

《化工生产的腐蚀和防护》丛书

第二十册

非金属耐腐蚀管道

[苏联] П. Г. 烏迪馬 編

化学工业出版社

81.18
487

《化工生产的腐蚀和防护》丛书

第二十册

非金属材料耐腐蚀管道

[苏联] П. Г. 烏迪馬 編

邢树鈞 譯
徐正志

化学工业出版社

本书总结了化工企业在非金属材料管道的设计、安装、修理和使用方面的经验，并且介绍了在侵蚀性介质作用的条件下，怎样实际应用非金属管道。

书中介绍了有关制造管件和阀件所用各种材料的物理机械性能和加工工艺性，并提供了垫料和填料在各种使用条件下的化学稳定性。

本书供化学工业中从事管道的设计、安装和使用的工程技术人员和工人阅读。

«КОРРОЗИЯ В ХИМИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВАХ И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ»

ВЫПУСК 20

КОРРОЗИОННОСТОЯКИЕ

ТРУБОПРОВОДЫ

ИЗ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ

МАТЕРИАЛОВ

П. Г. УДЫМА

ГОСХИМИЗДАТ·МОСКВА·1963

*

«化工生产的腐蚀和防护»丛书

第二十册

非金属耐腐蚀管道

邢树钧 译
徐正志

* * *

化学工业出版社出版(北京安定门外和平里七区八号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第 120 号

北京市印刷一厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本: 850 × 1168毫米 1/32 1965年10月第1版

印张: 7 1965年10月第1版第1次印刷

字数: 180,000 印数: 1—3,250

定价: (科四) 0.90 元 书号: 15063·1003

編者的話

金屬的腐蝕給國民經濟帶來了巨大的損失。據調查和概略統計的資料證明，在採用有效的防腐蝕保護方法以前，由於在腐蝕性的液體和氣體的發生化學破壞的結果，每年冶煉出的金屬幾乎總要有三分之一不可挽回的損失掉了。

在化工生產中，由於所用的反應物料和成品具有腐蝕性，所以金屬的使用期限最為短促。腐蝕尤其會縮短在高溫下操作的設備和管道的使用壽命。有時，由於某一設備，即使是次要設備的器壁被腐蝕破壞，也會使全部管路和整套設備被迫停車。

近年來，曾經出版了許多論述腐蝕理論及耐化學腐蝕材料的生產的重要著作。然而，在選擇適當的耐腐蝕材料和延長受侵蝕性介質作用的設備的使用期限方面，實用指導文獻尚感不足。

為了彌補這方面的不足，蘇聯化學出版社從1955年即着手組織編寫這套“化工生產的腐蝕和防護”叢書。

組成這套叢書的小冊子可分為三類。第一類講述各種化工生產中設備及工藝管道的腐蝕問題，諸如：硫酸、磷肥、氨及氨鹽、硝酸、鹽酸、染料及染料中間體、有機酸、合成橡膠及酒精、氯、燒鹼、漂白粉及含氯的有機產品等。這類小冊子分別探討在各種化工生產中最常見的腐蝕種類，提出防腐蝕的措施及方法，並對各種防腐蝕方法作了比較。

第二類小冊子敘述各種腐蝕性介質對建築物與建築結構的腐蝕及防腐蝕方法。

第三類小冊子分別介紹最常用的化學耐腐蝕材料的性能：不銹鋼及其他金屬和合金、耐酸矽酸鹽水泥和混凝土、耐酸酚醛塑料、硬聚氯乙烯塑料、在普通條件下硬化的耐腐蝕膠泥、聚異丁烯、橡膠和硬橡膠、石油瀝青及焦油瀝青、石棉二乙炔基乙炔

IV

塑料、木材、非金属导热材料、油漆涂料、衬垫和填充材料以及过滤材料等等。

除以上三类外，还有几册分别介绍了各种保护法，如：阴极保护法、复合衬里等。

这套丛书全部出版之后，将成为化工生产人员在防止各种生产中的腐蚀问题上，在某些材料的性质及应用技术方面有一定价值的实用的参考书籍。

编辑部恳请广大读者对这套丛书提出宝贵意见，供再版和编印以后各册时参考。

序 言

化学工业是国民经济的最重要的部門之一。在广泛利用天然气和石油气的基础上，聚合材料及合成树脂的生产得到了相当大的增长。化肥厂及农药厂的規模在不断扩大。染料及中間体、合成纖維、人造革、橡胶工业制品以及国民经济所必需的各种化工产品的产量在逐步增加。

