

中等专业学校轻工专业教材

发酵工厂设备

黎润钟 主编

中国轻工业出版社

前 言

我国的发酵工业有着悠久的历史，勤劳智慧的中国人民在多年的生产实践中对发酵工业作出了重大贡献。特别是近几年，发酵工业创造了许多新工艺、新设备，正在努力向科学技术进军，使发酵工厂装备出现了一个崭新的面貌。

本教材是根据专业的要求，重点研究酒厂、酒精厂、啤酒厂和味精厂生产过程中所应用的设备的基本原理、结构、性能、设计计算和选型。全书分五篇：第一篇，酒厂和酒精厂设备；第二篇，啤酒厂设备；第三篇，味精厂设备；第四篇，冷冻设备与锅炉的选型和配套；第五篇，发酵设备的容器与材料。

本教材根据1986年5月轻工中专召开有关会议制订的教学大纲要求进行编写。由轻工业部广州轻工业学校、湖北轻工业学校和四川轻工业学校的有关教师合编，其中第一篇由黎润钟编写，第二篇由郭继仪编写，第三篇由谢阳光编写，第四、五篇由蔡功禄编写。

本教材由轻工业部广州轻工业学校黎润钟主编，由天津轻工业学院袁庆辉教授主审。已从1988年9月起，本教材在全国轻工中专工业发酵专业试用。

由于我们的水平所限，试用教材中如有不妥或错误之处，诚恳地希望读者提出宝贵意见，以便今后不断探索和改进。

在编写过程中，承蒙袁庆辉教授指导，在此表示深切感谢。

《发酵工厂设备》编写组

目 录

第一篇 酒厂及酒精工厂设备

第一章 原料的输送及预处理设备	1
概述.....	1
第一节 机械输送设备.....	1
一、带式输送机.....	1
二、斗式输送机.....	4
三、螺旋输送机.....	7
第二节 气流输送.....	9
一、概述.....	9
二、气流输送流程.....	9
三、气流输送的配套设备.....	11
四、气流输送系统的计算.....	13
第三节 原料的粉碎.....	21
一、原料粉碎的目的和意义.....	21
二、原料的粉碎方法.....	21
三、物料粉碎程度的表示方法.....	22
四、原料粉碎设备.....	22
第四节 糖蜜原料的稀释处理设备.....	25
一、间歇式稀释设备.....	26
二、糖蜜连续稀释器.....	26
三、糖液酸化设备.....	28
第二章 蒸煮和糖化设备	29
第一节 间歇蒸煮、糖化设备.....	29
一、蒸煮锅的型式、构造及计算.....	29
二、糖化设备.....	33
第二节 连续蒸煮、糖化设备.....	40
一、连续蒸煮、糖化设备流程.....	40
二、柱式连续蒸煮、糖化设备及其计算.....	41
第三章 制曲设备	48
第一节 机械通风制曲设备.....	48
一、机械通风制曲的设备流程.....	48
二、机械通风制曲的主要计算.....	48
第二节 液体曲设备.....	50

一、液体曲设备流程	50
二、带升式液曲罐	52
第四章 酒母和发酵设备	60
第一节 酒母罐的构造和计算	60
一、酒母罐的构造	60
二、酒母罐的主要计算	61
第二节 发酵设备	63
一、发酵罐的型式及构造	63
二、发酵罐的主要计算	64
第三节 酒精捕集器	69
第四节 酒精连续发酵设备	70
第五章 蒸馏设备	73
第一节 基本概念	73
一、酒精-水混合液的相平衡	73
二、用相对挥发度表示相平衡关系	75
第二节 精馏原理	76
第三节 白酒和酒精蒸馏设备及流程	78
一、白酒蒸馏设备	78
二、酒精蒸馏设备的型式及流程	80
第四节 酒精蒸馏塔设备计算	87
一、塔板层数的确定与塔板效率	87
二、粗馏塔进料层板上液体的酒精浓度和沸腾温度的确定	94
三、蒸馏塔的物料与热量衡算	95
四、蒸馏塔基本尺寸的确定	102
五、塔板的结构计算	108
第五节 塔板上的流体力学计算	120
一、浮阀塔上的流体力学计算	120
二、泡盖塔的流体力学计算	126
第六节 塔设备的机械问题	127
第七节 蒸馏附属设备	129
一、塔体附件	129
二、预热器、冷凝器和成品冷却器	132

第二篇 啤酒工厂及麦芽工厂设备

第一章 谷物原料的预处理设备	140
第一节 谷物原料含杂及除杂原理	140
第二节 大麦的粗选设备	141
第三节 原大麦的除芒和除铁设备	145
第四节 大麦的精选及分级设备	148

