

高等学校教学用书

化学生产机器及设备

上册

苏联专家 A. B. 杜馬什涅夫 編著

大連工学院化学生产机器及设备教研室 譯

化学工业出版社

本書是根據蘇聯專家 A. Д. 杜馬什涅夫（莫斯科化工機械製造學院技術科學副教授）在大連工學院購學期間所撰著的講義翻譯整理而成的。

這是一本以“化學生產機器及設備”為名的專門書籍。全書共十二章分上下兩冊出版。上冊內容包括容器、反應器、熱交換器、蒸發器、塔設備、迴轉圓筒設備等化學生產上常見的、典型的單元設備，對設計設備的要求、材料的選擇、設備的試驗及檢驗等作了精辟的介紹。下冊內容為過濾機、离心机、破碎機等單元設備和機器。

本書是化學生產機器及設備專業的教學用書，同時也是工程技術界及設計人員的良好參考材料。

本書初稿由大連工學院陳奕倫同志翻譯，其中有一部分系由浙江大學、華東化工學院、成都工學院、天津大學、華南工學院等校進修教師校譯。因原稿有若干部分經專家改寫，在征得專家同意後，第二次由大連工學院化學生產機器及設備教研室林紀方、丁惠華、賀匡國、周懷忠、陳奕倫、盛展我、袁果前、趙懷璧、高崑玉、張鏡清等同志進行譯校並稍事整理，為適合高等學校該專業之需，公開出版。

書中章節、標題、公式號碼、圖號等多系譯者所加，個別部分的內容系譯者整理，但均加有譯者註。

本書之能出版，是與 A. Д. 杜馬什涅夫專家熱情的幫助和指導分不開的，謹致衷心的感謝。由於各校進修同志共同研究原稿的內容，使譯稿的質量得以提高，亦謹向他們表示感謝。

大連工學院化學生產機器及設備教研室

1957年1月

高等學校教學用書
化學生產機器及設備
上 冊

蘇聯專家 A. Д. 杜馬什涅夫 編著
大連工學院化學生產機器設備教研室 譯
化學工業出版社（北京安定門外和平北路）出版
北京市書刊出版業營業許可証出字第 092 號
化工出版社印刷 廠印刷 新華書店發行

開本：787×1092 $\frac{1}{2}$	1957年12月第一版
印張：20 $\frac{1}{2}$	1958年12月第4次印刷
字數：405千字	印數：7,000—10,955
定價：（10）2.80元	書號：15063·0136

上册目录

前言	1
导言	2
第一章 对化工厂设备的要求	7
第二章 基本构造材料及其选择	13
(1) 含碳的黑色金属合金	16
(2) 有色金属及其合金	23
(3) 非金属材料	29
附录 I 特种镍铬钢制设备的设计特点	35
附录 II 铜制设备的设计特点	42
第三章 容器与设备壳体	49
第一节 导言	49
第二节 壳体的理论	52
1. 薄壁壳体的无力矩理论原理	52
2. 造成壳体弯曲的原因	57
3. 边缘问题的实质	58
4. 力矩理论的简评	61
5. 液体静压和设备自重对壳体的影响	61
第三节 薄壁圆筒形外壳的强度计算	62
第四节 容器顶盖和底盖的计算	68
1. 球形盖	68
2. 凸形盖	68
3. 锥形盖	72
4. 筒形盖	75
5. 平盖	75
第五节 外压容器的计算	81
1. 长圆筒	82
2. 短圆筒	83
3. 受有轴向压力的圆筒	85
4. 外压圆筒的图解法	85
5. 稳定系数	87
6. 刚性圈	88
7. 受外压的球形壳体和顶盖	89
第六节 容器器壁开孔的削弱及其补强	91
第七节 化学设备的可拆联接	94
1. 对可拆联接的要求	94
2. 法兰联接的结构及应用	96
3. 垫圈	98
4. 压紧面的形状	99
5. 螺栓拉力的决定	102

6. 法蘭的計算	103
(1) 鉄木欣柯的計算法	103
(2) 华脫尔斯的計算法	107
(3) 对設計法蘭联接的指示	112
7. 無法蘭的可拆联接	113
第八节 供設備联接、檢查及修理用的部件	114
1. 接口管	114
2. 手孔和人孔	117
第九节 支座和支脚	119
1. 支座与支脚的結構及計算	119
2. 設備的風載荷計算	124
第十节 厚壁容器	127
1. 厚壁容器的制造	128
2. 厚壁容器的計算	131
(1) 單層圓筒的強度計算	133
(2) 筒壁的溫差应力校驗	137
(3) 繞帶式圓筒的強度計算	139
3. 厚壁容器承載能力的概念和提高其強度的方法	140
4. 高压容器的密封和其構件	141
附 录 計算环形薄板用的公式与表格	147
第四章 反 应 器	150
第一节 反应器的壳体 (鍋)	151
1. 鋼和鑄鉄制的壳体	151
2. 木桶	152
第二节 反应器的盖子	154
第三节 工艺用的接管	154
1. 加料管	154
2. 压出管	155
3. 排料管	155
4. 木桶及木制反应器的接管	156
第四节 傳热面	156
1. 載热体	156
2. 傳热面的結構	156
3. 傳热面的計算	160
第五节 攪拌器	160
1. 攪拌器的作用和应用	160
2. 攪拌器的类型	161
3. 攪拌器的功率計算	164
4. 攪拌器的机械計算	165
5. 攪拌器的傳动裝置	169
第六节 填料盒	171
第五章 热交換設備	176