进一步发展化学工业，要求在新的工艺基础上根本改造化工生产，利用高效能的設備和机械、实现机械化和自动化，而这些又都与耐腐蝕材料的使用有着很大关系。

用耐腐蝕材料制造輸送侵蝕性液体及气体的管道方面有許多經驗。本书的任务就是总结这些經驗。

在化学工厂的管道工程上，需用去全部基建投資的15—30%；在个别企业中管道的总长度可达几十公里甚至几百公里。在管道上安装有各种閥件，其中包括有自动調节的閥件。

在管道的設計和使用上，管材的选择是具有决定性意义的重要因素。虽然管道主要节点和零件（可拆卸装置、閘門及固定架等）的结构也有重要的作用，但是在大多数情况下，管道的使用寿命还是决定于管子的材料。

近年来，用以塑料及合成树脂为基的新型结构材料，創制了耐腐蝕的管道，成功的利用塑料和橡胶来防止金属管道的腐蝕。

此外，还有玻璃、石墨和陶瓷管，并且用这些材料制造管子的工艺已經得到了相当的改进。

与此同时，在管道的制造上还繼續采用着有色金属、含镍鋼和普通碳素鋼，还繼續用各种牌号的鑄鉄来制造管道的閥件和零件。

实践証明：在許多化工企业中，使用非金属材料制造的管道

比从前采用合金鋼和貴重的有色金属管道效果还好。

許多生产中成功地用塑料管道代替了鑄鉄管和普通碳素鋼管，从而减少了金属的用量并延长了管道的使用期限。

例如，在一公里长的管道上，如果使用硬聚氯乙烯管代替直径 100 毫米的鑄鉄管或鋼管，就可以騰出 21 吨鑄鉄管或 11 吨鋼管，同时使工程費用减少一半。

非金属管具有良好的耐蝕性，因而可以大大增加管道的使用寿命。

当在地下或支架上敷設非金属管道时，因为它的导热系数仅为金属管道导热系数的几十分之一，所以可以减小管道在管沟中的埋設深度并可减少管道保温的費用。

塑料管道在輸送盐类及矿物质溶液时，沉淀和污物不易挂在管内壁上，这也是它与金属管道相比的一个优点。溶液流动的阻力小，就可以减低泵的揚程和功率，并可减小管道的直径。

本书将化工企业、科学研究和設計机关在非金属管道的設計、安装和使用方面的經驗作了系統总结，而这些管道的使用条件是介质有侵蝕性，且溫度和压力的变化幅度很大。

本书还簡要地介紹了国外在工业中使用非金属管道的經驗。

对于管道的結構构件和管道的制造及安装的技术条件，只是从材料的性质对管道的架設、管道的强度和耐久性影响的观点作了討論。

本书中介紹了化学工业中的各种管子和耐腐蝕閥件的規格。

目 录

編者的話

序言

第一章 管道的一般知識	1
管道分类	1
管道直径計算	2
管子强度計算	8
耐腐蝕管道	11
第二章 硅酸盐材料管道	18
鋼筋混凝土管道	18
石棉水泥管道	25
陶质管道	31
瓷质管道	51
玄武岩和輝綠岩管道	58
玻璃管道	61
第三章 聚合(热塑性)塑料管道	78
硬聚氯乙炔管道	78
聚乙烯管道	101
聚丙烯管道	106
氟塑料管道	108
有机玻璃管道	109
纖維素醋酸丁酸酯管道	111
第四章 縮聚(热固性)塑料管道	113
耐酸酚醛塑料管道	113
夹布酚醛塑料管道	130
玻璃鋼管道	133
石棉二乙炔基乙炔塑料管道	137
第五章 石墨材料管道	140
浸塑石墨(浸漬石墨)管道	140
压塑石墨管道	142

II

鑄塑石墨管道	147
第六章 工业用橡皮管道	151
耐压夹布胶管	151
带金属螺旋线的夹布胶管	155
橡皮软管	156
衬橡胶的管道	158
第七章 木管道	169
木制管道	169
胶合板管道	169
第八章 有衬里的钢管道	178
搪瓷管道	178
搪玻璃钢管	186
非金属材料衬里的钢管道	188
第九章 垫料和填料	196
垫料	196
填料	204
参考文献	207
附录	208

第一章

管道的一般知識

管道分类

管道用于輸送液体、气体以及松散材料，用它們将彼此間距离往往很大的設備、器械、貯罐互相联接起来。

管道是用单根管子、异形管件（弯头、三通、异径管等）以及閘門和調节閥所組成的。它們彼此間用焊接、螺絲管箍或法兰（为了密封要加有弹性的衬垫）联接起来；在管道上还安装有控制測量仪表。

