

高等学校教学用书

化工设备机械基础 课程设计指导书

蔡纪宁 张秋翔 编

化学工业出版社
教材出版中心



854

TG05
C13

高等学校教学用书

化工设备机械基础 课程设计指导书

蔡纪宁 张秋翔 编



A0936074

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

化工设备机械基础课程设计指导书/蔡纪宁, 张秋翔
编. —北京: 化学工业出版社, 2000. 6
ISBN 7-5025-2815-6

I. 化… I. ①蔡… ②张… III. ①化工机械-课程
设计②化工设备-课程设计 N. TQ05

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 24375 号

高等学校教学用书
化工设备机械基础课程设计指导书

蔡纪宁 张秋翔 编

责任编辑: 程树珍

责任校对: 顾淑云

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社
出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市燕山印刷厂印刷

北京市燕山印刷厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 9 插页 2 字数 208 千字

2000 年 6 月第 1 版 2000 年 6 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2815-6/G · 374

定 价: 15.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

《化工设备机械基础课程设计》是化工工艺类学生十分重要的教学环节之一。目的是为了使学生进一步加深并综合运用《化工设备机械基础》及相关课程所学过的基本理论、基本知识，训练和掌握典型化工设备机械设计的基本技能。为解决同学们缺乏设计经验，课程设计学时不足等矛盾。使化工工艺类学生在有限的时间内，能顺利地完完成以前从未接触过的设计任务，达到事半功倍的效果。

本书力求内容简明扼要，通俗易懂，方便使用。本书重点介绍夹套反应釜设备及塔设备设计的步骤和方法，典型设计计算均配有算例。此外，还选编了化工制图的部分有关规定。

书中收集了部分最新的国家标准、规范，从实用出发，严格精选，供学生课程设设计时参考。

本书由蔡纪宁、张秋翔编写，北京化工大学徐鸿教授、郑秀芝教授及陈广异教授对本书进行了审阅。在此表示诚挚的谢意。

本书由于编写的时间仓促，欠妥之处在所难免，殷切期望读者在使用过程中提出批评、建议。

编者
2000年2月

第1章 绪 论

《化工设备机械基础》课程设计(以下简称化机课程设计),是针对高等院校化工工艺类、高分子材料专业学生学习化工设备及机械设计而设置的;是为配合学生在学习了有关机械课程的基本理论和基本知识后,对基本技能的训练;是培养学生设计能力和解决实际问题能力的重要教学环节。通过化机课程设计,使工艺类学生掌握化工过程典型设备的结构设计和强度计算,以及机械设计对化工工艺参数的影响。

1.1 课程设计的目的

化机课程设计应达到以下目的。

(1) 培养学生把所学《化工设备机械基础》及其相关课程的理论知识,在课程设计中综合地加以运用,把化工工艺条件与化工设备设计有机地结合起来,巩固和强化有关机械课程的基本理论和基本知识。

(2) 培养学生对化工工程设计的技能以及独立分析问题、解决问题的能力。树立正确的设计思想,掌握化工单元设备设计的基本方法和步骤,为今后创造性地设计化工设备及机械打下一定的基础。

(3) 培养学生熟悉、查阅并综合运用各种有关的设计手册、规范、标准、图册等设计技术资料;进一步培养学生识图、制图、运算、编写设计说明书等基本技能;完成作为工程技术人员在机械设计方面所必备的设计能力的基本训练。

1.2 课程设计的要求

为了达到以上目的,对化机课程设计的要求如下。

(1) 树立正确的设计思想。在设计中要自始至终本着对工程设计负责的态度,从难从严要求,综合考虑经济性、实用性、安全可靠性和先进性,严肃认真地进行设计,高质量地完成设计任务。

(2) 具有积极主动的学习态度和进取精神。在课程设计中遇到问题不敷衍,通过查阅资料和复习有关教科书,积极思考,提出个人见解,主动解决问题,注重能力的培养。

强调独立思考,有创造性的设计,并不等于凭空设想。学生在课程设计中学会收集、理解、熟悉和使用各种资料,正是培养设计能力的重要方面,也是设计能力强的重要表现。

(3) 学会正确使用标准和规范,使设计有法可依、有章可循。当设计与标准规范相矛盾时,必须严格计算和验证,直到符合设计要求,否则应优先按标准选用。

(4) 学会正确的设计方法,统筹兼顾,抓主要矛盾。对于初学设计者,往往把设计片面的理解为是理论上的强度、刚度等的计算,认为这些计算结果不可更改。实际上,对于设备的合理设计,其计算结果只是设计时某方面的依据,设计时还要考虑结构等方面的要求。

在设计中还应注意处理好尺寸的圆整。若按几何等式关系计算而得的尺寸,一般不能随意圆整变动;若按经验公式得来的尺寸,一般应圆整到标准规格尺寸。对于强度、刚度等计算结果,从设备安全性出发,应向上圆整;同时,要兼顾到经济性,即圆整要适度。

在设计中还要处理好计算与结构设计的关系。设计中要求计算、制图、选型、修改同步进行，但零件的尺寸，以最后图样标注的为准。对尺寸作出修改后，可以根据修改幅度、原强度裕度及计算准确程度等来判断是否有必要再进行强度计算。

1.3 课程设计的内容

根据教学大纲要求，完成一种典型设备的机械设计，工作量应包括：设备总装图 1 张，零部件图 1~2 张，设计计算书 1 份。

1.4 课程设计的步骤

1.4.1 准备阶段

- (1) 设计前应预先准备好设计资料、手册、图册、计算和绘图工具、图纸及报告纸等；
- (2) 认真研究设计任务书，分析设计题目的原始数据和工艺条件，明确设计要求和设计内容；
- (3) 设计前应认真复习有关教科书、熟悉有关资料和设计步骤；
- (4) 有条件的应结合现场参观，熟悉典型设备的结构，比较其优缺点，以便择出较适当的结构为己所用。没有现场条件的，也要先读懂几张典型设备图。

1.4.2 机械设计阶段

化工设备的机械设计是在设备的工艺设计后进行的。根据设备的工艺条件（包括工作压力、温度、介质特性、结构形式和尺寸、管口方位、标高等），围绕着设备内、外附件的选型进行机械结构设计、围绕着确定厚度大小进行强度、刚度和稳定性的设计和校核计算。这一步往往通过“边算、边选、边画、边改”的做法来进行。一般步骤如下。

