

工业管道 泄漏防治

冶金工业出版社

工业管道泄漏防治

阮徐炤 仇家骅 编

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书共分六章。第一章概论简述了工业管道泄漏防治及密封材料问题；第二章至第五章分类介绍了输水管道、化工管道、液压管道、热力和煤气管道泄漏的部位、原因及其防治措施；第六章专就阀门的泄漏防治问题作了综合性探讨。

全书取材较新，叙述简明扼要、通俗易懂，适合具有初中以上文化程度的技术工人和从事设备管理、维修、设计的技术人员阅读。

工 业 管 道 泄 漏 防 治

阮德昭 仇家骅 编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街基祝院北巷33号)

新华书店北京发行所发行

轻工业出版社印刷厂印刷

787×1092 1/32 印张7³/₄ 字数169千字

1988年4月第一版 1988年4月第一次印刷

印数00,001~6,600册

ISBN 7-5024-0251-9

TH·13 定价1.85元

前 言

工业管道是现代化工矿企业的命脉，担负着输送原料、成品和动力、冷却、润滑用的种种流体介质的任务，绝大多数生产流程都离不开它。目前，管道泄漏是工矿企业中最突出的问题之一，它浪费能源，污染环境，损坏设备，增多事故，甚至危及人体健康。一九八四年十二月印度博帕尔市一家农药厂因管道泄漏所引起的毒气事件，以及一九八六年一月美国“挑战者”号航天飞机因密封圈失效而造成的爆炸事件，震惊了全世界，使人们对泄漏问题益加惴惴不安，更深刻地认识到积极进行泄漏防治的重要性和必要性。

近几年来，由于人们对泄漏问题的日益关注和企业中泄漏防治工作的逐步开展，迫切需要泄漏防治方面的书刊。我们曾编写过《设备泄漏防治技术》一书，出版后又收到了不少读者来信，表示希望看到有关管道泄漏防治技术的著作。在广大读者的鼓励下，我们编写了这本书，希望能有助于解决工矿企业管道泄漏的问题。

本书从阐述管道泄漏的一般知识和密封机理入手，按管道用途分类具体介绍其泄漏部位、泄漏原因及防治方法，每章均针对不同管道的特点，有重点地探讨了泄漏防治措施。如化工管道这一章突出介绍了防腐蚀措施和带压不停车治漏技术；液压管道这一章着重讨论了压力所引起的泄漏问题以及如何防治的措施。书中尽可能采用较新的有实用价值的资料，不作繁冗的理论推导，文字尽可能通俗易懂，适合企业中从事设备管理、维修的干部、工人和技术人员阅读。由于

我们知识有限，书中难免有错误或不当之处，恳请读者指正。

编 者

一九八六年四月

目 录

第一章 概 论	(1)
第一节 工业管道.....	(1)
第二节 工业管道的泄漏.....	(5)
第三节 工业管道的密封材料.....	(17)
第二章 输水管道泄漏的防治	(34)
第一节 输水管道的种类、特点和连接方式.....	(34)
第二节 埋地输水管道泄漏的防治.....	(42)
第三节 地面输水管道泄漏的防治.....	(56)
第三章 化工管道泄漏的防治	(63)
第一节 化工管道的分类、特点和泄漏防治的主要措施.....	(63)
第二节 正确选用化工管道的材质.....	(66)
第三节 化工管道的防腐蚀.....	(77)
第四节 化工管道泄漏的不停车带压检修.....	(94)
第五节 往复式压缩机管道的防振与消振.....	(105)
第四章 液压管道泄漏的防治	(115)
第一节 液压管道的组成及其特点.....	(115)
第二节 液压管道泄漏的部位及原因.....	(125)
第三节 液压管道泄漏的防治措施.....	(127)
第四节 液压管道泄漏的防治实例.....	(151)
第五章 热力管道和煤气管道泄漏的防治	(153)
第一节 概 述.....	(153)
第二节 热力管道和煤气管道泄漏的部位及原因	

