

化工工人技术理论培训教材



管路布置与计算

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心

化学工业出版社



化工工人技术理论培训教材

管路布置与计算

化学工业部人事教育司 组织编写
化学工业部教育培训中心



化学工业出版社
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

管路布置与计算/化学工业部人事教育司, 化学工业部
教育培训中心组织编写。—北京: 化学工业出版社, 1997. 10

化工工人技术理论培训教材

ISBN 7-5025-1924-6

I. 管… II. ①化… ②化… III. 化工设备-管道-安
装-技术培训-教材IV. TQ055.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 20560 号

化工工人技术理论培训教材
管路布置与计算

化学工业部人事教育司
化学工业部教育培训中心 组织编写

责任编辑: 林晨虹

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

新华书店北京发行所经销

北京通县京华印刷厂印刷

北京通县京华印刷厂装订

*

开本 850 × 1168 毫米 1/32 印张 3 $\frac{3}{4}$ 字数 104 千字
1997 年 12 月第 1 版 1997 年 12 月北京第 1 次印刷

印 数: 1 - 6 00 0

ISBN 7-5025-1924-6/G · 530

定 价: 7.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

前 言

为了适应化工系统工人技术等级培训的需要,提高工人的技术理论水平和实际操作技能,我们依据《中华人民共和国工人技术等级标准》和《化工系统工人技术理论培训教学计划和教学大纲》的要求,组织有关人员编写了这套培训教材。

在教材编审过程中,遵循了“坚持标准,结合实际,立足现状,着眼发展,体现特点,突出技能,结构合理,内容精炼,深浅适度”的指导思想,以“等级标准”为依据,以“计划和大纲”为蓝图,从有利于教师教学和方便工人自学出发,力求教材内容能适应化工生产技术和现代化生产工人培训的要求。

按照“中华人民共和国工人技术等级标准”规定的化工行业 168 个生产工种的有关内容,在编制教学计划和划定大纲时,在充分理解等级标准的基础上,吸取了国外职业教育的成功经验,对不同工种、不同等级工人围绕技能所要求掌握的技术理论知识进行分析和分解,作为理论教学的基本单位,称之为“单元”。在计划和大纲中,168 个工种按五个专业大类(及公共课)将不同等级的全部理论教学内容分解为 301 个教学单元。为了方便各单位开展培训教学活动,把教学计划中一些联系较为密切的“单元”合在一起,分成 112 册出版。合订后的全套教材包括以下六部分。

无机化工类单元教材共 25 册:《流体力学基础》、《管路的布置与计算》、《物料输送》、《气相非均一系分离》、《液相非均一系分离》、《物料混合》、《固体流态化与应用》、《加热与冷却》、《蒸发》、《结晶》、《浸取与干燥》、《制冷》、《焙烧与工业炉》、《粉碎与筛分》、《电渗析》、《吸附分离》、《离子交换》、《常见的无机化学反应》、《电解及其设备》、《物料衡算与热量衡算》、《合成氨造气》、《合成氨变换》、《合成氨净化》、《合成氨压缩》、和《氨的合成》。

有机化工类单元教材共 7 册：《吸收》、《蒸馏》、《萃取》、《有机化学反应（一）》、《有机化学反应（二）》、《有机化学反应（三）》和《化学反应器》。

化工检修类单元教材共 43 册：《电镀》、《腐蚀与防护》、《机械传动及零件》、《液压传动与气动》、《金属材料热处理知识》、《机械制造工艺基础》、《化工检修常用机具》、《工程力学基础》、《测量与误差》、《公差与配合》、《化工机器与设备安装》、《化工压力容器》、《展开与放样》、《化工管路安装与维修》、《钳工操作技术》、《装配和修理》、《钢材矫正与成型》、《电工材料及工具》、《焊工操作技术》、《焊接工艺》、《阀门》、《化工用泵》、《风机》、《压缩机》、《化工分析仪表（一）》、《化工分析仪表（二）》、《化工测量仪表》、《电动单元组合仪表》、《化工自动化》、《集散系统》、《仪表维修工识图与制图》、《仪表常见故障分析与处理》、《过程分析仪表》、《化工检修钳工工艺学》、《化工检修铆工工艺学》、《化工检修管工工艺学》、《化工检修焊工工艺学》、《化工防腐橡胶衬里》、《化工防腐金属喷涂》、《化工防腐金属铅焊》、《化工防腐砖板衬里》、《化工防腐塑料》、以及《化工防腐玻璃钢》。