第五节	麦芽的加工设备	152
第二章	发芽与空气调节设备	157
第一节	大麦的浸渍设备	157
第二节	发芽设备	159
第三节	空气调节设备	167
第三章	干燥过程计算及麦芽干燥设备	178
第一节	干燥过程的基本计算	178
第二节	干燥过程	180
第三节	固体物料的干燥	184
第四节	麦芽干燥设备	188
第四章	啤酒生产中的换热设备	201
第一节	间壁式换热器	202
第二节	啤酒的糊化、糖化和煮沸设备	212
第五章	啤酒生产液-固分离设备	228
第一节	液-固分离原理	228
第二节	糖化醪过滤设备	233
第三节	麦芽汁与酒花及凝固物的沉降分离	239
第四节	啤酒过滤设备	242
第五节	啤酒的离心分离设备	254
第六章	啤酒发酵设备	257
第一节	传统发酵设备	257
第二节	酵母扩大培养设备	267
第三节	啤酒大容量发酵罐	270
第四节	啤酒的连续发酵设备	276
第七章	啤酒包装设备	284
第一节	洗瓶和验瓶设备	284
第二节	灌酒和压盖设备	287
第三节	喷淋杀菌机	293
第四节	贴标及装箱设备	296
第五节	啤酒的罐装与桶装设备	298

第三篇 味精工厂设备

第一章	空气净化设备	299
第一节	空气除菌方法	299
第二节	过滤除菌原理及常用过滤介质	300
第三节	空气过滤除菌流程	303
第四节	过滤除菌流程中的设备结构和计算	306
第二章	淀粉水解糖制造设备	321
第一节	淀粉水解糖制备流程	321

第二节	调浆池及送料泵	321
第三节	水解罐	323
第四节	中和脱色罐	325
第五节	糖液输送和过滤设备	325
第三章	发酵罐及其附属设备	328
第一节	机械搅拌通风发酵罐	328
一、	罐体	328
二、	搅拌器和挡板	332
三、	空气分布装置	335
四、	罐的换热装置	336
五、	轴封装置、联轴器和轴承	341
六、	消泡装置	343
七、	传动装置	344
八、	溶氧速率和溶氧系数	344
九、	发酵罐的比拟放大	348
十、	机械搅拌通风发酵罐系列	354
第二节	种子罐	354
第三节	培养基灭菌设备	354
第四节	尿素罐和消泡油罐	360
第四章	提取设备	362
第一节	等电点罐	362
第二节	离子交换柱	366
第三节	三足式离心机	369
第五章	精制设备	372
第一节	精制设备流程	372
第二节	中和脱色桶及过滤机	373
第三节	真空煮晶罐	376
第四节	助晶槽与分离设备	381
第六章	味精干燥与包装设备	383
第一节	味精干燥的物料衡算	383
第二节	干燥设备	383
第三节	味精筛分和包装设备	393

第四篇 冷冻机械及锅炉选型

第一章	冷冻机械与设备	395
第一节	制冷的意义和方法	395
第二节	人工制冷的热力学原理	396
第三节	单级蒸气压缩式制冷的实际循环	398
第四节	压缩制冷循环工作原理	400

第五节	制冷工质与载冷剂	401
第六节	制冷机械与设备	406
第二章	锅炉的配套和选型	415
第一节	锅炉的工作过程	415
第二节	锅炉设备	416
第三节	锅炉型号及台数选择	420

第五篇 发酵设备材料与压力容器

概述	422	
第一节	发酵设备的要求	422
第二节	压力容器的分类	423
第三节	容器零部件的标准化	424
第一章	发酵设备材料	426
第一节	金属材料	426
第二节	非金属材料	428
第二章	薄壁受压容器	433
第一节	内压薄壳容器	433
第二节	内压薄壳容器封头	439
第三节	外压薄壳容器	444
附表	448	

第一篇 酒厂及酒精工厂设备

第一章 原料的输送及预处理设备

概 述

在发酵工厂的生产中，对于所用的淀粉质原料常需要经过粉碎。而在粉碎流程中，原料一般由输送机送到料仓，再由料仓进入粉碎机，粉碎后的粉料流入粉料贮仓，又再送到拌料罐。所以，原料的粉碎过程常需输送设备与它配合。

为了提高劳动生产率、减轻工人的劳动强度、缩短生产周期，输送设备的机械化、连续化就显得更为重要了。

在发酵工业生产中，原料输送系统和预处理设备的选择关系到工厂的总体布局和结构形式，而输送系统的合理选择又决定于工艺生产过程。所以在考虑生产工艺过程时，应当把工作机构和输送、预处理系统的设备密切结合起来。

