn

中华人民共和国住房和城乡建设部
公　　告

第 385 号

住房城乡建设部关于发布行业标准《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》的公告

现批准《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》为行业标准，编号为 CJJ/T 104－2014，自 2014 年 10 月 1 日起实施。原《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104－2005 同时废止。

本规程由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 4 月 16 日

前　言

根据住房和城乡建设部《关于印发〈2013年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》（建标［2013］6号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程的主要技术内容是：1. 总则；2. 术语；3. 管道布置与敷设；4. 管路附件；5. 管道强度计算及应力验算；6. 保温结构和保温层；7. 外护管及防腐；8. 施工与验收；9. 运行管理。

本规程修订的主要技术内容是：1. 对适用范围进行调整，扩大了管径的范围；2. 限定了钢套钢外护管；3. 增加了管道材料要求；4. 增加了抽真空技术要求；5. 增加了管道保温结构；6. 增加了外护管的应力计算和防腐材料要求；7. 合并了测量、安装和验收章节；8. 增加了土壤导热系数。

本规程由住房和城乡建设部负责管理，由中国市政工程华北设计研究总院负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议，请寄送中国市政工程华北设计研究总院（地址：天津市河西区气象台路99号，邮编：300074）。

本规程主编单位：中国市政工程华北设计研究总院

本规程参编单位：城市建设研究院
中国中元国际工程公司
北京市煤气热力工程设计院有限公司
上海新华建筑设计有限公司
北京豪特耐管道设备有限公司
大连益多管道有限公司
大连新光管道制造有限公司
天津市管道工程集团有限公司保温

管厂
河北昊天管业股份有限公司
唐山兴邦管道工程设备有限公司
天津市宇刚保温建材有限公司
上海科华热力管道有限公司
天津天地龙管业有限公司。

本规程主要起草人员：廖荣平　王　淮　杨良仲　蒋建志
赵志楠　杨　健　刘广清　朱　正
方向军　王松涛　孙永林　于　宁
李　志　郑中胜　邱华伟　闫必行
陈　雷　丁　彧

本规程主要审查人：董乐意　张建伟　李先瑞　王　飞
陈鸿恩　栾晓伟　崔跃建　孟继成
廖嘉瑜　王有富　王兆田　杨永峰

目　次

1　总则 …… 1
2　术语 …… 2
3　管道布置与敷设 …… 4
3.1　管道布置 …… 4
3.2　敷设方式 …… 6
3.3　管道材料 …… 7
4　管路附件 …… 8
4.1　管路附件及设施 …… 8
4.2　管件及管道连接 …… 10
5　管道强度计算及应力验算 …… 11
5.1　工作管 …… 11
5.2　外护管 …… 12
6　保温结构和保温层 …… 13
6.1　一般规定 …… 13
6.2　保温结构 …… 15
6.3　真空保温层 …… 15
6.4　保温计算 …… 15
7　外护管及防腐 …… 21
7.1　一般规定 …… 21
7.2　外护管的刚度和稳定性 …… 21
7.3　外护管的防腐 …… 22
8　施工与验收 …… 23
8.1　一般规定 …… 23
8.2　管道安装 …… 23
8.3　保温补口 …… 24

8.4 真空系统安装 …… 26
8.5 试压、吹扫及试运行 …… 26
8.6 施工验收 …… 27
9 运行管理 …… 28
9.1 一般规定 …… 28
9.2 运行前的准备 …… 28
9.3 暖管 …… 29
9.4 运行维护 …… 29
9.5 停止运行 …… 30
附录A 全国主要城市实测地温（深度0.0m～3.2m）月平均值 …… 31
附录B 直埋蒸汽管道邻近温度场的计算 …… 39
附录C 钢管径向变形的计算 …… 41
本规程用词说明 …… 43
引用标准名录 …… 44
附：条文说明 …… 47

Contents

1 General Provisions ····· 1
2 Terms ····· 2
3 Arrangement and Installation of Pipes ····· 4
3.1 Arrangement of Pipes ····· 4
3.2 Installation Method ····· 6
3.3 Material of Pipes ····· 7
4 Fittings of Pipes ····· 8
4.1 Fittings and Accessories ····· 8
4.2 Connecting of Pipes and Accessories ····· 10
5 Calculation of Pipe Strength and Stresses ····· 11
5.1 Working Pipe ····· 11
5.2 Outer Protective Pipe ····· 12
6 Insulation Construction and Insulating Layer ····· 13
6.1 General Requirements ····· 13
6.2 Insulation Construction ····· 15
6.3 Vacuum Insulation ····· 15
6.4 Insulation Calculation ····· 15
7 Outer Protective Pipe and Anticorrosion ····· 21
7.1 General Requirements ····· 21
7.2 Stiffness and Stability of Steel Outer Protective Pipe ····· 21
7.3 Anticorrosion of Casing Pipe ····· 22
8 Construction and Acceptance ····· 23
8.1 General Requirements ····· 23
8.2 Installation of Pipes ····· 23
8.3 Heat Preservation Pipe Patch ····· 24

8.4 Installation of Vacuum System ····· 26
8.5 Pressure Test, Sweeping and Trial Operation ····· 26
8.6 Construction and Acceptance ····· 27
9 Operation Management ····· 28
9.1 General Requirements ····· 28
9.2 Preparation of Operation ····· 28
9.3 Warming Pipe ····· 29
9.4 Operational Maintenance ····· 29
9.5 Operational Stop ····· 30
Appendix A Month Average Ground Temperature (depth: 0.0m~3.2m) of Main City ····· 31
Appendix B Calculation of Directly Buried Steam Pipe Near Temperature Field ····· 39
Appendix C Calculation of Steel Pipe Radial Deflection ····· 41
Explanation of Wording in This Specification ····· 43
List of Quoted Standards ····· 44
Addition: Explanation of Provisions ····· 47

1 总　则

1.0.1 为规范城镇供热直埋蒸汽管道的设计、施工、验收及运行维护，统一技术要求，确保工程质量，做到经济合理、安全适用，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于工作压力小于或等于2.5MPa，温度小于或等于350℃，直接埋地敷设的钢质外护蒸汽保温管道的设计、施工、验收及运行维护。

1.0.3 在地震、湿陷性黄土、膨胀土等地区，直埋蒸汽管道工程除应符合本规程外，还应符合现行国家标准《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032、《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025和《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112的有关规定。

1.0.4 直埋蒸汽管道的设计、施工、验收及运行维护，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术　语

2.0.1 直埋蒸汽管道　directly buried steam pipe

直接埋设于土层中输送蒸汽的预制保温管道。

2.0.2 工作管　working pipe

在直埋蒸汽保温管结构中，用于输送蒸汽的钢管。

2.0.3 外护管　outer protective pipe

保温层外抵抗外力和环境对保温材料的破坏和影响，具有足够机械强度和可靠防水性能的套管。

2.0.4 防腐层　antiseptic layer

为防止外护钢管腐蚀而在其表面覆盖并紧密结合的耐腐蚀材料层。

2.0.5 保温管补口　heat preservation pipe patch

直埋蒸汽管道连接处的保温层、外护管及防腐层的接口处理。

2.0.6 排潮管　casing drain

排出工作管与外护管之间水汽的导管。

2.0.7 内固定支座　inside fixed support

保证工作管与外护管间不发生相对位移的管路附件。

2.0.8 外固定支座　outside fixed support

保证外护管与固定墩间不发生相对位移的管路附件。

2.0.9 内外固定支座　inside and outside fixed support

保证工作管、外护管和固定墩三者间不发生相对位移的管路附件。

2.0.10 辐射隔热层　radiation heat insulation layer

在带有空气层的保温结构中，在空气层壁面设置抛光金属铝箔层，利用其表面低发射率和高反射率的特性，减少表面辐射换

热而提高绝热效果的结构。

2.0.11 抽真空 vacuum

使工作管和外护管之间具有一定真空度的工艺过程。

3 管道布置与敷设

3.1 管 道 布 置

3.1.1 直埋蒸汽管道的布置应符合现行行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 的有关规定。

3.1.2 直埋蒸汽管道与其他设施的最小净距应符合表 3.1.2 的规定；当不能满足表中的净距或其他设施有特殊要求时，应采取有效保护措施。

表 3.1.2 直埋蒸汽管道与其他设施的最小净距

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
直埋热水管道/凝结水管道		0.5	0.15
排水盲沟		1.5	0.50
燃气管道（钢管）	≤0.4MPa	1.0	0.15
	>0.4MPa，≤0.8MPa	1.5	
	>0.8MPa	2.0	
燃气管道（聚乙烯管）	≤0.4MPa	1.0	燃气管在上 0.50 燃气管在下 1.00
	>0.4MPa，≤0.8MPa	1.5	
	>0.8MPa	2.0	
压缩空气或 CO_2 管道		1.0	0.15
乙炔、氧气管道		1.5	0.25
铁路钢轨		钢轨外侧 3.0	轨底 1.20
电车钢轨		钢轨外侧 2.0	轨底 1.00
铁路、公路路基边坡底脚或边沟的边缘		1.0	—
通信、照明或 10kV 以下电力线路的电杆		1.0	—
高压输电线铁塔基础边缘（35kV～220kV）		3.0	—

续表 3.1.2

设施名称			最小水平净距（m）	最小垂直净距（m）
桥墩（高架桥、栈桥）			2.0	—
架空管道支架基础			1.5	—
地铁隧道结构			5.0	0.80
电气铁路接触网电杆基础			3.0	—
乔木、灌木			2.0	—
建筑物基础			2.5（外护管≤400mm）	—
			3.0（外护管＞400mm）	—
电缆	通信电缆管块		1.0	0.15
	电力及控制电缆	≤35kV	2.0	0.50
		＞35kV，≤110kV	2.0	1.00

注：当直埋蒸汽管道与电缆平行敷设时，电缆处的土壤温度与月平均土壤自然温度比较，全年任何时候，对于 10kV 的电缆不高出 10℃；对于 35kV～110kV 的电缆不高出 5℃时，可减少表中所列净距。

3.1.3 当直埋蒸汽管道与其他地下管线交叉时，直埋蒸汽管道的管路附件距交叉部位的水平净距宜大于 3m。

3.1.4 直埋蒸汽管道的最小覆土深度应符合表 3.1.4 的规定。当不符合要求时，应采取相应的技术措施对管道进行保护。

表 3.1.4 直埋蒸汽管道的最小覆土深度

外护管公称直径（mm）	最小覆土深度（m）	
	车行道	非车行道
≤500	1.0	0.8
600～900	1.1	0.9
1000～1200	1.3	1.0
1300～1600	1.5	1.2

3.2 敷 设 方 式

3.2.1 直埋蒸汽管道的工作管，应采用有补偿的敷设方式。

3.2.2 直埋蒸汽管道敷设坡度不宜小于0.2%。

3.2.3 当采用轴向补偿器时，两个固定支座之间的直埋蒸汽管道不宜有折角。

3.2.4 无补偿敷设的外护管，直管段允许斜切的最大折角应符合表3.2.4的规定。

表3.2.4 无补偿敷设的外护管，直管段允许斜切的最大折角

外护管公称直径（mm）	取用壁厚（mm）	斜切的最大折角（°）
500	8	1.9
600	8	1.7
700	9	1.7
800	10	1.7
900	10	1.3
1000	11	1.3
1200	13	1.3
1400	15	1.2
1600	18	1.0

3.2.5 当管道由地下转至地上时，外护管应一同引出地面，外护管距地面的高度不宜小于0.5m，并应设防水帽和采取隔热措施。

3.2.6 当直埋蒸汽管道与地沟敷设管道或井室内管道相连接时，直埋蒸汽管道保温层应采取防渗水措施。

3.2.7 当地基软硬不一致时，应对地基作过渡处理。

3.2.8 在地下水位较高的地区，应进行浮力计算。当不能保证直埋蒸汽管道稳定时，应增加埋设深度或采取相应的技术措施。

3.2.9 当直埋蒸汽管道穿越河底时，管道应敷设在河床的硬质土层上或做地基处理。覆土深度应根据浮力、水流冲刷情况和管

道稳定条件确定。

3.3 管 道 材 料

3.3.1 直埋蒸汽管道应采用无缝钢管、电弧焊或高频焊焊接钢管。无缝钢管应符合现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163 的有关规定；电弧焊或高频焊焊接钢管应符合现行国家标准《直缝电焊钢管》GB/T 13793、《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091 和《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T 9711 的有关规定。

3.3.2 直埋蒸汽管道的钢材钢号的选择应符合表 3.3.2 的规定。

表 3.3.2 直埋蒸汽管道的钢材钢号

钢号	蒸汽设计温度（℃）	钢板厚度	推荐适用范围
Q235B	≤300℃	≤20mm	工作管、外护管
20、16Mn 、Q345.	≤350℃	不限	工作管

4 管路附件

4.1 管路附件及设施

4.1.1 阀门的选择及安装应符合下列规定：

1 直埋蒸汽管道使用的阀门宜为无盘根的截止阀或闸阀；当选用蝶阀时，应选用偏心硬质密封蝶阀；

2 所选阀门公称压力应比管道设计压力高一个等级；

3 阀门应进行保温，其外表面温度不得大于60℃，并应做好防水和防腐处理；

4 井室内阀门与管道连接处的管道保温端部应采取防水密封措施；

5 工作管直径大于或等于300mm的关断阀门应设置旁通阀门，旁通阀门公称直径可按表4.1.1选取。

表4.1.1 旁通阀门公称直径（mm）

工作管公称直径	*DN*300～*DN*500	*DN*600～*DN*900
旁通阀门公称直径	*DN*32～*DN*50	*DN*65～*DN*100

4.1.2 直埋蒸汽管道应设置排潮管。

4.1.3 排潮管应设置在外护管轴向位移量较小处。在长直管段间，排潮管宜结合内固定支座共同设置。排潮管出口可引入专用井室内，专用井室内应有可靠的排水措施。排潮管外部应设置外护钢套管，排潮管公称直径宜按表4.1.3选取。

表4.1.3 排潮管公称直径（mm）

外护管公称直径	排潮管公称直径	排潮管外护钢套管外径×壁厚
≤500	40	159×5
600～1000	50	159×5
≥1200	65	159×5

4.1.4 排潮管如引出地面，开口应下弯，且弯顶距地面高度不宜小于0.5m，并应采取防倒灌措施。排潮管宜设置在不影响交通的地方，且应有明显的标志。排潮管和外护钢套管的地下部分应采取防腐措施，防腐等级不应低于外护管防腐层等级。

