

史 法 训 编

化 工 管 路

5.8

化 学 工 业 出 版 社

化 工 管 路

史法训 编

化学工业出版社

本书从一般基础知识入手，对化工管路的结构、设置、施工（测绘、材料准备，管件预制、安装、试验）、管路及阀门的维护修理、管路振动及消除等方面都作了详细的介绍。语言通俗易懂，图文并茂，并有一定数量的例题和图表，可供管工和一般检修工技术学习和工作中查用，并可供有关技术人员参考。

化 工 管 路

史法训 编

*

化学工业出版社出版

（北京和平里七区十六号楼）

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本787×1092^{1/32}；印张6字数132千字印数1—~~100000~~¹¹⁴

1983年4月北京第1版1983年4月北京第1次印刷

统一书号15063·3483定价 0.65元

绪 论

在化工厂里，我们可以发现几乎所有的机器设备之间，都是用管路（即管子和各种管件、阀门等的总称）把它们相互连通着。这好像我们人体内的血管把各个器官相互连通着一样。管路同一切机器设备一样，是化工生产中不可分割的一个组成部分。要确保安全、持续、稳定的生产，除要妥善维修好各种机器设备外，必须同时重视化工管路的维修工作。否则，同样会因管路的故障和损坏而直接影响生产。另外，合理的设计、安装、检修和改进化工管路，也是化工生产中不可忽视的一环。

化工管路在生产中的作用，主要是用来输送各种流体介质（如气体、液体等）。使其在生产中按工艺要求流动，以完成各个化工过程；在某些情况下，管路本身能同化工设备一样完成某些化工过程（如吸收、冷却等），即所谓“管道化”。它就是以管路代替设备完成一种化工生产的流程。

在化工生产中，由于流体介质的种类繁多，又因输送的介质状态、性质、温度、压力等的差异，所以管路的种类繁多，工厂里常见的管路有：

- 1) 按输送介质的状态分：气体管路；液体管路等。
- 2) 按输送介质的性质分：酸、碱、盐等腐蚀性介质管路，以及水、汽、油等介质管路。
- 3) 按输送介质的压力分：超高压管路，大于850公斤/厘米²（表压）；

高压管路,100~850公斤/厘米²
(表压);

中压管路,16~100公斤/厘米²
(表压);

低压管路,0.7~16公斤/厘米²
(表压);

常压管路,小于0.7公斤/厘米²
(表压);

真空管路(即负压,小于大气压力)。

4) 按输送介质的温度分: 热力管路(如蒸汽及化学反应的载热介质的管路等);

冷冻及深冷管路等。

5) 按管路的材质分: 有钢、铸铁、合金钢(不锈钢及各种高低合金材料)、有色金属及非金属(如塑料、橡胶、陶瓷、水泥等等)。

各种不同类型的化工管路,在设计,安装施工、生产和维护检修中,都有它们各自不同的特点。但我们只要掌握它们的特点,合理的使用和维修,是能确保生产安全的。

随着化学工业的迅速发展,从事化工管路维修工作的新生力量正在增加,为适应技术学习需要,本书着重介绍一般大中型氮肥厂内的化工管路。包括基础知识,管路选择、施工、管件制作、管路安装质量检查以及维护检修等方面知识。

目 录

第一章 化工管路的基本知识.....	1
第一节 流体及流体在管路中的流动特性.....	1
第二节 化工管路材料的基本知识.....	7
第三节 化工管路识图基本知识.....	12
第二章 管路的构造和选择.....	20
第一节 公称直径和公称压力.....	20
第二节 管子的选定.....	25
第三节 管件与阀门.....	31
第四节 管路的连接.....	48
第五节 管路的支架和补偿.....	58
第六节 管路的防腐、保温及标志.....	63
第七节 管路布置的基本原则.....	69
第三章 化工管路的施工.....	71
第一节 一般化工管路的施工步骤.....	71
第二节 现场的测绘.....	72
第三节 管子的检查和切割.....	77
第四节 弯管及下料计算.....	79
第五节 用管子焊制管件的展开放样.....	93
第六节 管路的安装.....	106
第七节 管路的竣工验收.....	112
第四章 常见的几种化工管路施工特点.....	116
第一节 蒸汽管路.....	116
第二节 上下水管和承插接口.....	117
第三节 真空管路.....	122
第四节 铸铁及脆性材料法兰连接管路.....	123
第五节 输送介质有特殊要求的管路.....	124

