

化工机械检修工人中级技术培训教材

化 工 管 工 工 艺 学

颜维琪 主编

成都科技大学出版社

1988 年成都

前 言

对广大工人进行比较系统的技术理论培训，是一项战略任务。开展这项工作，教材是个关键。为了统一培训目标及教学内容，逐步建立起比较正规的工人技术教育制度，我们在全中国化工技术培训教材编委会的领导下，根据化工部颁发的《化工检修工人中级技术等级标准》和《化工机械检修工人中级技术理论培训教学大纲》，组织编写了化工机械检修九个工种〔检修（综合）钳工、机泵检修钳工、橡胶设备检修钳工、管工、铆工、电焊工、气焊工、起重工、无损探伤工〕用的五门技术基础课教材：《工程制图》、《机械基础》、《金属工艺基础》、《化工生产过程及机器设备》、《橡胶制品机械》和七门专业课教材：《化工检修钳工工艺学》、《化工管工工艺学》、《化工铆工工艺学》、《化工焊工工艺学》、《化工起重工艺学》、《化工无损探伤工艺学》、《橡胶设备检修钳工工艺学》。

这套教材主要用于化工机械中级检修工人培训，也适用于技工学校、职业学校的有关专业，还可作为中专、大专院校有关专业实践性教学的参考书。考虑到在职培训的特点，同时也为了便于教学，这套教材在内容上贯彻“少而精”的原则，力求做到结构合理、份量恰当、联系实际、学用结合、由浅入深、循序渐近，在将基本概念、基本理论、基本技能阐述清楚的前提下，注意到知识的科学性、系统性和适合读者自学的需要。各门教材之间既注意相关的联系衔接，又使有一定的独立性和灵活性，使用单位既可利用整套教材对工人进行系统培训，又可选用其中的一种或几种进行短期的、专门的单项技术训练。

在编写过程中，吸取了不少职工教育工作者的意见。很多省市化工厅（局）、企业、学校和研究单位提供了大力支持和许多方便。书稿完成后，又在全国范围内组织了在工厂、学校、研究设计单位的许多同志进行审阅。对于参与编写工作和审稿工作的同志，我们致以诚挚的谢意。

编写化工机械检修工人技术理论培训的统一教材，建国以来还是第一次，由于时间仓促和编写经验不足，书中难免存在缺点和错误，我们恳切地希望使用单位和广大读者批评指正，以便进一步修改完善。

化工部技术培训教材编委会

西南、西北地区组

1987年8月

编 者 的 话

在化工厂里，管路是化工装置中一个主要组成部分。几乎所有的机器和设备之间都用管路连接，化工管路合理和优化的设计、安装、检修和改进是化工生产中不可忽略的环节。

《化工管工工艺学》是化工管工中级维修及安装工人必修的专业课。它的基本任务是使化工管工中级工在具有初中文化程度和初级管工专业知识的基础上，进一步提高对化工管路的识图能力；合理地维护化工管路并提高对管路选择、管件制作、管路安装质量检查等方面的知识。

本书对理论和计算公式不做过多的阐述和推导。各章的内容叙述也力求通俗易懂，力求结合化工生产实际。为了便于工人学习，附有一定量的插图、例题、附表和练习题。本书编写时，尽量考虑了知识的完整性和系统性。为了适应化学工业日新月异的发展，还介绍了国外引进装置中某些新技术、新材料。

选用本书时，可根据企业的实际情况作适当调整和补充内容。

本书由泸州天然气化工厂颜维琪（主编，并编写第五章、第六章、第七章），蒋万富（第一章、第八章、第九章）沈治能（第二章）毛国桢（第三章、第四章、第十章）共同编写，最后由泸州化工学校张应玲审稿。

限于编者的经验及水平，不足之处在所难免，热诚欢迎读者批评指正。

编者 1988.3

目 录

第一章 基本知识

第一节 化工管路的特点.....	(1)
第二节 管工识图.....	(5)

第二章 管子的弯曲

第一节 弯管简介.....	(23)
第二节 冷弯.....	(26)
第三节 热弯.....	(28)
第四节 折皱弯头.....	(34)

第三章 焊制管件的制作

第一节 管子的展开.....	(37)
第二节 焊制弯头的展开.....	(40)
第三节 三通管的展开.....	(43)
第四节 其它管件的展开.....	(49)

第四章 管子的胀接

第一节 胀接的一般原理.....	(57)
第二节 胀接方法.....	(59)
第三节 现场换热器的修理.....	(64)

第五章 化工常用管路的施工

第一节 一般化工管路的施工步骤.....	(67)
第二节 管路的测绘.....	(68)
第三节 碳素钢管路的施工.....	(70)
第四节 几种常用管路施工特点.....	(77)

第六章 化工高压管路及特殊材料管路的施工

第一节	化工高压管路	(82)
第二节	高压管路几种密封型式	(85)
第三节	低合金钢管路	(91)
第四节	不锈钢管路	(94)
第五节	尿素用钢管	(96)
第六节	特殊耐热合金钢管	(98)

