

安装工人应知丛书

管 道 工

(七 级 工)

中国建筑工程出版社

安装工人应知丛书

管道工

(七级工)

郭凤臻 编

中国建筑工业出版社

本书系《安装工人应知丛书》之一，内容是根根原国家建筑工程总局颁发的《安装工人技术等级标准》（试行）中对管道工七级工所规定的应知项目，顺序作出解答。主要应知项目有：一般盲板、法兰、螺栓、支架及管道本体强度计算的基本知识；一般给排水、采暖、卫生及工艺管道的设计知识；热工控制系统及附属装置的应用知识和安装方法；锅炉泄漏和故障的修理方法等。供管道工人考工复习参考。

安装工人应知丛书

管 道 工

（七 级 工）

郭 凤 臻 编

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4³/₈ 字数：97 千字

1985年1月第一版 1985年1月第一次印刷

印数：1—34,100册 定价：0.55元

统一书号：15040·4712

出版说明

本丛书是根据原国家建筑工程总局颁发的《安装工人技术等级标准》（试行），针对各级安装工人规定的应知项目和具体要求编写的，适合具有初中以上文化程度，并具备该工种相应级别的基础知识和操作技能的安装工人阅读。

本丛书是按照《安装工人技术等级标准》（试行）所列的应知项目顺序作答，解答内容尽量保持知识的系统性和完整性，以帮助各工种的安装工人考工复习参考使用。

本丛书按不同工种和等级分册编写，陆续出版。

中国建筑工业出版社

目 录

一、一般盲板、法兰、螺栓、支架及管道

本体强度计算的基本知识	1
（一）管道本体强度计算	1
（二）盲板强度计算	2
（三）法兰、螺栓的强度计算	3
（四）支架强度计算	8

二、一般给排水、采暖、卫生及工艺管路

的设计知识	13
（一）一般管路的设计程序	13
（二）给水管道设计	14
（三）排水管道设计知识	32
（四）采暖管道设计知识	45
（五）工艺管路的设计知识	60

三、热工控制系统及附属装置的应用知识

和安装方法	63
（一）热工控制系统的组成及应用	63
（二）热工控制系统的安装方法	69

四、锅炉泄漏和故障的修理方法

（一）锅炉泄漏及故障的检查方法	84
（二）锅炉泄漏及故障易产生的部位及原因	89
（三）泄漏及故障的修理	93
（四）泄漏及故障处理实例	110
（五）锅炉修理后的验收	113

附表

附表 1 居住区生活用水量标准	114
-----------------	-----

附表 2	公共建筑生活用水量标准	116
附表 3	工业企业生活用水量标准及小时变化系数	117
附表 4	工业企业淋浴用水量	117
附表 5	卫生器具给水的额定流量、当量、支管 管径和流出水头	118
附表 6	$q_0 = 0.2\sqrt{N} + KN$ 计算	120
附表 7	$q_0 = 0.2\sqrt{N}$ 计算 (当 $N < \alpha^2$ 时 $q_0 = 0.2N$)	121
附表 8	给水钢管沿程水头损失计算表	123
附表 9	卫生器具排水量、当量、排水管管径和 管道最小坡度	126
附表 10	室内排水管道水力计算表 ($n = 0.013$)	127
附表 11	常用围护结构的传热系数 K (千卡/ 米 ² ·时·°C)	129
附表 12	拐角房间直接铺设在土壤上非保温地板的 平均传热系数 K (千卡/米 ² ·时·°C)	129
附表 13	具有一面外墙房间直接铺设在土壤上非保温地 板的平均传热系数 K (千卡/米 ² ·时·°C)	130
附表 14	我国一些主要城市的采暖室外计算温度 t_w 和风速 v	130
附表 15	采暖建筑物的室温 (工作地点) 要求	131
附表 16	民用建筑每米门、窗缝隙渗入的空气量 L (米 ³ /时)	131
附表 17	北京地区建筑物采暖热指标	131
附表 18	常用散热器技术经济指标	132
附表 19	常用散热器的传热系数 K (大卡/米 ² ·时·°C)	133

