

第十章 压力管道规范—动力管道

第一节 范 围

10.1.1 GB/T 32270 的适用范围是什么？

答：现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的适用范围如下：

(1) 本标准规定了火力发电厂界区内以蒸汽、水和易燃易爆、有毒及腐蚀性液体或气体为介质的管道的材料、设计、制作、安装、检验、试验、安全防护、保温及防腐的基本要求等。其中易燃易爆、有毒及腐蚀性液体或气体为介质的管道参照现行国家标准《压力管道规范 工业管道》GB/T 20801.1~20801.6；

(2) 本标准不适用于下列管道：

- 1) 锅炉本体管道；
 - 2) 核电厂管道；
 - 3) 采暖通风与空气调节的管道及非圆形截面的管道；
 - 4) 各种塔、建筑构架、储罐、机械设备和仪表用的管道；
- (3) 本标准不包括非金属管道的材料要求。

第二节 材 料

10.2.1 管道材料选用的基本原则是什么？

答：(1) 管道材料应按照材料的使用性能、工艺性能和经济性选用。

(2) 材料的使用性能应满足管道组成件的设计温度、受力状况、介质特性及工作的长期性和安全性的要求。

(3) 材料的工艺性能应满足管道组成件的几何形状、尺寸、制造工艺以及修复方法的要求。

(4) 不同的材料组合时不应材料产生不利的影响。

(5) 在管子上直接焊接的零部件宜采用与管子相同的材料。

10.2.2 管子和管件的使用应符合哪些要求？

答：(1) 无缝管子和管件的使用应符合以下要求：

1) 符合现行国家标准《输送流体用无缝钢管》GB/T 8163 的无缝钢管，可用于设计压力不大于 1.6MPa 的管道；符合现行国家标准《低中压锅炉用无缝钢管》GB 3087 的无缝钢管，可用于设计压力不大于 5.3MPa 的管道；符合现行国家标准《高压锅炉用无缝钢管》GB 5310 的无缝钢管，可用于设计压力大于 5.3MPa 的管道；

2) 采用无缝钢管制作的管件，其压力使用范围应与管子的规定相同。

(2) 焊接管子和管件的使用应符合以下要求：

1) 符合《中温高压用电熔焊管技术条件》ASME SA672 和《高温高压用碳钢和合金钢制电

熔焊管 技术条件》ASME SA691 的直缝电熔焊钢管和对应管件可用于设计压力不大于 10MPa 且设计温度不在蠕变范围之内的管道；

2) 现行国家标准《低压流体输送用焊接钢管》GB/T 3091、现行国家标准《普通流体输送管道用埋弧焊钢管》SY/T 5037、《普通流体输送管道用直缝高频焊钢管》SY/T 5038 电熔焊钢管可用于设计压力不大于 1.6MPa 且设计温度不大于 300℃ 的管道；

3) 电熔焊钢管的纵向焊接接头系数根据表 10.2.2 中的焊接接头型式和检测比例确定；

表 10.2.2 纵向焊接接头系数

| 序 号 | 接头型式 | 检测比例 | 系 数 |
|-----|------------|--------------------------|------|
| 1 | 单面焊(无填充金属) | 按产品标准检测 | 0.85 |
| | | 100%射线或超声检测 ^① | 1.00 |
| 2 | 单面焊(有填充金属) | 按产品标准检测 | 0.80 |
| | | 100%射线或超声检测 ^① | 1.00 |
| 3 | 双面焊(无填充金属) | 按产品标准检测 | 0.90 |
| | | 100%射线或超声检测 ^① | 1.00 |
| 4 | 双面焊(有填充金属) | 按产品标准检测 | 0.90 |
| | | 100%射线或超声检测 ^① | 1.00 |

注：① 射线检测、超声检测应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 中 8.3 或相应的材料标准要求。

4) 电阻焊碳钢管，纵向焊接接头系数按 0.85 选取，不应采用附加检测的方法增大纵向焊接接头系数；电阻焊碳钢管不应用于设计压力大于 1.6MPa 或设计温度大于 200℃ 管道；不应采用电阻焊碳钢管制造对焊管件。

10.2.3 碳素结构钢或低合金结构钢材料的使用限制有哪些？

答：碳素结构钢或低合金结构钢的使用应符合下列规定：

- (1) 管道受压元件以及直接焊接于受压元件上的承载构件应采用镇静钢。承压件选用 B 级和 C 级镇静钢时，设计温度不应高于 300℃，厚度不应大于 30mm；
- (2) 除(1)外的其他构件可选用沸腾钢和半镇静钢，但厚度不应大于 12mm；
- (3) 含碳量大于 0.35% 的碳素结构钢或低合金结构钢不宜在焊接结构上使用；
- (4) 碳素结构钢或低合金结构钢不应用于毒性程度为极度危害介质、高度危害气体介质和工作温度高于标准沸点的高度危害液体介质的管道。

10.2.4 优质碳素钢与低合金耐热钢材料的使用限制有哪些？

答：优质碳素钢与低合金耐热钢的使用应符合下列规定：

- (1) 用于焊接结构的优质碳素钢、低合金耐热钢，含碳量不应大于 0.35%；
- (2) 对低合金耐热钢，当使用温度大于 455℃ 时，焊缝金属的含碳量应大于 0.05%；
- (3) 低碳(C≤0.08%)非稳定化不锈钢(如 06Cr19Ni10、06Cr17Ni12Mo2)在非固溶状态下(包括固溶后经热加工或焊接)不应用于可能发生晶间腐蚀的环境。奥氏体钢使用温度高于 525℃ 时含碳量不应小于 0.04%。

10.2.5 材料的使用温度有哪些限制?

答: (1) 材料使用温度上限:

1) 材料的使用温度不应超过现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 中给出许用应力值的最高温度;

2) 确定材料的实际使用温度上限应考虑腐蚀介质的影响, 高温条件下长期使用的材料, 应考虑因组织或性能变化对材料使用可靠性的影响, 蠕变温度以上长期使用的材料, 应考虑因蠕变引起的过度变形、过大位移、材料组织和性能的劣化以及螺栓的应力松弛;

3) 碳钢、碳锰钢不宜在 425℃ 以上的温度下长期使用, 碳钼钢不宜在 470℃ 以上的温度下长期使用, 但在自限式卸压安全装置的对空排放管道中, 碳钢可以用于 425℃ 以上;

4) 铬钼合金钢长期在 400~550℃ 温度下使用时, 应根据使用经验和具体工况采取适当的防护措施;

5) 在高于 454℃ 温度下使用低合金铬钢(含铬量 2.25%)时, 母材和焊缝填充金属的含碳量应等于或大于 0.05%;

6) 铁素体不锈钢及马氏体不锈钢不宜在 370℃ 以上的温度使用;

7) 铬镍奥氏体不锈钢在 540~900℃ 温度下长期使用时应控制奥氏体钢中的铁素体含量及过度冷变形;

8) 双相不锈钢不得在 300℃ 以上的温度使用;

9) 奥氏体钢的使用温度高于 525℃ 时, 钢中的碳含量应不低于 0.04%;

10) GC 类管道中的材料高温下使用的限制应符合国家标准《压力管道规范 工业管道 第 2 部分: 材料》GB/T 20801.2 的规定。

(2) 材料的使用温度下限:

1) 设计者应考虑材料在低温下试验、使用出现脆性断裂的可能性;

2) GC 类管道的材料使用温度下限应符合国家标准《压力管道规范 工业管道 第 2 部分: 材料》GB/T 20801.2 的规定。

第三节 设计与计算

一、设计条件和设计准则

10.3.1 管道的设计条件(包括设计压力、设计温度)一般要求是什么?

答: (1) 管道设计应根据压力、温度及管内介质特性等工艺条件, 并结合环境、荷载等综合条件进行。

(2) 管道组成件的设计压力, 不应低于运行中可能出现的最高持续压力。

(3) 管道的设计温度不应低于管内介质持续运行的最高工作温度。

10.3.2 GCD 类管道的设计压力应符合哪些规定?

答: GCD 类管道的设计压力应符合下列规定:

(1) 超临界及以下参数机组, 主蒸汽管道设计压力应取用锅炉最大连续蒸发量时过热器出口的额定工作压力;

(2) 超超临界参数机组, 主蒸汽管道设计压力应取用下列两项的较大值:

- 1) 汽轮机主汽门进口处设计压力的 105%;
- 2) 汽轮机主汽门进口处设计压力加主蒸汽管道压降;
- (3) 再热蒸汽管道设计压力应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开,即 VWO 工况)热平衡中高压缸排汽压力的 1.15 倍。对于再热器出口联箱到汽轮机的部分,可减至再热器出口安全阀动作的最低整定压力;
- (4) 汽轮机抽汽管道设计压力应符合下列规定:
 - 1) 非调整抽汽管道,应取用汽轮机最大计算出力工况下该抽汽压力的 1.1 倍,且不小于 0.1MPa;
 - 2) 调整抽汽管道,应取其最高工作压力;
 - 3) 背压式汽轮机排汽管道应取其最高工作压力,但不应小于 0.1MPa;
- (5) 与直流锅炉启动分离器连接的汽水管道的压力设计应取用分离器各种运行工况中可能出现的最高工作压力;
- (6) 高压给水管道设计压力应符合下列规定:
 - 1) 非调速给水泵出口管道从前置泵到主给水泵或从主给水泵至锅炉省煤器进口区段,应分别取用前置泵或主给水泵特性曲线最高点对应的压力与该泵进水侧压力之和;
 - 2) 调速给水泵出口管道,从给水泵出口至第一个关断阀的管道,设计压力应取用泵在额定转速特性曲线最高点对应的压力与进水侧压力之和;从泵出口关断阀至锅炉省煤器进口区段,应取用泵在额定转速及设计流量下泵提升压力的 1.1 倍与泵进水侧压力之和;
 - 3) 高压给水管道设计压力,应计及水泵进水温度对压力的修正;
- (7) 低压给水管道设计压力应符合下列规定:
 - 1) 对于定压除氧系统,应取用除氧器额定压力与最高水位时水柱静压之和;
 - 2) 对于滑压除氧系统,应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开,即 VWO 工况)下除氧器加热抽汽压力的 1.1 倍与除氧器最高水位时水柱静压之和;
- (8) 凝结水管道设计压力应符合下列规定:
 - 1) 凝结水泵进口侧管道,应取用泵吸入口中心线至汽轮机排汽缸接口平面处的水柱静压(此时凝汽器内按大气压力),且不小于 0.35MPa;
 - 2) 凝结水泵出口侧管道,应取用泵出口阀关断情况下泵的提升压力与进水侧压力(凝汽器热井最高水位与泵吸入口中心线的水柱静压)之和;
- (9) 加热器疏水管道设计压力应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开,即 VWO 工况)下抽汽压力的 1.1 倍,且不应小于 0.1MPa。当管道中疏水静压引起压力升高值大于抽汽压力的 3%时,应计及静压的影响;
- (10) 锅炉排污管道设计压力应符合下列规定:
 - 1) 锅炉排污阀前管道,对于定期排污管道,设计压力不应小于汽包上所有安全阀中的最低整定压力与汽包最高水位至管道最低点水柱静压之和;对于连续排污管道,设计压力不应小于汽包上所有安全阀的最低整定压力;
 - 2) 锅炉排污阀后管道,当排污阀后的管道装有阀门或堵板等可能引起管内介质压力升高时,其设计压力应按排污阀前管道设计压力的选取原则确定;当锅炉排污阀后的管道上未装有阀门或堵板等不会引起管内介质压力升高时,排污管道(定期排污或连续排污)的设计压力应按表 10.3.2 选取。

表 10.3.2 锅炉排污阀后管道设计压力

MPa

| 项 目 | 锅炉压力 | | | |
|--------|-------------|-------------|--------------|---------|
| | 1.750~4.150 | 4.151~6.200 | 6.201~10.300 | ≥10.301 |
| 管道设计压力 | 1.750 | 2.750 | 4.150 | 6.200 |

(11) 给水再循环管道设计压力应符合下列规定：

1) 当采用单元制系统时，进除氧器的最后一道关断阀及其以前的管道，应取用相应的高压给水管道的的设计压力，其后的管道，对于定压除氧系统，应取用除氧器额定压力；对于滑压除氧系统，应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开，即 VWO 工况)下除氧器加热抽汽压力的 1.1 倍；

2) 当采用母管制系统时，节流孔板及其以前的管道，应取用相应的高压给水管道的的设计压力；节流孔板后的管道，当未装设阀门或介质出路上的阀门不可能关断时，应取用除氧器的额定压力；

(12) 安全阀后排汽管道设计压力应根据排汽管道的水力计算结果确定；

(13) 其他管道的设计压力应符合下列规定：

1) 对于输送气化温度低的流体(液化气体)管道组成件，其设计压力不应小于阀被关闭或流体不流动时在最高环境温度下气化所能达到的最高压力；

2) 离心泵出口至第一道关断阀之间的管道组成件，对于定速泵，其设计压力不应小于泵额定工作特性曲线最高点对应的压力与泵吸入口压力之和；对于调速泵，其设计压力不应小于泵额定转速特性曲线最高点对应的压力与泵吸入口压力之和；