4.1.5 疏水装置宜设置在工作管与外护管相对位移较小处。疏水管应采用自然补偿布置。

4.1.6 检查井设计应符合下列规定：

1 当地下水位高于井室底面或井室附近有地下供、排水设施时，井室应采用钢筋混凝土结构，并应采取防水措施；

2 管道穿越井壁处应采取密封措施，并应考虑管道的热位移对密封的影响，密封处不得渗漏；

3 井室应对角布置两个人孔，阀门宜设远程操作机构，当井室深度大于4m时，宜设计为双层井室，两层人孔宜错开布置，远程操作机构应布置在上层井室内；

4 疏水井室宜采取主副井布置方式，关断阀门或阀组、疏水口应分别设置在两个井室内。

4.1.7 固定支座的选取和推力计算应符合下列规定：

1 补偿器和三通处应设置固定支座，阀门和疏水装置处宜设置固定支座；

2 当外护管采用无补偿敷设时，宜采用内固定支座；

3 当外护管在管道转角位置无法实现自然补偿时，管道转角两端宜采用内外固定支座和外护管补偿器相结合的方式；

4 内固定支座应采取隔热措施，且其外护管表面温度应小于或等于60℃；

5 直埋蒸汽管道对固定墩的作用力应包括工作管道的作用力和外护管的作用力；

6 固定墩两侧作用力的合成及其稳定性验算和结构设计，应符合现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81的有关规定；

7 内固定支座外护管与工作管间宜设置波纹隔断。

4.1.8 当直埋蒸汽管道保温系统采用抽真空工艺时，应符合下列规定：

1 应采用真空隔断方式进行分段，分段长度不宜大于300m。抽真空设备应根据设计真空度、真空段长度和管径选取；

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 管件及管道连接

4.2.1 直埋蒸汽管道的管件应符合下列规定：

1 工作管管件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 的有关规定；当采用煨制弯管时，应符合现行行业标准《锅炉管子制造技术条件》JB/T 1611 的有关规定；

2 直埋蒸汽管道和管件应在工厂预制，并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 和《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246 的有关规定。管件的防腐、保温性能应与直管道相同。

4.2.2 直埋蒸汽管道、管件及管路附件之间的连接，除疏水器和特殊阀门外均应采用焊接连接，当采用法兰连接时，法兰的密封宜采用耐高温垫片。

4.2.3 当采用工作管弯头做热补偿时，弯头的曲率半径不应小于 1.5 倍的工作管公称直径。管道位移段应加大外护管的尺寸，并应采用满足热位移要求的软质保温材料。外护管的曲率半径不应小于 1.0 倍的外护管公称直径。

5 管道强度计算及应力验算

5.1 工 作 管

5.1.1 直埋蒸汽管道系统设计应对工作管道进行强度计算及应力验算。

5.1.2 当工作管强度计算及应力验算时，供热介质计算参数应符合下列规定：

1 管道的设计压力和设计温度值，应取锅炉出口、汽轮机抽（排）汽口或减温减压装置出口的最大工作压力和最高工作温度；

2 安装温度值应取安装期内当地环境的最低温度。

5.1.3 工作管钢材的许用应力，应按下列公式计算，并应取4项计算结果的最小值。常用钢管材料的许用应力可按表5.1.3取值。

$$\sigma = \frac{\sigma_b^{20}}{3} \tag{5.1.3-1}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_s^t}{1.5} \tag{5.1.3-2}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_{s(0.2\%)}^t}{1.5} \tag{5.1.3-3}$$

$$\sigma = \frac{\sigma_D^t}{1.5} \tag{5.1.3-4}$$

式中：σ——工作管钢材的许用应力（MPa）；

σ_b^{20}——钢材在20℃时的抗拉强度最小值（MPa）；

σ_s^t——钢材在设计温度下的屈服极限最小值（MPa）；

$\sigma_{s(0.2\%)}^t$——钢材在设计温度下残余变形为0.2%时的屈服极限最小值（MPa）；

σ_D^t ——钢材在设计温度下 10^5h 的持久强度平均值（MPa）。

表 5.1.3 常用钢管材料的许用应力

钢管类型	钢号	钢管标准	常温强度指标（MPa）		在不同温度（℃）下的许用应力（MPa）						
			σ_b	σ_s	≤20	100	150	200	250	300	350
焊接钢管	Q235B	GB/T 13793	375	235	113	113	113	105	94	86	77
无缝钢管	20	GB/T 8163	390	245	130	130	130	123	110	101	92
	16Mn	GB/T 8163	490	320	163	163	163	159	147	135	126
	Q345	GB/T 8163	490	320	163	163	163	159	147	135	126

5.1.4 工作管道许用应力取值、管壁厚度计算、补偿值计算及应力验算，应符合现行行业标准《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》DL/T 5366 的有关规定。

5.2 外 护 管

5.2.1 外护管的应力验算应采用应力分类法。

5.2.2 当管道进行应力计算时，管道计算温度和压力应按下列规定取用：

1 应力计算最高温度应取 95℃；

2 计算安装温度应取安装时当地的最低温度；

3 计算压力应取 0.2MPa。

5.2.3 外护管应力验算及竖向稳定性验算，应符合现行行业标准《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81 的有关规定。管道的壁厚应符合本规程第 7.2.2 条和第 7.2.3 条的规定。

6 保温结构和保温层

6.1 一 般 规 定

6.1.1 保温材料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 的有关规定。保温材料不应对管道及管路附件产生腐蚀。

6.1.2 硬质保温材料密度不得大于 300kg/m^3，软质保温材料及半硬质保温材料密度不得大于 200kg/m^3。

6.1.3 硬质保温材料含水率的重量比不得大于 7.5%，硬质保温材料抗压强度不得小于 0.4MPa，抗折强度不应小于 0.2MPa。

6.1.4 接触工作管的保温材料，其允许使用温度应比工作管内的蒸汽温度高 100℃以上。

6.1.5 保温结构设计应按外护管外表面温度小于或等于 50℃计算保温层厚度。当采用复合保温结构时，保温层间的界面温度不应大于外层保温材料安全使用温度的 0.8 倍。

6.1.6 当按本规程第 6.1.5 条规定计算的保温层厚度，不能满足蒸汽介质温度降或周围土壤的环境温度设计要求时，应按设计条件计算确定保温层厚度。

6.1.7 保温计算中，土壤的导热系数应采用管道运行期间的平均值。土壤的导热系数应按实测历史数据的 0.9 倍～0.95 倍取值；当无实测的历史数据时，可按表 6.1.7 的平均值选取。

表 6.1.7 土壤的导热系数

土壤		湿度（%）	λ [W/（m·℃）]	
			融化状态	冻结状态
粗砂（1mm～2mm）	密实的	10	1.74～1.35	1.98～1.35
		18	2.78	3.11

续表 6.1.7

土壤		湿度（%）	λ［W/（m·℃）］	
			融化状态	冻结状态
粗砂（1mm～2mm）	松散的	10	1.28	1.40
		18	1.97	2.68
细砂和中砂（0.25mm～1mm）	密实的	10	2.44	2.50
		18	3.60	3.80
	松散的	10	1.74	2.00
		18	3.36	3.50
不同粒度的干砂		1	0.37～0.48	0.27～0.38
砂质粉土、粉质黏土、粉土、融化土		15～26	1.39～1.62	1.74～2.32
黏土		5～20	0.93～1.39	1.39～1.74

6.1.8 保温计算中温度的取值应符合下列规定：

1 当按本规程第 6.1.5 条或按管道周围土壤的环境温度计算保温厚度时，蒸汽介质温度应取设计最高值；土壤的自然温度应取管道运行期间管道中心埋设深度处最高月平均温度；大气温度应取管道年运行或季节运行期间最热月平均大气温度；

2 当按蒸汽介质温度降计算保温层厚度时，蒸汽介质温度应取设计最高值；土壤的自然温度应取管道运行期间管道中心埋设深度处最低月平均温度；大气温度应取管道运行期间最低月平均大气温度；

3 当计算蒸汽管道年散热损失时，蒸汽介质温度应取年平均温度；土壤的自然温度应取管道中心埋设深度处的年平均地温；大气温度应取年平均大气温度；

4 土壤的自然温度可按当地历年实测数据确定或按本规程附录 A 确定。

6.2 保 温 结 构

6.2.1 保温结构可采用单一绝热材料层或多种绝热材料的复合层，也可设置辐射隔热层和空气层或抽真空。

6.2.2 同种保温材料应分层敷设，单层厚度不得大于100mm，且各层材料厚度宜相等。

6.2.3 管道保温的形式和结构应符合表6.2.3的规定。

表6.2.3 管道保温的形式和结构

型　式	结　构
内滑动型	工作管—保护垫层—硬质无机保温层—有机保温层—外护管—（保温）防腐层
	工作管—保护垫层—硬质无机保温层—铝箔（布）—有机保温层—外护管—（保温）防腐层
外滑动型	工作管—无机保温层—空气（真空）层—外护管—（保温）防腐层
	工作管—无机保温层—铝箔（布）—无机保温层—铝箔（布）—空气（真空）层—外护管—（保温）防腐层

6.3 真空保温层

6.3.1 真空层（空气层）厚度不宜大于25mm。

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

6.4 保 温 计 算

6.4.1 直埋蒸汽管道单管敷设时，保温层厚度应符合下列规定：

1 单层保温结构的保温层厚度应按下列公式计算：

$$\ln D_w = \frac{\lambda_g(t_w - t_s)\ln D_0 + \lambda_t(t_0 - t_w)\ln 4H_l}{\lambda_t(t_0 - t_w) + \lambda_g(t_w - t_s)} \qquad (6.4.1\text{-}1)$$

当 $\frac{H}{D_w} < 2$ 时，$H_l = H + \frac{\lambda_g}{\alpha}$，$t_s$ 取大气温度（℃）；

当 $\frac{H}{D_w} \geqslant 2$ 时，$H_l = H$，t_s 取直埋管中心埋设深度处的自然地温（℃）。

$$\delta = \frac{D_w - D_0}{2} \tag{6.4.1-2}$$

式中：D_w ——保温层外径（m）；

D_0 ——工作管外径（m）；

H_l ——管道当量埋深（m）；

H ——管道中心埋设深度（m）；

λ_t ——保温层材料在运行温度下的导热系数［W/（m·K）］；

λ_g ——土的导热系数［W/（m·K）］；

t_0 ——工作管外表面温度（℃），可按介质温度取值；

t_s ——直埋蒸汽管道周边土壤环境温度（℃）；

t_w ——保温管外表面温度（℃），按设计要求确定；

α ——直埋蒸汽管上方地表面大气的换热系数［W/（m^2·K）］，取 10～15；

δ ——保温层厚度（m）。

2 多层保温结构的保温层厚度计算应符合下列规定：

1） 散热损失（初算值）应按下式计算：

$$q = \frac{t_w - t_s}{\frac{1}{2\pi\lambda_g} \ln \frac{4H_l}{D'_w}} \tag{6.4.1-3}$$

式中：q ——单位管长热损失（初算值）（W/m）；

D'_w ——根据经验设定的保温层外径（m）。

2） 第一层保温材料厚度应按下列公式计算：

$$\ln D_1 = \ln D_0 + \frac{2\pi\lambda_1 (t_0 - t_1)}{q} \tag{6.4.1-4}$$

$$\delta_1 = \frac{D_1 - D_0}{2} \tag{6.4.1-5}$$

式中：D_1 ——第一层保温材料外径（m）；

λ_1 ——第一层保温材料在运行温度下的导热系数［W/(m·K)］；

t_1 ——第一层保温材料外表面温度（℃），按设计要求确定；

δ_1 ——第一层保温层厚度（m）。

3）第 i 层保温材料厚度应按下列公式计算：

$$\ln D_i = \ln D_{i-1} + \frac{2\pi\lambda_i(t_{i-1} - t_i)}{q} \qquad (6.4.1\text{-}6)$$

$$\delta_i = \frac{D_i - D_{i-1}}{2} \qquad (6.4.1\text{-}7)$$

式中：D_i ——第 i 层保温材料外径（m）；

λ_i ——第 i 层保温材料在运行温度下的导热系数［W/(m·K)］；

t_i ——第 i 层保温材料外表面温度（℃），按设计要求确定；

δ_i ——第 i 层保温层厚度（m）。

4）计算得到的 D_i，应按公式（6.4.3-1）校核计算散热损失，其校核值与公式（6.4.1-3）计算的散热损失初算值相比较，两个值的相对差值应小于或等于5%。

5）当相对差值大于5%时，应将按公式（6.4.1-6）计算得到的保温层外径，作为新设定的保温层外径，代入公式（6.4.1-3）、公式（6.4.1-4）和公式（6.4.1-6）重新计算散热损失（初算值）、D_1 和 D_i，并应符合本款第4）项的规定。

3 带空气层的保温结构计算应符合下列要求：

1）可采用窄环空间对流和辐射传热计算公式计算空气层等效导热系数。

2）空气层等效热阻应按下式计算：

$$R_e = \frac{1}{2\pi\lambda_e}\ln\frac{D_{ou}}{D_{in}} \qquad (6.4.1\text{-}8)$$

式中：R_e ——空气层等效热阻（m·K/W）；

λ_e ——空气层等效导热系数［W/（m·K）］；

D_{ou} ——空气层外径（m）；

D_{in} ——空气层内径（m）。

3）应按空气层等效热阻与保温层热阻串联的方式，计算保温层的热损失和外表面温度。

4 真空保温结构的计算应符合下列要求：

1）可采用导热、对流、辐射传热计算公式计算真空层等效导热系数。

2）真空层等效热阻应按下式计算：

$$R_z = \frac{1}{2\pi\lambda_z}\ln\frac{D_{zou}}{D_{zin}} \tag{6.4.1-9}$$

式中：R_z ——真空层等效热阻（m·K/W）；

λ_z ——真空层等效导热系数［W/（m·K）］；

D_{zou} ——真空层外径（m）；

D_{zin} ——真空层内径（m）。

3）应按真空层等效热阻与保温层热阻串联的方式，计算保温层的热损失和外表面温度。

6.4.2 当直埋蒸汽管道双管敷设时，可按单管敷设条件计算保温层厚度，并可采用本规程公式（6.4.3-2）和公式（6.4.3-3）计算双管敷设条件下的管道间相互影响和热损失，然后计算保温层界面温度和保温管外表面温度。如高于设计要求，应调整保温层厚度。