第五章 化工高压管路	129
第一节 材料准备	129
第二节 弯管及预制	131
第三节 管端的加工	133
第四节 安装与验收	134
第六章 常见有色金属及非金属管路	139
第一节 有色金属管路	139
第二节 非金属管路	142
第七章 化工管路的维护检修	146
第一节 管路的日常维修	146
第二节 管路维修中的安全注意事项	150
第三节 阀门的修理	152
第八章 管路的振动及防止	158
第一节 管路振动的产生	158
第二节 振动的防止和消除	160
附录 I 阀门型号编制方法 (JB308 75)	163
附录 II 弯曲角对应的直边长对照表	170
附录 III 弯曲圆弧长对照表	178

第一章 化工管路的基本知识

第一节 流体及流体在管路中的流动特性

一、流体力学的基本概念

流体 物质的存在状态，大致可以分气态，液态和固态三种状态。所谓“流体”一般是指以气态和液态存在的物质。通俗的讲，就是凡能流动的物体我们称它为“流体”。如果将固体的颗粒或粉末与气体或液体混合，在一定的条件下也可以成为可以流动的流体。而气态和液态（或叫气体和液体）的物质，它们在特性上又有区别。一般液体是不可压缩的（但不是绝对不可压缩的），而气体往往是可以压缩的，即随着压力的增加其体积减小。常见的水、油等是液体。空气，煤气、蒸汽等是气体。还有一些物质，在不同的物理条件下它具有不同的形态，像水在常温常压的条件下是液体，但当水温度升高或在负压的条件下，可以变成气体（蒸汽）。而当水温度下降时它又可以变成固态的冰。又如常见的氨，一般呈气态，但在一定的压力和温度条件下，它也可以是液体。这种特性在化工物料中是较常见的。

压力 流体受外力作用，使内部存在一种压缩力。压缩力的大小用压力强度来表示，即用单位面积上的压缩力大小来表示。其单位是：公斤/厘米²或用大气压和液柱高度（毫米汞柱、米水柱）来表示。

$$1 \text{ 物理大气压} = 760 \text{ 毫米汞柱} = 10.33 \text{ 米水柱} \\ = 1.033 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10330 \text{ 公斤/米}^2$$

在工程上为了计算方便常采用

$$1 \text{ 工程大气压} = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 \\ \text{或} 1 \text{ 工程大气压} = 10 \text{ 米水柱表示}$$

即：

$$1 \text{ 工程大气压} = 735.6 \text{ 毫米汞柱} = 10 \text{ 米水柱} \\ = 1 \text{ 公斤/厘米}^2 = 10000 \text{ 公斤/米}^2。$$

我们通常讲的几个大气压（或说几公斤/厘米²压力）都是指大于大气压的压力强度数值，这叫做“表压”，而低于大气压的压力，用“真空度”来表示。例如，我们说2个表压，即2公斤/厘米²（表压），则实际压强为3个绝对大气压，即3公斤/厘米²（绝压）。又如，我们说真空度500毫米汞柱，则实际压强为：735.6 - 500 = 235.6毫米汞柱。

压强对流体的特性影响很大，特别对气体，随着压力的升高气体的体积缩小，分子间的密度增加，气体的重度增大。在化工生产中利用增加压力来强化化工反应，缩小设备，管道尺寸，从而提高生产效率，节约材料。压强对液体来讲，则随着压力的升高其体积变化很小，但压力的提高增加了液体的内能，以克服系统阻力，满足工艺条件需要。

流体的压力，除满足化工工艺过程要求的必要条件外，还要用来克服流体在管路中输送中的阻力损失。压力是化工生产、设备、管路的一个重要技术数据。常用P表示。

重度和密度 每单位体积的流体重量称为重度，用 γ 表示。如水的重度 $\gamma = 1000 \text{ 公斤/米}^3$ 。

每单位体积的流体质量称为密度，用 ρ 表示。重度和密度的关系是： $\gamma = g \cdot \rho$

式中 g — 重力加速度。

比重和比容 某流体的重度与纯水在温度 4°C 时的重度相比的比值称为该流体的比重。比重没有单位。它的数值等于该流体重度的 $1/1000$ 。例如，水的比重为 1，则其重度为 1000 公斤/米^3 。

单位质量（或重量）的流体所占的体积称为比容。比容是重度的倒数。用 v 表示，即 $v = \frac{1}{\gamma}$ 。

粘度 我们日常看到水和机油二种液体，机油比较粘稠，流动起来也比较缓慢；而水比机油要稀薄，流动起来也较快，根据这些概念，我们说机油比水的粘度大。在工程上用来区别流体流动性质的一个概念叫做“粘度”（或叫动力粘度）。粘度是表示流体层间发生相对运动时所显示的内部摩擦阻力的大小。这内部摩擦阻力越大，则其粘度越大。上述例子就说明机油的内部摩擦阻力比水大，所以机油的粘度比水大。粘度用 μ 表示。单位是泊。1 泊 = 1 达因秒/厘米²。

