**** T/CECS XX-202X

|  |
| --- |
|  |

**中国工程建设标准化协会标准**

**预制架空蒸汽管道设计标准**

Design standard for prefabricated overhead steam pipeline network

（征求意见稿）

（提交反馈意见时，请将有关专利连同支持性文件一并附上）

**中国计划工业出版社**

**中国工程建设标准化协会标准**

**预制架空蒸汽管道设计标准**

Design standard for prefabricated overhead steam pipeline network

**T/CECS XX-202X**

主编单位：中国城市建设研究院有限公司

上海科华热力管道有限公司

批准单位：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年 月 日

中国计划工业出版社

202X 北 京

**前 言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2022年第一批协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字[2022]13号）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际和国外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准共分10章和6个附录，本标准的主要技术内容：总则、术语和符号、热负荷和管网设计参数、管网布置与敷设、水力计算、管道保温及防腐、强度计算、热补偿、管道支吊架、热工监测等。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会城市供热专业委员会归口管理，由中国城市建设研究院负责具体技术内容的解释。本标准在使用过程中如有需要修改或补充之处，请将有关资料和建议寄送解释单位（地址：北京市西城区德胜门外大街36号C座，邮编：100020）。

**主编单位**：中国城市建设研究院

上海科华热力管道有限公司

**参编单位：**中国市政工程华北设计研究总院

上海燃气工程设计研究院有限公司

中船双瑞（洛阳）特种装备股份有限公司

大连益多管道有限公司

江苏德新管道科技有限公司

唐山兴邦管道工程设备有限公司

浙江阿斯克建材科技股份有限公司

大连开元管道有限公司

天津市宇刚保温建材有限公司

内蒙古伟之杰节能设备有限公司

辽宁江丰保温材料有限公司

辽宁鸿鑫节能科技有限公司

天津市乾丰防腐保温工程有限公司

**本标准主要起草人员：**周 游 施海华 潘泽刚 王德永

杨玉强 张道伟 闵国伟 钱 琦

陈 雷 王 淮 燕勇鹏 邱华伟

山海峰 裘益奇 翟宝环 闫必行

姜庆章 周佳禄 宣玲国 刘 涛

**本标准主要审查人员：**

目 次

[1总 则 1](#_Toc163395920)

[2术语和符号 2](#_Toc163395921)

[2.1 术 语 2](#_Toc163395922)

[2.2 符 号 3](#_Toc163395923)

[3热负荷和热网设计参数 7](#_Toc163395924)

[3.1 热负荷 7](#_Toc163395925)

[3.2 热网设计参数 11](#_Toc163395926)

[**4** 管网布置与敷设 13](#_Toc163395927)

[4.1 管网布置 13](#_Toc163395928)

[4.2 管道敷设 15](#_Toc163395929)

[4.3 管道附件 16](#_Toc163395930)

[5 水力计算 19](#_Toc163395931)

[5.1 一般规定 19](#_Toc163395932)

[5.2 计算参数 21](#_Toc163395933)

[6 管道保温及防腐 27](#_Toc163395934)

[6.1 一般规定 27](#_Toc163395935)

[6.2 保温计算 28](#_Toc163395936)

[6.3 保温及外防护材料 31](#_Toc163395937)

[6.4 管道防腐 32](#_Toc163395938)

[6.5 保温补口 33](#_Toc163395939)

[7 强度计算 34](#_Toc163395940)

[8 热补偿 37](#_Toc163395941)

[8.1 一般规定 37](#_Toc163395942)

[8.2 自然补偿 38](#_Toc163395943)

[8.3 旋转补偿器 38](#_Toc163395944)

[8.4 波纹管补偿器补偿 41](#_Toc163395945)

[8.5 球型补偿器 43](#_Toc163395946)

[9 管道支吊架 45](#_Toc163395947)

[9.1 一般规定 45](#_Toc163395948)

[9.2 支吊架选用 46](#_Toc163395949)

[9.3 支吊架布置 46](#_Toc163395950)

[9.4 支吊架荷载 48](#_Toc163395951)

[9.5 支吊架间距 49](#_Toc163395952)

[10 热工监测与控制 52](#_Toc163395953)

[附录A 生产工艺热负荷调查表 54](#_Toc163395954)

[附录B 管道自然补偿能力判别 58](#_Toc163395955)

[附录C 自然补偿器计算 60](#_Toc163395956)

[附录D 架空蒸汽管道旋转补偿器典型布置及受力计算表 64](#_Toc163395957)

[附录E 架空蒸汽管道波纹补偿器典型布置及受力计算表 66](#_Toc163395958)

[附录F 架空蒸汽管道球型补偿器典型布置及受力计算表 69](#_Toc163395959)

[本规范用词说明 71](#_Toc163395960)

[引用标准目录 72](#_Toc163395961)

**Contents**

[1 General Provisions 1](#_Toc163244586)

[2 Terminology and Symbols 2](#_Toc163244587)

[2.1 Terminology 2](#_Toc163244588)

[2.2 Symbols 3](#_Toc163244589)

[3 Heat load and heating network design parameters 7](#_Toc163244590)

[3.1 Heat load 7](#_Toc163244591)

[3.2 Heating Network Design Parameters 11](#_Toc163244592)

[4 Pipeline Layout and Laying 13](#_Toc163244593)

[4.1 Pipeline Layout 13](#_Toc163244594)

[4.2 Pipeline laying 15](#_Toc163244595)

[4.3 Pipeline Accessories 16](#_Toc163244596)

[5 Hydraulic Calculation 19](#_Toc163244597)

[5.1 General Provisions 19](#_Toc163244598)

[5.2 Calculating Parameters 21](#_Toc163244599)

[6 Pipeline insulation and anti-corrosion 27](#_Toc163244600)

[6.1 General Provisions 27](#_Toc163244601)

[6.2 Insulation Calculation 28](#_Toc163244602)

[6.3 Insulation and External Protection Materials 31](#_Toc163244603)

[6.4 Pipeline anti-corrosion 32](#_Toc163244604)

[6.5 Insulation joint patching 33](#_Toc163244605)

[7 Strength Calculation 34](#_Toc163244606)

[8 Thermal Compensation 37](#_Toc163244607)

[8.1 General Provisions 37](#_Toc163244608)

[8.2 Natural Compensation 38](#_Toc163244609)

[8.3 Rotating Compensator 38](#_Toc163244610)

[8.4 Compensation for bellows compensator 41](#_Toc163244611)

[8.5 Ball type compensator 43](#_Toc163244612)

[9 Pipeline supports and hangers 46](#_Toc163244613)

[9.1 General Provisions 46](#_Toc163244614)

[9.2 Selection of Supports and Hangers 47](#_Toc163244615)

[9.3 Layout of Supports and Hangers 47](#_Toc163244616)

[9.4 Support and hanger load 49](#_Toc163244617)

[9.5 Distance between supports and hangers 50](#_Toc163244618)

[10 Thermal Monitoring and Control 53](#_Toc163244619)

[Appendix A Investigation Form for Heat Load of Production Process 55](#_Toc163244620)

[Appendix B Identification of Pipeline Natural Compensation Capability 59](#_Toc163244621)

[Appendix C Natural Compensator Calculation 61](#_Toc163244622)

[Appendix D Typical Compensation Pipe System Stress Calculation Table for Ripple Compensators 65](#_Toc163244623)

[Appendix E Layout and Calculation of Rotating Compensator 67](#_Toc163244624)

[Appendix F Spherical Compensator Layout and Calculation Table 69](#_Toc163244625)

[Explanation of Wording in This Standard 71](#_Toc163244626)

[List of Quoted Standards 72](#_Toc163244627)

# 1总 则

**1.0.1**  为规范预制架空蒸汽管道的设计，本着技术可行、安全可靠、经济合理的原则，统一技术要求，实现节能减碳，保证工程质量，制定本标准。

【条文说明】蒸汽管道架空是常用的管道敷设方式之一。不同于直埋敷设方式，蒸汽架空敷设管道补偿方式更多、对保温防护及支吊架防热桥要求更高，因而蒸汽管道应采用工厂预制产品。本着技术可行、安全可靠、经济合理的原则，在总结近年来架空蒸汽管道实践经验的基础上，通过制定本标准，指导架空蒸汽管道的设计，统一技术要求，提升工程质量。

**1.0.2** 本标准适用于蒸汽介质设计压力小于或等于2.5MPa，设计温度小于或等于350℃，架空、管沟、综合管廊、供热专用隧道敷设的预制蒸汽保温管道的设计。

【条文说明】为协调供热标准间关系，本条依据《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34确定架空蒸汽管道压力及温度参数。

**1.0.3** 在地震、湿陷性黄土、膨胀土等地区，架空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。

【条文说明】对地震、湿陷性黄土、膨胀土等特殊地区进行管网工程设计时，应注意遵守针对这些地区专门的设计标准的规定。

**1.0.4** 预制架空蒸汽管道的设计，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2术语和符号

## 2.1 术 语

**2.1.1** 比温降 specific temperature drop

单位长度蒸汽管道中温度下降的值。

**2.1.2** 比压降 specific pressure drop

单位长度蒸汽管道中压力下降的值。

**2.1.3** 设计压力 design pressure

设计工况下供热管道或设备承受的压力。

**2.1.4** 工作压力 operating pressure

运行工况下供热管道或设备承受的压力。

**2.1.5** 工作温度 operating temperature

管道在正常工况下运行的最高温度。

**2.1.6** 设计温度 design temperature

管道在正常情况下，设定元件的温度。

注：设计温度与设计压力一起作为设计条件。

**2.1.7** 同时率 simultaneity rate

区域（或企业）最大热负荷与各用户（各车间）的最大热负荷总和的比。

**2.1.8** 平均热负荷 average heating load

在一个时间周期内热网输送的热量与周期的比值。

**2.1.9** 最大热负荷 maximum heating load

在实际条件下可能出现的热负荷的最大值。

**2.1.10** 最小热负荷 minimum heating load

在实际条件下可能出现的热负荷的最小值。

## 2.2 符 号

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **—**—不同类型工业的用地面积 |
|  |  | ——腐蚀、磨损和机械强度要求的附加厚度 |
|  |  | ——管道壁厚负偏差附加值 |
|  |  | ——计算管段中蒸汽的平均定压比热 |
|  |  | ——工作管外径 |
|  |  | ——管道内径 |
|  |  | ——最外层保温层外径 |
|  |  | ——各保温层外径 |
|  |  | ——钢材弹性模量 |
|  |  | ——钢材在设计温度下的弹性模量 |
|  |  | ——单位长度轴向摩擦力 |
|  |  | ——计算管段X、Y向弹性力 |
|  |  | 支架A分别受X、Y、Z方向力 |
|  |  | ——计算管段流量 |
|  |  | ——管网排放冷凝水量 |
|  |  | ——热网设计流量 |
|  |  | ——热用户取得的蒸汽量 |
|  |  | ——工业热负荷 |
|  |  | ——采暖热用户用汽量 |
|  |  | ——用户用汽量 |
|  |  | ——热源出口蒸汽量； |
|  |  | ——管网总入口流量 |
|  |  | ——π型自然补偿悬臂长度 |
|  |  | ——冷凝水焓值 |
|  |  | ——热用户得到的蒸汽焓值 |
|  |  | ——用户蒸汽焓值 |
|  |  | ——计算管段进口蒸汽焓值 |
|  |  | ——计算管段出口蒸汽焓值 |
|  |  | ——热源出口蒸汽焓值 |
|  |  | ——管网总入口蒸汽焓值 |
|  |  | ——弯管或弯头壁厚修正系数 |
|  |  | ——计算管段相对弹性中心（）的线惯性矩 |
|  |  | ——管道断面惯性矩 |
|  |  | ——管段弯曲柔性系数 |
|  |  | ——管道长度 |
|  |  | ——自然补偿短臂长度 |
|  |  | ——计算管段长度 |
|  |  | ——阻力当量长度 |
|  |  | ——计算管段当量折算长度 |
|  |  | ——管网起点至最不利用户距离 |
|  |  | ——支吊架的最大允许跨距 |
|  |  | ——管道折算长度 |
|  |  | ——固定点间的管道展开长度 |
|  |  | ——固定点间的直线距离 |
|  |  | ——管道热伸长量 |
|  |  | ——长臂L热伸长量 |
|  |  | ——（L1+L2）的总热伸长量 |
|  |  | ——补偿器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ角位移反力矩 |
|  |  | ——支架A分别受X、Y、Z方向弯矩 |
|  |  | ——管道强度特性 |
|  |  | ——管型系数 |
|  |  | ——设计压力 |
|  |  | ——蒸汽管网中最不利用户压力 |
|  |  | ——管网设计压力安全裕量 |
|  |  | ——计算管段入口与出口压力之差 |
|  |  | ——管道沿程摩擦压力损失 |
|  |  | ——管道局部摩擦压力损失 |
|  |  | ——管网比压降 |
|  |  | ——管道单位长度计算荷载 |
|  |  | ——管网平均热负荷 |
|  |  | ——滑动支架、导向支架处管道的垂直荷载 |
|  |  | ——工业热负荷指标 |
|  |  | ——单位管长热损失 |
|  |  | ——弯管或弯头弯曲半径 |
|  |  | ——小端管道平均半径 |
|  |  | ——大端管道截面平均半径 |
|  |  | ——小端管壁厚 |
|  |  | ——大端管壁厚 |
|  |  | ——工作管计算壁厚 |
|  |  | ——工作管最小壁厚 |
|  |  | ——介质最高温度 |
|  |  | ——环境最低温度 |
|  |  | ——环境温度 |
|  |  | ——蒸汽管网工作温度 |
|  |  | ——蒸汽管网中最不利用户需要的蒸汽温度 |
|  |  | ——设计安装温度 |
|  |  | ——管网设计温度安全裕量 |
|  |  | ——第i层保温材料外表面温度 |
|  |  | ——计算管段进口蒸汽温度 |
|  |  | ——计算管道中蒸汽平均温度 |
|  |  | ——计算管段出口蒸汽温度 |
|  |  | ——管道保温层外表面温度 |
|  |  | ——管道循环温差 |
|  |  | ——蒸汽管网比温降 |
|  | *u* | ——补偿能力曲线横坐标值 |
|  |  | ——年平均风速 |
|  |  | ——管道截面抗弯矩 |
|  |  | ——蒸汽流速 |
|  |  | ——计算管段弹性中心坐标 |
|  |  | ——计算管道沿X、Y轴的热伸长值 |
|  |  | ——温度修正系数 |
|  |  | ——管道线膨胀系数 |
|  |  | ——环境空气与保温管对流换热系数 |
|  |  | ——对流换热系数 |
|  |  | ——保温管对环境辐射放热的当量对流换热系数 |
|  |  | ——计算管段附加散热系数 |
|  |  | ——分别为管段L1、L2、L3热伸长量 |
|  |  | ——保温层厚度 |
|  |  | ——第i层保温层厚度 |
|  |  | ——弯管或弯头内压作用下的公称壁厚 |
|  |  | ——保温管外表面黑度 |
|  |  | ——许用应力修正系数 |
|  |  | ——管网热效率 |
|  |  | ——补偿器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ角位移 |
|  |  | ——计算管道保温层中保温材料在保温层平均温度下导热系数 |
|  |  | ——由管中心向外各层保温材料的导热系数 |
|  |  | ——摩擦系数 |
|  | *v* | ——补偿能力曲线纵坐标值 |
|  |  | ——计算管段管件局部阻力系数 |
|  |  | ——蒸汽密度 |
|  |  | ——黑体辐射常数 |
|  |  | ——钢材的抗拉强度最小值 |
|  |  | ——钢材的屈服极限最小值 |
|  |  | ——钢材的许用应力 |
|  |  | ——钢材在设计温度下的许用应力 |
|  |  | ——管网运行时间 |
|  |  | ——用热时间 |
|  |  | ——管道强度焊缝系数 |
|  |  | ——回水率 |
|  |  | ——管道壁厚负偏差系数 |

