

城镇供热蒸汽管网设计规范

Design code for city steam heating network

编制说明

《城镇供热蒸汽管网设计规范》标准编制组

2021年9月

《城镇供热蒸汽管网设计规范》编制说明

一、任务来源

根据上海市循环经济协会关于下达【《城镇供热蒸汽管网设计规范》等两项团体标准立项和制订计划的通知】（沪循协【2020】25号）的要求，团体标准《城镇供热蒸汽管网设计规范》已列入编制计划，由上海科华热力管道有限公司为第一起草单位。

二、项目背景及标准编制的意义、原则

1、项目背景

我国改革开放四十年来，伴随工业化进程，我国耗能大幅增加，环境污染严重。国家为此将节能减排定为国策。工业蒸汽管网是实现集中供热的重要市政设施，365天连续运转。热网和热电厂是涉能相当的大户。我国的热电厂耗能指标已处于国际先进水平，继续降低能耗空间已很小。蒸汽管网则不然，一则我国大规模建造蒸汽管网的历史很短，起点低；二则国际上发达国家很少见蒸汽管网。其他发展中国家也未形成规模集中供热。因此，我国蒸汽管网技术水平有很大提升空间。到目前为止，我国尚没有一部专门针对市政供热工业蒸汽的管网设计的规范。

2、标准编制意义

在拟编制的“规范”中，将突出强调保障热网运行热效率的重要性；将提出（蒸汽）量与（管线）长之比的指导性指标——量长比；提出比温降 $^{\circ}\text{C}/\text{Km}$ 和比压降 Mpa/Km ；提出合理的管道保温结构和性价比最高的管道保温层厚度的指标；提出热网管道的基本散热强度和管网附加散热率指标。除了管网热效率 η 之外，上述各项指标在国家现行规范中都是没有出现过的。

此外，现行设计规范及参考资料推荐的蒸汽管道最小保温厚度或允许最大散热损失的指标，是造成现行市政蒸汽管网热效率低下的重要原因之一。本次规范编制将明确予以删除并建立适合市政蒸汽管网的设计的指导指标。

3、编制原则

- 1) 随着集中供热技术的发展，城镇供热蒸汽管网在我国会大面积推广应用。

2) 本标准在制订过程中,本着科学性、先进性与适用性的原则,将欧洲先进技术、我国的实际工程经验与我国国情相结合。

3) 主要章节内容

本规范适用于蒸汽压力小于和等于 2.5MPa,温度小于和等于 350℃的城镇供热蒸汽管网。

主要技术内容:热负荷、热媒参数、管网布置和管网形式、热补偿、水力计算、热力计算、管网热工检测与控制、管网热效率、外护管防腐等等。

主编单位在标准编制任务下达后,已完成了该标准的草案,作为标准编制的大纲。

4) 与近年来新发布的其他标准中的有关规定协调一致。

三、编写目的

城镇供热蒸汽管网是城市的基础设施之一,与人民的生活密切相关,由于城市建设的需要,城镇供热蒸汽管网日益普遍。因此,为了适应当前我国供热行业发展的需要,并将我国近年的发展经验转化到标准中,特编制本标准,建立适合市政蒸汽管网设计的指导指标。

本标准的制订,对城镇供热蒸汽管道在我国大面积推广应用,将起到促进和技术保障作用,对提高城镇供热管网建设水平、减少管网维修量、提高劳动生产率、降低供热管网漏损率等具有重要作用,对保障城市供热安全和供热节能,促进节能减排工作具有重要意义。

四、制定标准与现行法律、法规、标准的关系

目前,国家标准《设备及管道绝热技术通则》GB/T 4272、《设备及管道绝热设计导则》GB/T 8175、《压力管道规范 公用管道》GB/T 38942、行业标准《城镇供热管网设计规范》CJJ 34、《城镇供热直埋蒸汽管道技术规程》CJJ/T104、《城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件》CJJ 246、《城镇供热直埋热水管道技术规程》CJJ/T 81、《发电厂汽水管道应力计算技术规定》DL/T 5366。为本规范编制奠定了坚实基础。

本标准结合我国的工程实际,在总结实践经验,参考有关国际先进经验,经多方征求意见的基础上编制的。编制组结合城镇供热的特点,查阅了大量的资料。

五、编制工作过程

1、起草初稿

主编单位成立了专门的编制组,相关专业技术骨干参加了规程的讨论及起草工

作。结合工程实践并参考相关规范、规程，起草了该标准的大纲和初步内容。

2、编制组第一次工作会议

2020年12月22日在上海市召开了标准编制组成立暨第一次工作会议。上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、上海五零盛同信息科技有限公司、上海市机电设计研究院有限公司、上海亨斯迈聚氨酯有限公司、河北华热工程设计有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表15人，会议由上海市循环经济协会主持。

上海市循环经济协会秘书长蔡智刚主持会议并作了发言，指出《城镇供热蒸汽管网设计规范》标准编制工作的目的和意义，上海科华热力管道有限公司陈雷宣布了本标准编制组的成员名单。

上海市循环经济协会秘书长蔡智刚指出标准化改革后的主要政策，强调团体标准的重要性，并对标准的编制提出了具体要求和注意事项，主编单位对标准的编制大纲和标准草案稿内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要：

