



容器焊接生产 与展开下料实例

RONGQI HANJIE SHENGCHAN YU ZHANKAI XIALIAO SHILI

■ 朱国宝 朱春龙 主编 ■ 马云飞 主审

RONGQI HANJIE SHENGCHAN
YU ZHANKAI XIALIAO SHILI

非
外
借



化学工业出版社

容器焊接生产 与展开下料实例

朱国宝 朱春龙 主编 马云飞 主审



化学工业出版社

· 北京 ·

本书系统介绍了传统的钣金工作图解下料法以及应用计算机辅助展开下料技术等，叙述了压力容器焊接生产及其附属装置板材和管材作展开图等放样下料工序的关键步骤和方法。

本书按照制件的结构特征分为圆管（筒）构件、正口拔梢体、偏口拔梢体、斜口拔梢体、异形三通马鞍座体、异口形管和曲面球（弧）体七大类。构件从立体图、投影图、放样图和展开图 4 个过程，以实例形式详细介绍了用已知投影图尺寸求出展开图的方法。

本书适用于石油化工、电力、造船、冶金、机械和锅炉制造等行业从事钣金工、钳工、白铁工、铆工等技术工人，也适用于职业院校机械类专业学生，还可供钣金展开工程技术人员、设计人员及其他有关的科技人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

容器焊接生产与展开下料实例/朱国宝，朱春龙主编。

—北京：化学工业出版社，2018.8

ISBN 978-7-122-32505-1

I. ①容… II. ①朱… ②朱… III. ①压力容器-焊接
IV. ①TG457.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 138337 号

责任编辑：高 钰

文字编辑：陈 喆

责任校对：杜杏然

装帧设计：刘丽华

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：三河市航远印刷有限公司

装 订：三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 10½ 字数 252 千字 2019 年 1 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询：010-64518888 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：68.00 元

版权所有 违者必究



本书是焊接结构件包括压力容器及其附属装置加工、钣金展开下料的实用工具书。本着简明、实用和实际生产需要的原则，本书采用以图为主、说明为辅，理论与实践、图解与计算相结合的独特方式编写。本书分为五章，分别叙述了压力容器及其附属装置的制作工艺过程和展开下料过程。第一章按照感性认识入门，以循序渐进的方式来提高识图能力和动手能力。第二章讲述了压力容器等壳体结构的焊接生产技术。第三章内容为焊接接头组织性能和焊接缺陷，比较系统地讲述了如何提高焊接接头的强度以及如何避免焊接缺陷的产生，在焊接接头设计和制造工艺方面采取哪些措施等。第四章按照制件的结构特征分为圆管（筒）构件、正口拔梢体、偏口拔梢体、斜口拔梢体、异形三通马鞍座体、异口形管和曲面球（弧）体七大类。书中以图解的方法列举了各构件展开下料的详细过程，可以直接应用于生产实践。

随着科学技术的进步和人们知识水平、生活水平的提高，过去只有“划”才能求出展开图的图解法有的用算法也能方便求出。算法一般来源于图解法，图解法是展开放样的基本方法。只有熟练掌握了图解法的视图投影原理，然后用直角勾股定理和三角函数等简单几何知识很方便地计算出所需要的数据。本书主要从图解法入手，算法作为提示介绍，以期对读者起到举一反三、事半功倍的作用。

本书第四章以实例形式，采取一课一页展开样本的方法，引导读者在课堂上人人拿起笔、尺、纸，每课制作一种纸质实体样本，实训课上可以用2mm钢板放样冷作在简易的胎具上敲打出钢质的实体样本。第五章学习计算机辅助展开下料技术，为实现过程的部分自动化打下一定的基础。在此要强调一点，就是计算机辅助展开下料技术只是一种现代化技术手段，是建立在人们感性和理性的专业知识之上的。

本书适用于各行各业的钣金工、钳工、白铁工、铆工等技术工人，也适用于职业院校机械类专业学生，还可供钣金展开工程技术人员、设计人员及其他有关的科技人员参考。

本书由朱国宝、朱春龙主编，全源、朱明博、王悦参加编写，由马云飞担任主审。

在本书编写过程中得到中石化南京化学工业集团化机厂研究所和高中华高级技师工作室的大力支持与帮助，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处，请广大读者批评指正。

编者

2018年3月



绪论	1
一、压力容器的基本概念	1
二、压力容器分类和构造	1
三、压力容器的焊接结构	3
四、容器的主要参数	5
五、容器的安全附件	5
六、容器的制造中常用金属材料及焊接性	7
七、压力容器管理法规	10
八、焊接标准简介	11
思考题	13
第一章 压力容器等壳体结构件的制作过程及其工艺规程	14
第一节 容器的基本知识	14
一、容器的分类	14
二、容器的结构特点与组成	14
第二节 容器的制造工艺	17
一、封头的展开和下料	17
二、筒节的展开和放样	19
三、容器的装配工艺	20
四、球罐的制作工艺的下料及成形方法	20
第三节 容器制作过程的划线与展开放样	21
一、结构图的特点	21
二、结构图的读识方法	22
三、划线	22
四、放样	23
五、展开放样	25
第四节 焊接结构件的材料弯曲成形与展开计算	30
一、板材的弯曲	30
二、钢板展开长度计算	32
三、型材的弯曲	33
四、圆钢管弯曲料长展开计算	35
五、角钢展开长度的计算	36