- (1) 全面考虑按压力大小、温度高低和腐蚀性大小等因素来选材。通常先按压力因素来选材；当温度高于 200°C 或低于 -40°C 时，温度就是选材的主要因素；在腐蚀强烈或对反应物及物料污染有特定要求的，腐蚀因素又成了选材的依据。在综合考虑以上几方面同时，还要考虑材料的加工性能、焊接性能及材料的来源和经济性。
- (2) 选用零部件。设备内部附件结构类型，如塔板、搅拌器型式，常由工艺设计而定；外部附件结构形式，如法兰、支座、加强圈、开孔附件等，在满足工艺要求条件下，由受力条件、制造、安装等因素决定。
- (3) 计算外载荷，包括内压、外压、设备自重，零部件的偏载、风载、地震载荷等，常用列表法、分项统计的方法来进行。
- (4) 强度、刚度、稳定性设计和校核计算。根据结构形式、受力条件和材料的力学性能、耐腐蚀性能等进行强度、刚度和稳定性计算，最后确定出合理的结构尺寸。因大多数工况下强度是主要矛盾，所以有的设备设计常不作后两项计算。
- (5) 传动设备的选型、计算。对带有机传动、液压传动的设备，这部分零部件也大都标准化，可参考本书和有关手册进行选型、计算。
- (6) 绘制设备总装图。对初学者，常采用“边算、边选、边画、边改”的作法，初步计算后，确定大体结构尺寸，分配图纸幅面，轻轻绘出视图底稿，待尺寸最后确定后再加深成正式图纸。
- (7) 绘制零部件图。根据总装图绘制零部件图常称拆图。对于标准零部件，有专门厂家生产的，可以不必拆图，对于具有独立结构的零部件要进行拆图，以便加工制造。

(8) 提出技术要求。对设备制造、装配、检验和试车等工序提出合理的要求，以文字形式标注在总图上。

1.4.3 设计计算说明书

设计计算说明书是图纸设计的理论依据，是设计计算的整理和总结，是审核设计的技术文件之一。其内容大致包括：

- ① 目录；
- ② 设计任务书；
- ③ 设计方案的分析 and 拟定；
- ④ 各部分结构尺寸的确定和设计计算；
- ⑤ 设计小结；
- ⑥ 参考资料。

设计计算说明书要求计算正确，论述清楚，文字精练，插图简明，书写工整，装订成册。

1.4.4 课程设计答辩

课程设计的图样及说明书全部完成后，须经指导老师审阅，得到认可后，方能参加答辩。课程设计的成绩要根据图样、说明书和答辩所反映的设计质量和能力，以及设计过程中的学习态度综合加以评定。

第2章 化工设备结构特点及其图示表达特点

2.1 化工设备的结构特点

化工设备的种类繁多，按使用场合及其功能分为：容器、换热器、塔器和反应器四种典型的设备，见图 2-1。而同一类型的设备中，其结构、大小、形状虽各不相同，但可从结构

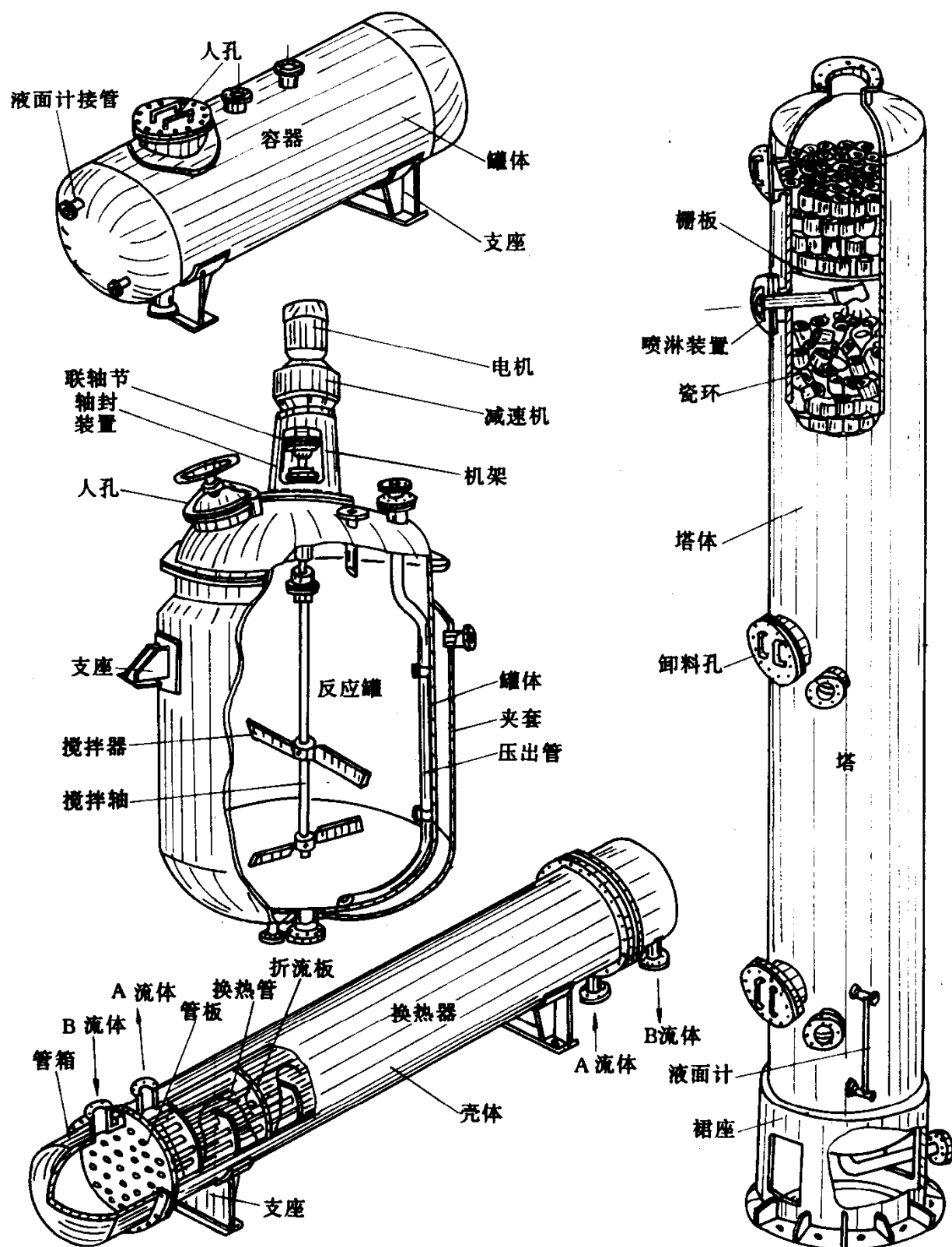


图 2-1 典型化工设备直观图

上找出一些共同的特点。

2.1.1 基本形体多由回转体组成

化工设备多为壳体容器。要求承压性能好，制作方便、省料。因此，其主体结构常采用圆柱形、椭圆形、球形、圆锥形等回转体。

2.1.2 尺寸相差悬殊

设备的总体尺寸和局部尺寸相比，往往相差悬殊。特别是塔器，有的塔高几十米，其塔径却仅有1~2m，厚度还不足1/50m。

2.1.3 设备的开孔和接管口较多

为满足化工工艺要求，在设备壳体和封头上，往往设有较多的孔和管口（如物料进出口、仪表接口等），以备安装各种零部件和连接接管。

2.1.4 大量采用焊接结构

绝大多数化工设备都是承压设备（内压或外压），除力学上有严格要求外，还有严格的气密性要求，焊接结构是满足这两者最理想的结构。因此，焊接结构多是化工设备一个突出特点。

