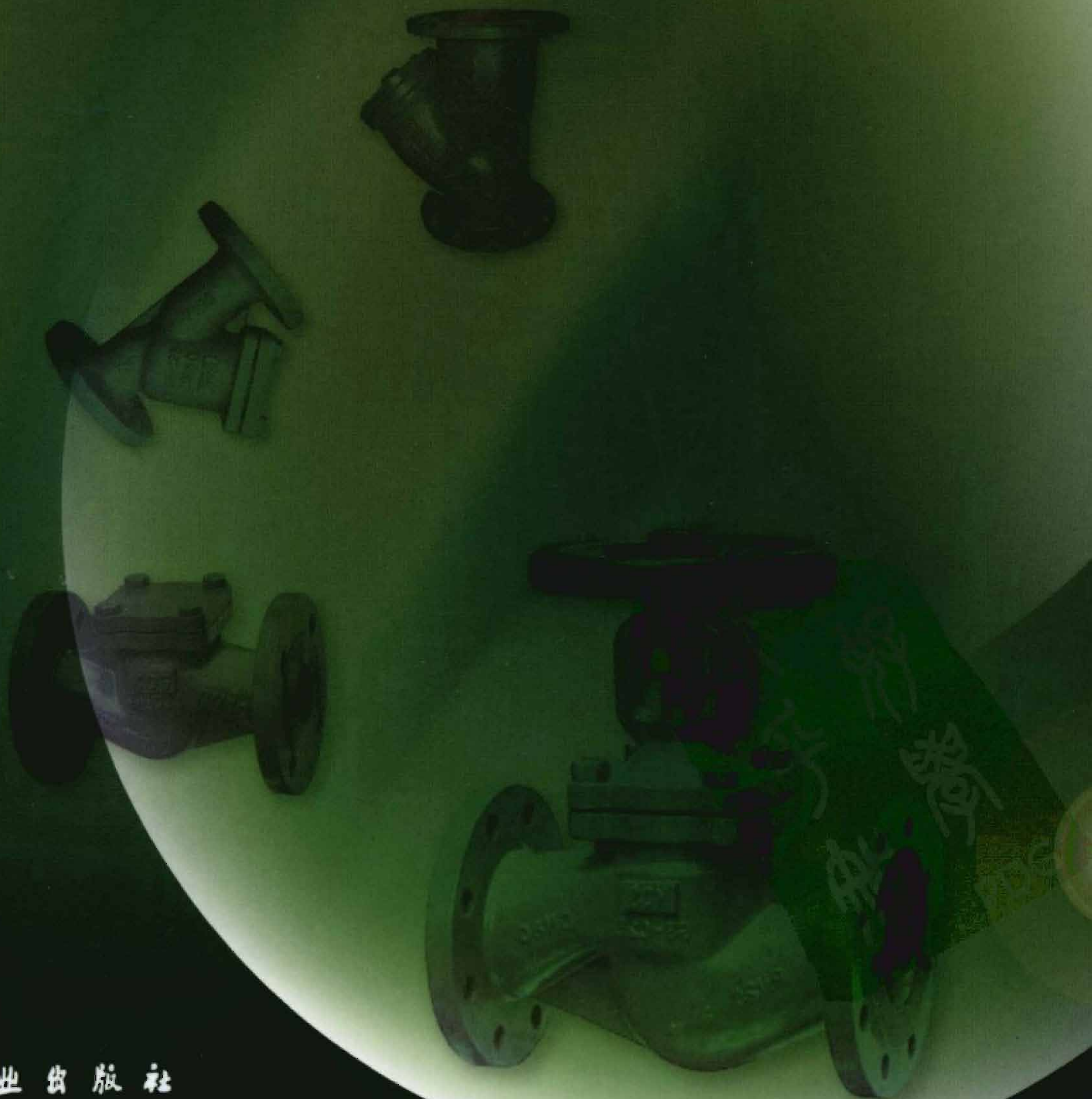


中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

化工管阀与维修

纪念 马骏 编



化学工业出版社

公共课

应用文写作
德育

唐国娟
覃珍兰

技工学生行为规范
数学

侯 杰
曾繁京

化工工艺专业

化工单元过程及操作
无机物工艺
有机化工工艺
精细化工工艺

刘红梅
杨 苗
丁蕙平
朱正斌

合成氨工艺
煤化工工艺
甲醇生产工艺
化工安全与环保

吴玉萍
陈启文
赵建军
智恒平

工业分析与检验专业

无机与分析化学
化学实验基本操作技术
化学分析操作技术

贺红举
姜淑敏
王 波

仪器分析操作技术
职业安全与环境保护

杨永红
张 荣

化工机械维修专业

化工机器与维修
化工设备与维护
➔ 化工管阀与维修

匡照忠
杨育红
纪 念

化工机械检修基础
化工机械检修实训指导

穆运庆
郑端阳

化工仪表与自动化专业

过程检测仪器
过程控制仪表

解西刚
张红翠

化工自动化
电工电子技术

李 京
冉勇宁

ISBN 978-7-122-02037-6



9 787122 020376 >



www.cip.com.cn
读科技图书 上化工社网

定价：13.00元

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

化工管阀与维修

纪念 马骏 编



化学工业出版社

· 北京 ·



本教材是依据 2007 年 2 月全国化工技校教育与教学指导委员会制定的《全国化工中级技工学校教学计划》和本课程的教学大纲而编写的。

本教材是化工机械维修专业的化工管阀与维修部分的专业课程用书。全书分四大课题，分别介绍化工管路标准化、阀门及其修理、管路施工、管路维护与检修。

本教材适用于技工学校教学，也可作为职业技术培训教材及相关专业技术人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

化工管阀与维修/纪念, 马骏编. —北京: 化学工业出版社, 2008. 2

中等职业学校规划教材·化工中级技工教材

ISBN 978-7-122-02037-6

I. 化… II. ①纪…②马… III. 化工设备-管道-阀门-维修-技工学校-教材 IV. TQ055.807

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 011882 号

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 李 娜

责任校对: 宋 夏

装帧设计: 王晓宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 7 字数 170 千字 2008 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 13.00 元

版权所有 违者必究

中等职业学校规划教材

全国化工中级技工教材编审委员会

主任 毛民海

副主任(按姓氏笔画排序)

王黎明	刘 雄	苏靖林	张文兵
张秋生	律国辉	曾繁京	

委员(按姓氏笔画排序)

马武飏	王 宁	王跃武	王黎明
毛民海	刘 雄	米俊峰	苏靖林
李文原	李晓阳	何迎建	宋易骏
张 荣	张文兵	张秋生	陈建军
林远昌	周仕安	郑 骏	胡仲胜
律国辉	郭养安	董吉川	韩 谦
韩立君	程家树	曾繁京	雷 俊

前 言

本教材是根据全国化工技校教育与教学指导委员会制定的《全国化工中级技工学校教学计划》组织编写的化工中级技工学校教材，也可作为化工企业工人培训教材使用。

本书主要介绍化工管路的标准化、管路的安装、维护与检修的基本知识和技能，阀门的基本知识与维修技能。

为了体现中级技工的培训特点，本教材内容力求通俗易懂、涉及面宽，突出实际技能训练。本书尽可能涵盖《国家职业标准》和《职业技能鉴定规范》中化工检修钳工初、中级工的有关要求。力求在理论与实习操作统一的基础上，使知识系统化、科学化，便于自学和实际应用指导。

本书在处理量和单位时执行国家标准（GB 3100-3102-93），统一使用我国法定计量单位。书中相关标准引用了现行国家标准。

本书由纪念、马骏编，王晓宇主审。全书共四个课题，绪论、课题三、课题四由纪念编写，课题一、课题二由马骏编写，王水等参加审议。

本教材在编写过程中得到中国化工教育协会、全国化工高级技工教育教学指导委员会及相关学校领导 and 同行们的大力支持和帮助，在此一并表示感谢。

由于编者水平有限，不妥之处在所难免，敬请读者和同行们批评指正。

编者

2008年1月

目 录

绪论	1
课题一 化工管路标准化	2
分课题一 化工管路材料	2
分课题二 化工管路的标准化	8
复习题	14
课题二 阀门及修理	15
分课题一 化工生产中常用阀门	15
分课题二 阀门的修理	34
分课题三 阀门的压力调定	43
实习课题	46
综合训练一、截止阀的修理	46
综合训练二、安全阀试验台压力调节	47
复习题	48
课题三 管路施工	50
分课题一 管路热变形与热补偿	50
分课题二 管路预制构件	55
分课题三 管路连接	69
分课题四 管路敷设	77
分课题五 化工管路的保温与涂色	90
实习课题	92
综合训练一、焊接弯头、三通制作	92
综合训练二、管路连接	92
综合训练三、回折管式补偿器制作	93
复习题	93
课题四 管路维护与检修	95
分课题一 管路故障处理准备	95
分课题二 常见故障处理	96
分课题三 管路验收	98
实习课题	103
综合训练 管路安装	103
复习题	104
参考文献	106

结 论

流体的流动与输送是化工生产过程中最基本和最常用的单元操作。化工管阀与维修是专门研究流体输送设备的专业技术课程，是化工管路维修人员的必备知识。

一、化工管路

1. 化工管路定义、作用与地位

流体通道既可以是某个设备，也可以是一段管路。从广义上来说，可以把它们统称为管路（也称为管道、管线）。管路是用来输送流体介质的一种设备，由输送、控制流体流动的管子、管件、阀门等组成。狭义地讲，化工生产中所使用的各种管路统称为化工管路。

化工管路的作用是把各个化工设备和机器连接起来，构成一个完整的、可控的流动系统。

在化工生产中管路的使用量非常庞大，仅管路的费用约占化工装置总投资的 1/3 左右。有人把化工生产企业比作为管路的世界；还有人把管路比作人体内的血管，粗细不同、纵横交错。管路把机器、设备连接成为一个连续、可控的整体装置，其地位就如同人体内的血管一样重要。

2. 化工管路安装与检修的特点及基本要求

一般化工生产有“高温高压、低温低压（真空）；易燃易爆；有毒有害；强腐蚀性；生产的连续性”的特点。此外，化工管路还有安装和检修工作量大、技术复杂、精度较高等特点。

化工管路安装与检修的基本要求：在化工装置建设与管路改造中，确保工艺流程的实现，管路布局合理，装置区与巡检区分离，管路能耗低，安装、检修便利；保证管路设备、人员及环境的安全。

这些管路的基本要求往往相互制约，要确保实现这些要求，需要在优化设计、安装和检修中不断地完善改造管路。

因此，掌握化工管路安装与维修技术，熟练地进行化工管路安装与检修，对保证化工生产的正常进行，具有非常重要的意义。

二、课程内容及学习方法

1. 课程主要内容

课程主要介绍化工管路标准化，管件和阀门的种类，管子和预制件的加工，管路的连接形式，管路的安装，管路热补偿问题，阀门的维护与检修及管路常见故障的类型、产生原因和消除方法等。教材以化工管路安装与检修两条主线穿插地介绍以上内容。

2. 课程学习方法

本课程实践性较强，实习训练过程中，应注意理论联系实际。把理论学习、现场实物和生产实习系统地联系起来。通过理论学习指导实习操作，通过实习操作去深化理解理论知识，通过实习训练课题及生产实习，增强分析问题、解决实际问题的能力。

课题一 化工管路标准化

分课题一 化工管路材料

化工管路中所使用的管子种类繁多，根据公称直径的大小可分为 51 个级别；根据管子可承受介质的压力可分为低压管 $[(2.5\sim 16)\times 10^5\text{Pa}]$ 、中压管 $[(25\sim 64)\times 10^5\text{Pa}]$ 、高压管 $[(100\sim 1000)\times 10^5\text{Pa}]$ 和超高压管（ $1000\times 10^5\text{Pa}$ 以上）四种；根据管材又可分为金属管、非金属管和衬里管三大类。

一、金属管

常用的金属管可分为钢管、铸铁管和有色金属管。

（一）钢管

钢管按材质分为碳素钢管、低合金管、不锈钢管。钢管按加工方法有无焊缝分为有缝钢管、无缝钢管。

1. 按材质分

（1）碳素钢管 碳素钢管的材料主要是低碳钢。制造中、低压管道的材料主要有普通碳素钢 Q215、Q235、Q255 和优质碳素钢 08、10、15、20 等牌号。

① 碳素钢管材的性能。碳素钢在大气中的腐蚀与大气的湿度、温度和成分有关。当大气中含有二氧化硫、二氧化碳、硫化氢、氨等气体时，能加快对它的腐蚀。在水中的腐蚀与水的含氧量有关，腐蚀速度随水中含氧量的增加而加快。在海水中的腐蚀速度比在淡水中快。

碳素钢在硫酸中的腐蚀与硫酸的浓度有关。当硫酸浓度较小时，腐蚀速度随硫酸浓度的增加而加快。硫酸浓度在 47%~50% 时，腐蚀速度最大。硫酸浓度继续增大时，铁发生钝化，腐蚀速度随硫酸浓度的增加而降低。

碳素钢在硝酸中的腐蚀与硝酸的浓度和温度有关。常温下，硝酸浓度超过 50% 时，碳素钢发生钝化，腐蚀速度减慢。如硝酸浓度增加到 90%，腐蚀速度加快。温度升高时，钝化易被破坏，腐蚀速度加快。

碳素钢在盐酸中的腐蚀速度随盐酸浓度的增加而加快，并且还与钢中的含碳量有关。

碳素钢在有机酸中的腐蚀速度随溶液的含氧浓度和温度的升高而加快。但腐蚀作用比同等浓度的无机酸弱得多。

碳素钢在碱溶液中相对稳定。在高温熔融碱中，会发生强烈的腐蚀。

碳素钢在无水的甲醇、乙醇等有机溶剂中腐蚀不大。

② 适宜输送的介质。碳素钢管材广泛用于石油、化工、机械、冶金、食品等各种工业中。碳素钢管能承受较高的压力，能耐较高的温度，可用来输送蒸汽、煤气、天然气、氢气、氧气、乙炔、氨、液氨、水、油类等介质。

(2) 低合金钢管 低合金钢管主要特点是高强耐热,并具有一定的耐腐蚀性。下面介绍几种常用的低合金钢材料。

① 16Mn (16 锰)。具有良好的力学性能和加工性能,使用温度为 $-40\sim 475^{\circ}\text{C}$,耐腐蚀性比 20 号钢高。它主要用于制造中、高压管道和容器。

② 12CrMo 和 15CrMo (12 铬钼和 15 铬钼)。具有足够的蠕变强度和抗氧化能力,因此耐热性能好,并有一定的抗氢抗硫作用。12CrMo 钢使用温度为 $350\sim 450^{\circ}\text{C}$ 以下,15CrMo 钢使用温度为 $350\sim 560^{\circ}\text{C}$ 以下。它们的冷加工性能良好,可冷弯和热弯,焊接性能好,主要用于输送高温高压水汽介质和中温中压含氢介质(如半水煤气、氢氮合成气等)以及高温油品油气。

③ 12Cr1MoV (12 铬 1 钼钒)。耐热性能高于 12CrMo 和 15CrMo,其使用温度为 $350\sim 580^{\circ}\text{C}$ 。

④ 12Cr2MoWVB 和 12Cr3MoVSiTiB (12 铬 2 钼钨钒硼和 12 铬 3 钼钒硅钛硼)。12Cr3MoVSiTiB 钢的最高使用温度为 650°C ,耐热性能较高,主要用于高参数的水汽介质管道和高压化肥管道。

⑤ Cr2Mo 和 Cr5Mo (铬 2 钼和铬 5 钼)。对含硫化氢气和高温石油产品有很好的耐热性和耐腐蚀性。主要用于输送石油化学工业中的高温油品油气及氢氮腐蚀性介质。

(3) 不锈钢管 常用的不锈耐酸钢管有以下几种。

① 1Cr13 (1 铬 13)。具有较高的韧性和冷变形性能,在 700°C 以下具有足够高的强度和热稳定性。在腐蚀性不太高的介质中,某些浓度不高的有机酸,温度不超过 30°C 的条件下有良好的耐腐蚀性。对淡水、海水、氨水溶液、湿空气和热的石油产品也有足够的耐腐蚀能力。可用于输送清洁度较高而又要求防止污染的介质和腐蚀性不高的有机酸、碱等。

② 1Cr18Ni9Ti (1 铬 18 镍 9 钛)。它是一种应用很广的奥氏体不锈耐酸耐热钢,简称 18-8Ti 钢。有良好的耐腐蚀性。由于其强度高、耐腐蚀性好、可焊性好,因而广泛用于硝酸、合成氨、制碱、甲醇、医药、轻工等工业生产中,它是不锈耐酸钢中应用最广的一个钢号。使用温度为 $-196\sim 700^{\circ}\text{C}$,最高不超过 800°C 。

③ Cr25Ti (铬 25 钛)。对起氧化作用的酸类,特别是对一定浓度和温度的硝酸,具有良好的耐腐蚀性能。此外,也耐碱性溶液、无氯盐水、油脂、苯等介质的腐蚀。适用硝酸厂、硝酸厂以及腐蚀性不强、又要防污染的设备 and 管道,用以代替 1Cr18Ni9Ti 钢。主要用于薄壁常压高温设备和管道。

Cr25Ti 钢的韧性较差,不宜在 0.294MPa 以上的压力下使用。耐高温性能较好,可在 $1000\sim 1100^{\circ}\text{C}$ 以下使用,但不宜用于 0°C 以下的低温。

④ 0Cr18Ni12Mo2Ti 和 0Cr18Ni13 Mo2Ti (铬 18 镍 12 钼 2 钛和铬 18 镍 13 钼 2 钛)。简称 Mo2Ti,是用途较广的奥氏体耐酸钢。在硫酸、盐酸和某些有机酸中的耐腐蚀性大大提高。

2. 钢管按加工方法分为有缝和无缝钢管

(1) 有缝钢管 有缝碳素钢管最常见的是有水、煤气钢管和电焊钢管两种。

① 水、煤气钢管。水、煤气钢管是用扁钢经过卷制成管形并把对缝焊接而成的管子。其外表面有镀锌(白管)和不镀锌(黑管)的(镀锌管比不镀锌管重 $3\%\sim 6\%$);管壁厚度有普通和加厚的;管端有带螺纹和不带螺纹的。

水、煤气钢管的耐压强度低,一般使用在压力不高的管路上,能承受的最大工作压力:

普通壁厚的钢管不大于 $6 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，加厚的钢管不大于 $100 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。工作温度不宜超过 175°C 。水、煤气钢管一般用于输送水、煤气、压缩空气等介质；也常用作采暖系统的管路。水、煤气钢管的规格和质量见表 1-1。

表 1-1 水、煤气钢管的规格和质量 (GB 3091—2001)

公称口径 /mm	公称外径 /mm	普通管		加厚管	
		公称壁厚/mm	理论质量/(kg/m)	公称壁厚/mm	理论质量/(kg/m)
6	10.2	2.0	0.40	2.5	0.47
8	13.5	2.5	0.68	2.8	0.74
10	17.2	2.5	0.91	2.8	0.99
15	21.3	2.8	1.28	3.5	1.54
20	26.9	2.8	1.66	3.5	2.02
25	33.7	3.2	2.41	4.0	2.93
32	42.4	3.25	3.36	4.0	3.79
40	48.3	3.5	3.87	4.5	4.86
50	60.3	3.5	5.29	4.5	6.19
65	76.1	3.75	7.11	4.5	7.95
80	88.9	4.0	8.38	5.0	10.35
100	114.3	4.0	10.88	5.0	13.48
125	139.7	4.5	13.39	5.5	18.20
150	168.3	4.5	18.18	6.0	24.02

注：1. 表中的公称口径系近似内径的名义尺寸，不表示公称外径减去两个公称壁厚所得的内径。

2. 根据需方要求，经供需双方协议，并在合同中注明，可供表中规定以外尺寸的钢管。

② 电焊钢管。电焊钢管是用软钢板条，采用直卷法或螺旋法制成管形后经过电焊而成的，一般用于承受压力较低或无严格要求的管路上。其规格用外径×壁厚表示。

(2) 无缝钢管 无缝钢管是由圆钢坯加热后，经穿管机热轧制而成的，或者再经过冷拔成为直径较小的管子，因为它没有接缝，所以称它无缝管，前者为热轧无缝钢管，后者为冷拔无缝钢管。无缝钢管的强度比有缝钢管的强度高，可作为高压、易燃、易爆、有毒介质的输送管路。当需输送强腐蚀介质时，一般采用不锈钢或耐酸钢的无缝管。无缝管的规格用外径×壁厚表示。

(二) 铸铁管

铸铁管分为普通铸铁管、球墨铸铁管和硅铁管。铸铁管比普通碳钢管耐腐蚀，故常用于埋地的给水和煤气等压力流体的输送管道。

① 普通铸铁管。普通铸铁管用优质灰铸铁铸造。由于铸铁管对泥土、酸碱的耐蚀性好，所以常被埋入地下作为上水总管、煤气总管或污水管等。但是，普通铸铁管由于强度低、材质结构疏松、容易脆裂，所以不能用做蒸汽或在较高压力下输送易燃、易爆及有毒介质的管路。普通铸铁管的管端头有承插式和法兰式两种，其结构如图 1-1 (a)、(b) 所示。

② 球墨铸铁管。球墨铸铁管强度比普通铸铁管高，也具有对泥土、酸碱的耐蚀性好的特性。根据出厂前水压实验、压力和抗拉强度实验，可适用于输送工作压力 $\leq 1.5 \text{ MPa}$ 的介质，具有壁厚薄和承压高等特点。

③ 硅铁管。含碳 $0.5\% \sim 1.2\%$ ，含硅 $10\% \sim 17\%$ 的铁硅合金。当含硅量为 14.5% 时，它具有很高的耐腐蚀性。因为管材表面与腐蚀性介质作用后，会生成坚固的氧化硅保护膜，以保护金属内部不受腐蚀。随含硅量的增加，耐腐蚀性能也增加。当含硅量大于 17% 时，抗腐蚀能力增加极微，而机械强度却急剧下降。硅铁管能承受多种强酸的腐蚀，是化工生产

中很好的耐腐蚀管材。但是它的硬度很高，脆性较大，当受到敲击、碰撞、局部受热或局部急剧冷却时都容易产生破裂，所以在使用时应特别注意，在维修工作中需要修磨时，必须使用金刚砂轮。硅铁管结构如图 1-2 所示。

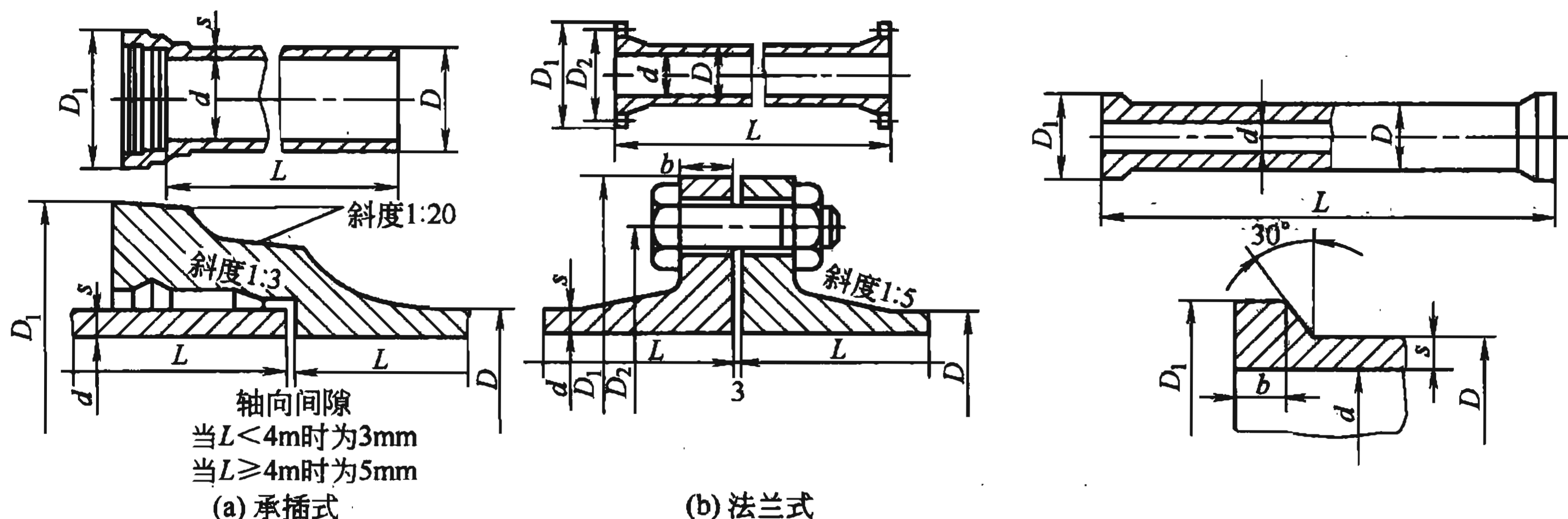


图 1-1 普通铸铁管

图 1-2 硅铁管

(三) 有色金属管

化工生产中常用的有色金属管有铜管、铝管和铅管三种。

(1) 铜管 常用的铜管有紫铜管和黄铜管两种。其规格用外径×壁厚表示。

① 紫铜管。紫铜管是用纯铜经拉制或压制出来的无缝管，在低温的情况下具有良好的机械性能，所以通常被用于空分及制氧设备的低温管路，也常用作输油管路。当铜管的工作温度升高时其机械性能会降低，所以不能在高温下使用。

② 黄铜管。黄铜管是以铜锌合金为材质，经拉制或压制出来的无缝管。其机械强度高于紫铜管，通常用作中小型列管式换热器中的管束。

(2) 铝及铝合金管 铝及铝合金管是通过拉制而成的无缝管。用于输送脂肪酸、硫化氢、二氧化碳等介质；也可用于输送硝酸、醋酸等化学介质。但不可用于碱液、盐酸，特别是含氯离子的液体输送。由于铝在低温的情况下能保持较好的机械性能，故在空气分离及冷冻系统中也得到广泛的应用。当温度升高时，铝管的机械性能会明显地下降，所以其使用的工作温度不宜超过 160℃。其规格用外径×壁厚表示。

(3) 铅管及铅合金管 铅管及铅合金管是经铸造而成的。用于输送浓度小于 70% 的硫酸、浓度小于 60% 的醋酸或氟氯酸，其最高使用温度为 200℃。铅管及铅合金管具有重量大、熔点低、导热性差、机械强度差以及有毒性等缺点，所以在不少场合已被塑料管代替。铅管及铅合金管的规格用外径×壁厚表示。

(4) 钛管 钛管具有相对密度小、强度高、耐腐蚀性能好等优点。广泛应用于航空、航天、海洋、医药、仪表等各个领域。

二、非金属管

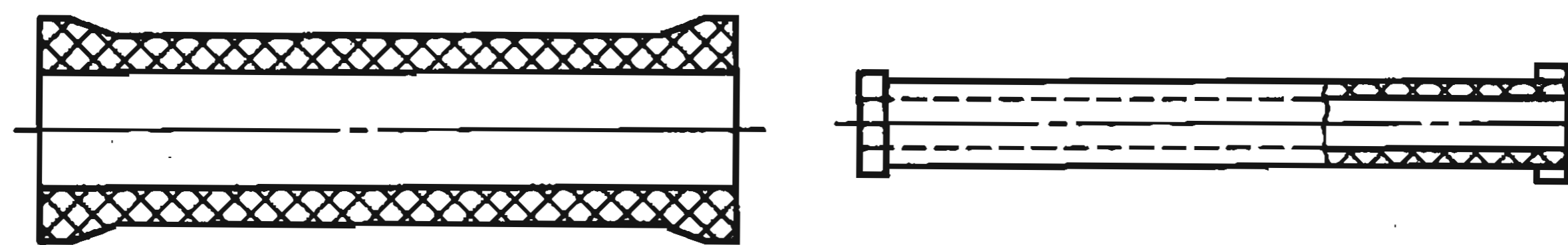
由于非金属管具有质轻、价廉、耐腐蚀的特点，且随着科学技术的发展，强度更高、性能更好的非金属材料的不断研制和采用，在化工生产中的使用范围也越来越广。常用的非金属管如下。

1. 塑料管

塑料管能承受稀酸、碱液等介质腐蚀，机械加工性能好，质量轻所以在化工生产中应用

极为广泛。但是，塑料管不能承受浓酸的氧化和碳氢化合物的作用。常用的塑料管如下。

(1) 酚醛塑料管 酚醛塑料（即苯酚甲醛塑料）是热固性材料，其特点是经过热成型制管后，不能再进行任何变形加工，但其强度要比硬聚氯乙烯塑料管高，“老化”也比硬聚氯乙烯塑料管来的慢。酚醛塑料管可分为两种：一种是用酚醛树脂和石棉作主要原料制成的塑料管；另一种是用浸渍过酚醛树脂的棉布，经卷压而成的夹布酚醛塑料管。如图 1-3 (a)、(b) 所示。



(a) 石棉酚醛塑料管

(b) 夹布酚醛塑料管

图 1-3 酚醛塑料管

(2) 硬聚氯乙烯塑料管 硬聚氯乙烯塑料管为热塑材料制成，安装和维修时易于加工，通常只需稍微加热，即可进行弯制。除强氧化剂外它能承受多种酸、碱介质的腐蚀，并由于其导热性差、热容量较小，故其使用时一般不需设置保温层。但是，输送热介质时，温度不宜超过 60°C ，并且管路遇热后的膨胀量大，需加设补偿器进行热补偿。同时，管路易受气温和阳光的影响，随时间的增长会“老化”变质。

(3) 聚氯乙烯软管 聚氯乙烯软管是由聚氯乙烯树脂、增塑剂、稳定剂等经挤压而成，用于输送液体。

(4) 聚乙烯管 聚乙烯管由高、低压聚乙烯粒状树脂经挤压而成，它具有良好的耐腐蚀性、耐溶剂性能，介电性好、吸水性小、无毒、质轻，可供输送腐蚀性液体。

(5) 聚四氟乙烯管 聚四氟乙烯管是由聚四氟乙烯分散聚合树脂在常温下以有机溶剂为助挤剂，用推压法成型的。可输送 $-180\sim 250^{\circ}\text{C}$ 的腐蚀性流体和作高频绝缘导线等。

(6) ABS 工程塑料管 性能：使用介质温度为 $-40\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，使用介质压力不大于 1.0MPa 。ABS 管是由丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚体经注射加工而成型的，用于稀盐酸、稀硫酸、稀硝酸和生活水管等。

2. 尼龙1010 管

尼龙 1010 管对大多数化学物质具有良好的稳定性，但不宜与强酸类、强碱类、酚类等介质直接接触。

3. 石英玻璃管

石英玻璃管可分为透明石英玻璃管和不透明石英玻璃管两种。它是二氧化硅的熔融物，耐腐蚀性特别强，除氢氟酸外，即使在高温下对硫酸、硝酸、王水也具有很高的抵抗能力。

(1) 透明石英玻璃管 透明石英玻璃管具有化学稳定性高、透明、光滑、价廉等优点。一般常作实验室用管路。透明石英玻璃管在管路中有松套法兰、承插和套筒式等几种连接形式。

(2) 不透明石英玻璃管 不透明石英玻璃管适用于耐高温、耐强酸、耐电压以及对热稳定性有一定要求的管路。

4. 玻璃钢管

玻璃钢管又叫玻璃纤维增强塑料管。它具有质量轻、强度高、耐高温、耐腐蚀、绝缘、

隔音、隔热等优点。随着化学工业的发展玻璃钢管的应用日益广泛。

5. 耐酸陶瓷管

耐酸陶瓷管是用耐酸陶瓷经高温烧结而成的。它具有很好的耐腐蚀性，因此，可作为输送具有腐蚀性介质的管路。耐酸陶瓷管的结构如图 1-4 所示。

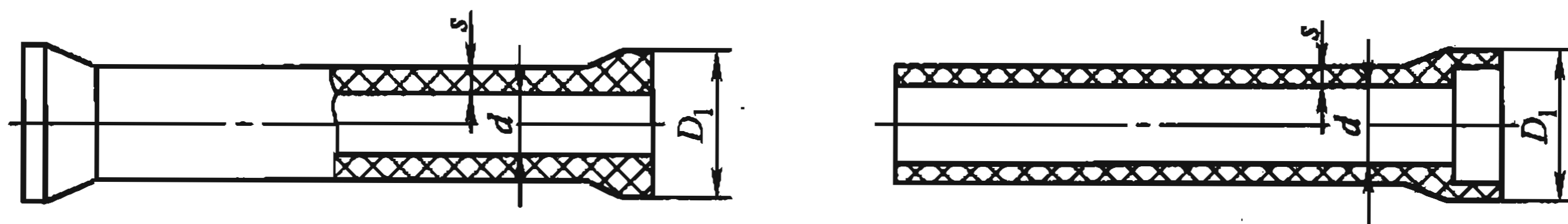


图 1-4 耐酸陶瓷管

6. 橡胶管

橡胶管按用途不同，可分为抽吸管、压力管、蒸汽管等几种，按结构不同又可分为纯橡胶的小直径管、橡胶帆布挠性管、橡胶螺旋钢丝挠性管等几种。橡胶管能耐多种介质的腐蚀。但在化工管路中使用较少，一般只作临时性管路或作为某些管路的连接件。

7. 不透性石墨管

不透性石墨是惟一的一种既耐腐蚀又有高的导热、导电性能的非金属材料。不透性石墨常用于制造各种石油化工用换热设备、氯化氢合成炉、机泵和管子、管件等。

不透性石墨管可分为压型不透性石墨管和浸渍类不透性石墨管。一般适用于制造 $DN \leq 80$ 的管子，使用温度小于 170°C 、使用压力小于 0.3MPa 的液体和使用压力小于 0.2MPa 的气体。

三、衬里管

衬里管又称为复合管。这种管材的管壁由两种不同的材料组成，管壁外层是强度较高的金属材料，管壁内层是耐腐蚀材料，经过特殊工艺，紧密地结合在一起，成为复合管。衬里材料很多，属于金属的有铅、铝及不锈钢等；属于非金属材料的有搪瓷、玻璃、普通塑料、无毒塑料及橡胶等。衬里管可用于输送各种不同的腐蚀性介质，无毒材料衬里管可以用于输送生活饮水及室内供气和供热管道。衬里管的应用可大大节省贵金属，降低工程费用，所以已获得广泛应用。其结构如图 1-5 所示。其具有强度高、耐蚀性好的优点。

(1) 衬橡胶管 衬橡胶管的基体一般为碳钢、铸铁。衬层有硬橡胶、半硬橡胶、软橡胶等。将衬层用黏合剂黏合在钢管的内壁上，再加以硫化，即成为衬橡胶管。衬橡胶管没有统一标准，一般按图样要求制造。

(2) 衬玻璃管 衬玻璃管不仅具有优良的耐腐蚀性、耐磨性、光洁性，而且克服了玻璃的脆性，提高了机械强度和耐温急变性能，同时制造简单，使用方便，成本较低，有着广泛的发展前途。

(3) 衬搪瓷管 由于搪瓷层对金属的保护，搪瓷具有优良的耐腐蚀性能和力学性能，并能防止某些介质与金属离子起作用而引起的污染，所以在石油、化工生产中，尤其是在医药、农药、合成纤维生产中得到广泛的应用。

(4) 渗铝钢管 在低碳钢管表面渗铝或热浸镀铝后，便成渗铝钢管，这样可大大提高

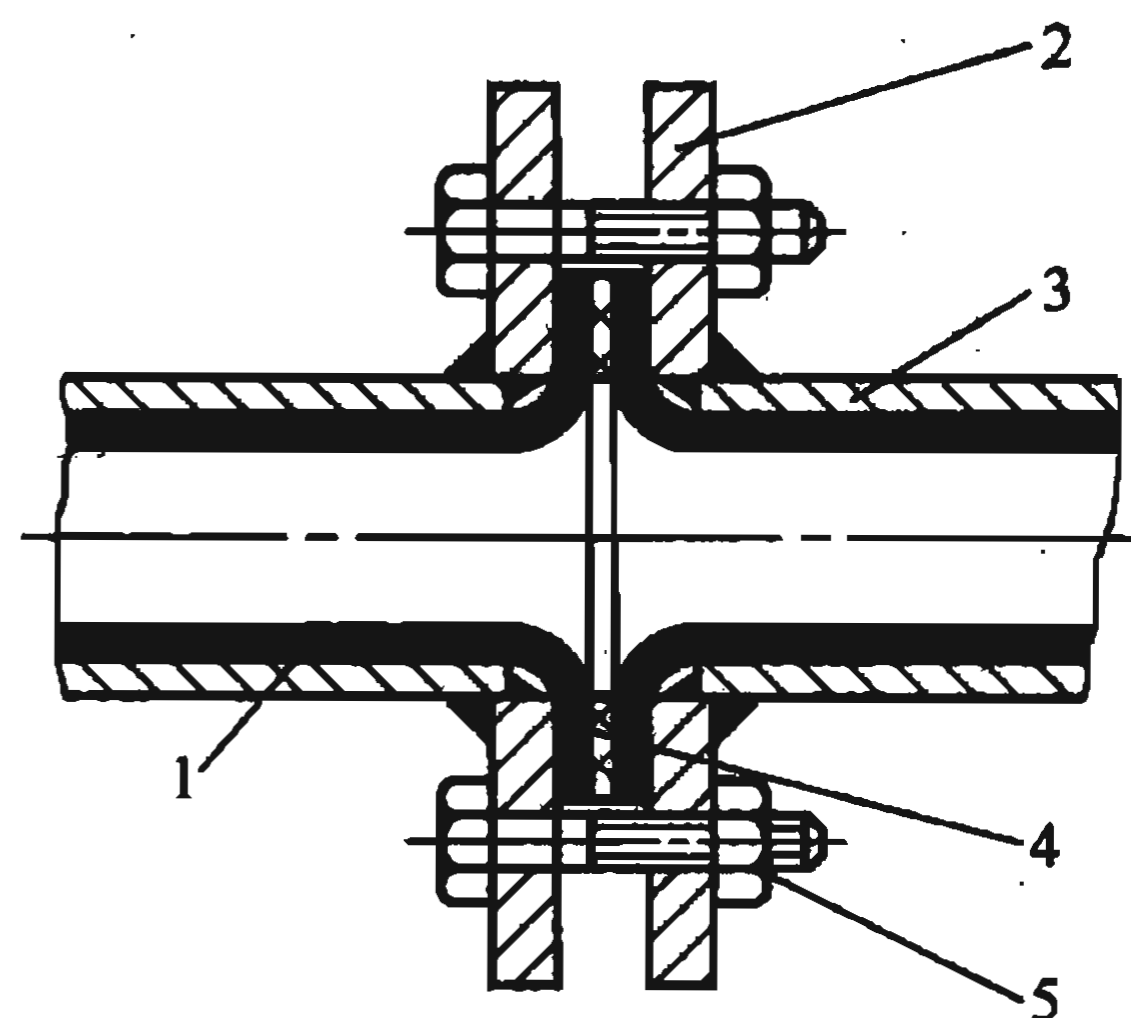


图 1-5 衬里管的结构

1—衬胶层；2—管法兰；3—管体；
4—软橡胶垫片；5—螺栓

钢材的耐热抗氧化性能和对某些介质的耐腐蚀性能，所以在化工生产中得到了广泛的应用。

(5) 衬铅钢管 衬铅管主要应用于硫酸、磷酸、磷肥、化纤等工业。

(6) 衬塑铝管 衬塑铝管又称为塑铝复合管，这是一种新型的高科技产品。塑铝复合管的管材及管件外层为高强度、耐腐蚀的铝合金材料，内衬为符合食品卫生标准的无毒塑料，这种管材内衬塑料，管内壁光滑不易结垢，对流体不污染；外层为铝合金，不生锈，能避免阳光对塑料的直接照射，防止塑料老化，同时具有金属管强度高的特点，外表美观。塑铝复合管的特点是强度高、耐腐蚀、无毒、耐温、阻燃，连接严密、质量轻，成为饮水、给水管的首选管材，也可作为室内供气、供热的管材，对于工作压力不大于 1.6MPa、工作温度在 $-20\sim 95^{\circ}\text{C}$ 范围内的低压流体的输送都适用。塑铝复合管有专用连接管件，与管材相匹配。这种管材目前尚无统一标准。

分课题二 化工管路的标准化

化工管路的标准化规定了管子、管件及管路附件的公称直径、连接尺寸、结构尺寸以及压力的标准。其中直径和压力标准是其他标准的依据，据此就可以确定所选管子和所有管路附件的种类和规格等，为化工管路的设计、安装和维修提供了方便。

一、管路的直径标准

(1) 公称直径 化工管路的公称直径又称公称通径，是各种管子和管路附件即管路元件的通用直径。是为设计、制造、安装、维修方便而规定的一种标准直径。同一公称直径的管子和管路附件均能相互连接在一起，具有互换性。有的制品的公称直径等于实际内径。例如，阀门和铸铁管等。无缝钢管的公称直径是指其外径。

但大多数制品的公称直径既不是实际内径也不是实际外径，而是和内径相接近的一个整数，是经过圆整了的一个参考数值，和实际尺寸相近，但不相等。

公称直径国际上约定用 DN 表示，后面的数字表示管子公称直径的数值，单位是 mm 。例如， $DN200$ ，表示制品的公称直径是 200mm 。

现行的管路元件 DN （公称尺寸）优先选用的数值，见表 1-2。公称直径在 $1\sim 4000\text{mm}$ 范围内由 51 个级别组成，其中 15、20、32、40、50、65、80、100、125、150、200、250、300、350、400、500、600、800、1000 等 20 个级别是化工管路常用的通径。

表 1-2 管路元件 DN （公称尺寸）(GB/T 1047—2005)

公 称 直 径/mm							公 称 直 径/mm						
6	20	50	125	300	500	900	1400	2000	2800	3600			
8	25	65	150	350	600	1000	1500	2200	3000	3800			
10	32	80	200	400	700	1100	1600	2400	3200	4000			
15	40	100	250	450	800	1200	1800	2600	3400				

(2) 公称直径的表示法 公称直径有公制和英制两种表示法。公制的表示法如上所述，英制的以英寸为单位，公英制换算关系为

$$1\text{in(英寸)}=25.4\text{mm}$$

对于螺纹连接的管子，公称直径习惯上通用英制管螺纹尺寸表示，见表 1-3。

表 1-3 公称尺寸相当的管螺纹尺寸

mm	in	mm	in	mm	in	mm	in	mm	in
8	1/4	20	3/4	40	3/2	80	3	150	6
10	3/8	25	1	50	2	100	4	200	8
15	1/2	32	5/4	65	5/2	125	5	250	10

二、管路的压力标准

压力的单位采用国际单位制，用 Pa 表示；常用单位有 $1 \times 10^5 \text{ Pa}$ ($1 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 1 \text{ kg/cm}^2$) 和 MPa (兆帕)， $1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$ 。管路压力可分为公称压力、试验压力和工作压力。

(1) 公称压力 公称压力是为设计、制造、安装和维修的方便而规定的一种标准压力。公称压力用 PN 表示，后面附加压力数值。例如， $PN100$ 表示公称压力为 $100 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(2) 试验压力 试验压力是对管路进行水压强度试验和密封试验而规定的一种压力，用 p_s 表示，后面附加压力数值。

例如： $p_s 120$ 表示管路的试验压力是 $120 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

(3) 工作压力 亦称操作压力，是为保证管路工作时的安全而规定的一种最大压力。因管路制作材料的机械强度随温度的升高而降低，故管路所能承受的最大工作压力也随介质温度的升高而降低。工作压力用 p 表示，由于工作压力是指在给定温度下的操作压力，所以有时在工作压力的符号 p 下注缩小 10 倍后的工作温度。例如：在 400°C 下的工作压力为 $100 \times 10^5 \text{ Pa}$ 时，计作 $p_{40} 100$ 。

三、管子及选用

1. 化工工艺配管的基本要求

选用何种管材和何种尺寸的管子，是配管设计的基本问题。选定管道的材质时，应选用与管内介质相适应的材料。选用时，要考虑介质的温度和压力的波动情况，还要考虑介质不是纯净的，含有多种不纯成分会带来化学的、机械的复合侵蚀作用。此外，还要考虑外界环境中的种种化学成分和湿度的腐蚀影响。选用管道的直径和壁厚尺寸时，同样要考虑多方面的条件，以选定最适当的直径和壁厚尺寸。还要考虑经济性、市场性、维护检修、施工性甚至造型美观等。

(1) 管材的选用 选用管材的时候要考虑以下情况：对介质的耐化学腐蚀性；对周围环境的耐化学腐蚀性；电解腐蚀性；耐高温、低温性能；应力腐蚀性；氢脆；可加工性；是否符合规范和标准；还要考虑市场性和经济性。

(2) 管子类型及连接的选用 管子类型的选用主要是根据生产设计以及介质性质和压力的需要选择合适的管子。管道连接是根据设计图纸和有关规范的要求，选用合适的连接方式，常用的连接有螺纹连接、焊接连接、法兰连接、承插连接、胀管连接等多种方法。在管路的施工安装中，可根据管子的材质、壁厚、管径设计与工艺要求以及现场的具体条件等不同情况，选用不同的连接方法，各种连接方法的特点将在后面的课题中具体介绍。

2. 化工管路中管子的基本确定

(1) 管径的基本确定 在工业生产中，当输送流体的能力一定时，管径的大小直接影响经济效果。管径小，介质流速大，管道压力增大，从而增加了流体输送设备（压缩机或泵）的动力载荷，使操作费用升高。反之，增大管径，虽动力费用减小，但管道建造费用却增

高。因此，设计上必须合理地选择管径。确定管径的主要方法有两种：公式法和查图（表）法。

(2) 管子壁厚的确定 管子壁厚不仅与介质的工作压力有关，还要考虑温度应力、重力载荷等所造成的应力作用，同时还要考虑介质对管壁的腐蚀以及制造管子时壁厚的负公差等因素。管子壁厚计算公式比较多，这里不予以介绍。在满足压力和管径的要求下，应当选用最小壁厚才经济。

(3) 管子的选用 根据上述内容，先根据介质性质选定管材，再选定管子的管径和壁厚，综合考虑经济性、市场性、维护检修、施工性甚至造型美观等选定管子。

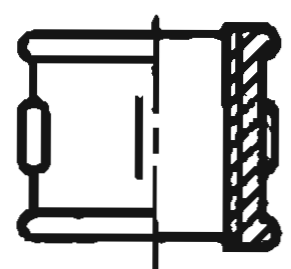
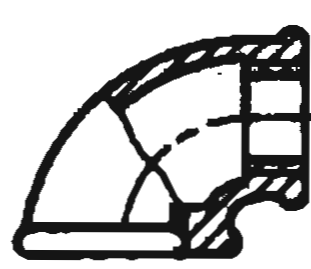
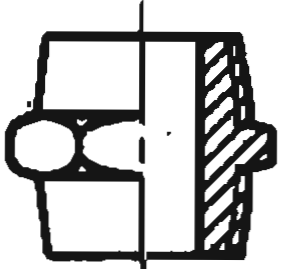

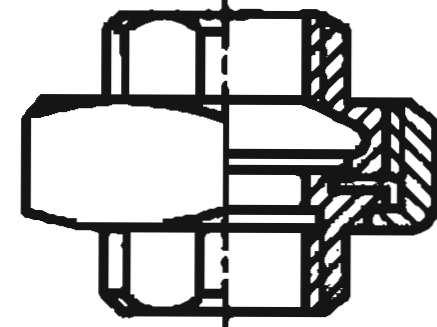
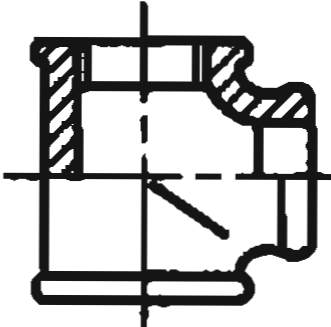
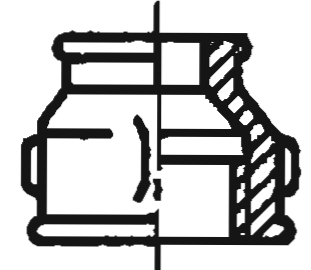
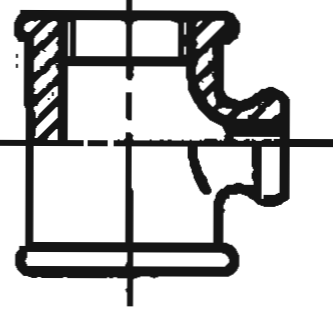
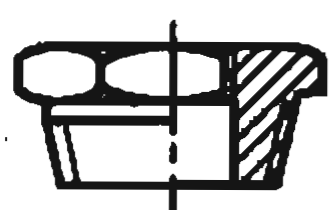
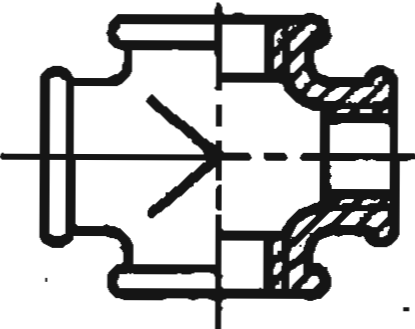
四、管件及选用

1. 常用管件

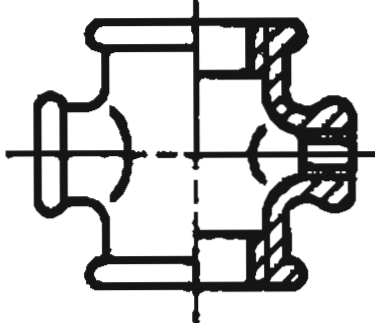

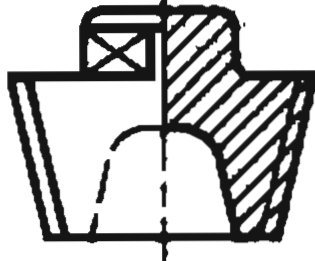

管件是管路的连接件。它的作用是连接管子、改变管路方向、接出支路、变更管子的公称直径、调节流量、沟通或封闭管路等，是管道中不可缺少的配件。管件一般是采用锻造、铸造或模压的方法制造的，有些管件可在安装修理现场加工而成。大多数管件均已标准化，有专门厂家生产。

(1) 水、煤气钢管的管件 水、煤气钢管的管件已标准化，通常由可锻铸铁制造，适用于公称压力小于 1.6MPa，温度低于 175℃ 的水、煤气管的连接件。当要求较高时也可用钢制管件。常用管件的规格和种类如表 1-4 所示。

表 1-4 水、煤气钢管管件的种类和用途

种类	用途	种类	用途
 内螺纹管接头	俗称“内牙管、管箍、束节、管接头、死接头”等，用于连接两段公称直径相同的管子	 等径弯头	俗称“弯头、肘管”等，用于改变管路方向和连接两段公称直径相同的管子，它可分 45° 和 90° 两种
 外螺纹管接头	俗称“外牙管、外螺纹短接、外丝扣、外接头、双头丝对管”等，用于连接两个公称直径相同的具有内螺纹的管件	 异径弯头	俗称“大小弯头”用于改变管路方向和连接两段公称直径不相同的管子
 活管接	俗称“活接头、由壬”等，用于连接两段公称直径相同的管子	 等径三通	俗称“T 形管”，用于由主管中接出支管、改变管路方向和连接三段公称直径相同的管子
 异径管	俗称“大小头”，用于连接两段公称直径不相同的管子	 异径三通	俗称“中小天”，用于由主管中接出支管、改变管路方向和连接三段具有两种公称直径的管子
 内外螺纹管接头	俗称“内外牙管、补心”等，用于连接一个公称直径较大的具有内螺纹的管件和一段公称直径较小的管子	 等径四通	俗称“十字架”，用于连接四段公称直径相同的管子

续表

种类	用途	种类	用途
 异径四通	俗称“大小十字管”，用于连接四段具有两种公称直径的管子	 管帽	俗称“闷头”，用于封闭管路
 外方堵头	俗称“管塞、丝堵、堵头”等，用于封闭管路	 锁紧螺母	俗称“背帽、根母”等，它与内牙管联用，可以得到可拆的接头

(2) 钢制管件 这类管件已部分标准化，如冲压弯头、异径管、三通等，可选用优质碳素钢或者不锈钢耐酸钢经特制模具压制而成，或者可锻铸铁或软钢铸造成型。也可采用管子在安装修理现场加工而成。这些管件和管子的连接有法兰和焊接等方法，常见电焊钢管管件的制作形式如图 1-6 所示。

(3) 铸铁管件 铸铁管件已标准化。其可分为普通铸铁管件和硅铸铁管件两种；按用途分为给水铸铁管件和排水铸铁管件。

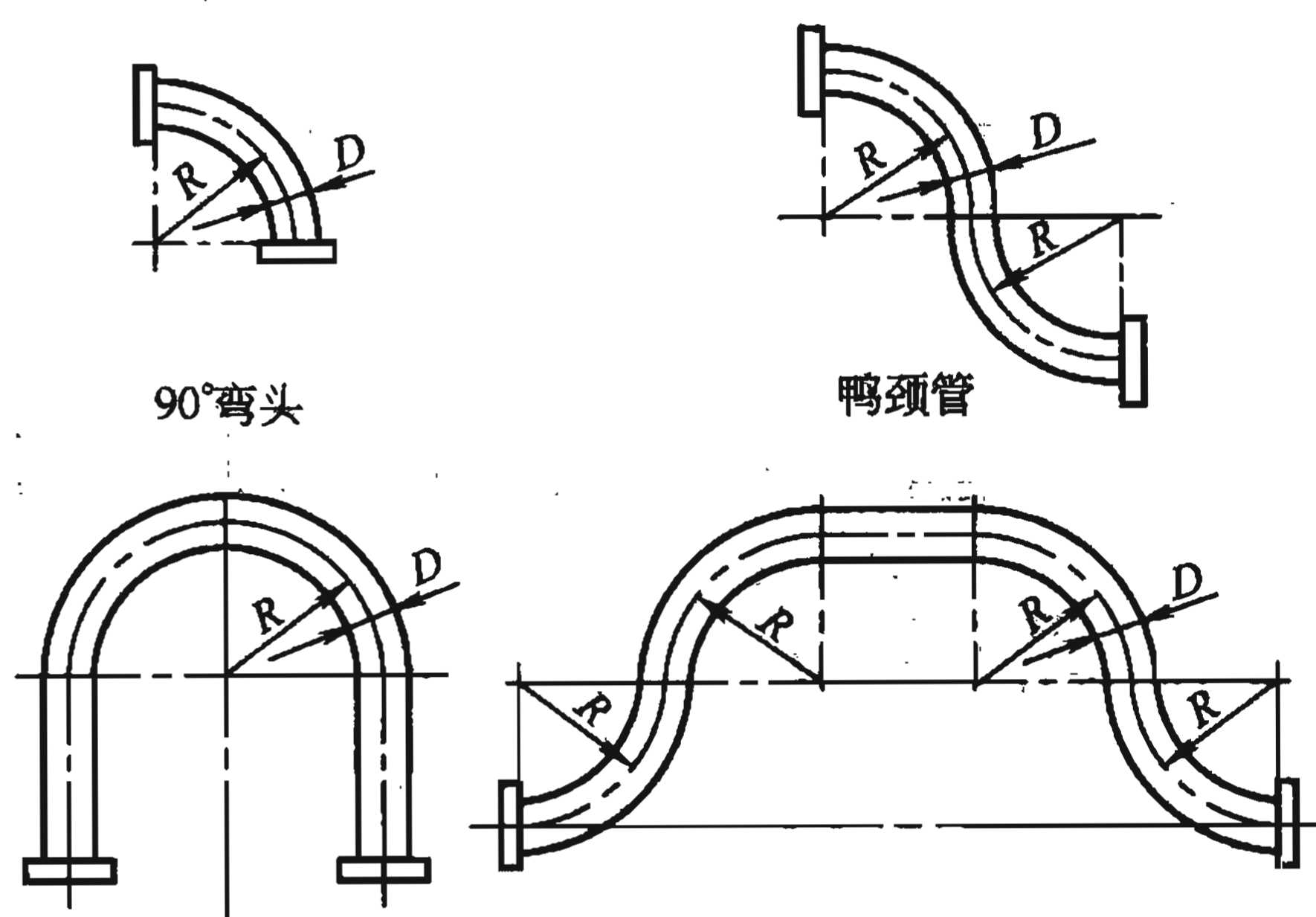


图 1-6 现场弯制的管件的常见形状

① 普通铸铁管的管件。普通铸铁管的管件有弯头（有 90°、60°、45°、30°和 10°等几种）、三通、四通、异径管等几种，如图 1-7 和图 1-8 所示。管件在管路中的连接有承插连接、法兰连接和混合连接等几种形式。

② 硅铁管的管件。硅铸铁管的管件有弯头、三通、四通、异径管、管帽、嵌环等几种，如图 1-9 所示。管件的端部铸有凸肩的可用松套对开法兰连接。

③ 耐酸陶瓷管的管件。耐酸陶瓷管的管件有弯头（有 90°和 45°两种）、三通、四通、异径管等几种，其形状和铸铁管的管件相似，也已标准化。与管路的连接方法有承插连接和松套法兰连接两种。

④ 塑料管的管件。硬聚氯乙烯塑料管的管件可在现场就地制作，制作时应将被弯制的部位加热至 150℃左右，公称直径较大的管子为防止弯曲时被弯曲处变形过大，可先在管子内进行充砂，加热后再进行弯制；对于公称直径较小的管子在弯制时则不需充砂。它与管路可采用焊接连接。

输送热液体（80~90℃）的硬聚氯乙烯塑料管件，必须进行装铠加固，以便减少硬聚氯乙烯塑料管所承受的张力，如图 1-10 所示为采用钢管装铠的硬聚氯乙烯塑料管的弯头和斜三通。与管路采用法兰连接。

酚甲醛塑料管的管件也已标准化，石棉酚甲醛塑料管的管件如图 1-11 所示。管件端部有凸肩时可采用对开式松套法兰连接。

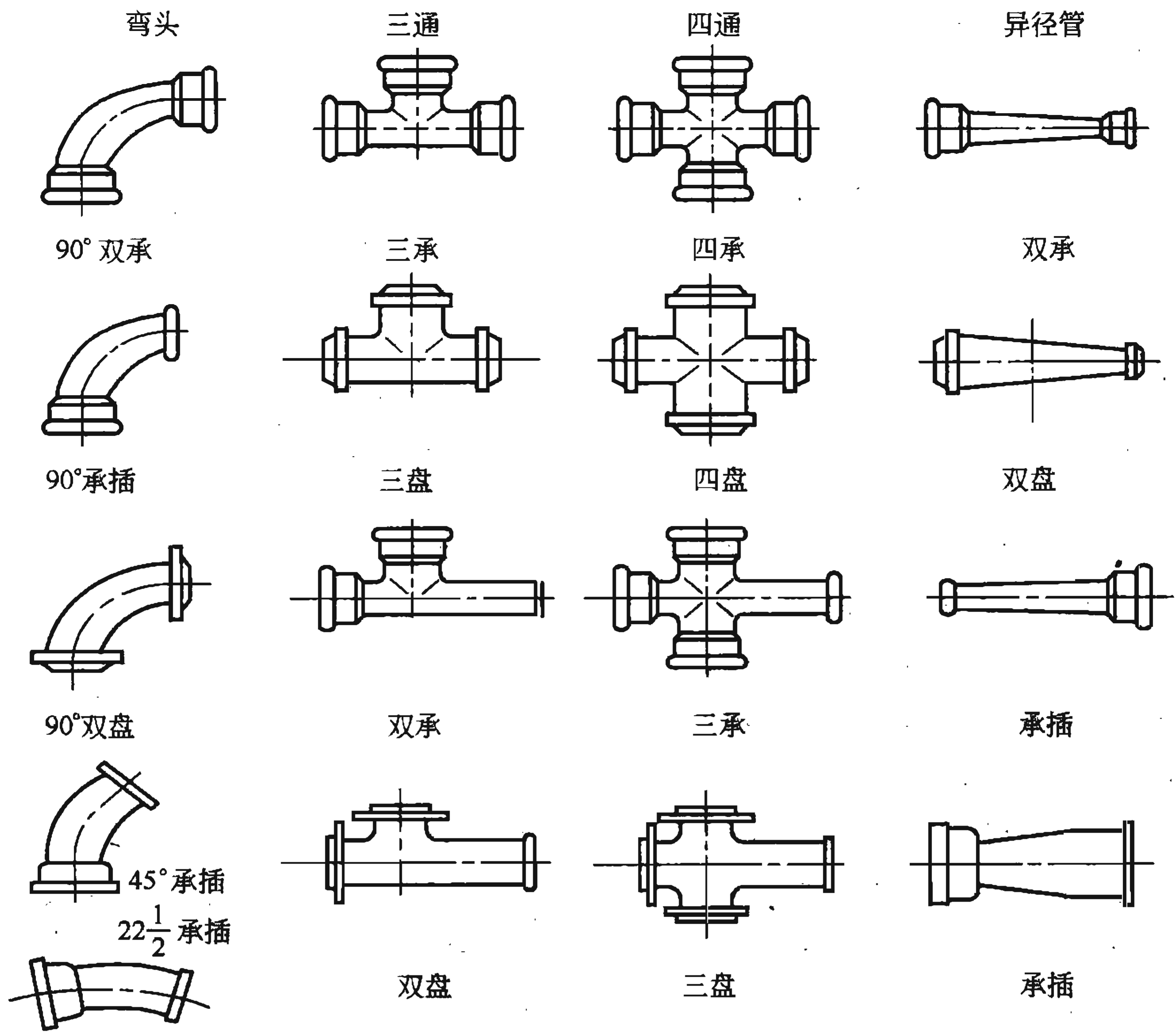


图 1-7 给水铸铁管管件

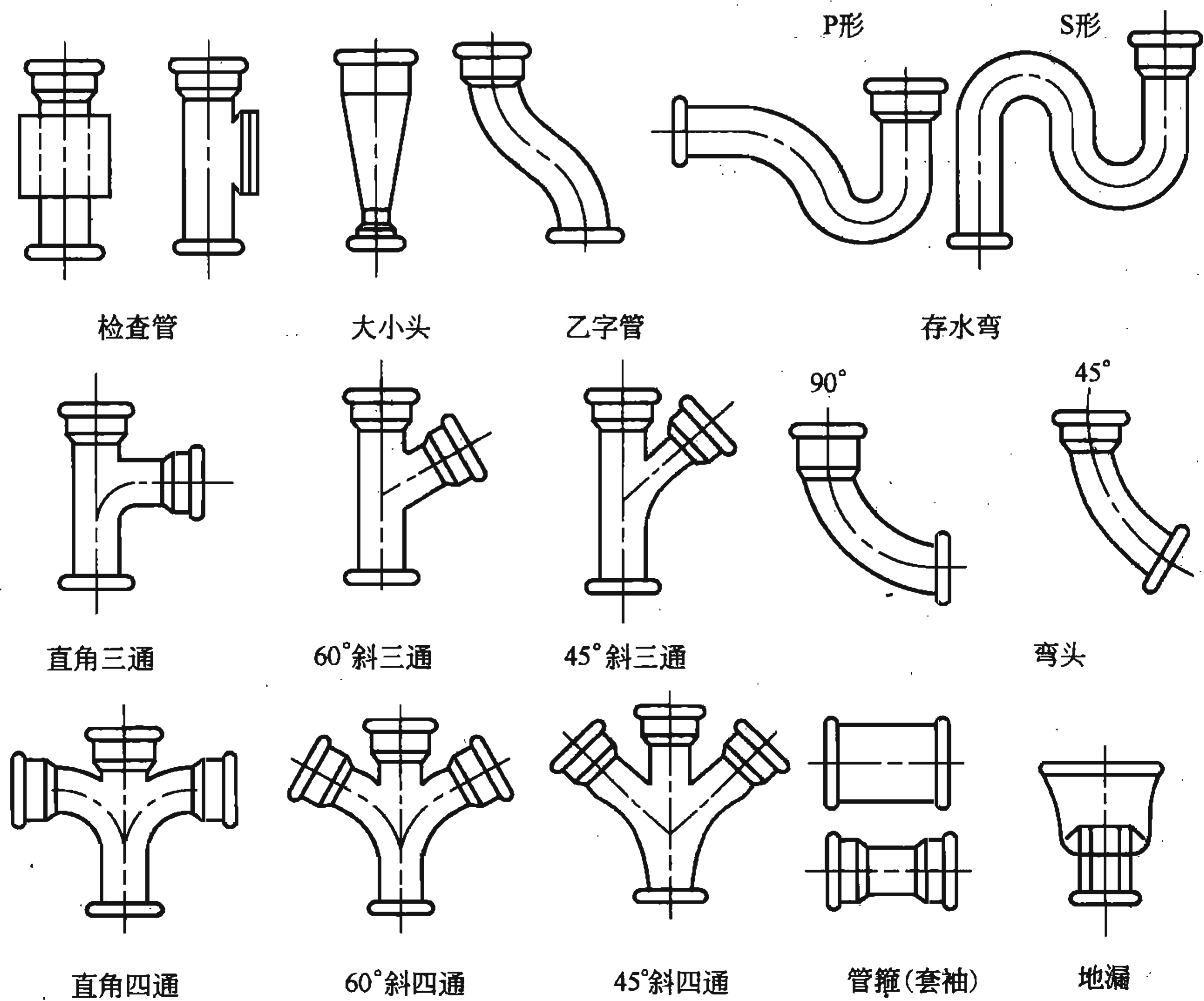


图 1-8 排水铸铁管管件

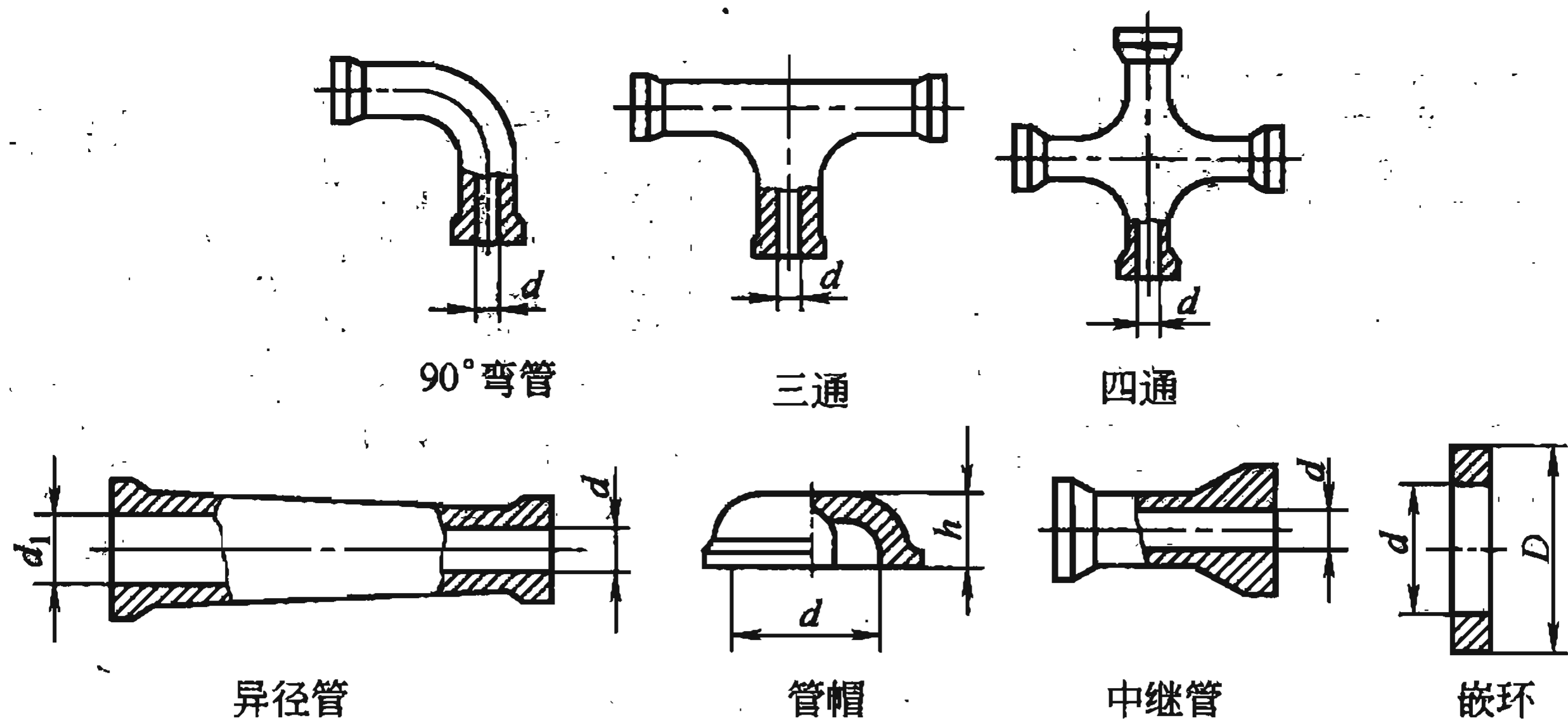


图 1-9 铸铁管的管件

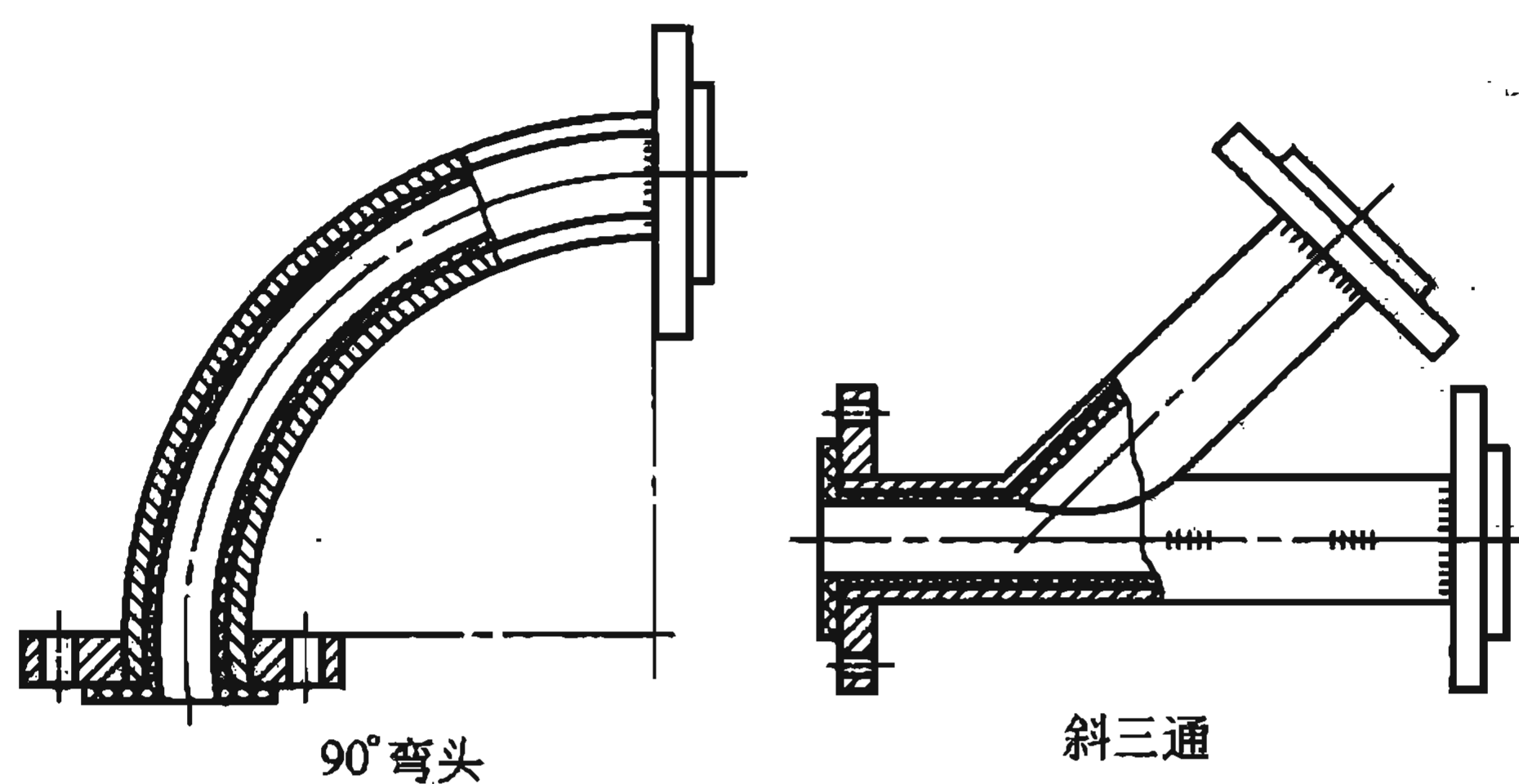


图 1-10 采用钢管装铠的硬聚氯乙烯塑料管件

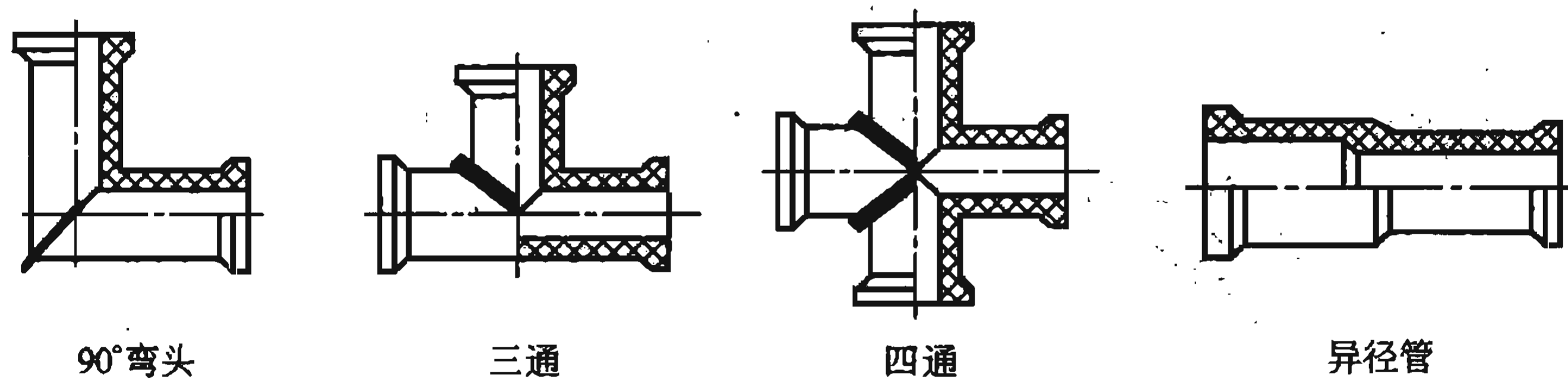


图 1-11 石棉酚甲醛塑料管的管件

2. 管路附件

管路附件主要包括视镜、阻火器、过滤器、防空帽和防雨帽等。

(1) 视镜 多用于排液或受槽前的回流、冷却水等液体管路上以观察液体流动情况，有直通玻璃板式、三通玻璃板式、直通玻璃板管式三种。材料有碳钢、不锈钢、铝、衬铅、衬橡胶塑料等多种。公称压力范围有 0.25MPa、0.6MPa 两种。工作温度为金属的在 200℃ 以下，塑料的在 80℃ 以下，允许急变温度为 80℃。公称直径范围为 15~150mm，个别规格到 200mm。钢制视镜如图 1-12 所示。

(2) 阻火器 阻火器是一种防止火焰蔓延的安全装置。通常安装在易燃易爆气体管路上，有砾石阻火器、金属丝阻火器和波形散热阻火器三种，公称压力有常压 0.066MPa、0.2MPa、0.25MPa 和 1MPa 数种，材料有碳钢、不锈钢、灰铸钢、铸铝等，公称直径为 15~150mm，阻火器如安装在垂直的排气管上，要很好地固定，并安装在便于检查的地方。碳素钢壳体镀锌铁丝网阻火器，如图 1-13 所示，钢制砾石阻火器，如图 1-14 所示。

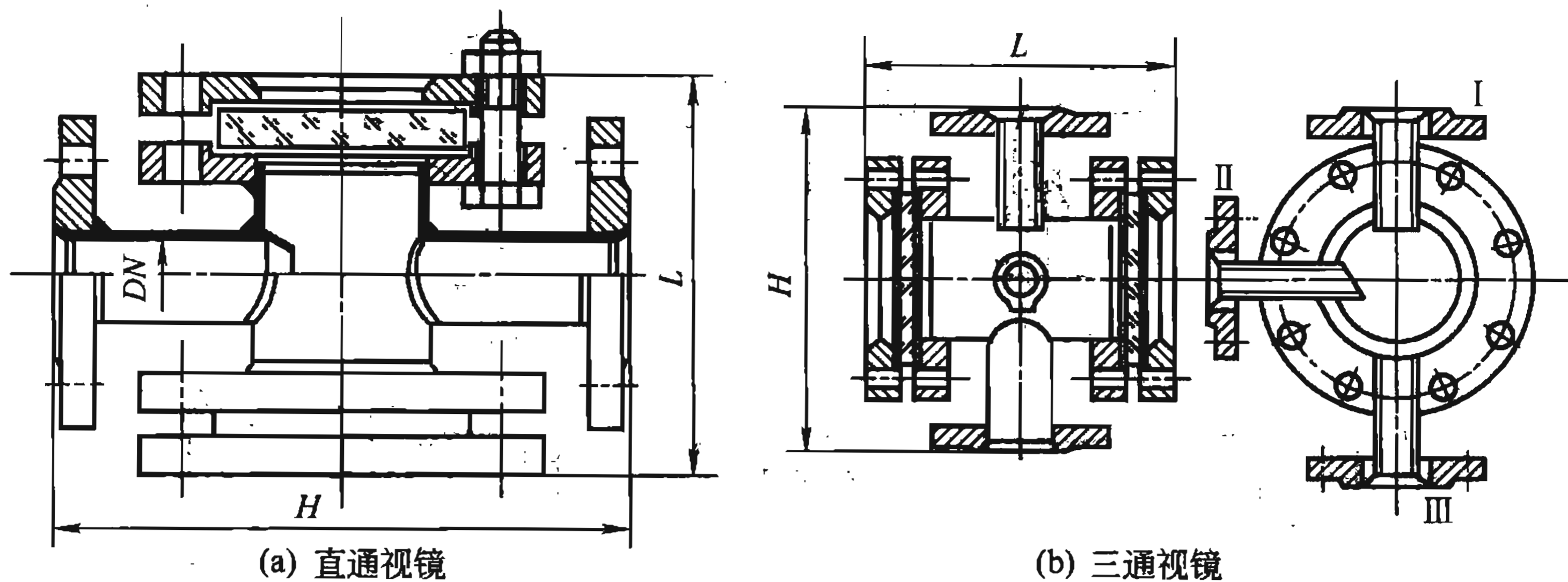


图 1-12 钢制视镜

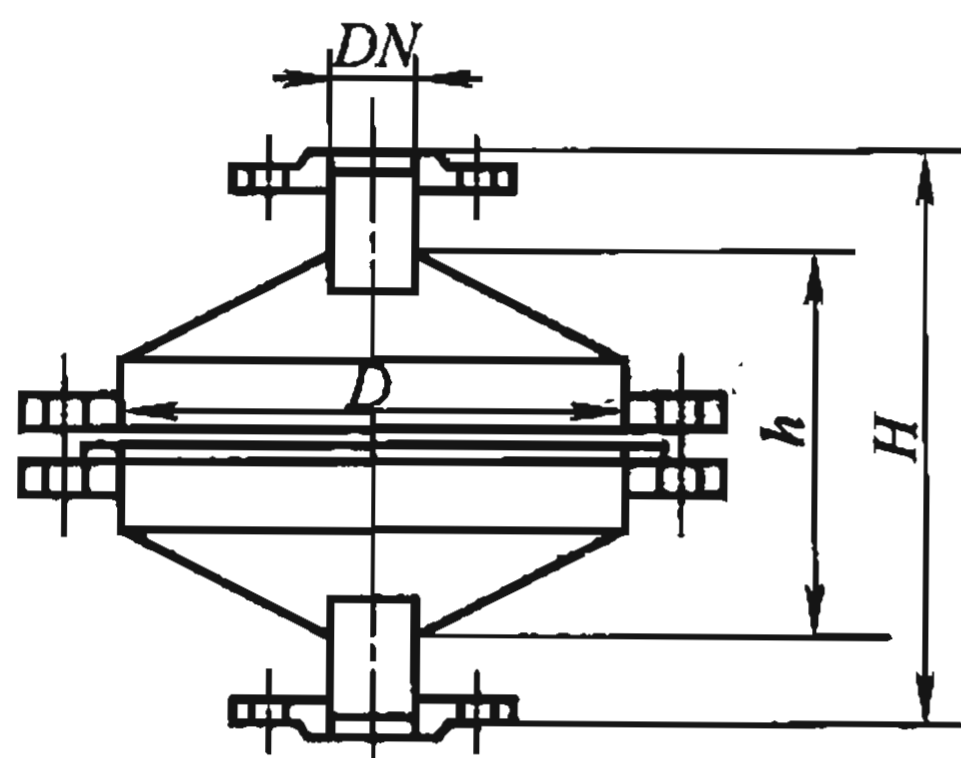


图 1-13 碳素钢壳体镀锌铁丝网阻火器

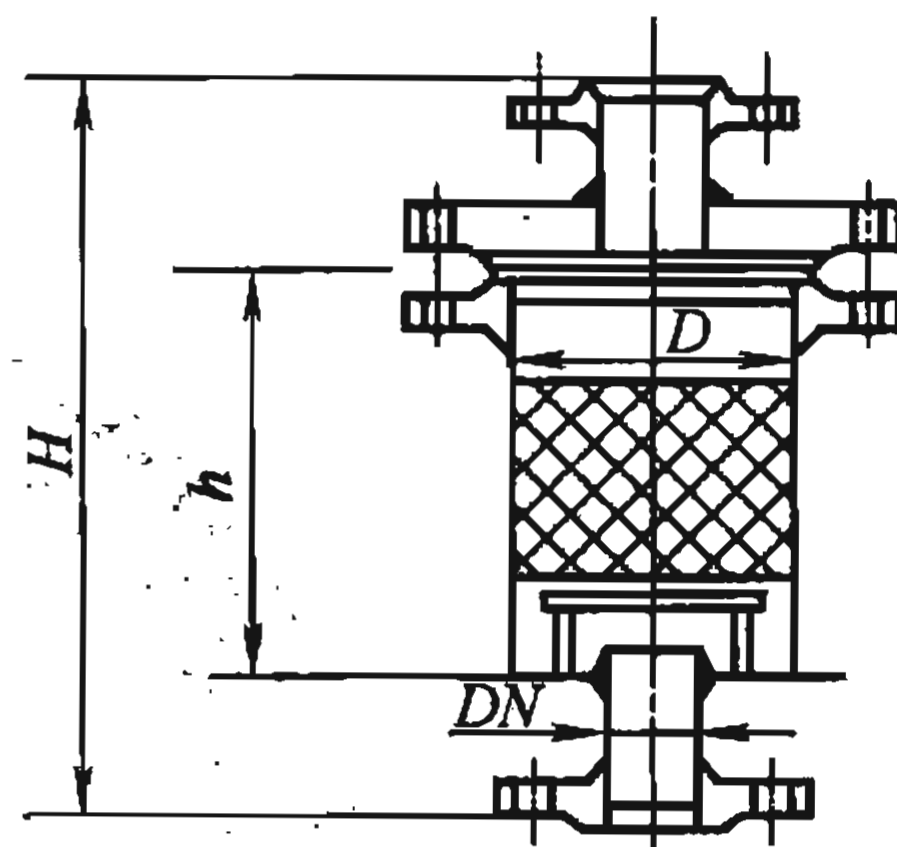


图 1-14 钢制砾石阻火器

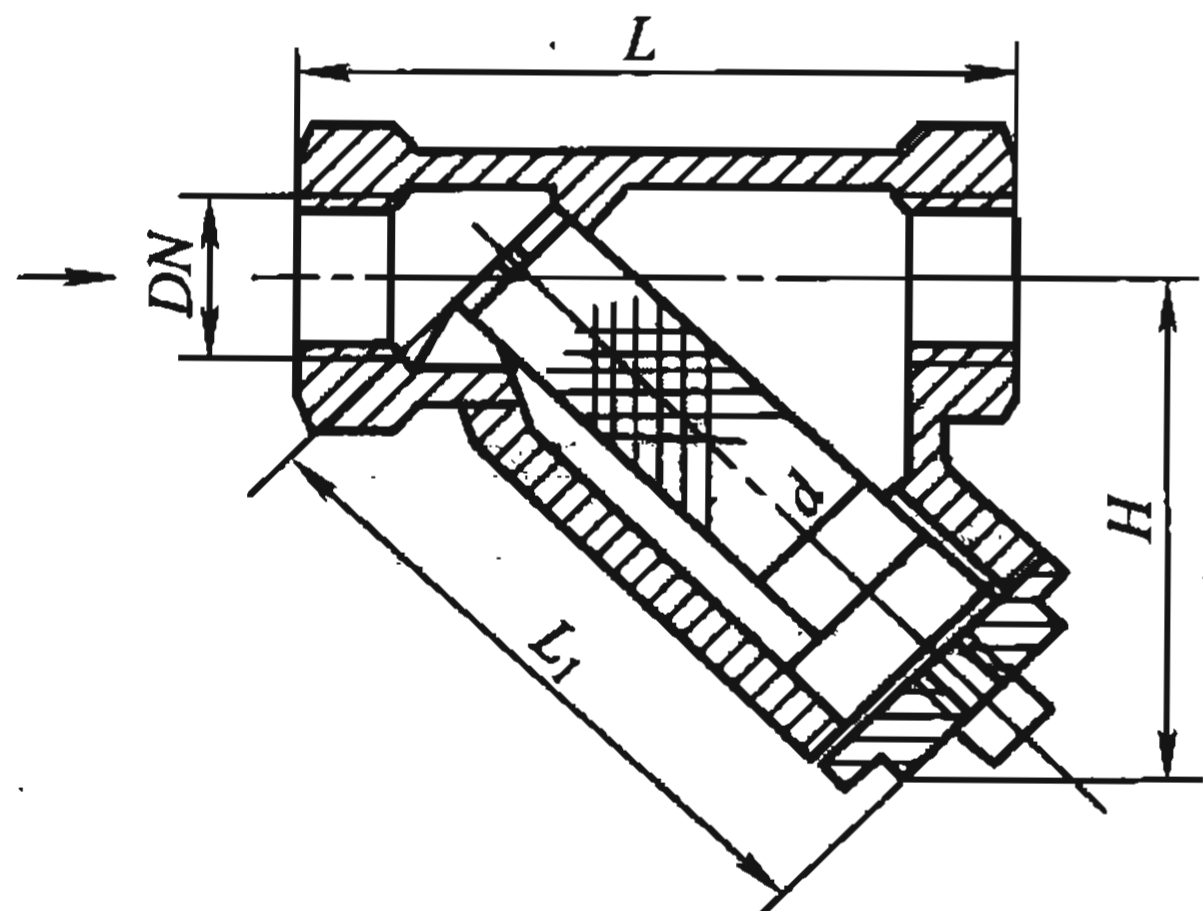


图 1-15 管螺纹连接 Y 形过滤器

(3) 过滤器 管道过滤器多用于水泵、仪表（如流量计）、疏水阀、减压阀前的液体管路上，要求安装在便于清理的地方，以 Y 形过滤器、锥形过滤器、直角式过滤器、高压管道过滤器等为例。公称压力分 1.6MPa、2.5MPa、4MPa、22MPa、32MPa 等级别。材料有碳钢、不锈钢、锰钒钢、铸钢、可锻铸铁等，公称直径范围为 15~400mm。工作温度在 -40~350℃ 之间。管螺纹连接 Y 形过滤器，如图 1-15 所示。

复 习 题

1. 化工管路标准化的目的是什么？其内容是什么？
2. 管路的公称直径是怎么规定的？它与管子的规格有什么不同？
3. 解释下列代号的含义： $DN25$ 、 $PN200$ 、 $p_{40}100$ 、 p_a38 。
4. 管子根据材质及制作方法是怎样分类的？
5. 各种管子的规格是如何规定的？
6. 有色金属管常用的有哪几种？各有何特殊用途？
7. 铸铁管在使用时有何要求？
8. 非金属管和金属管相比有何主要优缺点？
9. 管件在管路中的作用是什么？
10. 水、煤气管件有哪些种？
11. 电焊管的管件常用的制作形式有哪些？
12. 常用的管路附件有哪些？

课题二 阀门及修理

分课题一 化工生产中常用阀门

一、阀门的作用

- ① 启闭作用。切断或沟通管内流体介质的流动。
- ② 调节作用。改变管路阻力，调节管内流体的流速。使流体通过阀门后产生很大的压降。
- ③ 安全保护作用。当管路或设备内超压时，及时自动卸压排放，维持管路或设备内一定的压力，达到安全保护作用。
- ④ 控制流向作用。分配及控制流体的流量和流向等。

二、阀门的分类

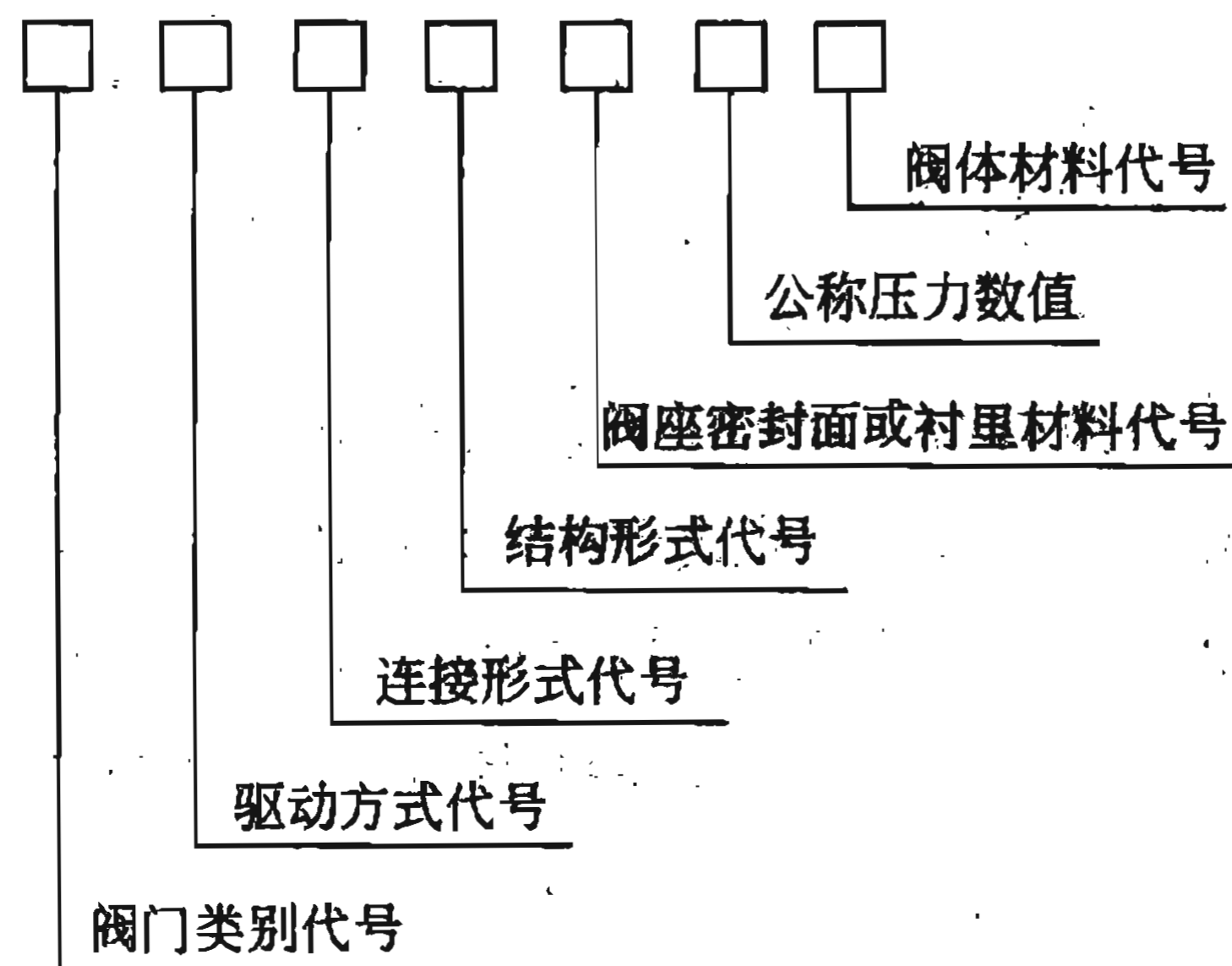
阀门的分类方法很多，常用的分类方法有下列几种。

- ① 根据阀门的驱动方式可分为：手动、电动、气动和自动阀门等多种。
- ② 根据与管路连接的形式，阀门可分为法兰连接、螺纹连接、焊接连接和承插连接等。
- ③ 根据工作压力可分为：真空阀 ($PN < 0.101\text{MPa}$)、低压阀 ($PN 0.101 \sim 1.6\text{MPa}$)、中压阀 ($PN 2.5 \sim 6.4\text{MPa}$)、高压阀 ($PN 10 \sim 100\text{MPa}$)、超高压阀 ($PN \geq 100\text{MPa}$)。
- ④ 根据阀门的使用用途可分为：截断阀类、调节阀类、止回阀类、分流阀类和安全阀类等。
- ⑤ 根据工作温度可分为：高温阀 $t > 450^\circ\text{C}$ 、中温阀 $120^\circ\text{C} < t \leq 450^\circ\text{C}$ 、常温阀 $-30^\circ\text{C} \leq t \leq 120^\circ\text{C}$ 、低温阀 $t \leq -30^\circ\text{C}$ 。
- ⑥ 根据阀体制作材质又可分为：铸铁阀、铸钢阀、锻钢阀和不锈钢阀等。