第一节 基本关系	176
第二节 影响热交换器結構的因素	185
第三节 热交换器的分类	186
第四节 表面傳热的热交换器的主要类型	187
1. 沉浸式蛇管热交换器	187
2. 喷淋式蛇管热交换器	189
3. 套管热交换器	191
4. 列管式热交换器	192
第五节 温差应力的决定及采用剛性結構的可能性	194
第六节 列管式热交换器的計算与設計	198
1. 管子	198
2. 管子的固定方法和管距的大小	199
3. 管板上管子的排列	200
4. 热交换器的壳徑	201
5. 管板	202
6. 管板的加强	203
7. 管板与壳体的联接	206
8. 造成扰流的擋板	206
9. 縱向隔板	208
10. 补偿器	210
11. 盖子与接口管	213
第七节 傳热面用鋼板做的热交换器	213
第八节 热交换器的流体力学計算	214
第九节 有关热交换器流程的意見	217
第十节 各种类型的热交换器之比較	218
第十一节 热交换器的設計程序	220
第六章 蒸發設備	223
第一节 决定蒸發設備結構的因素	223
第二节 蒸發設備的分类	224
第三节 蒸發設備的主要类型	225
1. 标准式蒸發設備	225
2. 悬筐式蒸發設備	227
3. 加热室在外的蒸發設備	228
4. 多程蒸發設備	229
5. 直通蒸發設備(液膜蒸發設備)	229
6. 强制循环蒸發設備	230
7. 特殊結構的蒸發設備	231
8. 蒸發設備的結構特点	232
第四节 分离器	234
第七章 塔設備	241
第一节 概論	241
第二节 气体洗滌器和填充塔	241

1. 气体洗涤器的流体力学情况	241
2. 填充塔的阻力	245
3. 填料	249
4. 液体再分佈用的装置	253
5. 欄栅	254
6. 噴淋装置	255
7. 气体的入口与出口装置	260
8. 液体的出口	260
第 三 节 無填料的设备	261
第 四 节 鼓泡型的塔	262
1. 塔的高度和液体在塔板上的流程	262
2. 泡盖塔板的流体力学	263
3. 泡盖塔的流体阻力	267
4. 塔板和泡盖的結構	268
5. 蒸气通道及泡盖	271
6. 溢流装置	273
7. 塔的人孔和手孔	275
8. 篩孔塔板	275
9. 篩孔塔板的阻力	276
10. 填充设备和鼓泡型设备的比較	278
第八章 迴轉圓筒設備	279
第 一 节 概 述	279
1. 迴轉圓筒的主要組成及其作用原理	279
2. 物料在迴轉圓筒內的停留時間	281
3. 迴轉圓筒主要尺寸的決定及筒內結構的選擇	284
第 二 节 轉筒的結構	286
1. 筒体	286
2. 滾圈	288
3. 托輪	289
4. 滾圈与托輪的接触应力	290
5. 托輪軸承与支座	292
6. 滾圈的强度計算	294
7. 支擋座	296
8. 傳动	298
9. 功率的決定	301
10. 轉筒的給料与卸料	303
11. 轉筒的密封	305
(1) 迷宫式密封	305
(2) 端面密封	307
第 三 节 轉筒的安裝、調整和運轉	312
第九章 設備的檢驗和試驗	315
第 一 节 焊縫的檢驗	315
第 二 节 緊密性試驗	320
第 三 节 关于机器的試車	322

前 言

本書是以 1954~1956 年在大連工學院所講之課程為基礎而編寫的。

本課程的目的是使高年級學生了解化工廠的現代化設備。這項工作極為複雜，這是由於在工業中存在着許多種工藝過程，採用着各種各樣不同的，其用途和裝置毫無共同之處的機器和設備。

編寫這門課程的困難之一，就是要為掌握這方面的工程知識選出最重要和主要的材料。實際上，這類重要和主要的材料是很多的。而且，什麼是最必需的，各方面的意見也有分歧。

第二個困難純粹是編寫方法上的困難。同一種材料可用不同的方法，根據不同的觀點進行敘述。因此，關於編寫的方法和系統也必須談一下。

雖然很認真，但僅從表面來研究結構，並不分析其出現的原因，或是只敘述抽象的計算方法，不考慮實際操作條件和結構材料的性質，我們認為這都是無益的。

在整個課程中，我們都竭力想說明各種結構的因果關係及其正確性，分析每種結構與機器和設備的用途、製造方法、運轉要求等等之間的關係。分析結構時，我們想使人信服，如果脫離了決定設備形式的現實因素，就非但不能正確了解每種機器或設備，甚至其中的部件和另件也同樣不能正確認識。

其次，我們力求表明，在技術發展過程中內容總是超過形式的。正由於舊的形式與新的內容不符，因而導致人們去尋找新的形式，設計新的結構，使之進一步發展。

我們認為，在課程中應該不僅使學生了解這些設備的構造如何？而且要說明，它為什麼正是這樣，而不是另一樣。除給予必需的理論知識和計算材料外，我們還特別注意說明物理意義和現象的本質。

最主要的，我們認為是掌握計算和設計的方法。在書中引述了許多結構材料是為了說明這些基本的方法和原則。實例當然極為寶貴，而且是研究任何一門科學所必需的，但它只能證明方法的現實性。例子僅在某種個別情況下適用，而相反，方法是萬能的，它可運用於許多場合之下。這也正是為什麼方法是最有價值的東西的理由。

