

国家职业教育改革发展示范学校建设项目规划教材

制药过程与设备操作

主编 张红东

ZHIYAO GUOCHENG YU
SHEBEI CAOZUO



 郑州大学出版社

国家职业教育改革发展示范学校建设项目规划教材

制药过程与设备操作

主编 张红东

ZHIYAO GUOCHENG YU
SHEBEI CAOZUO



 郑州大学出版社

郑州

图书在版编目(CIP)数据

制药过程与设备操作/张红东主编. —郑州:郑州大学出版社,
2015.9

ISBN 978-7-5645-2519-4

I. ①制… II. ①张… III. ①制药工业-化工过程-职业教育-
教材②制药工业-化工设备-职业教育-教材 IV. ①TQ460.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 211245 号

郑州大学出版社出版发行

郑州市大学路 40 号

出版人:张功员

全国新华书店经销

郑州市诚丰印刷有限公司印制

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:11.5

字数:268 千字

版次:2015 年 9 月第 1 版

邮政编码:450052

发行电话:0371-66966070

印次:2015 年 9 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-5645-2519-4

定价:23.00 元

本书如有印装质量问题,请向本社调换



编审委员会

主 任 张橡楠

副主任 李 钦 贾和平 李光勇

编 委 王复斌 丁 辉 邢东志 郑 珂

张红东 邹 君 张俊鹏 毛艳华

杨晓晨 张 敏 费 娜 樊予惠

葛龙涛 厉 欢 卢鹏伟 王建涛



作者名单

主 编 张红东

副 主 编 左 艇

编 委 (以姓氏笔画为序)

左 艇 边雯雯 张红东

张莉娟 邹 君



序

推进职业教育的改革与发展是实施科教兴国战略、促进经济和社会可持续发展、提高国际竞争力的重要途径,是调整经济结构、提高劳动者素质、加快人力资源开发的重要举措。加快发展现代职业教育,是党中央、国务院作出的重大战略部署,对于深入实施创新驱动发展战略,加快转方式、调结构、促升级具有十分重要的意义。

近年来,随着我国经济社会的发展和老龄化进程的加快,人们对医药健康产品的需求越来越大。医药生产经营技术的进步,对相关从业人员的要求也越来越高,也给医药健康类职业院校的快速发展、深化教育改革、提高教育质量提出了新的要求。河南医药技师学院根据这一要求积极改革教育教学模式、教学方法,在课程体系、课程建设、教材建设等方面进行了积极探索和实践,取得了显著成效。

本系列教材围绕学生职业能力和职业素质培养主线,依照“工学结合、校企合作”要求,将医药生产经营中的新技术、新进展纳入教材,具有先进性、实用性和创新性,使教材更贴近专业发展和实际需要。按照“岗位导向,任务驱动”的职业教育特色,理论知识以“必须、够用”为度,实践教学突出“工学一体化”,有利于讨论式、探究式和自主学习,更加突出职业能力的培养。

教育教学改革是一个不断深化的过程,教材建设也是一个不断推陈出新、反复锤炼的过程。希望本系列教材的出版对医药职业教育教学改革和提高教育教学质量起到更大的推动作用,也希望使用教材的师生多提宝贵意见和建议,以便于及时修订、不断完善。

张橡楠

2015年3月



前言

《制药过程与设备操作》是化学制药专业的专业课教材。该教材是在《化学制药过程及设备》的基础上,结合目前教学要求,坚持以职业准入为标准,遵循“贴近企业、贴近岗位、贴近学生”的原则,增加了各单元操作典型设备的实训项目,使其具有较强的实用性、可读性和创新性,对普通职业技术学校化学制药专业的教学质量的提高起到积极的推动作用。

本教材根据单元操作的特点共分流体输送单元操作实训、传热单元操作实训、传质单元操作实训和典型化学反应设备单元操作实训四个模块。在阐述基本制药化工过程知识的同时,对制药反应设备的操作结合生产实际进行详细地介绍,增加实用性,从而使学生走上岗位后能更快地适应实际操作和技术应用工作,为今后从事制药事业打下坚实基础。

本书由张红东担任主编,左艇担任副主编,边雯雯、左艇编写模块一、二,张莉娟编写模块三,邹君编写模块四。限于编者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正,以使教材更加丰富完善。