3) 装有安全阀的管道，管道组成件的设计压力不应小于安全阀的最低整定压力；

4) 减压装置后没有安全阀且流体可能被关断或堵塞的管道，管道组成件的设计压力不应低于减压装置前流体可能达到的最高压力。

10.3.3 GCD 类管道的设计温度应符合哪些规定？

答：GCD 类管道的设计温度应符合下列规定：

(1) 主蒸汽管道设计温度应取用锅炉过热器出口蒸汽额定工作温度加上锅炉正常运行时允许的温度偏差值，当锅炉制造厂未提供温度偏差时，温度偏差值可取用 5℃；

(2) 再热蒸汽管道设计温度应符合下列规定：

1) 高温再热蒸汽管道，应取用锅炉再热器出口蒸汽额定工作温度加上锅炉正常运行时允许的温度偏差，当锅炉制造厂未提供温度偏差时，温度偏差值可取用 5℃；

2) 低温再热蒸汽管道，应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开，即 VWO 工况)下高压缸排汽参数，等熵求取在管道设计压力下的相应温度；

(3) 汽轮机抽汽管道设计温度应符合下列规定：

1) 非调整抽汽管道，应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开，即 VWO 工况)下抽汽参数，等熵求取管道设计压力下的相应温度；

2) 调整抽汽管道，应取用抽汽的最高工作温度；

3) 背压式汽轮机排汽管道应取用排汽的最高工作温度；

(4) 减温装置后的蒸汽管道设计温度应取用减温装置出口蒸汽的最高工作温度；

(5) 与直流锅炉启动分离器连接的汽水管道的温度应取用分离器各种运行工况中管内

介质可能出现的最高工作温度；

(6) 高压给水管道设计温度应取用高压加热器后高压给水的最高工作温度；

(7) 低压给水管道设计温度应符合下列规定：

1) 定压除氧器系统，应取用除氧器额定压力对应的饱和温度；

2) 滑压除氧器系统，应取用汽轮机最大计算出力工况(调节汽门全开，即VWO工况)

下1.1倍除氧器加热抽汽压力对应的饱和温度；

(8) 凝结水管道设计温度应取用低压加热器后凝结水的最高工作温度；

(9) 加热器疏水管道设计温度应取用该加热器抽汽管道设计压力对应的饱和温度；

(10) 锅炉排污管道设计温度应符合下列规定：

1) 锅炉排污阀前管道(定期排污或连续排污)的设计温度，应取用汽包上所有安全阀中的最低整定压力对应的饱和温度；

2) 锅炉排污阀后管道，当排污阀后管道装有阀门或堵板等可能引起管内介质压力升高时，排污管道(定期排污或连续排污)的设计温度应按锅炉排污阀前管道的选取原则确定；当排污阀后未装设阀门或堵板等不会引起管内介质压力升高时，排污管道(定期排污或连续排污)的设计温度应按表10.3.3选取；

表 10.3.3 锅炉排污阀后管道设计温度

| 项 目 | 锅炉压力/MPa | | | |
|----------|-------------|-------------|--------------|---------|
| | 1.750~4.150 | 4.151~6.200 | 6.201~10.300 | ≥10.301 |
| 管道设计温度/℃ | 210 | 230 | 255 | 280 |

(11) 给水再循环管道设计温度应符合下列规定：

1) 对于定压除氧系统，应取用除氧器额定压力对应的饱和温度；

2) 对于滑压除氧系统，应取用汽轮机最大计算出力工况下1.1倍除氧器加热抽汽压力对应的饱和温度；

(12) 安全阀后排汽管道的设计温度，应根据排汽管道水力计算中相应数据选取。

10.3.4 GCD类管道的设计准则有哪些规定？

答：(1) 管道组成件的压力-温度等级除用设计压力 and 设计温度表示外，还可用公称压力表示。

(2) 管道组成件公称压力的选用应符合现行国家标准《管道元件 PN(公称压力)的定义和选用》GB/T 1048的有关规定。

(3) 对于只标明公称压力的管件，除另有规定外，在设计温度下的允许工作压力应按式(10.3.4)进行计算。

$$P_i = K_{PN} \times PN \frac{[\sigma]^t}{[\sigma]^s} \quad (10.3.4)$$

式中 P_i ——在设计温度下的允许工作压力，MPa；

K_{PN} ——系数， $K_{PN} = 0.1 \text{ MPa}$ ；

PN ——公称压力；

$[\sigma]^t$ ——在设计温度下材料的许用应力，MPa；

$[\sigma]^s$ ——公称压力对应的基准应力，是指材料在指定某一温度下的许用应力，MPa。

10.3.5 金属材料的许用应力应符合哪些规定？

答：（1）管子及管件用钢材的许用应力，应根据钢材的有关强度特性取下列三项中的最小值：

$$\frac{R_m^{20}}{3}, \frac{R_{eL}^t}{1.5} \quad \text{或} \quad \frac{R_{p0.2}^t}{1.5}, \frac{\sigma_D^t}{1.5} \quad (10.3.5)$$

式中 R_m^{20} ——钢材在 20℃ 时的抗拉强度最小值，MPa；

R_{eL}^t ——钢材在设计温度下的下屈服强度最小值，MPa；

$R_{p0.2}^t$ ——钢材在设计温度下 0.2% 规定非比例延伸强度最小值，MPa；

σ_D^t ——钢材在设计温度下 10⁵h 持久强度平均值，MPa。

（2）许用应力的应用应符合下列规定：

1) 现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 中材料的许用应力系指许用拉应力，使用时应符合下列规定：

a) 焊接管子和焊接管件采用现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 的许用应力时，应另外按本章表 10.2.2 计入焊接接头系数；

b) 对于铸造和锻造管道组成件用材料，应计及铸件和锻件质量系数并符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB 32270—2015 第 5 章第 5.3.1.3 条的规定；

2) 许用剪切应力为现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 许用应力的 0.8 倍；

3) 压缩许用应力应符合结构稳定性的要求，且不大于拉伸许用应力。

二、管道组成件的选用

10.3.6 GCD 类管道对管道组成件选用的一般规定有哪些？

答：（1）管道组成件应根据管道系统内介质的性质、各种可能出现的运行工况、外部环境、材料的使用性能和工艺性能以及经济性等综合因素选用。

（2）按照现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 所列的有关标准制造或制作的采用焊接连接、法兰连接的管道组成件均可用于管道系统。但其材料、压力和温度都应符合上述规范的规定，弯头、弯管、支管连接、封头和异径管等材料的选用宜与所连接的管子材料一致。

（3）对于现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 中所列标准中未包括的管道组成件应同时符合本章第三节“三、管道组成件的强度设计”及《压力管道安全技术监察规程——工业管道》TSG D0001 的有关规定，方可采用。

（4）在管道系统中，管道组成件的连接形式宜采用对接焊接。

（5）弯头、弯管、支管连接、异径管、封头、法兰盖的强度计算应符合本章第三节“三、管道组成件的强度设计”的有关规定。

（6）管道及管件的最小壁厚或厚度应符合本章第三节“三、管道组成件的强度设计”的有关规定。

10.3.7 GCD 类管道对管子的使用应符合什么规定？

答：（1）管子材料的选用应符合本章第 10.2.2 条的规定。

（2）高温再热蒸汽管道应采用无缝钢管，300MW 及以上容量机组低温再热蒸汽管道宜

采用电熔焊钢管或无缝钢管。

- (3) 低压给水管道应采用无缝钢管。
- (4) 管道系统中汽水两相流的管道宜采用 CrMo 合金钢材料。

10.3.8 GCD 类管道对弯头和弯管的使用应符合什么规定？

答：(1) 弯头宜采用长半径弯头。

(2) 公称压力大于 $PN25$ 的管道上均应采用无缝热压弯头，且宜带直管段。低温再热蒸汽管道可采用同质量电熔焊钢管热成型弯头。

(3) 按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270 规定进行承受内压计算、制造(制作)的斜接弯头，可与制造(制作)斜接弯头的直管一样用于相同的工作条件。工作压力不应超过 1.0MPa ，工作温度不应超过 300°C 。

(4) 对于主蒸汽、再热蒸汽和高压给水等主要管道，宜采用较大弯曲半径的弯管，弯管弯曲半径宜为管子外径的 $3\sim 5$ 倍。

10.3.9 GCD 类管道对支管连接的使用有什么规定？

答：(1) 公称压力为 $PN25$ 及以下，在满足补强要求的前提下可采用直管开孔连接；公称压力大于或等于 $PN40$ 、设计温度大于 250°C 的支管连接应采用成型管件。

- (2) 三通不宜采用带加强元件的辅助加强型式。
- (3) 下列管道的三通型式宜按表 10.3.9 选用。

表 10.3.9 三通型式

| 管道类别 | 机组参数 | | | |
|----------|--------|-------|-------|---------|
| | 超超临界参数 | 超临界参数 | 亚临界参数 | 亚临界以下参数 |
| 主蒸汽管道 | 锻制、挤压 | 锻制、挤压 | 锻制、挤压 | 挤压 |
| 高温再热蒸汽管道 | 锻制、挤压 | 锻制、挤压 | 锻制、挤压 | 挤压 |
| 低温再热蒸汽管道 | 焊接 | 焊接 | 焊接 | 焊接、挤压 |
| 高压给水管道 | 挤压、焊接 | 挤压、焊接 | 挤压、焊接 | 挤压 |

(4) 亚临界及以上参数机组的主蒸汽、再热蒸汽管道的合流或分流三通宜采用斜三通或“Y”型三通。

10.3.10 GCD 类管道对异径管的使用有什么规定？

答：(1) 异径管可采用同心或偏心型式。

(2) 异径管宜采用钢管模压型式，钢板焊制异径管不应用于 $PN25$ 以上的管道。

10.3.11 GCD 类管道对封头、法兰盖的使用有什么规定？

答：(1) 公称压力不小于 $PN40$ 的管道宜采用椭球形封头等对焊封头，公称压力不大于 $PN25$ 的管道可采用平焊封头。

(2) 法兰盖的型式选用应符合现行国家标准《钢制管法兰盖》GB/T 9123 的规定，突面法兰盖只能用在不大于 $PN25$ 的管道上， $PN40$ 和 $PN63$ 的管道上宜采用凸凹面法兰盖，法兰盖

附件的选用应符合本章第 10.3.13 条的规定。

(3) 法兰盖的材料选用应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 中规定的温度范围，并应符合本章第 10.3.13 条的规定。

10.3.12 GCD 类管道对阀门的选用有什么规定？

答：(1) 阀门应根据管道的设计温度、设计压力、介质性质和管道系统对阀门的功能要求选择，并计及外部荷载对阀门操作性能和密封性能的影响。

(2) 阀门应按相应标准规定的压力温度等级选用。

(3) 连接不同压力等级管道的阀门、法兰等管道组成件，应按压力等级高的选用。

(4) 阀门的泄漏等级应符合合同约定及现行国家标准《工业阀门 压力试验》GB/T 13927 的规定。

(5) 除设计另有规定外，对于 PN40 及以上阀门的选用应符合下列规定：

1) 阀盖密封不应采用螺纹连接的密封结构，宜采用压力自密封结构；

2) 阀门端部宜采用对焊连接。

(6) 下列阀门应采用钢制阀门：

1) PN16 及以上的阀门；

2) 与高压除氧器或给水箱相连接的阀门；

3) 给水泵进口阀门；

4) 油系统阀门；

5) 仪表与控制用压缩空气系统阀门；

6) 其他有特殊要求的阀门。

(7) 易燃或可燃气体的阀门应采用严密性较好的可燃气体专用阀门，不应采用输送普通流体的阀门代替。

(8) 有毒介质管道的阀门应采用严密型的钢制阀门，阀门本体的密封应有可靠的防泄漏措施。

(9) 对于双向密封阀门应采取适当的安全措施防止因温度升高导致内部超压。

(10) 流体为饱和蒸汽和汽水两相流时，阀门的阀座及阀芯应采用耐冲蚀材料。

(11) 管道系统中至少下列阀门应满足启动时间要求：

1) 汽轮机抽汽管道的关断阀；

2) 加热器事故疏水阀；

3) 高压加热器给水管道进出口阀门和旁路阀；

4) 有安全功能要求的汽轮机旁路阀。

(12) 高压加热器三通阀应以阀门打开或关闭时阀座两侧的最大不平衡压差作为设计压力的基准值，阀座直径不应小于连接管道内径的 90%。

(13) 当开启阀门前需预热主管线或用于平衡阀门两侧压力以便于阀门操作时需设置旁通阀。

10.3.13 GCD 类管道对法兰及垫片和紧固件的选用有什么规定？

答：(1) 法兰的选择应符合下列规定：

1) 法兰型式的选用应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 中所列标准:

a) 法兰应符合现行国家标准《钢制管法兰 第1部分: PN系列》GB/T 9124.1 和《钢制管法兰 第2部分: Class系列》GB/T 9124.2 中关于压力-温度等级的规定;

b) 连接不同压力等级管道的法兰, 应按高等级选用;