本章主要介绍常用的几种机械输送设备和气力输送设备，以及锤式粉碎机、糖蜜稀释器等原料预处理设备。重点是气力输送，其它设备作一般介绍。

第一节 机械输送设备

一、带式输送机

1. 带式运输机的应用和分类

带式运输机可用来输送散粒状物品（谷物、湿粉、麸曲、麦芽等）、块状物品（薯类、酒饼、煤等）及成件制品（木箱、成包原料等）。是发酵工厂广泛应用的一种运输机械。

物品在带式运输机上的运送方向，既可是水平的，也可以是倾斜的，但倾斜角度受物料和带的物理性质，两者间的摩擦以及物料的自然滑落程度所限制。为使物料能稳妥放在带上，而又能倾斜上运，其倾斜角度一般不大于 22 度。

按结构不同，带式运输机可分为固定式、运动式、搬移式三类；按用途不同，可分为一般的和特殊的。工厂以采用固定式的带式运输机为多。

2. 带式运输机的构造

带式运输机是一条环形带，绕在相距一定距离的两个滚轮上。这两个滚轮，一个是连动力的称起动轮；另一个是从动轮。起动轮由传动装置带动旋转，由于起动轮的旋转带动带运动，放在带上的物料就沿着带的运动方向而被运送出去。一般起动轮是放在卸料端，以使用来平衡所受到的压力。从动轮的作用是支承运输带，但单靠它来支承是不够的，故在带的下面安置许多托滚，用以支承运输带不致下坠。托滚固定在运输机的机

座上，此外，还有紧张装置使运输带有一定的张紧力，以利正常运行。

图 1-1-1 是带式输送机结构示意图。

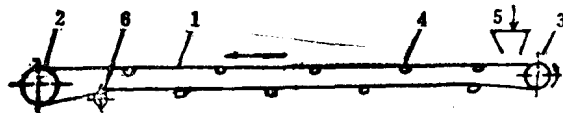


图 1-1-1 带式输送机

1—带 2—主动轮 3—从动轮 4—托辊
5—加料斗 6—张紧装置

作为运输机的带必须满足下面几个基本要求：强度高，本身

重量轻，相对伸长小，弹性高、柔软、耐磨、耐用。常见的带式运输机的带有橡胶带、塑料带、钢带等几种，以橡胶带的使用最为普遍。

橡胶带是用几层棉织物，中间夹胶，在外面再涂一层胶而成。胶带的棉织层使带具有坚固性及纵向抗张能力，棉织层数愈多，所能承受的能力愈大。棉织层数随带的宽度而定。中间夹胶主要是粘结棉织层；外面涂胶是用以保护棉布不受潮湿及各种机械损伤。

3. 生产能力和功率消耗的计算

① 带式运输机的生产能力

带式运输机的生产能力以 Q (t/h) 表示，由下式计算：

$$Q = 3.6 F \cdot u \cdot \rho \cdot \varphi \quad (\text{t/h}) \quad (1-1-1)$$

式中 Q ——生产能力 (t/h)

F ——物料在运输机上的横断面积 (m^2)

u ——运输带的速度 (m/s)

ρ ——松散物料的平均密度 (kg/m^3)

φ ——输送系数 (可取为 0.8~0.85)

带的速度 u 取决于运输材料的性质、带的形状以及设备的用途。一般：

输送大麦、高粱、稻谷 $u = 1.5 \sim 2.5$ (m/s)

输送小麦、玉米、大米 $u = 2.5 \sim 3$ (m/s)

输送煤、煤渣 $u = 2 \sim 2.5$ (m/s)

输送成件物品 $u = 0.8 \sim 1.2$ (m/s)

物料在运输机上的横断面积 F 的求取：

平带：

$$F \varphi = \frac{1}{2} b \cdot h \cdot c \quad (\text{m}^2) \quad (1-1-2)$$

式中 b ——物料在带上的宽度 (m)；一般取 $b = 0.8 B$ ， B = 平带宽

h ——物料在带上堆放的高度 (m) (见图 1-1-2)

$$h = 0.4 B \cdot \text{tg} \varphi_1 \quad (1-1-3)$$

φ_1 ——运输带上物料的底角

c ——考虑带式输送机倾斜度的修正系数。

当运输机的倾斜角为：

$\beta = 0 \sim 10^\circ$ 时 $c = 1.0$

$\beta = 10 \sim 15^\circ$ $c = 0.95$

$\beta = 15 \sim 20^\circ$ $c = 0.90$

$\beta \geq 20^\circ$ $c = 0.85$

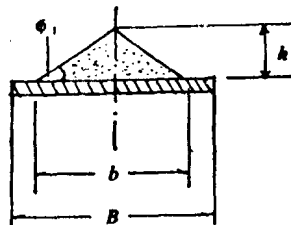


图 1-1-2 运输带上的物料

$$\varphi_1 = (0.35 \sim 0.36)\varphi_0 \quad (1-1-4)$$

式中 φ_0 ——物料在静止时堆放在带上所形成的底角，一般约为 $40 \sim 50^\circ$ ，取其平均值 $\varphi_0 = 45^\circ$ 。