化工分析类单元教材 6 册：《化学分析的一般知识及基本操作》、《化学分析》、《电化学分析》、《仪器分析》、《化验室基本知识》和《有机定量分析》。

橡胶加工类单元教材共 11 册：《橡胶、配合剂与胶料配方知识》、《再生胶制作机理、工艺及质量检验》、《橡胶加工基本工艺》、《轮胎制造工艺方法》、《力车胎制造工艺方法》、《胶管制造工艺方法》、《胶带制造工艺方法》、《橡胶工业制品制造工艺方法》、《胶鞋制造工艺方法》、《胶乳制品制造工艺方法》和《炭黑制造工艺方法》。

另外还有公共课及管理课类单元教材共 20 册：《电工常识》、《电工基础》、《电子学一般常识》、《电子技术基础》、《机械识图》、《机械制图》、《化工管路识图》、《工艺流程与装备布置图》、《工厂照明与动力线路》、《电气识图与控制》、《电机基础及维修》、

《工厂电气设备》、《工厂电气技术》、《安全与防护》、《三废处理与环境保护》、《化工计量常识》、《计算机应用基础知识》、《化工应用文书写》、《标准化基础知识》和《化工生产管理知识》。

按照“单元”体系组织编写工人培训教材，尚是一种尝试，由于我们经验不足和教材编审时间的限制，部分教材在体系的合理性、内容的先进性、知识的连贯性和深广度的准确性等方面还不尽如人意，为此建议：

一、各单位在组织教学过程中，应按不同等级的培训对象，根据相应的教学计划和教学大纲的具体要求，以“单元”为单位安排教学。

二、工人技术理论的教学应与操作技能的培训结合起来。技术理论的教学活动除应联系本单位生产实际外，还应联系培训对象的文化基础、工作经历等实际情况，制订相应的教学方案，确定相应的教学内容，以提高教学的针对性和教学效率。

三、在教学过程中发现教材中存在的问题，可及时与我们联系，也可与教材的编者或出版单位联系，使教材中的问题得到及时更正，以利教学。

本套教材的组织编写，得到全国化工职工教育战线各方面同志的积极支持和帮助，在此谨向他们表示感谢。

化学工业部人事教育司

化学工业部教育培训中心

1996年3月

目 录

管路布置与计算 (无 002)

绪论.....	2
第一章 管路的组成	16
第一节 管路标准化.....	16
第二节 管子、管件及连接件	20
第三节 管路附件	28
第四节 阀门	30
第二章 管路的布置与敷设	44
第一节 管路布置的一般原则	44
第二节 管路的连接	46
第三节 管路的支承与热补偿	52
第四节 管路敷设	61
第五节 管路的防腐与保温	64
第三章 管路计算	73
第一节 简单管路	73
第二节 并联管路	84
第三节 均匀连续泄流管路	90
第四章 管路操作	91
第一节 管路试压与验收	91
第二节 开车、停车与正常操作	96
第三节 故障分析与处理	101
第四节 化工管路不停车带压堵漏技术	106
主要参考文献.....	112

管路布置与计算
(无 002)

南京化工学校 孙见君 编

绪 论

管路是用来输送流体物质的一种设备。它广泛应用于化工、石油、冶金、发电、建筑、国防、制药、轻纺、排灌以及食品等工业。

在许多工厂里，管路纵横交错，犹如人体的血管一样。但不同的工业，对管路有不同的要求。因此，要掌握某种工业管路的施工技术，首先就必须对这种工业有所了解。对于从事化工管路安装的人来说，应了解管路在化工生产中的作用，了解化工生产对管路的要求，了解化工管路的组成与分类，掌握管路的基本操作工艺和安装技术。