2) 管道法兰型式的选择除应符合现行国家标准《对焊钢制管法兰》GB/T 9115、《带颈平焊钢制管法兰》GB/T 9116 和《板式平焊钢制管法兰》GB/T 9119 等相关标准的规定外, 并应满足下列要求:

a) 设计温度大于 300°C 或公称压力大于等于 $PN40$ 的管道, 应选用对焊法兰。设计温度在 300°C 及以下且公称压力小于等于 $PN25$ 的管道, 宜选用带颈平焊法兰;

b) 管道系统中不宜采用承插焊法兰、松套法兰和螺纹法兰;

c) 对焊法兰宜采用凸凹面(MF)和突面(RF)型式;

d) 带颈平焊法兰应采用突面(RF)型式;

3) 法兰的材料选用应采用符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 中规定的温度范围;

4) 当需要选配特殊法兰时, 除应核对接口法兰的尺寸外, 还应按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 中第 6.3.6 条及相关标准进行计算, 保证所选用的法兰厚度不小于连接管道公称压力下国家标准法兰的厚度。

(2) 垫片的选择应符合下列规定:

1) 垫片应根据流体性质、使用温度、压力以及法兰密封面等因素选用, 垫片的密封荷载应与法兰的压力等级、密封面型式、表面粗糙度和紧固件相适应;

2) 垫片的选用应符合下列要求:

a) 管道法兰垫片宜采用柔性石墨金属缠绕式, 并应符合现行国家标准《缠绕式垫片 管法兰用垫片尺寸》GB/T 4622.2 等相关标准的规定。对公称压力小于等于 $PN10$, 且设计温度小于 150°C 情况也可采用非金属垫片。缠绕式垫片内环材料应满足流体介质和管道设计温度的要求, 外环材料应满足管道设计温度的要求;

b) 对于突面法兰(RF), 宜采用带定位环或带内环和定位环型, 不应采用基本型或仅带内环型;

c) 对凹凸面法兰(MF), 应采用带内环型缠绕式垫片;

d) 非金属垫片的外径可超过突面(RF)型法兰密封面的外径, 制成“自对中”式的垫片。

(3) 紧固件的选择应符合下列规定:

1) 六角头螺栓、等长双头螺柱、螺母和垫圈等紧固件的选用应符合现行国家标准《压力容器 第2部分: 材料》GB 150.2 和《管法兰连接用紧固件》GB/T 9125 等相关标准的规定;

2) 法兰紧固件选用应符合下列规定:

a) 紧固件应符合预紧及设计参数下垫片的密封要求;

b) 高温条件下使用的紧固件应与法兰材料具有相近的热膨胀系数。

10.3.14 GCD 管道对补偿器的选用有什么规定?

答: (1) 补偿器应按照介质种类、运行工况、位移值选用, 并符合现行国家标准《金属波纹管膨胀节通用技术条件》GB/T 12777 的规定。

(2) 波型补偿器不宜用于受扭转的场合。

三、管道组成件的强度设计

10.3.15 GB/T 32270—2015 都对哪些管道受压元件的强度设计做出了规定?

答: (1) 对 GCD 类管道的下列管道受压元件需做强度计算:

- 1) 直管;
- 2) 弯管和弯头;
- 3) 支管连接;
- 4) 异径管;
- 5) 法兰及法兰附件;
- 6) 封头及节流孔板。

(2) 根据规定所有 GCD 类的管道组成件强度计算方法是内压下的强度计算。

10.3.16 GB/T 32270—2015 如何确定金属直管的壁厚?

答: (1) 承受内压的直管最小壁厚计算:

对于 $\frac{D_o}{D_i} \leq 1.7$ 的管子, 在设计压力和设计温度下所需的最小壁厚 S_m , 按式 (10.3.16-

1)、式 (10.3.16-2) 计算。

按管子外径确定壁厚时:

$$S_m = \frac{PD_o}{2[\sigma]'\eta + 2YP} + C \quad (10.3.16-1)$$

按管子内径确定壁厚时:

$$S_m = \frac{PD_i + 2[\sigma]'\eta C + 2YPC}{2[\sigma]'\eta - 2P(1-Y)} \quad (10.3.16-2)$$

式中 S_m ——管子最小壁厚, mm;

P ——设计压力, MPa;

D_o ——管子外径, mm;

D_i ——管子最大内径, mm; (包括内径正偏差和加工过盈偏差);

Y ——修正系数, 按表 10.3.16 取用;

$[\sigma]'$ ——在设计温度下材料的许用应力, MPa;

η ——许用应力的修正系数, 对于无缝钢管 $\eta = 1.0$; 对于焊接钢管, 其 η 值按本章第 10.2.2 条第(2)款取用;

C ——腐蚀、磨损和机械强度要求的附加厚度, mm; 对于存在汽水两相流介质管道及超超临界参数机组的主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道, 可取 1.6~2mm; 对于腐蚀性介质管道, 根据介质的腐蚀特性确定。

表 10.3.16 系数 Y 值

| 材料 | 温度/°C | | | | | |
|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | ≤482 | 510 | 538 | 566 | 593 | 621 |
| 铁素体钢 | 0.4 | 0.5 | 0.7 | | | |
| 奥氏体钢 | 0.4 | | | | 0.5 | 0.7 |

注：① 介于表列中间温度的 Y 值可用内插法计算。

② 当管子的 $D_o/S_m < 6$ 时，对于设计温度小于等于 480°C 的铁素体和奥氏体钢，其 Y 值应按下式进行计算：

$$Y = \frac{D_i}{D_i + D_o}$$

(2) 管子的计算壁厚：

管子的计算壁厚应按式(10.3.16-3)计算：

$$S_c = S_m + c_1 \quad (10.3.16-3)$$

式中 S_c ——管子计算壁厚，mm；

c_1 ——管子壁厚负偏差的附加值，mm。

(3) 管子壁厚负偏差附加值：

管子壁厚负偏差附加值应按下列规定选取：

1) 对于管子规格以外径×壁厚标示的无缝钢管，可按式(10.3.16-4)确定：

$$c_1 = \frac{mS_m}{100-m} \quad (10.3.16-4)$$

式中 m ——管子产品技术条件中规定的壁厚允许负偏差，%。

2) 对于管子规格以最小内径×最小壁厚标示的无缝钢管，壁厚负偏差值等于零；

3) 对于焊接钢管，采用钢板厚度的负偏差值且不应小于 0.5mm。

(4) 管子的取用壁厚：

1) 对于以外径标示的管子，应根据管子的计算壁厚，并计及管子直径偏差引起的对口焊接要求，按管子产品规格中公称壁厚系列选取；

2) 对于以内径标示的管子，应根据管子的计算壁厚，并计及管子直径偏差引起的对口焊接要求，遵照制造厂产品技术条件中有关规定，按管子壁厚系列选取。

10.3.17 GB/T 32270—2015 如何确定弯管和弯头的壁厚？

答：(1) 弯管的弯曲半径宜为外径的 3~5 倍。

(2) 弯管弯制前直管的最小壁厚可按表 10.3.17-1、表 10.3.17-2 选用，也可根据制造厂的具体加工工艺条件适当调整。

表 10.3.17-1 热弯弯管弯制前直管最小壁厚

| 弯曲半径 | 弯制前直管最小壁厚 |
|------------|-----------|
| 不小于 $6D_o$ | $1.06S_m$ |
| $5D_o$ | $1.08S_m$ |
| $4D_o$ | $1.12S_m$ |
| $3D_o$ | $1.16S_m$ |

注：弯曲半径为中间值的弯管，弯制前直管最小壁厚可采用内插法计算。

表 10.3.17-2 冷弯弯管弯制前直管最小壁厚

| 弯曲半径 | 弯制前直管最小壁厚 |
|------------|-----------|
| 不小于 $6D_o$ | $1.09S_m$ |
| $5D_o$ | $1.14S_m$ |
| $4D_o$ | $1.20S_m$ |
| $3D_o$ | $1.28S_m$ |

注：弯曲半径为中间值的弯管，弯制前直管最小壁厚可采用内插法计算。

(3) 弯管和弯头加工完成后的最小壁厚 S_m 按式 (10.3.17-1) 或式 (10.3.17-2) 确定：
按外径确定壁厚时：

$$S_m = \frac{PD_o}{2([\sigma]^t \eta / I + YP)} + C \quad (10.3.17-1)$$

按内径确定壁厚时：

$$S_m = \frac{PD_i + 2[\sigma]^t \eta C / I + 2YPC}{2([\sigma]^t \eta / I + YP - P)} \quad (10.3.17-2)$$

弯管和弯头内弧处：

$$I = \frac{4(R/D_o) - 1}{4(R/D_o) - 2} \quad (10.3.17-3)$$

弯管和弯头外弧处：

$$I = \frac{4(R/D_o) + 1}{4(R/D_o) + 2} \quad (10.3.17-4)$$

弯管和弯头中性线处：

$$I = 1.0 \quad (10.3.17-5)$$

式中 R ——弯管或弯头弯曲半径，mm。

(4) 本条第(3)款中所有公式计算得出的壁厚为弯管或弯头成型件外侧和内侧允许的最小壁厚，不应包括弯制过程中的工艺减薄量和弯制选用管子负偏差的附加值。

(5) 弯管或弯头任何一点的壁厚，不应小于弯管(弯头)相应点的计算壁厚，且外弧侧壁厚不应小于相接管子的最小壁厚 S_m 。

10.3.18 GB/T 32270—2015 对支管连接的补强有什么要求？

答：(1) 支管连接的强度计算方法有面积补偿法和压力面积法。

(2) 采用面积补偿法应符合下列规定：

1) 焊接或锻造的直三通支管连接可采用面积补偿法计算；

2) 当支管或补强元件材料与主管材料不同时，应符合以下规定：

a) 支管或补强元件材料采用与主管焊接性能、热处理要求和热膨胀系数相近的材料；

b) 当支管或补强元件的许用应力低于主管材料许用应力时，由支管或补强材料提供的补强面积按材料许用应力之比相应折减；

c) 当支管或补强元件的许用应力高于主管材料许用应力时，不计及其增强作用；

3) 面积补偿法，即主管上开孔挖去的纵断面上的金属面积，应由主、支管在有效补强范围内补强的金属面积和焊缝面积之和来补偿，其条件按现行国家标准《压力管道规范 动

力管道》GB/T 32270—2015 的式(12)计算;

4) 主管上多开孔的补强应符合以下要求(见现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的图 4 所示):

- a) 多个支管的开孔不宜使其有效补强范围相互重叠;
- b) 当必须紧密布置时,其强度应等于单个开孔所要求的补强的总和。在计算补强面积时,任何部分截面不得重复计入;
- c) 任意两开孔中心最小距离不应小于 1.5 倍的开孔平均直径,且在两孔间的补强面积不应小于两个开孔所需补强总面积的 50%。

(3) 压力面积法应符合下列规定:

1) 压力面积法的计算示意图见现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的图 5,三通纵向断面上主、支管交叉区域内的有效承载断面积和平均应力的乘积、与其相应的有效受压面积和内压的乘积相平衡,并控制此承载面积内的一次膜态应力不超过钢材的许用应力;

2) 压力面积法的强度条件和有效补强长度按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的式(17)~式(19)计算。

10.3.19 GB/T 32270—2015 对异径管壁厚计算、法兰及法兰附件计算、封头及节流孔板的厚度计算有什么要求?

答:(1) 异径管的壁厚按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的第 6.3.5 条要求计算。

(2) 法兰及法兰附件按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的第 6.3.6 条要求计算,并应符合以下规定:

1) 螺栓连接的法兰强度应分别按运行工况及螺栓预紧力进行计算,并计及流体静压力及垫片的压紧力;

2) 法兰连接计算应包括下列内容:

- a) 确定垫片材料,型式及尺寸;
- b) 确定螺栓材料,规格及数量;
- c) 确定法兰材料,密封面型式及结构尺寸;
- d) 进行应力校核,计算中所有尺寸均不包括腐蚀裕量;

3) 对于未按标准规定制造的法兰,法兰及法兰连接应按现行国家标准《钢制管法兰连接强度计算》GB/T 17186 或《压力容器 第 3 部分:设计》GB 150.3—2011 中第 7 章的规定计算。

(3) 封头及节流孔板的厚度按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 的第 6.3.7 条要求计算。

四、管道应力计算

10.3.20 GCD 类管道应力计算的一般规定有什么要求?

答:(1) 现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270 规定的应力计算方法适用于利用管子自身的柔性进行补偿的管道。

(2) 管道应力计算宜按管道系统进行计算,对各种可能工况进行应力校核。

10.3.21 GCD 类管道的管子在内压作用下的应力验算应满足什么要求?

答: (1) 管子在工作状态下, 由内压产生的折算应力, 不应大于钢材在设计温度下的许用应力, 由内压产生的折算应力, 按式(10.3.21)计算。

$$\sigma_{\text{eq}} = \frac{P[0.5D_o - Y(S_s - C)]}{\eta(S_s - C)} \leq 1.0[\sigma]^t \quad (10.3.21)$$