# 3热负荷和热网设计参数

## 3.1 热负荷

**3.1.1** 蒸汽热用户热负荷应包括生产工艺热负荷、供热热负荷。

**3.1.2** 工艺热负荷的调查应按照附录A内容要求，收集以下资料：

**1** 各热用户现状和规划的热负荷性质、用汽参数、用汽方式、冷凝水回收情况；

**2** 最近一年内逐月的平均用汽量和用汽小时数；不同季节典型日的小时用汽量。

**3.1.3**应分析调查资料，计算确定工艺热负荷冬季和夏季的最大、最小和平均的小时用汽量，对主要用户应绘制出不同季节典型日的热负荷曲线和年持续热负荷曲线。

【条文说明】热负荷是蒸汽管网项目的基础资料，应重视热负荷的调查、核实工作。

**1** 非采暖期平均蒸汽量≥1.0t/h的工艺热用户，应逐个进行调查和核实，在对工业用户调查的基础上进行复核计算、分析研究，已确定比较可靠落实的热负荷为现状热负荷。

**2** 蒸汽管网建成投产后能正常供热时各工业热用户的热负荷，即现有热负荷加近期增加的热负荷。以下情况可作为近期增加的热负荷：

1）企业正在扩建，其产品在市场上有销路的；

2）新建企业已经立项，可行性研究报告已经上级有关主管部门批复或经企业董事会批准，且资金落实的。

**3** 以下情况不能作为近期增加热负荷：

1）近期的增加自然增长率热负荷；

2）企业拟扩建或新建，但仅在项目建议书阶段或方案阶段，只能作为规划热负荷，不能作为本期工程热负荷增加的依据。

**4** 生产工艺热负荷可按附录A的格式进行调查。为了从各方面分析热负荷，在可能的条件下，还要收集产品用热或用热标准的单耗指标、生产班次、季节特性等，可按附录A中表A.0.2、表A.0.3的格式填写。此外还需要收集各时段具有代表性的典型生产日小时热负荷，可按附录A表A.0.4格式填写。

附录A中“负荷性质”分为4类，1类负荷为停汽后会造成设备故障；2类负荷为停汽后会影响生产；3类负荷为允许短时间停汽；4类负荷为不能改为热水的采暖负荷。

**5** 生产热负荷资料的整理

1）典型日负荷曲线绘制

生产热负荷资料的收集一般是以企业为基本单位进行的。

首先对企业内各车间等用热单位进行分析，确定各季度(月份)“典型生产日”的小时负荷，按附录D的格式逐项填好，再按公式(1)或公式(2)换算后，绘制出各车间的各季度(月份)日负荷曲线并将相同时间内各车间的负荷曲线叠加，即可绘制出该企业的各季度(月份)典型日生产热负荷曲线。

在绘制典型日生产热负荷曲线时应注意：如某车间在该季度(月份)内有例行的检修或停产等，则应按正常生产、检修和停产等情况分别绘制负荷曲线。

2）月负荷曲线绘制和月平均负荷计算

若有每天的小时负荷，可以用上述方法绘制出逐日的负荷曲线，再精确地绘制出月负荷曲线。当无法收集各用户逐日小时负荷资料，可用典型日的日平均负荷为代表来绘制月负荷曲线。该曲线是以小时为横坐标，典型日的平均负荷为纵坐标绘成的。其曲线的形状与典型日负荷曲线的形状完全相同。

在绘制月负荷曲线时，如有例行的检修、停产情况，也应按正常运行、检修和停产情况分别绘制月负荷曲线。

月平均负荷可利用月负荷曲线与横坐标、纵坐标之间形成的面积进行求和，然后除以月小时数计算确定。

3）年生产热负荷曲线绘制

利用由逐月的平均负荷可以绘制出年生产热负荷曲线。

整个供热区的生产热负荷曲线可按上述原理进行绘制。首先将供热区内各单位的负荷曲线进行叠加绘制出整个供热区各季度(月份)的生产热负荷曲线，然后计算出月平均热负荷，最后绘制出整个供热区的年度生产热负荷曲线。

**3.1.4** 供热热负荷包括供暖、通风、空调、生活热水热负荷，热负荷确定应符合下列规定：

**1** 供热热负荷应收集供热范围内近、远期用户类型、供热面积，并根据现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34确定热负荷。

**2** 供暖热负荷应根据当地气象资料，计算从起始温度到采暖室外计算温度的各室外温度对应的小时热负荷和采暖期的平均热负荷，绘制采暖年负荷曲线，并应计算出最大热负荷的利用小时数及平均热负荷的利用小时数。

**3.1.5** 蒸汽管网平均热效率不应低于95%，平均热效率可按下列公式计算：（本条提前至3.15）

式中：——管网热效率（管网热效率有年、月、日平均热效率。不计算瞬时热效率）；

——用户用汽量（t/h）；

——管网总入口流量（t/h）；

——用户蒸汽焓值（kJ/kg）；

——管网入口蒸汽焓值（kJ/kg）；

——管网运行时间（h）；

【条文说明】根据《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》GB/T 28638-2023要求，供热管道保温结构散热损失率等级为1级时，最大散热损失率为5%；供热管道保温结构散热损失率等级为2级时，最大散热损失率为10%。由此要求蒸汽管道热输送效率应大于或等于0.90，宜大于95%。在提倡节能减排的大环境下，供热管道保温的散热损失应为1级。

**3.1.6** 经过调查核实的热用户端的最大、最小和平均用汽量及用汽参数，应按焓值和管道的压降及温降折算为热源的供汽参数、供汽流量或供热量。

【条文说明】本条为热负荷整理方法。当确定热源供汽参数后，工业热用户的用汽量可按公式（1）折算到热源端的供汽流量，采暖热用户的用汽量可按公式（2）折算到热源端的供汽流量。

式中：——热源出口工业蒸汽量（t/h）；

——工业热负荷（t/h）；

——热源出口采暖热用户用汽量（t/h）；

——采暖热负荷（GJ/h）；

——用户蒸汽焓值（kJ/kg）；

——冷凝水焓值（kJ/kg）；

——热源出口蒸汽焓值（kJ/kg）；

——回水率；

——管网热效率。

**3.1.7** 对热用户进行热负荷叠加时，同时率的取用应符合下列规定：

**1** 对有稳定生产热负荷的主要热用户，在取得其不同季节的典型日热负荷曲线的基础上，进行热负荷叠加时，不应计算同时率；

**2** 对生产热负荷量较小或无稳定生产热负荷的次要热用户，在进行最大热负荷叠加时，应乘以同时率；

**3** 采暖热负荷及用于生活的空调制冷热负荷和生活热水热负荷进行叠加时，不应计算同时率。

【条文说明】考虑所用热用户不会同时出现最大热负荷的折算系数。同时率数值宜取0.7～0.9，热负荷较平稳的地区取大值，反之取小值。

**3.1.8** 管网平均热负荷统计时段可按日、月、年分别统计，平均热负荷按下式计算：

式中：——管网平均热负荷（GJ/h）；

——用户用汽量（t/h）；

——用户蒸汽焓值（kJ/kg）；

——用热时间（h）；

——管网热效率。

**3.1.9** 对工业热负荷无法通过调查获取时，可按指标法按下式进行确定：

式中：——工业热负荷（t/h）；

——工业热负荷指标[t/（h·km2）]，可按表3.1.9取值；

——不同类型工业的用地面积（km2）

**表3.1.9 工业热负荷指标**

|  |  |
| --- | --- |
| 工业类型 | 单位用地面积规划蒸汽量  [t/（h·km2）] |
| 生物医药产业 | 55 |
| 轻工 | 125 |
| 化工 | 65 |
| 精密机械及装备制造产业 | 25 |
| 电子信息产业 | 25 |
| 现代纺织及新材料产业 | 35 |

**【条文说明】**对无法通过调查确定工业热负荷时，可参照类似行业典型生产规模指标测算工业用汽量。不同工业类型单位用地面积蒸汽量指标引用《城市供热规划规范》GB/T 51074-2015中的数据。

## 3.2 热网设计参数

**3.2.1** 以热电厂为热源的蒸汽管网，主干线起点压力和温度应综合考虑热用户与热电厂系统的经济技术分析确定。

【条文说明】以热电厂为热源时，蒸汽由汽轮机抽（排）汽供给，因而主干线起点压力和温度直接影响热电厂运行经济性。提高供汽参数，意味着蒸汽在汽轮机内变为电能的焓降要减小，使供热发电量降低，对节约燃料不利。但另一方面可以增加管道的允许压力降，减小管径，降低供热管网投资和热损失，因此这是一个抽(排)汽参数的优化问题。正确的设计应选择最佳汽轮机抽(排)汽压力和温度，作为供热管网的起始点压力和温度。

**3.2.2** 以区域锅炉房为热源的蒸汽管网，主干线起点压力和温度宜取锅炉出口的最大工作压力和温度。

【条文说明】对于以区域锅炉房为热源的供热管网，锅炉运行压力和温度的高低，对热源的经济效益影响不大，但对供热管网造价的影响很大。起始压力高则可减少管径、降低管道投资。所以在技术条件允许的情况下，宜采用较高的锅炉出口压力和温度。

**3.2.3** 蒸汽管网的设计压力和设计温度不应低于运行中可能出现的最高持续压力和温度，不应小于锅炉、汽轮机抽（排）汽口、减温减压装置（排）汽口的最大工作压力和温度。

**【条文说明】**设计压力和温度是管道应力计算的基础数据。蒸汽管道在高温和低温之间反复循环，最高温度取用热源设备可能出现的最高温度，是因为管网系统可能因某种原因会出现最高压力和温度，同时也为管道提升起点压力或温度留有必要的余地。

**3.2.4** 蒸汽管网工作压力可根据用户需要的蒸汽压力和蒸汽在管道中压力损失确定的最高工作压力确定。蒸汽管网工作温度可根据用户需要的蒸汽温度和蒸汽在管道中沿程温度降低值确定的最高工作温度确定。

【条文说明】蒸汽管网的用户对热网提供的蒸汽压力和温度是有要求的。用户因为生产工艺对饱和温度值有特定要求，因而需要热网供给用户的蒸汽压力、温度应等于或高于用户要求的压力和温度。蒸汽管网工作压力和温度可按公式（5.2.8）、公式（5.2.9）确定。

# **4** 管网布置与敷设

## 4.1 管网布置

**4.1.1** 管网的布置应遵循上位相关规划，根据热负荷分布、热源位置、其他管线、园林绿地、水文、地质条件等因素，经技术经济比较后确定。

【条文说明】影响蒸汽管网布置的因素很多，需要综合考虑各种因素、通过技术经济比较后确定管网合理布置方案。当多种因素影响时或有条件时，应通过优化比选，进行管网布置。

**4.1.2** 管网管道的位置选择应符合下列规定：

**1** 应布置在易于检修和维护的位置；

**2** 宜避开土质松软地区、地震断裂带、矿山采空区、山洪易发地带、滑坡危险地带以及塌陷区、等不良工程地质段；

**3** 宜避开多年生经济作物区和重要的农田基本设施、水源地；

**4** 应避开重要的军事设施、易燃易爆仓库、国家重点文物保护区等。

【条文说明】本条提出了蒸汽管网管道选线的具体原则。提出这些原则的出发点是节约用地、降低造价、运行安全可靠、便于维修。

1 蒸汽管道需要经常检修和维护，以保证安全运行。

2 不利的水文地质条件会增加管网投资，并增加运行风险，选线时应注意尽量避开。

3 基本农田受到国家严格保护和管控，因此选线时应尽量避开农业设施，当必须穿越时，应征得当地国土资源、农业等部门的批准。

4 国家安全和法律的基本要求，必须遵守。

**4.1.3** 管道的保温结构表面与建筑物、构筑物、道路、铁路及其他管线的最小水平净距、垂直净距应符合表4.1.3的规定。

**表4.1.3 蒸汽管道与建筑物（构筑物）或其他管线的最小距离（m）**

| 建筑物、构筑物或管线名称 | | 最小水平净距 | 最小垂直净距 |
| --- | --- | --- | --- |
| 铁路钢轨 | | 钢轨外侧3.0 | 轨顶标准6.0 电气铁路10.5 |
| 电车钢轨 | | 钢轨外侧2.0 | 路面9.0 |
| 公路边缘 | | 1.5 | — |
| 公路路面 | | — | 4.5 |
| 架空输电线 （水平净距：导线最大风偏时；垂直净距：热力网管道在下面交叉通过导线最大垂度时） | ＜3kV | 1.5 | 1.5 |
| 3kV～10kV | 2.0 | 2.0 |
| 35kV～110kV | 6.0 | 3.0 |
| 220kV | 5.0 | 6.0 |
| 330kV | 6.0 | 5.0 |
| 500kV | 6.5 | 6.5 |
| 750kV | 9.5 | 8.5 |
| 通信线 | | — | 1.0 |
| 其他管线 | | — | 2.5 |
| 树冠 | | 0.5（到树中不小于2.0） | — |