三、阀门型号编制方法

本标准适用于工业管路的闸板阀、截止阀、节流阀、球阀、隔膜阀、旋塞阀、止回阀、安全阀、减压疏水阀。阀门型号编制分类比较多，这里只作简单介绍。

(1) 阀门的型号编制方法



(2) 阀门类型代号 按表 2-1 的规定, 用汉语拼音字母表示。

表 2-1 阀门类型代号

类 型	代 号	类 型	代 号	类 型	代 号
闸板阀	Z	蝶阀	D	安全阀	A
截止阀	J	隔膜阀	G	减压阀	Y
节流阀	L	旋塞阀	X	疏水阀	S
球阀	Q	止回阀和底阀	H		

注: 低温 (低于-40℃)、保温 (带加热套) 和带波纹管阀门, 在类型代号前分别加 “D”、“B”、“W”。

(3) 阀门的涂漆

① 阀体材料的识别涂漆。阀体材料的识别涂漆应涂在阀体外表面上, 其颜色应符合表 2-2 的规定, 观察阀门涂漆就能知道阀体材料。

表 2-2 阀体材料的涂漆颜色识别

阀体材料	铸铁	球墨铸铁	碳钢	耐酸钢或不锈钢	合金钢
涂漆的颜色	黑色	银粉色	银灰色	浅天蓝色	蓝色

② 阀门密封材料的识别涂漆。阀门密封材料的识别涂漆应涂在该阀门的驱动手轮或扳手上, 自动阀门应涂在盖或杠杆上, 其颜色应符合表 2-3 的规定。

表 2-3 阀门密封材料的涂漆颜色识别

阀座密封面材料	青铜或黄铜	巴氏合金	耐酸不锈钢	铝	渗碳钢	硬质合金	塑料	硬橡胶	皮革或橡胶	以阀体材料作为密封面
涂漆的颜色	红色	黄色	浅蓝色	铝白色	浅紫色	豆绿色	柠檬	绿色	棕色	同阀体色

注: 启闭件的密封面与阀体材料不同时, 应按启闭件的密封面材料涂漆。

四、常用阀门

常用阀门根据驱动方式可分为: 手动阀门、自动阀门和其他驱动阀门。

(一) 手动阀门

1. 球阀

(1) 球阀的结构及特点 球阀的密封原理和旋塞阀非常相似, 但其结构及装配方法等和旋塞阀又有较大区别。它的主要优点是: 操作简便、开关迅速、介质流动阻力小、密封性能好, 所以球阀已得到日益广泛的应用。球阀已广泛应用于石油、化工、发电、原子能、航空等各部门, 以及人们日常生活中。它主要适用于低温、高压及黏度较大的介质和开关要求迅速的管路。其主要缺点是: 不能精确调节流量, 开启费力。

(2) 球阀的分类 根据连接方式球阀也可分为法兰连接和螺纹连接两种。法兰连接一般用于公称直径较大的阀门; 螺纹连接一般用于公称直径较小的阀门。

根据介质的流向, 球阀又可分为直通式球阀 (图 2-2~图 2-5) 和三通式球阀 (图 2-1) 等。三通式球阀介质的分配形式和三通旋塞阀相同, 如图 2-7 所示。

根据球阀中球体结构, 球阀可分为浮动球球阀和固定球球阀两大类。

浮动球球阀的球体在阀体内是可以自由浮动的。根据密封座结构的不同, 浮动球球阀又可分为带固定密封阀座和带活动密封阀座的两种。

① 带固定密封阀座的浮动球球阀。这种球阀的结构如图 2-2 所示。其主要结构有密封球体（浮动球）、固定密封座（两个）、阀盖、阀杆、手柄和填料密封装置等。在阀体内装有两个氟塑料制成的固定密封阀座，两个阀座之间夹紧浮动球球体。为了提高阀门的密封性，球体有较高的制作精度和较小的表面粗糙度，借助于手柄和阀杆的转动，可以带动球体转动，以达到开关目的。

② 带活动密封阀座的浮动球球阀。这种球阀的结构如图 2-3 所示。它与带固定密封阀座球阀不同的只是两个密封座其中一个固定的，而另一个则是可以沿轴向移动的。该阀的优点是当关闭球体时右腔有介质，介质就给球体一个向左的压力，球体被压紧在活动阀座上，从而使密封性能提高。阀座磨损时，能保持阀座和球体间的预紧力。其缺点是操作时费力、关闭后阀体和填料仍受介质的腐蚀。

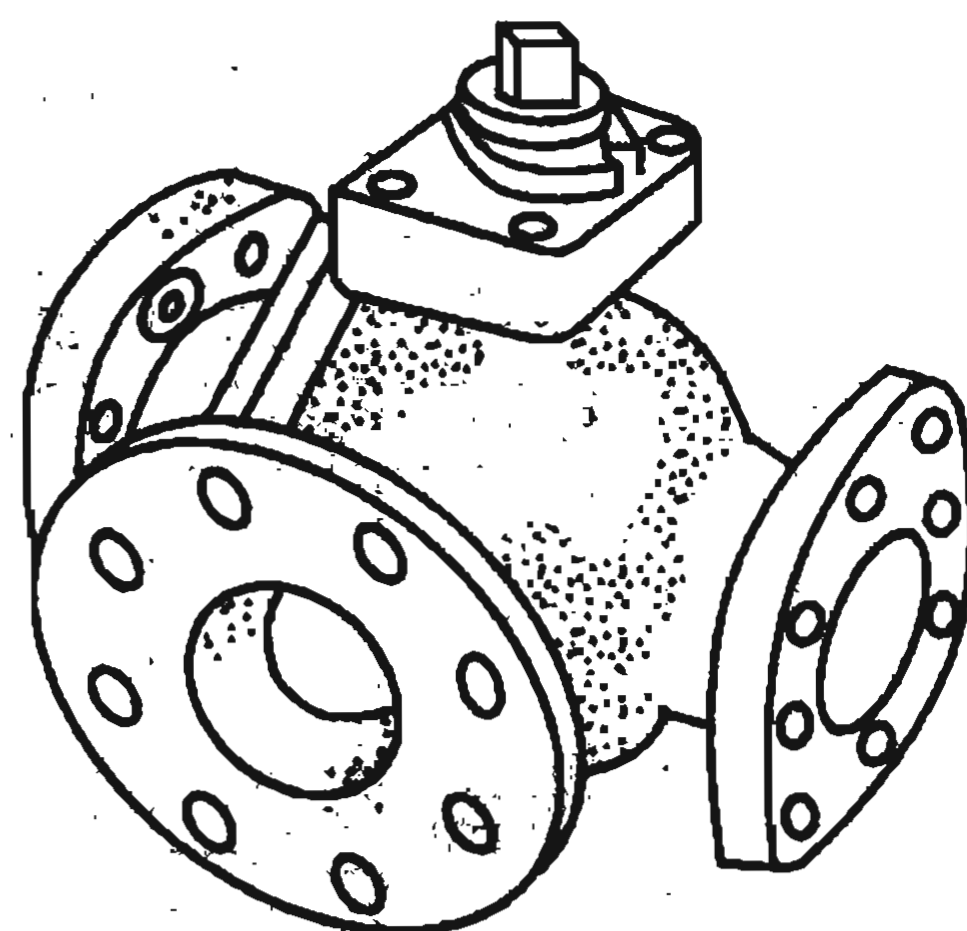


图 2-1 三通式球阀

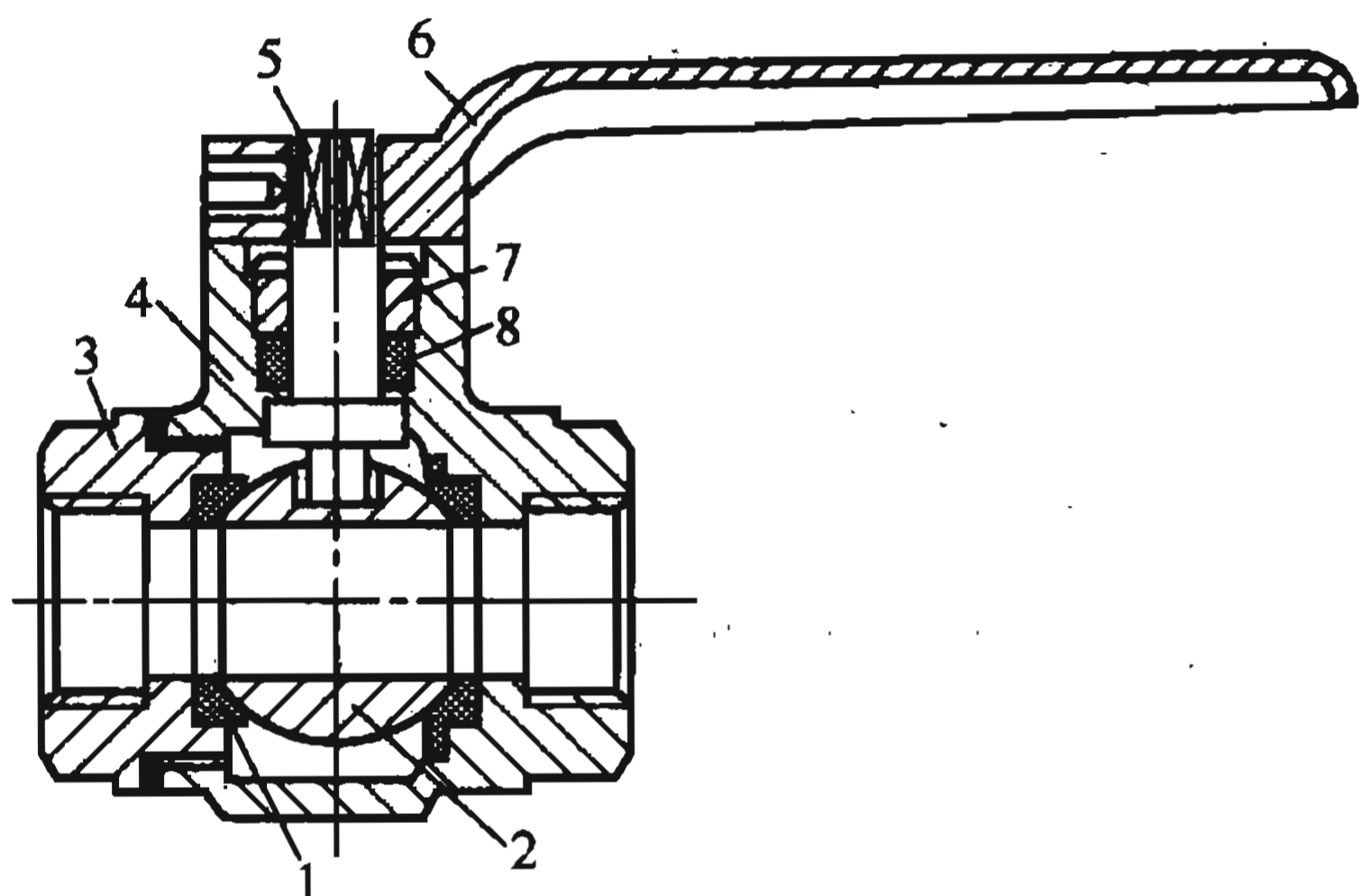


图 2-2 带固定密封阀座的浮动球球阀

1—固定密封阀座；2—浮动球；3—阀盖；4—阀体；
5—阀杆；6—手柄；7—填料压盖；8—填料

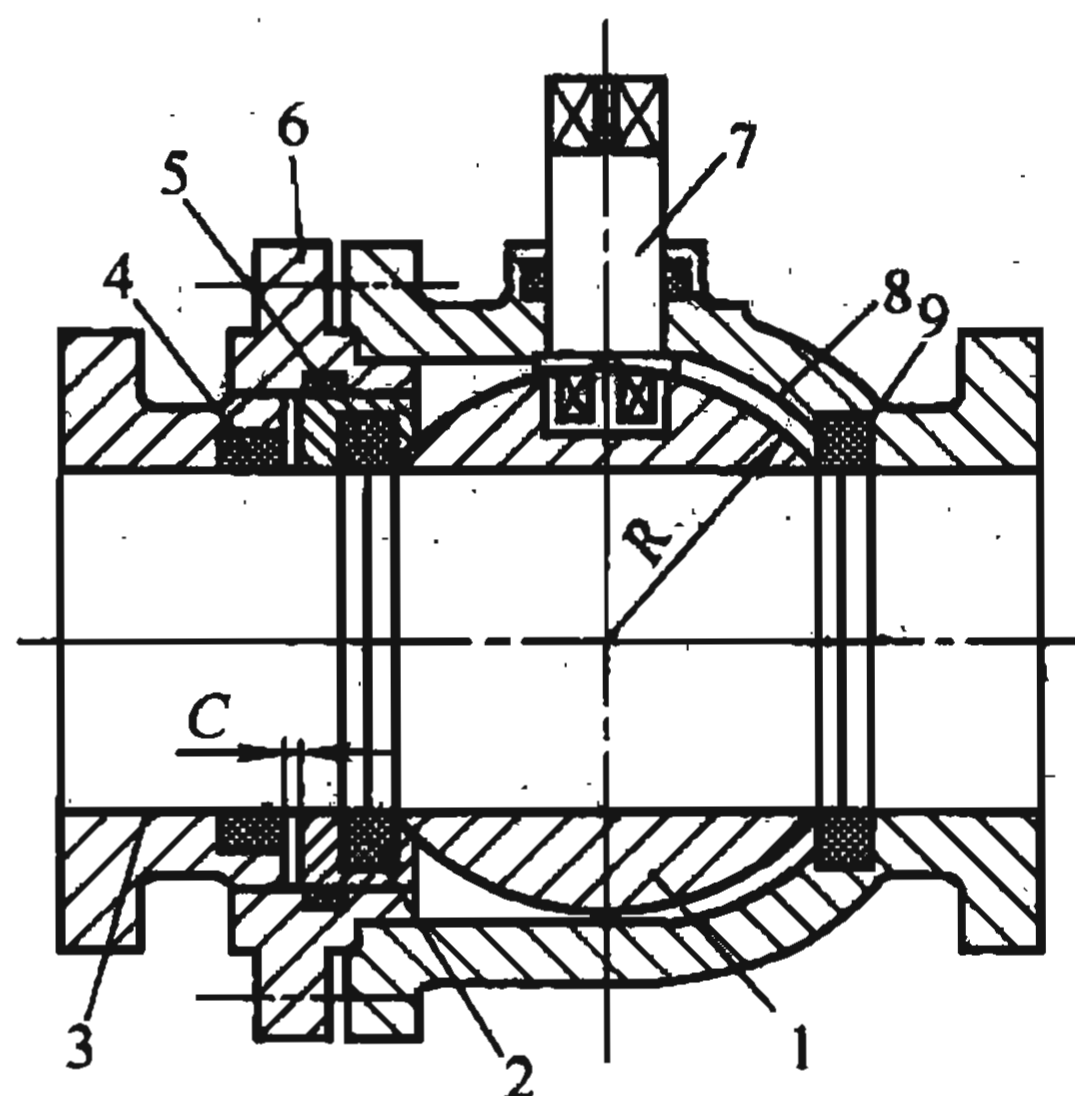


图 2-3 带活动密封阀座的浮动球球阀

1—浮动球；2—密封阀座；3—活动套筒；
4—弹簧；5—圆形橡胶密封圈；6—阀盖；
7—阀杆；8—阀体；9—固定密封阀座

根据工作时起密封作用的密封座的不同，固定球球阀可分为密封座在球前的和密封座在球后的两种。

① 密封座在球前的固定球球阀。这种球阀的结构如图 2-4 所示。工作原理是：带有轴的球体可以在两个滑动或滚动的轴承中自由转动。密封阀座被安装在活动套筒上，套筒在阀体内用圆形橡胶密封圈密封。左右两密封阀座和套筒均由弹簧组预先压紧在球体上。左侧进口端的阀座在球体关闭时，靠作用在内径 d 和外径 D_1 的环形表面上的压力把球体压紧，从而达到密封的作用，出口端的密封座不起密封作用。

② 密封座在球后的固定球球阀。这种球阀的结构如图 2-5 所示，与球前密封的球阀相比，结构上的区别在于活动套筒上密封直径 D_2 小于密封平均直径 $d_{平均}$ ，为了保证这个条件，阀座的内径 d_1 应大于球体的通径 d 。当球阀在关闭状态加压时，因为介质压力不是促使进口的密封阀座压向球体，而是使阀座离开球体，所以进口端的阀座不起密封作用。相反，由于介质压力的作用，球后密封阀座把球体压紧，则保证了球体的完全密封。

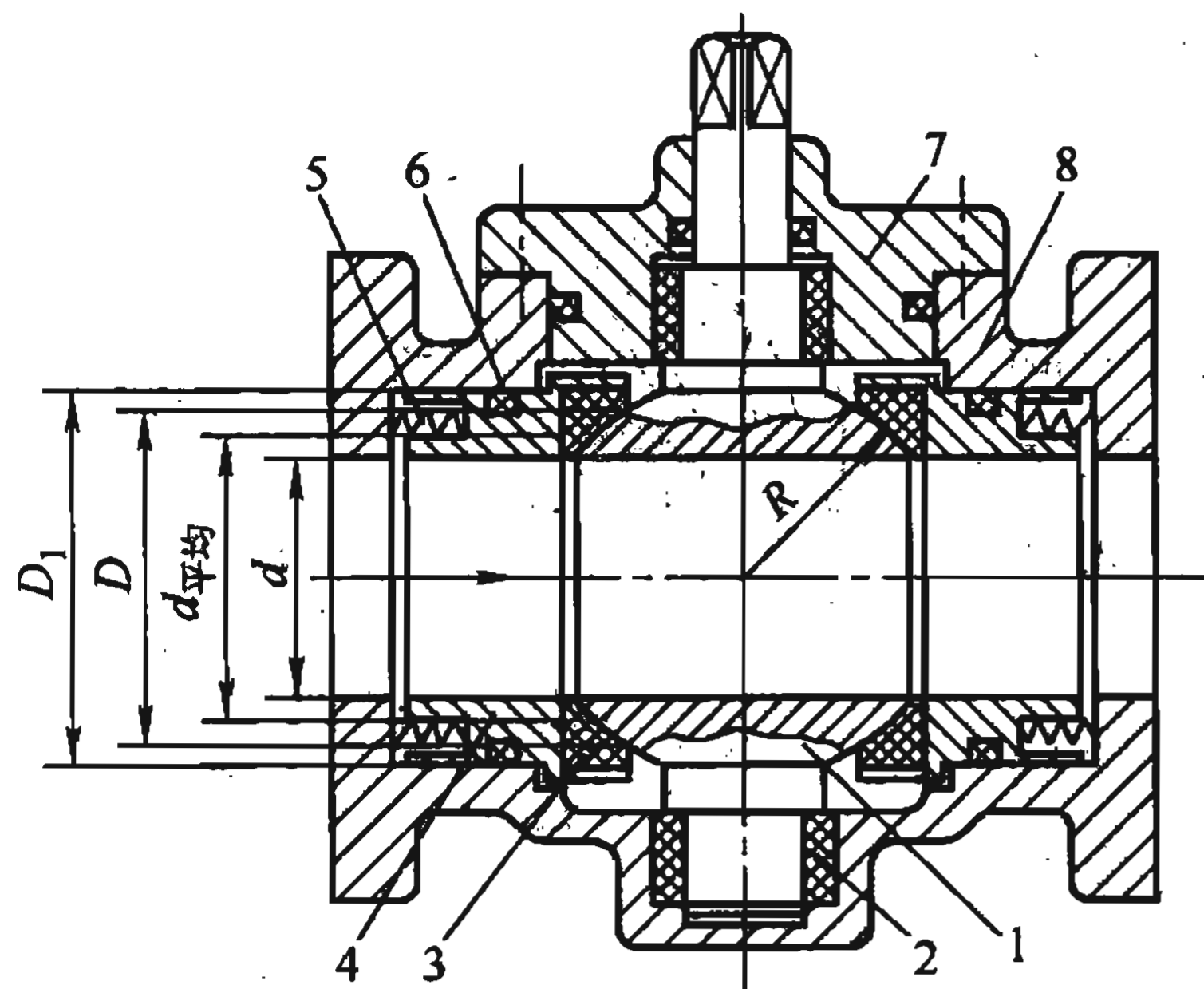


图 2-4 密封座在球前的固定球阀

1—球体；2—轴承；3—密封阀座；4—活动套筒；
5—弹簧；6—圆形橡胶密封圈；7—阀盖；8—阀体

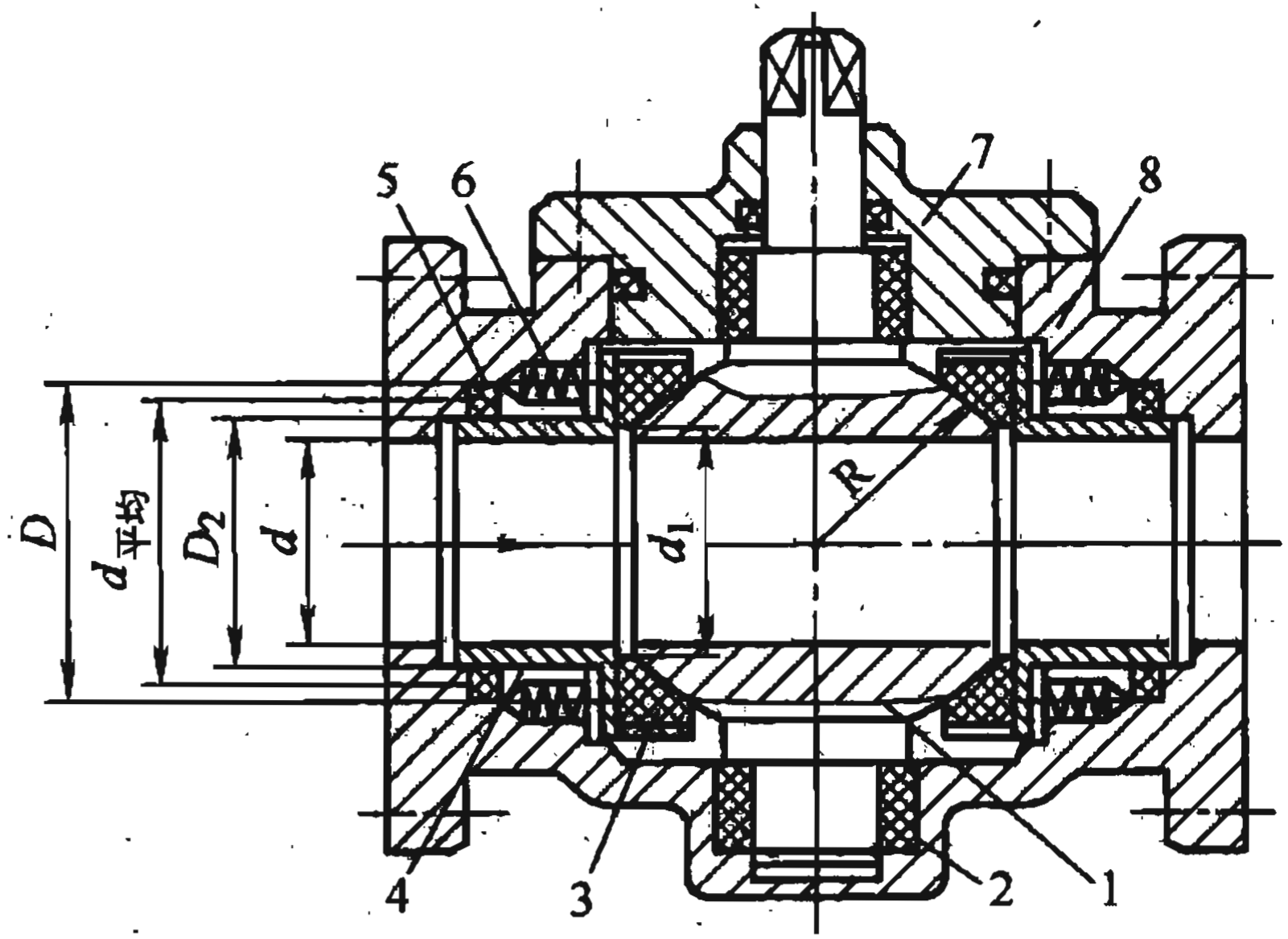


图 2-5 密封座在球后的固定球阀

1—球体；2—轴承；3—密封阀座；4—活动套筒；
5—圆形橡胶密封圈；6—弹簧；7—阀盖；8—阀体

2. 旋塞阀

(1) 旋塞阀的结构及工作原理 旋塞阀又名考克，旋塞阀是指关闭件（塞子）绕阀体中心线旋转，达到开启和关闭的一种阀门。旋塞阀在管路中主要用作切断、分配和改变介质流动方向。旋塞阀是历史上最早被人们采用的阀件。由于结构简单，开闭迅速，操作方便，流体阻力小，至今仍被广泛使用。目前主要用于低压、小口径、介质温度不高，以及介质有悬浮物和结晶颗粒的情况下。旋塞阀的旋塞和阀体有配合很好的圆锥体锥面，其锥度一般为 1:6 和 1:7。其典型结构如图 2-6 (a) ~ (c) 所示。旋塞阀的主要启闭零件是带孔的柱塞和阀体密封面，柱塞上部有方头，当用扳手转动柱塞时，即可沟通或切断管路内的介质，达到启闭的作用。

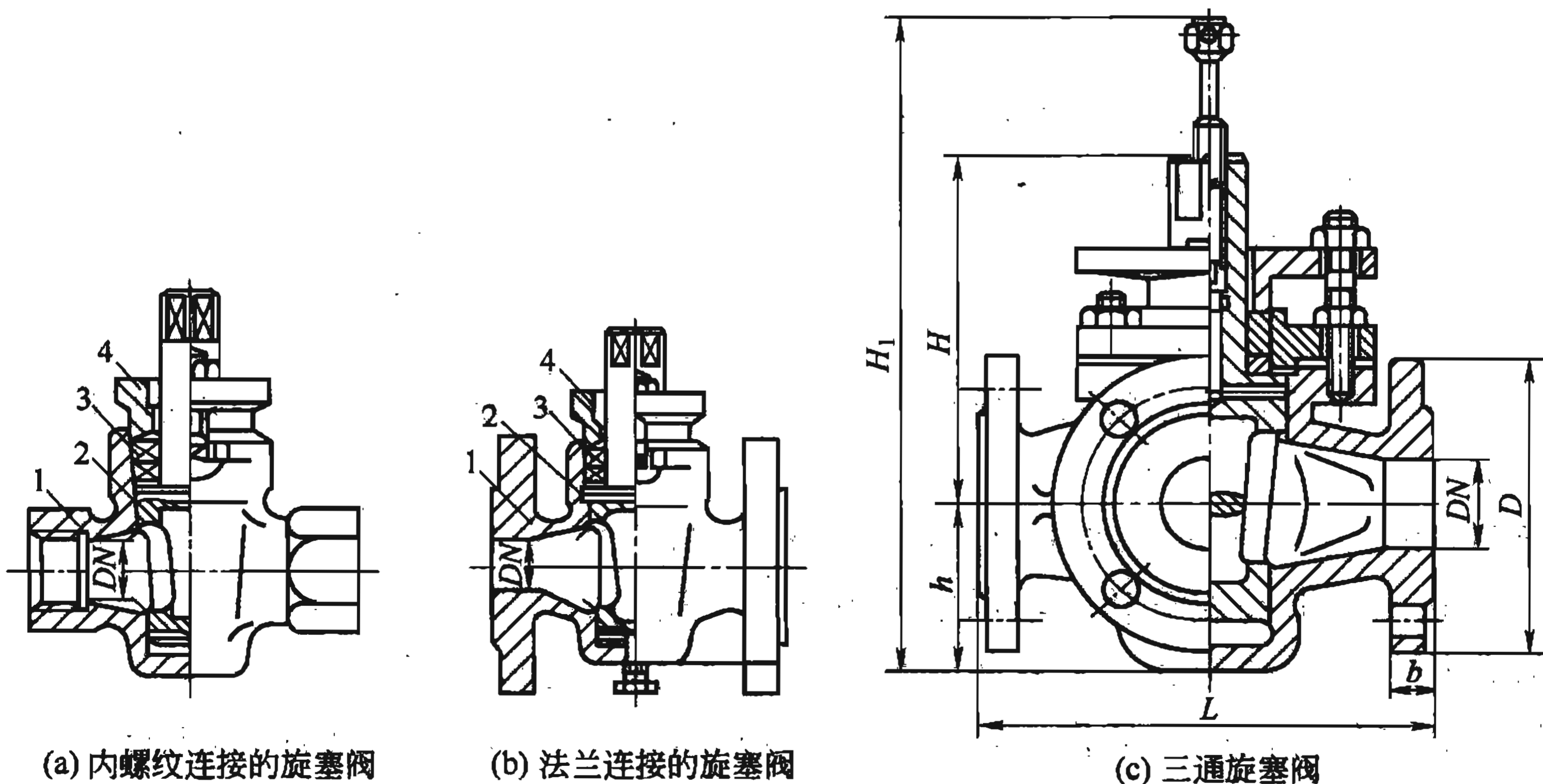


图 2-6 旋塞阀

1—阀体；2—旋塞；3—填料；4—填料压盖

旋塞阀常用的填料为石棉绳，通过旋紧压盖螺栓上的螺母，塞和阀体沿压合面压紧，保证不发生泄漏。

(2) 旋塞阀的分类 根据旋塞的结构，可分为锥形和柱形两种。

按连接方式旋塞阀分为法兰连接和螺纹连接两种，如图 2-6 (a)、(b) 所示。法兰连接一般用于公称直径较大的阀门；螺纹连接一般用于公称直径较小的阀门。

根据介质流动的方向，分为直通式旋塞阀、三通式旋塞阀、四通式旋塞阀三种。

在三通式旋塞阀中，流体的流向取决于柱塞的位置，旋转柱塞时，可使三路全通、三路全不通或两路通，如图 2-7 所示。

在四通式旋塞阀中，流体的流向也随柱塞的转动，可以使互相垂直的任意两路接通或同时关闭四个通路，如图 2-8 所示。

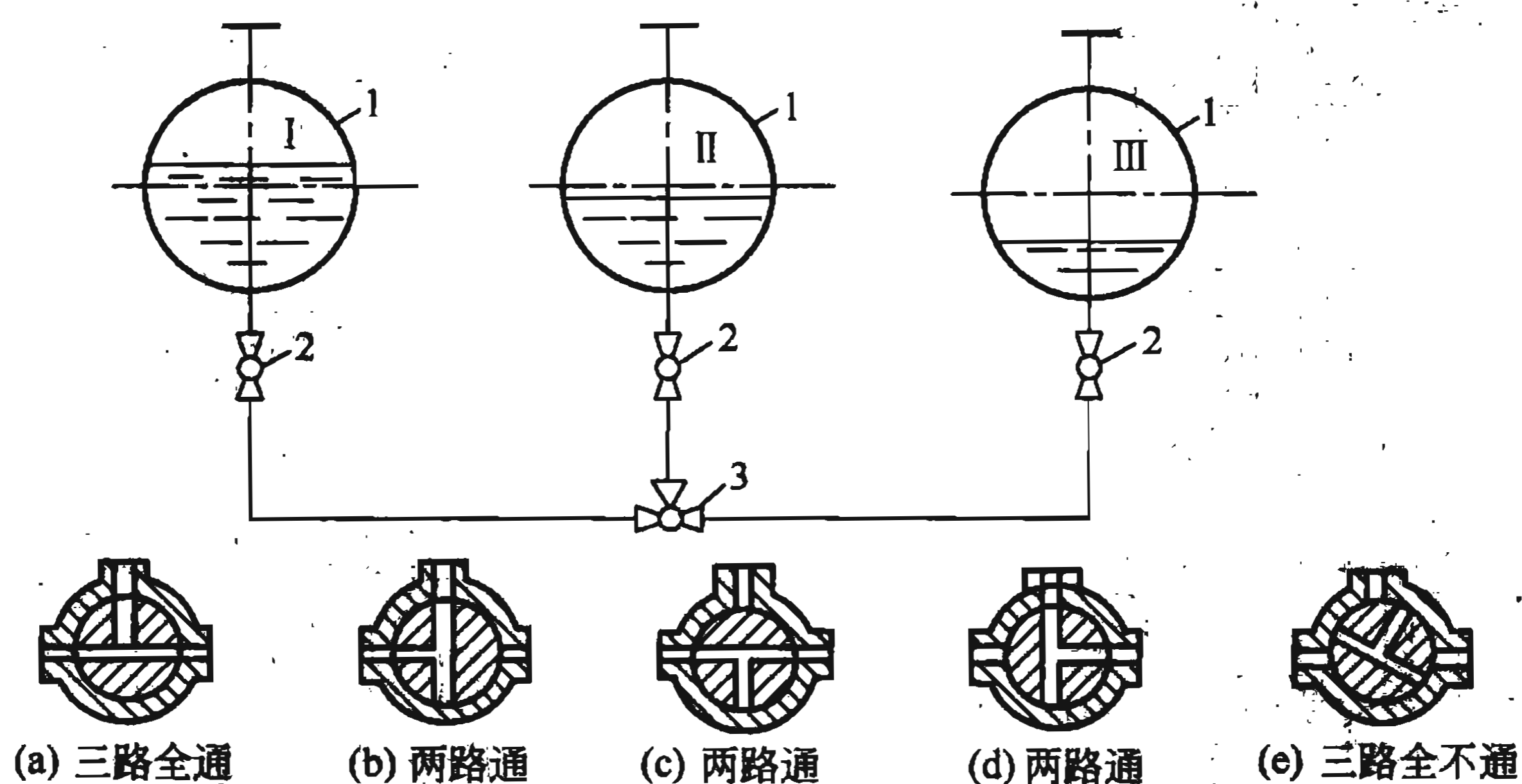


图 2-7 三通旋塞阀的工作示意图

1—容器；2—直通旋塞阀；3—三通旋塞阀

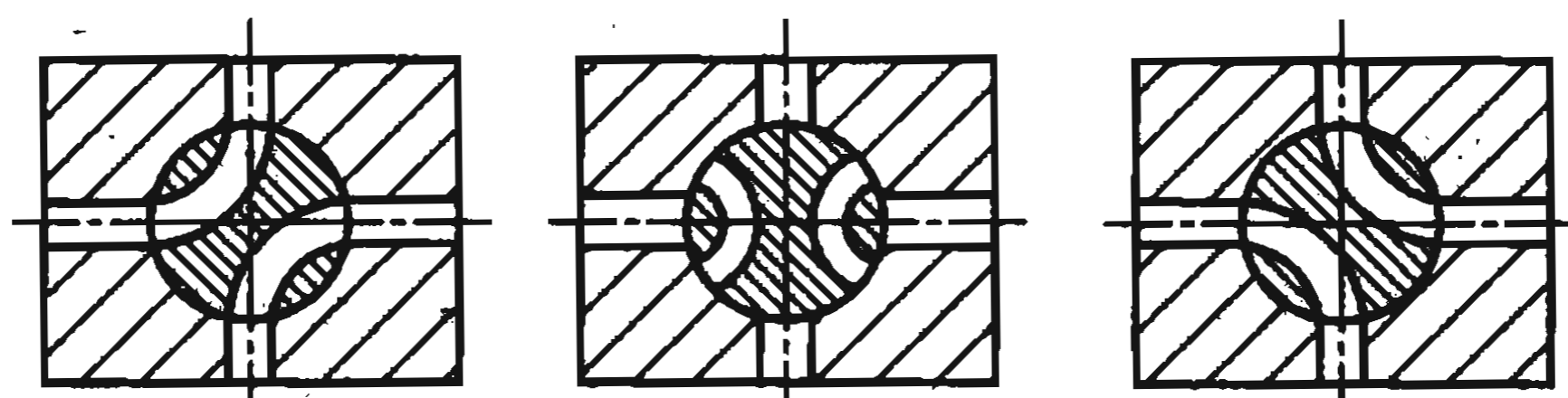


图 2-8 四通旋塞阀工作原理示意图

(3) 旋塞阀的特点 旋塞阀的特点是结构简单；启闭迅速；介质流动阻力小；对于大直径的旋塞阀开关时费力，密封面研磨修理困难。

(4) 旋塞阀在管路中的安装 旋塞阀可以安装在水平方向的管路中，也可安装在垂直的管路中，且阀门的出入口可以任意选择。但在安装时应尽量使阀杆的方榫处于阀门的上方，以便尽量减少填料泄漏的机会。

3. 闸阀

闸板阀又叫闸阀或闸门阀。是最常用的截断阀之一，主要用来接通或截断管路中的介质，不适用于调节介质流量。闸阀适用的压力、温度及口径范围很大，尤其适用于中、大口径的管道。

阀体内装有一与介质流动方向相垂直的闸板，当闸板升起或落下时阀门即开启或关闭。闸板阀的启闭件是闸板和阀座，为了保证阀门在关闭时严密不漏，闸板和阀座均经过研磨。阀座上通常镶有耐磨耐腐蚀的金属密封圈，以便延长阀座的使用寿命。闸板阀的主要零部件有闸板、阀体、阀杆、阀盖、填料函、套筒螺母、手轮等。

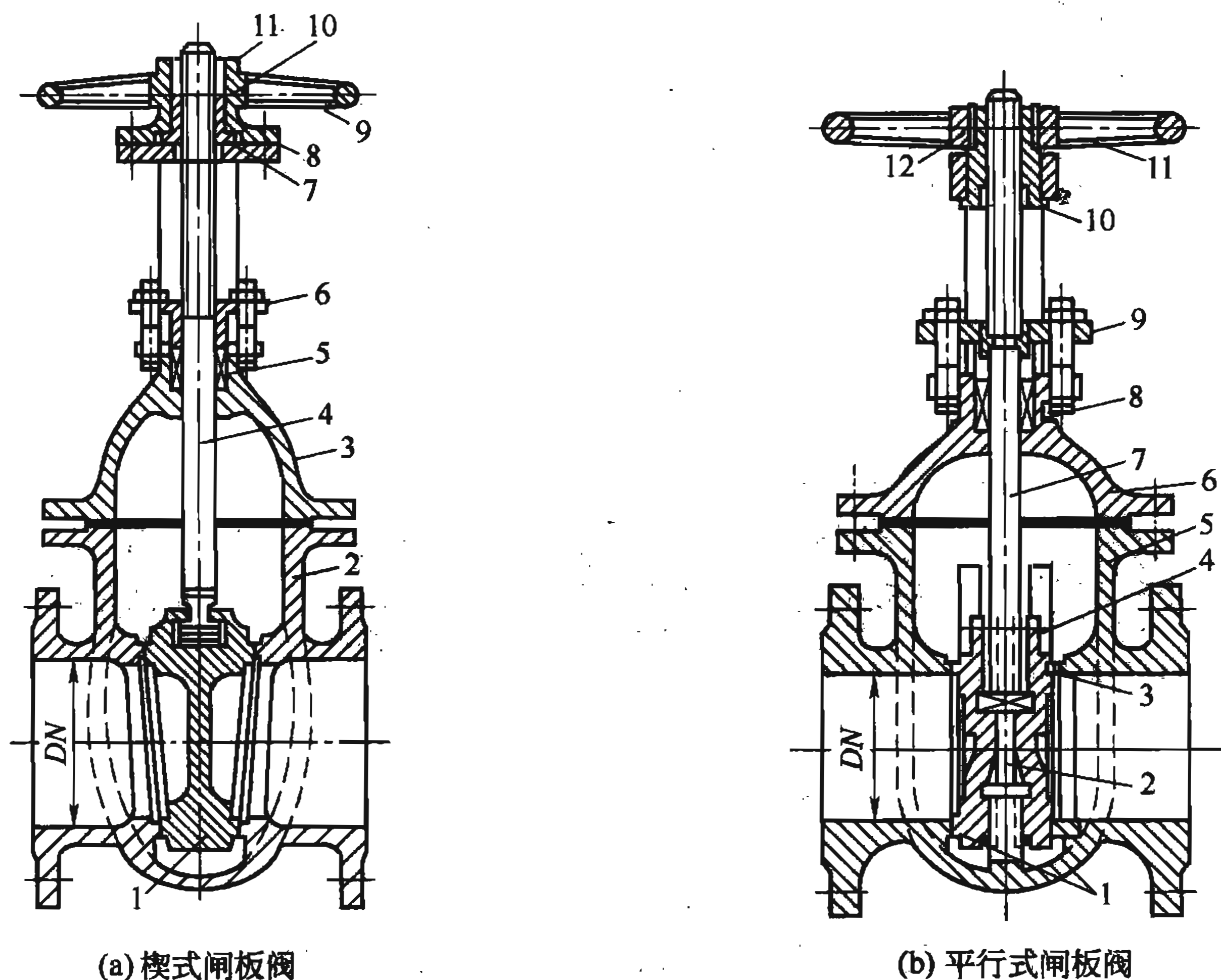
闸板阀可分为以下几类。

(1) 根据与管路连接的形式 分为法兰连接和螺纹连接两种，法兰连接一般用于公称直

径较大的阀门，而螺纹连接则用于公称直径较小的阀门。

(2) 根据闸板阀启闭时阀杆运动的情况不同 可分为明杆式和暗杆式两种，如图 2-9 (a)、(b) 和图 2-10 所示。

① 明杆式闸板阀如图 2-9 所示，明杆式闸板阀的阀杆螺纹位于阀杆的上部，与阀盖上部的套筒螺母相配合，旋转手轮时，阀杆与闸板一起作上下方向的升降运动，随着阀门的开启，阀杆逐渐升高。



1—楔式闸板；2—阀体；3—阀盖；4—阀杆；5—填料；
6—填料压盖；7—套筒螺母；8—压紧环；9—手轮；
10—键；11—压紧螺母

1—平行式的双闸板；2—顶楔；3—密封圈；4—卡箍；
5—阀体；6—阀盖；7—阀杆；8—填料；9—填料压盖；
10—套筒螺母；11—手轮；12—键

图 2-9 明杆式闸板阀

② 暗杆式闸板阀如图 2-10 所示，暗杆式闸板阀的阀杆螺纹位于阀杆的下部，与嵌在闸板上的套筒螺母相配合，旋转手轮时，阀杆与手轮一起转动，闸板在阀腔内作上下方向的升降运动。阀门在开启或闭合时，阀杆只在原地旋转，而没有轴向运动。

明杆式闸板阀工作过程中，开启时阀杆需上下运动，故需要占用空间高度大，暗杆式闸板阀开启时，阀杆上下位置不变，闸板的高度总保持不变，因此安装空间小，适用于大口径或对安装空间受限制的情况，例如：船舶、管沟等空间较小和粉尘含量大的环境。此种结构要装有开闭指示器，以指示开闭程度。这种结构的缺点是：阀杆螺纹不仅无法润滑，而且直接接受介质侵蚀，容易损坏。

明杆式可根据阀杆的高低判断阀门开启的程度，暗杆式则不能；明杆式的螺纹不受介质的腐蚀且便于润滑，使用寿命长，暗杆式则反之。

(3) 根据闸板结构的形状不同 闸板阀还可分为楔式闸板阀 [如图 2-9 (a) 所示]，和平行式闸板阀 [如图 2-9 (b) 所示] 两类。在楔式闸阀中，又有单闸板，双闸板和弹性闸板之分。单闸板楔式闸阀如图 2-11 (a) 所示，特点是：结构简单，使用可靠，但对密封面角度的精度要求较高，加工和维修较困难，温度变化时易发生卡死现象。

弹性闸板如图 2-11 (b) 所示, 在闸板的对称平分面上加工出一个环形槽, 从而使闸板的两个密封面具有一定的弹性, 当阀门关闭时借助于闸板产生微小的弹性变形, 使其与阀座达到良好的接触, 以保证其密封性。它具有单闸板楔式闸阀结构简单, 使用可靠的优点, 又能产生微小的弹性变形弥补密封面角度加工过程中产生的偏差, 改善工艺性, 现已被大量采用。

双闸板如图 2-11 (c) 所示, 是由两块闸板组合而成, 用球面顶心铰接成楔形闸板, 借助顶心自动调整闸板与密封面的楔角, 来实现阀门密封。双闸板楔式闸阀在水和蒸气介质管路中使用较多。它的优点是: 对密封面角度的精度要求较低, 温度变化不易引起卡死的现象, 密封面磨损时, 可以加垫片补偿。但这种结构零件较多, 在黏性介质中易黏结, 影响密封。长期使用易产生锈蚀, 闸板容易脱落。各种楔式闸板都是依靠楔形密封面之间的挤压作用来实现密封的。

平行式闸板阀多采用撑开式平行双闸板, 即用顶楔将两块闸板撑开, 使闸板与阀座达到严密的接触, 撑开式平行双闸板有上顶楔和下顶楔两种。上顶楔式平行双闸板如图 2-12 所示, 当阀门关闭时, 阀杆推动上顶楔向下移动, 使两块闸板撑开, 并压紧在阀座上达到密封的目的。

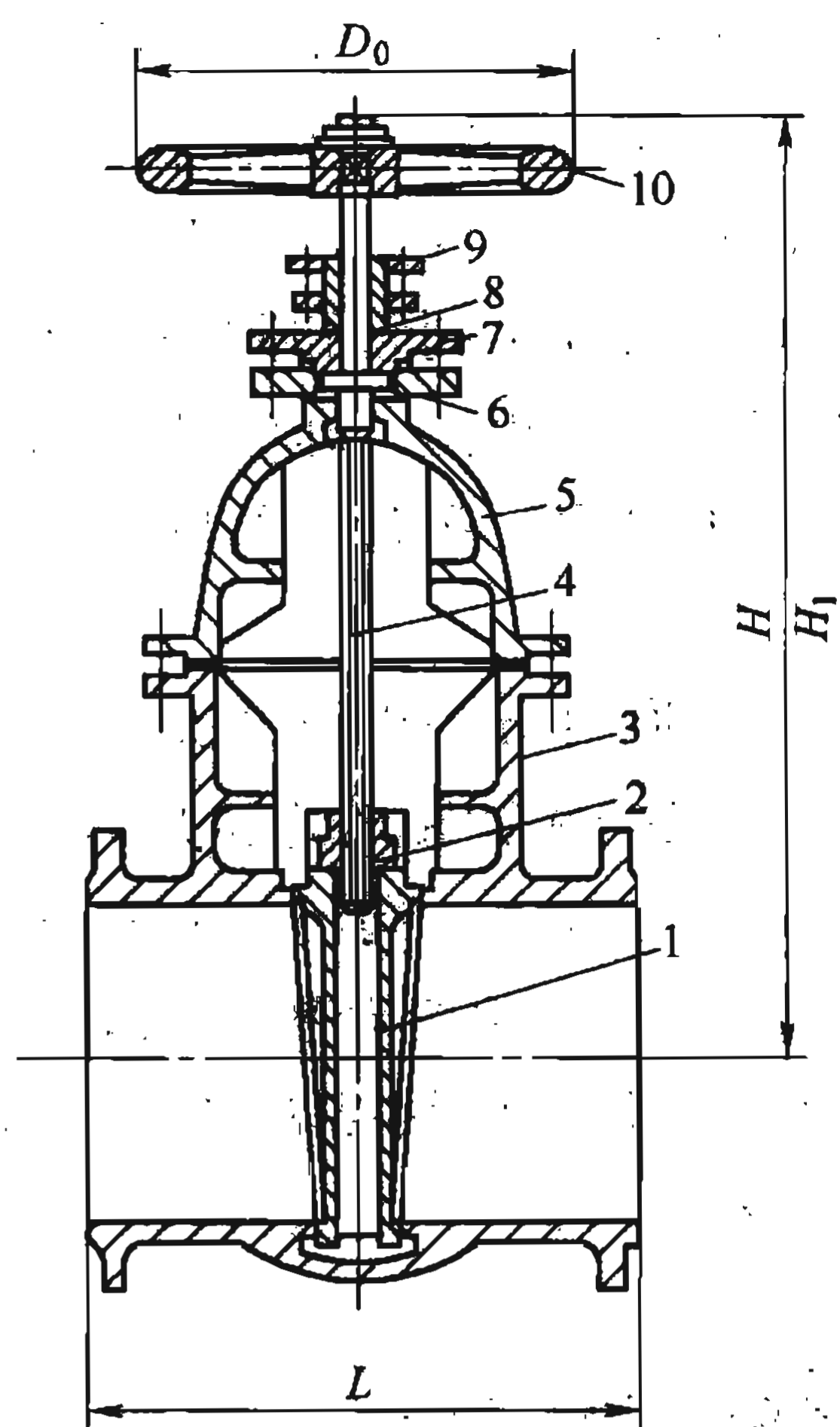


图 2-10 暗杆式闸板阀

- 1—楔式闸板; 2—套筒螺母; 3—阀体;
- 4—阀杆; 5—阀盖; 6—阀杆止推凸肩;
- 7—填料函法兰; 8—填料;
- 9—填料压盖; 10—手轮

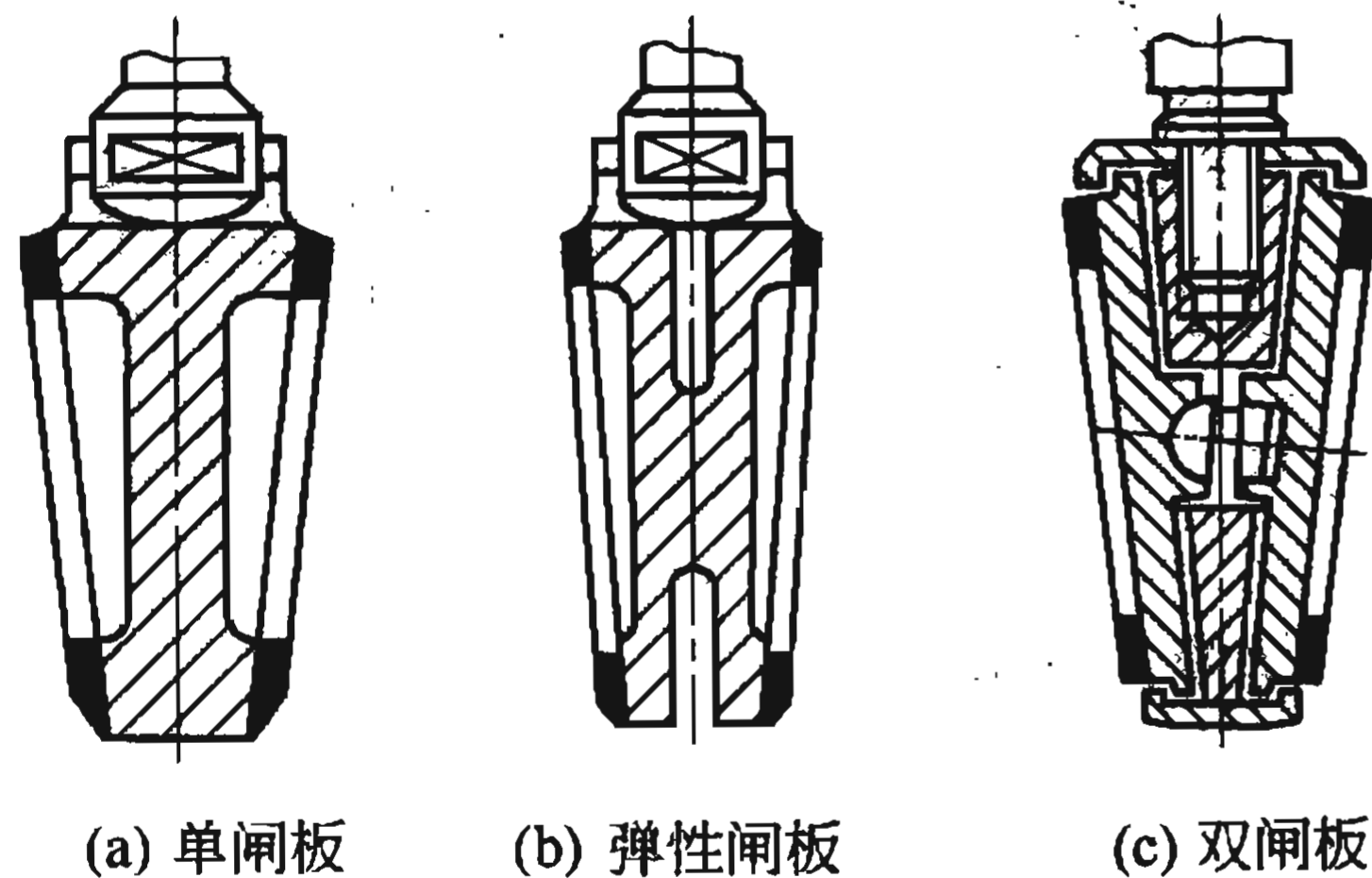


图 2-11 楔式闸板

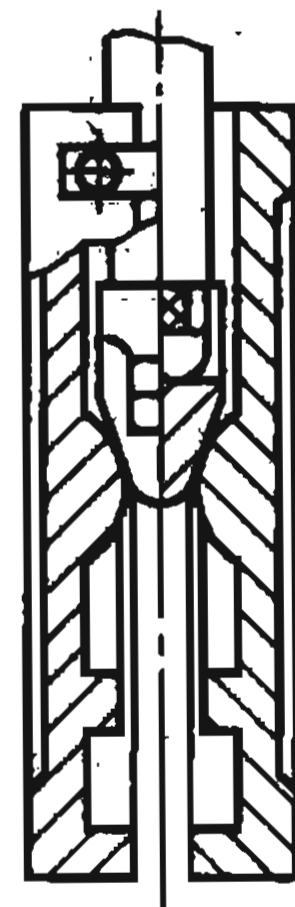


图 2-12 上顶楔式平行双闸板

闸阀有以下优点:

流体阻力小, 启闭较省力, 介质的流向不受限制; 全开时, 密封面受工作介质的冲蚀比截止阀小, 无水锤现象; 体形比较简单, 铸造工艺性较好。

闸阀也有不足之处:

体积较大、开启缓慢; 外形尺寸和开启高度都较大, 安装所需空间较大; 开闭过程中, 密封面间有相对摩擦, 容易引起擦伤现象; 结构复杂, 闸阀一般都有两个密封面, 给加工和维修增加一些困难。

4. 截止阀

利用装在阀杆下面的阀盘与阀体的阀座相配合来控制启闭的阀门, 称为截止阀。截止阀

又叫球心阀，是化工生产中应用比较广泛的一种阀门。适用于水、气、油品和蒸汽等管路。图 2-13 所示是化工生产比较常见的几种截止阀。

截止阀的主要零部件有手轮、阀杆、填料压盖、填料、阀盖、阀体、阀盘、阀座等。截止阀的密封件是阀盘和阀座。转动手轮，带动阀杆和阀盘作轴线方向的移动从而改变了阀盘和阀座之间的距离，即改变了通道截面的大小，从而使流体的流量改变。为了使截止阀关闭后严密不泄漏，阀盘和阀座的结合面必须经过研磨，或者使用装有带弹性的非金属材料作密封面。

截止阀可分为以下几类。

① 根据和管路的连接形式，截止阀可分为法兰连接和螺纹连接两种。法兰连接一般用于公称直径较大的阀门，而螺纹连接则用于公称直径较小的阀门。

② 根据所承受介质的压力可分为低压、中压、高压和超高压截止阀。

③ 根据截止阀结构的形式不同，它又可分为普通式 [如图 2-13 (a) 所示]、直线式 [如图 2-13 (b) 所示]、角式 [如图 2-13 (c) 所示]。其种类结构示意图如图 2-14 所示。

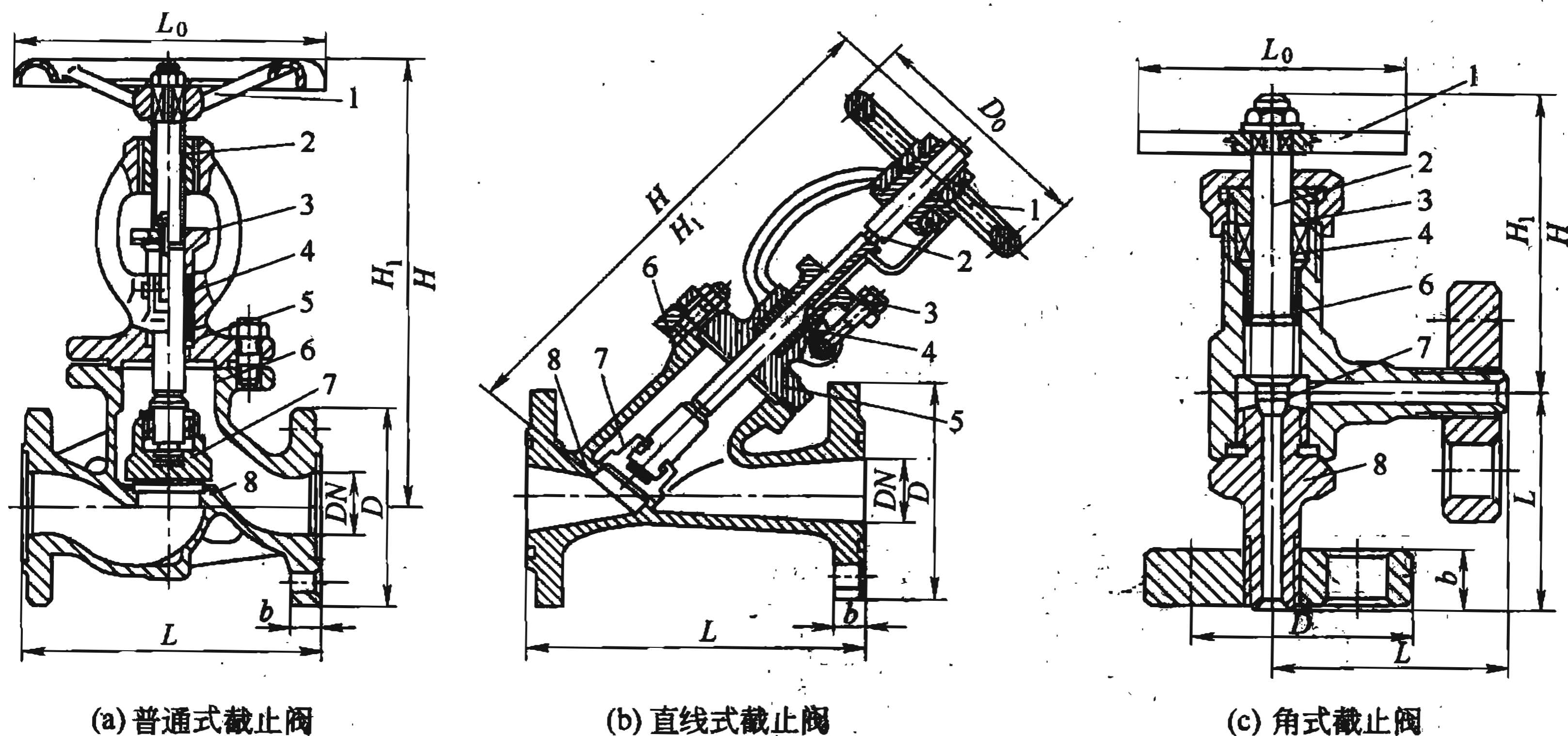


图 2-13 截止阀的常见形式

1—手轮；2—阀杆；3—填料压盖；4—填料；5—阀盖；6—阀体；7—阀盘；8—阀座

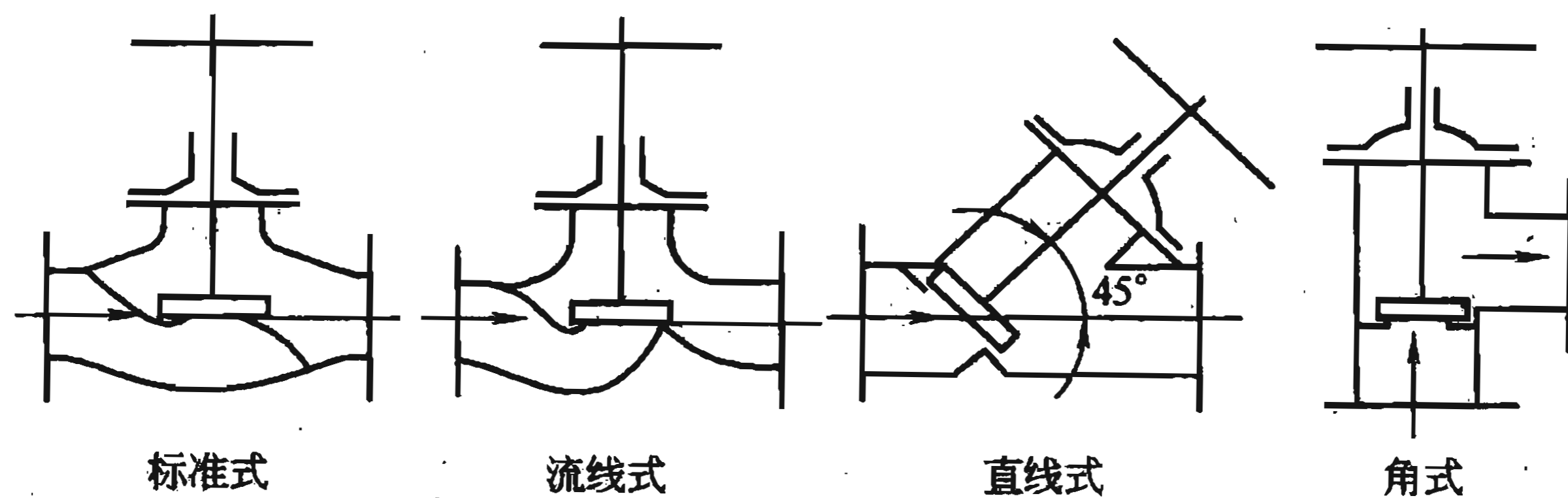


图 2-14 截止阀的结构种类示意图

标准式截止阀的阀体中部呈球型，阀座位于阀体的中心部位，介质在阀体内的流动阻力较大，一般用于小管径、小流量的管路。

流线式截止阀的阀腔呈流线型，介质的流动阻力比标准式截止阀小，应用比较广泛，用

于大流量、大管径的管路。

直线式截止阀的阀杆倾斜成 45° ，介质流过阀腔时，以直线方式流过，所以流体的流动阻力最小，但是由于阀杆倾斜，操作不方便，应用较少。

角式截止阀进出口的中心线相互垂直，适用于管路垂直转弯处，由于转弯处受力复杂，易产生泄漏，一般很少采用。

截止阀在管路中一般只作沟通和切断介质的作用，不宜长期用于调节介质的流量和压力，否则，密封面会被介质冲刷腐蚀使其密封性能破坏。

为使阀体能承受介质的腐蚀，延长其使用寿命，可在阀体内表面上衬以防腐层，衬里层材料有铅、橡胶、搪瓷和塑料等。

截止阀的主要优点：截止阀的结构较简单，通常只有一个密封面，制造与维修都较方便，应用广泛；密封面不易磨损、擦伤，密封性较好，寿命较长；启闭时阀瓣行程较小，启闭时间较短，阀门高度较小。

截止阀的主要缺点：流体阻力大，不适用带颗粒和黏度大的介质；启闭力矩大，启闭较费力；介质流动方向受限制，应特别注意介质“低进高出”出入阀口的方向，即介质从阀盘的底部进入，从阀盘的上部流出，这样会减少介质的流动阻力，开启阀门时也感到比较省力，且阀门关闭后，阀杆和填料不再与介质接触，减少了受介质腐蚀的机会；不宜长期用于调节介质的流量和压力，否则，密封面会被介质冲刷腐蚀使其密封性能破坏。

5. 节流阀

节流阀是通过改变流道截面以控制流体的压力及流量的阀门，属于调节阀类，截止型节流阀在结构上除了启闭件结构外，均与截止阀相同。节流阀的阀芯有多种形状，常见的有：钩形阀芯，常用于深冷装置的膨胀阀；窗形阀芯，适用于口径较大的节流阀；圆锥形阀芯，适用于中小口径节流阀。该阀操作较频繁，因此应安装在便于操作的位置上。安装时要注意介质流向应与阀门上标注的流向一致。节流阀的结构如图 2-15 所示。

阀芯形状为圆锥形或针形，从而有较好的流量和压力调节作用，并减小介质对阀芯的冲刷磨损。根据和管路的连接形式又可分为法兰连接和螺纹连接两种。节流阀的特点是对介质的流量进行精确的调节，介质流经阀门时流速大，故对阀芯和阀座密封面的冲刷磨损大，关闭时密封性差，故不宜作切断阀使用。

6. 蝶阀

蝶阀的结构如图 2-16 所示，主要由阀体、蝶板、阀杆、密封圈等零部件组成。该阀的关闭件为一圆盘形蝶板，蝶板能绕其轴旋转 90° ，蝶板轴垂直流体的流动方向。当驱动手柄旋转时，带动阀杆和蝶板一起转动，使阀门开启或关闭。

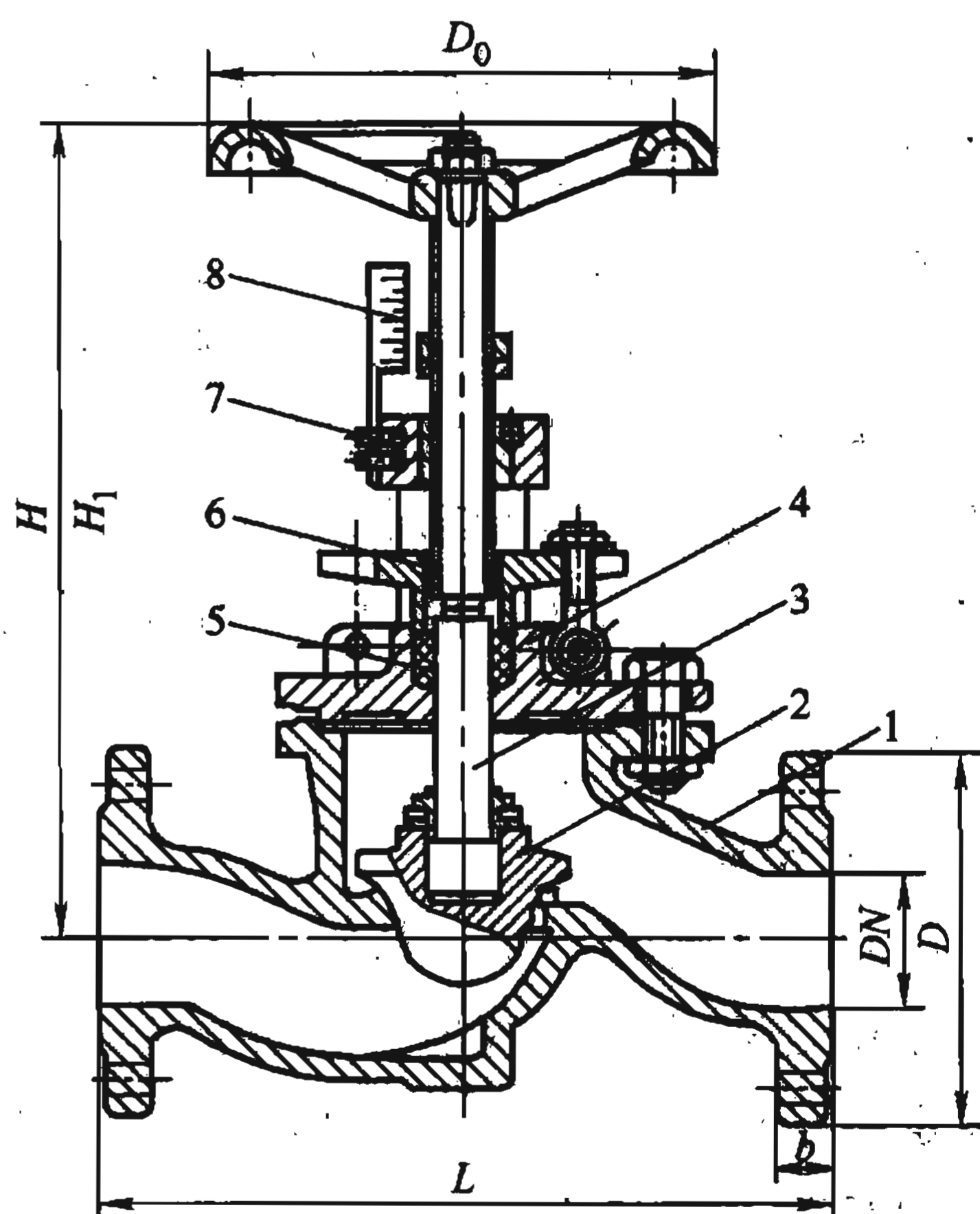


图 2-15 节流阀

1—阀体；2—阀芯；3—阀杆；4—阀盖；5—填料；
6—填料压盖；7—套筒螺母；8—标尺

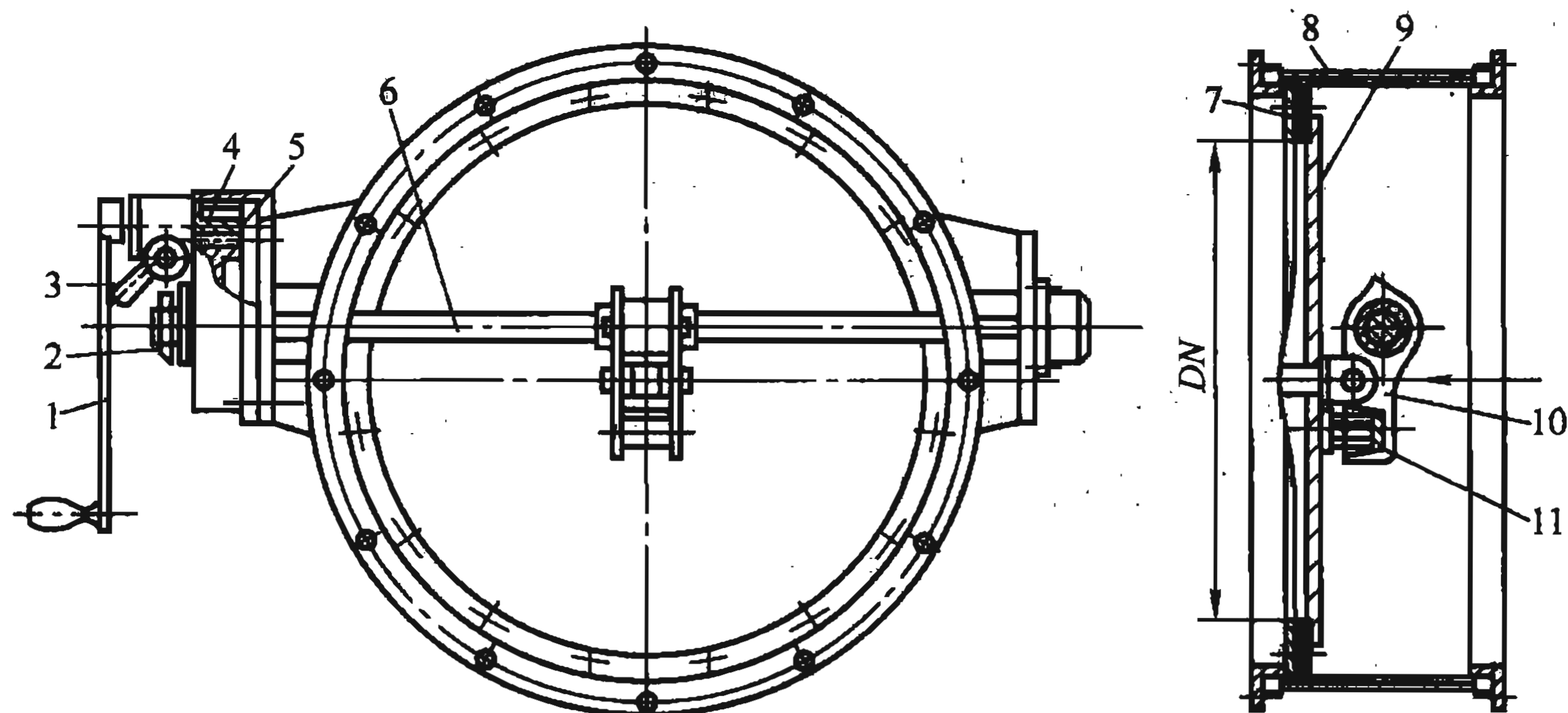


图 2-16 手动齿轮传动的蝶阀

1—手柄；2—指示针；3—锁紧手柄；4—小齿轮；5—大齿轮；6—阀杆；
7—P形橡胶密封圈；8—阀体；9—蝶板；10—杠杆；11—松紧弹簧

蝶阀的种类有手动蝶阀（带扳手）、电动蝶阀和蜗杆传动蝶阀等。

蝶阀的蝶板呈圆盘状，密封阀座是 P 形橡胶圈，这种密封圈保证了阀门的密封性能，有很好的耐腐蚀性，但不适用于高温介质的管路。有些种类的蝶阀是在阀体上直接制作出阀座，或在阀体上堆焊耐磨材料及耐蚀材料后，再加工出阀座，蝶阀在管路中可作为截止阀使用。

蝶阀在管路中安装时，应保证阀体上的箭头与介质流动的方向一致，以借助介质的压力提高阀门的密封性。蝶阀能输送和控制的介质有水、空气、煤气、液态天然气、干燥粉末、泥浆及带悬浮物的混合物。

蝶阀的特点是：

结构简单，外形尺寸小，维修方便；体积小，重量轻，适用于大口径的阀门；开关迅速，流体阻力小，调节性能好，蝶板旋转 90° 即可完成启闭；启闭力矩较小，启闭较省力；低压密封性能好，但受密封圈材料的限制，使用压力和工作温度范围较小；随着硬密封蝶阀的使用，压力和工作温度范围，都有了很大的提高。

（二）自动阀门

1. 安全阀

（1）安全阀的作用、特点 安全阀是一种根据介质工作压力的大小，自动启闭的阀门。它的作用是确保受压容器或管路的安全，以免超压而发生破坏性事故。当介质的工作压力超过规定数值时，介质将阀盘顶起，并将过量介质排放出来，使压力降低；当压力恢复正常后，阀盘就又自动关闭。

安全阀的特点是：能较准确地维持设备和管路内的压力，根据介质压力的大小自动控制启闭。

（2）安全阀的分类 根据和管路的连接形式可分为法兰连接、螺纹连接两种，根据平衡内压的方式不同，安全阀又可分为杠杆重锤式、弹簧式和脉冲式安全阀等几种。如图 2-17～图 2-19 所示。

① 杠杆重锤式安全阀结构如图 2-17 所示，其主要零部件有阀体、阀座、阀盘、导向套、阀杆、重锤、杠杆和阀盖等。杠杆重锤式安全阀的原理是通过杠杆使重锤的重量作用在

阀盘上，来实现内压平衡的。根据杠杆平衡原理可知，当安全阀开启时，作用在阀盘上的压力将减小，即此种安全阀的开启力越开越小，反之将增大。重锤的位置根据所需压力调整好，为防止重锤滑动，造成开启压力改变，所以，重锤的位置调整后必须用螺栓定位，并用铁盒罩住。

② 弹簧式安全阀结构如图 2-18 所示。弹簧式安全阀的阀盖 6 和阀体 1 由螺栓连接成一体，阀盖内的弹簧由调节套筒螺栓 10 通过上弹簧座将弹簧压紧，这个压紧力由调节套筒螺栓 10 的位置升降来改变。下弹簧座托住弹簧并安放在阀杆上，阀杆将弹簧的力通过阀杆尖端传递到阀盘 5 上。所以，弹簧式安全阀开启压力的大小是通过调节套筒螺栓位置的上下移动来改变的。

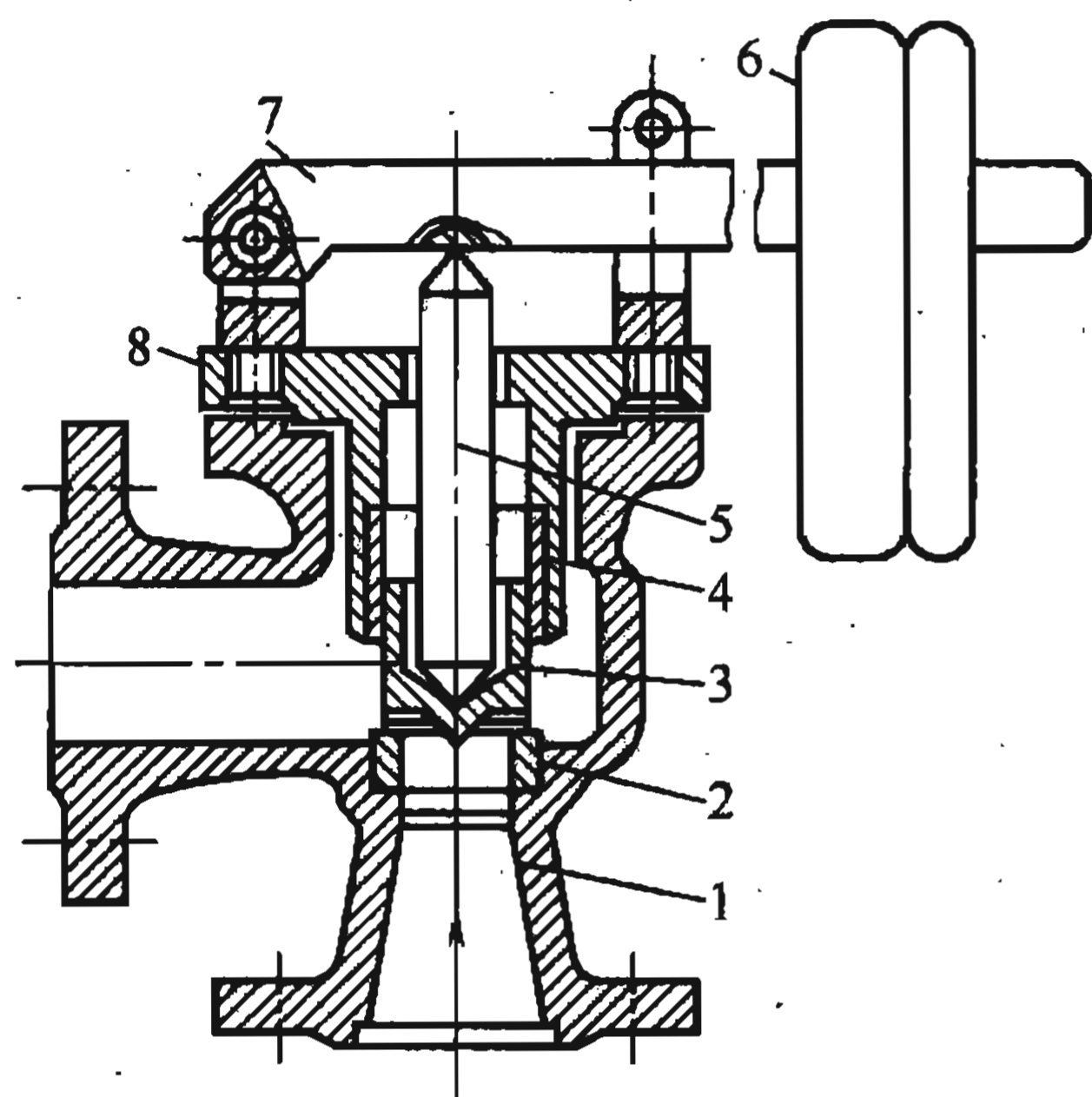


图 2-17 杠杆重锤式安全阀

1—阀体；2—阀座；3—阀盘；4—导向套；
5—阀杆；6—重锤；7—杠杆；8—阀盖

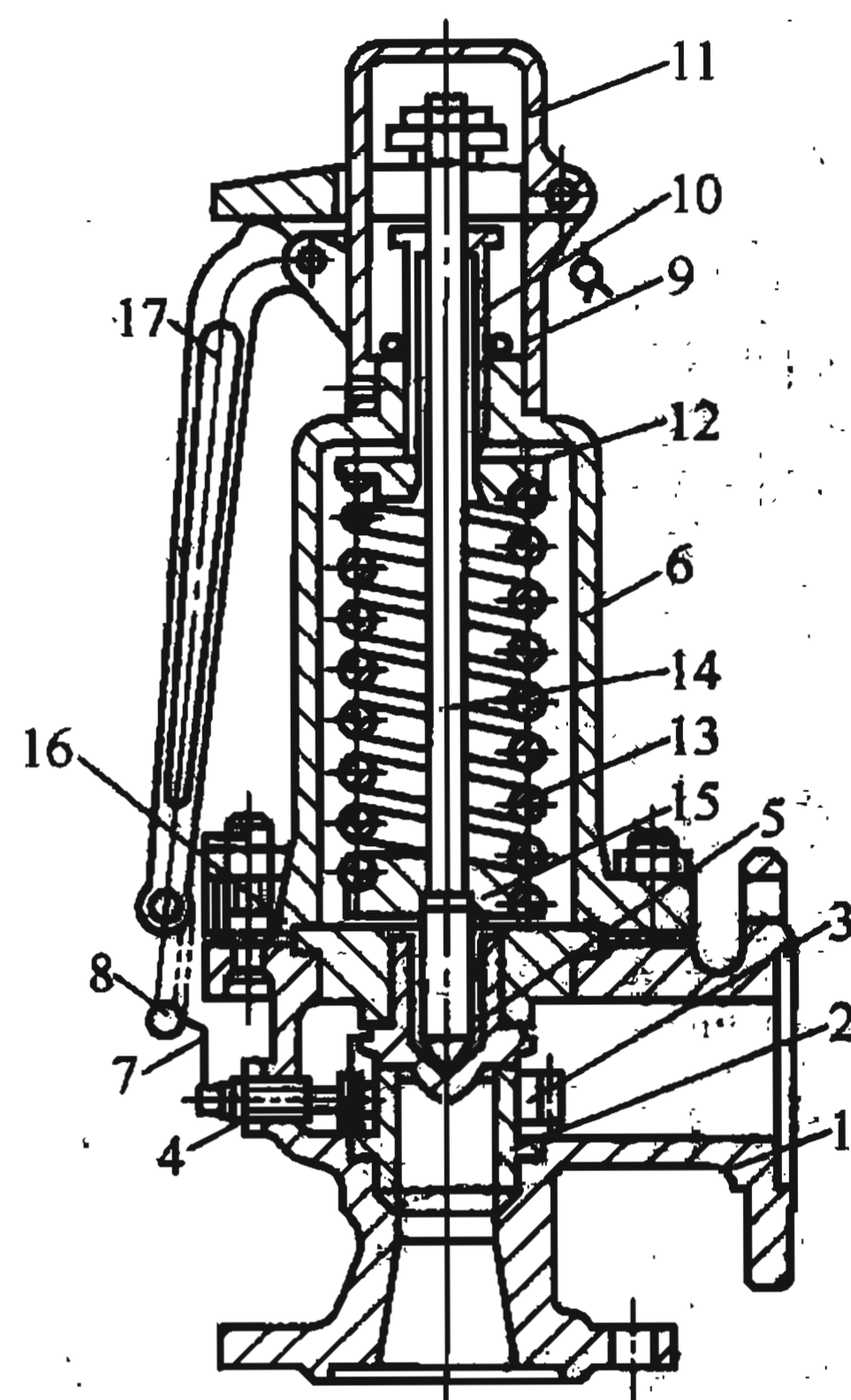


图 2-18 弹簧式安全阀

1—阀体；2—阀座；3—调节齿轮；4—止动螺钉；
5—阀盘；6—阀盖；7—铁丝；8—铅封；9—锁紧螺母；10—调节套筒螺栓；11—安全罩；
12, 15—弹簧座；13—弹簧；14—阀杆；
16—导向套；17—扳手

弹簧式安全阀开启压力的调节方法是：先拆下安全罩 11，拧松锁紧螺母 9，即可旋转调节用的套筒螺栓 10，套筒螺栓 10 使上部的弹簧座 12 作上下移动，改变了对弹簧 13 的压缩程度，也就改变了弹簧对阀盘 5 的压力，从而改变安全阀开启压力。调节后，再用锁紧螺母固定，套上安全罩，并加以铁丝铅封，以防随意调动。

弹簧式安全阀根据阀盘的开启高度不同，可分为微启式和全启式两种基本形式。

a. 弹簧微启式安全阀。弹簧微启式安全阀的结构如图 2-18 所示，适用于液体介质。所谓微启，是指安全阀阀盘的开启高度很微小。当介质为液体时，由于液体介质的特性是不可压缩的，在一个充满液体介质的密封容器内，液体质量的少量变化，就会使容器内的压力发生很大的变化，所以在液体介质系统中使用的安全阀，不必要开启得太高，只要释放很少一部分介质，系统压力就会迅速降低。这就要求安全阀的开启过程应非常平衡，如果开启过高，释放介质过多，造成密封系统“空腔”体积过大，当介质再次充满的时候，引起系统压力发生很大变化，造成“水锤”现象。所以，在液体介质容器上使用的安全阀就设计成微启式。微启式的开启高度是喷嘴阀座喉径的 $1/15 \sim 1/20$ ，通常做成渐开式。

b. 弹簧全启式安全阀。弹簧全启式安全阀的结构如图 2-19 所示，适用于气体介质。当气体介质的受压设备超压时，由于气体的可压缩性而积储大量的能量，需迅速释放，若采用微启式，就来不及泄压保护。所谓全启，即全部开启的意思，其开启高度等于或大于喷嘴式喉径的 $1/3 \sim 1/4$ ，通常做成急开式，即阀盘在开启过程某一瞬间突然启跳，达到全开高度。它主要利用反冲机构（反冲盘配以阀座调节圈，或在阀盘和阀座上分别配置调节圈）改变介质的流向，增加阀盘在开启时的受力大小和时间长短：当气体介质大量冲出，形成冲击动能，阀盘一下子被托得很高，达到全启。但在阀盘刚开启时，气体还没有产生相当的动能，所以在开始时也是平稳开启的，当达到一定程度才产生突变。由于弹簧全启式安全阀的整个开启动作是由平稳到突然升起，所以它也被称为两段作用式安全阀。这种安全阀适用于气体或蒸汽的场合。

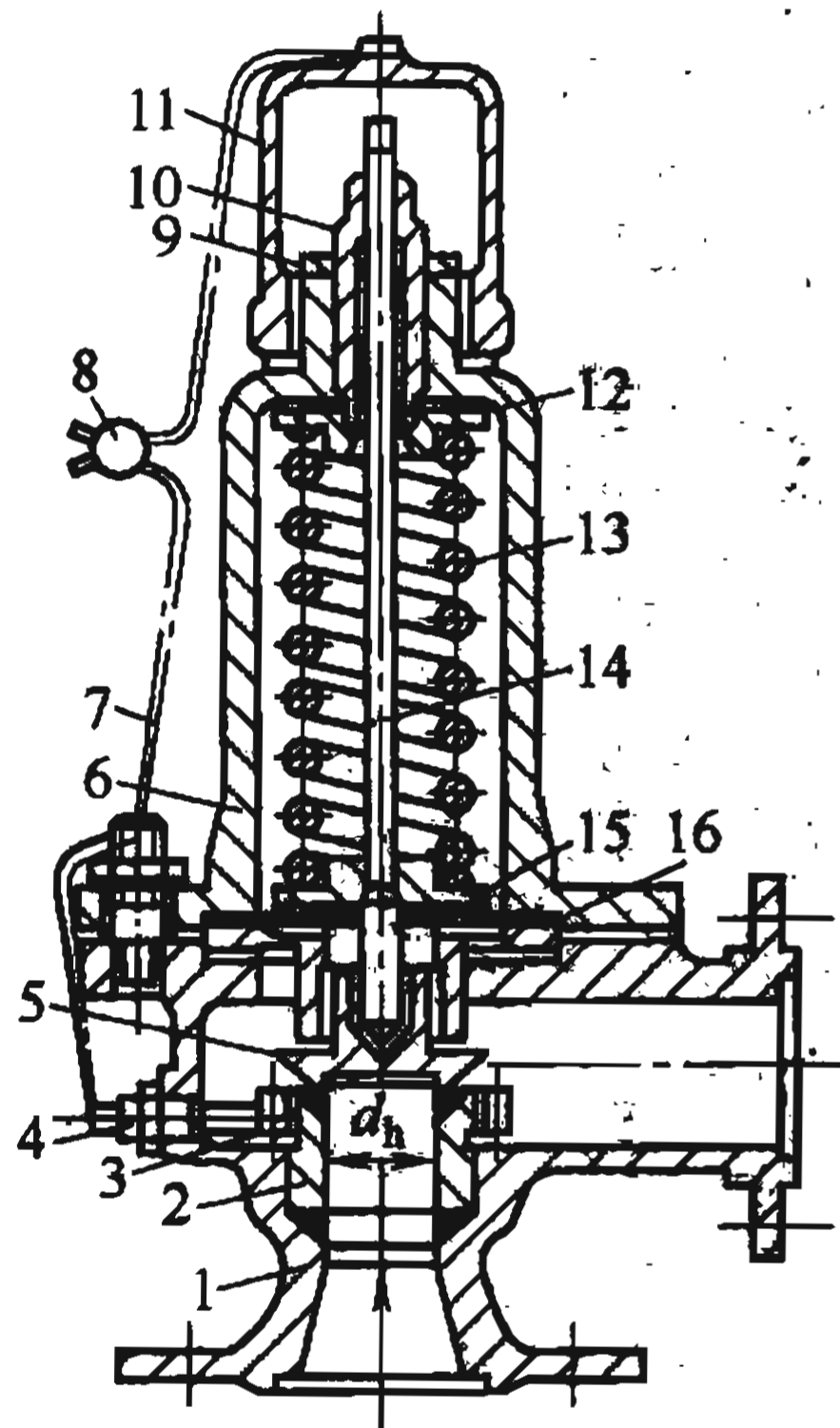


图 2-19 弹簧全启式安全阀
1—阀体；2—阀座；3—调节齿轮；
4—止动螺钉；5—阀盘；6—阀盖；
7—保险铁丝；8—铅封；9—锁紧螺母；10—调压套筒螺栓；11—安全罩；12,15—弹簧座；13—弹簧；14—阀杆；16—导向套

弹簧式安全阀中又分密封的和不密封的两种。密封的一般用于易燃易爆和有毒性的介质，密封不会产生泄漏。弹簧式安全阀还有带扳手的和不带扳手的两种，如图 2-18 和图 2-19 所示。扳手的作用主要是检查阀盘的灵活程度，也可在手动紧急卸压时使用。

c. 弹簧式安全阀的调节机构。弹簧式安全阀除了上面所说的调节螺栓对开启压力的调节作用外，大多数弹簧式安全阀还带有调节圈结构。弹簧式安全阀的调节圈结构有两种，一种是单调节圈结构，另一种是双调节圈结构，调节圈的作用是调整安全阀的回座压力和排放压力。调节圈的外圈是齿轮状的，内圈有螺纹结构，旋套在阀座外圈上（双调节圈其中一只旋套在阀芯外圈上），调节圈上下位置的改变，也就改变了介质冲击密封面时产生的压力区能量的大小，使托起阀芯的力的大小得以改变。一般说来，当调节圈往下调时，调节圈与阀芯间距离变大，冲击的介质产生的聚压动能区力量就小，将阀芯抬起的力也小，不利于介质的排放。如果将调节圈向上调，情况则相反。因此，安装调节圈的位置时应进行调整。对于双调节圈的安全阀来说，利用双调节圈是为了对安全阀的起跳高度进行精确的调整。调节圈外圈的齿状结构不是供啮合之用，而是为