六、样板检验	37
第五节 焊接结构件制作过程的下料	37
一、手动压剪下料	37
二、锯割下料	37
三、气割下料	38
四、剪板机下料	39
五、数控切割	40
六、等离子弧切割	41
七、超高压水切割	41
八、合理排料	42
思考题	43
第二章 压力容器等壳体结构的焊接生产	44
第一节 壳体结构件的焊接方法	44
一、焊条电弧焊	44
二、埋弧自动焊	45
三、气体保护焊	46
四、焊接机器人	47
第二节 焊接接头及其坡口形式	48
一、焊接结构常用的接头形式	48
二、焊接坡口、间隙和钝边	49
三、对接焊缝、角焊缝几何形状参数	50
第三节 焊接图样、符号及其标注	50
一、常见焊缝的规定画法	50
二、焊缝的标注	51
思考题	54
第三章 焊接接头组织性能和焊接缺陷	55
第一节 焊接接头组织性能	55
一、焊缝区	55
二、熔合区	56
三、热影响区	56
四、影响焊接接头性能的因素	56
第二节 焊接缺陷	56
一、常见的外部缺陷	57
二、常见的内部缺陷	58
三、焊接裂纹	58
第三节 焊接变形与焊接应力	60
一、焊接变形	60
二、焊接应力	62

三、焊后残余应力的消除	63
第四节 焊接质量检验	64
一、按检验的数量分类	64
二、按检验方法分类	64
三、按检验程序分类	64
四、焊接质量检验及其表格的几种典型格式	65
思考题	69
第四章 焊接结构件展开下料实例	70
第一节 圆管(筒)构件	70
[实例 1] 同径三通展开下料法	70
[实例 2] 同径 50°三通展开下料法	71
[实例 3] 不同径斜马鞍展开下料法	72
[实例 4] 虾米腰弯头展开下料法	73
[实例 5] 同径三岔管座展开下料法	74
第二节 正口拔梢体	75
[实例 6] 正方拔梢展开下料法	75
[实例 7] 长方拔梢展开下料法	76
[实例 8] 天圆地方正拔梢展开下料法	77
[实例 9] 正圆拔梢展开下料法	78
[实例 10] 天方地圆正形拔梢桶展开下料法	79
[实例 11] 地长椭圆上中心线正圆带梢展开下料法	80
[实例 12] 天圆地椭正拔梢桶展开下料法	81
[实例 13] 底长方天椭圆正形拔梢座展开下料法	82
[实例 14] 上方小下方大两角圆展开下料法	83
[实例 15] 下方带梢上半方半圆展开下料法	84
[实例 16] 天圆地一角方一端圆另一角圆带梢管座展开下料法	85
[实例 17] 天圆地方缺三个角管座展开下料法	86
[实例 18] 长方带梢一头方一头圆展开下料法	87
[实例 19] 天圆地方带斜度展开下料法	88
[实例 20] 上圆下三角形带梢桶座展开下料法	89
[实例 21] 腰圆上下拔梢展开下料法	90
[实例 22] 天圆地方底边带斜度形展开下料法	91
[实例 23] 上方下椭圆带梢桶展开下料法	92
[实例 24] 腰圆带梢上长下圆展开下料法	93
[实例 25] 上小圆下大五方拔梢桶展开下料法	94
[实例 26] 椭圆带梢展开下料法	95
[实例 27] 圆桶内带梢度过水管展开下料法	96
第三节 偏口拔梢体	97
[实例 28] 地长方天圆带梢靠一边展开下料法	97

[实例 29]	天方地圆偏心梢形方圆桶展开下料法	98
[实例 30]	下方带梢偏半圆展开下料法	99
[实例 31]	下长方上口靠一边方拔梢展开下料法	100
[实例 32]	天圆地矩同面积倾斜管座展开下料法	101
[实例 33]	下长方上半圆靠一面带梢展开下料法	102
[实例 34]	顶圆底半圆偏心带梢展开下料法	103
[实例 35]	下正方上圆靠一角分 12 等份拔梢桶展开下料法	104
[实例 36]	天圆地圆 90°带梢偏心展开下料法	105
[实例 37]	长方带梢下一头方一头半圆上圆拔梢桶展开下料法	106
[实例 38]	天椭圆地长方斜形管座展开下料法	107
[实例 39]	天偏方地椭圆展开下料法	108
[实例 40]	偏圆腰圆和圆结合座展开下料法	109
[实例 41]	烟筒帽式偏心斜马蹄展开下料法	110
[实例 42]	天半圆地椭圆带拔梢展开下料法	111
[实例 43]	带梢马蹄展开下料法	112
[实例 44]	地长腰圆天圆中心线偏一头展开下料法	113
[实例 45]	类似前照灯罩展开下料法	114
[实例 46]	煤车斗带梢地长方上两圆角展开下料法	115
[实例 47]	正方形上口靠一角方拔梢展开下料法	116
[实例 48]	天和地丁字式长腰圆形带梢管座展开下料法	117
[实例 49]	90°天圆地鸭蛋形管座展开下料法	118
第四节	斜口拔梢体	119
[实例 50]	下大下小带斜度圆拔梢展开下料法	119
[实例 51]	上下椭圆形管座展开下料法	120
[实例 52]	铁水包带出水嘴式的展开下料法	121
[实例 53]	输煤采用漏斗式管接座下料法	122
[实例 54]	天圆地方顶边带斜度形展开下料法	123
[实例 55]	带梢度的斜管桶展开下料法	124
[实例 56]	按拔梢下料弯头展开下料法	125
[实例 57]	圆管座地鸭蛋形弯头式展开下料法	126
[实例 58]	带梢度的虾弯管展开下料法	127
[实例 59]	斜马蹄拔梢展开下料法	128
[实例 60]	下圆斜 90°上口朝一面管座展开下料法	129
[实例 61]	58°方圆管座展开下料法	130
第五节	异形三通马鞍座体	131
[实例 62]	上圆下腰圆不同径马鞍座展开下料法	131
[实例 63]	上圆下腰圆拔梢马鞍展开下料法	132
[实例 64]	天方大地圆相同正马鞍展开下料法	133
[实例 65]	天圆地鸡蛋形带马鞍展开下料法	134
[实例 66]	下大上小十字形的带梢马鞍展开下料法	135