第七章 常见有色金属及非金属管路的施工

第一节	铝管路	(101)
第二节	铜管路	(104)
第三节	铅管路	(107)
第四节	非金属管路	(109)
第五节	衬里管路	(115)

第八章 管架

第一节	管路支承间距的计算	(118)
第二节	管架受力计算	(128)
第三节	管架的安装	(134)

第九章 管路的强度及热补偿

第一节	管壁厚度计算	(139)
第二节	管路的热膨胀及补偿	(142)

第十章 管路的其它要求

第一节	管路的检测	(153)
第二节	管路的试压	(155)
第三节	管路的酸洗	(161)
第四节	管路的脱脂	(162)
第五节	管路的吹洗	(164)

第一章 基本知识

第一节 化工管路的特点

一、化工生产过程简述

化学工业是一门较年轻的工业。它涉及的范围很大，服务的范围很广，和其它工业、农业、科学技术、国防等各个部门以及人民生活都有密切的关系。因此，化学工业的发展一直很快。

化学工业除了包括人们熟知的基本化工（无机化工及基本有机合成）之外，还包括了石油炼制及深度加工、煤炭化学以及塑料、医药、橡胶、染料、感光材料、磁记录材料等工业部门。

化学工业大量使用的原料有气体（如煤气、天然气、油田气）、液体（如石油、煤焦油）和固体（各种矿石、煤、食盐）。在这些物料的处理过程中，除了发生化学反应过程之外，还进行着大量的物理过程和机械过程。要维持这些过程的连续进行，必须将物料输送和转移，在化学工业中，流体（包括流态化的固体）的输送和转移都是按流体动力学的原理进行的，故在化学工业过程中还包含了大量的流体动力过程。在化学反应过程中也常伴随着大量的热过程（即热量交换的过程）和热力过程。这些过程有时单独进行；但在大多数的情况下，均是两种或两种以上的过程同时进行。因此，化学工业的生产过程是一种很复杂的生产过程。其特点为：

（1）产品多种多样，数量大，服务面广，与人民生活息息相关。产品的种类以万计，数量多的达数千万吨，少的只有几千克甚至是几克；产品的质量要求也相差很大。

（2）化工生产过程是连续的、自动化的过程，化工生产的连续化自动化，不仅是为了提高劳动生产率，而且是因为有的化工生产过程本身就是连续进行的，如果不连续进行，则化学反应停止而使生产过程中断。

（3）特殊的生产条件：化学反应的正常进行有的要求极为特殊的外界条件，如极高的压力和温度；极低的压力和温度以及催化剂的存在等。同时有的化学物质具有强烈的腐蚀性、毒性、爆炸危险等。这些特殊的性质对化学工业中的设备和管路提出了很高的要求。

（4）系列化的产品：化学工业利用相同的原料可以生产出多种产品，这些产品既可为人们生活服务，也可作为其它工业的原料进行多级加工，变成为适应人们生活需要的多种多样的生活必需品。同时，化学工业中的各种副产品得到充分的利用使化学工业成为无废弃物的工业。

二、流量、流速、阻力

常见物质的形态，可以分为固体、液体和气体。液体和气体统称为流体，流体是具有流动性，没有一定形状，很容易从一处输送到另一处的物体。工业上流体的输送是利用管路来进行的。

管路在单位时间内流过的流体介质的数量，称为流量。流量的单位常用升/秒、米³/小时或千克/秒、吨/小时来表示。当介质的数量用质量表示时称为质量流量；当介质的数量用体积单位表示时称为体积流量。化工管路工程中两种表示方法均可使用。

一定量的流体从一条由不同直径的管子组成的管路中流过时，假定没有损失也没有另外加入流体，则在这一条管路中任何一个截面上所流过的流体的数量是相等的，只是在直径较大的管段流速较低，直径较小的管段流速较高而已，因此，流量可以用以下公式来表示：

$$Q = V \cdot F \quad (1-1)$$

式中：

Q——流量；V——流速；F——管子的截面积。

在计算时，要注意计量单位的一致。在管路工程中，流量的计量单位常用米³/秒，此时流速的计量应是米/秒；面积的计量单位应是米²。当给出的计量单位不一致时，应进行适当的换算，以免发生错误。

从以上公式可知，当管子截面积不变时，流速提高几倍，则流量也增加几倍；当流速不变时，管子截面积增加几倍，则流量也增加几倍。

工业管路中，流量往往是不变或变化较小的。在这种情况下，应尽量提高流速，减小管路直径，以降低工程的造价。但提高流速，会使流体在管路中流动的阻力损失增大，造成运行中的动力消耗增加。因此，介质在管路中流速的确定，必须在作好技术经济比较后，再选择最合理、最经济的流速。

介质在管路中的流速决定于管子的直径和长度，同时在很大程度上决定于介质的性质。一般粘度大的介质的流速，应比粘度较小的介质的流速要低些；液体的流速则应比气体的流速要低；对于具有爆炸危险的介质，则应从安全的角度出发只能采用较低的流速。表 1-1 给出了常见流体的流速范围供参考。