【条文说明】架空敷设蒸汽管道间距要求，按照《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34-2022中的附录A-2制定。

**4.1.4**  当热负荷有明显季节性差异，或者热网用户逐年增加（减少），可采用双管布置。

【条文说明】蒸汽管道在输送过程中的热损失与蒸汽流量相关。当蒸汽管道在负荷小的时间内，蒸汽流速降低，温降加大，将增加冷凝水量，造成无效的能量消耗。因此，从管网运行经济性考虑，当热负荷有明显季节性差异，或者热网用户逐年增加（减少），根据负荷差异，采用双管布置。

**4.1.5**  当两条管线之间设置联通管，两端均应设置切断阀。

【条文说明】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，同时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。通常联通管上没有热用户，且有较大的输汽能力，在较多的时间，多数情况下处于备而不用。因此，联通管如果与主网处于开通状态，其中将充满与主网管道相等（相近）压力的蒸汽。由于联通管中蒸汽流速很低，甚至不流动，联通管中将持续地产生冷凝水，造成无效的能量消耗。联通管越长，其副作用越大。因此，联通管两端设切断阀，可在不需要时将联通管与主管网完全切断，避免产生额外的热损失。除非确有必要，原则上蒸汽管网上不建议设置联通管。

**4.1.7** 管网支线应尽量将邻近用户联接成串，且宜将负荷大，连续用汽的热用户设置在管线末端。

【条文说明】此条主要为提高蒸汽管网输送热效率。将负荷大、连续用汽的热用户设置在管线末端，使整支管线持续有蒸汽通过，能减少蒸汽冷凝水量，避免无效能量损失。

**4.1.8** 地上蒸汽管道与直埋蒸汽管衔接处应采取防水措施，埋地管段出地外护管距地面高度应高于50年一遇的雨洪水位，且不应小于0.5m。

【条文说明】由于直埋蒸汽管道检修难度大，如不采取可靠防水措施，积水会从直埋蒸汽管道端面进入保温层内，影响直埋蒸汽管道安全使用。

**4.1.9** 蒸汽管网采用多热源联网形式供汽时，须考虑蒸汽流向、流量变化及汽水冲击等影响因素确定联网方式。

**4.1.10** 蒸汽管道在综合管廊内敷设时，应符合现行国家标准《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838的有关规定，并应预留管道及其排气、补偿器、阀门、疏水等附件安装、运输、维护作业所需空间。

【条文说明】本条规定是为满足施工和检修操作需要。综合管廊多为整体预制或现浇钢筋混凝土结构，其内部空间除满足管道及附件安装、维修作业空间外，还应考虑预留管道及补偿器、阀门等大型设备、附件更换运输通道。

## 4.2 管道敷设

**4.2.1**  蒸汽管道不应敷设在腐蚀介质管道下方。

【条文说明】为避免腐蚀介质管道泄漏对蒸汽管道产生腐蚀破坏。

4.2.2 蒸汽管道敷设坡度不宜小于0.2%。

【条文说明】为了保证管道疏水排水的顺畅，避免管道运行中可能发生的“汽水冲击”现象。

**4.2.2** 蒸汽管道穿越行人过往频繁区域时，管道保温结构或跨越设施的下表面距地面的净距不应小于2.5m；在不影响交通的区域，应采用低支架，管道保温结构下面距地面管网应高于管道区域30年一遇最高地表水位，且不应小于0.3m。

【条文说明】地上敷设管道的敷设要求。低支架敷设时，管道保温结构距地面距离的要求是为了防止管道泡水，并考虑安装放水装置及防止地面水溅湿保温结构。

**4.2.3** 蒸汽管道跨越水面、峡谷地段时应符合下列规定：

**1** 蒸汽管道可在永久性的公路桥上架设；

**2** 蒸汽管道跨越通航河流时，净宽与净高应符合现行国家标准《内河通航标准》GB 50139的规定；

**3** 蒸汽管道跨越不通航河流时，管道保温结构或设施下表面与30年一遇的最高水位的垂直净距不应小于0.5m。

【条文说明】列车运行和管道事故对双方安全运行影响较大，因而本标准未规定铁路桥梁上架设蒸汽管道。

管道跨越不通航河道时，管道结构设计使用年限通常不小于30年，因此按30年一遇最高洪水位确定保温结构下表面与河道垂直净距。

**4.2.4** 蒸汽管道同河流、铁路、公路等交叉时应垂直相交。特殊情况下，管道与铁路或地下铁路交叉角度不得小于60°；管道与河流或公路交叉角度不得小于45°。

【条文说明】为了减少交叉管段长度，减少施工和日常维护难度。

## 4.3 管道附件

**4.3.1** 蒸汽管线干线、支干线、支线的起点应安装关断阀门。支干线、支线阀门应尽量靠近主管设置。

【条文说明】干线、支干线、支线的起点安装关断阀门，主要是考虑检修方便和切断故障需要。考虑蒸汽管线特点，本条只对分段阀门设置进行原则性规定。分段阀门主要作用是当管线故障时，能将故障段切断，减小故障带来的影响，增加供汽可靠性。

**4.3.2** 管道在进出综合管廊时，应在综合管廊外设置阀门。

【条文说明】在综合管廊外设置管道进出管廊的关断阀门及阀门井，是当综合管廊内敷设的压力管道出现意外情况或事故时，能快速可靠地通过阀门进行控制关断，便于管线维护人员的操作。

**4.3.3** 阀门的选择及安装符合下列规定：

**1** 蒸汽管道应采用钢制阀门；

**2** 阀门压力等级应选用不低于管道设计温度、设计压力的公称压力等级，阀门应能承受满足管道设计温度校正后，管道强度水压试验所达到的最高试验压力；

**3** 蒸汽管道管径DN200以下，宜选用无盘根的截止阀；DN200及以上宜选用无盘根的闸阀；当选用蝶阀时，应选用偏心硬质密封蝶阀；

**4** 管道设计压力1.6MPa以下，宜采用法兰阀门；1.6MPa及以上应采用焊接阀门；

【条文说明】本条说明阀门选用及安装原则：

1 蒸汽管道发生泄漏时危险性高。钢制阀门对热膨胀、冲击载荷和管线变形而产生应力的抵抗强度大，因此从安全考虑，应采用钢制阀门。

2 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考虑管道在设计温度下的最高运行温度，主要是从安全性和可靠性上考虑。当管道存在高差时，管道的水压试验可能会增加低位阀门的承压。

3 考虑截止阀和闸阀结构尺寸，当管径大于DN200时，截止阀尺寸变大，且传动力矩也变大。无盘根截止阀和闸阀严密性好。目前国内蝶阀结构形式差别较大，偏心硬质密封蝶阀开关灵活，密封性较好。

4 主要是考虑焊接连接的阀门基本可做到无泄漏，承受轴向推力及抗水击能力强。

**4.3.4** 工作管公称直径大于或等于DN300的关断阀门应设置旁通阀门，旁通阀门公称直径可按表4.3.4选取。

**表4.3.4 旁通阀门公称直径**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工作管公称直径（mm） | DN300～DN500 | DN600～DN1200 |
| 旁通阀门公称直径（mm） | DN32～DN50 | DN65～DN100 |

【条文说明】管径较大的阀门设置旁通阀门，可以降低阀门开启力矩。

**4.3.5** 蒸汽管道应设置包含启动疏水及经常疏水的疏水装置。

【条文说明】本条规定考虑蒸汽管道运行安全。蒸汽管道开始启动暖管时会产生大量凝水，设置启动疏水方便及时疏水，可防止水击。在蒸汽管道的低点和垂直升高之前，启动及正常运行均有凝结水集结，为避免水击，需要连续、及时地将凝结水排走，故应装设经常疏水附件。

**4.3.6** 蒸汽管道的低点和垂直升高的管段前，应设置疏水装置。同一坡向的管段，顺坡每隔400m～500m，逆坡每隔200m～300m应设疏水装置。

【条文说明】当输送蒸汽过热度比较高时，疏水装置间隔宜取大值，反之宜取小值。

**4.3.7** 蒸汽管道的放水装置应与疏水装置联合设置。

**4.3.8** 疏水装置与管道连接处应设聚集凝结水的集水短管，集水短管直径宜为蒸汽管道直径的1/3～1/2，规格范围宜为DN150～DN300。疏水管应连接在集水短管侧面。

【条文说明】本条规定考虑便于聚集凝结水，防止污物堵塞经常疏水装置。

**4.3.9**  疏水装置宜放在疏水箱内，应设于方便操作高度。疏水装置的支撑不应限制疏水装置随蒸汽管道可能产生的位移。

**4.3.10** 疏水管道及疏水箱应进行保温，疏水箱应设防误开关等安全措施。

【条文说明】正常情况下，疏水管道及疏水箱表面温度高于50℃，因此需要进行防烫保温。为避免无关人员误操作或破坏，疏水箱应设防误开关。

**4.3.11** 疏水装置排出的凝结水宜排入凝结水管道。当不能排入凝结水管时，应降温后排放。排水水质应符合现行国家标准《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962的规定。

【条文说明】蒸汽管道系统凝结水应尽量回收。必须排放的蒸汽凝结水应符合污水排放标准，特别是凝结水的温度对排放点的热污染。《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 3196-2015中要求排放温度应不小于35℃。

# 5 水力计算

## 5.1 一般规定

**5.1.1** 蒸汽管网水力计算应进行水力与热力耦合计算。

【条文说明】蒸汽管网通常为过热蒸汽，且输送距离较长，通过水力计算，确定蒸汽管道管径，通过保温计算计算管道保温材料、保温层厚度。由于管道阻力和热损失，蒸汽压力温度随管道输送距离而变化，蒸汽参数的变化会影响原设定水力和热力计算的结果，因此需要对管道逐段水力热力迭代耦合计算，确保计算的蒸汽管道压力降和温度降的准确性。

水力计算应满足连续性方程和压力降方程，热力计算应满足热量平衡方程。

蒸汽管网的热损失由管道基本热损失、管网附加热损失和冷凝水排放热损失组成。蒸汽管网热平衡关系式如下：

式中：——管网总入口蒸汽流量（t/h）；

——管网终点用户取得的蒸汽量（t/h）；

——管网排放冷凝水量（t/h）；

——管网总入口蒸汽焓值（kJ/kg）；

——热用户得到的蒸汽焓值（kJ/kg）；

——冷凝水焓值（kJ/kg）；

——单位管长热损失（W/m）；

——热网附加散热系数，按表1取；

——管道长度（m）。

表1 管道附加散热系数

| 管道敷设方式 | 附加散热系数 |
| --- | --- |
| 地上敷设 | 0.20~0.25 |
| 管廊敷设 | 0.15~0.20 |

注：当附件保温较好、管径较大时，取较小值；当附件保温较差、管径较小时，取较大值。

当管网输送为过热蒸汽时，管网热平衡关系式如下：

式中：——管网总入口蒸汽流量（t/h）；

——管网终点用户取得的蒸汽量（t/h）；

——管网总入口蒸汽焓值（kJ/kg）；

——热用户得到的蒸汽焓值（kJ/kg）；

——单位管长热损失（W/m）；

——热网附加散热系数，按表1取；

——管道长度（m）。

在过热蒸汽管网中，任意一段管道存在如下热平衡关系式：

或

式中：——计算管段流量（t/h）；

——计算管段进口蒸汽温度（℃）；

——计算管段出口蒸汽温度（℃）；

——计算管段进口蒸汽焓值（kJ/kg）；

——计算管段出口蒸汽焓值（kJ/kg）

——单位管长热损失（W/m）；

——计算管段附加散热系数；

——计算管段长度（m）；

——计算管段中蒸汽的平均定压比热[kJ/(kg·℃)]。

**5.1.2** 管网的设计流量，应按最大热负荷确定。当有冷凝水产生时，设计流量应考虑补偿管道热损失产生凝结水的蒸汽量。

【条文说明】蒸汽供热管网生产工艺负荷较大，其负荷波动亦大，故应用生产工艺最大热负荷计算供热管网最大流量。对于沿途会生成凝结水，应考虑补偿这部分凝结水的蒸汽量。

**5.1.3** 蒸汽管网水力计算时，应按设计流量进行压降计算，并按最小流量进行温度校核，确定的管径和保温结构在任何工况下可满足最不利用户的压力和温度的要求。

【条文说明】蒸汽管网水力计算是保证所有用户的用汽满足需要的压力和温度。蒸汽管网介质流量大时管道压力降大，介质流量小时管道温度降大有可能产生冷凝水，因此要对可能的不利工况进行校核计算。

**5.1.4**  蒸汽管网在设计流量时，由热网入口至最不利用户平均比压降不宜大于0.03MPa/km。

【条文说明】蒸汽管网中，干线中管道比压降应小于0.03MPa/km，支线线小口径管道的比压可降大于0.03MPa/km。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，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，允许管网末端小口径管道的比压降大于0.03MPa/km。