[实例 67]	锥体帽上带马鞍管两种展开下料法	136
[实例 68]	熔化炉出铁水嘴展开下料法	137
[实例 69]	拔梢桶带斜度骑马展开下料法	138
[实例 70]	偏心马鞍展开下料法	139
第六节	异口形管	140
[实例 71]	下方一头圆上小方一头圆展开下料法	140
[实例 72]	椭圆弧形带斜度展开下料法	141
[实例 73]	挡板闸门下料法	142
[实例 74]	搅龙展开下料法	143
[实例 75]	鼓风机外壳展开下料法	144
第七节	曲面球(弧)体	145
[实例 76]	热风包顶为 12 等分展开下料法	145
[实例 77]	六角亭顶盖下料法	146
[实例 78]	找特大圆弧线下料法	147
思考题	147
第五章	焊接结构件的计算机辅助展开下料方法	149
第一节	计算机辅助展开下料特点	149
一、	计算机辅助展开下料方法的优点与局限性	149
二、	计算机辅助展开下料技术	149
三、	软件版本	150
第二节	计算机辅助展开下料的操作	150
一、	启动 AutoCAD	150
二、	AutoCAD 中途运用	150
三、	打印出图和图形关闭	153
第三节	计算机辅助展开下料的界面	154
[实例 1]	正天圆地方展开下料法	154
[实例 2]	钣金展开类程序	154
[实例 3]	变径正偏心管件(锥台)	154
[实例 4]	虾米弯头展开下料法	155
[实例 5]	圆管斜插锥管三通展开下料法	156
[实例 6]	大圆弧等分法	156
思考题	157
参考文献	158

绪 论

一、压力容器的基本概念

压力容器早期主要应用于化学工业，压力多在 10MPa 以下。合成氨和高压聚乙烯等高压生产工艺出现后，要求压力容器承受的压力提高到 100MPa 以上。

随着化工和石油化学工业的发展，压力容器的工作温度范围也越来越宽；新工作介质的出现，还要求压力容器能耐介质腐蚀；许多工艺装置规模越来越大，压力容器的容量也随之不断增大。20 世纪 60 年代开始，核电站的发展对反应堆压力容器提出了更高的安全和技术要求，这进一步促进了压力容器的发展。例如：煤转化工业的发展，需要单台重量达数千吨的高温压力容器；快中子增殖反应堆的应用，需要解决高温耐液态钠腐蚀的压力容器；海洋工程的发展，需要能在水下几百至几千米工作的外压力容器。

压力容器不仅普遍应用于化工、石油和石油化工生产，而且在电力、轻工、医药、食品、冶金、航天、航海、深海探测和科学研究等许多领域中也有着广泛的应用。由此可见，压力容器是工业部门和人民生活必不可少的生产装备，对国民经济的发展起着十分重要的作用。

“压力容器”是指压力和容积达到一定数值，容器所处的工作温度使其内部介质呈气体状态的密闭容器，如图 0-1 所示。这类容器一旦发生事故，其后果非常严重，世界各国都把这类容器作为一种特殊设备，对容器的设计、制造、安装、检验和使用等方面制定了一系列专门的法规和标准予以管理。另外，航天太空舱和飞船返回舱、军事潜水艇和深海探测器也参照使用压力容器的制造标准而制定各种标准。

按照中国《压力容器安全技术监察规程》中的有关规定，同时具备下列条件的容器即称为压力容器：

- ① 最高工作压力大于 0.1MPa（不含液体静压力）。
- ② 内直径（非圆形截面指断面最大尺寸）大于或等于 0.15m，且容积大于或等于 0.025m³。
- ③ 介质为气体、液化气体或最高工作温度高于或等于标准沸点的液体。