2.1.5 广泛采用标准化、通用化、系列化的零部件

因为化工设备上的一些零部件具有通用性，所以大都由有关部门制定了标准和尺寸系列。因此在设计中可根据需要直接选用。如设备上的人孔、法兰、封头、液面计等均属标准化零部件。

2.1.6 对材料有特殊要求

化工设备的材料除考虑强度、刚度外，还要考虑耐腐蚀，耐高温、高压、高真空，耐深冷等。因此，材料使用范围广，有特殊要求的，还要考虑衬里等方法，以满足各种设备的特殊要求。

2.1.7 安全结构要求高

对处理有毒、易燃、易爆介质的化工设备，要求密封结构好，安全装置可靠。因此，除对焊缝进行严格的检查外，对各连接面的密封结构提出了较高要求。

2.2 化工设备的图示表达特点

化工设备图的特点，是由化工设备结构特点决定的。

2.2.1 基本视图的配置

因为设备的基本形体多由回转体组成，所以用两个视图就可以表达它的主体结构。卧式设备一般以主、左（右）视图来表达设备的主体结构，而立式设备，常用主、俯视图表达其主体结构。有时对特别高大或狭长形体的设备，当视图难以按投影关系配置时，允许将俯（左）视图配置在图样的其他空处，但必须标注“俯（左）视图”或“×向”等字样。

当设备需较多视图才能表达清楚时，允许将部分视图画在数张图纸上，但主视图及该设备的明细表、技术要求、技术特性表、管口表等内容均应安排在第一张图纸上，同时在每张图样的附注中应说明视图间的关系。

2.2.2 多次旋转表达方法

在设备的壳体圆周上常装有结构方位不同的管口和零部件，为了在同一视图上反映出真实形状和位置，常按机械制图中旋转视图（旋转剖视）的方法，假想将其经过多次旋转，正好旋转到能在主视图的投影面上反映其真实形状和位置为止，再画下它的视图，这种画法称为多次旋转画法。如图2-2中的人孔经过逆时针45°旋转，在主视图的投影面上仍不能反映其

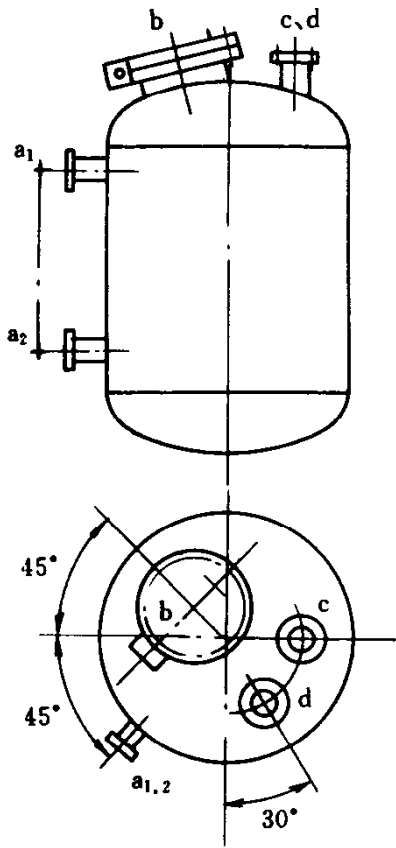


图 2-2

原形；然后再将人孔本身沿顺时针旋转 90°，这时才能在投影面上反映出原形。管口 d 无论按顺时针还是逆时针旋转，都会出现图形重叠现象，这是不允许的。遇到这种情况，常用局部剖视的方法另行画出。

在化工设备图中采用多次旋转画法，允许不作标注，其周向方位仍以管口方位图为准。

2.2.3 局部结构表达的方法

由于设备总体和安装其上的零部件尺寸相差悬殊，但总体尺寸选定的绘图比例，往往无法将其局部结构表达清楚。所以在化工设备图中，往往较多的运用局部放大图的方法来达局部结构详情，常称节点图。这种放大图的画法和机械制图中局部放大图的画法和要求相同。

局部放大图常用剖视、剖面法来表达，也可以用一组视图来表达，如图 2-3 中裙座的座圈就用 3 个视图表达得很清楚。

设备中如有若干组结构相同仅尺寸不同的零部件时，可用集中综合表达的方法，即用图示表达它们的形状结构，列表填入它们的尺寸系列，如图 2-4 所示的 U 型管换热器中的 U 型管的表达方法，就属此种。U 型管的系列尺寸标注见表 2-1。

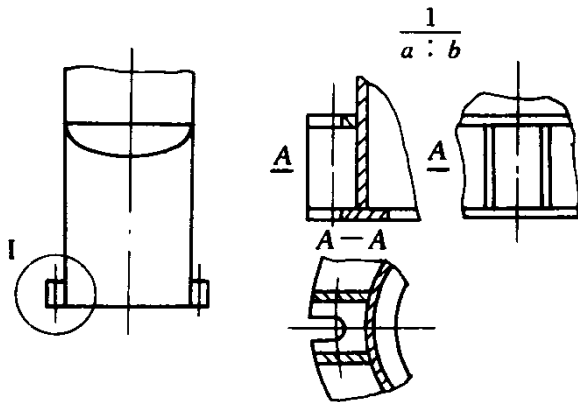


图 2-3

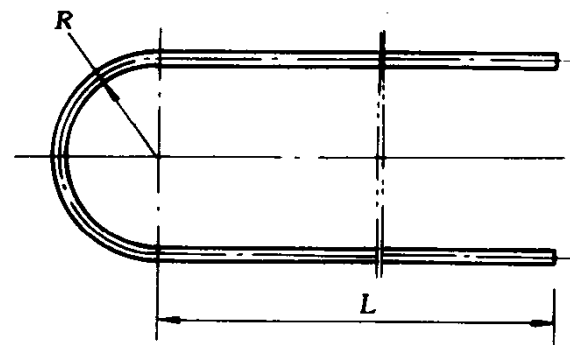


图 2-4

表 2-1 U 型管尺寸系列 mm

序号	1	2	3	...
R	40	45	50	...
L	550	600	650	...
管长	1580	2000	3000	...