.....	(157)
第三节 热力管道和煤气管道泄漏的防治.....	(161)
第六章 阀门泄漏的防治.....	(179)
第一节 常用阀门的分类、结构 and 特点.....	(179)
第二节 阀门泄漏的部位及原因.....	(188)
第三节 正确选用阀门.....	(197)
第四节 预防阀杆密封部位的泄漏.....	(209)
第五节 提高阀门关闭件的密封性能.....	(221)
第六节 阀门泄漏的治理.....	(230)
主要参考文献.....	(239)



第一章 概 论

第一节 工业管道

工业管道在工业企业中担负着输送各种介质的任务，是生产工艺流程中的不可缺少的设备之一。工业管道由传输用的管子、连接用的管件和控制用的阀门等组成。每一个管道系统在空间形成一个网络，因此管道系统也可称之为管网。

一、工业管道的分类

1. 按网络形态分类

(1) 开环式管网 开环式管网是一种不形成封闭循环的管道系统，多数管道系统都属于这一类。这种管网从形态上又可分为叶脉状和汇流状两种。叶脉状管网是介质由干管输到支管，再由支管输到细管，最后消耗于用户，其管径由粗到细，容量由大到小，如供水管道、煤气供应管道和气动管道等。汇流状管网则与叶脉状管网相反，是介质由细管汇入支管，再由支管集到干管，管径由细到粗，容量由小到大，如排水管道、排烟和抽尘管道等。

(2) 闭环式管网 闭环式管网是一种封闭式的循环管道系统，介质在这个系统内循环，只需补充由于蒸发、泄漏等损耗的部分介质即可维持其周转。这种管网有简单循环和血管循环两种。简单循环如汽轮机的管道系统，汽、水循环作功时只需补充一部分新水即可；制冷机的氟里昂循环，几乎不需要补充新液。血管循环是叶脉状管网和汇流状管网相结合的一种形式，犹如人体血液循环系统一样。如冷却水管道系统，水由干管输送到支管，再由支管流到各冷却点，

起冷却作用后由各冷却点汇入支管，再集到干管，送往冷却器（或塔）降温。

此外，尚有日趋大型化、高压化和自动化的长输管道系统。

2. 按管道用途分类

（1）输水管网 输水管网包括供水管网、排水管网、循环冷却水管网等。

（2）化工管网 化工管网包括化肥工业管网、石油化工管网、日用化工管网等，是输送各种酸、碱、盐和卤族元素等化工原料和产品的管道系统。

（3）液压管网 液压管网包括各种液力驱动的管道系统、生产设备的压力润滑管道系统以及利用高压水作功的管道系统等。

（4）气动管网 气动管网包括各种气力驱动的管道系统，如压缩空气管道、气力输送管道系统等。

（5）热力燃气管网 热力燃气管网包括蒸汽管道、热风 and 热水管道，煤气、氧气、氢气和乙炔气等可燃气体的管道系统等。

（6）制冷管网 制冷管网包括各种制冷设备中的低温和深冷管道系统。

（7）抽吸排气管网 抽吸排气管网包括各种通风排气、吸尘、抽真空的管道系统。

（8）其它 如矿浆、尾矿、水煤等工业管道输送系统。

3. 按管道材质分类

（1）金属管道 常用的金属管道有铸铁管、焊接钢管、无缝管和有色金属管等。

(2) 非金属管道 常用的非金属管道有混凝土管、塑料管、橡胶管、石棉水泥管、陶瓷和玻璃管等。

二、工业管道的标准化

工业管道的标准化是为了简化管子和管件的品种规格，使管件具有互换性，便于设计、成批生产和安装检修。其主要内容就是统一规定管子和管件的主要结构、尺寸与参数，如规定公称直径与公称压力。