二、压力容器分类和构造

1. 按工艺用途分类

(1) 反应压力容器

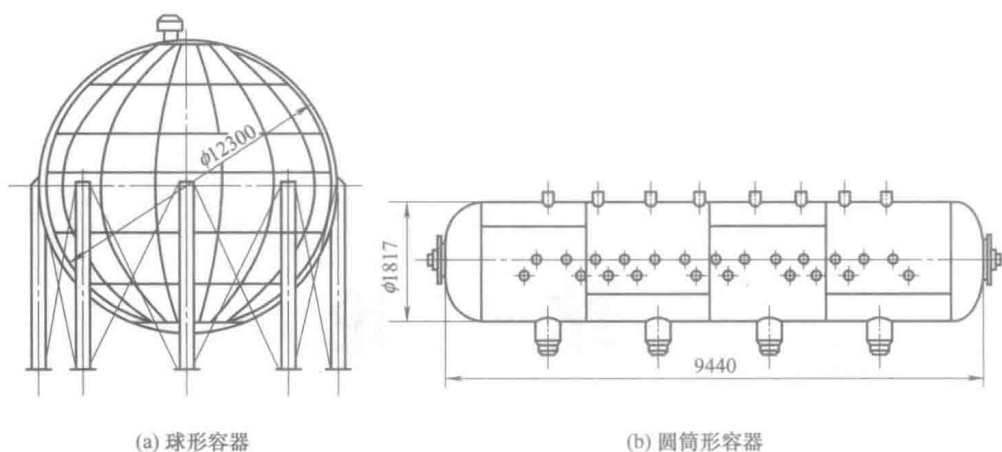


图 0-1 球形和圆筒形压力容器

用于完成介质的物理、化学反应。如反应器、反应釜、分解塔、合成塔和煤气发生炉等。

(2) 换热压力容器

用于完成介质的热量交换。如换热器、冷却塔、冷凝器、蒸发器、加热器（如压力锅炉）等。

(3) 分离压力容器

用于完成介质的流体压力平衡和气体净化分离等。如分离器、过滤器、缓冲器、洗涤器、吸收塔和干燥塔等。

(4) 储存压力容器

用于盛装生产用的原料气、液体、液化气体等。如储罐、球罐等。

2. 按壳体的承压方式分类

(1) 内压容器

作用于压力容器器壁内部的压力高于外表面所承受的压力。如储罐、球罐、反应器、反应釜、分解塔、合成塔和煤气发生炉等。

(2) 外压容器

作用于压力容器器壁内部的压力低于外表面所承受的压力。如各类潜水器和换热器、冷却塔、冷凝器、蒸发器、加热器的管程等。还有各类船舶的水下部分也可认定为外压容器。

3. 按设计压力分类

分为低压容器、中压容器、高压容器和超高压容器。

4. 按制造材料分类

分为钢制容器、有色金属容器、非金属容器等。

5. 按几何形状分类

分为圆筒形容器、球形容器、矩形容器、组合式容器等。

6. 其他

除上述分类方法外，还可以按容器的壳体结构、容器壁厚、结构材料、结构形式和工作介质进行分类。

压力容器的分类方式和结构形式虽然很多，但压力容器最基本的结构是一个密闭的焊接壳体。根据压力容器壳体的受力分析，最适宜的形状是球形，球形容器制造相对比较困难，

成本较高,因此在工业生产中,大多数中、低压容器多采用圆筒形结构。圆筒形容器由筒体、封头、法兰、密封元件、开孔接管以及支座等六大部件组成,并通过焊接构成一个整体,如图 0-2 所示。

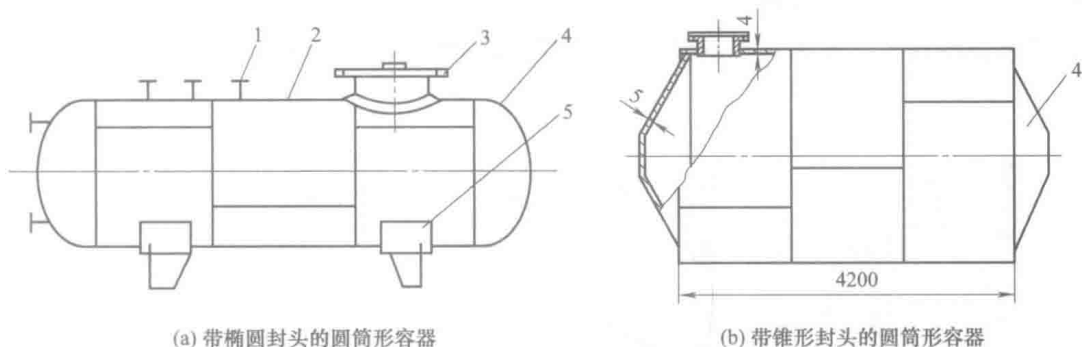


图 0-2 圆筒形压力容器

1—接管; 2—筒体; 3—人孔及法兰; 4—封头; 5—支座

三、压力容器的焊接结构

① 一般用途的压力容器压力低,焊接结构比较简单,图 0-3 所示为载重汽车的刹车储气筒,由于低碳钢可焊性好,对应力集中敏感性低,故储气筒多采用 Q235 钢材制成。筒体由钢板弯制,纵向焊缝用埋弧自动焊一次焊成,两封头冲压成形,封头与筒体之间采用对接接头,为了保证焊缝质量,在焊缝底部设置残留垫板。

② 储存气体或液体的容器广泛应用于各生产部门和运输行业。固定小型储存容器的技术要求较低,一般用薄钢板制造即可。而对于大型储运容器,则在结构和设计上有许多特别的地方。如铁路运输石油产品用的油罐,如图 0-4 所示。油罐承受的内压力不高,但在运输车辆启动和刹车时有较大的惯性力,因此要求罐体应有适当的厚度,以保证足够的刚度。油罐罐体一般用低碳钢制造,筒体由上下两部分组成,上半部分占整个筒体的 $3/4$,用 $8\sim 12\text{mm}$ 厚的钢板成形拼制而成。筒体下部分占 $1/4$,要求有较大的刚度,采用较厚的钢板弯制。筒体上下两部分用对接纵焊缝连接。封头为椭圆封头,热压成形,与筒体之间采用对接焊接。