2.2.4 夸大的表达方法

设备的厚度、垫片、挡板等零件，因为绘图比例较小，这些小尺寸零件即使采用了局部放大，但仍不清晰，可采用不按比例的夸大画法，如设备的厚度常用双线夸大的画出，剖面线符号可用涂色方法代替。

2.2.5 管口方位的表示方法

常见的有三种情况：一是管口方位已由化工工艺人员单独画出管口方位图，在设备俯视图上只需注明“管口及支座方位见管口方位图，图号×××—××”等字样。此时在设备图的俯视图中画出的管口，只表示连接结构，不反映管口真实方位，也不能注方位（角度）尺寸；二是管口方位已由工艺人员确定，但没有画出管口方位图，此时可在设备俯（左）视图上表示该设备管口方位，并注出方位尺寸，并在技术说明栏目内注明“管口方位以俯（左）视

图为准”等字样；三是管口和零部件结构形状已在主视图上或通过其他辅助视图表达清楚的，在设备的俯（左）视图中可以用中心线和符号简化表示管口等结构的方位，如图 2-5 所示。

2.2.6 假想断开、分段（层）的表达方法

一些化工设备中，如填料塔、筛板塔、浮阀塔，它的总体尺寸很大，而它的填料段或装有塔盘段的结构相同或安装方位是有规律的重复变化，这时假想断开，把结构相同的部分省略，简化画出，如图 2-6 所示。这样可合理地利用幅面和选用较大比例绘图。

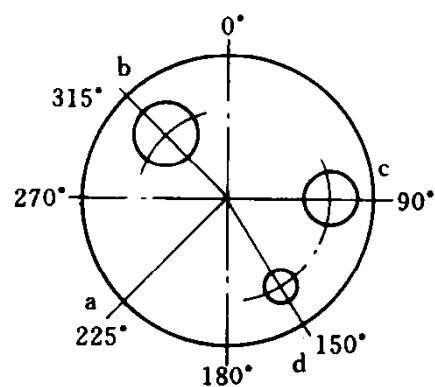


图 2-5

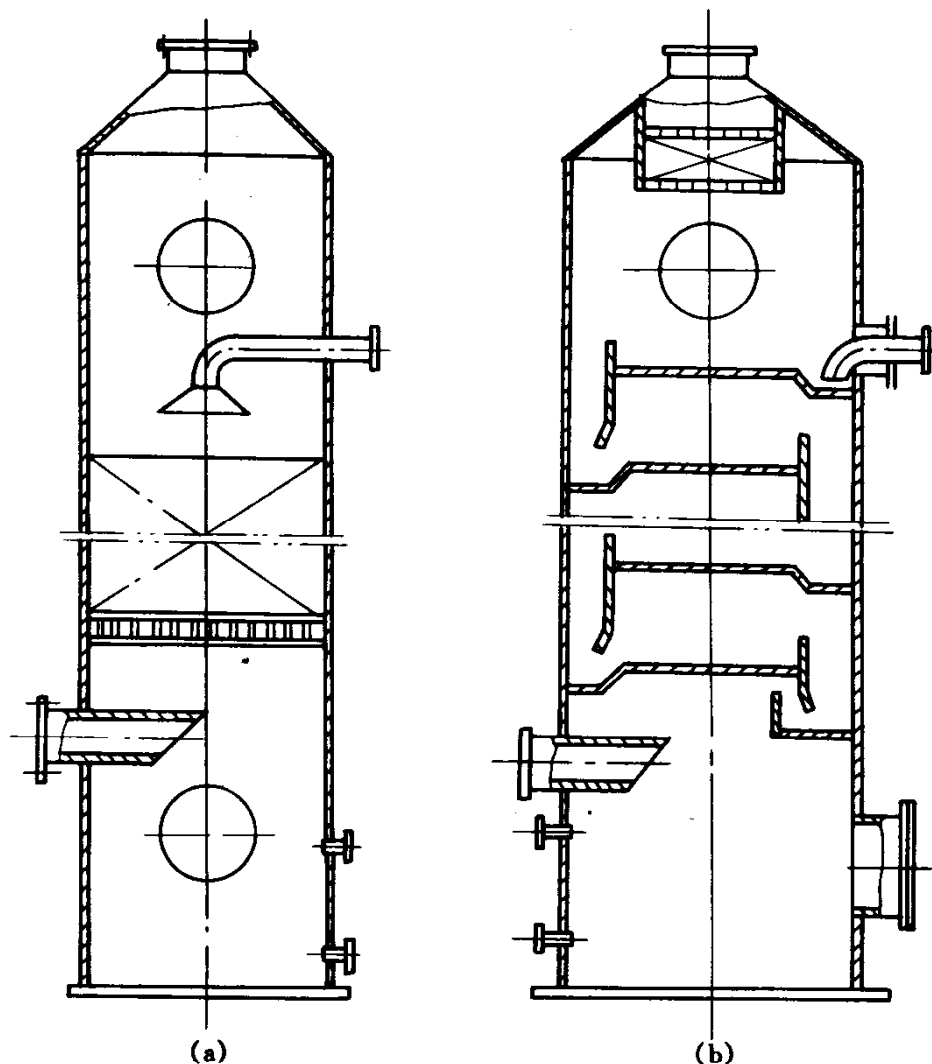


图 2-6

有时，为合理利用幅面和选用合适的比例，也有采用如图 2-7 所示的塔体分段画法，当然也可以用局部放大图的画法来表示塔节详细结构的方法，如图 2-8 所示。

2.2.7 设备整体的表达方法

细长和高大的设备采用断开或分段的画法后，往往破坏了整体感，常采用整体简图的画法弥补，如图 2-9 所示。整体图的特点是：制图比例采用缩小程度较大的比例；采用单线简化画法；总体图上应包括的尺寸数据是：设备总高、各管口定位尺寸和标高、人（手）孔的位置、塔板（或其他内件）的总数、板间距、顺序号、塔节数和标高、设备附件的标高位置等。