介质在管路内流动时便与管壁发生摩擦，管壁对流体的流动造成了阻力，此外，管路内的介质自身相互间也发生摩擦。流速越高，上述摩擦作用越剧烈，阻力也就越大；相反，流速越低，摩擦作用越小，阻力也就越小。当介质静止不动时，自然就没有阻力。可见管路内阻力的大小与流速有着极为密切的关系。

管路的阻力H由沿程阻力H₁的局部阻力H₂两部份构成，即

$$H = H_1 + H_2 \quad (1-2)$$

所谓沿程阻力，就是流体在直线管段内流动时产生的阻力；所谓局部阻力，就是流体在流经三通、弯头、阀门等零件时产生的阻力。

管路的沿程阻力按以下公式计算：

$$H_1 = iL \quad (1-2a)$$

式中：

i——管路每米长度的阻力；L——管路的长度。

表1-1 常用介质的流速范围

介 质	管路种类及条件	流速, 米/秒
低压蒸气	$p < 1 \text{ MPa}$ 绝压	15~20
中压蒸气	$p = 1 \sim 4 \text{ MPa}$ 绝压	20~40
高压蒸气	$p = 4 \sim 12 \text{ MPa}$ 绝压	40~60
压缩气体	$p = 0.6 \sim 1 \text{ MPa}$ 表压	10~15
	$p = 1 \sim 2 \text{ MPa}$ 表压	8~12
	$p = 2 \sim 3 \text{ MPa}$ 表压	3~6
	$p = 3 \sim 30 \text{ MPa}$ 表压	0.5~3
	真空	5~10
煤 气	管路长50~100米	
	$p < 26.6 \text{ KPa}$	0.75~3
	$p < 266 \text{ KPa}$	3~12
氧 气	$p = 0 \sim 0.05 \text{ MPa}$ 表压	5~10
	$p = 0.05 \sim 0.6 \text{ MPa}$ 表压	7~8
	$p = 0.6 \sim 1 \text{ MPa}$ 表压	4~6
	$p = 2 \sim 3 \text{ MPa}$ 表压	3~6
乙 炔 气	$p < 0.01 \text{ MPa}$ 表压	3~4
	$p < 0.15 \text{ MPa}$ 表压	4~8
	$p < 2.5 \text{ MPa}$ 表压	~5
自 来 水	主管 $p = 0.3 \text{ MPa}$ 表压	1.5~3.5
	支管 $p = 0.3 \text{ MPa}$ 表压	1~1.5
石油及类似液体	粘度 $0.05 \text{ Pa} \cdot \text{s}$	0.5~1.6
	0.1 $\text{Pa} \cdot \text{s}$	0.3~1.6
	1 $\text{Pa} \cdot \text{s}$	0.1~0.55

i 值叫做水力坡度, 表示流体在管路中每流动一米长度所造成的压力损失。这个数值与管路中所用的材料、管壁粗糙程度、管径大小、介质的种类及温度有关。 i 值是在特定条件下通过实验和计算求得的, 如果用公式表示则相当复杂。在实际工作中很少去进行计算而是从已编制的管径计算表中查取。

管路的总的局部阻力等于各个局部阻力之和。因此, 计算管路局部阻力的公式为:

$$H_2 = \sum \xi \frac{V^2}{2g} \quad (1-2b)$$

式中:

H_2 ——管路局部阻力之和;

$\sum \xi$ ——各局部阻力系数之和;

V ——介质流速, 米/秒;

g ——重力加速度, (9.81米/秒²)。

各种管路局部阻力系数值是很复杂的, 在有关资料中有详细的介绍。

实际上, 局部阻力系数常取平均值并不十分精确。以弯头为例, 煨制弯头、冲压弯头和焊接弯头的局部阻力系数是不相同的; 在各种三通中, 因管径组合不同, 其局部阻力系数也是不相同的。因此, 在管路系统计算中往往不计算局部阻力, 而是按管路系统中零部件的多少, 根据沿程阻力来估计局部阻力, 一般室外管路局部阻力占沿程阻力的

10~20%，室内管路可取20~50%。

介质在管路中流动时，为克服阻力必然要消耗介质本身的压力能。也就是说介质从A点流向B点必然会产生压力降，即A点和B点的压力差。当提高A点的压力而B点压力不变时，由于阻力不变，因此流量和流速将会增加，反之就将减少。

三、 化工生产对化工管路的要求

化工厂管路的复杂性，不仅是因为管路所涉及的专业多，主要的还在于管路操作条件的多种多样，因而对管路材料的选择，管路敷设，结构的设计以及管路中管段的预制加工和使用维护都提出了特殊的要求。

高压管路的安全性具有特殊重要性，高压管路的失效造成的破坏性是极大的，有时会引起一连串的爆炸事故，从而造成整个工厂的破坏。因此，对于高压管路的可靠性必须给予特别的重视。高压管路的壁厚一般都比较厚，因而高压管消耗的金属材料特别多，重量也比较大，为了降低金属材料的消耗，高压管路常采用屈服强度较高的钢材作为管路材料。一般采用低合金高强度钢作管子和管件，如目前我国高压锅炉中常用的15MnV、12Cr₂MoWVB、12Cr₁MoV、12CrMo、15CrMo及化肥工业用的12MnMoV、10MoVNbTi、及Cr17Mn13Mo₂N等，它们的屈服强度均比20号钢高，因而可以大大降低材料的重量。对于材料的质量，主要是冶炼方法、化学成分和机械性能都有严格的要求。此外，几乎所有高压管路用的管子和管件都必须进行无损探伤，对于较大的管件锻件都必须进行白点等检查。在煅制高压管和加工管件时必须按有关的规定进行。