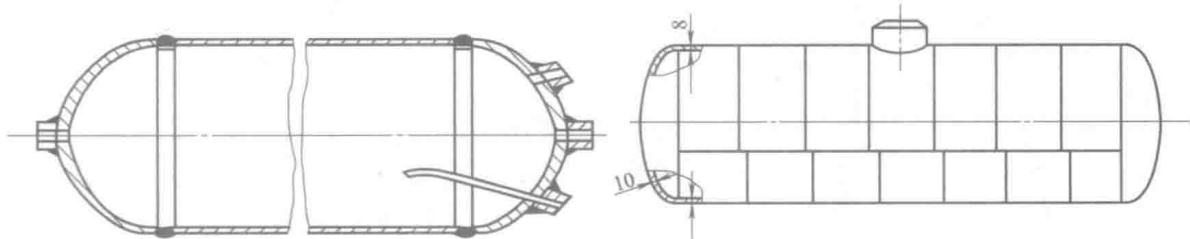


图 0-3 汽车储气筒

图 0-4 油罐车罐体

③ 焊接容器承受的压力越高,其壁厚也越大,因此厚壁容器也称为高压容器。完整的厚壁容器作为工业生产中的高压装置,一般由外壳和内件构成。内件因工艺过程的不同而多种多样,外壳由于加工条件、钢板资源的限制,以及充分利用材料和避免深厚焊缝等方面考虑,则采用大体相近、较为复杂的结构形式,图 0-5 所示为一多层包扎式厚壁容器。这种结

构是先用厚度 14~34mm 的不锈钢板卷焊成内筒，纵焊缝经无损检测、热处理消除应力和机械加工磨平后，把厚度 4~8mm 的薄板卷成瓦片形，作为层板包到内筒的外表面，用钢丝绳滚动包扎，把层板点焊固定后，用自动焊焊接纵焊缝，并用砂轮磨平纵焊缝。用同样方法依次包扎焊接第二层，这样逐层包扎至总的厚度达到设计要求为止，构成一个筒节。最后筒节两端经机械加工，车出环焊缝坡口，通过环缝焊接，把筒节连接成一个完整的筒体，如图 0-6 所示。

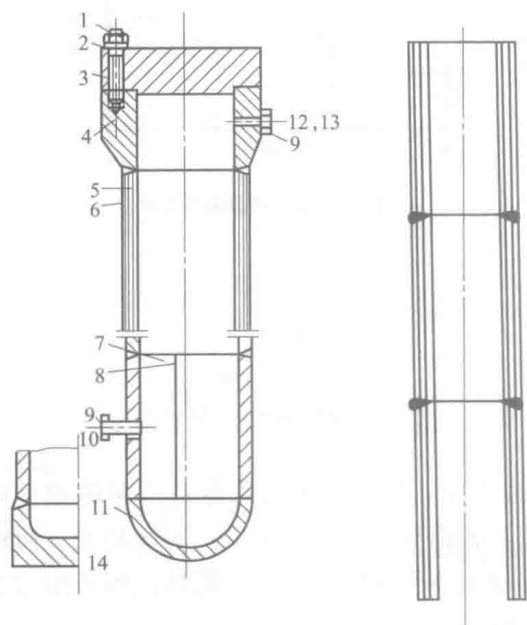


图 0-5 多层包扎式厚壁容器

- 1,2—主螺栓（螺母）；3—平盖；4—筒体端部；
5—内筒；6—多层结构；7,8—环纵焊缝；
9—管法兰；10—接管；11—封头；
12,13—管螺栓（螺母）；14—平板封头

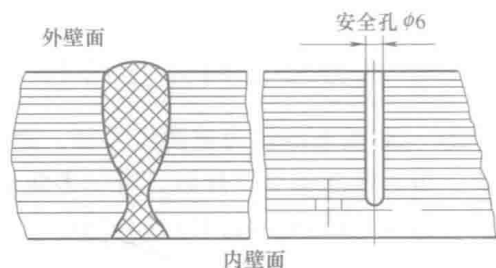


图 0-6 厚壁容器筒体及筒体环焊缝结构

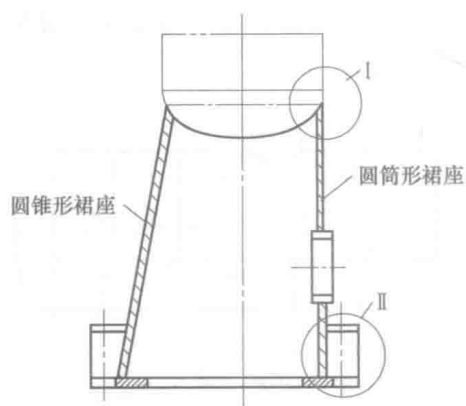


图 0-7 裙式支座

④ 裙式支座是高大容器设备最常用的一种支座，它由钢板卷制的座体、基础环和螺栓座焊接而成。裙式支座有圆筒形和圆锥形两种结构，如图 0-7 所示。

裙座体与塔壳的连接有对接接头和搭接接头两种形式。当座体的外径与下封头外径相等时，可采用对接接头，其连接焊缝须采用全焊透连续焊，如图 0-8 (b) 所示。这种连接结构，焊缝主要承受压缩载荷，封头局部受载。当采用搭接接头形式时，搭接的焊缝部位可在下封头直边上，也可在筒体上，裙座体内径稍大于塔体外径，其结构如图 0-8 (a) 所示。这种焊接结构，焊缝主要承受剪切载荷，所以