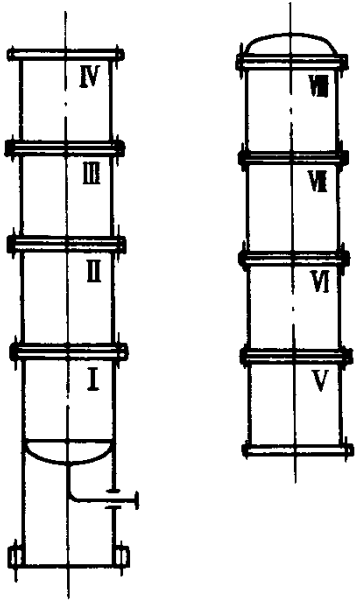


图 2-7

第×节搭板安装图
1:6

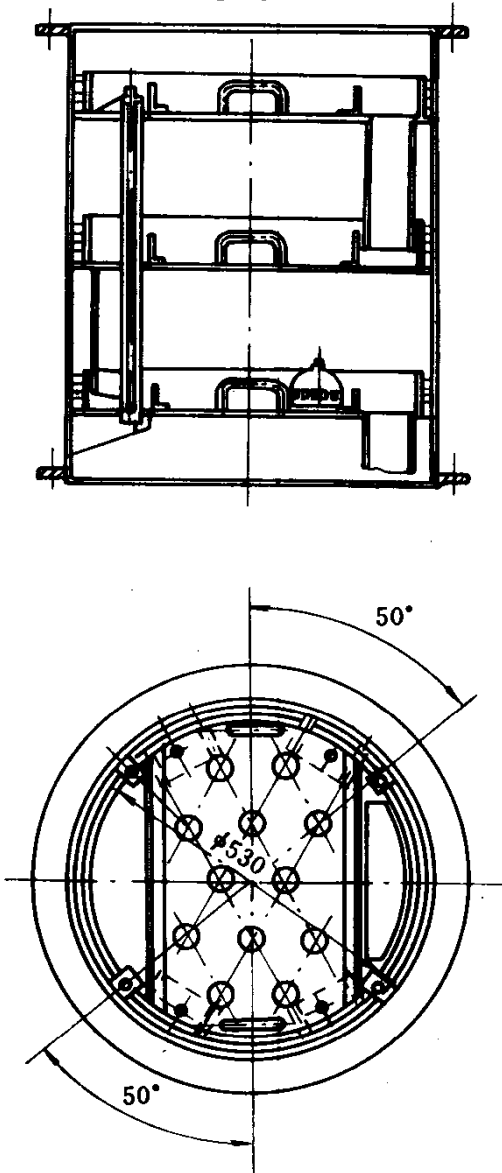


图 2-8

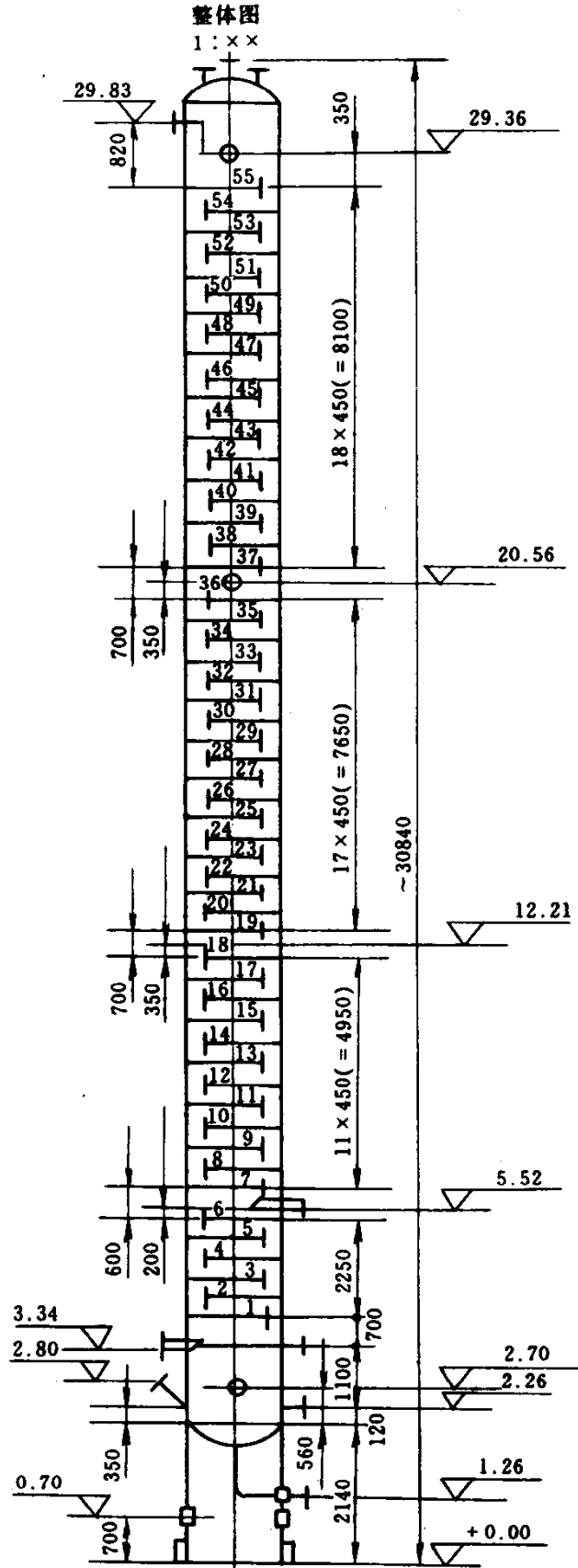


图 2-9

2.3 化工设备图的主要内容

2.3.1 一组视图

一组视图表达设备的主要结构形状和零部件之间的装配关系。而且这组视图符合《机械制图》国标的规定。

2.3.2 四类尺寸

为设备制造、装配、安装检验提供的尺寸数据有：表示设备总体大小的总体尺寸；表示规格大小的特性尺寸；表示零部件之间装配关系的装配尺寸；表示设备与外界安装关系的安装尺寸。

2.3.3 管口符号和管口表

设备上的管口都有专门用途，都应注明，常用拼音字母顺序编号。并把管口的有关数据和用途等内容标注在专门列出的管口表中。

2.3.4 零部件编号及明细表

把组成设备的所有零部件依次编号，并把每一个编号的零部件名称、规格、材料、数量、单重及有关图号或标准号等内容，填写在主标题栏上方的明细表内。

2.3.5 技术特性表

技术特性表用表格形式列出设备的主要工艺特性，如操作压力、操作温度、物料名称、设备容积等内容。

2.3.6 技术要求

技术要求常用文字说明的形式，提出设备在制造、检验、安装、材料、表面处理、包装和运输等方面的要求。

2.3.7 标题栏

标题栏常放在图样的右下角，有规定的格式，用以填写设备的名称，主要规格、制图比例、设计单位、图样编号以及设计、制图、校审人员的签字等。

2.3.8 其他

其他需要说明的问题，如图样目录、附注、修改表等内容。

2.4 化工设备图中的简化画法

绘制化工设备图时，除采用《机械制图》国标中规定的画法外，还根据化工设备结构的特点和设计、生产制造的要求，有关部门对其简化画法作出一些补充规定。

2.4.1 设备结构允许用单线表示

设备上的某些结构，在已有部件图、零件图、剖视图、局部放大图等能够清楚表示出结构的情况下，装配图中的下列图形均可按比例简化为单线（粗实线）表示。例如：筛板塔、浮阀塔、泡罩塔的塔盘表示如图 2-10。当浮阀、泡罩较多时，亦可用中心线表示或不表示。换热器的折流板、挡板、拉杆、定距管、膨胀节等，可按图 2-11 单线画出。悬臂吊钩如图 2-12。

2.4.2 标准零部件的画法

设备上的零部件如果有标准图、复用图和外购件（如减速机、浮球液面计、搅拌桨叶、填料箱、电动机、油杯、人孔、手孔等）可将主要尺寸按比例画出表示其特性的外形轮廓线（粗实线）。图 2-13 是几种标准零件简化的外形轮廓图例，图 2-14 是几种标准部件简化的外形轮廓图例。