- 1、根据编制大纲确定了标准的编写分工。
- 2、确定了标准的编制进度安排。
- 3、对主编单位提出的编制大纲和草案稿进行了讨论，会后提出意见以书面形式发给主编单位。
- 4、将管道保温计算与保温结构设计写在规范性附录中。
- 5、增加管道材料及保温材料选择的章节。
- 6、需确认是否要增加管网运行、施工与验收的章节。
- 7、主编单位在会议结束一周后将标准初稿 word 版发给各参编单位，参编单位在收到后两周内将各自编写的章节内容汇总给主编单位。

3、编制组第二次工作会议

2021年3月5日至6日在上海市召开了标准编制组第二次工作会议。上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、武汉市燃气热力规划设计院有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表12人，会议由上海市循环经济协会主持。

主编单位对标准的讨论稿内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。

编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，

形成以下纪要，主要修改内容：

- 1) 重新核实标准中的引用标准。标准中没有引用的删除。
- 2) 修改术语 3.1.1 去掉“加权”。
- 3) 将 5.1 热网参数中的参数解释放到术语中，包括公称压力、计算压力、操作压力、设计压力、操作温度、设计温度、环境温度等。
- 4) 4.2.1 公式中，对 K_1 、 K_2 两个系数做条文说明。
- 5) 5.1.1.5 公式中，更改安全裕量 C_p 的符号。将“热网压力等级分别为 0.6MPa、1.0MPa、1.6MPa 和 2.5MPa。”单独作为一个条目。
- 6) 5.1.2.4 公式中，更改安全裕量 C_t 的符号。
- 7) 5.1.3 和 5.1.4 条中比温降和比压降的数值，由各单位再各自核算后确认。
(并说明是针对主干线)
- 8) 修改 5.1.6 条款。
- 9) 删除 5.2.1 热媒种类所有内容。
- 10) 将 11.2 条热效率的标准值放到第五章节内。
- 11) 将 6.4 及 6.5 条款中引用标准条款直接作为正文内容。
- 12) 6.9 条款中“联通管”做条文说明。
- 13) 6.11 条，修改为“轴向波纹管不宜靠近弯头布置”。
- 14) 修改 6.12 条款。
- 15) 修改 6.13 条款，并做条文说明。
- 16) 6.11 条中公式单位不一致，需重新校对。表格内需新增 DN1100、DN1200 的最小量长比数据。
- 17) 第 6 章中，增加阀门布置、三通、固定节布置、支架布置等内容。
- 18) 修改 7.1 条款。
- 19) 7.2.2 条中“安定补偿方法”做条文说明。
- 20) 修改 7.2.3 条款。
- 21) 7.3.3 条做条文说明。
- 22) 8.1.1 条，修改公式中 G 和 ρ 的符号说明。
- 22) 修改表格 8-1 的内容，补充数表头、数据和出处。
- 23) 删除 8.1.4 条款及表格。
- 24) 删除 8.1.5.1 条款。
- 25) 删除 8.1.5.3 条款。
- 26) 将 8.2.4 条及 8.2.5 条内容修改并合并为一条。
- 27) 新增条款 8.2.6 “应校核水压试验下的壁厚值”。

- 28) 修改 9.4 条款及公式。
- 29) 删除 9.5.2 条款。
- 30) 修改 9.5.3 条款。
- 31) 修改 10.1 条款。
- 32) 修改 10.5 条款。
- 33) 修改 11.1 公式中的符号，与之前符号需一致。
- 34) 修改 12.1、12.2 条款，将引用标准条款直接放入标准正文中。
- 36) 修改 12.3 条款。

4、编制组第三次工作会议

2021 年 4 月 23 日至 24 日在上海市召开了标准编制组第三次工作会议。上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、武汉市燃气热力规划设计院有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司、上海亨斯迈聚氨酯有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表 11 人，会议由主编单位主持。

主编单位对标准的讨论稿内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。

编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要，主要修改内容：

- 1) 修改术语“3.1.2 比温降”、“3.1.3 比压降”、“3.1.7 设计压力”、“3.1.9 设计温度”。
- 2) 删除术语 3.1.10。
- 3) 3.2 符号中的单位全部删除，并修改符号，与后面公式对应。
- 4) 修改 4.2.1，并对 K1 做条文说明。
- 5) 增加 4.2.3 条，将原 4.2.3 条改为 4.2.4 条。
- 6) 5.1.1 条，增加条文说明“最不利用户”解释。
- 7) 5.1.4 条，增加条文说明“平均热效率”
- 7) 修改 5.1.5 条比温降要求。
- 8) 修改 5.1.6 条比压降要求。
- 9) 修改 5.1.7 条内容。
- 10) 删除 5.1.8 条。
- 11) 修改 5.2 条内容。
- 12) 修改 6.17 条、6.20 条、6.21 条、6.22 条、6.23 条、6.24 条内容。
- 13) 修改 7.2.2 条、7.2.3 条内容，并对 7.2.2 条安定补偿方法做条文说明。