管道的使用条件取决于生产的种类和所輸送的物料的性质，如有些液体和气体对金属有强烈侵蝕性、或具有易燃和有毒的性质。化学工厂的管道，操作压力范围很大，从高度真空到表压达1500 公斤/厘米²，而溫度范围也很广，在-100°C 到+1100°C 之間。

根据使用条件，管道可以由鋼管、鑄鉄管、陶瓷管和其它管子装配而成，其中使用最广泛的是金属管。不論用什么材料，管道在使用中都必須可靠。根据多年管道的設計和使用經驗，对管道有下列六点技术要求。

1. 在工艺要求的操作压力和溫度下，特别是在冷热交替变化的条件下輸送物料，管道要具有足够的机械强度和气密性；

2. 材料能耐侵蝕性物质的作用，并在长期使用过程中保持其物理机械性能；

3. 內表面光滑，并且局部阻力最小，即装有較少数量的弯头、三通、异径管、閘門和調节閥；

4. 溫度应力及溫度伸长补偿小；

5. 管道的安装工作簡單，能够更换损坏的管件；

6. 管道工程的投資和管理費用最省。

能否滿足上述要求，在很大程度上取決于制造管道所使用的材料。

管道可以分為金屬管道：鑄鐵、鋼、銅、鉛、鋁等管道；非金屬管道：玻璃、瓷、陶瓷、石墨、木和塑料（包括耐酸酚醛塑料、硬聚氯乙烯、聚乙烯等）等管道。

管道都是用圓形截面的管子組成。

管子根據結構尺寸和生產方法不同又可作如下分類：

1. 按內徑與壁厚的比值，分為薄壁管和厚壁管；
2. 按生產方法，分為焊接管（煤氣管、電焊管）和無縫管（引拔的和軋制的）。

管子也常常按熱處理的方法、機械性能、保護層、材料的化學成分和對侵蝕性介質的化學穩定性等加以分類。

管道的布置和結構要根據它在生產中的作用來選擇；管道的橫截面尺寸、材料的等級和零件的連接方法，則要考慮管道中介質的壓力和溫度、液體（氣體）的流量及其化學性質來決定。

管道的操作壓力可能是由下列幾種情況造成的：由壓頭高度或泵造成靜壓，壓縮機造成的高壓和噴射泵、真空泵造成的真空。根據管道中介質的壓力和溫度適當選擇管子的材料，然後按管道的截面和壁厚來計算其強度。

管道直徑計算

沿圓柱形管道流動的液體或氣體的數量（流量），按下列公式計算（米³/時）：

$$Q = 3600 \frac{\pi d^2}{4} v \quad (1)$$

式中 d ——管道的直徑，米；

v ——液體在管道中的流速，米/秒。

從公式(1)可以看出，在一定的流量下，流速越大則管道的直徑可以越小。但是，用很大的速度來輸送液體（氣體）並非總

是合适的，因为这样就需要大大提高压力，结果又要提高机械的功率并加厚管壁。

根据实践数据，在管道中流动的物料可以采取下列速度（米/秒）：

1. 水及其它带有少许粘性的液体（酒精、汽油、弱的酸碱溶液）——由 1.0 到 2.5；
2. 粘性很大的液体（油、悬浮液、糊状物等）——由 0.5 到 1.5；
3. 饱和蒸汽及压缩空气——由 20 到 30；过热蒸汽和高压气体——由 30 到 60；通风管道中的空气——由 8 到 14；用混凝土管及木管输送空气——由 4 到 7。

苏联 ГОСТ 355—52 中规定了管子、配件和阀件的公称直径 (D_n)；对于管道的大多数铸件，公称直径即相当于内径；但是对于钢管以及硬聚氯乙烯管、聚乙烯管及其他具有固定外径的非金属管，内径则随着壁厚的变化而变化；在这种情况下选择管道的配件、阀件及其他零件则不能按管子的内径，而要按照公称直径。

公称直径相同的全部零件，其法兰的尺寸（外径、螺栓孔的位置以及螺栓的直径和数量）相同，因此它们可以互相替换。

管子、配件和阀件的公称直径载于表 1。

实际上，最常用的是按液体的流量来选择管道的直径：

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{3600 \pi v}} \text{ 米} \quad (2)$$