## 5.2 计算参数

5**.2.1** 蒸汽管道内壁当量粗糙度可取0.2mm。

【条文说明】本条规定按《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34-2022确定。

**5.2.2** 蒸汽管道的最大允许设计流速应符合下表的规定。

**表5.2.2 蒸汽管道最大允许设计流速**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 供热介质 | 管道公称直径（mm） | 最大允许设计流速（m/s） |
| 过热蒸汽 | ≤200 | 50 |
| ＞200 | 80 |
| 饱和蒸汽 | ≤200 | 35 |
| ＞200 | 60 |

**【条文说明】**本条规定按照《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34-2022确定。

**5.2.3** 过热蒸汽管道直径应按下列公式计算：

式中：——管道内径（m）；

——计算管段流量（t/h）；

——蒸汽密度（kg/m3）；

——蒸汽流速（m/s）。

**5.2.4** 蒸汽管网管线压力损失可用下式计算：

式中：——管段入口与出口压力之差（MPa）；

*——*管段长度（m）；

——阻力当量长度（m）：

——管段流量（t/h）；

——蒸汽密度（kg/m3）；

——管道内径（m）。

【条文说明】管道阻力由沿程摩擦阻力损失和局部摩擦阻力损失组成。

1 沿程摩擦阻力损失按下式计算：

式中：——管道沿程摩擦压力损失（Pa）；

——蒸汽流速（m/s）；

——蒸汽密度（kg/m3）；

*——*计算管段长度（m）；

——管道内径（m）。

2 局部摩擦阻力损失可按下式计算：

式中：——管道局部摩擦压力损失（Pa）；

——蒸汽流速（m/s）；

*——*阻力当量长度（m）；

——管道内径（m）。

3 总阻力损失可按下式计算：

蒸汽流动状态处于阻力平方区，λ可采用希弗林松公式为，当蒸汽管道内壁当量粗糙度取0.2mm时，。

当蒸汽流量为（t/h）时，。将带入公式（7）中，则有(Pa)

**5.2.5** 蒸汽管网中管件当量长度按下式计算：

式中：——计算管段中管件产生流动阻力的当量长度（m）；

——管道内径（m）；

——计算管段管件局部阻力系数，可按表5.2.5选取。

**表5.2.5 蒸汽管网管件局部阻力系数**

| 管件名称 | 局部阻力系数ξ |
| --- | --- |
| 旋转补偿器 | 0.4 |
| 球型补偿器 | 0.3 |
| 波纹补偿器（铰链型） | 0.25 |
| 波纹补偿器（轴向有内套） | 0.2 |
| 弯头（90°，光滑），R=1d | 0.5 |
| 弯头（90°，光滑），R=1.5d | 0.5 |
| 弯头（90°，光滑），R=2d | 0.5 |
| 弯头（90°，光滑），R=3d | 0.4 |
| 弯头（90°，光滑），R=4d | 0.3 |
| 弯头（45°，光滑） | 0.3 |
| 分流三通（干线） | 1.0 |
| 分流三通（支线） | 1.5 |
| 截止阀 | 7 |
| 蝶阀 | 0.24 |
| 闸阀 | 0.5 |

1. 表中旋转补偿器的局部阻力系数指单个旋转补偿器，例如由两个旋转补偿器套筒组对而成的旋转补偿器组的局部阻力系数包含6个弯头及2个旋转补偿器。波纹补偿器（铰链型）和球型补偿器同理。

【条文说明】根据定义，。室外蒸汽管道中，蒸汽流动状态处于阻力平方区，λ可采用希弗林松公式为，当蒸汽管道内壁当量粗糙度取0.2mm时，，因此有

**5.2.6** 蒸汽管网水力计算需由热源（管网起点）至用户（管网终点）分段、连续进行。可按下列步骤进行：

**1** 根据管段入口蒸汽参数（温度、压力），确定入口蒸汽比容及焓值；

**2** 假设管段出口比容，根据管段入口比容与出口比容，计算蒸汽平均比容，并根据公式（5.2.3）确定管段管径；

**3** 根据公式（5.2.4）计算管段压力降，并确定管段出口压力；

**4** 根据管道保温结构和热平衡关系计算管段出口蒸汽焓值和比容。

**5** 将计算出口蒸汽比容与前一次出口蒸汽比容相比较；

**6** 当两个值的相对差值小于或等于0.1%时，可进行下一管段计算，并重复本条款1～6，直至末端用户；当两个值的相对差值大于0.1%时，将计算确定蒸汽比容作为新设定出口比容，并重复本条款2～6。

**7** 校核计算各用户处蒸汽温度、压力是否满足用户要求，如果满足，水力及热力计算结束；反之则调整计算起点蒸汽参数（温度、压力）、或者管段管径、管段保温材料或厚度，重复本条款1～6，直到计算结果满足各用户用汽参数。

【条文说明】蒸汽管道的水力计算通常由起点至终点分段、连续进行。此方法适用于管段终端与始端介质比容不大于1.6或压力降不大于初压40%的过热蒸汽管道。蒸汽管道水力和热力计算可按流程图进行，具体步骤如下：

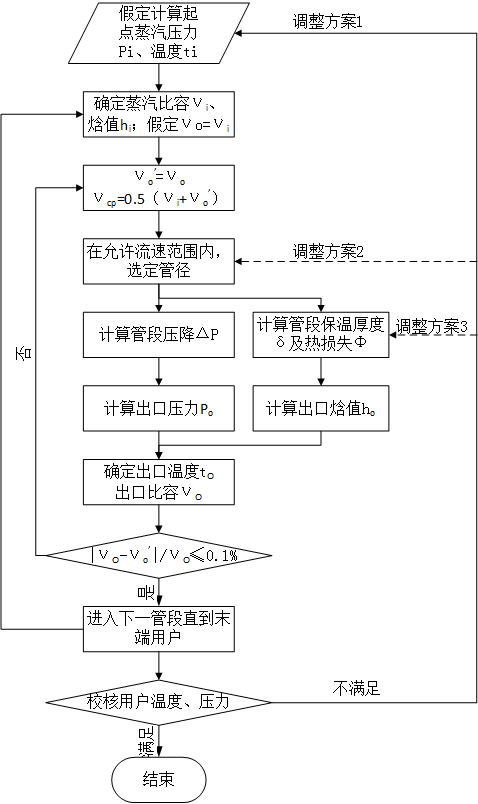
步骤1：假定蒸汽管道计算起点（通常为热源出口）蒸汽参数（温度ti、压力Pi），确定起点蒸汽比容νi、焓值hi，并假设管段出口比容νo等于νi。

步骤2：计算平均比容νcp=0.5（νi+νo），并在管道允许流速范围内，计算管道管径。

步骤3：依据管道热平衡公式，计算管道出口蒸汽温度to与比容νo。

步骤4：重复步骤2~步骤3，直到计算管道出口蒸汽比容νo与前一次计算的蒸汽比容νo’相差小于0.1%时，再进行下一管道计算。重复步骤2~步骤4，直到末端用户。

步骤5：校核计算结果（Po、to）是否满足各用户用汽参数。如果满足，水力、热力计算结束。反之则调整起点蒸汽参数（温度、压力）或管道管径、保温材料、保温层厚度等，重复步骤1~步骤5，直到计算结果满足各用户用汽参数。



**图1 水力、热力耦合计算流程**

**5.2.7** 计算管道压降应考虑一定裕量，可取计算压降的5%~10%。

**5.2.8** 蒸汽管网工作压力可按下式计算：

式中：——管网设计压力（MPa）；

——蒸汽管网中最不利用户压力（MPa）；

——管网起点至最不利用户距离（km）；

——管网比压降（MPa/km）；

——管网设计压力安全裕量（MPa）。

【条文说明】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，当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。

**5.2.9** 蒸汽管网工作温度可按下式计算：

式中：——蒸汽管网工作温度（℃）；

——蒸汽管网中最不利用户需要的蒸汽温度（℃）；

——蒸汽管网入口到最不利用户的距离（km）；

——蒸汽管网比温降（℃/km）；

——蒸汽管网设计温度安全裕量值（℃），可取20℃。

【条文说明】本公式明确了最不利用户温度与热网工作温度之间的关系。在满足用户对蒸汽品质（指蒸汽压力、温度）要求前提下，通过对管道作最充分的保温设计，使管网的比温降经济合理，以此来决定热网工作温度。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 管道保温及防腐

## 6.1 一般规定

**6.1.1** 管道的保温结构设计，除应符合本标准的规定外，还应符合现行国家标准《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和《工业设备及管道绝热工程设计规范GB 50264》的有关规定。

【条文说明】本条引用了CJJ/T 34-2022《城镇供热管网设计标准》第11章 保温与防腐中相关保温设计的相关内容。

**6.1.2** 管道应采用工厂预制产品，其保温结构应采用硬质复合保温结构。

【条文说明】蒸汽管道的保温层质量对蒸汽管道运行起决定作用，采用工厂预制产品是重要质量保障措施。硬质保温结构其配套滑动支架结构简单，热损失小，且方便运输与工厂预制。

**6.1.3** 综合管廊或供热隧道应按舱内温度限定条件计算保温层厚度。

【条文说明】本条引用了CJJ/T 34-2022《城镇供热管网设计标准》第11章 保温与防腐中相关保温设计的相关内容。

**6.1.4** 综合管廊或供热隧道内蒸汽管道及管件的保温材料应采用不燃材料或难燃材料。

【条文说明】

**6.1.5** 当采用复合保温结构时，耐温高的材料应作为内层保温，各保温材料界面温度应低于该种保温材料允许最高使用温度20℃；内保温层接触工作管的保温材料的最高使用温度应高于介质温度100℃。

**6.1.6** 阀门等管道部件应进行保温，其保温外表面温度不应比该处蒸汽管道保温外表面高10℃，并应做好防水和防腐处理。

**【条文说明】**阀门保温能减少管道热损失，提高管道运行能效，这符合国家的节能和安全要求。另外，阀门处的防水、防腐又是薄弱点，应做到防水、防腐、保温，保证蒸汽管道使用性能。

**6.1.7** 保温结构应符合下列规定：

**1** 管道保温结构设计结果应满足管网热工设计要求，管道散热强度不应大于管网热工设计相应管道散热强度。

**2** 保温结构设计应防止出现热桥，应控制管道附加散热损失**。**

## 6.2 保温计算

**6.2.1** 管道热损失计算应符合下列规定：

**1** 管道基本热损失按下式计算：

式中：——单位管长热损失（W/m）；

——计算管道保温层中保温材料在运行平均温度下的导热系数[W/m·℃]；

——计算管道中蒸汽平均温度（℃）；

——环境温度（℃）；

——环境空气与保温管对流换热系数[W/(m2·℃)]；

——工作管外径（m）；

——保温层厚度（m）。

**2** 对于复合保温结构，管道热损失按下式计算：

式中：——单位管长热损失（W/m）；

——计算管道中蒸汽平均温度（℃）；

——环境温度（℃）；

——由管中心向外各层保温材料在运行平均温度下的导热系数[W/(m·℃)]；

——各保温层外径（m）；

——工作管外径（m）；

——环境空气与保温管对流换热系数[W/(m2·℃)]；

——最外层保温层外径（m）。

**6.2.2** 多层保温结构厚度计算可按以下步骤进行：

**1** 确定各层保温材料，并设定各保温层厚度，利用公式（6.2.1-2）计算管道热损失；

**2** 由内而外计算各层保温材料厚度。第一层保温材料厚度按下列公式计算：

式中：——第一层保温材料外径（m）；

——工作管外径（m）；

——第一层保温材料在运行平均温度下的导热系数[W/(m·℃)]；

——计算管道中蒸汽平均温度（℃）；

——第一层保温材料外表面温度（℃）；

——第一层保温层厚度（m）。

第i层保温材料厚度应按下列公式计算：

式中：——第i层保温材料外径（m）；

——第i层保温材料在运行平均温度下的导热系数[W/(m·℃)]；

——第i层保温材料外表面温度（℃）；

——第i层保温层厚度（m）。

**3** 计算得到，再利用公式（6.2.1-2）校核计算散热损失，其校核值与散热初值相对差应小于或等于5%。

**4** 当相对差值大于5%时，应将由公式（6.2.2-3）计算得到的保温外径，作为新设定的保温外径，代入公式（6.2.1-2）、公式（6.2.2-1）和公式（6.2.2-3）中，重新保温材料各层厚度及散热损失，并应符合本条款第3项规定。

**6.2.3** 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：

**2** 保温管外表面温度应按下式计算：

式中：——第i层保温材料外表面温度（℃）；

——工作管外表面温度（℃），可按介质温度取值；

——单位管长热损失（W/m）；

——第i层保温材料在运行平均温度下的导热系数[W/(m·℃)]；

——第i层保温材料外径（m）；

——保温层总热阻（m·℃/W）。

**6.2.4** 保温材料的导热系数应考虑温度、变形、吸潮等影响因素。

**6.2.5** 环境空气与保温管对流换热系数按下式计算：

式中：——环境空气与保温管对流换热系数[W/(m2·℃)]；

——对流换热系数[W/(m2·℃)]；

——保温管对环境辐射放热的当量对流换热系数[W/(m2·℃)]。

**6.2.6** 对流换热系数应考虑风速及海拔影响。

**1** 无风时，对流换热系数应按下式计算：

式中：——对流换热系数[W/(m2·℃)]；

——管道保温层外表面温度（℃）；

——环境温度（℃）；

——最外层保温层外径（m）。

**2** 有风时，对流换热系数应按下式计算：

当≤0.8m2/s时：

当＞0.8m2/s时：

式中：——年平均风速（m/s）。

**6.2.7** 管道与环境辐射换热系数按下式计算：

式中：——保温管对环境辐射放热的当量对流换热系数[W/(m2·℃)]；

——保温管外表面的黑度，取值应符合本标准第6.2.8条规定；

——黑体辐射常数，等于5.669×10-8[W/(m2·K4)] ；

——管道保温层外表面温度（℃）；

——环境温度（℃）。

**6.2.8** 常用管道外护管材料的黑度按表6.2.8取值。

**表6.2.8 黑度**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 材 料 | 黑度 | 材 料 | 黑度 |
| 铝合金薄板 | 0.15～0.30 | 铝粉漆 | 0.41 |
| 不锈钢薄板 | 0.20～0.40 | 黑漆（有光泽） | 0.88 |
| 有光泽的镀锌薄钢板 | 0.23～0.27 | 黑漆（无光泽） | 0.96 |
| 已氧化的镀锌薄钢板 | 0.28～0.32 | 彩钢板 | 0.70～0.80 |