1. 公称直径

管道的公称直径是为了规格化而确定的一种标准直径，用公称通径 D_g 表示。对于无缝钢管，水煤气管等，公称直径的数值并不等于管子的内径，而是与之相近的整数，一般其外径是固定的系列数值，壁厚增加，则内径减小。对于阀门和铸铁管等，公称直径就等于其实际内径尺寸。

钢管的公称直径见表1-1。

2. 公称压力、试验压力和操作压力

管道的公称压力是为了规格化而确定的一种标准压力，用 P_g 表示。对一定材质的管子，某一公称压力可以承受的最大操作压力是随操作温度的升高而下降的，它们之间的关系见表1-2。试验压力则是对管道进行水压试验而规定的压力，用 P_s 表示。无论公称压力或试验压力，在符号 P_g 或 P_s 后面，都要附加压力数值。例如公称压力为10兆帕用 P_g100 ●来表示。因操作压力与操作温度有关，故用 P 及右下角标注介质最高操作温度除以10所得的整数来表示，例如最高操作温度300℃时的操作压力用 P_{30} 表示。

① P_g100 表示公称压力为100公斤力/厘米²，相当于10兆帕。

表 1-1

钢管的公称直径和外径

(单位: 毫米)

公称直径 D_n	无缝钢管	合金钢管	有缝钢管
	外 径, D		
6	10	10	10
8	14	14	13.5
10	17	17	17
15	22(18)	22	21.25
20	27(25)	27(25)	26.75
25	34(32)	34(32)	33.5
32*	42(38)	42(38)	42.25
40	48(45)	48	48
50	60(57)	60	60
65*	76	76	75.5
80	89	89	88.5
100	114(108)	114(102)	114
125*	140(133)**	140(127)	140
150	168(159)	159(152)	165
200	219	219	
250	273		
300	325		
350	377		
400	426		
450	480		
500	530		
600	630		
700	720		

注: 有“*”的钢管不常使用; 带“**”号的括号内为小外径钢管。

表 1-2

碳钢制品压力—温度等级

(单位: 兆帕)

公称压力 P_n	试验压力 P_t	介质操作温度 (°C)						
		至 200	250	300	350	400	425	450
		最大操作压力						
		$P_{1.0}$	$P_{1.5}$	$P_{2.0}$	$P_{2.5}$	$P_{3.0}$	$P_{4.0}$	$P_{4.5}$
0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.07	0.06	0.06	0.05
0.25	0.4	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16	0.14	0.11
0.6	0.9	0.6	0.55	0.5	0.44	0.38	0.35	0.27
1	1.5	1	0.92	0.82	0.73	0.64	0.58	0.45
1.6	2.4	1.6	1.5	1.3	1.2	1	0.9	0.7
2.5	3.8	2.5	2.3	2	1.8	1.6	1.4	1.1
4	6	4	3.7	3.3	3	2.8	2.3	1.8
6.4	9.6	6.4	5.9	5.2	4.7	4.1	3.7	2.9
10	15	10	9.2	8.2	7.3	6.4	5.8	4.5
16	24	16	14.3	13.1	11.7	10.2	9.3	7.2
20	30	20	18.4	16.4	14.6	12.8	11.6	9
25	35	25	23	20.5	18.2	16	14.5	11.2
32	43	32	29.4	26.2	23	20.5	18.5	14.5

第二节 工业管道的泄漏

一、泄漏问题的严重性

泄漏现象在工矿企业中十分普遍, 是一个严重的问题。在泄漏部位常可见到: 云雾般的蒸汽、珠玉般的液滴和棕黑色的烟气在跑、冒、滴、漏。当泄漏处于初始状态时, 经常

不为人们所重视，当发展到一定程度，则往往引起重大事故。1984年12月3日，印度博帕尔市一家农药厂，发生毒气泄漏事故，使两千余人死亡，五万人可能双目失明，二十万人健康受到严重危害，大批食物和水源被污染，生态环境被严重破坏。日本有关资料报道，1974年6月，英国纳普罗公司的己内酰胺工厂，因管道漏气发生爆炸事故，死亡28人，受伤105人，直接损失21亿日元，因停产造成的间接损失数倍于此。国内外类似事故枚不胜举。