将计算出的 d 值化为整数并取工业生产的管子规格中最相近的直径。

当液体或气体在管中流动时，由于流动物质与管壁的摩擦而产生摩擦阻力，由于流体在弯头、三通和阀件中改变流动方向时产生涡流，还会产生局部阻力。

在克服这两种阻力上，要消耗流动液体或气体的能量，即表现为压头（压力）损失。当为液体压力的情况下，必须计算出管

管子、閥件及配件的公称直径

表 1

(按 ГOCT 355—52)

公称直径, 毫 米	管子、閥件及配 件的螺紋, 吋	公称直径, 毫 米	管子、閥件及配 件的螺紋, 吋	公称直径, 毫 米
3	1/8	100	4	700
6	1/4	125	5	800
10	3/8	150	6	900
15	1/2	200	8	1000
20	3/4	250	10	1200
25	1	300	12	1400
32	1 1/4	350	14	1600
40	1 1/2	400	16	1800
50	2	450	18	2000
70	2 1/2	500	20	2200
80	3	600	24	2400

注: 1. 表中所列公称直径的数值, 用于各种管子、閥件及配件以及与閥件和管道相连接的机械、仪表和设备的任何部件;

2. 直径大于 600 毫米的管道不采用螺紋连接。

道中的压力损失, 以便确定为将液体輸送到預定高度或指定距离而应用泵所造成的最合适的 (总的) 压力。

在管道中克服摩擦力的压头损失按公式(3)計算 (单位为公斤/厘米²或米水柱):

$$\Delta P_{\tau} = \gamma \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

$$h_{\tau} = \frac{\Delta P_{\tau}}{\gamma} = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{米液柱}$$

式中 γ ——液体的比重, 公斤/米³;

λ ——阻力系数;

l ——管道的长度, 米;

d ——管道的直径, 米;

v ——液体的流速, 米/秒;

$g=9.81$ 米/秒²——重力加速度。

阻力系数根据物料流动的类别（层流、湍流）确定。

对于层流，当没有惯性力或当与液体的粘性力相比较惯性力只起次要作用时，阻力系数可按下式计算：

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (4)$$

式中雷诺准数 $\text{Re} = \frac{vd}{\nu}$

或
$$\text{Re} = \frac{vd\rho}{\mu}$$

v ——液体的流速，米/秒；

d ——管子的直径，米；

ν ——运动粘度，米²/秒；

ρ ——液体的密度，公斤·秒²/米⁴；

μ ——绝对粘度，公斤·秒/米²。

绝对粘度 μ 和运动粘度 ν 的数值，在大多数情况下可以用专门文献^{24,25} 中的表或公式求得。稀释的悬浮液、未分解的液体以及气体混合物，其粘度可以按公式或诺谟图²⁵ 求出。性质接近于塑性物质的介质（对那些所谓非标准液体——浆、浓缩的悬浮液、胶态溶液），其粘度不能由计算得出，需要进行粘度分析。

通常，当 $\text{Re} \leq 2320$ 时，按层流采取；当 $\text{Re} > 2320$ 时，则流动就具有湍流的性质。因为在这种情况下，粘性与惯性力相比较已经显得不大了。当液体在光滑的管子（玻璃管、瓷管、上釉的陶瓷管）中作湍流运动时，阻力系数按公式(5)计算：

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{\text{Re}}} \quad (5)$$

当 Re 值在 70000 以下时，按公式(5)计算能得出准确的结果；而当 Re 值很大时，按公式(5)算出的数值则显著偏低。

对于那些 μ 及 ν 值大因而 Re 值不大的粘性液体，计算管道时常常按公式(5)进行。

为了減輕計算，在表 2 中列出了当 Re 从 1000 至 70000 时按公式(4)和(5)算出的 λ 值。

当 Re 值大于 70000 时， λ 按公式(6)計算：

$$\lambda = 0.0032 + 0.221\text{Re}^{-0.278} \quad (6)$$

对于粗糙的管子，按公式(4)、(5)或(6)計算的以及从表

Re 值为 1000 至 70000 时的阻力系数 λ 表 2

Re	λ	Re	λ	Re	λ	Re	λ
1000	0.064	1900	0.034	10000	0.0316	35000	0.0231
1100	0.058	2000	0.032	12000	0.0303	40000	0.0224
1200	0.053	3000	0.0427	14000	0.0291	45000	0.0217
1300	0.049	4000	0.0401	16000	0.0281	50000	0.0212
1400	0.045	5000	0.0376	18000	0.0273	55000	0.0206
1500	0.043	6000	0.0359	20000	0.0266	60000	0.0202
1600	0.040	7000	0.0346	25000	0.0252	65000	0.0198
1700	0.038	8000	0.0335	30000	0.0240	70000	0.0195
1800	0.036	9000	0.0325				