编者

2015年6月



目录

绪论	1
----------	---

模块一 流体输送单元操作实训

项目一 液体输送管路拆装实训	2
任务一 液体输送相关知识介绍	3
任务二 液体输送管路拆装实训	22
项目二 气体输送机械实训	30
任务一 气体输送机械相关知识介绍	30
任务二 离心式通风机操作实训	37
项目三 非均相系的分离实训	41
任务一 非均相系相关知识	41
任务二 板框式压滤机操作实训	54

模块二 传热单元操作实训

项目一 换热器实训	60
任务一 传热相关知识介绍	60
任务二 传热操作实训	71
项目二 蒸发实训	76
任务一 蒸发相关知识介绍	76
任务二 蒸发操作实训	87
项目三 结晶实训	91
任务一 结晶相关知识介绍	91
任务二 结晶操作实训	96

模块三 传质单元操作实训

项目一 吸收与精馏	99
-----------------	----

任务一	吸收与精馏相关知识	99
任务二	塔设备实训	114
项目二	萃取和提取	120
任务一	液-液萃取原理与流程	120
任务二	萃取设备实训	122
任务三	固-液提取原理与方法	126
任务四	提取设备实训	127
项目三	干燥	132
任务一	干燥相关知识	132
任务二	干燥速率	135
任务三	干燥设备实训	138

模块四 反应设备单元操作实训

项目一	反应釜实训	156
任务一	反应釜相关知识	156
任务二	反应釜实训	161
项目二	发酵罐实训	166
任务一	发酵罐相关知识	166
任务二	发酵罐操作实训	169
参考文献		175

绪 论

一、制药工业发展现状

制药工业是根据中、西医结合临床实践生产医疗上所需的药品,即通过反应、分离、制剂等处理方法制成可供使用的药品。

近 20 年来,中国制药行业的快速发展,极大地带动了中国经济,2000 年医药工业生产总值超额完成“九五”计划的 15%,2010 年医药行业收入及利润总额同比增速为 25.69%、34.71%,到 2014 年,包括保健品、原料药和仿制药等在内的中国制药行业呈现出一片生机勃勃的景象,发展前景不可预估。

2014 年,药品零差价、电子处方、药品招标、仿制药及电商与传统药店经营模式的结合一度成为社会的聚焦话题。要发展经济,也要保证民生;要全面推行医保,也要考虑区域统筹;要与时俱进,也要兼顾中老型产业。这就是中国制药行业的现状:在矛盾中求发展。

2015 年,中国制药行业面临的问题还有很多。首先,截至 2014 年 11 月,国家食品药品监督管理局(CFDA)官方公布的数据显示,获得 2010 版《药品生产质量管理规范》(GMP)认证的中国制药企业仅有 4 100 家左右,不到全国制药企业总数的 70%。根据 CFDA 的最新要求,截至 2015 年 12 月 31 日,包括各类无菌制药、生物制品、血液制品等在内的所有中国制药企业都必须按时完成改革,达到 2010 版 GMP 的要求,否则就需要强行地停产整顿。

二、本课程的性质和任务

药品的种类很多,每一种药品都有其独特的生产过程,但归纳起来,各种不同的生产过程都是由若干个化学反应和若干个基本的物理操作有机组成,每一个基本的物理操作过程都称为一个单元操作,如流体输送、传热、蒸发、萃取、传质等。这样,我们就无须将每一个药品生产过程都视为一种特殊的或独有的知识加以研究,而仅研究组成药品生产过程的每一个单元操作即可。

制药化工过程及设备操作实训是一门理论与实践密切结合,并以单元操作为依托,训练学生动手能力和解决问题的能力,为今后实际工作打下一定基础的专业实训课。

在教学和学习过程中,要理论联系实际,强调学生树立工程概念,强化手动操作技能训练,使学生能掌握典型制药化工单元操作的基本原理及设备,并具备初步的实际操作技术。

模块一

流体输送单元操作实训



知识目标

1. 熟悉常用管子、阀门、管件,了解基本管路连接及管道布置技术。
2. 熟悉各种液体输送设备的工作原理、特点和应用范围,掌握离心泵结构特点及操作使用注意事项。
3. 熟悉各种气体输送机械的工作原理、结构特点及应用范围。
4. 掌握非均相物系的分离方法,熟悉常用的分离设备。



技能目标

1. 根据管道安装布置的原则,掌握基本的管路及管道拆装。
2. 熟悉离心泵特性并掌握泵的拆装。
3. 掌握离心式通风机的实训操作。
4. 掌握板框式压力机的操作过程。