方便拨动调节圈和锁紧位置用的。图 2-20 为安全阀的调节圈结构，图 2-21 为调节圈的位置作用。

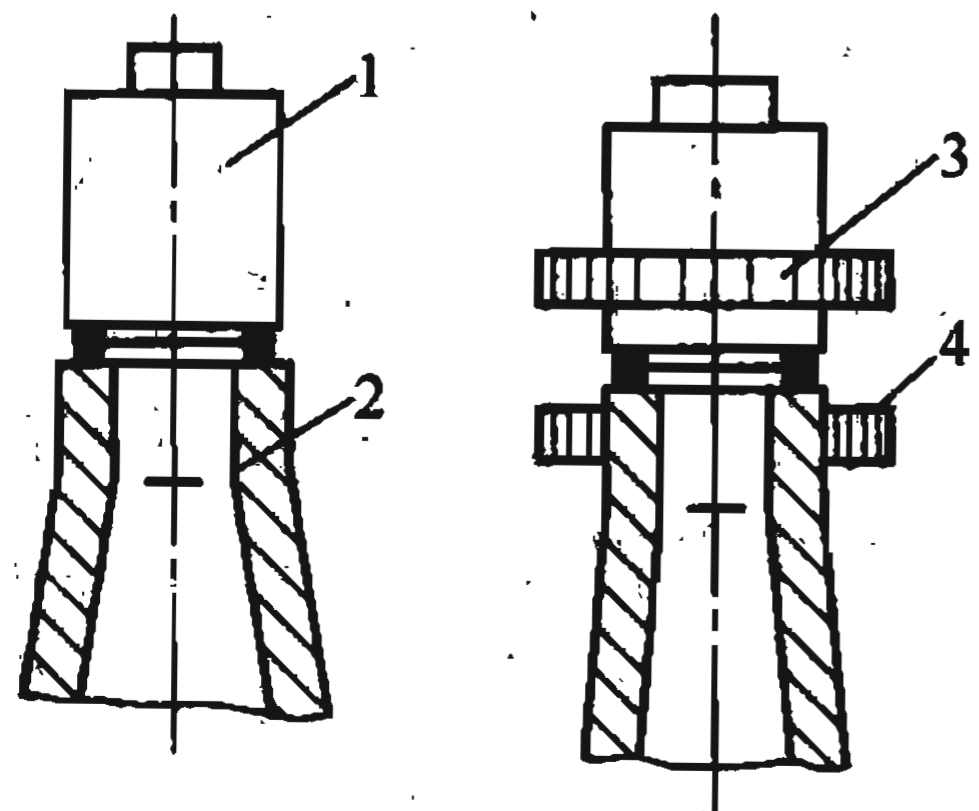


图 2-20 安全阀的调节圈结构

1—阀盘；2—阀座；3—上调节圈；4—下调节圈

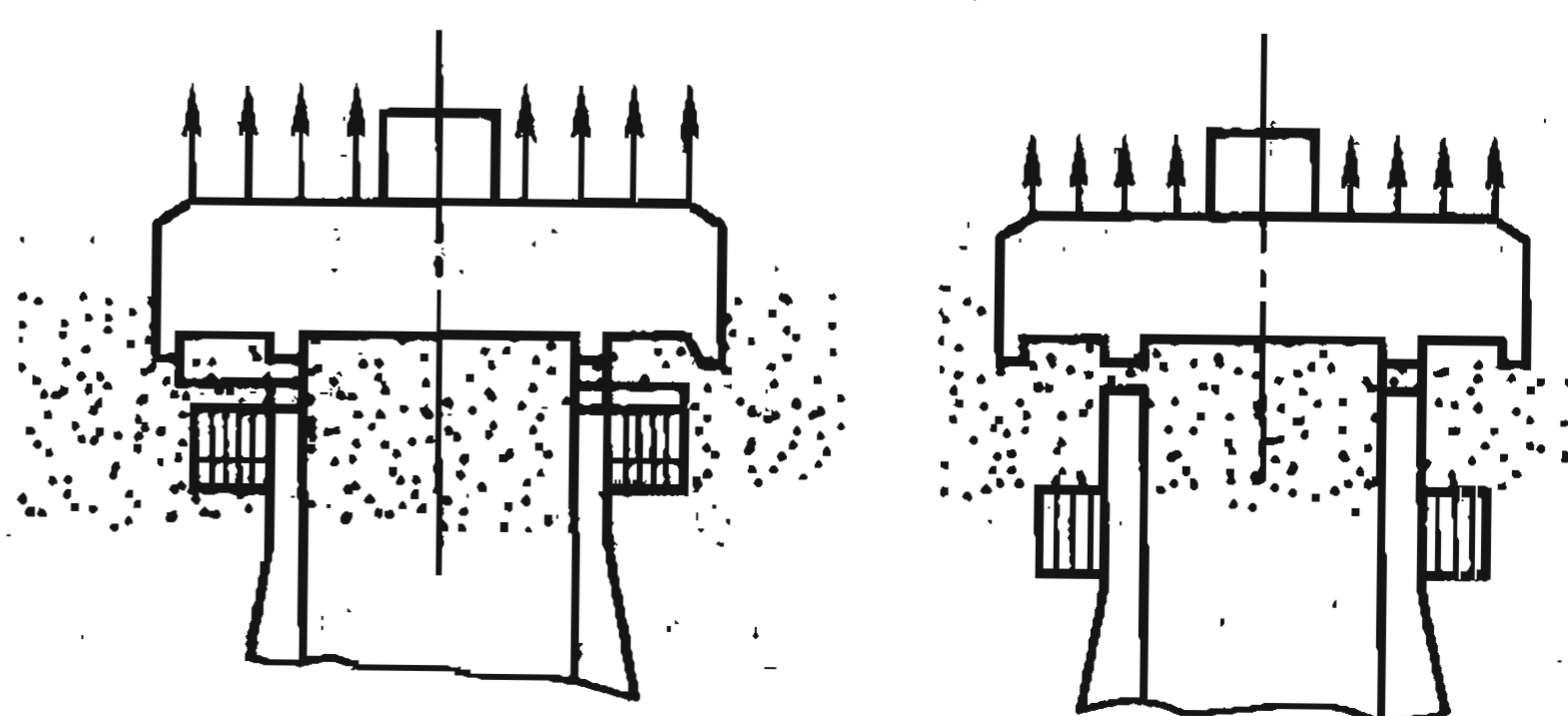


图 2-21 调节圈的位置作用

杠杆重锤式和弹簧式安全阀的特点比较：杠杆重锤式安全阀的结构庞大，安装时必须严格保持阀盘轴线与水平面垂直，弹簧式安全阀结构精巧，安装位置要求不太严格；杠杆重锤式安全阀启跳，即阀盘上升时，重锤作用在阀盘上的力越开启越小，但在弹簧式安全阀中，阀盘上升越高，弹簧对阀盘的力就越大；杠杆重锤式安全阀在高温下工作时开启压力是不变的，因此，适用于高温介质，而弹簧式安全阀在长期的高温 and 负荷影响下，弹性系数会改变，弹簧的压力会变小，从而会使启跳压力变小，故不适用于高温环境。

③ 脉冲式安全阀的结构如图 2-22 所示，主要零部件有阀座、主阀盘、主阀座、活塞缸、副阀盘和隔膜等。

脉冲式安全阀由主阀和副阀两大部分组成，主阀在下半部，副阀在上半部，介质同时通入主阀和副阀阀盘处。当介质压力超过规定数值时，首先压缩副阀弹簧，使副阀盘上升，副阀开启，介质进入活塞缸的上方，从而推动活塞下移，驱使主阀盘向下移动，主阀开启，介质被排放出来。当介质压力下降到规定值时，副阀在上部弹簧的作用下开始关闭，活塞上方的压力降低，主阀在介质压力的作用下也开始关闭。脉冲式安全阀适用于大口径和高压的场合。

在化工生产中，为了确保安全，有时在重要的管路和设备上并联安装两个安全阀，如图 2-23 所示。在使用过程中，为了防止阀盘和阀座胶接在一起，应定期将扳手稍稍抬起，以确保安全阀的灵敏度。

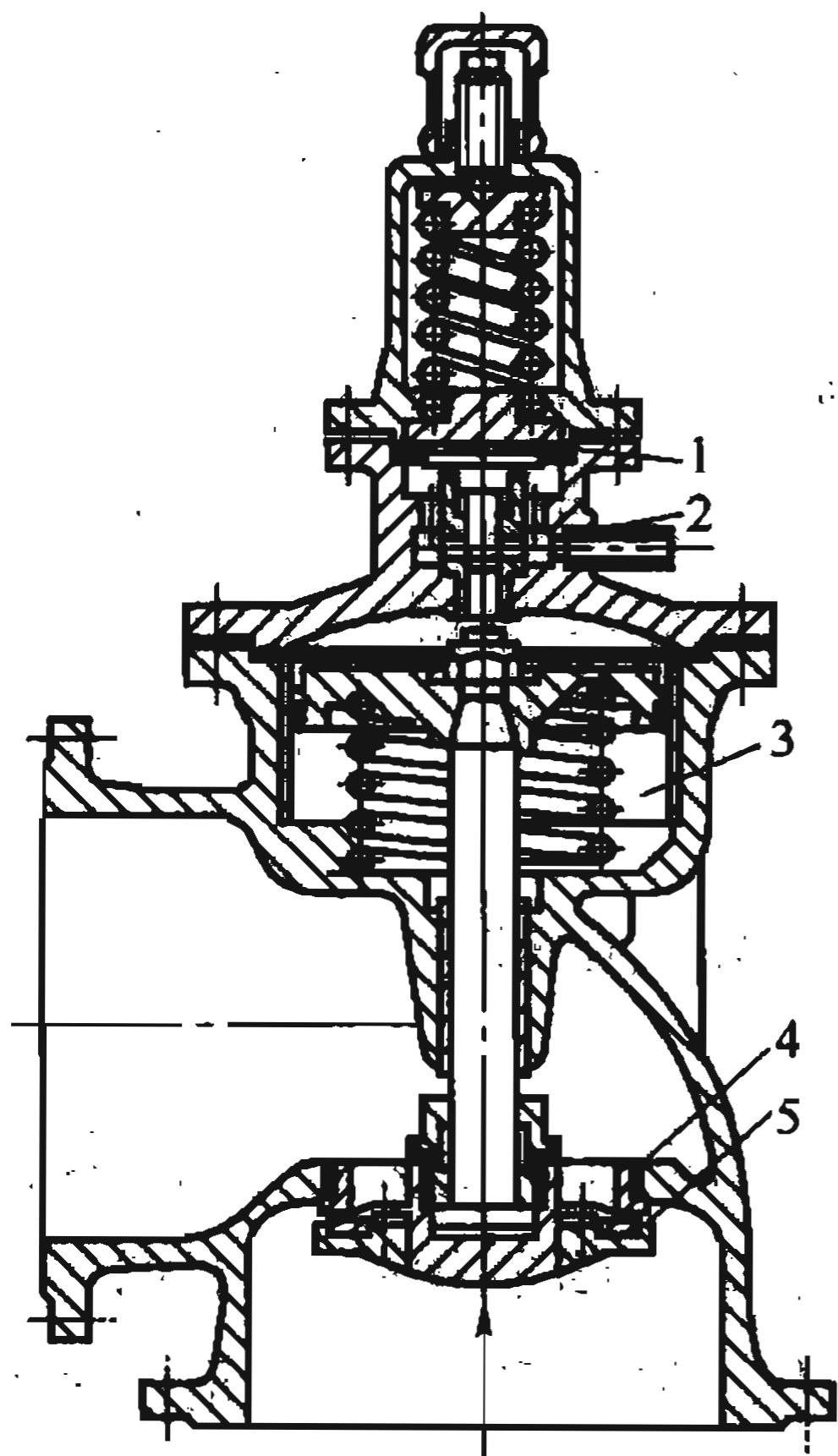


图 2-22 脉冲式安全阀

1—阀隔膜；2—副阀盘；3—活塞缸；
 4—主阀座；5—主阀盘

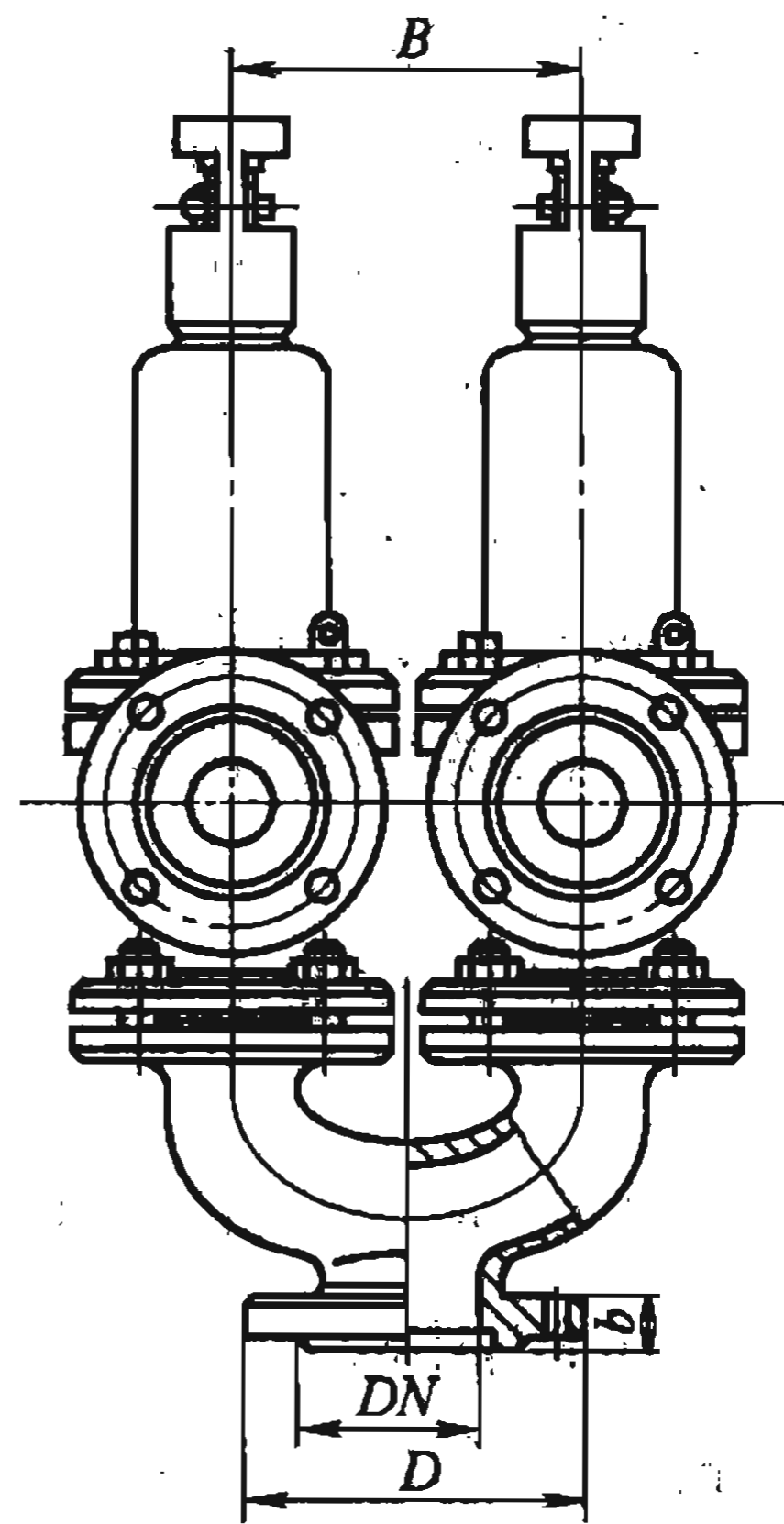


图 2-23 安全阀的并联

安全阀在管路中安装时，阀体应垂直向上，不允许倒置。应特别注意介质的流动方向，阀门出口的排放管路直径应大于安全阀的公称直径，以确保排放畅通无阻。

2. 减压阀

减压阀是靠膜片、弹簧、活塞等元件来改变阀盘和阀座之间的间隙距离，使蒸汽或空气自动从某一较高的压力降至生产所需要的稳定压力的一种自动阀门。化工生产中常用的减压

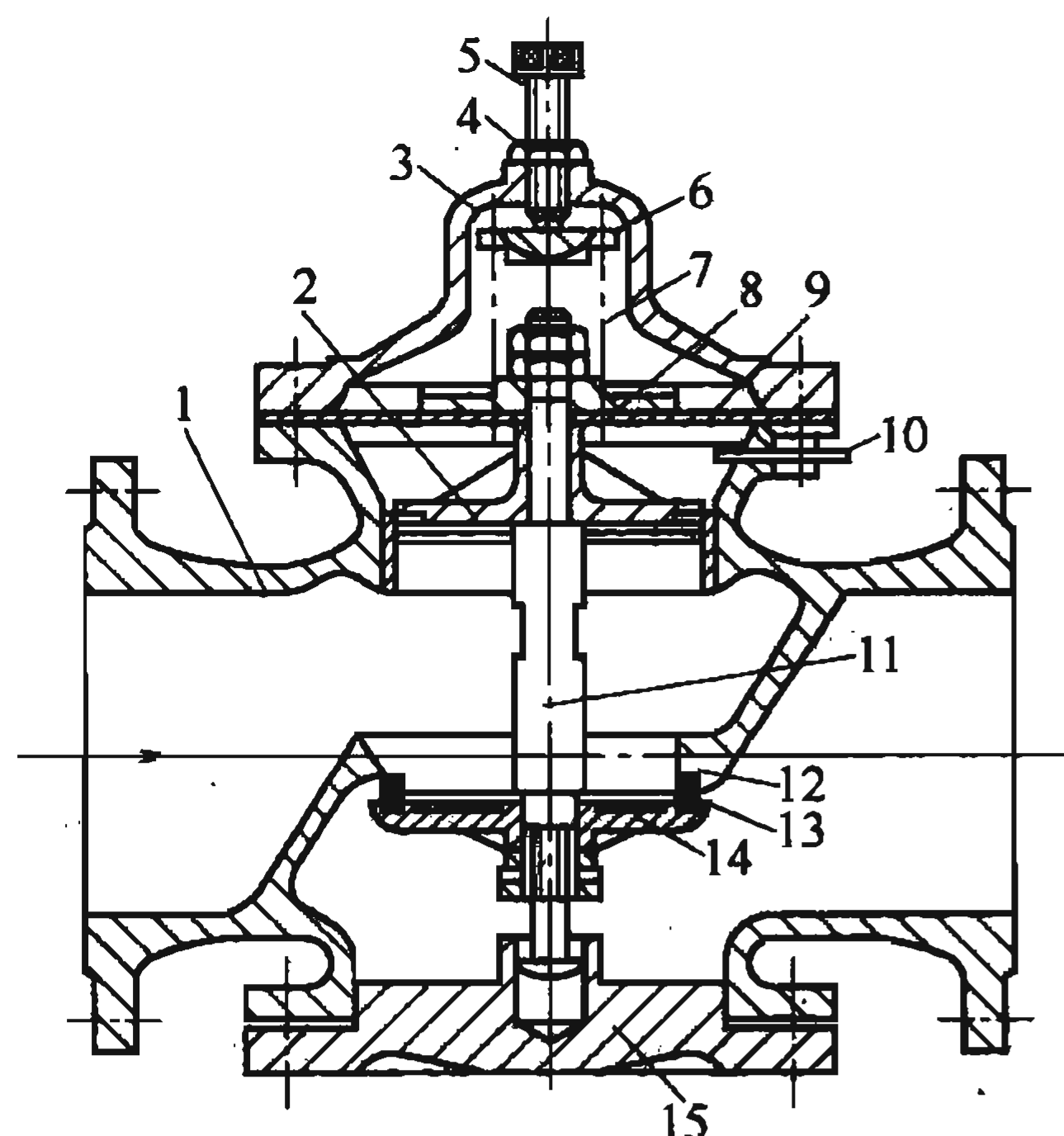


图 2-24 薄膜式减压阀

- 1—阀体；2—平衡盘；3—阀盖；4—锁紧螺母；
5—调节螺钉；6—弹簧座；7—弹簧；8—圆盘；
9—橡胶薄膜；10—低压连通管；11—阀杆；
12—阀座；13—密封圈；14—阀盘；15—底盖

阀有薄膜式、弹簧薄膜式、活塞式和波纹管式等几种，现仅对薄膜式和活塞式减压阀进行介绍。

(1) 薄膜式减压阀 薄膜式减压阀的结构如图 2-24 所示，其主要由阀体、平衡盘、阀盖、调节螺钉、弹簧、氯丁橡胶薄膜、低压连通管、阀杆、阀座、阀盘和底盖等零件组成。

当介质从左端流入阀腔时，因阀杆上下的平衡盘和阀盘的直径相等，所以介质作用在两盘上的压力大小相等，方向相反，其合力为零，此时阀门不能自动开启。

减压阀在使用前，应根据所需要的压力进行调节，方法是：松开锁紧螺母 4，然后旋转调节螺钉 5，压缩弹簧 7，使薄膜 9 连同阀杆 11、平衡盘 2 和阀盘 14 一起下移，开启阀门；介质流经阀盘 14 和阀座 12 之间的缝隙，产生压力降，从而达到降压之目的；减压后的低压介质的压力，一方面作用在阀盘 14 的下面，另一方面通过低压连通管 10 作用在

平衡盘 2 的上面，使两盘仍处于平衡状态；同时，低压介质的压力也作用在薄膜 9 的下面，使薄膜上移，薄膜上移的结果，又与弹簧 7 的压力取得平衡，因而使阀盘 14 和阀座 12 之间始终保持一定的开启状态；调节到所需的压力后，再将锁紧螺母 4 拧紧。

减压阀在工作过程中，如果低压介质的压力下降，则薄膜下面的压力也下降，这时，在弹簧压力的作用下，推动平衡盘和阀盘向下移动，使阀盘和阀座之间的缝隙稍许变大，介质的流量增加，压力随之增大，使低压介质在管路中的压力自动恢复正常。相反，如果低压介质的压力升高，则作用在薄膜下面的压力也随之增大，便克服弹簧的压力，使薄膜和阀盘上移，阀盘和阀座之间的间隙就变小，减少介质的流量，压力降低，使低压管路中的压力又自动恢复了正常。

薄膜式减压阀的特点是：结构复杂、灵敏度高、调节范围较小，适用于介质压力和温度较低场合。

(2) 活塞式减压阀 活塞式减压阀的结构如图 2-25 所示，主要零部件有阀体、主阀阀座、主阀弹簧、主阀阀芯、汽缸、活塞、阀盖、调节弹簧、调节螺钉、不锈钢膜片、脉冲阀阀座、脉冲阀阀芯、和脉冲弹簧等组成。它是利用膜片、弹簧和活塞等元件的作用，改变阀芯和阀座的间隙，来达到减压的目的。在阀体的下部装有主阀弹簧以支承主阀阀芯，使主阀阀芯与阀座处于密封状态。下部端盖中的螺塞用来排放阀中的积液。在阀体上部的汽缸中，装有汽缸盘，汽缸套、活塞和活塞环。汽缸中间的导向孔与主阀阀杆相配合，活塞顶在主阀阀杆上，当活塞受到介质压力后，通过主阀阀杆推动主阀阀芯下移，使主阀开启。阀盖内装有脉冲阀弹簧、阀芯和阀座，在阀座上覆有不锈钢膜片。帽盖内装有调节弹簧、调节螺钉及锁紧螺帽，以便调节需要的工作压力。活塞式减压阀是一种带有副阀的复合式减压阀，在化工生产中应用最为广泛。

活塞式减压阀和薄膜式减压阀一样，在使用前，也必须根据压力需要进行调节，其调节方法是：先卸下安全罩 14，松开锁紧螺母 16，顺时针方向旋转调节螺钉 15，顶开脉

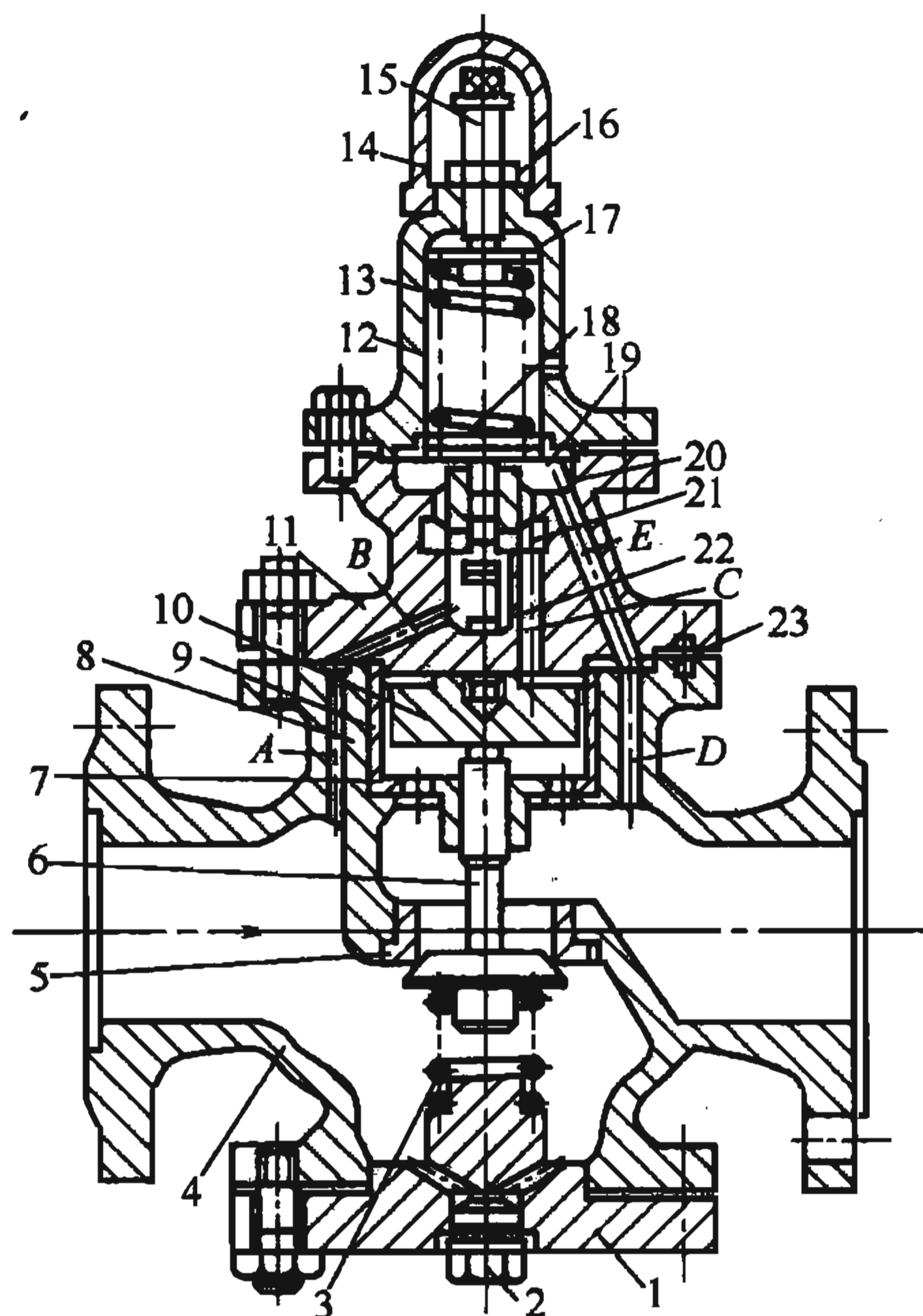


图 2-25 活塞式减压阀

- 1—端盖；2—螺塞；3—主阀弹簧；4—阀体；5—主阀阀座；6—主阀阀芯；
 7—汽缸盘；8—汽缸套；9—活塞环；10—活塞；11—阀盖；12—帽盖；
 13—调节弹簧；14—安全罩；15—调节螺钉；16—锁紧螺母；17—上
 弹簧座；18—下弹簧座；19—不锈钢膜片；20—脉冲阀阀座；
 21—脉冲阀阀芯；22—脉冲弹簧；23—定位销

冲阀，介质由进口 A、通道 B、脉冲阀和通道 C，进入活塞 10 上方，由于活塞面积比主阀阀芯面积大，受力后活塞向下移动，使主阀阀芯 6 开启，介质流向出口并同时通过 D、E 通道进入膜片 19 下方，此时与弹簧力平衡，压力调节后，将锁紧螺母 16 拧紧，并装上安全罩 14。

使用过程中，如果出口压力增高，原来的平衡即遭破坏，膜片下的介质压力大于调节弹簧的压力，膜片即向上移动，脉冲阀随之向关闭的方向运动，使流入活塞上方的介质减少，压力亦随之下降，引起活塞与主阀芯上移，减小了主阀芯的开度，出口压力也随之下降，达到新的平衡。反之，出口压力下降时，主阀芯向开启方向移动，出口压力又随之上升达到新的平衡，这样，可以使出口压力保持在一定的范围内。由此可见，当减压阀的压力调节后，不论低压管路中介质的消耗量如何变化，其压力基本可维持原状。

活塞式减压阀体积小，活塞行程大。因活塞与汽缸的摩擦力比较大，因而灵敏度低，耐压和耐温性能较好，广泛用于蒸汽管路，也用于空气和清洁的液体管路。

减压阀在管路中安装时，一般采用如图 2-26 所示的形式。这样在检修或者失灵时，为了不影响正常使用，可用旁路截止阀来人工调节减压。为了安全起见，在低压管路中还装有安全阀和压力表，以便使压力过高时可自动放空。为了保证活塞式减压阀的正常工作，不应使小口径通道发生堵塞，故在入口截止阀前装有过滤器。减压阀安装时必须注意阀体上箭头方向，避免装反，还应使阀杆和阀芯处于垂直状态。

3. 疏水阀

疏水阀的功能是自动地间歇地排除蒸汽管路、加热器、散热器等蒸汽设备系统中的冷凝

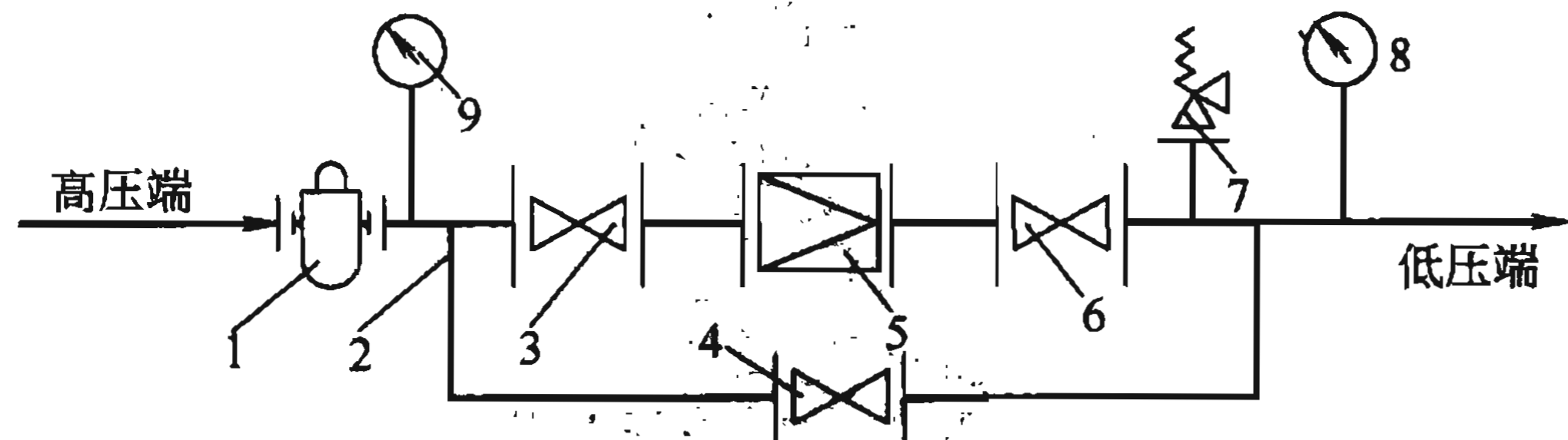


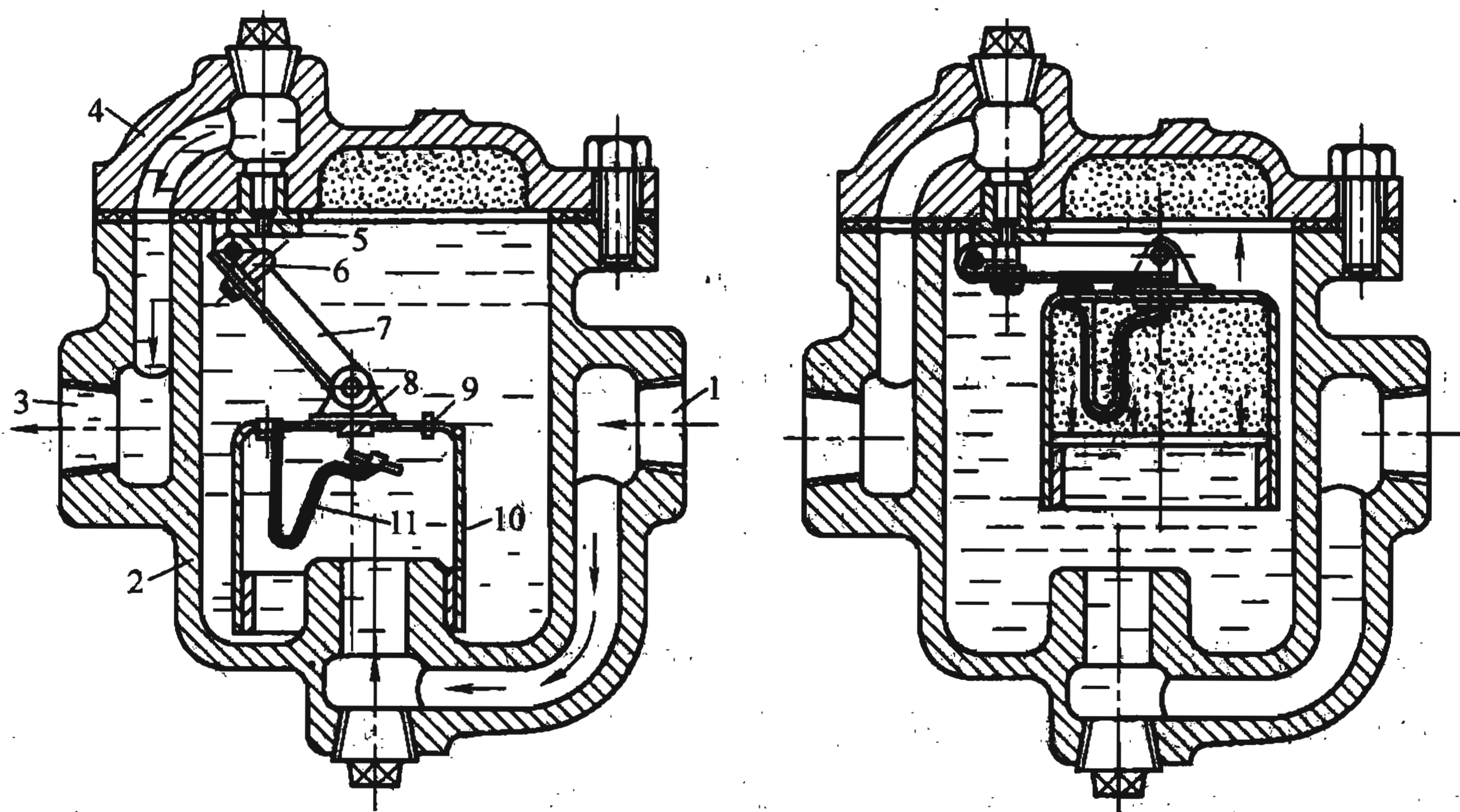
图 2-26 减压阀在系统中的安装示意图

1—过滤器；2—旁路管；3—高压进口截止阀；4—旁路截止阀；5—减压阀；
6—低压进口截止阀；7—弹簧式安全阀；8,9—压力表

水，而又能阻止蒸汽泄出，故又称为凝液排除器、阻汽排水阀和疏水器等。疏水阀的品种较多，结构各异，其工作原理与结构有关。近年来，新型疏水阀发展很快。

根据结构和工作原理的不同疏水阀可分为浮子型疏水阀、热动力式疏水阀和热静力式疏水阀三大类。

(1) 浮子型疏水阀 浮子型疏水阀分为钟形浮子式（见图 2-27）、浮桶式、浮桶差压式和杠杆浮球式四种。



(a) 开启状态（排水）

(b) 关闭状态（阻汽）

图 2-27 钟形浮子式疏水阀

1—进水口；2—阀体；3—出水口；4—阀盖；5—出水座；6—阀芯；7—杠杆；
8—自动放气孔；9—排气孔；10—钟形浮子（倒吊桶）；11—双金属

钟形浮子式疏水阀的结构如图 2-27 所示，主要是靠钟罩的动作进行阻汽排水，因钟形浮子像倒装的吊桶，故又称为倒吊桶式疏水阀。钟形浮子式疏水阀有不带双金属片的和带双金属片的两种。带双金属片的性能更好，其工作原理如下：开始运行时，倒吊桶 10 和杠杆 7 等零件以支点为连接点，呈下垂状态，阀盘离开阀座，出水口开启，在蒸汽压力的作用下，新进入的冷凝水及不凝性气体（冷空气等）经出水口排出，双金属片和冷空气接触时，倒吊桶上的放气孔呈开启状态，进入倒吊桶的冷空气和凝结水即由孔排出。热的蒸汽进入时，双金属片接触高温蒸汽，受热膨胀，关闭倒吊桶上的放气孔，使倒吊桶内形成蒸汽腔，同时将桶内的部分凝结水压出，此时倒吊桶受浮力作用浮起，阀盘顶住阀座，将

出水口关闭，停止排放，当再有冷凝水进入阀内，倒吊桶内的蒸汽一部分凝结成水，所受浮力减小，倒吊桶再次下垂，出水口重新开启，冷凝水又被排出。在钟形浮子式疏水阀的基础上，研制出了新型的差压式钟形疏水阀，即在倒吊桶的顶部加装一套活塞-汽缸差压机构，这种阀门的体积小、排量大、耐水击，可以制成高压型，是一种很有发展前途的产品。

(2) 热动力式疏水阀 热动力式疏水阀分为热动力式、孔板式和脉冲式三种。

热动力式疏水阀的结构如图 2-28 所示，主要零部件有阀体、阀盖、阀片和滤网等。热动力式疏水阀是目前使用最广泛的一种疏水阀，是利用蒸汽和冷凝水的动压和静压的变化来自动开启和关闭的阀门。热动力式疏水阀在没有介质通过时，阀片在重力作用下压在阀座上，阀门处于关闭状态。当冷凝水从阀门进口流入疏水阀内，先经滤网过滤，再进入中央孔道，冷凝水液面升高，靠水的浮力和压力将阀片顶开，然后流入环形槽，经斜孔到阀门出口排出，完成排液过程。当冷凝水排放后，蒸汽立即进入阀内，并以高速从阀片下方流过，阀片与阀座之间的间隙较小，蒸汽的高流速造成阀片下部的负压，而阀片上方有蒸汽的压力，

于是阀片迅速压回到阀座上，使阀门关闭，阻止蒸汽排出，从而完成阻汽过程。阀片上部的蒸汽逐渐冷凝成液体，压力下降，阀体内的冷凝水再次积聚，顶开阀片排出阀外，就这样循环往复，冷凝水被间断地排出，达到排水阻汽的目的。

热动力式疏水阀安装时，一定注意阀门的进出口方向，阀盖必须垂直向上。

热动力式疏水阀的优点是：结构简单，体积小，重量轻，维修方便，排水量大。缺点是：阀片落下时，产生撞击声，易于损坏。

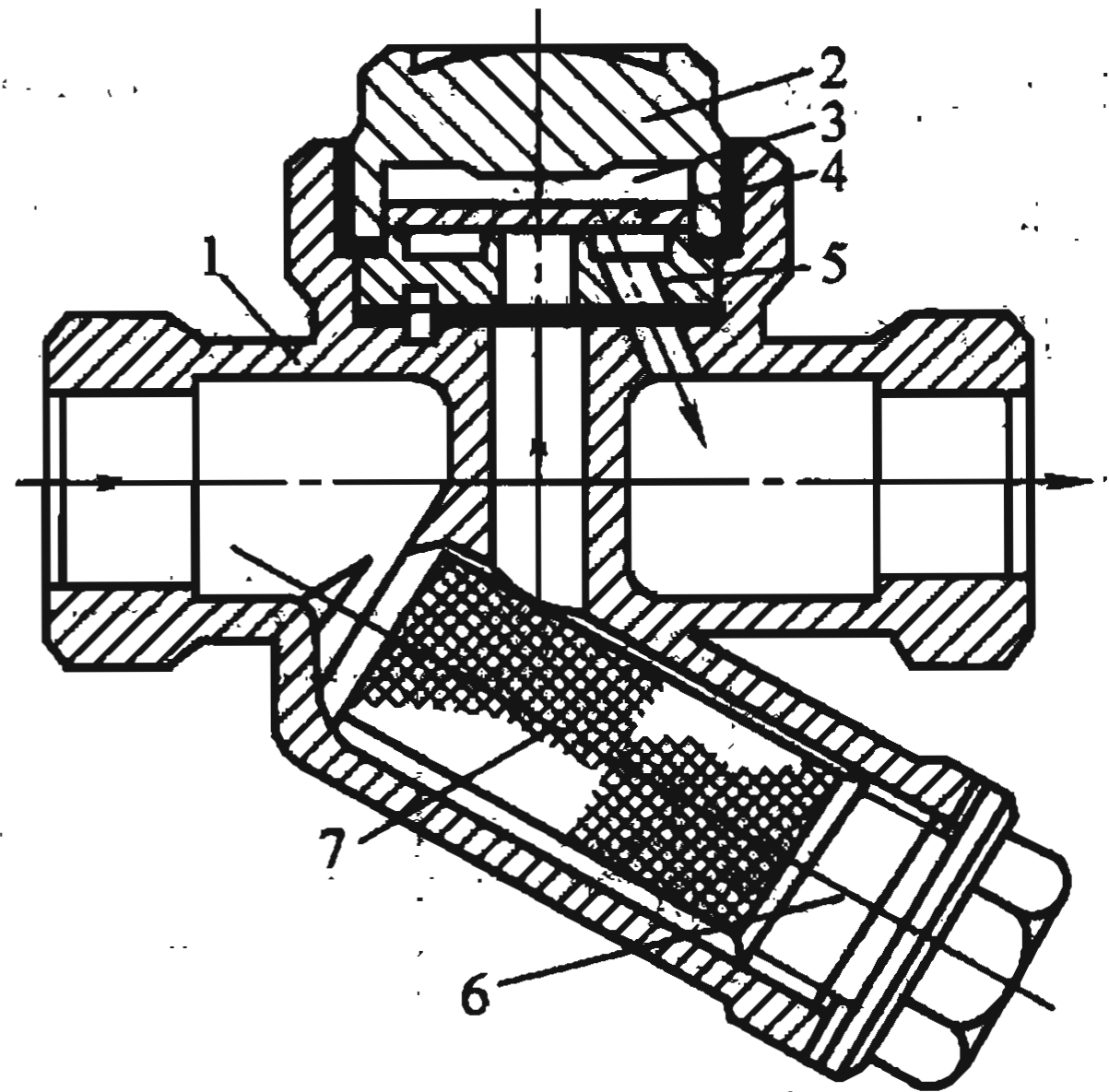


图 2-28 热动力式疏水阀

1—阀体；2—阀盖；3—变压室；4—阀片；
5—阀座；6—螺塞；7—滤网

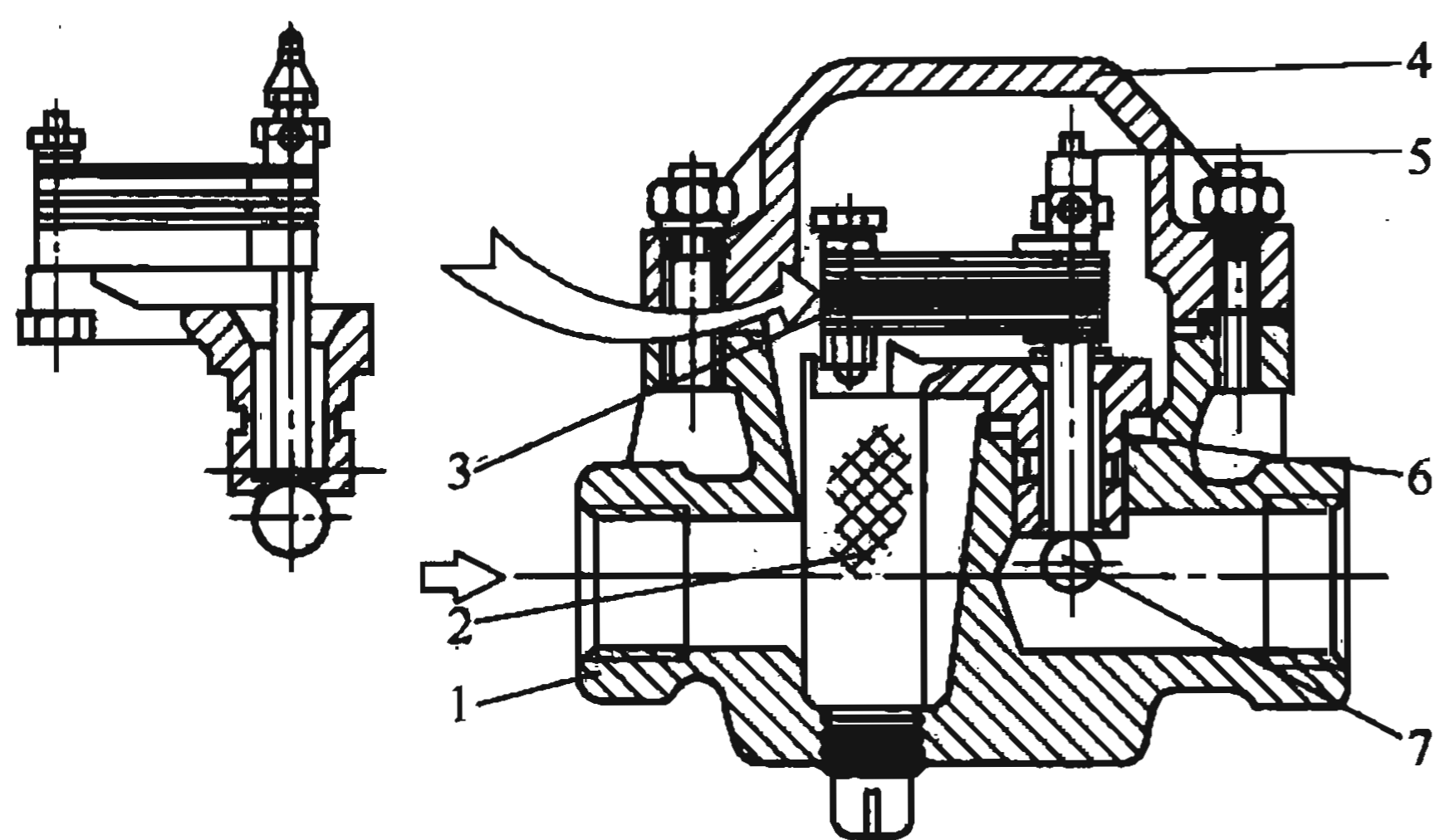


图 2-29 双金属片式疏水阀

1—阀体；2—过滤网；3—双金属片；4—阀盖；
5—调整螺母；6—阀座；7—阀芯

(3) 热静力式疏水阀 热静力式疏水阀分为双金属片式、波纹管式和隔膜式三种。

双金属片式疏水阀主要零部件有阀体、过滤网、双金属片、阀盖、调整螺母、阀座、阀芯等，如图 2-29 所示。它是利用两种膨胀系数不同的金属片组合，在不同的温度下产生不同的变形来控制阀门的阀芯，以实现调节阀门的开度或启闭。

双金属片式疏水阀的开启和关闭是由温度的变化自动控制的，因而灵敏度高，能连续排放和间歇排放，无噪声、无振动、不漏气、耐水击；能自动排出不凝气体，可制成高压型，拆修方便，即能平装又可立装，是非常有发展前景的一种疏水阀。

(三) 其他驱动阀门

1. 电驱动阀门

电驱动阀是由阀门的电驱动装置和阀门配套组装而成，其原理是：由电动机带动减速装置，在电信号的作用下，产生直线运动和角度旋转运动。图 2-30 是直行程电驱动阀门结构原理示意图。电驱动阀种类繁多，有电动闸板阀、截止阀、节流阀、隔膜阀等。电动闸板阀结构如图 2-31 所示。它可以现场操作，也可以远距离操作，可以单台控制，也可以多台集中控制。当现场操作时，可以手动，也可以电动。手电动相反联锁。

优点是：稳定性高，推力恒定，抗偏离能力好。缺点是：结构复杂，成本高。

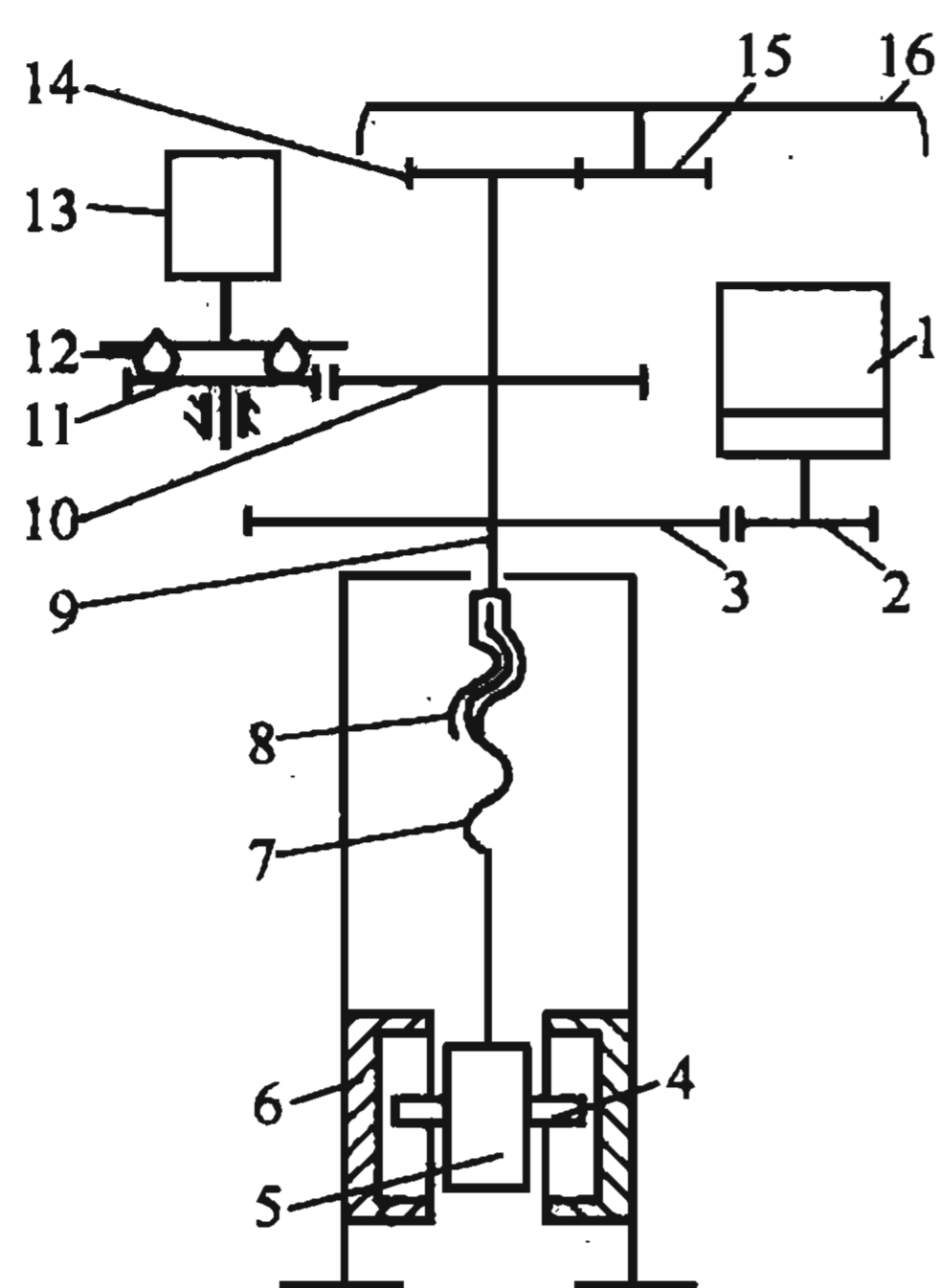


图 2-30 直行程电驱动阀门结构原理示意图

- 1—伺服电动机；2,3,10,11,14,15—直齿轮；
4—限位柱；5—输出杆；6—限位槽；7—丝杆；
8—螺母；9—芯轴；12—钢球；
13—电位器；16—手轮

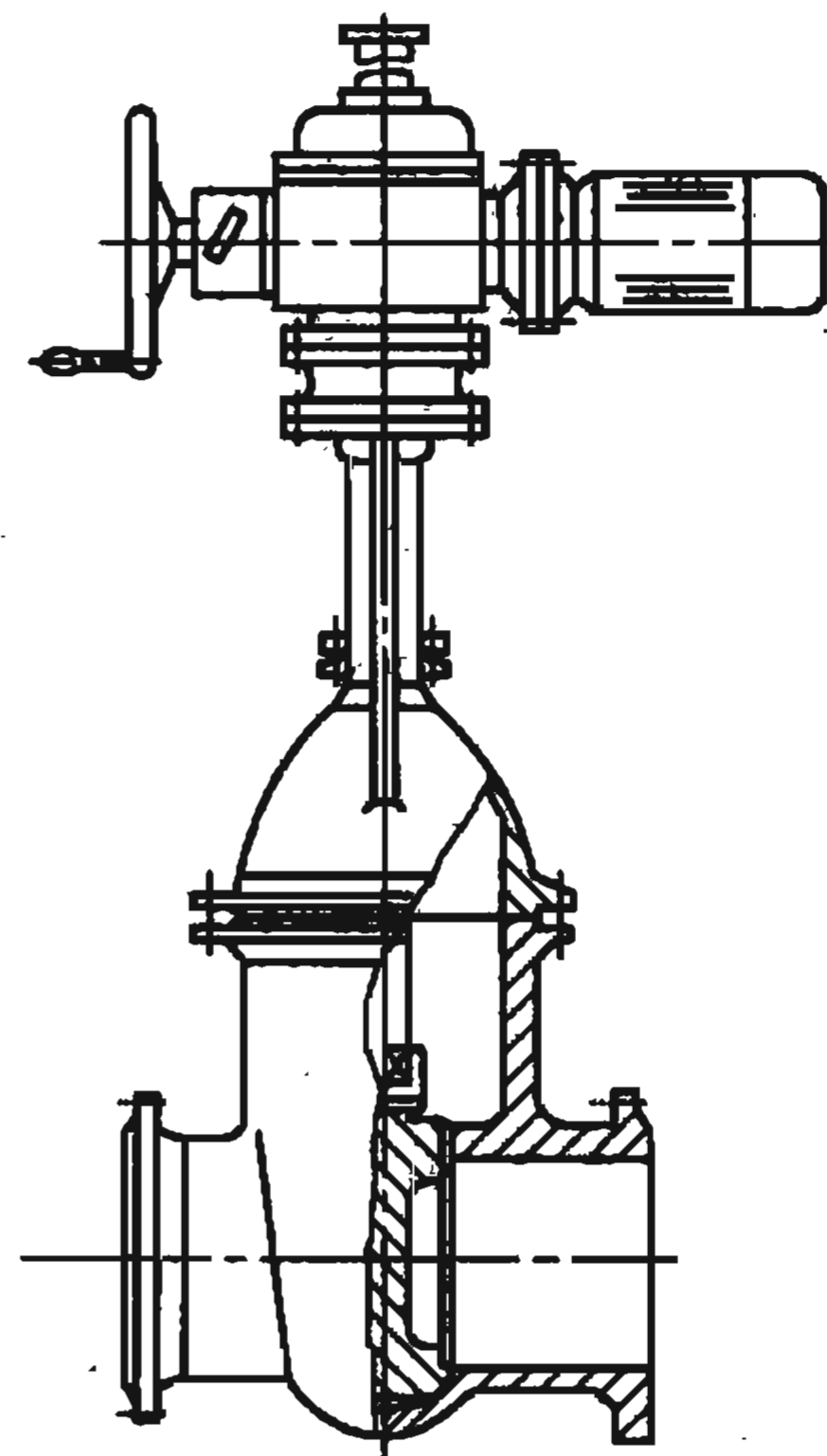


图 2-31 电动闸板阀

2. 气动阀门

主要应用在闸板阀、隔膜阀、球阀、蝶阀等阀门上。气动阀门优点是：应用广泛，成本比电动执行机构低，易于控制和维护。缺点是：抗偏离能力差，控制有时滞后。气动阀门的执行机构种类很多，有气动薄膜执行机构、气动活塞执行机构、长行程执行机构等，这里只介绍最常见的气动薄膜执行机构和气动活塞执行机构。气动阀外形如图 2-32 所示。

(1) 气动薄膜执行机构 气动薄膜执行机构是一种应用最广泛的执行机构。气动薄膜执行机构分正作用和反作用两种形式，如图 2-33 所示。当信号压力增加时推杆向下移动的叫正作用执行机构；信号压力增大时推杆向上移动的叫反作用式执行机构。较大口径的调节阀都采用正作用式执行机构。

(2) 气动活塞执行机构 气动活塞式（无弹簧）执行机构如图 2-34 所示，它的活塞随汽缸两侧压差而移动。气动活塞式执行机构的输出特性有比例式和两位式两种。所谓比例式是指输入信号压力与推杆位移成比例关系，这种执行机构必须带有阀门定位器，两位式是根据输入执行机构活塞两侧的操作压力之差完成的，活塞由高压侧推向低压侧，就使推杆由一个极端位置移动到另一个极端位置。

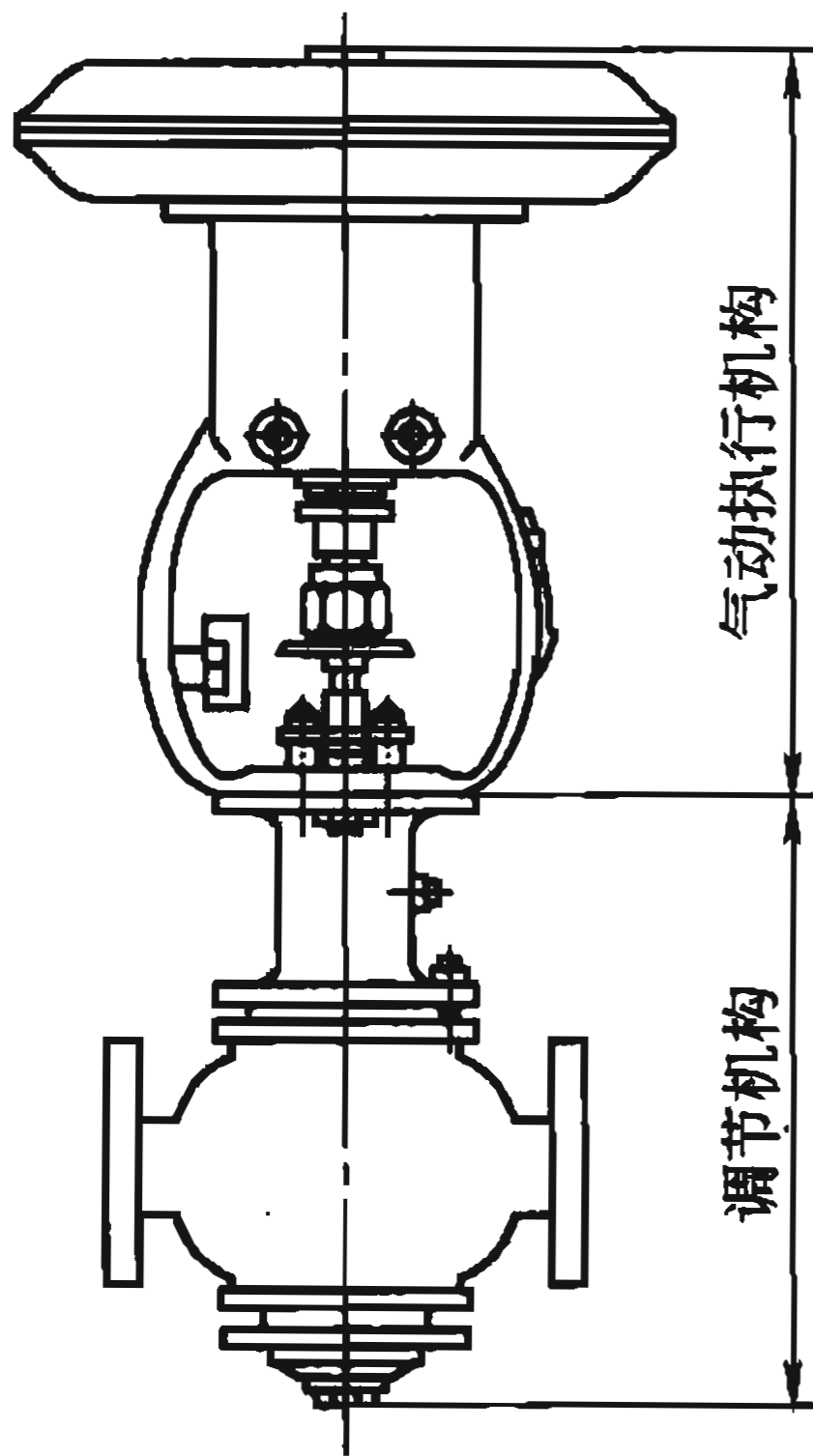


图 2-32 气动阀外形图

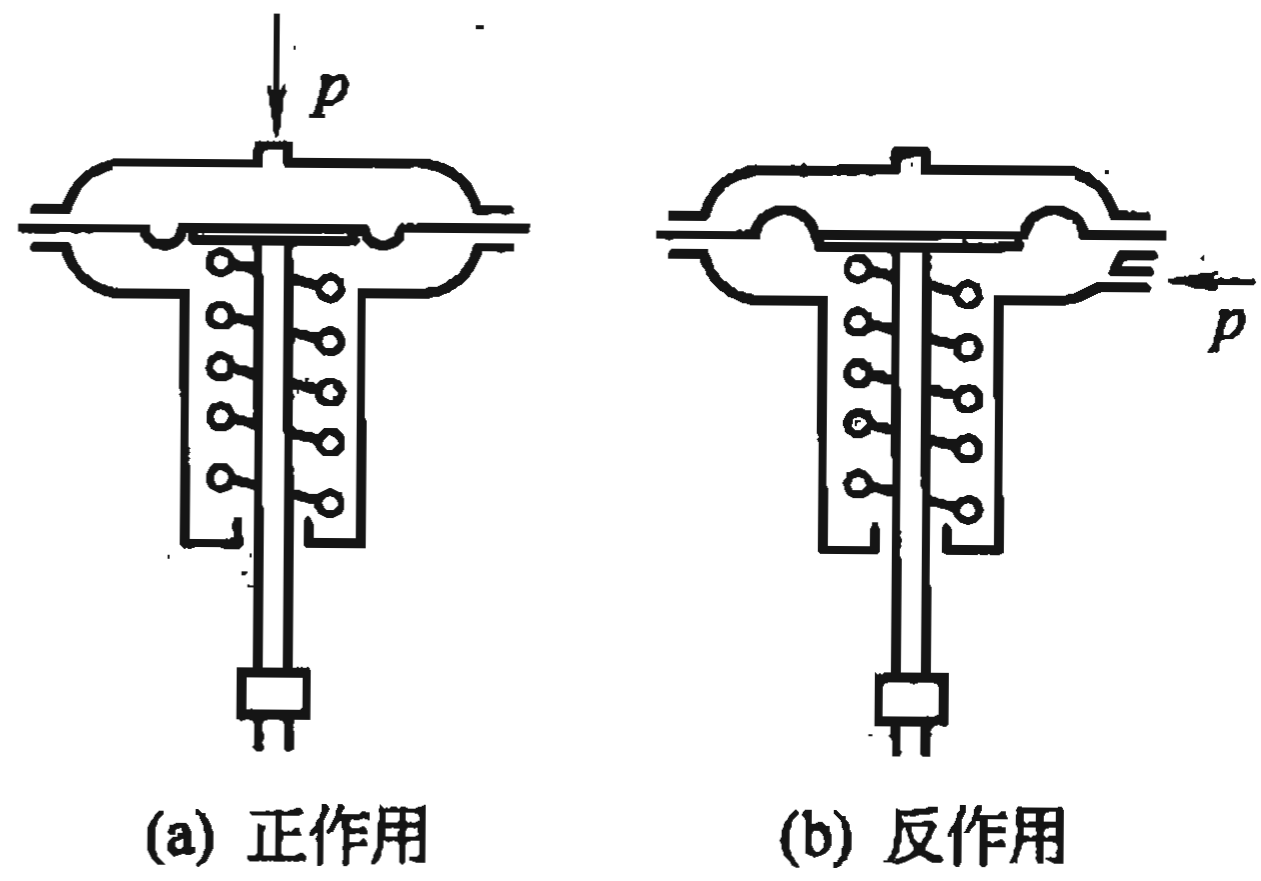


图 2-33 执行机构正、反作用示意图

3. 液动阀门

液压或电动液压阀门适用于当需要异常的抗偏离能力和高的推力以及快的行程速度的场合。液压执行机构应用位于活塞上面和活塞下面的液压流体来确定阀门位置。它的结构和汽缸执行机构相似，具有一个汽缸和一个活塞，活塞的作用像两个分室之间的分隔器。因为液体的不可压缩性，采用液压或电动液压执行机构的优点是具有较优的抗偏离能力，这些对于节流工况是很重要的，因为当调节元件接近阀座时节流工况是不稳定的。液压和电动液压执行机构的缺点是昂贵，体积庞大笨重，特别复杂和需要专门工程。

由于液压或电动液压阀门很复杂这里不作专门讲述。图 2-35 为 Z741T-10 液动楔式单闸板阀。

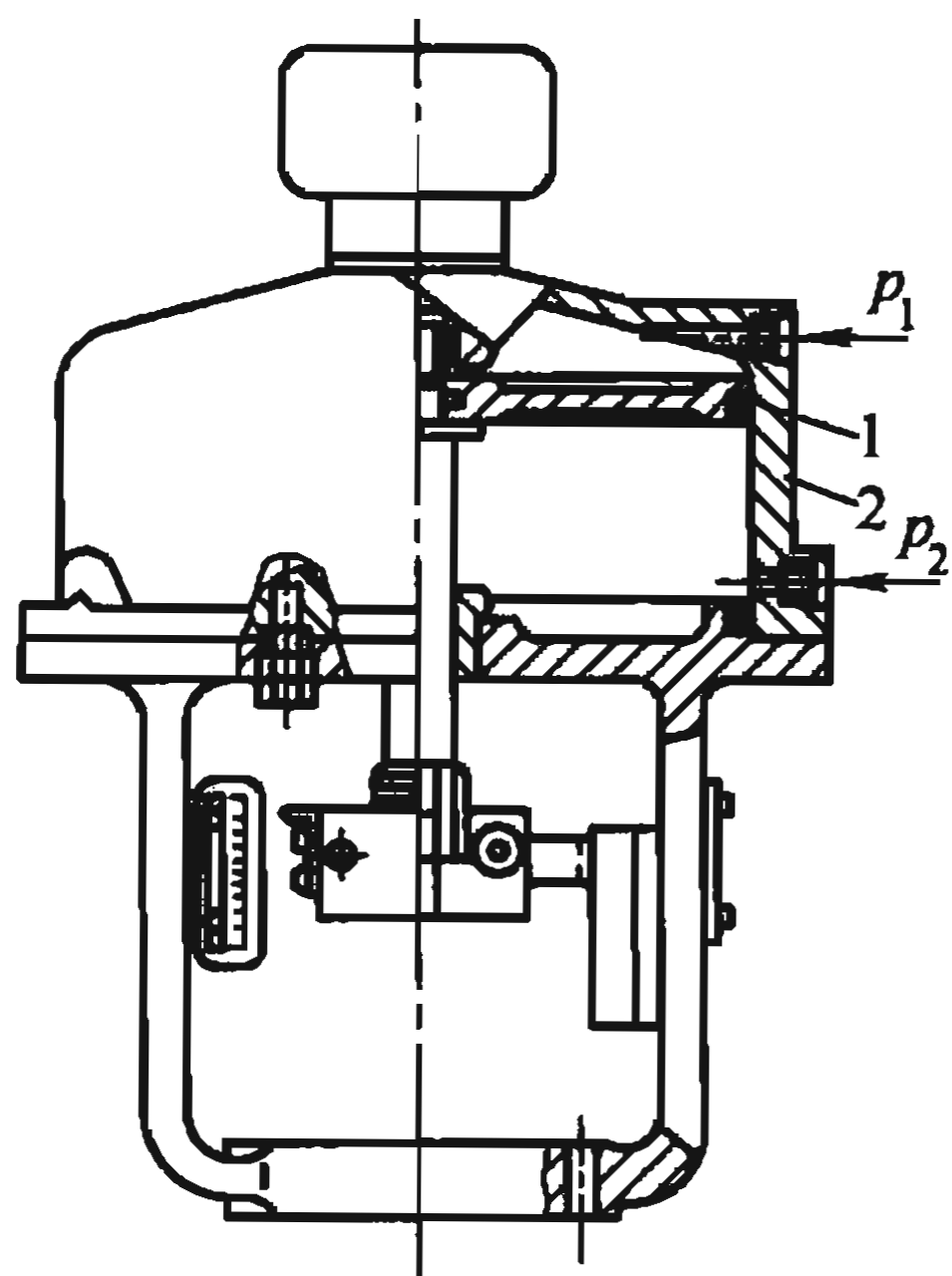


图 2-34 气动活塞式执行机构

1—活塞；2—汽缸

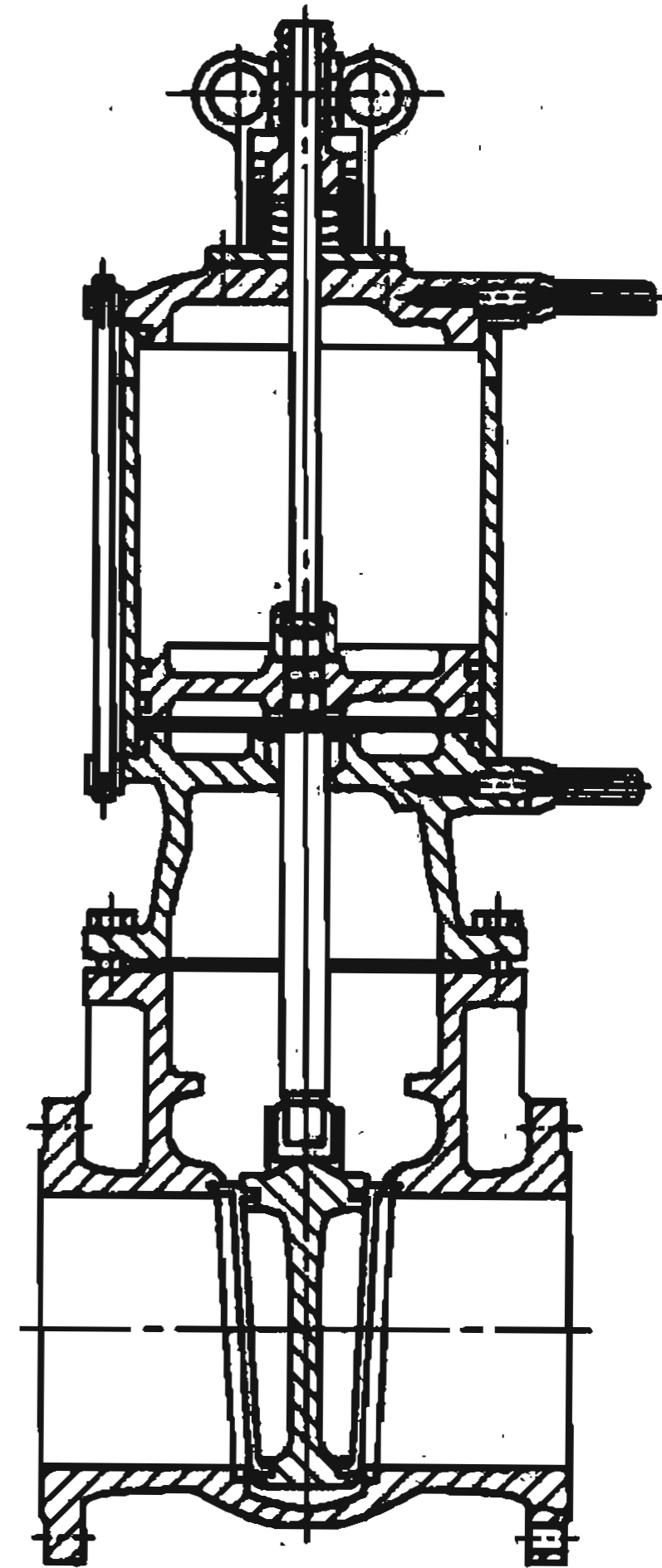


图 2-35 Z741T-10 液动楔式单闸板阀

分课题二 阀门的修理

一、阀门检修

(一) 阀门常见故障及检修方法 (见表 2-4)

表 2-4 阀门常见故障及检修方法

常见故障	形成原因	修理方法
密封面损坏	(1)介质的冲刷侵蚀,使密封面迅速磨损;(2)阀门安装前,没有很好清理阀体内腔的污垢,阀门安装时,有焊渣、铁锈或其他机械杂质进入,使介质中含有的固体颗粒夹杂物把密封面压伤,造成划痕、凹痕等缺陷	(1)不应将启闭阀门作调节使用;(2)严格遵循安装规程;(3)研磨密封面
填料室泄漏	(1)填料室内装入填料方法不当;(2)填料老化、变质;(3)阀杆有圆度或划痕、凹坑等缺陷;(4)填料里有油,高温时油被烧焦,而使填料收缩,油变成的积炭刮伤阀杆	(1)用正确方法填装填料;(2)更换填料;(3)修整或更换阀杆;(4)介质温度超过100℃时,不采用油浸填料,而采用石墨填料
阀体、阀盖破裂、裂纹、减薄、缺陷	(1)工作压力超过许用压力,或者疲劳破坏;(2)受到外力撞击;介质的冲刷腐蚀;(3)制造方面的原因	(1)阀体、阀盖破裂:更换新阀体或阀盖;(2)阀体、阀盖裂纹:补焊或者根据使用条件渗胶修补;(3)阀体、阀盖减薄严重的,影响强度者,更换
阀杆升降不灵活	(1)螺纹不符合要求;(2)阀杆及阀杆衬套采用同一种材料或材料选择不当;(3)润滑不当致使油脂受高温,产生积灰而卡住;(4)阀杆产生锈蚀;(5)螺纹磨损	(1)螺纹要符合设计要求;(2)应采用不同材料,宜用黄铜、青铜、碳钢或不锈钢作阀杆衬套材料;(3)应采用石墨粉作润滑剂;(4)更换新阀杆衬套
密封圈不严密	(1)阀座与阀体(或密封圈与关闭件)配合不严密;(2)阀座与阀体的螺纹加工不良,因而阀座倾斜;(3)拧紧阀座时用力过大	(1)重新更换新密封圈或在阀体与阀座间加入填料;(2)重新车制螺纹或直接改用焊接;(3)拧紧时用力适当
安全阀或减压阀的弹簧损坏	(1)弹簧材料选择不当;(2)弹簧制造质量不好;(3)弹簧受到腐蚀	(1)更换弹簧材料;(2)采用质量优良的弹簧

(二) 阀门检修工艺

1. 阀门检修一般程序

- ① 清理阀门外表面;
- ② 检查记录阀门标志;
- ③ 阀门拆卸;
- ④ 清洗阀门全部零件;
- ⑤ 检查全部零件;
- ⑥ 全面修理;
- ⑦ 阀门组装;
- ⑧ 阀门的试压;
- ⑨ 阀门的涂漆防腐并按原记录做标志。

2. 阀门具体检修过程

- (1) 清理阀门外表面 阀门成批修理,一般用压缩空气吹扫阀门外表面,效率较高。个

别修理，也可用棉纱等擦拭干净。

(2) 检查记录阀门标志 记录阀门标志要求要认真、准确，不能有错误，辨认不清的要逐个核实。

(3) 阀门拆卸 拆卸阀门时要根据阀门结构特点，采用科学、合理的拆卸方法和拆卸顺序。

拆卸时要注意以下事项：

零件、工具摆放整齐；对于有密封面的阀门一定要注意保护密封面；垫片、填料清除干净、彻底；安全文明生产。

(4) 清洗阀门全部零件 阀门零件拆卸后首先要进行清洗。清洗时首先要选用合适的清洗剂，一般化工企业使用煤油作清洗剂，对于有特殊要求的，可选用专用清洗剂。零件清洗要求完全干净，为后续的修理工作提供方便。

(5) 检查全部零部件 对于全部零部件都要仔细认真地检查，主要有：水压实验检查阀体、阀盖强度；检查阀盘和阀座处的密封状况；检查阀杆及阀杆衬套螺纹状况；检验法兰的结合面。

(6) 修理 修理主要内容包括：阀体、阀盖的修理；阀杆的修理；填料室的修理；密封件（关闭件）的修理；以及填料的装填和垫片的更换等。

① 阀体、阀盖的修理。阀体、阀盖主要承受介质的腐蚀、冲蚀，以及机械损伤和疲劳破坏造成的损坏，主要表现为：裂纹、破裂、壁厚减薄。对于破裂和壁厚减薄严重，影响到强度时，无法修理，应该更换。对于低压阀门，出现的局部缺陷和裂纹，一般采用补焊的方法予以修理。修补前应将有缺陷的金属剔除，补焊后还必须进行检查和修整。对于压力不大、温度不高等使用情况，在介质允许的条件下，也可采用环氧树脂等黏合剂进行贴补。

近几年来，采用的循环堵漏工艺，对中、低压阀门的渗漏修复很有实际意义。其主要配方是水玻璃、金属氧化物粉末及含胶有机物等。这种浸透液按1:3至1:4的比例配水。其颜色呈棕红色。这种浸透工艺，对铸铁件非常适用，可以局部渗透，也可以整体渗透。其基本操作方法如下：首先对零件进行表面清洗，尤其对缺陷部位要严格清洗，清洗剂可用苛性钠、磷酸三钠等；清洗后应晾干；然后将零件（阀体或阀盖）放入容器内，注入70~80℃的渗透剂溶液，将零件浸没，并将容器密闭加压，压力应大于0.5MPa，使渗透液冲击转动，加压介质可以是渗透液本身，也可以是气体；加压5~10min后将零件取出，擦净非缺陷处，然后在室温下晾干，使渗透液固化。如果零件仅有局部明显的小气孔，则可用注射器将渗透液直接注入小孔，再用空气加压渗透，效果也很好。

② 阀杆的修理。阀杆一般使用一段时间由于受力、受腐蚀，可能出现弯曲、变细以及螺纹损坏等现象。对于阀杆弯曲，一般予以矫正即可，对于阀杆变细可分轻重程度区别对待：变细程度轻的不影响使用，不需修理，程度重的，予以更换。螺纹损坏轻微的重新车制，严重的更换。

③ 填料室的修理。填料室的修理包括填料的更换和填料函的修理。填料函一般不需要修理，但若有腐蚀现象或者杂物黏附，要用砂布磨光，腐蚀严重，应再车去被腐蚀的表面。填料长期受介质的浸泡和腐蚀，会变质、老化，密封性变差，应该定期更换。选用填料时必须考虑使用条件和介质，石墨石棉盘根可用于高温高压条件，尤以夹铜丝的石墨石棉盘根耐压力更佳，高温而又温度多变的介质可用石棉加铅盘根，强腐蚀介质可用浸聚四氟乙烯石棉盘根或用聚四氟乙烯编织的盘根。

填料装填方法：

a. 小型阀门只需将绳状填料按顺时针方向顺阀杆装入填料函内，拧紧压盖即可。

b. 大型阀门采用方型截面的填料，也可采用圆形的。首先按能绕阀杆一圈的长度切断；切口应成 45° ，然后逐段加入，圈与圈之间的接缝应错开 $120^\circ \sim 180^\circ$ ，接头必须平整、空隙小。如图 2-36 所示。

c. 填料压盖压紧时，压盖螺栓应对称拧紧，不要偏斜，并应留有供压紧用的间隙，压盖压入填料室的深度 h 不能小于填料室高度 H 的 10%，也不能大于 20%，如图 2-37 所示。

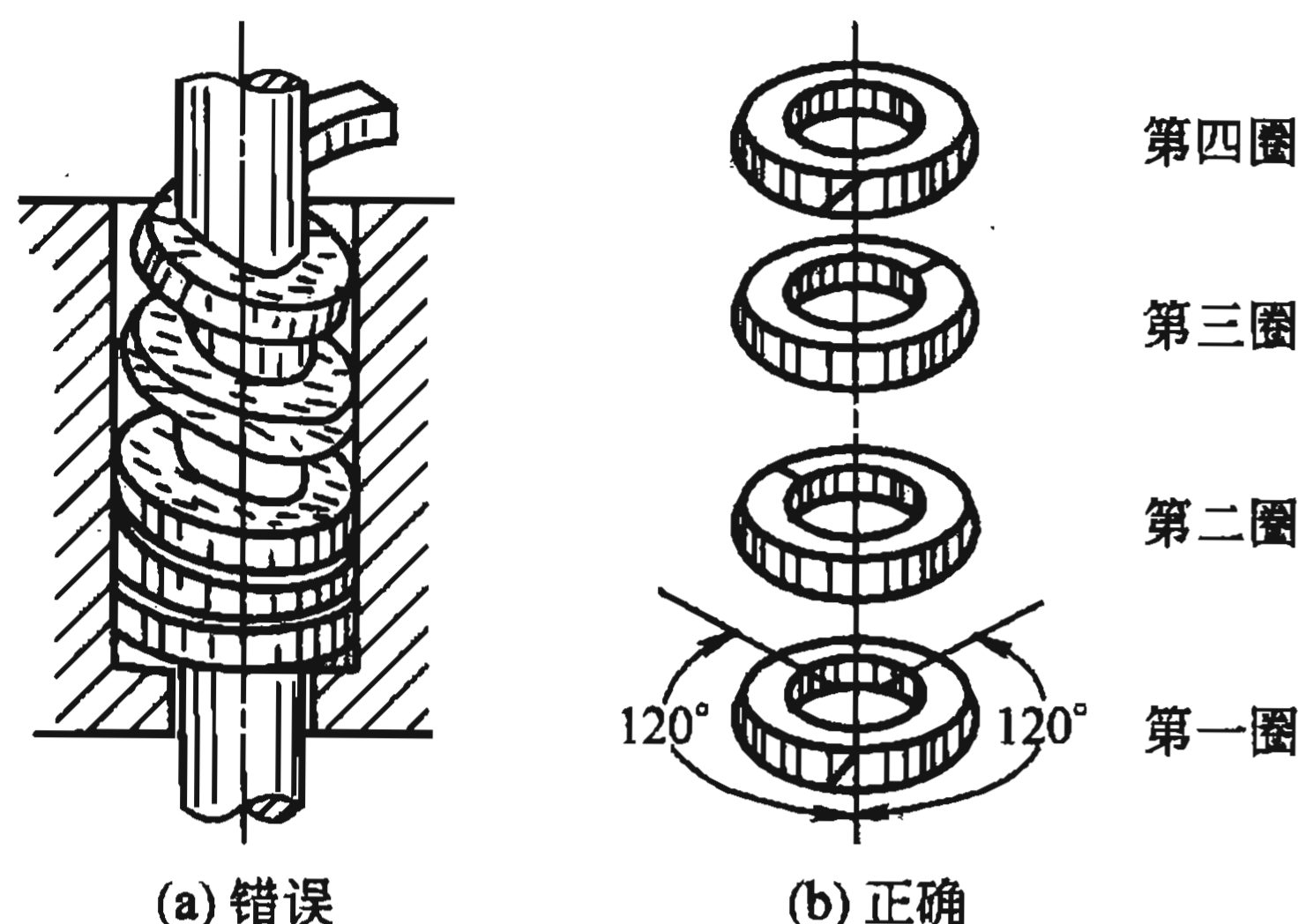


图 2-36 填料的装填方法

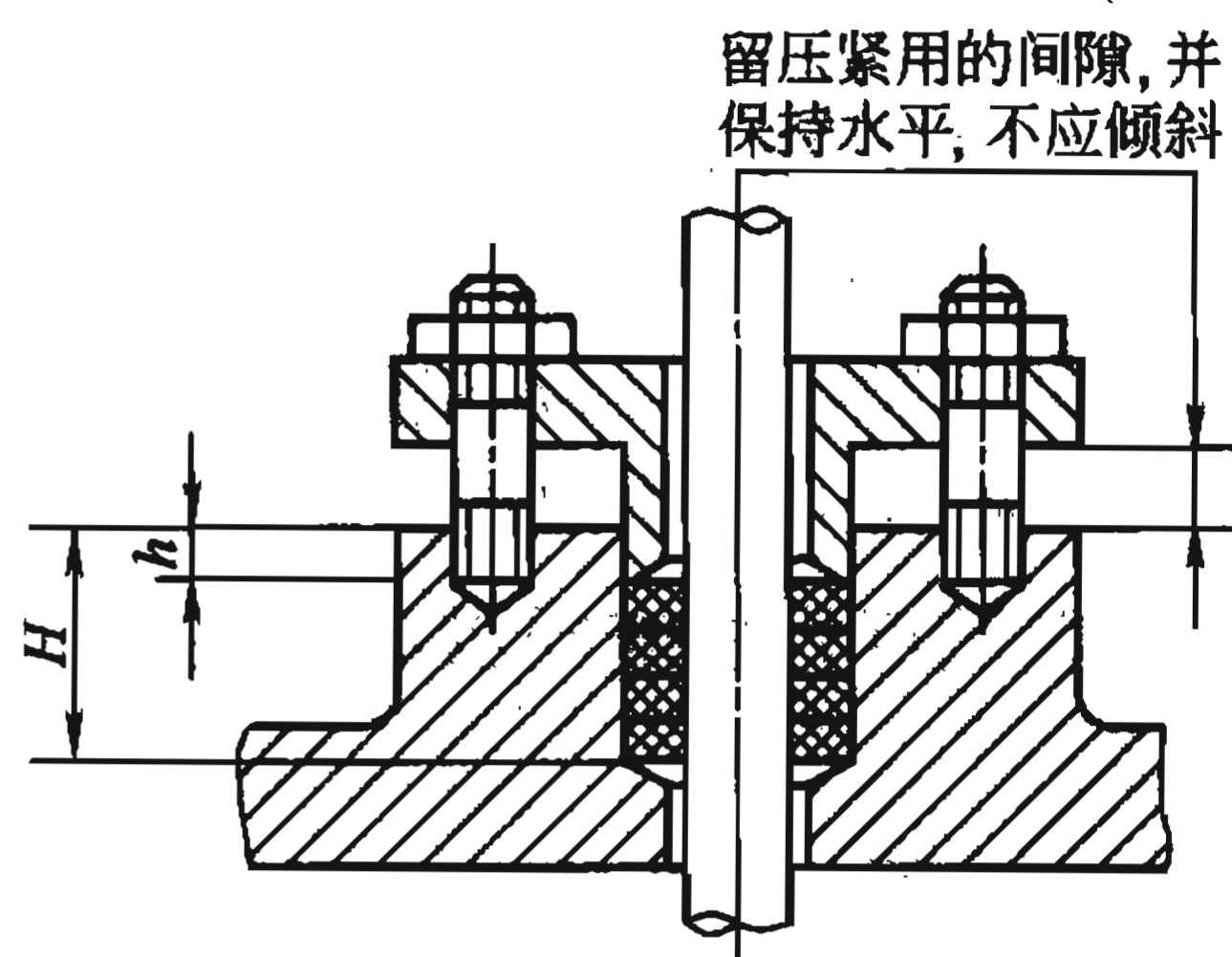


图 2-37 填料压盖的装配位置示意图

d. 压紧时，应同时转动阀杆，以保持四周受力均匀，并防止压得太死，加填料后除应保证密封外，还须保证阀杆转动灵活。

e. 填料装配后，在试压时如有轻微泄漏，可将阀门关闭，再紧一紧填料压盖，如仍泄漏时则应将填料全部更换。

④ 密封件（关闭件）的修理。密封件又称关闭件，关闭件的故障，主要是密封面泄漏和密封圈根部泄漏，这种泄漏俗称内泄漏，由于在阀门里面，不易被发现。密封面泄漏是由于受到介质冲刷、腐蚀和关闭时的压力，出现点蚀、沟槽、划痕和压痕，造成关闭不严，产生泄漏。

密封圈根部泄漏的修理。阀体或阀瓣上的密封圈常采用的有两种固定方法：压入法或螺纹连接。如不需更换新密封圈，对于根部泄漏比较简单的方法是：将聚四氟乙烯生料带置于密封圈环形槽底部，重新压入固定的密封圈，或将其螺纹用聚四氟乙烯生料带填充，如图 2-38 所示。

以螺纹连接来固定的密封圈，如密封圈损坏严重，但阀体上的螺纹还保持良好，可换一新圈；如阀体上的螺纹已被腐蚀到不能再装新的密封圈时，可将旧有的螺纹车掉，另配制一新的密封圈，用电焊焊在阀体上，再在该圈上堆焊一层不锈钢和铜合金层，经车削和研磨后成为新的密封面，如图 2-39 所示。