6.4.3 直埋蒸汽管道热损失的计算应符合下列要求：

1 单管敷设的直埋保温管道的热损失应按下式计算：

$$q = \frac{(t_0 - t_s)}{\sum\frac{1}{2\pi\lambda_i}\ln\frac{D_i}{D_{i-1}} + R_g} \tag{6.4.3-1}$$

当 $\frac{H}{D_w} < 2$ 时，$R_g = \frac{1}{2\pi\lambda_g}\ln\left(\frac{2H_l}{D_w} + \sqrt{\left(\frac{2H_l}{D_w}\right)^2 - 1}\right)$

当 $\frac{H}{D_w} \geqslant 2$ 时，$R_g = \frac{1}{2\pi\lambda_g}\ln\frac{4H}{D_w}$

式中：R_g ——直埋蒸汽管道环境热阻（m·K/W）。

2 双管敷设的直埋蒸汽管道，在计算热损失、界面温度和保温管外表面温度时，应考虑管间相互影响。

1） 双管敷设的直埋保温管道的热损失应按下列公式计算：

$$R_a = \frac{(t_{a0} - t_g) \times \sum R_a - (t_{a0} - t_g) \times R_{ab}}{(t_{a0} - t_g) \times \sum R_b - (t_{b0} - t_g) \times R_{ab}} \times R_{ab} \tag{6.4.3-2}$$

$$R_b = \frac{(t_{a0} - t_g) \times \sum R_b - (t_{b0} - t_g) \times R_{ab}}{(t_{b0} - t_g) \times \sum R_a - (t_{a0} - t_g) \times R_{ab}} \times R_{ab} \tag{6.4.3-3}$$

当两条管道埋深相同时：$R_{ab} = \dfrac{\ln\sqrt{1 + \left(\dfrac{2H}{S}\right)^2}}{2\pi\lambda_g}$

当两条管道埋深不同时：$R_{ab} = \dfrac{\ln\sqrt{\dfrac{S^2 + (H_1 + H_2)^2}{S^2 + (H_1 - H_2)^2}}}{2\pi\lambda_g}$

式中 R_a ——第一条管道的附加热阻（m·K/W）；

R_b ——第二条管道的附加热阻（m·K/W）；

t_{a0} ——第一条管道的介质温度（℃）；

t_{b0} ——第二条管道的介质温度（℃）；

t_g ——直埋管道中心埋设深度处土的自然温度（℃）；

$\sum R_a$ ——第一条管道的保温热阻（m·K/W）；

$\sum R_b$ ——第二条管道的保温热阻（m·K/W）；

R_{ab} ——双管敷设相互影响系数；

S ——两条管道的中心距离（m）；

H ——两条管道埋深相同时，管道中心埋设深度（m）；

H_1 ——两条管道埋深不同时，第一条管道中心埋设深度（m）；

H_2 ——两条管道埋深不同时，第二条管道中心埋设深度（m）。

2） 计入附加热阻，应按公式（6.4.3-1）分别计算两条管

道的热损失。在计算管网的总热损失时，还应考虑阀门、支架等未保温或保温薄弱部分的附加热损失，宜增加10%～15%。

6.4.4 直埋蒸汽管道保温层界面温度和保温管外表面温度的计算应符合下列规定：

1 保温层界面温度应按下式计算：

$$t_i = t_0 - q\Sigma \frac{1}{2\pi\lambda_i} \ln \frac{D_i}{D_{i-1}} \qquad (6.4.4\text{-}1)$$

2 保温管外表面温度应按下式计算：

$$t_w = t_0 - q\Sigma R \qquad (6.4.4\text{-}2)$$

式中：ΣR——保温层总热阻（m·K/W）。

6.4.5 直埋蒸汽管道邻近温度场，可按本规程附录B计算。

7 外护管及防腐

7.1 一 般 规 定

7.1.1 外护管应能承受动荷载、静荷载及热应力，并应具有密封、防水、耐温、防腐性能。外护管的防腐材料应根据工程实际情况选择。

7.1.2 外护管及管件应根据直埋蒸汽管道的结构形式、敷设环境和运行状况进行设计。直埋蒸汽管道的受力应考虑下列因素：

1 外护管、工作管及其附件、保温层重量；

2 工作管滑动支座、内固定支座传递的作用力；

3 土重量产生的侧向、竖向压力；

4 因温度变化产生的作用力；

5 静水压力和水浮力；

6 车辆等荷载。

7.1.3 外护管应采用无补偿敷设方式。

7.2 外护管的刚度和稳定性

7.2.1 当外护管采用非标准钢管时，应符合现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 和《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184 的有关规定。

7.2.2 对不带空气层的保温结构，外护管的外直径与壁厚的比值不应大于 140；对带空气层的保温结构，外护管的外径与壁厚的比值不应大于 100。

7.2.3 当直埋蒸汽管道埋设较深或外荷载较大时，应按无内压状态验算在外力作用下外护管的变形，外护管直径的变形量不得大于管径的 3%，且外护管的变形不应导致保温材料的损坏或阻碍工作管轴向移动。外护管变形量应按本规程附录 C 的规定计

算确定。

7.3 外护管的防腐

7.3.1 外护管应进行外防腐，且应按重腐蚀环境考虑。防腐层与钢管表面应有良好的粘附性、电绝缘性、低吸水性和低水蒸气穿透性，并应便于现场施工。防腐设计应符合现行行业标准《埋地钢质管道外壁有机防腐层技术规范》SY/T 0061 的有关规定。

7.3.2 防腐层的长期耐温不应小于 70℃。

7.3.3 外护管的防腐材料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 和《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246 的有关规定。

7.3.4 常用的防腐层材料应符合下列规定：

1 聚乙烯防腐层应符合现行国家标准《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257 的有关规定；

2 纤维缠绕增强玻璃钢防腐层应符合现行行业标准《玻璃纤维增强塑料外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》CJ/T 129 的有关规定；

3 熔结环氧粉末防腐层应符合现行行业标准《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315 的有关规定；

4 环氧煤沥青防腐层应符合现行行业标准《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》SY/T 0447 的有关规定；

5 聚脲防腐层应符合现行行业标准《喷涂聚脲防护材料》HS/T 3811 的有关规定。

7.3.5 防腐层应进行电火花检漏，并应符合现行行业标准《管道防腐层检漏试验方法》SY/T 0063 的有关规定。检测电压应根据防腐层种类和防腐等级确定，以不打火花为合格。

7.3.6 外护管采用外防腐的同时，应采取阴极保护措施。

8 施工与验收

8.1 一 般 规 定

8.1.1 直埋蒸汽管道的施工与验收，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 的有关规定。

8.1.2 直埋蒸汽保温管的管材及管路附件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 和《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246 的有关规定，并应具有产品合格证书。

8.1.3 对生产厂提供的各种规格的管材、管件及保温制品，应抽取不少于一组试件，进行材质化学成分分析和机械性能检验。

8.1.4 直埋蒸汽保温管、管件及附件在吊装、运输和安装时，应采取保护和防水措施。

8.1.5 钢管焊接时，应对保温层及外护管端面采取保护措施。

8.1.6 施工单位应根据工程规模、现场条件和施工图编制施工组织设计，并绘制排管图。

8.1.7 进入现场的预制直埋蒸汽管道和管件应逐件进行外观检验和电火花检测。

8.2 管 道 安 装

8.2.1 安装管道时，应保证两个固定支座间的管道中心线成同一直线，且坡度应符合设计要求。

8.2.2 直埋蒸汽管道在吊装时，应按管道的承载能力核算吊点间距，均匀设置吊点，并应使用宽度大于 50mm 的吊装带进行吊装。

8.2.3 雨期施工应采取防雨排水措施，工作管和保温层不得进水。

8.2.4 直埋蒸汽管道的现场焊接及检验，应符合国家现行标准《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236、《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683 和《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的有关规定。

8.2.5 工作管的现场接口焊接应采用氩弧焊打底。焊缝应进行100%X 射线探伤检查，焊缝内部质量不得低于现行国家标准《无损检测　金属管道熔化焊环向对接接头射线照相检测方法》GB/T 12605 中的Ⅱ级质量要求。

8.2.6 补偿器安装应符合下列规定：

1 补偿器应与管道保持同轴；

2 有流向标记箭头的补偿器安装时，流向标记应与管道介质流向一致。

8.2.7 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；雨期施工时，应采取防止雨水和泥浆进入管内和防止管道浮起的措施。

8.3 保 温 补 口

8.3.1 保温补口应在工作管道安装完毕，探伤检验及强度试验合格后进行。补口质量应符合设计要求，每道补口应有检查记录。

8.3.2 补口前应拆除封端防水帽或需要清除的防水涂层。保温补口应与两侧直管段或管件的保温层紧密衔接，缝隙应采用弹性保温材料填充。

8.3.3 硬质复合保温结构的直埋蒸汽管道，粘贴保护垫层时，应对补口处的工作管表面进行预处理，其质量应达到现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 中 St3 级的要求。

8.3.4 当管段已浸泡进水时，应清除浸湿的保温材料或烘干后，方可进行保温补口。

8.3.5 保温层补口施工应符合下列规定：

1 补口处的保温结构、保温材料等应与直管段相同；

2 保温补口应在沟内无积水、非雨天的条件下进行施工；

3 当保温层采用软质或半硬质无机保温材料时，在补口的外护管焊缝部位内侧，应衬垫耐高温材料；

4 硬质复合保温结构管道的保温施工，应先进行硬质无机保温层包覆，嵌缝应严密，再连接外护管，然后进行聚氨酯浇注发泡；泡沫层补口的原料配比应符合设计要求。原料应混拌均匀，泡沫应充满整个补口段环状空间，密度应大于 50kg/m^3。当环境温度低于 10℃或高于 35℃时，应采取升温或降温措施。聚氨酯质量应符合现行国家标准《高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047 的有关规定。

8.3.6 外护管的现场补口应符合下列规定：

1 外护管应采用对接焊，接口焊接应采用氩弧焊打底，并应进行 100%超声波探伤检验，焊缝内部质量不得低于现行国家标准《焊缝无损检测　超声检测　技术、检测等级和评定》GB 11345 中的Ⅱ级质量要求；当管道保温层采用抽真空技术时，焊缝内部质量不得低于现行国家标准《焊缝无损检测　超声检测　技术、检测等级和评定》GB 11345 中的Ⅰ级质量要求；在外护管焊接时，应对已完成的工作管保温材料采取防护措施以防止焊接烧灼；

2 外护管补口前应对补口段进行预处理，除锈等级应根据使用的防腐材料确定，并符合现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第 1 部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1 中 St3 级的要求；

3 补口段预处理完成后，应及时进行防腐，防腐等级应与外护管相同，防腐材料应与外护管防腐材料一致或相匹配；

4 防腐层应采用电火花检漏仪检测，耐击穿电压应符合设计要求；

5 外护管接口应在防腐层之前做气密性试验，试验压力应为 0.2MPa。试验应按现行国家标准《工业金属管道工程施工规范》GB 50235 和《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184的有关规定执行。

8.3.7 补口完成后，应对安装就位的直埋蒸汽管及管件的外护管和防腐层进行检查，发现损伤，应进行修补。

8.4 真空系统安装

8.4.1 直埋蒸汽保温管的各真空段，宜在对管路系统排潮后抽真空。初次抽真空应采用具有冷凝、排水和除尘功能的真空设备。

8.4.2 真空系统的附件（真空球阀、真空表等）应采用焊接或真空法兰连接。真空表应满足放水的要求。真空表与管道之间宜安装真空阀门。

8.4.3 真空绝对压力应小于等于 2kPa。

8.4.4 在抽真空操作过程中，当真空泵的抽气量达到 $300m^3$ 且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。

8.5 试压、吹扫及试运行

8.5.1 直埋蒸汽管道安装完成后工作管应进行强度和严密性试验，外护管应进行气密性试验。

8.5.2 强度和严密性试验，应按设计参数和现行行业标准《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 的有关规定执行。

8.5.3 直埋蒸汽管道应用蒸汽进行吹洗。吹扫的蒸汽压力和流量应按计算确定。当无计算资料时，可按压力不大于管道工作压力的 75%、流速不低于 30m/s 进行吹洗；吹洗次数应根据管道长度确定，但不应少于 3 次，每次吹扫时间不应少于 15min。当吹洗流速较低时，应增加吹洗次数。

8.5.4 外护管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，应稳压 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。

8.5.5 直埋蒸汽管道的试运行，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 的有关规定。

8.6 施 工 验 收

8.6.1 直埋蒸汽管道工程的竣工验收，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 的有关规定。

8.6.2 施工验收时应对补偿器、内固定支座、疏水装置等管路附件作出标识。对排潮管、地面接口等易造成烫伤的管路附件，应设置安全标志和防护措施。验收时应对标记进行检查。

9 运 行 管 理

9.1 一 般 规 定

9.1.1 运行操作人员、维护人员、调度员应经过技术培训，经考试合格，方可上岗。

9.1.2 直埋蒸汽管道疏水井、检查井及构筑物内的临时照明电源电压不得大于 24V，严禁使用明火照明。当人员在井内作业时，严禁使用潜水泵。

9.1.3 当进入井室、地下构筑物作业前，应进行通风，并应进行检测，确认安全后方可进入操作。

9.1.4 直埋蒸汽管道运行中，当蒸汽流量小于安全运行所需最小流量时，应采取安全技术措施或停止管道运行。

9.2 运行前的准备

9.2.1 已停运两年或两年以上的直埋蒸汽管道，运行前应按新建管道要求进行吹扫和严密性试验。

9.2.2 新建直埋蒸汽管道运行前应做好下列准备工作：

1 编制运行方案；

2 准备交通、通信工具及有害气体检测器、抽水设备、通风设备等；

3 对系统进行全面检查，并应符合下列要求：

1）管道工程施工、验收手续应完备、审批手续应齐全；

2）直埋蒸汽管道覆土层应无塌陷，井室内应无积水、杂物，井盖应完好；

3）阀门操作应灵活，排潮管应畅通。

9.3 暖　　管

9.3.1 直埋蒸汽管道冷态启动时应进行暖管。

9.3.2 暖管应在确认运行前准备工作完毕，管道巡线人员、操作人员到位后，方可开始送汽。

9.3.3 暖管开始时，应关闭疏水器前的阀门，打开疏水旁通阀门或启动疏水阀门。

9.3.4 暖管时的工作钢管内蒸汽温度宜控制在150℃以下，暖管时间应以排潮管不排汽而定。

9.3.5 在暖管过程中，当排潮管排汽带压且有响声，稳定24h后仍然未改善时，应停止暖管，分析原因，采取措施处理，经确认处理后方可重新暖管。

9.3.6 在暖管过程中，蒸汽压力应逐步提高至工作压力，宜按下列步骤进行：

1 将管内蒸汽压力升至0.1MPa，稳压暖管30min，无异常现象；

2 将管内蒸汽压力分别逐步升至0.2MPa、0.4MPa和0.6MPa，并分别稳压暖管1h，无异常现象；

3 在0.6MPa压力时仍未见异常，每增加0.2MPa，稳压暖管1h，直至工作压力；

4 疏水旁通阀或启动疏水阀门关闭时间及暖管时间应在运行方案中明确规定；

5 根据管道长度、管径大小，暖管时间可适当增减。

9.3.7 在暖管的过程中，当发现疏水系统堵塞，发生“汽水冲击”、固定支座和设备、设施被破坏等现象时，应立即停止暖管，查找原因，处理后方可再行暖管。

9.4 运 行 维 护

9.4.1 直埋蒸汽管道运行中应进行定期检查。当运行参数发生变化或有灾情时，应增加检查次数。主要检查项目应包括井室、

疏水装置、排潮管、补偿器、固定墩等管路附件及设施。

9.4.2 直埋蒸汽管道运行中应定期检查记录直埋蒸汽管道外表面温度，保温层层间温度。

9.4.3 直埋蒸汽管道检查、维修可按现行行业标准《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ 88 有关规定执行。