上述因泄漏造成爆炸和中毒等事件，固然损失惊人，但点多面广，汨汨细流，不引人注目的泄漏又如何呢？据估计，每年全国由于各种油料、燃气、蒸汽、水等的泄漏，造成能源和资金的浪费，就超过上千万吨标准煤。至于泄漏造成设备性能变坏，使用寿命缩短，产品质量下降，环境严重污染等危害，其损失更是惊人。

泄漏问题的严重性，还在于防止泄漏是个艰巨的任务。其原因一方面是由于泄漏问题涉及面极广，几乎遍及一切领域，其现象也很复杂，检测（特别是定量检测）十分困难；另一方面是由于防止泄漏问题涉及的知识比较零散，至今没有系统的规律性的东西可以遵循。

二、泄漏的基本概念

1. 什么是泄漏

泄漏是一个广泛的概念。其一般含义是：“内容物由有限空间内部跑到外部，或者是其他物质由外部空间进入内部，都称为泄漏。”这里所指的内容物，可以指气体、液体、固体，也可以指电、射线和情报等。但本书讲的内容物，只是指液体和气体，或称流体，有限空间指的是罐、管道和箱盒等设备。因此，所谓泄漏，本书具体地指：“正在使用的

设备，凡是要求密封的部位，流体通过密封装置产生传递的现象。”从理论上说，流体介质泄漏量不为零的都应认为是泄漏，但在实际生产中，不能如此苛求。通常在设计时，就根据生产工艺要求、设备结构特点和密封技术水平，允许设备某些部位有一定的泄漏量。只有实际泄漏量超过了规定值，才算是泄漏。

2. 允许泄漏量

为什么要规定允许泄漏量呢？一般是由于某些设备在动密封部位，需要利用少量的泄漏液来进行润滑，或利用其形成的液膜来阻止泄漏（称为液膜阻漏）；或者为了经济合理起见，在不影响设备效能的条件下，尽量采用比较简单的密封方法以减少装备费用。同时，还应指出，绝对不泄漏是做不到的，即使在尖端科学领域中，也不存在绝对的零泄漏，而只是规定不得超过某一数量级的允许泄漏量。如美国核工业界规定，在50~500毫米直径的管道接头上，以0.01克/日的泄漏量为允许泄漏量。在工矿企业中，规定设备允许泄漏量的例子见表1-3和表1-4。

3. 泄漏的分类

(1) 按介质的流向分类 按介质的流向可将泄漏分为

表 1-3 泵轴填料密封的允许泄漏量 (厘米³/分)

运行状态	轴 径 (毫米)			
	25	40	50	60
起动30分钟内	24	30	48	60
正常运行	8	10	16	20

注：转速2900转/分，介质压力0.1~0.5兆帕。

表 1-4

给水管道严密性试验标准

管 径 (毫米)	每公里管道在试验压力下的允许泄漏量 (升/分)		
	钢 管	铸 铁 管	混凝土管、石 棉水泥管
100	0.28	0.70	1.40
125	0.35	0.90	1.56
150	0.42	1.05	1.72
200	0.56	1.40	1.98
250	0.70	1.55	2.22
300	0.85	1.70	2.42
350	0.90	1.80	2.62
400	1.00	1.95	2.80
450	1.05	2.10	2.96
500	1.10	2.20	3.14
600	1.20	2.40	3.44
700	1.30	2.55	3.70
800	1.35	2.70	3.96
900	1.45	2.90	4.20
1000	1.50	3.00	4.42
1100	1.55	3.10	4.60
1200	1.65	3.30	4.70
1300	1.70	—	4.90
1400	1.75	—	5.00
其余管径	$q=0.05\sqrt{D}$	$q=0.1\sqrt{D}$	$q=0.14D$