工程单位制中粘度单位用公斤·秒/米²，而且泊的单位太大，用厘泊表示。

$$1 \text{ 公斤} \cdot \text{秒} / \text{米}^2 = 9810 \text{ 厘泊}$$

摄氏 20°C 的水粘度为 1 厘泊。

在相同温度下，流体的粘度（动力粘度）与密度之比叫“运动粘度”。用 ν 表示。 ν_{50} 表示 50°C 时的运动粘度。它的单位是沱

$$1 \text{ 沱} = 100 \text{ 厘沱}$$

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$

式中 ν ——流体的运动粘度，沱；

μ ——流体的粘度（动力粘度），泊；

ρ ——与粘度相同温度下的密度。

温度 温度对流体性质有直接影响。例如一般液体的粘度随温度的升高而减少，而气体的粘度则随温度的升高而增加。随着温度的变化流体的其它物理和化学性质也将发生不同程度的变化。

常用的温度单位是摄氏($^{\circ}\text{C}$)。另外还有华氏($^{\circ}\text{F}$)和绝对温度($^{\circ}\text{K}$)。它们之间的换算关系：

$$t_{\text{F}} = \frac{9}{5} t_{\text{C}} + 32 = 1.8 t_{\text{C}} + 32$$

$$t_{\text{C}} = \frac{5}{9} (t_{\text{F}} - 32) = 0.5556 (t_{\text{F}} - 32)$$

$$273^{\circ}\text{K} = 0^{\circ}\text{C}$$

对于气体，它的温度、压力和比容的变化有一定的关系。即压力和比容的乘积与气体的温度之比为一个常数：

$$R = \frac{P\nu}{T}$$

式中 R ——气体常数， $R = \frac{848}{M}$ ；

M ——气体分子量；

P ——气体压力；

ν ——气体比容；

T ——气体的绝对温度， $^{\circ}\text{K}$ 。

二、流体在管路中的流动特性

流速 流体在管路内朝一定的方向流动时，流速是用来表示流动快慢的一个参数，系流体质点单位时间内所流经的

距离。通常用 v 表示，单位用：米 秒⁻¹ 表示

某一种流体在一定的推动力下，在管路中的流动速度有一定的限制范围，如果超过一定的范围，则将使管路的阻力大大增加，或使流体在管路中的流量减少。

流量 即表示流体在管路截面上，单位时间里通过的流体总量，用 Q 表示：

$$Q = F v \cdot \gamma = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot v \cdot \gamma$$

式中 Q ——流量，公斤/秒或米³·秒；

v ——流速；

F ——管路截面积， $F = \frac{\pi}{4} d^2$ ；

d ——管路内径；

γ ——流体的比重。

流体在管路内流动状况我们知道，流体流过一段管路以后流体的压力会降低，这就说明流体在管路内流动时有阻力。阻力来自几个方面；首先是克服流体流动时本身的摩擦阻力（即与流体的粘度有关）；另外一方面是要克服流体与管路内壁的阻力，以及各种管件、阀门对流体流动的阻挡力。

现在我们来考察流体在管路内流动时的状况。当流体（特别是液体）在圆形截面的管路内流动时，由于管壁表面的阻力远比流体本身的阻力大。当流体的流动速度较低（或流体粘度较大时），管内流体的流速，各点是不相同的，呈抛物线状（图1a）。即靠近管壁处的流速为零，而靠管路中心处的速度为最大，这种流动的状况叫“层流型态”，这时的流体呈许多互相不相混的平行细流向前流动，但各层细流的速度不相同。这种流动型态在实际化工管路中是比较少见的，在一些

没有较大推动力的自流管路中可能出现。

但当流体的流速超过某一数值时，流体在管内的流动就不可能呈层流型态。流体的质点除向前运动外，并在不同的方向混乱交错运动，形成了不规则的流动型态，从而使整个管子截面上的流速拉平(图1b)，这种流动状况叫“湍流型态”。但湍流时靠近管内壁处的一层流体的流速仍然是很低的。这层低速层的厚度，随流速的增大而减薄。这个性质对化工生产中的传热有很大的意义；湍流比层流时的传热效果要好些。管路中流体的流动状态，是要经过详细计算的。