2 中查出的阻力系数应当乘以不同管子的粗糙度系数：

鋼管.....	1.1—1.2
离心鑄造的鑄铁管.....	1.2—1.6
翻砂鑄造的鑄铁管.....	1.6—2.5
未上釉的陶瓷管.....	1.2
石棉酚醛塑料管.....	1.1—1.15
硬聚氯乙烯管、聚乙烯管等	1.0—1.1

对于直綫管段，除了克服由于摩擦造成的压头損失以外，还应当考虑由于局部阻力所引起的压头損失。局部阻力損失按公式(7)計算：

$$\Delta P_M = \varepsilon \frac{\gamma v^2}{2g} \quad (7)$$

式中 ε ——局部阻力系数 (取决于异径管、閘閥、旋塞、球閥等的結構)。

对于圆弯管

$$\varepsilon = 0.13 + 0.16 \left(\frac{d}{R} \right)^{3.5} \quad (8)$$

局部阻力系数根据管径 d 与弯曲半径 R 之比值确定:

$\frac{d}{R}$	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
ε	0.13	0.13	0.14	0.16	0.2	0.29	0.4	0.66	1.0	1.41	2.0

对于阀件, 局部阻力系数如下:

三通.....	1.5
闸阀 (开启时)	0.1—1.5
球阀.....	0.5—0.9

有时由于局部阻力所引起的压头损失用管子的当量长度的米数来表示。阻力等于局部阻力的直管长度即称为当量长度。用当量长度表示的阻力载于表 3。

用当量直管长度(米)表示的管件及阀件的阻力 表 3

管 件 及 阀 件	公 称 直 径, 毫 米									
	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
弯 管										
煨弯(90°)	1	1.7	2.5	3.2	4	5	6	7	8	9
铸弯(90°)	3.2	7.5	12.5	18	24	30	38	44	50	55
扇形管组成的(90°)	7.5	17.5	29	42	56	70	87	102	115	137
Π形补偿器	4	10.5	14.5	20	27	33	41	48	54	64
焊接三通	4.5	9	14.5	20	26	30	41	47	54	63
球 阀										
标准球阀	13	31	50	73	100	130	160	200	230	270
标准角阀	10	20	32	45	61	77	95	115	130	150
柯索夫«Косва»型阀	2.1	5	8.5	12	16	20	25	30	38	39
止逆阀	3.2	7.5	12	18	24	30	38	44	50	59
平门闸阀	0.6	1.6	2	3	4	5	6.5	7.5	8.5	10

利用表 3 的资料可以按公式(9)计算出管道中的压头损失:

$$\Delta P_{\tau} = \lambda \frac{\gamma v^2}{2g} \cdot \frac{l + l_{\text{ экв. }}}{d} \quad (9)$$

管道截面为 F ，如果某处的截面较小，为 F_M ，则要产生附加的涡流损失。这一损失按公式(10)计算：

$$\Delta P_c = \psi \frac{\gamma v_M^2}{2g} \quad (10)$$

式中 v_M ——较小截面中液体的流速。

$$v_M = v \frac{F}{F_M}$$

系数 ψ 由 $F_M:F$ 的比值确定：

$\frac{F_M}{F}$	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
ψ	0	0.15	0.25	0.35	0.43	0.5

将 ΔP_M , ΔP_T 和 ΔP_c 换算成液柱高度 (米)

$$h_M = \frac{\Delta P_M}{\gamma} \quad h_T = \frac{\Delta P_T}{\gamma} \quad h_c = \frac{\Delta P_c}{\gamma}$$

将这些数值相加，就得出了总的压头 (米水柱)

$$H = h + h_M + h_T + h_c + \dots \quad (11)$$

式中 h ——液体静压头高度或管道中的工作压力。

一个物理大气压等于 10.332 米水柱的压力。

按总压头的数值来计算管道零件的强度，并选择用于啣送液体和气体的泵。

管子强度计算

我们简略地讨论一下钢管道强度的计算方法，并确定在什么样的条件下应当采取另外一种材料的管道代替钢管道 (为了防止管道腐蚀破坏)。

受内压的管道中作用力的性质，与管子的材料无关。由于这些力的作用，在材料中产生内应力。

承受内压的钢管的壁厚，按苏联国家矿山机械监察局(Госгортехнадзор)推荐的公式(12)和(13)计算。