一、一般盲板、法兰、螺栓、支架 及管道本体强度计算的基本知识

管道及配件的强度计算的目的是为了保证管道及配件在运行中不发生变形、爆破，同时又经济合理。计算的内容主要包括通过计算确定材料厚度、允许工作压力，以保证管道的正常运行。

(一) 管道本体强度计算

碳钢、合金钢无缝钢管和焊接钢管承受内压时，其壁厚按下式计算：

$$\delta = \frac{PD}{200[\sigma]\varphi + P} + C$$

式中 δ ——管壁厚度（毫米）；

P ——管内介质工作压力（公斤力/厘米²）；在压力不高时，式中分母的 P 值可取 $P = 0$ ；

D ——管子外径（毫米）；

φ ——焊缝系数，一般现场焊接可采用0.8；

$[\sigma]$ ——管材的许用应力（公斤力/毫米²），一般现场可采用10公斤力/毫米²；

C ——管子壁厚附加量（毫米），现场建议采用 $C = 1$ 。

【例】管内介质压力为20公斤力/厘米²，采用外径为361毫米的焊接管，试计算所需管壁厚度？

【解】根据上面公式，将有关数据代入，

$$\delta = \frac{20 \times 361}{200 \times 10 \times 0.8 + 20} + 1$$

$$= 5.45 \text{ 毫米}$$

可选用壁厚5.5毫米的钢管。

(二) 盲板强度计算

管中或法兰中盲板的厚度(图1)可按下列式计算：

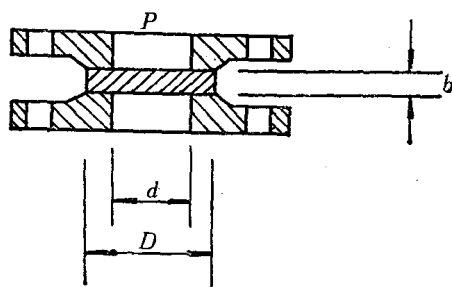


图1 管中盲板

$$b = 0.4 D \sqrt{\frac{p}{100[\sigma]}}$$

式中 b ——盲板厚度(毫米)；

D ——盲板直径(毫米)；

p ——计算压力(公斤力/厘米²)；

$[\sigma]$ ——许用应力(公斤力/毫米²)。选用时要根据很多条件，在管道工程施工用临时盲板建议采用 $[\sigma] = 10$ 公斤力/毫米²。

【例】 欲在管道法兰中加入外圆直径为400毫米的盲板，已知管内压力为25公斤力/厘米²，试计算所需盲板的厚度。

【解】 根据上面公式，将有关数据代入，

$$b = 0.4 \times 400 \sqrt{\frac{25}{100 \times 10}} \\ \approx 25 \text{毫米}$$

(三) 法兰、螺栓的强度计算

在管道工程中，管子之间或管子与设备、机泵及阀门之间的连接，除用丝扣、焊接外，大量的的是采用法兰、螺栓连接。

1. 螺栓的强度计算

螺栓连接，又称螺纹连接。在进行强度计算时，需要考虑连接的装配情况，是松连接还是紧连接。在安装时不需拧紧螺母，螺栓在工作载荷未作用之前不受力，这种连接称为松连接，如起重滑轮是属于这类情况。另一种情况是为了连接点可靠、严密，在安装时必须拧紧螺母（称为预紧），保证连接件间不存在间隙。螺栓拧紧后，在工作载荷未作用前就已承受了预紧力，这种连接称为紧连接。在管道工程中，管道连接法兰、压力容器的法兰端盖等都属于紧连接。

现将几种常用的螺栓连接计算分述如下。

(1) 受轴向载荷的松连接（拉应力）

$$\sigma_{拉} = \frac{Q}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \leq [\sigma_{拉}]$$

式中 Q ——轴向载荷（拉应力）（公斤力）；

$\sigma_{\text{拉}}$ ——拉应力（公斤力/毫米²）；

d_0 ——螺栓螺纹处内径（毫米）；

$[\sigma_{\text{拉}}]$ ——螺栓所用材料的许用拉应力（公斤力/毫米²）。

紧连接的许用应力还与螺栓直径有关，螺栓直径越小，许用应力越低。一般直径为 M6~M16 的螺栓，3号钢的许用应力为 6~8 公斤力/毫米²，35号钢的许用应力为 8~10.7 公斤力/毫米²。