式中 σ_{eq} ——内压折算应力, MPa;

P ——设计压力, MPa;

D_o ——管子外径, mm;

S_s ——管子实测最小壁厚, mm;

Y ——修正系数, 按本章表 10.3.16 取用;

η ——许用应力的修正系数, 对于无缝钢管 $\eta = 1.0$; 对于焊接钢管, 其 η 值按本章表 10.2.2 取用;

C ——腐蚀、磨损和机械强度的附加厚度, mm;

$[\sigma]^t$ ——钢材在设计温度下的许用应力, MPa。

(2) 管道在运行工况下, 允许温度和(或)压力超过设计值, 但应符合下列规定:

1) 所计算的环向应力不超过相应温度下许用应力的 1.15 倍, 允许每次不超过 8h, 且每年不超过 800h;

2) 所计算的环向应力不超过相应温度下许用应力的 1.2 倍, 允许每次不超过 1h, 且每年不超过 80h。

10.3.22 GCD 类管道的持续荷载的应力验算应满足什么要求?

答: 管道在工作状态下, 由内压、自重和其他持续荷载作用下, 产生的轴向应力之和, 应满足式(10.3.22-1)的要求:

$$\sigma_L = \frac{PD_i^2}{D_o^2 - D_i^2} + 0.75 \frac{iM_A}{W} \leq 1.0[\sigma]^t \quad (10.3.22-1)$$

式中 σ_L ——管道在工作状态下, 由持续荷载产生的轴向应力之和, MPa;

P ——设计压力, MPa;

D_o ——管子外径, mm;

D_i ——管子内径, mm;

M_A ——自重和其他持续荷载作用在管子截面上的合成力矩, N·mm;

W ——管子截面抗弯矩, mm³, 按式(10.3.22-2)计算:

$$W = \frac{\pi}{32D_o} (D_o^4 - D_i^4) \quad (10.3.22-2)$$

i ——应力增加系数(见现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 C), 且 $0.75i$ 不得小于 1;

$[\sigma]^t$ ——钢材在设计温度下的许用应力, MPa。

10.3.23 GCD 类管道的持续荷载与偶然荷载组合工况的应力验算应满足什么要求?

答: 管道在工作状态下, 由内压、自重等持续荷载和偶然荷载作用下, 产生的轴向应力应满足式(10.3.23)的要求:

$$\frac{PD_1^2}{D_0^2-D_1^2}+0.75\frac{iM_A}{W}+0.75\frac{iM_B}{W}\leq K[\sigma]^t \quad (10.3.23)$$

式中 M_B ——偶然荷载作用在管子截面上的合成力矩，当地震设防裂度为 8 度及以上时，应计算地震力对管道的影响。在验算时， M_B 中的地震力矩只取变化范围的一半， $N \cdot mm$ ；

K ——系数，在任一时期偶然荷载作用时间不超过 8h，且全年不超过 800h 时，取 $K=1.15$ ，当在任一时期作用时间不超过 1h，且全年不超过 80h 时，取 $K=1.2$ 。其他符号的定义同本章第 10.3.22 条。

10.3.24 GCD 类管道的管系热胀应力范围验算应满足什么要求？

答：管系由热膨胀、端点附加位移等荷载所产生的管系热胀应力范围，应满足式 (10.3.24-1) 的要求：

$$\sigma_E = \frac{iM_C}{W} \leq f[1.2[\sigma]^{20} + 0.2[\sigma]^t + ([\sigma]^t - \sigma_L)] \quad (10.3.24-1)$$

式中 σ_E ——热胀应力范围，MPa；

M_C ——按热膨胀、端点附加位移等荷载和钢材在 20℃ 的弹性模量计算的热胀合成力矩范围， $N \cdot mm$ ；

$[\sigma]^{20}$ ——钢材在 20℃ 时的许用应力，MPa；

f ——应力范围的减小系数。

其他符号的定义同本章第 10.3.22 条。

预期电厂在运行年限内，系数 f 与管道全温度周期性的交变次数 N 有关：

当 $N \leq 2500$ 时， $f=1$ ；

当 $N > 2500$ 时， $f=4.78N^{-0.2}$ 。

如果温度变化幅度有变动，可按式 (10.3.24-2) 计算当量全温度变化次数：

$$N = N_E + r_1^5 N_1 + r_2^5 N_2 + \dots + r_n^5 N_n \quad (10.3.24-2)$$

式中 N_E ——计算热膨胀应力范围 σ_E 时，用全温度变化 ΔT_E 的交变次数；

N_1, N_2, \dots, N_n ——温度变化较小 $\Delta T_1, \Delta T_2, \dots, \Delta T_n$ 的交变次数；

r_1, r_2, \dots, r_n ——比值 $\Delta T_1/\Delta T_E, \Delta T_2/\Delta T_E, \dots, \Delta T_n/\Delta T_E$ 。

10.3.25 GCD 类管道的力矩和截面抗弯矩的计算应满足什么要求？

答：(1) 利用式 (10.3.22-1)、式 (10.3.22-2)、式 (10.3.23)、式 (10.3.24-1) 和式 (10.3.24-2) 验算直管元件、弯管和弯头时，合成力矩 M_j 按式 (10.3.25-1) 计算：

$$M_j = \sqrt{M_{xj}^2 + M_{yj}^2 + M_{zj}^2} \quad (10.3.25-1)$$

式中 j ——相当于式 (10.3.22-1)、式 (10.3.23) 和式 (10.3.24-1) 中的注脚 A、B、C。

(2) 验算等径三通时，应按式 (10.3.25-1) 分别计算各分支管的合成力矩，按三通的交叉点取值，见图 10.3.25。管子截面抗弯矩按式 (10.3.22-1) 和连接管子尺寸计算。

(3) 验算不等径三通时，应分别计算主管两侧和支管的合成力矩：

1) 计算不等径三通支管的合成力矩

$$M_A(M_B \text{ 或 } M_C) = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2 + M_{z3}^2} \quad (10.3.25-2)$$

支管的当量截面抗弯矩为:

$$w = \pi r_{mb}^2 S_{b3} \quad (10.3.25-3)$$

式中 r_{mb} ——支管平均半径, mm;
 S_{b3} ——支管当量壁厚, 式(10.3.24-1)中取用主管公称壁厚 S_{nb} 和 i 倍支管公称壁厚 $S_{nb}i$ 二者中的较小值(mm); 式(10.3.22-1)和式(10.3.23)中取用主管公称壁厚 S_{nb} 和 $0.75iS_{nb}$ 二者中的较小值(mm), 其中 $0.75i \geq 1.0$;
 M_{x3}, M_{y3}, M_{z3} ——与三通支管连接的计算分支作用于三通交叉点的当量力矩。

2) 计算主管的合成力矩

$$M_A(M_B \text{ 或 } M_C) = \sqrt{M_{x1}^2 + M_{y1}^2 + M_{z1}^2} \quad (10.3.25-4)$$

$$M_A(M_B \text{ 或 } M_C) = \sqrt{M_{x2}^2 + M_{y2}^2 + M_{z2}^2} \quad (10.3.25-5)$$

式中 $M_{x1}, M_{y1}, M_{z1}, M_{x2}, M_{y2}, M_{z2}$ ——作用在三通交叉点处的当量力矩。

主管的截面抗弯矩按式(10.3.22-2)和连接管子尺寸计算。各合成力矩仍按三通的交叉点取值, 见图 10.3.25;

3) 计算支管接管座(见现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 C 中的图 C.3)的合成力矩:

$$M_A(M_B \text{ 或 } M_C) = \sqrt{M_{x3}^2 + M_{y3}^2 + M_{z3}^2} \quad (10.3.25-6)$$

接管座的截面抗弯矩按式(10.3.25-7)计算:

$$W = \pi (r_{mb})^2 S_b \quad (10.3.25-7)$$

如果现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 C 中图 C.3 中的 a、b、c 中 $L_1 \geq 0.5(r_i S_b)^{0.5}$, 那么在计算接管座的截面抗弯矩和应力增加系数时, r'_{mb} 应计算到 S_b 值的一半, 验算点应取接管座中心线与主管外表面的交点。

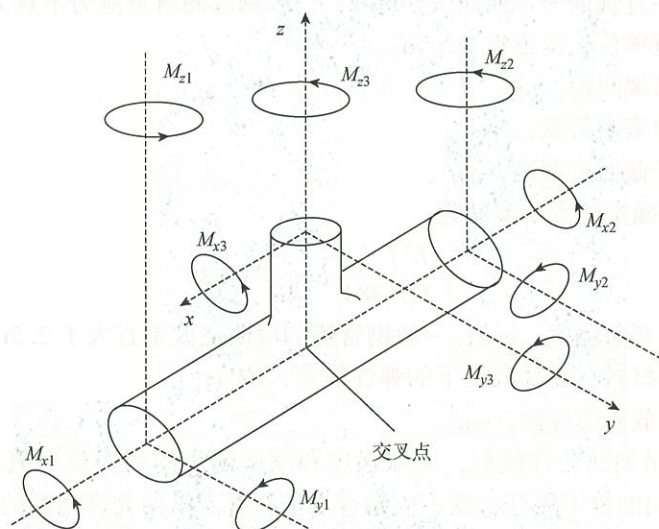


图 10.3.25 合成力矩示意图

10.3.26 GCD 类管道的管道支承反力的计算应满足什么要求?

答: (1) 管道对设备或支承点的推力应按本章第 10.3.21 条~第 10.3.25 条中荷载组合工况计算, 推力应在设备所能安全承受的范围内。

(2) 当数根管道与设备相连时, 管道在工作状态和冷状态下推力和力矩的最大值, 应按设备和各连接管道可能出现的运行工况分别计算和进行组合。

五、管道支吊架

10.3.27 GCD 类管道支吊架的一般规定有哪些?

答: (1) 管道支吊架的设置和选型应根据管道布置和对支吊架的功能要求确定。

(2) 支吊架间距应根据管道荷载的合理分布, 并满足管道强度、刚度和防止振动等要求。

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

(4) 支吊架零部件应有足够的强度和刚度, 结构简单, 宜采用标准产品。

(5) 室外管道吊架的拉杆, 在穿过保温层处应采取防雨措施。

10.3.28 GCD 类管道的支吊架允许间距如何确定?

答: (1) 管道支吊架的间距应满足强度和刚度条件的要求。

(2) 水平直管道支吊架间距应满足下列要求:

1) 按强度条件确定的支吊架间距:

$$\sigma_{\max} = \frac{(qL + 2P_j)L}{8W} \quad (10.3.28-1)$$

$$L = \frac{\sqrt{P_j^2 + 8qW\sigma_{\max}} - P_j}{q} \quad (10.3.28-2)$$

式中 σ_{\max} ——水平直管最大弯曲应力, MPa; 一般钢管的自重应力不宜大于 16MPa;

q ——管道单位长度自重, N/m;

L ——支吊架间距, m;

P_j ——跨中集中荷载, N;

W ——管子截面抗弯矩, cm^3 。

2) 按刚度条件确定的支吊架间距:

$$\delta_{\max} = \frac{L^3}{E_t I} \left(\frac{5}{384} qL + \frac{1}{48} P_j \right) \times 10^5 \quad (10.3.28-3)$$

式中 δ_{\max} ——最大弯曲挠度, mm; 一般钢管道的弯曲挠度不宜大于 2.5mm;

E_t ——管子材料在设计温度下的弹性模量, MPa;

I ——管子截面惯性矩, cm^4 。

3) 水平直管支吊架的允许间距, 应取强度和刚度确定的间距最小值; 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 3/4。

(3) 垂直管道支吊架的间距可大于水平直管支吊架的允许间距, 在最不利荷载作用下不应使管壁应力超过允许值。为防止管道侧向振动, 垂直管道宜设置适当数量的管道侧向约束装置。

10.3.29 管道支吊架设计中应包括哪些荷载? 支吊架结构荷载计算应包括哪些工况?