- 14) 删除 7.2.4 条、7.2.5 条。
- 15) 修改 7.3.2 条、7.4.1 条、7.4.2 条、7.5.1 条、7.5.2 条内容。
- 16) 删除 8.1.5 条、8.1.6 条。
- 17) 修改 8.2.2 条内容。
- 18) 9.3.3 条公式，与 9.3.1 条公式合并。
- 19) 将 9.4 条公式下方文字说明移到条文说明中。
- 20) 修改 9.5.1 条、9.5.2 条、9.5.5 条、9.5.9 条内容，9.5.3 条内容重新编写。
- 21) 9.5.4 条内容做条文说明。
- 22) 修改 10.1 条、10.2 条、10.3 条内容。
- 23) 10.3 条、10.4 条做条文说明。
- 24) 删除 12.3 条、12.8 条。
- 25) 修改 12.6 条、12.7 条。
- 26) 增加管道应力计算章节，参考 CJJ34 内容编写。
- 27) 附录 E 改为“推荐”壁厚
- 28) 附录 G 保温厚度及散热强度参考表重新编写。

会后经编制组共同努力，形成了标准的征求意见稿。

5、标准征求意见

2021 年 6 月 10 日，经上海市循环经济协会同意，由上海市循环经济协会以电子邮件的方式向全国范围相关单位和个人广泛征求意见，发送信函的范围包括生产企业、全国热力公司、供热管理部门、主要从事热力工程设计的设计院、相关科研院所等，发送标准征求意见稿 18 余份。收到回复意见 12 份。

对征求意见稿的反馈意见进行了汇总和处理，将所有意见进行了汇总，共有意见 199 条，采纳意见 121 条，未采纳意见 76 条，部分采纳意见 2 条，对未采纳的意见做出了说明。

6、编制组第四次工作会议

2021 年 7 月 23 日，编制组在上海市召开了第四次工作组会议。

上海科华热力管道有限公司、上海燃气工程设计研究有限公司、华东理工设计研究院有限公司、武汉市燃气热力规划设计院有限公司、浙江阿斯克建材科技股份有限公司、上海亨斯迈聚氨酯有限公司等标准编制单位和上海市循环经济协会领导出席了会议，到会代表 12 人，会议由主编单位主持。

主编单位对标准的征求意见稿和反馈意见内容作了介绍，与会人员进行了认真的讨论，提出了许多具体的修改意见和建议，并对一些技术问题进行了交流。

编制组经过认真工作，完成了本次会议的预期任务，并对下一步工作进行确认，形成以下纪要，主要修改内容：

- 1) 修改“1.范围”。
- 2) 删除“2 规范性引用文件”中未被引用的标准。
- 3) 修改术语 3.6 设计压力的解释。
- 4) 修改“4 符号”，正文中没有或说法不一致的进行修改整理。
- 5) 修改 5.1 及 5.2 条，部分内容放入条文说明中。
- 6) 修改 5.5 及 5.6 条，部分内容放入条文说明中。
- 7) “6 热网参数和热媒参数”改为“6 热网参数”，删除 6.2、6.2.1、6.2.2 条内容。
- 8) 6.1.2 条放入条文说明。
- 9) 6.1.4 条增加条文说明，引入“碳达峰、碳中和、节能降耗”等词语。
- 10) 7.9 条增加条文说明。
- 11) 补充 7.15.2.5 支吊架跨距计算公式。
- 12) 修改 7.22 条
- 13) 修改 7.23 条内容，并增加条文说明。
- 14) 增加 7.25 条，“直埋疏水装置宜靠近固定墩且远离波纹补偿器引出。靠近出地端的疏水宜与弯管一起引出。”
- 15) 8.2.3 增加条文说明。
- 16) 修改 8.2.4 条，增加条文说明，补充旋转补偿器的布置和选型。
- 17) 8.4.1 及 8.4.2 条根据反馈意见重新写。
- 18) 修改 9.1.1 条公式。
- 19) 表 5 增加旋转补偿器及蝶阀的局部阻力系数。
- 20) 修改 11.1.1 及 11.1.2 条内容。
- 21) 修改 11.2 条公式，将摩擦系数分开取。
- 22) 11.2-2) 条，补充自然补偿时，补偿弯的弹性反力。
- 23) 11.4.1 条，补充焊缝修正系数取值表。
- 24) 修改 11.5.2 条，简化内容，增加条文说明。
- 25) 修改 12.5 条。
- 26) “14 外护管防腐”改为“14 防腐”
- 27) 修改 14.4 条内容。
- 28) 附录顺序修改，正文中最先出现的为 A。
- 29) 修改 A.2.2 及 A.2.3 条

30) 附录 G 管径“ ϕ ”改为“DN”。

会后经编制组共同努力，形成了标准的送审稿。

7、标准审查会

经上海市循环经济协会标准化专业技术委员会管理部门同意，审查会于2021年8月25日在上海举行。会议由上海市循环经济协会标准化专业技术委员会主持。参加会议的有上海市循环经济协会的代表、有关单位的专家以及编制组成员。会议组成了以虞正发为组长的审查专家组。主要修改意见：

- 1) 对规范性引用文件逐条核实。
- 2) 对标准中所有公式的量纲进行核对；
- 3) 标准格式按GB/T1.1修改完善；
- 4) 将条文说明内容放入编制说明。

其他修改意见：

- 1) 范围中“蒸汽压力”“温度”改为“蒸汽设计压力”、“设计温度”；
- 2) 对“平均流量”的定义做出说明；
- 3) 7.14.1条内容合并入7.14条；
- 4) 11.5.2条在材质中加入L245；
- 5) 14.1条和14.2条条文存在歧义，修改14.1条内容；
- 6) 本标准范围最高到2.5MPa，附录B《蒸汽管网最小量长比》最高工作压力2.0MPa，存在矛盾，增加附录B2.5MPa的量长比数据。