在高压管路的设计中，应尽量减少管路的长度，同时应尽量采用整根管子加工管路，尽量减少管与管之间的连结，实在不可避免时应尽量采用对焊连接，少用最好不用法兰连接。当采用法兰连接时，应采用密封性能好的“O”形密封垫片和圆形垫片。

所有的高压管路必须定期进行强度试验、管壁厚度检查及无损探伤。而且所有的高压管路都不得与电焊机的零线相通，以免损坏管路的表面。

真空管路的失效主要是密封结构的失效，因而在法兰密封的真空管路中采用了橡胶“O”形环或矩形环作为密封原件。

金属材料在高于一定温度下受到应力的作用，即使应力小于屈服强度，也会随着时间的增长而缓慢地产生塑性变形，这种现象被称为蠕变。金属的蠕变将大大地降低其屈服强度，减少管路的使用寿命，因此，在选择高温管路的材料时，必须注意材料的抗蠕变性能和持久强度。一般的碳素钢，当温度超过350℃时，蠕变现象就很明显，如用作管路材料，显然不好，必须选用低合金钢作管路材料。当温度超过800℃时必须选用特殊的耐高温合金材料。

在高温管路中，由于温度高，故管路的热膨胀量大，必须有足够的热补偿。高温管路的热补偿，要尽量利用管路敷设时形成的L形和Z形管路的自然补偿作用。其次才是选用方形补偿和波形补偿。对于重要的管路要在适当的位置设置热膨胀指示测量点，以便于在运行过程中密切监视热膨胀的大小。另外，由于在高温下螺栓会伸长，故一般高温管路螺栓需进行热紧，热紧时的扭矩应按设计规定。

低温管路中除了注意选材及安装之外，还应着重于保冷，在安装及维修低温管路

时, 应尽量避免管路与导热性好的零部件直接接触, 因此在低温管路上直接焊接管架及其它零件都是不允许的。

化工厂管路输送的介质是多种多样的, 介质对管路的影响十分明显。首先各种不同介质对管路的腐蚀作用不同, 因而要求选用不同的管路材料; 浓度不同的同一种介质, 对于管路材料的腐蚀作用有时差别很大, 因此对管路材料的要求差别也很大。故在选择材料时必须根据介质的种类、浓度的高低及温度的高低来进行选择。

各种不同的介质对管路的影响除了腐蚀之外, 还有对管路的冲蚀作用。一般说来液体介质对管路中的冲蚀比气体介质大, 而流态化的固体介质对管路的冲蚀作用极为强烈。因此, 对于流态化输送的固体物料管路必须采用特殊的材料作为管路, 如内衬陶瓷材料等。

第二节 管工识图

一、投影和视图

管路工程图同机械图、建筑图一样, 是用投影的方法画出来的。为了绘制和识读管路工程图, 必须首先建立投影概念。在日常生活中日光或灯光照射物体, 就会在地上或墙上产生影子。制图中参照这一自然现象, 用一组假想光线将物体的形状投射到一个面上去, 称为“投影”。

一个物体进行投影, 要有投射的光线和承受影子的平面, 我们称投射的光线为“投射射线”, 承受影子的平面叫做“投影面”, 在该面上得到的图形, 也称“投影”, 或投影图。

由于投射射线的不同, 物体的投影也不同。如果投射射线从一点出发, 如图1-1(甲)所

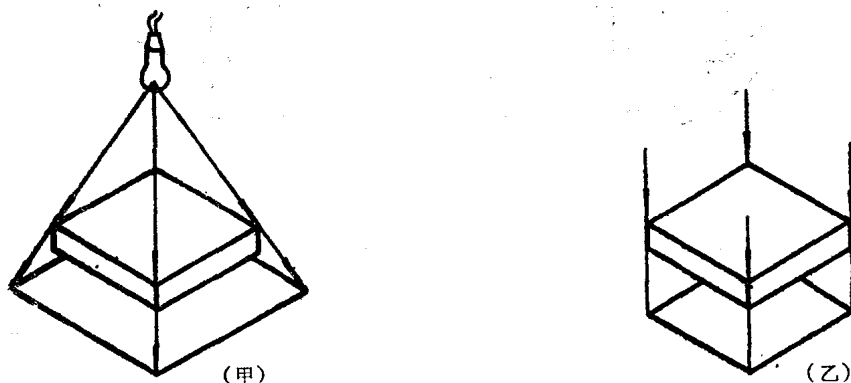


图1-1 投影概念

示那样, 把一本书放在灯光下向地面进行投影时, 书所产生的投影会比实物大。这种投影方法叫中心投影法, 中心投影法多用于绘制建筑透视图。如果光源距离无限增大, 投射射线相互平行, 如图1-1(乙)所示, 书产生的投影与实物大小相同。这种利用相互平行的投射射线进行投影的方法叫做平行投影法。