9.4.4 直埋蒸汽管道每两年宜对管道腐蚀情况进行评估，当发现腐蚀加快时，应采取技术措施。

9.4.5 采用真空系统的直埋蒸汽管道，应定期观测并记录真空表读数。当真空绝对压力升至 5kPa 时，应启动真空泵，将真空绝对压力降至 2kPa 以下。

9.5 停 止 运 行

9.5.1 停止运行前，应编制停运方案，并应提前通知用户。

9.5.2 停止运行的各项操作，应严格按停运方案和调度指令进行。

9.5.3 停止运行后，管道内凝结水温度低于 40℃后，方可打开疏水器旁通阀门，排净管道内凝结水，并应将井室内积水及时排除。

9.5.4 停止运行期间，应对管道进行养护。当停运的时间超过半年时，应对工作管、外护管采取防护措施。

附录 A　全国主要城市实测地温（深度 0.0m～3.2m）月平均值

表 A　全国主要城市实测地温（深度 0.0m～3.2m）月平均值

城市	深度 (m)	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
北京	0.0	−5.3	−1.5	5.8	16.1	23.7	28.2	29.1	27.0	21.5	13.1	3.5	−3.6
	−0.8	2.6	1.7	3.6	9.4	15.1	20.2	22.8	23.9	21.5	16.9	11.2	5.6
	−1.6	7.4	5.6	5.4	8.0	11.9	15.6	18.6	21.0	20.6	18.3	14.7	10.6
	−3.2	12.7	11.0	9.8	9.5	10.4	12.1	13.9	16.3	17.3	17.3	16.4	14.8
上海	0.0	4.4	6.2	9.5	15.2	20.2	25.1	30.4	29.9	25.0	18.9	12.8	6.7
	−0.8	9.7	8.9	10.2	13.4	16.7	20.3	24.2	25.9	25.0	21.5	17.5	13.0
	−1.6	13.2	11.4	11.4	12.8	15.2	17.7	20.7	22.9	23.4	21.9	19.4	16.2
	−3.2	17.2	15.8	14.8	14.4	14.8	15.5	16.7	18.2	19.4	19.9	19.7	18.8
天津	0.0	−5.0	−1.0	5.8	16.2	23.2	28.0	29.4	27.2	22.4	13.5	4.0	−2.4
	−0.8	3.3	2.3	4.5	10.3	15.5	19.9	23.0	23.9	21.9	17.8	12.4	7.3
	−1.6	8.1	6.2	6.3	8.9	12.5	16.1	18.9	20.6	20.4	18.7	15.6	11.7
	−3.2	12.9	11.3	10.1	9.8	10.6	12.0	13.7	15.2	16.3	16.7	16.2	14.8

续表 A

城市	深度 (m)	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
哈尔滨	0.0	−20.8	−15.4	−4.8	6.9	16.8	23.2	25.9	24.1	15.7	5.9	−6.2	−16.7
	−0.8	−4.3	−4.8	−2.9	−0.6	2.4	9.7	15.1	17.3	15.4	10.4	4.8	0.3
	−1.6	2.0	0.3	−0.2	0.1	0.2	3.1	8.8	12.2	12.9	11.1	7.9	4.5
	−3.2	6.0	4.7	3.0	2.4	2.1	2.1	4.0	6.6	8.5	9.2	8.6	7.3
长春	0.0	−17.3	−12.7	−3.7	7.4	16.7	22.7	26.0	23.7	16.3	7.2	−4.0	−13.5
	−0.8	−1.3	−2.0	−1.0	0.0	5.2	12.2	17.1	18.9	16.7	12.1	6.4	2.1
	−1.6	3.3	1.6	1.0	1.0	2.5	7.3	11.5	14.5	14.6	12.7	9.4	6.1
	−3.2	7.2	5.8	4.7	4.0	3.8	4.6	6.5	8.6	10.2	10.6	10.1	8.8
沈阳	0.0	−12.5	−7.8	−0.1	9.8	48.2	23.9	26.9	25.7	18.5	9.6	−0.6	−9.4
	−0.8	1.0	−0.7	−0.6	0.9	7.8	14.5	18.8	20.7	18.6	13.8	8.3	3.9
	−1.6	5.0	3.2	2.3	2.6	5.4	10.6	14.5	17.2	17.3	14.8	11.3	7.6
	−3.2	9.2	7.8	6.8	6.2	6.3	7.9	10.0	12.4	14.0	14.1	12.9	11.0
石家庄	0.0	−3.5	0.2	8.5	18.1	24.5	28.8	29.7	27.6	23.4	14.9	5.1	−2.0
	−0.8	3.4	3.5	7.0	12.9	18.2	22.8	25.6	25.6	23.1	18.2	11.9	6.5
	−1.6	8.0	6.5	7.5	11.1	15.2	19.0	22.0	23.5	22.7	20.2	11.1	11.6
	−3.2	13.9	12.1	11.2	11.4	12.7	14.4	16.3	18.1	18.1	18.9	17.8	16.0

续表 A

城市	深度 (m)	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
呼和浩特	0.0	−12.8	−7.9	1.8	9.9	18.4	24.4	26.5	23.6	16.5	7.9	−2.4	−10.7
	−0.8	1.3	0.6	0.9	1.4	8.3	14.2	17.6	18.7	16.8	12.9	7.8	3.8
	−1.6	4.1	2.6	1.9	1.7	4.6	9.1	12.1	14.2	14.1	12.5	9.6	6.5
	−3.2	7.8	6.5	5.4	4.6	4.6	6.0	7.8	9.5	10.8	11.3	10.8	9.5
西安	0.0	−0.6	3.6	10.4	17.6	22.4	28.8	30.5	28.6	22.8	15.3	7.4	0.6
	−0.8	4.6	5.0	8.4	12.9	17.0	21.4	24.2	25.1	12.6	18.5	13.2	8.2
	−1.6	8.9	7.6	8.7	11.3	14.4	17.7	20.5	22.4	21.9	19.8	16.5	12.3
	−3.2	14.4	12.8	11.9	12.0	12.9	14.3	15.9	17.7	18.8	18.9	18.1	16.3
太原	0.0	−5.6	−0.9	6.1	15.3	22.1	26.2	27.8	25.3	19.1	11.2	2.3	−4.1
	−0.8	2.4	1.6	3.3	8.4	13.2	17.0	19.9	20.9	18.9	15.1	9.9	5.0
	−1.6	6.7	5.1	5.0	7.2	10.4	13.5	16.1	17.8	17.7	16.0	13.0	9.4
	−3.2	11.2	9.8	8.7	8.4	9.1	10.3	11.8	13.2	14.3	14.6	14.1	12.9
银川	0.0	−9.4	−3.8	4.4	12.8	20.6	27.1	30.2	26.9	20.0	10.3	−0.2	−5.9
	−0.8	1.7	0.4	1.4	6.5	11.9	16.8	20.1	20.9	19.4	15.5	9.5	4.3
	−1.6	5.6	3.9	3.4	5.3	8.8	12.4	15.4	17.3	17.4	15.9	12.5	8.5
	−3.2	10.1	8.6	7.4	6.9	7.6	9.1	10.9	12.6	13.8	14.2	13.6	12.1

续表 A

城市	深度(m)	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
西宁	0.0	−8.2	−2.5	6.1	12.2	16.6	21.1	22.2	20.0	15.9	8.6	0.6	−5.8
	−0.8	−0.7	−0.9	2.0	7.1	11.4	15.0	17.0	17.1	15.4	12.0	6.8	2.5
	−1.6	3.4	1.9	2.5	5.3	8.8	11.5	13.7	14.8	14.4	12.8	9.7	6.3
	−3.2	7.9	6.4	5.6	5.8	7.0	8.4	9.8	11.0	11.7	11.7	11.0	9.7
兰州	0.0	−7.4	−1.0	7.9	16.3	20.5	25.7	27.3	24.3	19.5	10.8	2.0	−6.2
	−0.8	1.4	−0.7	4.4	10.6	14.4	18.1	20.9	21.1	19.1	15.1	9.4	4.1
	−1.6	6.2	4.6	5.1	8.4	11.4	14.0	16.5	17.9	17.6	15.9	12.6	8.9
	−3.2	10.7	9.2	8.3	8.5	9.7	11.0	12.3	13.8	14.6	14.7	13.9	12.5
乌鲁木齐	0.0	−18.3	−12.7	−3.0	10.4	17.5	24.2	27.2	24.8	17.9	7.7	−3.8	−12.4
	−0.8	−0.1	−0.7	0.4	5.0	10.5	15.2	18.4	19.1	17.6	12.7	7.0	2.8
	−1.6	4.6	3.2	2.7	4.3	7.6	11.1	14.0	16.1	16.1	14.0	10.7	7.4
	−3.2	8.8	7.3	6.1	5.6	6.4	7.9	9.9	11.9	13.1	13.2	12.7	11.0
济南	0.0	−1.8	1.5	8.3	17.7	24.9	29.5	30.3	28.8	24.2	16.6	7.4	0.3
	−0.8	5.1	4.8	7.6	13.5	19.0	23.0	26.0	26.4	23.9	20.1	14.8	8.8
	−1.6	10.7	9.4	10.1	12.5	16.6	20.5	22.8	24.5	23.9	21.3	18.3	15.2
	−3.2	16.1	14.4	13.5	13.5	14.7	16.6	18.5	19.9	20.9	20.7	19.7	18.3

续表 A

城市	深度（m）	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
南京	0.0	2.7	4.6	10.2	16.2	21.1	27.7	32.6	31.4	24.7	18.4	11.2	5.4
	−0.8	8.8	8.2	9.9	13.7	17.3	21.5	25.0	26.7	25.3	21.6	17.2	12.3
	−1.6	12.6	10.8	11.0	12.9	15.5	18.5	21.4	23.7	24.0	22.1	19.3	15.7
	−3.2	16.9	15.3	14.2	14.0	14.6	15.7	17.2	18.8	20.1	20.5	20.0	18.6
蚌埠	0.0	1.7	5.8	11.5	17.5	22.9	30.1	33.5	32.1	26.0	17.8	10.0	4.2
	−0.8	7.7	8.2	10.4	13.3	16.9	21.3	24.7	25.5	24.1	21.1	16.1	10.4
	−1.6	12.0	10.7	11.5	12.8	15.1	18.0	21.0	22.7	22.0	21.6	18.6	15.3
	−3.2	16.5	15.0	14.1	14.0	14.5	15.5	17.0	18.6	19.7	20.0	19.5	18.2
杭州	0.0	4.8	6.5	11.5	17.6	21.0	27.3	33.9	30.8	25.1	19.0	12.7	7.4
	−0.8	10.1	9.3	11.3	14.8	18.1	21.9	25.7	27.0	25.6	22.2	18.1	13.6
	−1.6	13.9	12.1	12.1	13.9	16.4	19.1	22.1	24.2	24.4	22.7	20.2	16.9
	−3.2	18.2	16.8	15.6	15.2	15.7	16.6	18.0	19.5	20.8	21.2	20.8	19.8
南昌	0.0	5.4	7.5	12.5	18.7	22.5	29.2	35.0	33.4	29.3	21.3	14.3	8.3
	−0.8	10.9	10.4	12.5	16.4	19.5	23.9	28.1	29.2	27.6	23.7	18.9	14.5
	−1.6	15.1	13.3	13.5	15.4	18.0	20.9	24.0	26.0	26.0	24.2	21.5	18.2
	−3.2	19.0	17.3	16.3	16.2	17.0	18.3	20.1	21.9	23.0	23.3	22.6	21.1

续表 A

城市	深度 (m)	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
郑州	0.0	−0.4	4.0	8.6	17.4	24.2	29.5	30.4	28.3	24.0	16.1	7.8	2.1
	−0.8	6.1	6.4	8.6	12.8	17.5	22.2	24.6	25.3	23.4	19.6	14.3	9.5
	−1.6	10.2	9.0	9.6	11.6	14.8	18.4	21.0	22.6	22.3	20.4	17.1	13.4
	−3.2	14.7	13.2	12.4	12.4	13.3	14.9	16.6	18.3	19.3	19.3	18.8	16.8
武汉	0.0	3.0	6.6	11.7	18.6	22.5	29.5	34.0	33.3	28.4	20.3	12.3	6.8
	−0.8	10.0	9.3	11.0	14.6	17.8	21.9	25.0	26.5	25.8	22.3	18.2	13.5
	−1.6	14.3	12.4	12.3	13.9	16.1	18.7	21.4	23.4	23.9	22.7	20.3	17.2
	−3.2	18.3	16.9	15.9	15.5	15.7	16.4	17.5	18.7	19.8	20.4	20.3	19.6
长沙	0.0	4.6	6.6	12.2	18.6	21.6	29.6	35.3	32.2	28.7	20.6	13.0	8.1
	−0.8	10.8	9.6	11.7	15.5	18.4	22.9	27.0	27.9	26.7	23.2	18.2	13.9
	−1.6	14.2	12.2	12.4	14.6	17.0	19.8	23.0	25.1	25.2	23.6	20.3	17.0
	−3.2	18.2	16.5	15.4	15.3	16.2	17.4	19.1	20.9	22.0	22.2	21.4	19.9
广州	0.0	15.9	16.4	20.4	24.5	28.0	29.8	31.8	31.7	30.6	27.3	22.1	17.4
	−0.8	19.1	18.3	19.8	22.4	25.4	27.0	28.4	29.1	28.7	26.9	24.0	20.6
	−1.6	21.3	20.2	20.3	21.9	24.0	25.6	27.0	27.8	28.0	27.2	25.4	22.9
	−3.2	23.7	22.6	21.9	22.0	22.8	23.8	24.6	25.5	26.1	26.3	25.8	24.7