会后经编制组共同努力，形成了标准的报批稿。

六、标准条文说明

1 范围

本规范为城镇供热蒸汽管网设计规范。城镇供热蒸汽管网是城市的基础设施之一，与人民的生活密切相关，由于城市建设的需要，城镇供热蒸汽管网日益普遍。因此，为了适应当前我国供热行业发展的需要，并将我国近年的发展经验转化到标准中，建立适合城镇蒸汽管网设计的指导规范，特编制此规范。

本规范主要规定了城镇供热管网的设计计算、热工检测与控制要求等。城镇蒸汽管网的设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行相关标准的规定。

5 热负荷

5.2 在作城市规划和作供热管网规划时都需要所在区域当下需要的热量。每个用户在单位时间需要的热量各不相同。用户在不同的时间需要的热量也不相同。全体用户不会在同一时间都需要最大热量值。对此用同时使用系数来处理。用户中最大用

汽户的同时使用系数 K_1 ，可取 1。其余用户依用汽量大小分别取 K_1 等于 0.9、0.8、0.7。每个热网工程都有自身的特点。 K_1 取值由设计者判断、选取，没有一个绝对正确的唯一的值。

当以年为单位讨论时间，每年热用户是会变化的，热网建设应当从发展变化的视角预先有所安排。这就是公式中系数 K_2 的必要性。

6 热网参数

6.1 蒸汽管网的用户对热网提供的蒸汽压力值是有要求的。这类用户通常因为生产工艺对饱和温度值有特定要求。热网提供给这些用户的蒸汽压力应等于或高于用户要求的压力值。距离热网热源较近的用户，热网可供给用户的蒸汽压力高于用户的需要值。距热源点越远，热网可资用的压头越小。因此，热网中最不利用户通常是距热源较远（不一定最远），且对蒸汽压力有严格要求的那一个。热网的设计压力取值满足了最不利用户的要求，其他用户的要求都可以得到保障。

C_P 取值：当计算结果使设计压力跨越压力等级值时， C_P 取值可小于 0.18，但 C_P 不得取负值。热网压力等级分别为 0.6MPa、1.0MPa、1.6MPa、2.5MPa。

6.2 本条计算公式是针对热网入口为过热蒸汽工况给出的。热网用户要求的供汽温度人为地被拔高，在热网设计中是常见现象，对热网效率很有害。因此，在热网规划设计中获取合理的用户用汽温度十分重要。热网设计中常见的思维方法是根据热源可提供的最高温度与用户需要的温度之差，即热网资用温差作热网设计。根据热源可提供给热网的最大资用温差，作管道保温设计，这种思维方法是不对的，正确的思路是在满足用户对热品质（指蒸汽压力、温度）的要求前提下，对热网管道作最充分的保温设计。使管网的比温降尽量地小，以此来决定热网入口温度。当热源可提供的蒸汽温度高于设计得出的热网入口温度时，通过设置热网入口减温装置来使蒸汽符合热网设计要求。

6.3 多年以来，节能减排就已经被定为我们国家的国策。集中供热、热电联产就是在这一基本政策下的产物。在长达 40 年国民经济高速发展进程中发挥了重要作用。而且大规模的工业蒸汽热网又是我国独有的特色。由于早年经济发展起步阶段国内技术水平普遍偏低，热网技术也不例外。另一个原因是政府出于保护人民生命安全，将蒸汽管网纳入压力管道范围，予以严厉监管。这也使得热网从业人员将较多的精力放到了热网安全上面。而热网运行中热能消耗状况基本上缺少监管。

2020 年我国承诺为了保护地球家园，中国政府保证在 2030 年实现碳达峰，到 2060 年实现碳中和。在整个国民经济及社会活动中，热电行业消耗的碳指标超过 50%。热网在热电行业中也占据重要位置。蒸汽管网全年运行，从时间上，汽网比水网占

据更大的权重，这是编制本规范的社会背景，鉴于此，编写组在组织本规范的内容时，对节能措施给予了格外的关注。在热媒参数选定、保温结构设计方面做出了方向性引导。规范中还设定了一些约束性指标，如比温降、量长比、附加散热系数等。对控制蒸汽管网能耗给予了必要的引导和干预。在此基础上编写组引入了GB/T28638-2012“城镇供热管道保温结构散热损失测试与保温效果评定方法”中关于蒸汽管网热效率应当达到92%以上的指标。编写组通过充分讨论，认为当下让蒸汽管网热效率达到92%以上是完全可以做得到的。

6.4 蒸汽在管网中沿程散热，外在表现为蒸汽温度下降。热网比温降的指标目的在于控制热网流失热量的烈度，以便使热网保持较高的热效率。蒸汽在管道中流动得越快，则散热的的时间就短，热损失就小，表现为比温降小，但流速越高，流动阻力就越高，且呈指数关系变化。管径越小反应越强烈。热网比温降和比压降是两个相悖的指标，管径越小，情况越严重。

根据热平衡关系，对一条均匀一致的管道

$$\begin{aligned} G(h_0 - h_e) &= q(1 + \alpha) \times 3.6 \times L \\ CG_d c_p (t_0 - t_e) &= q(1 + \alpha) \times 3.6 \times L \\ CG_d c_p \Delta t &= q(1 + \alpha) \times 3.6 \times L \\ \Delta t/L &= \frac{q(1 + \alpha) \times 3.6}{CG_d c_p} \end{aligned}$$