答: (1) 支吊架荷载及荷载组合应符合现行国家标准《管道支吊架 第 1 部分: 技术规

范》GB/T 17116.1 的规定。支吊架应能承受管道和相关设备在可能出现的各种工况下所施加的静荷载和规定的动力荷载。支吊架零部件应按对其结构最不利的组合荷载进行选择 and 设计。在管道支吊架设计时，应计及的荷载包括(但不限于)下列各项：

- 1) 管道组件及绝热层的重力；
- 2) 支吊架的重力；
- 3) 管道输送介质的重力；
- 4) 对于蒸汽管道，应根据具体情况计及水压试验或管道清洗时的介质重力；
- 5) 管道中柔性管件由于内压力产生的作用力；
- 6) 支吊架约束管道位移所产生的约束反力和力矩；
- 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 10.3.29 取值；
- 8) 室外管道受到的雪荷载；
- 9) 室外管道受到的风荷载；
- 10) 正常运行时，由于种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、安全阀排汽反力)引起的瞬态作用力；
- 12) 流体排放产生的反力；
- 13) 地震引起的荷载，但不计及地震荷载与风荷载同时出现的工况。

(2) 支吊架结构荷载应符合现行国家标准《电厂动力管道设计规范》GB 50764—2012 中第 10.3.2 条的规定。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) 各种瞬态工况。

(3) 管道位移在活动支吊架上引起的摩擦力，其摩擦系数 μ 可按表 10.3.29 取值。

表 10.3.29 摩擦系数

| 序号 | 摩擦形式 | 摩擦系数 μ |
|----|-----------------|------------|
| 1 | 钢与钢滑动摩擦 | 0.3 |
| 2 | 钢与聚四氟乙烯板 | 0.2 |
| 3 | 聚四氟乙烯之间 | 0.1 |
| 4 | 不锈钢(镜面)薄板之间 | ≤ 0.1 |
| 5 | 不锈钢(镜面)与聚四氟乙烯板间 | 0.05~0.07 |
| 6 | 钢表面的滚动摩擦 | 0.1 |

10.3.30 GB/T 32270—2015 对支吊架材料的使用有什么要求？

答：(1) 与管道直接接触的支吊架零部件，其材料应按管道设计温度选用。与管道直接焊接的零部件，其材料应与管道材料相同或相容。

(2) 钢材的使用温度上限应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 的规定。

(3) 用于承受拉伸荷载的支吊架零部件应采用有冲击功保证值的钢材。当采用没有冲击功保证值的钢材, 应按现行国家标准《金属材料 夏比摆锤冲击试验方法》GB/T 229 的要求补做冲击韧性试验, 其冲击功值符合有关国家标准的规定。

(4) 支吊架零部件不应采用沸腾钢或铸铁材料。

10.3.31 GB/T 32270—2015 对支吊架结构及强度设计有什么要求?

答: (1) 支吊架管部结构不应使管道局部过应力。

(2) 管部结构的设计应符合下列规定:

1) 管部结构应能承受功能所要求的力和力矩, 保证管部与管道之间在预定约束方向不发生相对位移。管部结构的设计应控制管壁应力, 防止管道局部塑性变形;

2) 管部结构尺寸应与管道外径相配, 且应保证其与支吊架其他连接部件相连接的部位裸露在管道绝热层外;

3) 垂直管道的管部结构或限制管道轴向位移的双臂管部结构, 管部的任一侧应能承受该支吊架点的全部荷载。

(3) 支吊架的连接件设计应符合以下规定:

1) 螺纹拉杆的最大承载力可根据其许用应力和螺纹根部截面计算, 螺纹拉杆的许用应力按照现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 A 的 75% 取用。用于不大于 DN50 管子上的吊杆直径不应小于 10mm, 用于大于 DN50 管子上的吊杆直径不应小于 12mm;

2) 任何状态下吊杆与垂线之间夹角应符合下列规定值:

a) 刚性吊架吊杆与垂线之间夹角不应大于 3°;

b) 弹性吊架吊杆与垂线之间夹角不应大于 4°;

c) 当不能满足上述 a)、b) 的规定时, 应采用偏装或加装滚动装置等措施;

3) 吊杆应有足够的螺纹长度, 并配有调节垂直高度的部件, 螺纹连接处应设置锁紧螺母;

4) 垂直管道双拉杆刚性吊架的连接件应按单侧承受全部结构荷载选择。

(4) 支吊架的焊接和根部钢结构设计应符合现行国家标准《管道支吊架 第 1 部分: 技术规范》GB/T 17116.1 的规定。

第四节 制作与安装

一、一般规定

10.4.1 GCD 类管道制作和安装的一般规定是什么?

答: (1) 本节规定了管道制作和安装的基本要求, 包括原材料验收、弯曲成形、组对、预热、焊接、热处理、安装、清理吹扫和清洗等的规定。

(2) 管道制作和安装应建立并妥善保存相关的记录及证明文件。

10.4.2 对管子、管件、法兰、阀门和支吊架的验收有什么要求?

答: (1) 对管子的验收的验收要求如下:

1) 管子应进行材料牌号、外观质量、规格和尺寸偏差检查, 对合金钢管子还应进行光

谱和硬度检查；

2) 按照国内标准制造的管子应按本规范及相应产品标准的规定进行验收；

3) 按照境外标准制造的管子或进口管子除合同另有约定外，应符合相应境外标准的规定。

(2) 对管件、法兰和阀门的验收要求如下：

1) 管件、法兰和阀门的验收应符合相应产品标准的规定及合同约定；

2) 管件、法兰和阀门的验收应检查标记、规格、材质、外观和几何尺寸；

3) 合金钢件应进行光谱和硬度检查；

4) 法兰、螺栓螺母等附件应进行配合性能检查；

5) 阀门应按照有关国家或行业标准进行性能和严密性检查。

(3) 对支吊架的验收要求如下：

1) 支吊架的验收应符合本标准及其产品标准的规定；

2) 支吊架应验收产品标识、型号、规格和外观；合金钢件进行光谱和硬度检查；对恒力、变力弹性支吊架、弹簧减振器进行性能试验报告和状态指示检查。

(4) 对抽样检查数量规定如下：

1) 抽样检查数量应按相应材料产品标准规定。

2) 加倍抽样检查应符合本章第五节第 10.5.1 条累进检查的规定。

二、管道制作

10.4.3 管子切割与坡口应符合哪些规定？

答：(1) 切割应符合下列规定：

1) 管子切割宜采用机械加工方法，也可采用等离子或火焰切割等方法；

2) 采用等离子或火焰切割时，应用机械加工方法清除淬硬层及过热金属；

3) 9%Cr~12%Cr 的马氏体耐热钢管应采用机械加工方法切割。

(2) 坡口制备应符合下列规定：

1) 坡口制备宜采用机械方法加工。不锈钢管采用机械方法制备坡口或修磨时，应符合现行国家标准《压力管道规范 工业管道 第 4 部分：制作与安装》GB/T 20801.4 的规定；

2) 除设计另有规定外，焊接坡口的基本形式与尺寸可按现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 D 中 D.1 的规定；

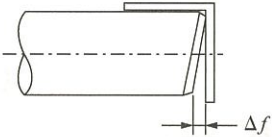
3) 坡口表面质量应符合下列规定：

a) 采用等离子或火焰切割下料的坡口修磨后，应经表面无损检测合格；

b) 坡口及边缘 20mm 内母材应无裂纹、重皮、破损、毛刺缺陷及污染物；

c) 除设计另有规定外，坡口端面偏斜度 Δf 应符合表 10.4.3 的规定。

表 10.4.3 坡口端面偏斜度偏差

| 图 例 | 管子外径 D_o /mm | Δf /mm |
|---|----------------------|----------------|
|  | $D_o \leq 60$ | 0.5 |
| | $60 < D_o \leq 159$ | 1 |
| | $159 < D_o \leq 219$ | 1.5 |
| | $D_o > 219$ | 2 |

10.4.4 弯管成形应符合什么规定?

答: (1) 弯曲可采用冷弯成形或热弯成形两种工艺方法。热弯成形温度不应低于 A_{cl} 减 56℃; 冷弯成形温度应低于 A_{cl} 减 56℃。钢管材料的下临界温度 A_{cl} 可按表 10.4.4-1 确定。

表 10.4.4-1 常用钢管材料下临界温度近似值

| 钢材类别 | 下临界温度 $A_{cl}/^{\circ}\text{C}$ | 钢材类别 | 下临界温度 $A_{cl}/^{\circ}\text{C}$ |
|-----------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|
| 碳素钢 | 725 | 1.25Cr-0.5Mo 钢 | 775 |
| C-Mo 钢 | 730 | 2.25Cr-1Mo 钢 | 805 |
| 1.15Ni-0.65Cu-Mo-Nb 钢 | 725 | 9Cr-1Mo-V 钢 | 800 |
| 1Cr-0.5Mo 钢 | 745 | | |

注: 本表仅是钢管材料下临界温度的近似值, 当可获得具体材料的该温度时, 应取用实际温度。

(2) 弯曲成形应符合以下规定:

- 1) 热弯曲成形应按照评定合格的工艺进行弯制;
- 2) 焊接钢管不宜采用冷弯成形方法;
- 3) 直缝焊接钢管热弯曲成形时, 焊缝宜布置在中性线处, 且不应超出中性线外侧 15°;
- 4) 热弯成形宜采用感应加热的弯曲方法; 热弯弯管弯制前的直管最小壁厚可按表 10.4.4-2 选取;

表 10.4.4-2 热弯弯管弯制前直管最小壁厚

| 弯曲半径 | 弯制前直管最小壁厚 | 弯曲半径 | 弯制前直管最小壁厚 |
|------------|-----------|--------|-----------|
| 不小于 $6D_o$ | $1.06S_m$ | $4D_o$ | $1.12S_m$ |
| $5D_o$ | $1.08S_m$ | $3D_o$ | $1.16S_m$ |

注: 弯曲半径为中间值的弯管, 弯制前直管最小壁厚可采用内插法计算。

5) 冷弯弯管弯制前直管最小壁厚可按表 10.4.4-3 选取。

表 10.4.4-3 冷弯弯管弯制前直管最小壁厚

| 弯曲半径 | 弯制前直管最小壁厚 | 弯曲半径 | 弯制前直管最小壁厚 |
|------------|-----------|--------|-----------|
| 不小于 $6D_o$ | $1.09S_m$ | $4D_o$ | $1.20S_m$ |
| $5D_o$ | $1.14S_m$ | $3D_o$ | $1.28S_m$ |

注: 弯曲半径为中间值的弯管, 弯制前直管最小壁厚可采用内插法计算。

(3) 成形后的弯管应符合以下规定:

- 1) 弯管内、外弧上任何一点的实测壁厚不应小于本章第三节设计计算确定的计算壁厚, 且外弧任何一点壁厚不应小于接管子的最小壁厚;
- 2) 弯管表面不应有裂纹、折叠、重皮、凹陷和尖锐划痕等缺陷, 发现缺陷应打磨直至完全消除, 缺陷消除后的壁厚应符合本款第 1) 项的规定;
- 3) 弯管的圆度偏差应符合以下规定:
 - a) 弯管的圆度偏差 $\mu(\%)$ 应按式(10.4.4)计算:

$$\mu = \frac{D_{\max} - D_{\min}}{D_{\max}} \times 100\% \quad (10.4.4)$$

式中 D_{\max} 和 D_{\min} ——分别为同一截面实测最大外径和最小外径, mm;

- b) 弯管的圆度偏差不应大于 8%；主蒸汽、高温再热蒸汽管道以及设计压力大于 8MPa 的管道，弯管圆度不应大于 5%；弯管两端直管段端部的圆度应符合相应钢管标准要求；
- 4) 弯管的弯曲半径允许偏差为 $\pm 50\text{mm}$ ；
- 5) 平面弯管弯曲角度允许偏差为 $\pm 0.5^\circ$ ；
- 6) 热弯弯管的波浪率(波高 h 与外径 D_0 之比)不应大于 2%，冷弯弯管的波浪率不应大于 3%，且波距 A 与波高 h 之比应大于 12，如图 10.4.4 所示；

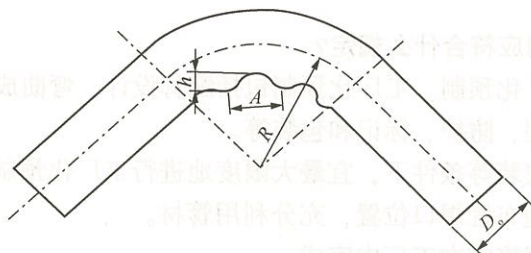


图 10.4.4 弯管波浪率示意图

- 7) 弯管不应有过烧组织，不应出现晶间裂纹；
- 8) 合金钢弯管热处理后的硬度、金相组织和晶粒度检验结果应符合相应管材产品标准的规定。

10.4.5 板焊管的制作应符合什么规定？

答：(1) 板焊管制作适用于设计压力不大于 1.0MPa 且设计温度不高于 200℃ 的管道。

(2) 用于制作板焊管的钢板，材料性能、外观质量、尺寸偏差、检验方法和验收规则应符合相关标准的规定。

(3) 板焊管制作应符合以下规定：

- 1) 卷板方向应与钢板的压延方向相同；
- 2) 公称尺寸大于等于 DN1000 的板焊管，卷板对接焊缝根部宜采用封底焊；
- 3) 板焊管管子内径与壁厚的关系符合表 10.4.5-1 的要求时，允许冷卷成形；否则应在热卷或冷卷后进行热处理；

表 10.4.5-1 允许冷卷的内径与公称壁厚关系

| 序号 | 规定非比例延伸率 0.02% 的强度 $R_{p0.2}$ /MPa | 钢管内径 D_i 与公称壁厚 S_n 关系/mm |
|----|------------------------------------|------------------------------|
| 1 | $R_{p0.2} \leq 350$ | $D_i \geq 33S_n$ |
| 2 | $350 < R_{p0.2} \leq 450$ | $D_i \geq 40S_n$ |
| 3 | $450 < R_{p0.2} \leq 540$ | $D_i \geq 48S_n$ |
| 4 | $540 < R_{p0.2} \leq 800$ | $D_i \geq 57S_n$ |
| 5 | $R_{p0.2} > 800$ | 由试验确定 |