在平行投影中, 投射射线垂直于投影面, 物体在投影面上所得到的投影叫做正投影,

这种投影方法称为正投影法。物体的正投影，就是将通过物体各顶点的平行投射线与投影面的交点连接起来所得到的图形。

正投影法就是我们平时经常说的“正对着”物体去看而投影的方法。正投影法的基本特点是：(1) 被投影的物体在观察者与投影面之间，就是说，保持人一物一投影面的相对位置关系；(2) 投射光线相互平行，且垂直于投影面；(3) 投影不受人与物体以及物体与投影面之间的距离的影响。

用正投影法绘制的平面图形称为正投影图，也称正视图或简称视图。以后，凡未经特殊注明的所有投影均指正投影；投影图均为正投影图；视图均为正视图。

单面投影图只能反映物体的一个侧面，而不能完整准确地反映物体的真实形状，因此，必须综合各个投影面上的单面投影图来反映物体的实际形状。存在于空间的物体都有长、宽、高三个向度，把握了这三个向度，就可以完整地表达物体的真实形状。为反映物体的三个向度，一般采用三个互相垂直的平面做投影面，将物体放在其中进行投影来反映。

将水平投影面H，正立投影面V和侧立投影面W共同组成一个三投影面体系，如图

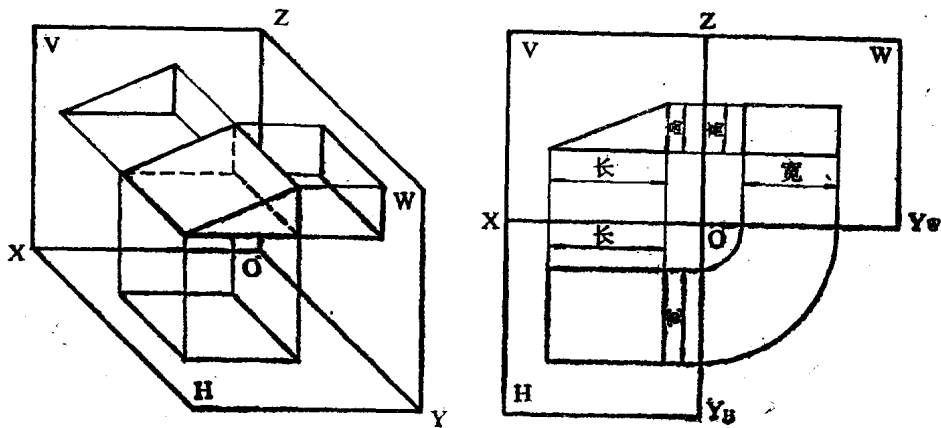


图1-2 三角形斜垫块的投影和视图

1-2所示。这三个互相垂直的投影面分别交于三条投影轴，V面和H面的交线称为OX轴，H面和W面的交线称为OY轴，V面和W面的交线称为OZ轴。OX、OY、OZ三轴的交点O称为原点。按规定平行于OX轴方向的向度是物体的长度；平行于OY轴方向的向度为物体的宽度；平行于OZ轴方向的向度为高度。

在正立投影面V上的投影图叫做主视图，管路工程中称为立面图；在水平投影面H上的投影叫做俯视图，管路工程中称为平面图；在侧立投影面W上的投影图叫做左(右)视图，管路工程中称为侧面图。

物体的三视图分别画在相互垂直的面上，如图1-2所示。为了把三个视图画在同一平面上，V面保持不动，将H面绕OX轴向下旋转 90° ，W面绕OZ轴向右转 90° ，使V、H、W三个投影面都处于同一平面上。在实际的图样上，投影面的边框可不必画出。从图1-2中可以看出三面投影图的投影规律；

主视图和俯视图，长对正（等长）；

主视图和左视图，高平齐（等高）；

俯视图和左视图，宽相等（等宽）。

三面投影图的“三等”关系，是绘制和识读工程图的基本规律，必须牢固掌握，熟练运用，严格遵守。

对于某些形状比较复杂的物体，用三个视图有时还不能反映它的全貌。根据国家标准的规定，可在原有的三个投影面的基础上，再增加三个投影面即六个投影面（形成一个正六面体），物体向六个投影面进行投影，得到六个视图为基本视图。除了前面介绍过的主视图、俯视图和左视图外，还有从右向左投影得到的右视图，从下向上投影得到的仰视图，从后向前投影得到的后视图。图面配置关系为：主视图在中间，上为仰视图，下为俯视图，右面为左视图，左面为右视图，左视图的右面为后视图。在一张图纸内，按规定配置视图时，除了后视图应在视图上方注明“后视”外，其余视图均不注视图名称。

二、剖视和剖面

为了清楚地反映物体的真实形状或被遮盖部分的结构形状，可以用一个假想平面，把需要表达清楚的部位用假想平面剖切开来，并把看的人所处的位置和剖切平面之间的部分移去，再把留下来的那部分物体向投影面重新进行投影，所得到的图形称为剖视图。