式中：

$\Delta t/L$ ——管线的比温降，单位为摄氏度每千米（ $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ ）；

q ——管线全程平均散热强度，单位为瓦每米（ W/m ）；

α ——管线附加散热系数，无因次，取0.1~0.2；

G_d ——管线设计蒸汽流量，单位为吨每小时（ t/h ）；

C ——管线负荷系数，此处可按平均状态，等于0.7；

c_p ——管线中蒸汽平均定压比热，单位为千焦每千克摄氏度（ $\text{kJ}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ）。

比温降指标主要针对热网的干管和针对热网整体。小口径管道应力求短小，以便降低其在热网中的权重。小口径管道比温降值可不受本条给出的量值限制。

6.5 本条给出的蒸汽管网中每公里长管道中蒸汽压力损失应不大于0.03MPa/km指的是自热网入口到最不利用户全线平均蒸汽压降。管网干线大口径管道中比压降应小于0.03MPa/km。节省出来的资用压头用以补偿末端支线及入户线小口径管道压力损失。如果末端小口径管道也要求比压降小于0.03MPa/km，末端管道中蒸汽流速将变得很低，使沿程散热充分，导致末端管段每公里温降大幅度上升，为避免末端蒸汽温度急剧下降，应允许管网末端小口径管道的比压降大于0.03MPa/km。

对于管网近入口处及中部支线，资用压头较富裕，更无须受限于0.03MPa/km的指标限制。

7 管网布置和管网形式

7.8 根据在线热网调查分析，环状蒸汽管网管径较大，管中蒸汽流速低。因此引起管中蒸汽损失热量严重，在极端工况下，局部环管线中蒸汽流速可趋近零。但管道中充满蒸汽，管道散热并不因介质不流动而停止（这和冷、热水管网有重大区别）。蒸汽管网因此热效率低下，冷凝水量在热网供汽量中占比与枝状管网比较，环网明显居高。同时环网中发生汽水冲击的风险也因此升高。此外环网造价比枝状网也高。因此，蒸汽管网不适合采用环状管网。

7.9 联通管是热网设计中常用手法。当两条主干线横向距离不是很远时，为了方便热负荷调剂，又为了提高热网供热保障率（可靠性）以及方便检修，常在两条干线靠近的位置设置联通管。联通管上没有热用户。联通管通常有较大的输汽能力，而在较多的时间，联通管多备而不用。联通管如果与主网处于开通状态，联通管中将充满与主网管道相等（相近）压力的蒸汽。联通管中蒸汽流速如果很低，或者不流动，联通管中将持续地产生冷凝水。这对热网是完全无效的能量消耗。联通管越长，其副作用越大。所以蒸汽管网上设置联通管有利有弊。联通管两端设切断阀，在不需时可将联通管与主管网完全切断，可避免产生额外的热损失。联通管的设置，必然加大建设成本。除非确有必要，原则上蒸汽管网上不建议设置联通管。

7.11 蒸汽管网的热用户有一些属于间歇用汽类型。在用户不需要蒸汽的时间段，管段中蒸汽因不流动已饱和。如果因某种原因管中冷凝水没有排到管线外，积存在管道中。当用户再次开启阀门用汽时，高速汽流会推动管中积水形成高速水柱。如果前方有弯头，水柱将冲击弯头，称为汽水冲击。发生水击时，局部产生高压。金属波纹管补偿器如果靠近弯头，波纹管将可能在瞬时高压作用下爆裂。因此，设计中应避免在弯头附近设置金属波纹管补偿器。

7.13 埋地蒸汽管出地弯头的外套管管口分敞开式和封闭式两种。对于开口式的出地弯头，如果管口距离地面高度较低，在暴雨中地上水位如果超过出地套管管口，将造成雨水倒灌。这将严重损坏管道保温层功能，后果严重。故对于开口式外套钢管，其管口位置应确保高出地面可能发生的积水高度。

7.14 热网管线量长比公式：

$$G_0 h_0 - \sum G_e h_e = \sum q_i (1 + \alpha) L_i \times 3.6$$
$$1 - \frac{\sum G_e h_e}{G_0 h_0} = \frac{\sum q_i (1 + \alpha) L_i \times 3.6}{G_0 h_0}$$

式中

$$\frac{\sum G_e h_e}{G_0 h_0} = \eta$$

η 是管网热效率, 前面等式交换一下,

$$1 - \eta = \frac{\sum q_i (1 + \alpha) L_i \times 3.6}{G_0 h_0}$$

式中

α ——管线附加散热系数, 应不大于 0.2;

L_i ——各规格管线长度, 单位为千米 (km);

G_0 ——管线入口蒸汽流量, 单位为吨每小时 (t/h)。

取 $\alpha = 0.2$, 在 $G_0 = 0.7G_d$ 工况下, $\eta \geq 92\%$, 代入上述公式

$$\begin{aligned} 1 - \frac{\sum q_i (1 + 0.2) L_i \times 3.6}{0.7 G_d h_0} &\geq 92\% \\ \frac{4.32 \sum q_i L_i}{0.7 \frac{G_d}{L} h_0 \cdot L} &\leq 0.08 \\ \frac{G_d}{L} &\geq \frac{77.143 \sum q_i L_i}{h_0 \cdot L} \\ L &= \sum L_i \end{aligned}$$