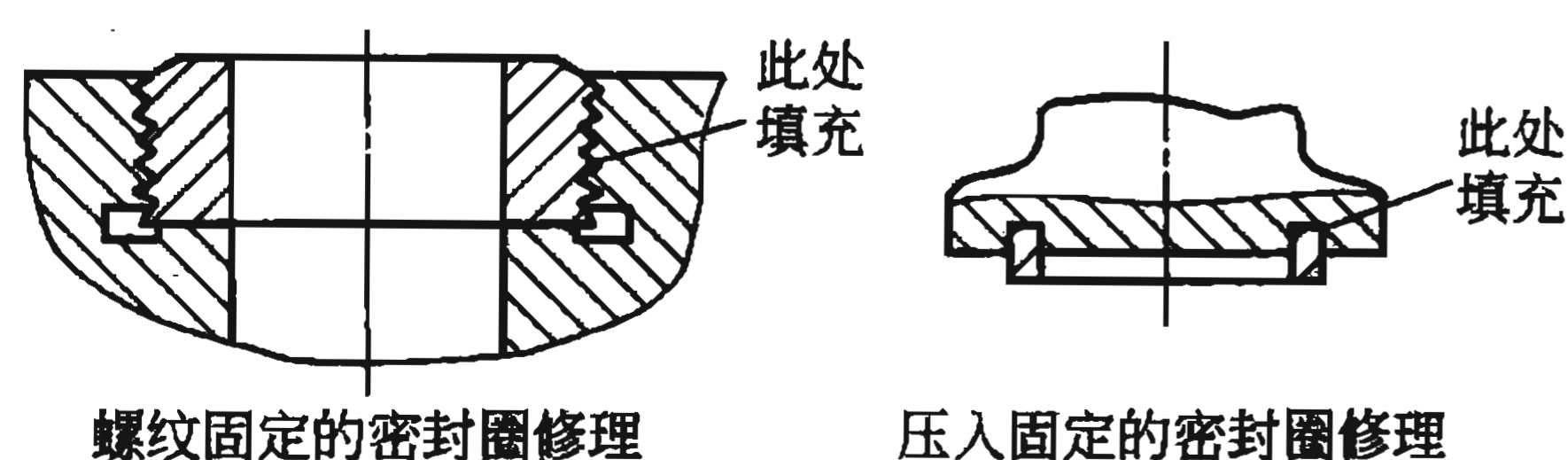


图 2-38 聚四氟乙烯生料带填充修理

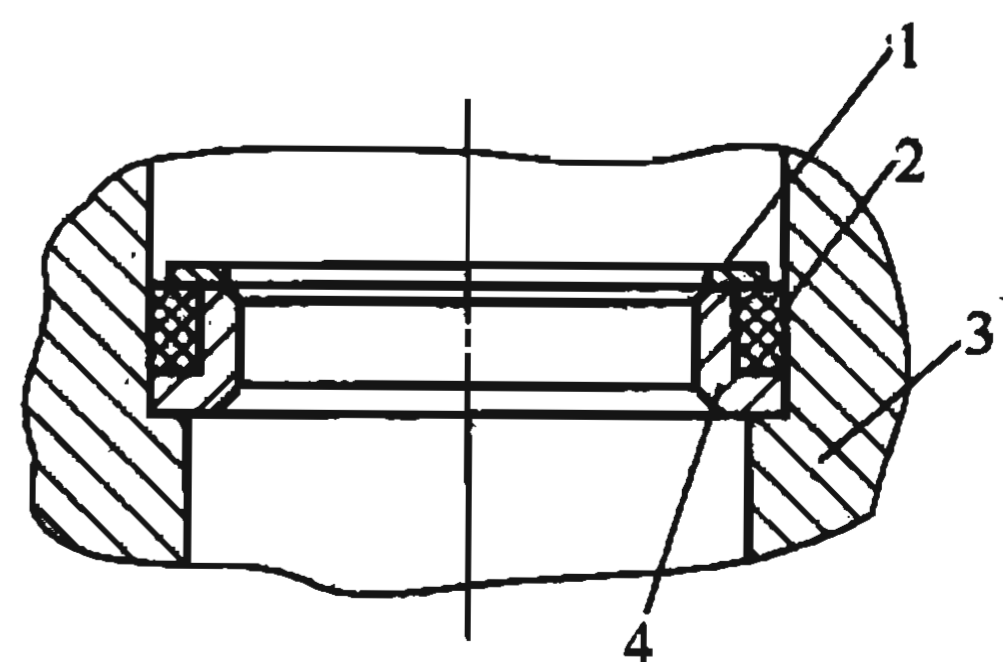


图 2-39 更换新密封圈的修理

1—堆焊密封圈层；2—焊料层；
3—阀体；4—新密封圈

密封面泄漏的修理方法。阀盘和阀座的修理可根据损坏程度，采用相应的修理方法：对于密封面破坏轻微的，破坏深度小于0.005mm的，可直接采用研磨的方法修理；对于破坏深度大于0.005mm小于0.05mm的，先车削再研磨；对于密封面破坏严重，还有修理价值的，先堆焊，再车削，最后研磨。密封面修理的最后工序都是研磨，下面就研磨的基础知识和操作方法进行介绍。

研磨的基本原理：研磨时，研磨剂在受到工件和研具一定的压力后，部分磨料被嵌入研具内，当研具与工件作复杂的相对运动时，磨料就在工件和研具之间作滑动和滚动，产生切削和挤压，从而使被研磨表面磨去一层凸峰（非常薄的金属层），同时研磨液还起润滑和化学作用，在被研磨面很快形成一层氧化膜，在研磨过程中，凸峰处的氧化膜很快被磨掉，而凹谷处的氧化膜则受到保护，不能继续氧化，从而在切削和氧化的交替过程中，使工件表面获得符合需要的几何形状和较小的表面粗糙度。

研磨种类：根据研磨方法不同可分为机械研磨和手工研磨。

机械研磨通常用于工件数量较多而且密封面精度要求不高的场合，也可用于密封面损伤较严重的工件。其特点是：研磨速度快，效率高，但获得的表面粗糙度较大。而手工研磨则相反，可使被研磨表面获得很小表面粗糙度，故常用于精度要求较高或机械研磨后的精研磨。

常用的研磨机械有下旋式研磨机、上旋式研磨机、振动研磨机和钻床等。平面形关闭件，可用下旋式研磨机或振动研磨机研磨，如图2-40和图2-41所示。阀体上的密封面，可用上旋式研磨机或利用钻床研磨，如图2-42所示。

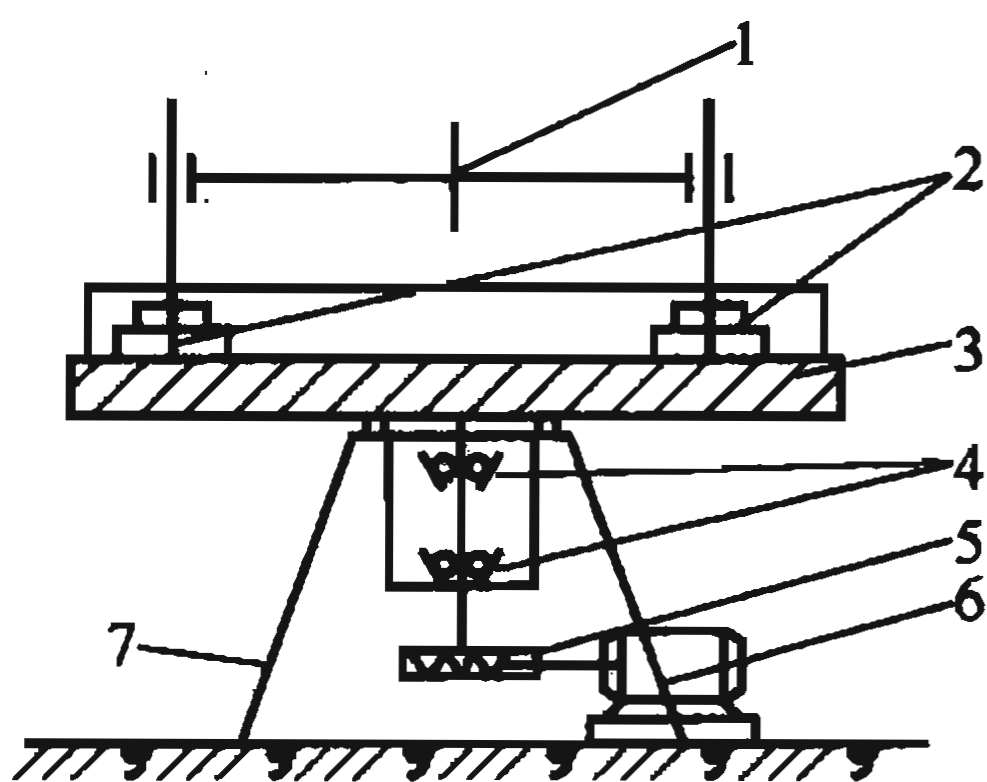


图 2-40 下旋式研磨机示意图
1—定位架；2—阀头；3—研磨盘；4—轴
承；5—蜗轮；6—电机；7—机架

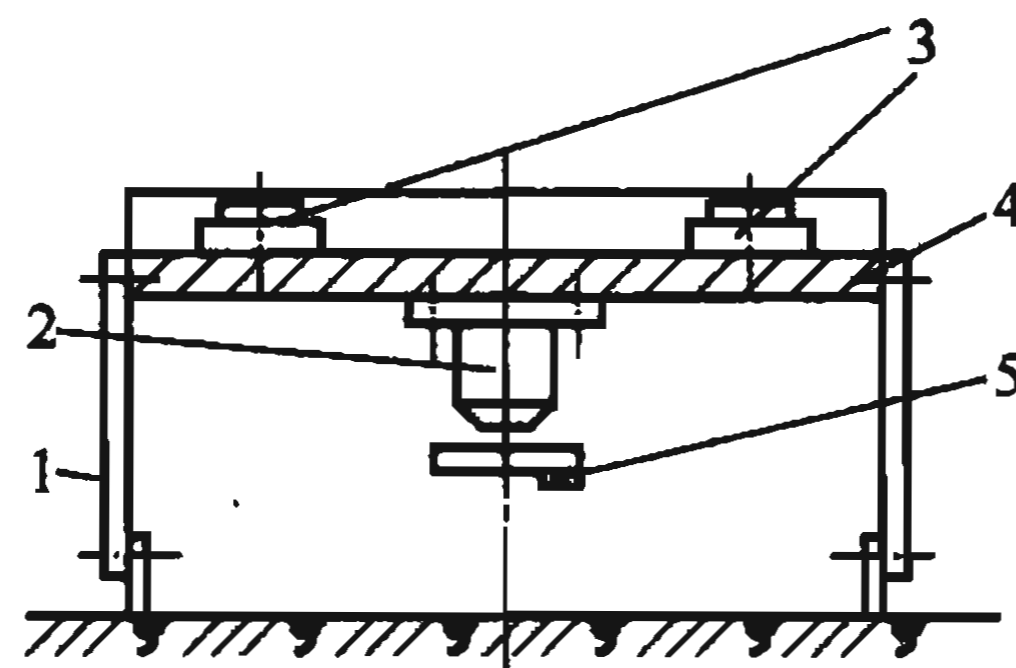


图 2-41 振动研磨机示意图
1—板弹簧；2—电机；3—阀头；
4—圆盘；5—偏心盘

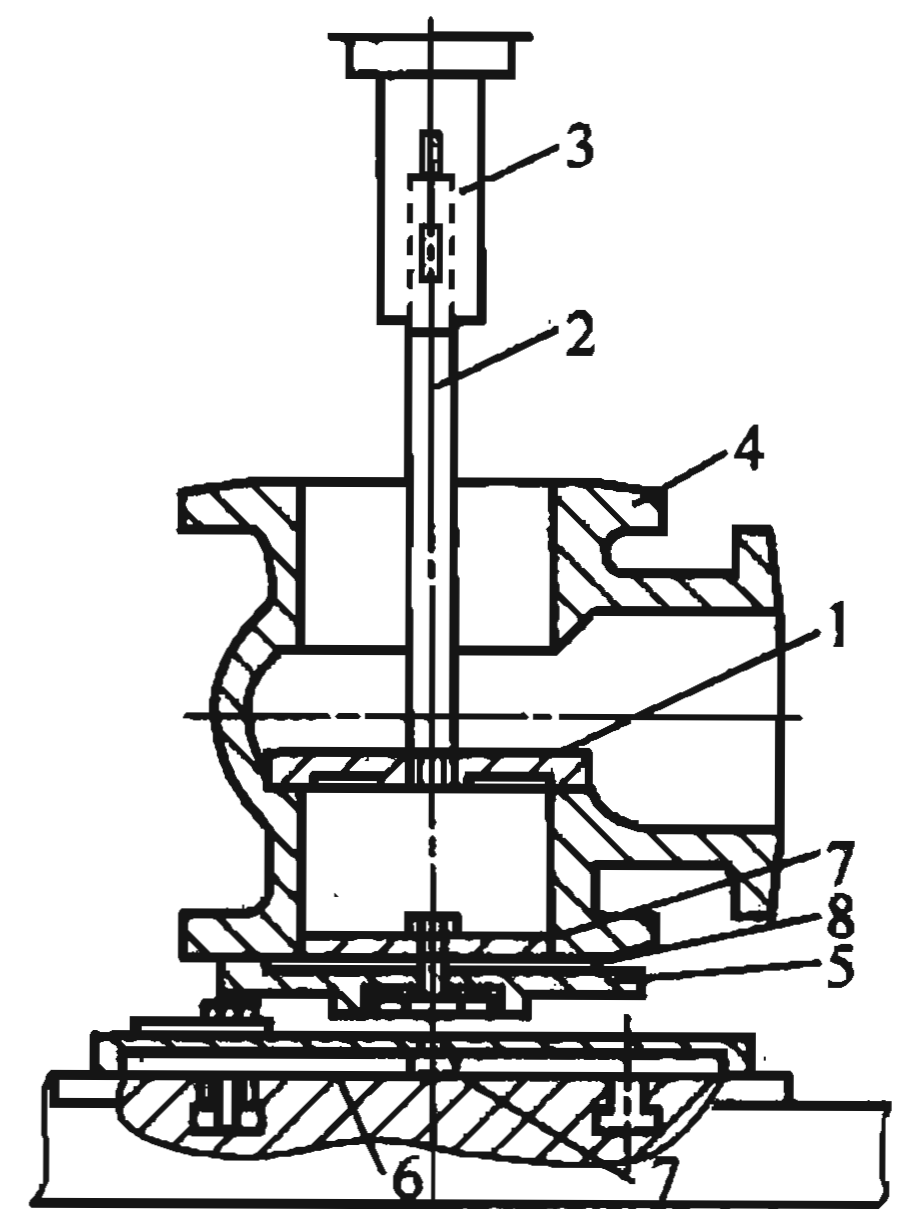


图 2-42 利用钻床研磨阀门密封面
1—研磨磨具；2—心轴；3—立钻；
4—阀体；5—回转盘；6—支持台；
7—定心圈；8—橡胶垫

手工研磨操作在阀门的修理中应用最为广泛。

研磨所需工具有专用研具和研磨平板两种，专用研具是研磨阀座专用，研磨平板用于研磨阀盘。研磨平板如图2-43所示，专用研具如图2-44所示。

对研磨工具的材料有一定的要求，在一定的研磨压力作用下，磨料能部分地嵌入磨具内而不会嵌入密封面，这样，磨具的表面就像砂轮一样，有无数的切削刃，当磨具与密封面作相对运动时，就产生了切削作用。因此，研磨工具材料应比密封面软一些，但也不能太软，否则磨料会全部嵌入磨具而失去作用。制作研磨工具的常用材质有铸铁、软钢、青铜、铜、铝、巴氏合金、铅、玻璃等。

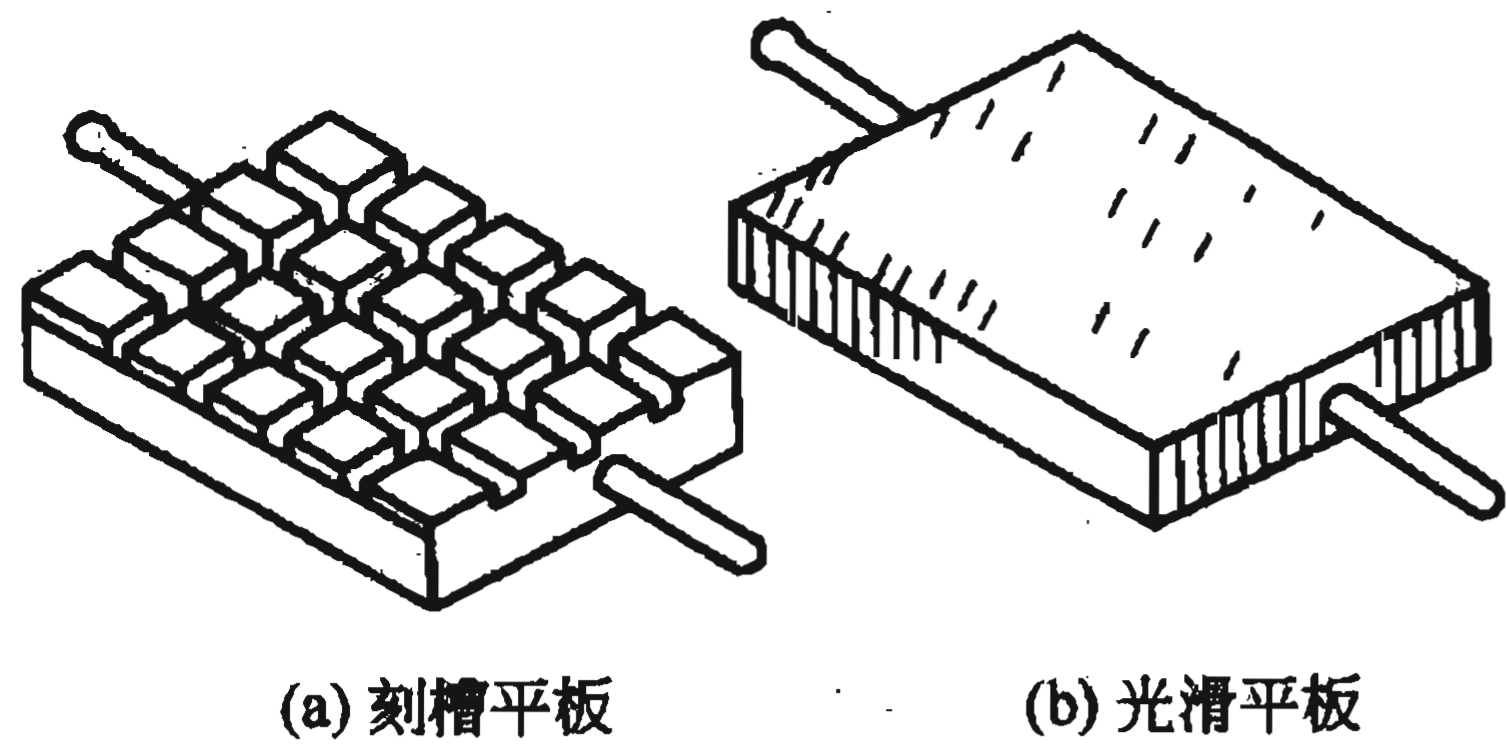


图 2-43 研磨平板

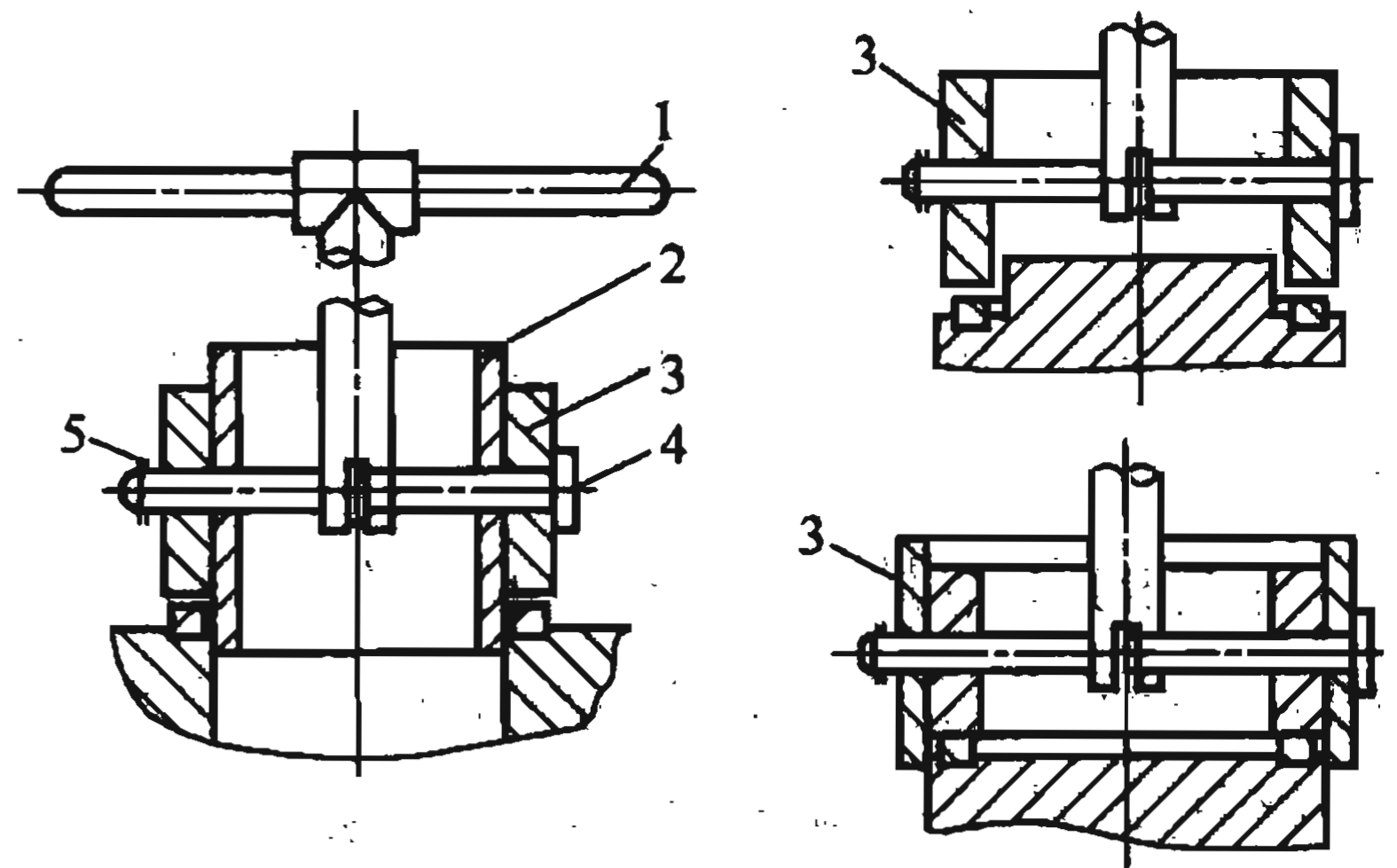


图 2-44 密封面研磨专用研具

1—手柄；2—导向装置；3—磨具；4—销；5—开口销

研磨时，必须在被研磨面上涂上一层磨料，即研磨剂（俗称凡尔砂），常用的磨料有碳化硅（SiC）、碳化硼（BC）、氧化铬（Cr₂O₃）、刚玉粉（Al₂O₃）、金刚石粉等多种。研磨剂是根据粒度（粗细）进行分级的，使用时，应根据被研磨件的材质和研磨的精度进行正确磨料粒度（磨料的粗细）的选择。磨料粒度号数和颗粒的大小见表 2-5。常用磨料的种类及使用范围见表 2-6。

表 2-5 磨料粒度号数和颗粒的大小

μm

粒度号数	颗粒大小	粒度号数	颗粒大小	粒度号数	颗粒大小
10	230~2000	60	30~250	W40	42~28
12	200~1700	70	25~210	W28	28~20
14	17~1400	80	21~180	W20	20~14
16	140~1200	90	18~150	W14	14~10
18	120~1000	100	15~125	W10	10~7
20	1000~850	120	12~105	W7	7~5
24	850~700	150	105~85	W5	5~3.5
30	700~600	180	85~75	W3.5	3~2.5
36	600~500	220	75~63	W2.5	2~1.5
40	500~420	240	63~53	W1.5	1~1.0
46	420~350	280	53~42	W1.0	1~0.5
54	350~300			W0.5	0.5 以下

表 2-6 常用磨料的种类及使用范围

系列	磨料名称	代号	颜色	强度和硬度	工件材料	应用范围
氧化铝系	棕刚玉	GZ	棕褐色	比碳化硅稍软，韧性高，能承受很大压力 切削性能优于棕刚玉而韧性稍低 韧性较高 多棱，硬度、强度均高	钢 合金钢 不锈钢 硬质合金钢	粗研磨 精研磨
	白刚玉	GB	白色			
	铬刚玉	GG	浅紫色			
	单晶刚玉	GD	透明、五色			
碳化物系	黑碳化硅	TB	黑色半透明	比刚玉硬，生脆而锋利 比黑碳化硅硬而脆 比碳化硅硬而脆	铸铁、青铜 黄铜 硬质合金	粗研磨 精研磨
	绿碳化硅	TL	绿色半透明			
	碳化硼	TP	黑色			
金刚石系	人造金刚石	JR	灰色至	最硬	硬质合金	粗研磨 精研磨
	天然金刚石	JT	黄白色			
其他	氧化铁 氧化铬		红棕色 绿色	比氧化铬软 较硬	钢、铁、铜	粗研磨 精研磨

磨料粒度的选择是根据被研磨件的缺陷程度决定的。对于密封面的研磨，根据研磨精度一般可分为粗研磨、细研磨和精研磨三个工序。

粗研磨是为了消除密封面上因工作过程中或上一道工序所留下的擦伤、压伤、痕迹、蚀点或机加工痕迹，使密封面获得较高的平整度和一定的粗糙度等级，为细研磨打下基础；精研磨则是为了消除密封面上的纹路，进一步提高密封面的表面粗糙度等级。

粗研磨时选用 120 号~280 号研磨粉，研磨后表面粗糙度可达到 $R_a 3.2 \sim R_a 1.6$ 。

细研磨时选用 W40 号~W7 号研磨粉，研磨后表面粗糙度可达到 $R_a 0.8 \sim R_a 0.4$ 。

精研磨时选用比 W7 号细的研磨粉，研磨后表面粗糙度可达到 $R_a 0.2 \sim R_a 0.1$ 。

对不同的研磨件，要求使用不同种类的润滑剂，铸铁件宜选用煤油或汽油作润滑剂，低碳钢件则选用机油作润滑剂，而铜密封件可选用机油、酒精或碳酸钠水液作润滑剂。

研磨时要用润滑剂把研磨砂调和成糊状，均匀地涂在被研磨的密封面上才能进行研磨，调和得太稀或太稠都会影响研磨质量。

润滑剂在研磨过程中有以下四个作用：

调和磨料，使磨料分布均匀；

冷却作用，降低因摩擦而产生的热量；

润滑作用，使研磨时滑动轻松，避免工件变形；

化学作用，加速研磨过程，使表面粗糙度变细。

手工研磨方法：研磨前必须用煤油或汽油清洗磨具的工作面和被研磨件，清洗干净后，在密封面上均匀地涂上一层适量的用润滑剂调和后的研磨砂，将磨具放在密封面上作 90° 的往返转动，6~7 次后，位置调转 $120^\circ \sim 180^\circ$ ，重复上述动作继续研磨，研磨一段时间后，研磨砂变细小，要及时补充新研磨砂，直到研磨合格为止。

根据研磨精度，研磨可分为粗研、细研和精研三种。

研磨时的注意事项：

a. 一般是先用较高的压力、较低的转速进行粗研，然后用较低的压力、较高的转速进行精研，经过研磨后，应使被研磨表面细微的划道都成为同心圆，这样可以阻止介质的泄漏；

b. 在整个研磨过程中，必须注意清洁，不同粒度或不同号数的研磨剂不能相互掺和，且应严密封存以防杂质混入；

c. 不能在同一块平板或磨具上同时使用不同粒度或不同种类的研磨剂；

d. 中间休息时，应将研磨工具从密封面上或者密封面从研磨平板上拿开，防止时间过长，研磨砂压入密封面，影响研磨效果。

研磨时常见缺陷、产生原因及防止方法，见表 2-7。

研磨质量的检查：被研磨后的密封面其粗糙度不应低于 $R_a 0.4$ 。表面应无辐射状痕迹，呈现灰白色，可用涂色法检查其平面度。但是，最终的质量检查方法仍是密封性试验。

(7) 阀门的组装 阀门组装时要注意采用正确的组装顺序，还要注意以下事项：

① 不能遗漏零件，不能擦伤已经研磨好的密封面；

② 紧螺栓时，一定要对称均匀逐次上紧；

③ 垫片和螺栓，应涂上机油调和的石墨粉，以便以后易于拆卸；

④ 在组装过程中，应注意将阀瓣、闸板等关闭件先提起来，以免装配阀盖时压坏关闭件；

⑤ 组装完毕，要把阀门内腔擦拭干净，并应使阀门外观清洁。

表 2-7 研磨时常见缺陷、产生原因及防止方法

常见缺陷	产生原因	防止方法
密封面凸形或不平整	1. 研磨剂涂得太多 2. 挤出的研磨剂积聚在工件边缘 3. 研具不平整 4. 研具和导向机构配合不当 5. 研磨时压力不匀或没有变换方向 6. 研具运动不平稳	1. 适当减少研磨剂 2. 擦去后,再研磨 3. 磨平研具 4. 改变配合间隙 5. 压力用均匀,并常变换角度 6. 研磨速度应适当,防止研具与工件的非研磨面接触
密封面不光洁或拉毛	1. 研磨剂调和不当 2. 磨料粗 3. 研磨剂涂得不均匀 4. 研磨剂混入杂质 5. 研具与导向机构间隙太小 6. 精磨时过湿或过干 7. 压力过大,压碎的磨料嵌入工件中	1. 重新调和研磨剂 2. 正确选用磨料的粒度 3. 涂抹均匀 4. 更换研磨剂,并做好清洁工作 5. 调整配合间隙 6. 干湿应适当 7. 压力适当

(8) 阀门的试压 阀门组装后必须进行水压试验，才能检验阀门修理是否合格。水压试验可分为强度试验和密封性能试验。

强度试验压力，按照国家 GB 1048—2005 的规定，在 $PN2.5 \times 10^5 \sim 320 \times 10^5 \text{ Pa}$ 范围内，强度试验压力为公称压力的 1.5 倍，在 $PN40 \times 10^5 \sim 80 \times 10^5 \text{ Pa}$ 范围内为 1.4 倍，在 $PN1000 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以上分别为 1.2 倍、1.25 倍不等，也可按表 2-8 确定。密封试验压力一般以公称压力进行，在能够确定工作压力的情况下，也可按工作压力的 1.25 倍进行。

表 2-8 公称压力 PN 和相应的强度试验压力 p_s 关系表 (GB 1048—2005) $1 \times 10^5 \text{ Pa}$

PN	p_s	PN	p_s	PN	p_s	PN	p_s
0.5	—	25	38	200	300	1000	1300
1	2	40	60	250	380	1250	1600
2.5	4	64	96	320	480	1600	2000
4	6	80	120	400	560	2000	2500
6	9	100	150	500	700	2500	3200
10	15	130	195	640	900		
16	24	160	240	800	1100		

强度实验和密封试验一般在试验台上进行，一般手动试验台如图 2-45 所示。

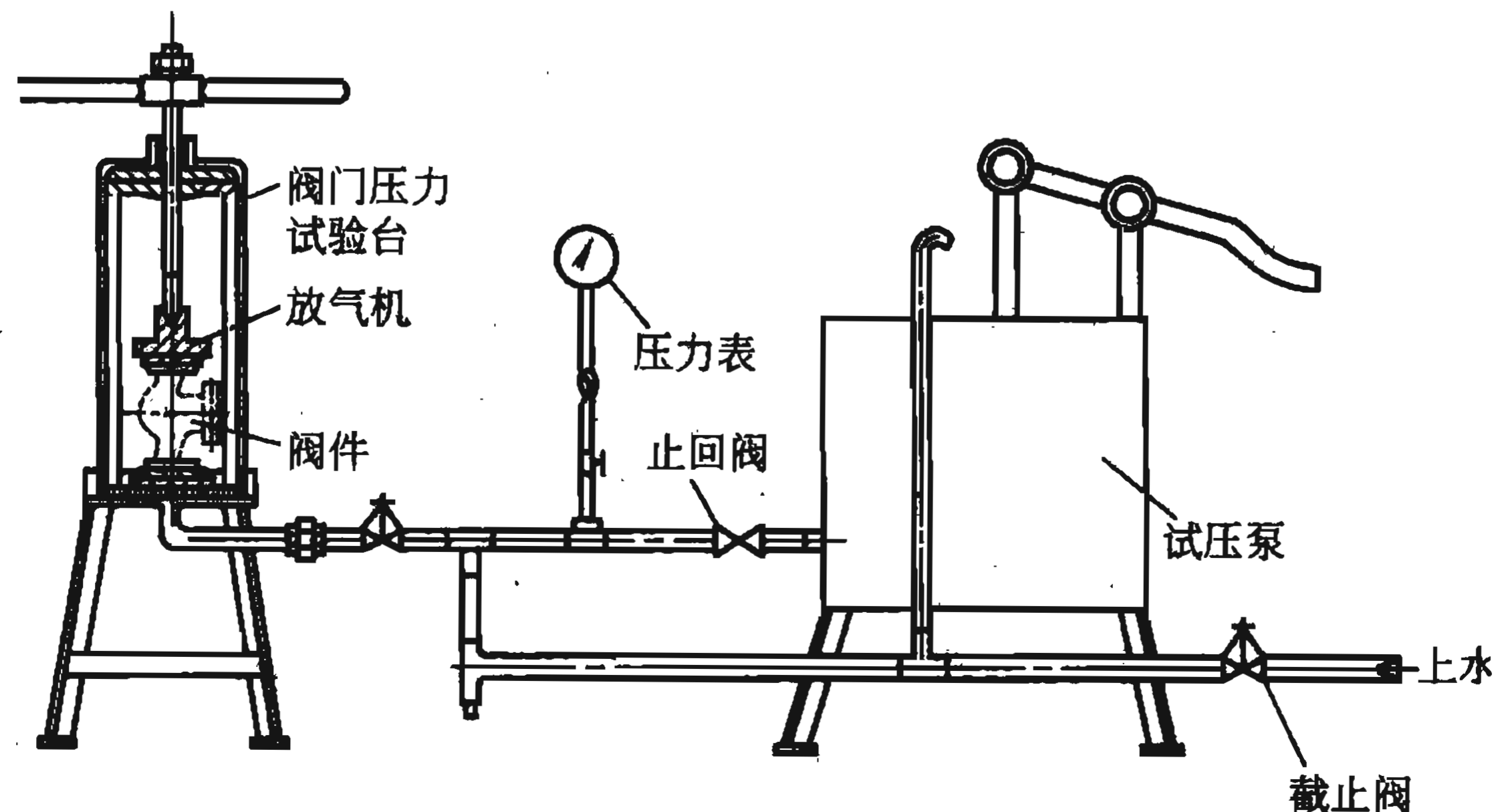


图 2-45 阀门水压试验台

① 强度试验。水压强度试验如图 2-46 所示。试验时应将关闭件开启，并将阀门的一端用盲板堵塞，水从另一端引入，排净阀腔内的空气，按上述方法选择试验所需的压力值，安装并连接试压装置。试压时，压力应逐渐升高至所需压力，当达到规定压力值时，检查阀体、阀盖密封垫、填料等处有无泄漏、破坏，如果其压力保持在 5min 不降低，即为合格。

② 密封性能试验。密封性试验如图 2-47 所示。试验时应关闭阀门，水从出口一端引入，这样同时也进行了阀体和阀盖结合面以及填料部分的密封性试验。试压时，压力应逐渐升高至所需压力，保压时间为 5min，以压力不下降、无渗漏为合格。

在强度和密封试验中，如出现问题，应查找、分析原因，处理后再进行试验，直到合格为止。试验合格后，应由技术人员鉴定认可，最后重新按规定涂漆防腐，做好标志，使之跟“新阀门”一样。

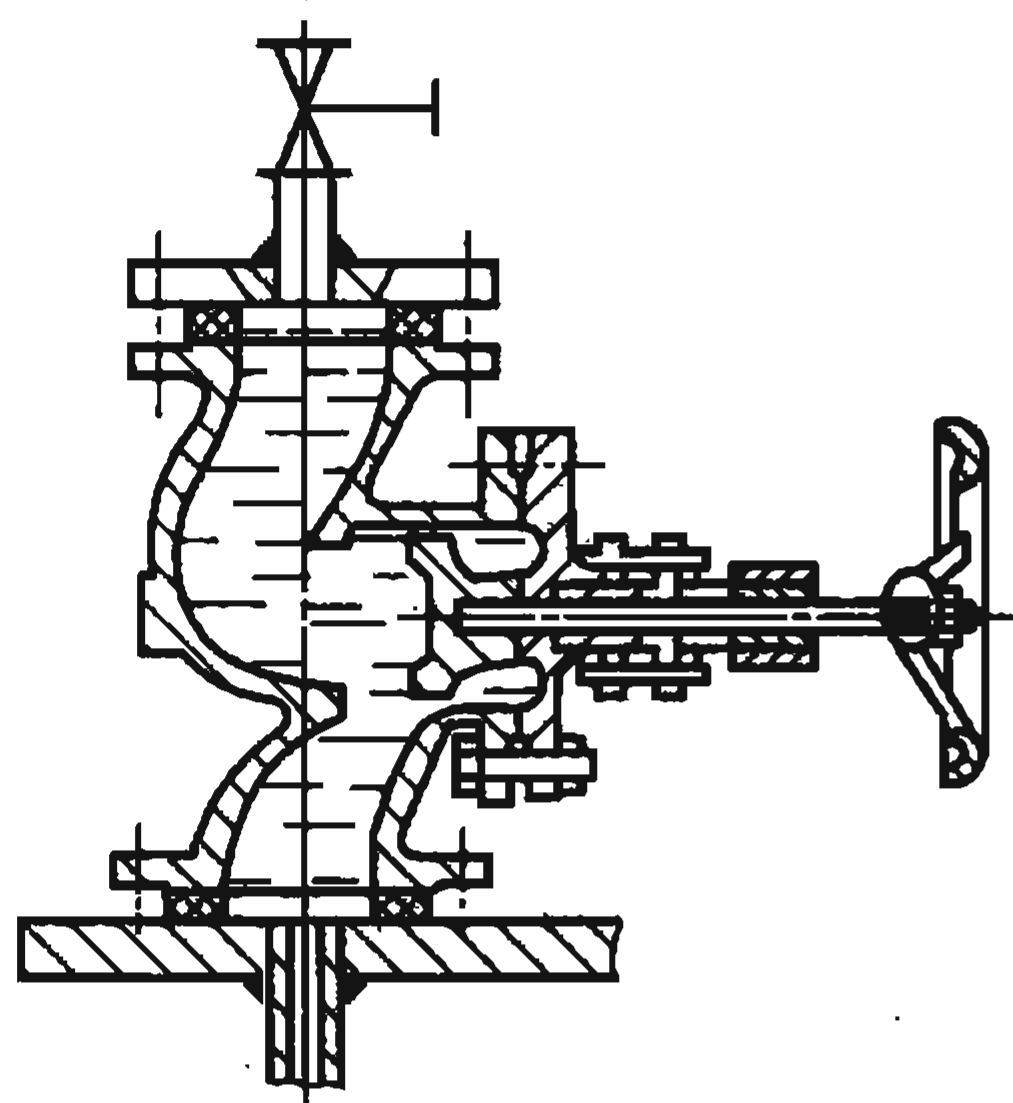


图 2-46 截止阀水压强度试验

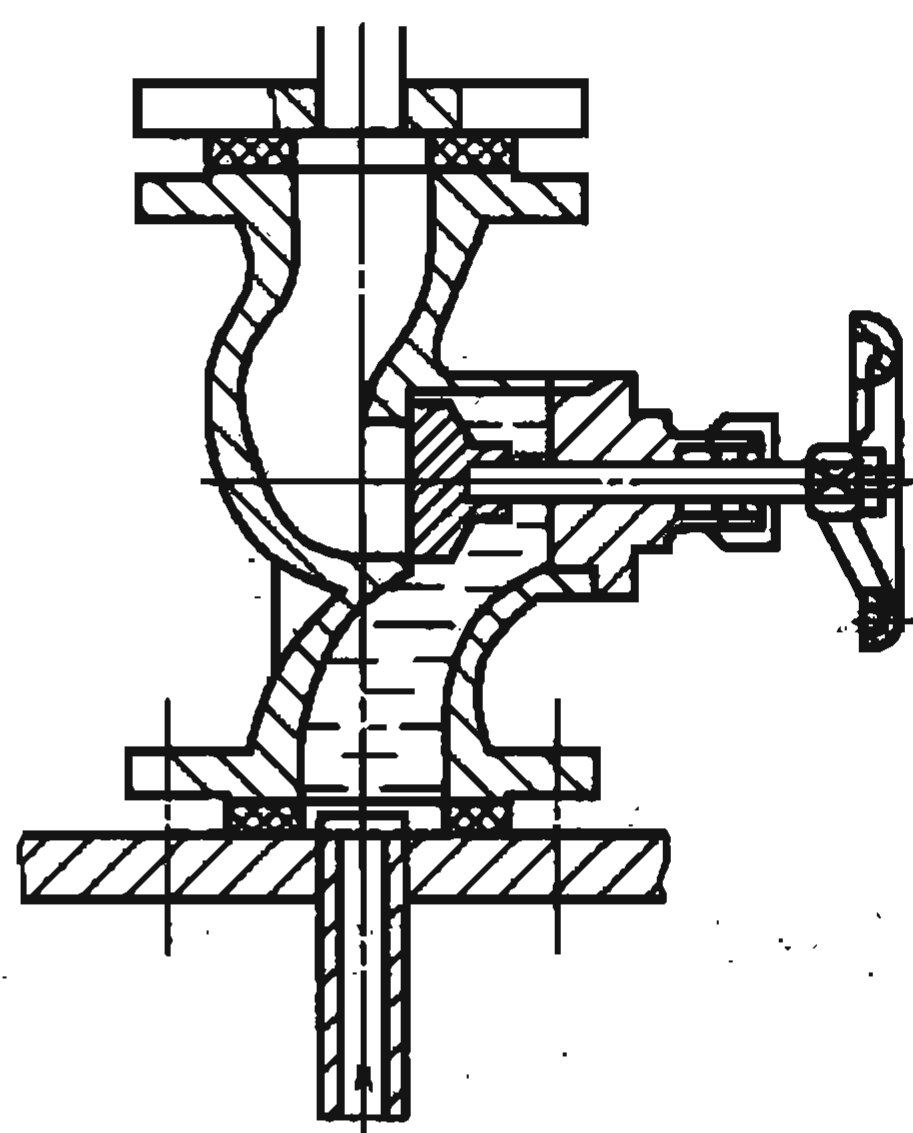


图 2-47 截止阀的密封性试验

二、主要阀门的修理

1. 截止阀的修理

截止阀修理的一般程序和前面阀门修理相同，具体修理过程如下（其中前两步和上面介绍的阀门修理相同）。

① 清理阀门外表面。

② 检查记录阀门标志。

③ 阀门拆卸。截止阀的拆卸顺序是：手轮→松填料压盖→阀盖→阀杆→阀盘→套筒螺母→垫片→填料→阀体（阀座在阀体上）。

拆卸时注意事项：拆卸之前关闭阀门（便于拆卸阀杆）；注意保护密封件（阀盘、阀座）防止拆卸过程中划伤；零件工具摆放整齐；垫片填料清除干净彻底；安全文明操作。

④ 清洗阀门全部零件（同前）。

⑤ 检查全部零件（同前）。

⑥ 修理。截止阀主要零部件的修理见表 2-9。

⑦ 组装。截止阀的组装顺序原则上应和拆卸顺序相反，在组装时要注意以下事项：注意保护研磨好的密封面和其他配合面；拧紧阀体和阀盖间的螺栓前一定将阀盘提起（使阀门呈开启状态），以免压坏关闭件和阀杆；垫片和螺栓的螺纹部分涂机油调和的石墨粉，以便拆卸方便；螺栓对称均匀、逐次上紧；填料压盖留有足够余量。

⑧ 截止阀的水压试验。截止阀的水压试验包括强度试验和密封性能试验，方法和前面

阀门压力试验相同，但是进行密封性试验时，介质要从截止阀的出口进入，以便检验密封面、填料、和阀体阀盖处的密封性。

⑨ 涂漆防腐，做好标签。

表 2-9 截止阀主要零部件出现问题及修理方法

零件名称	出现问题	修理方法
阀盖、阀体	1. 破裂、裂纹、减薄、缺陷 2. 阀体法兰密封面出现沟纹(法兰连接) 3. 阀体连接螺纹破坏(螺纹连接)	1. 补焊、堵塞 2. 轻微时锉削，严重的补焊后车削或镗削 3. 更换
密封件(阀盘、阀座)	密封面破坏	轻微时研磨，中等程度车削后研磨，严重时，先堆焊然后车削，最后研磨
手轮	滑方、裂纹或断裂	补焊或者更换
阀杆	1. 弯曲 2. 变细 3. 螺纹损坏	1. 矫直 2. 轻微继续使用，严重时更换 3. 更换
套筒螺母	螺纹损坏、裂纹	更换
填料、垫片	老化、变质	更换

2. 闸板阀的修理

闸板阀的修理程序和方法与截止阀基本相同，都包括以下过程：清理阀门外表面；检查记录阀门标志；阀门拆卸；清洗阀门全部零件；检查全部零件；全面修理；阀门组装；阀门的试压；阀门的涂漆防腐并按原记录做标志。相同之处不再赘述，只把不同之处（拆卸、修理、压力试验）加以介绍。

① 拆卸。由于闸板阀结构和截止阀不同，所以拆卸顺序不同，以明杆楔式单闸板阀为例，闸板阀的拆卸顺序是：手轮→填料压盖→阀盖连接螺栓→阀盖→阀杆→闸板→套筒螺母→填料和垫片。

注意事项同截止阀。

② 修理。由于闸板阀也是截止阀的一种，在使用过程中出现的问题和截止阀相同。由于结构不同，密封件的研磨方法有所区别，闸板和有的阀座呈楔形，厚薄不一致，密封平面圆周上的质量不均匀，研磨时容易发生偏磨现象，厚的部分容易多磨。所以，研磨楔式闸板密封面时，应附加一个平衡力，图 2-48 所示为楔式闸板密封面的研磨方法。



图 2-48 楔式闸板密封面的研磨方法

③ 闸板阀的水压试验。闸板阀的水压试验也分为强度试验和密封性试验，试压装置和截止阀相同。密封性试验时需要注意将阀门关闭，介质从一端引入，在另一端检查严密性。合格后，再从另一端引入介质，相反端检查严密性。

分课题三 阀门的压力调定

一、安全阀、减压阀压力调定的一般方法

安全阀和减压阀都属于调节压力的自动阀门，需要根据生产实际调节压力。对于安全阀来说，压力调定一般有三种方法，分别是试验台试验压力调定法、现场校验法、在线校验仪器校验法。

1. 试验台试验压力调定法

试验台是一种简易实用的压力试验装置，能够测定并校验安全阀的开启压力值和密封性两项重要指标，也能测定减压阀的出口压力，应用广泛。其原理是：将安全阀装在试压台上，缓慢升压，当压力升高到安全阀开启压力时，安全阀开启，此时测得的压力值，即为开启压力。根据此开启压力和需要安全阀开启压力的差值，通过调整安全阀的压力调节元件（调压套筒螺栓），调试至规定的开启压力，即完成了开启压力的调节。然后将压力降至规定值，再观察和检查安全阀密封性。

对减压阀来说，就是观察出口处的压力值，并通过调压元件调节压力到规定的压力值。

安全阀在试验台上校验是一种较为安全可靠的检验方法，其优点是：不受压力系统的介质限制，可适用于任何压力系统的安全阀的校验，并且对安全阀在使用前能够进行充分的维护，校验精度也有可靠的保证。其不足是：对于在用的安全阀需要拆卸，增加了费用。另外，校验是以常温气态（空气）介质和工况代替压力系统的工作介质与工况的“近似”校验，与实际工作状态“真值”存有一定的误差，尤其是实际生产中温度比较高，或者低的情况下，很难保证与实际生产工况相同。

2. 现场校验法

在压力系统上现场检验安全阀是一种行之有效的检验方法，其优点是：经济方便，不需要拆卸安全阀，不需要专用的检验仪器和设备，可随时进行，检验结果最接近实际工况。其不足是：受压力系统的工作介质限制，如易燃、易爆、有毒介质等；在校验时，全系统达到瞬间或短时超压，带有一定的风险。

3. 在线校验仪器校验法

使用在线校验仪器校验安全阀是一种近年来使用的有效的新的校验方法。其优点是：较为经济灵活，理论上讲，不需要拆卸安全阀，凡能在现场校验的安全阀都可以使用在线校验仪器进行校验，甚至压力系统没有压力时也可以进行校验，这样避免了压力系统超压的风险。其不足是：在线校验仪器校验时，需要知道阀瓣的受内压力直径尺寸，即受力面积，该面积对于不同的安全阀是不同的，为了获得准确的直径尺寸，则必须现场拆下阀瓣进行测量，增加了工作量，增加了费用，况且在系统工作时，往往不能进行拆卸，因此限制了安全阀在线校验仪器的使用；此外，校验结果的确定，人为的因素影响较大，校验人员需要较为专业的培训和经验积累，需要比对校验结果，提高准确程度。

二、安全阀、减压阀的压力调定

1. 安全阀试验台压力调定法

试验台压力调定试压系统如图 2-49 所示，其操作方法是：将安全阀装在试验台上，将

试验介质通入安全阀，操纵试压泵缓慢升压，当达到开启压力时，安全阀起跳，阀口有介质喷出，并伴有轻微的“爆鸣”声，压力表的指针达到最高值后，迅速回摆，此时的压力表最高值即为开启压力，或称整定压力，如果该值超过规定压力，就调松安全阀调压螺栓，如果低于规定压力，就调紧调压螺栓，再进行压力试验，直至开启压力数值符合要求。开启压力符合要求时还要重复起跳 1~2 次，以确定起跳压力准确无误。

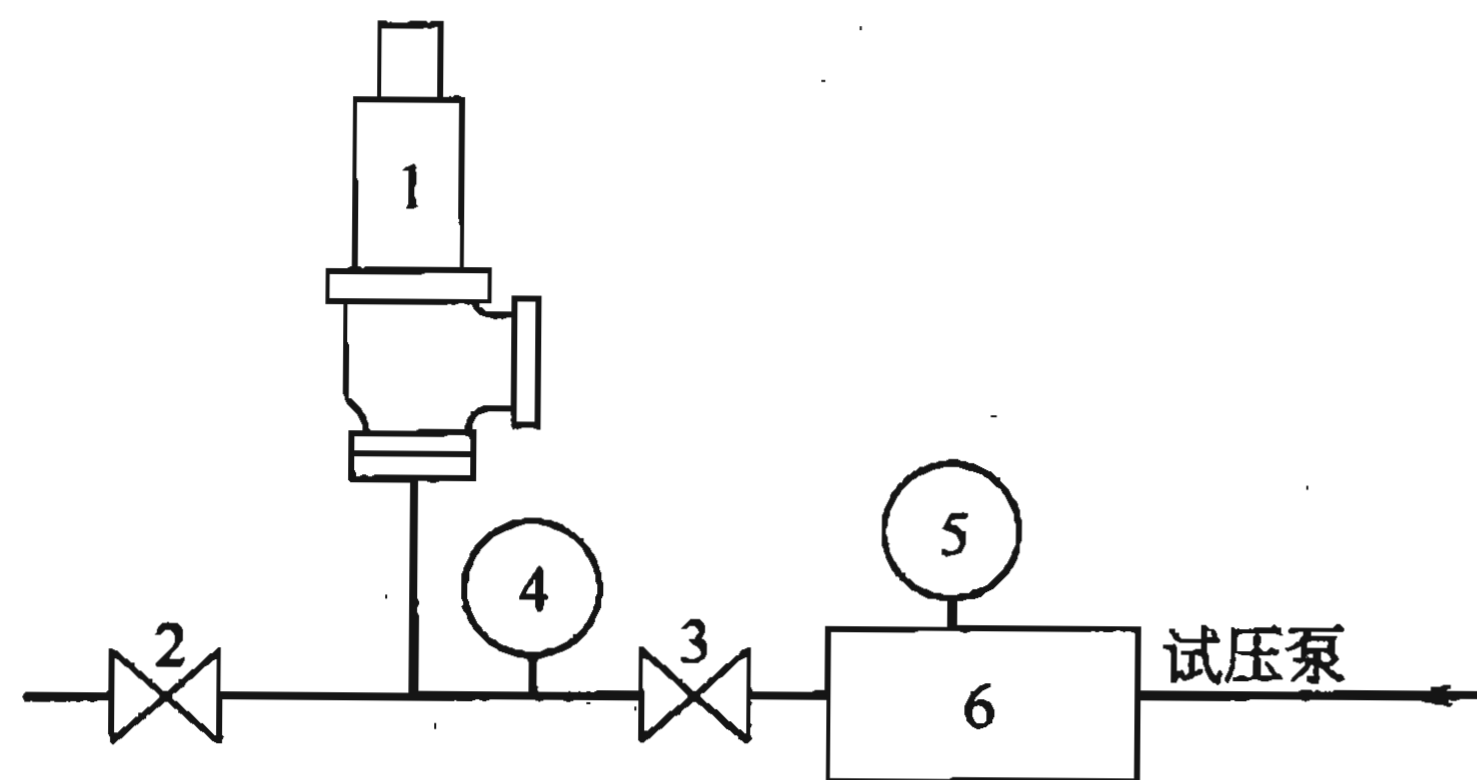


图 2-49 安全阀校验系统示意图

1—安全阀；2,3—针表阀；
4,5—压力表；6—缓冲器

安全阀起跳压力调定后，还要进行密封性试验，具体要求是：进行蒸汽用安全阀密封试验时，用目视或者听音的方法，检查阀的出口处，如果没有发现泄漏现象，则认为密封性合格。进行空气或者其他气体用安全阀密封试验时，以每分钟泄漏气泡数表示的泄漏率来检查。对于金属密封的阀门，应不超过表 2-10 所列的数值；对于非金属弹性材料密封面的阀门，应无泄漏现象（每分钟 0 气泡）。

表 2-10 气体用安全阀密封试验的泄漏率

常温下的整定压力 /MPa	最大允许泄漏率			
	流道直径 ≤ 7.8mm		流道直径 > 7.8mm	
	气泡数/min	cm ³ /min	气泡数/min	cm ³ /min
≤ 6.9	40	11.8	20	5.9
6.9~10.3	60	18.1	30	9.0
10.3~13.0	80	23.6	40	11.8
13.0~17.2	100	29.9	50	14.6
17.2~20.7	100	29.9	60	18.0
20.7~27.6	100	29.9	80	23.6
27.6~38.5	100	29.9	100	29.9
38.5~41.4	100	29.9	100	29.9

进行水或其他液体用密封性试验时，金属密封面的阀门，其泄漏率不应超过表 2-11 所列的数值；非金属弹性材料密封面的安全阀应无泄漏现象。

表 2-11 液体用安全阀密封试验的泄漏率

公称通径 DN/mm	最大允许泄漏率/(cm ³ /h)	公称通径 DN/mm	最大允许泄漏率/(cm ³ /h)
< 25	10	≥ 25	10

上述密封方法是国标规定常用的，但是用此种方法测定泄漏有难度，从弹簧式安全阀结构上看，大部分安全阀的阀芯和导向套之间都是不密封的，因此，即使有泄漏，会有一部分气体从这两处逸出。真正要准确地测定，应该将安全阀通压后整体浸入水中。但是全密封结构的波纹管型安全阀不需要整体浸入水中。一般若用气体作介质校验时，还习惯用耳听法和表跌法：听不见泄漏声音，一般在开启压力 90% 时，压力表指针不再回跌，即认为合格。

压力试验时的注意事项：

- ① 在安全阀校验时，整个校验系统不应有任何泄漏；
- ② 介质应清洁；
- ③ 试验时应缓慢升压，不能脉动升压影响校验精度；
- ④ 压力表或纪录仪的读数精度应高于 1%；

⑤ 通过调压螺栓调节起跳压力时，应避免阀瓣跟着旋转，而损伤密封面；

⑥ 调定整定压力时，起跳次数不宜过多，否则损坏阀瓣和阀座的密封面，一般起跳次数不超过 5 次。

按照上述方法进行校验合格后，旋紧锁紧螺母，套上安全保护罩，在保护罩上方或防止旋动的部位穿入铁丝和铅封，下面穿入法兰螺栓孔，打上铅封，铅封应有操作者印记，以明确操作者责任。

校验后的安全阀，应粘贴校验标志，内容包括安全阀的型号、规格日期、校验单位名称及校验人员等，并应填写校验报告单。

2. 安全阀在线仪器校验法

安全阀在线校验就是通过一种先进的安全阀在线检测仪，在设备运行的情况下，现场对安全阀进行整定压力校验，而不需要提高系统压力。

安全阀在线检测仪是一种便携式仪器，它可以在设备不停车状态下，对设备的运行仅 1~2s 的短暂扰动即可完成对安全阀参数的检测，也可以对不合格的安全阀进行现场在线调节，测量和记录安全阀的整定压力，也可以对安全阀的动作特性进行监督调节，对开启后再回座时有密封不严的安全阀可以实行强制关闭。

(1) 工作原理 安全阀的开启关闭动作是依靠其进口端的介质压力变化和弹簧预紧力来使阀瓣自动开启和关闭。当介质压力升高到它所产生的提升力大于弹簧的预紧力时，阀瓣就自动开启，排放介质进行泄压；当压力降到安全允许值时，弹簧的预紧力又大于提升力，阀瓣自动关闭，停止泄压。根据这个原理，可以设想在线测量和调整安全阀时，如果由外部提供一个向上的附加力，则当介质压力与这个附加力的总和刚刚克服弹簧预紧力时，阀瓣也就会自动开启，甚至在没有介质作用的离线状态下，仅由外部向上的附加力克服弹簧预紧力时，阀瓣也能自动开启，上述力的平衡关系如图 2-50 所示。

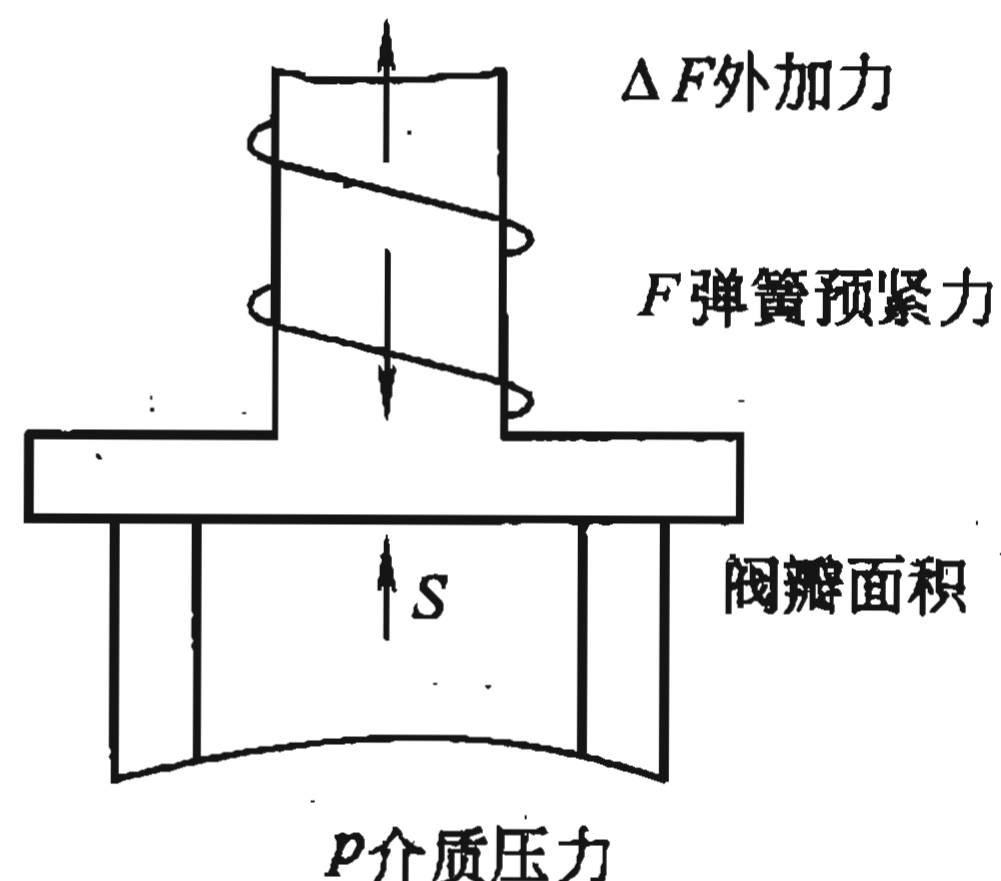


图 2-50 安全阀阀盘力的平衡关系图

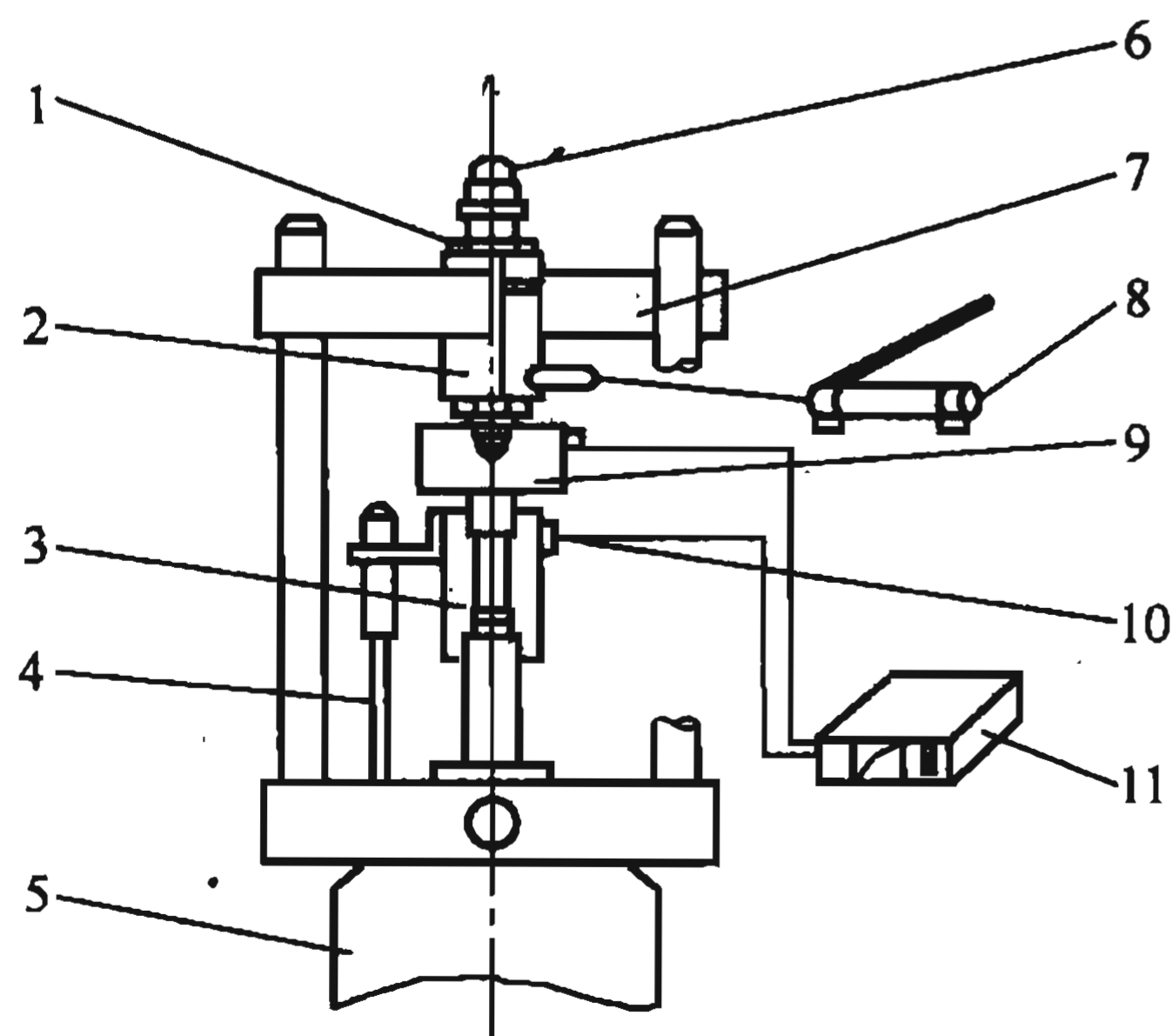


图 2-51 安全阀在线检测仪系统构成图

1—螺纹千斤顶；2—油缸；3—连接螺母；4—触点探针；5—阀体；6—中心连杆；7—横梁；8—油泵；9—力传感器；10—拾音探头；11—数据处理器

如果能够准确地测定这种外部附加力 ΔF ，则根据已知的阀瓣面积 S ，介质压力 p ，很容易求出安全阀的整定压力 $p_z = p + \Delta F/S$ ，这就是安全阀在线检测仪的工作原理。

在线检测仪通常采用两种方法测试安全阀的开启压力。

音频监听法：当阀瓣发生微开启时，高压气流通过微开狭缝产生音频激荡。作为波导器件，阀瓣阀杆与连接螺母将音频信号传到拾音探头，经音频放大滤波后，由耳机监听。

触点探针法：利用触点探针以开关量方式感受阀瓣的位移变化。当安全阀处于工作状态时，将探针与阀体接触，主机的指示灯灭。当阀瓣发生微开，探针与阀体断开，主机的指示

灯亮，测得安全阀的开启压力。

(2) 在线检测仪的构成 在线检测仪是由机械夹具、液压动力单元和数据处理单元三部分构成，如图 2-51 所示。其中机械夹具保证对待测安全阀实行夹持定位，为液压动力单元提供施加附加外力的环境。液压动力单元提供可调节的液压输出和流量，以便控制外加的提升力和提升速度，此外，还可用它来完成对泄漏安全阀的强制关闭。数据处理单元采用一台微型计算机来进行。

其他校验内容，如安全阀的密封性检查，注意事项，等同安全阀试验台压力调定法。

3. 减压阀压力调定

减压阀的压力调定一般用试压台压力调定法和现场调节法，在生产中，现场调节法使用较多，方法是：松开锁紧螺母，旋转调节螺钉，压缩弹簧，使薄膜连同阀杆、平衡盘和阀盘一起下移，开启阀门，观察出口端压力表数值，旋转调节螺钉，直至使出口压力数值达到生产系统压力要求。



综合训练一、截止阀的修理

1. 实习条件

① 法兰连接截止阀（阀盘、阀座、填料、垫片人为破坏处理）、状况完好的试压泵、试压台。

② 活口、呆口扳手若干，手锤、划规、螺丝刀、研磨平板、配套专用研具（研磨阀座用）若干，机油、研磨砂、填料、橡胶石棉垫片、棉纱若干。

2. 实习内容及要求

① 修理常见截止阀并进行压力实验。

② 熟练使用工具，拆卸组装顺序正确。

③ 熟练进行填料装填和垫片制作。

④ 掌握研磨方法，熟练使用研磨工具，掌握研磨质量判断方法。

⑤ 熟练使用试压台和试压泵进行压力实验。

3. 教学内容

(1) 阀门修理前的准备

① 准备需要实习修理的阀门。

② 准备修理中使用的工具、试压台，试压泵。

③ 准备修理中使用的机油、研磨砂、填料等消耗材料。

④ 讲解修理阀门过程中的注意事项并做示范。

⑤ 研究制定修理方案。

(2) 阀门修理要求

① 独立完成修理实习。

② 修理完成后，按规定进行强度和密封性实验，并达到生产使用要求。

③ 安全文明操作。

(3) 阀门修理

4. 综合实习考核（见表 2-12）

表 2-12 截止阀修理考核评分表

序号	考核项目	分数	考核内容及评分标准	得分
1	阀门的拆卸组装	20分	1. 拆卸顺序正确 5分 2. 组装顺序正确 5分 3. 零件工具摆放整齐 5分 4. 密封面保护措施得当 5分	
2	密封面的研磨	20分	1. 正确选择研磨砂 5分 2. 研磨方法正确 10分 3. 研磨质量判断 5分	
3	填料的装填	10分	1. 余量合理 5分 2. 填料装填错开角度正确 5分	
4	垫片的制作	5分	垫片制作合格熟练 5分	
5	阀门的试压	40分	1. 正确使用试压装置 10分 2. 阀盘、阀座密封合格 15分 3. 阀盖、阀体密封合格 5分 4. 填料密封合格 10分	
6	安全文明生产	5分	1. 无人身设备事故 2. 工具使用正确、摆放整齐 3. 操作熟练 4. 现场整洁卫生	

综合训练二、安全阀试验台压力调节

1. 实习条件

- ① 状态完好弹簧式安全阀若干，试压泵、试压台。
- ② 专用扳手，活口、呆口扳手若干，剪刀、棉纱、橡胶垫若干。

2. 实习内容及要求

- ① 弹簧式安全阀实验台压力调节。
- ② 掌握杠杆重锤式和弹簧式安全阀实验台压力调节方法。
- ③ 熟练掌握利用安全阀压力调节机构调节压力方法。

3. 教学内容

(1) 实验台压力调节实习前的准备

- ① 准备状态完好的弹簧式安全阀若干。
- ② 准备压力调节用的工具、试压泵、试压台。
- ③ 准备试压用的橡胶垫、棉纱等材料。
- ④ 讲解压力调节方法和操作过程中的注意事项并示范。
- ⑤ 研究制订压力调节方案。

(2) 压力调节要求

- ① 独立完成压力调节操作。
- ② 压力调节熟练、准确。
- ③ 熟悉密封性实验要求。

(3) 安全阀压力调节操作

4. 综合实习考核（见表 2-13）

表 2-13 安全阀试验台压力调节考核评分表

序号	考核项目	分数	考核内容及评分标准	得分
1	安全阀压力调节	50 分	1. 操作方法正确、动作熟练 15 分 2. 压力调节迅速准确（要求 3 次以内调节准确，每超一次扣 5 分，5 次以上不得分） 20 分 3. 起跳特征明显，起跳压力准确 15 分	
2	密封性	20 分	1. 密封性实验操作熟练 10 分 2. 密封性良好 10 分	
3	组装	10 分	1. 锁紧螺母锁紧正确 5 分 2. 手柄安装松紧适当 5 分	
4	铅封	10 分	安全阀铅封操作正确 10 分	
5	安全文明生产	10 分	1. 无人身设备事故 2. 工具使用正确、摆放整齐 3. 操作熟练 4. 现场整洁卫生	

复 习 题

1. 简述阀门的作用和分类。
2. 叙述球阀、旋塞阀的种类、结构、原理、作用、特点。
3. 叙述闸板阀、截止阀的种类、结构、原理、作用和特点。
4. 叙述蝶阀的种类、结构、原理、作用和特点。
5. 截止阀在管路上安装为什么要“低进高出”？
6. 分别画出标准式、流线式、直线式、角式截止阀的结构示意图。
7. 截止阀、闸板阀的拆卸、组装顺序是什么？拆卸和组装过程应注意什么？
8. 阀盘、阀座密封面破坏后应如何修理？
9. 选择和装配填料的要点是什么？
10. 简述截止阀强度和密封性试验的方法。
11. 简述用研磨剂研磨的原理。
12. 简述研磨的种类和方法。
13. 简述阀门修理的一般程序。
14. 密封面由脆性材料制作，粗研磨时应选用何种材质的研磨剂。
15. 按颗粒的大小排出下列磨料的顺序，如作细研磨时应选用哪一种粒度的较为合适？20#、180#、W7、W28、220#
16. 叙述研磨的操作过程及注意事项。
17. 研磨时常见的缺陷有哪些？应如何消除？
18. 简述阀门水压强度和水压密封试验方法。
19. 安全阀的作用是什么？
20. 弹簧式（全启式和微启式两种）、杠杆重锤式安全阀各由哪些主要零部件组成？在使用过程中各有何优缺点？
21. 弹簧式安全阀有哪些调节机构？各是如何调节的？
22. 叙述弹簧式全启式和微启式安全阀的拆卸和组装顺序。
23. 叙述安全阀压力试验内容。
24. 简述安全阀压力调定方法的种类、原理及过程。

25. 叙述安全阀的校验程序。
26. 画出三通旋塞阀工作示意图。
27. 节流阀、隔膜阀和截止阀在结构上有何主要区别？节流阀的使用特点是什么？
28. 常用的止回阀有哪些种类？各由哪些主要零部件组成？
29. 隔膜阀式减压阀和活塞式减压阀的工作原理是什么？
30. 叙述钟形浮子式疏水阀、热动力式疏水阀和热静力式疏水阀的工作原理。

课题三 管路施工

管路施工在土建施工完成，主要机器、设备安装到位之后，按照设计图纸和已完成土建及安装实际情况进行预制件定制。管路施工主要完成管路连接、管路敷设、管路试压及验收和化工管路的保温与涂色。

其中管路施工中，必须考虑到管路热变形与热补偿对管路结构尺寸的影响。

分课题一 管路热变形与热补偿

一、管路热变形与热应力

1. 管路热变形

化工管路都是在室温下安装的，却在不同的温度条件下工作，由于工作时温度与安装温度不同，所以管路的长度就有热胀冷缩变化，其变化量可用式（3-1）计算

$$\Delta L = \alpha L \Delta t \quad (3-1)$$

式中 ΔL ——管路长度的变化量，m；

α ——管路材料的线膨胀系数， K^{-1} （或 $1/^\circ C$ ），钢 $\alpha = 12 \times 10^{-6} K^{-1}$ ，铜 $\alpha = 16.5 \times 10^{-6} K^{-1}$ ，铝 $\alpha = 24 \times 10^{-6} K^{-1}$ ，聚氯乙烯塑料 $\alpha = 80 \times 10^{-6} K^{-1}$ ；

L ——管路的原来长度，m；

Δt ——管路的温度变化量，K（或 $^\circ C$ ）。

如果管路的管段被管卡或设备所固定，则此管段需要的补偿量为 ΔL 。如果管路是可以自由地作 ΔL 的变形，则管路中不会有热应力产生。

2. 管路热应力

如果管路的管段两端是固定的，管路的长度不能自由地变化，则在管路中引起热应力，此热应力可用下列公式计算

$$\sigma = E \epsilon = E \frac{\Delta L}{L} = \alpha E \Delta t \leq [\sigma] \quad (3-2)$$

式中 σ ——热应力，MPa；

E ——管路材料的弹性模量，MPa，钢 $E = 0.21 \times 10^6$ MPa，铜 $E = 0.09 \times 10^6$ MPa，铝 $E = 0.0725 \times 10^6$ MPa，聚氯乙烯塑料 $E = 0.004 \times 10^6$ MPa；

ϵ ——管路受热或受冷后的相对变形量（ $\epsilon = \Delta L / L$ ），无量纲单位；

$[\sigma]$ ——管路材料的许用抗拉或抗压应力，MPa。

根据式（3-2）所求得的热应力，不得超过材料的许用抗拉或抗压应力。

当管路的管壁截面积为 $A m^2$ 时，则加热时所受的总压力或冷却时所受的总拉力为

$$P = \sigma A = E \epsilon A = \alpha E \Delta t A \quad (3-3)$$

此力作用于管路两端的固定管卡、管托或与管路连接的设备上。

从式(3-3)可得出很重要的结论：在两端刚性固定的管路中，当温度变化时，其所引起的总压力或拉力，仅与管壁截面积和管路长度的相对变化量或温度的变化量等因素有关，而与管路的绝对长度无关。因此，即使安装极短的管路，也必须考虑其热应力的影响。

从理论上来说，当碳钢钢管温度变化量不超过 32°C 时，管路两端可以刚性固定，因其热应力不会超过材料的许用应力，但当温度变化超过 32°C 时，就必须考虑热胀冷缩变形和安装能吸收管路热变形的补偿器。但在实际工作中，很多管路的温度变化量为 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，虽无特殊的补偿装置，仍能正常工作，这主要是由于管路的挠度较大可以自身补偿之故。

二、管路热补偿

一般来说，凡是操作工作温度高于或低于室温的管路，必须考虑热胀冷缩变形的补偿问题。常用的补偿方法有自动补偿法和补偿器补偿法两种。

1. 管路自动补偿

自动补偿法是利用管路本身某一管段的弹性变形，来吸收另一管段的热胀冷缩变形的办法，称为自动补偿法。如两管段有一定角度布置相接时，就有自动补偿的作用。两管段垂直相交，是最常见的情况。几种自动补偿方法如图 3-1 所示。

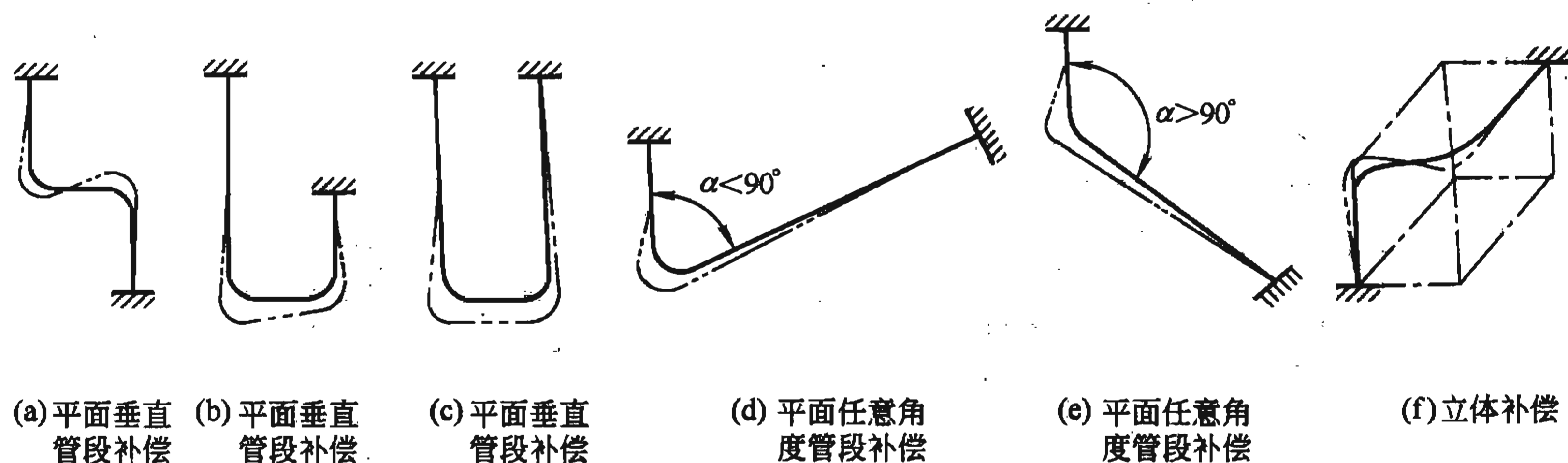


图 3-1 几种自动补偿方法

当管段间夹角小于 150° 时，管路能做自动补偿；当管段间夹角大于 150° 时，管路不能做自动补偿。

2. 补偿器补偿

当管路的热冷变形量不能自动补偿时，就必须采用补偿器来进行补偿。补偿器又叫伸缩器或膨胀节。常用的有回折管式补偿器、凸面式补偿器和填料函式补偿器三种。

(1) 回折管式补偿器 回折管式补偿器通常是将无缝钢管弯曲成一定几何形状而成，常见的有弓形和袋形，如图 3-2 和图 3-3 所示。

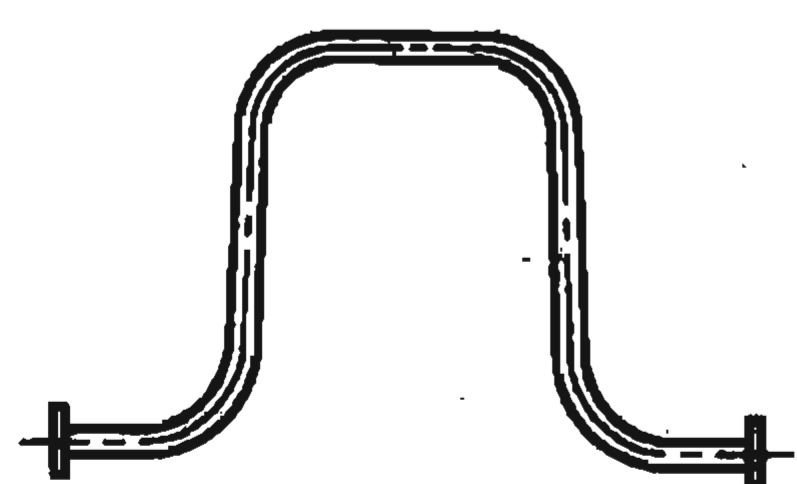


图 3-2 弓形回折管式补偿器

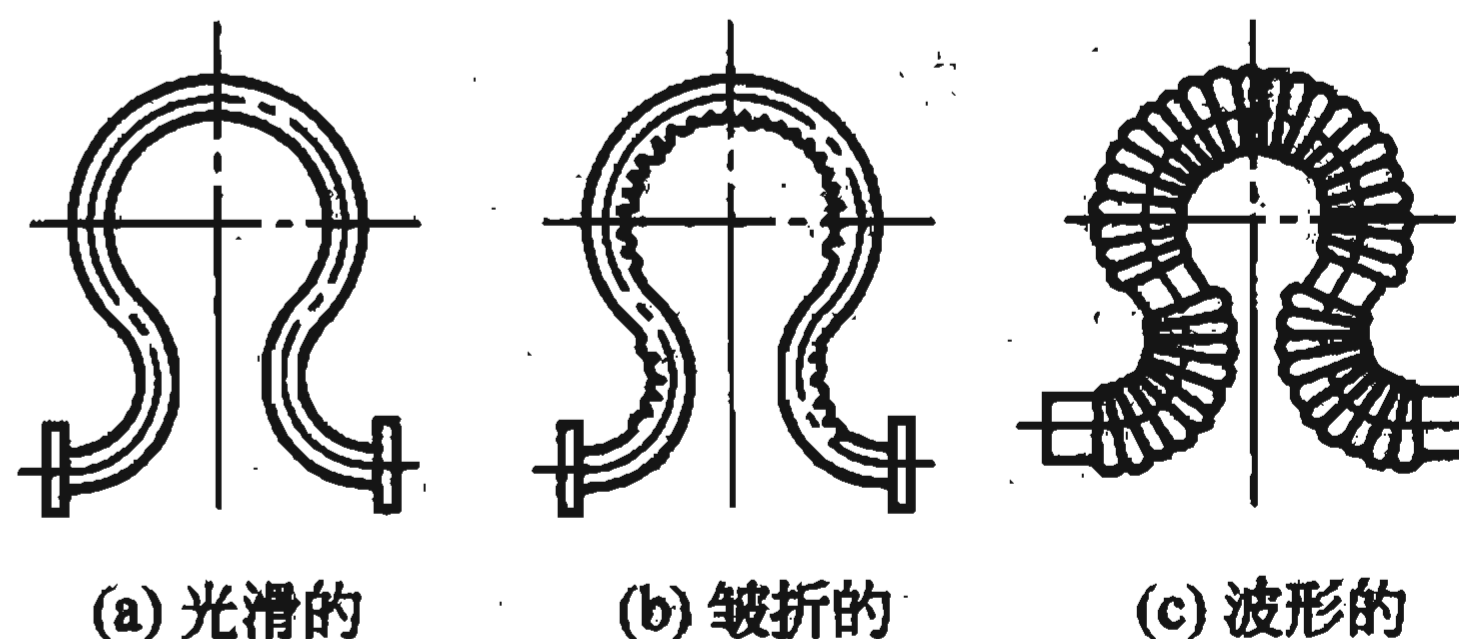


图 3-3 袋形回折管式补偿器

其补偿器的工作原理是利用刚性较小的回折管的弹性变形来补偿两端直管段部分的热胀冷缩的变化量。焊接钢管受交变载荷时容易裂开，因此仅用在低压（0.3~0.5MPa）的暖气、凝液、压缩空气管路上。

根据管子弯制方法的不同，袋形回折管式补偿器可分为光滑的、皱折的和波形的三种，如图 3-3 所示。

回折管式补偿器与管路的连接，可以用法兰连接，但最好用焊接。

在管径和悬伸都相同时，弓形比袋形制造方便、成本低、挠性大 25%~30%，波形补偿器的补偿能力较光滑的大 5~6 倍，但它的流体阻力要比光滑的大 2.5 倍，所以很少采用。

如图 3-3 所示。一般情况下直径在 250mm 以下制成光滑的回折管，直径在 250mm 以上的制成皱折的和波形的回折管。但在 100mm 以下，制成光滑的最适宜，直径等于 100~200mm 时，用折皱的较好，因为其阻力增加不多，但挠性却增加很多。

回折管式补偿器的优点：补偿能力大（通常达到 400mm）；作用在固定点上的轴向力小；易于现场制造（波形除外）；两端直管可以使用时发生弯曲，不必严格地成一直线。

回折管式补偿器的缺点：尺寸大，不能安装在狭窄的地方；流体阻力大；变形时，两端的法兰和管路会受到弯曲；材料易产生疲劳破坏。

(2) 凸面式补偿器 凸面式补偿器是利用金属（软钢等）薄壳挠性的弹性变形来补偿管路的热伸长量。它的外形像凸透镜外形，根据它的形状，可以分为波形、鼓形和盘形等几种，如图 3-4 所示。

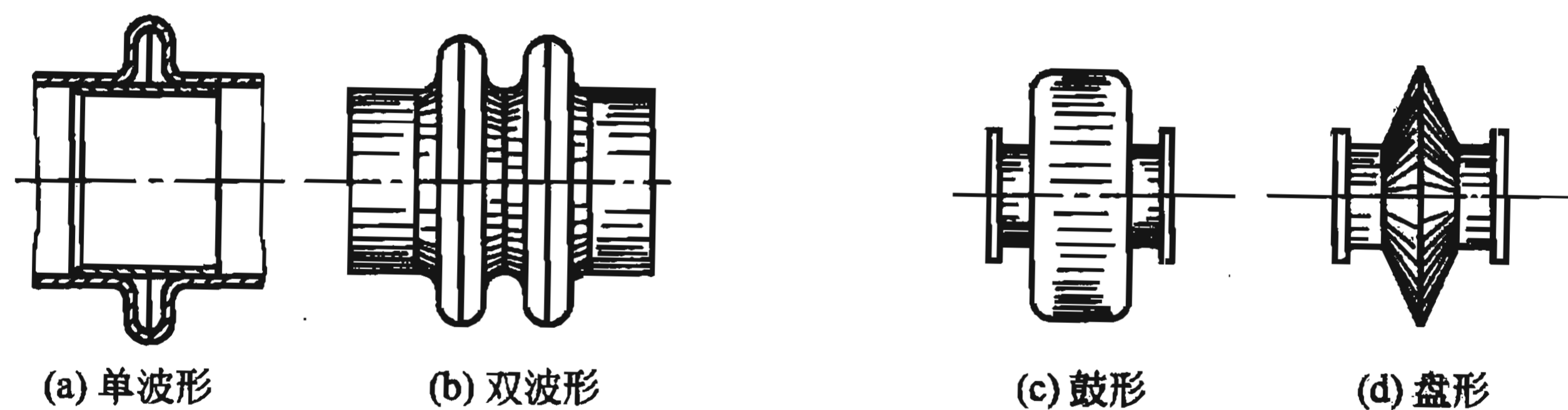


图 3-4 各种凸面式补偿器

凸面式补偿器一般利用液压胀突成型，制造时为了防止工作时凸面式补偿器侧向弯曲、结晶和灰尘积聚，可在补偿器内加一导向衬管，将其一端固定，另一端沿管内壁可自由滑动，如图 3-4 (a) 所示。

为增强凸面式补偿器补偿能力，可以将几个串联安装，但这样可能产生侧向的弯曲且两端容易轴向推力过载，因此串联个数一般为 4~6 个，不能超过 8 个，若管路需要有较大的补偿量时，则必须用固定管卡等将管路分段，安装几组补偿器。

凸面式补偿器的优点是：结构紧凑，流体阻力小。

凸面式补偿器的缺点是：单个补偿器补偿能力很小（每个只能补偿 5~10mm）；轴向推力大；长期使用时，材料会发生疲劳；制造复杂。

凸面式补偿器适用于真空至 0.2MPa（表压）的低压、直径大于 1000mm 以上的气体或蒸汽管路。对于蒸汽管路上用的补偿器，每一凸面补偿器下面必须安装一个放凝液的阀门。

(3) 填料函式补偿器 填料函式补偿器主要由三部分组成：带底座的套管（即填料函）、插管和填料压盖，如图 3-5 所示。因为它通常是用涂石墨的石棉绳环作填料，这是一种可活动的密封连接，因此插管到填料函底的预留间隙可作自由伸缩，以补偿管路的热伸长量。