深入了解，並冷靜地分析決定構造形式的原因，掌握基本的計算和設計方法，使我們有可能根據已有的水平，利用已知的技術資料，展望未來，沿着技術發展的道路前進，從而提出新的、效力更高的過程，並為實現這些過程設計出更現代化的設備。

如果本書稍能促進中國培養年輕專家的事業，能幫助年輕專家們分析決定機器和設備結構形式的許多因素，並掌握設計基礎，那末作者認為自己的任務已完成了。

最後，我要向在出版本書過程給予不倦協作的大連工學院“化學生產機器及設備教研室”全體同志致以誠摯的謝意！並向在翻譯工作中完成了艱巨任務的我親切的友人們——高崑玉、丁惠華、陳奕儉表示衷心的感謝！

А. М. 杜馬什涅夫

1957年1月於莫斯科

导 言

化学工业对国家的发展具有很大的作用。现在几乎没有一个工业部门或国民经济部门，可以不用化学产品。在国家的发展和社会主义建设中，提高劳动生产率和扩大化学产品的产量是最重要的任务之一。为此要研究和采用新的生产方法以及改进旧的生产方法，运用最新的设备以及改进旧的设备，使繁重的劳动过程变为机械化，采用远距离操纵，改善劳动条件和降低所有的消耗率等。

要完成这些任务，首先要培养年青的、有创造精神的、具有广阔知识的机械工程师。他们须掌握新的化工技术的基本原理，对现代化工装备的设计、运转和检修工作有足够的了解，并且准备把自己全部力量和知识贡献给人民和中华人民共和国的社会主义建设的伟大事业。

化学工厂的设备是为工艺过程服务的，产品的质量、数量以及产品的成本都是决定于设备的完善程度和运转得是否正确。

本课程的内容就是要全面地来研究化学工厂的主要设备。这不仅是要熟悉典型机器和设备的主要结构，而最基本的目的是要说明普遍的原则和采用各种不同结构的原因，并且要阐明这些原因对于设备结构的改变和化工技术发展的影响。了解这些原则就能拟定出装置和决定过程所需设备的尺寸和结构，同时还要考虑到有关设备的制造、安装、运转和检修等方面的相互关联着的各种条件和限制。在本课内对各种设备进行分析和批判也是为了反复地证明在各种不同情况下这些普遍方法和原则都是可以运用的。

首先应指明：在任何结构中决没有偶然和多余的东西，所有结构的产生都有一定原因的，都是可以解释的，所以这样做也都有其一定的见解。这些原因的性質可能是根本不同的。学会分析设备的结构，能找出为什么采取这种结构形式的原因，应该是本课程的基本任务之一。因为这些原则如果能掌握，则研究任何未知的新设备也将会是很容易的；不仅如此，了解这些原则和知道决定设备结构形式的原因，正是改进和设计新型机器及设备的基础。

“化学生产机器及设备”这门课是大学教育培养工程师的一个组成部分，它同所有的理论课程和技术课程都是有机地联系在一起，没有牢固地通晓和掌握所有这些课程，要学会与掌握专业课程的内容是不可能的。

机器和设备的装置和外廓尺寸首先决定于它们的用途、实现工艺的过程，并且决定于实现工艺过程时的条件，亦即被加工物料的温度、压力、物态、腐蚀性、浓度等。因此，为了通晓本课程，必须很好了解“物理”、“化学”、“物理化学”、“热力学”、“水力学”、“普通化学工艺学”及“化工过程与设备”等课程，掌握最后两门课尤其必要，因为关于过程本身的知識，以及设备的工艺计算和热计算的方法（例如精馏塔層数的计算，蒸发设备传热面的决定，干燥时间的决定等）都作为已经学过的而不在本课程中重复。

机器和设备各部分的尺寸，即所谓“强度尺寸”是由各部分所受的作用力和机械载荷来决定的。因此，担任我们专业工作的工程师必须了解如何确定静载荷和动载荷与各部分尺寸之间的关系的过程，因而必须对“理论力学”、“材料力学”、“机械原理”及“机械

零件”有足够的了解。

设备本身和它的零件的形状在很大程度上决定于构造材料的强度、物理性质、工艺性能以及其他性质，而且还决定于它们的制造方法和装配方法。这显然就须要对“材料学”、“金属工艺学”、“材料的化学强度”、“机器制造工艺学”等课程有深刻的了解。

任何设备都是由人来使用的，所以它们的运转和检修对使用者来说应该要求很安全和方便。因此化工设备的设计、运转、安装与检修的工程师一定要知道安全技术规程，要熟悉设备实际工作时的情况以及生产者对它所提出的要求。

此外，工程师一分钟也不应该忘记：无论是设备本身，或是由它生产出来的制品都应该很便宜，因此也就必须掌握有关经济方面的科学以及懂得决定产品成本的因素。

即使从这样粗浅和表面的考察也向我们表明：许多的原因和因素是影响着设备的结构的；这些原因和因素往往在实质上是互相矛盾的，而随着我们的要求，科学的发展和技術上的可能性它们是不斷地在变化着。

要能正确地分析原因以及由它所引起的結果；要将基本的、首要的因素和次要的因素分开，阐明并克服矛盾；在我们所研究的范围内要概括所有的知識和确立基本原则，則只有在馬克思辯証法的基础上才是可能的。这就說明了为什么工程师应该掌握馬列主义基础。馬克思-列宁主义是一个强有力的武器，它会帮助我们理解和研究許多复杂的和原則性的問題，并能帮助我们作出正确的結論。