一、管路的作用

管路是化工生产过程中不可缺少的一部分。其主要作用是用来输送各种性质和不同压力的气体与液体，如供热的热水和蒸汽；给水和排水；氧气、空气等。

由于输送的气体 and 液体有的是高温、高压，低温、真空，或有毒、易燃、易爆、有腐蚀性等，所以，不允许有任何的泄漏。而管路又是连接各化工设备的必要装置，因此管路在化工厂中的地位十分重要。

二、化工生产对管路的要求

化工生产是以空气、水、矿物、动植物等天然资源或制成品为原料，通过化学物理或生物的处理方法，使之成为品种极为繁多的生产资料和生活资料的生产过程。化工生产的门类很多，主要包括无机工业、有机工业、高分子工业、精细化工以及与化工生产有关的一些工业。不同的化工产品有不同的生产过程，其中化学反应过程、传热过程、流体动力过程、固体物料破碎和输送过程以及冷冻和深冷过程等较为典型。

化工生产过程大多是连续性的，除常温常压外，许多生产过程在高温高压或低温低压条件下进行。不少介质还具有毒性、易燃性、易爆性和腐蚀性。因而，化工生产对化工管路提出了具体的设计要求：

(1) 管路的规格尺寸和质量应根据化工生产中所输送介质的操作条件及其在该条件下介质的性质来决定。

(2) 管子和管件应经久耐用并能保证安全, 这一点是由管子、管件的材质和结构来决定的。耐久性不仅决定于材料的强度、耐磨和耐疲劳性, 而多数决定于材料的耐腐蚀性。管子、管件的结构也要合理。密封性要好, 才能防止跑、冒、滴、漏, 保证生产的安全。

(3) 管路系统中的管子、管件应相互适应。因为在一个生产装置中往往要采用多种材料, 如不相适应, 不但会造成材料浪费, 而且会给施工带来困难。如管路中采用常压管子, 而用高压管件连接这显然是不合理的。

(4) 要考虑材料的价格和来源。如果单纯从实用、耐久、安全的角度出发, 不顾成本, 选用最好的材料, 这样也是不合理的。因此, 选择材料时, 必须尽可能做到技术上先进, 经济上合理, 生产上安全。在这个基础上, 凡是能够用低一级的, 就不要用高一级的; 能够采用一般材料的, 就不要选用特殊材料; 能够用来源广泛的, 就不要选用稀缺的。各种管材和管件都有其优点和缺点, 要做到各尽其用, 就必须对介质的性质和操作条件以及周围的环境等各个方面进行详细全面的综合分析。

三、管路的分类

在化工企业中, 输送介质为生产服务的管子和各种附件总称为化工管路。化工管路从总体上又可分为两大类, 凡直接为产品生产输送各种物料介质的管路称为工艺管路, 也叫物料管路, 而为生产输送辅助介质, 间接为生产服务的管路称为辅助管路。

化工管路属于工业设备安装工程。施工中必须遵照国家标准《工业管路工程施工及验收规范》(GBJ235 - 82) 的规定执行。

化工管路输送介质的压力范围很大, 由接近真空的负压到数百个兆帕 (MPa)。按介质压力进行分级, 可以分为:

- (1) 真空管路 公称压力小于 0MPa。
- (2) 低压管路 公称压力小于等于 1.6MPa。
- (3) 中压管路 公称压力大于 1.6MPa 而小于等于 10MPa。

(4) 高压管路 公称压力大于 10MPa 而小于等于 100MPa。

(5) 超高压管路 公称压力大于 100MPa。

化工管路输送介质的温度差异很大,由深冷装置的(-150℃以下)到石油裂解的 850℃左右,按介质温度进行分类,可以分为:

(1) 低温管路 工作温度在-40℃以下。

(2) 常温管路 工作温度为-40~120℃。

(3) 中温管路 工作温度为 121~450℃。

(4) 高温管路 工作温度超过 450℃。

化工管路输送介质的种类繁多,由一般性质的介质到有腐蚀、易燃易爆、有毒等性质的介质。按介质性质,可以分为:

(1) 汽水介质管路 是指输送蒸汽和水的管路。

(2) 腐蚀性介质管路 是指输送有腐蚀性的各类酸、碱、盐的管路。

(3) 化学危险品介质管路 是指输送有毒、易燃易爆、窒息性、刺激性、易挥发性等介质的管路。

(4) 易凝固易沉淀介质管路 是指介质在输送过程中,往往由于介质温度降低而产生凝固或结晶沉淀现象的管路。

按管道使用的材质不同,化工管道分为:

(1) 金属管路。

(2) 非金属管路。

(3) 衬里管路。

不同材质管路适用的温度、压力条件见表 0-1。

表 0-1 各种材质管路的适用条件

材 质	工作温度(℃)	工作压力 (MPa)				
		I	II	III	IV	V
碳素钢	≤ 370	> 32	> 10~32	> 4.0~10	> 1.6~4.0	≤ 1.6
	> 370	> 10	> 4.0~10	> 1.6~4.0	≤ 1.6	—
合金钢及 不锈钢	≤ -70 或 ≥ 450	任意	—	—	—	—
	-70~450	> 10	> 4.0~10	> 1.6~4.0	≤ 1.6	—
铝及铝合金	任意	—	—	—	≤ 1.6	—
铜及铜合金	任意	> 10	> 4.0~10	> 1.6~4.0	≤ 1.6	—

注: 1. 剧毒介质按 I 类管路。

2. 有毒介质, 甲、乙类火灾危险物质均应升为 I 类。

四、管路材料及基本操作

1. 管路的材料

(1) 金属管路 金属管路的种类很多,主要有碳钢(普通碳素钢和优质碳素钢)管路、合金钢管、不锈钢(铬钢、镍铬钢)管路和有色金属(包括铜、铝、铅、钛等)管路等。

(2) 非金属管路 是指以塑料、玻璃、陶瓷、橡胶、玻璃钢、石墨、尼龙等为材质的管路。

(3) 衬里管路 常有的衬里管路有衬橡胶管路、衬铅管路、和衬(或搪)玻璃管路等。

钢管的规格,性能以及适用范围详见第一章第二节。

2. 管路安装的基本操作

(1) 管路安装的基本内容

- ①熟悉管路安装工程的图纸和有关资料;
- ②进行管路安装工程的施工测量;
- ③弯管;
- ④下料预制;
- ⑤支架制作及安装;
- ⑥主干管路的安装;
- ⑦分支管路的安装;
- ⑧分支管路及设备连接起来;
- ⑨试压;吹洗;
- ⑩油漆、保温。

调整并交付使用。

(2) 管路安装的基本操作

管路安装的基本操作大致可分为管子的划线、切割、套丝和弯曲。

1) 管子划线 划线操作分划线和弹线两种。

a. 划线 划线通常用石笔。划线时,石笔要磨扁,才能划出细而准的线条。在不锈钢、有色金属等材料表面划线,要用铅笔(或红蓝铅笔)或色笔划线。比较精确的线才用划针划。用样板或样杆划线时,样板与板材或管材表面贴严,笔和针所磨的角度要适当。划管子

的切断线时，应备有各种直头或斜头的简易样板，既可使划线方便，又保证准确。例如划管材切断线时，可以用一块长方形硬纸壳或油毡纸围管子一圈划出切断线。

b. 弹线 弹线分弹粉线和弹油线或墨线两种。根据两点间只能划一条直线的常识，在弹线时，由两人将线拉紧按在已知两点上，由一人弹出。弹线准确的关键在于提线时要垂直提起，最好用大拇指和食指捏住线提起约 100 ~ 200mm，两指自然向两侧伸开，便弹出一条直线。要防止提线时，粉线或墨线发生偏斜而引起弹线不准。