填料函式补偿器广泛应用于铸铁、陶瓷、玻璃和塑料等脆性材料制的管路中。铸铁制的

填料函式补偿器可用于 1.3MPa 以下和公称直径为 80~300mm 的管路上，其补偿能力为 50~300mm，过大易造成管路倾斜，而导致管路泄漏。

根据结构的不同，填料函式补偿器可分为单向活动的和双向活动的两种，如图 3-5 和图 3-6 所示。

填料函式补偿器的优点：结构紧凑；补偿能力大（200mm 以上）。

填料函式补偿器的缺点：轴向力大；填料需经常检修；介质可能从填料缝隙中漏出；若安装不准确，滑动接触处锈蚀或有积垢，都会使补偿器失效。

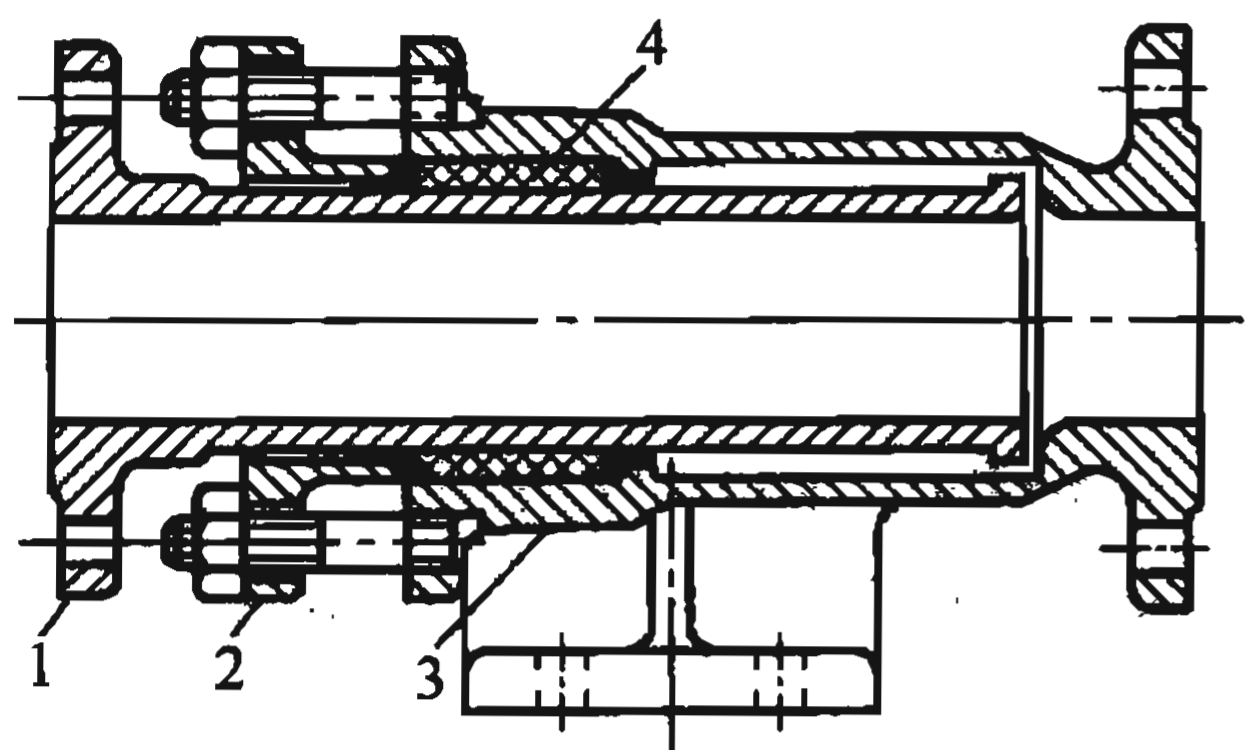


图 3-5 单向活动的填料函式补偿器
1—插管；2—填料压盖；3—套管；4—填料

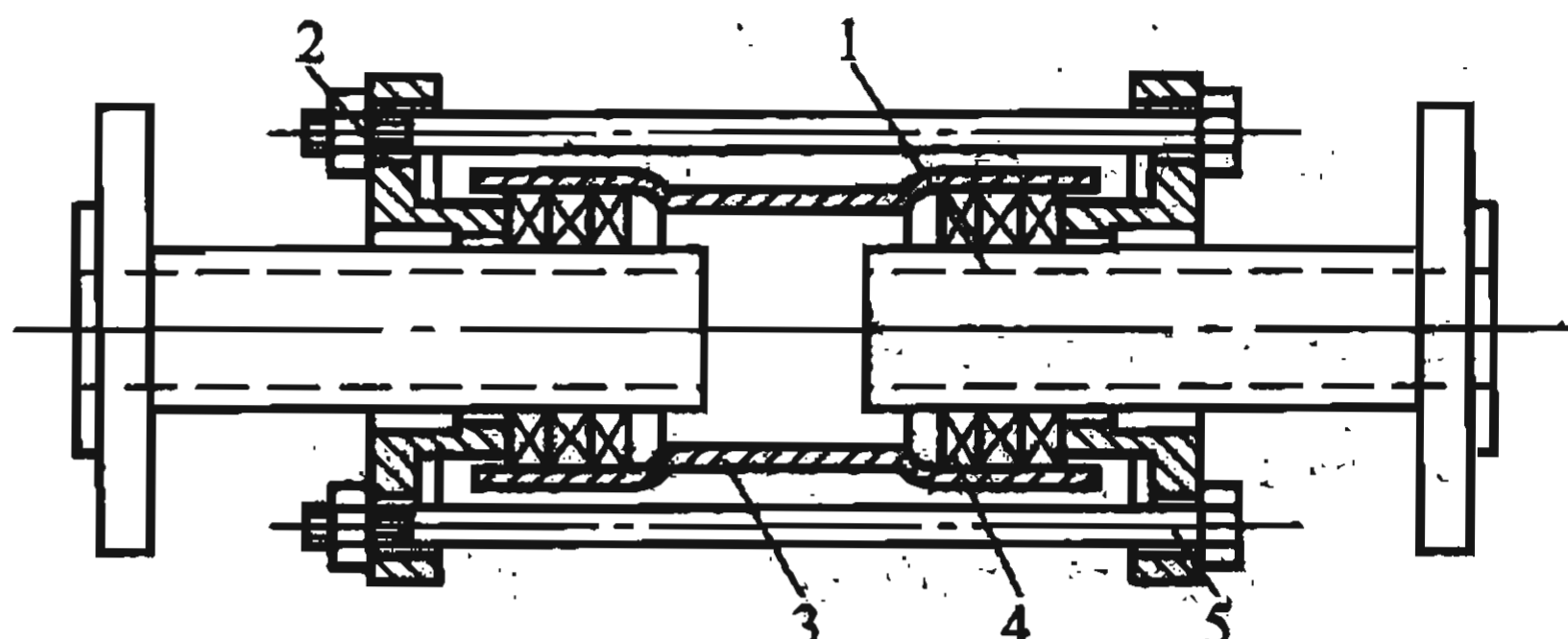


图 3-6 高硅铁制双向活动的填料函式补偿器
1—插管；2—填料压盖；3—套管；4—填料；5—防拉螺栓

3. 补偿能力的估算

管路的轴线方向需要的补偿量 ΔL 在不考虑管路自身补偿的情况下，总有

$$\Delta L \leq \text{补偿器的补偿量}$$

回折管式补偿器的短管段的弯曲变形来吸收长管段的热伸长量，补偿能力为 $\Delta L'$ （通常补偿量 $\leq 400\text{mm}$ ）。

凸面式补偿器是通过薄壳挠性的弹性变形实现补偿，单个补偿器补偿能力很小，补偿能力为 $\Delta L'$ （每个只能补偿 5~10mm）。

填料式补偿器，插管在填料内作自由伸缩，以补偿管路的热伸长量，总补偿量为函底与插入管口间的尺寸。一般设置函底与插入管口间的尺寸 $\Delta L'$ 为 50~300mm，则需要的补偿器数目 n ，总有

$$n = \frac{\Delta L}{\Delta L'} \quad (3-4)$$

回折管式补偿器补偿能力的安装分布如图 3-7 所示，凸面式补偿器补偿能力的安装分布如图 3-8 所示，填料式补偿器补偿能力的安装分布如图 3-9 所示。

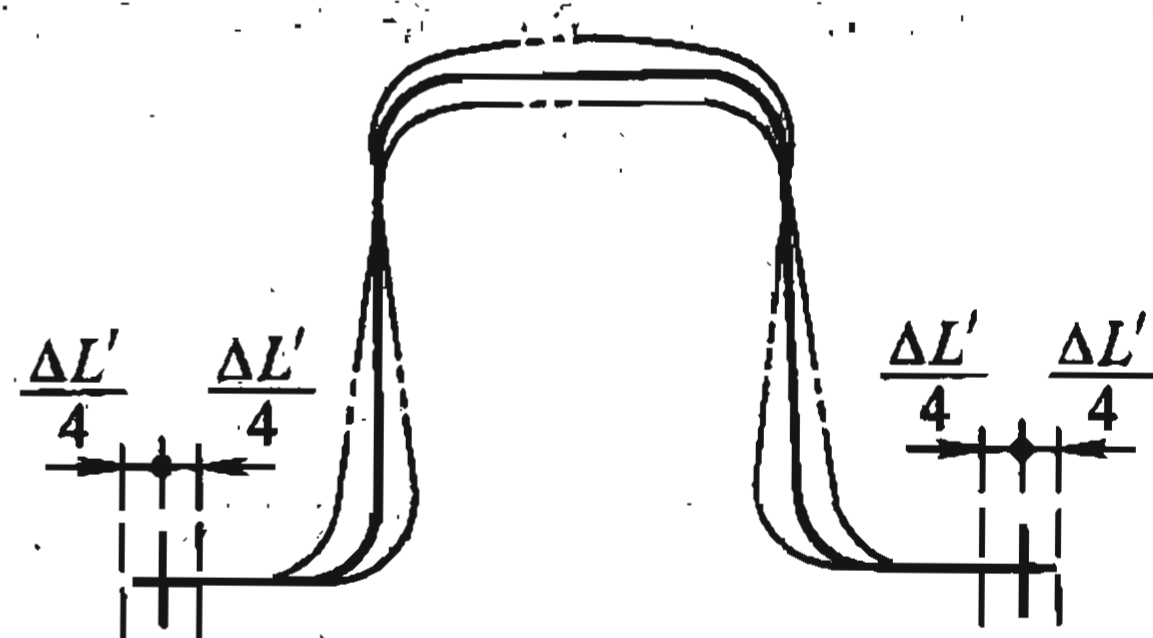


图 3-7 回折管式补偿器

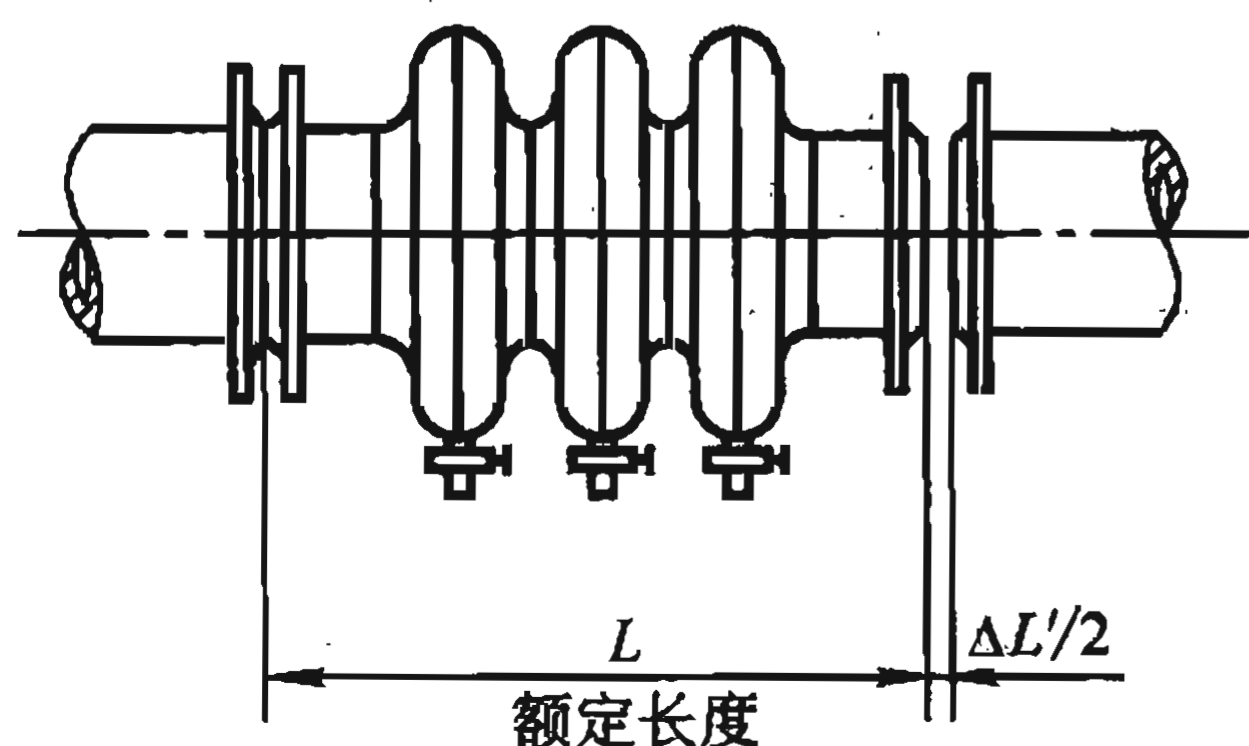


图 3-8 凸面式补偿器

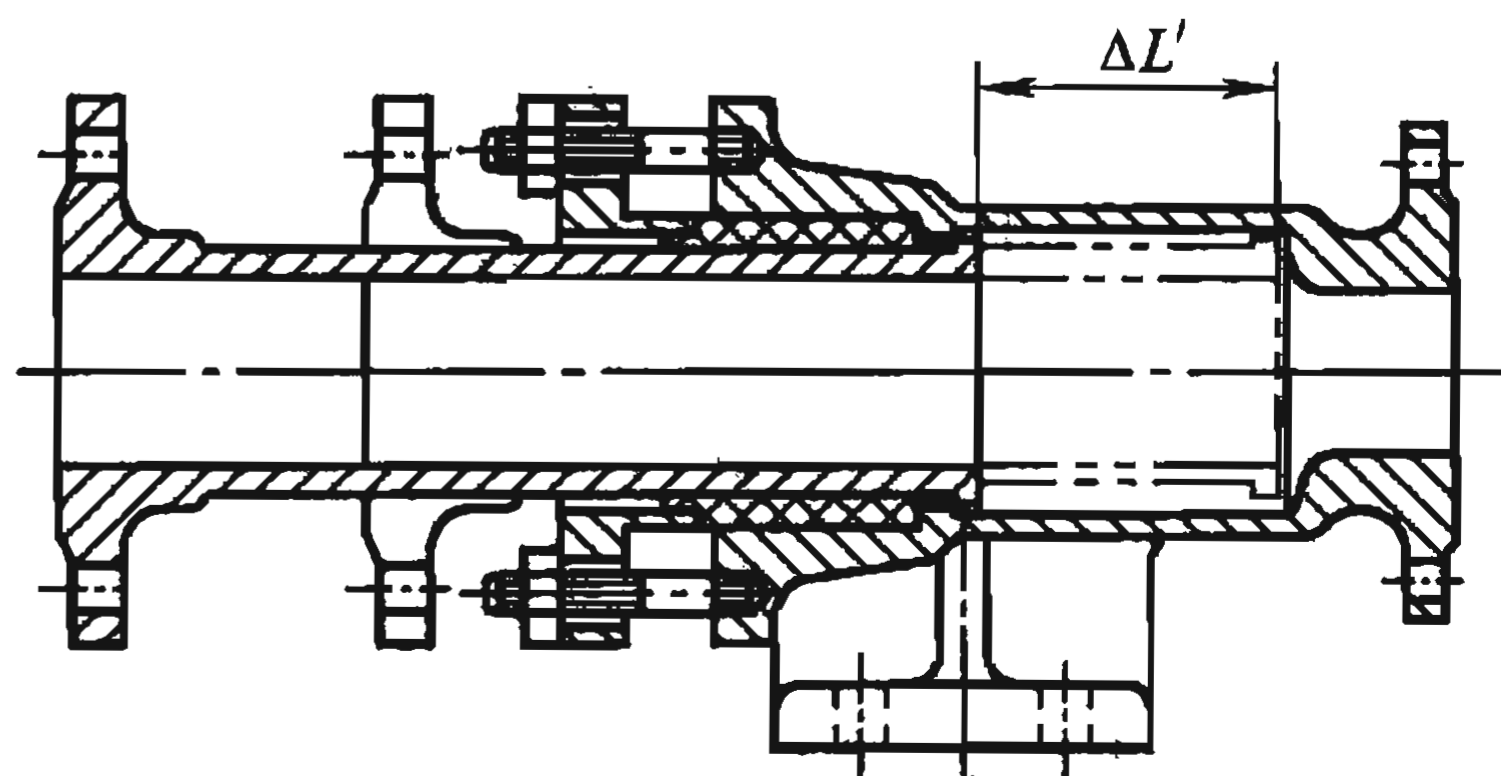


图 3-9 填料式补偿器

三、补偿器的制作

1. 凸面式补偿器制作

凸面式补偿器的加工过程比较复杂，因此现场一般不制作。

凸面式补偿器一般用管子液压胀突成型法制造，也可用钢板机械压制或手工制作半波，然后将半波组焊成完整的凸面式补偿器。

凸面式补偿器的加工应符合规定：当 $DN > 1000$ 时，补偿器管口的周长允许偏差为 $\pm 6\text{mm}$ ，当 $DN < 1000$ 时为 $\pm 4\text{mm}$ ；波顶直径偏差为 $\pm 5\text{mm}$ ；凸面式补偿器在焊接内部套管前，焊缝应做煤油渗透试验。

2. 填料式补偿器

填料式补偿器有铸铁和钢质两种，也都是在制造厂制造的。如设计无规定，应符合以下要求：与填料接触的插管部分须经加工；插管与套管的装配间隙一般大于 20mm ；组装后不应妨碍自由伸缩；插管上应有伸缩距离的标志。

3. 回折管式补偿器制作

回折管式补偿器是最常用的一种补偿器，广泛用于碳钢管路、有色金属管路和塑料管路。

回折管式补偿器大多在现场用无缝管弯制，整个补偿器最好用一根管子弯成。如尺寸较大，一根管子长度不够时，可用两根或三根管子弯曲后再经焊接而成，但平行于管路的臂（平行臂）上不准有焊缝，焊接点选在补偿器垂直臂工作时受力最小的中点。

回折管式补偿器的安装长度 L 应按以下原则确定：

当 $DN < 100$ 时， $L = b + 16DN + 200$ ；

当 $DN > 100$ 时， $L = b + 18DN$ ；

$DN < 150$ 的回折管式补偿器，通常用冷弯法弯制；

$DN > 150$ 时，则用热弯法弯制，也可采用折皱弯法。

但无论采用哪种弯法，其弯曲顺序都是从回折管式补偿器的一端开始依次弯成，并使用样杆检查。弯曲半径尺寸为管子公称直径的 4 倍，如用于高温高压管路时，还必须适当增大或按设计规定。

中、低压回折管式补偿器也可用四个 90° 冲压弯头组对焊接而成，有四种类型，如图 3-10 所示。

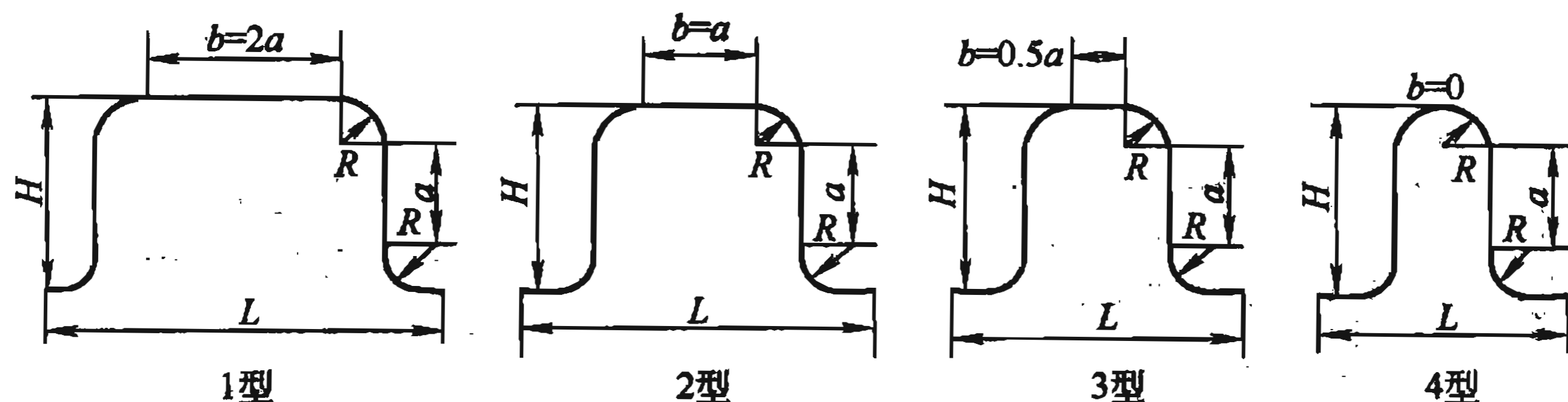


图 3-10 回折管式补偿器的四种类型

回折管式补偿器应在平台或平地上进行组对，组对时，尺寸要准确，四个弯头都必须是 90° ，而且要在一个平面内。其歪曲偏差不应大于 3mm/m ，且累计不得大于 10mm ；两垂直

臂长度偏差不得大于 $\pm 1\text{mm}$ ；回折管式补偿器的椭圆度、壁厚减薄率、波浪度和角度偏差等应符合弯管要求，否则会给安装造成困难，或影响补偿效果。偏差过大时，在运行后会造

分课题二 管路预制构件

化工企业的建设和安装过程中，各种管路的安装工作量相当大。采用工厂化预制是十分必要的，把管路预制和现场安装分成两个独立的过程来完成。集中加工预制构件，排列编号后运往现场安装。这样既缩短了现场安装施工的时间，又保证了工程质量。

一、管路构件加工

1. 管子切割

在管路安装过程中，经常要结合现场的条件，对管子进行切断加工。

(1) 管子切口质量要求

- ① 切口表面应平整，不得有裂纹、毛刺、凸凹、缩口，熔渣、铁屑等应予以清除。
- ② 切口平面倾斜偏差为管子直径的1%，但不得超过3mm。

(2) 管子的机械切割 机械切割管子是当前切管的主要方法，适用于大批量、大直径管子的截断，效率高，质量稳定，劳动强度低，常用有如下几种。

① 用电动机带动砂轮磨切。高速旋转，以磨削的方式切割管子，俗称无齿锯切割。选用的砂轮的品种不同，可切割金属管、合金管、陶瓷管等。

② 锯床截切。大批量的截管可用往复式锯床截切。

③ 切削式截管。切削式截管法是以刀具和管子的相对运动来截断管子，如图3-11所示。

④ 挤压式截管。挤压式侧管机是用来截断铸铁管、陶管、石棉水泥管、混凝土管（不包括钢筋混凝土管）的截断工具，固定式、非固定式管路均可适用。它分为分离式和链式两种。分离式液压侧管机结构原理如图3-12所示，它是通过手压油泵、油压千斤顶的作用，使挤刀对铸铁管产生局部挤压，刀刃挤入管壁，截断管子。

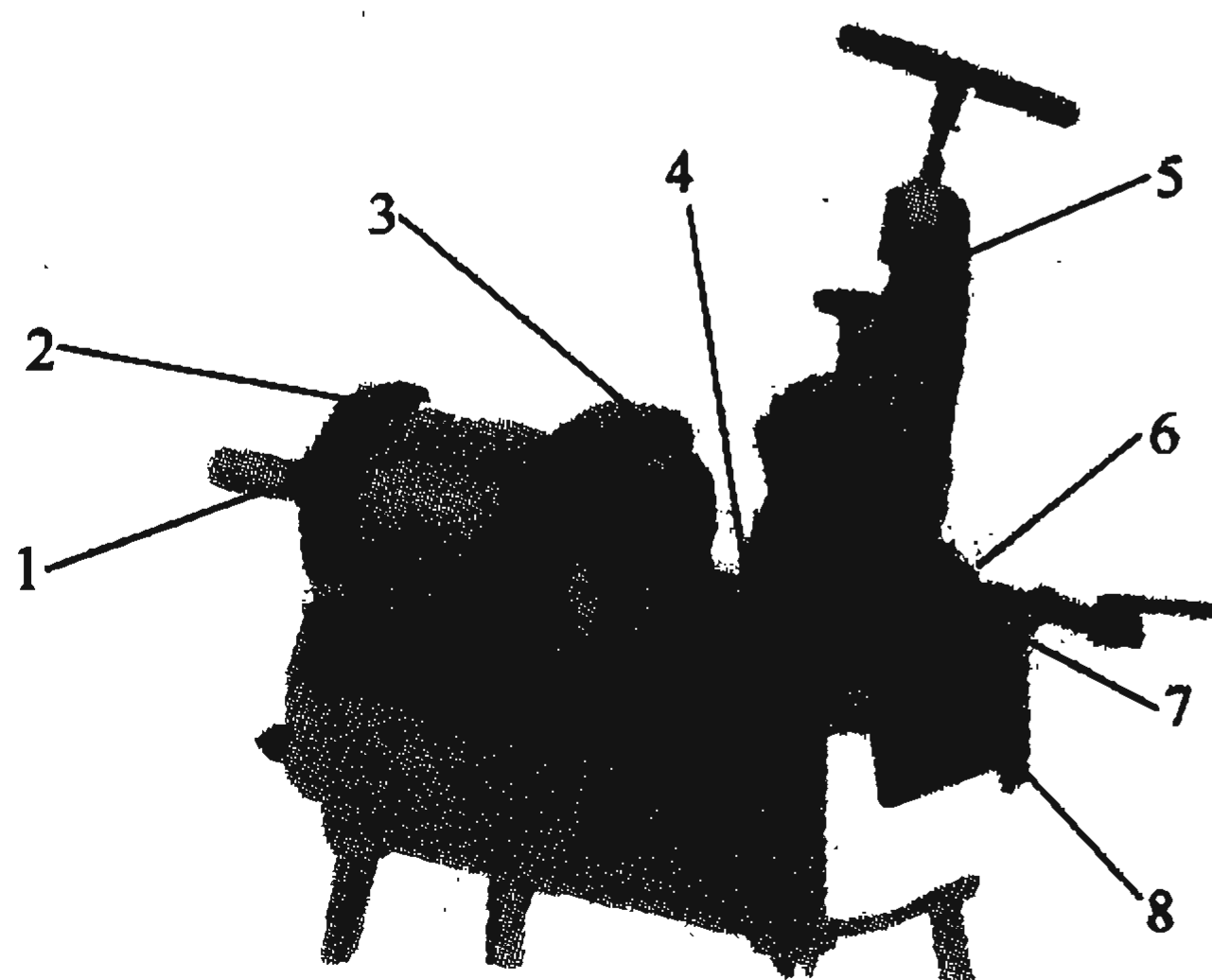


图 3-11 电动割管套丝机

1—工作主轴；2—后定心夹盘；3—冲击锤夹盘；
4—工具进给滑板；5—自动定心割管机；6—三刃
去毛刺器；7—通用板牙头；8—碎屑盘

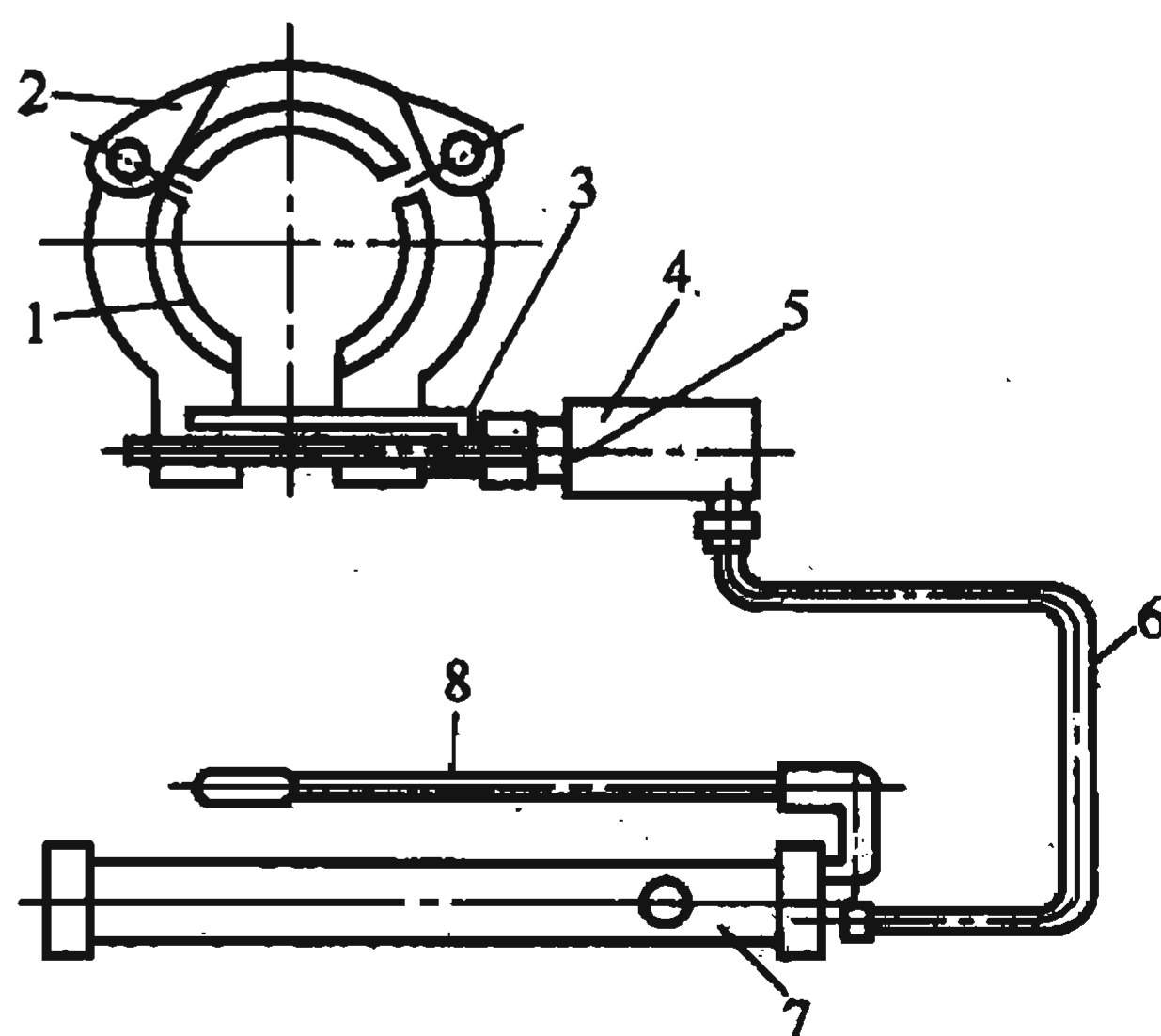


图 3-12 分离式液压侧管机

1—刀刃；2—刀框；3—框套；
4—油缸；5—柱塞；6—高压油管；
7—油泵；8—手柄

(3) 管子的手工切割 管子的手工切割多用于小批量、小直径管子的切割。

① 手工锯割法。手工锯割法适应于切割直径不超过 100mm 的金属管、塑料管、胶管等。锯割要转动管子，方法如图 3-13 (a) 所示；注意不得采用易使锯齿断裂的不正确方法，如图 3-13 (b) 所示。

② 割管器切割法。可用于 DN100 以内的除铸铁管、铅管外的各种金属管，三轮式割管器构造如图 3-14 所示。共有 4 种规格：割管器 1~4 号分别适用于切割 DN15~DN25、DN15~DN50、DN25~DN75、DN50~DN100 的管子。

割管器切管，因管子受到滚刀挤压，内径略缩小，须用绞刀插入管口割去管口缩小部分。

③ 鑿切法。鑿切法适用于材质较脆的管子，如铸铁管、混凝土管、陶土管等，但不能用于性脆易裂的玻璃管、塑料管。

鑿切法切割的管径较大，先在管子上划好切断线，并用木方将管子垫起（如图 3-15 所示），用槽鑿按着切断线把整个圆周凿出一定深度的沟槽。一面鑿切，一面转动管子。鑿子的打击方向要垂直通过管子面的中心线，不能偏斜，最后用楔鑿直接将管子切断。

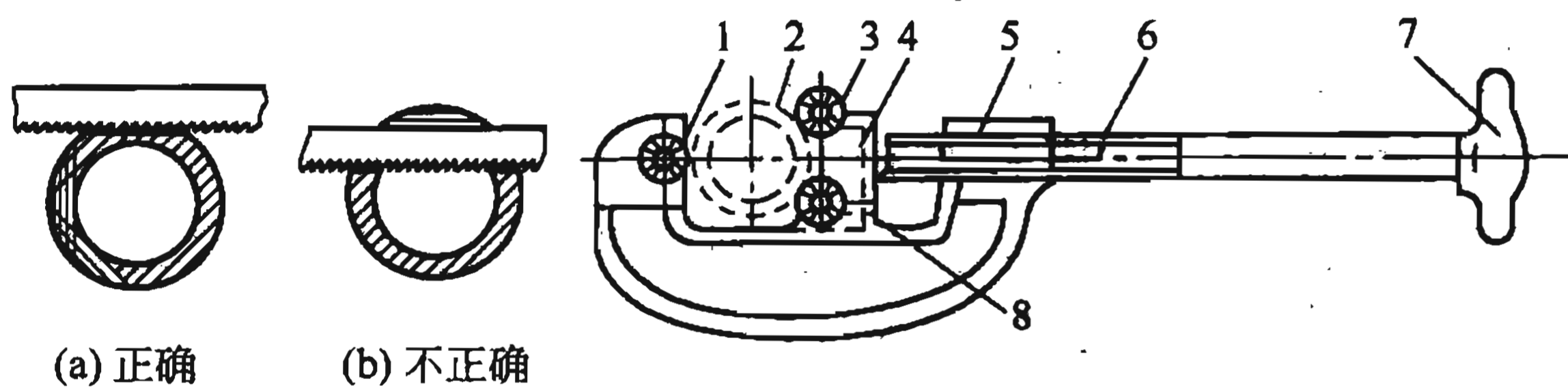


图 3-13 手工锯割方法

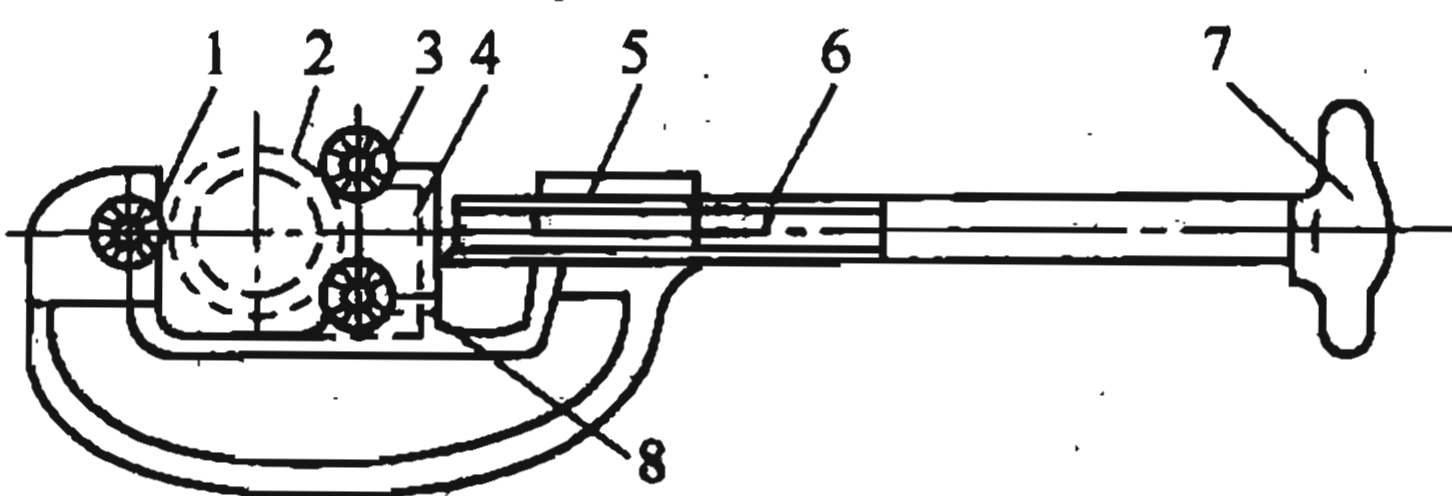


图 3-14 三轮式割管器

1—切割滚轮；2—被割管子；3—压紧滚轮；4—滑动支座；5—螺母；6—螺杆；7—手把；8—滑道

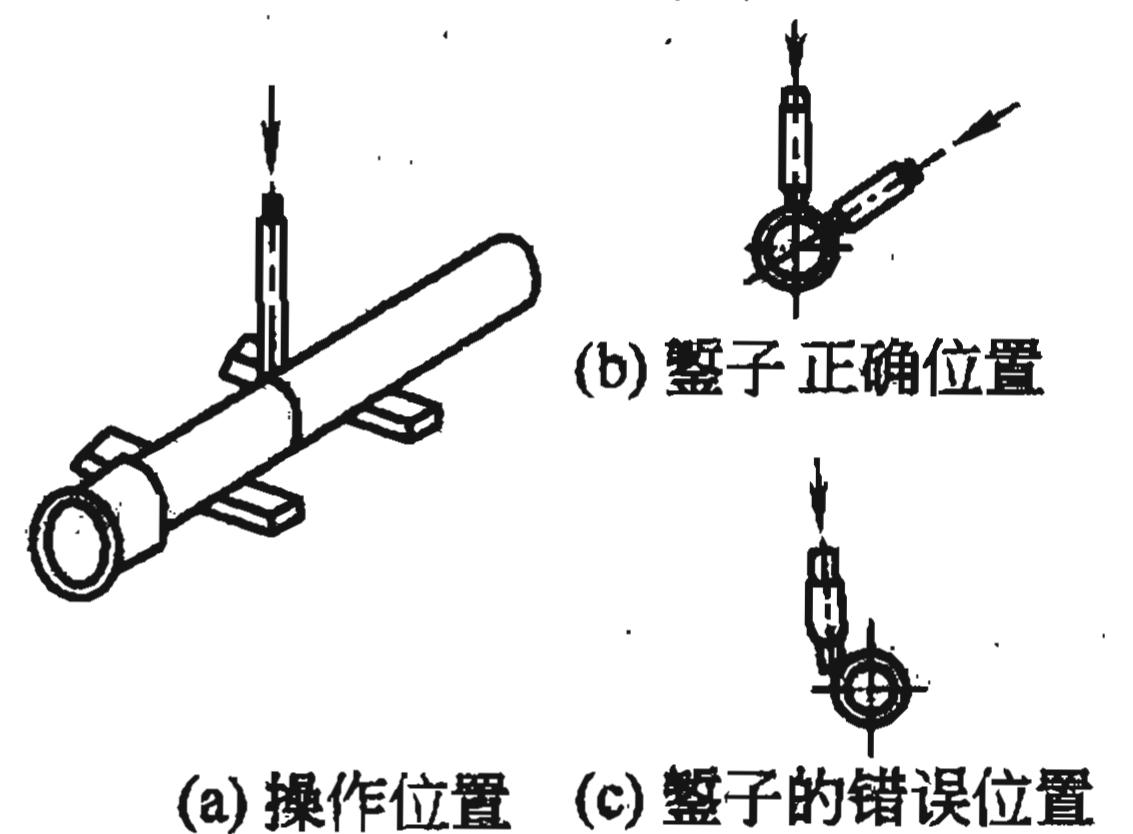


图 3-15 鑿切铸铁管

④ 气割切断法。

a. 金属管气割。气割法是用氧气-乙炔焰将管子加热到熔点，再由割枪嘴喷出高速纯氧而将金属管熔化割断。适用于 DN40 以上的各种碳钢管的切割，不宜用于合金钢管、不锈钢管、铜管、铝管和需要套丝的管子的切割。当用氧气-乙炔焰切割合金钢管类管材后须从切割面上用机械法（车削或锯割）除去 2~4mm 的管子，以消除退火烧损部分。

b. 混凝土管气割。本法是一项新技术，氧气-乙炔焰在涂酸性防爆剂的混凝土管切割时，混凝土高温下固态变成液态并被氧气-乙炔焰吹除。该法必须防止在高温火焰作用下混凝土表面发生猛烈爆炸。造成爆炸的原因是局部混凝土在高温下固态变成液态，体积急剧膨胀；混凝土中的结晶水受热汽化；混凝土中的空隙空气膨胀等导致爆炸。防止爆炸的方法是将待熔割的工作面上刷涂酸性防爆剂。

涂抹时，先用碳化焰将切割部位预热到 60~80℃，然后涂硫酸铝或稀硫酸、稀盐酸溶液，后涂硫代硫酸钠溶液。硫代硫酸钠应当日配制，当日使用。

2. 管子弯曲

(1) 钢管的冷弯加工 冷弯管是指在常温下依靠机具对管子进行弯曲。优点是：不需要加热设备，管内也不充沙，操作简便。常用的冷弯弯管设备有手动弯管机（见图 3-16）、电

动弯管机和液压弯管机等。

① 冷弯弯管的一般要求如下。

a. 冷弯弯管机一般弯制 $DN < 250$ 的管子，当弯制大管径及厚壁管时，宜采用中频弯管机或其他热弯法。

b. 冷弯弯管设备进行弯管时，弯头的弯曲半径 \geq 管子公称直径的 4 倍。当用中频弯管机进行弯管时，弯头弯曲半径 \geq 管子公称直径的 1.5 倍。

c. 金属钢管具有一定弹性，在冷弯过程中，当施加在管子上的外力撤除后，弯头会弹回一个角度，因此在控制弯曲角度时，应考虑弹回角度。

② 冷弯后的热处理。管子冷弯后，对于一般碳素钢管，可不进行热处理。对于厚壁碳钢管、合金钢管有热处理要求时，则需进行热处理。对有应力腐蚀的弯管，不论壁厚大小均应做消除应力的热处理。

(2) 管子的热弯 管子在加热状态下进行的弯曲加工称热弯。管子的热弯适用于公称直径较大的管子和壁厚较厚的管子。有色金属管、塑料管的弯曲中有其明显的优越性。管子热弯分为无皱热弯和有皱热弯两种。

无皱热弯适用 $DN \leq 400$ 的管子，弯曲半径：中低压管 $R \geq 3.5DN$ ，高压管 $R \geq 5DN$ 。工序主要分为划线、充沙、加热、弯制和清沙五道工序。

① 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 3-17 所示。管子弯曲长度，由下列公式计算

$$L = \frac{\pi \alpha R}{180} = 0.0175 \alpha R \quad (3-5)$$

式中 L ——管子弯曲部分中性层的长度，mm；

α ——管子弯曲的角度，°；

R ——管子弯曲部分中性层的曲率半径，mm；

π ——圆周率，3.1416。

划线的方法如图 3-17 实例所示，沿着管子的中心线，由管端起量出直线管段的长度 L_1

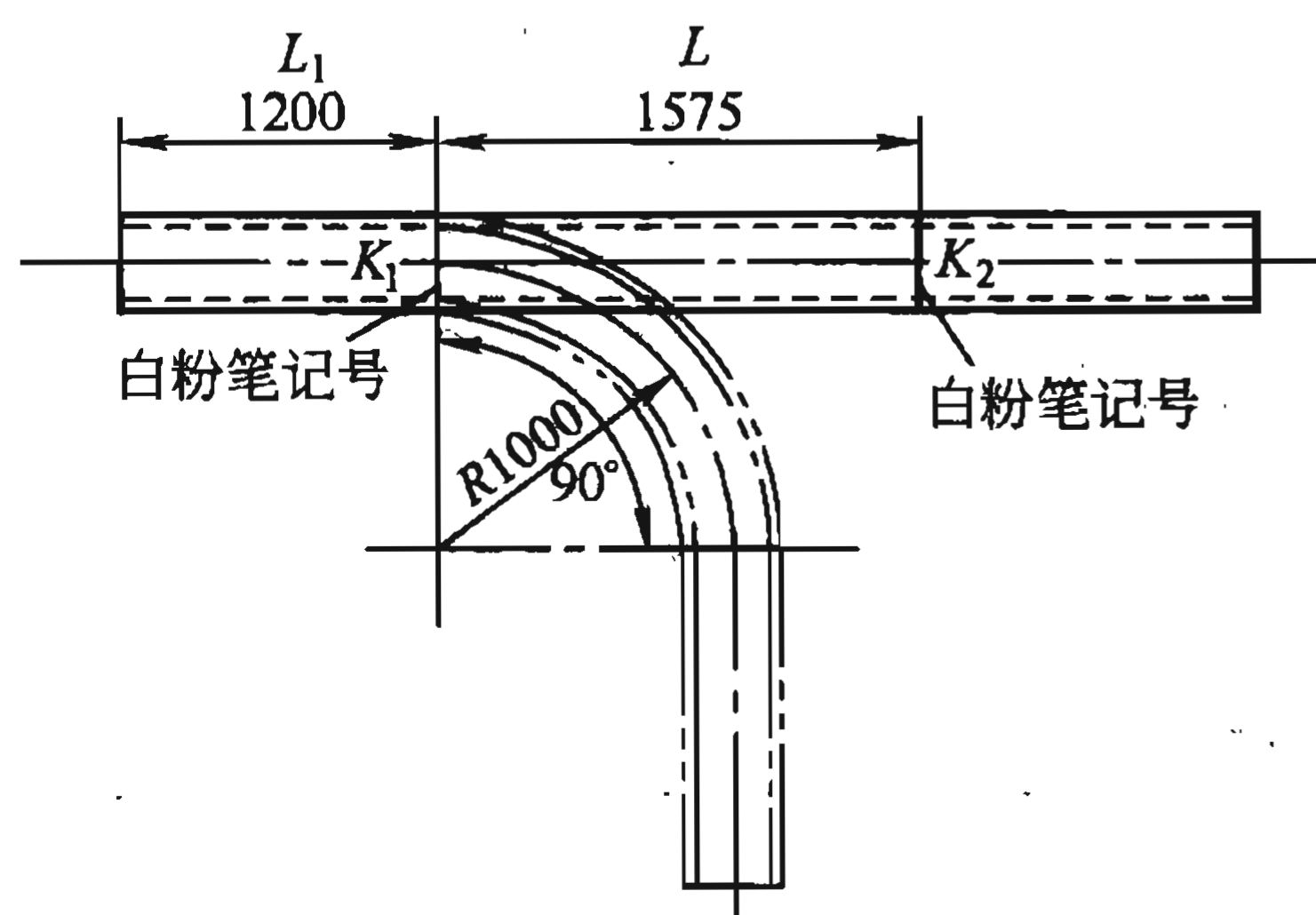


图 3-17 管子弯曲划线

(至少要在 300mm 以上，图中取 1200mm)，并用白粉笔划线，该线即为弯管的开始点 K_1 ，然后由 K_1 点起向右量出由上式算得的弯曲部分的长度 L ($0.0175 \times 90 \times 1000 = 1575\text{mm}$)，再用白粉笔划线，该线即为弯管的终点 K_2 。

为了便于在以后的弯管过程中随时检查和测量弯曲的角度是否正确，必须用细钢筋或细管子预先制作一根弯管样杆。

② 充沙。充沙的目的是减少管子热弯过程中的

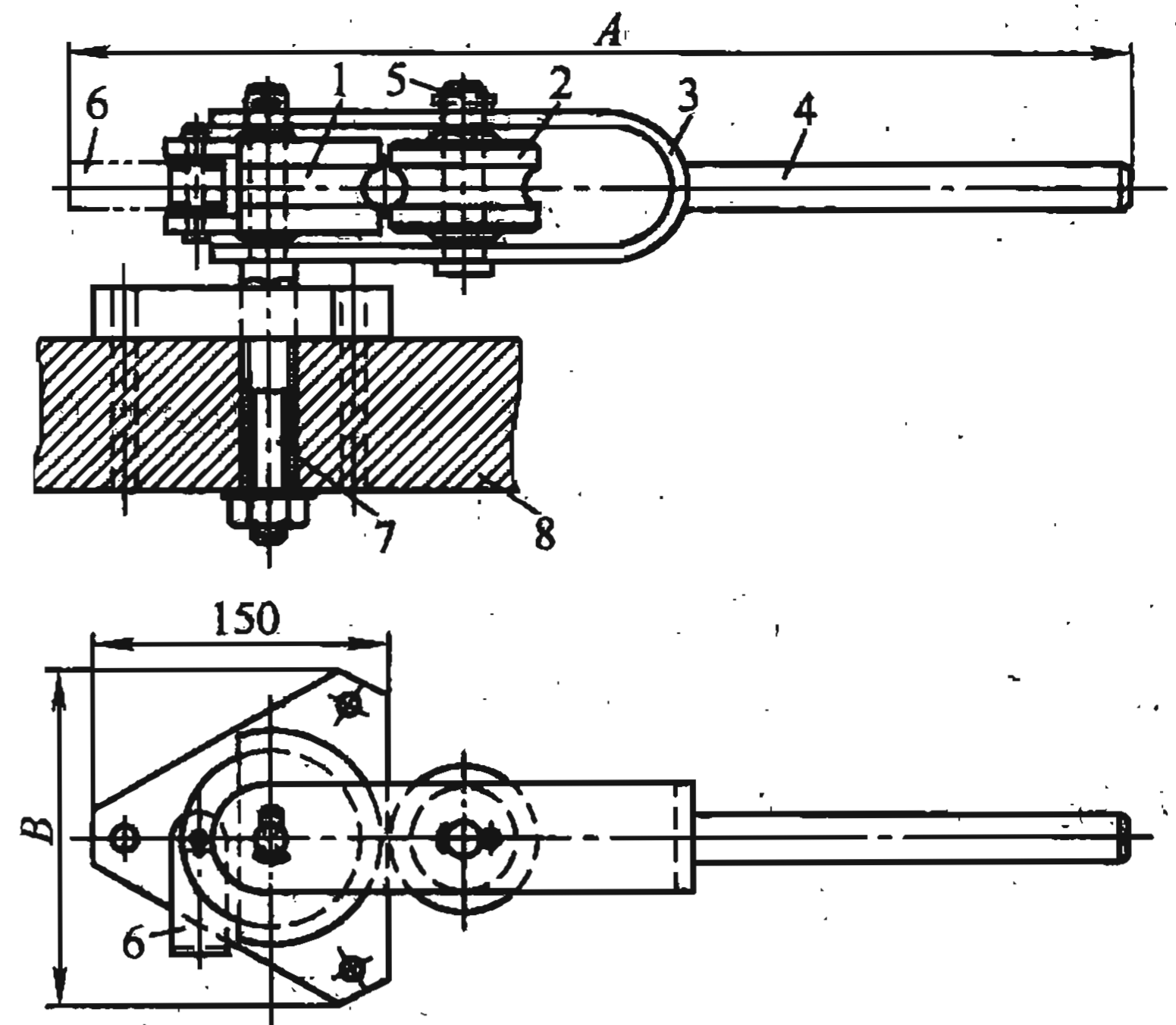


图 3-16 手动弯管机

1—工作扇轮；2—活动滚轮；3—夹叉；4—手柄；
5—轴；6—夹子；7—螺栓；8—工作台

皱折和弯瘪等径向变形，同时沙子在加热时能储存大量的热量，从而延长了弯管的时间。

填充管子用的沙子，填前必须清洁、干燥、颗粒配比适合。潮湿的沙子在管子加热时因水分蒸发压力增加，管堵头冲出伤人，同时水蒸气跑掉，沙子不密实，对保证弯曲的质量也不利。

充沙前，对于公称直径小于 100mm 的管子应先将管子一端用木塞堵塞，对于直径大于 100mm 的管子则用如图 3-18 所示的钢板堵严，然后竖在充沙台旁（如图 3-19 所示）。在把沙子灌入管子的同时，用手锤或用其他机械不断地振动管子，使管子逐层振实。手锤敲击应自下而上进行，锤面敲击平整，减少在管壁上的锤痕。管子在用沙子充实后，应将另一端用木塞或钢板封堵死。

③ 加热。施工现场一般用地炉加热，使用的燃料应是焦炭，而不是含硫烟煤，含硫烟煤不但腐蚀管子，而且会改变管子的化学成分，以致降低管子的机械强度。焦炭的粒径应在 50~70mm 左右，当弯制管径大时，应用大块。

管子不弯曲的部分不应加热，防止加热过程中因管子变软自然弯曲，而影响弯管质量，在地炉两端应把管子垫平压实。

管子在地炉中加热时，升温应缓慢、要使管子应加热的部分处于火床的中间，加热时经常转动，使之加热均匀。加热过程中，火床上要盖一块钢板，以减少热量损失，保证管子热透，并防止过烧和渗碳。

加热过程中，当管子加热到颜色呈红中透黄约 850~950℃，且没有局部发暗的部位时，就可以出炉弯制了。管子加热的温度过低（欠火）不仅弯制费力，而且管子易瘪，温度过高易烧坏管子（过烧），弯制也易产生裂纹。碳素钢管加热时管子的加热温度和所呈现颜色的对应关系见表 3-1。当加热直径 150mm 以上的管子时，达到要求的加热温度后，应停止鼓风，再加热一段时间，目的是使管内沙子烧透，使内部温度一致，且又不使管壁温度过热。为了方便弯管，弯管场布置如图 3-20 所示。

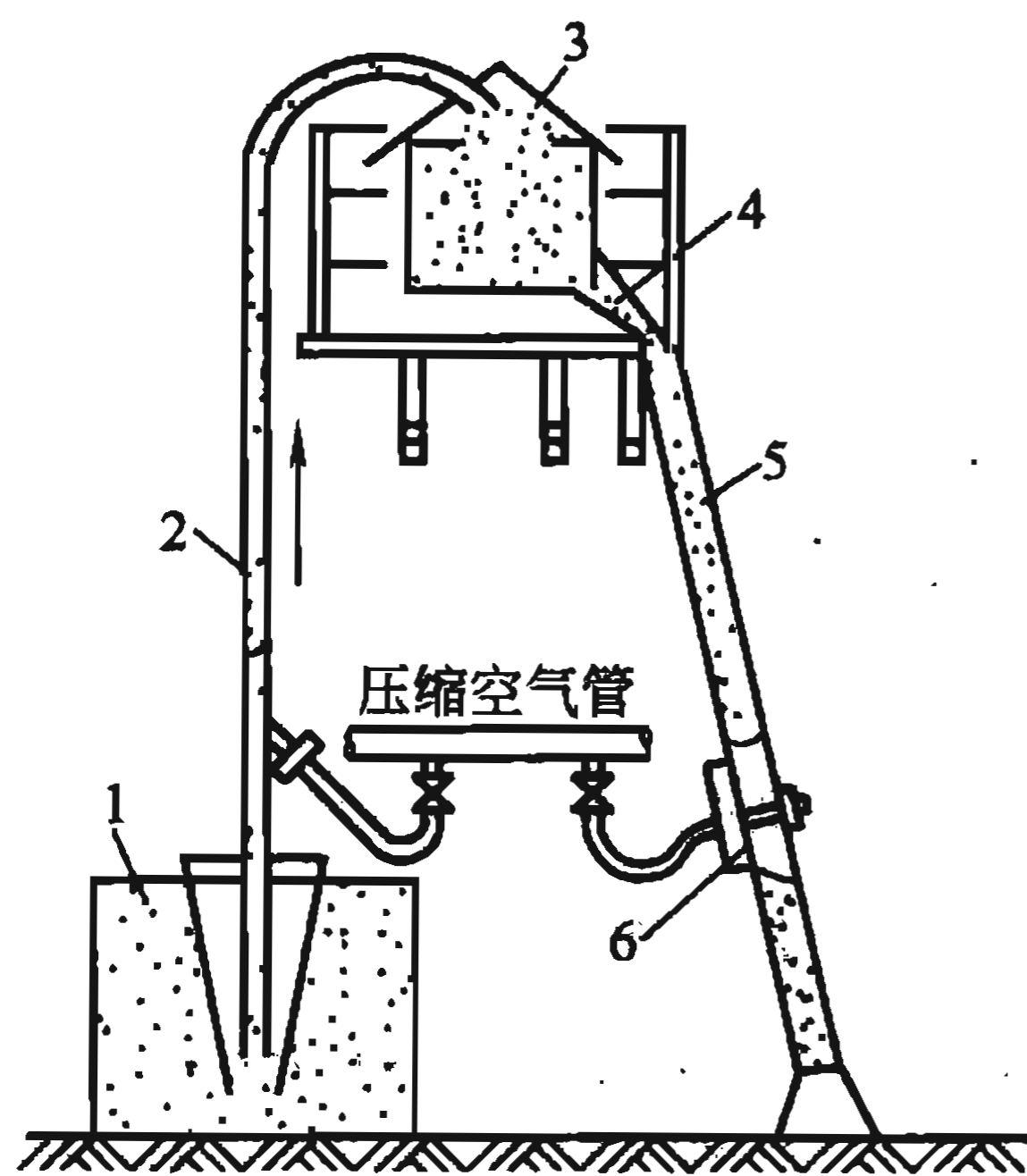


图 3-19 充沙台

1—沙箱；2—输沙管；3—沙斗；4—漏斗；5—管子；6—振动器

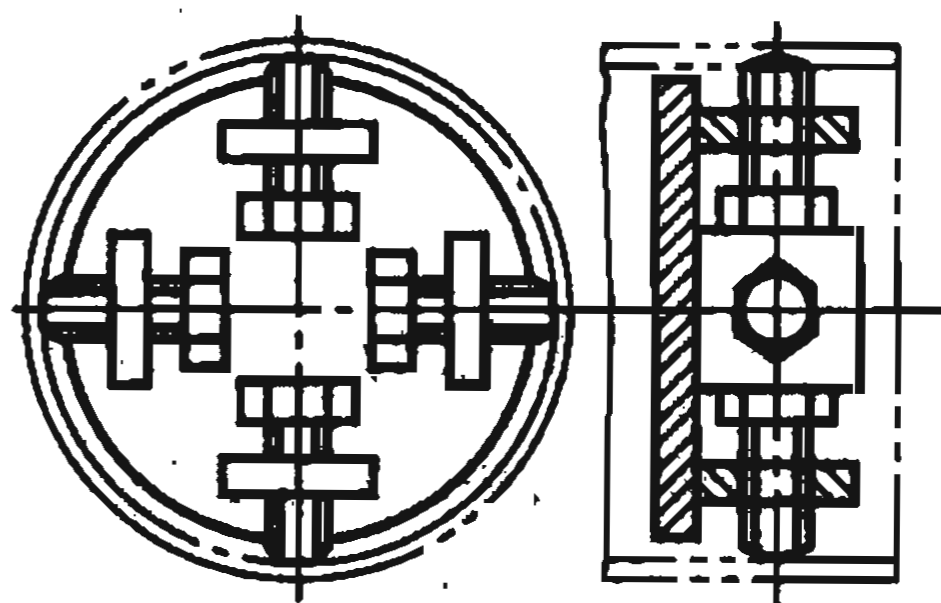


图 3-18 活动钢堵板

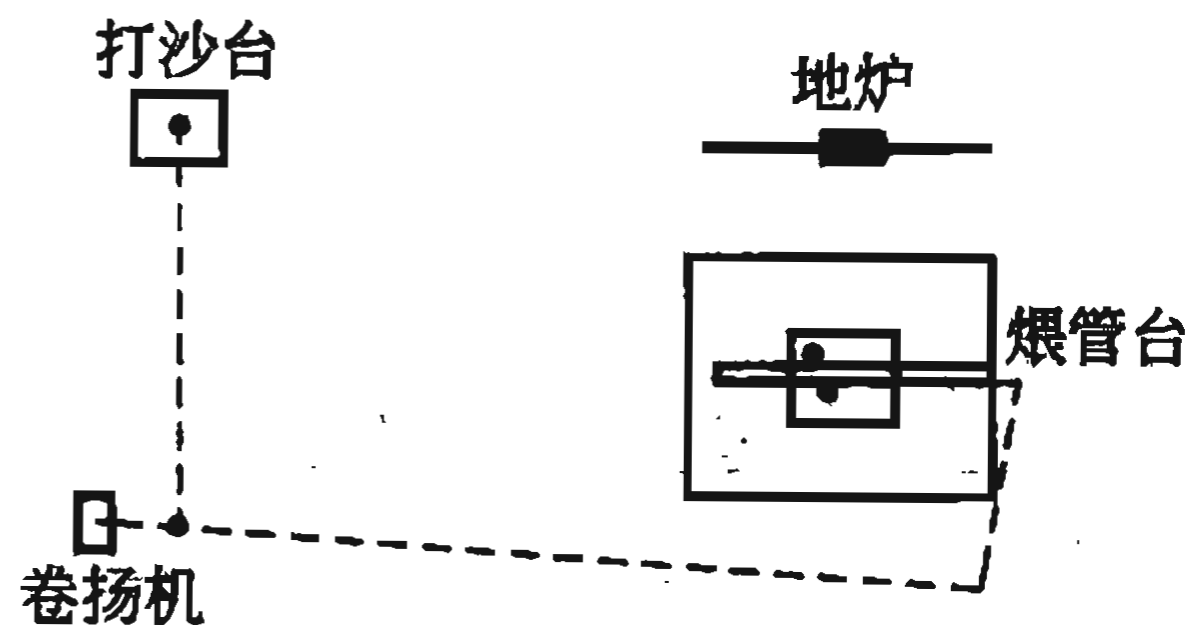


图 3-20 弯管场布置图

表 3-1 管子加热时的发光颜色

温度/℃	550	650	700	800	900	1000	1100
发光颜色	微红	深红	樱红	浅红	深橙	橙黄	浅黄

④ 弯制。通常 $DN < 100$ 的管子用人工直接弯制。 $DN > 100$ 的管子用一般卷扬机牵引弯制，如图 3-21 所示。热管运送可用图 3-22 所示的抬管夹钳人工抬运或选用起重运输设备搬运。如果管子在搬运过程中产生变形，则应调直后再进行弯管。

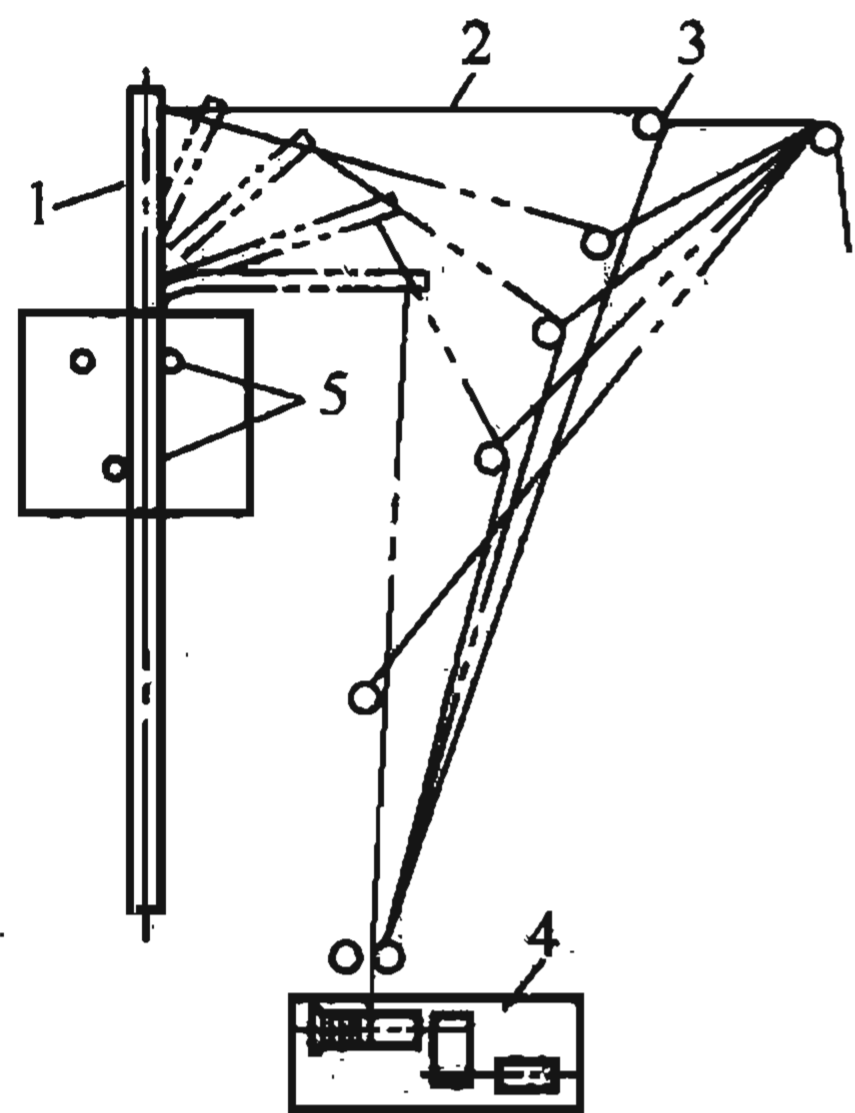


图 3-21 卷扬机弯管示意图

1—管子；2—绳索；3—开口滑轮；
4—卷扬机；5—插管

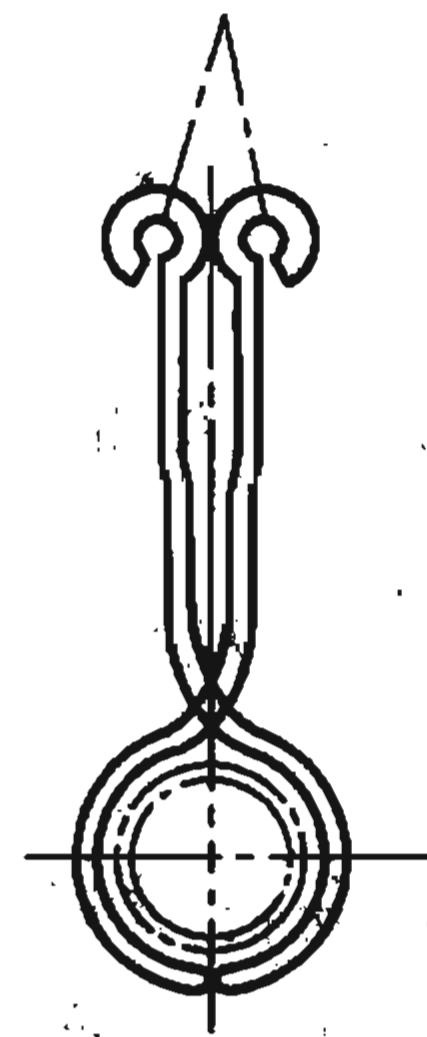


图 3-22 抬管夹钳

管子运到平台上后，一端夹在插于弯管平台挡管桩孔中的两根插杆之间，并在管子下垫两根扁钢，使管子与平台之间保持一定距离，以免在管子“火口”外侧浇水时加热长度范围内管段与平台接触部分被冷却。少量弯制管子时用样杆支承，如图 3-23 所示，当大量弯制管子时用靠模支承，如图 3-24 所示。用绳索系住另一端，弯前用冷水冷却不应加热的管段，然后进行弯制。在弯制过程中，管子的所有支撑点及牵引管子的绳索，应在同一个平面上移动，否则容易产生“翘”或“瓢”的现象。

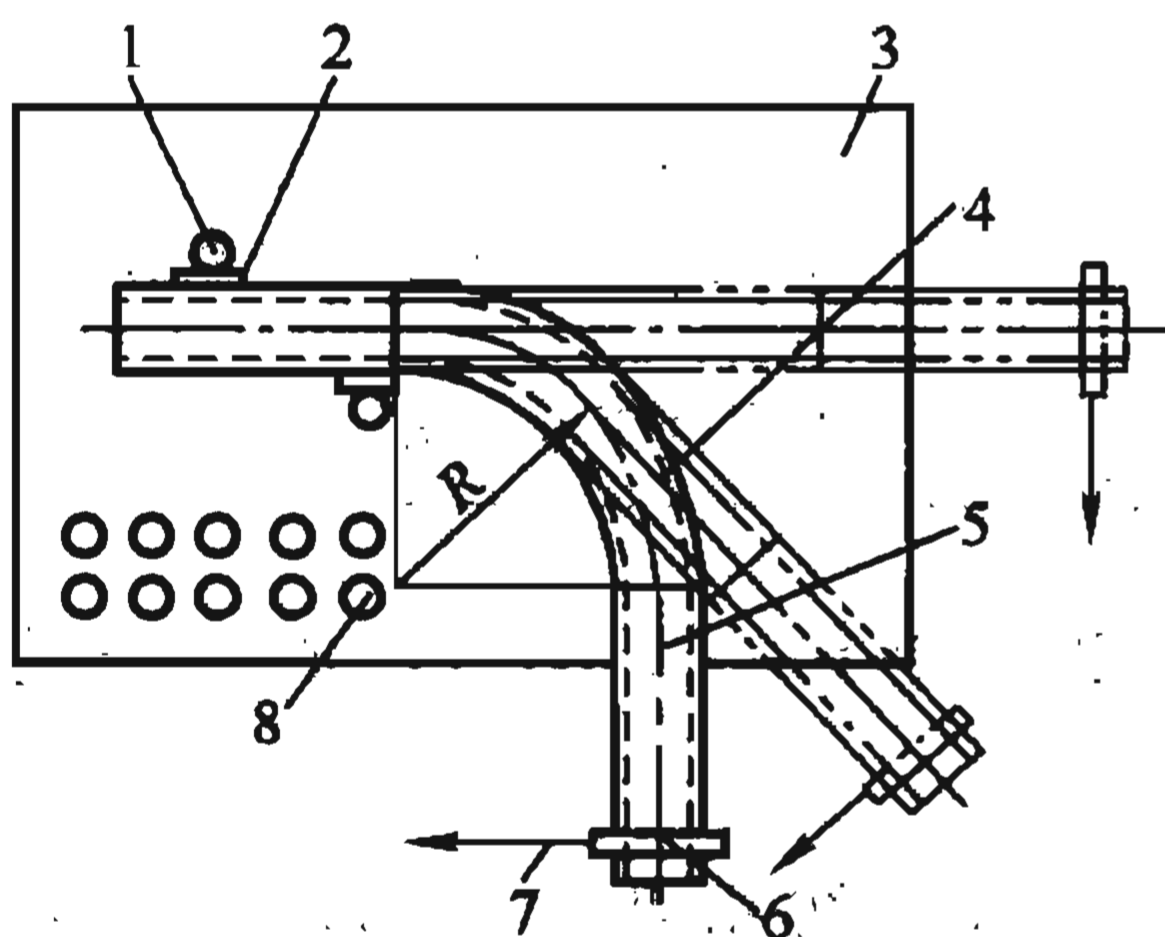


图 3-23 样杆支承弯管台

1—插销；2—垫片；3—弯管平台；4—管子；
5—样杆；6—夹箍；7—钢丝绳；8—插销孔

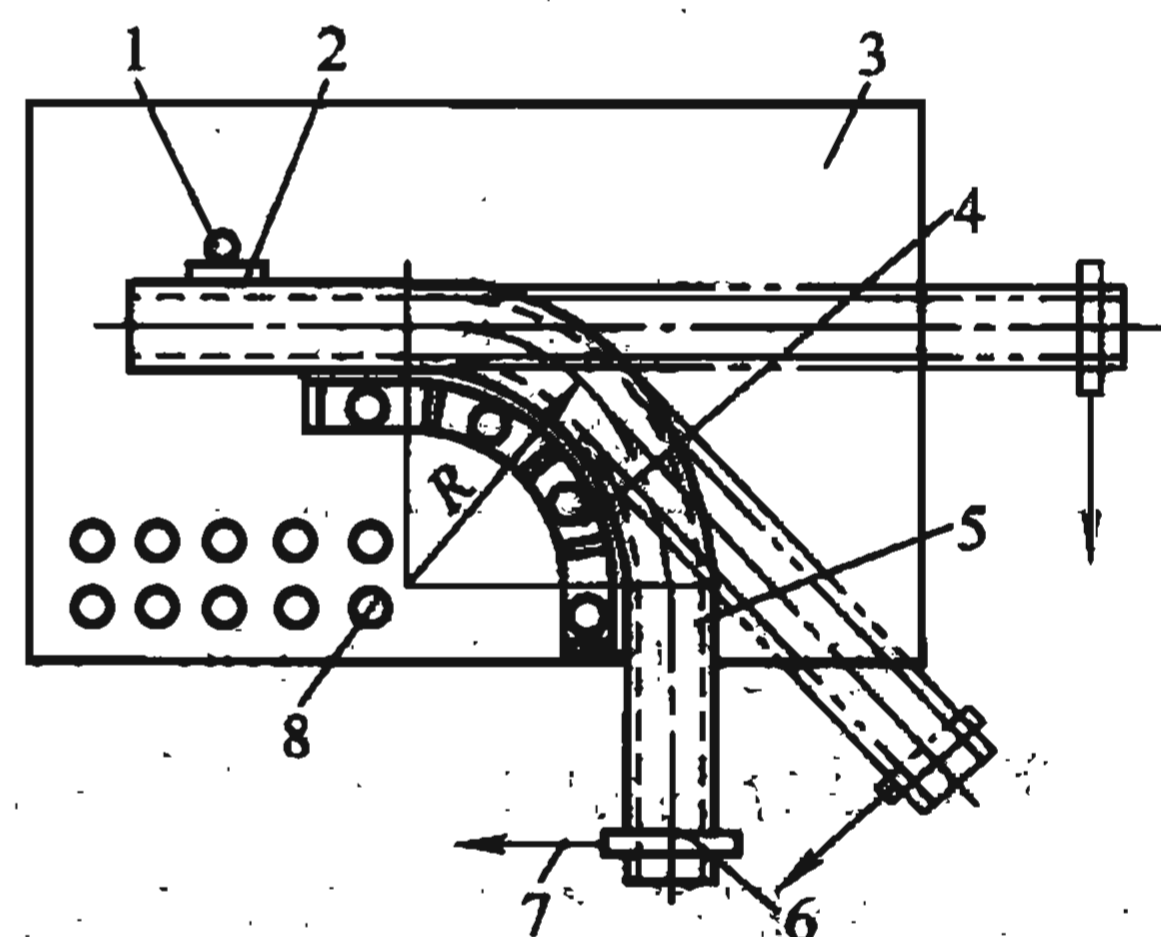


图 3-24 靠模支承弯管台

1—插销；2—垫片；3—弯管平台；4—靠模（样板）；5—管子；6—夹箍；7—钢丝绳；8—插销孔

管子在弯制过程中，如局部出现鼓包或起皱时，可在鼓出的部位用水适当浇一下，以减少不均匀变形。

有缝钢管弯曲时，焊缝的位置应置于弯曲变形最小的方位，如图 3-25 所示，以免焊缝弯曲时开裂。

弯管接近要求角度时，要用角度样板进行比量，在角度稍稍超过样板 $3^\circ \sim 5^\circ$ 时，就可停止弯制，让弯管在自然冷却后回弹到要求的角度。如弯制的角度偏大或偏小时，可根据材料热胀冷缩的原理，沿弯管的内侧或外侧均匀浇水冷却，使弯管形成的角度减小或扩大，但这

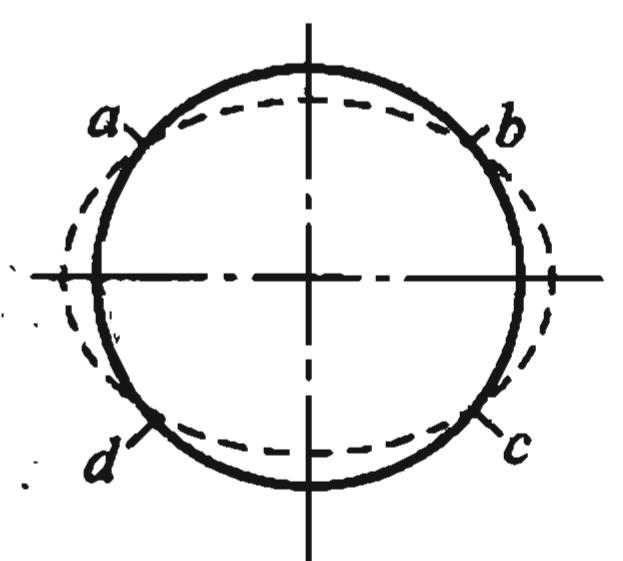


图 3-25 有缝钢管弯曲时焊缝的位置
a, b, c, d—焊缝

只限于不产生冷脆裂纹材质的管子，对于高、中压合金钢管热弯时不得浇水，低合金钢不宜浇水。

管子弯制终了的温度不应低于 700°C ，如不能在 700°C 以上，应再次加热后继续弯制。

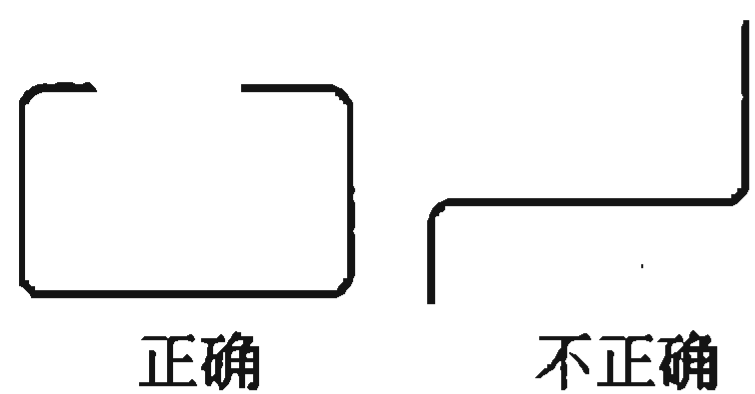


图 3-26 管子弯制方向示意图

在一根管子上要弯制几个单独的弯管（几个弯管间没有关系，要分割开来使用），为了操作方便，可以从管子的两端向中间进行，同时注意弯制的方向，以便再次加热时，便于管子翻转，如图 3-26 所示。

弯制成形后，在加热的表面要涂一层机油，防止继续锈蚀。

⑤ 清沙。管子冷却后，将管内的沙子倒完后，再用钢丝刷和压缩空气将管内壁粘附的沙粒清掉。

弯好的弯管应进行质量验收。主要检查弯管的弯曲半径、椭圆度和凸凹不平度是否合乎要求，弯制弯管的缺陷及产生原因见表 3-2。对合金钢弯管热处理后尚需检查硬度。高压钢管在弯制后，应进行无损探伤，需热处理的应在热处理后进行。如有缺陷，修磨后的壁厚不应小于管子公称壁厚的 90%，且不小于设计壁厚。高压弯管加工合格后，应填写高压弯管加工记录表。

表 3-2 各种缺陷及产生原因

缺陷	产生缺陷的原因	缺陷	产生缺陷的原因
褶皱不平度过大	1. 加热不均匀或浇水不当，使内侧温度过高 2. 弯曲时施力角度与钢管不垂直 3. 施力不均匀，有冲击现象 4. 管壁过薄 5. 充沙不实，有空隙	管壁减薄太多	1. 弯曲半径太小 2. 加热不均匀或浇水不当，使内侧温度过低
		裂纹	1. 钢管材质不合格 2. 加热燃料中含硫过多 3. 浇水冷却太快或气温过低
椭圆度过大	1. 弯曲半径太小 2. 充沙不实	离层	钢管材质不合格

有皱折热弯适用于 $DN=100\sim 600\text{mm}$ 的管子，弯曲半径 $R>2.5DN$ 。此法不适用于高压管。工序主要分为划线、加热和弯曲等步骤。

a. 划线。根据管子的公称直径和弯曲半径从表 3-3 中查出皱折弯管的各项尺寸和皱折个数，在管子上划线，定出皱折的加热界限，如图 3-27 所示。

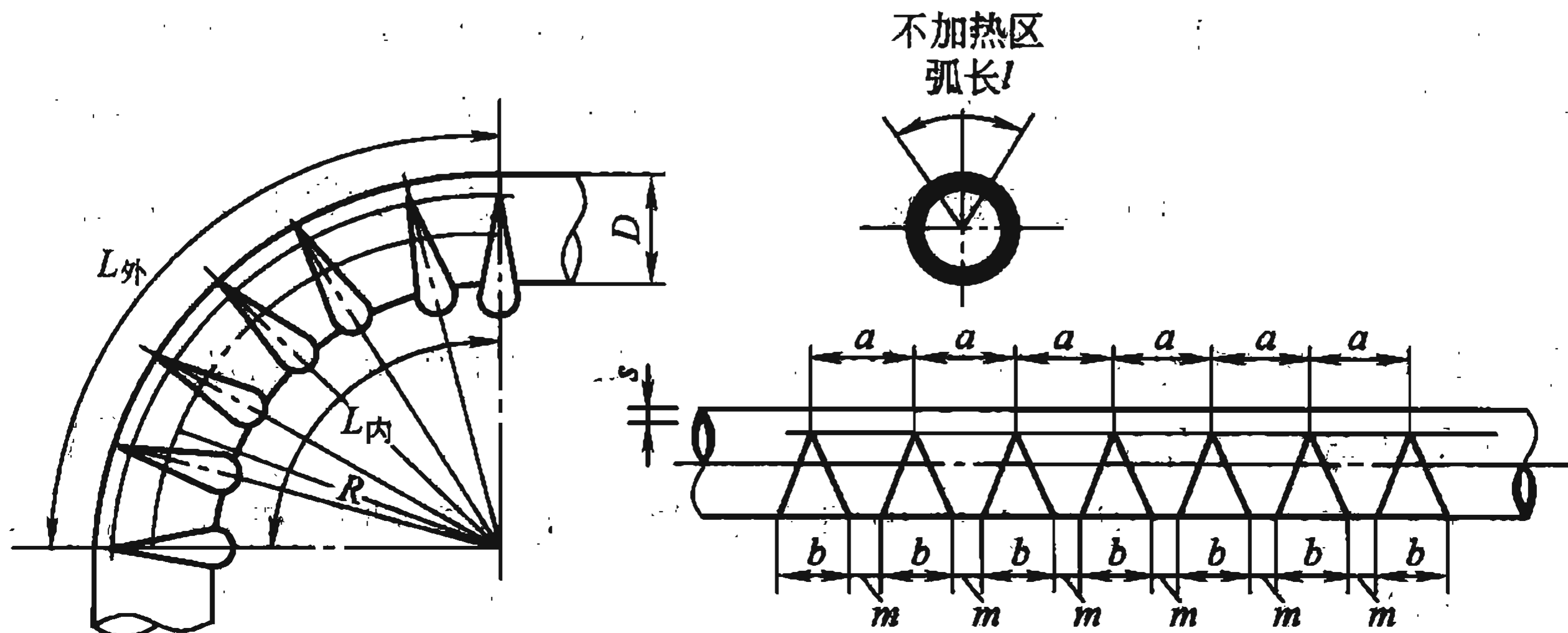


图 3-27 有皱折弯管的划线

表 3-3 有皱折弯管的尺寸 ($R=2.5DN$)

mm

管子公称直径 DN	管子规格 $D \times S$	弯曲半径 R	节距长度 a	外圆弧的长度 $L_{外}$	内圆弧的长度 $L_{内}$	皱折个数 n	加热的最大宽度 b	不加热的最小宽度 m	不加热区的弧长 l
100	108×4	250	117	470	310	5	89	28	50
125	133×4	312	120	600	385	6	92	28	65
150	159×4.5	375	143	715	465	6	111	32	80
200	219×6	500	192	960	615	6	150	42	115
250	273×7	625	240	1200	765	6	191	49	140
300	325×8	750	213	1275	925	7	156	56	170
350	377×8	875	239	1670	1080	8	182	56	200
400	426×9	1000	271	1900	1235	8	208	63	220
450	476×9	1125	268	2140	1390	9	204	63	250
500	529×9	1250	265	2380	1545	10	202	63	270
600	691×10	1500	285	2850	1865	11	215	70	330

b. 加热和弯曲。用氧乙炔焰焊炬将管子的皱折处局部加热到 800°C (淡樱红色), 在弯管平台上弯曲。弯管时, 其外侧应该用水来冷却。每加热好一个皱折, 就立即弯一个皱折, 已弯好的皱折用浸水毛毯冷却。依次进行, 直到全部皱折弯完为止。

管子的每一皱折的弯角, 是由皱折个数除总弯曲角度而定, 这个角度可用样板来检验。

3. 管子的套丝

管子的套丝是在管子的端头切削出外螺纹的操作。管螺纹的牙形高度较小, 螺纹细而浅, 所以管子被切削螺纹后, 对管壁的影响较小。根据纵向断面形状的不同, 管螺纹可分为圆柱管螺纹和圆锥管螺纹两种。

圆柱管螺纹: 一般水、煤气管的端部套制的是圆柱管螺纹。

圆锥管螺纹: 圆锥管螺纹的直径, 在管子端头处的尺寸最小, 往里逐渐增大, 其锥度为 $1/16$ 。

圆锥管螺纹中, 直径等于相同公称直径的圆柱管螺纹的截面叫做基面。基面以外的螺纹直径小于圆柱管螺纹的直径, 而基面以内的螺纹直径大于圆柱管螺纹的直径。如果将带有内螺纹的管件, 拧在具有圆锥管螺纹的管子上时, 拧紧后, 这种连接将成为过盈连接, 螺纹连接处的密封将得到可靠的保证。

管螺纹的加工有手工和机加工两种方式。图 3-28 管子铰板的手工加工方式和图 3-11 电动割管套丝机的机械加工方式广泛用于现场的安装和修理工作。普通式管子铰板有 114 和 117 两种型号, 各有 2in、4in 以内的三种或两种板牙。除了普通式管子铰板外, 管子直径及牙较小的管螺纹还可采用轻便式管子铰板进行套制。电动套丝机有通用的板牙头, 可选用标准或自动方式选择管螺纹直径, 简单易用。

普通式管子铰板使用时, 把四块活络的板牙按各自的“座号”嵌在板牙架体上, 扳动手把, 四块活络板牙便沿板牙架体上的槽, 同时向中心合拢或同时向外撑开。在板牙内, 还有三块可调节的供定心和导向用的滑动支撑, 用来保证在套丝时板牙架位于管子的正确位置上。滑动支撑的开合是用手把来控制的。

套丝前应精确地调整好平板牙的位置。即先将平板牙松紧手柄 1 放置在 I 的位置上, 松开平板牙松紧手把, 根据所需要的圆柱管螺纹直径转动面板, 使面板刻度环上的刻度线 (例如 2in) 对准固定刻度环上的管螺纹基准线 (0 线)。拧紧平板牙松紧手柄, 使面板与带有夹

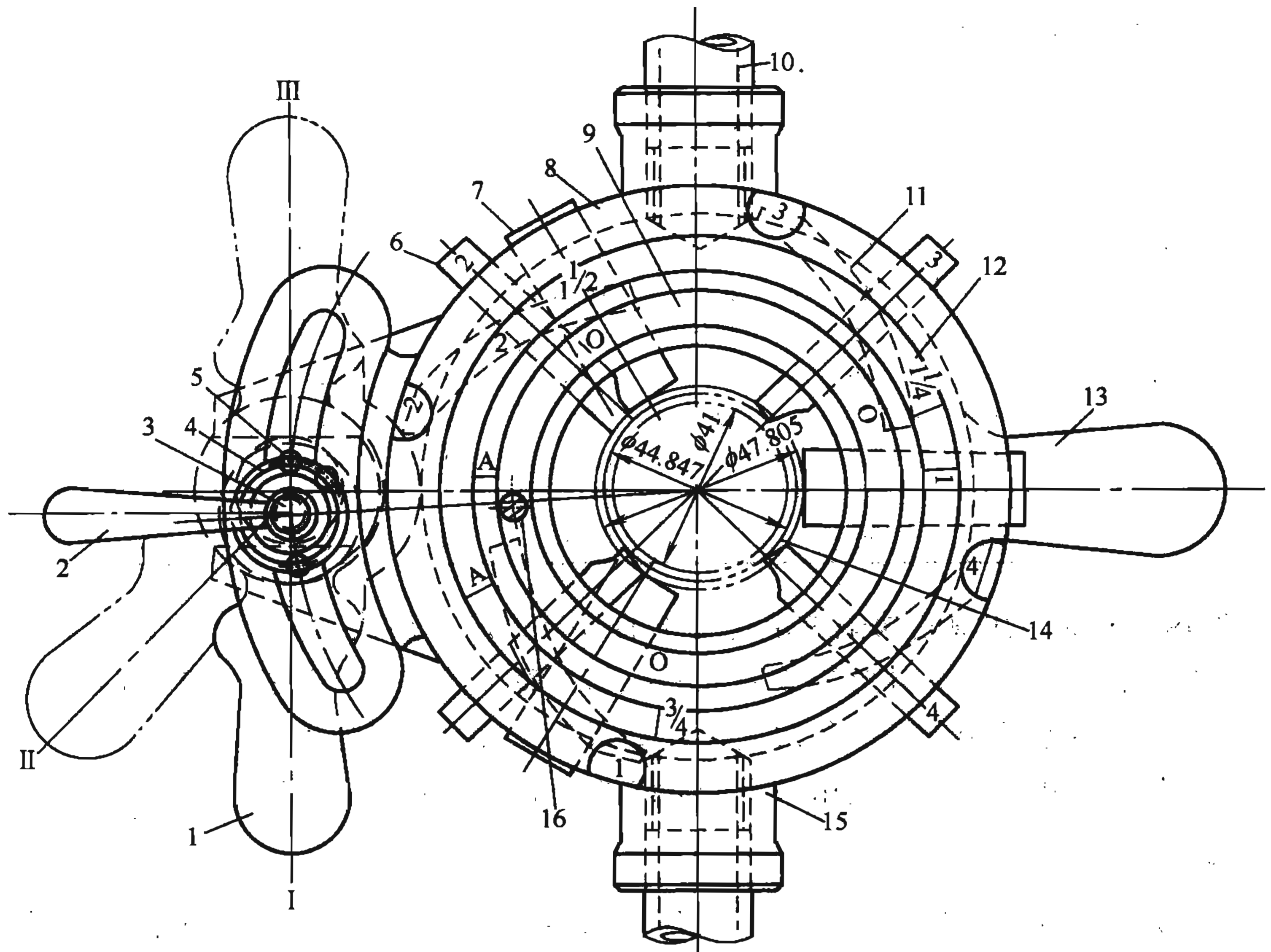


图 3-28 管子绞板的结构

- 1—合拢或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—定位球；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；11—面板反面的四条阿基米德螺旋线形的导轨（供调节四块平板牙用）；12—面板刻度环；13—合拢或撑开导向滑块的手柄；14—被套丝的管子；15—绞板架体；16—紧固螺钉

紧螺栓的偏心滑块固定在一起。平板牙的位置调整适当后，将平板牙松紧手柄 1 由 I 的位置旋转到 III 的位置，使四块平板牙从正常工作位置撑开，以便套丝时能将板牙套入管子的端部。

圆柱管螺纹手工套制的操作步骤：

- ① 管子夹持在龙门虎钳上，夹紧力使套丝时管子不随板牙架转动为适当；
- ② 在管子需要套丝的部位涂上机油；
- ③ 根据所套丝管径确定板牙的位置，为保证套丝质量，凡直径在 1in 以下的管子，应分两次套制，直径在 1in 以上的分三次套制；
- ④ 把板牙架套在管端上，并扳转导向滑块手柄 13 使三块滑动支撑刚好接触管子，使板牙上的 2~3 个切削牙对准管端，再将手把 1 由 III 位置转到 II 的位置，使板牙合拢；
- ⑤ 扳转板牙架，每次转动 90°左右，使其绕管子旋转，如果使用带棘轮手柄的板牙架，则手柄只要在一定的范围内作小角度的摆动即可；
- ⑥ 第二遍套丝前必须用刷子将管端的丝扣表面和板牙内的切屑清除干净；
- ⑦ 套丝工作完成后，应将板牙架和板牙擦拭干净，清除切屑，并用润滑油润滑板牙架的所有部位。

二、典型管路构件加工

对管路构件常用预制构件的方法，以便实现工业化生产。管路预制的方法及要求如下。

① 管路预制方法。管路预制时，首先要现场实测，结合施工图绘制管路单线加工图（也称管段图）。测量中所计量的长度均以管中到管中为原则；法兰连接时则以管端面为基准。有了管段图后，要到现场进行复核，防止图样和现场不符，每段管线都应标明尺寸和标高。偏置管线还应标明偏置的角度和方法。

管路预制成的组装件，应考虑装卸和运输的方便，同时还要考虑组装件的外形尺寸到现场是否便于安装就位。对留有调整活口的位置也应标注清楚，以便最后连接时提供方便。

② 管路预制要求。预制完毕的管段，应将管腔内部清理干净；封闭好管口，严防杂物进入腔内。预制管段的组合尺寸偏差应符合设计要求。

预制组合管段应有足够的刚度，并能方便运输。为防止组合件在运输和吊装过程中产生永久变形，必要时应加装临时支持架，待安装就位后再拆除。管路预制完毕后应及时编号，运往现场，并妥善保管。

1. 支、吊架的加工

支、吊架的结构型式很多，可概括为固定式和活动式两大类。

支架横梁常用角钢或槽钢制作，如图 3-29 所示。角钢支架制作，常需要进行成型角度 α 和轴对称去除材料角度 β 的计算，有

$$\beta = 180^\circ - \alpha \quad (3-6)$$

滑动支架属于活动支架，分低滑动支架和高滑动支架两种。低滑动支架用于不保温管路，高滑动支架用于保温管路，如图 3-30 所示。

滑托用 T 字钢或用两块钢板焊成 T 字形。滑托尺寸及材料规格见表 3-4。

圆钢管卡制作，先在两端套丝，然后用机械或手工弯制而成。滑动支架横梁及管卡规格见表 3-5。

常用吊架如图 3-31 所示。吊杆用圆钢弯制，管卡（箍）可用扁钢手工弯制或机械压制并钻孔而成。常用吊架材料规格见表 3-6。

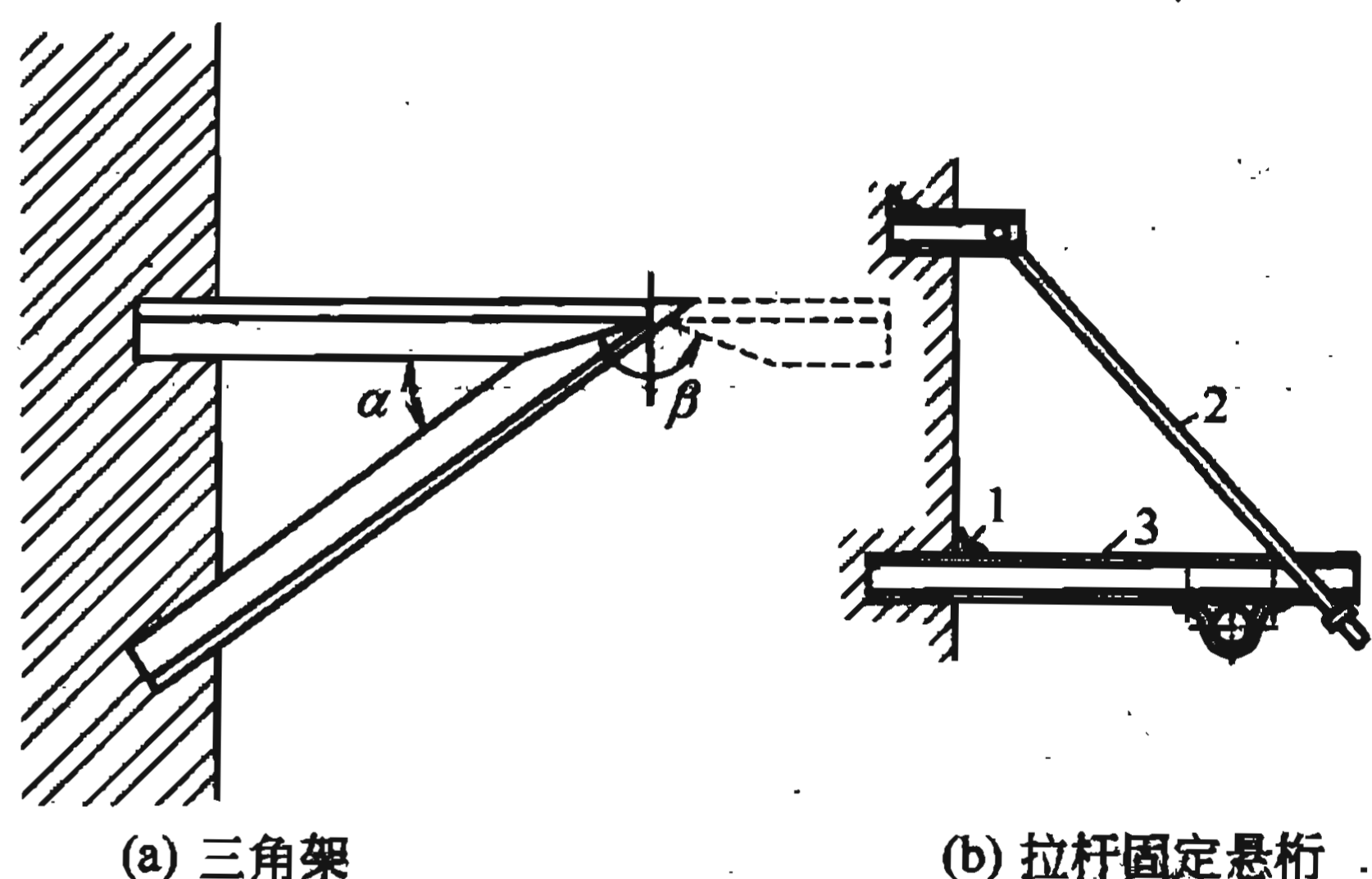
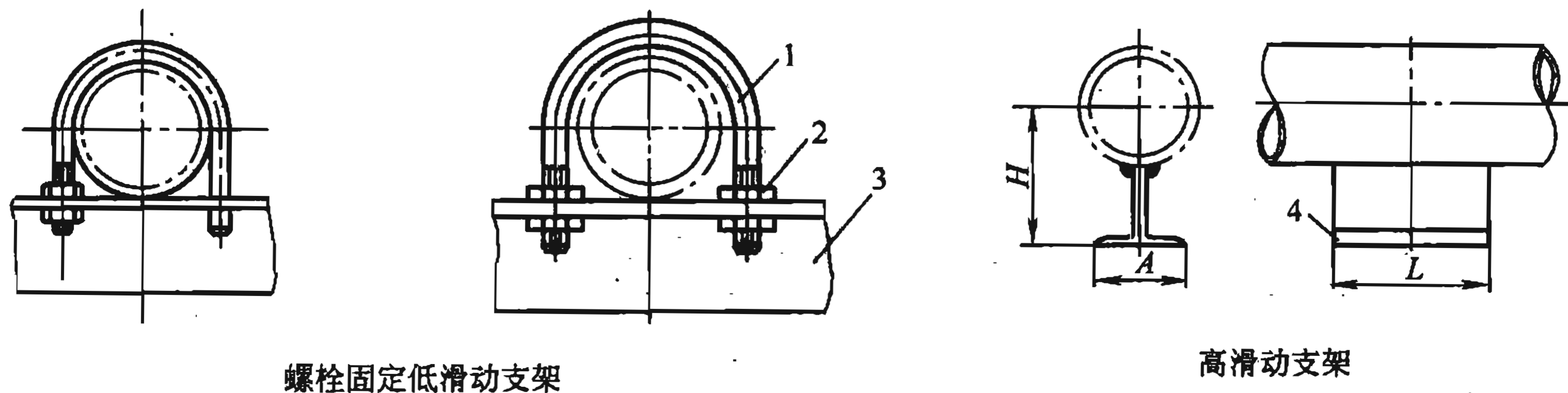