焊缝受力条件恶劣，一般用于直径小于 1000mm 的塔设备。

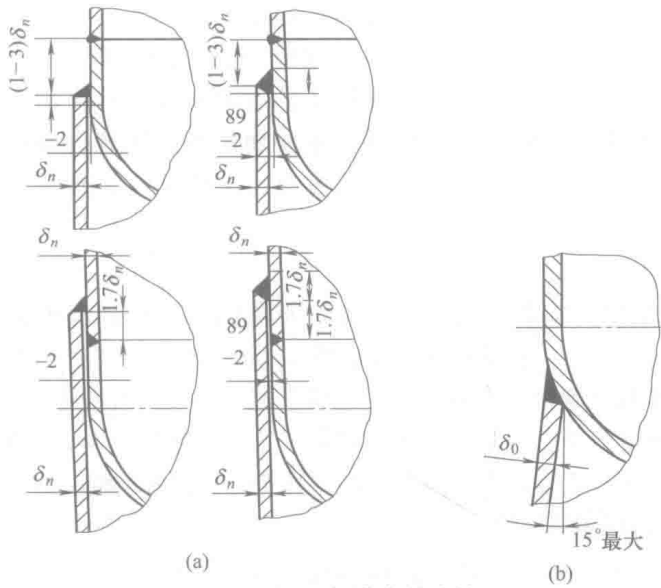


图 0-8 裙座与塔壳的连接

四、压力容器的主要参数

① 设计压力。是指在相应设计温度下用以确定容器壳壁计算壁厚及其元件尺寸压力。压力容器的设计压力不得低于最高工作压力，装有安全泄放装置的压力容器，其设计压力不得低于安全阀的开启压力或爆破片的爆破压力。

② 最高工作压力。是指容器顶部在正常工作过程中可能产生的最高表压力。

③ 工作压力。是指容器在满足工艺要求的条件下，所产生的表压力。

④ 试验压力。是指容器在压力试验时，容器顶部的压力。

⑤ 设计温度。是指容器在正常工作情况下，设定的元件的金属温度，标志在铭牌上的设计温度应是壳体设计温度的最高值或最低值。

⑥ 试验温度。是指压力容器在压力试验时，壳体的金属温度。

⑦ 计算厚度。是指压力容器各部分元件按公式计算出的厚度。

⑧ 设计厚度。是指计算厚度与腐蚀裕量之和。

⑨ 名义厚度。是指设计厚度加钢材负偏差后向上圆整至钢材标准规格的厚度。

⑩ 有效厚度。是指名义厚度减去钢材负偏差和腐蚀裕量之后的厚度。

⑪ 实测厚度。是指压力容器在检验时，用测厚仪所测出的实际厚度。

⑫ 外径。是指圆柱、球形压力容器外直径。

⑬ 内径。是指圆柱形、球形压力容器内直径。

⑭ 容器规格的表达。内径×壁厚×长度（高度）= $\phi \times \delta \times L$ ，单位：mm。

五、压力容器的安全附件

压力容器的安全附件是为防止容器超温、超压、超负荷而装设在设备上的一种安全装置。压力容器的安全附件较多，但最常用的安全附件有安全泄压装置（安全阀、防爆片、防爆帽）、压力表、液位计等。

1. 安全泄压装置

安全泄压装置是为保证压力容器安全运行，防止它超压的一种器具。

常见的安全泄压装置有安全阀、防爆片和防爆帽。

功能：当容器在正常工作压力下运行时，保持严密不漏；若容器内压力一旦超过规定，则能自动地、迅速地排泄出器内的介质，使设备的压力始终保持在许用压力范围以内。一般情况下，安全泄压装置除了具有自动泄压这一主要功能外，还有自动报警的作用。因为当它启动排放气体时，由于介质以高速喷出，常常发出较大的响声，这就相当于发出了设备压力过高的报警音响讯号。

(1) 安全阀

安全阀按其整体结构及加载机构形式来分，常用的有杠杆式和弹簧式两种。安全阀要定期检验，每年至少检验一次。定期检验工作包括清洗、研磨、试验和校正。

弹簧式安全阀的加载装置是一个弹簧，通过调节螺母，可以改变弹簧的压缩量，调整阀瓣对阀座的压紧力，从而确定其开启压力的大小。弹簧式安全阀结构紧凑，体积小，动作灵敏，对震动不太敏感，可以装在移动式容器上。缺点是阀内弹簧受高温影响时，弹性有所降低，见图 0-9。

杠杆式安全阀靠移动重锤的位置或改变重锤的质量来调节安全阀的开启压力。它具有结构简单、调整方便、比较准确以及适用较高温度的优点。但杠杆式安全阀结构比较笨重，难以用于高压容器之上，见图 0-10。