续表 A

城市	深度 (m)	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
成都	0.0	6.9	9.6	14.8	20.2	23.7	26.8	28.8	27.8	23.8	18.4	13.7	8.6
	−0.8	10.7	10.7	13.2	16.8	19.9	22.6	24.8	25.5	24.2	21.2	17.8	13.9
	−1.6	13.4	12.4	13.3	15.7	18.2	20.4	22.5	23.8	23.6	22.0	19.6	16.5
	−3.2	18.3	17.0	16.3	16.5	17.5	18.6	19.9	21.2	22.0	22.0	21.3	19.9
贵阳	0.0	6.2	8.4	14.7	19.5	21.1	25.0	27.7	27.3	24.0	17.7	13.4	8.3
	−0.8	11.4	10.8	12.9	16.1	18.3	20.7	20.9	23.9	23.3	20.4	17.4	14.4
	−1.6	14.0	12.8	13.2	15.1	17.0	18.9	20.9	22.2	22.4	21.1	18.9	16.5
	−3.2	17.4	16.1	15.3	15.4	16.1	17.1	18.3	19.6	20.3	20.5	19.9	18.8
昆明	0.0	9.7	12.2	17.0	22.1	24.3	22.6	23.0	22.7	21.6	17.2	13.7	10.0
	−0.8	12.4	12.6	14.1	16.4	18.8	19.7	20.6	21.2	21.2	19.4	16.9	14.1
	−1.6	14.7	14.0	14.2	15.3	16.9	18.1	19.0	19.8	20.2	19.6	18.2	16.4
	−3.2	17.4	16.7	16.2	16.0	16.2	16.5	17.0	17.4	17.8	18.1	18.2	17.8
拉萨	0.0	−1.0	3.3	8.4	14.2	20.0	22.6	19.0	18.1	16.2	10.2	3.5	−0.7
	−0.8	2.8	3.4	6.2	9.9	13.1	16.1	16.7	16.6	15.5	12.8	8.1	4.7
	−1.6	4.8	4.4	6.1	8.7	11.4	14.0	15.2	15.6	15.1	13.4	9.9	6.8
	−3.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

续表 A

城市	深度（m）	自然地温月平均值（℃）											
		1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
台北	0.0	11.7	16.3	18.5	21.9	26.3	28.2	30.4	30.0	28.3	24.6	21.2	18.0
	−0.8	19.8	18.7	19.2	20.7	23.4	25.5	27.5	28.2	28.1	26.4	24.2	21.7
	−1.6	23.1	22.2	21.6	21.3	21.6	22.4	23.3	24.3	25.0	25.2	24.9	24.2
	−3.2	23.6	23.4	23.0	22.7	22.4	22.3	22.5	22.3	22.9	23.3	23.6	23.7

附录 B　直埋蒸汽管道邻近温度场的计算

B. 0. 1　单管敷设直埋蒸汽管道邻近温度场，可按下式计算：

$$t_{x,y} = t_g + \frac{t_0 - t_g}{2\pi\lambda_g R} \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y+H)^2}{x^2 + (y-H)^2}} \qquad \text{(B. 0. 1)}$$

式中：$t_{x,y}$ ——在（x，y）坐标点土壤的温度（℃）；

x ——距管道中心的水平距离（m）；

y ——距地表面的垂直距离（m）；

t_g ——管道中心埋设深度处土壤的自然温度（℃）；

t_0 ——蒸汽温度（℃）；

λ_g ——土壤的导热系数［W/（m·K）］；

R ——管道的保温和土的总热阻（m·K/W）；

H ——管道中心埋设深度（m）。

B. 0. 2　双管敷设直埋蒸汽管道邻近温度场，可按下式计算：

$$t_{x,y} = t_g + \frac{q_1}{2\pi\lambda_g} \ln \sqrt{\frac{x^2 + (y+H)^2}{x^2 + (y-H)^2}} + \frac{q_2}{2\pi\lambda_g} \ln \sqrt{\frac{(x-C)^2 + (y+H)^2}{(x-C)^2 + (y-H)^2}} \qquad \text{(B. 0. 2)}$$

式中：$t_{x,y}$ ——在 x，y 坐标点土壤的温度（℃）；

x ——距管道中心的水平距离（m）；

y ——距地表面的垂直距离（m）；

t_g ——管道中心埋设深度处土壤的自然温度（℃）；

λ_g ——土壤的导热系数［W/（m·K）］；

H ——管道中心埋设深度（m）；

C——两条管道中心线距离（m）；

q_1——第一条管道单位长度热损失（W/m）；

q_2——第二条管道单位长度热损失（W/m）。

附录C　钢管径向变形的计算

C.0.1　钢管在外荷载作用下的径向变形，可按下列公式计算：

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

$$I = \frac{\delta^3}{12} \times 1 \qquad \text{(C.0.1-2)}$$

式中：ΔX——钢管水平径向的最大变形量（m）；

J——钢管变形滞后系数，应取1.5；

K——基座系数，取值应符合表C.0.1的规定；

W——单位管长上的总垂直荷载，包括管顶垂直土荷载和地面车辆传到钢管上的荷载（MN/m）；

r——钢管的平均半径（m）；

E——钢材的弹性模量（MPa）；

I——单位长度管壁截面的惯性矩（m^4/m）；

δ——钢管公称壁厚（m）；

E'——回填土的变形模量（MPa），取值应符合表C.0.1的规定。

表C.0.1　标准铺管条件的设计参数

铺管条件	E'（MPa）	基础包角	基座系数 K
管道铺设在未扰动的土上，回填土松散	1.0	30°	0.108
管道铺设在未扰动的土上，管道中线以下的土轻轻压实	2.0	45°	0.105
管道敷设在厚度不小于100mm的松土垫层内，管顶以下的回填土轻轻压实	2.8	60°	0.103

续表 C.0.1

铺管条件	E'（MPa）	基础包角	基座系数 K
管道敷设在砂卵石或碎石垫层内，垫层顶面在管底以上 1/8 管径处，但至少为 100mm，管顶以下回填土夯实，夯实密度约为 80%（标准葡式密度）	3.5	90°	0.096
管道中线以下安放在压实的团粒材料内，夯实管顶以下回填土的团粒材料，夯实密度约为 90%（标准葡式密度）	4.8	150°	0.085

C.0.2 作用在钢管上的土的垂直压力可按下式计算：

$$W_1 = \gamma h D \tag{C.0.2}$$

式中：W_1——单位管长上的垂直荷载（MN/m）；

γ——回填土的重力密度（MN/m^3）；

h——外护管管顶回填土高度（m）；

D——外护管外直径（m）。

C.0.3 地面车辆等传递的垂直压力可按下式计算：

$$W_2 = 0.4775 \frac{j_c G_v}{h^2} D \tag{C.0.3}$$

式中：W_2——车辆传递的垂直荷载（MN/m）；

G_v——车辆的单轮轮压（MN），按道路或桥梁设计所规定的车辆载重等级取值；

j_c——冲击系数，可按表 C.0.3 确定。

表 C.0.3 冲击系数

覆土埋深 h（m）	冲击系数	
	土路面	沥青水泥路面
$h<0.5$	1.6	1.2
$0.5 \leqslant h \leqslant 0.8$	1.4～1.2	1.1
$h>0.8$	1.0	1.0

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，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025

2 《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032

3 《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112

4 《工业金属管道工程施工质量验收规范》GB 50184

5 《工业金属管道工程施工规范》GB 50235

6 《现场设备、工业管道焊接工程施工规范》GB 50236

7 《现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范》GB 50683

8 《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091

9 《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163

10 《涂覆涂料前钢材表面处理　表面清洁度的目视评定　第1部分：未涂覆过的钢材表面和全面清除原有涂层后的钢材表面的锈蚀等级和处理等级》GB/T 8923.1

11 《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T 9711

12 《焊缝无损检测　超声检测　技术、检测等级和评定》GB 11345

13 《钢制对焊无缝管件》GB/T 12459

14 《无损检测　金属管道熔化焊环向对接接头射线照相检测方法》GB/T 12605

15 《钢板制对焊管件》GB/T 13401

16 《直缝电焊钢管》GB/T 13793

17 《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257

18 《高密度聚乙烯外护管硬质聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管及管件》GB/T 29047

19 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28

20 《城镇供热管网设计规范》CJJ 34

21 《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81

22 《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ 88

23 《玻璃纤维增强塑料外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》CJ/T 129

24 《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200

25 《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246

26 《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》DL/T 5366

27 《喷涂聚脲防护材料》HS/T 3811

28 《锅炉管子制造技术条件》JB/T 1611

39 《埋地钢质管道外壁有机防腐层技术规范》SY/T 0061

30 《管道防腐层检漏试验方法》SY/T 0063

31 《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315

32 《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》SY/T 0447

中华人民共和国行业标准

城镇供热直埋蒸汽管道技术规程

CJJ/T 104－2014

条 文 说 明

修 订 说 明

《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ/T 104－2014 经住房和城乡建设部 2014 年 4 月 16 日以住房和城乡建设部第 385 号公告批准、发布。

本规程是在《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ 104－2005 的基础上修订而成，上一版的主编单位是大连市热电集团公司，参编单位是中国石油天然气集团公司工程技术研究院、大连科华热力管道有限公司、中国市政工程华北设计研究院、大连市集中供热办公室、大连理工大学、中国石化集团上海工程有限公司、大连市热力规划设计研究院、大连达隆供热技术发展有限公司、北京鼎超供热管道有限公司，主要起草人员是：马家滋、崔洪双、莫理京、杨明学、王淮、崔峨、赵云峰、王敏华、全明。本次修订的主要技术内容是：1. 对适用范围进行调整，扩大了管径的范围；2. 限定了钢套钢外护管；3. 增加了管道材料要求；4. 增加了抽真空技术要求；5. 增加了管道保温结构；6. 增加了外护管的应力计算和防腐材料要求；7. 合并了测量、安装和验收章节；8. 增加了土壤导热系数。

本规程修订过程中，编制组进行了大量的调查研究，总结了我国直埋蒸汽管道技术的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，取得了直埋蒸汽管道设计、施工与验收的重要技术参数。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目　次

1　总则 …… 51
3　管道布置与敷设 …… 53
3.1　管道布置 …… 53
3.2　敷设方式 …… 53
3.3　管道材料 …… 55
4　管路附件 …… 56
4.1　管路附件及设施 …… 56
4.2　管件及管道连接 …… 60
5　管道强度计算及应力验算 …… 61
5.1　工作管 …… 61
5.2　外护管 …… 61
6　保温结构和保温层 …… 62
6.1　一般规定 …… 62
6.2　保温结构 …… 64
6.3　真空保温层 …… 65
6.4　保温计算 …… 68
7　外护管及防腐 …… 70
7.1　一般规定 …… 70
7.2　外护管的刚度和稳定性 …… 70
7.3　外护管的防腐 …… 72
8　施工与验收 …… 77
8.1　一般规定 …… 77
8.2　管道安装 …… 77
8.3　保温补口 …… 77
8.4　真空系统安装 …… 78

8.5 试压、吹扫及试运行 …… 78
8.6 施工验收 …… 79
9 运行管理 …… 80
9.1 一般规定 …… 80
9.2 运行前的准备 …… 80
9.3 暖管 …… 80
9.4 运行维护 …… 81
9.5 停止运行 …… 81

1 总　　则

1.0.1 城镇供热直埋蒸汽管道同传统的地沟敷设管道方法相比较，具有占地少、不影响城市景观、施工周期短、热损失少、寿命长等优点，适应城市发展供热的需要，在我国得到了广泛的应用和发展。但目前直埋蒸汽管道的保温结构形式多种多样，材料的选用也五花八门，在管道设计、施工与验收等方面也同样存在诸多问题。鉴于这种状况，随着新技术的不断出现，加之原规程在实施的过程中出现了不适应技术发展的地方，迫切需要修订标准，以指导直埋蒸汽管道的设计、施工与验收及运行管理，本着技术可行、安全可靠、经济合理的原则，在总结近年来直埋蒸汽管道实践经验的基础上，修订本规程。

1.0.2 本条规定与原规程有所不同，由于目前较多的工业开发区规模较大，很多化工行业的用汽参数较高，加之输送距离较远，1.6MPa 的蒸汽很难满足企业用汽需要，将蒸汽的使用压力提高至 2.5MPa，也是为了适应当前工业发展的需要。

据调查，近年来直埋蒸汽管道绝大多数都是使用钢质外护管，主要是为保证管道系统的安全使用，本规程主要针对钢质外护管的保温结构进行技术要求，不适用于采用非金属材质外护管道的直埋蒸汽管道。

本次规程修订纳入了抽真空保温结构的直埋蒸汽管道。

1.0.3 直埋蒸汽管道和供水管道、雨污水管道、燃气管道等都属市政管道，在直埋地下方面具有共性。在地震区、湿陷性黄土地区和膨胀土地区，直埋蒸汽管道和燃气、供水、排水管道在安全性上有共同要求。因此，直埋蒸汽管道应遵守国家现行有关标准的规定。

1.0.4 直埋蒸汽管道属于城市供热管网范畴。本规程主要规定

与直埋相关的蒸汽管道设计、施工验收及运行维护要求。在执行本规程时，要同时执行《城镇供热管网设计规范》CJJ 34、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81、《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28 和《城镇供热系统运行维护技术规程》CJJ 88 的规定，且对于标准中的强制性条文应严格执行。另城镇直埋蒸汽管道工程可能涉及其他的国家现行有关标准，如给水排水、电气及城镇建设共性的规定等，都应遵守。

3 管道布置与敷设

3.1 管 道 布 置

3.1.1 直埋蒸汽管道的布置原则可按《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010 中的第 8.1 节执行。