所以， $\varphi_1 = 15.8^\circ \sim 16.2^\circ$ ，取 $\varphi_1 = 16^\circ$

综上所述，得：

$$F_{\text{平}} = \frac{1}{2}(0.8B) \cdot (0.4B \operatorname{tg} \varphi_1) \cdot c = 0.16B^2 \cdot c \cdot \operatorname{tg}(16^\circ) \quad (1-1-5)$$

由式 (1-1-1) 与 (1-1-5) 可得平皮带宽度 B 的计算式：

$$B_{\text{平}} = \sqrt{\frac{Q_{\text{平}} \times 10^3}{163u \cdot \rho \cdot \varphi \cdot c}} \quad (\text{m}) \quad (1-1-6)$$

② 功率的消耗 (N)

带式运输机消耗的功率按下式计算：

$$N = \frac{(N_1 + N_2 + N_3 + N_4)K}{\eta} \quad (\text{kW}) \quad (1-1-7)$$

式中 N_1 ——提升物料消耗的功率

$$N_1 = \frac{Q \cdot H}{367} \quad (\text{kW}) \quad (1-1-8)$$

Q ——运输机的生产能力 (t/h)

H ——提升高度 (m)

N_2 ——克服输送物料时的摩擦阻力所耗的功率

$$N_2 = \frac{K_1 Q L}{367} \quad (\text{kW}) \quad (1-1-9)$$

L ——运输机的长度 (kW)

K_1 ——阻力系数 见表 1-1-1

表 1-1-1

带的宽度与阻力系数

带宽 (mm)	400	500	650	800	1000
K_1	0.063	0.059	0.055	0.051	0.046
K_2	2.16	2.7	3.6	4.75	6.25

N_3 ——克服空转时牵引机构的阻力所耗之功率

$$N_3 = \frac{K_2 \cdot u \cdot L}{367} \quad (\text{kW}) \quad (1-1-10)$$

u ——移动速度 (m/s)

K_2 ——阻力系数见表 1-1-1

N_4 ——使卸料设备运转所耗之功率 (由生产实际而定)

η ——传动效率 $\eta=0.7\sim 0.85$

K ——考虑到运输机工作条件的系数, $K=1.1\sim 1.2$ 与带的长度有关, 当
 $L < 15$ (m) 时, $K=1.2$

例题 1-1, 某厂每日处理木薯片 400 t (密度为 $700\text{kg}/\text{m}^3$), 现拟采用带式运输机将其水平地输送至仓库, 若两地相距 50 (m), 试计算选用的皮带宽及所耗之功率 (不设卸料装置, 电机传动效率取为 0.8)。

解: ① 先计算生产能力 Q

考虑到运输机的最大利用率为 0.8, 则

$$Q = \frac{400}{0.8 \times 24} = 20.83 \quad (\text{t/h})$$

② 计算皮带宽度 B

选用平带,

考虑到本机用于输送木薯片, 选取 $u=1.5$ (m/s)

因水平输送, $\beta=0$, 所以 $c=1.0$

取 $\varphi=0.85$

按式 (1-1-6) 得:

$$B = \sqrt{\frac{Q \cdot \rho \times 10^3}{163 u \varphi \cdot c}} = \sqrt{\frac{20.83 \times 10^3}{163 \times 1.5 \times 700 \times 0.85 \times 1}} = 0.380 \quad (\text{m})$$

选用宽度 $B=400$ (mm) 的平带。

③ 计算所耗之功率 N

因物料无提升, $H=0$, 即 $N_1=0$

因 $L=50$ (m), $Q=20.83$ (t/h), 按 $B=400$ (mm) 查表 1-1-1 得 $K_1=0.063$
 $K_2=2.16$ 则:

$$N_2 = \frac{K_1 Q L}{367} = \frac{0.063 \times 20.83 \times 50}{367} = 0.179 \quad (\text{kW})$$

$$N_3 = \frac{K_2 u \cdot L}{367} = \frac{2.16 \times 1.5 \times 50}{367} = 0.441 \quad (\text{kW})$$

因无卸料装置, $N_4=0$

取工作条件系数 $K=1.15$

已知传动效率 $\eta=0.8$

由式 (1-1-7) 得:

$$N = \frac{(N_1 + N_2 + N_3 + N_4) K}{\eta} = \frac{(0 + 0.179 + 0.441 + 0) \times 1.15}{0.8} = 0.9 \quad (\text{kW})$$