注：表中 D 为管子的内径（毫米）， q 为每公里管道的泄漏量（升/分），
试验压力见有关标准。

外泄漏和内泄漏。外泄漏是指介质从设备内部往外部泄漏，这是管道常见的泄漏现象。内泄漏是指设备内部，因存在压力差、浓度差所产生的泄漏；也指其他流动介质从设备外部

向内侵入的现象，如真空管道的泄漏。

(2) 按密封部位和结构状况分类 按密封部位和结构状况可将泄漏分为动泄漏和静泄漏。动泄漏是指有相对运动的两个零件在互相配合处所产生的泄漏，如往复运动的活塞与缸壁之间、旋转运动的轴与填料之间的泄漏；静泄漏是指无相对运动的两个零件结合处的泄漏，如法兰、螺纹、止口或刃口结合面之间的泄漏。

这两类泄漏在管道系统中都是常见的、大量的。一般在管道系统中，静结合面要占全部的90%以上，动结合面只存在于阀杆密封等处；但由于动泄漏较难防治，因此产生动、静泄漏的点数几乎相等。动、静泄漏的防治各具特点，目前主要按这种分类来研究防治措施。

(3) 按泄漏机理分类 按泄漏机理可将泄漏分为界面泄漏和渗透泄漏。

1) 界面泄漏：在法兰与密封垫表面之间、填料与轴（如阀杆、旋转轴）或填料盒表面之间，介质从两结合面的间隙中泄漏出来，这种泄漏称为界面泄漏。如图 1-1 是法兰

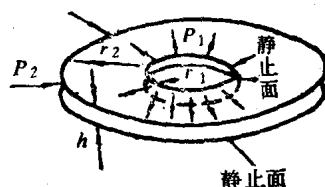


图 1-1 泄漏状态

面与垫片之间发生泄漏的示意图。通常发生在界面的泄漏量要占总泄漏量的80~90%，甚至更多些。

2) 渗透泄漏：制造密封垫片或填料的原料有植物纤维（棉、麻、丝等）、动物纤维（羊毛等）、矿物纤维（石棉、石墨纤维、玻璃纤维等）和化学纤维（尼龙、聚四氟乙烯及其他各种塑料纤维），还有皮革、膨胀石墨、非纤维状的塑料制品等，这些材料的致密性差异很大，除少数成型制品外，

大多数材料（特别是纤维状的）致密性较差，纤维与纤维之间也有无数微细缝隙，很容易被介质浸润和渗透。在有压力差的地方，从高压到低压的方向形成无数条介质泄漏的渠道，甚至在无压力差的地方，由于存在浓度差和毛细管的作用，介质也会被纤维或皮革细孔吸入而渗析过来，这种泄漏称为渗透泄漏。

4. 泄漏的等级

比较科学地说，泄漏的程度应该按泄漏量来划分等级。由于泄漏是存在压力差或浓度差所引起的，因此，其泄漏量应该是压力差或浓度差的函数，可用下列函数式表示：

$$Q=f(\Delta) \quad (1-1)$$

式中： Q ——泄漏量；

Δ ——压力差或浓度差。

如果 Δ 为压力差时，则式（1-1）变为：

$$Q=C(P_1-P_2) \quad (1-2)$$

式中： C ——比例常数；

P_1 ——高压力；

P_2 ——低压力。

比例常数 C 是随压力差（ P_1-P_2 ）的改变而变化的，数值大小很难确定，需要做大量的实验才能定出来，目前尚未见到这方面的研究资料和对泄漏等级的科学划分。在平时设备检查考核中，大体是按如下的规定来划分泄漏等级的。

液态介质泄漏分为五级：

1) 无泄漏：以不见介质渗漏为准。

2) 渗漏：是一种轻微的泄漏。设备密封部位可明显地见到介质渗漏痕迹，将介质渗漏痕迹擦去后，五分钟内再出现痕迹者就算渗漏。