【例】有一电动机的吊环螺钉为 M12，其螺纹内径为 10.106毫米，已知材料的许用应力 $[\sigma_{\text{拉}}]$ 为 8 公斤力/毫米²，问此螺钉最大可悬挂多重的电动机？

【解】 根据公式
$$\sigma_{\text{拉}} = \frac{Q}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \leq [\sigma_{\text{拉}}]$$

$$Q \leq \frac{\pi d_0^2}{4} \cdot [\sigma_{\text{拉}}]$$

代入有关数据，即

$$Q \leq \frac{3.14 \times 10.106^2}{4} \times 8$$

$$\leq 641 \text{ 公斤}$$

故此螺钉最大可悬挂 641 公斤的电动机。

（2）受横向载荷的紧连接（剪应力）

工程上受横向载荷（剪应力）作用的实例很多，两块钢板用螺栓连接起来，当受到拉力作用时，就会发生剪切变形，如图 2 所示。

在管道工程上，受横向载荷的螺栓连接多属于紧连接。此类连接方式的螺栓在装配时需要拧紧，螺栓在工作前已受

到预紧力 Q 的作用。尽管螺栓与螺栓孔之间有少量的间隙，但在工作时横向载荷 P 是在拧紧螺母后由被连接件接触面之间产生的摩擦力来传递的，所以螺栓所受的拉力（也就是预紧力）在受载荷前和受载荷后都不变化。因此，在管道工程上为了连接可靠、严密，在被连接件之间无相对滑动，结合面的最大摩擦力必须大于外载荷力 P 。

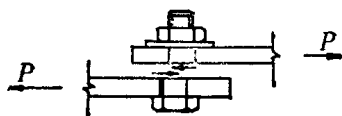


图 2 螺栓被剪断

当螺栓同时受到拉伸和扭转时，应按拉与扭复合应力进行计算。为了简化计算，根据经验将拉应力提高30%，按简单拉伸进行计算，其公式为：

$$\sigma_{\text{拉}} = 1.3 \frac{Q_0}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \leq [\sigma_{\text{拉}}]$$

式中 Q_0 ——预紧力（公斤力） $Q_0 = 1.2 \frac{F}{f}$ ，

F ——外施载荷（公斤力），

f ——摩擦系数，对于钢可取0.15，

其他符号同轴向载荷松连接。

（3）受轴向载荷的紧连接（拉应力）

受轴向（与螺栓轴线一致）载荷的紧连接，是螺栓连接中最常用的一种，如图3所示是一个高压容器端盖示意图。

这类螺栓连接特点是在轴向工作载荷作用下，螺栓的预紧力要发生变化，被连接件接触面间有可能出现缝隙，因此应有足够大的预紧力，才能保证连接的紧密性。设每一个螺栓受平均轴向载荷为 F ，因为又受预紧力，实际上受到的总拉力为 Q ，其强度公式为：

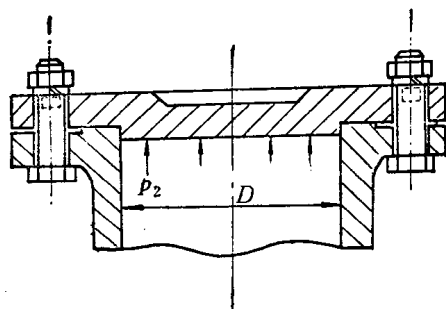


图 3 螺栓承受拉力

$$\sigma_{拉} = \frac{1.3Q}{\frac{\pi d_0^2}{4}} \leq [\sigma_{拉}]$$

式中 Q 值按 F 的不同情况选取:

当 F 为静载荷时, $Q = (1.2 \sim 1.6) F$;

当 F 为变荷载时, $Q = (1.6 \sim 2) F$;

对于压力容器的连接 $Q = (2 \sim 2.5) F$ 。

其他符号同轴向载荷松连接。

【例】 有高压容器一个, 缸盖需用螺栓连接(如图 3)。

已知容器内径 $D = 200$ 毫米, 工作压力为 10 大气压 (1 大气压为 1 公斤力/厘米²), 若采用 12 个 M12 螺栓 (材料为 35 号钢, M6~M16 螺栓 $[\sigma_{拉}] = 8 \sim 10.7$ 公斤力/毫米²) 进行连接, 是否安全? (M12 螺栓的螺纹内径为 10.106 毫米)。