按电机规格, 选用 1(kW) 电机。

二、斗式运输机

1. 斗式运输机的应用和分类

斗式运输机是将物料连续地由低的地方提升到高的地方的运输机械。所输送的物料为粉末状、颗粒状和块状的, 如大麦、大米、谷物、薯粉、煤、瓜干等。

按物料的运送方向，它可分为垂直的和倾斜的，但倾斜角一般都在 70° 以上；按照牵引构件的形式又可分为带式 and 链式的斗式运输机；按其工作速度大小则可分为高速的和低速的。

带式的斗式运输机仅用于负荷不大的地方（提升高度不大，而物料较轻的），由于其运转平稳，故速度可达 $3(m/s)$ ；而链式的斗式运输机的提升高度较高，速度一般在 $0.5\sim 1(m/s)$ 。

2. 斗式运输机的构造

斗式运输机的型式如图 1-1-3 所示。斗式运输机主要由：传动的滚轮、紧张的滚轮、环形牵引带或链、斗子、机壳和装、卸料装置等几种部分组成。它是一个长的支架，上、下两端各安一个滚轮，上端的是起动滚轮，连传动设备，下端的是紧张滚轮，提升机的带或链则围绕在两个滚轮上，提升机的带上每隔一定的距离就装有斗子。

物料放在斗式运输机的底座内，当提升机运转时，机带随之而被带动，斗子经过底座时将物料舀起，斗子渐渐提升到上部，当斗子转过上端的滚轮时物料便倒入出料槽内流出。

传动滚轮的转速及直径的选择很重要。若选择不当，物料很可能由于离心力的作用将物料超过卸料槽而抛到很远的地方；或者未到卸料槽口即被抛落于运输机上段的机壳内。传动滚轮的直径与速度的关系：

$$u = (1.8\sim 2)\sqrt{D} \quad (m/s) \quad (1-1-11)$$

式中 D ——滚轮直径 (m)

u ——滚轮线速度 (m/s)

一般，运碎料时， u 不超过 $1.2(m/s)$ ；运小块物料， u 不超过 $0.9(m/s)$ ；运大块而坚硬物料， u 取 $0.3m/s$ 。

盛斗有深斗和浅斗两种。深斗的特征是前方边缘倾斜 65° ，浅斗 45° 。深斗和浅斗的选择取决于物料的性质和装卸的方式。输送干燥容易流动的粒状和块状物料常用深斗；潮湿和流动性不良的物料，由于浅斗前缘倾斜角小能更好地卸料，故一般采用浅斗。

斗式运输机的优点是横断面上的外形尺寸小，有可能将物料提升到很高的地方（可达 $30\sim 50m$ ），生产能力的范围也很大（ $50\sim 160m^3/h$ ）；缺点是动力消耗较大。

3. 斗式运输机的计算

(1) 对于不同的物料，斗式运输机的运行常采用不同的速度见表 1-1-2。

(2) 生产能力（输送量）斗式运输机的生产能力 Q 由下式计算：

$$Q = 3600 \frac{V}{h} u \cdot \rho \cdot \varphi \quad (kg/h) \quad (1-1-12)$$

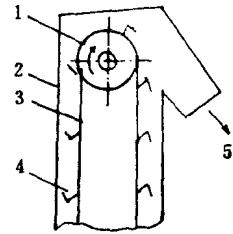


图 1-1-3 斗式运输机

1—主动轮 2—机壳
3—带 4—斗子 5—卸料

表 1-1-2 斗式运输机提升速度

物料的大小 (mm)	最大速度 (m/s)
40	$u \leq 2.5$
50	$u \leq 2.0$
50~70	$u \leq 1.55$
更大的物料	$u \leq 1.25$

式中 V ——一个斗子的容量 (m^3)

h ——斗子间距 (m)

u ——提升机移动的速度, (m/s)

ρ ——物料的密度 (kg/m^3)

φ ——斗子的装填系数, 其值随物料而异, 见表 1-1-3。

粉状物料		$\varphi = 0.7 \sim 0.9$
小块物料	20~50mm	$\varphi = 0.6 \sim 0.8$
中块物料	50~100mm	$\varphi = 0.5 \sim 0.7$
大块物料	$\geq 100\text{mm}$	$\varphi = 0.3 \sim 0.5$
湿物料		$\varphi = 0.3 \sim 0.5$

(3) 功率消耗 轴功率 $N_{\text{轴}}$ 可按下列式计算:

$$N_{\text{轴}} = \frac{Q \cdot H}{367 \cdot \eta} \quad (\text{kW}) \quad (1-1-13)$$

式中 Q ——生产能力 (t/h)

H ——提升高度 (m)

η ——传动效率 $\eta = 0.5 \sim 0.8$

电机功率:

$$N_{\text{电机}} = 1.2 N_{\text{轴}} \quad (1-1-14)$$

式中 1.2——启动时, 克服惯性力的阻力系数

例题 1-2, 某发酵工厂使用 D250 型的斗式运输机, 输送密度为 1500kg/m^3 的物料至 19m 高的地方。选用容积为 2.6L 的斗子, 提升机的速度为 1.25m/s , 问该机的生产能力有多大? 若传动效率为 0.6 时, 电动机的功率为多少?