**6.2.9** 蒸汽管网在设计流量时，根据供热长度，比温降宜满足表6.2.9的要求。

**表6.2.9 管网长度与比温降要求**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管网长度（km） | ≤20 | 20~30 | 30~40 | 40~50 | ＞50 |
| 比温降（℃/km） | ≤3.2 | ≤2.1 | ≤1.6 | ≤1.3 | ≤1 |

【条文说明】蒸汽在管网中沿程散热，表现为蒸汽温度随输送距离有所下降。比温降指标主要针对热网的干管设计前期温度参数确定，用于控制热网流失热量的强度。

## 6.3 保温及外防护材料

**6.3.1** 硬质硅酸钙保温材料应符合现行国家标准《硅酸钙绝热制品》GB/T 10699的有关规定。

**6.3.2** 纳米孔气凝胶绝热材料应符合现行国家标准《纳米孔气凝胶复合绝热制品》GB/T 34336的有关规定。

**6.3.3** 硅酸铝针刺毯绝热材料应符合现行国家标准《硅酸钙绝热制品》GB/T 10699的有关规定。

**6.3.4** 玻璃棉绝热材料应符合现行国家标准《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350的有关规定。

**6.3.5** 聚氨酯泡沫塑料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。

**6.3.6** 管道应采用具有防腐性能的铝合金板、镀锌钢板、彩钢板、不锈钢板等作为外保护层。

【条文说明】外护管材质及性能、尺寸及公差等应符合下列规定：

1 彩色涂层钢板应符合GB/T 12754的规定，其正面涂层厚度不应小于20μm；

2 热镀锌钢板应符合GB/T 2518的规定，其锌含量应大于或等于180g/m2；

3 不锈钢板应符合GB/T 3280的规定；

4 铝板应符合GB/T 3880.2及GB/T 3880.3的规定。

## 6.4 管道防腐

**6.4.1** 季节运行的蒸汽管道及附件，应涂刷耐热、耐湿、防腐性能良好的涂料。

**6.4.2** 常年运行的室内蒸汽管道及附件，可不涂刷防腐涂料。常年运行的室外蒸汽管道及附件，可涂刷耐常温的防腐涂料。

**6.4.3** 工作管及钢质管件、接头补口处应涂敷防腐材料并应符合下列规定：

**1** 应按介质的最高温度选择防腐涂料；

**2** 采用有机硅高温涂层时，其防腐性能应符合现行行业标准《石油天然气站场管道及设备外防腐层技术规范》SY/T 7036的有关规定；

**3** 采用无机富锌涂层时，其防腐性能应符合现行行业标准《富锌底漆》HG/T 3668的有关规定。

**6.4.5** 防腐层性能应符合下列规定：

**1** 防腐层耐温性能至少高于设计运行最高温度50℃；

**2** 防腐层抗冲击强度不应小于5J/mm；

**【条文说明】**作为蒸汽管道使用的防腐层材料除必须具备防腐性能以外，还应具备良好的耐温性能，因此要求防腐层材料耐温性能应高于设计运行最高温度50℃。防腐材料与《埋地钢质管道防腐保温层技术标准》GB/T 50538，《直埋高温钢质管道保温技术规范》SY/T 0324，《城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件》CJ/T 246对防腐层材料的要求一致，如选用其他耐温防腐材料也应满足上述要求。

## 6.5 保温补口

**6.5.1** 管道补口保温应具有蒸汽管段同等或更优化保温效果，接口不得产生热桥效应。

**6.5.2** 管道补口保温结构应考虑工作管热伸缩影响，不得产生保温结构和外护层拉开，工作钢管裸露、接口保温材料暴露等现象。

**6.5.3** 保温补口性能应符合下列要求：

**1** 应能整体承受管道运动时产生的剪切力和弯矩。

**2** 应能整体承受由于温度变化带来的影响。

**3** 外护结构应密封，具备整体防水功能；

**4** 外护管性能指标应与主管道一致。

# 7 强度计算

**7.0.1** 架空敷设的蒸汽管道应进行强度验算，强度验算应符合现行行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34的规定。

**7.0.2** 钢材的许用应力应根据钢材有关特性按下式计算：

（7.0.2）

式中：——钢材的许用应力（MPa）；

——钢材的抗拉强度最小值（MPa）；

——钢材的屈服极限最小值（MPa）。

**7.0.3** 常用钢材的许用应力数据可按表7.0.3选取。

**表7.0.3 钢材的许用应力**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 牌号 | 常温强度指标（MPa) | | 不同温度（℃ )下的许用应力（MPa) | | | | | | |
| σb | σs | <20 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 |
| 20 | 410 | 245 | 137 | 137 | 137 | 137 | 132 | 123 | 116 |
| Q235B | 375 | 235 | 125 | 125 | 122 | 119 | 113 | 105 | 100 |
| Q355B | 490 | 325 | 163 | 163 | 161 | 158 | 151 | 140 | 133 |

【条文说明】数据引用行业标准《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34-2022。

**7.0.4** 工作管内压作用下的最小壁厚应按下式计算：

式中：——工作管最小壁厚（mm）；

——设计压力（MPa）；

——工作管外径（mm）；

——钢材在设计温度时的许用应力（MPa）；

——许用应力的修正系数，对于无缝钢管=1.0；对于螺旋焊缝钢管，按现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》GB 3091制造和无损检验合格者，=0.9；

——温度修正系数，值取0.4；

——腐蚀、磨损和机械强度要求的附加厚度。

**7.0.5** 管道的计算壁厚按下式进行计算：

式中：——管道计算壁厚（mm）；

——管道壁厚负偏差附加值（mm）。

**7.0.6** 管道壁厚负偏差附加值应按下列方法确定：

**1** 钢管壁厚负偏差附加值可按下式计算：

式中：——管道壁厚负偏差附加值（mm）；

——工作管最小壁厚（mm）；

——管道壁厚负偏差系数，可按表7.0.6选取。

**表7.0.3 管道壁厚负偏差系数**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 管道壁厚偏差（%） | 0 | -5 | -8 | -9 | -10 | -11 | -12.5 | -15 |
| 管道壁厚负偏差系数 | 0.050 | 0.053 | 0.087 | 0.099 | 0.111 | 0.124 | 0.143 | 0.176 |

**2** 当焊接钢管产品技术条件中未提供壁厚允许负偏差值时，壁厚负偏差附加值可采用钢板厚度的负偏差值，但壁厚负偏差附加值不得小于0.5mm。

**7.0.7** 弯管或弯头内压作用下的公称壁厚应按下式计算：

内弧处

外弧处

式中 ——弯管或弯头内压作用下的公称壁厚（m）；

——设计压力（MPa）；

——工作管外径（m）；

——弯管或弯头弯曲半径（m）；

——弯管或弯头壁厚修正系数，侧壁弯曲中性线取1.0；

——钢材的许用应力（MPa）；

——许用应力修正系数，无缝钢管取1.0，螺旋焊缝钢管可取0.9；

——温度修正系数，可取0.4。

# 8 热补偿

## 8.1 一般规定

**8.1.1** 管道布置设计完成后应按照《发电厂汽水管道应力计算技术规程》DL/T 5366进行应力计算。

**8.1.2** 蒸汽管道应根据管线路由及补偿方式设置固定支架，将管道分割成不同的补偿段，每补偿段利用自然补偿或设置补偿器对热伸长量进行热补偿。

**8.1.3** 管道热伸长量按下式计算：

式中 ——管道热伸长量（m）；

——管道线膨胀系数[m/（m·℃）]。常用钢管线膨胀系数可按表8.1.6选取；

——温差（℃）。

**表8.1.3 常用钢管的线膨胀系数**

| 钢材物理特性 | | 线膨胀系数[10-6m/（m·℃）] | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 钢号 | | 20 | Q235B | Q355B |
| 计算温度（℃） | 100 | 11.16 | 12.20 | 8.31 |
| 150 | 11.64 | 12.60 | 9.65 |
| 200 | 12.12 | 13.00 | 10.99 |
| 250 | 12.45 | 13.23 | 11.60 |
| 300 | 12.78 | 13.45 | 12.31 |
| 350 | 13.31 | — | 12.77 |

**8.1.4** 长直地上敷设管道宜选用推力小、补偿量大的补偿方式。

【条文说明】蒸汽管道温度高，管道工作时热伸长量较大，从经济、安全方面考虑宜优先选用旋转、铰链、和球型补偿器等补偿量大，支座推力小的补偿方式。

**8.1.5** 管道宜利用管道的转角进行自然补偿。

**8.1.6** 补偿器的设计压力、设计温度应与管道设计压力、设计温度一致。

**8.1.7** 两个固定支座之间只能安装一组补偿器。

**8.1.7** 补偿器或补偿器与相关管道组成的补偿系统应在安装时按照50%的补偿量进行预冷紧**。**

【条文说明】补偿系统预冷紧可减小管道运行期间的热变形量，提高管道运行可靠性。

## 8.2 自然补偿

**8.2.1** 管道应充分利用管道本身柔性的自补偿来补偿管道的热膨胀。自然补偿常为L型、Z型、π型及空间立体弯。

【条文说明】自然补偿器结构简单，运行可靠，投资少，应优先选用。当自然补偿不能满足要求时，才考虑设置其他类型补偿器。

**8.2.2** 自然补偿的平面弯管转角应大于60°且小于150°，小于60°或大于150°时，不应用做自然补偿。

**8.2.3** 两点间无限位支吊点的无分支管道，其自然补偿能力判断可按本标准附录B的规定进行。

**8.2.4** L型、Z型自然补偿短臂及π型自然补偿悬臂长度和热推力计算可按本标准附录C的规定进行。

【条文说明】附录C计算方法为弹性中心法。弹性中心法可以计算不同温度、不同规格管道组成的无分支管系。弹性中心法计算中，除了静力分析法的基本假定以外，不考虑管道自重和中间支吊架的约束对管系的影响，同时还不考虑端点角位移，是一种简化的计算方法。

## 8.3 旋转补偿器

**8.3.1** 旋转补偿器可根据管道的走向确定布置形式，补偿量不宜大于800mm。**8.3.2** 用于制造旋转补偿器的材料等级不应低于管道材料的等级。

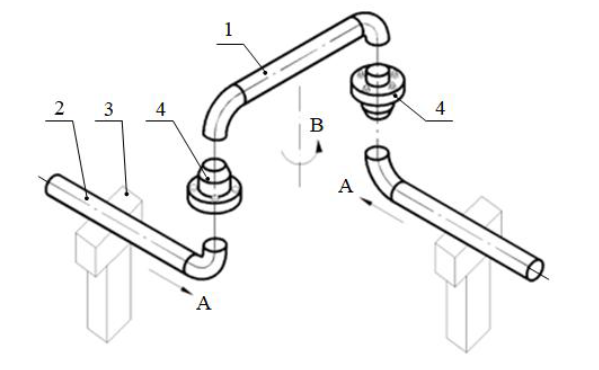
【条文说明】旋转补偿器与管道承受同样的温度、压力，因此选用的材质不应低于管道材料的等级。

**8.3.4** 设置旋转补偿装置应根据制造商提供旋转补偿器的摩擦力矩、长度、重量，对管系进行应力计算。

**【条文说明】**应力计算是管系设计的重要计算，以保证管系的安全运行，不管是否设置旋转补偿器，或者设置其他的补偿器，均应进行应力计算。

**8.3.5** 旋转补偿器应成对使用，基本布置形式为π型。架空蒸汽管道旋转补偿器典型布置及受力计算见附录D。

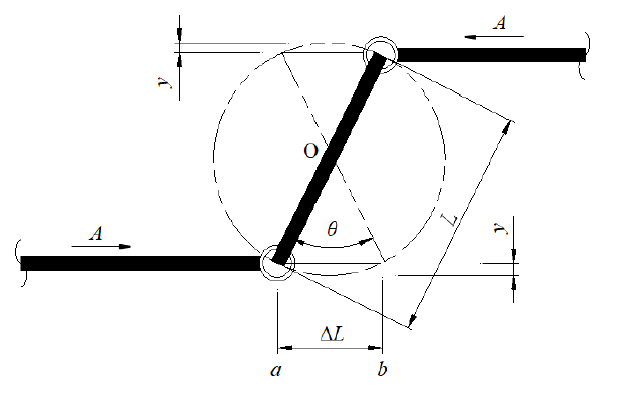
**【条文说明】**π型旋转补偿器布置形式为最基础的布置形式，应用最广，其他常见的布置形式（表2）均为π型布置的变种，对于一些地形复杂的管系补偿，可根据实际需求来配置旋转补偿器，注意旋转补偿器需成对使用，并在旋转补偿器周围留有足够的空间来保证自由旋转。



1——旋转力臂；2——直管段；3——支墩；4——旋转补偿器；A——管道热膨胀方向；

B——补偿装置旋转方向。

**图2-1 π型旋转补偿器布置形式**



A——管道热膨胀方向；L——旋转臂长度；O——旋转中心点；a——补偿开始点；

b——补偿结束点；y——横向偏移量；ΔL——补偿量；θ——旋转角度。

**图2-2 π型旋转补偿器平面示意图**

**表2 常见旋转补偿器布置形式示意**

| 序号 | 选型图例 | 补偿器类型 | 说明 |
| --- | --- | --- | --- |
| 1 |  | 旋转补偿器 | 该布置形式适用于直管线可以不同轴的情况。 |
| 2 |  | 旋转补偿器 | 该布置形式适用于直管线同轴的情况。 |
| 3 |  | 旋转补偿器 | 该布置形式适用于整体空间受限，需两组旋转补偿器集中布置的情况。 |
| 4 |  | 旋转补偿器 | 该布置形式适用于管道水平拐弯处的补偿器布置。 |