项目一

液体输送管路拆装实训

流体是指具有流动性的物体,包括液体和气体。制药化工生产中所处理的物料大多数为流体,设备之间用管道连接起来。按照生产工艺要求,将物料从一个设备输送到另一个设备,由上一道工序移至下一道工序,逐步完成各种物理变化和化学变化,得到所需要的产品。因此,制药化工生产过程的实现都会涉及流体的输送。此外,大多数制药化

工单元操作也都与流体输送密切相关,因此,流体输送单元操作的学习是很有必要的。

液体输送管路拆装装置是由管道、管件、阀门、泵及测量仪表等组成。在实际生产中,只有把这些组成部分合理、正确地组装在一起才能保证装置的正常运行;并且,在将部件拆分时也有许多需要注意的方面,如如何合理使用工具,如何将部件编号、合理放置等。

任务一 液体输送相关知识介绍

(一) 管路的基本构成

流体通常在管路中输送,管路主要由管子、管件和阀三部分组成。在制药厂中,花费在管路上的资金通常要占总投资相当大的比重。另外,管子材料、管件和阀的形式、管路的布置对生产操作影响很大,决不可轻视。

1. 管子 管子是管路的主体。工业上根据输送流体的物化性质(如温度、压力、腐蚀性等)的不同,采用了许多不同材质的管子。在医药工业生产中经常使用的有以下几种:

(1) 铸铁管 铸铁管一般用作埋于地下的给水总管、煤气管和污水管,也可用于输送碱液和浓硫酸。它的价格低廉,而且耐腐蚀性比钢管好,但由于其强度低,故不宜于在有压力的情况下输送有害的、爆炸性的气体和像蒸汽一样的高温流体(图 1-1-1)。

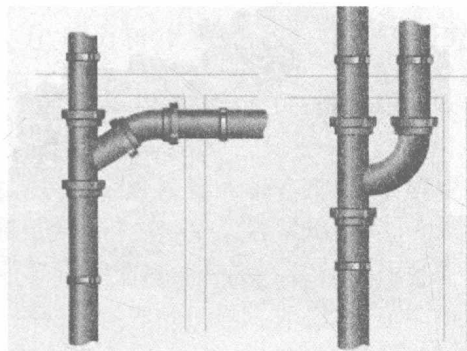
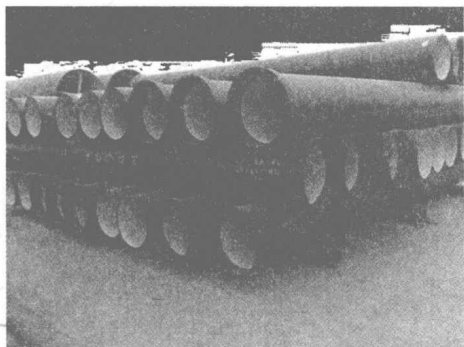


图 1-1-1 铸铁管

(2) 水、煤气管 水、煤气管是用低碳钢制作的焊接钢管(有缝钢管),分为镀锌管和黑铁管(不镀锌管)两种(图 1-1-2)。常用于输送水、煤气、暖气、压缩空气、低压蒸汽和冷凝及无腐蚀性流体。其极限工作温度为 448 K。水、煤气管分普通与加强两级。普通管的工作压力可达 100 kPa,加强管的工作压力可达 1 600 kPa。

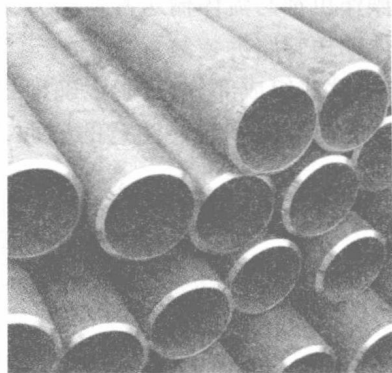
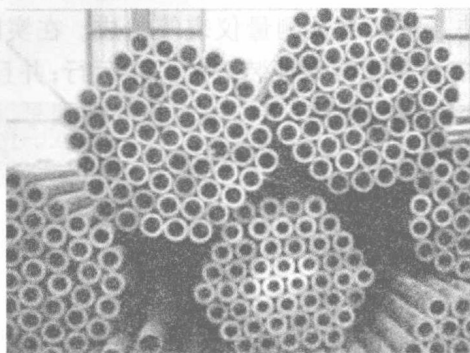