解: ① 计算生产能力 Q :

按式 (1-1-12) 得:

$$Q = 3600 \frac{V}{h} \cdot u \cdot \rho \cdot \varphi$$

由表 1-1-4 查得 D250 型斗式运输机的斗距 $h = 400 \text{mm}$, 装填系数 $\varphi = 0.4$ 。

$$\begin{aligned} \therefore Q &= 3600 \times \frac{0.0026}{0.4} \times 1.25 \times 1500 \times 0.4 \\ &= 17550 (\text{kg/h}) \\ &= 17.55 (\text{t/h}) \end{aligned}$$

② 计算电动机功率 $N_{\text{电机}}$

$$\begin{aligned} N_{\text{电机}} &= 1.2 N_{\text{轴}} = 1.2 \frac{Q \cdot H}{367 \eta} \\ &= 1.2 \times \frac{17.55 \times 19}{367 \times 0.6} = 1.56 (\text{kW}) \end{aligned}$$

表 1-1-4

斗式运输机的技术性能

型 号	D 250		D 350		PL 250		PL 350		HL 300	
	输送量 (t/h)	21.6	11.8	42	25	22.3	30	50	59	28
填充系数	0.6	0.4	0.6	0.4	0.75	1	0.85	1	0.6	0.4
容 量 (L)	3.2	2.6	7.8	7	3.3	3.3	10.2	10.2	5.2	4.4
斗 距 (mm)	400		500		200		250		500	
斗 宽 (mm)	250		350		250		350		300	
速 度 (m/s)	1.25		1.25		0.5		0.4		1.25	
传动轮转速(r/min)	47.5		47.5		18.7		15.5		37.5	

按电机规格选用 1.7kW 电机。

三、螺旋输送机

螺旋运输机的结构较为简单，它由外壳和一个旋转的螺旋、料槽和传动装置构成，见图 1-1-4 所示。当轴旋转时，螺旋把物料沿着料槽推动。物料由于重力和对槽壁的摩擦力作用，在运动中以滑动形式沿料槽移动，而不随螺旋旋转。

螺旋是由转轴与装在轴上的叶片构成，发酵工厂常用的有全叶式和带式两种。全叶式的结构简单，推力和输送量都很大，效率高，特别适用于松散物料的输送。对粘稠物料的输送，则可用带式螺旋。

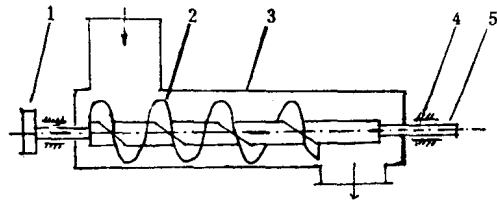


图 1-1-4 螺旋输送机示意图

1—皮带轮 2—螺旋 3—外壳 4—轴承 5—轴

螺旋的轴用圆钢或钢管制成。为减轻螺旋的重量，以钢管为好，一般可用直径为 50~100mm 的厚壁钢管。螺旋大都用厚 4~8mm 的薄钢板冲压成型，然后互相焊接或铆接，并用焊接方法固定在轴上。螺旋的直径普遍为 150、200、300、400、500 和 600mm。螺旋的转数一般为 50~80r/min (也可达 120r/min 的)。螺旋的距离一般为螺旋直径的 0.5~1.0 倍，对易损伤物料取小值，对松散物料取大值。螺旋与料槽之间要保持一定的间隙，一般为 5~15mm。间隙小，阻力便大，则运输效率低。

料槽为半圆形，常用 5~6mm 厚的钢板制造，为使搬运、安装、修理方便，多由数节联成。每节长约 3m，各节连接处和料槽边都有角钢做成的边，以便于安装和增强强度。机槽两端的槽端板，可用铸铁制成，它也是轴承的支座。进料口开在料槽的一端盖板上，口上装设漏斗；卸料口开在料槽另一端的底部。