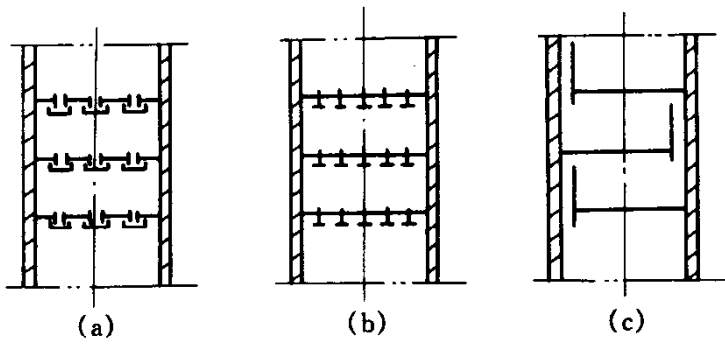


图 2-10

(a) 筛板塔盘; (b) 浮阀塔盘; (c) 泡罩塔盘

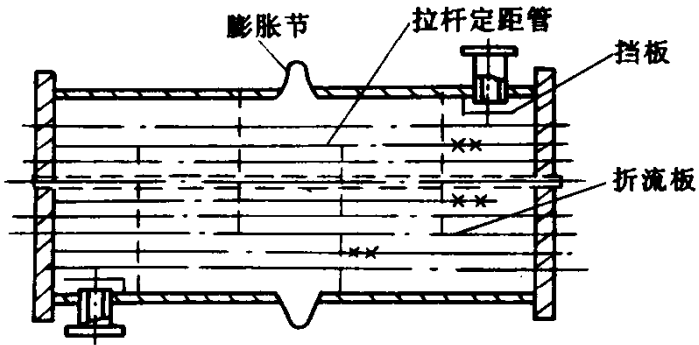


图 2-11

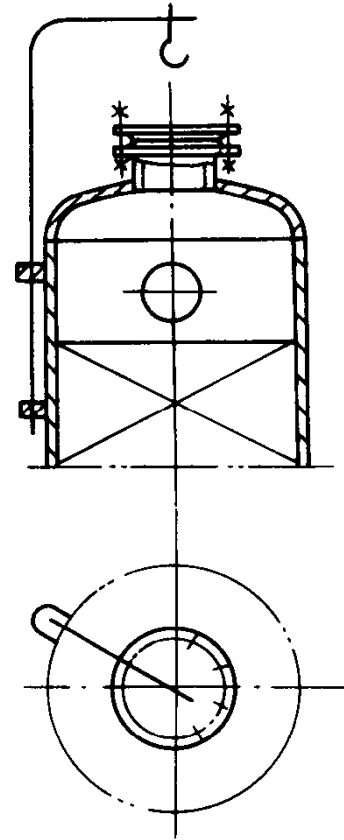


图 2-12

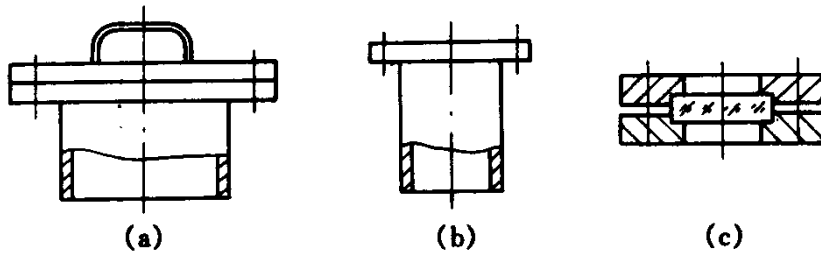


图 2-13

(a) 人(手)孔; (b) 接管; (c) 视镜

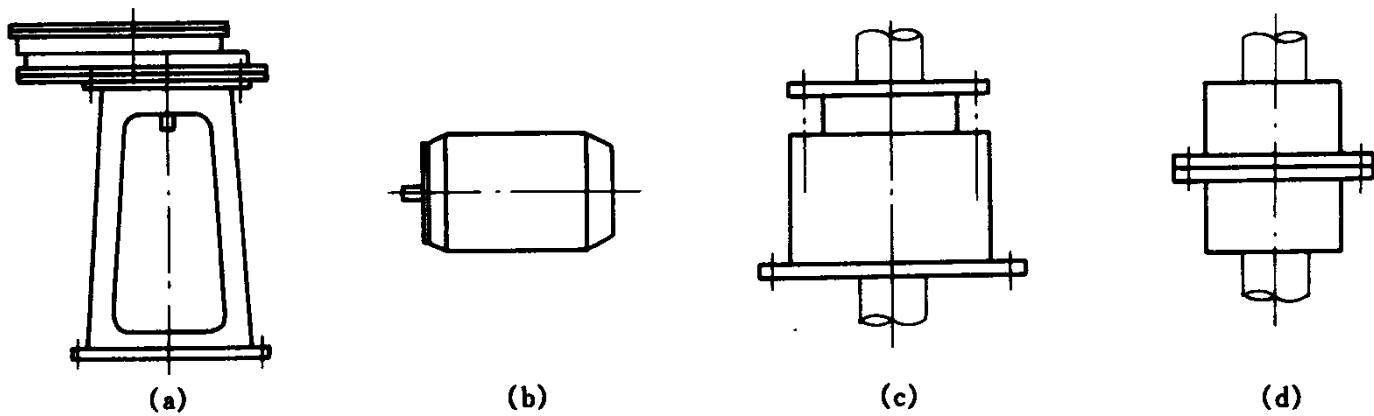


图 2-14

(a) 减速器; (b) 电机; (c) 填料箱; (d) 联轴器

2.4.3 管法兰的简化画法

(1) 装配图中对管法兰的画法, 不必分清法兰类型和密封面型式, 一律简化成如图 2-15 所示的形式。对于它的类型、密封面型式、焊接型式等均在明细表和管口表中标出。