图 1-1-2 水、煤气管

(3) 无缝钢管 无缝钢管(图 1-1-3)是制药化工生产中使用最多的一种管型。它的特点是质地均匀、强度高,故一般用于输送压力、温度较高的流体(如蒸汽、高压水等)及有燃烧性、爆炸性和毒性的流体。它的极限温度为 708 K。输送高压、高温及腐蚀性流体时,通常采用合金钢或耐热钢制成的无缝钢管。

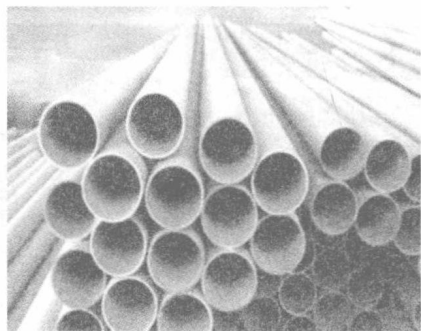
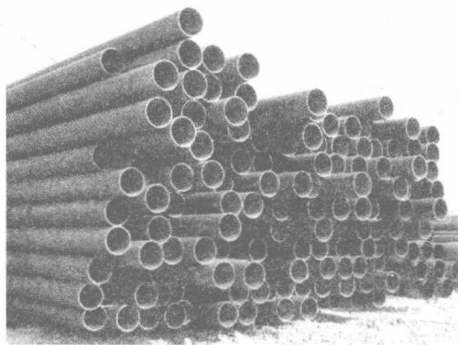


图 1-1-3 无缝钢管

(4) 不锈钢管 不锈钢管(图 1-1-4)是指各种不锈钢热轧、冷轧的不锈钢管,广泛应用于石油、化工设备管道和各种用途的不锈钢结构零件,除应保证化学成分和机械性能外,凡用作承受流体压力的钢管都要保证水压试验合格。各种专用钢管要按规定保证条件。钢管内外表面不得有裂缝、折叠、龟裂、裂纹、轧折、离层和结疤缺陷存在,这些缺陷应完全清除掉(供机械加工用管除外),清除后不得使壁厚和外径超过负偏差。不锈钢是不锈耐酸钢的统称,有不锈钢和耐酸钢之分,能抵抗弱、强腐蚀介质。由这类钢材制成的钢管具备抗腐蚀能力。制造方法与无缝钢管基本一致。

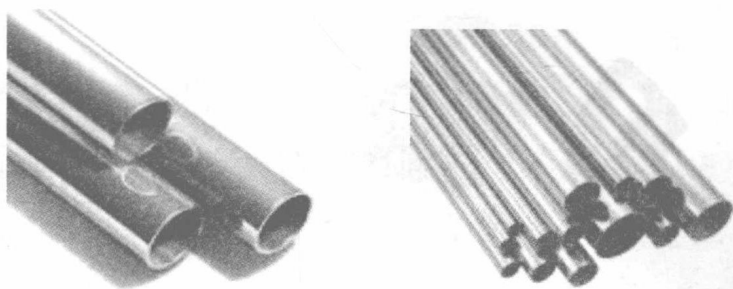


图 1-1-4 不锈钢管

(5)其他类型管 为了适应制药化工生产中各种流体的性质和传热的要求,生产中还常用有色金属(铜、铝、铅等)和非金属(塑料、石墨、陶瓷等)管,其中塑料管的应用越来越广泛。20 世纪 50 年代以后,随着石油化学工业的飞速发展,石油深加工技术日趋完善,塑料制品种类多样化,产量迅速增长,使之逐步发展成为一种新型工程材料。塑料管(图 1-1-5)和传统管材相比,具有重量轻,耐腐蚀,水流阻力小,节约能源,安装简便迅速,造价较低等显著优势,受到了管道工程界的青睐。为此,许多发达国家塑料管制造商与管道工程界进行了广泛的合作,投入了大量人力、物力和财力进行全面的开发研究,使原料合成生产、管材管件制造技术、设计理论和施工技术等方面得到了发展和完善,并积累了丰富的实践经验,促使塑料管在管道工程中占据了相当重要的位置。