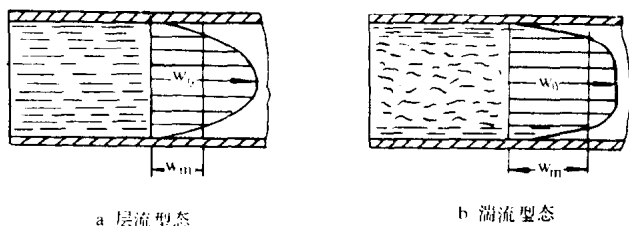


图 1 流体在管内的流动型态
 w_0 = 最大流速 w_m = 平均流速

从流体在管内流动形状的分析看出，不管流体呈层流或湍流流动，流体与管壁之间都存在着较大的阻力。这阻力要消耗流体的推动力，即要消耗流体的压力。这一部分压力消耗通常称作管路阻力损失，用流体流过一段管路后的压力降数值来表示。

管路的阻力损失要经详细计算，或用实验方法求得。一般它与下列因素有关：

- 1) 对直管道，阻力与管道的长度有关；管道越长阻力越大；同时阻力与管道的内径大小有关，管径小阻力大。
- 2) 阻力损失与管路内流体的流速大小有关，流速越大

阻力就越大。同时与流体的流动状态有关：在湍流状态下与管内壁的粗糙度有关。内壁越光滑阻力越小。

3) 对于管路改变流动方向；变化速度（变化管径）以及分支或汇集时，流体都将产生阻力损失。像管路中的大小头、弯头、三通、孔板以及启闭、调节装置（各种阀门）都要产生局部阻力损失。具体的阻力大小均可通过计算求得。

对于一个已经设计好的管路，它的管路总损失可以确定。这样就可以确定流体流过这条管路时所需的压力，以保证克服管路损失后的工艺需要的压力。

流体的压力是依靠外力来获得的。对于液体大多是用各种泵来达到；如离心泵、柱塞泵、齿轮泵等等。气体的压力则用压缩机，如活塞式压缩机、离心式压缩机、螺杆式压缩机等等。对于蒸汽则利用锅炉来达到。

第二节 化工管路材料的基本知识

化工管路常用材料可分金属材料和非金属材料两大类。其中金属材料占绝大部分。但由于化工生产中介质具有强腐蚀性；同时又有各种不同的特殊的工艺条件的要求；随着化学工业本身的发展，各种新型的耐腐蚀材料不断出现，非金属材料的品种——特别是有机聚合材料（如塑料、尼龙等等）越来越多地代替金属材料。

材料的性能，除一些物理常数；如比重、膨胀系数、导热系数、摩擦系数等数据外，通常用材料的机械性能和化学成分两类数据来作为材料的性能指标。在一般的情况下，材料的化学成分决定某一材料的基本特性；而机械性能数据是用来表明某种材料对承受外力作用的能力，以及对加工制造和使用的机械特性。所以合理的选用材料就要从这两方面来考虑。

一般常以化学成分来满足介质在工艺条件下的耐腐蚀性能；而以机械性能来保证管路及各附件的强度和结构的合理性。

材料的机械性能的主要指标有：拉伸强度(σ_b)；屈服极限(σ_s)，单位是公斤/厘米²；相对伸长率(δ_5)%；断面收缩系数(ψ)%；冲击韧性(α_k)，单位是公斤·米/厘米²；以及弯曲（压扁）指标；硬度等各项试验数据。对于各种牌号材料的机械性能，均有国家标准规定的数值。

化学成分即表示材料的组成成分，以百分率表示。金属材料的主要成分规定是含碳量和其它合金成分和有害杂质的含量。如一般碳钢的主要成分是碳(C)；硅(Si)；磷(P)；硫(S)；锰(Mn)。合金钢和其它材料，除上述成分外再增加合金元素的含量，如镍(Ni)；铬(Cr)；钛(Ti)；钨(W)；钼(Mo)；铌(Nb)；钒(V)等等。各种化学成分的含量不同也直接影响材料的机械性能。

一、金属材料

常用的金属材料可分两大类，即黑色金属和有色金属。所谓黑色金属就是我们日常用得最广泛的钢和铁以及它们的合金。它的主要化学成分是由铁(Fe)和碳的化合物组成，其它还有少量的铁、碳与其它有色金属、非金属的化合物组成。除黑色金属以外的其它金属材料通称为有色金属。常见的有色金属有铜(Cu)、铝(Al)、铅(Pb)、锡(Sn)、锌(Zn)、镍(Ni)、铬(Cr)、钨(W)、钛(Ti)等等，以及它们的合金。