图 3-29 室内管支架

1—角铁；2—圆钢拉杆；3—悬桁



螺栓固定低滑动支架

高滑动支架

图 3-30 常用滑动支架

1—管卡；2—螺母；3—梁架；4—滑托

表 3-4 常用滑托尺寸及材料规格

mm

管子公称直径		20	25	32	40	50
滑托尺寸	H	113	116	119	123	129
	A	100	100	100	100	100
	L	200	200	200	200	200
滑托材料规格		T100×100×6	T100×100×6	T100×100×6	T100×100×6	T100×100×6
管子公称直径		65	80	100	125	150
滑托尺寸	H	138	145	154	167	180
	A	100	100	100	100	100
	L	200	200	250	250	250
滑托材料规格		T100×100×6	T100×100×6	T100×100×6	T100×100×6	T100×100×6

表 3-5 常用滑动支架横梁及管卡规格

mm

管子公称直径		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
横梁规格	保温	L25×4	L25×4	L30×4	L35×4	L40×4	L40×4	L50×5	L65×5	L65×6	L75×6	L80×8
	不保温	L25×4	L25×4	L30×4	L30×4	L30×4	L30×4	L40×4	L45×4	L50×5	L65×6	L75×6
管卡规格		φ8	φ8	φ8	φ10	φ10	φ10	φ10	φ10	φ12	φ12	φ16

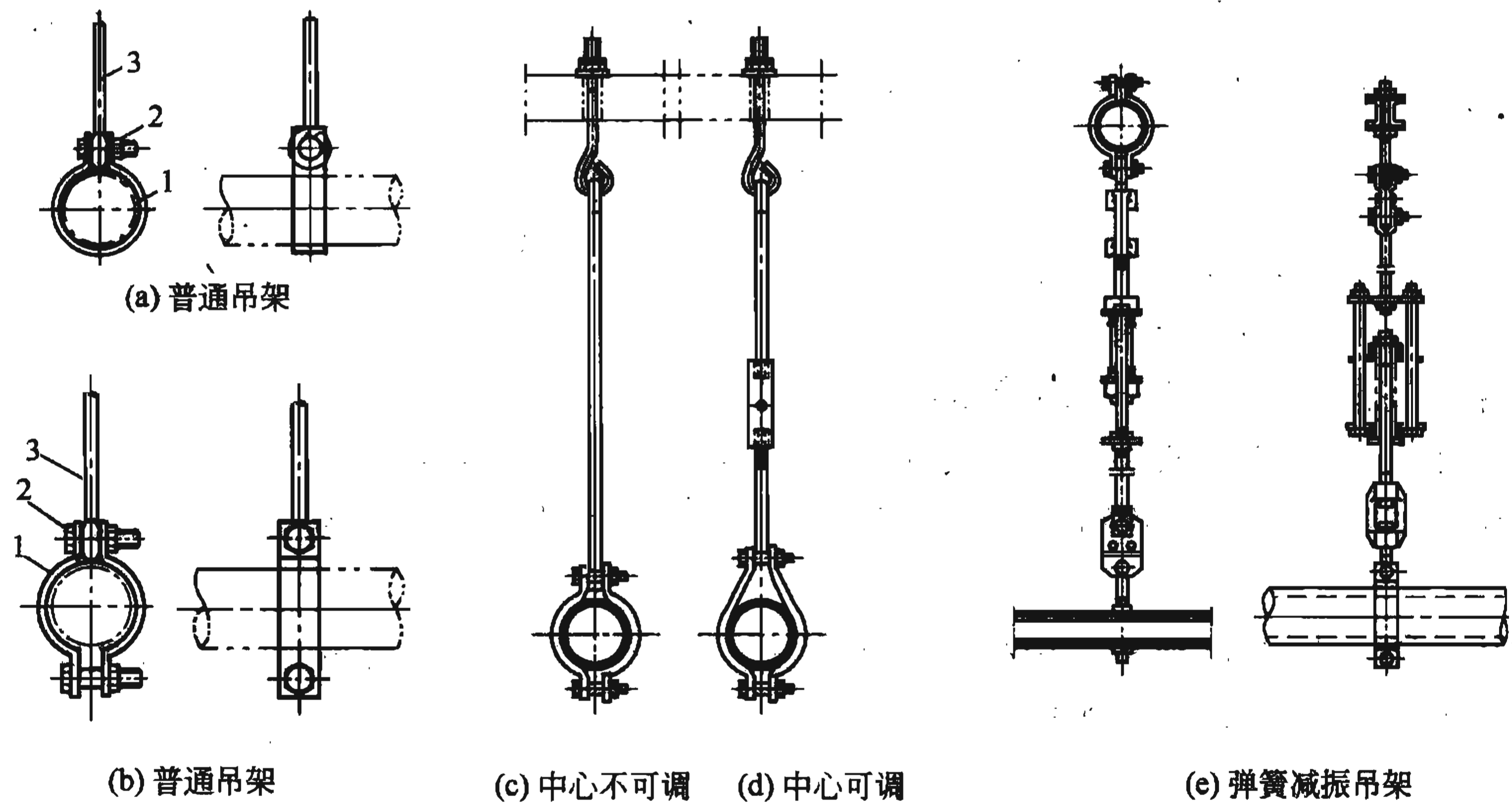


图 3-31 常用吊架

1—管卡；2—螺栓；3—吊杆

表 3-6 常用吊架材料规格

mm

管子公称直径		15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
材料规格	管卡	-30×3	-30×3	-30×3	-30×3	-30×3	-30×3	-40×5	-40×5	-50×5	-50×5	-50×5
	螺栓	M8	M8	M8	M10	M10	M10	M10	M10	M12	M12	M16
	吊杆	φ8	φ8	φ8	φ10	φ10	φ10	φ10	φ10	φ12	φ12	φ16

2. 弯头制作

焊接弯头（俗称虾米腰），可适用于公称压力 2.5MPa 以下、介质温度低于 300℃ 的管线。弯曲半径一般为 $1.5D$ 。当 $DN \leq 250$ 时，最小弯曲半径可为 $1.0D$ 。当 $DN > 250$ 时，最小弯曲半径可以小到 $0.75D$ 。焊接弯头的组成形式如图 3-32 所示。公称直径大于 400mm 的弯头可适当增加中间节数，但其内侧的最小宽度不得小于 50mm。

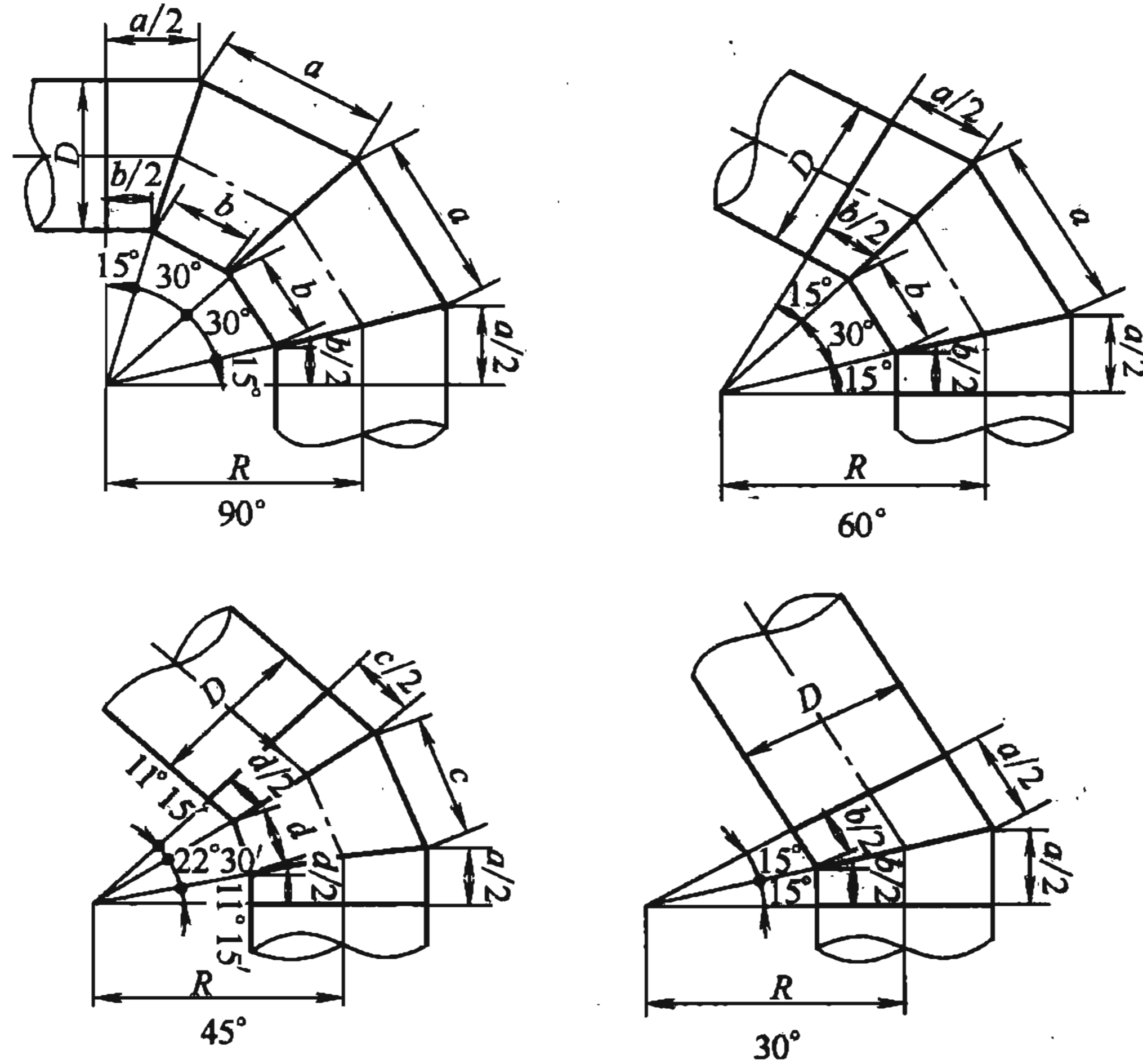


图 3-32 焊接弯头的组成形式

焊接弯头主要尺寸偏差应符合下列规定：当 $DN > 1000$ 时，周长偏差不应超过 $\pm 6\text{mm}$ ； $DN \leq 1000$ 时，不超过 $\pm 4\text{mm}$ ；弯头的端面斜度用图 3-33 中的数值 Δ 来控制， Δ 不应大于管子外径的 1%，且不大于 3mm。焊接弯头的制作过程如下。

(1) 焊接弯头的节数及尺寸计算 焊接弯头是由若干节带有斜截面的直管段焊接而成的，每个弯头有两个端面管节和若干个中间管节。中间管节两端带斜截面；端面管节一端带斜截面，长度为中间节的一半。每一个弯头的节数不应少于表 3-7 所列的节数。

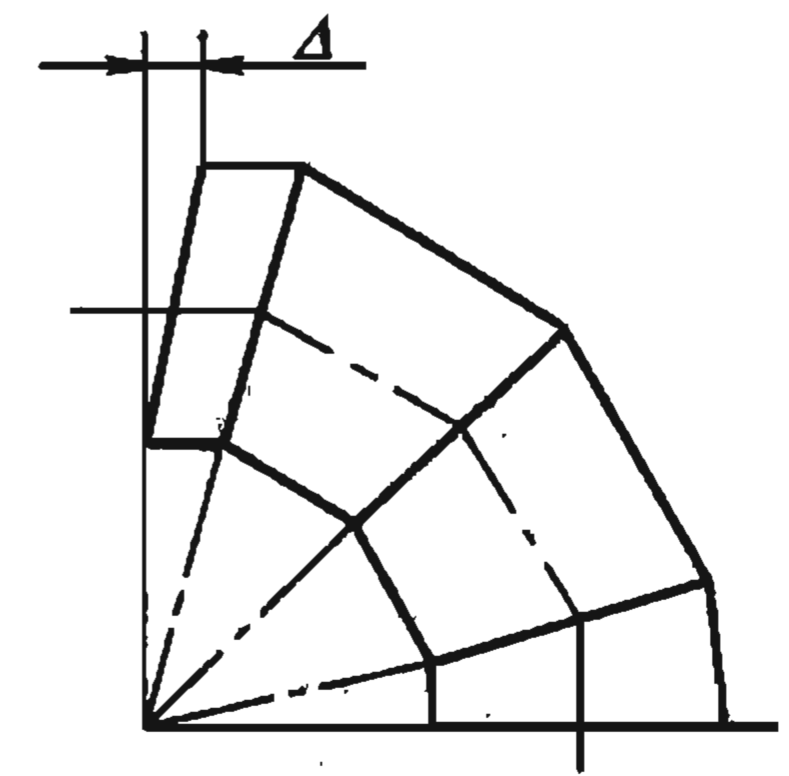


图 3-33 焊接弯头的端面斜度

表 3-7 焊接弯头的最小节数

弯头角度	节 数	其 中	
		中间节	端节
90°	4	2	2
60°	3	1	2
45°	3	1	2
30°	2	0	2

根据上表所列的节数，90°、60°及 30°焊接弯头端节背高 $a/2$ 和腹高 $b/2$ 可分别计算；45°焊接弯头及采用三个中间节的 90°焊接弯头，端节的最大有效长度 $c/2$ 和最小有效长度 $d/2$ 也可计算得出。

$$\frac{a}{2} = \left(R + \frac{D}{2}\right) \tan 15^\circ \approx 0.268 \left(R + \frac{D}{2}\right) \quad (3-7)$$

$$\frac{b}{2} = \left(R - \frac{D}{2}\right) \tan 15^\circ \approx 0.268 \left(R - \frac{D}{2}\right) \quad (3-8)$$

$$\frac{c}{2} = \left(R + \frac{D}{2}\right) \tan 11^\circ 15' \approx 0.2 \left(R + \frac{D}{2}\right) \quad (3-9)$$

$$\frac{d}{2} = \left(R - \frac{D}{2}\right) \tan 11^\circ 15' \approx 0.2 \left(R - \frac{D}{2}\right) \quad (3-10)$$

焊接弯头常用下料尺寸也可直接查找相应的机械工程手册。见表 3-8 焊接弯头下料。

表 3-8 焊接弯头下料尺寸

mm

公称直径 D	外径 D	弯曲半径 R=1.5D	90°、60°、30°				45°			
			a	1/2a	b	1/2b	c	1/2c	d	1/2d
80	89	120	86	43	40	20	66	33	30	15
100	108	150	108	54	50	25	81	41	38	19
125	133	185	132	66	62	31	100	50	47	24
150	159	225	160	80	76	38	121	61	58	29

(2) 下料样板的制作 在知道参数 a、b、c、d 的基础上，须掌握焊接弯头的下料，须先用展开图法制作下料样板，如图 3-34 所示。

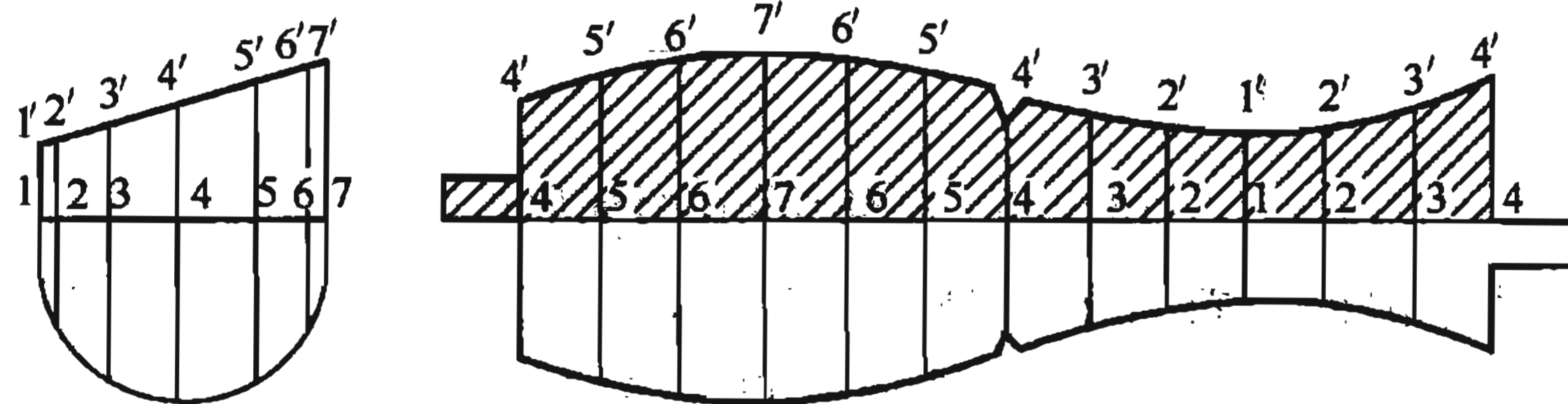


图 3-34 焊接弯头下料样板

(3) 下料及焊接 公称直径小于 400mm 的焊接弯头，可根据设计要求用无缝钢管或焊接钢管制作。

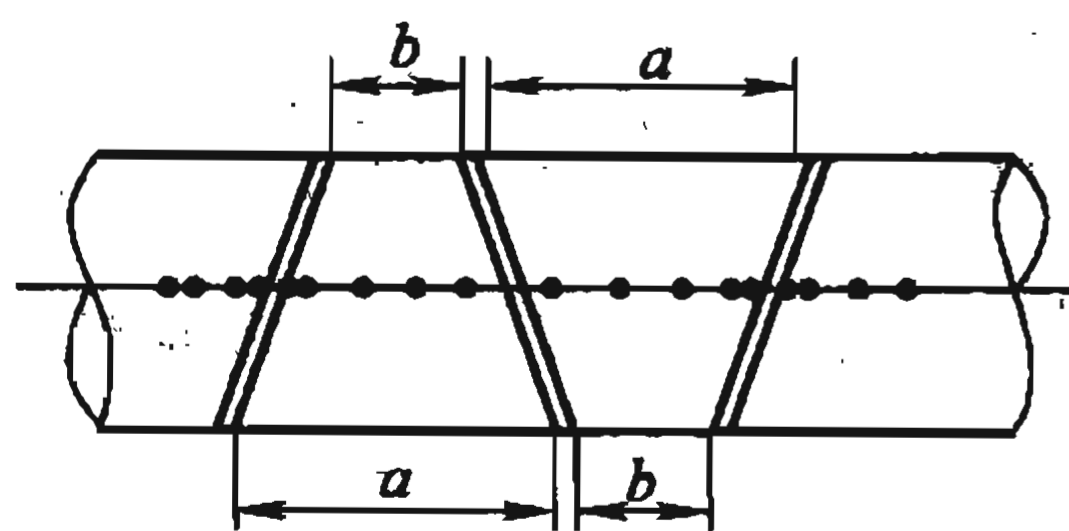


图 3-35 管子制作焊接弯头下料

在制作下料样板时所用的管子直径，应是管子的外径加上油毡纸的厚度。下料时，在管子两侧沿管子轴线方向划两条对称的直线，这两条直线间的距离等于管子外圆周长的一半。然后将下料样板围在管子外面，使下料样板上的剪缺口处（4-4'线）分别与管子上的两条直线重合，沿下料样板在管子上划出切割线。再将

下料样板旋转 180°，划出另一段的切割线。两段之间应留足割口的宽度，如图 3-35 所示。两端管节不割下来，应和一段直管连在一起，可减少一个没有必要的焊缝。

3. 异径管制作

大小头又叫异径管，俗称变径，有同心和偏心两种，可用铸造、车削、模锻、冲压、卷焊、摔制、抽条等方法制造。大小头的长度一般取两端管口直径差（变径差）的 2~3 倍。

(1) 钢板卷焊大小头的制作 先用放射线法或三角形法做出样板，然后将样板铺在钢板上划线切割，并按规定开好坡口，除去毛刺和氧化铁等污物，用滚板机或压力机卷圆，再用

1/4 圆的弧形样板检查其内圆的弧度是否正确，经修整达到要求后进行焊接即成钢板卷焊大小头。

手工方法卷制大小头如图 3-36 所示。操作要点是：先分区域划线条，按区弯制往内敲。锤击力量要适中，常用 1/4 圆的弧形样板检查。如有扭曲不对口，可用工具顶和拉。

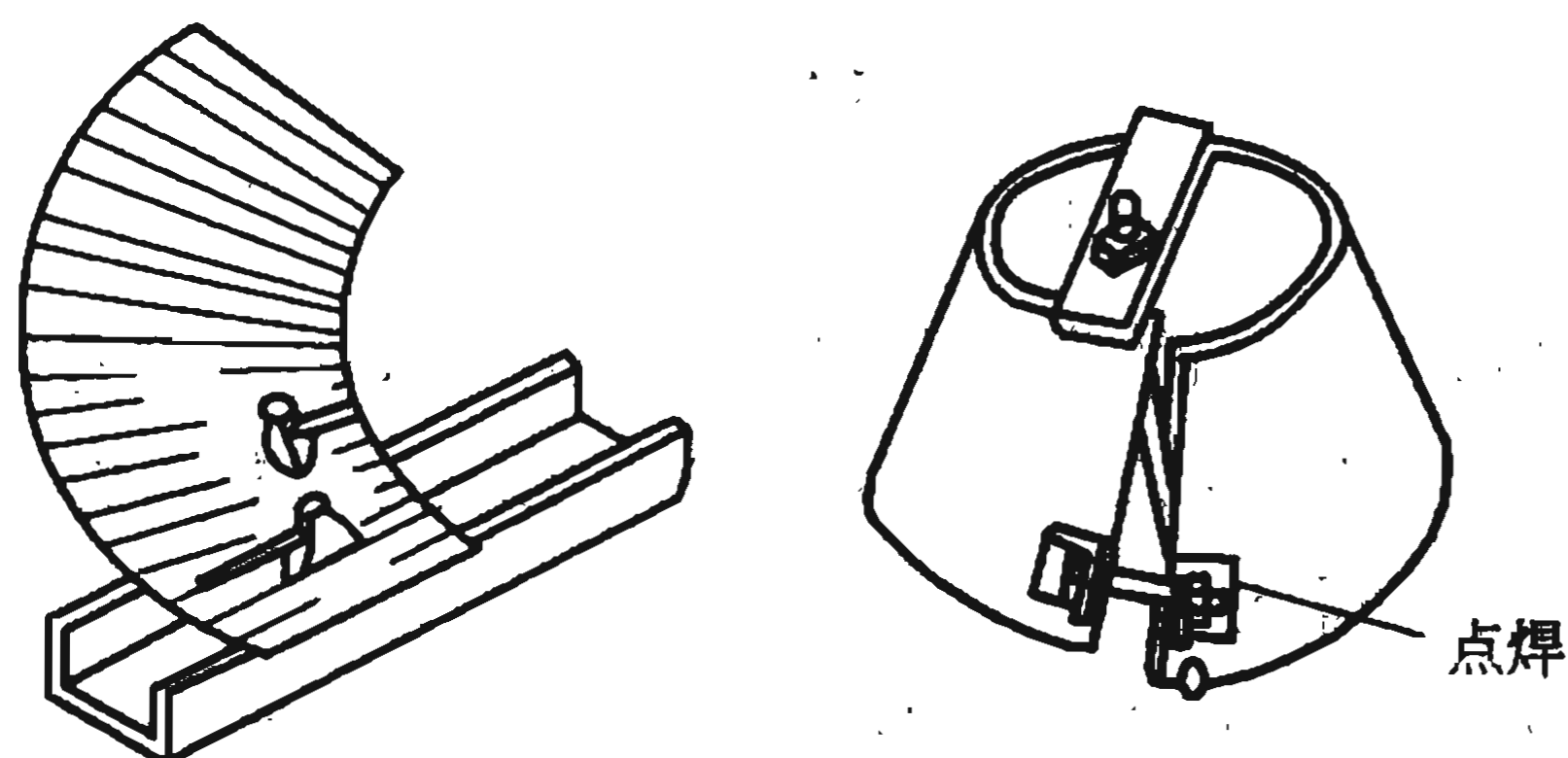


图 3-36 手工卷制大小头示意图

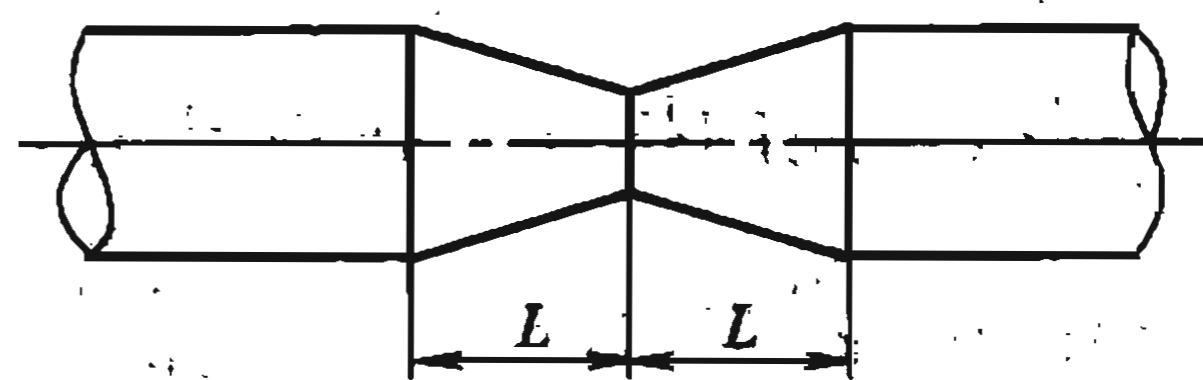


图 3-37 摔制大小头

(2) 钢管摔制大小头的制作 当管径较小，钢板卷制有困难时，可用钢管制成摔制大小头。

管子加热可用锻工烘炉或焊枪，加热温度约 $800\sim 950^{\circ}\text{C}$ 。摔同心大小头时，边锤击边转动管子，由大到小，管面圆弧均匀过渡。锤面要放平，防止管壁产生麻面，一遍摔不成可再加热，直至摔成为止。

摔偏心大小头时，管下壁不应加热，如用烘炉加热，可用水冷却管下壁后再摔管。摔制时，应左右转动，使其过渡圆滑。

为了便于掌握小管径的圆度，可采用一根管子摔制两个大小头，然后中间切断，如图 3-37 所示。变径过渡部分 L 的长度视管径的大小而定，为减少局部阻力，一般不应小于大管外径。

4. 等异径三通制作

三通管又叫 T 形管，俗称马鞍。主要用于从主管上接出支管。

三通可分为正三通和斜三通两大类。可采用铸、锻、焊、顶拉、挤压等方法制造。焊接三通的制作步骤有以下两种。

(1) 焊接三通的划线、下料 各种焊接三通划线、下料按平行线法做出，然后用样板在主管和支管上划线切割，在主管上开孔时应注意：开孔的位置应准确，并划出十字中心线，样板上的中心线应与所划十字中心线对齐，然后再按样板划线切割。

为提高三通的强度，应按支管的内径开孔。圆三通开孔可以不用样板，以割好的圆三通（支管）直接扣在主管上划出三通孔的线，然后由此线向里减去一管壁厚，即为三通孔的切割线。

对 $DN\leq 300$ 的三通，现场也常采用各种简便或近似的方法，其中等径圆三通可按下述方法直接在钢管上划线下料，如图 3-38 所示。

将支管以 $D/2$ 为间距划两圆周线，并把两圆周平行线位置分成 $abcd$ ， $a'b'c'd'$ 四等分， a 、 b 为三通支管尖点，尖长为 $D/2$ 。用圆滑曲线连 $ac'b$ 及 $ad'b$ ，所得到的 $c'ad'bc'$ 曲线即为三通切割线。划线过程中，用放墨线方法可大大提高划线速度。

异径圆三通划线方法与等径圆三通基本相同，仅两圆周间距为支管外径，马鞍尖长按支管内径计算。马鞍尖长也可用直接量取法求得，如图 3-39 所示。方法是在主管管端用尺量出弦长 ab ，其长度等于支管内径，则此弦高 cd 为三通尖长 h 。

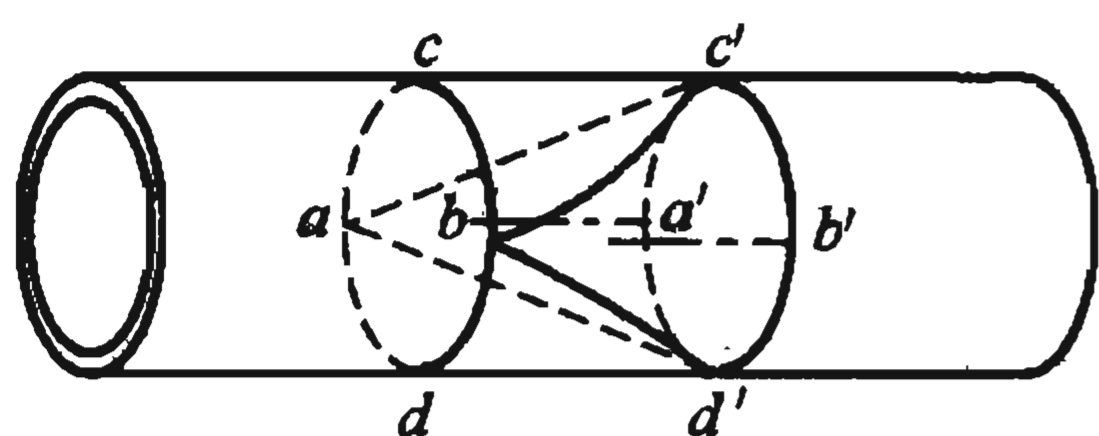


图 3-38 等径圆三通划线下料

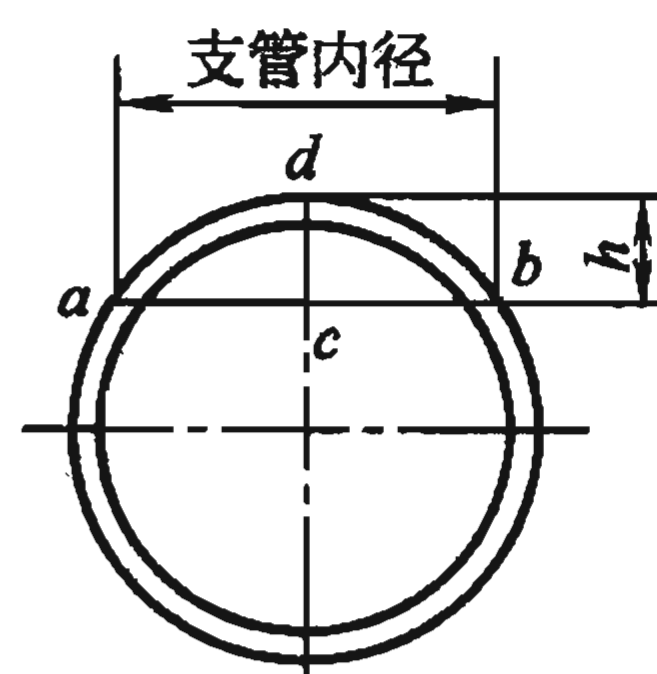


图 3-39 直量法图

(2) 焊接三通的拼焊 在主管上开孔时，切口的边缘距管端不得小于 100mm。三通的对焊焊缝，应按规定铲出坡口，间隙为 2~3mm；搭接焊缝应使管壁紧靠，间隙不得大于 1.5mm。

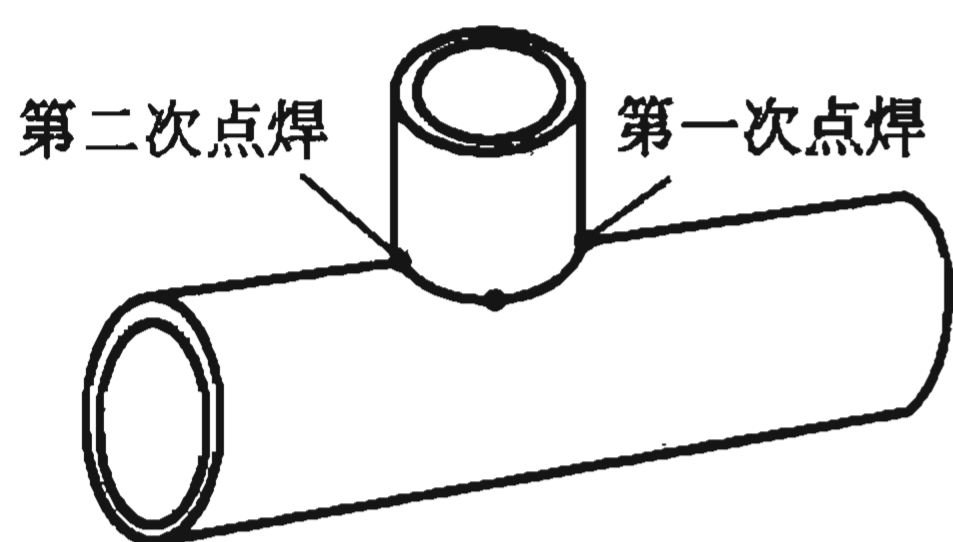


图 3-40 三通的点焊

焊接时，应先在主管顶部与支管交点处点焊一处，用直角尺或水平尺沿主管中心线方向校正主管的垂直（或倾斜）度后，再点焊相对的一处，并校正支管在另一方向的垂直（或倾斜）度，最后再点焊 1~2 处，待主管与支管的相对位置

检查合格后再行焊接，如图 3-40 所示。

正三通用 200mm 的直角尺检查，间隙不得大于 1mm，斜三通用活动角尺检查，角度允许误差为 $\pm 0.5^\circ$ 。

三、管路预制构件验收

1. 管路构件验收

(1) 管子管材验收 管材的检验一是进行质量证明文件的复验，二是外观检查。

质量证明文件的复验一般要求做到：

中、低压钢管领取必须有厂家的合格证明书，否则应补做所缺项目的试验；钢管加工安装前，要求核对规格、型号、材质；核对钢管外径及壁厚尺寸偏差是否符合国家及部颁标准；高压钢管必须有厂家的合格证明书、标识或标牌；高压用钢管必须按国家或部颁标准验收。

在高压钢管检验时，证明书上的化学成分或力学性能不全时要对所缺项目作补充试验。证明书与到货钢管的钢号或炉号不符，钢管或标牌上无钢号、炉号都应进行校验性检查。

高压钢管校验性检查内容：管子的外径、壁厚和长度是否符合有关标准；全部钢管检查硬度；高压钢管一般用磁力、荧光、着色和超声波等方法进行无损探伤。做力学性能试验的钢管或试样上取样做化学分析。

外观检查具体要求：

无裂纹、缩孔、夹渣、折叠、重皮、斑纹和结疤等缺陷；无超过壁厚负偏差的锈蚀或凹陷；螺纹密封面良好，精度应达到制造标准；合金钢应有材质标号。

(2) 管件验收 除进行管子管材相同的检查外，检查管件的尺寸与公差。

(3) 法兰验收 安装前需检查法兰密封面有无损坏，尤其不允许有放射性划痕与损坏。

(4) 阀门验收 安装前应检查阀杆和阀盘是否灵活，有无卡住和歪斜现象。阀盘必须关闭严密，必须作强度试验和严密性试验，不合格的阀门不能进行安装。

2. 管路预制构件装配验收

管路预制构件制作工序包括：制作管件、将制成的管件装配成组合件。同型管件尽量实

行系列化加工。例如：管件-零件（弯头-法兰，异径管-法兰，弯头-异径管等），管件-管子-管件（法兰-管子-法兰，法兰-管子-弯头等）。

（1）管路组合件的装配工艺

- ① 将管路组合件上的各个管件配成套。
- ② 自动焊接管路元件，将管路元件装配成平面和立体管路组合件。
- ③ 将各组合件标号分类存放。

在管路加工场，对法兰接口较多并有大量手工焊缝的预制成的管路组合件，以及与阀门、检测仪表和自动装置装配起来的组合件应进行水压试验。

（2）管件预制生产质量要求

① 预制的管件及组合件须全部完成，法兰接口装好永久垫板，穿好并拧紧法兰螺栓。有法兰接口或阀门的手工焊接的组合件须经压力试验。全部组合件应按图纸规定标号，其出口端应用盲板或丝堵封闭。

② 组合件上还应装上阀门（便于运输）、管端出口法兰，焊好排污及放空管、安装仪表的短管及安装滑动支架的标高印记等。

③ 管路组合件的外形尺寸偏差，比较设计值不能超出下列规定：管路组合件外形尺寸为3m时，偏差值为 $\pm 5\text{mm}$ ；管路组合件外形尺寸每增大1m时，偏差值可增大 $\pm 2\text{mm}$ ，但总偏差值不能大于 $\pm 15\text{mm}$ 。

中低压管路的预制管段偏差不得超过：

每个方向总长为 $\pm 5\text{mm}$ ；法兰等构件间距为 $\pm 3\text{mm}$ ；斜度为 $\pm 3\text{mm/m}$ ；管端中心最大偏差为 10mm ；支管与主管的横向偏差为 $\pm 1.5\text{mm}$ ；法兰两相邻螺栓孔应跨中安装，其偏差为 $\pm 1\text{mm}$ ；法兰面与管子中心偏差，公称直径小于或等于300时为 1mm ，公称直径大于300时为 2mm 。

④ 管路组合件运输与安装方便，有足够的刚性，有可调整的活口。

⑤ 预制管段，内部清理干净。

（3）管件的配套与贮备 管路加工厂须保存可供使用的管件与材料贮备，以保证组合件生产的连续性，防止中途停工待料。

根据管路组合件明细表，进行各种管件和材料配套工作。

在预制管路组合件时，对暂缺的管子常以性能相近的管材取代，但管壁需稍厚；法兰及其他管件也可以耐压等级较高的代用。

代用的管件装配成组合件，其尺寸可能不能符合原设计的尺寸要求，但可从加长或缩短直管段进行调整。

分课题三 管路连接

管路的连接包括管子与管子、管子与管件、管子与法兰、管子与阀门以及和设备接口的连接等。通常采用的连接方法有法兰连接、螺纹连接、承插连接和焊接连接四种。

一、法兰连接

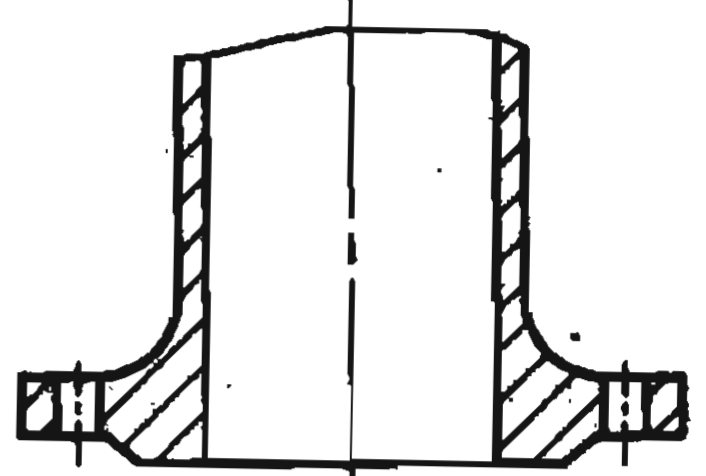
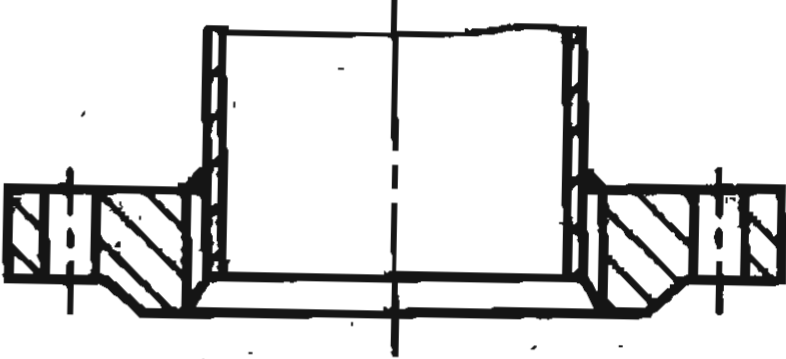
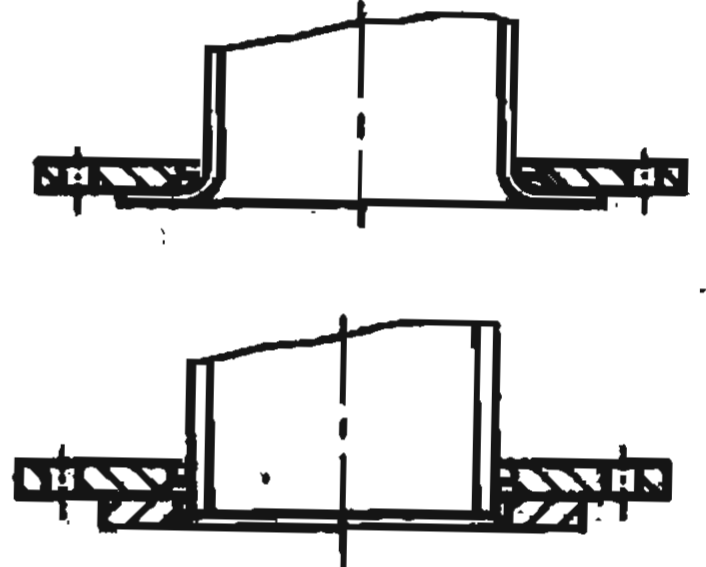
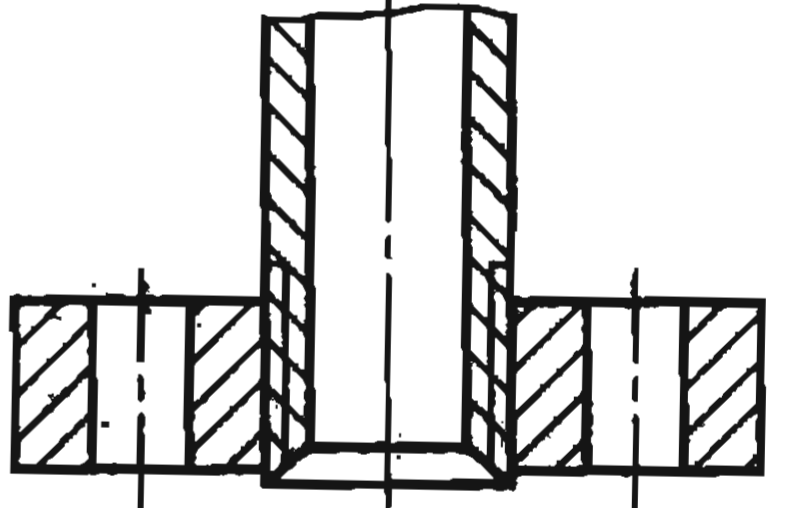
法兰连接是一种可拆卸式的连接。法兰连接的特点是：拆卸方便，装拆不影响其他管段和强度高、应用范围广，但其结构复杂、安装工作量大。法兰已经标准化，其规格、种类很

多，配套使用时可按管子的公称直径和公称压力进行选择。

1. 法兰盘的种类

法兰盘和管子之间的连接形式虽有多种多样，但最常用的见表 3-9 中的四种。

表 3-9 法兰盘与管子的连接形式

结构名称	结构特点	常见适用管路	图 例
整体式法兰	管子与法兰制造成一体	铸铁管、铸钢管、有色金属铸造管等管口,以及铸造的设备接口和阀门的法兰等	
搭接式法兰	管子插入法兰盘的内孔中,采用搭接式焊接而成	普通碳钢管、不锈钢管和有色金属管等均可采用搭接式法兰	
松套式法兰 (活套式法兰)	在管子的端部搭焊一个金属环或直接在端口翻边,依靠套在管子外径上的法兰起连接作用	铸铁管、耐酸陶瓷管和有色金属管的连接	
螺纹法兰	依靠法兰盘内孔上的内螺纹与管子端部的外螺纹的配合而连接起来	螺纹法兰多用于化工生产中的高压管路上	

2. 法兰连接密封面的形式

高压管路连接的密封是靠管子端面密封的；中低压管路连接的密封是靠法兰端面密封的。

(1) 高压管路法兰密封形式

① 高压平面式密封。高压管路平面式密封结构如图 3-41 所示。高压法兰的密封是加工精度较高的管子端平面，一只法兰的凸起插入另一只法兰的管端凹入法兰盘平面。连接时，用金属垫片夹在两管端之间，当拧紧连接螺栓时，靠金属垫片的挤压变形达到密封的目的。

② 高压锥面式密封。高压管路的锥面密封如图 3-42 所示。两管子端部的密封表面是凹锥台面，该锥面经过磨光。锥面密封面的垫片是金属制作的，其表面制成球面形（称透镜垫），该球面和两管端的锥面的表面粗糙度达 $R_a 0.8 \sim 0.2 \mu m$ 。由于两管端是锥面，而垫片是球面，所以安装后管端和垫片的接触为圆环形线接触。故在安装前，应将垫片的球面上涂上显示剂，然后把其压在两管端锥面上各转动一周，所得的痕迹应为完整无间断的环形线。否则，应予以重新研磨修理。

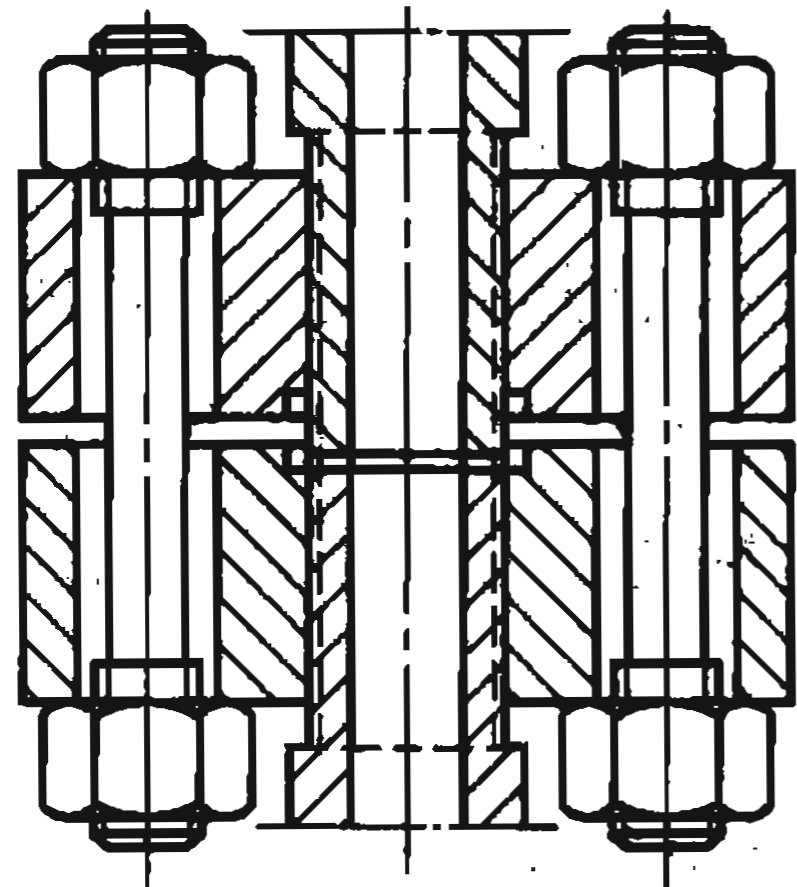


图 3-41 高压平面式密封

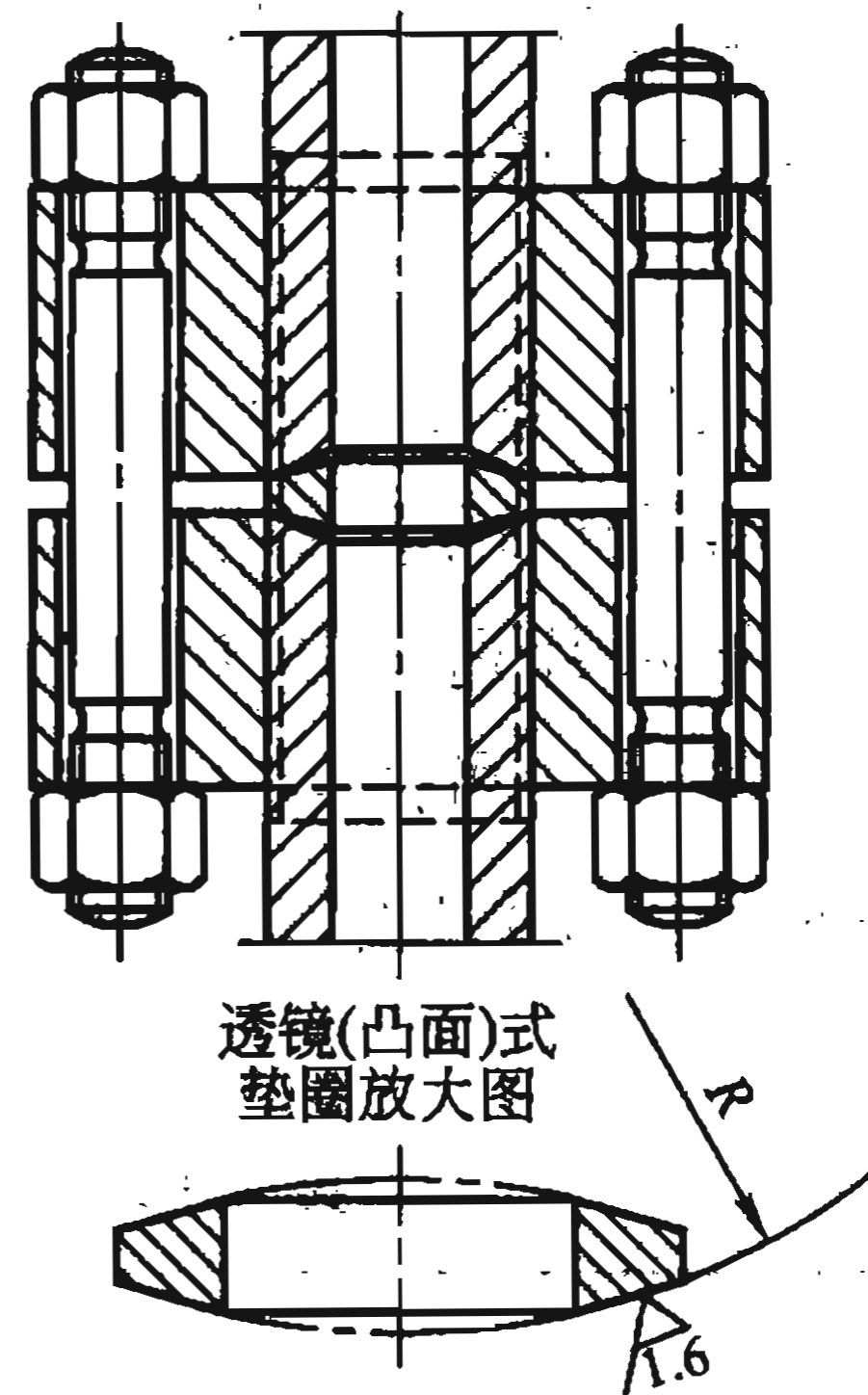


图 3-42 高压锥面式密封

(2) 中低压法兰的密封面

① 平面式密封。平面式密封的结构如图 3-43 所示。它具有一个凸起的粗糙度比较小的密封面，并在密封面上开有 2~3 道圆环形的 V 形密封线。当拧紧法兰连接螺栓时，夹在法兰之间的垫片被挤压进 V 形槽中，提高了其密封性能。



图 3-43 平面式密封

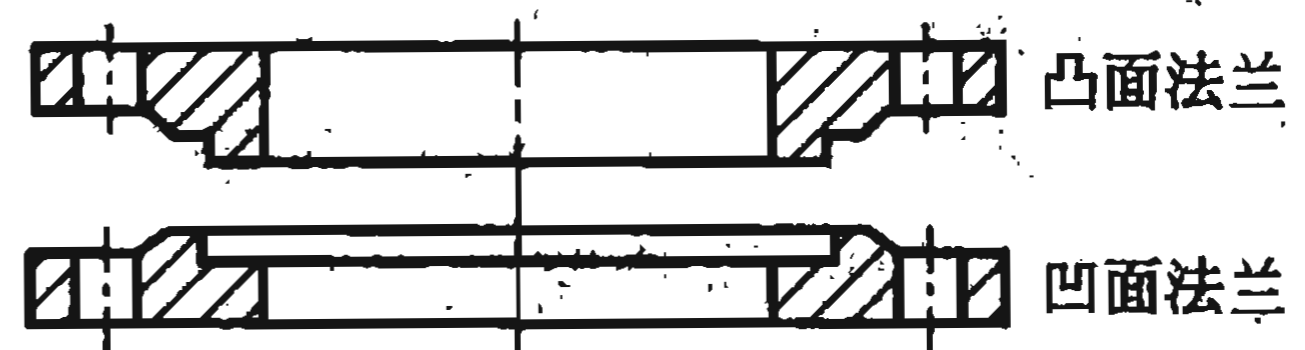


图 3-44 凹凸面式密封

② 凹凸面式密封。凹凸面式密封的结构如图 3-44 所示。两只法兰分别加工有凹的和凸的密封面，连接时，一只法兰的凸面和另一只法兰的凹面相配合，提高了两法兰的对中性和密封垫片的防挤出能力。凹凸面式密封的法兰常用于易燃、易爆、有毒介质的管路中。

③ 榫槽式密封。榫槽式密封的结构如图 3-45 所示。两只法兰盘上分别加工有圆环形凸台和凹槽，连接时凸台和凹槽相配合，密封垫片接触介质少且防挤出能力强。榫槽式密封法兰结构也常用于易燃、易爆、有毒介质的管路中。

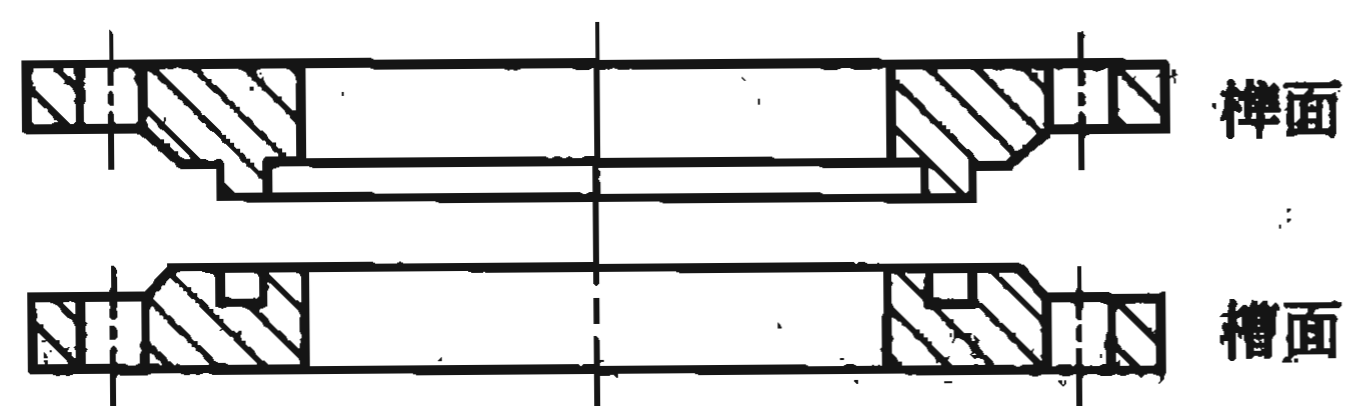


图 3-45 榫槽式密封

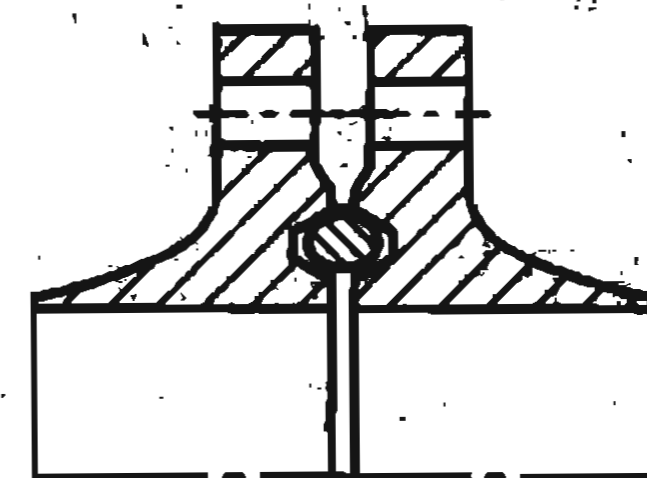


图 3-46 梯形槽式密封

④ 梯形槽式密封。梯形槽式密封的结构如图 3-46 所示。在两只法兰盘上加工有相倾的圆环形的梯形槽，法兰连接时，在两对应梯形槽中加入密封填料，当拧紧法兰连接螺栓时密封填料被挤压变形达到密封效果；当介质压力作用时，有起着加强密封效果的“自紧密封”能力。梯形槽式密封的法兰主要适用于高温高压的输油管路上。

3. 法兰连接的密封垫片

为了保证法兰连接的密封性，在两法兰之间必须加密封垫片。垫片根据制作材质可分为非金属垫片、半金属垫片和金属垫片三大类。

(1) 非金属垫片 非金属垫片包括石棉绳、石棉板、橡胶石棉板、橡胶板、塑料板等。

① 石棉绳和石棉板垫片。一般用在接近常压，温度为 500~600℃ 的管路上，现较少使用。

② 橡胶石棉板垫片。因其具有良好韧性、弹性等，广泛用于空气、蒸汽、煤气、氢气、盐液及酸、碱等介质的管路中，是化工生产过程中用量最大的一种垫片。

橡胶石棉板垫片适用压力，对于光滑面法兰，使用压力不应超过 $25 \times 10^5 \text{ Pa}$ ；对于凹凸面和榫槽面型法兰，可用至 $100 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。橡胶石棉板一般适用于 350℃ 以下，橡胶石棉板经过浸蜡处理后，其适用低温可达 -190℃。橡胶石棉板的规格、品种及其使用范围见表 3-10。

表 3-10 橡胶石棉板的规格、品种及其使用范围

名称	品种规格			适用条件		
	牌号	颜色	厚度/mm	介质	温度/℃	公称压力/Pa
低压橡胶石棉板	XB200	灰	3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6	水、蒸汽、空气酸碱液	≤200	≤ 16×10^5
中压橡胶石棉板	XB350	红	1, 1.5, 2	水、蒸汽、空气酸碱液	≤350	≤ 40×10^5
高压橡胶石棉板	XB450	紫红	1, 1.5, 2, 2.5, 3	水、蒸汽、空气酸碱液	≤450	≤ 100×10^5
耐油橡胶石棉板	NY400	石墨色等	1, 1.2, 1.5, 2, 2.5, 3	煤油、汽油等	≤400	≤ 40×10^5
高压耐油橡胶石棉板		黑	1, 2, 3	各种油品、溶剂等	≤400	≤ 40×10^5

③ 橡胶板垫片。橡胶板有普通橡胶板、耐酸橡胶板、耐油橡胶板和耐热橡胶板四种，规格使用范围见表 3-11。橡胶板垫片富有弹性，密封性能好，适用于铸铁阀门的法兰和压力小于 $10 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的管路法兰中。

表 3-11 橡胶板的规格和适用范围

名称	规格(厚度)/mm	适用的温度/℃	适用的介质
普通橡胶板	0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 30, 40, 50	40	压力小于 $30 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的水 浓度小于 20% 的酸碱液 机械油、汽油、变压器油 压力不高的蒸汽、热空气
耐酸橡胶板		-30~+60	
耐油橡胶板		-30~+100	
耐热橡胶板		-30~+100	

④ 塑料板垫片。因具有耐蚀性，主要用于水管及酸碱管路。常用的塑料板有聚氯乙烯垫片、聚乙烯垫片、聚四氟乙烯垫片等，使用时应根据被输送介质和操作温度进行选用。

(2) 半金属垫片 包括金属包石棉垫片、缠绕式垫片等。

① 金属包石棉垫片。垫片常用的两层 0.35mm 左右的铁皮或合金钢、铝、铅和铜等金属皮，夹着厚度为 1.5~3mm 的石棉板或橡胶石棉板内芯。宽度按法兰密封面的尺寸制作。金属包石棉垫片一般都是现场手工制作，适用压力 $40 \times 10^5 \text{ Pa}$ ，温度为 300~450℃，一般用于 450℃ 以下的油品或蒸汽管路上。

② 缠绕式垫片。垫片的制作简单，价格便宜，检修方便，对法兰密封面粗糙度要求不高，具有多道密封作用，密封性能好，是一种比较理想的中压垫片。广泛用在化工生产中的一般物料管路上。

螺旋缠绕间隔“M”形截面金属网带及非金属填料带，端面多个整圈的填料环具有多道密封作用，且密封接触面小，所需螺栓紧固力小。当温度压力波动，“M”垫片回弹，仍能保持密封，如图 3-47 所示。

在公称压力为 $25 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以下，可用光滑面法兰（不车水线）；在 $25 \times 10^5 \text{ Pa}$ 以上，应用凹凸面法兰。用于光滑面法兰的缠绕式垫片，可在其内外圈加上既便于安装定位、防止垫片被介质冲坏，又可防止安装和运输过程中变形、松散的金属定位环。

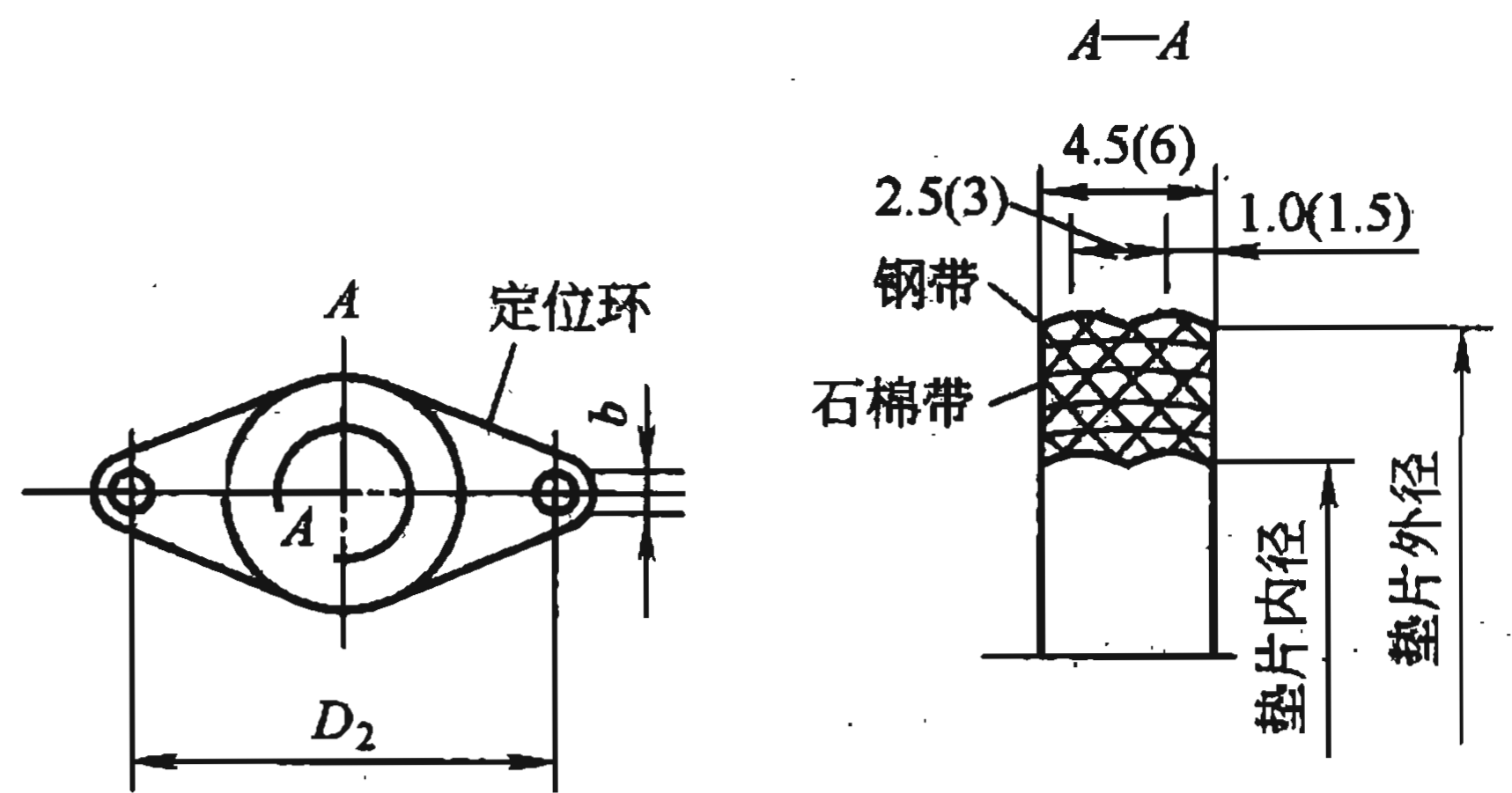


图 3-47 缠绕式垫片 (括号中数为厚度 6mm 垫片)

这种垫片的缺点是：焊点不牢而易松散，大直径的垫片容易扭曲松散，内心填料高温易变脆，甚至断裂而造成泄漏；法兰不能有较大偏口，各螺栓拧紧力必须均匀且不太大，否则造成垫片压扁，丧失弹性，影响密封。

(3) 金属垫片 金属垫片分金属平垫片、金属齿形垫片、八角形垫片、透镜垫等。

① 金属平垫片、金属齿形垫片常用的有紫铜、铝和铅等软金属材料 and Q235、10、0Cr13、1Cr18Ni9Ti 等硬度需小于法兰密封面的材料，平面及齿形密纹同心圆，如图 3-48 所示。形状简单、制作容易，需螺栓预紧力大，易使法兰变形，温度压力波动时密封性能下降。安装前，应经过退火处理，以减小硬度。

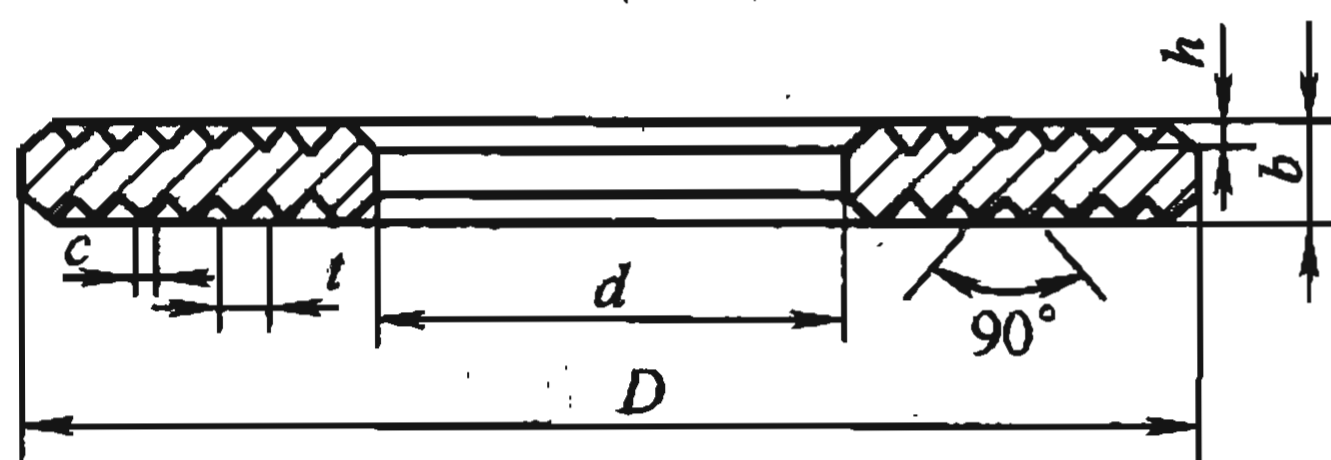


图 3-48 金属齿形垫片

② 八角形垫片用于密封面为梯形槽的法兰，如图 3-49 所示。其使用压力较金属齿形垫片更高。垫片的材料当介质温度在 450°C 以下时用 10 号钢，在 53°C 以下时用 1Cr13 钢。

③ 透镜垫用在高压管路连接中，其结构如图 3-50 所示。工作表面为球面，制作精度非常高，制作困难。

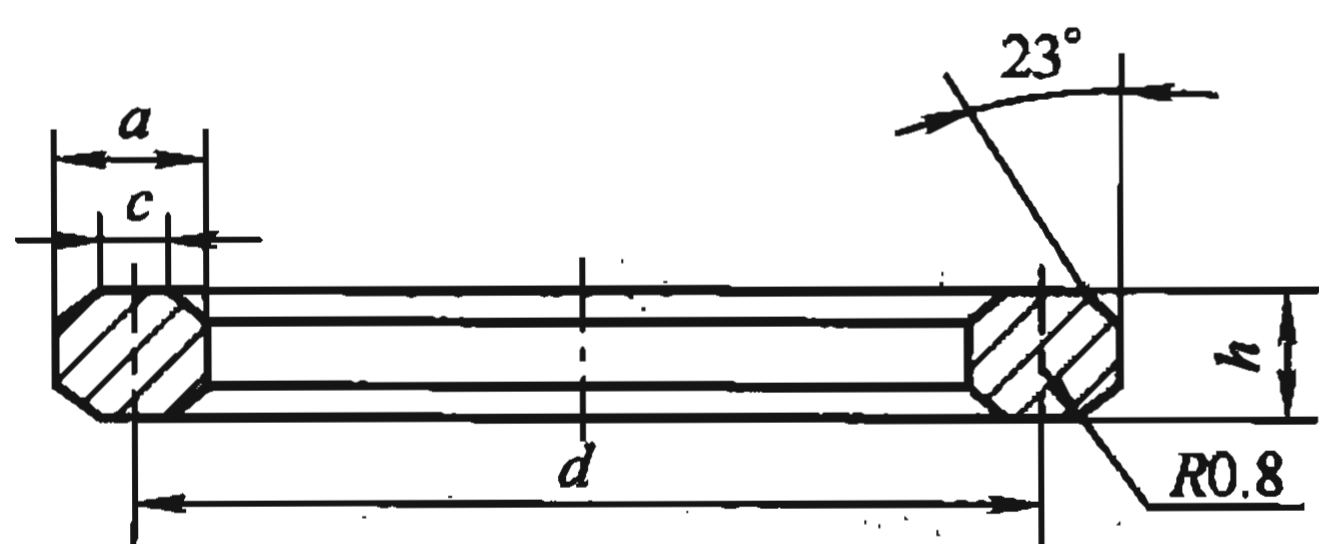


图 3-49 八角形垫片

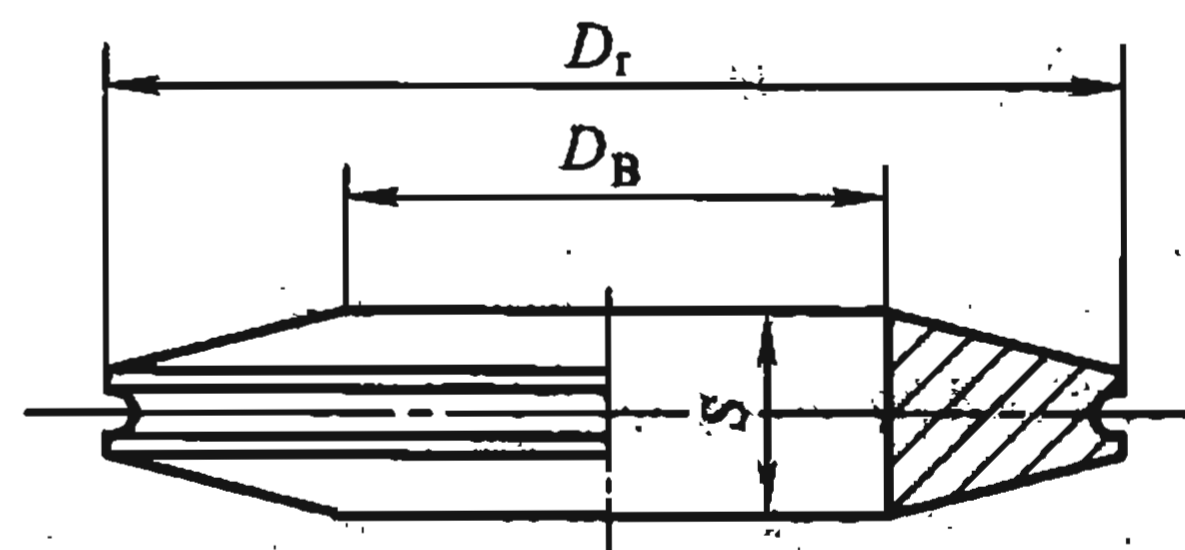


图 3-50 透镜垫

4. 法兰连接的技术要求

① 法兰盘的端面与管子中心线垂直。法兰尺检查垂直度，将法兰尺的一个尺边紧靠在管子的外壁上，用塞尺测量法兰尺与法兰盘端面之间的间隙，其间隙值 a 即为法兰盘端面与管子中心之间的垂直度偏差，如图 3-51 所示。其垂直度偏差 $a < 0.5 \text{ mm}$ 。

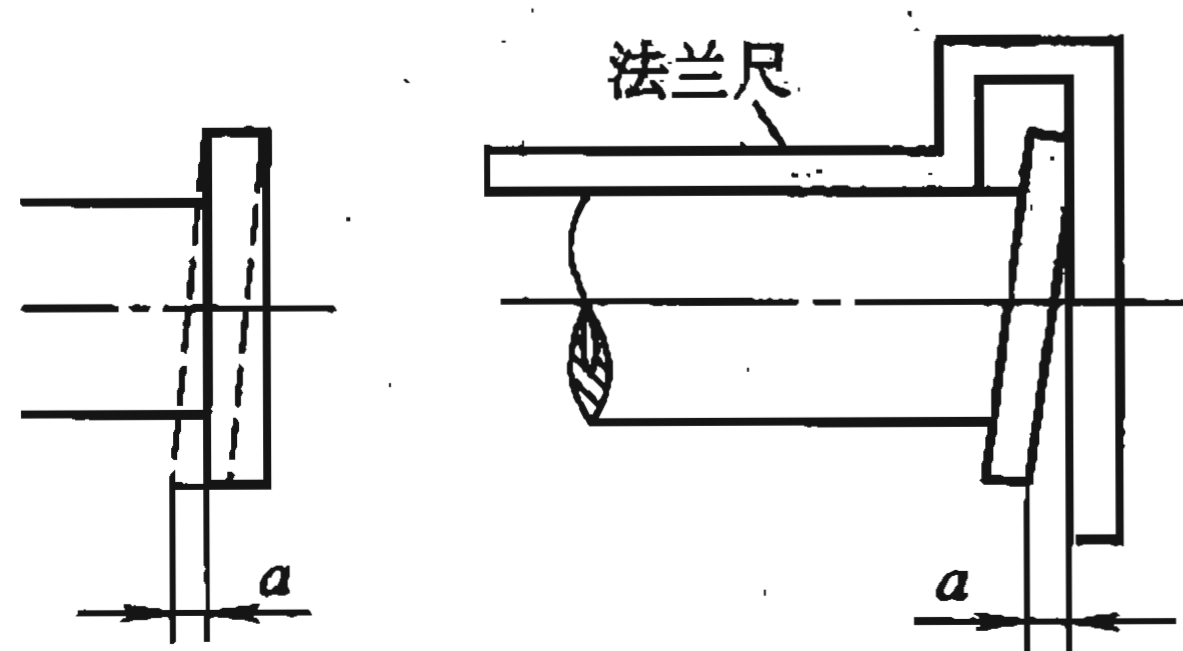


图 3-51 法兰端面和管子中心垂直度的检查

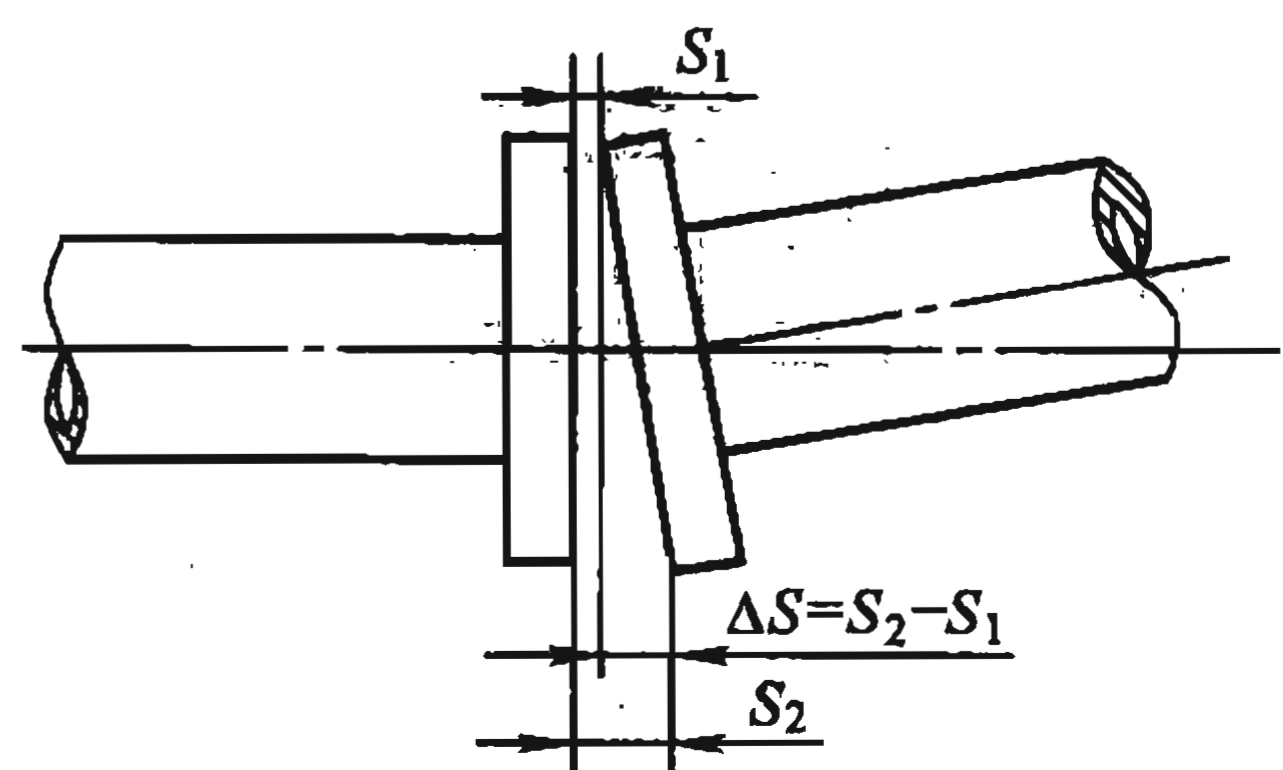


图 3-52 法兰两端面间平行度的检查

② 两个相互连接的法兰端面应平行。两法兰端面间的平行度 ΔS 可用如图 3-52 所示的方法进行检查。计算公式是： $\Delta S = S_2 - S_1$ ，其间隙值不应大于表 3-12 所列的允许值。

在安装中不得用强紧螺栓的办法来消除偏斜，也不得用加热管子、加偏斜垫片或多层垫片的方法来消除法兰端面间的空隙偏差、错口或不同心等缺陷。

③ 法兰的密封面加工。加工必须平整且有较高的粗糙度等级，不允许有辐射方向的沟槽及砂眼等缺陷。

④ 法兰连接在两法兰密封面之间必须放置垫片，垫片应耐密封介质的腐蚀。该垫片的外径不应大于法兰盘上螺栓孔里圈的直径，其内径应稍大于管子的内径。为了安装的方便，对平面形密封的法兰垫片制作时，在垫片的外侧留作把手，直径较小者可留作一个，直径大者也可做几个把手，如图 3-53 所示。

表 3-12 法兰端面平行度允许偏差

管子的公称直径	允许偏差 $\Delta S = S_2 - S_1 / \text{mm}$		
	$< 16 \times 10 \text{MPa}$	$(16 \sim 40) \times 10 \text{MPa}$	$> 40 \times 10 \text{MPa}$
< 100	0.2	0.1	0.05
> 100	0.3	0.15	0.05

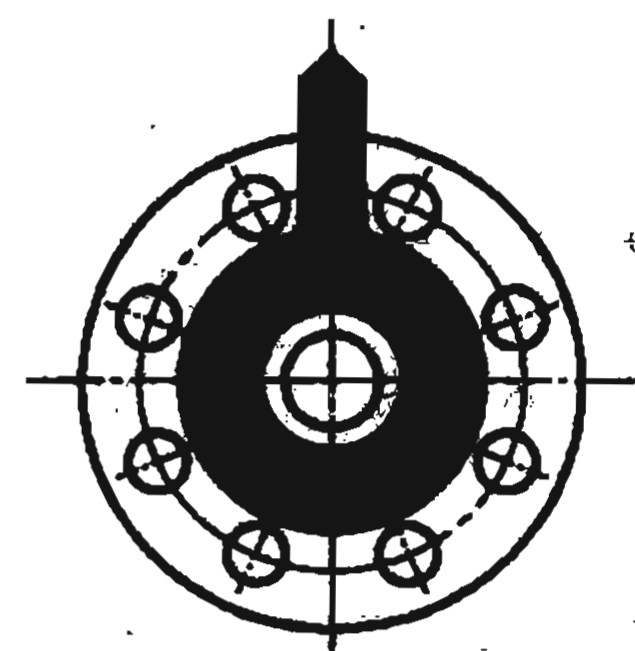


图 3-53 垫片的形状

⑤ 螺栓中心偏差不大于法兰外径的 $1.5/1000$ ，且不大于 2mm ，以保证螺栓能自由穿入。螺栓的规格应相同，安装方向应一致；每个螺栓加垫片不应超过一个；紧固时应对称均匀地进行，紧固后的螺栓六角头端面应和法兰之间没有楔缝，螺栓外露长度不大于 2 倍螺距（一般露 3~4 个螺纹）；法兰每一螺孔加一螺栓，不得少安装，也不能用已滑丝的螺栓。

⑥ 工作温度高于 100°C 的管路，螺栓的螺纹部分及密封垫的两平面均应涂以机油和石墨粉的调和物，以免日久难以拆卸。

二、螺纹连接

螺纹连接特点：可拆性连接，一管段的装拆一定程度上影响其他管段装拆。

管路的螺纹连接适用于：

- ① 水、煤气钢管、公称直径不大的自来水管路，以及一些化工机器的润滑油路中；
- ② 带有管螺纹的阀门、设备和管件等；
- ③ 管子的公称直径不大于 65mm ，介质公称压力不大于 1MPa ，温度在 200°C 以下的管路。

螺纹连接的管子，两端都加工有螺纹，通过带内螺纹的管件或阀门，将管子连接成管路。如图 3-54 所示。管子端部的螺纹通常采用英制圆柱管螺纹或英制圆锥管螺纹。

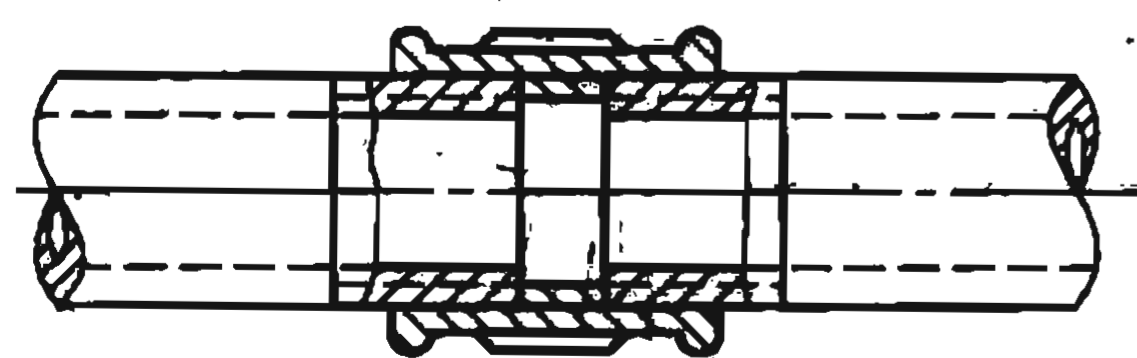


图 3-54 内牙管连接

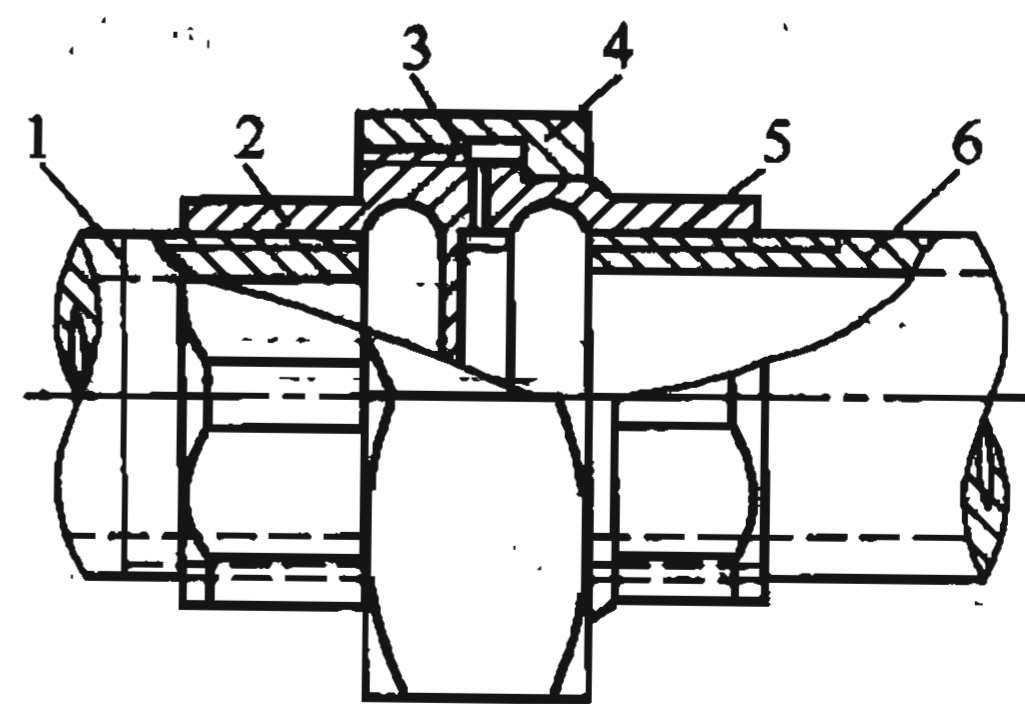


图 3-55 活管节连接

1, 6—管子接头；2, 5—主节；3—垫片；4—活套接

在进行圆柱管螺纹连接时，为了保证螺纹连接的密封性，管口螺纹必须缠绕加铅油的油麻丝、加铅油的石棉绳或聚四氟乙烯生料带填料。缠绕填料应从管口起，缠绕方向应与螺纹的方向一致，即压紧绳头以免与内螺纹连接相对转动时被推掉。

圆锥管螺纹在连接时，不加填料，只在螺纹上涂铅油即可。

在螺纹连接的管路中，为了便于管路的拆卸，在管路的适当部位应采用活管节连接，如图 3-55 所示。活管节的两个主节分别与两节管子的端头用螺纹连接起来，在两主节间放垫片，然后用套合节将两主节连接起来，并将软垫片挤压紧，形成密封。

管螺纹连接时，不仅要求拧紧，还必须考虑管件或配件的方向和位置等。如方向不正确，不允许用松扣（倒拧）的办法进行调整。

管螺纹连接泄漏的主要原因如下：

- ① 管螺纹加工质量差；
- ② 配件或设备上的管螺纹不符合要求；
- ③ 填料选用不当或填料密封不紧；
- ④ 连接时倒拧。

三、承插连接

承插连接装拆特点：可拆性连接，一管段的装拆影响其他管段装拆。

承插连接适用于铸铁管和非金属管（耐酸陶瓷管、塑料管、玻璃管等），用于对密封要求不太高的管路中，其连接方法如图 3-56 所示。

为了增加承插连接的密封性，在承口和插口之间的环形间隙要均匀，间隙中应充填密封填料。对于铸铁管，应首先以缠绕的方式填塞三分之二的油麻绳，然后再填入三分之一承口长度的石棉水泥（石棉 30%、水泥 70%）；在重要的场合下，则应填软铅，并将其打紧。最后在填料外面的接口处涂一层沥青防腐层。

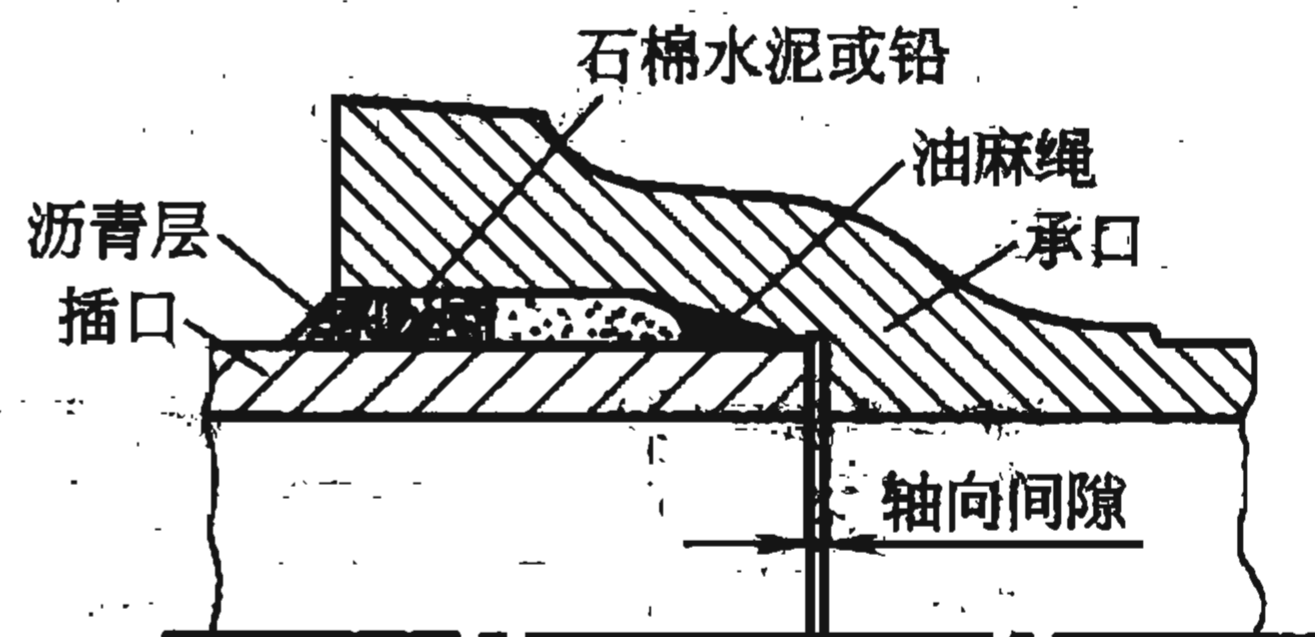


图 3-56 承插连接

对于耐酸陶瓷管、玻璃管等，应先填塞油麻绳，再填塞水泥或沥青。管路实行承插连接时，相邻两管节的轴线允许有少量的弯曲，仍能保持其密封性。充填密封材料深度见表 3-13。