在图1-3中，把高颈法兰切开的假想平面称为剖切平面。剖视图中，剖切平面同物体接触的部分称为剖面，剖面应画剖面符号（在图1-3中，剖面线画成 45° 的细实线），使剖面同未被剖切部分相区别。

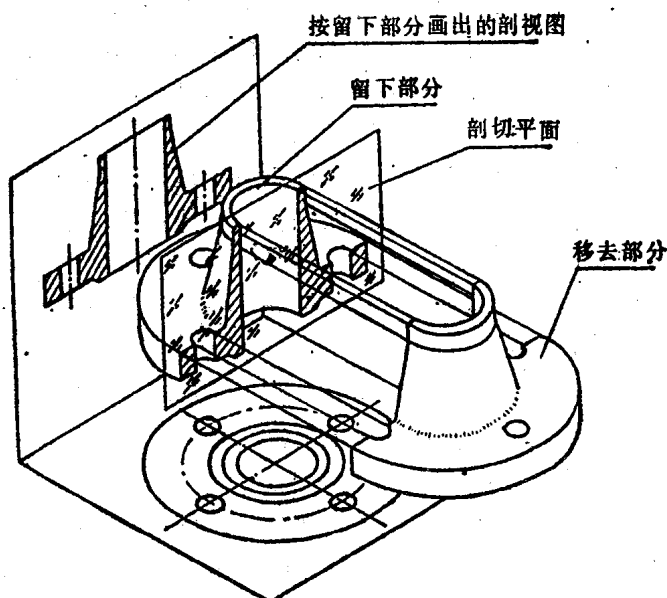


图1-3 剖视图的基本概念

在剖切高颈法兰之前，应先确定剖切位置。在平面图上，对剖切的位置，注上位置线并标清剖切符号和剖面编号。然后假想沿此线用一个平行于正立投影面的剖切平面将

它切开。移去剖切平面前面部分，将留下的部分向正立投影面重新进行投影（得到的图形仍是立面图），并在剖切平面剖到的地方，画上 45° 细斜线，这样就得到了高颈法兰的剖视图，如图1-4所示。

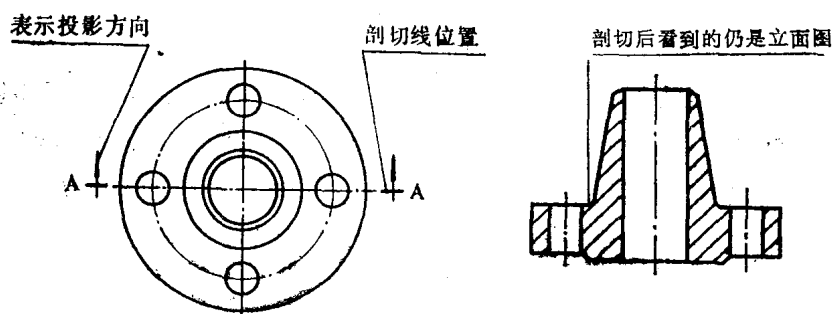


图1-4 高颈法兰的剖视图

对剖视图的标注方法，一般有如下规定：如图1-4所示。

1. 剖切线（或称剖切位置线）是用来表示剖切平面位置的。剖切线实质上就是假想剖切平面的积聚投影，画图时只用两小段粗短划线来表示。

2. 投影方向用垂直于剖切位置线的实线表示，在这段实线上，标上箭头表示投影方向，有的不标上箭头。在画图时表示投影方向的实线要比剖切线画得长一些。

3. 剖视图的编号一般采用阿拉伯数字或罗马数字，按顺序编排，也可以用大写的汉语拼音字母或文字表示。不论用数字还是用文字标注，一般都标在各剖视图的下方，而表示该剖视图剖切位置的剖切线上，应标上相同的数字或文字。

根据所要表示物体外形及内部或被遮盖部分的结构形状，常用以下三种剖视图：

1. 全剖视图：只用一个剖切平面把物体完全切开后，重新投影所画出的剖视图，称为全剖视图。

2. 半剖视图：将具有对称平面的物体向垂直于这一对称平面的投影面投影，并将所得图形以对称中心为界，用半个视图反映物体的外部形状，用半个全剖视图表示内部形状的图形称为半剖视图。

3. 局部剖视图：用假想剖切平面把物体的某一部分剖切开后画出来的图形，称为局部剖视图。

此外，国家标准“机械制图”GB4458.1-84中还规定了阶梯剖视、旋转剖视及复合剖视等，可在绘图时根据物体的形状灵活采用。在管路工程中，除了阶梯剖视外，其余两种剖视的使用较少。