- 4) 环向拼接焊缝不宜多于 2 条，相邻筒节纵缝应错开至少 100mm；
- 5) 钢管同端管口相互垂直两直径之差的最大值不应大于 $3D_0/1000$ ，且最大不应大于 10mm；
- 6) 钢管对圆后，实测周长与设计周长之差的最大值不应超过 $\pm 5D_0/1000$ ，且最大不应超过 $\pm 15\text{mm}$ ，相邻管节周长偏差应符合表 10.4.5-2 的要求；

表 10.4.5-2 相邻管节周长偏差

| 板厚 S_n /mm | 最大偏差/mm |
|---------------|---------|
| $S_n < 10$ | 6 |
| $S_n \geq 10$ | 10 |

7) 板焊管的焊接、焊后热处理和检查检验要求应符合本章的相关规定。

10.4.6 管道工厂化预制应符合什么规定？

答：(1) 管道宜工厂化预制。工厂化预制包括配管设计、弯曲成形、坡口加工、组对焊接、热处理、检验、清理、防护、标记和包装等。

(2) 在满足运输和安装等条件下，宜最大限度地进行工厂化预制。

(3) 配管设计应合理布置焊口位置，充分利用管材。

(4) 异种钢之间的焊接宜在工厂内完成。

(5) 配管设计的管段制造图至少应包括以下内容：

- 1) 管子规格和材质；
- 2) 各接管座开孔位置、尺寸和焊接要求；
- 3) 各管件的编号、规格、材质、几何尺寸及详图；
- 4) 工厂和现场焊口的编号及坡口详图；
- 5) 检验和标记要求。

(6) 管道工厂化预制后，管段尺寸偏差要求应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 E 及相关标准的规定。

(7) 管子与支吊架组装焊接应符合以下规定：

- 1) 耳轴中心线应与管子中心线正交，并通过管子中心线；
- 2) 各卡块的承载面应处于垂直于管道轴线的同一平面上，且各对称卡块中心面均应处于管子中心线位置；
- 3) 耳轴、卡块等与管子直接焊接时，应采用全焊透结构。

三、管道焊接

10.4.7 管道焊接的一般规定有什么？

答：(1) 管道焊接应采用经评定合格的焊接工艺，并由具有相应资质的焊工施焊。

(2) 焊接工艺评定应符合国家现行标准《承压设备焊接工艺评定》NB/T 47014 或《焊接工艺评定规程》DL/T 868 的规定。

10.4.8 对管道用焊接材料有什么要求？

答：(1) 焊接材料应根据钢材的化学成分、力学性能、使用条件和焊接工艺评定的结果选用。

(2) 焊条、焊丝、焊剂及焊接用气体等焊接材料，使用前应按设计文件和国家现行标准《焊接材料质量管理规程》JB/T 3223 的规定进行检查和验收。

(3) 焊接材料的存放管理应符合下列要求：

- 1) 存放焊接材料的库房应保持适宜的温度和湿度，室内温度应在 5℃ 以上，相对湿度

不应超过 60%；

2) 不同品种、型号、牌号和批号的焊接材料宜分类存放，并设置明确的区分标识；

3) 库存期超过规定期限的焊接材料，应重新做出鉴定，符合规定要求方可使用。

(4) 焊条、焊剂在使用前应按照说明书的要求进行烘焙，重新烘焙次数不应超过 2 次。焊工领用经烘焙过的焊条时，应使用专用的保温筒，随用随取。

10.4.9 管道焊接对环境有什么要求？

答：(1) 焊接时，以施焊部分为中心的 1m 空间范围内，不同钢材的最低焊接环境温度应符合以下规定：

1) 含碳量不大于 0.35% 的碳素钢为 -10°C ；

2) 普通低合金钢和珠光体耐热钢为 0°C ；

3) 贝氏体和马氏体耐热钢为 5°C ；

4) 奥氏体不锈钢不受限制。

(2) 焊接时，应采取防风措施，以保证焊接不受周围环境风速的影响。

(3) 焊接区域应有防雨、防雪和防潮湿的措施。

10.4.10 管道焊前预热有什么规定？

答：(1) 焊前预热的加热方法、加热宽度和保温要求应符合焊接工艺及焊接作业指导书的规定。

(2) 预热的方法不应对加热部位造成损伤。

(3) 承压管道及其返修焊缝宜采用整圈加热的方法，并应采取措施降低周向和径向的温差，并保证焊件在规定的范围内达到要求的预热温度。

(4) 支管连接的加热宜采用包括主管和支管在内的环形加热方法。

10.4.11 管道焊接的预热温度应符合什么规定？

答：(1) 预热温度应根据钢材的焊接性能、焊件厚度、接头型式、环境温度以及焊接材料的潜在含氢量和结构拘束度等因素确定。管道常用钢材的推荐预热温度见表 10.4.11。

表 10.4.11 管道常用钢材推荐焊前预热温度

| 钢材类别 | 管 材 | | 板 材 | |
|---------------------------|------------------|--------------------------|------------------|--------------------------|
| | 壁厚 S/mm | 预热温度/ $^{\circ}\text{C}$ | 厚度 S/mm | 预热温度/ $^{\circ}\text{C}$ |
| 碳含量 $\leq 0.35\%$ 的碳素钢 | $S \geq 26$ | 100~200 | $S \geq 34$ | 100~150 |
| C-Mn | $S \geq 15$ | 150~200 | $S \geq 30$ | |
| 1.15Ni-0.65Cu-Mo-Nb | $S \geq 20$ | 150~200 | $S \geq 20$ | 150~200 |
| 1Cr-0.5Mo 1.25Cr-0.5Mo | $S \geq 15$ | 150~200 | $S \geq 15$ | 150~200 |
| 1Cr-0.5Mo-V 2.25Cr-1Mo | $S \geq 6$ | 200~300 | $S \geq 8$ | 200~300 |
| 9Cr-1Mo-V-Nb | 任意厚度 | 200~250 | 任意厚度 | 200~250 |

注：当采用钨极氩弧焊打底时，可比下限温度降低 50°C 。

(2) 特殊情况下预热温度的选取应符合以下规定:

1) 异种钢预热时应符合下列规定:

a) 一侧为奥氏体钢时, 预热温度应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 第 7.4.6 条的规定;

b) 两侧均为非奥氏体型钢时应按预热温度要求高的选取;

2) 支管连接时, 应按主管的预热温度选取;

3) 非承压件与承压件焊接时, 应按承压件预热温度选取;

4) 焊接中断后施焊前应按原工艺要求重新预热。

10.4.12 管道焊缝预热方法和范围应符合什么规定?

答: (1) 一般采用柔性陶瓷电阻加热或远红外辐射加热, 加热宽度每侧不少于焊件厚度的 4 倍; 采用电磁感应加热时, 每侧不少于焊件厚度的 3 倍, 且不得小于 100mm。

(2) 当管子外径大于 219mm 或壁厚不小于 20mm 时, 宜采用柔性陶瓷电阻加热、远红外辐射加热或电磁感应加热方法进行预热。

(3) 当待焊接区为类似点状时, 加热范围以焊接中心为圆心, 以焊缝最大深度尺寸的 9 倍为半径的近圆形区域。

10.4.13 钢管弯曲成形后的热处理应符合什么规定?

答: (1) 公称壁厚大于 19mm 的碳钢管道, 当弯制温度低于 900℃ 时, 弯后应进行回火热处理, 回火温度可取 600~650℃。

(2) 对于公称尺寸不小于 100 或公称壁厚不小于 13mm 的铁素体合金钢钢管, 弯曲后热处理应符合以下规定:

1) 热弯曲成形后的热处理可参照相应钢管标准规定或评定合格的热处理制度执行;

2) 冷弯曲成形后的热处理要求可按表 10.4.13 规定。

表 10.4.13 推荐的冷弯成形后热处理

| 钢种 | 保温温度/℃ | 保温时间 |
|--------------------------------------|---------|--------------------------|
| C-Mo 钢 0.5Cr-0.5Mo 钢 | 600~650 | 按壁厚, 2.4min/mm 但至少 15min |
| 1.15Ni-0.65Cu-Mo-Nb 钢 1Cr-0.5Mo 钢 | 580~680 | |
| 1Cr-0.5Mo-V 钢 1.25Cr-1Mo 钢 | 700~750 | |
| 2.25Cr-1Mo 钢 9Cr1Mo-V-Nb 钢 | 700~750 | |

(3) 其他材料(包括奥氏体不锈钢材料)钢管弯曲成形后的热处理, 应依照评定合格的热处理制度执行。

(4) 钢管弯曲成形后的热处理应采用炉内整体热处理的方式进行。

10.4.14 对管道的焊后热处理有什么要求?

答: (1) 当焊接工艺评定或相关标准有规定时, 应进行焊后热处理。

(2) 采用奥氏体焊接材料焊接奥氏体不锈钢材料时, 其焊接接头可不进行焊后热处理。
 (3) 对含 Cr9%~12% 的马氏体耐热钢, 焊后热处理应在焊件温度降到 80~100℃、保温 1~2h 后立即进行。

(4) 焊后热处理恒温温度的选择原则:

- 1) 不应高于焊接材料熔敷金属及两侧母材中最低的 A_{c1} 值; 宜低于该 A_{c1} 值 30℃;
- 2) 异种钢焊接接头应符合以下规定:
 - a) 当一侧为奥氏体型钢时, 应避开脆化温度敏感区;
 - b) 当两侧均为非奥氏体型钢时, 应按热处理温度较低侧材料的热处理温度上限确定。

(5) 管道常用钢材焊后热处理温度和恒温时间可按表 10.4.14 规定。

表 10.4.14 推荐的管道常用钢材焊后热处理

| 钢种 | 焊后恒温温度/℃ | 焊件厚度 S/mm | | | | | | |
|-----------------------------|----------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| | | $S \leq 12.5$ | $12.5 < S \leq 25$ | $25 < S \leq 37.5$ | $37.5 < S \leq 50$ | $50 < S \leq 75$ | $75 < S \leq 100$ | $100 < S \leq 125$ |
| 碳含量 $\leq 0.35\%$ 的碳素钢 C-Mn | 580~620 | — | — | 1.5 | 2 | 2.25 | 2.5 | 2.75 |
| 1.15Ni-0.65Cu-Mo-Nb | 580~620 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.25 | 2.5 | 2.75 |
| 1Cr-0.5Mo 1.25Cr-0.5Mo | 650~700 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 2.25 | 2.5 | 2.75 |
| 1Cr-0.5Mo-V 2.25Cr-1Mo | 720~750 | 0.5 | 1 | 1.5 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 9Cr-1Mo-V-Nb | 750~770 | 1 | 2 | 3 | 4~5 | 6~7 | 8~9 | 10 |

注: ① 不同壁厚部件焊接接头焊后热处理厚度, 应取下述两者中的较小值:

- a) 焊缝厚度;
 - b) 焊缝处连接材料的较厚者。
- ② 焊缝厚度按下述方法确定:
- a) 坡口焊缝: 坡口加工后, 包括内倒角加工后, 两相连接端壁厚较大者;
 - b) 角焊缝: 焊缝厚度;
 - c) 材料焊补: 被修补凹坑的深度;
 - d) 支管焊缝: 是指与纵向轴线相交的平面内尺寸。

(6) 下列情况应进行后热处理:

- 1) 对容易产生延迟裂纹的材料, 焊后若不能及时进行焊后热处理, 应进行后热处理;
- 2) 对含 Cr9%~12% 的马氏体耐热钢, 焊后不宜采用后热。当被迫后热时, 应在焊接完成、焊件温度降至 80~100℃, 保温 1~2h 后进行, 后热处理温度为 300~350℃, 保温时间 2h。

(7) 局部热处理应符合下列规定:

- 1) 管道对接接头加热宽度宜根据加热方法及外径 (D_0) 与壁厚 (S_0) 的比值确定。加热中心应位于焊缝中心, 并采取措施降低周向和径向的温差;
- 2) 接管座焊件的加热, 主管侧宜采用整圈加热或环形加热的方法, 主管与接管侧的加热宽度从焊缝边缘起, 不应小于两者中较大厚度的 2 倍;
- 3) 异径管和支管连接等异形结构焊件宜采用分区控制的加热装置, 并根据焊件的实际情况和温度分布调整加热功率。

第五节 检验与试验

一、检查要求

10.5.1 对管子及管道组成件的检查有什么要求？

答：(1) 检查的一般规定如下：

- 1) 管道组成件制作和安装的检查及检验应符合本章的规定；
- 2) 管子、管件、法兰及阀门等制作和安装前的验收应符合本章第 10.4.2 条的规定；
- 3) 有热处理的管道应在全部热处理结束后进行检查。