3.1.2 直埋蒸汽管道的间距要求，主要参照《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81－2013 中的第 4.1.2 条制定。正常情况下，直埋蒸汽管道的外表面温度与直埋热水管道的外表面温度相同（都按 50℃要求考虑），所以管道的间距要求同样适用于本规程，表中增加了与直埋热水管道/凝结水管道的间距要求。

3.1.3 管路附件的范围在《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246－2007 中已有明确规定。根据直埋蒸汽管道的特殊性，外护管的外表面温度相对较高，发生事故时可能对地下其他管线和设施产生不利影响，特别作此限制。

3.1.4 原规程给出工作管管径，由于蒸汽温度的不同，保温层厚度会有所变化，本次修订特定给出外护管的管径。直埋蒸汽管道的最小覆土深度，参照《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81－2013 中的第 4.1.3 条，结合直埋蒸汽管道的特殊性而制定。

3.2 敷 设 方 式

3.2.1 由于直埋蒸汽管道的工作温度较高，由温差产生的应力大大超过了管道许用应力的范围。由于工作管没有土壤约束，所以在直埋蒸汽管道系统中，与架空管道和地沟敷设的计算相同，应采用有补偿的敷设方式。

3.2.2 规定坡度是为了保证管道疏放水的顺畅，尽量避免管道运行中可能发生的“汽水冲击”现象。

3.2.3 在一般情况下，两个固定支座之间的工作管要尽量避免出现折角。因为折角的出现可能会破坏管道内部支架、保温材料和轴向补偿器等。

3.2.4 条文规定的斜切折角是指直管段中纵向坡度变化处或管线的平面微小折角。由于直埋蒸汽管道的外护管采用无补偿敷设方式，其受力因素与热水直埋管道类似，所以本条规定和数据参照了《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81－2013 第4.2.5条和第4.2.6条中直埋热水管道最大允许平面折角的计算分析方法。考虑了排潮工况下外护管表面温度与运行工况外护管表面温度之差、外护管管径及壁厚、土壤反力系数、埋深等的影响。

其中排潮工况是指直埋蒸汽管道在暖管或初运行阶段，其保温层中水分被工作管加热蒸发至烘干的阶段，因排潮管为敞口系统，通常80℃～90℃时水蒸气就开始蒸发，为计算安全，本阶段将外护管表面温度设定为95℃；表中按排潮工况计算（安装温度取10℃，实际应取安装时当地的最低温度），以循环温差85℃时不同外护管管径对应最大允许斜切角度作为设计参考。设计时应根据现场实际情况（地下水位、空气湿度、气象条件及可行的施工防水、降水措施等因素）确定工况，与《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81－2013 第5.1.2条基本一致。

外护管壁厚的影响也是明显的，按外护管外径与壁厚的比值不大于100，且在无汽车荷载工况下计算，此壁厚计算结果列于本表中。表中壁厚取值仅为参考，应以外护管实际设计选型结果为准。

3.2.5 当直埋蒸汽管道由地下转出地面时，外护管应与工作管一同引出地面，外护管还需要有一定的高度防止地面水浸入到直埋蒸汽管道的保温层内。由于此段外护管在地面上，除作防雨设施外，也需做隔热层，防止烫伤行人。

3.2.6 由于直埋蒸汽管道不易检修，当与地沟内或井室内敷设的管道相连接时，如不采取可靠的防水措施，地沟内或井室内有

积水时会从直埋蒸汽管道的端面处进入其保温层内，影响管道的安全使用，要求采取措施，如设置波纹端封等。可以参照《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246－2007中波纹端封的相关技术要求。与架空管道的连接时同样应遵循此条款。

3.2.7 防止管道局部沉降，影响管道安全使用。

3.2.8 蒸汽管道与热水管道相比，自身重量较轻，地下水位较高时，如果没有很好地覆土，有可能将管道上浮起来，使管道产生纵向失稳。

3.2.9 《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010中的第8.2.13条对河底敷设供热管道制定了敷设的基本原则、覆土深度及应进行抗浮计算等规定。

3.3 管 道 材 料

3.3.1 主要参照《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010中的第8.3.1条，并增加了具体的规范要求。尤其是现在很多制造企业都是按《石油天然气工业管线输送系统用钢管》GB/T 9711－2011的标准要求生产钢管，但该标准中不含材料Q235B，上述钢管标准只用于管道的制造加工要求。

3.3.2 原则上工作钢管既有压力又有温度，要采用Q235B、20、Q345等。而外护管压力很小，温度只是事故状态下可能升高，只需要选择Q235B。但由于Q235和Q345焊接工艺不同，可能会给施工过程中带来很多困难，建议材料选择时工作钢管和外护管尽量选择相同焊接工艺的材料，如Q235B、20等。

4 管路附件

4.1 管路附件及设施

4.1.1 第1款 要求选用焊接连接无盘根的截止阀和闸阀，主要是考虑直埋蒸汽管道的阀门通常布置在井室内，焊接连接的阀门基本可做到无泄漏，且抗水击能力强。截止阀和闸阀严密性好，调节方便。在实际工程中，由于埋深、阀门尺寸等因素，大都采用蝶阀。而目前国内蝶阀结构形式差别较大，通过调研和实践，偏心硬质密封蝶阀开关灵活，密封性较好。

第2款 根据《钢制阀门 一般要求》GB/T 12224－2005，阀门在高温状况下的安全使用压力会有所降低。所以阀门的压力等级要求提高一个等级。主要是从安全性和可靠性上考虑，直埋蒸汽管道阀门检修维护不方便，有的阀门质量不稳定，使用寿命较短，因此提出选用阀门高一个压力等级，从总体性价比看是有利的。

第3款 强调阀门应保温，这符合国家的节能和安全要求。由于阀门外保温比较难做，而且数量相对较少，所以一般不受重视。另外，阀门处的防水、防腐又是薄弱点，应做到防水、防腐、保温，保证直埋蒸汽管道使用性能。

第4款 采取端面密封措施是考虑井室内进水后，防止水或潮气通过端面进入保温层内。

第5款 规定参照《火力发电厂汽水管道设计技术规定》DL/T 5054－1996中的蒸汽管道关断阀的旁通阀通径选用表，但该选用表仅包含*DN*100～*DN*600规格的关断阀门，《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010中的第8.5.9条，规定大于*DN*500的管道上应设置旁通管，考虑到本规程的蒸汽压力为2.5MPa，将装设旁通管的主管管径有所降低，确定为*DN*300。

结合《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200－2004中限定的直埋蒸汽保温工作管最大管径，将蒸汽管道关断阀门扩展到 *DN*900，旁通阀扩展到 *DN*100。

4.1.2 直埋蒸汽管道要设置排潮管，一是在管道暖管时排出保温层中的潮气，使保温材料的导热系数达到设计值；二是检查判断管道的故障，若工作管泄漏或外护管不严密而进水，使保温层受潮，在运行时均可通过排潮管向外排汽，并通过排潮管的排汽量可大致判断泄漏点的位置。

4.1.3 本条规定是为保证排潮管不会因外护管与土壤间的相对位移较大而导致损坏。但要保证井内的水不会倒灌到排潮管内，否则要设法引出地面。根据工程实践，本次修订将排潮管的管径有所放大，使用外护钢套管主要是为了保护排潮管的安全。

4.1.4 排潮管出口不论引至何处，都应保证不会造成地面水或雨水倒灌，防倒灌措施通常可以在排潮管上安装阀门，目前很多工程都是采取此种方法。同时还应保证行人的安全以及排潮管的防腐要求。

4.1.5 原条款规定了疏水装置应设置疏水集水罐，并对集水罐提出了具体要求。但在近年的工程实践中，部分工程没有设置疏水集水罐，也能保证管道的正常运行，本次修订不作统一规定，由设计人员根据蒸汽管道的实际情况进行选择。通常管道运行为过热蒸汽时，只设置启动疏水装置，可不设置集水罐。如果是饱和蒸汽时，可以考虑设置集水罐。当工作管公称直径小于 *DN*100 时，罐体直径应与工作管相同；当工作管公称直径大于或等于 *DN*100 时，罐体直径不应小于工作管直径的 1/2，且不应小于 100mm。

在管网运行时疏水管的温度很高，疏水管没有进行补偿容易出现疏水管局部应力超标的情况，造成疏水管损坏。宜采用自然补偿的方式，吸收管网运行时疏水管产生的热膨胀。

4.1.6 第 2 款 管道穿井壁部位要采取严密的防水措施，其方式有很多种，如采用柔性法兰密封、波纹帽密封等等，在工程实

践中效果均较好。

第 3 款　规定阀门宜设远程操作机构，其目的是尽量避免操作人员在井室内工作时造成人身伤亡。当井室深度大于 4m 时，宜设双层井室，主要为了维修、操作方便，保证操作和维修人员的安全。

第 4 款　所谓主副井布置方式，是为了维修、操作人员的安全和方便，主井为阀门井，副井为集水井。疏水设专用井室，对抽水工作更加方便，一般副井比主井深，截面积小，并做好安全排水措施。

4.1.7　第 1 款　规定补偿器和三通处设置固定支座，是因为这些附件和设施不应有位移。而阀门、疏水装置处宜设置固定支座，是因为这些附件和设施也不宜有过量的位移。当这些附件与固定支座有一定距离时，除应满足管道的许用应力范围外，还需考虑位移的影响，如疏水管的套管要适当放大等。

第 2 款　内固定支座设置在钢外护管上较经济、合理、施工简单，但由于直埋蒸汽管道有多种形式，所以固定支座形式未作硬性规定，在工程设计时可根据介质温度、管径大小、管道地下周围设施等情况选用不同的固定支座形式。

第 3 款　由于直埋蒸汽预制保温弯管加工工艺限制，外护管弯管通常采用斜切焊缝拼接弯管，弯管吸收外护管轴向热位移量很有限，如果外护管轴向位移量较大或者弯管两侧直管段无法满足直埋敷设最小弹性臂长，则很难实现外护管自然补偿。所以建议上述情况可以考虑在弯管两端一定距离内设置固定墩（即外固定支座）保护弯管，并在固定墩外侧设置外护管补偿器代替弯管吸收外护管轴向热位移。

第 4 款　限定表面温度一是节能的需要，二是保证管道周围不会产生热环境污染。

第 5 款　特别强调直埋蒸汽管道与直埋热水管道的区别，工作管和外护管同时给固定墩有作用力。

第 7 款　在内固定支座工作管与外护管间设置柔性波纹隔

膜，当工作管发生蒸汽泄漏事故时，隔膜可以有效阻断蒸汽在整个管系中窜流破坏，将泄漏蒸汽控制在两组固定支座之间的管段，并通过排潮管排出，可以快捷排查出事故管段，缩短检修周期。柔性波纹隔膜自身可以吸收工作管与外护管间的热位移差，并承受一定的蒸汽泄漏时产生的外护管内压力。但柔性波纹隔膜需要控制自身厚度，避免产生明显“热桥”现象，导致外护管局部外表面温度过高破坏其防腐层。

4.1.8 第1款 真空系统直埋蒸汽保温管要实现真空，工作管与钢外护管之间的空间应密封，工作管和钢外护管都应按本规程要求进行探伤检验。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，抽真空的时间不宜过长；

3）当真空系统有管道泄漏预警作用时，要缩小管道泄漏时的查找范围；

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：

$$S = \frac{V}{t} \ln \frac{P_0}{P_t} \tag{1}$$

式中：P_0——抽真空的起始压力（mbar）；

P_t——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（h）；

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。要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，减少管线上检查室的数量。

第2款　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　管件及管道连接

4.2.1　第2款　直埋蒸汽管道在工厂预制，能保证其质量。一般情况下，工厂生产的直埋蒸汽管道比现场加工的质量要好。

4.2.2　本条的提出是为了保证直埋蒸汽管道的质量和使用寿命。

4.2.3　为了防止弯头处的保温材料被破坏，同时也为了防止弯头处外护管的局部超温而提出的措施。考虑到外护管的曲率半径与工作钢管的曲率半径不同，在制造过程中很难都保证是整数，但一定要保证两个管道是一个同心圆。因此本条款只提出最小曲率半径。

5 管道强度计算及应力验算

5.1 工 作 管

5.1.1 特别强调提出工作管的重要性。

5.1.2 主要参照《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010 中的第 9.0.2 条。

5.1.3 本条参照国家现行标准《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》DL/T 5366－2006 制定。

5.1.4 由于直埋蒸汽管道的工作管可在外护管中自由移动，可把工作管道视同架空管道，因而工作管道应力验算可以采用行业标准《火力发电厂汽水管道应力计算技术规定》DL/T 5366－2006 中的相应规定和方法。

5.2 外 护 管

5.2.1 主要参照《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010 中的第 9.0.1 条和《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81－2013 第 5.1.1 条，外护管相当于直埋热水管道而直接埋设于土壤中，采用应力分类可以更准确地分析管道的受力情况。

5.2.2 主要参照《城镇供热管网设计规范》CJJ 34－2010 中的第 9.0.2 条，在正常运行期间将外护管表面温度设定为 50℃。当排潮管排汽时，将外护管表面温度设定为 95℃，与本规程第 3.2.4 条款（条文说明）的计算条件相一致。

5.2.3 由于外护管内没有压力而只有温度，与直埋热水管道还是有区别的，外部受力使管道变形是外护管需要考虑的，因此对管道的壁厚提出了特殊要求。

6 保温结构和保温层

6.1 一般规定

6.1.2 本条款依据《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264－2011 中的相关条款确定。

6.1.3 硬质保温材料的质量含水率依据《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264－2011 中相关条款确定。硬质保温材料的抗压强度依据《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264－2011 和《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200－2004 中相关条款确定。多数硬质保温材料标准均能与此相符或超出此要求。保温材料抗压强度过低破损率就高，边角缝隙增多。

6.1.4 本条依据《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200－2004 中相关条款确定。

6.1.5、6.1.6 保温管外表面温度规定的指标是根据经济、节能、减少对地下周围设施的影响提出的，应控制其不高于 50℃。界面温度不超过有机保温材料安全使用温度 0.8 倍的规定，比《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264－2011 中 0.9 倍的规定严格些，有利于保证有机保温材料的寿命。同时，要求校核散热损失和界面温度合格后，最后确定保温厚度。