对某些形状较为简单的物体，在绘制剖视图时，可只画出与剖切平面相接触的平面上的图形，而不画出剖切平面后未被剖切部分的投影，这种图样称为剖面图。

剖面图的制图及表示方法与剖视图相同。剖面图在管路工程中的使用较少。

三、轴测投影图

化工管路施工图中除了采用根据正投影原理绘制的平面图、立面图和剖面图外，还

大量采用根据轴测投影原理绘制成的管线立体图，亦称轴测图（俗称透视图）。

任何物体的空间位置都可以用空间三坐标来表示，如果用一组平行的投射将物体连同其空间三坐标体系的三条轴线投在一个投影面上，得到的投影叫做轴测投影。用这种方法绘出的图形叫做轴测投影图，或叫轴测图。当投影方向垂直于轴测投影面时，得到的投影是正轴测图；当投影方向倾斜于轴测投影面时，得到的投影是斜轴测图。

因为投射是相互平行的，所以无论是正投影法还是斜投影法，物体表面上互相平行的直线，在轴测图中仍然保持平行。物体长、宽、高三个方向的坐标轴 X 、 Y 、 Z 在轴测图中的投影，称为轴测轴（简称轴）。轴测轴的方向简称轴向。轴测轴之间的夹角称为轴间角。物体上平行于长、宽、高三个方向的直线，在轴测图中分别平行于相应的轴测轴，而且还分别有一定的缩短率，所谓缩短率就是轴测图中线段的长度和物体实际长度之比。根据上述这些特性，物体上长、宽、高三个方向的直线，可以沿轴向分别按一定的缩短率来测量平行于相应坐标轴的线段长度。也可以利用物体上坐标轴的平行线，比较方便地作出物体的轴测图。凡是与三个坐标轴都不平行的物体的直线段，在一般情况下不能直接作图和测量长度，它的轴测图可以用添加平行于坐标轴辅助线的方法，找出它与坐标轴的关系，然后再把需要连接的端点连成线段。

管道的轴测图也是根据这些原理来画的，它的缩短率就是轴测图中的线段和管子实际长度之比。正轴测图和斜轴测图又分好几种，管道施工图中常用的有正等测图和斜等测图两种。

在正等测图中三条坐标轴的轴间角均为 120° ，三个轴的轴向缩短率都是 0.82 ，为了作图方便起见，轴向缩短率都取 1 ，称为简化缩短率。画正等测管路轴测图时，应选定 OX 、 OY 、 OZ 这三个轴测轴同上下、左右、前后这六个方位的关系，一般选 OX 轴作为左右走向的管线的方向； OY 轴方向作为前后走向的管线的方向； OZ 轴只能作为上下走向的垂直管线的方向。正等测图在管路工程中得到了广泛的应用。

在斜等测图中轴测轴 OX 和 OZ 的夹角 XOZ 为 90° ，轴间角 XOY 和 YOZ 都为 135° 。 OX 、 OY 和 OZ 三轴的轴向缩短率都是 $1:1$ 。画斜等测管路轴测图与画正等测管路轴测图一样，应先选定管路的走向与轴测轴的关系然后根据缩短率绘制图形。

正等测图和斜等测图的轴间角和缩短率如图 1-5 所示。

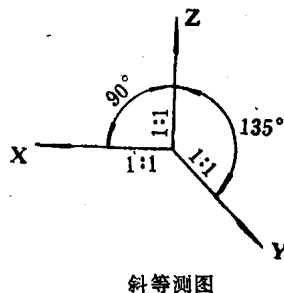
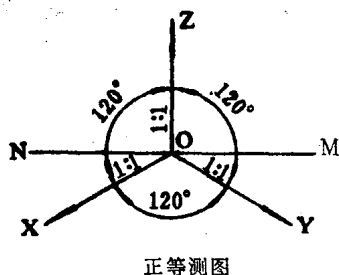


图1-5 轴间角和缩短率

四、管路施工图基本知识

1. 管路施工图的内容和作用：

一套完整的管路施工图应包括基本图和详图两大部分。基本图包括图纸目录、施工图说明、设备材料表、流程图、平面图、立面图和轴测图；详图包括节点图、大样图和标准图。下面分别叙述其内容及作用：

(1) 图纸目录：对于数量众多的施工图纸，设计人员根据一定的规律和顺序编排而成，以便查阅，同时通过它使施工人员对整个工程有一个概况的了解。

(2) 施工图说明：凡是图样上无法表示出来，而又必须要施工人员了解的一些技术和质量方面的要求，一般都用文字形式加以说明。它的内容包括工程的主要技术数据，施工验收应遵守的技术规范等。

(3) 设备材料表：载明该项工程所需的全部设备、管道、管件、阀门以及防腐、保温材料的名称、规格、数量以及验收的技术标准等。

(4) 流程图：流程图是整个生产系统或一个化工装置整个工艺变化过程的表示。它应表明每一设备、管路、阀门及仪表控制点在整个工艺过程中的位置和作用，如图1-12所示。

(5) 平（立）面图：平（立）面图是管路施工图纸中最重要的图纸之一。它用来表示建（构）筑物和设备在平面、立面的分布和排列，它们在长、宽、高三个方面的尺寸和数据；管路的排列和走向的具体数据和尺寸；建筑物、设备、管路之间的相互关系。当采用一个立面图不足以清楚地表示其在立面上的每一位置和尺寸时，可以采用多个立面图或者剖视图。平（立）面图必须按正投影原理绘制。