螺旋运输机的优点在于结构简单、紧凑、外形小，便于进行密封及中间卸料，特别适用于输送有毒和尘状物料。它的缺点是能量消耗大，槽壁与螺旋的磨损大，对物料有所研磨。常用于短距离的水平输送，也可用于倾斜角不大 (倾角小于 20°) 的输送。发酵工厂常用它来输送粉状及小块物料，如薯粉、麸曲、麦芽……等。

螺旋运输机的生产能力可由下式近似计算：

$$Q = 60 \times \frac{\pi}{4} D^2 \cdot s \cdot n \rho \cdot \varphi \cdot c \approx 47 \times D^2 \cdot s \cdot n \cdot \rho \cdot \varphi \cdot c \quad (\text{t/h}) \quad (1-1-15)$$

式中 Q ——生产能力 (t/h)

D ——螺旋的直径 (m)

s ——螺距 (m)

n ——螺旋每分钟的转数 (r/min)

ρ ——物料的密度 (t/m³)

φ ——槽的装满系数 $\varphi = 0.125 \sim 0.4$, 麦皮、米糠 $\varphi = 0.25$, 粮粒 $\varphi = 0.33$ 。

c ——倾斜系数 0° 时 $c = 1.0$, 5° 时 $c = 0.9$, 10° 时 $c = 0.8$, 15° 时 $c = 0.77$, 20° 时 $c = 0.65$ 。

螺旋运输机的功率消耗可由下式解决:

$$N_{\text{轴}} = \frac{Q}{367} (L \cdot K + H) \quad (\text{kW}) \quad (1-1-16)$$

$$N_{\text{电机}} = 1.2 \frac{N_{\text{轴}}}{\eta} \quad (\text{kW}) \quad (1-1-17)$$

式中 Q ——生产能力 (t/h)

L ——运输机的长度 (m)

H ——运送高度 (m) (水平运送, $H = 0$)

K ——阻力系数 (粉料取为 1.8, 谷物取 1.4)

η ——传动效率 $\eta = 0.6 \sim 0.8$ 。

例题 1-3, 现需选用螺距为 120mm、螺径 200mm、转速 100r/min 的螺旋运输机将麸皮、米糠等物料水平运往 7.5m 远的车间内, 试计算此机的生产能力及所需之电机功率。

解: ① 生产能力 Q

由式 (1-1-15) 知

$$Q = 47 D^2 \cdot s \cdot n \cdot \rho \cdot \varphi \cdot c$$

查有关资料知 $\rho = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1.2 \text{ t/m}^3$

$\varphi = 0.25$, $c = 1$

$$\therefore Q = 47 \times 0.2^2 \times 0.12 \times 100 \times 1.2 \times 0.25 = 6.768 (\text{t/h})$$

② 电机功率:

由式 (1-1-17) 知

$$N_{\text{电机}} = 1.2 \frac{N_{\text{轴}}}{\eta} = 1.2 \times \frac{Q}{367 \eta} (L \cdot K + H)$$

$L = 7.5 \text{ m}$, 水平运送 $H = 0$, 取 $K = 1.8$, $\eta = 0.8$

$$\therefore N_{\text{电机}} = 1.2 \times \frac{6.768}{367 \times 0.8} (7.5 \times 1.8) = 0.37 (\text{kW})$$

可配用 0.5kW 的电机。

第二节 气流输送

一、概述

气流输送又称风力输送，是借助空气在密闭管道内的高速流动，物料在气流中被悬浮输送到目的地的一种运输方式。目前已被广泛应用，发酵工厂利用气流输送瓜干、大麦、大米等都收到良好的效果。

气流输送与其它机械输送相比，具有以下的一些优点：

- (1) 系统密闭，可以避免粉尘和有害气体对环境的污染。
- (2) 在输送过程，可以同时进行对输送物料的加热、冷却、混和、粉碎、干燥和分级除尘等操作。
- (3) 占地面积小，可垂直或倾斜地安装管路。
- (4) 设备简单，操作方便，容易实现自动化连续化，改善了劳动条件。

气流输送也有不足的地方；一般来讲其所需的动力较大；风机噪音大，要求物料的颗粒尺寸限制在 30mm 以下；对管路和物料的磨损较大；不适于输送粘结性和易带静电而有爆炸性的物料。对于输送量少而且是间歇性操作的，不宜采用气流输送。

二、气流输送流程

按输送气源的压力可将气流输送分为吸引式和压送式。

1. 吸引式输送流程

吸引式气流输送又称真空输送。如图 1-1-5 所示，吸引式气流输送装置系将风机(真空泵安装在整个系统的尾部，运用风机从整个管路系统中抽气，使管道内的气体压力低于外界大气压力，即处于负压状态。由于管道内外存在压力差，气流和物料从吸咀被吸入输料管，经分离器后物料和空气分开，物料从分离器底部的卸料器卸出，含有细小物料和尘埃的空气再进入除尘器净化，然后经风机排入大气。