当 $G_m = K \cdot G_d \neq 0.7G_d$ 时, 量长比公式中系数取 $\frac{0.7}{K} \times 77.143$, 附录 B 表中温度为管网平均工况下计算管段及其下游管段介质加权平均温度 $t = \sum t_{mi} L_i / \sum L_i$ 。

7.25 直埋敷设蒸汽管网由于种种原因, 在管道保温层、保温夹层中有少量水, 管网建造过程中, 一些不可控因素也可能使外套管内积水。为了管网寿命不因积水引起钢套管腐蚀而受损, 又为了保温效果不因浸水而遭破坏, 在热网投产后, 排除管道保温层、夹层中的水分是必要的。为此, 可在管线适当位置设置排潮管。蒸汽将使大部分保温层、夹层中的水分汽化并通过排潮管排到管网外。这一过程将在热网投产后一周内结束 (事故进水时此周期可延长到一个月以上)。至此管线上的排潮管的使命宣告结束。根据目前的管网安装技术和监检要求, 管网运行中泄漏的概率极低。如果管网上仍然保留排潮管, 将有很大的概率发生在灾害天气, 经排潮管将雨水倒灌到管道保温夹层中。因此, 本次规范要求热网初运行阶段, 进入正常运行后将排潮管切除。如果是想通过“引出管”发现管网蒸汽泄漏 (主要针对波纹补偿器), “引出管”的名称应当叫信号管。其功能已不是“排潮”, 其结构、配置应另行考虑。

8 热补偿

8.1.2 蒸汽管网用低碳钢材钢管输送蒸汽。热网建造时环境温度大约为 20℃。运行

中的管网中蒸汽温度大约在 150℃~350℃ 区间。蒸汽钢管从安装状态到运行状态，温度升高了几百度。低碳钢的物理特性之一是热胀冷缩。反映此特性的公式如下：

$$\Delta L = L \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

公式中

Δt ——钢材温度变化，单位为摄氏度（℃）；

α ——钢材线性膨胀系数，单位为米每米摄氏度[m/(m℃)]；

L ——钢管长度，单位为米（m）；

ΔL ——温度变化导致钢管长度变化的量，单位为米（m）。

低碳钢材另一个特性是，当钢材温度发生了变化，但钢构件受外界约束，构件尺寸不能变化，此时构件材料内部产生应力，反映钢材这一物理性质的公式如下：

$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

公式中

Δt ——钢材温度变化，单位为摄氏度（℃）；

α ——钢材线性膨胀系数，单位为米每米摄氏度[m/(m℃)]；

E ——钢材的弹性模量，单位为兆帕（MPa）；

σ ——钢材中产生的应力，单位为兆帕（MPa）。

同时可得

$$\frac{\sigma}{E} = \alpha \cdot \Delta t = \frac{\Delta L}{L} = \varepsilon$$
$$\sigma = \varepsilon \cdot E$$

公式中

ε ——钢构件的应变，无因次。

$$\sigma = E \cdot \varepsilon$$

显然热网蒸汽温度变化值越大，对钢管带来的变化越大。当钢管不受约束时，钢管尺寸变化越大；当钢管尺寸完全受约束，钢管材料中应力变化越大。介于中间状态，温度变化引起了钢管发生了一部（即不是全部）尺寸变化。温度变化的“作用”的另一部分，使钢管中应力发生变化。

蒸汽钢管的钢材可承受很高的应力。例如 Q235 钢在应力不超过 235MPa，钢材保持弹性状态。应力消失后钢材恢复原状。较低的温度变化范围（例如 $\Delta t < 50^\circ\text{C}$ ）引起钢材应力变化，即使反复作用，钢材仍然是安全的（即不发生疲劳破坏）。

蒸汽管网应对蒸汽温度变化，通常的作法是在管线中设置补偿器，吸收温度变化引起的钢管伸缩。

管网中的弯管，通过自身弹性变形，可以吸收少量热网管线的长度变化，称作自然补偿。

对蒸汽温度不超过 180℃~200℃ 的热网管段，采用较好材质钢管，例如 20、20G，采用无补偿直埋敷设技术也是可行的。

利用钢管的弹性范围吸收应力的能力，与热网补偿器组合，可以避免补偿器频繁动作，可以防止补偿器疲劳破坏。这种方法为部分无补偿，例如蒸汽 230℃，由

20℃到 200℃钢管热伸长量由补偿器吸收。由 200℃到 230℃，钢管承受 30℃温差作用引起的应力。

8.1.3 蒸汽管线经过厂区大门或横穿道路时，如需解决管道热补偿，可以利用出地弯管补偿或借助出地弯管将管道热伸缩引到地上来解决。为的是避免一旦地下设置的补偿器发生泄漏，需要维修或更换时，开挖作业妨碍交通。

8.1.4 架空敷设的蒸汽管道解决管道热伸缩问题，广泛地使用旋转补偿器。之所以如此是因为旋转补偿器补偿能力强、可靠性高，而且没有盲板力。设计、施工、运行都方便。旋转补偿器由两件以上旋转套筒和弯管、短管组合而成。组合方式很多，规范中不便于包罗万象、一一列举，设计人可从制造厂推荐的组合方式中选取适合的配置方案。旋转补偿器（组）需要至少四个弯管，还有可能配置短管，这增加了热网的蒸汽流动局部阻力。管径越大阻力影响越大。设置旋转补偿器（组）使管线由二维变成三维，不利于空间视觉处理。还因此使管网管线展开长度被放大，增加了散热面积。旋转补偿器还可能破坏管网保温层的连续性。因而使管网保温性能恶化。因此，管网中宜 200~300 米设置一组旋转补偿器。有的热网工程 40~50 米的管段也采用旋转补偿器，则成为扬长避短。这是不妥的方法。