表 3-13 铸铁管承插连接充填密封材料的深度

管 径	75~300	350~600	800~1000
充填油麻绳的深度	50	60	70
充填铅或水泥的深度	25	30	35

承插连接的管路在承口和插口的接头处应留有一定的轴向间隙，以便用来补偿管路受热后的伸长。其轴向间隙的大小见表 3-14。

表 3-14 承插连接的轴向间隙

管径	50~75	100~250	300~600	700~800	800~1000
间隙	3	5	6	7	8

但是，承插连接与其他形式的连接相比较，可靠性较小，只适用于低压管路，并且在拆卸时比较困难。

四、焊接连接

焊接连接在化工管路中的应用非常广泛，其优点是连接强度高，气密性好，维修工作量少。焊接连接可用于各种压力和温度条件下的管路，特别是在高温高压管路中焊接连接已日益增多。

焊接连接装拆特点：不可拆性连接，不适于经常装拆维修的管段。

管路的焊接可分为中低压管路的焊接和高压管路的焊接两种，焊接一般分电弧焊接和氧乙炔焰焊接。电弧焊接较氧乙炔焰焊接经济且强度高，应尽可能采用。氧乙炔焰焊接一般只适用于公称直径不大于 80mm、壁厚不大于 3.5mm 的管子。

电弧焊接的操作程序如下。

① 选择焊条。电弧焊接一些重要的管路时，焊条应选用 T422、T427、T507 等，其他一般采用 T38。

② 打坡口及清理和清洗坡口。电弧焊接的管端要开出坡口，坡口及其周围 10~20mm 范围内的内、外表面，应除净铁锈、油污及其他杂质等，直到露出金属光泽。

③ 组对管子。保证两端管子在同一中心线上，管子在焊接前应进行精确的组对。组对时可采用定心夹持器，定心夹持器的结构如图 3-57 所示。组对时，常常对两直管段、垂直管段或三通进行找正校验，以达到正确安装。找正方法如图 3-58、图 3-59 所示。

④ 焊接。焊接时应先用点焊定位，焊点应在圆周均布，然后经检查其位置正确后，方可正式焊接。

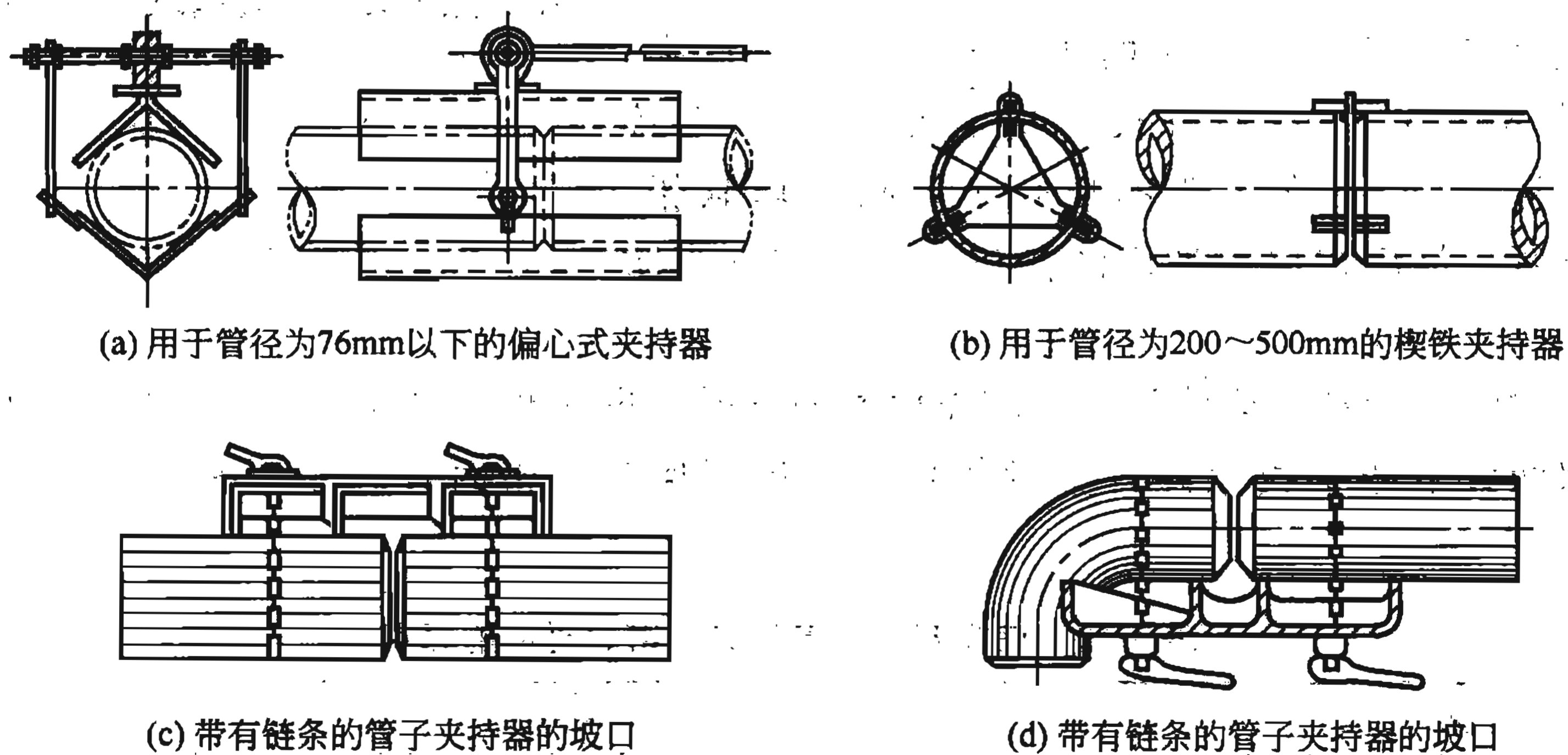


图 3-57 管子组对用的定心夹持器

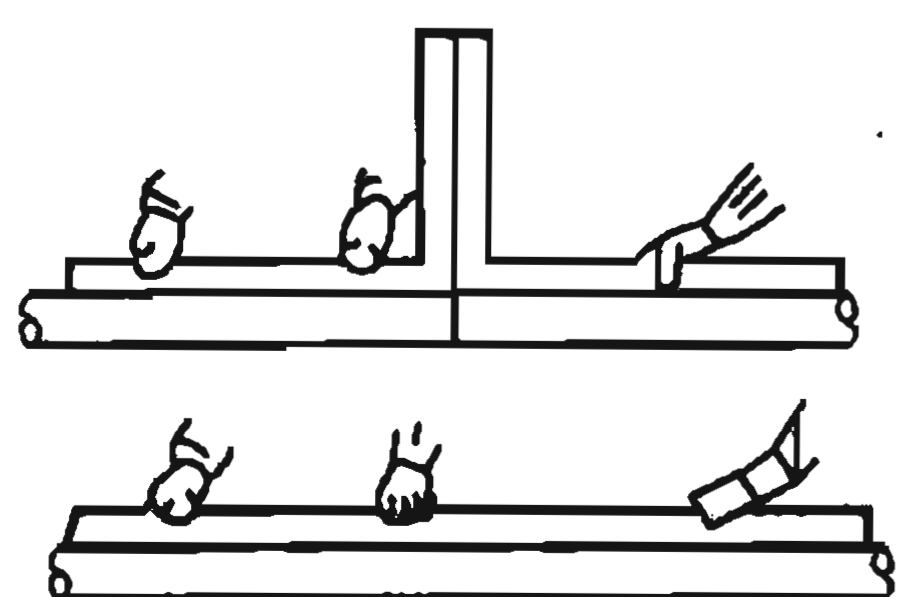


图 3-58 直管段焊接口组对

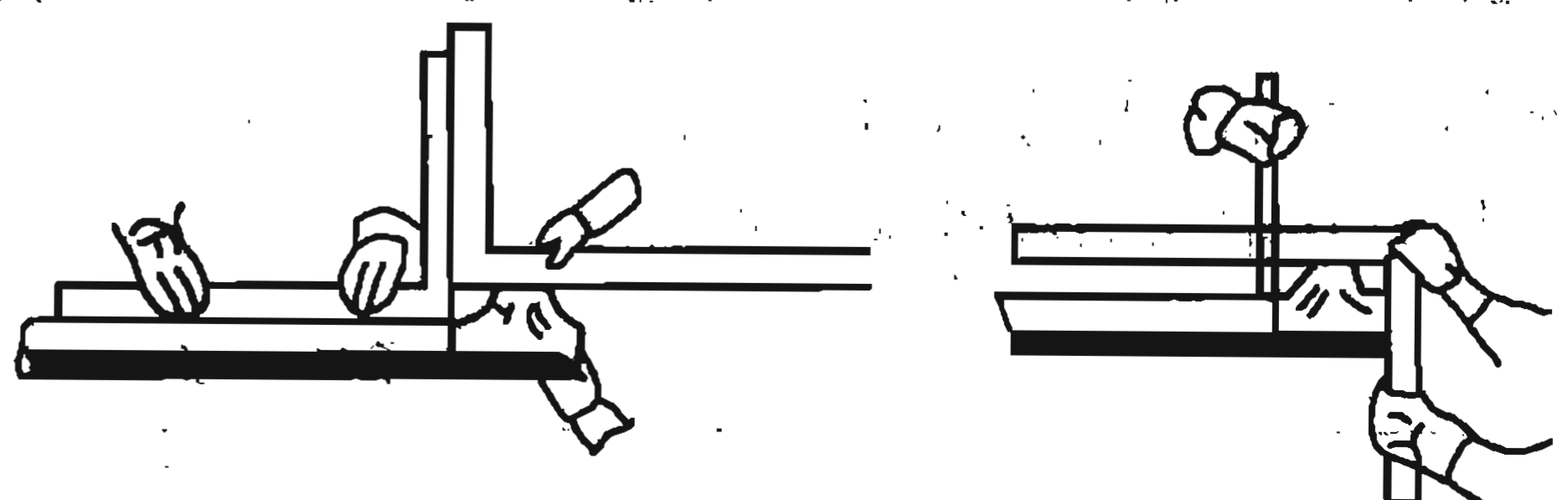


图 3-59 直管与 90°弯及三通焊接口组对

管路焊接时一般注意事项:

① 冬季焊接时,通常焊前预热、焊后用石棉板覆盖保温或热处理,防止焊缝冷却过快,材料脆性增大;

② 高压管路的焊缝应避免弯曲部分,1m 长的范围内不允许有两条焊缝,增强管路使用的安全性;

③ 高压管路的焊缝应进行无损探伤抽查,例如 X 射线拍片检查等,以保证焊缝的质量。

五、粘接

粘接是使用多种有机树脂等粘接剂对材料及管路连接的一种方法。其方便快捷,常用于常压管路的粘接。

粘接的材料不同,需选择不同的粘接剂。

分课题四 管路敷设

管路敷设施工管理全过程按阶段可划分为施工准备、施工、交工验收三个阶段。交工验收在检修课题中讲述。

一、管路工程施工准备

管路工程施工准备包括:技术准备、施工现场准备、施工机具材料及配件准备和管路工程开工及检修前的准备工作。检修前的准备工作在后面的检修课题中讲述。

1. 技术准备

施工组织管理是技术准备的核心,它是指导施工准备和组织施工的全面性的技术、经济文件,是指导现场施工的法规。

施工组织管理形成以下文件:工程情况概述;施工力量,技术资源拥有情况分析;工程量一览表;施工顺序、施工进度计划和施工方法;劳动力、材料、成品、半成品、设备、施工机械的需求计划;施工用水、用电和其他能源的需要量计划;施工平面图等。有时还要具体施工准备、安全施工技术、质量检查保证计划措施。

施工方法是技术合理性的标志,施工做到可行性、先进性、经济性。施工方要了解图纸资料、工艺流程等,培训施工人员,确保人员技术及安全。落实水电等来源、停运、动土、动火、道路等施工现场条件施工可行性;保证施工工艺简单、劳动强度较轻、劳动力和机械台班用量不多、材料消耗少、工程质量高、工程施工进度快等的施工工艺的先进性;施工方法的经济性,表现在施工方法所消耗的人力、技术资源的经济性上,还包括由于提前竣工对施工单位带来的经济利益和早日投入生产所带来的社会效益。

施工可行性的保证是工程施工进度计划的编制。施工进度计划有平行流水作业进度计划和工程施工网络图两种。

(1) 平行流水作业进度计划 平行流水作业包括流水作业和平行作业两方面内容。流水作业是指不同工种的工人,按照施工顺序,依次在某工程相同部位连续进行施工;平行作业就是同一时间内,不同工种的工人在不同工程部位进行施工。

(2) 工程施工网络图 所谓网络计划图,就是以生产(工作)任务所需时间为基础,用网络计划图的形式来表示生产(工作)中各工序之间的相互关系和整个计划,通过数字计

算，找出影响生产任务的关键路线和工序，并利用可利用的时间潜力，据以选择最优方案，能对计划作出统筹安排，科学地组织生产。网络计划图常以模型安装法进行必要的时间核定。

模型安装法是把整个工程按比例缩小，其中的设备及装置严格保持其标高，所有的联系管线上均装有按比例缩小的阀件。每条管线均按通过的介质涂以规定的颜色，并标明应有的标号。再依照模型按管路工艺流程安装管路组合件，并在组合件上涂色及标号。

模型法安装管路具有下述的优点：

- ① 方便审视，以发现设计中管线不尽合理的布局，直观确定管路安装的合理工序；
- ② 采用模型法预制管路组合件，依照模型现场安装，比现场制作安装提高工效1.52倍。

流水作业进度表能明显地反映施工过程中各工序的起讫及开工的一般顺序，应用起来比较方便。但看不出各个施工过程提前完工或延误工期对其他施工工序的影响。施工过程很多，工序连接和工种交叉情况又较复杂时，这种表格表达方式的缺点就更为明显。若采用网络计划图，就能避免流水作业进度表存在的缺点。

2. 施工现场准备

施工现场准备的原则是力求方便施工、保证安全，设置必要的施工指挥部办公室、休息室、作业工棚、检修用的大型机具材料的堆放场及按照防火防毒要求配备消防器具、防毒器材。技术交底与安全交底是重要的内容。

(1) 技术交底 为使施工的所有人员，明了担负工程任务的特点、技术要求、施工工艺等，做到人人心中有数，便于有计划有组织地完成施工任务，施工前必须认真做好技术交底工作。根据工程的规模和技术复杂程度，技术交底工作一般分四级进行。

第一级到第三级，公司总工程师、工程处（工区）主任工程师或技术队长及相关职能部门负责人（队技术员、工长、质量员、安全员等）、工长（班组长）逐级交底。

第四级，由工长或技术员向班组进行交底，这是最基层的技术交底；除口头交底外，必须进行书面交底，必要时需用示范操作方法进行交底。提出质量要求、操作要点及注意事项，制订出保证质量、安全的技术措施。

(2) 安全交底 对施工连接是酸碱腐蚀性、易燃易爆、有毒有害、高温高压等介质的管路，进行操作与防护方法的安全交底，方可施工。

3. 施工机具、材料及配件准备

施工机具完好，安全可靠；施工材料、配件必须全部合格、配齐，并应略有富余；材料存放堆放整齐、牢靠。不合格的材料严禁运至现场。

二、管路敷设的安装施工

化工管路的布置和安装质量直接影响着装置的生产效率、产品质量、工艺操作、安全生产以及管路的使用寿命。管路安装工作中，特别重视管路的合理布置和安装技术要求。施工工序间存在一定的工艺顺序关系，生产工艺顺序关系决定了施工顺序。

1. 施工顺序

① 对大型建设工程，给水厂、各类动力站房、输配水干线及各种动力管网，应先行竣工，以保证生产的需要和满足施工要求。

② 根据工艺要求确定，使企业能尽早地进行部分产品或部件的生产。

③ 系统服务的生产辅助工程，如锅炉房、水泵站、动力站等，应根据技术和经济因素，决定一次建成或是分期分批建设。

④ 施工顺序还应根据工程本身特点确定。例如，室外排水管路的施工，应先从全线的下游和出口部位开始；而室内雨排水管路的施工则先从屋面天沟（或檐沟）雨水承接斗开始，然后依次安装悬吊管、连接管、雨水立管及地下排出管。

⑤ 工程和工种技术确定单位工程施工顺序。水泵的安装应先进行设备基础施工，再进行设备的吊装，找正稳固，最后才能进行配管。

2. 管路布置一般规定

① 布置管路时，应对全装置所有管路（工艺管路、热力管路、仪表管路等）及电缆等全盘规划。

② 管底距车行通道路面的高度一般不能小于 4.0m；距人行通道路面的高度不能小于 2.2m；距铁道路轨面的高度不能小于 6m。管廊下布置有泵和其他设备时，管廊下层管子管底标高一般不应低于 4m；管廊上下两层管路标高差一般采用 1m，1.1m 或 1.4m。沿建筑物敷设的管路应考虑不挡门、窗。埋地管路的敷设深度应在冻土层以下。

③ 布置管路时，不能妨碍设备、阀门附件以及吊车、行车的操作和检修；塔和容器附近的管路不能从人孔、手孔或其他开孔的正前方通过；尽量避免通过电动机、配电盘、仪表盘的上空。

④ 管路间距要求规定：带法兰不保温管路的管间距，应按其突出部分净空不小于 50mm；无法兰不保温、保温、保冷管路的管间距，按其突出部分之间的净空不小于 80mm；管子的最突出部分（包括管件、阀件、其他附件、保温及保冷层等）与墙壁、柱边及管架横梁端部的距离均不应小于 100mm。

⑤ 管路在管架上排列时，应考虑下列因素：重量较大的管路应靠近管架支柱，使管架支柱两侧的负荷均匀；输送冷冻介质的管路不应和不保温的热介质管路布置在一起；架空分层排列时，辅助系统管线，一般应布置在上层；输送腐蚀性介质的管路、泵的吸入管路，一般应布置在下层。

⑥ 应尽量避免“气袋”、“口袋”、“盲肠”的布置，如图 3-60 所示。



图 3-60 “气袋”、“口袋”、“盲肠”布置

⑦ 装置内工艺管路和热力管路尽可能采用架空敷设，以便于操作和检修；如不能架空敷设时（如离心泵的吸入管），也可埋地或在地沟内敷设。

⑧ 布置管路时，管架间距应根据管架上大多数管路的允许跨度而定；对其中少数允许跨度小于管架间距的小管，可将其布置在大管附近并支持在大管上。管路跨度如表 3-15 所示。

3. 管路敷设方式

工业管路的敷设方式分为明装和暗装两大类。

表 3-15 管路一般跨度

公称直径/mm	无保温层时的跨度/m	有保温层时的跨度/m	公称直径/mm	无保温层时的跨度/m	有保温层时的跨度/m
25~50	4~5	2~3.5	200	7~9	7~8
70	5~5.5	2.5~4.0	250	7~10	7~9
100	6~7	3~3.5	300	7~11	7~10
125	6~7.5	3.5~6	350	7~11.5	7~10.5
150	7~8	4.5~7	400	7~11.5	7~10.5

(1) 明装 明装主要是架空敷设，这是石化行业采用的最普遍的管路敷设方式，安装时将管路敷设在架空的支、吊架上，支架是对管路起承托、导向和固定作用的。按材料来分，主要有钢支架、混凝土支架等；按力学特点，可分为刚性支架、柔性支架和半铰接支架；按支架的用途可分为活动支架和固定支架。架空敷设的优点是：

- ① 适用于输送任何介质的管路；
- ② 便于安装和检修；
- ③ 可根据管路外表的涂色，识别该管路输送何种介质；
- ④ 可避免形成死角，便于最低点设置排放阀，最高点设置放空阀。

其缺点是占用空间位置多，热损失较大，安装成本较高。

明装管路的敷设方式有：

① 厂房内要求立管紧贴墙壁敷设，横管应让过立管沿墙敷设，采用横管支架的形式如图 3-61 所示；

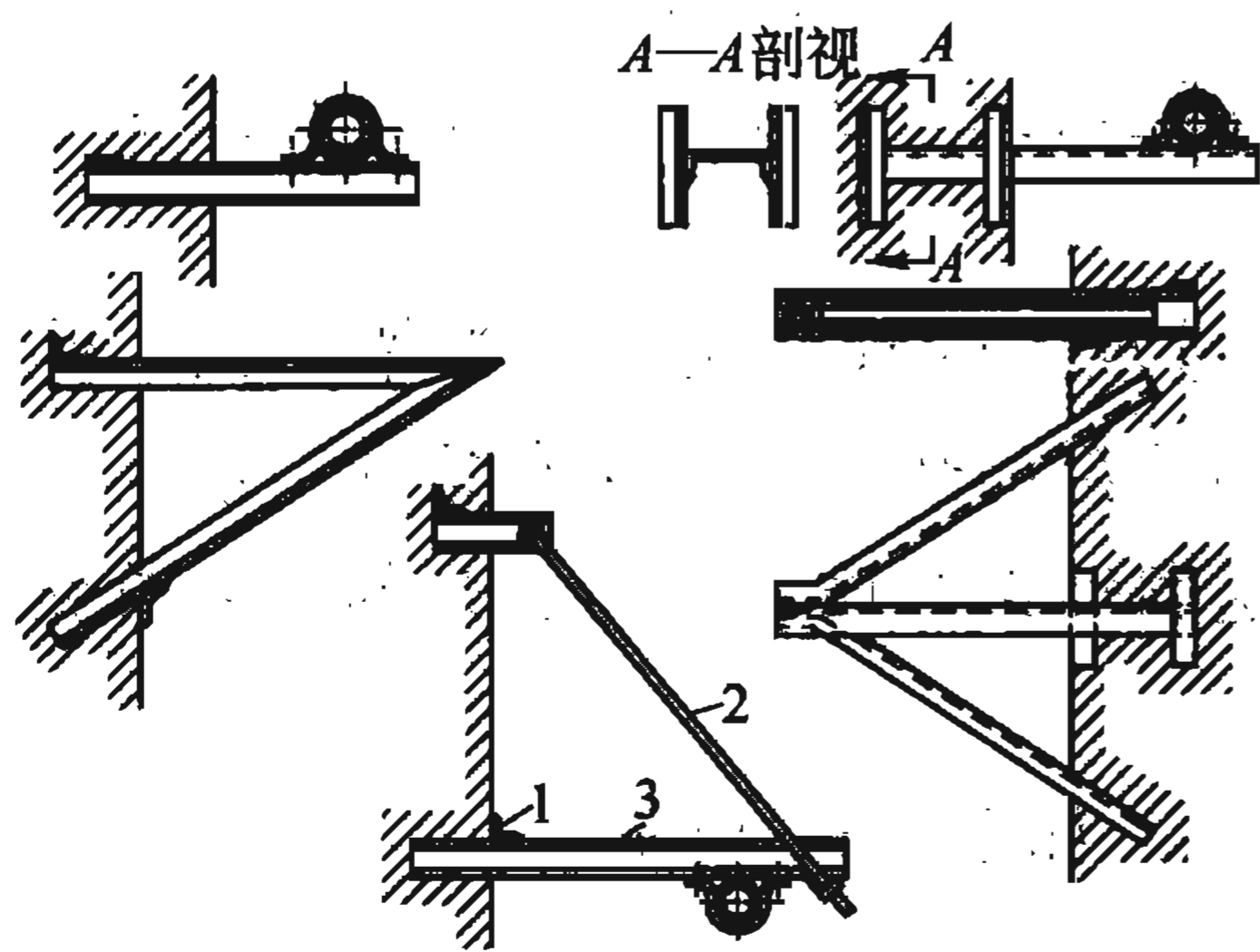


图 3-61 管路支架形式

1—角钢；2—钢筋拉杆；3—悬桁

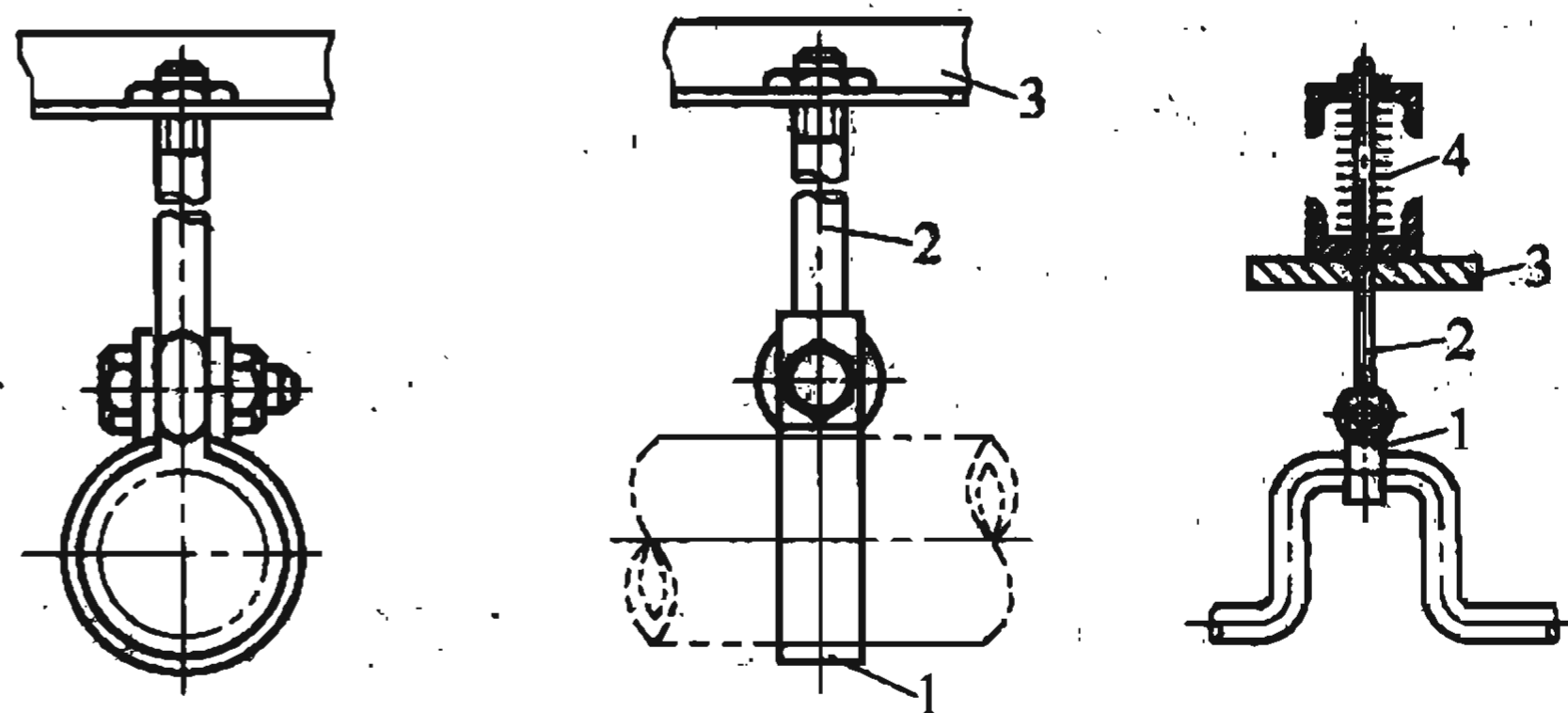


图 3-62 吊架形式

1—管卡；2—吊杆；3—支承结构；4—弹簧

② 楼板下敷设要求管路沿主梁敷设，以避免管路吊在楼板上而使楼板受集中载荷，但小直径管路，每个吊架的负荷不超过 100kg 时，可以吊在楼板下，吊架形式如图 3-62 所示；

③ 靠柱子敷设对管路是较适宜的，特别是蒸汽、水、压缩空气等辅助管路的总管；

④ 高大的钢制设备垂直敷设，操作平台上的设备、阀门、仪表连接的管路，可沿操作台旁或台下进行敷设，使用管卡如图 3-63~图 3-65 所示，使用多个固定管卡，可均匀分配固定管卡间的热膨胀的补偿量，固定管卡如图 3-64 所示；

⑤ 缩短管路的长度，可沿地面或楼面敷设，但应安装在较隐蔽的地方，以避免挡路、妨碍操作，常使用活动支架（管托），如图 3-66~图 3-68 所示；

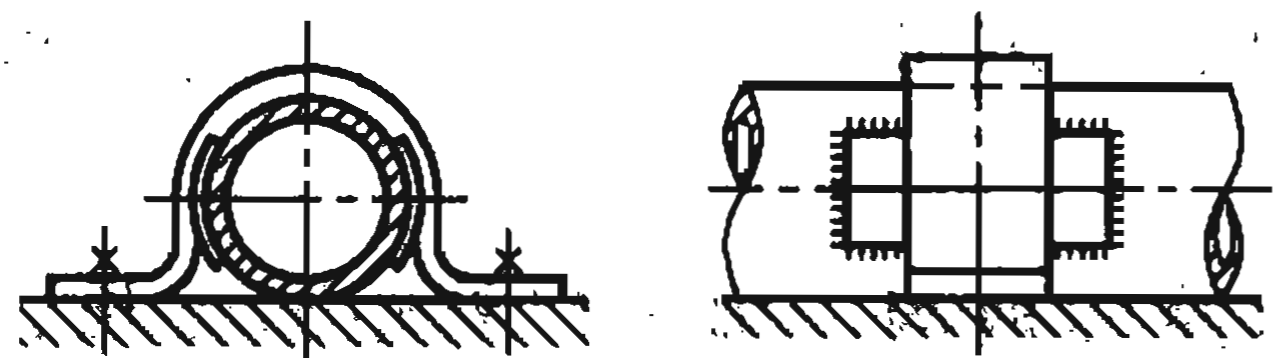


图 3-63 钢带固定管卡

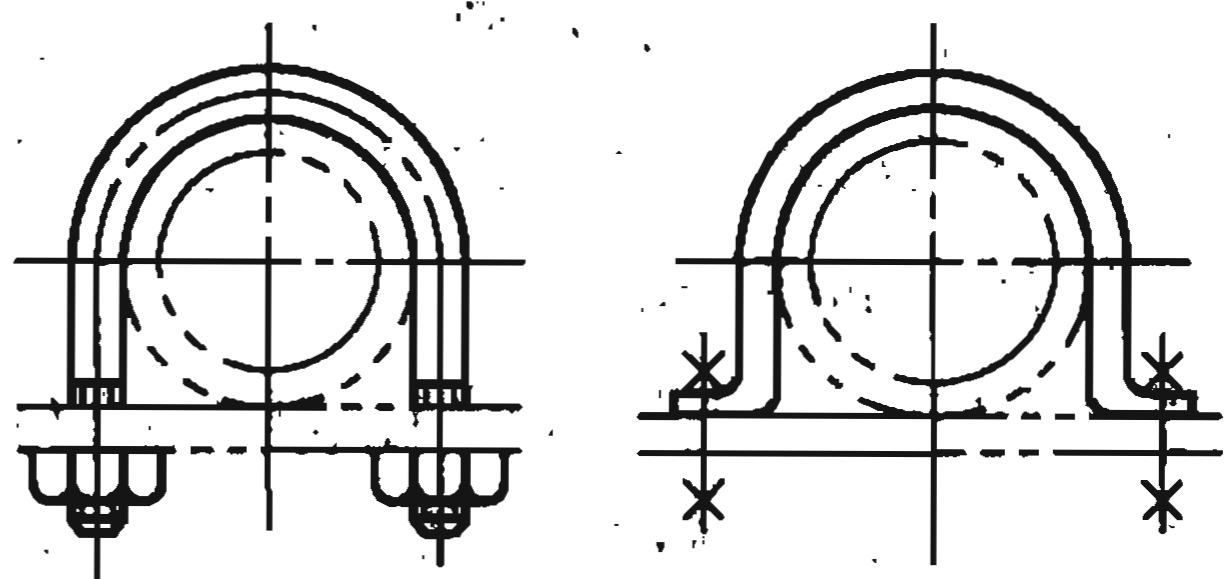


图 3-64 圆钢及扁钢固定管卡

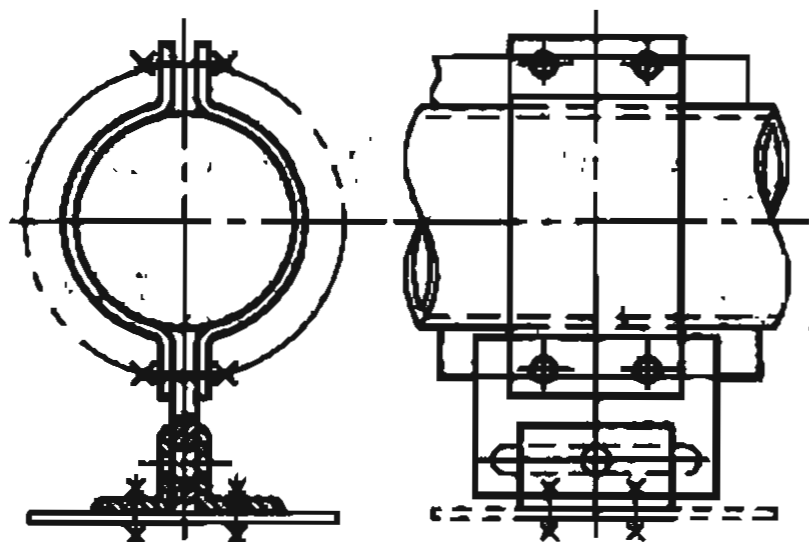


图 3-65 活动管卡

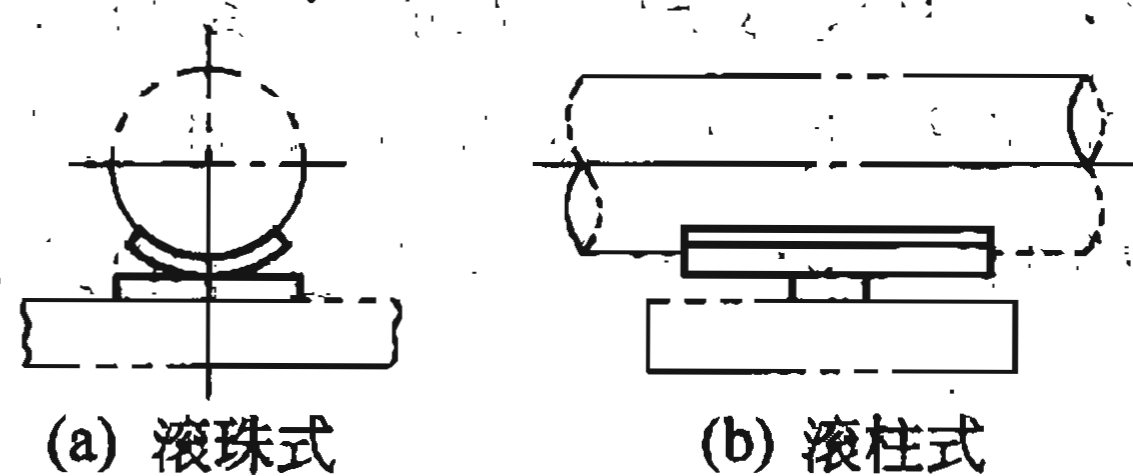


图 3-66 弧形板低滑支架

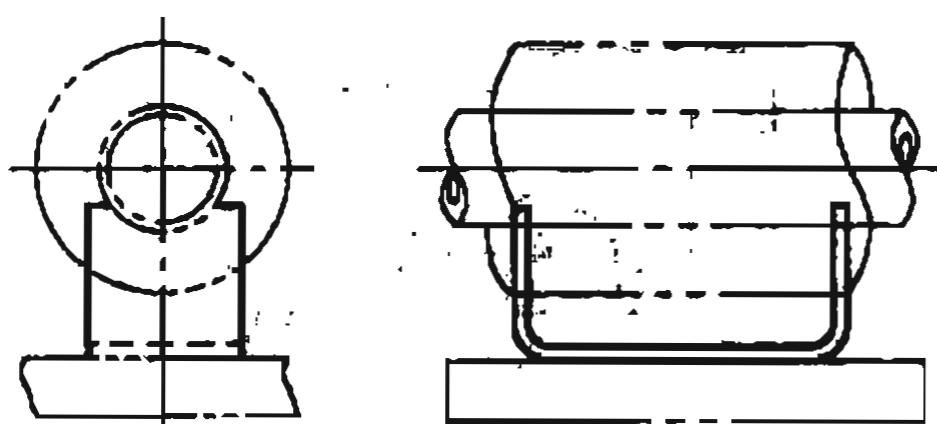


图 3-67 高滑支架

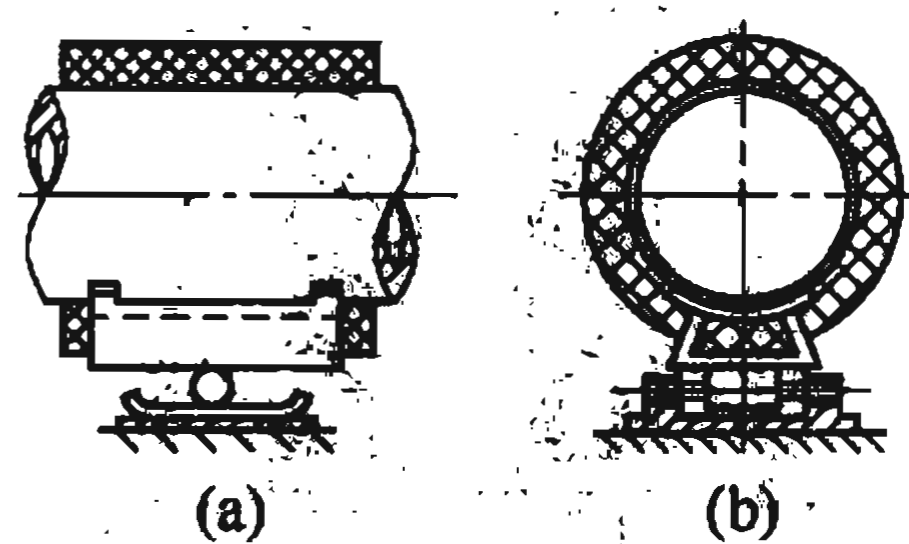
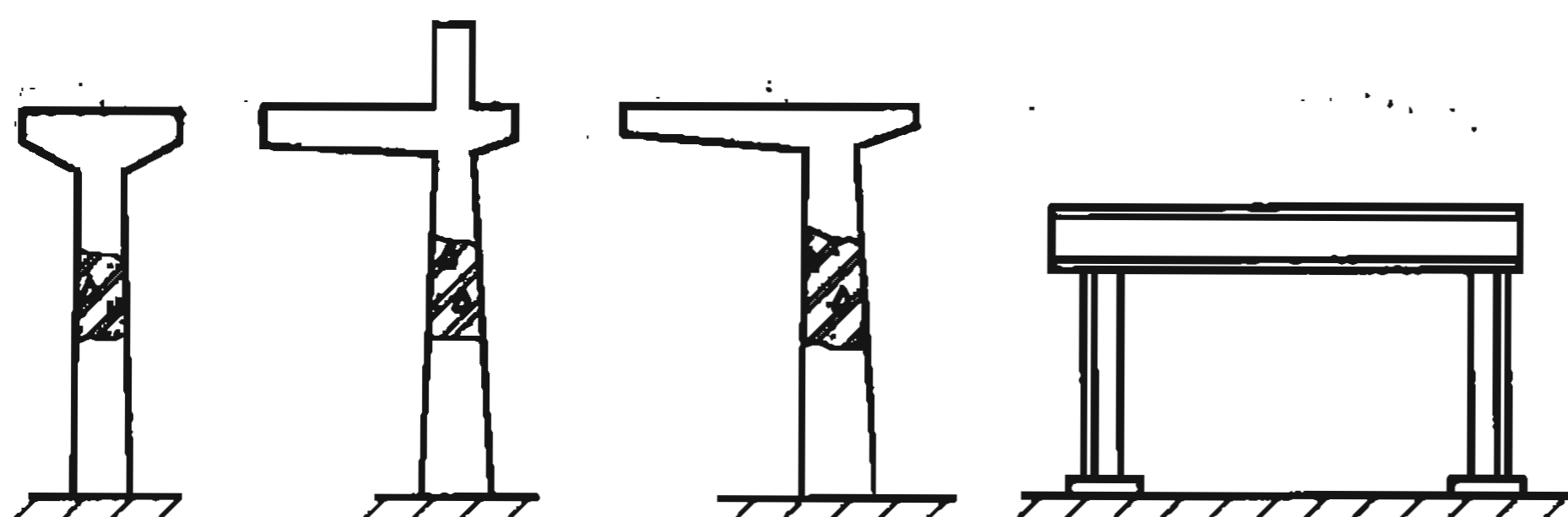


图 3-68 滚动支架



(a) 混凝土结构支架

(b) 钢结构支架

图 3-69 管路支架

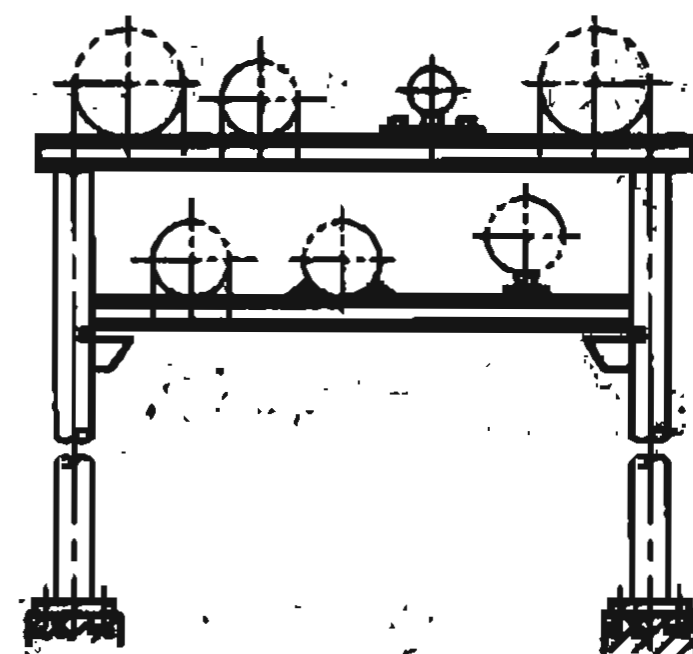


图 3-70 管廊安装管路

⑥ 管路按上述的方法敷设有困难时，应设置专门的独立管架，如独柱支架、桁架式支架、龙门式支架和塔架等，或用管廊安装管路，如图 3-69 和图 3-70 所示。

(2) 暗装 工业管路暗装可分为埋地敷设、管沟中敷设和墙内敷设。

① 埋地敷设。在石化企业中，一般给排水管宜选用埋地敷设。埋地敷设适用于常温介质管路。有保温层的管路，应外包以混凝土及沥青层，以便提高其抗压及防水的能力。若无防水层，埋设时管子最低点应高出地下水位 500mm，管子的最高点距地面应大于 500mm，如图 3-71 所示。

管路埋地敷设时应注意以下几点：

- 支持管路的地基或基础须经检查合格后，才能进行安装；
- 地下管线须经强度及严密性试验合格，并经防腐才能回填土；
- 距管路两侧和管顶 200 mm 以内的回填土层中，不应夹杂有石块、砖头等硬物；

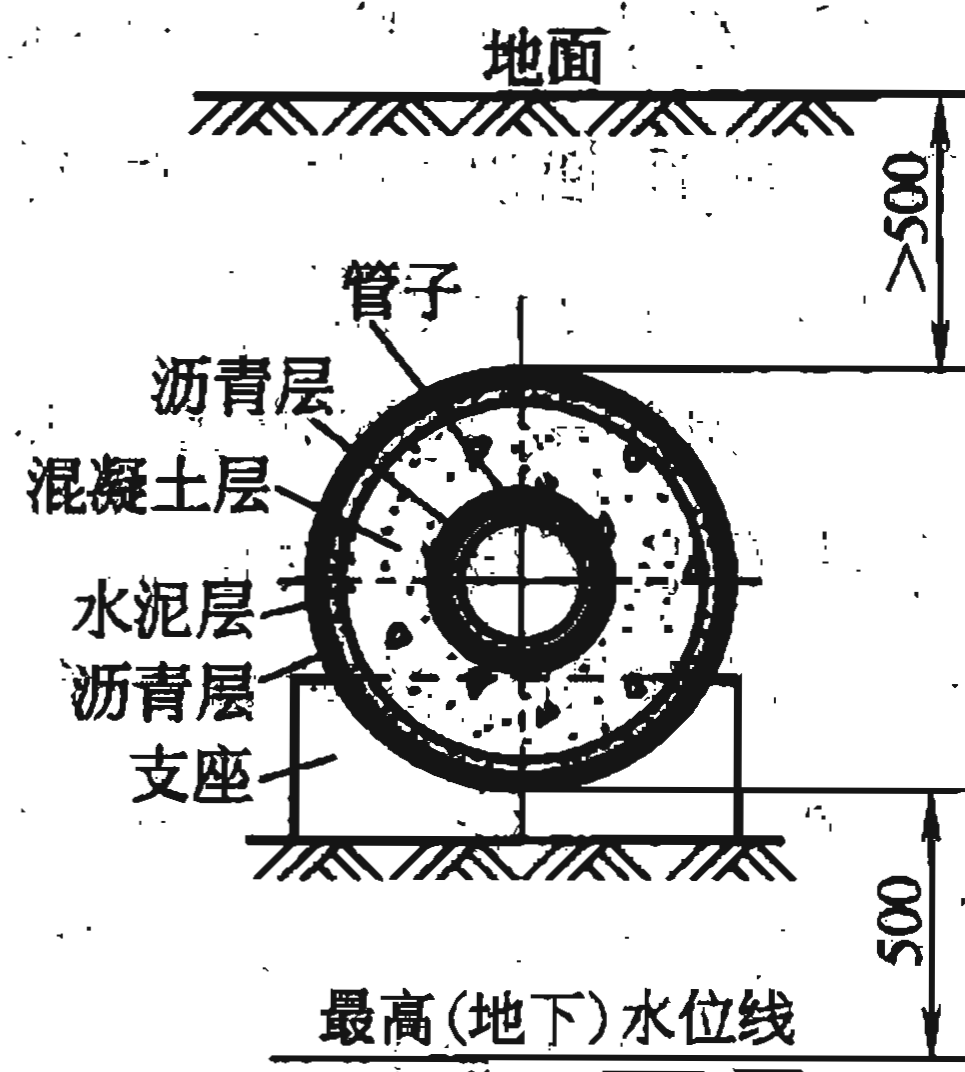


图 3-71 埋地敷设

d. 回填土时，管路两侧应同时覆土夯实，以防止管路单向受力而产生中心位移。

② 管沟中敷设。当管路不宜于埋地或沿地面敷设，又不可能架空敷设时，可敷设在管沟中。管沟有三种形式。

a. 通人地沟，即人可站在沟中进行安装、检修管路的地沟。用于户外距离较长、管路数量较多经常检修的管路，如图 3-72 所示。

b. 不通人地沟，即人不能站在沟中进行安装、检修管路的地沟。这种地沟适用于管线数量较少、距离较短、无需检修的管路，如图 3-73 所示。

c. 半通行地沟，即介于可通行与不通行之间的地沟。这种地沟敷设管线较多、较长、可经常检修、并位于不经常通行的地面下，以便检修管路打开沟盖时，不致妨碍交通或其他设施。

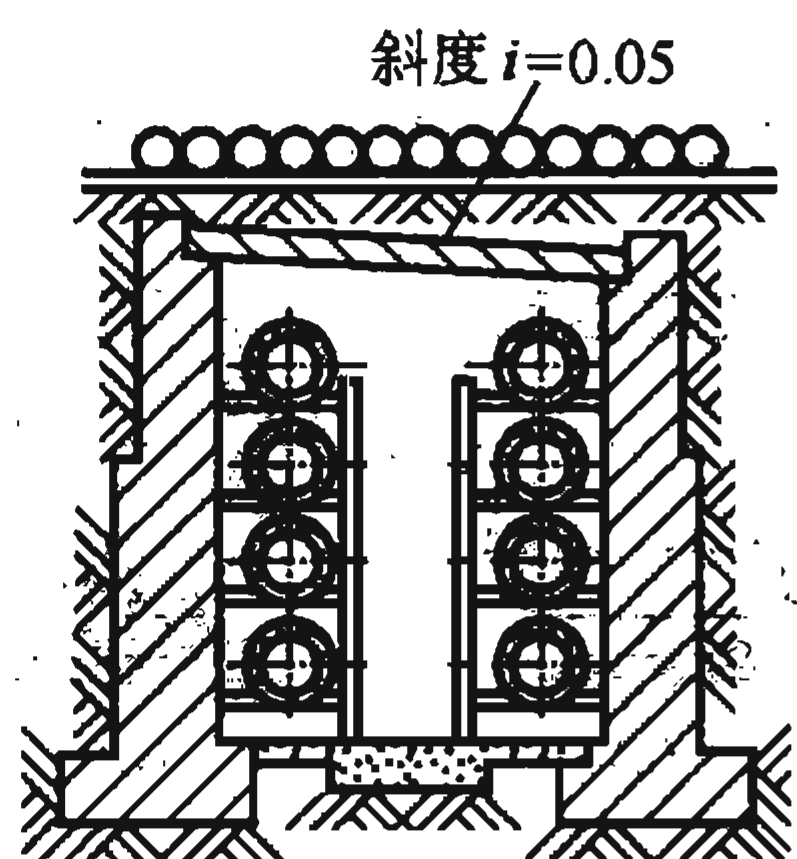


图 3-72 通人地沟

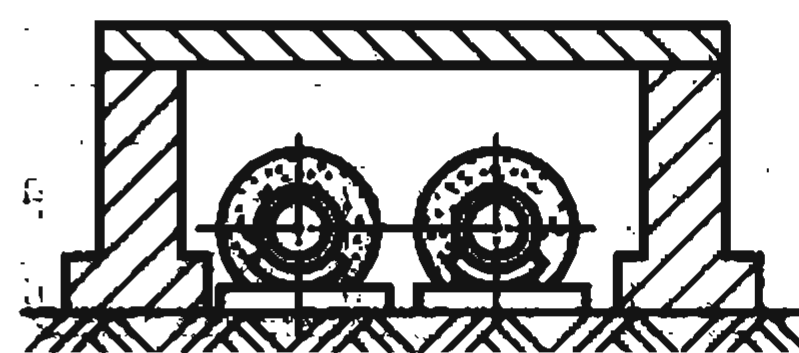


图 3-73 不通人地沟

③ 墙内敷设。对于要求较高的建筑物，其内部的供、排水和采暖管路系统，常采用墙内敷设的形式。

三、配管注意事项

1. 放空阀、排污阀、安全阀等阀门的设置

在任何一段高低不一的中、高压管路上，一般都要设置放空阀、排污阀、安全阀。根据管路控制功能的不同，还要设置一些其他控制功能的阀门。

(1) 阀门安装前的检查

① 核对型号与规格是否符合设计要求，核对介质对填料、启闭件材料的要求。

② 安装前应检查阀杆和阀盘是否灵活，无卡住和歪斜现象。阀体的强度及阀盘关闭严密性，须作强度试验和严密性试验。

(2) 阀门安装的注意事项

① 阀门安装的位置不应妨碍设备、管路及阀门本身的拆装、检修，并方便操作。阀门操作柄安装高度一般距地面 1~1.2m 为宜；操作较多的阀门，必须安装在距操作面 1.8m 以上时，设置固定的操作平台。

阀门尽可能集中，错开布置，以便于操作。水平管路上的阀门，阀杆垂直向上、向左右偏 45°或水平安装。垂直管路上的阀门中心线标高最好一致。

② 阀门在搬运吊装时，绳索应拴在阀体与阀盖的连接法兰处，不允许吊起手轮或阀杆，以免损坏阀杆与手轮。

③ 阀门重量大、启闭动力大、机器设备的管路接口阀门，应设置阀门支架。

④ 安装时阀门应保持关闭状态，并注意阀门的特性及介质流向。

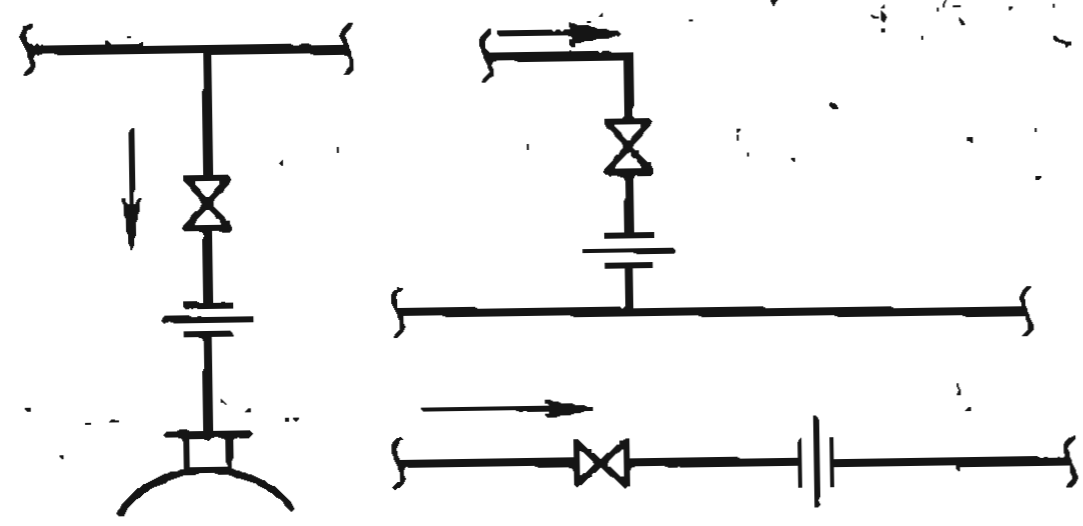


图 3-74 活接头安装位置图

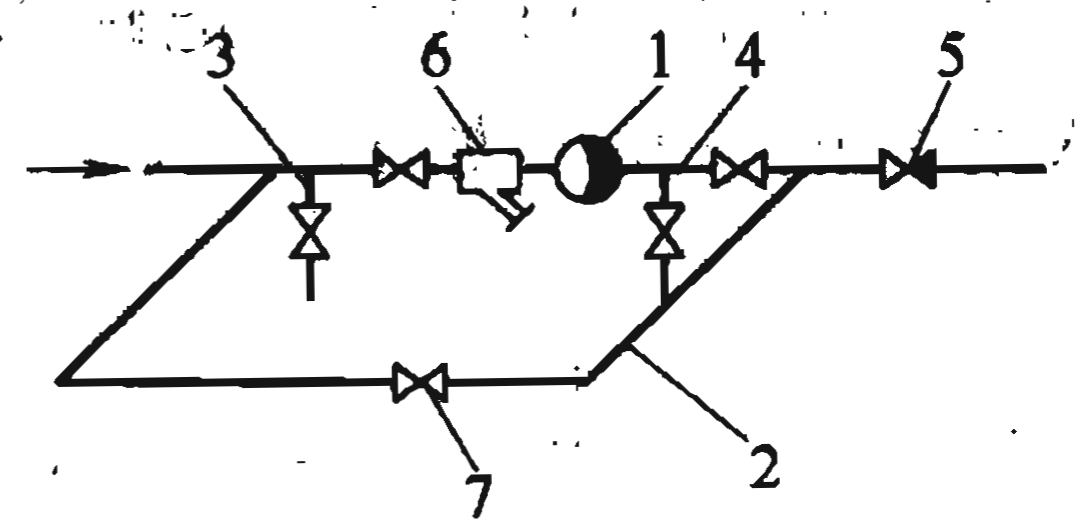


图 3-75 疏水阀组装示意图

1—疏水阀；2—旁通管；3—冲洗管；4—检查管；5—止回阀；6—过滤器；7—截止阀

⑤ 安装不得强行拧紧法兰连接螺栓，拧紧时，最好用扳手卡住阀门两端的六方体，以防止阀体的变形或损坏。

⑥ 对螺纹式连接阀门，应保证螺纹完整无缺。安装螺纹式连接阀门时，在阀门的出口处，应加装活接头，以便拆装，活接头安装位置如图 3-74 所示。

(3) 截止阀、闸阀、旋塞阀、隔膜阀、止回阀安装 截止阀的阀体左右两侧不对称，安装时必须注意流体的流向。流体由下向上流经阀盘（俗称低进高出）阀体内腔，目的是减少流体的阻力，开启省力；关闭后填料不与介质接触，避免填料长期处在受压和被浸泡的状态下，便于检修阀门。

安装闸阀、旋塞、隔膜阀时，因为阀体内腔两侧对称，允许介质从任意一端流入或流出。但注意明杆式闸阀不宜装在地下，以防阀杆锈蚀。

安装止回阀时，必须特别注意介质的流向，才能保证阀盘能自动开启。对于直通升降式止回阀，应水平安装，要求阀盘垂直中心线与水平面互相垂直，以保证阀盘升降灵活，工作可靠；对于旋启式止回阀，只要求保证摇板的旋转枢轴水平，所以旋启式止回阀和立式升降式止回阀，可装在水平或介质由下向上流动的垂直管路上。

(4) 疏水阀安装 疏水阀组装示意图如图 3-75 所示，尽量靠近用热设备或管路及凝结水排出器之下；阀体的垂直中心线与水平面应互相垂直，不可倾斜，以利排水阻气，并使介质的流动方向与阀体一致。要安装在便于检修的地方，应注意安排好旁通管、冲洗管、检查管、止回阀和过滤器等的位置，并装设必要的法兰或活接头，便于检修时拆卸。

旁通管的作用是在管路开始运行时排放大量的凝结水。运行中，检修疏水阀时，用旁通管排放凝结水是不适宜的，因为这样会使蒸汽窜入回水系统，影响其他用热设备和管网回水压力的平衡。所以一般在中、小型采暖、供热设备蒸汽管路疏水中，可以不装旁通管。而对必须连续生产及对加热温度有严格要求的生产用热设备，则应安装旁通管。

冲洗管的作用是冲洗管路。如疏水阀本身已经有了启动疏水管，就不必再安装冲洗管了。冲洗管也可向上安装。

检查管的作用是检查疏水阀的工作情况。如排出管直接接至明沟，并且排出口到疏水阀的距离又很短，可以看到排出口的排水情况，可以不装检查管。冲洗管和检查管排出的水都应排至排水沟。

止回阀在这里的作用是防止回水管网窜汽后压力升高，甚至超过供热系统的使用压力，致使汽、液倒流。

过滤器的作用是阻挡污物进入疏水阀，所以又叫除污器。

疏水阀组既可安装在集水管上，又可安装在低于或高于设备的管路上。在这三种形式的组装过程中，又可分带旁通或不带旁通，水平安装或垂直安装，还可以把疏水阀并联起来安

装，以增加疏水量，但切不可把疏水阀串联起来安装。疏水阀的几种安装形式如图 3-76 所示。疏水装置的连接，如 $DN \leq 50$ ， $PN \leq 0.3\text{MPa}$ ，可用螺纹连接，其余的均用法兰连接。

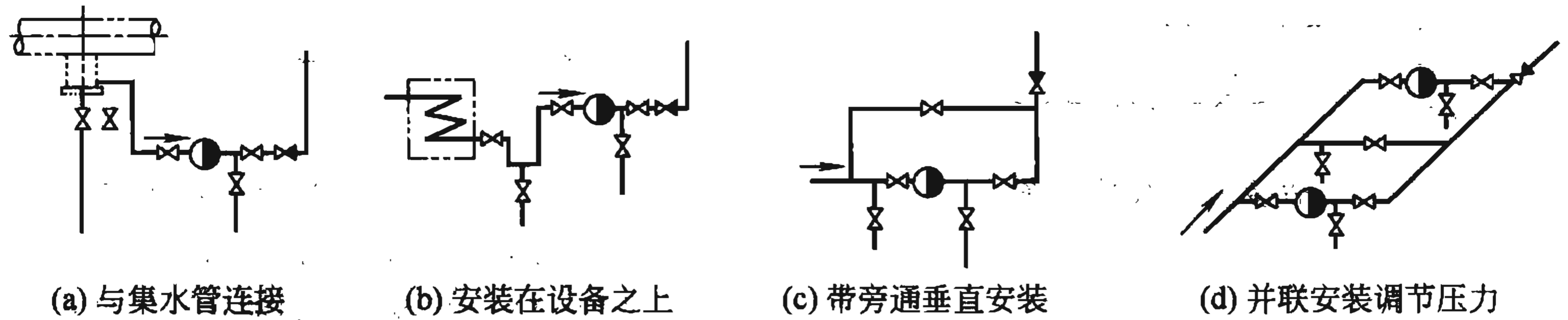


图 3-76 疏水阀的几种安装形式

(5) 减压阀安装 减压阀主要用以降低蒸汽或压缩空气的压力。减压阀组前一般都装有油水分离器，冷凝水量较多时安装泄水短管。要求净化程度较高的还装有空气过滤器，可装在油水分离器和减压阀组之间。

阀体应垂直安装在水平管路上，使介质流动方向与阀体上的箭头方向一致。两端最好采用法兰截止阀设置切断阀门。一般减压前的管径应与减压阀的公称直径相同，但减压后的管径应比减压阀的公称直径大 1~2 级。阀组的前后都应安装压力表，以便调节压力。减压后的低压管上应安装安全阀，当超压时能起泄压和报警作用，保证压力稳定，安全阀的排气管应接至室外。减压阀组安装如图 3-77 所示。

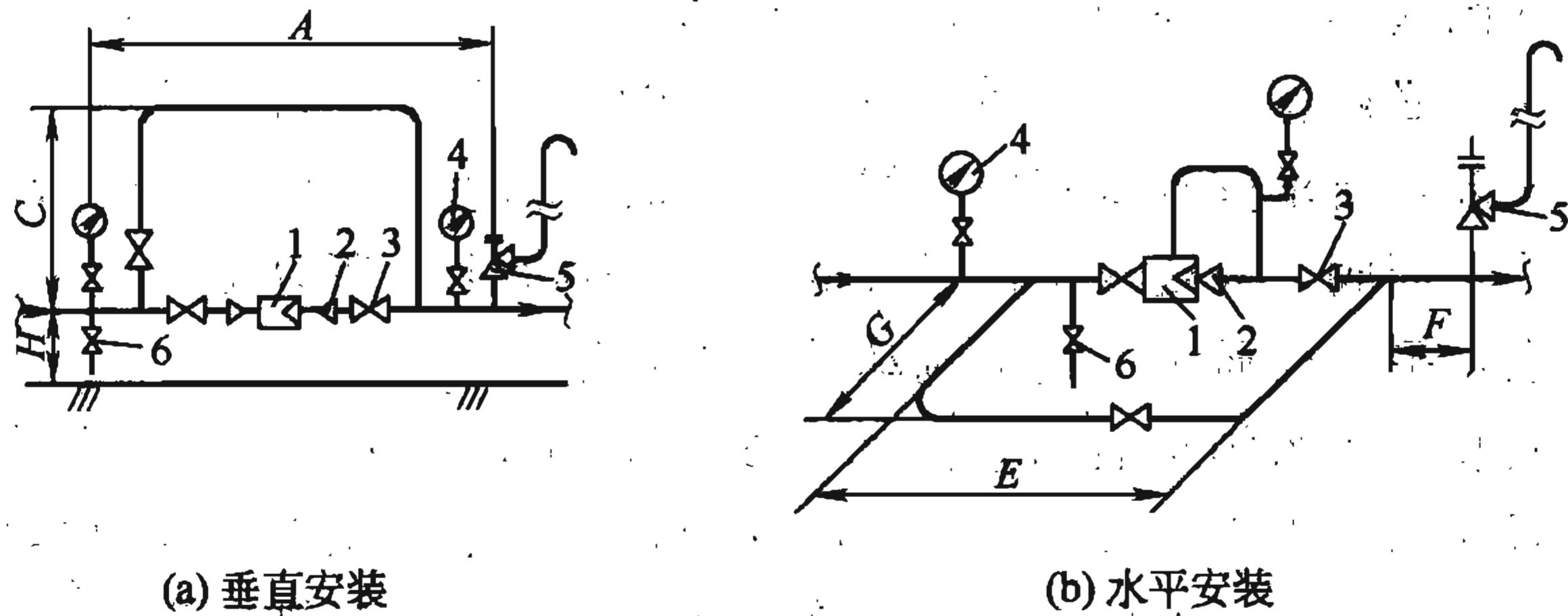


图 3-77 减压阀组的安装形式

1—减压阀；2—大小头；3—截止阀；4—压力表；5—安全阀；6—泄水阀

减压阀组不应设置在靠近移动设备或容易受到冲击的地方，而应设置在振动较小、周围较空之处，以便于检修。

用气量较小的小型采暖系统，可以采用由两个截止阀组成的减压装置，如图 3-78 所示。这种装置中的两个截止阀，一个作减压用，一个作关闭用。

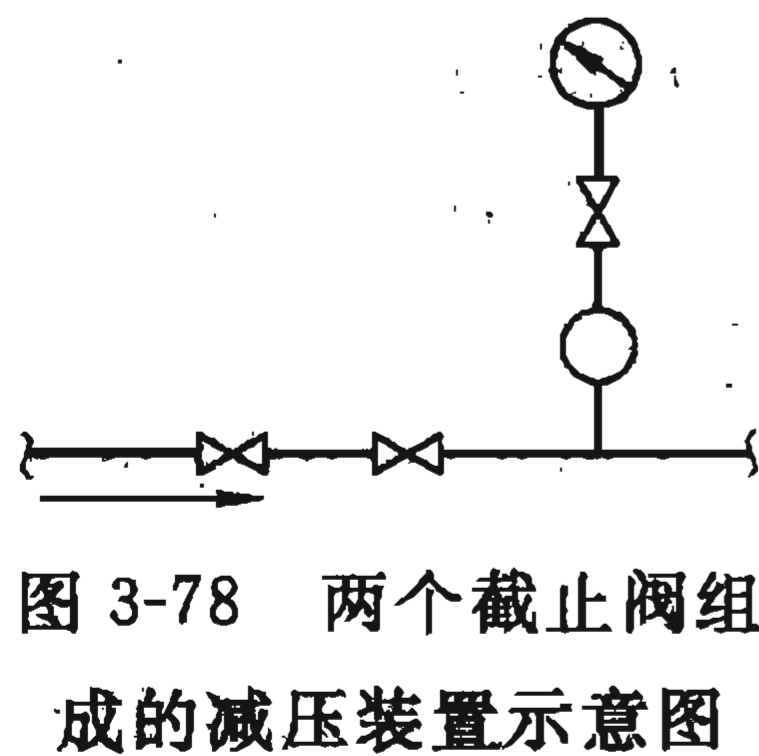


图 3-78 两个截止阀组成的减压装置示意图

(6) 安全阀安装 安全阀最好安装在该容器的开口上，有时，则应装在与容器接近相连的容器出口管路上，管路的截面积应不小于安全阀进口管的截面积。

安全阀安装方向应使介质由阀盘（瓣）的下面向上流。工艺设备和管路上的安全阀应垂直安装，并检查阀杆的垂直度，有偏斜时必须校正，以保证泄压时介质畅通无阻。杠杆式安全阀应使杠杆保持水平。

安全阀的位置尽可能布置在平台附近，以便于检查和维修。塔上的安全阀一般应安装在塔顶，重要的设备或管路应安装两个安全阀。

安全阀的前后最好不装设切断阀，以保安全可靠。但在个别情况下，如泄放介质中含有固体杂质或管路单独排入大气的安全阀，跳启后安全阀不能再关严时，可在它的入口处装一个保持开启并带铅封的切断阀。对排入密闭系统或用集合管排入大气的安全阀，则应在它的入口和出口处，各装一个保持开启并带铅封的切断阀。切断阀应选用明杆式闸阀、球阀或密封性较好的旋塞阀，以减少阻力。另外，还应在切断阀与安全阀之间装设一个通大气的DN20的检查阀。

用于液体介质的安全阀，安全阀的出口管路应向放空罐的方向倾斜，以排除余液，否则应设置排液管，如图3-79所示，一般都排入密闭系统，排液阀关闭，定期排放。用于气体介质的安全阀，一般排入大气，但在某些情况下，也应排入密闭系统。安全阀的出口管，应自管子上部或侧面进入集合管，而不得从下部进入，如图3-79所示。

对在常温下为固态的物质，可能在管路中冷却凝固的物质，以及能自动冷冻使温度低于水的冰点的轻质液态烃等物质，均应经单独管路排入放空罐，并用蒸汽伴热。当几个安全阀并联安装时，出口主管路的截面积应不小于各支管截面积之和。

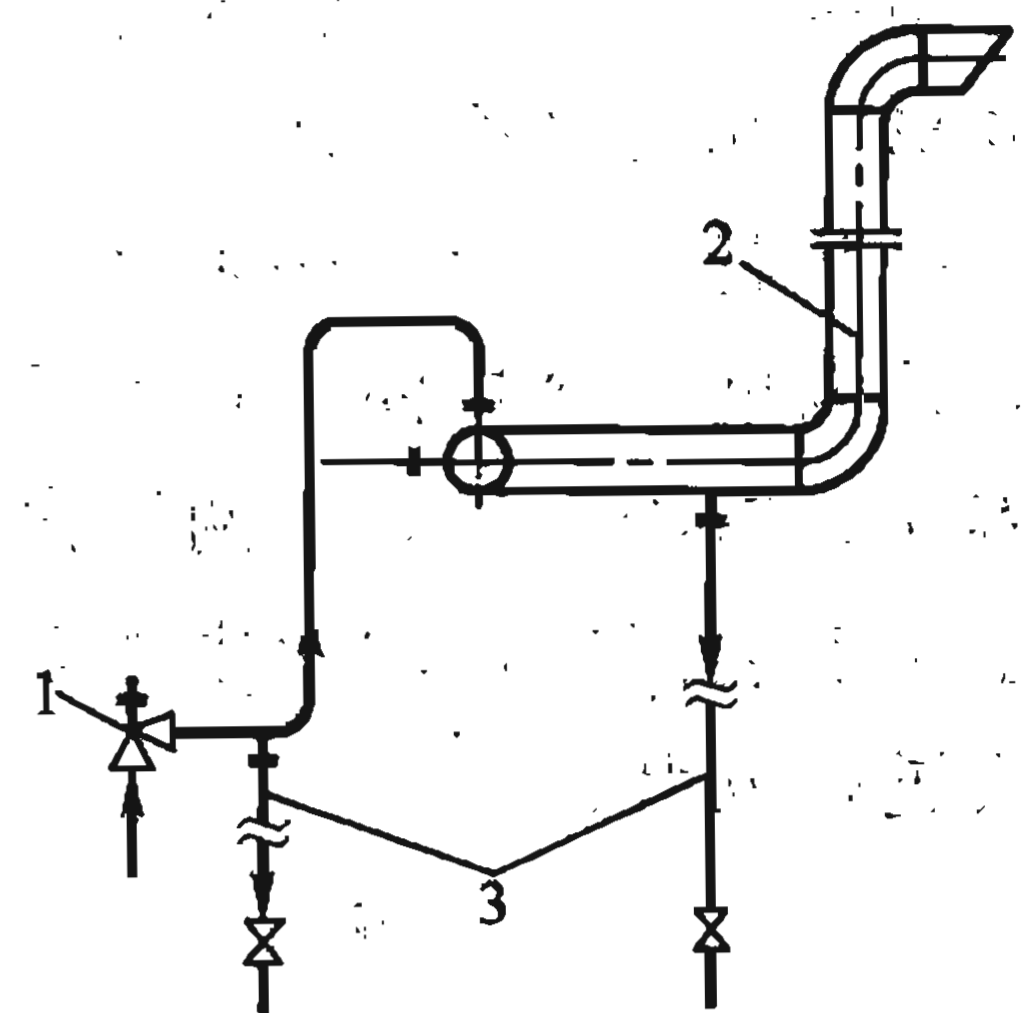


图3-79 安全阀与集合管连接
1—安全阀；2—集合管；3—排液管

当安全阀的定压低于0.35MPa表压时，则安全阀与放空设备间的总压降应小于其定压的3%，以防止阀门泄放时震响。安装时应当尽量考虑使用阻力小的切断阀和缩短安全阀的入口管线以减少它们之间的阻力。当管线较长时，必须加支撑固定。

泵和压缩机出口的安全阀，通常排入泵或压缩机的吸入管路中，但是，如果泵和压缩机入口压力的变动将引起出口超压时，则安全阀放泄的物料应排至其他安全处所。

安全阀排入大气的放空管，其出口应高出操作面2.5m以上，并引至室外；排入大气的为可燃性气体和有毒气体时，安全阀放空管出口应高出周围最高建筑物或设备2m；水平距离15m以内有明火设备时，可燃气体不可排入大气。排出管要很好地固定。

安装安全阀时也可以根据生产需要，按安全阀的进口公称直径设置一个旁路阀，作为手动放空用。安全阀安装形式如图3-80所示。

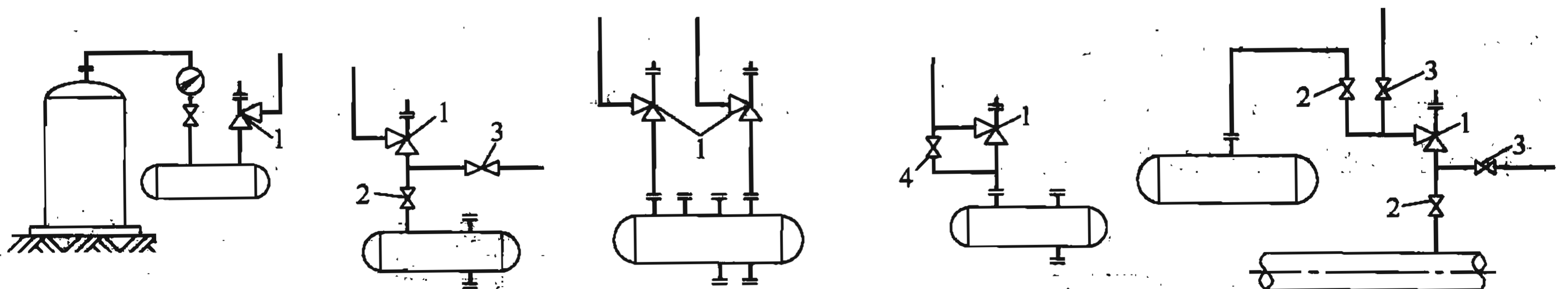


图3-80 安全阀的几种安装形式

1—安全阀；2—切断阀；3—检查阀；4—旁路阀

安全阀安装后应试压并校正到要求的定压，即安全阀的泄放压力。机泵通用设备，一般由制造厂配带安全阀。如制造厂没有配带，则应根据该机泵的允许最大操作压力及工艺操作要求来确定安全阀的定压。

2. 管路热补偿器的设置

(1) 回折管式补偿器安装 安装补偿器应在两个固定支架之间，管路安装完毕且支架已

按设计要求固定牢靠后，才能安装补偿器。

在直管段中设置补偿器的最大距离，也就是两固定支架间允许最大距离，见表 3-16。另外，设置固定支架时，还必须考虑到支管的位移，一般不得超过 50mm。

表 3-16 回折管式补偿器两侧固定支架的最大间距

公称直径/mm	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400
最大间距/m	30	35	45	50	55	60	65	70	80	90	100	115	130	145

吊装大型的回折管式补偿器时，应注意不使焊口受到过大的应力。为保证受力均匀，防止变形，起吊平稳，便于安装，应采用多点绑扎法，如图 3-81 所示。

吊装就位以后，必须将补偿器冷拉（热介质管路）或冷压（冷介质管路）。工作温度大于安装温度，冷拉便可在运行中充分利用其补偿能力，并避免因受力变形过大，而缩短其使用寿命。其冷拉量等于两固定支架间直管段补偿量的二分之一，如图 3-82 所示；若工作温度小于安装温度，图示中的安装状态与工作标注正好相反，方框形补偿器也应用冷压的方式进行安装。

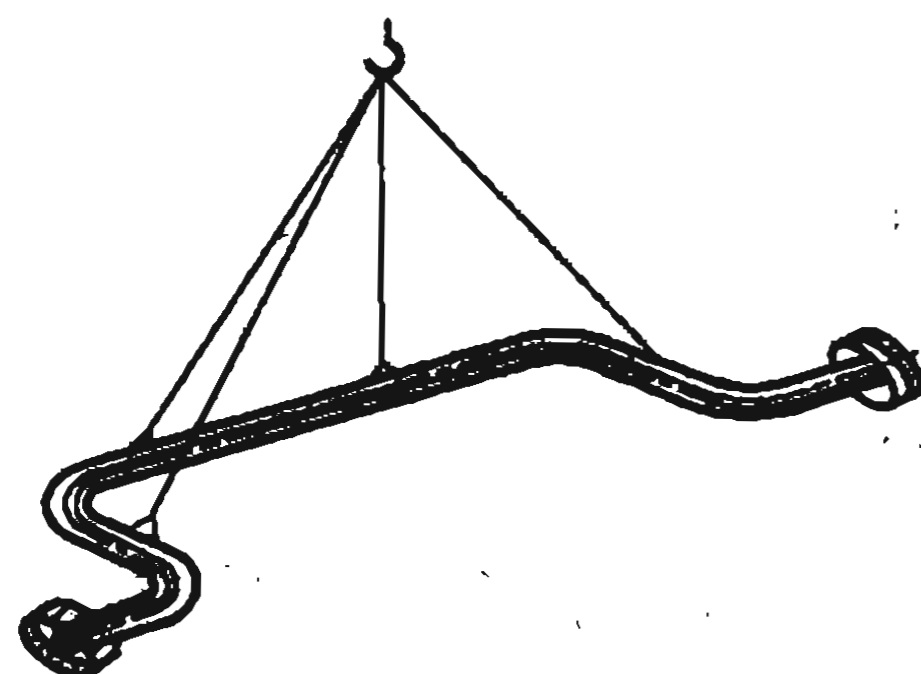


图 3-81 回折管式补偿器吊装绑扎法

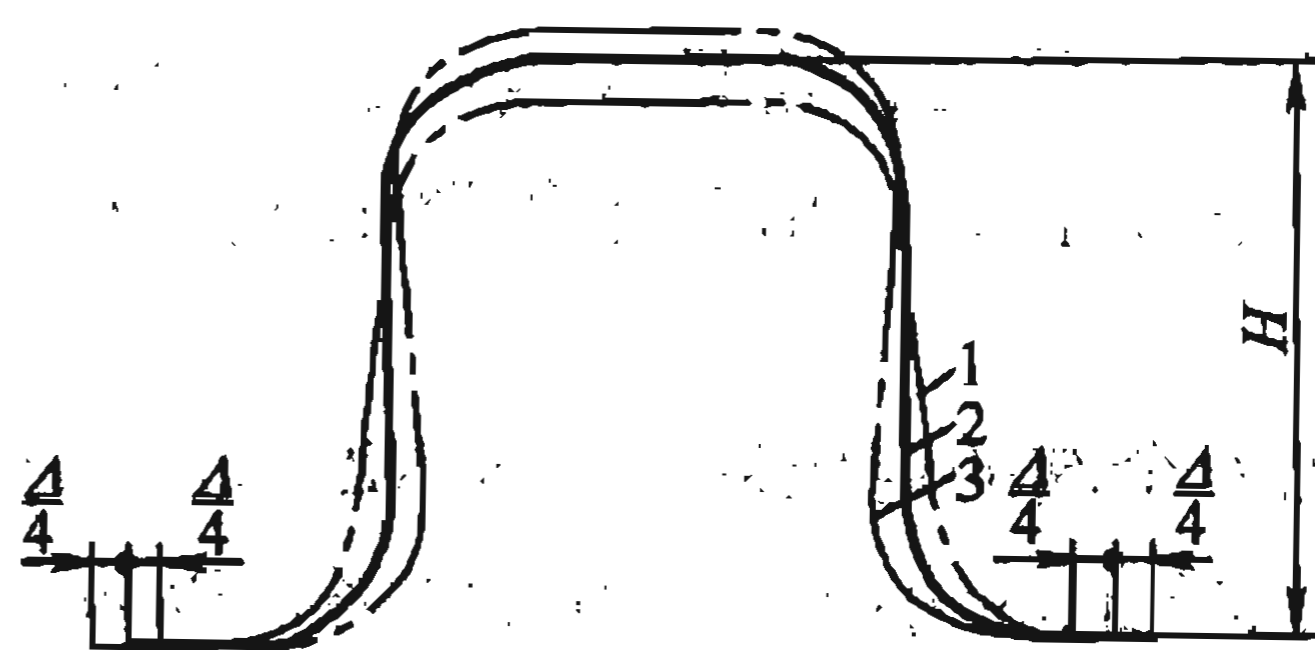


图 3-82 回折管式补偿器热介质管路
1—安装状态；2—自由状态；3—工作状态

冷拉或冷压量应符合设计或计算要求，其允许偏差应小于±10mm。

冷拉前，补偿器两端的直管与连接管路的末端之间应预留一定的间隙，其间隙值应等于设计总补偿量的四分之一（焊缝的间隙未包括在内）。其焊接口应选在距补偿器弯曲起点2~2.5m处，如图 3-83 所示。检查固定支架是否牢固固定、活动支架是否正常、管路及阀件等的紧固件是否全部拧紧，并将突出臂中间的管架暂时固定，然后方可进行冷拉。

冷拉的方法有两种：一种是用一个千斤顶将补偿器的两长臂撑开或两个倒链来拉拨开，如图 3-83 所示。直到管子接口对齐后再施焊；另一种是将拉管器安装在两个待焊的接口上，同时收紧两个拉管器上的螺栓，将补偿器拉开直到管子接口对齐，接口点焊并冷却之后再拆掉拉管器，拉管器如图 3-84 所示。

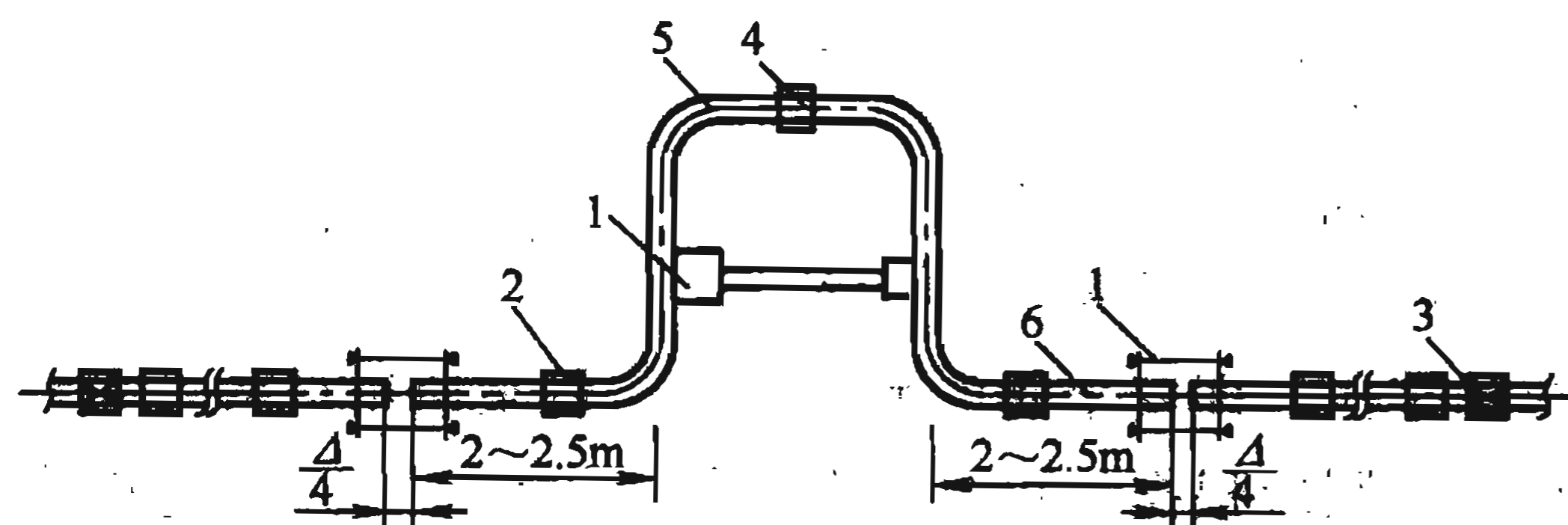


图 3-83 补偿器安装冷拉示意图

1—拉管器或千斤顶；2—活动管托；3—固定支架；4—活动管托或弹簧吊架；5—回折管式补偿器；6—加长直管段

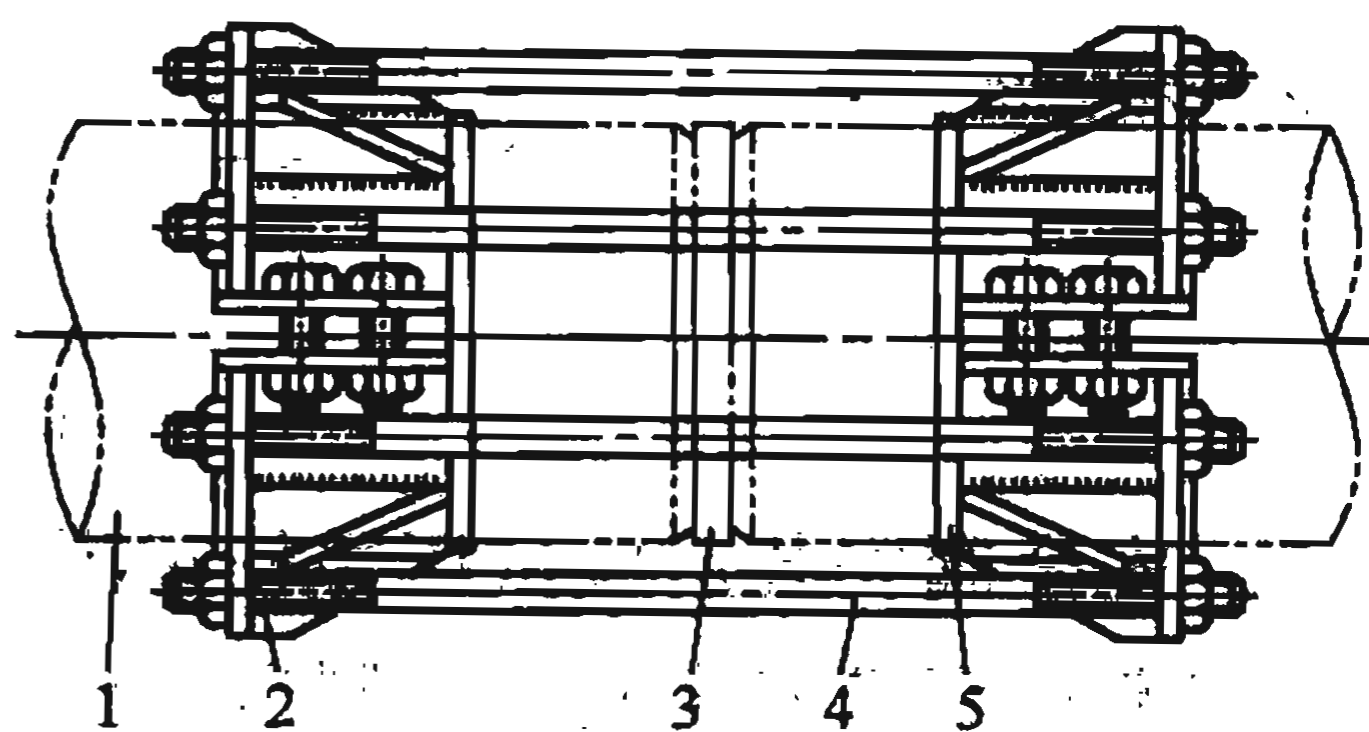


图 3-84 拉管器

1—管子；2—对开卡箍；3—垫铁；4—双头螺栓；5—环形堆焊凸肩

在安装过程中，为了避免焊缝在未冷却前受到应力的作用，拉紧或撑开的工具要等焊缝充分冷却后方可去掉。

补偿器一般为水平安装，应和管路一样有相同的坡度，以利于凝结水的流过；而不能有横向倾斜（即两长臂应保持水平），否则会因凝结水积留在内而造成水锤，甚至破坏管路，冬季严寒还可能冻裂管子。当补偿器的两长臂遇到必须横向倾斜或上下垂直安装时，则在管路最低的积水处装设排水阀。较大的蒸汽管上需增加疏水装置，使凝结水自动排出。

(2) 填料式补偿器安装 安装前应拆开检查内部零件、填料是否完整齐全，并符合技术要求。填料式补偿器应有外壳支撑环和导管支撑环确保导管沿管路中心线安装，不得偏移，否则在管路投入运行时，就可能发生补偿器外壳和导管咬住而扭坏补偿器的现象。在靠近补偿器的两侧，至少应当各有一个导向支架，使管路运行时不致偏离中心线，以保证补偿器能自由伸缩。

填料式补偿器的摩擦部分应涂上机油，非摩擦部分应涂上防锈漆。填料一般是用机油浸过并涂有石墨粉的石棉绳，其厚度应不小于补偿器外壳与导管之间的间隙。各圈的填料接口应互相错开 120° 。第一圈及最后一圈最好压装干石棉填料，以免压装油浸石棉填料时，油渗出。压盖压入填料箱的深度，一般为一圈填料的高度，但不得小于 5mm，紧固时受力应均匀，填料不宜压得过紧，须考虑留下再旋紧的余地。

填料式补偿器预拉伸后的安装长度，由安装时的温度决定，如图 3-85 所示。

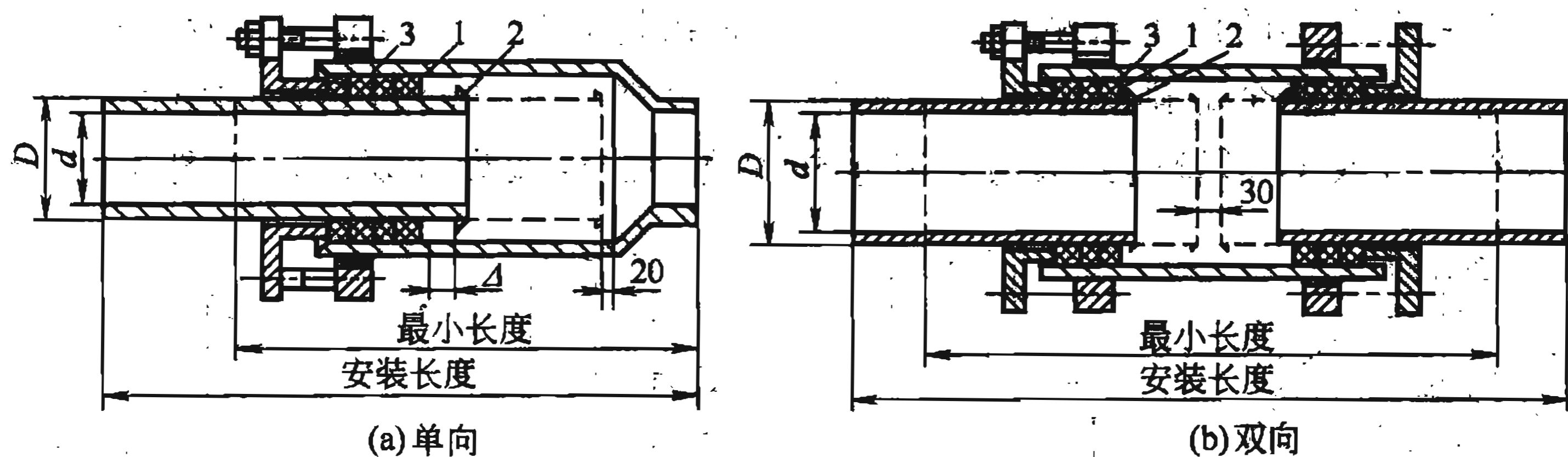


图 3-85 填料式补偿器的安装长度和间隙

1—外壳支撑环；2—导管支撑环；3—填料

(3) 凸面式补偿器安装 在吊装凸面式补偿器时，不能将绳索绑扎、将支撑件焊接在波节上，应严格按照管路中心线安装，不得偏移，以免受压时损坏，并应注意安装方向。补偿器内的衬套与外壳焊接的一端，应朝向坡度的上方。如输送的介质是液体或有液体析出，则应在每个波节下方安装放水阀，如图 3-86 所示。