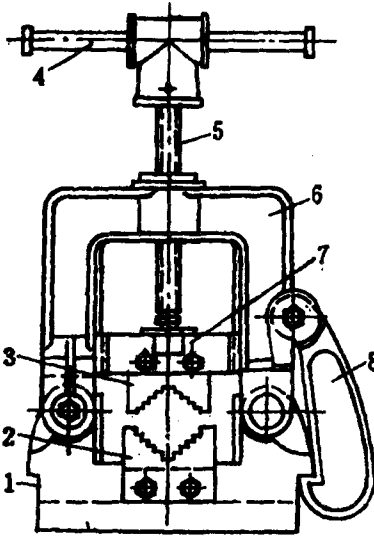


图 0-1 龙门式管子虎钳

- 1—底座； 2—下虎牙； 3—上虎牙；
4—手把； 5—丝杠； 6—龙门架；
7—滑动块； 8—弯钩

2) 管子的切割 切割管子可采用往复式锯床、圆盘锯床、各种手动工具等，也可采用气割或砂轮切割。用手动工具切管时，把管子夹紧在龙门式的管子虎钳上（图 0-1）。小直径的管子可以用切管器（图 0-2）来切割。切割前，先按管子直径调整滑动支座 4 上的两只压紧滚轮 3 和弯臂 5 上的一只切割滚轮 1 之间的距离。切割时，切割滚轮由于切管器手柄 7 的旋转，通过螺杆 6 的滑动支座 4 所产生的压紧作用而切入管壁至一定深度，然后将整个切管器绕管子旋转切割，使四周管壁都切至同一深度。重复上述操作，直到管子切断为止。用此法切断的管子，在其内壁易起毛刺，须用锉刀修整。大直径

的管子可以用普通的手锯来切割。手工切管效率低，所以在大量生产时常采用往复式锯床、圆盘锯床、气割或砂轮来切割管子。

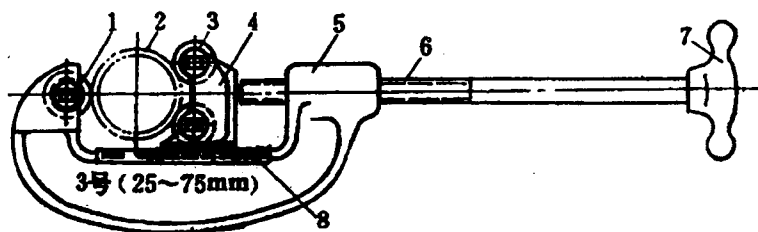


图 0-2 切管器

- 1—切割滚轮；2—被切管子；3—压紧滚轮；4—滑动支座；
5—弯臂；6—螺杆；7—手把；8—滑道

3)管子的套丝 管子的套丝是指在管子端头切割管螺纹的操作。一般水煤气钢管两端都制有圆柱管螺纹,这种螺纹较普通的螺纹细而浅,所以不至于显著地减低管壁的强度。其尺寸见表 0-2。在管子上用手工工具套圆柱管螺纹时,多半采用嵌在管子板牙架上的活板牙来加工,其结构如图 0-3 所示。它主要是由具有手柄 10 的板牙架体 15 和四块板牙 6 所组成。

表 0-2 常用圆柱形管螺纹尺寸

管子的公称直径		螺纹直径, mm			螺距 mm	每英寸 扣数	每 127 毫 米牙数	牙形高度 mm	圆弧半径 mm
mm	in	外径	中径	内径					
6	(1/8)	9.729	9.148	8.567	0.907	28	140	0.581	0.125
8	1/4	13.158	12.302	11.446	1.337	19	95	0.856	0.184
10	3/8	16.663	15.807	14.951	1.337	19	95	0.856	0.184
15	1/2	20.956	19.794	18.632	1.814	14	70	1.162	0.249
20	3/4	26.442	25.281	24.119	1.814	14	70	1.162	0.249
25	1	33.250	31.771	30.293	2.309	11	55	1.479	0.317
32	1 1/4	41.912	40.433	38.954	2.309	11	55	1.479	0.317
40	1 1/2	47.805	46.326	44.847	2.309	11	55	1.479	0.317
50	2	59.616	58.137	56.659	2.309	11	55	1.479	0.317
65	2 1/2	75.187	73.708	72.230	2.309	11	55	1.479	0.317
80	3	87.887	86.409	84.930	2.309	11	55	1.479	0.317
100	4	113.034	111.556	110.077	2.309	11	55	1.479	0.317