(2) 如发现受检件有超过本章验收标准的缺陷时，应返修或更换。返修件或新件的检查不应低于原件的要求。

(3) 当局部或抽样检查发现有一件超标缺陷时应进行累进检查，处理方法应符合下列规定：

1) 另取两个相同件(如为焊接接头，应为同一焊工所焊的同一批焊接接头)进行相同的检查；

2) 如 1) 项要求的两个被检件检查合格，则附加检查所代表的批应视为合格，但有缺陷件应予返修或更换并重新进行检查；

3) 如 1) 项要求的两个被检件中任何一件发现有超标缺陷，则针对每个缺陷项应再增加两个相同件进行检查；

4) 如 3) 项要求的两个被检件检查合格，则附加检查所代表的批应视为合格，但有缺陷件应予返修或更换并进行重新检查；

5) 如 3) 项要求的两个被检件中任何一件发现有超标缺陷，则该批应全部进行检查，不合格者应进行返修或更换并进行重新检查。

二、检查类型和方法

10.5.2 检查方法的一般规定有什么？

答：(1) 本条规定了主要检查方法，检查人员还应根据本章第五节“四、压力试验”对相关的文件进行检查。如使用本条规定以外的方法，则应在设计文件中规定其验收标准。

(2) 检查的比例包括 100% 检查、抽样检查和局部检查，并应符合以下规定：

- 1) 100% 检查应在指定的一批管道中，对某一具体项目进行全部检查；
- 2) 抽样检查应在指定的一批管道中，对某一百分数的管道做某一具体项目的全部检查；
- 3) 局部检查应在指定的一批管道中，对每一件管道规定的部分做某一具体项目的检查。

10.5.3 检查类型和方法有哪些？

答：(1) 目视检查是对易于观察或能暴露检查的组成件、连接接头及其他管道元件的部分在其制造、制作、装配、安装、检查或试验之前、进行中或之后进行观察。这种检查包括核实材料、组件、尺寸、接头的制备、组对、焊接、粘接、钎焊、法兰连接、螺纹或其他连接方法、支承件、装配以及安装等的质量是否达到规范和工程设计的要求。

(2) 无损检测可分为磁粉检测、渗透检测、射线检测和超声波检测，检测方法应按国家现行标准《承压设备无损检测》NB/T 47013.2~NB/T 47013.5 的规定进行。无损检测应在目

视检查合格后进行。

(3) 制作过程中的检查内容应包括下列内容：

- 1) 焊接坡口的制备和清洗；
- 2) 预热；
- 3) 连接前的预组装、连接间隙以及内侧对准；
- 4) 焊接工艺规定的技术参数，包括填充材料、焊接位置等；
- 5) 焊接清理后的根部焊道(包括外侧和可及内侧)状况，按焊接工艺指导书的规定进行磁粉检测或渗透检测；
- 6) 焊渣的清除和焊道间焊缝情况；
- 7) 完工后接头外观；
- 8) 除设计另有规定外，应按本章第 10.5.5 条进行目视检查。

(4) 光谱分析方法应符合现行国家标准《电力设备金属光谱分析技术导则》DL/T 991 的规定。高合金部件进行光谱分析后应磨去弧光灼烧点。

(5) 硬度检验应符合现行国家标准《金属材料 布氏硬度试验 第 1 部分：试验方法》GB/T 231.1、《金属里氏硬度试验方法》GB/T 17394 或其他硬度检验标准以及所采用的硬度计的技术要求，不同硬度值之间的转换应根据测试材料和硬度范围选择合适的换算表或曲线。

(6) 金相检验的方法应符合现行国家标准《金属显微组织检验方法》GB/T 13298 的规定。

三、检查范围

10.5.4 汽水管道检查等级如何划分？

答：(1) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道焊接接头及管道上的角焊缝、支管连接根据管径和工作条件按照本章表 10.5.5-2 分为 I、II、III 三种焊接接头类别。

(2) 其余 GC 类管道的检查等级按照第九章第 9.5.3 条划分。

10.5.5 汽水管道目视检测有什么要求？

答：(1) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道焊接接头的目视自检和检查比例见表 10.5.5-1 和表 10.5.5-2，按照国家现行标准《火力发电厂焊接技术规程》DL/T 869 中 7.1 条的规定验收。

(2) 其余 GC 类管道目视检查比例及验收应符合第九章第 9.5.4 条的规定。

(3) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道弯管应按表 10.5.5-3 规定的比例进行目视检查，表面质量以及尺寸应符合国家现行标准《电站弯管》DL/T 515 的规定。

表 10.5.5-1 汽水管道对接接头检查等级、方法及比例

| 焊接接头类别 | 范 围 | 检验方法及比例 | | | | | |
|--------|--|---------|------|------|-----|------|------|
| | | 目视检查 | | 无损检测 | | 光谱 | 硬度 |
| | | 自检 | 检查 | 射线照相 | 超声波 | | |
| I | 外径 $D > 159\text{mm}$ ，且工作温度 $T > 450^\circ\text{C}$ 的蒸汽管道 | 100% | 100% | 100% | | 100% | 100% |
| | 工作压力 $P > 8\text{MPa}$ 的汽、水管道 | 100% | 100% | 50% | | 100% | 100% |
| | 工作温度 $300^\circ\text{C} < T \leq 450^\circ\text{C}$ 的汽水管道及管件 | 100% | 50% | 50% | | 100% | 100% |

续表

| 焊接接头类别 | 范围 | 检验方法及比例 | | | | | |
|--------|--|---------|------|-----------|-----|----|------|
| | | 目视检查 | | 无损检测 | | 光谱 | 硬度 |
| | | 自检 | 检查 | 射线照相 | 超声波 | | |
| II | 工作温度 $150^{\circ}\text{C} < T \leq 300^{\circ}\text{C}$ 的蒸汽管道及管件 | 100% | 25% | 5 | | — | 100% |
| | 工作压力为 $4\text{MPa} \leq P \leq 8\text{MPa}$ 的汽、水管道 | 100% | 25% | 5 | | — | 100% |
| | 工作压力 $1.6\text{MPa} < P < 4\text{MPa}$ 的汽、水管道 | 100% | 25% | 5 | | — | — |
| III | 工作压力 $0.1\text{MPa} \leq P \leq 1.6\text{MPa}$ 的汽、水管道 | 100% | 25% | 1 | | — | — |
| | 外径 $D < 76\text{mm}$ 的疏水、放水、排污、取样管子 | 100% | 100% | — | | — | — |
| | 烟、风、煤、粉、灰等管道及附件 | 100% | 25% | 100%的渗透检查 | | — | — |

表 10.5.5-2 汽水管道角焊缝及支管连接分类检查的范围、方法及比例

| 焊接接头类别 ^② | 检查方法 | 检查比例 | |
|---------------------|----------|------|-------------------|
| | | 角焊缝 | 支管连接 |
| I | 目视检查 | 100% | 100% |
| | 磁粉/渗透 | 100% | 100% |
| | 射线照相/超声波 | — | 100% ^① |
| II | 目视检查 | 100% | 100% |
| | 磁粉/渗透 | 20% | 20% |
| | 射线照相/超声波 | — | 20% ^① |
| III | 目视检查 | 100% | 100% |
| | 磁粉/渗透 | — | 10% |
| | 射线照相/超声波 | — | — |

注：① 适用于大于或等于 $DN100$ 的管道。

② 焊接接头类别的划分见第九章表 9.5.5-1。

表 10.5.5-3 弯管检查方法及比例

| 序号 | 检查与试验项目 | 检查比例 | 检查部位 | 检查方法 |
|----|---------|-------------------|----------------------------------|--|
| 1 | 外观 | 100% | | 目测 |
| 2 | 壁厚 | 100% | 弯管受拉侧中心线上至少均匀取 5 点 | 测厚仪 |
| 3 | 圆度 | 100% | 弯管弯曲部分至少均匀取 5 个截面 | 外卡尺 |
| 4 | 尺寸 | 100% | | 放样和测量工具 |
| 5 | 磁粉或渗透检测 | 100% ^① | 弯管弯曲部分的受拉侧中心线上下各 45° 区域 | JB/T 4730.4 或 JB/T 4730.5 ^③ |
| 6 | 硬度 | 合金钢管：100% | 受拉侧和中性侧各检验 3~5 点 | GB/T 231.1 或 GB/T 17394 |
| 7 | 金相分析 | ② | 弯管受拉侧 | GB/T 13298 |

注：① 设计温度大于 450°C 的主蒸汽管道和高温再热蒸汽管道，以及 300MW 及以上机组的低温再热蒸汽管道和主给水管道的。

② 主汽及高温再热蒸汽管道：100%；其他管道：20%且不少于 1 根。

③ I 级合格。

10.5.6 汽水管道的无损检测应符合什么规定？

答：(1) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道焊接接头及其角焊缝和支管连接的无损检测范围、比例应分别符合本章表 10.5.5-1 和表 10.5.5-2 中射线检测、超声波检测、磁粉和渗透检测的规定。厚度不大于 20mm 的汽、水管道采用超声波检测时，还应进行射线检测，其检测数量为超声波检测数量的 20%。厚度大于 20mm 的管道和焊件，射线检测或超声波检测可任选其中一种。焊接接头质量应满足表 10.5.6 中规定的级别。

(2) 其余 GC 类管道焊接接头无损检测范围、比例及验收应符合第九章第 9.5.5 条的规定。

(3) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道弯管的无损检测范围、比例及验收应符合本章表 10.5.5-3 的规定。

表 10.5.6 各类焊接接头的质量级别规定^①

| 检测方法 ^② | 焊接接头类别 ^③ | | |
|-------------------|---------------------|----|-----|
| | I | II | III |
| 射线检测 | II | II | III |
| 超声波检测 | I | I | II |
| 磁粉检测 ^② | I | I | II |
| 渗透检测 ^② | I | I | II |

注：① 焊接质量按照国家现行标准《承压设备无损检测》NB/T 47013(所有部分)规定分级。

② 磁粉、渗透检测结果不应有任何裂纹、成排气孔、分层和长度大于 1.5mm 的线性缺陷显示(长度与宽度之比大于 3 的缺陷显示按线性缺陷处理)。

③ 焊接接头类别见本章表 10.5.5-1。

10.5.7 汽水管道的硬度检查、金相检查和光谱分析应符合哪些规定？

答：(1) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道弯管热处理后的热成型组件硬度检查比例见表 10.5.6，弯管的硬度范围应符合相应的钢管技术标准以及国家现行标准《火力发电厂金属技术监督规程》DL/T 438 的规定。

(2) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道的焊接接头的硬度检查比例见本章表 10.5.5-1，硬度值应符合国家现行标准《火力发电厂焊接技术规程》DL/T 869 和《火力发电厂金属技术监督规程》DL/T 438 的规定。

(3) 其余 GC 类管道焊接接头硬度的检验范围和比例应符合国家标准《压力管道规范 工业管道 第 5 部分：检验与试验》GB/T 20801.5 的规定。

(4) 焊缝金属的金相组织应满足国家现行标准《火力发电厂金属技术监督规程》DL/T 438 的要求，且无过热组织和淬火马氏体。弯管的金相组织、晶粒度应符合相应的钢管技术标准及国家现行标准《火力发电厂金属技术监督规程》DL/T 438 的要求，且不应有晶间裂纹。

(5) 碳钢和低合金钢以及高铬马氏体耐热钢汽水管道光谱分析比例应符合本章表 10.5.5-1 的要求。经光谱分析确认材质不符的焊缝应判定为不合格焊缝。

四、压力试验

10.5.8 汽水管道压力试验采用替代试验应满足什么要求？

答：不适合使用液体或者气体进行耐压试验的管道，可采用替代试验。替代试验应满足

以下要求：

- (1) 管道系统的环焊缝和纵向焊缝经 100% 射线检测或超声波检测合格；
- (2) 管道系统的角焊缝经 100% 磁粉检测或渗透检测、100% 超声波检测或射线检测合格。

10.5.9 汽水管道的水压试验应符合什么规定？

答：(1) 水压试验应使用洁净水。对于奥氏体不锈钢管道水中氯离子含量不超过 50×10^{-6} 。

(2) 水压试验时环境温度不应低于 5°C ；水温不宜高于 70°C 。水压试验的压力不应小于设计压力的 1.5 倍，且不小于 0.2MPa 。

(3) 管道系统进行水压试验时，管道周向应力及由试验压力与动载荷和静载荷产生的轴向应力均不应大于该管道材料试验温度下屈服强度的 90%。

(4) 水压试验前应确保试验设备连接可靠。

(5) 管道与设备作为一个系统进行水压试验时，应符合下列规定：

- 1) 管道的试验压力不大于设备的试验压力时，应按照管道的试验压力进行试验；
- 2) 管道的试验压力大于设备的试验压力，且管道与设备无法隔断时，在设备的试验压力不小于管道设计压力的 1.25 倍条件下，应经建设单位和设计单位同意，按设备的试验压力进行试验；