注：表中旋转补偿器为旋转补偿器；滑动支座为滑动支座；固定支座为固定支座。

**8.3.6** 应根据自然地形、补偿量和安装条件来确定旋转力臂的长度。

**【条文说明】**旋转臂L的取值越大，在旋转补偿器启动摩擦旋转时产生的摩擦力越小，就不容易被卡死，同时对固定支墩的推力越小，管系更安全。

**8.3.7** 旋转角度θ的最大值应表8.3.7选取。

**表8.3.7 旋转角θ的最大值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 公称通径  DN/mm | ≤300 | 350~500 | ≥500 |
| 旋转角θ/(°)  （π组合） | 35 | 30 | 25 |

**【条文说明】**当旋转力臂L值一定时，θ角越大，补偿量越大，相应的旋转补偿器与对应固定支座的距离也越长。而在固定支座承受推力计算中，滑动支座摩擦系数一定的情况下，距离越长，推力越大，同时正比于管道的单位载荷。因此管道口径越大，单位载荷越大，为了控制固定支架的推力，需要控制相应的补偿距离，因此采用较小的θ角极限值。反之，口径较小的管道，可以选择较大的θ角极限值。

**8.3.8** 旋转补偿器的摩擦力按式计算：

（8.3.8）

式中：F——旋转补偿器的摩擦力，单位为牛顿（N）；

M——旋转补偿器的摩擦力矩，单位为牛顿米（N·m）；

L——旋转力臂长度，单位为米（m）；

θ——旋转角度，单位为度（°）。

**【条文说明】**推动旋转力臂的移动，需克服一对旋转补偿器的摩擦力矩M。摩擦力矩由生产厂家提供。不同厂家的选择补偿器由于设计、生产工艺的不同会有不同的旋转摩擦力矩M，而摩擦力矩作为旋转补偿器的重要参数决定了管系的对固定支墩的推力，也决定了固定支墩设计的载荷选取，因此在设计时需要厂家摩擦力矩。

## 8.4 波纹管补偿器补偿

**8.4.1**波纹补偿器应符合《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777的规定

8.3.2 波纹补偿器的选材及其刚度、补偿量、设计疲劳寿命等特性应满足运行工况和使用环境的要求。

【条文说明】波纹管的材料应与内部介质、外界环境和工作温度相适应。不同材料组合多层的波纹管，材料种类不宜超过两种。波纹管补偿器的波纹管应选用多层结构，设计疲劳次数应大于等于500次。波纹管的轴向、横向补偿量分级参见表3。

**表3 轴向、横向补偿量分级表 单位为毫米**

| 公称尺寸 | 轴向、横向补偿量分级 |
| --- | --- |
| DN80～DN150 | 50，100，150 |
| DN200～DN450 | 50，100，150，200，250，300 |
| DN500～DN700 | 100，150，200，250，300，350，400 |
| DN800～DN1200 | 150，200，250，300，350，400，450 |
| 注1：轴向补偿量分级为轴向型波纹管补偿器的轴向位移范围最大限值；  注2：横向补偿量分级仅适用于复式拉杆型波纹管补偿器的横向位移范围最大限值； | |

**8.4.3** 在管廊内敷设时，当管廊本体受力受到限制时，宜选用全外压低阻力压力平衡型补偿器（外流式低阻力压力平衡型补偿器）。

【条文说明】架空或管廊敷设的长直管线，支架受力及外形尺寸限制，无约束型外压轴向型波纹补偿器存在压力推力，不宜选用；传统的旁通直管压力平衡型，由于介质扰动，相当于4个弯头，阻力降大；而全外压低阻力压力平衡型补偿器，改变了流体的流通通道，流通面积近似于弯头（30°，光滑），无压力推力且补偿量大，更安全性可靠。

**8.4.4** 铰链型波纹补偿器的布置方式和短管段的长度直接相关。短管段的长度按下述方法进行判断：

**1** 铰链性波纹补偿器布置于短管段上，若补偿器变形后，其轴向缩短量与该短管段的热伸长量相当，可选用双铰链型补偿器的补偿方式，两个铰链型补偿器均设于短管段。

**2** 铰链性波纹补偿器布置于短管段上，若补偿器变形后，其轴向缩短量远小于该短管段的热伸长量相当，宜选用三铰链型补偿器的补偿方式，两个铰链型补偿器均设于短管段，一个铰链型补偿器设于长管段。

**8.4.5** 架空蒸汽管道波纹补偿器典型布置及受力计算表见附录E。

【条文说明】波纹管补偿器是最常用的通用型补偿器，可以根据布置及地形特点实际需要进行波纹管补偿器型，注意非约束性补偿器，在使用时需要考虑压力推力的作用。

**表4 波纹补偿器典型布置类型及要点**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **布置类型** | **布置要点** | **补偿方式** | **说明** |
| 直线段 |  | 外压轴向型波纹补偿器 | 该补偿器适用于空间受限、压降要求苛刻的管道。 |
|  | 全外压低阻力压力平衡型补偿器 | 该补偿器适用于空间受限、压降要求苛刻、固定支架承载能力较小的管道（或敏感设备入口管道）。 |
| L型管段 |  | 铰链型补偿器 | 该补偿器适用于平面管道走向变化的管道。 |
| Z型管段 |  | 铰链型补偿器 | 该补偿器适用于空间管道走向变化的管道 |

**8.4.6** 轴向型波纹补偿器宜在工厂内进行预制保温。

## 8.5 球型补偿器

**8.5.1**球型补偿器材料选用，应符合《城镇供热管道用球型补偿器》GB/T 37261的规定。

【条文说明】球型补偿器自身平衡内压推力、对两侧固定支架作用力小，只有克服转动力矩产生的推力，且组合使用后补偿能力大，被偿管段距离可以加长等特点，因此架空蒸汽管道，可根据管道路由条件，合理设置球型补偿器。球型补偿器具有任意方向角度变形的功能。在管系中，对管道固定支座无盲板力作用，管道支座受力较小。架空蒸汽管道，可根据管道路由条件，合理设置球型补偿器，用以吸收管道的热膨胀。球型补偿器应为可维护结构，当密封结构出现渗漏时，可实现不更换补偿器进行维护。球型补偿器为非柔性结构件，不存在失稳、水击水锤破坏的风险，管网运行更安全。球型补偿器密封函外部设置注料嘴结构，可通过注料嘴向密封函内注填密封材料，对补偿器进行维护，不用切割更换补偿器，降低管网维护成本。

**8.5.2** 球型补偿器安装在L型、Z型或U形管道上，当管道允许垂直或水平位移时，选用2个球型补偿器，当管道不允许垂直或水平位移时，选用3个球型补偿器。，

【条文说明】单个球型补偿器在管道系统中不具备补偿管道轴向位移的能力，必须用球型补偿器组来补偿管道的轴向位移，实现对管道因温差引起热胀冷缩位移进行补偿。依靠球体相对于外套的角位移来补偿直管段的轴向位移或补偿管系在任意平面上的横向位移。 球型补偿器既可使用于平面管道，也可使用于空间管道。

**8.5.3** 球型补偿器水平安装时，应设置托架支撑。

**8.5.4** 球型补偿器在布置时，应对球型补偿器的补偿量、折曲角和固定支架的受力等进行计算，球型补偿器典型布置及受力计算见附录F。

【条文说明】球型补偿器的折曲角需由补偿器生产厂家提供，球型补偿器组推荐补偿量见表

**表 5 球型补偿器组推荐补偿量**

| 序号 | 公称通径（mm） | 补偿量（mm） | |
| --- | --- | --- | --- |
| 最小值 | 最大值 |
| 1 | 50 | 50 | 150 |
| 2 | 65 | 50 | 150 |
| 3 | 80 | 80 | 200 |
| 4 | 100 | 80 | 200 |
| 5 | 125 | 100 | 300 |
| 6 | 150 | 100 | 300 |
| 7 | 200 | 120 | 400 |
| 8 | 250 | 120 | 400 |
| 9 | 300 | 150 | 500 |
| 10 | 350 | 150 | 500 |
| 11 | 400 | 200 | 600 |
| 12 | 450 | 200 | 600 |
| 13 | 500 | 250 | 800 |
| 14 | 600 | 250 | 800 |
| 15 | 700 | 300 | 1000 |
| 16 | 800 | 300 | 1000 |
| 17 | 900 | 400 | 1200 |
| 18 | 1000 | 400 | 1200 |
| 19 | 1100 | 450 | 1400 |
| 20 | 1200 | 450 | 1400 |
| 21 | 1400 | 500 | 1600 |
| 22 | 1600 | 500 | 1600 |

# 9 管道支吊架

## 9.1 一般规定

**9.1.1** 管道支吊架的设置和选型应根据管道系统设计对支吊架的功能要求和管道系统的总体布置综合分析确定，并应符合下列规定：

**1** 支吊架系统应合理承受管道的荷载；

**2** 合理约束管道位移；

**3** 保证在各种工况下，管道应力均在允许范围内；

**4** 满足管道所连设备对接口推力、力矩的限制要求。

**9.1.2** 支吊架间距应使管道荷载合理分布，满足管道强度、刚度、防止振动和疏放水等要求。

**9.1.3** 支吊架应支承在可靠的构筑物上，应便于施工，且不影响设备检修及其他管道的安装和扩建。

**9.1.4** 对于吊点处有水平位移的吊架，吊杆配件的选择应使吊杆能自由摆动而不妨碍管道水平位移。

**9.1.5** 管道及管道附件、支撑固定件和支撑结构件等，应根据管道结构形式、所处环境和运行条件，按可能同时出现的永久荷载、可变荷载和偶然荷载的组合后确定设计荷载。

**9.1.6** 计算供热管道对固定点的作用力时，应考虑升温或降温，选择最不利的工况和最大温差进行计算。

**9.1.7** 管道对固定点的作用力计算时应包括下列内容：

**1** 管道热胀冷缩受约束产生的作用力；

**2** 内压产生的不平衡力；

**3** 活动端位移产生的作用力。

**9.1.8** 固定点两侧管段作用力合成时应按下列原则进行：

**1** 固定点两侧管段由热胀冷缩受约束引起的作用力和活动端位移产生的作用力的合力相互抵消时，较小方向作用力应乘以0.7的抵消系数；

**2** 固定点两侧管段内压不平衡力的抵消系数应取1；

**3** 当固定点承受几个支管的作用力时，应考虑几个支管不同时升温或降温产生作用力的最不利组合。

**9.1.9** 管道滑动和导向支架支撑底板的设置应满足管道运行状态下支架滑动的需求。

**【条文说明】**蒸汽管道运行时将要发生加大的热位移，支座底板的设置应取保在任何状态下，支架不能滑出支托，造成支撑系统失效。为减少底板的长度可在管道支架安装时，针对管道运行时的热位移进行预偏位安装。

## 9.2 支吊架选用

**9.2.1** 管道支吊架分固定支架、导向支架和滑动支架。

【条文说明】管道支吊架种类繁多，根据其有无保温性能可分为普通支吊架、隔热支吊架、隔冷支吊架。对于热力网管道，应选用隔热支吊架。

**9.2.2** 管道上不允许有任何方向的线性位移和角位移的补偿分段端头支撑点应设置固定支架。

**9.2.3** 引导管道某方向位移而限制其他方向位移的地方应设置导向支架。

**9.2.4** 管道上不允许有竖向位移的支撑点应设置滑动支架或刚性滑动吊架。

**9.2.5** 滑动支架需要降低摩擦力时，滑动面宜选用不锈钢板、聚四氟乙烯板等摩擦系数较低的材料，或采用滚动摩擦型式。

**9.2.5** 滑动吊架需要降低摩擦力时，宜设置滚珠、滚柱吊架。

**9.2.6** 管道上有竖向位移的支吊点应设置弹簧支吊架。当有水平位移时，弹簧支架加装滚柱、滚珠盘。

**9.2.7** 蒸汽管道固定支架、导向支架和滑动支架应选用工厂预制产品。

## 9.3 支吊架布置

**9.3.1** 装设补偿器的管道，应根据管道补偿需要和补偿器性能，管段端部设置固定支架，管段内导向或滑动支架，将管道热位移正确地引导到补偿器处。

**9.3.2**  自然补偿管段的两端应设置固定支架。

**9.3.3**  自然补偿管段π形补偿器两侧应设置导向支架，水平凸出管段宜设滑动支架，竖直凸出管段宜设弹簧吊架。

**9.3.4** 在长直管段每间隔两个滑动支架宜设置一个导向支架。

【条文说明】 导向支架的设置是为了保障补偿器工作时，防止管道刚性不足时发生非轴向偏移，因此连续设置的滑动支架不宜超过两个。

**9.3.5** 旋转补偿器组π形补偿时，旋转补偿器组一侧第一个支架应为导向支架，另一侧应为滑动支架，滑动支架后第一个导向支架与补偿器距离应大于补偿器管段发生水平方向偏移变形的距离。

【条文说明】 旋转补偿器在进行补偿工作时，会在水平方向产生偏移，靠近补偿器越近，偏移量越大，采用补偿器组一侧设导向支座，另一侧设滑动支座可以保障管道的π形补偿结构工作时的稳定运行。设置滑动支座后第一个导向支架时要考虑管道的水平变形因素，防止被导向块阻挡正常的管道水平偏移。

**9.3.6**  对于安装无约束型的轴向型波纹管补偿器的直管段，波纹管补偿器一端靠近一个固定管架，补偿器距固定支架的距离不应超过管道外径尺寸的4倍。补偿器另一侧需设置连续两个导向支架，第一导向管架与补偿器端部的间距不应管道外径尺寸的4倍。第一导向管架与第二导向管架之间的间距不应管道外径尺寸的14倍。