注: 1/8 英寸尽可能不采用。

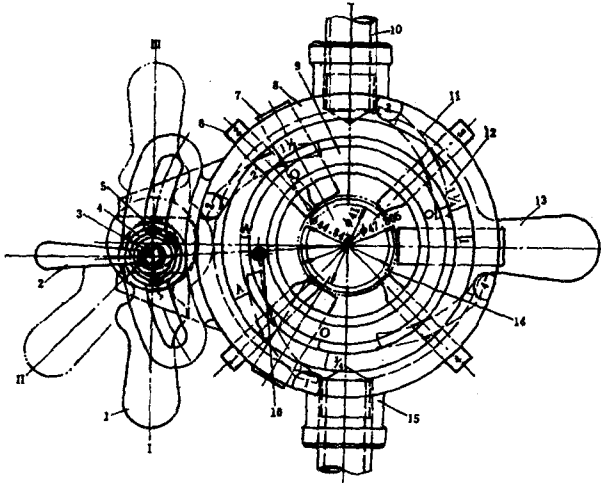


图 0-3 活络板牙架

1—合拢和撑开四块平板牙用的手柄；2—夹紧面板用的手柄；3—带有夹紧螺栓的偏心滑块；
4—垫圈；5—定位钢珠（一只）；6—平板牙；7—定心与导向用的滑动支撑；8—面板；
9—固定刻度环（刻有四条基准线）；10—手柄（ $\frac{3}{4}$ 的钢管）；11—面板反面的四条

阿基米德螺旋线形的导轨（供调节四块平板牙之用）；12—面板上的刻度环（刻有
 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{3}{4}$ 、 1 、 $1\frac{1}{4}$ 、 $1\frac{1}{2}$ 、 2 六种管螺纹的刻度线）；13—合拢和撑开三块滑动支撑用的手柄；

14—被刻丝的管子（ $1\frac{1}{2}$ ）；15—板牙架体；16—紧固螺钉

套丝前应精确地调整好平板牙的位置。调整时必须先将手柄 1 放置在“Ⅰ”的位置，然后松开手柄 2，并根据所需的圆柱管螺纹的直径转动面板 8，使面板刻度环 12 上的刻度线对准固定刻度环 9 上的基准线（0 线）。最后，拧紧手柄 2，使面板 8 与带有夹紧螺栓 3 的偏心滑块固结在一起。平板牙的位置调整后，将手柄 1 由“Ⅰ”的位置旋转到“Ⅲ”的位置，则通过带有夹紧螺栓的偏心滑块带动面板旋转，使四块平板牙从正常工作位置上退出来（撑开），以便套丝时能将板牙架套入管端。

套丝时，把管子的一端夹紧于龙门式的管子虎钳内，并用废机械

油或润滑脂润滑管子需要套丝的部分，然后，在管端套上板牙架，并利用手把 13 来定中心的位置（即用三块滑动支承夹持管子），同时使平板牙上带有 15° 倒角的两、三个切削牙齿对准管端，再将手把 1 由“III”的位置转到“II”的位置，使平板牙合拢，以便进行第一遍套丝。第一遍套好后，不可将板牙从管子上旋下，应该将手把 1 转到“III”的位置，使四块平板牙撑开，这样便可很方便地从管子上取下板牙架。然后，再将手把 1 由“III”的位置转到“I”的位置，使板牙合拢，以便进行第二遍套丝（其切削深度为全牙形高）。手把 1 的位置可以用钢珠 5 来定位。