3) 对位差较大的管道系统，应计及水的静压影响，并以试验管道系统最低位置点的压力为准；

4) 衬里管道严密性水压试验的压力为额定工作压力，不同额定压力的设备、管道安装在同一系统中，宜按系统中最低额定压力的设备或管道系统水压试验。

(6) 管道系统水压试时，应做如下检查：

1) 管道系统水压试验时，当压力达到试验压力后应保持 10min，然后降至设计压力，保压 30min 后对所有接头和连接处进行全面检查。整个管路系统除了泵或阀门填料局部地方外均不应有渗水或泄漏的痕迹，且目测无变形；

2) 在管道系统试验过程中，如发现渗漏，应降压消除缺陷后再进行试验，不应带压修理。

(7) 试验完毕应及时排净系统内的存水，并拆除临时支吊架、盲板及加固装置。

10.5.10 汽水管道的气压试验应符合什么规定？

答：(1) 气压试验时，应将脆性破坏的可能性减小至最小程度，设计者在选材时还应考虑试验温度的影响。

(2) 试验时应装有压力泄放装置，设定压力不应高于 1.1 倍的试验压力。

(3) 试验介质应是空气或其他不易燃、无毒、无腐蚀的气体。

(4) 承受内压的金属管道，试验压力应为设计压力的 1.15 倍，真空管道的试验压力应为 0.2MPa 。

(5) 试验前应进行预试验，预试验压力宜为 0.2MPa 。

(6) 试验时应逐级缓慢增加压力，当压力升至试验压力的 50% 时，应进行初始检查，

如未发现异常或泄漏，继续按试验压力的 10% 逐级升压并保持足够的时间，直至达到规定的试验压力。然后再降至设计压力，检查有无泄漏。

(7) 采用气体进行严密性试验的管道设计压力不宜大于 0.6MPa。

10.5.11 汽水管道补焊或增焊后的重新试验应符合什么规定？

答：(1) 试验完成后需要在管道补焊或增焊时应符合本章第四节的规定。

(2) 补焊或增焊的位置在承压管道组件上时应重新试验。

(3) 在管道上补焊或增焊吊耳、支架、绝热层支承件、铭牌或其他非承压件时，满足下列要求可不重新进行试验：

1) 附件角焊缝厚度不大于 10mm，或者采用全焊透焊缝时所连接材料不超过承压组件公称厚度且不大于 12mm；

2) 焊接按照本章第 10.4.10~第 10.4.12 条的要求进行预热；

3) 焊接接头按照本章第 10.5.1~第 10.5.7 条的要求进行检查。

第六节 安全防护

一、安全泄放装置

10.6.1 安全泄放装置设置的一般要求是什么？

答：(1) 有超压危险的管道系统应设置安全泄放装置。

(2) 自动控制仪表和事故联锁装置不应代替安全泄放装置。

(3) 符合下列情况之一者，应设置安全泄放装置：

1) 设计压力小于外部压力源的压力，出口可能被关断或堵塞的设备和管道系统；

2) 减压装置出口设计压力小于进口压力，排放出口可能被关断或堵塞的设备和管道系统；

3) 因两端关断阀关闭，受外界影响而产生热膨胀或汽化的管道系统；

4) 背压式汽轮机的排汽管道；

5) 汽轮机调整抽汽管道；

6) 可能产生超压的其他部位。

(4) 安全泄放装置相关压力的确定应符合下列规定：

1) 当安装一个安全泄放装置时，其整定压力不应大于系统设计压力，且最大泄放压力不宜大于系统设计压力的 106%；

2) 当安装多个安全泄放装置时，至少有一个安全阀整定压力不应大于系统设计压力，其余安全阀整定压力不宜大于系统设计压力的 103%，且安全阀最大泄放压力不宜大于系统设计压力的 106%。

(5) 安全泄放量应符合下列规定：

1) 安全泄放量的计算应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 E 的规定；

2) 取各种超压工况安全泄放量的最大值。

(6) 最小泄放面积应符合下列规定：

1) 最小泄放面积应根据安全泄放量、最大泄放压力、泄放流体温度、额定泄放系数以及流体的物理性质等计算,计算方法应符合现行国家标准《压力管道规范 动力管道》GB/T 32270—2015 附录 F 的规定;

2) 安全泄放装置的泄放面积不应小于最小泄放面积。

(7) 安全泄放装置的进、出口侧不应安装关断阀。

(8) 安全泄放装置的入口管道管径不应小于安全泄放装置的进口尺寸,入口管道应短捷,压力降应当小于安全阀设定压力的 3%。

(9) 安全泄放装置的出口排管道应符合下列规定:

1) 排放管道及其支承应有足够的强度承受泄放反力。当直接向大气排放时,应避开其他管道、设备及平台或人员可能到达的场所,排放管出口应高出屋面(平台)2200mm;

2) 安全泄放装置宜设置单独排放管道,当两个及以上排放装置组合排放时,排放管的流通截面不应小于所有安全泄放装置泄放面积的总和;

3) 排放管道的设计应有可靠的疏水;

4) 装设消音器时,消音器应有足够的通流面积。

10.6.2 安全泄放装置的选用应符合哪些规定?

答:(1) 汽水介质管道安全泄放装置宜选用安全阀,安全阀的选用应符合现行国家标准《安全阀 一般要求》GB/T 12241、《压力释放装置 性能试验规范》GB/T 12242 及《弹簧直接载荷式安全阀》GB/T 12243 的规定。

(2) 除汽水介质外,其他介质管道安全泄放装置的选用应符合现行国家标准《压力管道规范 工业管道 第 6 部分:安全防护》GB/T 20801.6 的规定。

二、安全防护设施和措施

10.6.3 GB/T 32270—2015 对安全防护设施和措施有什么规定?

答:(1) 一般规定要求如下:

1) 下列条件下应采取安全防护措施:

a) 由工作压力、工作温度和介质特性决定的流体危险性;

b) 管道发生损坏或泄漏时,流体的泄漏量及其对周围人员和设备造成的危害程度;

2) 流体泄漏应采用自动关闭压力源等方法限制。

(2) 布置中的安全防护

1) 穿越道路、铁路及人行道等架空管道的净空高度,以及管架边缘至建筑物或其他设施的水平距离应符合现行国家标准《火力发电厂与变电站设计防火规范》GB 50229 和《建筑设计防火规范》GB 50016 的规定,管道与电力线路间交叉净距应符合相关标准的规定;

2) 位于道路和铁路上方的管道不应装设阀门、法兰等可能发生泄漏的管道组件;

3) 介质温度大于 60℃ 人体可能触及的设备及管道应进行防烫伤保温;

4) 设计压力 ≥ 6.3 MPa, 或设计温度 ≥ 400 ℃ 的 GCD 级管道不应布置在管沟内;

5) 紧急放空、事故隔离、消防蒸汽等事故用的阀门,应布置在安全、明显、便于操作的位置。

第七节 保温及防腐

一、保温

10.7.1 汽水管道在什么条件下应保温？

答：管道在下列条件下应保温：

- (1) 外表面温度高于 50℃ 需要减少散热损失的管道；
- (2) 有防冻、防结露要求的管道；
- (3) 外表面温度高于 60℃、工艺不要求保温的管道，但人体可能触及的部位。

10.7.2 保温材料及主要辅助材料的性能应符合哪些规定？

答：(1) 保温材料应符合下列规定：

- 1) 保温层平均温度不高于 350℃ 时，导热系数不应大于 0.1W/(m·K)；
 - 2) 硬质保温制品密度不应大于 220kg/m³，半硬质保温制品密度不大于 200kg/m³，软质保温制品密度不大于 150kg/m³；
 - 3) 硬质保温制品的抗压强度不应小于 0.3MPa；
 - 4) 燃烧性能应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 不燃类材料的要求；
 - 5) 最高使用温度、吸湿率、收缩率、抗折强度、腐蚀性、耐蚀性等性能应符合相关标准的规定；
 - 6) 应对环境无污染，对人体无伤害。
- (2) 防潮层材料应符合下列规定：
- 1) 应具有良好的防水性和防潮性；
 - 2) 具有稳定的化学性能，不对保温层和保护层产生腐蚀或溶解；
 - 3) 应具有良好的阻燃性能，火焰离开后能在 1~2s 内自熄，其氧指数不小于 30%；
 - 4) 涂抹型防潮层材料，软化温度不应低于 65℃，在 20℃ 时粘结强度不应低于 0.15MPa；
 - 5) 应对环境无污染，对人体无伤害。
- (3) 保护层材料应符合下列规定：
- 1) 应具有良好的防水性、防湿性及抗大气腐蚀性；
 - 2) 具有稳定的化学性能，不易老化变质，不对保温层或防潮层产生腐蚀或溶解；
 - 3) 燃烧性能应符合现行国家标准《建筑材料及制品燃烧性能分级》GB 8624 不燃类材料的要求；
 - 4) 应对环境无污染，对人体无伤害。

10.7.3 汽水管道的保温设计、施工及验收应符合什么规定？

答：(1) 保温材料应按介质的最高温度选择。

(2) 保温层厚度计算应符合现行国家标准《工业设备及管道绝热工程设计规范》GB 50264 规定。

(3) 保温结构应符合下列规定：

1) 保温结构宜由保温层和保护层组成。地沟内的管道和处在潮湿环境中的管道,应在保温层外增设防潮层;

2) 保温结构应有足够的机械强度;

3) 保温结构宜为固定式,但需要维修的部位宜采用可拆卸式。

(4) 保温工程应按现行国家标准《工业设备及管道绝热工程施工规范》GB 50126 的规定进行施工。保温工程应按现行国家标准《工业设备及管道绝热工程施工质量验收规范》GB 50185 的规定进行验收。

二、防腐

10.7.4 管道在什么条件下应进行外部防腐?

答:管道在下列条件下应进行外部防腐:

(1) 不需要保温的管道;

(2) 介质温度低于 120℃ 的保温管道;

(3) 埋地管道。

10.7.5 管道的防腐设计应符合哪些规定?

答:(1) 防腐涂料的性能应与腐蚀环境相适应。

(2) 防腐涂料的选择应符合下列规定:

1) 不保温的室内管道可选择醇酸涂料、环氧涂料等;室外管道可选择高氯化聚乙烯涂料、聚氨酯涂料等;

2) 工艺不要求保温的管道可选择环氧树脂耐热涂料、有机硅耐热涂料等;

3) 介质温度低于 120℃ 的保温管道宜选择富锌涂料等;

4) 埋地管道可选择环氧煤沥青涂料、硬质聚氨酯泡沫塑料等。

(3) 防腐涂层体系的设计应符合下列规定:

1) 应具有良好的附着力、耐蚀性、抗冲击和抗温度变化的能力;

2) 应符合国家现行标准《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 的规定。

10.7.6 管道防腐施工及验收应符合什么规定?

答:(1) 防腐涂层施工前应对管道表面进行处理,处理等级宜符合表 10.7.6 的规定:

表 10.7.6 管道表面除锈等级

| 底层涂料种类 | 最低除锈等级 |
|---------------|-----------|
| 环氧沥青底漆、醇酸树脂底漆 | St3 或 Sa2 |
| 其他树脂类底漆 | Sa2 |
| 各类富锌底漆 | Sa2.5 |

注:① 不易维修的重要部件除锈等级不应低于 Sa2.5。

② 除锈等级按现行国家标准《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923(所有部分)。

(2) 涂层的施工可采用刷涂、滚涂或喷涂方法。

(3) 涂层厚度应符合设计文件的要求。

(4) 施工环境应通风良好,并符合下列规定:

- 1) 温度宜为 15~30℃；
- 2) 钢管表面温度应高于露点温度 3℃；
- 3) 相对湿度宜不大于 85%；
- 4) 遇雨、雾、雪、强风天气不宜进行室外施工；
- 5) 不宜在强烈日光照射下施工。

(5) 防腐工程的检查和验收应符合国家现行标准《火力发电厂保温油漆设计规程》DL/T 5072 的规定。

起 重 吊 钩 的 检 查 和 验 收

(DL/T 5072—2004 第 10.5 条)

1. 总 则

1.0.1 起重吊钩的检查、验收应符合下列规定：

1.0.2 起重吊钩应采用优质碳素钢或合金钢制造，其材料应符合现行国家标准《金属材料力学性能试验方法》GB/T 228 的有关规定。

1.0.3 起重吊钩的制造应符合现行国家标准《起重机械吊钩》GB 10052 的有关规定。

1.0.4 起重吊钩的验收应符合下列规定：

1.0.4.1 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.1 起重吊钩的制造应符合现行国家标准《起重机械吊钩》GB 10052 的有关规定。

1.0.4.1.2 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.1 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.2 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.3 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.4 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.5 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.6 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.7 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.8 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.9 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.10 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.11 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.12 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.13 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.14 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.15 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.16 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.17 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.18 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.19 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.20 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.21 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.22 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.23 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.24 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.25 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.26 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.27 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.28 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.29 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.30 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.31 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.32 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.33 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.34 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.35 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.36 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.37 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.38 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.39 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.40 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.41 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.42 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.43 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.44 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.45 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.46 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.47 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.48 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.49 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：

1.0.4.1.2.50 起重吊钩的验收应在制造厂进行，并应符合下列规定：