【解】 单个螺栓所承受的工作载荷为:

$$\begin{aligned} F &= \frac{1}{n} \times \frac{\pi D^2}{4} \times P \\ &= \frac{1}{12} \times \frac{3.14 \times 20^2}{4} \times 10 \\ &= 262 \text{ 公斤力} \end{aligned}$$

为了保证容器的严密性，在施加预紧力后，螺栓所承受的总轴向载荷为：

$$Q = 2F = 2 \times 262 = 524 \text{ 公斤力}$$

35号钢M6~M16螺栓的许用拉应力为 $[\sigma_{拉}] = 8 \sim 10.7$ 公斤力/毫米²，现取 $[\sigma_{拉}] = 9.5$ 公斤力/毫米²，代入公式，得

$$\begin{aligned} |\sigma_{拉}| &= \frac{1.3Q}{\frac{\pi d_0^2}{4}} = \frac{4 \times 1.3 \times 524}{3.14 \times (10.106)^2} \\ &= 8.49 \text{ 公斤力/毫米}^2 < [\sigma_{拉}] \end{aligned}$$

根据以上计算， $\sigma_{拉} < [\sigma_{拉}]$ ，所以选用M12螺栓连接是安全的。

2. 法兰强度计算

在管道工程中，法兰用以连接管道与管道、管道与设备或附件，是管道连接中一种常用的方法。应根据工程需要选用合适的法兰。目前已根据法兰的应用范围，管道介质的压力、温度等因素制定了常用法兰标准。因此，在工程中可不通过计算，直接选用。

螺纹法兰强度可参考下式计算：

$$\sigma = \frac{5.72 Q a x}{D_2 b_2} \ll [\sigma]$$

式中

$$a = \frac{D_1 - D_2}{2}$$

$$x = \frac{1}{M - 1} \left(\frac{M^2 \lg M}{M^2 - 1} + 0.177 \right)$$

$$M = \frac{D}{D_2}$$

σ ——计算应力（公斤力/厘米²）；

$[\sigma]$ ——许用应力（公斤力/厘米²）；

Q ——螺栓载荷（公斤力）；

b ——法兰厚度（毫米）；

D ——法兰外径（毫米）；

D_1 ——法兰螺栓孔中心圆直径（毫米）；

D_2 ——法兰螺纹中径（毫米）。

关于法兰的选用，可参见本工种管道连接一节。

（四）支 架 强 度 计 算

管道支架强度计算，是建立在管道支架的位置、形式已经确定的情况下，才能进行支架本体强度计算。现将与支架强度有关的内容及支架强度计算介绍如下：

1. 管道支架的设置原则

（1）支吊架的位置和类型应满足管道伸缩和位移的要求，并应注意减少管道的振动。

（2）适当选择支架的间距。间距过小，支架数量增多，将造成人工和材料的浪费；间距过大，管子由于自重产生的弯曲应力过大将造成管道的破坏。因此，支吊架的最大允许间距应根据强度及刚度条件，通过计算来确定。

（3）支架本体、连接件和生根结构，应具有足够的强度和刚度。除考虑管道本身、附件、介质和保温层等重量外，还应考虑由于管道变形而作用在支架上的应力（如热力管道的固定支架）。