(2) 对于有特殊结构的管法兰（如带有薄衬层的管法兰），要用局部剖视总图表示出来。如图 2-16 所示的是带衬层的管法兰局部剖视图，其中衬层断面可不加剖面符号。

(3) 设备上对外连接的管法兰除特殊场合外，均不配对画出。

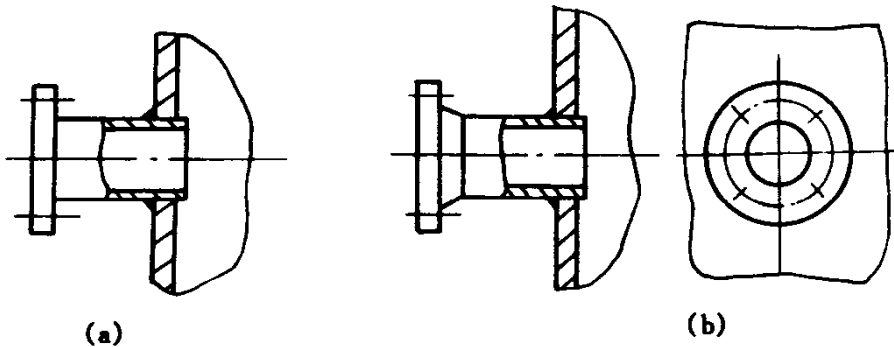


图 2-15

(a) 平焊法兰；(b) 对焊法兰

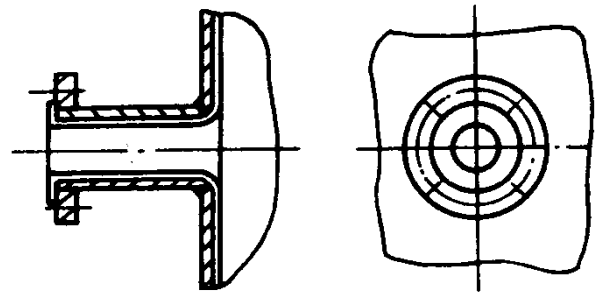


图 2-16

2.4.4 重复结构的简化画法

2.4.4.1 螺栓连接的简化画法

(1) 装配图中螺栓孔在图形上用中心线和轴线表示，可省略圆孔的投影，如图 2-17 所示。

(2) 装配图中一般法兰的连接螺栓、螺母、垫片，可用粗实线画出的简化符号“+、×”表示，如图 2-18 所示。

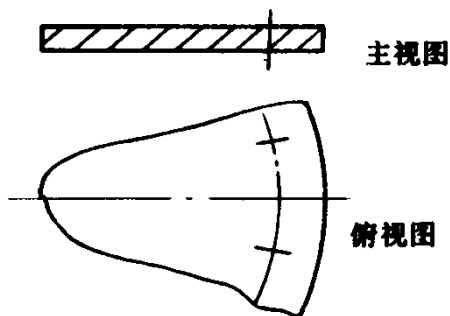


图 2-17

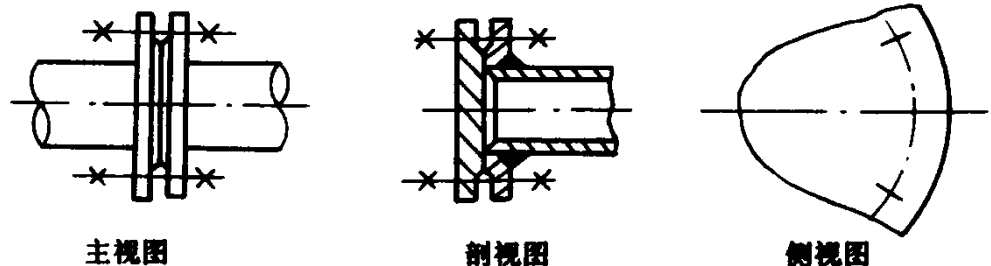


图 2-18

(3) 装配图中相同规格的螺栓孔和螺栓连接，在数量较多且均匀分布时，在视图中至少画两个，以表示方位（跨中和对中分布）。

2.4.4.2 剖视图中填料、填充物的画法

设备中装有的填充物，如果材料、规格、堆放方法相同时，可用细实线和不同文字简化表示，如图 2-19 所示（若装有不同规格或同一规格不同堆放方法的填充物时，可分层表示，如图 3-4 所示）。

2.4.4.3 多孔板孔眼的表示方法

(1) 换热器中的管板、折流板和塔板上的孔眼，按规则排列时，可简化成如图 2-20 所示的画法，细实线的交点为孔眼中心。为表达清楚也可画出几个孔眼并注上孔径、孔数和间距尺寸。图中“+”为粗实线，表示管板定距杆螺孔位置，对孔眼和定距杆螺孔的倒角、开槽、排列方式、间距、加工情况等，均需另画局部放大图表示。

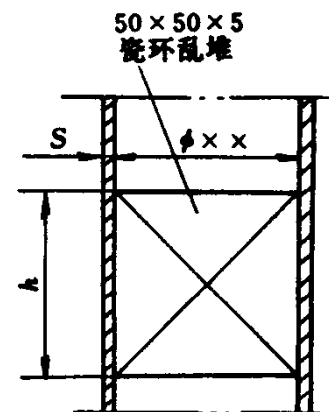


图 2-19

(2) 多孔板上的孔眼，按同心圆排列时，可简化成如图 2-21 的画法。

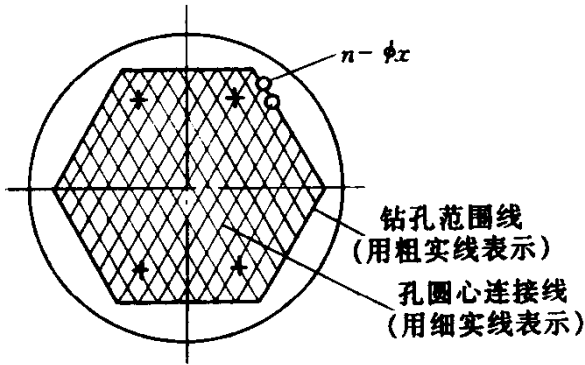


图 2-20

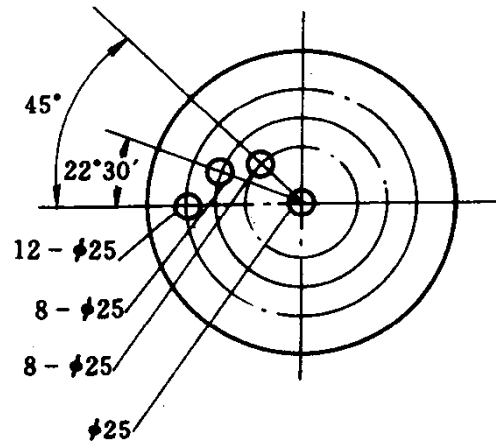


图 2-21

(3) 对孔数要求不严的多孔板（如隔板、筛板等），不必画出孔眼的连心线，可按图 2-22 的画法和注法表示，对它的孔眼尺寸和排列方法及间距，需用局部放大图表示。

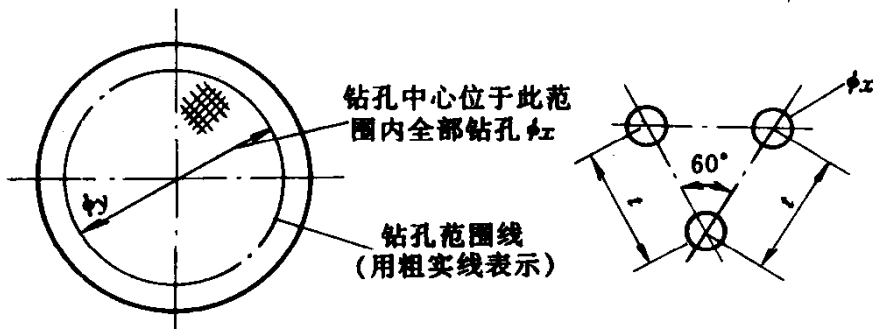


图 2-22

(4) 剖视图中多孔板孔眼的轮廓线可不画出，如图 2-23 所示。

2.4.4.4 管束和板束的表示方法

当设备中有密集的管子，如列管式换热器中的换热管，在装配图中只画一根管子，其余管子均用中心线表示，如图 2-24(a)所示；如果设备中某部分结构由密集的有相同结构的板状零件所组成（如板式换热器中的换热板），用局部放大图或零部件图将其表达清楚后，在