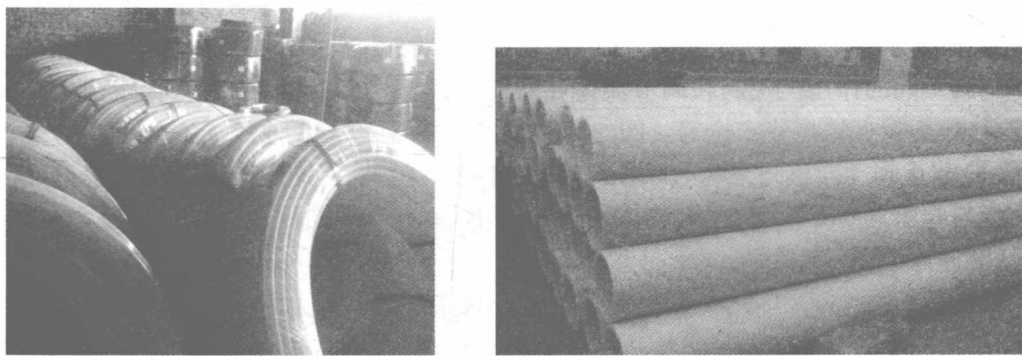


图 1-1-5 塑料管

2. 管件 ①用来改变管路的方向,统称弯头;②连接管路的支管,统称三通或四通;③连接两段管路,有管箍、活接头(油壬)、补心、外丝接头等;④堵塞管路,通常称为丝堵(图 1-1-6)。



图 1-1-6 各种管件

3. 阀 阀的作用是控制和调节流体在管路中的流动,如切断或开启管路,改变流体的流量、压力及保证操作安全等。阀的种类很多,主要有以下 3 种:

(1) 截止阀 截止阀又称为球心阀(图 1-1-7),它利用手轮旋转阀杆使阀盘升降,调节阀盘与阀座之间的距离,改变流体通道的大小,调节流体的流量。当阀盘压紧在阀座上时,流体通道即被切断。

截止阀的操作简单,易封闭,易调节流量。缺点是流体阻力大,开启和关闭时所需力较大,不适用于带颗粒、黏度较大、易结焦的介质。截止阀常用于自来水、蒸汽、压缩空气、真空管路,操作压力可达 32.5 MPa,工作温度可达 573 K。

截止阀的安装与维护应注意以下事项:①手轮、手柄操作的截止阀可安装在管道的任何位置上;②手轮、手柄及微动机构,不允许作起吊用;③截止阀只允许介质单向流动,安装时有方向性,介质的流向应与阀体所示箭头方向一致。

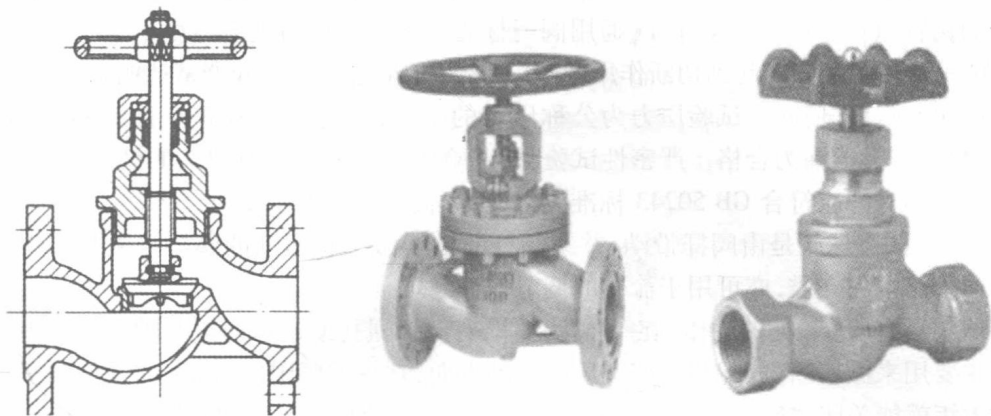


图 1-1-7 截止阀

(2) 闸阀 闸门阀简称闸阀(图 1-1-8),它犹如在管路中插入一块与管径相当的闸板,它通过旋转阀杆来控制闸板的升降,改变流体通道的大小,切断或是开启管路。在实际应用中,闸阀在管路中主要作切断用。锻钢闸阀是使用很广的一种阀门,一般口径 $DN \geq 50$ mm 的切断装置都选用它,有时口径很小的切断装置也选用闸阀。闸阀作为一种级别较低的阀门,比较常见。