凸面式补偿器的预拉或预压应根据补偿器最高温度和最低温度的平均值为零点温度来定位。在环境温度等于补偿零点温度安装时，补偿器可不进行预拉或预压。如安装时的环境温度高于或低于补偿零点温度，应预先压缩或拉伸。

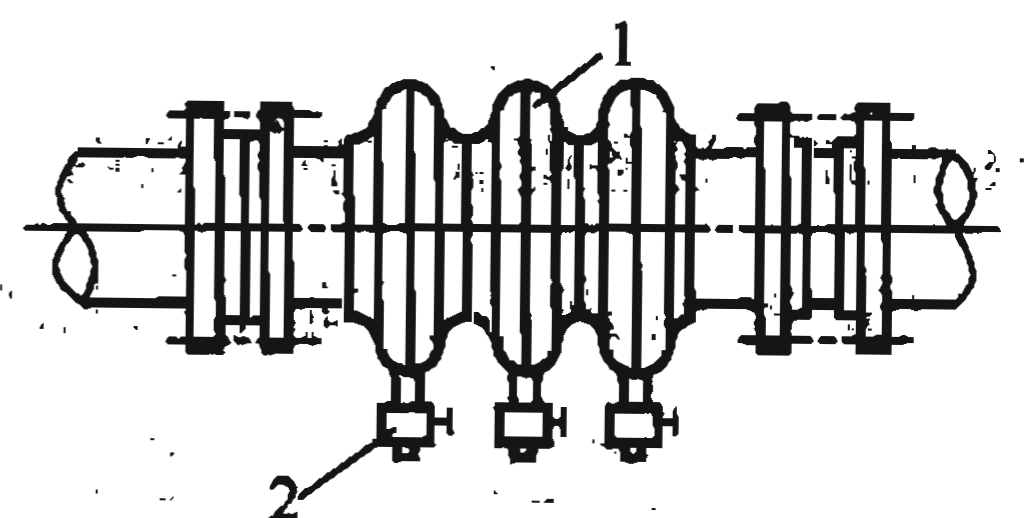


图 3-86 凸面式补偿器的安装

1—凸面式补偿器；2—放水阀

凸面式补偿器的预拉或预压，应当在平地上进行。作用力应分两到三次逐渐增加，要尽量保证各波节的圆周面上受力均匀。拉伸或压缩量的偏差应小于 5mm。当拉伸或压缩到要求的数值时，应立即进行固定。

管路作水压试验时，绝对不允许超过规定的试验压力，以防止补偿器过分变形而失去弹

性。试压时最好将凸面式补偿器夹牢，使其不再有拉长。

3. 塔、容器和泵的配管

(1) 塔、容器配管 塔、容器设备在化工装置中应用极广，其特点是外形简单、体形大、重量大。配管时，应根据塔器、容器设备的构造、工艺用途等特点，采用不同的管路布置及安装方法。

① 塔、容器的结构配管。塔、容器周围分操作侧（或维修侧）和配管侧，布置管口方位如图 3-87 所示。操作侧主要有塔顶臂吊、人孔、液面计、梯子和供阀门等操作及检修用的平台等。配管侧无操作要求，主要供敷设管路之用，仅上层设平台。塔类设备管口繁多，除连接各种操作用途的管路之外，还有仪表、手孔等的管接口。配管时一定要根据管口方位、标高等，确定每个管口的用途。

② 配制管路时的热应力影响。管路沿塔敷设时，由于管路与塔的热膨胀量不同，不可用单一直管连接集合管的并行进出料，如图 3-88 (a) 所示，只可用有热补偿能力的弯管连接集合管并行进出料，如图 3-88 (b) 所示的配管方式。

③ 管路的固定方法。沿塔敷设的管路，支架需固定在塔上，应注意在塔的内部防腐处理前进行，否则将破坏内部的防腐层。另外，当塔的直径较小，而塔的高度较大时。塔体一般置于钢架结构中，这时塔上的管路就不应傍塔设置，以置于钢架的外侧为宜。

④ 管路敷设的工艺要求。塔底管路上的法兰接口和阀门，从操作、维修的方便和安全角度考虑，不装在狭小的设备裙座内，以防检修时物料泄漏，人员躲避不及而造成事故。液体的出口管路，要既能全部排出塔内所有的液体，又能可靠地将设备内的空间与大气隔离。常采用的水封装置或 U 形管密封装置，其水封深度一定要按设计要求，如图 3-89 所示。

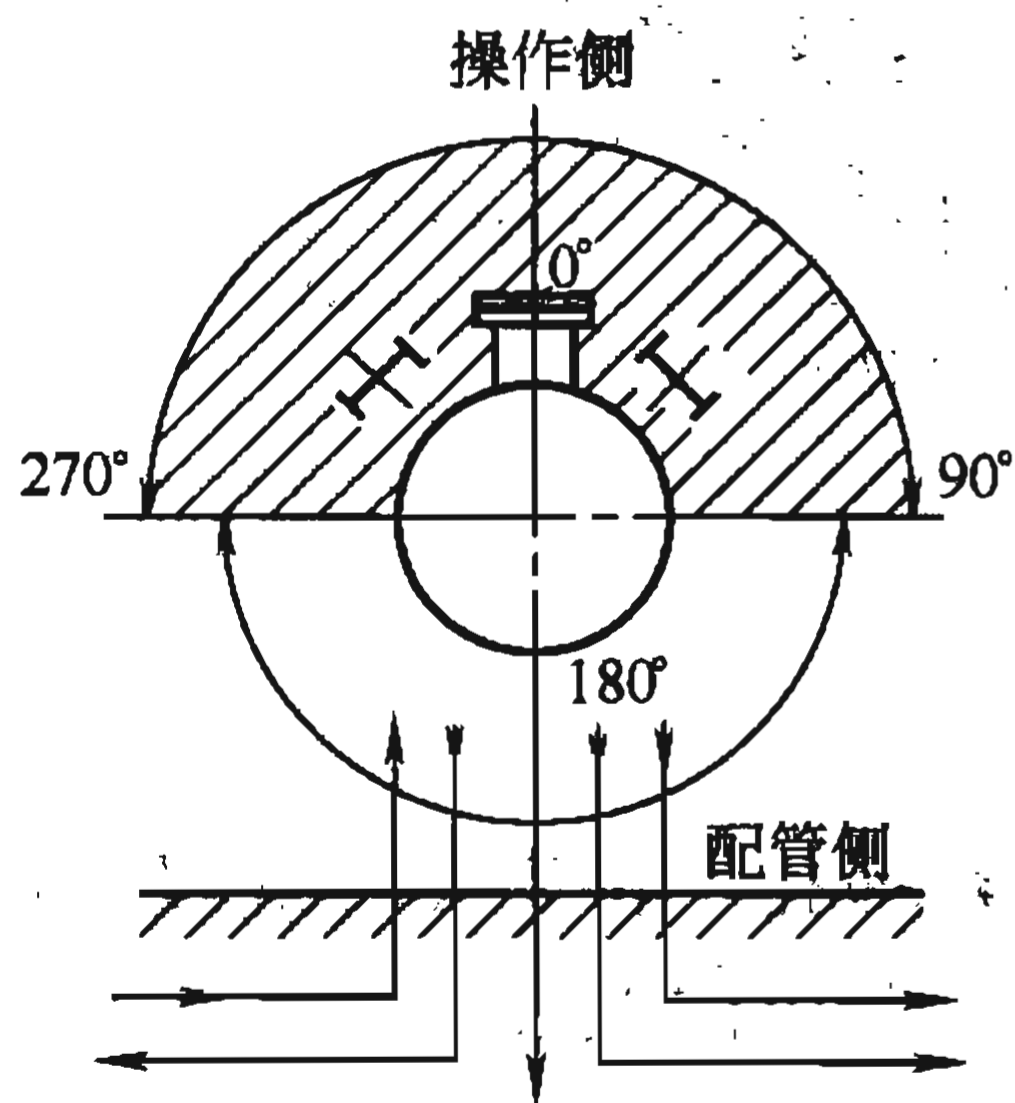


图 3-87 设备配管布置示意图

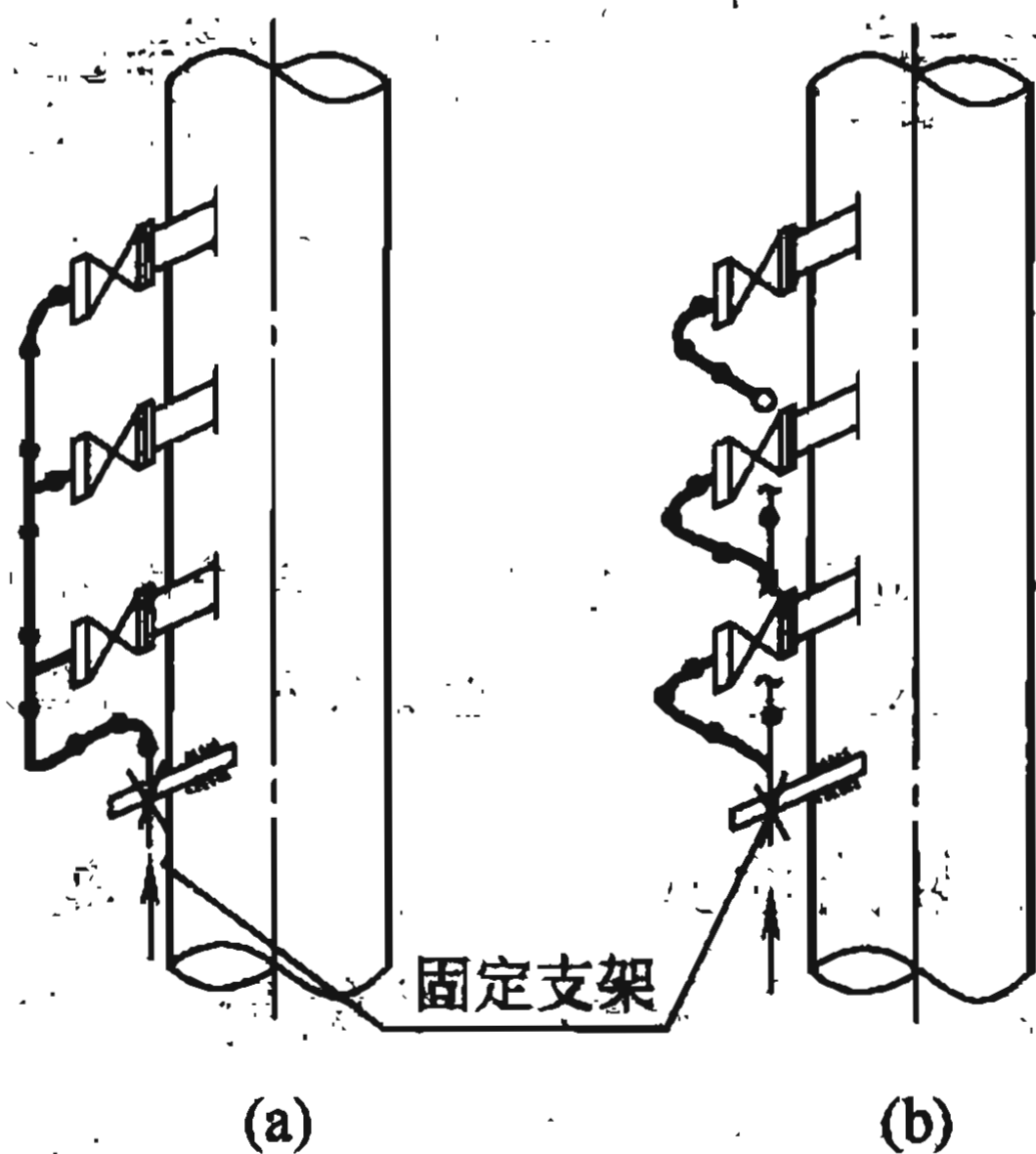


图 3-88 板式塔的进料管

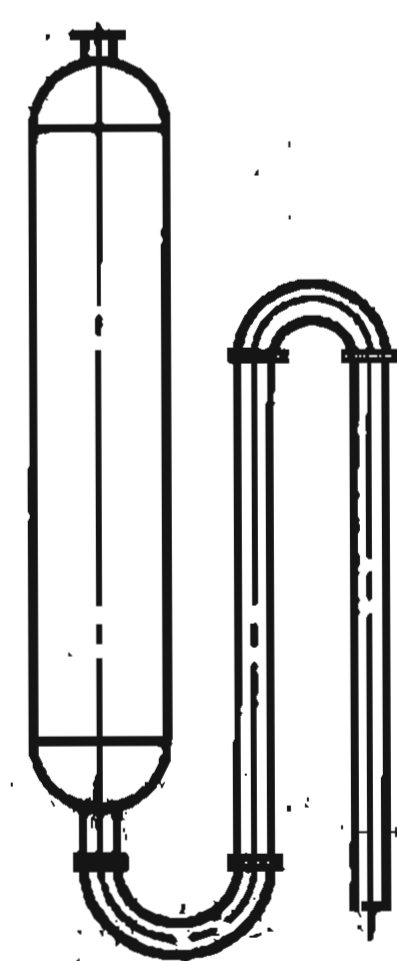


图 3-89 U形管密封装置

⑤ 容器进入、排出管路配管。立式容器一般进料在顶部，出料在底部；卧式槽的进出口口位置应各在一端，一般也是进料在顶部出料在底部。排出管通过阀门后一般立即引至地下管路（地沟或埋地）。设备底离地面较高，如图 3-90 所示，排出管以设备底的中心引出方式敷设，有足够距离安装在阀门槽罐底下。这种敷设管路短，占地面积小，布置紧凑，但设备直径不能过大，否则开启阀门不方便。

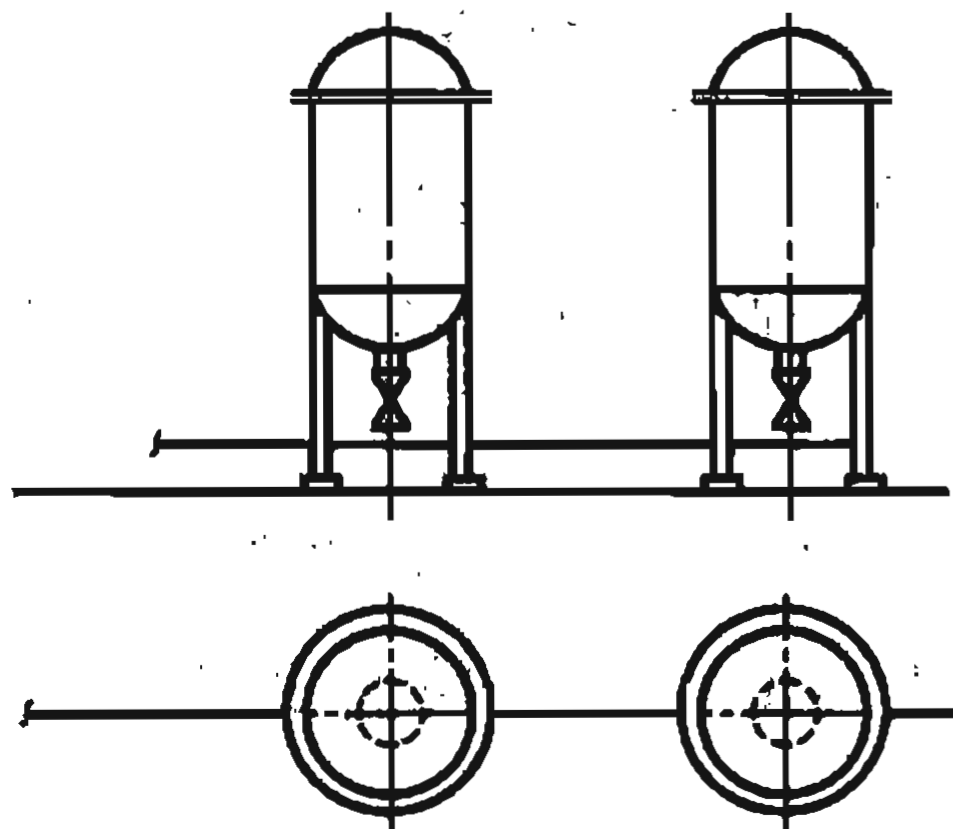


图 3-90 排出管设备底中心引出

(2) 泵的配管

① 支架的设置。泵的进出口管路、管件和阀门要设置

支架支撑，重量不宜承受在泵体上（非金属泵更应注意），防止泵在重力或其他作用力影响下而破裂，维修时也就可不架设临时支撑而方便工作。

② 吸入管路的敷设。为了保证泵的吸入条件，应做到安装严密，吸入管路应尽可能缩短，吸入管路的直径不应小于泵的吸入口。当泵的吸入口为水平方向时，吸入管路上应配置管顶平直的偏心异径管，以免形成气袋，如图 3-91 (a) 所示；当吸口为垂直方向时，可配置同心异径管。吸入管路整个管段不能有翘头而形成气塞的部位。当不能避免时，应在袋形部位设 DN15 或 DN20 的排气阀。

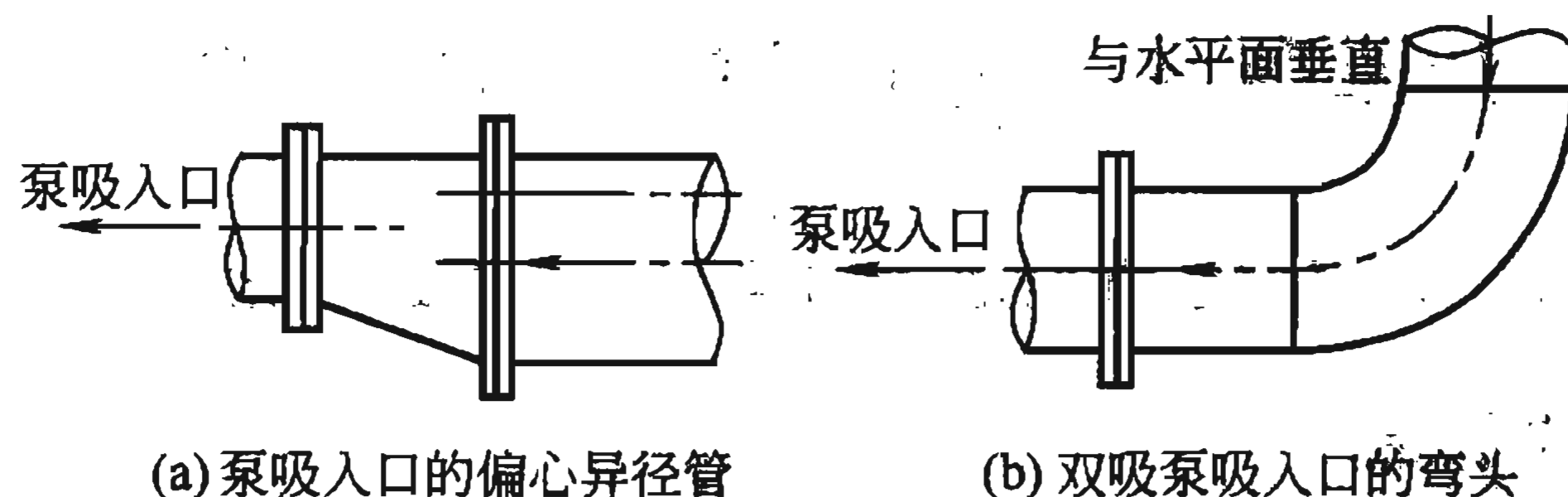


图 3-91 泵的吸入管

当水泵安装位置高于水位时，吸入管底部要安装底阀；靠近水泵处要装设注水阀及灌水漏斗，便于启动时向吸入管内注水。泵的每个吸入口处，最好配置一段约 3 倍于泵吸入口直径的直管；吸入管道要有约 2/100 的坡度，当泵比水源低时坡向泵，当泵比水源高时则坡向水源。如果要在双吸泵的吸入口前装弯头，这个弯头应垂直安装，使流体均匀入泵，如图 3-91 (b) 所示。

悬臂式离心泵的吸入口配管应考虑拆修叶轮时的方便，可采取图 3-92 所示的方式。

在紧靠泵进口处的吸入管上，还应考虑在试车时能安装临时过滤器；蒸汽往复泵、计量泵、非金属泵的吸入口必须设过滤器，避免杂物进入泵内。

③ 排出管路的敷设。在泵的排出管路上，一般均设置止回阀，并在止回阀后设置切断阀，防止停泵时排出管路内的物料倒流，停车后将切断阀关闭，以免止回阀板长期受压损坏。泵的排出管上一般应设旁通管，旁通管可以与吸入管连通，防止超压。往复泵、漩涡泵和齿轮泵一般应在排出管路上的切断阀前设安全阀，防止因超压发生事故。安全阀的排出管也与吸入管连通，如图 3-93 所示。

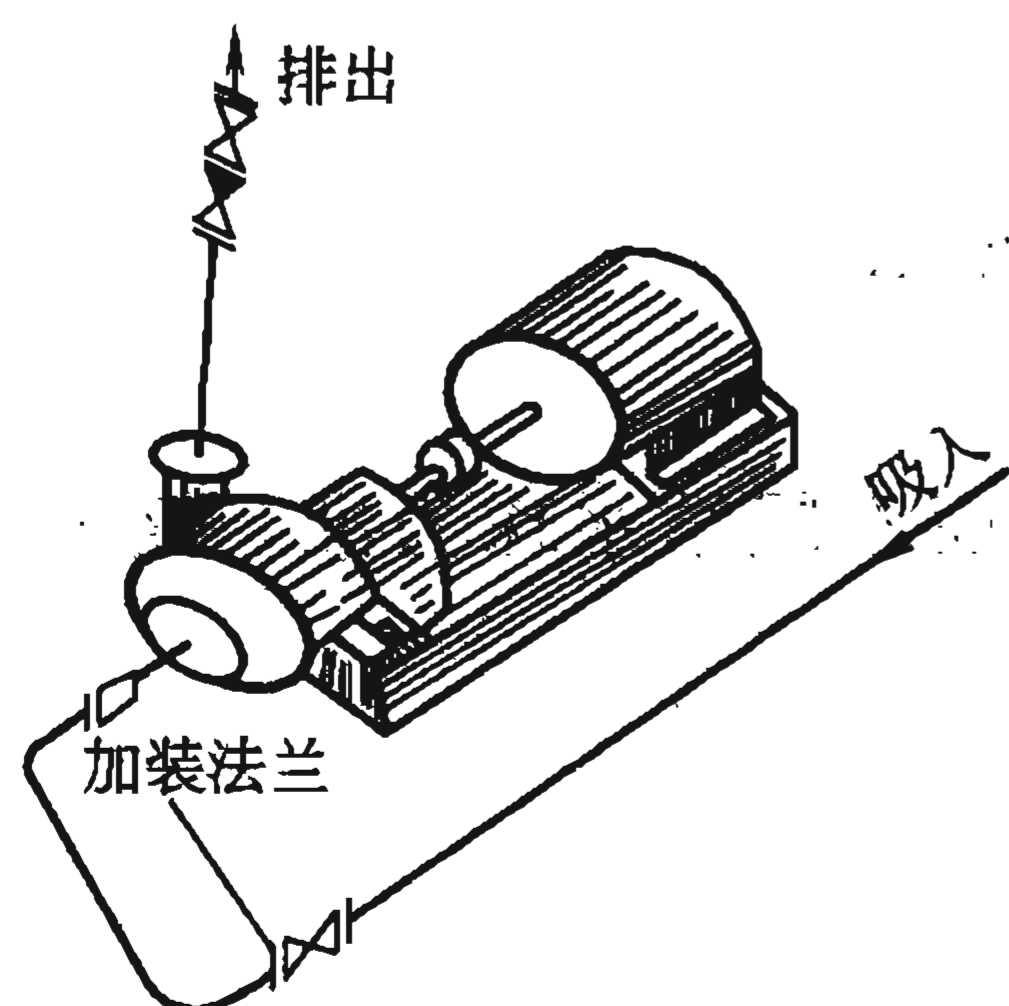


图 3-92 悬臂式离心泵的吸入管

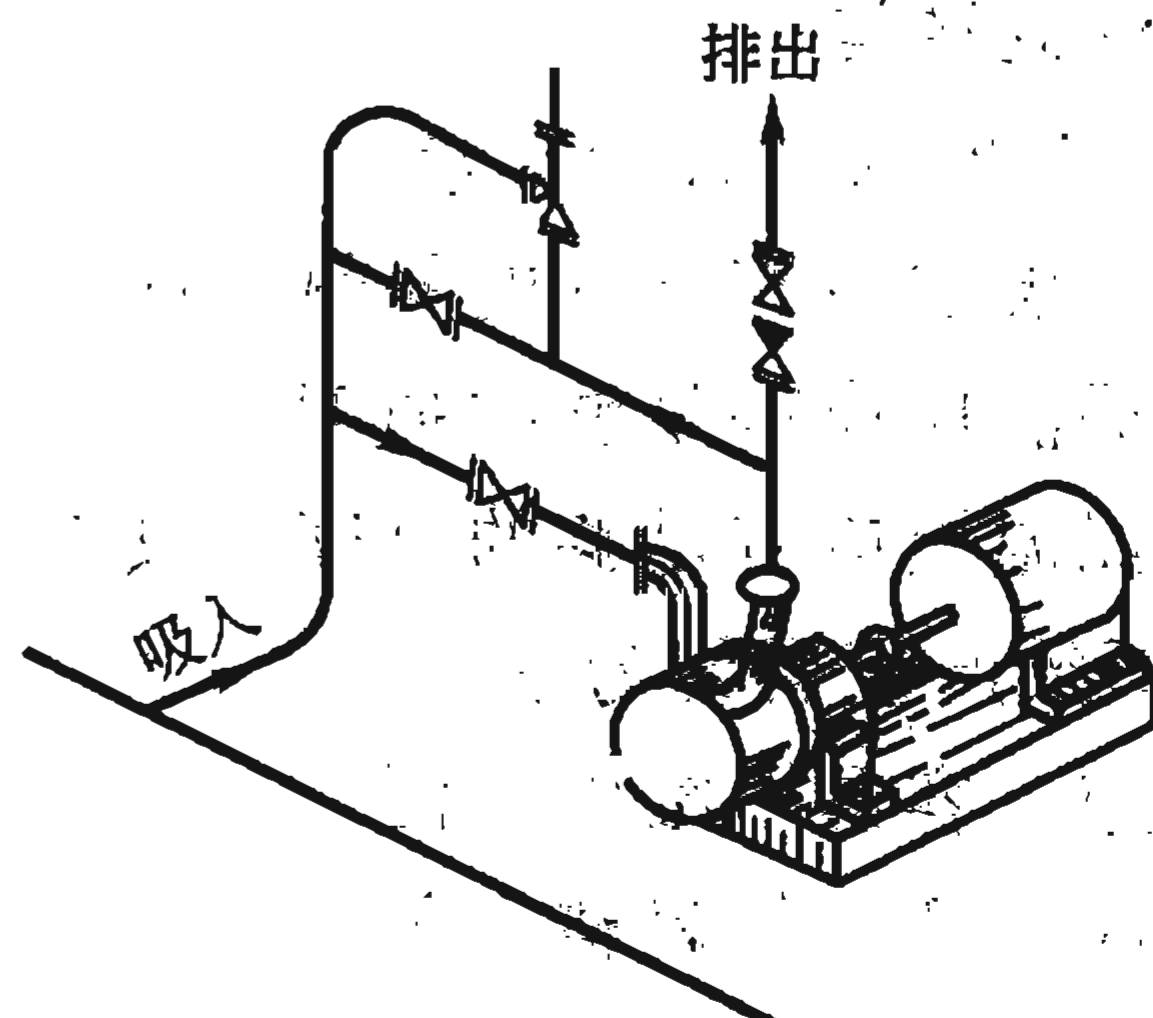


图 3-93 泵排出管路上的止回阀、旁通管及安全阀

④ 蒸汽往复泵的进汽和排汽管路的敷设。在进汽管的阀门前应设置冷凝水排放管，防止水击汽缸。排汽管应少拐弯，不设阀门，在可能积聚冷凝水的部位应设排放管，放空量大的还要装设消音器。蒸汽往复泵运行中有较大的振动，与泵连接的管路要进行固定，防止管

路振动。

4. 管件的位置预留

管路在安装时,若管段采用预制构件的方式,管件安装在预制件上,各管段只需考虑每两个固定管架间的补偿器预留间隙问题。

管路安装,不是采用预制构件方式,各管件的位置预留和补偿器补偿量位置预留,必须进行全面考虑。

分课题五 化工管路的保温与涂色

管路施工试验完成,并完成了管路故障的整改后,可进行化工管路的保温与涂色。

一、化工管路的保温

1. 保温材料

对保温材料的要求:

- ① 结构疏松、隔热性好;
- ② 单位体积重量轻;
- ③ 有一定的强度和刚度;
- ④ 吸水性差;
- ⑤ 来源广、价格低。

常用保温材料有:

石棉、玻璃棉、硅藻土、碳酸镁、硅石、矿渣棉、酚醛玻璃纤维、聚苯乙烯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料、软木砖、木屑和稻草等。

2. 化工管路保温的目的

- ① 对于高、低温介质的管路,可以减少其散热或吸热。
- ② 维持室内正常温度,改善工人的劳动条件。

3. 保温结构

(1) 对保温装置的要求

- ① 保温层应有良好的隔热性能,应有防水、防风的作用。
- ② 保温层应有足够的强度。
- ③ 保温层应有足够的厚度,其厚度以低温管路层表面不凝结水珠为准,高温管路保温层表面不致产生烫伤为准。
- ④ 施工容易,维修方便。
- ⑤ 成本低、外表整齐美观。

(2) 保温基本结构组成

- ① 管壁层——如图 3-94 中的 1 所示。
- ② 防腐层——如图 3-94 中的 2 所示。
- ③ 保温层——如图 3-94 中的 3~5 所示。
- ④ 加固层——如图 3-94 中的 6 所示。
- ⑤ 保护外层——如图 3-94 中的 7 所示。

4. 保温结构形式

(1) 胶泥结构保温装置 胶泥结构保温装置如图 3-94 所示。这种保温装置的施工方式和步骤如下：

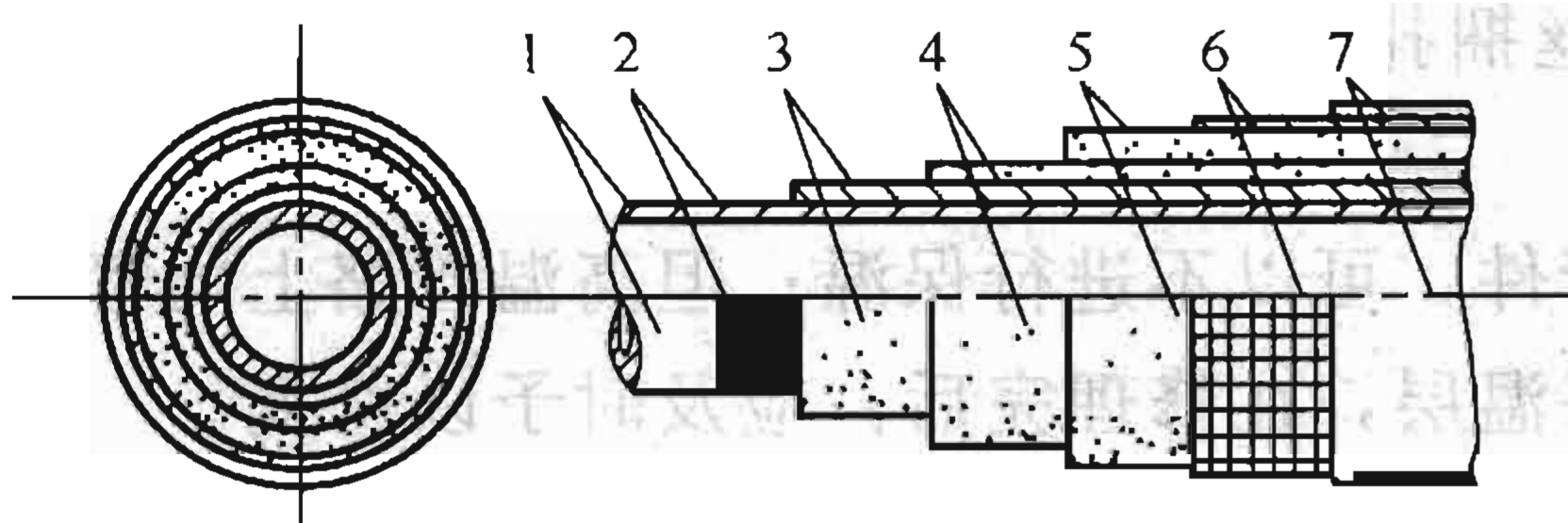


图 3-94 胶泥结构的保温装置

1—管子；2—红丹防锈层；3—第一层胶泥；4—第二层胶泥；5—第三层胶泥；6—铁丝网；7—保护层

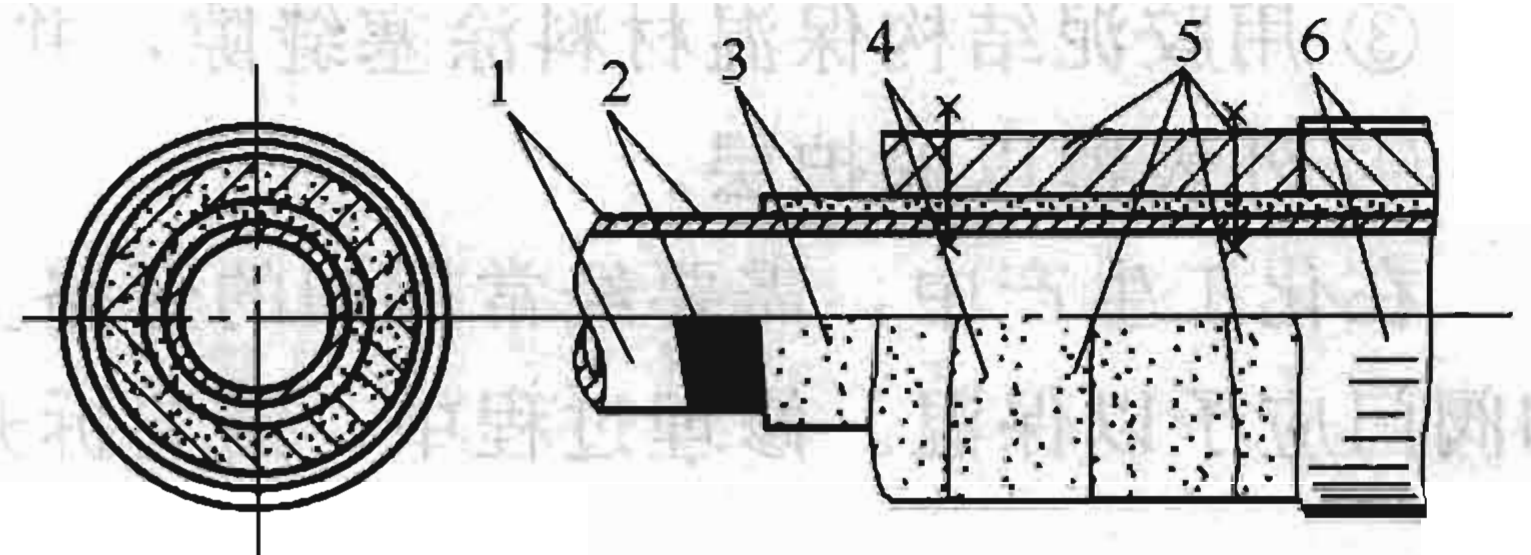


图 3-95 制品结构的保温装置

1—管子；2—红丹防锈层；3—胶泥层；4—铁丝或扁铁环；5—保温制品；6—保护层

- ① 在管子的外表面除锈、涂防锈漆；
- ② 将保温材料掺水 (1 : 1.75)，调成胶泥状态备用；
- ③ 胶泥分层均匀地涂抹在管路上，第一层厚度 5mm，以后每层厚度为 10mm，每涂一层时，需等前一层完全干燥后才能进行；
- ④ 铁丝网捆扎一周；
- ⑤ 涂覆保护层，保护层分包扎类保护层和石棉水泥类保护层两种，前者涂胶泥层后，再用玻璃丝布、塑料带或油毛毡包扎而成，后者用石棉与水泥调和成泥状，涂覆一层而成。

(2) 制品结构保温装置 制品结构保温装置如图 3-95 所示。这种保温装置的施工方法和步骤如下：

- ① 在管子的外表面除锈、涂防锈漆；
- ② 在管路上覆以 5mm 厚的胶泥结构保温材料；
- ③ 将圆环形保温制品片依次扣合在管路上，并用铁丝捆扎；
- ④ 最后覆以保护层。

(3) 填料结构保温装置 填料结构保温装置如图 3-96 所示。这种保温装置的施工方法和步骤如下：

- ① 在管子的外表面除锈、涂防锈漆；
- ② 将胶泥制的保温固定环以间隔 300mm 的距离装在管路上，并用铁丝捆扎；
- ③ 在固定环的外圆周上系好铁丝网，把填料结构的保温材料填入管子表面与铁丝网之间的环形空间，不可填充过实；
- ④ 外表覆以保护层。

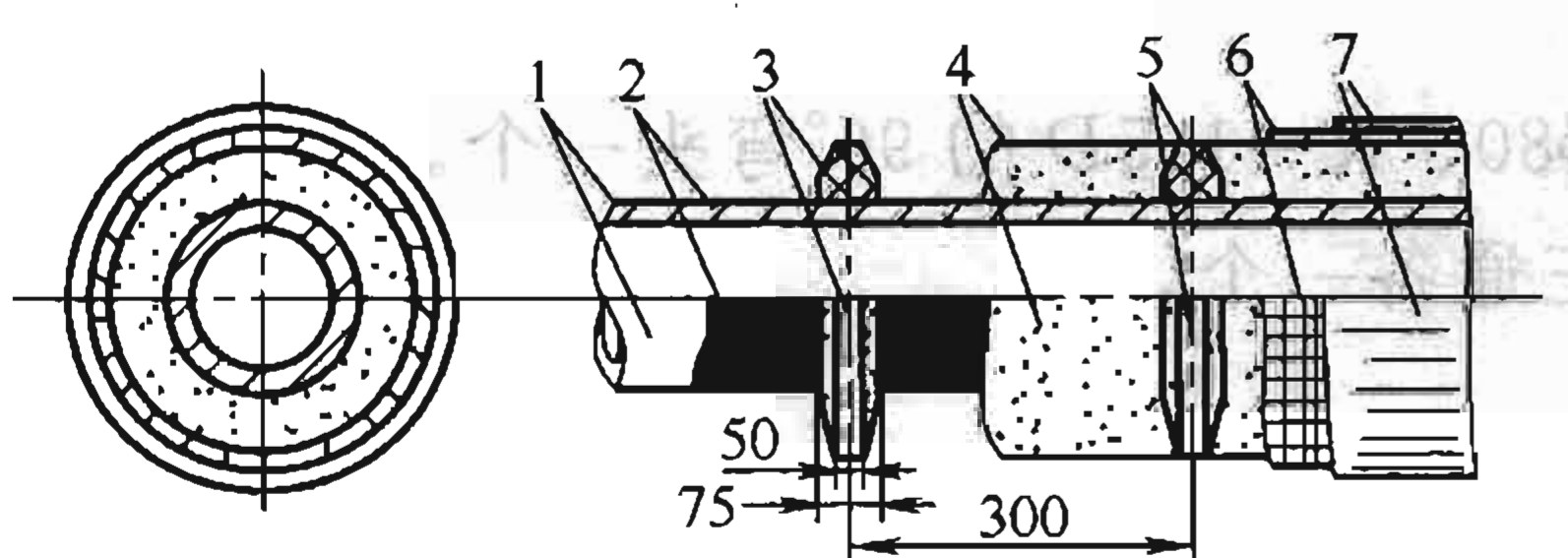


图 3-96 填料结构的保温装置

1—管子；2—红丹防锈层；3—固定环；4—填料结构的保温材料；5—铁丝；6—铁丝网；7—保护层

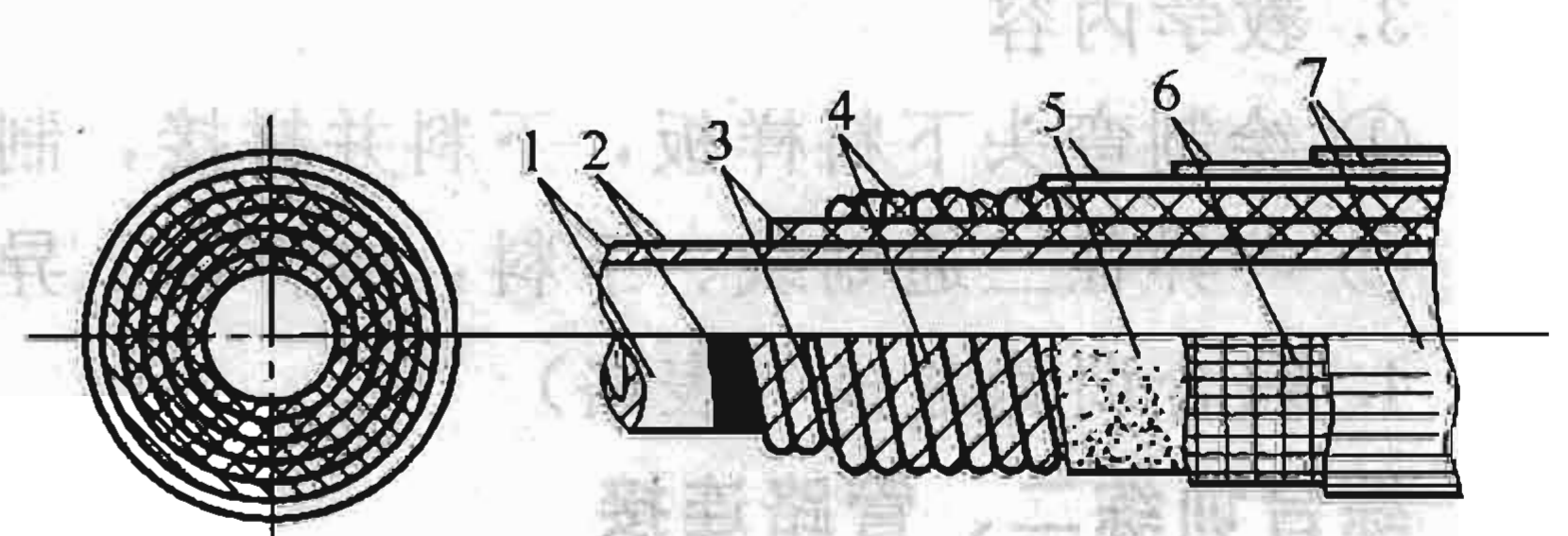


图 3-97 石棉绳结构的保温装置

1—管子；2—红丹防锈层；3—第一层石棉绳；4—第二层石棉绳；5—胶泥层；6—铁丝网；7—保护层

方法如下：

- ① 在管子的外表面除锈、涂防锈漆；
- ② 把石棉绳分层缠绕在管路上，相邻两层的绕缝应相互错开；
- ③ 用胶泥结构保温材料涂塞缝隙，并用铁丝捆扎；
- ④ 外表覆以保护层。

在化工生产中，需要经常拆卸的管路上的管件，可以不进行保温；但高温管路上的管件和阀门应予以保温。修理过程中，需要拆开的保温层，在修理完后，应及时予以修复。

二、管路的涂色

① 涂色的目的是方便识别管路的类型，有效实施安全生产。

② 涂色的方法。在保温层或管子的表面涂以不同的颜色。涂色方法有两种，一种是单一的颜色，另一种则是在底色上加以色环（色环每隔 2m 一个，宽度为 50~100mm），涂色的材料多为调和漆。

③ 常用涂色。涂色通常用表 3-17 规定的底色和色环，各地区和各工厂习惯不同，对管路的色别也可自行调整或补充。

表 3-17 化工管路常用的涂色

管路内介质及注字	涂色	注字颜色	管路内介质及注字	涂色	注字颜色	管路内介质及注字	涂色	注字颜色
过热蒸汽	暗红	白	氨气	黄	黑	生活水	绿	白
真空	白	纯蓝	氮气	黄	黑	过滤水	绿	白
压缩空气	深蓝	白	硫酸	红	白	冷凝水	暗红	绿
燃料气	紫	白	纯碱	粉红	白	软化水	绿	白
氧气	天蓝	黑	油类	银白	黑			
氢气	深绿	红	井水	绿	白			

实 习 课 题

综合训练一、焊接弯头、三通制作

1. 实习条件

- ① $\phi 50$ 、 $\phi 80$ 、 $\phi 100$ 管子，长若干。
- ② 绘图纸若干。

2. 实习内容及要求

- ① 掌握焊接弯头参数的查表方法及参数尺寸的计算法。
- ② 掌握管子下料制作焊接弯头的方法。

3. 教学内容

- ① 绘制弯头下料样板，下料并拼接，制作 $\phi 80$ 、 $R=1.5D$ 的 90° 弯头一个。
- ② 等异径三通划线、下料，制作等、异径三通各一个。

4. 综合训练考核（表略）

综合训练二、管路连接

1. 实习条件

- ① 配置各种材质不同规格的管段，每种若干件。
- ② 配置教材中所涉及的各种管件，每种若干件。

2. 实习内容及要求

- ① 能分辨各种材质的管子。
- ② 能根据管路中的介质、工作压力，选用基本合适的管子。
- ③ 认识各种管子的管件，掌握其主要用途。
- ④ 能读识简单管路图，进行备料和管路安装。

3. 教学内容

① 根据图 3-98 所示进行水、煤气管件计划。

② 根据图 3-98 所示，进行楼层间供热水、煤气管的安装。

4. 综合训练考核（表略）

综合训练三、回折管式补偿器制作

1. 实习条件

- ① 配置 $\phi 50$ 无芯手动弯管器。
- ② 配置弯管工作平台。
- ③ 配置 $\phi 50$ 无缝钢管，长若干。

2. 实习内容及要求

- ① 掌握回折管式补偿器的型号、尺寸参数的查表方法。
- ② 掌握回折管式补偿器的预制备件的尺寸公差的基本要求。

3. 教学内容

- ① 制作 $R200DN50, a=100$ 的 2 型回折管式补偿器。
- ② 合理布置拼接焊缝，公差符合预制构件要求。

4. 综合训练考核（表略）

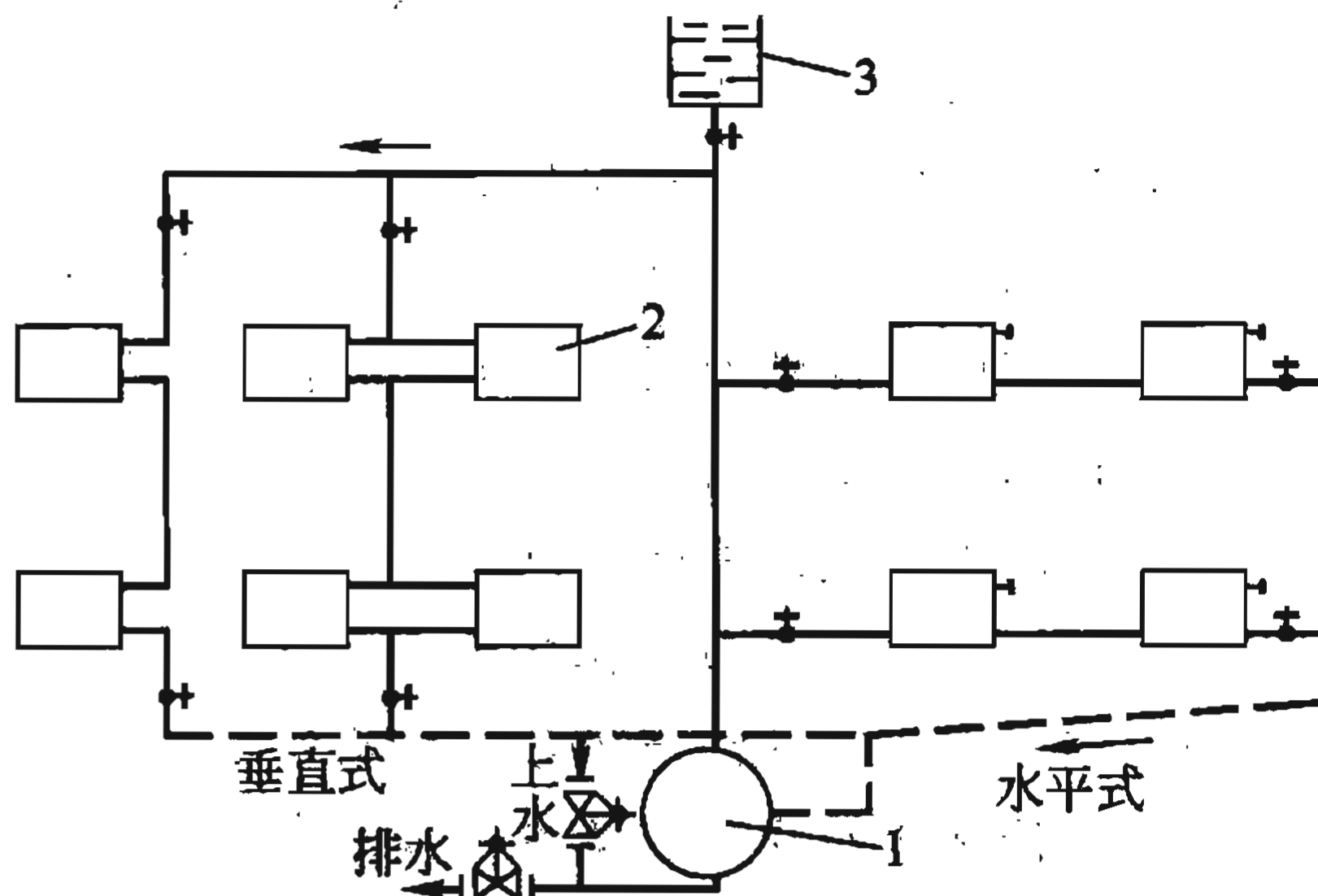


图 3-98 自然循环单管顺流热水系统图

1—锅炉；2—散热器；3—膨胀水箱

复 习 题

1. 为什么管路无论长短均应考虑热应力的影响？
2. 如何判定管路是否需要补偿？
3. 管路补偿的方法有几种？管路自动补偿的条件是什么？
4. 如何确定管路的跨度？多支承长管路上的阀门、连接件等为什么不宜放在支架位置？
5. 弯管时为什么要控制弯曲半径？
6. 弯管过程中易出现哪些问题？由什么原因引起的？
7. 热弯充沙的作用是什么？对充沙的粒度有什么要求？
8. 有缝管弯曲时焊缝应放在什么位置？
9. 试述无皱折热弯的操作过程？
10. 管子弯曲后的技术要求是什么？
11. 对管子进行加热时的要求是什么？
12. 管子的弯曲方法有哪些？
13. 管路连接方法有哪些？
14. 管架安装时如何考虑管路变形的影响？
15. 活络平板牙有几副，各适用的范围是什么？
16. 法兰盘和管路的连接形式有哪些？

17. 法兰密封面的形式有哪些？
18. 中低压法兰和高压法兰的密封面有何主要区别？
19. 法兰连接中常用的密封垫有哪些？
20. 法兰连接的技术要求是什么？
21. 如何进行管子的螺纹连接？
22. 管路在焊接连接前，为什么要开坡口？
23. 管路的支架和吊架各有哪几种？适用于什么场合？
24. 管托和管夹的作用是什么？
25. 管路安装后为什么要进行补偿？其补偿的方法有哪些？
26. 常用的补偿器有哪些？简述补偿器的安装方法。
27. 补偿器安装前为什么要进行预拉或预压？
28. 阀门安装应注意哪些问题？
29. 阀门在安装前应作哪些检查？
30. 阀门安装时的注意事项是什么？
31. 为什么要对化工管路进行保温？对保温材料有什么要求？
32. 管路保温有哪几种结构形式？
33. 常用的保温材料有哪些？
34. 化工管路为什么要涂色？试述常用介质管路的涂色。

课题四 管路维护与检修

分课题一 管路故障处理准备

一、设备管路介质排放与处理

各种管路在施工开工前都要做好准备和清理工作，对管路内的可燃性、伤害性或有毒介质必须彻底清除，以防止检修中发生燃烧、爆炸和中毒等事故。

管路维修中安全操作有严格的安全操作规程，介质处理时一般都有降温、卸压、排放、清洗、置换、断电、气样分析或安装盲板等几个程序，规定操作必须有以下几步。

① 降温、卸压、排放。高温管路进行降温至 60℃ 以下，有特殊要求除外。卸压排放介质时要注意安全，易燃、易爆介质要注意防火、防爆；酸、碱液体及可燃液体应尽量回收，水类液体排放时应引至排水系统，不得随意就地排放。排放的标准按照“工业‘三废’排放试行标准”执行。对于少量的排放也应绝对保证安全。可燃气体的排放点应高于站人的地面或平台 3.8m 以上，且 10m 之内不得有明火。

流态化物料排放与处理。流态化是指为了输送方便，将固体粉尘化或加上流体形成能像流体一样输送的处理方式。流态化物料通常是液体与固体混相的物料，其黏度通常较大，流动性通常也较差。排放的办法通常是利用管路中的泵将其抽尽，或利用低位的贮罐存放。打开管路最低处的底阀，将残存物料放尽，并要用大量的水进行冲洗。对用水冲洗易结块的水泥、石灰等，通常用压缩空气进行冲净，对粉煤灰冲净一般用氮气进行。

② 清洗及置换。管段内介质的清洗和吹净，当管路输送的介质为易燃、易爆、酸、碱、有毒等介质时，要使用蒸汽或水冲洗，然后再用氮气或空气吹干（可燃液体和气体不能用空气置换，应用氮气置换），以达到安全置换的目的。对于输送易燃和易爆介质的管路，当经过吹洗置换后应取样分析，确认可燃介质的浓度在爆炸下限以下方可动火。一般置换气体的体积不小于置换介质容积的 4 倍。

③ 断电。所有修理管段的电磁阀、电动阀等电源均应切断，并挂上禁止送电的警告牌。

④ 安装盲板。用盲板将修理管段与运行管段截断分开。由于阀门有可能渗漏和误操作，故不应采用阀门切断法使修理管段和运行管段分开。

二、管路介质的安全性检查

管路介质的安全性检查包括：压力检查、酸碱残液检查及燃爆毒害气体的检查。这些检查关系到管路检修时的安全。

压力检查通常是看管路、设备上的压力表，对于气体卸压后要求表压为零。验证表压显示正确，可打开安全阀的卸压口，无高压气体泄出即表压正确。这样检查可以确保检修安全。

酸碱残液检查，酸碱管路检查残液时，打开管路中底阀放尽残液，并保持底阀在开启状

态。若底阀打开无残液流出，则需用手锤敲击管路检查底阀是否真正开启。若管路用水冲洗过则需检查残液有无伤害性。

1. 易燃易爆气体与物料的检查

在化工生产中易燃易爆气体主要常见的有 H_2 、 CO 、液化石油气、石油炼制中的烃类等多种气体。高压的气体，当体积可以急剧膨胀时表现为爆炸。

另外，混有大量粉煤灰、可燃性纤维的空气也表现为易爆性。

易燃易爆气体的取样要根据气体密度，轻质气体取样在管路、设备的中上部；重质气体取样在管路、设备的中下部。

气体燃爆是在一定的密度范围内发生，因而气体燃爆密度有上下限。气体燃爆密度下限内作业是绝对安全的，气体燃爆密度上限内作业是可行的，但此作业是高危作业。

检查气样是否还存在爆炸性，简单的办法就是在取样试管口处用明火点燃，若还有爆炸性，则会听到“扑”的燃爆声。注意，此实验绝对不能在现场进行，只能取样后在分析室进行。

2. 有毒有害气体与物料的检查

化工生产中有毒有害气体的种类很多，常见的有 CO 、 SO_2 、 NO 、 Cl_2 、 NH_3 、 H_2S 、 HCl 气体、芳香烃类、苯及苯的衍生物。

气体的泄漏最常用的是用测漏仪进行检查。在检查方法中，还可以用颜色检查法、气味检查法。 NO 在空气中极易氧化为 NO_2 而呈棕色， Cl_2 呈淡绿色。 SO_2 、 NO 、 Cl_2 、 NH_3 、 HCl 在空气中的吸水性极大易形成雾气。 H_2S 有臭鸡蛋味， SO_2 、 NO 、 Cl_2 、 NH_3 、 HCl 都有刺激性气味，芳香烃有果香气味。

三、作业证的办理

除事故性或灾害性抢修施工外，对于一般安装维修工程，施工作业必须办理作业证。其办理程序的主要要求有以下几点。

① 生产装置技术人员必须告知施工人员，所施工管路介质的性质、安全要求；维修施工人员了解管线的介质种类、工作参数和流程，以确定施工管段的影响范围。特别对易燃、易爆、易中毒、易灼伤等类的管路施工时，要规定严格明确的安全要求。并由生产装置技术员、装置主任在作业票上签字确认。

② 施工人员必须告知检修影响范围内的管路装置停止生产操作的时间，并由管路装置人员签字予以确认。

③ 对需要动土、动火的管路部位、场所，需要由施工单位申请，由施工单位和管路装置主任确认；安全主管部门对地下有无管线位置确认、气体取样分析确认，安全主管部门方可批准动土证、动火证，施工单位方可施工。如果施工中断 30min，动火证必须重新办理。

分课题二 常见故障处理

一、管路振动

管路振动的振源是管路振动的根本原因。管路的振源一般来说，是运转不平稳的机器带

动管路振动，或是湍流介质带动管路振动，或是起消振的管卡松动三者之一引起的管路振动，或三者都有。

管路振动的消除办法是消除机器的不平稳运转、降低流速、紧固管卡螺栓。

降低流速可以是扩大流体通道，也可以是增加流体阻力。具体办法是打开未全开启的阀门，增大管路直径。

二、管路泄漏

管路泄漏的根本原因在于其结构件的作用失效。法兰结构管路泄漏主要原因有：法兰密封面损坏、密封垫破损、法兰紧固螺栓松动。

法兰结构管路泄漏的修理办法针对法兰密封面损坏，采用更换密封面完好的法兰；密封垫破损则需要更换完整的法兰密封垫；法兰紧固螺栓松动则要交叉对称地紧固法兰螺栓。

三、管路裂纹

管路裂纹产生的根本原因是交变载荷的作用。管路中介质压力不平稳，频繁地变化，对于管路而言起着交变载荷的作用；管路振动并撞击也是起着交变载荷的作用。这对于化工生产是不允许的，通常是增加贮罐，将压力不平稳的介质引入到贮罐中，达到要求的压力再引入生产的管路设备中。

当然对于有裂纹的管路修理，只有更换有裂纹的管段。

四、管路温度异常

管路温度异常的根本原因：一是热源，二是管中介质的流量持续异常变化。一般来说，管路温度异常降低对管路的安全生产影响不大，但管路温度异常升高却对管路的安全生产有着很大影响。

温度升高的热源有机器不正常运转摩擦产生、紧邻的电气设备故障电阻产生热量以及管路中介质温度持续升高热传导而产生。

针对机器的不正常运转，要修理电气设备。

管路温度升高若是介质流量降低引起的，对于管路设备而言，可能就是管路阻塞引起的流量降低导致温度升高，则必须疏通管路。

五、管路壁厚减薄

管路壁厚减薄通常在大修过程中才能发现。管路壁厚减薄的根本原因是腐蚀和冲蚀作用。在管路的弯头处常常会发现管路壁厚减薄。

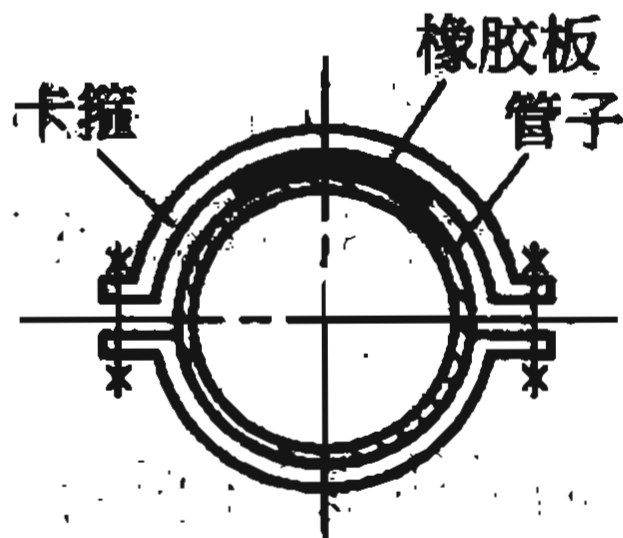
在化工生产中，如果可能，可以提高介质的温度，降低介质中的结晶析出程度和增大溶解度。

在弯头结构上，可以改变弯头结构，形成局部湍流，使得冲蚀点不能够稳定在一个部位上。如用球状连接的弯头、变径连接弯头。

如果管路壁厚减薄现象发生得缓慢，而壁厚减少不多，不予处理；一旦发生壁厚减薄较快，壁厚减少较多则采用更换的办法。

化工管路常见故障的类型、产生原因和消除方法见表 4-1。

表 4-1 化工管路常见故障的类型、产生原因和消除方法

故障类型	产生原因	消除方法
管路振动	1. 运动及其振动的传导 (1) 旋转零件的不平衡 (2) 联轴器不同心 (3) 零件的配合间隙过大 (4) 机座和基础间连接不牢 2. 输送介质引起的振动 (1) 介质流向引起的突变 (2) 介质激振频率和管路固有频率相接近 (3) 介质的周期性波动 3. 固定管卡故障 (1) 消振管卡松动 (2) 管卡螺栓断裂	(1) 对旋转件进行静、动平衡 (2) 进行联轴器找正 (3) 调整配合间隙 (4) 加固机座和基础的连接 (1) 采用大弯曲半径弯头 (2) 加固或增设支架, 改变管路的固有频率 (3) 控制波动幅度, 减少波动范围 (1) 坚固管卡螺栓 (2) 更换断裂螺栓
管路泄漏	1. 法兰连接处泄漏 (1) 密封垫破坏 (2) 介质压力过高 (3) 法兰螺栓松动 (4) 法兰密封面破坏 2. 螺纹连接处泄漏 (1) 螺纹连接没有拧紧 (2) 螺纹部分破坏 (3) 螺纹连接的密封失效 3. 管子缺陷 (1) 铸铁管子上有气孔或夹渣 (2) 焊接焊缝处有气孔或夹渣	(1) 更换密封垫 (2) 使用耐高压的垫片 (3) 拧紧法兰螺栓 (4) 修理或更换法兰 (1) 拧紧螺纹连接螺栓 (2) 修理管端螺纹 (3) 更换连接处的密封件 (1) 在泄漏处打上卡箍 (2) 清理焊缝, 进行补焊
		
管路裂纹	1. 管路连接不同心, 弯曲或扭转过大 2. 冻裂 3. 振动剧烈 4. 机械损伤	1. 安装时进行找正 2. 加设保温层 3. 消除振动 4. 避免碰撞
管路温度异常	1. 紧邻机器不正常运转摩擦产生 2. 紧邻的电气设备故障电阻产生热量 3. 管路阻塞引起的流量降低管路中介质温度升高热传导	1. 修理机器的不正常运转 2. 修理电气设备 3. 疏通管路
管路壁厚减薄	管路弯头壁厚减薄	1. 提高介质温度, 降低结晶析出 2. 改变弯头结构, 形成局部湍流

分课题三 管路验收

无论新建管路施工, 还是维修管路施工, 管路施工都要进行管路的验收及施工方和生产装置方的交接。一般必须进行管路的压力及气密性试验、管路脱脂处理吹洗、设备管路连接试车。

一、压力及气密性试验

在管道安装前、安装过程中、安装结束后或投入运行前，应对管道进行压力试验，其目的是检查已安装好的管道系统的强度和严密性是否能达到设计要求，也对承载管架及基础进行考验，以保证正常运行使用，它是检查管道安装质量的一项重要措施。对于过长的管路，可以逐段分别试压。

1. 压力试验

(1) 压力试验规定 管路安装完毕、热处理和无损检验合格后，进行压力试验。

① 压力试验应以液体为试验介质。当管道的设计压力小于或等于 0.6 MPa 时，也可采用气体为试验介质，但应采取有效的安全措施。脆性材料严禁使用气体进行压力试验。

② 当现场条件不允许使用液体或气体进行压力试验时，经建设单位同意，可同时采用下列方法代替：

a. 所有焊缝（包括附着件上的焊缝），用液体渗透法或磁粉法进行检验；

b. 对接焊缝用 100% 射线照相进行检验。

③ 当进行压力试验时应划定禁区，无关人员不得进入。

④ 压力试验完毕，不得在管道上进行修补。

⑤ 建设单位应参加压力试验。压力试验合格后，应和施工单位一同按规定的格式填写“管道系统压力试验记录”。

(2) 压力试验具备的条件

① 管路上的膨胀节已设置了临时约束装置；按试验的要求，管路已经加固。

② 试验用压力表已经校验，并在周检期内，其精度不得低于 1.5 级，表的刻度值应为被测最大压力的 1.5~2 倍，压力表不得少于两块。

③ 符合压力试验要求的流体或气体已经备齐。

④ 待试管路与无关系统已用盲板或采取其他措施隔离；待试管路上的安全阀、爆破板及仪表元件等已经拆下或加以隔离。

⑤ 试验方案已经过批准，并已进行了技术交底。

(3) 中低压管路和高压管路试压 管路安装完毕，热处理和无损检验合格后，应进行压力试验。压力试验合格后，应按规定的格式填写“管路系统压力试验记录”。

管路系统进行压力试验，当管路操作温度 $\leq 200^{\circ}\text{C}$ 时，真空管路试验压力 0.2 MPa。高中低压管路水压试验压力为工作压力的 1.25 倍，中低压地下管路试验压力不能小于 0.4 MPa，当管路操作温度 $> 200^{\circ}\text{C}$ 时，其试验压力按下式核算

$$p_s = 1.25 p_w [\sigma] / [\sigma]^t \quad (4-1)$$

式中 p_s ——常温下试验压力，MPa；

p_w ——最高工作压力，MPa；

$[\sigma]$ ——试验温度下材料的许用应力，MPa；

$[\sigma]^t$ ——工作下材料的许用应力，MPa。

压力试验常用水压试验，水温一般不应低于 5°C ，低合金钢管路水温不低于 15°C 。管路试压从低处加水，从管路高处盲板上的小阀门排放空气，如图 4-1 所示。管路最高处排气阀出水时，停止加水并关闭排气阀，将管路试压台置于试压管路下，连接试压台的试压泵向管

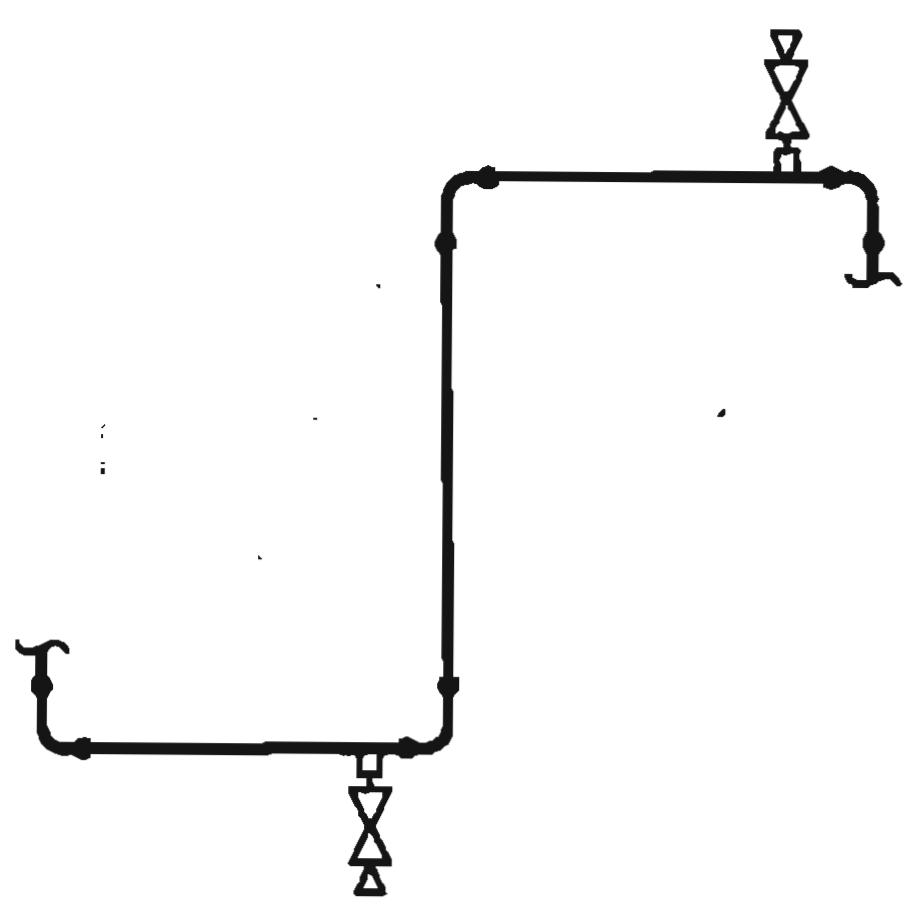


图 4-1 进水排气阀设置

路内充压。管路试压台设置如图 2-49 所示。对管路过长可分段试压。在试压的过程中，应巡回检查各处的泄漏情况，并在泄漏处作以记号，以便卸压后进行修理。

压力试验时应缓慢升压，达到试验压力后保持 10~20min，然后降到最高工作压力下进行检查，升压分级检查。

① 中低压管路的试压。中低压管路的工作压力为 0.25~6.4MPa。低压管路第一次升压至试验压力的 50%，以后分 1 次或 2 次升压至试验压力。中压管路第一次升压至试验压力的 50%，以后每次升压 0.5~1MPa，直至试验压力。设计压力较高的管路可取较大级差；设计压力较小的管路取较小级差。

当压力表指向试验压力时，保持 20min，检查有无泄漏处，然后将压力缓慢降至工作压力，并用手锤轻轻敲击焊缝处，检查有无假焊和泄漏现象。如果压力保持不变，管路各处都没有漏水和出汗现象，无目测变形，则水压试验即为合格。这时可使管路缓慢逐级降至零，排放出管路中的水，降压排液时应注意打开排气阀，防止管路抽真空。试压结束。

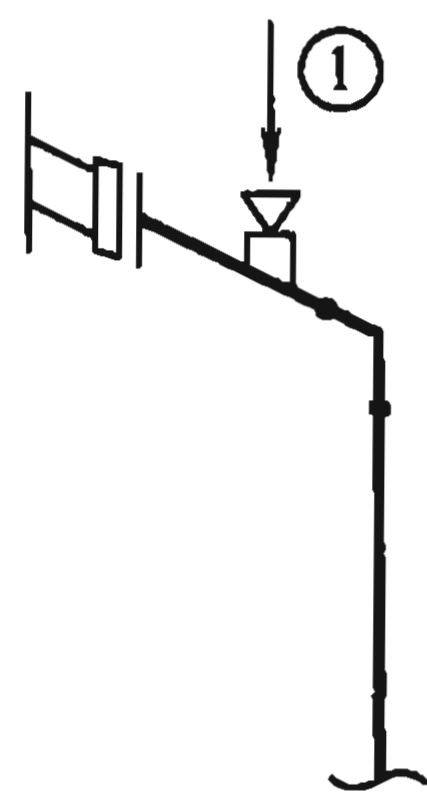


图 4-2 排气处仅用丝堵

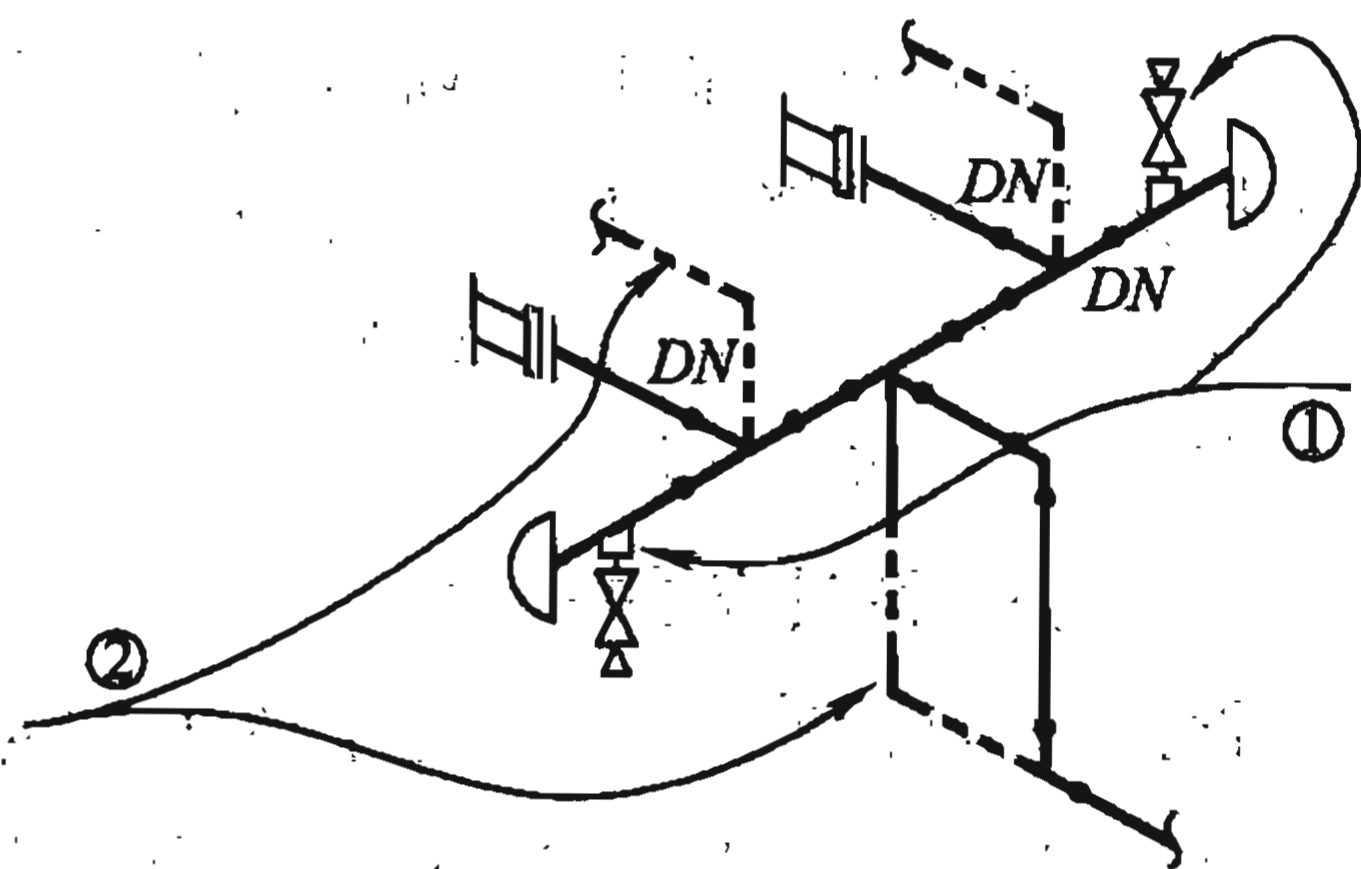


图 4-3 主、支管路设置排气排液阀要求

当管路上部不用排气阀时，可仅用丝堵封堵，如图 4-2 中①所示；当主、支管路异径并水平安装时，主管设排水、排气阀如图 4-3 中①实线所示，支管设置如图 4-3 中②虚线所示，主管不设排水、排气阀，只在支管上设置。

② 高压管路的试压。高压管路的工作压力为 10~100MPa。高压管路第一次升压至试验压力的 50%，以后每次升压 10%，直至试验压力。

升压速度以每分钟 0.1MPa 为宜，每次升压后停留 5min 检查泄漏及异常情况，确认无异常时才能继续升压。

将管路升压至试验压力，保持 20min，检查有无泄漏的地方。然后将压力降至工作压力，并用小手锤敲击管路，检查有无泄漏现象。无泄漏时，再将压力升至试验压力，保持 5min 压力不变。然后再次将压力降至工作压力，全面检查管路有无缺陷。如果各处均没有泄漏的现象，即可认定水压试验合格，将管路逐级降压至零。在逐级试压中，如果发现缺陷，应作出标记，便于卸压后处理。

管路试压时应注意：

管路系统气压试验压力为最高工作压力的 1.15 倍，真空管路为 0.2MPa；试验时逐渐升压至试验压力的 50%，检查无异后按试验压力的 10% 逐级升压直至试验压力；每一级稳压 3min，达到试验压力后稳压 5min，然后降至最高工作压力进行检查。

管路试压其设置压力要求、升压检验要求均根据中低压和高压管路有严格的规定，试验及试验方法的变更均需生产装置单位的参与和同意。

管路试压过程中，不得带压进行任何修理工作，以免发生危险，待泄压后方可进行处理，缺陷排除后，应重新试验。

2. 气密性试验

输送剧毒流体、有毒流体、可燃流体的管路必须进行气密性试验。

气密性试验应在压力试验合格后进行，试验介质宜采用空气；气密性试验压力应为设计压力；气密性试验可结合试车工作一并进行。

气密性试验应重点检验阀门填料函、法兰或螺纹连接处、放空阀、排气阀、排水阀等。以发泡剂检验不泄漏为合格。

经气压试验合格，且在试验后未经拆卸过的管路可不进行气密性试验。

二、管路脱脂处理吹洗

为保证管路系统内部的清洁，除安装前必须清除内部杂物外，安装完毕强度试验合格后或严密性试验前，还应分段进行吹扫和清洗（简称吹洗），以便清除遗留在管路内的铁锈、焊渣、尘土及其他污物，以免堵塞管路，损坏阀门和仪表，碰撞发生火花而引起事故。

管路吹洗根据该管路所输送的介质不同而异，有的管路须用化学药品清洗，有的管路只须用一定流速的水进行清洗，而有的管路则须用一定流速的气体或蒸汽进行吹扫。

管路工程吹扫与清洗一般规定。

① 管路压力试验合格，建设单位负责编制吹洗方案、组织吹扫或清洗工作。

② 管路公称直径大于 600mm 的液体或气体管路，宜采用人工清理；小于 600mm 的液体管路宜采用水冲洗；公称直径小于 600mm 的气体管路宜采用空气吹扫；蒸汽管路用蒸汽吹扫，非热力管路不得用蒸汽吹扫。

对有特殊要求的管路，应按设计文件规定采用相应的吹洗方法。如油管路，应在机械及酸洗合格后、试运转前进行油清洗。不锈钢管路，宜用蒸汽吹扫净后进行油清洗。

③ 不允许吹洗的设备及管路应与吹洗的系统相隔离；管路吹洗前，不应安装孔板、法兰连接的调节阀、节流阀、安全阀、重要阀门、仪表等；焊接的上述阀门和仪表，应采用流经旁路或卸掉阀头及阀座加保护套等保护措施。

④ 吹洗的顺序应按主管、支管、疏排管依次进行，吹洗出的脏物，不得进入已合格的管路。

⑤ 吹洗前管路支、吊架应予以加固；蒸汽吹扫，管路上及其附近不得放置易燃物。

⑥ 清洗排放的脏液严禁随地排放。

⑦ 管路吹扫合格并复位后，不得再进行影响管内清洁的其他作业。

⑧ 管路复位时，应由施工单位会同建设单位共同检查，并按规定的格式填写“管路系统吹扫及清洗记录”。

1. 管路脱脂

对于忌油管路，管路施工完成后，要进行碱洗，脱除管路施工时带来的油污。一般要进行碱洗、酸洗、水洗多次进行。洗净的管路吹扫时，气体中不得含油。

2. 管路清洗

一般管路的清洗有酸洗和水洗，酸洗的目的主要是除锈，水洗的目的是冲净管路。水洗的要求有：

① 冲洗管路应使用洁净水，奥氏体不锈钢的冲洗水氯离子浓度 $\leq 25 \times 10^{-6}$ ，冲洗时，流速不得低于 1.5m/s；

② 排放水应引入可靠的排水井或沟中，排放管的截面积不得小于被冲洗截面积的 60%，排水时，不得形成负压；

③ 管路的排水支管应全部冲洗，水冲洗应连续进行，以排出口的水色和透明度与入口水目测一致为合格；

④ 当管路经水冲洗合格后暂不运行时，应将水排净，并应及时吹干。

3. 吹扫处理

管路试压后，必须经过压缩空气或蒸汽吹净管路中的灰沙和其他杂质，才能正式使用，吹净的时间一般为 10~15min。氧气管路、乙炔管路、煤气、天然气管路在空气或蒸汽吹净后，往往管路中含有大量的氧气，必须用氮气进行置换吹扫，必要时还要用管路的原料气进行置换吹扫。

(1) 空气吹扫

① 空气吹扫应利用生产装置的大型压缩机，也可利用装置中的大型容器蓄气，进行间断性的吹扫。吹扫压力不得超过容器和管路的设计压力，流速不宜小于 20m/s。

② 空气吹扫过程中，当目测排气无烟尘时，应在排气口设置贴白布或涂白漆的木制靶板检验，5min 内靶板上无铁锈、尘土、水分及其他杂物，应为合格。

(2) 蒸汽吹扫

① 蒸汽管路应以大流量蒸汽进行吹扫，流速不应低于 30m/s。

② 蒸汽吹扫前，应先进行暖管，及时排水，并应检查管路热位移。

③ 蒸汽吹扫应按加热—冷却—再加热的顺序，循环进行。吹扫时宜采取每次吹扫一根，轮流吹扫的方法。

④ 通往汽轮机或设计文件有规定的蒸汽管路，经蒸汽吹扫后应检验靶片。当设计文件无规定时，其质量应符合表 4-2 的规定。

⑤ 蒸汽管路可用刨光木板检验，吹扫后，木板上无铁锈、脏物时，应为合格。

表 4-2 吹扫质量标准

项 目	质 量	项 目	质 量
靶片上痕迹大小	$\phi 0.6\text{mm}$ 以下	粒数	1 个/cm
痕深	$< 0.5\text{mm}$	时间	15min(两次合格)

注：靶片宜采用厚度 5mm，宽度不小于排汽管路内径的 8%，长度略大于管路内径的铝板制成。

(3) 氧气管路的吹扫 管路的吹扫应当用不带油的压缩空气或氮气进行。气体的流速为 15~20m/s，吹扫的方法和步骤，可参照管路清洗和吹扫的一般规定和要求进行，但在投入使用前还应吹扫至化验合格为止。氧气吹扫的排气管应接至室外，排出口距地面应不小于 2.5m，且应远离火源。

(4) 乙炔管路的吹扫 管路吹扫可用压缩空气进行，吹扫的方法和步骤与氧气管路相同。但在投入使用前管路系统还必须用氮气进行吹扫，至排出氮气中含氧量小于 3% 为合格。

(5) 煤气、天然气管路的吹扫 煤气管路和天然气管路吹扫均用压缩空气进行，吹扫压力不应超过管路最大试验压力，管内气体流速为 2~15m/s，吹扫的方法和步骤与氧气管路

相同。但投入使用前，煤气管路必须用煤气进行吹扫；天然气管路必须用天然气进行吹扫，至排出气体经化验合格为止。

4. 气体抽样检查

管路中空气等被吹扫置换后，还必须进行气体抽样检查，当有害气体达到安全浓度以后，管路才可以使用。

三、设备管路连接试车

设备管路的连接，是当管路用压缩空气或蒸汽分段吹净后，就可进行。生产与检修双方按规程，由运行操作人员进行单机联动与系统试车，并在过程中共同确定“检修安全交接书”，并双方签字办理交接手续。

1. 单机联动

单机联动试车，是按生产装置的化工生产单元操作进行试车。如流体输送单元的离心泵、压缩机的管路与机器的单机联动试车，确保每个化工单元操作能够正常运行起来。检查管路中存在的问题，并及时进行必要的管路改造。

2. 系统试车

当化工装置系统的每个化工单元的机器与管路设备能进行单机联动试车后，管路设备中的介质进行了必要的置换，就可以进行系统装置的安全试车了。

实训项目

综合训练 管路安装

1. 实习条件

- ① 能独立运行的泵、空压机、试压泵。
- ② 水煤气管及管件若干，石棉制品保温材料若干。
- ③ 管廊等支架。

2. 实习内容及要求

- ① 组装—进行管路试压、管路清洗、并能进行管路吹净的管段。
- ② 管段要求不能设置在同一平面上，管段的压力不能超过 0.6MPa。
- ③ 掌握管路的试压方法，能对管路常见故障进行分析判断和处理。
- ④ 了解管路的敷设、保温及涂色等。

3. 教学内容

根据管路图 4-4 进行管路的安装

(1) 管路安装前的准备

- ① 熟悉管路图及施工要求。
- ② 准备必要的工、卡量具。
- ③ 领取安装过程中所需的管材、管件和各种消耗材料。

④ 研究并制订施工方案。

(2) 管路安装要求

- ① 采用水、煤气管。

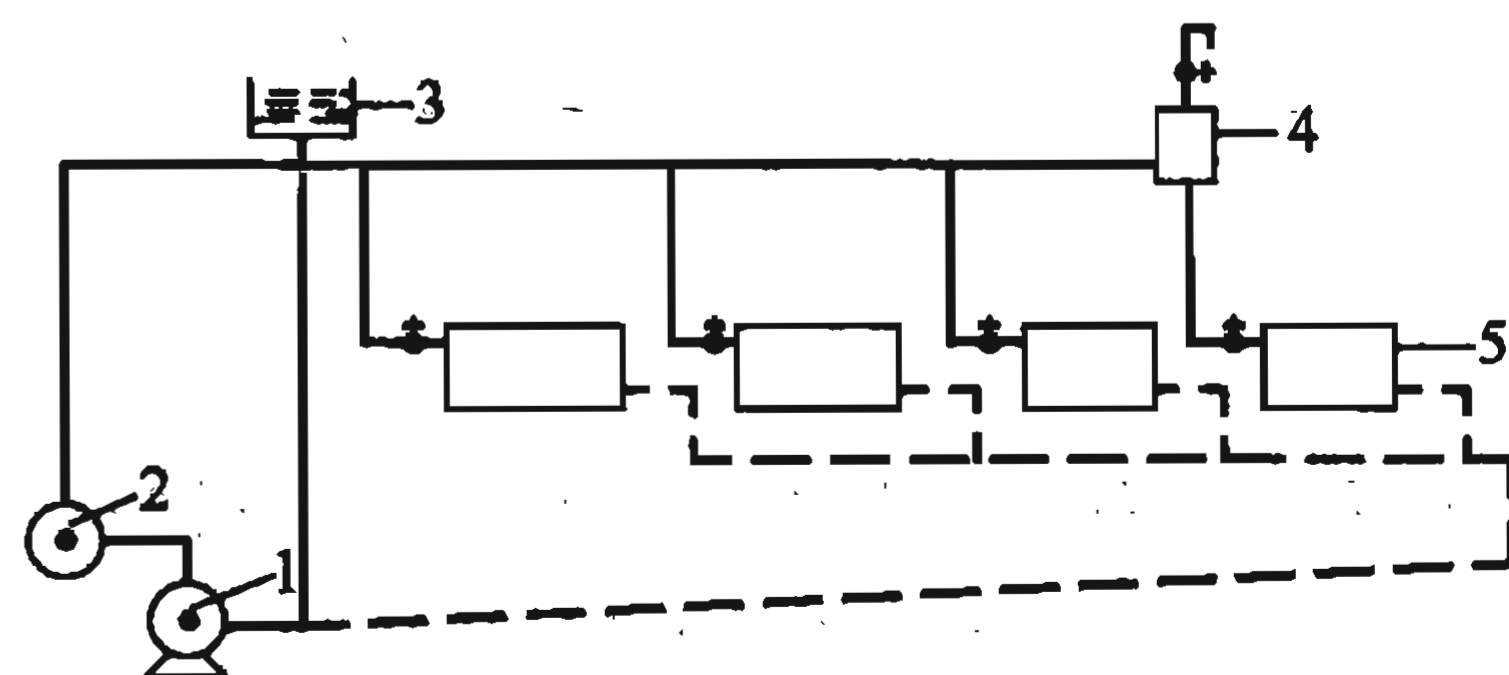


图 4-4 自然循环双管上供式热水采暖系统

1—锅炉；2—散热器；3—膨胀水箱；4—供水管；5—排水管

② 管路安装后进行水压试验，水压强度试验压力为 $4.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ ；水压密封试验压力为 $3 \times 10^5 \text{ Pa}$ 。

③ 用石棉制品进行保温。

(3) 管路的安装

4. 综合实习考核（见表 4-3）

表 4-3 管路安装考核评分表

序号	考核项目	分数	考核内容与评分标准	得分
1	管子的切割	10	1. 管子夹持方法正确,管外表面无损伤 2分 2. 操作方法正确、熟练 3分 3. 切口断面和管子中心垂直 3分 4. 切断尺寸准确 2分	
2	管子的套丝	15	1. 管子夹持方法正确,管子外表面无损伤 3分 2. 管径无明显椭圆变形 3分 3. 操作方法正确、熟练 5分 4. 螺纹无偏斜和烂牙现象 4分	
3	管子的弯曲	15	1. 弯曲角度准确 4分 2. 弯曲表面平滑,无裂纹 3分 3. 弯曲的横截面无明显的椭圆变形 3分 4. 操作方法正确、熟练 5分	
4	管子的法兰连接	10	1. 操作方法正确、熟练 4分 2. 两法兰端面平行、同轴度高 3分 3. 垫片制作、安装正确 3分	
5	管架的制作与安装	10	1. 操作方法正确、熟练 4分 2. 管卡的制作、安装正确 3分 3. 安装顺序正确 2分 4. 安装固定牢固 2分	
6	阀门的安装	10	1. 操作方法正确、熟练 7分 2. 阀门的安装方向、位置正确 3分	
7	管路的试压	20	1. 操作方法正确、熟练 5分 2. 能分析处理试压过程中的故障 5分 3. 试压负荷技术要求 10分	
8	管路的保温	5	操作顺序、方法正确 5分	
9	安全文明生产	5	1. 无设备或人身事故 2. 工器具使用方法正确,摆放整齐,交接清楚 3. 操作过程中有条不紊,无慌乱现象 4. 安装操作完毕后现场整洁	

复 习 题

1. 化工设备管路检修安全操作规程有哪些？
2. 管路介质的安全性检查内容有哪些？
3. 压力试验必须具备的条件有哪些？
4. 中高压管路的试验压力如何确定？
5. 简述中低压管路的试压方法。

6. 如何对管路进行压力试验？
7. 化工管路常见的故障有哪些？各应作如何处理？
8. 化工管路各种清洗方法的目的是什么？
9. 一般化工管路吹扫如何进行？吹净的标准是什么？
10. 特殊介质的化工管路吹扫有何规定？
11. 化工操作单元中的单机试车的条件是什么？操作人员有何要求？
12. 系统试车的前提条件有哪些？

参 考 文 献

- [1] 楼宇新. 化工机械制造工艺与安装修理. 北京: 化学工业出版社, 1992.
- [2] 楼宇新. 化工机械安装修理. 北京: 化学工业出版社, 1996.
- [3] 原学礼. 化工机械维修: 化工管路分册. 北京: 化学工业出版社, 1999.
- [4] 胡忆洧, 杨梅. 检修管工. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [5] 张德江. 石油化工装置工艺管道安装设计手册. 第3版. 北京: 中国石化出版社, 2007.
- [6] 于宗保. 工业管道工程. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [7] 原学礼. 化机维修管钳工艺. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [8] 胡忆洧, 鲁国良. 管工. 北京: 化学工业出版社, 2005.