【条文说明】 导向支架的设置时为了保障轴向型波纹管补偿器工作时确保只在轴向发生位移，保证补偿器正常工作。

**9.3.7** 采用2个铰链或球型补偿器组成一个补偿器组布置方案，当水平方向安装时靠近补偿器的支架应设置滑动支架，竖直方向安装时靠近补偿器的支架应设置弹簧支架。

【条文说明】补偿器工作时，L型的短管段长度、Z型的两侧直管段的间距会发生变化。为保障补偿器正常工作，靠近补偿器的支架采用滑动或弹簧支架才不会限制管道的正常滑动。

**9.3.8** 当采用3个铰链、球型补偿器组成一个补偿器组布置方案时，靠近两侧补偿器的第一个支架应设置轴向导向支架。补偿器组水平安装时，中间的补偿器附近，应设置滑动支架。

【条文说明】补偿器工作时，两侧直管段只有轴向位移、无水平径向位移。中间的补偿器自重方向与补偿器组运动方向不在同一平面内，在自重力的作用下补偿器会下沉或移动，进而影响了补偿器组的补偿功能。为了限制补偿器自重的下沉和移动，在补偿器组中间位置上设置滑动支架，在支撑补偿器的同时补偿器可自由滑动，同时滑动支架支撑结构的尺寸，应满足中间的补偿器位移需求。

**9.3.9** 在靠近集中荷载(如阀门、三通等)处宜布置托架。

**9.3.10** 设备接口附近的支吊架间距和形式，除符合管道的强度、刚度和防振要求外，还应使设备接口所承受的管道最大推力和力矩在允许范围内，且不应限制设备接口位移。

**9.3.11** 当设备接口承受过大的管道推力或力矩时，应装设限位装置，其位置及限位方向应通过计算确定。

**9.3.12** 当两条管道上下平行布置，且上面管道的托架固定在下面管道上时，应考虑两管道最不利运行状态下的不同热位移，上面的管道支座不得自托架上滑落。

## 9.4 支吊架荷载

**9.4.1** 管道支吊架设计应计入下列载荷：

**1** 管道组成件及保温层的重力；

**2** 支吊架零部件的重力；

**3** 管道输送介质的重力；

**4** 根据具体情况计入水压试验或管道清洗时的介质重力；

**5** 管道中柔性管件，如波纹管补偿器、滑动伸缩节、柔性金属软管等，由于内压力产生的作用力；

**6** 支吊架约束管道位移包括热胀、冷缩、冷紧和端点附加位移所承受的约束反力、力矩和弹簧支吊架转移荷载；

**7** 管道位移时在活动支吊架上引起的摩擦力，摩擦系数μ可按表9.4.1取值。

**表9.4.1 不同摩擦形式的摩擦系数**

| 序号 | 摩擦形式 | 摩擦系数*μ* |
| --- | --- | --- |
| 1 | 不锈钢（镜面）薄板之间 | ≤0.1 |
| 2 | 不锈钢（镜面）与聚四氟乙烯板间 | 0.05～0.07 |
| 3 | 钢表面的滚动摩擦 | 0.1 |
| 4 | 钢表面的滑动摩擦 | 0.3 |

**8** 室外管道受到的雪载荷。

**9** 室外管道受到的风载荷。

**10** 正常运行时，由于各种原因引起的管道振动力。

**11** 管内流体动量瞬时突变，如汽锤、水锤引起的瞬态作用力。

**12** 流体排放产生的反力。

**13** 地震引起的载荷，但不计入地震载荷与风载荷同时出现的工况。

**9.4.2** 支吊架结构荷载确定应符合下列规定:

**1** 支吊架应按使用过程中的各种工况分别计算，并组合同时作用于支吊架上的所有荷载，取其中对支吊架结构最不利的组合，并计及支吊架自身和临近活动支吊架上摩擦力的作用作为结构荷载。

**2** 支吊架结构荷载计算应根据具体情况计及下述工况：

1）运行初期冷态工况。

2）运行初期热态工况。

3）管道应变自均衡后的冷态工况。

4）管道应变自均衡后的热态工况。

5）水压试验或管路清洗工况。

6）各种暂态工况。

**9.4.3** 滑动支架、导向支架处的水平摩擦力应按下式计算：

式中 ——单位长度轴向摩擦力（N/m）；

——摩擦系数，可按表9.4.1的规定确定；

——滑动支架、导向支架处管道的垂直荷载（N/m）。

**9.4.4** 采用球型补偿器、铰链型波纹补偿器和旋转补偿器，且补偿管段较长时，应采取减小管道摩擦力的措施。

**9.4.5** 风载荷、雪载荷和地震荷载可按现行国家标准《电厂动力管道设计规范》GB 50764的规定计算。

**9.4.6** 支吊架结构设计应符合行业标准《城镇供热管网结构设计规范》CJJ105的规定。

## 9.5 支吊架间距

**9.5.1** 水平管道支吊架间距，应满足强度条件和刚度条件的要求，取两个条件确定的支吊架间距的较小值。

**9.5.2** 水平直管道支吊架间距应符合下列强度要求：

**1** 按强度条件

支吊架的最大允许跨距按式（9.5.2-1）计算。

（9.5.2-1）

式中：——支吊架的最大允许跨距（m）；

——管道单位长度计算荷载（包括管道自量、保温结构及介质重和水压试验满管水的重量）（N/m）；

——管道截面抗弯矩（cm3）；

——管道强度焊缝系数，见表9.5.2-1；

——钢材在设计温度下的许用应力（MPa）。

**表9.5.2-1：管道强度焊缝系数**

| 横向焊缝系数 | | 纵向焊缝系数 | |
| --- | --- | --- | --- |
| 手工电弧焊 | 0.7 | 手工电弧焊 | 0.7 |
| 手工双面加强焊 | 0.95 | 直缝焊接钢管 | 0.8 |
| 自动双面焊 | 1 | 螺旋缝焊接钢管 | 0.6 |
| 自动单面焊 | 0.8 |  |  |

**2** 按刚度条件

支吊架的最大允许跨距按式（9.5.2-2）计算。

（9.5.2-2）

式中：——钢材在设计温度下的弹性模量（MPa），见表9.5.2-2；

——管道断面惯性矩（cm4）。

**表9.5.2-2 常用钢材的弹性模量**

| 钢号 | | Q235B | 20 | Q355B |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 弹性模量(×104MPa) | | |
| 计  算  温  度  ℃ | 20 | 20.6 | 19.8 | 20.6 |
| 100 | 20.0 | 18.2 | 20.0 |
| 150 | 19.6 | 18.0 | 19.5 |
| 200 | 19.2 | 17.5 | 18.9 |
| 250 | 18.8 | 17.1 | 18.5 |
| 300 | 18.4 | 16.6 | 18.1 |
| 350 | — | 16.2 | 17.6 |

**9.5.3** 在水平管道方向改变处，两支吊点间的管子展开长度不应超过水平直管支吊架允许间距的0.73倍，其中一个支吊点宜靠近弯管或弯头的起弯点。

**9.5.4** 垂直抬高、降低的90°弯管两端支吊架间的管段展开长度，不宜大于水平直管段上支吊架最大允许跨距的0.5倍。

# 10 热工监测与控制

**10.0.1** 管网总入口应设置监测装置，并具备监测并记录蒸汽压力、温度和流量，并生成瞬时热量、瞬时流量、累计热量、累计流量的功能。

**10.0.2** 各热用户应设置监测装置，并具备监测并记录蒸汽压力、温度和流量，并生成瞬时热量、瞬时流量、累计热量、累计流量的功能。

**10.0.3** 监控系统的仪表选型应符合下列规定：

**1** 仪器仪表选型应根据工艺过程、仪表特性、压力等级、测量范围、准确度等因素综合考虑；

**2** 仪器仪表的等级、精度要求应符合现行国家标准《工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精度等级》GB/T 13283的规定；

**3** 蒸汽计量系统包括一次仪表（对于差压式流量计含差压装置、差压变送器及测量管）、补偿仪表（温度、压力）及流量积算单元，蒸汽计量系统的准确度等级在符合GB 17167-2006表4的规定的前提下，用户可根据实际需求确定。

**4** 安装在管道上的检测与控制部件，应采用不停热检修的产品；

**5** 自动调节装置在信号中断或供电中断时应具备维持当前值或设定保护值的功能。

**10.0.4** 热量和流量仪设置应符合下列规定：

**1** 流量传感器前后直管段长度应满足产品要求；

**2** 热量表应采用配对的温度传感器。

**10.0.5** 蒸汽管道系统应设置监控中心。监控中心应根据供汽规模、管理需求等因素分级设置。

【条文说明】监控中心的设置，有助于了解管网运行状态，对蒸汽管网系统运行安全有重要意义。

**10.0.6** 监控中心应具备下列功能：

**1** 监控运行；

**2** 调度管理；

**3** 故障诊断、报警处理；

**4** 数据存储、统计及分析；

**5** 集中显示。

**【条文说明】**监控中心最基本的功能是监控整个系统的正常运行，其中监控运行和故障诊断、报警处理是最根本的功能。除本条中要求的功能外，供汽管理单位可根据自身管理需求添加其他可选的功能，如热计量管理、用户管理、设备管理、视频监控等。

**10.0.7** 监控中心相应的监控运行模块、调度管理模块、故障诊断、报警处理模块、数据存储、统计及分析模块、集中显示模块应具备的功能，监控中心配置要求，应按现行行业标准《城镇供热监测与调控系统技术规程》CJJ/T 241执行。

# 附录A 生产工艺热负荷调查表

A.0.1生产工艺热负荷可按表A.0.1所示格式进行调查。

表A.0.1 工艺生产用汽调查表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用  热  单  位 | 负  荷  性  质 | 用汽  温度、  压力 | 1  月 | | 2  月 | | 3  月 | | 4  月 | | 5  月 | | 6  月 | | 7  月 | | 8  月 | | 9  月 | | 10  月 | | 11  月 | | 12  月 | |
| t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 | t/h | 小  时  数 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**A.0.2** 对已知用热参数、生产班制、季节特性、供热设备装机情况时，工艺生产热负荷可按表A.0.2所示格式进行调查。

表A.0.2 工艺生产用汽调查表（典型生产月）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用  热  单  位 | 负  荷  性  质 | 供  热  介  质 | 用热参数 | | 用热方式 | | 用汽量（t/h） | | | 停产期或检修期 | 现有锅炉情况 | | | | 冷凝水回收情况 | | 自 年至 年发展  负荷 | | 备注 |
| 压力  （MPa） | 温度  （℃） | 直接  用热/间接  用热 | 用热班制 | 冬季最大 | 冬季平均 | 夏季 | 台  数 | 容  量 | 参  数 | 锅炉  效率  （%） | 回水量  冬/夏  （t/h） | 温度  （℃） | 采暖期  （t/h） | 非采  暖期  （t/h） |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**A.0.3** 对已知产品产量、单位产品能耗、生产班制、检修周期等数据时，工艺生产热负荷可按表A.0.3所示格式进行调查。

表A.0.3 工艺生产用汽调查表（产品产量）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位  名称 | 产品  名称 | 年  产量 | 单位产品  能耗 | 直接或  间接  用热 | 生产班次  点- 点 | 每年生产时间  月- 月 | 停产或检修  月- 月 | 备注 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**A.0.4** 各时段典型生产日小时负荷调查，可按表A.0.4所示格式进行统计。

表A.0.4 典型生产日小时负荷表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 用热  单位 | 用热  介质 | 用热季节  或月份 | 用热  参数 | | 时间 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 备注 |
| 压力  （MPa） | 温度  （℃） | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# 附录B 管道自然补偿能力判别