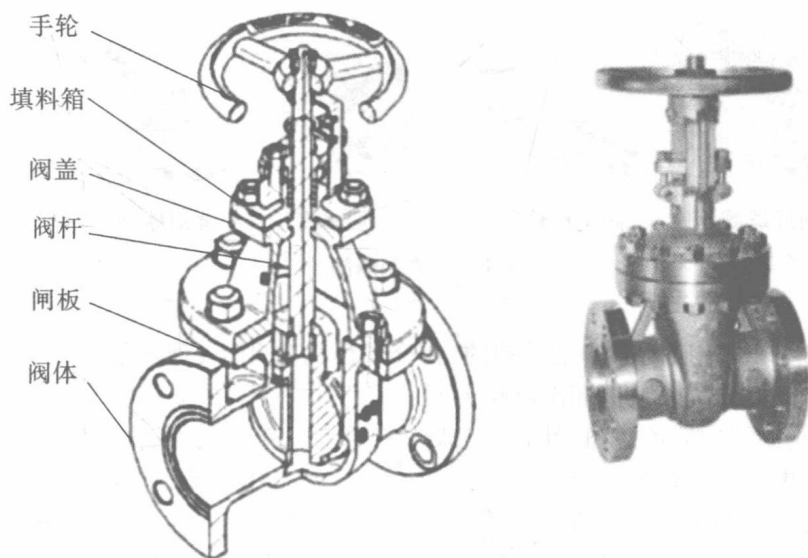


图 1-1-8 闸阀

闸阀的阻力小,开闭所需外力较小,介质的流向不受限制,但外形尺寸和开启高度都较大,安装所需空间较大,而且制造较困难,也不适用于输送含固体悬浮物的管道。闸阀一般工作压力最高可达 10 MPa,工作温度低于 393 K。

安装要点:①安装位置、高度、进出口方向必须符合设计要求,连接应牢固紧密。②安

装在保温管道上的各类手动阀门,手柄均不得向下。③阀门安装前必须进行外观检查,阀门的铭牌应符合现行国家标准《通用阀门标志》GB 12220 的规定。对于工作压力大于 1.0 MPa 及在主管上起到切断作用的阀门,安装前应进行强度和严密性能试验,合格后方准使用。强度试验时,试验压力为公称压力的 1.5 倍,持续时间不少于 5 min,阀门壳体、填料应以无渗漏为合格。严密性试验时,试验压力为公称压力的 1.1 倍;试验压力与试验持续的时间应符合 GB 50243 标准要求,以闸板密封面无渗漏为合格。

(3)球阀 球阀是由阀杆带动,并绕阀杆的轴线做旋转运动的阀门。主要用于截断或接通管路中的介质,亦可用于流体的调节与控制。

球阀具有旋转 90° 的动作,旋塞体为球体,有圆形通孔或通道通过其轴线。球阀在管路中主要用来做切断、分配和改变介质的流动方向,它只需要用旋转 90° 的操作和很小的转动力矩就能关闭严密。球阀最适宜做开关、切断阀使用,但近些年来的发展已将球阀设计成使它具有节流和控制流量的作用,如 V 型球阀。

球阀操作方便,开闭迅速,流体阻力小,全通径的球阀基本没有流阻,结构简单、体积小、重量轻,而且紧密可靠。它有两个密封面,目前球阀的密封面材料广泛使用各种塑料,密封性好,能实现完全密封。在真空系统中也已广泛使用。但是球阀加工精度高,造价昂贵,高温中不宜使用,如管道内有杂质,容易被杂质堵塞,导致阀门无法打开。

球阀安装与维护应注意以下事项:① 要留有阀柄旋转的位置;② 不能用作节流。

几种常用球阀(图 1-1-9),如下:



图 1-1-9 常用球阀

1) 浮动球球阀 球阀的球体是浮动的,在介质压力作用下,球体能产生一定的位移并紧压在出口端的密封面上,保证出口端密封。

浮动球球阀的结构简单,密封性好,但球体承受工作介质的载荷全部传给了出口密封圈,因此要考虑密封圈材料能否经受得住球体介质的工作载荷,在受到较高压力冲击时,球体可能会发生偏移。这种结构,一般用于中低压球阀。

2) 固定球球阀 球阀的球体是固定的,受压后不产生移动。固定球球阀都带有浮动阀座,受介质压力后,阀座产生移动,使密封圈紧压在球体上,以保证密封。通常在与球体相连的上、下轴上装有轴承,操作转矩小,适用于高压和大口径的阀门。

3) 三通球阀 三通球阀有 T 型和 L 型。T 型能使三条正交的管道相互联通和切断第三条通道,起分流、合流作用。L 型只能连接相互正交的两条管道,不能同时保持第三条管道的相互连通,只起分配作用。

4) 黄铜球阀 黄铜球阀主要用于切断、分配和改变管道内流体介质的流动方向,设