9 水力计算

9.1 蒸汽管网介质在管中流动沿程阻力

$$R = \frac{\lambda}{d} \times \frac{\rho v^2}{2} \quad (9-1)$$

$$\text{或 } R = \frac{\lambda}{d} \times \frac{\rho v^2}{2} \times 10^{-6} \quad (9-2)$$

式中

R ——比摩阻，单位为兆帕每米（MPa/m）；

λ ——蒸汽对管道的摩擦系数，无因次；

d ——管道内径，单位为米（m）；

ρ ——蒸汽密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；

v ——蒸汽在管道内流速，单位为米每秒（m/s）。

对于市政蒸汽管网

$$\lambda = 0.11 \left(\frac{K}{d} \right)^{0.25} \quad (9-3)$$

式中

λ ——蒸汽对管道的摩擦系数，无因次；

K ——管壁粗糙度，取 0.0002m；
 d ——管道内径，单位为米（m）。

蒸汽流速

$$v = G \times (0.9\pi d^2 \rho)^{-1} \quad (9-4)$$

式中

v ——蒸汽在管道内流速，单位为米每秒（m/s）；
 d ——管道内径，单位为米（m）；
 ρ ——蒸汽密度，单位为千克每立方米（kg/m³）；
 G ——蒸汽流量，单位为吨每小时（t/h）。

管网中蒸汽流动受到沿程摩擦阻力和局部阻力

$$\Delta P = R(L + \sum L_d) \quad (9-5)$$

式中

R ——比摩阻，单位为兆帕每米（MPa/m）；
 L ——管线长度，单位为米（m）；
 L_d ——管线中局部阻力当量长度，单位为米（m）。

将公式 9-2、9-3、9-4 代入公式 9-5，得

$$\Delta P = \frac{0.000818(L + \sum L_d) \times G^2 \times 10^{-6}}{\rho d_i^{5.25}} \quad (9-6)$$

考虑到管道粗糙度 K 已留有余量，本规范不另行加入安全系数。

10 热力计算

10.5 保温管道上使用的保温材料都可以从相关资料中查到在常温下材料的导热系数。各种材料的导热系数几乎都随温度升高而增大。因此，常用保温材料都能找到导热系数与温度的关系式。材料的导热系数除了与温度有关系，还与自身密度有关。材料含水量也对材料的导热系数有明显影响。资料中提供的材料导热系数以及与温度的关系式是在标准状况下通过实验得出的。在工程中不可能永远完全实现标准条件，例如微孔硅酸钙和玻璃棉毡都是多孔材料，而且是开孔状态，很容易吸收空气中的水份。保温管保温层外侧部分总有一层其温度在 100℃ 以下。这一区域的玻璃棉无法保持干燥。其中的水份使材料的导热系数上升。此温度区间如果是硬质聚氨酯泡沫，或泡沫玻璃，材料中的泡孔大部分是封闭的，水份很难进入。因此，闭孔保温材料基本不受水份影响。相对于硬质保温材料，玻璃棉、硅酸铝棉毡一类材料很难维持标准的密度。即使材料自重也会引起其密度的改变。玻璃棉毡密度 ρ 等于 50kg/m³ 其导热系数最低。离开 50kg/m³ 或轻或重，玻璃棉导热系数都上升。工程中保温材料脱落、缺失也是难以完全避免的。对保温层热阻构成负面影响也是必然的。

因此，在热网管道保温计算中，在保温材料导热系数前面加上修正系数 C 是完全必要的。否则管道保温计算结果将不可靠。

10.6 蒸汽管道热工计算的目的是在满足用户要求的蒸汽品质（压力、温度）的前提下热网在较高的热效率下运行。为此，管网热工计算可按下列步骤进行：

- 1) 确定管道保温结构及保温层厚度。
- 2) 选择管网比温降值。从用户端起向热源端推进，初步确定各管段入口和出口蒸汽温度及管段蒸汽平均温度。
- 3) 依据各管段蒸汽平均温度和管段保温结构计算各管段基本热损失 q 。
- 4) 根据管段中蒸汽平均流量下蒸汽平均压力和平均温度，可从水蒸汽性质表中查找定压比热 c_p 。选择管段蒸汽流量系数 K_3 。普通热网 K_3 可取 0.7。
- 5) 上述选择的各项数据应使下列公式成立

$$K_3 G_d c_p (t_o - t_e) = q(1 + \alpha) \cdot L \cdot 3.6 \times 10^{-3}$$

可通过调整管道保温结构尺寸改变管道基本散热强度 q ，使等式成立。也可以微调管段中蒸汽温降 $(t_o - t_e)$ 使等式成立。

- 6) 由用户端依次向热源推进，并最终确定热网总入口蒸汽温度。当推算结果热网入口温度超过了热源可提供的温度值时，可依据可获得的热网总入口温度值从热网总入口起向用户端推进计算，直到在平均流量下蒸汽到达饱和状态为止。当下游饱和和管段长度可以被接受时，计算结束。