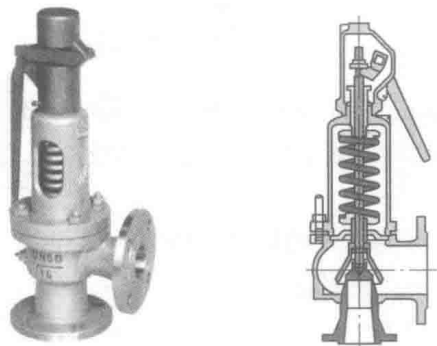


图 0-9 弹簧式安全阀

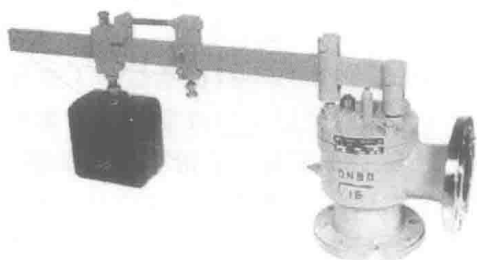


图 0-10 杠杆式安全阀（主要用于锅炉）

(2) 防爆片

防爆片又称防爆膜、防爆板，是一种断裂型的安全泄压装置。防爆片具有密封性能好、反应动作快以及不易受介质中粘污物的影响等优点。但它是通过膜片的断裂来泄压的，所以泄后不能继续使用，容器也被迫停止运行，因此它只是在不宜装设安全阀的压力容器上使用，见图 0-11。

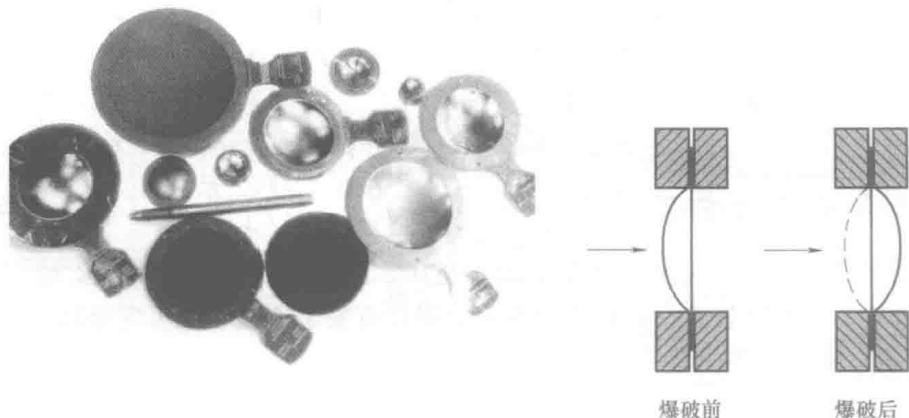


图 0-11 防爆片

(3) 防爆帽

防爆帽又称爆破帽，也是一种断裂型安全泄压装置。它的样式较多，但基本作用原理一样，它的主要元件是一个一端封闭、中间具有一薄弱断面的厚壁短管。当容器的压力超过规定时，防爆帽即从薄弱断面处断裂，气体从管孔中排出。为了防止防爆帽断裂后飞出伤人，在它的外面应装有保护装置。

2. 压力表

压力表是测量压力容器中介质压力的一种计量仪表。压力表的种类较多，有液柱式、弹性元件式、活塞式和电量式四大类。压力容器大多使用弹性元件式的单弹簧管压力表。装在锅炉、压力容器上的压力表，其最大量程（表盘上刻度极限值）应与设备的工作压力相适应。压力表的量程一般为设备工作压力的 1.5~3 倍，最好取 2 倍，见图 0-12。

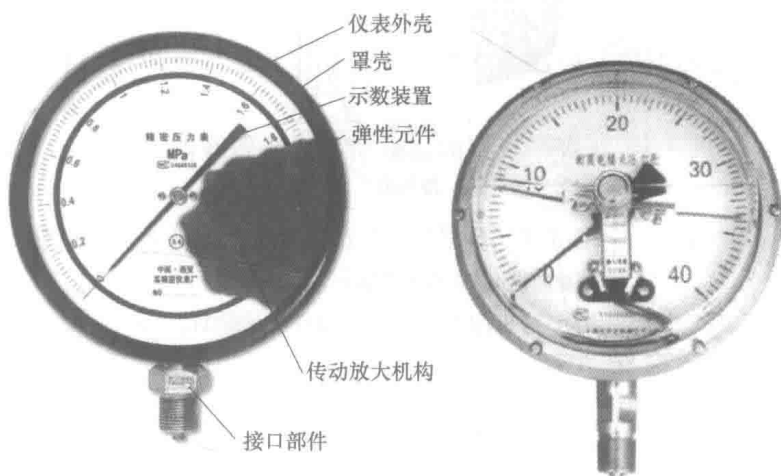


图 0-12 压力表

压力表一般每半年校验一次，校验后的压力表应加铅封，并注明下次校验日期或校验有效期。在容器运行期间，如发现压力表指示失灵、刻度不清、表盘玻璃破裂、泄压后指针不回零位、铅封损坏等情况，应立即校正或更换。