黑色金属 在化工管路中最常见的是普通钢（铸钢和各种牌号的钢材），铸铁（生铁），合金钢及不锈钢等。它们的主要成分是铁和碳的合金。铸铁和钢的主要区别在于含碳量的多少。一般含碳量在1.7%以上的称它为铸铁。铸铁又以碳的存在形式不同分普通铸铁（灰铸铁），球墨铸铁，可锻铸铁以

及含有其它成分的特殊铸铁,如硅铸铁(矽铁), 铝铸铁等等。我国铸铁的牌号用汉语拼音字母表示; 如普通铸铁HT15 33即表示“HT”为灰铸铁; “15”为铸铁的抗拉强度平均值; “33”为铸铁抗弯强度平均值。又如: QT45 5, 表示球墨铸铁的牌号; “QT”是球墨铸铁的汉语拼音头一字母; “45”为抗弯强度; “5”为延伸率。可锻铸铁以KT50 4表示, 后面二组数字分别为铸铁的抗弯强度和延伸率数值。各种牌号的铸铁化学成分和机械性能, 均可在国家标准中查到具体的数值。

含碳量低于1.7%的铁碳合金通称为钢。而根据其中含碳量的多少又可分为高碳钢(含碳量为0.6~1.7%); 中碳钢(含碳量为0.25~0.6%); 低碳钢(含碳量低于0.25%)。钢中含碳量的多少与钢的机械性能有直接的关系。钢的强度随含碳量的升高而增大, 钢的塑性则随含碳量的增加而降低。另外钢又可按其性能的优劣和组成的纯净程度分为: 普通钢、优质钢、高优质钢等。当钢中的其它合金成分超过1%以上时, 我们就称它为某一合金成分的合金钢。例如铬钢、钼钢、镍铬钢等等。钢的分类还有其它许多不同的方法。

钢的牌号很多。普通钢常用A和B表示, 每类分0~7级; A型钢是保证机械性能指标出厂的普通钢; 如A0、A3、A5等等, 为一般常用。B型钢是保证其化学成分指标出厂的普通钢; 如B3, B5等等。优质钢的牌号用含碳量表示, 如08号钢, 10、20号钢、35号钢等等, 分别表示它们的含碳量为0.08%、0.1%、0.2%、0.35%左右的优质钢。在化工管路中用来制成无缝钢管、法兰, 阀体和管件等零部件。合金钢的牌号则以合金成分和含碳量多少表示; 如15铬钼钢, 可写作15CrMo, 它的主要组成是含碳量为0.15%, 含铬1%左右, 含钼为0.5%左右的合金钢。合金钢的种类很多, 选用中

要具体按化工管路和介质特殊要求确定。例如高压管道，抗氢、氮管路以及高温高压管路等，均要采用特殊的合金材料来满足。此外，还有低合金钢，这在我国已有独特的成就，也已广泛地被应用到化工管路上。如16Mn，14MnV等等。不锈钢主要是耐酸钢，如铬钢、铬镍钢。铬钼钢等，常见的如1Cr18Ni9Ti，2Cr13，3Cr17Mo等。此外还有特殊用途的不锈钢，像尿素专用的A4钢（Cr17Mn13Mo2N），用于抗氢、氮、氨的草106钢（10MoWVNb）等等，它们都有特殊的机械性能和抗腐蚀性能。随着化工生产的发展，将有更多的特种钢材应用到化工管路中来。

有色金属 在化工管路中常用的有色金属有铜、铝、铅、钛等及其它们的合金。这些有色金属都有成型的管材。常见的铜有黄铜、青铜、紫铜等各种规格。铜管在氧气、制冷装置用作热交换器，在食品工业广泛用于各种机器油路系统中。用黄铜、青铜制作各种阀门及管件也很普遍。铝管的机械强度较低，但它表面的氧化层能耐浓硝酸、醋酸等的腐蚀，但它不耐碱。可以用于含二氧化碳管道，如尿素尾气及碳化氨水等介质中。铝与其它金属组成的铝合金具有较高的机械强度，如铝镁合金等，在工业上有广泛的应用。铅管用于15~65%浓度的硫酸及二氧化硫，60%的氢氟酸，浓度小于80%的醋酸等介质的管路中。铅的熔点较低，其最高使用温度为200℃，但在使用温度高于140℃时即不宜在压力下使用。铅常分硬铅和软铅二类。所谓硬铅就是铅和锑的合金（其含铅为92.7~99.05%，含锑为0.3~7%），它的强度和硬度均比纯铅高，可以用来制作铅的阀门和管件。所谓软铅就是指纯的铅材料，其含铅量大于99.5%，软铅强度较低，制成管道时要用钢材制成的骨架来支承，或在钢管内进行衬里。