



PUTONG GAODENG JIAOYU GUIHUA JIAOCAI

• 普通高等教育规划教材 •

食工

SHIGONG YUANLI
KECHENG SHEJI

原理课程设计

主 编◎张锦胜
副主编◎彭 红 张继鉴



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

普通高等教育规划教材

食工原理课程设计

主 编 张锦胜

副主编 彭 红 张继鉴

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食工原理课程设计/张锦胜主编, 彭红, 张继鉴副主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2016. 3

普通高等教育规划教材

ISBN 978 - 7 - 5184 - 0759 - 0

I. ①食… II. ①张… ②彭… ③张… III. ①食品加工—高等学校—教材
IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 291853 号

责任编辑: 王 淳 责任终审: 孟寿萱 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 宋振全 责任校对: 燕 杰 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京君升印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2016 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 710 × 1000 1/16 印张: 16.5

字 数: 330 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5184 - 0759 - 0 定价: 36.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

150480J1X101ZBW

前 言

食品工程原理课程设计是食品科学与工程、生物工程、粮油工程及发酵工程等相关专业学生学习食工原理课程必修的（理论课、实验课及课程设计）三个环节之一，同时，也是对学生进行第一次理论联系实际的综合训练课，并有助于增强工程观念。

本书根据食品工业的特点，重点介绍了列管换热器、搅拌釜、填料精馏塔、标准式蒸发器以及气流干燥器的设备结构及工艺流程的设计方法。设计示例多具有工业生产和科研背景，有利于培养学生查阅资料、独立设计、验算、精确绘图的能力及严谨论述的学风，使学生在学期间，初步树立“经济、实用、可靠、先进”的工程观念。

本书借鉴了我校教师多年的食品工程原理及化工原理课程设计经验和科技成果，注意由浅入深，难点分散，严谨论述。此外，该教材配有大量工程实物图片，具有较好的直观性和可读性，可以帮助同学直观认识、感知设备。本教材可用作高等院校相关专业的食工原理与专业课补充教材，亦可供相关工业生产部门的科技人员在设计有关设备时参考。

限于编写人员知识水平和经验，书中不妥和错误之处在所难免，望读者批评指正，以便在今后修订加以改正。

本书由张锦胜主编，彭红、张继鉴副主编，巫小丹、王允圃、郑洪立等都参与编写、文献收集以及校对等工作。

编者

2016年1月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 概述	1
一、食工原理课程设计的目的	1
二、食工原理课程设计的内容	2
三、学时安排	3
第二节 工程制图基础知识	3
一、工艺流程图的内容	3
二、工艺流程图中的图例及符号	4
第三节 设计图纸的要求和规定	9
一、工程制图的有关规定	9
二、明细栏和管口表	10
三、技术特性表和图面技术要求	12
四、工艺流程图的绘制	14
第二章 换热器设计	19
第一节 概述	19
第二节 设计方案的确定	19
一、换热器种类	20
二、加热剂与冷却剂	31
三、加热剂与冷却剂流向	32
四、流体出口温度的确定	33
五、换热器材质	33
第三节 换热器工艺计算	33
一、换热器类型的确定	34
二、传热基本方程	34
第四节 换热器设备设计	37
一、列管式换热器	37
二、釜式换热器设计	46
三、夹套式换热器设计	53
四、搅拌器计算	57

第五节 列管换热器设计示例	65
一、课程设计任务书	65
二、设计要求	66
三、设计方案的选择	66
四、换热器工艺计算	66
五、换热器结构尺寸计算	67
六、换热器传热系数核算	69
七、流体阻力损失计算	70
八、壳体厚度计算	71
九、绘制工艺流程图和设备结构图	71
第三章 蒸发器设计	72
第一节 概述	72
第二节 设计方案的确定	73
一、蒸发器类型	73
二、蒸发设备流程	82
第三节 蒸发器工艺计算	87
一、设计方案选取	87
二、蒸发器工艺计算	88
三、蒸发器结构设计	94
第四节 蒸发器设备设计	101
第五节 蒸发器辅助设备计算	102
一、汽、液分离器	102
二、混合冷凝器	103
第六节 蒸发器设计示例	109
一、课程设计任务书	109
二、设计要求	109
三、蒸发器种类和流程的选定	109
四、蒸发器工艺计算	110
五、蒸发器设备计算	113
六、蒸发器辅助设备计算	117
第四章 填料精馏塔设计	119
第一节 概述	119
第二节 设计方案的确定	121

一、填料精馏塔设计方案·····	121
二、填料种类与选择·····	123
三、填料塔工艺计算·····	127
第三节 填料精馏塔设计示例·····	154
一、课程设计任务书·····	154
二、设计要求·····	154
三、设备类型及流程的确定·····	155
四、精馏塔工艺计算·····	157
五、填料塔内件计算与选型·····	167
 第五章 干燥器设计·····	176
第一节 概述·····	176
第二节 设计方案的确定·····	179
一、气流干燥器的种类·····	179
二、气流干燥设备流程·····	180
第三节 气流干燥器工艺计算·····	183
一、气流干燥器设计数据与经验公式·····	183
二、干燥器附属设备·····	185
第四节 干燥器设计示例·····	188
一、课程设计任务书·····	188
二、设计要求·····	189
三、干燥器工艺计算·····	189
四、干燥器辅助设备·····	192
 附录·····	195
 参考文献·····	254

第一章 绪论

第一节 概述

一、食工原理课程设计的目的

工程设计是将科研成果转化为生产力的桥梁和纽带，它反映了一个行业的现代化水平。食品工程原理课程包括三个环节——理论课、实验课及课程设计。食工原理课程设计就是对同学进行第一次理论联系实际的综合训练课，并增强同学们的工程观念。

食工原理课程设计是设计食品工业中的单元设备，如换热器、精馏塔、反应釜、干燥器等典型设备及相关工艺流程，以满足一定的假想生产能力。作为食品科学与工程及相关专业的本科生和研究生，熟练掌握各单元设备及工艺流程的设计方法是不可缺少的。

通过食工原理理论教学与实验教学，同学们应该已经掌握食品工业中各单元操作的基本理论知识和计算方法。课程设计的目的则是运用这些理论知识去解决工程中的问题，是学生在校期间第一次设计。本设计要求学生独立完成一项生产装置的计算、绘图及编写说明书。在计算过程中需要依据教师所给任务，在查阅有关资料后确定设计方案，并通过反复计算、比较与分析，选择最合理工艺流程，再进行下一步的设备的计算。因此，课程设计是一次理论联系实际、树立工程观念、培养独立工作能力的有效训练。经过设计，注意达到以下目的。

(1) 培养正确的设计思想和认真负责的工作态度；

(2) 培养查阅资料、选用公式和收集数据的能力；通常设计任务给定后，许多设计数据需要设计者去收集，物性参数需要自行查取，计算公式需要选定。设计中选定的流程及设备，力求经济、实用、可靠和先进。选定的每一个数据必须有据可查，准确可行；

(3) 培养灵活运用本课程有关理论知识去分析和解决工程实际问题的能力；设计任务给定后，需要确定工艺流程，进行设备选型，并提出保证工艺、设备及生产过程安全正常运行所需要的检测和计量参数，同时还要考虑环保措施，必要时，根据 HACCP 原则设立关键控制点等；

(4) 正确掌握换热器、蒸发器、精馏塔、干燥器等食品工艺基本设备的设计方法；

(5) 了解工程设计的基本程序，学会用简洁的文字和图表去表达自己的设计思想。

二、食工原理课程设计的内容

(1) 设计方案的选定

依据设计任务的条件和要求，选定适宜的流程方案和设备类型，初步确定工艺流程，绘制工艺流程图。

(2) 主要设备的工艺设计

对选定工艺参数、设备进行物料衡算，单元操作的工艺计算，列出物料平衡表。绘制带控制点的工艺流程简图，标示主体设备和辅助设备物料流向，根据 HACCP 原则进行危害分析及关键控制点分析。

(3) 设备设计

设备尺寸和工艺尺寸的设计计算，绘制主体设备，要求 CAD 制图，包括主视图和侧视图，必要时包含俯视图。图面应包括主要工艺尺寸、技术特性和接管表。设定操作压力和操作温度。

(4) 辅助设备的选型和计算

确定辅助设备的主要工艺尺寸和设备选型。

(5) 设计说明书的编写

完整的设计报告包括说明书和图纸两部分。说明书所有论述、原始数据、计算、表格、设计依据等。

设计说明书包括以下内容：

- 1) 标题页：写明设计题目；
- 2) 设计任务书；
- 3) 说明书目录；
- 4) 绪论：设计的意义，设计方案简介，设计结果简述；
- 5) 设备的工艺计算：物料衡算与热量衡算，主要设备尺寸计算；
- 6) 主体设备设计；
- 7) 辅助设备的计算与选型：如离心泵的选型等；
- 8) 设计结果概要或设计一览表；
- 9) 结束语：对设备设计的总结、改进和建议等；
- 10) 附图：工艺流程图及设备图；
- 11) 参考文献；
- 12) 主要符号说明。

整个设计由论述、计算、图纸等几部分构成。论述应该条理清晰、观点明确；计算要求方法正确，误差要求小于设计要求，特别强调计算公式和所用数据注明出处；说明书中的公式必须写明编号，所有符号必须注明意义和单位；结果一览表应能简要表达计算结果。

三、学时安排

设计时间为1~2周，可大致分为以下几个阶段：

- 1) 准备阶段（1天）：依据设计任务，熟悉食工原理教材中有关章节内容，并准备、查阅设计资料等；
- 2) 计算阶段（3~4天）；
- 3) 绘图阶段（5天），若用 AutoCAD 软件绘制，可缩短绘图时间；
- 4) 编写设计说明书（1天）；
- 5) 答辩准备（1天）。

若课程设计学时为一周，则不要求绘制设备装配图和零件图，有关装配图绘制与零件图绘制方法已在《工程制图》中详述，本文从略。

第二节 工程制图基础知识

工程设计施工图包括工艺图和过程、装备图两部分：工艺图有带控制点工艺流程图，管道及仪表流程图，辅助物料流程图等；过程装备图则包括设备装配图，部件图，零件图，管口方位图，焊接件图等。

食品、化工及发酵专业等生产工艺流程设计是课程设计的程序之一，目的是表达设计者确立的生产方法，以流程图形式表示出从原料到成品的全部过程、物料加工步骤及物料的流向，再通过管道线将各设备连接起来。

一、工艺流程图的内容

工艺流程图包含以下几项内容：

- 1) 全部工艺设备及号位，主要设备（如换热器、塔、泵等）名称、操作温度、压力；
- 2) 物料、加热及冷却介质的名称和走向；
- 3) 加热及冷却介质的状态（气体或液体）；
- 4) 输送管道用途、代号及规格等。

例如，图中 T-0102 的意义为：T-塔；01-塔为主要设备；02-第二号塔。CWS0103- $\phi 57 \times 3$ 意义为：CWS-冷却水上水管；01-塔为主要设备；03-第三号塔，接管外径为 57mm，壁厚 3mm。

二、工艺流程图中的图例及符号

1. 设备的外形及符号

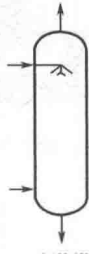
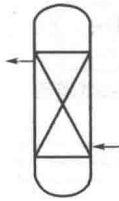
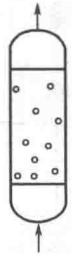
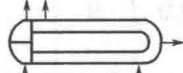
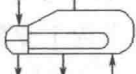
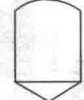
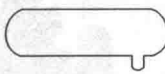
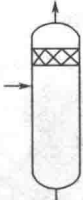
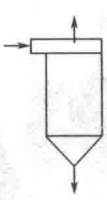
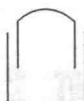
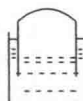
图例是将复杂设备的外形或特征用简单的图形来代表，并以英文符号表示。以下为一些食品工业常见的设备实物及代号：



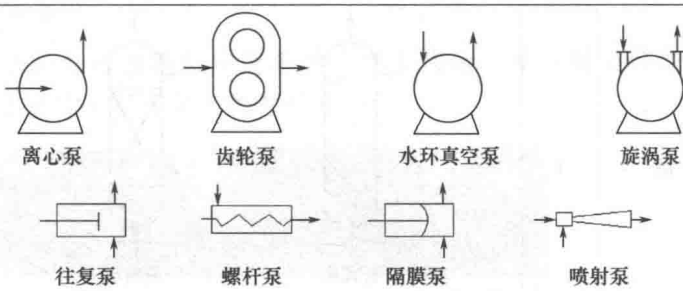
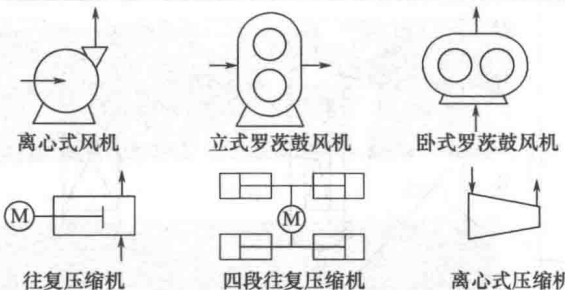
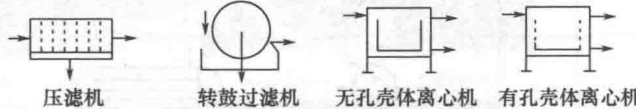
2. 常用设备图例及代号摘要

设备示意图用细实线绘出外形和基本特征。各种设备图例已有统一标准，流程图上除绘制设备图例外，必须标注设备名称及号位。无图例者可用设备外形轮廓代表（表 1-1）。

表 1-1 工艺流程图中的设备图例 (HG 20519.31—1992) 摘录

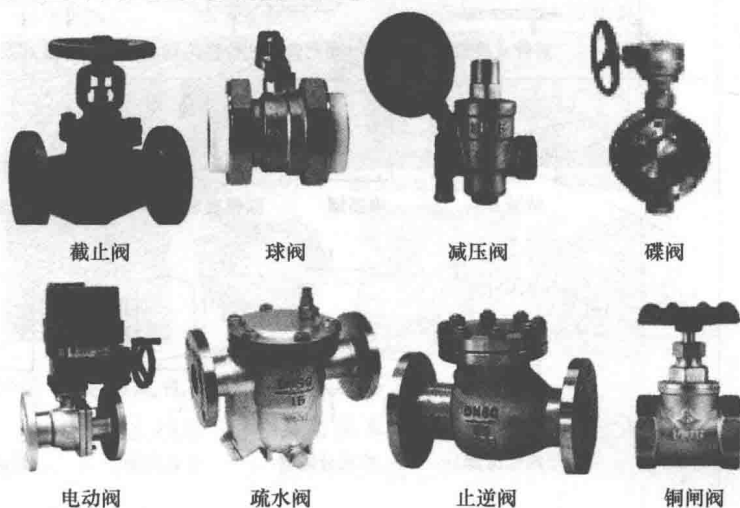
类别	代号	图例
塔	T	 板式塔  填料塔  喷淋塔
反应器	R	 固定床  列管式  流化床
换热器	E	 换热器简图  浮头式列管换热器  U型列管换热器  套管式换热器  固定管板列管换热器  釜式换热器
容器	V	 球罐  锥顶罐  圆锥底容器  卧式容器  丝网除沫器  旋风分离器  干式气柜  湿式气柜

续表

类别	代号	图例
泵	P	 离心泵 齿轮泵 水环真空泵 旋涡泵 往复泵 螺杆泵 隔膜泵 喷射泵
压缩机	C	 离心式风机 立式罗茨鼓风机 卧式罗茨鼓风机 往复压缩机 四段往复压缩机 离心式压缩机
其他机型	M	 压滤机 转鼓过滤机 无孔壳体离心机 有孔壳体离心机

3. 常用管件阀门的外形及符号

以下为工业常用的阀门实物及图例。





旋塞



安全阀



气动阀



减压阀

4. 常见管件阀门的图形符号摘要 (表 1-2 ~ 表 1-4)

表 1-2

常用阀门图例 (HG 20519.32—1992) 摘录

名称	图例	名称	图例
Y 型过滤器		旋塞	
T 型过滤器		三通旋塞	
锥型过滤器		四通旋塞	
阻火器		弹簧式安全阀	
文氏管		杠杆式安全阀	
消音器		回止阀	
喷射器		直流截止阀	
截止阀		底阀	
节流阀		疏水阀	
闸阀		加料漏斗	
球阀		同心异径管	

续表

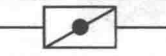
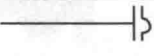
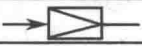
名称	图例	名称	图例
隔膜阀		视镜	
蝶阀		爆破膜片	
减压阀		喷淋装置	

表 1-3 工艺流程图中图线尺寸

类别	图线宽度/mm			备注
	0.9	0.6	0.3	
工艺流程图	物料管道	辅助管道	其他	
设备布置图	设备轮廓	设备支架与基础	其他	设备基础线 0.9
关键设备条件图	设备轮廓		其他	

表 1-4 流程图中的物料代号

物料代号	名称	物料代号	名称
PA	工艺空气	FO	燃料油
PG	工艺气体	DO	填料油
PL	工艺液体	LO	润滑油
PW	工艺水	RO	原料油
AR	空气	SO	密封油
IA	仪表空气	AM	氨
HS	高压蒸汽	BR	盐水
LS	低压蒸汽	R	冷冻剂
MS	中压蒸汽	DR	排液、排水
SC	蒸汽冷凝水	HM	载热体
CWS	锅炉给水	FV	火炬排放器
CWR	化学污水	H	氢
DM	循环冷却上水	N	氮
RW	循环冷却回水	O	氧
SW	软水	SL	泥浆
RW	原水	V	排空气
FG	燃料气	VT	真空排放气
NG	天然气	BD	排污

第三节 设计图纸的要求和规定

一、工程制图的有关规定

1. 图纸规格

图纸规格按机械制图通用标准，具体尺寸见表 1-5。

表 1-5 图纸规格表 单位: mm

图面代号	0	1	2	3	4	5
B × L	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210
C	10	10	10	5	5	5
a	25	25	25	25	25	25

说明：需要扩大图面时，允许将表中的一边加长，加长尺寸应为原幅面一边边长的 1/4 倍，工艺图应尽量避免选用过大的“0”号图纸，一般采用 1 号或 2 号图纸。标题栏尺寸及内容如图 1-1 和表 1-6 所示：

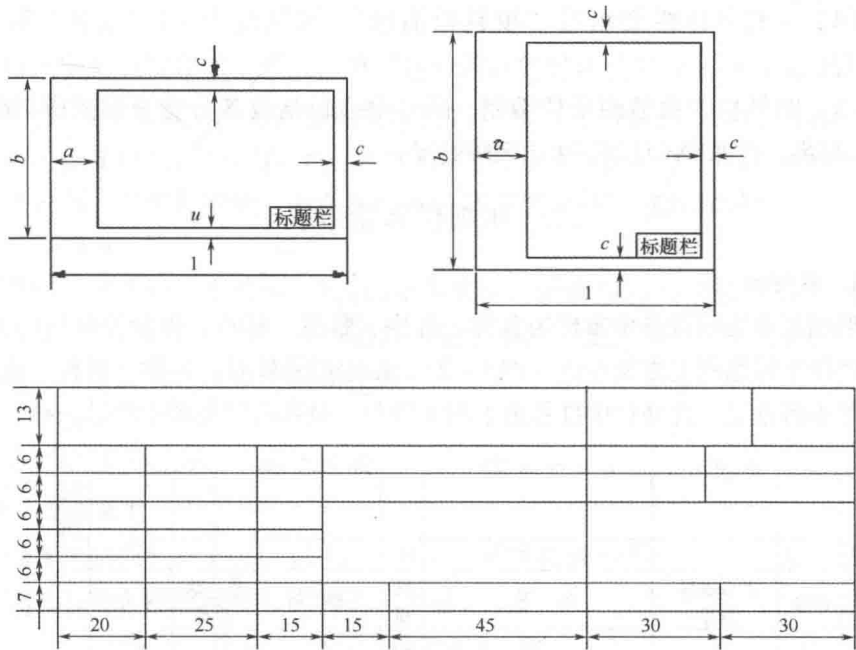


图 1-1 标题栏规格

表 1-6 标题栏内容

(设计单位)				②	
职责	签字	日期		设计项目	
设计				设计阶段	
制图			①	③	
校核					
审核					
审定			比例	第 张	共 张

2. 标题栏内容

标题栏内容如表 1-6 所示，需要注意以下几点：

- (1) 设计项目是本设备所属工程项目名称，对课程设计而言可由教师认定。
- (2) 设计阶段一般不填写，或由教师指定。
- (3) 图名栏①分两行填写，上一行填设备名称、规格及图样名称（装配图、零件图）；下一行写设备位号。表示方法如下：

A = 40m² 冷凝器装配图
E - 102A, B

D = 0.6m 填料塔零件图
T - 102B

- (4) 工程名称栏②填写“填料精馏塔” “气流干燥器” “三效蒸发器”等。
- (5) 图号栏③由绘图单位编制，图号中应包括设备分类号参照HG20668 - 2000C 标准，对课程设计而言可由教师给定。

二、明细栏和管口表

1. 明细栏

明细栏是表明设备中零件的名称、规格、数量、材料、重量等项目的清单，明细栏位于标题栏上方及左边（图 1-2）。左边栏的件号、名称、材料、重量等标题可不再重复。件号栏中件号由下而上填写，号数必须与图中件号一致。

								8
								8
								8
件号	图号或标准号	名 称	数 量	材 料	单 总 质 量	备 注		39
15	30	55	10	30	20	20		
180								

图 1-2 明细栏规格