10.10 预制保温管道属于外滑动式保温结构，穿管工序需要在外套管与蒸汽管保温层最外层外表面之间留有 15mm~30mm 的空气夹层。补偿短管、补偿弯头中的夹层厚度更可达到 100mm~200mm。在夹层中热量通过对流和辐射两种方式传热：

$$q = q_1 + q_2$$

对流部分

$$q_1 = 0.18 \lambda_a \cdot (G_r \cdot P_r)^{0.25} (t_1 - t_2) \cdot \ln^{-1} \left(\frac{d + 2\delta}{d} \right)$$

辐射部分

$$q_2 = \pi d \varepsilon \cdot \sigma [(273 + t_1)^4 - (273 + t_2)^4]$$

公式中：

- t_1 ——保温层外表面温度， $^{\circ}\text{C}$ ；
- t_2 ——夹层外围表面温度， $^{\circ}\text{C}$ ；
- λ_a ——夹层中空气导热系数， $\text{W}/\text{m}^{\circ}\text{C}$ ；
- G_r ——夹层格拉晓夫数；

- P_r ——夹层空气普朗特数；
- d ——管道保温层外围直径，m；
- δ ——空气夹层厚度，m；
- ε ——夹层内、外表面材料黑度，无因次；
- σ ——辐射常数，等于 $5.667 \times 10^{-8} \text{W/m}^2\text{K}^4$ 。

经过对常见保温夹层热工计算，夹层温差($t_1 - t_2$)都很小，即夹层热阻可忽略不计。如果在空气夹层双面贴敷铝箔，可使辐射传热热阻明显上升。

11 强度计算

11.2 蒸汽管网在绝大多数场合都配置补偿器。运行中蒸汽管因管中蒸汽温度变化而伸长或收缩。这个过程产生摩擦阻力。对于外滑动式系统，计算摩擦力时的正压力 G 为工作钢管和管外保温层的重量、以及工作管上外加的垂直载荷。而对于硬质保温内滑动式系统，蒸汽管在保温材料形成的隧道中滑动。保温材料和工作钢管之间可能存在握裹力。握裹力可能远远大于工作钢管重量引起的重力。使得摩擦力很大，尤其是热网初运行时。为防止过大的摩擦阻力，应避免产生握裹力或事先消除握裹力。

蒸汽管网采用部分无补偿技术时，蒸汽钢管热伸缩受限位装置制约不能充分伸缩，并因此在蒸汽钢管中形成热应力。蒸汽管网上的固定节将承受由此产生的轴向力作用。热网未采用部分无补偿技术时，此项作用力不存在。

11.11 钢材在管网建造成本中占据重要位置。直埋敷设蒸汽管道多采用钢制外套管。钢材在保温管成本中占比更大。对于热网安全可靠而言，钢材的重要性更是无可争议地占据主导地位。因此在管网设计过程中，正确、合理地选用钢材非常重要。对于常规蒸汽管网（即本规范制定范围）Q235B 低碳钢无论外套钢管或工作钢管都可作为主选材料。只有在蒸汽温度超过 300°C 的地方才需要采用 20 号钢。至于 20G（锅炉用钢管）、20R（压力容器用钢）原则上无须选用。对于直埋方式敷设蒸汽管道，工作钢管需要承受较大应力，为此本规范还给出了承受应力性能更优越的钢材，列于下表，设计人员可以参考。

蒸汽管网用钢材

钢材牌号	使用温度 $^\circ\text{C}$	推荐使用范围
Q235B	<100	外护钢管
Q235B、20	≤ 300	工作钢管
20、20G、20R、Q345、16M	>300	工作钢管
20G、20R、25MnG、15CrMoG	≤ 180	无补偿敷设工作管

注：限定在本规范所列范围。

12 管网热工检测与控制

12.3 检测热网上各用户的蒸汽流量、压力、温度和热量，是热网运行管理必不可少的环节。这不但是商务结算的需要，也是对热网评定的需要。热网管理者可依据获得的数据对热网进行调节和改造优化。因此用户端蒸汽流量、压力、温度等参数的计量仪表在热网设计中必须配置。有条件时应当实现测量和自动控制。

七、标准负责起草单位和参加起草单位、标准主要起草人联系方式

序号	单位名称	联系人	联系电话	地址	邮箱
1	上海科华热力管道有限公司	陈雷	13918032516	上海市金山工业区定业路 188 号	Shkh2001@163.com
2	上海科华热力管道有限公司	吴晓菁	13818324032	上海市金山工业区定业路 188 号	Shkh2001@163.com
3	上海科华热力管道有限公司	陈天养	15358113138	上海市金山工业区定业路 188 号	Shkh2001@163.com
4	华东理工大学工程设计研究院有限公司	周俊飞	18601639660	上海市徐汇区梅陇路 130 号	zhoujunfei22@163.com
5	武汉市燃气热力规划设计院有限公司	罗旭光	17786421357	湖北省武汉市江岸区三眼桥三村 666 号 附 1	luoxuguang@wghpdi.com
6	上海燃气工程设计研究有限公司	潘泽刚	13505145530	上海市浦东新区崧山路 887 号	zegang.pan@shgedr.com
7	浙江阿斯克建材科技股份有限公司	裘益奇	13858556660	浙江省杭州市西湖区中节能西溪首座 A2-1-70M	sales_export@zjask.com