現在已經很明显了，我們这一課程不仅与基础理論課和基础技術課有联系，而且为了使自己能在化工技術領域內有效的和創造性的活动，必須牢固地要掌握它們。

本課程的整个內容，正如其他專業課，是紧密地与实际联系在一起的。很难說出，实际是从那里开始，理論又在那里結束。不但如此，几乎在課程中所有的理論关系都是用实验数据校正过的，不这样做，进行任何一个工程計算都会是不可思議的。另一方面，在課程內所遇到的理論关系往往是实际数据与判断的概括和整理的結果。

各种过程进行的有利条件往往是大不相同的。在化工技術中所用的压力可以从高度真空起到 1000 大气压止，而且在將來，可能采用更高的压力；溫度的範圍也一样的广闊——从深度冷冻亦即大約从 -200°C 到 $+2000\sim 3000^{\circ}\text{C}$ ；生产能力从很小到很大的都有；被加工的物料在腐蚀性、毒性、引火性等方面从微弱的到很剧烈的都有；被加工物料的濃度和物态也不一样。所进行的过程性质和机理也是完全不相同。純粹机械的过程在實質上与扩散过程没有任何的共同点，而后者与催化过程等等也一样不相同。

工艺过程和它进行的条件都有着很大的差異，因此产生了非常多的各种各样的设备結構。很明显，要研究所有的机器和设备是絕不可能的，何况由于化工技術不断蓬勃的發展，每年，甚至每月都会給我們帶來新的过程和实现这些过程的设备。幸而也不須要这样去研究，科学的概括力量剛好在于：当掌握了最基本的方法和对所有机器及设备都适用的基本原则之后，并且通过对若干主要设备类型的領会和細致分析，我們就可以順利地运用它們去理解其他未知的裝置，而且不仅会懂得它們，进一步还能創造出新的类型和結構，拟制出新的过程和新的流程。否則科学和技术的进步就会是不可能了。方法是灵活的、帶有普遍性的、在各种場合下都能应用的；总而言之，例如在个别的情况——虽然有認識上的价值，但仅仅在完全一定的具体条件下才是正确的。正因如此，才

把我們研究的范围限制在若干大多数化学生产上最普遍用的、最典型的和最常見的設備上。

希望在学会了基本原則，在学会闡明采用不同結構裝置的原因，以及在深入的分析了設備工作狀況之后，能获得一把鑰匙，可以用来理解其他的結構。要能深入理解設備的結構，而且更进一步要能学会設計它，具有过程的基础知識是必要的条件。

在本課程內关于过程不再介紹，这是因为已在“普通化学工艺学”和“化工过程及设备”中学过了。很可能，从学校中畢業以后的年青工程师在走到工厂或設計机关时，会得到对他來說是新的部門的工作，碰到他所不知道的工艺和專門設備；也可能，在畢業設計中就碰到了同样的困难。但我們認為，在整个學習期間所获得的知識和在專業教研室所授的特殊訓練應該已是足够了，对于年青的專家，在詳細地熟悉了摆在他面前的生产任务之后，有了这些知識和訓練是能够光荣地完成任务的。通曉一个新的工艺过程一般是不困难的，何况以后总是在某一个一定的工艺部門中工作呢。

在培养工程师的过程中，專業課的作用是把获得的知識具体化，并使得在一定的專業範圍內的工作更容易进行。特別是我們的專業課，还要授給同学在化工設備的設計、安裝、運轉和檢修中的所必須的补充知識。將來担任運轉工作的工程师，是不是要有設計知識和技能呢？運轉工作是不是有趣呢？在五年的大学教育中，是不是需要这样多的理論知識和实际知識呢？

对这些問題的回答是：

获得一些有关設計的技能和知識，掌握即使是基本的設計原則，对每一个工程师來講都是應該的和有利的。在培养任何專業的工程师过程中，設計工作都起着特殊的作用，这决不是偶然的，設計工作使人習慣于用批判和精細的态度來对待結構，習慣于分析为什么产生各种結構形狀的原因和現象。

設計工作能扩大工程师的眼界，在工作过程中会运用大量的文献資料。很可能，工程师在將來不一定担任設計師的职务，但工程师如能用設計師的眼光來观察設備的話，这也是很不坏。問題在于：当結構師在决定机器或設備的結構时，一定要根据一切可能有的观点（从制造可能性的观点；从符合所进行过程的观点；从安裝、試驗、運轉和檢修是否方便的观点；从安全的观点，以及表示設備完善性的許多其他条件）來考虑和分析結構。很明显，所有这些應該是什么工程师都直接而深切地感到兴趣的，特別是在化学企業中从事運轉工作的工程师。毫無疑義，設計的才能会帮助生产工程师正确的選擇設備，使它能最好地滿足所要求的条件。

設計工作是創造性的工作，但是还有不正确的想法：認為在工厂內担任設備的運轉工作和生产工作就沒有創造性。

在生产中担任工作的、知識丰富而有創造性的工程师可以为改进生产做很多工作——改变工艺流程，改变操作規程，改善过程和設備，从而大大地提高劳动生产率和降低产品的成本，使国家資源能大量節約，并促进增产。在苏联、中华人民共和国和其他人民民主国家、先进生产者和技术革新者的突出成就是全世界都聞名的。

許多工艺过程的發明是很悠久的，但是对进行这些过程的設備的研究和用科学方法去决定它的尺寸还是不久的事。很多設備的結構，还是原始的不完善的形式，而且在我

們研究怎样計算它們之前就已經存在了。

在計算中首先注意的是机械强度計算。机械計算所以較早的出現有兩個原因。第一，很早以前在各种建筑物和裝置的要求条件中就把机械强度列为首要的条件了；其次，有关机械的科学比有关化学和工艺的科学發展要早得多，早在加利略时代，他就奠定了关于材料和建筑物强度的学說基础。

蒸汽机發明以后由于在运转中常發生事故，也就是鍋爐經常爆炸，飞輪破裂等迫使学者們对这些問題加以注意，研究破坏的原因，和作出强度計算来。对鍋爐操作的分析奠定了近代壳体和容器理論的基础。在設計化学設備时我們已在广泛地利用它了；但是因为不是所有問題都已經搞清楚，所以有一系列的数值还取决于長期的經驗結果，而且其中某些已被列入鍋爐監察机关的指示中，到今天我們还受到这些规范的影响，虽然它們的實質和意义我們現在已經完全清楚了。

根据功率、生产能力等来确定机器和设备尺寸的方法时，情况就不同了。由于在机器和设备中进行的过程很复杂，在設計中必須注意的各种因素又多，而且尚待研究，这样就大大增加計算时的困难，而且由于知識水平不足，計算出来結果也很难准确。在100年以前采用的旧計算法的准确性可以从一个事例來說明，一个經過第一次計算的蒸汽机的功率根据設計是25馬力，但試驗时变为120馬力。这一設備根本未計算过，而是根据已有的設備按类比的办法来决定尺寸的，但即令这样不充分的数据也是不易得到，因为那时是私人工厂，所有設備的尺寸、結構、工作状况和生产能力都是严格保守秘密的。

直到二十世紀初才开始找寻过程与实现过程所需的設備間的关系，这才逐渐形成过程和設備的科学。由于И. А. 吉兴科(Тищенко)教授的努力，在1912年这门科学才当作独立的課程被列入莫斯科高等技术学校的計劃中。吉兴科教授是用严格的科学方法来处理过程和設備的始祖之一。他有許多著作，其中有經典著作“蒸發設備的計算”。

在偉大的十月革命以后，化学工業开始蓬勃發展。由于培养出了熟練的干部——在化学工業中工作的工程师，建立了强大的生产基地——很多具有良好設備的化工机械制造工厂，組織了科学研究院和設計院的分佈網，化学工業的發展才有可能。在培养化学工業方面的專家工作中，吉兴科教授起了很大的作用，他是莫斯科門捷列耶夫化工学院和1937年成立的莫斯科化工机械学院的發起人之一，在苏維埃政权的年代中組織了化工机械制造試驗設計研究所。它的任务是試驗、研究，和設計化工設備与机器，参加工作的有С. И. 謝普金(Шепкин)教授，Н. И. 盖尔培林(Гельперин)教授以及許多有天才的年輕人，以后在这个基础上又組成了化工机械制造科学研究院。

在1932~1935年間，А. Г. 卡薩特金出版了“化工过程与設備”的課本，概括了这方面的优秀工作結果并享有盛名。無論是对过程的本質，或是在設備的本身方面，都作了許多有价值的工作。

苏联学者在这方面的貢獻是很大的，值得提出的有А. И. 普拉諾夫斯基(Плановский)教授在連續过程理論上的工作，Н. М. 夏法蘭諾夫(Жавороннов)教授在气体洗滌过程方面的工作，Н. И. 盖尔培林(Гельперин)教授在蒸發設備和蒸餾方面的工作，П. Г. 罗曼科夫(Романков)教授在流体力学和扩散过程方面的工作，М. А. 米海耶夫(Михеев)在

傳热方面的工作, В. И. 索卡洛夫 (Соколов) 教授在离心机方面的工作, З. Б. 康特罗維奇 (Канторович) 教授和 Л. Б. 列文松 (Левенсон) 教授在破碎装备方面的工作。

同时出现了关于设备結構設計方面的著作: 在 1930 年 А. И. 席德罗夫 (Сидаров) 和 Л. Б. 列文松教授出版了有关机器結構設計的著作, 大大地促进了对影响机器結構因素的正确理解; 接着有 С. Е. 薩赫梁柯 (Захаренко) 的关于各种化工设备裝置的計算以及其他有关这一方面的著作。在 1946 年, З. Б. 康特罗維奇教授出版了“化工机械及器械計算原理”一書, 是以实用的彈性理論观点来分析设备的各部分。至今又开始出现了如巴皮茨基 (Бабицкий) 和維赫曼 (Вихман) 的关于设备結構設計的著作。

不可能用几句话来叙述苏联的和国外的学者們、工程师們在过程和設備的研究工作上所做的巨大成就。要联系各方面来研究装备的問題, 范围已經是很大了, 而設備本身又是多种多样的, 至今在不同部門中工作的許多有才能的学者和研究工作者还不断促进着这一方面知識的成長和进步, 因此即使是对最重要的著作加以評述也需要許多時間和篇幅, 其缺点还是不全面; 如果簡單地列举著作而对它的内容不进行分析也沒有用处, 故只能在以后講課过程中我們將不断引用有关問題的最重要的文献和書籍。

关于構造材料方面的知識也是不断地扩大, 用作設備制造的可能性也是在不断地增長。設計師和結構師在技术發展上起着巨大的作用, 由于他們的巨大的劳动, 在設計新型設備和建立强大的苏联化学工業与化工机械制造工業都做出了巨大的貢獻, 所以化工技术和現代化工設備及过程方面的科学的成就是由許許多多人的劳动形成的。

已經做了很多工作, 但还有更多的工作要做, 許多問題尚待研究, 有的完全沒有解决。这是由于研究范围太广, 化学工厂設備中实际設計、制造操作方面的問題太多、太复杂, 因此必須要进一步展开科学研究工作来全面研究設備的操作、它的强度和效率等等。这样研究的結果才能对設備的操作情况作进一步了解, 并为設計更完善的机器和設備及强化过程打下基础。

任何一个設計都是从了解技术条件开始的。設備一定要滿足这些条件。只有在我們明确地知道对設備的要求, 才能順利地設計或正确地选择它們。要求愈明确, 对制造、安裝、運轉的实际条件愈清楚, 那么設備將會在要求的操作条件下設計得更完善更有效, 所以首先我們要弄清楚工厂对設備所提出的要求。

第一章 对化工厂设备的要求

我們力圖确定化工厂设备的基本要求有那些？

对每一部机器，每一个设备都要求能符合它自己的使命，在运转时要方便和安全，技术上完善，生产能力高和经济合理。

在各种表示设备完善程度的指标中，技术经济指标是最基本的，它包括。

- (1) 设备的生产能力；
- (2) 消耗率；
- (3) 设备的价格；
- (4) 设备的运转费用；
- (5) 产品的成本。

机器或设备的总生产能力或名义生产能力是指它的计算值或制造工厂的保证值。

实际生产能力远比名义生产能力为大，苏联工厂的技术革新者和先进工作者不止一次地指出这个数据是有潜力的。还应该将总生产能力和单位生产能力区别开来，单位生产能力是指每立方米的设备体积或是指每一公斤设备重量在一小时内的产品数量。

消耗系数是指每吨或每立方米的產品所消耗的原料、燃料、蒸汽、水、压缩空气和电能等。

单位生产能力和消耗系数构成技术经济指标，根据这些指标可以比较各种方案，并且找出在技术上和经济上最合理的方案。

设备的价格影响投资的多少。但要注意，价格较贵但生产能力更高和更完善的设备可能比价廉的旧的设备更合算些。

设备的效率和生产能力愈高，消耗系数愈小，则产品成本愈低。

产品成本是主要的技术经济指标，它不仅表示设备的完善程度而且也表示工艺的完善程度。有趣的是这个指标也反映着对其他指标的影响。由于这一指标的普遍性，所以能比较彼此完全不同的机器和设备，能比较不同的流程，只要它们的制品相同就行。

要是产品贵的话，不论生产它的设备是如何完善，也没有实际采用的可能。从经济上的合理性说明了这样一个事实，从几千种拟定的结构方案中能用在实际运转上的方案还只有很少数，它们会一直用到被更完善、生产能力更高、或更便宜的设备代替为止。

产品成本由下列各项组成：

I. 直接费，属于这类费用的有：

(1) 材料，毛坯，半成品，已制成的部件等价值。这里包括直接用来制造产品的电能，蒸汽，水，压缩空气等价值；

(2) 参加制造，试验，和包装的生产工人的基本工资和辅助工资。

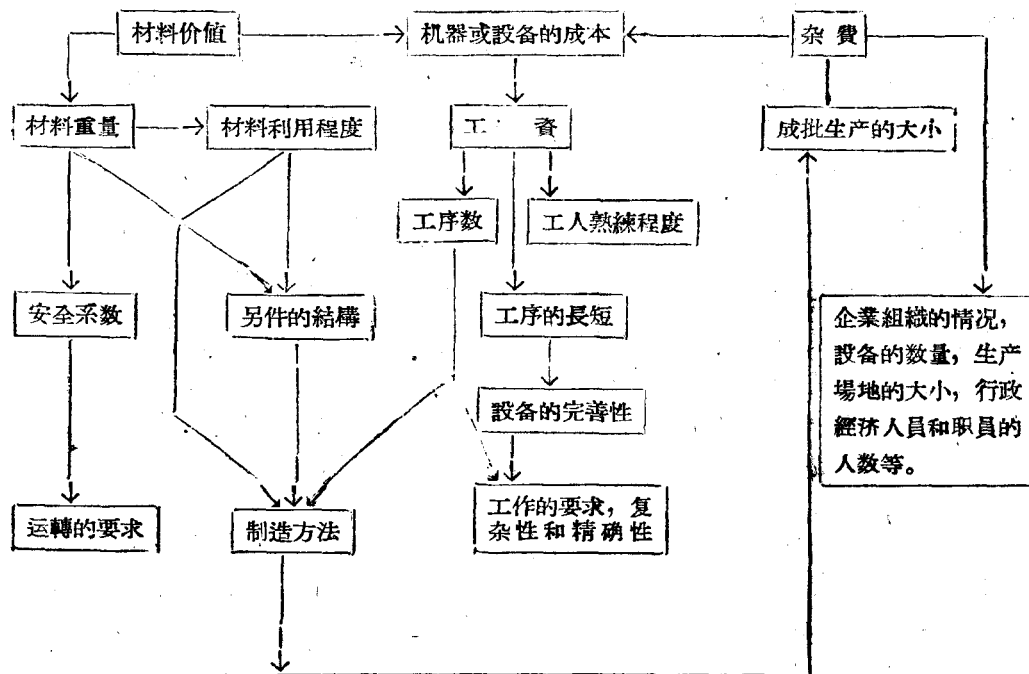
II. 杂费，属于这种费用的有：

(1) 车间费用，包括行政、经济人员与职工的工资，车间厂房与设备的折旧费，照明用电，生活用水，采暖用蒸汽等费用；

(2) 全厂费用，包括工厂管理、行政、经济人员和辅助人员的工资，各车间之间的运输

費用，工厂办公室的折旧費，用于日常生活上的电、水、蒸汽等費用。

杂費影响产品的成本，它和生产工人的工資成比例。杂費的多少表示出企業的新舊情况。杂費同設計師的工作关系很小，因此对工程师来講，从經濟上比較結構时，直接費起着最重要的作用。为了更加清楚地了解产品成本和各种因素間的复杂关系，可研究下圖。



机械制造厂的产品成本与各有关因素之间的关系簡圖

時間对一切事物进行着無情的考驗，只有在實踐中証明这些过程以及所采用的設備和机器是有利时，它們才能存在下去，被保留下来，和得到进一步的改善。

在这里不討論产品成本的計算方法，因为这是企業經濟学的任务。

使設備能長期地与連續地操作的必要条件是机械可靠性与結構完善性。

机械的可靠性指下列各項性能：

- (1) 强度；
- (2) 刚度；
- (3) 稳定性；
- (4) 耐久性；
- (5) 紧密性。

对这些性質的意义詳述如次：

强度对于每部机器或設備都是必須滿足的条件，它同其他的必要条件如結構的耐久性和安全性是密切联系着。但强度也不应过高，只要另件中的应力比容許应力低得不多就行，否則結構重量和价格都会太大。

選擇容許应力和进行强度計算是很重要的，也是工程师常遇到的問題。为了降低設

备的重量和减少材料消耗，在设计 and 制造时应设法使所有结构不仅强度够，而且还要等强度（即强度均匀）。这对大量的生产产品尤其重要。

有时也故意违反等强度的原则，例如用一个容易更换和便宜的另件，把它的强度做得低些，这样在受超载时，它就先断裂了，从而防止了其他较贵的结构受到破坏。这种安全另件是常见的，电缆接线上的保险丝就是一个例子。

对于受压的另件或机器来讲，评定标准不是强度，而是刚度。此时产生破坏是由于丧失原来形状，从而引起强度突降和毁坏。受纵向弯曲的梁和桿件以及受外压的设备都可用作说明的例子。在许多工程结构中作为评价标准的不仅是在各个另件中的应力，而且还在于受载荷下产生弯曲和变形的大小。例如对棧桥与管道的评价标准是最大挠度，它不应超过两支点间距的 $\frac{1}{600}$ 。因此，刚度是指在外部载荷作用下结构维持自己形状的性能，而稳定性则为刚度的极限值。

耐久性就是设备使用的年限，和强度、刚度一样，也是评定设备性能的重要标准。但要注意区别计算的使用年限和实际的使用年限。

K. 马克思曾这样说明决定机器使用期限的原因：

“机器之物质的磨损，是二重的，其一由于使用，好像铸幣会在流通中磨损一样；其一由于不使用，好像劍藏鞘中不用，也会生鏽一样。后一种磨损，是以自然力的作用为基础。前一种多少与它的使用成正比例；后一种在一定程度内，就与它的使用成反比例”^①。

“机械除有物质的磨损外，还有所谓精神的磨损。只要构造相同的机器，能依更便宜的方法来再生产，或有更优良的机器加入来竞争，旧机器的交换价值，就会依比例减少”^②。

设备使用年限的计算大都是假定的，并由主管机关或主管部门规定。对大多数类型的化工厂设备而言，使用年限规定为 10~12 年。这个数字用作计算折旧费的基础。设备的实际使用年限一般都远比这个数字大得多。对大多数机器而言，使用年限是由金属疲劳程度与侵蚀性的磨损程度决定。但对化工设备而言，则由腐蚀和引起机械强度降低的化学破坏来决定。

不应该将使用年限规定得很长，因为今天的技术发展很快，设备很容易就会变成过时的。最好经过一定时间就用新的、生产能力更高的、更完善的设备来代替陈旧的和用坏的设备。这从提高劳动生产率观点来看是合理的，而且从经济上来看也是正确的。

大多数的设备都应该紧密。在密封不好的设备中，在有压力差的情况下运转时立刻会出现洩漏现象，这不论从生产能力的损失，或从安全观点来看，都是不允许的。在压力下操作的设备，或是处理有毒性的、有腐蚀性的、容易着火和容易爆炸的物质的设备，密封是具有决定性作用的。我们应当注意一个有趣和难以相信的事实，高压设备的紧密性远比常压的或压力差不大的设备为优越。从心理学的观点来看，可以这样解释，在设计高压设备时，总是考虑用特殊的，往往是很昂贵的和复杂的结构，而在设计常压

① 马克思：“资本论”第一卷，1948 年人民出版社版第 489 页。——译者注

② 马克思：“资本论”第一卷，1948 年人民出版社版第 490 页。——译者注

設備時，這一問題往往就被忽略了。有相對位移的部件，例如填料函、端面及迷宮式密封以及粒狀物料的加料器往往很難密封，到目前為止，設備密封問題成為許多未能很好解決的問題之一。

設備結構的完善性是指：

- (1) 構件簡單；
- (2) 重量輕；
- (3) 貴重及稀少的材料消耗少；
- (4) 外廓尺寸小；
- (5) 結構的工藝性；
- (6) 效率高；
- (7) 結構的合理性和考慮的程度。

在上述結構的完善性中，如構件簡單、重量輕、貴重材料消耗少、結構的工藝性等，主要是影響結構的價格，也即影響投資的大小。

其餘的結構完善性如對結構考慮的程度，高的效率等是決定設備運轉的性能，也就影響着運轉費用的大小。

結構簡單，機械效率高，重量輕和外廓尺寸小的優點是很明顯的，不用解釋。

工藝性是一個綜合性的要求，不僅對設備的運轉者來講是重要的，對設備的製造者更重要。結構的工藝性是指製造簡單、低廉、容易和方便，這些都是靠簡化形狀，減少加工面，正確選擇公差、以使裝配方便等來達到。在成批或大量生產時，工藝性特別重要。

設備的運轉性能是密切地和結構完善聯系着的，而且是對結構考慮成熟的結果。運轉性能是指：

- (1) 運轉方便、簡單、低廉、在運轉時沒有噪音和振動；
- (2) 裝拆和檢修方便、裝配簡單、低廉；
- (3) 能進行試驗和控制；
- (4) 操作能連續并易維持；
- (5) 工人少；
- (6) 設備本身及其運轉都絕對安全；
- (7) 不可能有意外的損壞；
- (8) 容易用標準另件替換；
- (9) 結構要符合國家標準和檢驗機關（如鍋爐監察局、防火檢查局、技術安全檢查局等）的要求；
- (10) 能夠運輸。

要求使用方便和簡單往往會影響設備結構的複雜化和價格昂貴。

生產自動化是使操作維持正常，簡化管理和減少工人的最重要的方法。由生產自動化所造成的設備複雜化，增加輔助調節設備以及增加投資可以由減少運轉費用和提高產品質量來補償。并應及早考慮在裝備上設置控制和測量儀表與構件。採用自動裝置會影響設備的形狀及尺寸。對調節液面高度的設備而言，高而窄和低而寬的設備就不會相同，高而窄的設備就更適宜於調節，因為在相同的容量下，液面的波動範圍比較大些。

对人的生命和安全不論是設計師或工厂工作人員都应放在主要地位，对管理設備的工人來講是要求它絕對安全的。絕對不允許把設備設計得像火山一樣，隨時會爆發。為了保證設備在正常操作和意外操作規程時都很安全，而使設備複雜一些，或是採用自動化及遠距離操縱裝置也是對的。在設計所有輔助構件時都應該考慮到以後不須改善就能保證設備的安全。

最好將設備做成雖有意外的情況也不致損壞，因為工人是人，不是機器，他們或者由於缺乏經驗，或者偶而心不在焉，或者由於疲乏，或者由於匆忙，或者由於其他難以預料到的原因，未能正確地控制設備，未能及時啓閉電動機，或將閘門轉動方向扭反了，從而使操作規程被破壞，或是整個設備都報廢。當工人操作不熟練，和由於不正確的操作所引起的後果愈嚴重時，則對設備可靠性的要求也愈嚴。供應廣大羣眾（即完全不懂得正確使用和容易造成危險的人們）用的裝置為例，浴池用的瓦斯噴頭的閥是由雙重聯動機構控制的，它只有在燈頭開始點燃和水門已開放的情況下才能打開瓦斯閥門。這樣就可避免瓦斯爆炸和中毒的危險。另一個例子是電梯的聯動機構，當電梯門打開時，電動機就不可能開動。

每一結構都應該符合國家標準和主管機關的要求，否則就不允許運轉。不僅對設備如此，對厂房和企業的建筑結構也是如此。機器和設備都要經過專設的檢驗局的檢查才能投入生產。經過一定時間（不同類型的裝備期限不一樣）後，要由檢驗局進行复查。控制測量仪表也同樣，要定期送度量衡檢定局進行校驗。這樣做就大大地防止事故的產生，因為仪表指示不準確也會造成嚴重的事故。

使用化工設備的工厂與制造設備的工厂間的距离可能是几百公里或几千公里，所以設備的運輸問題也非常重要。

現代的化工機器及設備往往是很巨大和很笨重的。例如 沉降槽的直徑可達 50 米，迴轉爐的長度可達 150 米，塔的高度可達 60 米。許多設備的重量可達几百噸。能不能將任何機器或設備都裝配好了再運輸呢？不能，這不僅會受到陸路運輸工具的載重量所限制，而且在鐵路上運輸還會受到列車橫斷面尺寸的限制。鐵路列車橫斷面尺寸有一定規格，各個國家都有明文規定。設備的大小和形狀要由列車橫斷面的規格來決定，因為要使設備能在鐵路上暢通無阻，並且無論在何處都不會碰到鐵路兩邊的物體與建築物。

所有工程的構築物，包括化工設備在內，都要求設計得在列車橫斷面尺寸規格之內，重量不能超過篷車或敞車的載重量。在特殊情況下，和鐵路上取得協商後，可以運輸比規格稍大的設備，這樣的運輸，往往要在列車軌道上停車等候。

設備的最后裝配都是在使用的工厂中進行，因此對大型設備，如迴轉爐的安裝接縫就應該及早考慮。非常大的設備，如干式儲氣櫃，必須全部在使用當地裝配。從水路運輸時，設備的尺寸大小和重量所受限制就比鐵路上小得多了。

在運輸前，設備應很好包裝，否則在運輸時可能會遭受損壞。小的另件要塗上黃油，裝在箱內。設備上的所有接頭為了防止在運輸時弄髒或堵塞，應倒轉向下放置。凸起來的另件和小的接頭都要用板子包住，否則在運輸時會被打斷、碰彎或損壞。

由此可見，對設備的各種要求是彼此密切關聯着的。例如，要求成本低，那就和運轉費用有聯系，而運轉費又和能量消耗大小有關，要能量消耗小，則設備中的流体阻力