(6) 轴测图：为管路一种立体图形，是利用轴测投影原理绘制在平面图上，反映管路的空间走向和实际位置的图纸，目的是减少视图的困难，节约时间。同时也能弥补平、立面图的不足。是管路施工图中最重要，数量也最多的图样。在有的专业中称为空视图。

(7) 节点图：可清楚地表示管路某一部分的详细结构及尺寸，是对平面图及其它施工图的放大。

(8) 大样图：大样图表示一组设备或一组管件组合安装的图形。大样图的特点是用双线图表示，它具有真实感，并有详细的装配尺寸。

(9) 标准图：标准图是一种具有通用性质的图样，它标有成组管路或设备的具体图形和尺寸，有的标准图更附以数据表，以扩大其适用范围，列于各专业施工规范中。

2. 管路施工图中的符号及图例：

(1) 线型：管路施工图中常用线型的使用范围如表1-2。

(2) 管路的规定代号：输送液体与气体管路的规定符号，按国家标准GB140-59的规定有23大类，如表1-3。

(3) 管路图例：化工工艺管线图中常用图例如表1-4。

(4) 设备图例、管路工程中常用的设备图例如图1-6所示。

3. 管路施工图的其它规定

(1) 标题栏：标题栏提供的内容比图纸目录更进一层，具体格式国家还没有统一规定，但图纸的标题栏应有：项目名称、图纸名称、设计号、图别及图号等内容。

(2) 比例：和其它工程图纸一样，管路施工图必须按比例绘制。管路施工图中常

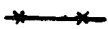
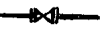
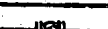
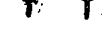
表1-2 管路图中常用的几种线型表示

序 号	名 称	线 型	宽 度	适 用 范 围 及 说 明
1	粗实线		b	1. 主要管线 2. 框线图
2	中实线		$\frac{b}{2}$	1. 辅助管线 2. 分支管线
3	细实线		$\frac{b}{4}$	1. 管件、阀件的图线 2. 建筑物及设备轮廓线 3. 尺寸线、尺寸界线及引出线等
4	粗点划线		b	主要管线(在同一张图纸中, 区别于粗实线所代表的管线)
5	点划线		$\frac{b}{4}$	1. 定位轴线 2. 中心线
6	粗虚线		b	1. 地下管线 2. 被设备所遮盖的管线
7	虚 线		$\frac{b}{2}$	1. 设备内辅助管线 2. 自控仪表连接线 3. 不可见轮廓线
8	波 浪 线		$\frac{b}{4}$	1. 管件、阀件断裂处的边界线 2. 表示构造层次的局部界线

表1-3 液体与气体管路的代号

类 别	名 称	规定符号	类 别	名 称	规定符号	类 别	名 称	规定符号
1	上水管	S	9	煤气管	M	17	乙炔管	YI
2	下水管	X	10	压缩空气管	YS	18	二氧化碳管	E
3	循环水管	XH	11	氧气管	YQ	19	鼓风管	GF
4	化工管	H	12	氮气管	DQ	20	通风管	TF
5	热水管	R	13	氢气管	QQ	21	真空管	ZK
6	凝结水管	N	14	氩气管	YA	22	乳化剂管	RH
7	冷冻水管	L	15	氨气管	AQ	23	油 管	Y
8	蒸汽管	Z	16	沼气管	ZQ			

表1-4 化工工艺管线图中常用的图例符号

名 称	图例符号	备 注	名 称	图例符号	备 注
外露管		表示介质流向	闸 阀		应注明型号
管线固定支架					
保温管线			截止阀		1. 应注明介质流向 2. 应注明型号
带蒸汽伴热的保温管线					
法兰盖(盲板)		注明厚度	止回阀 (单流阀)		1. 应注意介质流向 2. 应注明型号
8字盲板		注明操作开或 操作关	旋塞阀		
椭圆型封头					应注明型号
过滤器		箭头表示介质流向	减压阀		应注明型号
孔板		注明法兰间距	取样阀		
活接头		内外螺纹连接(需 要焊死螺纹接口时 应予注明)	疏水器		应注明型号
快速接头					
方形补偿器			角式截止阀		应注明型号
波形补偿器			液动阀 (气动阀)		
					应注明型号

用较大的缩小比例,如1:2.5、1:5、1:10、1:50、1:100、1:200等。节点图及大样图可以采用不同的比例,但必须在图样的下方注出,也可以不按比例绘制。

(3) 标高:管路的高度的表示方法用标高表示。

管路的相对标高一般以建筑物底层室内地坪为正负零,用 ± 0.000 表示。标高的单位一般以“米”为单位,标高的数值一般标至小数点后第三位。

远离建筑物的室外管路标高,大多数采用绝对标高表示,我国把青岛黄海平均海平面定为绝对标高零点,各地的标高均以它为基准来推算。

对于直径较大的管路,不仅可以注管子中心的标高,也可以注管顶或管底的标高。化工管路图中管路标高的符号如图1-7所示。

(4) 坡度及坡向:坡度符号为“i”,表示时往往在“i”后面加上等号,在等号