图 2-23

装配图上可用交叉细实线简化画出，如图 2-24(b)所示。

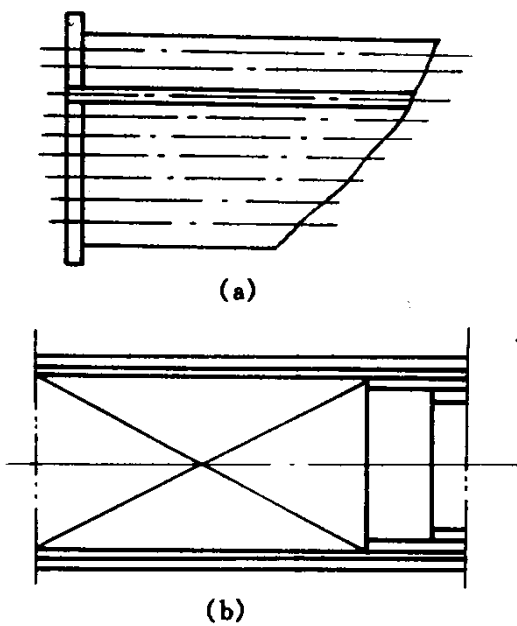


图 2-24

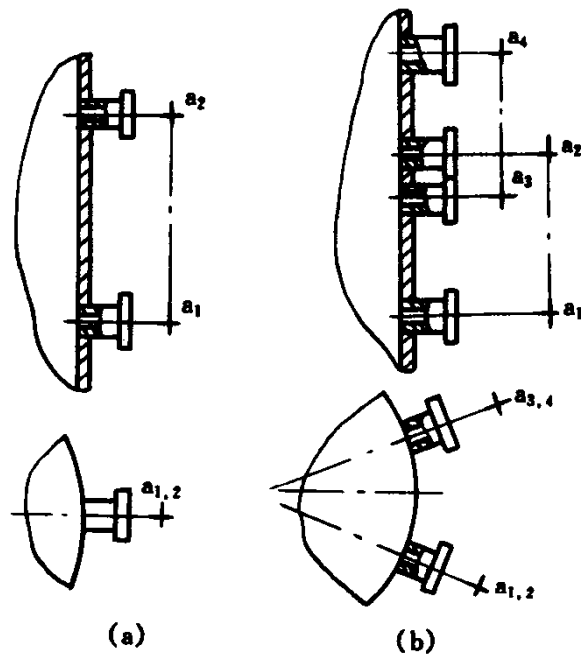


图 2-25

2.4.5 液面计的简化画法

装配图中带有两个接管的液面计（如玻璃管、双面板式、磁性液面计等）的画法，可简化成如图 2-25(a)的画法，符号“+”用粗实线画出；带有两组或两组以上液面计的画法，可以按图 2-25(b)的画法，在俯视图上正确表示出液面计的安装方位。

2.4.6 设备涂层、衬里的简化画法

设备涂层、衬里用剖视表达，但应注意薄涂层和厚涂层，薄衬层、厚衬层的表达有所区别。

2.4.6.1 薄涂层（如搪瓷、涂漆、喷镀金属及喷涂塑料等）

薄涂层（如搪瓷、涂漆、喷镀金属及喷涂塑料等），属于表面处理性质，在图样上不编件号，仅在涂层表面画出与表面平行的粗点划线，并标注涂层内容，详细要求可写入技术要求见图 2-26(a)。

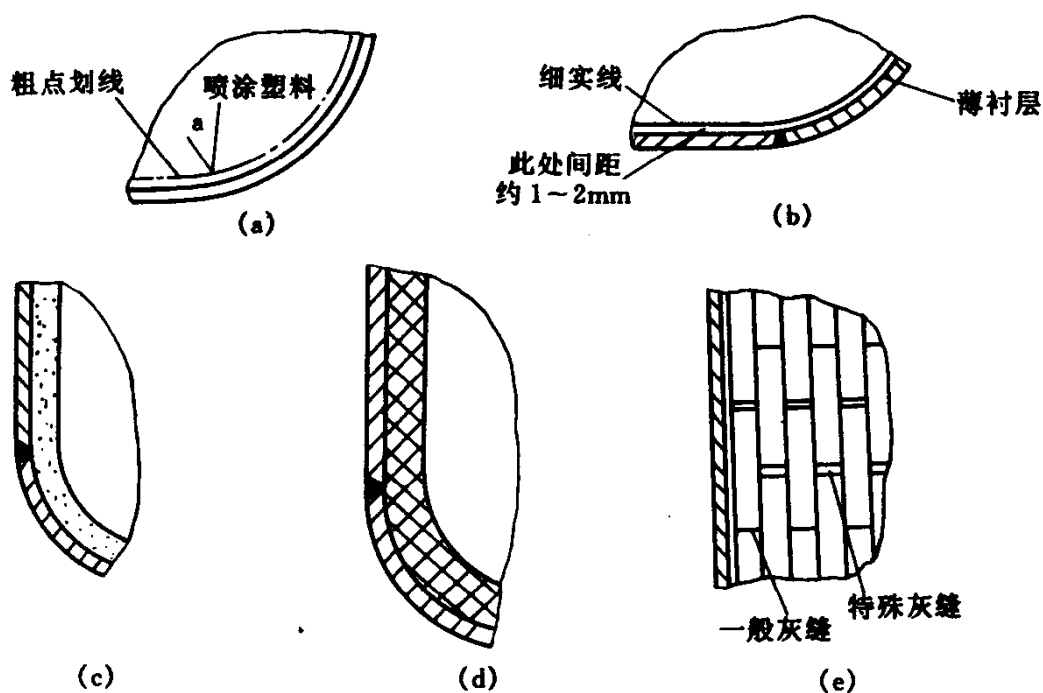


图 2-26

2.4.6.2 薄衬层

薄衬层（如衬橡胶、石棉板、聚氯乙烯薄膜、铅和金属板等），厚度为 1~2mm，在装配图的剖视图中用细实线画出，见图 2-26(b)，要编件号，其厚度标注在明细表中。若薄衬层由两层或多层相同材料组成，在图样中仍画一条实线表示，不画剖面符号，其层数在明细表中要注明。若薄衬层由两层或多层不同材质组成，必须用细实线区分层数，分别编出件号，在明细表中注明各层材料和厚度。

2.4.6.3 厚涂层

厚涂层（如涂各种胶泥、混凝土等），在装配图中可用如图 2-26(c)中的剖视方法，应编件号，且要注明材料和厚度，在技术说明中还要说明施工要求。必要时用局部放大图详细画出涂层结构尺寸（其中包括增强结合力所需的铁丝网和挂钉等的结构和尺寸），如图 2-27 所示。

2.4.6.4 厚衬层（如衬耐火砖、耐酸板、辉绿岩板和塑料板等）

厚衬层（如衬耐火砖、耐酸板、辉绿岩板和塑料板等），在装配图的剖视图中，可简画成图 2-26(d)的画法。必须用局部放大图详细表示厚衬

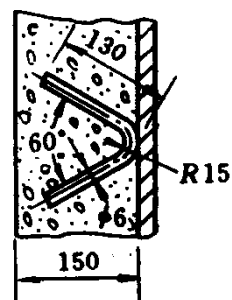


图 2-27