（4）支吊架应尽量生根于土建结构的梁、柱或钢架上，如果生根于楼板或砖墙上的支架，应征得土建人员同意。

2. 支吊架的形式及选用

管道工程用的支吊架的形式很多，常用有固定支架、滑

动支架、导向滑动支架、刚性吊架等，一般可参见国家标准图集进行选用。在选用时应遵照下列原则：

(1) 管道不允许有任何位移的，应装设固定支架。

(2) 在管道上无垂直位移或垂直位移很小的地方，可装设活动支架或刚性吊架。活动支架的形式应根据摩擦作用力的不同要求来选择。

(3) 水平管道上只允许管道轴向水平位移的地方，应装设导向支架。

3. 支架强度计算

(1) 简单单件强度计算：为了保证支架的正常工作，构件强度应满足下列公式要求：

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq [\sigma]$$

式中 P ——外载荷（公斤力）；

A ——承受载荷的面积（厘米²）；

σ ——工作应力（公斤力/厘米²）；

$[\sigma]$ ——材料的许用应力（公斤力/厘米²）。

根据上述条件，在支架计算强度时可以解决三个方面问题：

已知载荷 P 和零件的横截面积 A 及材料的许用应力 $[\sigma]$ ，以校核零件强度；

已知零件所用材料的许用应力 $[\sigma]$ 及横截面积 A ，求所能承受的载荷 P ；

已知材料的许用应力 $[\sigma]$ 和载荷 P ，可计算零件所需横截面积 A 。

【例】有一管道吊架（图4），已知管子吊架处计算荷重为1400公斤，拟采用3号钢钢筋作拉杆，求需用钢筋的直

径? (3号钢的许用应力 $[\sigma]$ 取1300公斤力/厘米²)。

【解】 根据公式 $\sigma = \frac{P}{A} \leq [\sigma]$

$$\sigma = \frac{P}{\frac{\pi d^2}{4}} \leq [\sigma]$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]}}$$

代入有关数

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \times 1400}{3.14 \times 1300}}$$

$$d \geq 1.17 \text{ 厘米}$$

故采用直径为12毫米的钢筋作为拉杆是安全的。

(2) 组合支架强度计算

常用生根组合支架的形式很多, 现以图5所示为例, 说明其使用的公式及计算方法。

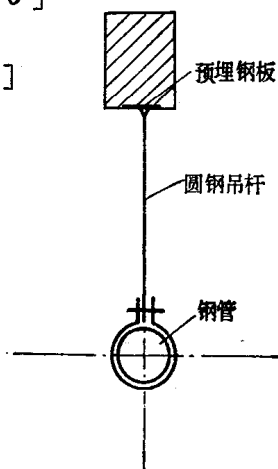


图4 管子吊杆

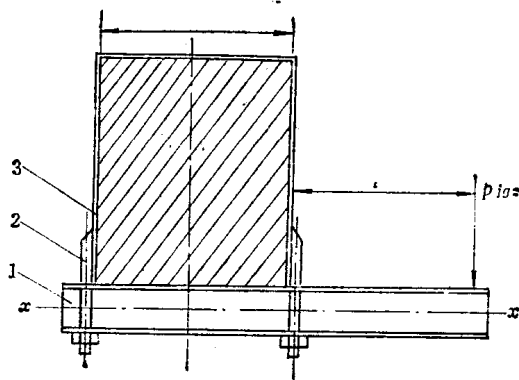


图5 悬臂支架

1—槽钢; 2—螺栓; 3—扁钢

构件 1 强度 (悬臂梁)

$$\sigma_{hc} = l \frac{P_{jgz}}{W_x} \leq [\sigma]$$

式中 σ_{hc} ——合成应力 (公斤力/厘米²);

l ——悬臂长度 (厘米);

P_{jgz} ——垂直结构荷重 (公斤力);

W_x ——对 x 轴的断面系数 (厘米³);

$[\sigma]$ ——材料许用应力 (公斤力/厘米²)。

构件 2 (梁箍螺栓)

$$d \geq 1.5 \sqrt{\frac{1}{[\sigma]} \left(1 + \frac{l}{b} \right) P_{jgz}}$$

式中 d ——螺杆直径 (厘米);

b ——梁箍宽度 (厘米);

其他符号意义同构件 1。

构件 3 (梁箍扁钢)

宽度: $b \geq 2d$;

厚度: $\delta \geq 0.42d$ 。

【例】如图 5 所示, 已知: $P_{jgz} = 2000$ 公斤力, $l = 30$ 厘米, $b = 20$ 厘米, 求构件 1、2、3 的规格。(已知 $[\sigma] = 1300$ 公斤力/厘米²)

【解】计算构件 1

根据公式 $\sigma_{hc} = l \frac{P_{jgz}}{W_x} \leq [\sigma]$

$$W_x = \frac{l P_{jgz}}{[\sigma]}$$

代入有关数据 $W_x = \frac{30 \times 2000}{1300}$

$$= 46.15 \text{ 厘米}^3$$