**B.0.1** 管道两端点间、无限位支吊点的无分支的管道，其自补偿能力是否满足要求，应按照以下步骤进行判别：

**1** 值可按下列公式计算：

式中：*u*——补偿能力曲线横坐标值；

*v*——补偿能力曲线纵坐标值；

——固定点间的管道展开长度（m）；

——固定点间的直线距离（m）；

——管道外径（mm）；

——管道强度特性；

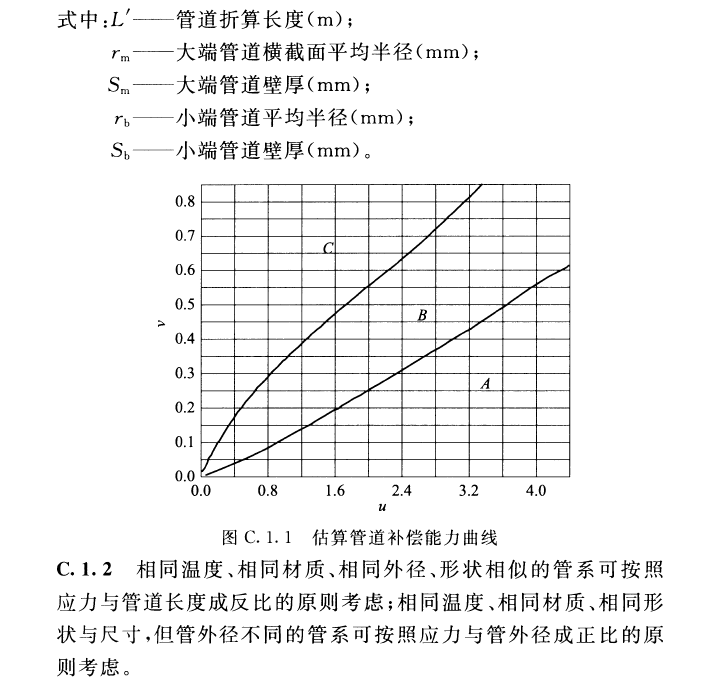
——设计温度（℃）；

——设计安装温度（℃）；

——设计温度下管材的金属弹性模量（kN/mm2）；

——设计温度下管材的线膨胀系数（10-6/℃）。

**2** 当所求出的值在估算管道补偿能力曲线（图B.0.1）上查得的对应点落在区域A内时，则管道可以满足自补偿；当落在区域B内时，应通过应力计算后确定；当落在区域C内，则不能满足自补偿。



**图B.0.1 估算管道补偿能力曲线**

**B.0.2** 对管道横截面变化的管段，在确定管道的展开长度时，可用折算展开长替代实际展开长度*L*。若将大端管道长度折合成小端管道长度，可按下式计算：

式中 ——管道折算长度（m）；

——小端管道平均半径（mm）；

——小端管壁厚（mm）；

——大端管道截面平均半径（mm）；

——大端管壁厚（mm）。

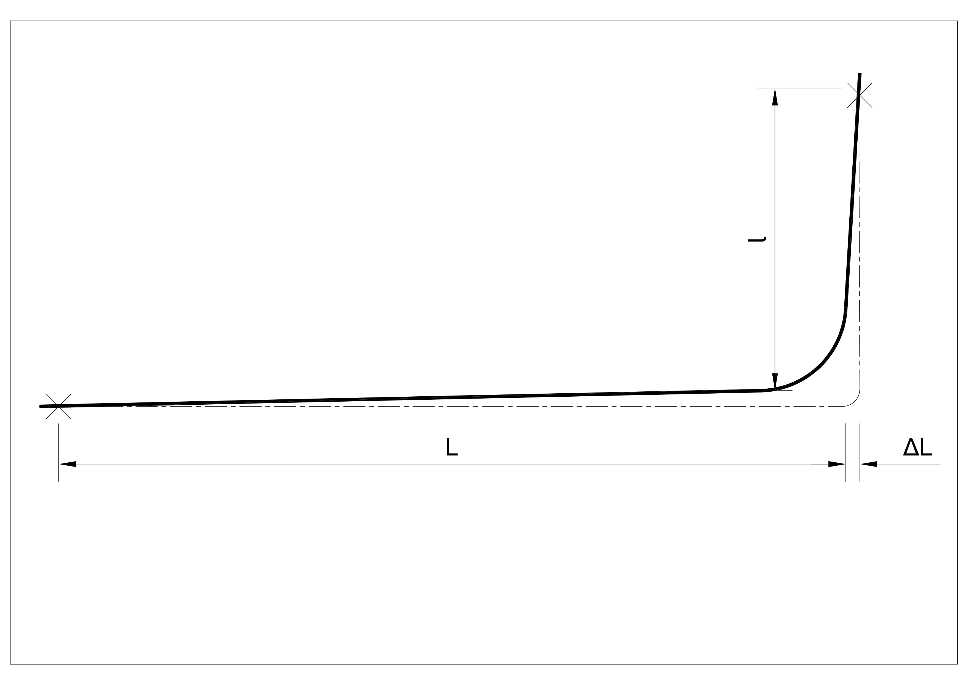
# 附录C 自然补偿器计算

**C.0.1** L型自然补偿管段布置见图C.0.1，补偿器短臂长度按式C.0.1进行计算：

式中 ——L型自然补偿短臂长度（m）；

——长臂L的热伸长量（mm），按式（8.1.3）计算确定；

——管道外径（mm）。



**图C.0.1 L型补偿管段**

**C.0.2** Z型自然补偿管段布置见图C.0.2，补偿器短臂长度按式C.0.2进行计算：

式中 ——Z型自然补偿短臂长度（m）；

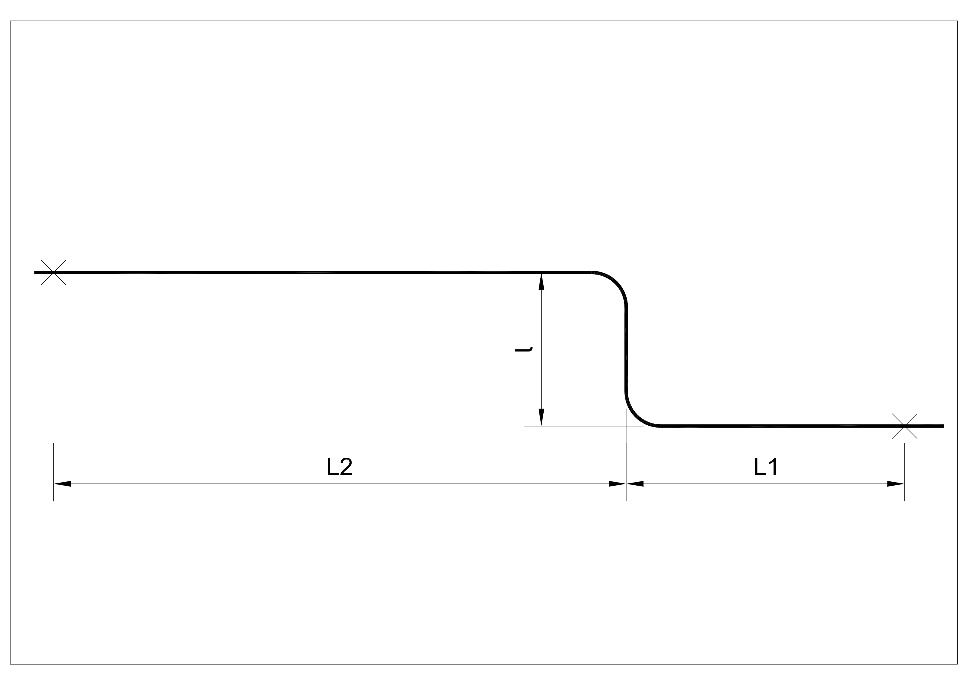
——（L1+L2）的总热伸长量（mm），按式（8.1.6）计算确定；

——钢材料的弹性模量（MPa）；

——管道外径（mm）；

——弯曲许用应力（MPa），常用管材许用应力查表7.0.6；

——系数，且。



**图C.0.2 Z型补偿管段**

**C.0.3** π型自然补偿管段布置见图C.0.3，补偿器臂长度按式C.0.3进行计算：

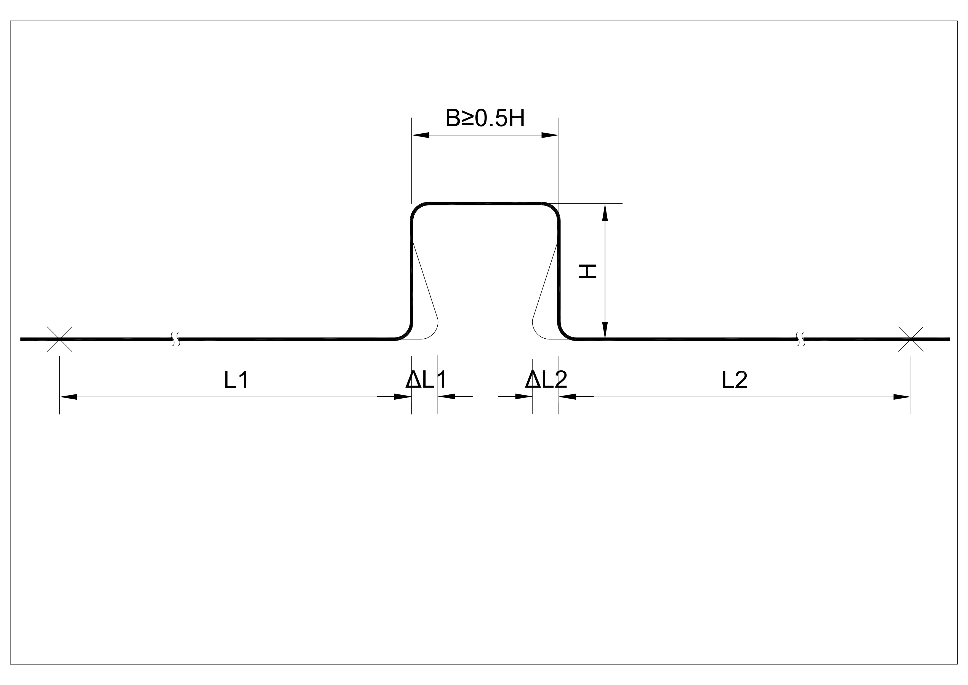
式中 ——π型自然补偿悬臂长度（m）；

——（L1+L2）的总热伸长量（mm），按式（8.1.6）计算确定；

——钢材料的弹性模量（MPa）；

——管道外径（mm）；

——弯曲许用应力（MPa），常用管材许用应力见表7.0.3。



**图C.0.3 π型补偿管段**

**C.0.4** L型、Z型及π型自然补偿器管道固定支架推力可按表C.0.4计算。

表C.0.4 L型、Z型及π型自然补偿管道固定支架推力计算表

| 项目 | L型自然补偿 | Z型自然补偿 | π型自然补偿 |
| --- | --- | --- | --- |
| 布置简图 |  |  |  |
| 计算管段折算  长度总和（m） |  |  |  |
| 中心坐标（m） |  |  |  |
| 线惯性矩（m3） |  |  |  |
| 热伸长量（m） |  |  |  |
| 支架受力  （N） |  |  |  |

注：——计算管段当量折算长度（m）；

*——*弯管曲率半径（m）；

——计算管段弹性中心坐标（m）；

——计算管段相对弹性中心（）的线惯性矩（m3）；

——计算管道沿X、Y轴的热伸长值（m）；

*——*管段弯曲柔性系数；

*——*管道断面惯性矩（cm4）；

*——*管材弹性模量（MPa）；

*——*计算管段X、Y向的弹性力（N）。

# 附录D 架空蒸汽管道旋转补偿器典型布置及受力计算表

表D 架空蒸汽管道旋转补偿器典型布置及受力计算表

| 项目 | L型单边补偿 | π型双边补偿 |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 布置简图 |  |  |  |
| 热伸长量 | 两旋补选用条件：  ，LA≤2-6m  △2 ≈ △LA |  |  |
| 折取角 |  |  |  |
| 转动反力距 | M = M Ⅰ = M Ⅱ | M = M Ⅰ = M Ⅱ |  |
| 位移反力 |  |  |  |
| A支架受力 |  |  |  |
| B支架受力 |  |  |  |

注：——分别为管段L1、L2的热伸长量（mm）；

——管道线膨胀系数（mm/m ℃）；

Tmax——介质最高温度（℃）；

Tmin——环境最低温度（℃）；

——补偿器Ⅰ、Ⅱ角位移量（°）；

——补偿器Ⅰ、Ⅱ角位移反力矩（Nm）；

——支架A分别受X、Z方向力（N）；

——支架A分别受X、Z方向弯矩（Nm）。

# 附录E 架空蒸汽管道波纹补偿器典型布置及受力计算表

表E 架空蒸汽管道波纹补偿器典型布置及受力计算表

| 项目 | L型大拉杆补偿 | L型三铰链补偿 | Z型两铰链补偿 |
| --- | --- | --- | --- |
| 布置简图 |  |  |  |
| 热伸长量 | 选用条件： | L1>L2 | 两铰链补偿选用条件： |
| 工作角位移 | / | ； | ；； |
| 角位移反力距 | / | ；； | ； |
| 位移反力 |  | ； | ； |
| A支架受力 | ； |  |  |
| B支架受力 | ； |  |  |

注：——分别为管段L1、L2、L3的热伸长量（mm）；

——管道线膨胀系数（mm/m ℃）；

Tmax——介质最高温度（℃）；

Tmin——环境最低温度（℃）；

——补偿器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ角位移量（°）；

——补偿器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ角位移反力矩（Nm）；

——支架A分别受X、Y、Z方向力（N）；

——支架A分别受X、Y、Z方向弯矩（Nm）。

# 附录F 架空蒸汽管道球型补偿器典型布置及受力计算表

# 

**表F 架空蒸汽管道球型补偿器典型布置及受力计算表**

| 项目 | Z型双边补偿 | **π型补偿** | **立体Z型补偿** |
| --- | --- | --- | --- |
| 布置简图 |  |  |  |
| 热伸长量 | 两球补选用条件： |  |  |
| 折取角 |  |  | ；  ；  ；； |
| 转动反力距 | M = M Ⅰ = M Ⅱ | M = M Ⅰ = M Ⅱ = M Ⅲ | *M = M Ⅰ = M* Ⅱ *= M* Ⅲ |
| 位移反力 |  |  |  |
| A支架受力 |  |  | ； |
| B支架受力 |  |  |  |

注：——分别为管段L1、L2、L3的热伸长量（mm）；

——补偿器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ角位移量（°）；

——补偿器Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ角位移反力矩（Nm）；

——支架A分别受X、Y、Z方向力（N）；

——支架A分别受X、Y、Z方向弯矩（Nm）。

# 本规范用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的用词：

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用词：

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用词：

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用词，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”。

# 引用标准目录

《湿陷性黄土地区建筑标准》GB 50025

《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 5026

《室外给水排水和燃气热力工程抗震设计规范》GB 50032

《城市供热规划规范》GB/T 51074

《膨胀土地区建筑技术规范》GB 50112

《内河通航标准》GB 50139

《埋地钢质管道防腐保温层技术标准》GB/T 50538

《电厂动力管道设计规范》GB 50764

《城市综合管廊工程技术规范》GB 50838

《城镇供热管网设计标准》CJJ/T 34

《城镇供热监测与调控系统技术规程》CJJ/T 241

《发电厂汽水管道应力计算技术规程》DL/T 5366

《设备及管道绝热设计导则》GB/T817

《低压流体输送用焊接钢管》GB 3091

《硅酸钙绝热制品》GB/T 10699

《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777

《工业过程测量和控制用检测仪表和显示仪表精度等级》GB/T 13283

《绝热用玻璃棉及其制品》GB/T 13350

《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》GB/T 28638

《污水排入城镇下水道水质标准》GB/T 31962

《纳米孔气凝胶复合绝热制品》GB/T 34336

《城镇供热管道用球型补偿器》GB/T 37261

《城镇供热预制直埋蒸汽保温管及管路附件》CJ/T 246

《富锌底漆》HG/T 3668

《直埋高温钢质管道保温技术规范》SY/T 0324

《石油天然气站场管道及设备外防腐层技术规范》SY/T 7036