3. 液面计

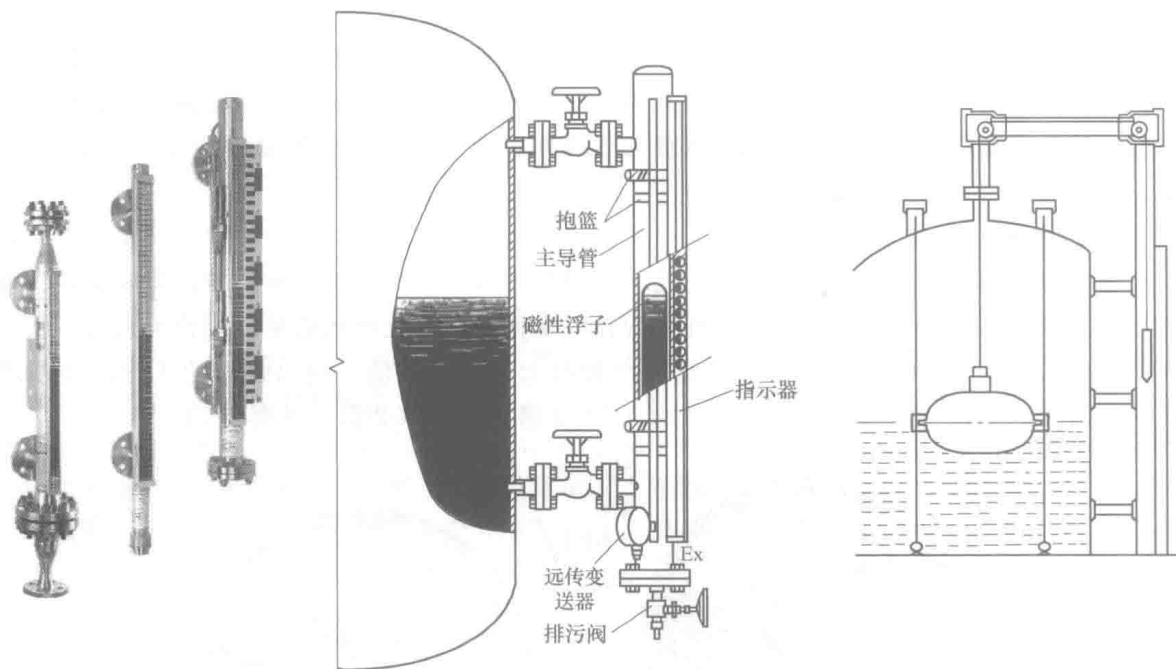
液面计又称液位计，是用来测量容器内液面变化情况的一种计量仪表。操作人员根据其指示的液面高低来调节或控制充装量，从而保证容器内介质的液面始终在正常范围内。主要有：伺服液位计、钢带液位计、浮筒液位计、磁翻板液位计、超声波液位计、磁致伸缩液位计、雷达液位计、电容液位计、玻璃板液位计、玻璃管液位计、吹气液位计、差压液位计、激光液位计和 γ 射线料位计等，用得最多的是差压液位计和浮筒液位计，见图 0-13。

六、压力容器的制造中常用金属材料及焊接性

石油化工装置的压力容器绝大多数为钢制的。制造材料多种多样，比较常用的有如下几种。

1. Q235A

Q235A 钢，含硅量多，脱氧完全，因而质量较好。限定的使用范围为：设计压力 $\leq 1.0\text{MPa}$ ，设计温度 $0\sim 350^\circ\text{C}$ ，用于制造壳体时，钢板厚度不得大于 16mm 。不得用于盛装液化石油气体、毒性程度为极度、高度危害介质及直接受火焰加热的压力容器。



(a) 磁翻板式液位计

(b) 磁翻板式液位水平原理

(c) 浮筒式液位计原理

图 0-13 磁翻板液位计和浮筒液位计

2. 20g

20g 锅炉钢板与一般 20 优质钢相同，含硫量较 Q235A 钢低，具有较高的强度，使用温度范围为 $-20\sim 475^{\circ}\text{C}$ ，常用于制造温度较高的中压力容器。

3. 16MnR

16MnR 普通低合金容器钢板，制造中、低压容器可减轻温度较高的容器重量，使用温度范围为 $-20\sim 475^{\circ}\text{C}$ 。

4. 低温容器（低于 -20°C ）材料

主要是要求在低温条件下有较好的韧性以防脆裂，一般低温容器用钢多采用锰钒钢。在低温用钢中常加入 V、Al、Nb、Ti 及 RE 等合金元素，如我国的低温压力容器用钢 09MnTiCuREDR、09Mn2VDR、06MnNbDR 及 06AlNbCuN 等。16MnDR 可扩大使用作为 -40°C 低温用钢。钢中加入合金元素 Ni，能显著改善钢的低温韧性，为保证低温韧性，如 9Ni 钢所用温度可达 -196°C 。在低温用钢中尽量降低含碳量，并严格限制硫、磷含量。

5. 高温容器用珠光体耐热钢

温度 $< 400^{\circ}\text{C}$ 、可用普通碳钢，使用温度 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 时可采用 15MnVR、14MnMoVg，使用温度 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 时可采用 15CrMo、12Cr2Mo1，珠光体耐热钢指具有高温抗氧化性和高温强度的铬钼合金钢种，如 15Cr13Mo12 和以上钢种。

6. 不锈钢及奥氏体耐热钢

不锈钢是（质量分数） $\text{Cr} \geq 13\%$ 的高铬高镍合金钢，在一定化学介质或腐蚀环境中具有高度化学稳定性，种类有马氏体不锈钢如 0Cr13、铁素体不锈钢如 0Cr17、奥氏体不锈钢如 0Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti 和铁-奥体的双相不锈钢如 00Cr25Ni5Mo2Ti。使用温度在 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$ 时也应采用 0Cr13Ni9 和 1Cr18Ni9Ti 等奥氏体高合金钢。