凡直径在 1" 以下的管螺纹必须套二遍，直径在 1" 以上的管螺纹必须套三遍，才可以套出良好的螺纹。如果板牙磨钝，必须套四遍甚至五遍后，才能套出好的螺纹。

在每次重套丝前，必须用刷子仔细地清除套丝表面和板牙螺纹内的切屑，重新用废机油或润滑脂来润滑。板牙绕管子旋转一周，一般分四个动作，即每个动作转 90° 左右。若采用带棘轮手柄的管子板牙架，则手柄只要在一定的位置上作小角度的摆动即可。凡直径在 1" 以下的管螺纹，只用一人套丝，要是直径较大就得用两人套丝。

当需要更换平板牙时，必须将面板刻度环 12 上的刻度线 A 对准固定环 9 上的基准线 A，此时，螺旋线形导轨正好脱离平板牙上的缺口，所以四块平板牙可以从板牙架体内的导槽中取出，然后换上所需要的一付平板牙，但是要注意这四块平板牙的号码要与面板上的号码相符合，否则就不能套出合格的螺纹。

工作完毕后，必须仔细揩擦板牙架和平板牙，洗去沾污了的机械油和润滑脂，用新的润滑油润滑板牙架。

圆锥管螺纹只能在车床上进行切削。

4) 管子的弯曲 管子的弯曲是管子加工中的一项重要工作。管子在弯曲时，其外侧管壁因受拉伸而变薄，其内侧管壁因受压缩而变厚，但中性层 M-M 处不受力，因此长度和厚度都不改变。由于拉伸和压缩作用的结果，在弯管过程中，管子截面有改变其圆形而成为椭圆的趋势。此时椭圆的短轴是位于管子的弯曲平面 B-B 上，而长轴在

A-A上(图0-4)。从力学观点来看,椭圆截面的管子对内压力的抵抗能力不如圆形截面的管子,因此,在弯管时不许有显著的椭圆变形。

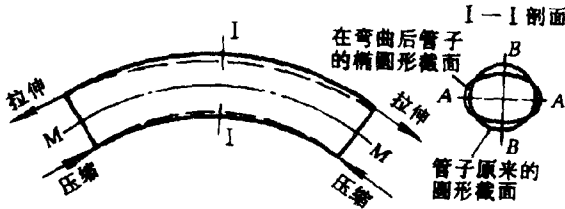


图0-4 弯曲时管子截面的变化

管子弯曲后,应达到的基本要求是:弯曲角度要准确;在弯曲处的外表面要平正、圆滑、没有皱纹和裂纹;在弯曲处的横截面中要没有显著的椭圆变形。

弯管的加工方法可分为热弯和冷弯两种。

a. 管子热弯 管子在加热状态下进行弯曲加工就称为热弯。管子热弯可分为无皱折热弯和有皱折热弯两种。

(a) 无皱折热弯 无皱折热弯适用于公称直径为400mm以下的管子,其弯曲半径:中低压管路 $R \geq 3.5DN$;高压管路 $R \geq 5DN$ 。

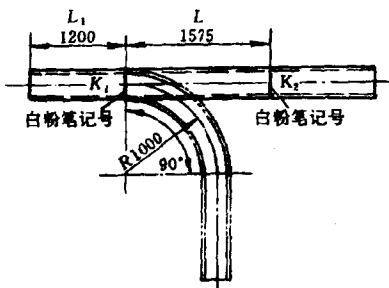


图0-5 弯头的划样举例

$$L = \frac{\pi \alpha R}{180} = 0.0175 \alpha R$$

式中 L ——管子弯曲部分中性层的长度, mm;

无皱折热弯的主要操作包括划线、充砂、加热、弯曲、冷却和热处理等步骤。现分述如下:

①管子的划线 管子的划线是指在管子待弯曲部分,用白粉笔或颜料作上标记的操作过程,如图0-5所示。管子弯曲部分的长度,由下列公式计算: