

高等学校轻工专业试用教材

甜菜糖厂技术装备

王鸿生 主编

中国轻工业出版社

编辑：李亦兵

ISBN 7-5019-1520-2/TS·1008

定 价：13.75元

高等学校轻工专业试用教材

甜菜糖厂技术装备

王鸿生 主编

中国轻工业出版社

(京) 新登字034号

内 容 提 要

本书是为高等学校制糖专业的《甜菜糖厂技术装备》课程而编写的教材。内容包括：甜菜糖厂的装卸及装备、甜菜预处理装备、切丝机、渗出装备、废粕加工装备、加灰与饱充装备、石灰与石灰乳及二氧化碳制取装备、硫漂装备、过滤装备、加热装备、蒸发装备、结晶装备、离心分蜜机、糖品干燥装备、砂糖筛分、包装与仓库装备及固体物料及砂糖输送装备等十多种装备。本书对上述装备的特点、选型原则、结构性能、设备规范都作了详细的说明。

本书除供高校作为教材之外，也可供有关研究、设计及工厂技术人员参考。

高等学校轻工专业试用教材

甜菜糖厂技术装备

王鸿生 主编

责任编辑 李亦兵

中国轻工业出版社出版
(北京市东长安街6号)
北京市卫顺印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
各地新华书店经售

787×1092毫米1/16 印张：29.25 字数：702 千字

1994年7月 第1版第1次印刷

印数：1—1000 定价：13.75元

ISBN7—5019—1520—2/TS·1008

编写说明

本教材是根据原轻工业部组织的制糖专业教材编审委员会会议上所通过的编写大纲编写的。全书由无锡轻工业学院制糖教研室王鸿生和谢梓湘二位老师共同编写。具体分工为：绪论、第六章、第七章、第八章、第九章、第十一章、第十二章、第十三章、第十四章、第十五章及第十六章由王鸿生编写；第一章、第二章、第三章、第四章、第十章由谢梓湘编写；第五章特邀黑龙江省轻工设计院吕德月工程师编写。本书主编为王鸿生副教授，主审为王素馨高级工程师。

在编写过程中得到黑龙江省糖业公司，轻工业部甜菜糖业研究所，《中国甜菜糖业》编辑部黄福生主编和杨波编辑，吉林轻工业学校谭维时和林玉桓老师，黑龙江省轻工设计院王素馨高级工程师和吕德月工程师等单位和个人的支持和帮助，并对本书的编写提供了宝贵意见，在此表示衷心的感谢。

、 编者

目 录

绪论	1
一、本课程的性质、任务与要求	1
二、甜菜糖厂技术装备的分类	1
三、本课程的内容	3
四、甜菜糖厂技术装备生产能力的一般计算方法	3
五、我国甜菜制糖机械设备的发展与展望	5
六、单位制	7
第一章 甜菜的装卸贮运装备	9
第一节 甜菜收购、装卸及倒运装备	9
一、收购及化验装备	9
二、甜菜卸车装备	13
三、贮菜场用机械设备	15
第二节 甜菜窖及其输送设备	19
一、甜菜窖	19
二、输送设备	21
第二章 甜菜预处理装备	27
第一节 甜菜提升设备	27
一、甜菜泵	27
二、扬送轮	28
三、甜菜泵与扬送轮的比较	30
第二节 除草除石及除铁设备	31
一、除草机	31
二、除石器	34
三、除铁器	36
第三节 洗菜机	38
一、洗菜机的类型与结构	38
二、洗菜机的串联组合	43
三、洗菜机的计算	43
第四节 甜菜尾根回收设备	45
一、尾根回收系统的组成	45
二、尾根捕集器	46
三、震筛	46
四、尾根分离器	47
五、脱水机	49

第三章 切丝机	50
第一节 概述.....	50
第二节 切丝机的类型和结构.....	50
一、平盘式切丝机.....	50
二、离心式切丝机.....	54
三、转鼓式切丝机.....	56
四、三种切丝机的比较.....	58
第三节 切丝机供菜量与切丝量的自动调节.....	58
一、供菜量的自动调节.....	58
二、切丝量的调节.....	60
第四节 切丝刀.....	61
一、切丝刀的类型和规格.....	61
二、切丝刀的刀框与装刀.....	63
三、刀框自动换刀流水线.....	66
四、切丝刀的修理.....	67
第五节 切丝机的计算.....	70
一、生产能力的计算.....	70
二、功率的计算.....	71
第四章 渗出装备	73
第一节 概论.....	73
第二节 罗伯特 (Robert) 渗出罐组.....	73
第三节 连续渗出器.....	75
一、连续渗出器的分类.....	75
二、双螺旋甜菜连续渗出器.....	75
三、塔式渗出器.....	86
四、RT 转鼓式渗出器.....	92
五、其他类型的渗出器.....	100
六、连续渗出器的比较.....	106
第四节 连续渗出器的计算.....	107
一、生产能力的计算.....	107
二、功率计算.....	110
三、物料衡算和热量衡算.....	111
四、渗出器传热面积的计算.....	113
第五节 连续渗出器的防腐.....	116
一、连续渗出器腐蚀的主要起因.....	116
二、连续渗出器的防腐方法.....	116
三、防腐方法的比较.....	119
第六节 渗出器的附属设备.....	120

一、皮带秤·····	120
二、除渣器·····	122
第五章 废粕加工设备·····	125
第一节 概述·····	125
第二节 废粕压榨机·····	126
一、卧式双螺旋压榨机·····	126
二、卧式单螺旋压榨机·····	130
三、立式单螺旋压榨机·····	130
四、压榨机的容积压缩比·····	132
五、压榨机的生产能力计算·····	133
第三节 干燥机喂料设备·····	133
一、压粕螺旋喂料机·····	133
二、带贮斗的带式喂料机·····	134
第四节 燃烧炉·····	136
一、燃煤炉·····	136
二、燃油炉·····	138
三、燃烧炉的热效率·····	138
第五节 废粕干燥机·····	138
一、滚筒式废粕干燥机·····	138
二、回转多管式废粕干燥机·····	142
第六节 废粕造粒机·····	143
一、结构·····	143
二、操作·····	144
第七节 废粕冷却机和废粕筛选机·····	145
一、废粕冷却机·····	145
二、废粕筛选机·····	148
第六章 加灰与饱充装备·····	149
第一节 糖汁称量装备·····	149
第二节 加灰装备·····	149
一、预灰装备·····	150
二、主灰装备·····	155
第三节 加灰装备的计算·····	157
第四节 饱充装备·····	158
一、饱充罐型式和构造·····	158
二、饱充罐的计算·····	161
第七章 石灰、石灰乳及二氧化碳制取装备·····	162
第一节 石灰窑·····	162
一、石灰窑的类型及构造·····	163

二、正压操作的石灰窑	171
三、石灰窑的计算	174
第二节 窑气净化器	178
一、净化器的类型与构造	178
二、净化器的计算	183
第三节 石灰消和装备	183
一、石灰消和器	183
二、石灰消和器的计算	185
三、石灰乳除渣器	186
四、石灰乳除渣器的计算	188
五、石灰乳搅拌机	188
第八章 硫漂装备	190
第一节 燃硫炉	190
一、硫磺的燃烧	190
二、燃硫炉的结构及类型	191
三、燃硫炉的计算	193
第二节 硫漂设备	194
一、抽吸型卧式管道硫漂器	196
二、立式管道硫漂器	202
第九章 过滤装备	204
第一节 概述	204
一、过滤设备的任务	204
二、过滤的基本原理	205
三、影响过滤速度的主要因素	206
四、过滤设备的分类	207
第二节 板框式压滤机	208
第三节 自动压滤机	211
一、半自动压滤机	211
二、全自动压滤机	214
第四节 片式过滤增稠器	216
一、GP 型片式过滤增稠器	216
二、DDS过滤增稠器	217
三、戈特福兰动片式连续过滤增稠器	220
第五节 真空吸滤机	225
一、多隔室式真空吸滤机	227
二、无隔室式真空吸滤机	228
三、环带式真空吸滤机	229
第六节 其他类型过滤设备	234

一、密压机	234
二、转盘式连续过滤机	236
三、袋滤机	239
四、盘式过滤机	240
第七节 过滤设备的计算	243
一、板框压滤机的计算	243
二、过滤增稠器的计算	247
三、真空吸滤机的计算	248
四、袋滤机的计算	251
第十章 加热装备	253
第一节 加热器的类型与结构	253
一、加热器的发展与分类	253
二、蛇管式加热器	254
三、多程列管式加热器	255
四、套管式加热器	260
五、板式加热器	261
六、螺旋板式加热器	262
第二节 加热器的计算	263
一、加热面积的计算	263
二、加热器的结构计算	266
三、流动阻力计算	267
四、甜菜糖厂加热器的技术规格	268
第三节 汽凝水排除设备	268
一、机械型疏水器	269
二、热动力型疏水器	270
第四节 热损失及保温	270
一、对流与辐射的热损失的计算方法	271
二、保温层厚度的确定方法	271
第十一章 蒸发装备	274
第一节 概述	274
第二节 蒸发罐的类型和结构	275
一、通用式蒸发罐	275
二、外循环式蒸发罐	277
三、压力蒸发罐	279
四、膜式蒸发罐	280
第三节 蒸发罐主要部件	281
一、加热室	281
二、捕汁器	291

三、顶盖与底盖·····	293
四、糖汁给送装置·····	294
第四节 蒸发罐的计算·····	295
一、蒸发罐的结构计算·····	295
二、材料强度计算·····	300
第五节 蒸发站的附属设备·····	304
一、冷凝器·····	304
二、自蒸发器·····	313
三、平衡罐·····	316
四、热能压缩机·····	318
第十二章 结晶装备 ·····	326
第一节 概述·····	326
第二节 结晶罐的类型与结构·····	327
一、间歇式结晶罐·····	328
二、连续式结晶罐·····	333
第三节 结晶罐的设计与计算·····	343
一、间歇式结晶罐·····	343
二、连续式结晶罐·····	350
第四节 助晶装备·····	352
一、助晶机的类型与构造·····	352
二、助晶机的计算·····	360
第五节 结晶工段的辅助设备·····	363
第十三章 分蜜装备 ·····	367
第一节 离心分蜜原理·····	367
第二节 离心机的类型与构造·····	369
一、间歇式离心机·····	369
二、连续式离心机·····	380
第三节 离心机的计算·····	386
一、生产能力计算·····	386
二、功率计算·····	390
三、离心机转篮的强度计算·····	393
四、轴的强度计算及临界转速·····	395
第四节 离心机的平衡·····	398
一、转子的静平衡与动平衡·····	398
二、运转中的不平衡·····	399
第五节 离心机的维护、检修要点·····	399
第六节 废糖蜜的计量·····	400
第十四章 糖品干燥装备 ·····	402

第一节 砂糖干燥的基本概念	402
第二节 干燥装备	403
一、干燥机的类型与构造	403
二、干燥机的计算	408
第三节 干燥的附属设备	411
第十五章 砂糖筛分、包装与仓库装备	413
第一节 砂糖筛分机	413
一、筛分机理	413
二、筛分机的计算	415
第二节 包装装备	416
第三节 仓库设备	419
一、袋装仓库	419
二、散装仓库	422
第十六章 固体物料及砂糖输送装备	425
第一节 概述	425
第二节 皮带运输机	425
一、皮带运输机的构造	426
二、皮带运输机的计算	428
第三节 斗式提升机	429
一、斗式提升机的结构	430
二、斗式提升机的计算	432
第四节 螺旋运输机	433
一、螺旋运输机的构造	433
二、螺旋运输机的计算	435
第五节 振动式输送机	437
一、振动式输送机的结构	437
二、振动式输送机的计算	438
附录 1 甜菜制糖设备的生产能力与功率消耗公式	440
附录 2 用SI基本单位表示的SI导出单位示例	444
附录 3 具有专门名称的SI导出单位	444
附录 4 用专门名称表示的SI导出单位	445
附录 5 SI词头	446
附录 6 国际单位制的使用方法	446
附录 7 常用单位的换算	449
参考文献	455

绪 论

一、本课程的性质、任务与要求

《甜菜糖厂技术装备》课是制糖工程专业的主要专业课之一。本课程的目的与任务是：使学生系统地学习甜菜糖厂生产过程所用的机械和设备的基本理论与基本知识，并受到设备计算及设计的基本技能训练。通过对各种装备的研究讨论，提高分析问题和解决问题的能力，为毕业后从事制糖技术工作打下良好基础。

学生学完本课程后，应达到下列要求：

- (1) 掌握装备类型及结构性能；
- (2) 进行装备选型及设备设计计算；
- (3) 能初步应用过程与原理结合工艺要求，改革设备结构，强化设备效能。

本课程的主要先修课程是机械基础、化工原理及甜菜制糖工艺学。

与机械基础课程的关系：糖厂技术装备，有些就是通用机械，有些则是由不同机械零部件组成的糖厂专用装备。因此，掌握一般机械零部件的结构类型、工作原理及材料的基本知识，是学好本课程的基础。

与化工原理课程的联系：学生在化工原理课程的学习中，要熟练地掌握各化工单元操作的原理及设备，它们是糖厂专用装备的基础。

本课程与甜菜制糖工艺学课程的联系：装备为制糖工艺服务，学生应掌握制糖工艺过程原理及工艺对设备的要求。甜菜制糖工艺学课程应开在本课程之前。

二、甜菜糖厂技术装备的分类

本书着重讨论参与甜菜制糖工艺过程的主要技术装备。对于制糖过程所用的某些机械设备，如原动机械（电动机等）、发电机、锅炉、泵、风机、传动机构、仪表和通风照明等设备，因均已在其他课程中学过，本书不再论述。

本书将甜菜糖厂的装备分为两大类：(1) 机械；(2) 设备（又称器械）。

机械类的特点是具有运转元件，并依靠它们来作功。在生产操作中用来处理物料的机械有二种：

- (1) 其中处理的物料不起变化者，如运输机、泵、洗菜机等；
- (2) 其中处理的物料起变化者，如变更其形状及大小者，如切丝机、粉碎机等。

设备类大都为具有一定容积的容器，在容器中进行着物理化学过程、物化过程或热过程，或三者都有。因此它的特点如下：

- (1) 由于这些过程进行的结果，被处理的物料起了不同程度的变化，如改变了温度、压力、物理性质和物态等，有时化学性质也发生了变化。
- (2) 具有适当的容积以便保证过程有足够的时间进行。
- (3) 在许多过程的进行中均不免有热的传入和导出，所以设备也常具有热交换面。
- (4) 在这些设备中虽然也有机械的装置如搅拌机等，但它们仅起着辅助作用。

上述分类仅为了便于把装备分类而这样做的，实际上某些装备既可属于机械，可也属于设备，如离心机等。

甜菜糖厂的机械大概有下列各种：

- (1) 固体输送机械；
- (2) 泵类；
- (3) 风机、压缩机、真空泵等；
- (4) 切丝机、粉碎机等；
- (5) 净化和分离机械，如除石机、除草机、除砂机、洗菜机及磁力除铁机等；
- (6) 压粕机；
- (7) 其他。

甜菜糖厂的设备可以有下列各种：

- (1) 进行热过程的设备：
 - ① 糖汁和糖浆加热器；
 - ② 蒸发器；
 - ③ 干燥器；
 - ④ 窑炉；
 - ⑤ 冷凝器；
 - ⑥ 空气加热器；
 - ⑦ 气体冷却器。
- (2) 进行化学过程和物理-化学过程的设备
 - ① 渗出器；
 - ② 加灰桶（槽）；
 - ③ 饱充罐；
 - ④ 硫熏塔、管道硫熏器；
 - ⑤ 煮糖罐；
 - ⑥ 助晶槽（箱、器）。
- (3) 进行固液混合物分离的设备：
 - ① 沉降器；
 - ② 过滤机；
 - ③ 离心机。

对于具有同一作用的每一种类型的机械和设备，又可根据机械和设备在应用上工艺特点以及它们构造形式的不同而加以更细的分类。属于工艺特点方面的有：

- (1) 过程的连续性或间断性；
- (2) 过程参数的特征（如加压、减压；高速的、低速的等等）；
- (3) 其他的工艺差异（如一碳饱充罐、二碳饱充罐等）。

属于构造特点方面者为：

- (1) 设备主要部分在空间中的位置（如卧式、立式等）；
- (2) 机械与设备内某些主要零部件的差异（如蒸发器的加热管子，有短管和长管之

分等);

(3) 其他构造上的特点 (如加热器有单程和多程之分)。

上述分类在讲具体机械和设备时会再提到。

三、本课程的内容

本书所论述的制糖机械和设备是以我国大型甜菜糖厂目前所采用的通用机械设备为基础的,同时也适当照顾了中小型糖厂。为了反映当代制糖工业的最新技术水平,对国内新研制的或从国外引进的以及国外先进的制糖机械与设备,本书也加以介绍,以便加速我国甜菜制糖工业的发展。

本课程包括以下具体内容

固体物料的输送机械:带式输送机、斗式升运机、螺旋输送机、振动式输送机等。

计量装备:甜菜秤、菜丝秤、糖汁(包括糖蜜)计量机械和成品糖称量机械。

甜菜的装卸、贮运及预处理装备:甜菜窖、流送沟、除草机、除砂石机、除铁机、洗菜机和切丝机等。

渗出装备:渗出器和渗出器的附属设备。

废粕加工装备:废粕压榨机、废粕干燥机、颗粒粕机。

糖汁清净装备:加灰桶(槽)、饱充罐、硫漂(熏)器和硫熏塔。

清净剂制取装备:石灰窑、窑气洗涤器、石灰乳消和器、石灰乳除砂机、石灰乳搅拌机、燃硫炉。

过滤装备:板框式压滤机(半自动、自动)、增稠过滤机、袋滤机、密压机、真空吸滤机等。

沉降器:我国甜菜糖厂现已不用此类设备,但国外甜菜糖厂仍有采用。

传热装备:加热器、蒸发器、冷凝器等。

结晶装备:结晶罐(煮糖罐)、助晶槽(箱、器)。

离心机(分蜜机):间歇式分蜜机、连续式分蜜机。

干燥及筛分装备:干燥器、筛分器。

四、甜菜糖厂技术装备生产能力的一般计算方法

根据甜菜制糖机械设备的工作原理,甜菜糖厂的机械设备的生产能力的计算公式大致可以归纳为下面几种(计算采用国际单位制):

1. 以有效容积决定机械设备的生产能力

属于此类的大都为设备,有甜菜窖、渗出器、加灰桶、饱充罐、助晶槽等(装备的分类中,属设备的第二类)。

以 A ——设备的生产能力(t/d)

V_e ——设备的有效容积(m^3)

ρ ——设备所处理物料的密度(kg/m^3)

K ——设备运转系数,设备运转不超过24h,应考虑运转系数, $K < 1$;若一天内设备运转为 T h,则 $K = T/24$

P ——物料对甜菜百分数，可以从糖厂的物料平衡中求得

Z ——操作时间(s)， $Z = Z_1 + Z_2$ ， Z_1 为过程进行所需的时间(s)， Z_2 为辅助操作时间(s)。在间歇操作时 $Z = Z_1 + Z_2$ ；连续操作时 $Z_2 = 0$ ， $Z = Z_1$

则

$$A = \frac{8640 V_e \cdot \rho \cdot K}{P \cdot Z} \quad (\text{t/d}) \quad (0-1)$$

2. 以有效面积决定机械设备的生产能力

这类设备的有效面积通常又与被加工的物料所移动的方向垂直，属于此类的有过滤器、沉降器等（装备的分类中，属设备的第三类）

以 F_e ——有效过滤面积或沉降面积(m^2)

v ——物料的过滤速度或沉降速度 (m/s)

ρ ——所处理的物料的密度 (kg/m^3)

P ——物料对甜菜的百分数，可以从糖厂的物料平衡中求得

K ——设备的运转系数

A ——设备的生产能力 (t/d)

则

$$A = \frac{8640 F_e \cdot v \cdot \rho \cdot K}{P} \quad (\text{t/d}) \quad (0-2)$$

3. 生产能力 A 决定于物料移动的速度 v

属此类者物料在装备内与机械的运转部分一起移动，如皮带运输机、耙式输送机、提升机等（装备的分类中属机械类）。

以 q ——物料在机械的运转部分的每 1m 长度上的质量 (kg)

v ——运转部分的移动速度 (m/s)

K ——运转系数

P ——物料对甜菜的百分数，可以从糖厂的物料平衡中求得

A ——机械的生产能力 (t/d)

则

$$\begin{aligned} A &= \frac{q \cdot v \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 K}{\frac{P}{100} \cdot 1000} \\ &= \frac{8460 q \cdot v \cdot K}{P} \quad (\text{t/d}) \end{aligned} \quad (0-3)$$

装备的生产能力 A 决定于物料移动的速度 v ，但与上述装备计算不同之处为物料与机械运转部分的移动方向是相反的，如切丝机（装备分类中属机械类）等。

以 v ——物料移动的速度 (m/s)

f ——垂直在运动方向所量出的物料的截面积 (m^2)

ρ ——物料的密度 (kg/m^3)

K ——装备的运转系数

P ——物料对甜菜的百分数，可由糖厂的物料平衡计算中求得

A ——装备的生产能力 (t/d)

则

$$A = \frac{f \cdot v \cdot \rho \cdot 60 \cdot 60 \cdot 24 K}{\frac{P}{100} \cdot 1000} = \frac{8640 f \cdot v \cdot \rho \cdot K}{P} \quad (\text{t/d}) \quad (0-4)$$

4. 热设备的生产能力

它是根据传热面积的大小及传热条件来确定的，如加热器等。

以 F ——加热面积 (m^2)

P ——物料对甜菜的百分数，可由糖厂的物料平衡计算中求得

$\ln$ ——自然对数

t_1 ——热设备出口处的物料温度 (K)

t_2 ——热设备进口处的物料温度 (K)

T ——加热蒸汽的温度 (K)

K ——传热系数 [$\text{kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{K})$]

C ——比热 [$\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$]

则

$$A = \frac{8640 F \cdot K \cdot \Delta t_m}{P \cdot C \cdot \Delta t} \quad (\text{t/d}) \quad (0-5)$$

五、我国甜菜制糖机械设备的发展与展望

(一) 我国甜菜制糖生产情况

世界上甜菜制糖工业的兴起约有 200 年的历史，比甘蔗制糖工业晚得多。我国的甜菜制糖工业有 80 年的历史，但是我国甜菜制糖工业真正得到发展还只是在 1949 年新中国成立以后。

解放初期我国只有 3 座中型甜菜糖厂，这 3 座糖厂还是由洋人遗留下来的，所以当时也谈不到有自己的甜菜制糖机械工业。经过 40 多年的建设，我国目前已兴建了一批大、中、小型糖厂，为我国的甜菜制糖工业打下了基础。目前我国甜菜糖产量已占全国产量的 20%，甜菜糖厂已有 100 多家。全国兴建了一批生产糖厂机械设备的专业工厂。现在我国制糖工业已经形成了从糖料生产到制糖加工、综合利用，从设计、设备制造、土建、安装到生产、科研、教育比较完整的制糖工业体系。已有成龙配套的专业机构和有较高水平的专业人员。现在我国不但完全可以独立自主生产大型糖厂的全套设备，而且已向亚非国家援助建立糖厂，糖厂已成为我国轻工援外建设的主要部分。

虽然我国制糖工业在科技方面有较大发展和进步，但是由于基础薄弱，技术投入不足，使生产技术水平与发达国家相比，还有一定的差距。特别在规模、新技术、燃料消耗、人员使用、自动化机械水平等方面差距较大，今后还应根据我国特点发挥优势，加快提高我国甜菜制糖工业的水平。根据我国制糖工业到 2000 年生产发展的战略目标，糖的生产量要达到 1000 万吨（其中甘蔗糖 750 万吨，甜菜糖 250 万吨），食糖品种、质量、包装要满足市场需要。企业规模要适度，布局要合理，综合经济效益要有较大幅度的增长，现代化管理水平要有进一步的提高，我国制糖工业战线上的科技与生产人员必须努力为我国第二步的战略目标作出应有的贡献。

(二) 制糖装备现状和国内外水平差距