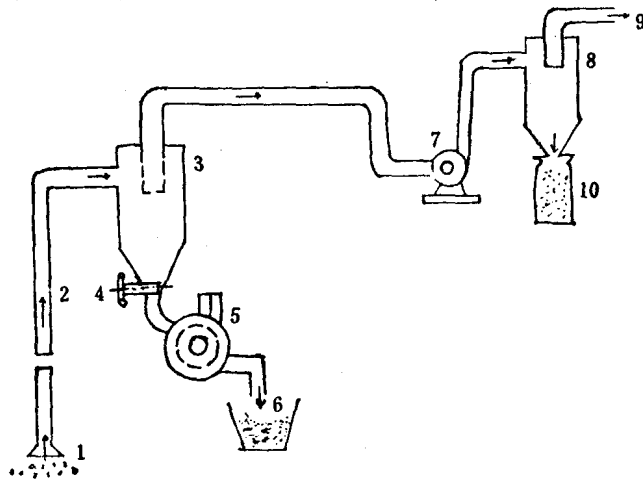


图 1-1-5 吸引式流程

- 1—物料 2—输送管 3—*1旋风分离器 4—落料口 5—粉碎机 6—料仓
7—抽风机 8—*2旋风分离器 9—废气 10—集尘袋

由于输选系统为真空，消除了物料的外漏，保持了室内的清洁。

2. 压送式输送流程

压送式气流输送装置流程，系将风机（压缩机）安装在系统的前端，风机启动后，空气即压送入管路内，管道内压力高于大气压力，即处于正压状态。从料斗下来的物料，通过喉管与空气混合送至分离器，按分离出的物料由卸料器卸出，空气则通过除尘器净化后排入大气。见图 1-1-6。

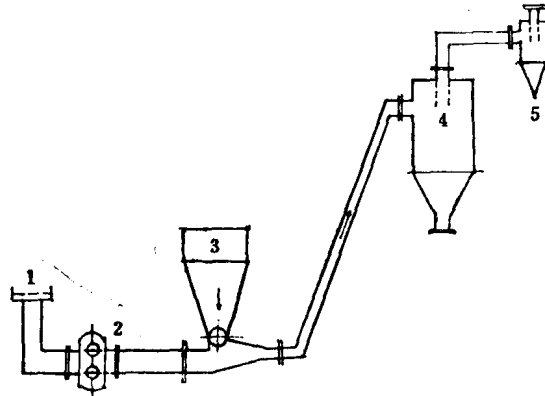


图 1-1-6 压送式流程

1—空气粗滤器 2—罗茨鼓风机 3—料斗 4—分离器 5—除尘器

压送式气流输送装置由于可以造成较大压力差，故其输送距离和高度都较之吸引式大些。

3. 综合式气流输送流程

把真空输送与压力输送结合起来，就组成了综合式气流输送系统，如图 1-1-7 所示。

风机一般安装在整个系统的中间。风机前，物料靠管道内的负压来输送，即吸送段；而在风机后，物料靠空气的正压来输送，即压送段。

这种装置兼有吸引式和压送式的特点，可从数点吸入物料和压送至较远、较高的地方，但由于在中途需将物料从压力较低的吸送段转入压力较高的压送段，使得装置结构较为复杂，同时风机的工作条件较差（因为从分离器来的空气含尘较多）。

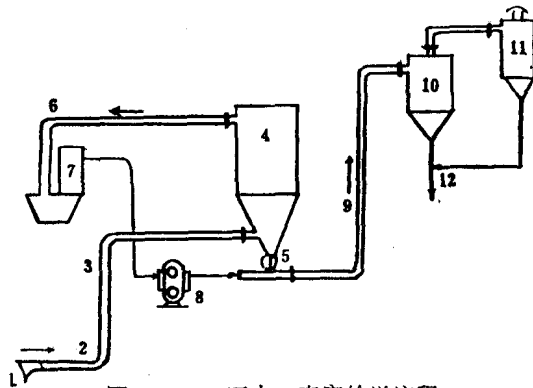


图 1-1-7 压力、真空输送流程

1—吸咀 2—软管 3—吸入侧固定管 4—分离器
5—旋转卸（加）料器 6—吸出风管 7—过滤器
8—风机 9—压出侧固定管 10—压出侧分离器
11—二次分离器 12—排料口

4. 流程比较

当从几个不同的地方，向一个卸料点送料时，采用吸引式（真空）气流输送系统最适合；而当从一个加料点向几个不同的地方送料时，采用压送式气流输送系统最适合。