国家标准《设备及管道保温设计导则》GB/T 8175－2008 要求：当无特殊工艺要求时，保温厚度应采用“经济厚度”计算。国内在大连等地实测结果表明，按“经济厚度”计算的保温厚度较小，因而直埋蒸汽管道外表面温度偏高。这不仅影响到周边设施和植被、树木，而且造成外护管或外防腐层老化。因此，规定采用控制外表面温度的计算保温厚度的方法。对于地下水位低、土的导热系数低［例如 $\lambda_g < 1.2\mathrm{W/(m \cdot K)}$］和地温较高的

地区，从降低投资考虑，外护管外表面温度可适当提高一些，但不能高于60℃。

6.1.7 各地土质条件不同，按目前一些计算手册推荐的土的导热系数往往差别很大，而土的导热系数对计算保温厚度和界面温度有较大影响，因此，规定要收集符合工程实际条件的数据，如无法查到数据，需做必要的实测。在直埋蒸汽管道运行后，土的温度场的形成，将使土的含水率降低，进而使土的导热系数降低。为此，借鉴石油行业对直埋热油管道的观察结果（《输油管道的设计与管理》，石油工业出版社，1986年），要求计算保温层厚度采用的土的导热系数比非运行工况实测值降低5%～10%，这样更接近实际情况。

关于土壤的导热系数：根据《输油管道的设计与管理》，土壤的导热系数取决于土壤的种类及土壤的孔隙度、温度、含水量等。其中含水量的影响最大。此外，降雨、下雪及土壤的昼夜及季节波动等气象因素也会影响土壤热物性。管道沿线不同土壤种类，性质不尽相同。因此很难通过计算得出较准确的土壤导热系数。实际上，土壤的导热系数是一种统计特性。下表1为北京永定河边地下深1m处的砂土试样在室温下测定的导热系数与含水量的关系。图1为不同密度的砂土和黏土导热系数与含水量的关系。

表1 北京永定河边地下深1m处的砂土导热系数与含水量的关系

含水量（质），%	0	5	10	15	20	25	30	35
导热系数，W/（m·℃）	0.219	0.435	0.979	1.058	1.279	1.314	1.512	1.57
含水后密度，kg/m³	—	1233	1280	1340	1395	1455	1510	1570

表2为大庆地区的粉质黏土在室温条件下的导热系数与含水量的关系。密度为1600kg/m³的粉质黏土含水量与导热系数的关系见表2。

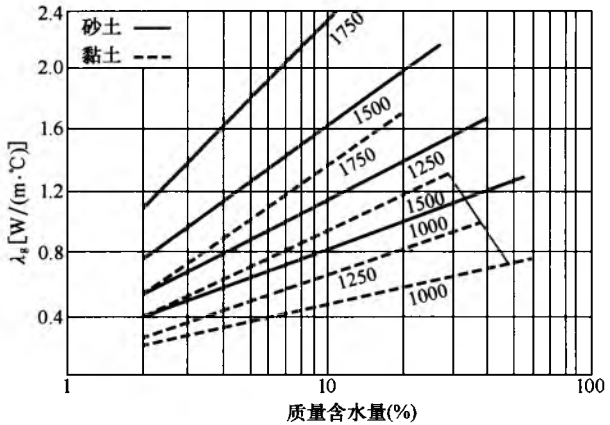


图 1　黏土与砂土导热系数与含水量的关系

表 2　大庆地区的粉质黏土在室温条件下的导热系数与含水量的关系

含水量（质），%	5	10	15	20	25	30
导热系数，W/（m·℃）	0.616	1.012	1.454	1.617	1.651	1.838

在设计管道时，应根据线路具体条件确定土壤导热系数。当缺乏线路实测资料或估算时，可按本规程表 6.1.7 的平均值选取。

6.1.8　第 4 款　土的自然温度是直埋蒸汽管道保温计算的重要依据。首先要尽可能从当地气象、水文、地质、建筑等部门收集实际的历年数据。本规程附录 A 给出了国内部分城市的实测地温月平均值，该表摘自《地下建筑暖通空调设计手册》，据中央气象局 1964 年版的《中国地温资料》整理。

6.2　保 温 结 构

6.2.1　本条规定依据《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200－2004 中相关条款并结合近年来多家国内知名预制直埋蒸汽保温管道生产厂家的产品形式、规格及特点确定。

6.2.2　可采用同层错缝、内外层压缝方式敷设保温层。内外层

接缝需错开 100mm～150mm。

6.2.3 直埋蒸汽管道内滑动保温结构形式即工作管与保温层之间由于工作管受热伸长产生相对的轴向位移，在保温层与外护管间需设置支座，支座固定在保温层上，仅起到支撑和导向作用；外滑动保温结构形式即保温层随着工作管受热伸长而拉伸变形，从而使保温层与外护管之间产生相对的轴向位移，在工作管和外护管间需设置支座，支座固定在工作管上，支座除了起到支撑、导向作用，还确保工作管、保温层相对外护管可以实现轴向滑动。所以根据保温材料的物理性能分析，内滑动保温结构形式需要保温材料具备一定的高密度、抗压性和耐磨性，应使用硬质保温材料；外滑动保温结构形式需要保温材料具备一定的低密度、柔韧性和延展性，推荐使用软质保温材料。

内滑动型保温管结构：为了减少热桥现象的影响，内置滑动支座与工作管、外护管之间应采用导热系数低、耐老化、强度高的绝热材料。内滑动保温结构形式一般使用硬质保温材料，保温层与工作管间处于“脱壳”状态，即保温层几乎不随工作管热位移而伸长变形，所以保温层与工作管间会随着介质温度的变化产生频繁往复的相对摩擦，为保护保温层不被磨损破坏，工作管与保温层间应设置长期耐温、耐磨的保护垫层。

外滑动型保温管结构：保温结构中空气层厚度是依据《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200－2004 中相关条款确定的，空气层厚度不能过大，否则会导致保温层与外护管间产生对流换热，从而减弱保温结构整体绝热效果。当采用外滑动型保温结构时，外护管与工作管间应设置滑动支座，滑动支座与工作管间采用的隔热材料的导热系数不宜大于 0.3W/（m·K），其耐老化性能应满足管道的使用寿命要求，强度应满足设计的要求。

6.3 真空保温层

6.3.1 当真空层厚度过小时，管道中气流流通面积不够，抽真

空的效率低；当真空层过大时，将增加保温材料层与外护管之间的对流换热。借鉴国外经验，真空层厚度取 20mm 较适宜，考虑钢管的标准规格和保温材料层厚度变化，规定不大于 25mm。

6.3.2 真空层保温结构的计算方法依据《钢外护管真空复合保温预制直埋管道技术规程》CECS 206：2006 中相关内容确定。

$$\lambda_z = \varepsilon_k \times \lambda + \alpha_f \times \frac{d_R - d_b}{2} \tag{2}$$

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 ——真空层折射辐射换热附加系数［W/（m^2·K）］；

d_R ——外护管道内表面直径（m）；

d_b ——保温材料层外表面直径（m）。

上述各系数计算公式为：

1 真空层的导热系数 λ 按下式计算：

$$\lambda = \lambda_N (p/13.33)^{0.8} \tag{3}$$

式中：λ_N ——常压(101325Pa)下空气的导热系数［W/(m·K)］；

p ——真空绝对压力（mbar）。

公式（3）中计算导热系数中无温度参数，实际上温度对导热系数影响较大，根据真空领域导热传热计算方法（见《暖通空调》2006 年第 2 期），真空层的导热系数 λ 计算公式为：

$$\lambda = \frac{1}{4}(9\gamma - 5)\eta c_v \tag{4}$$

$$\eta = \frac{0.499\rho\bar{v}\bar{\lambda}}{(1 + C/T)} \tag{5}$$

$$\rho = 0.1203\frac{Mp}{T} \tag{6}$$

$$c_v = 717.756 \times (1 + 3.45 \times 10^{-5}T + 6.30 \times 10^{-8}T^2) \tag{7}$$

$$\bar{v} = 4.601 \times \sqrt{\frac{T}{M}} \tag{8}$$

$$\bar{\lambda} = 3.107 \times 10^{-24} \frac{T}{p\sigma'^2} \tag{9}$$

式中：γ——绝热指数，空气取 1.403；

η——气体的黏度［kg/（m·s)］；

ρ——气体的密度（kg/m³)；

M——气体的摩尔质量，空气取 0.02896kg/mol；

p——真空的绝对压力（Pa)；

T——气体热力学温度（K)；

$\bar{v}$——气体热运动平均速度（m/s)；

C——肖节伦德常数，单位 K，对于空气 $C=113$；

c_v——气体的定容比热［J/（kg·K)］；

σ'——气体分子直径，3.72×10^{-10}m。

2 真空层对流换热附加系数按下式计算：

$$\varepsilon_k = b_1 \times (P_r \times G_r \times L^3)^{b_2} \tag{10}$$

$$L = \frac{\pi d_b + (d_g - d_b)}{2d_b + (d_g - d_b)} \tag{11}$$

式中：P_r——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 $(d_b + d_g)/2$；

G_r——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；根据哈尔滨工业大学研究成果，b_1 取 0.062，b_2 取 1/3（见《暖通空调》

2006 年第 2 期）。

3 真空层辐射换热按下式计算：

$$\alpha_f = \frac{\sigma A_b (t_b^4 - t_g^4)}{1/\varepsilon_b + (A_b/A_g)(1/\varepsilon_g - 1)} \times \frac{\ln\left(\frac{d_g}{d_b}\right)}{2\pi(T_b - T_g)} \qquad (12)$$

式中：α_f ——真空层折算辐射换热系数［W/（m^2 · K）］；

σ ——斯蒂芬-波尔兹曼常数［W/（m^2 · K^4）］，$\sigma = 5.669 \times 10^{-8}$ W/（m^2 · 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，取 0.9；

ε_g ——钢外护管内表面黑度 ，取 0.09；

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）。

6.4 保 温 计 算

6.4.1、6.4.2 直埋蒸汽管道保温厚度计算公式（6.4.1-3、6.4.1-4）系由圆柱体径向热传导计算公式推导而来。采用双管平行敷设时，两管之间存在热影响，将引起外表面温度和界面温度升高，因此，要求按双管条件作校核计算，并适当加大保温层厚度。空气层等效导热系数的计算，可参考米海耶夫著《传热学基础》。计算得到等效导热系数后，可按热阻串联原理进行保温计算，以单层保温加空气层或辐射隔热层为例，其散热损失计算式为：

$$q = \frac{t_0 - t_g}{\frac{1}{2\pi\lambda_t}\ln\frac{D_1}{D_0} + \frac{1}{2\pi\lambda_e}\ln\frac{D_{ou}}{D_1} + \frac{1}{2\pi\lambda_g}\ln\frac{4H}{D_w}} \qquad (13)$$

式中：D_1 ——采用保温材料的保温层外径（m）。

6.4.3 直埋蒸汽管道除向周围土层传热外，还通过土层向地面

传热，因此环境热阻的计算比较复杂，国内计算方法也不统一。

为使本规程推荐的计算方法更为合理，对国内外几种常见的计算方法进行了分析比较，确定环境热阻的计算方法。

对于 $\frac{H}{D_w}<2$ 的浅埋条件，环境温度 t_s 取大气温度，按式(6.4.3-1)计算热损失；

对于 $\frac{H}{D_w}\geqslant 2$ 的较深埋设条件，环境温度 t_s 可取管中心埋设深度处的土壤自然温度 t_g，环境热阻按下式计算：

$$R_g=\frac{1}{2\pi\lambda_g}\ln\frac{4H}{D_w} \tag{14}$$

双管敷设直埋蒸汽管道的附加热阻计算式，引自《管道与设备保温》(中国建筑工业出版社，1984年)。

6.4.5 附录B直埋蒸汽管道邻近温度场的计算公式，引自E.R.索科洛夫著《热化与热力网》(机械工业出版社，1988年)。

7 外护管及防腐

7.1 一 般 规 定

7.1.3 外护管相当于直埋热水管道，采用无补偿方式敷设可以减少管道的附件数量，降低事故隐患点，应积极地推广应用。

7.2 外护管的刚度和稳定性

7.2.1 《工业金属管道工程施工规范》GB 50235－2010 中对于非标准钢管提出了明确的要求。

7.2.2 压力管道的壁厚是根据其所需要承压能力计算确定的。而对于直埋蒸汽管道的外护管，主要承受的是运输、施工运行过程中的外部荷载，为避免发生过大变形，有必要规定外护管的最小壁厚，使其具有一定的刚度。现行国家标准《输油管道工程设计规范》GB 50253－2003（2006 年版）中第 5.6.1 条规定，管壁厚度不小于管道外径的 1/140。考虑到直埋蒸汽管道单位长度质量虽然大于一般压力管道，但其内部有发泡保温结构支撑，所以其径厚比仍取 140。而对于带空气层的保温结构，由于外护管内壁没有连续的保温结构支撑，外护管壁厚增加至径厚比不大于 100。

7.2.3 在直埋蒸汽管道埋设较深或地面荷载较大的地段，外护管会发生椭圆化变形，变形量的大小与外部荷载和外护管管径大小及管壁厚度有关。要求外护管的椭圆化变形不能造成其内部保温结构的破坏，也不得阻碍工作管的轴向移动。同时对最终变形量加以限制，以免外护管会丧失承受外部荷载的能力。

第 7.2.2 条的要求为最小壁厚，同时应对其椭圆化变形进行验算。椭圆化变形过大会超出钢管的弹性变化范围，尤其是车辆荷载对外护管的瞬时作用（穿越道路时）。当管道覆土 1.5m 时，

根据附录 C 对三种荷载工况进行计算，详见表 3。

表 3　三种荷载工况

DN 钢管公称直径 (mm)	D_W 钢管外径 (mm)	δ 钢管壁厚 (mm)	ΔX 径向变形 (m)	ε 变形率 (%)
无车辆荷载工况（1）				
*DN*500	529	8	0.0037	0.71%
*DN*600	630	8	0.0076	1.20%
*DN*700	720	9	0.0091	1.26%
*DN*800	820	10	0.0111	1.36%
*DN*900	920	10	0.0177	1.92%
*DN*1000	1020	11	0.0201	1.97%
*DN*1200	1220	13	0.0249	2.04%
*DN*1400	1420	15	0.0297	2.09%
*DN*1600	1620	18	0.0291	1.80%
20t 车辆荷载工况（2）				
*DN*500	529	8	0.0076	1.43%
*DN*600	630	8	0.0153	2.43%
*DN*700	720	9	0.0183	2.55%
*DN*800	820	10	0.0225	2.74%
*DN*900	920	12	0.0206	2.24%
*DN*1000	1020	13	0.0245	2.40%
*DN*1200	1220	15	0.0327	2.68%
*DN*1400	1420	18	0.0347	2.44%
*DN*1600	1620	20	0.0428	2.64%
50t 车辆荷载工况（3）				
*DN*500	529	8	0.0108	2.04%
*DN*600	630	9	0.0153	2.43%
*DN*700	720	10	0.0190	2.64%

续表 3

DN	D_W	δ	ΔX	ϵ
钢管公称直径（mm）	钢管外径（mm）	钢管壁厚（mm）	径向变形（m）	变形率（%）
*DN*800	820	12	0.0185	2.26%
*DN*900	920	13	0.0231	2.51%
*DN*1000	1020	14	0.0280	2.74%
*DN*1200	1220	17	0.0319	2.62%
*DN*1400	1420	20	0.0360	2.54%
*DN*1600	1620	23	0.0401	2.47%

从上表计算可知，正常情况下，管道敷设在绿化带或人行道中，只要能满足表 3 中工况（1）的管道壁厚，就能保证管道径向变形率，但当管道穿越道路或敷设在重载车道上时，需要根据车辆的荷载进行管道壁厚的计算或采取保护措施，也可参照表 3 中工况（2）和工况（3）的管道壁厚，以保证管道径向变形率。

7.3 外护管的防腐

7.3.1 土壤腐蚀性分级仅适合于处女地或人类活动较少的地域，而直埋蒸汽管道的土壤环境要么所处城市，要么即将成为城市。由于城镇化的进程及环境的恶化，如轨道交通引起的杂散电流、北方城市使用融雪剂改变了土壤中的盐度、地下污水管渗漏使土壤成分复杂化等，均导致土壤的腐蚀性大大增强，所以土壤环境均为重腐蚀环境。

本条文不明确规定使用防腐层的种类。目前国内对于钢质管道主要有以下防腐层：①石油沥青防腐层；②聚乙烯胶粘带防腐层；③挤压聚乙烯防腐层；④熔结环氧粉末外防腐层；⑤煤焦油瓷漆防腐层；⑥环氧煤沥青防腐层；⑦环氧煤沥青冷缠带防腐

层；⑧橡塑型（RPC）冷缠带防腐层；⑨纤维缠绕增强玻璃钢防腐层；⑩聚脲防腐层等。

虽未明确规定使用防腐层的种类，但阐明无论选用何种防腐层均应满足的最基本性能。湿附着力是指经防腐的试件在90℃的蒸馏水中浸泡15d后其结合力为一级，或当使用温度不超过60℃时粘结强度不低于60MPa；耐温性是指该温度下，防腐层在土壤环境中能够长期保持原有性能；阴极剥离率越低，表明在腐蚀环境中阴极电流对防腐层破损处破损的扩展越难；电绝缘性通常可用击穿电压来表征；机械性能指结合力、弯曲性、抗冲击、抗划痕及抗植物根茎穿透；系统性指防腐层的现场可修补性。

7.3.2 参照《城镇供热预制直埋蒸汽保温管技术条件》CJ/T 200－2004和《城镇供热预制直埋蒸汽保温管管路附件技术条件》CJ/T 246－2007中直管及管件表面允许最高温度确定。

7.3.3 与现行标准的一致。

7.3.4 第1款 根据《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257－2009，挤压聚乙烯防腐层的性能指标应符合表4的规定。

表4 聚乙烯防腐层的性能指标

序号	项目		性能指标
1	剥离强度（N/mm）	20±5℃	≥100（三层）
		50±5℃	≥70（三层）
2	阴极剥离（65℃，48h）（mm）		≤6
3	冲击强度（J/mm）		≥8
4	抗弯曲（－30℃，2.5°）		聚乙烯无开裂
5	电火花检漏		25kV电压检漏无针孔

第2款 根据《玻璃纤维增强塑料外护管聚氨酯泡沫塑料预制直埋保温管》CJ/T 129－2001，纤维缠绕增强玻璃钢防腐层的性能指标应符合表5的规定。

表 5　纤维缠绕增强玻璃钢防腐层的性能指标

序号	项　　目		性能指标
1	剥离强度（N/mm）	20±5℃	≥120
2	长期耐温（℃）		≥90
3	冲击强度（J/mm）		≥5
4	弯曲强度（MPa）		≥50
5	拉伸强度（MPa）		≥150
6	电火花检漏		5kV 电压检漏无针孔

第 3 款　根据《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315－2005，熔结环氧粉末防腐层的性能指标应符合表 6 的规定。

表 6　熔结环氧粉末防腐层的性能指标

序号	项　　目	性能指标
1	抗击穿电压（V/μm）	5
2	耐阴极剥离（mm）	8
3	断面孔隙率	1～4 级
4	界面孔隙率	1～4 级
5	粘结强度（MPa）	60
6	抗冲击性（－30℃）（J）	1.5
7	抗弯曲性（3°，－30℃）	1～2 级
8	剪切强度（MPa）	30
9	耐划伤性（μm）	300
10	硬度（H）	3
11	耐磨性（L/μm）	≥3
12	干耐温（℃）	150
13	24h 附着力	1～3 级
14	涂层厚度（μm）	≥800

第 4 款　根据《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》SY/T 0447－1996，环氧煤沥青防腐层的性能指标应符合表 7 的规定。

表 7　环氧煤沥青防腐层的性能指标

序号	项　　目	性能指标
1	剪切粘结强度（MPa）	≥4
2	耐阴极剥离	1～3 级
3	工频电气强度（MV/m）	≥20
4	体积电阻率（Ω·m）	$\geqslant 1\times 10^{10}$
5	吸水率（25℃，24h）	≤0.4
6	耐油性（煤油，室温 7d）	通过
7	耐沸水性（24h）	通过

第 5 款　根据《喷涂聚脲防护材料》HS/T 3811－2006，聚脲防腐层的性能指标应符合表 8 的规定。

表 8　聚脲防腐层的性能指标

序号	项　　目	性能指标
1	固体含量（%）	≥95
2	凝胶时间（S）	45
3	硬度	75～95
4	耐冲击力（kg·m）	≥1.5
5	阴极剥离（65℃，48h）	≤12
6	断裂伸长率（%）	≥300
7	撕裂强度（kN/m）	≥25
8	吸水率%（24h）	≤3
9	附着力（MPa）	≥4.5
10	电气强度（MV/m）	≥15
11	使用温度	－20℃～＋120℃
12	涂层厚度（mm）	0.5～1

7.3.5 对于防腐层结构的连续性检验，要根据防腐层结构材料的不同，采用不同的检验方法。用电火花检漏仪进行漏点检查是常用的方法之一。

不同防腐结构的检漏电压是不同的。《埋地钢质管道环氧煤沥青防腐层技术标准》SY/T 0447－1996 规定的检测电压，普通级为 2kV，加强级为 2.5kV，特加强级为 3kV。《钢质管道单层熔结环氧粉末外涂层技术规范》SY/T 0315－2005 规定，每 1μm 厚度涂层的检漏电压为 5V，通常普通级最小厚度为 300μm，加强级为 400μm，检漏电压分别为 1.5kV 和 2kV。对于聚乙烯三层防腐结构，《埋地钢质管道聚乙烯防腐层》GB/T 23257－2009 规定，在线电火花检漏 25kV，现场补口 15kV。采用环氧煤沥青涂料防腐时，根据国家标准《给水排水管道工程施工及验收规范》GB 50268－2008 的规定，三油（≥0.3mm）为 2kV，四布一油（≥0.4mm）为 2.5kV，六布二油（≥0.6mm）为 3kV。因此，本规程对检漏电压未作统一的规定。

7.3.6 任何管道防腐的覆盖层都不会是无缺陷的理想状态。在土壤中，覆盖层上存在的极少数量的针孔或破损，将形成大阴极（覆盖层完整部分）、小阳极（因针孔或破损而裸露金属部分）的腐蚀电池，这将使管道的局部（针孔或破损而裸露金属部分）腐蚀加速，其后果比管道无覆盖层还恶劣，即局部穿孔。

所以在防腐的同时需要采用阴极保护措施，阴极保护分为外加电流和牺牲阳极两种保护方式，本规程不作具体规定。外加电流阴极保护设计应符合现行行业标准《埋地钢质管道强制电流阴极保护设计规范》SY/T 0036 的有关规定；牺牲阳极阴极保护设计应符合现行行业标准《埋地钢质管道牺牲阳极阴极保护设计规范》SY/T 0019 的有关规定。

8 施工与验收

8.1 一 般 规 定

8.1.4 直埋蒸汽管道的外护管或其外护层一般强度比较低，在吊装、运输、安装过程要有防破损的保护措施。保温层一般吸水率较大，为防止进水，要求在安装过程中严格防水，直至保温补口完成。

8.1.6 由于预制直埋蒸汽管道通常自重较大，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，并按施工排管图尺寸在工厂进行预制加工，以缩短施工周期。

8.2 管 道 安 装

8.2.5 总结多年直埋蒸汽管道接口焊接的经验，采用氩弧焊打底、电焊罩面，质量能得到保证。

工作管焊接质量对直埋蒸汽管道安全十分重要，一旦出现焊缝渗漏，将导致管道保温失效。应在检验环节上严格把关，要求对所有焊缝做 100%X 射线探伤检验。实践证明，虽然费用高些，但从保证可靠性来看，是必要和值得的。

8.3 保 温 补 口

8.3.1 直埋蒸汽管道出现的事故大多是接口处理技术不过关或施工质量不好而造成的。由于现场条件多变，给接口保温施工带来了难度，所以本条提出按隐蔽工程要求，强化质量监督，并要求每道补口都要作施工记录，以备检查。

8.3.3 对于硬质复合保温结构，如需将保护垫层粘贴到工作管的外表面，则要求对工作管外表面进行除锈处理，并规定了除锈

质量应达到 St3 级，目的是让保护垫层粘贴牢固，以提高耐磨寿命。

8.3.4 总结国内多起浸水事故的经验教训作出的规定。

8.3.5 现场接口保温施工，对两种类型保温的工序和保护措施作了规定。对有机—无机复合保温结构，要求先焊外护钢管再注聚氨酯泡沫塑料；对软质或半硬质无机保温结构，则要求在补口的外护钢管焊缝部位衬垫耐温较高的材料，目的都是为了避免补口时，对外护钢管施焊损伤耐温较低的保温材料。

8.3.6 外护管是接口处防水的主要屏障，并有承受外荷载和传递应力的要求。因此，对补口外护管的施工提出了严格要求。外护管要作 100%超声波探伤和严密性试验。

外护管补口套管采用对接焊接是为了外护管的应力传递和稳定性要求。要求多层焊接是为防止穿透性缺陷。

补口段外护管的除锈等级要求与直管段相同，但除锈工艺可根据现场条件确定，电火花检漏的耐电压水平也与直管段一致，目的是保证全管线管道的寿命。

外护管的焊接效果直接影响管道保温和防水、抽真空效果，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。

8.4 真空系统安装

8.4.1 初次抽真空时，外护管内的空气湿度较大，常常伴有冷凝水，因此对设备提出特殊要求。

8.4.3 保持真空度能有效地降低散热损失。

8.5 试压、吹扫及试运行

8.5.1 《城镇供热管网工程施工及验收规范》CJJ 28－2014 中已有明确的规定，强度和严密性试验是检验管道整体焊接质量的标准，对于外护管，由于外护管不承受压力，做气密性试验即可满足要求。

8.5.3 对吹洗压力限制是考虑到安全，对流速规定不低于30m/s是总结国内经验提出来的，流速过低难以吹洗干净。如吹洗流速低于30m/s，应增加吹洗次数。

8.6 施 工 验 收

8.6.2 为便于检查和维修，规定对补偿器等直埋蒸汽管路附件位置作出标识。对裸露地面的排潮管等易造成烫伤的部件，要求有标记和防护措施，有利于防患于未然。

9 运行管理

9.1 一般规定

9.1.2 疏水井、检查井及构筑物内往往积水或潮湿，当有人在井内抽水时，为保证人身安全，并严禁使用潜水泵抽水。井室内若用明火照明，可能造成缺氧使人窒息。

9.1.3 直埋蒸汽管道一般在城市内敷设，其地下管网复杂，往往与燃气等管网交叉。因此，当发现井室或构筑物内有异味时，应进行通风。若通风效果不好，要进行检测是否为可燃或有害气体，确保安全。

9.1.4 本条所说的最小流量，即为设计计算最小安全流量。若管道运行时低于该流量，管道将会产生“汽水冲击”现象。由于直埋蒸汽管道疏水工作难度较大，“汽水冲击”现象出现的频率较架空管道高，因此在运行时，要尽可能避免小流量运行。若无法避免，应采取相应措施，如双管敷设加运行疏水器或末端排汽等，必要时停止运行，以保证管道的安全性。

9.2 运行前的准备

9.2.1 本条规定停运“两年”时间的管道，应进行吹扫和水压试验，“两年”时间的规定是通过实际调查和实际割管检测确定的。蒸汽管道停运后，因管内潮湿及空气进入，其腐蚀是非常严重的。为了保证安全，重新运行时应进行吹扫和水压试验，把内部的氧化层和杂质吹扫掉，并按规定进行水压试验。

9.3 暖　管

9.3.5 根据排潮管的工作状况，可以判断工作管或外护管是否产生泄漏。当出现泄漏时，外护管的温度将会高于设计温度，此

时不应继续进行暖管。对于保温层排潮时，虽对外护管寿命有一定的影响，但相对损失较小，可烘干运行一段时间后再进行补救处理。通过实际调查发现，此种情况下进行24h暖管对外护管破坏程度不是很大，24h是个经验数据，是上限。

9.4 运行维护

9.4.2 记录直埋蒸汽管道外表面温度是指管道最不利点（段）的外护管的表面温度，保温层层间温度是指保温材料间的界面温度，通过监测，控制其温度不超过设计值。

9.4.4 直埋蒸汽管道属隐蔽地下设施，与架空、地沟管道不同，检查难度较大。为了保证管道的使用寿命和安全运行，本条规定每两年对管道定期检测一次，要求对工作管和外护管的壁厚、保温材料性能等进行检测。

9.5 停 止 运 行

9.5.3 凝结水温度过高，会影响排水管道的安全，因此要控制凝结水的温度。

9.5.4 为了防止工作管道内部的氧腐蚀，需要对工作管道内部充满除氧水或充惰性气体（氮气），如果停运时间较长，还需要对外护管内部充惰性气体（氮气）。





统一书号：15112·23955
定　　价：**14.00**　元