

沈阳化工大学科亚学院

本科毕业论文

题 目： Φ3000 干燥机设计

专 业： 机械设计制造及其自动化

班 级： 机 制 1101

学生姓名： 程 玉 坡

指导教师： 赵 艳 春

论文提交日期： 2015 年 6 月 1 日

论文答辩日期： 2015 年 6 月 5 日

毕业设计（论文）任务书

机械设计制造及其自动化专业 1101 班 学生：程玉坡

毕业设计（论文）题目：

Φ3000 干燥机设计

毕业设计（论文）内容：

1. 设计说明书一份
2. CAD 图纸一套（包括总装图、零件图）
3. 文献综述（不少于 3000 字）

毕业设计（论文）专题部分：

Φ3000 干燥机结构

起止时间： 2015 年 3 月 6 日至 2015 年 6 月 5 日

指导教师： 赵艳春 签字 2015 年 3 月 6 日

摘要

目前，干燥技术对大多数工业制造是一个非常重要的过程，它可以直接影响到产品的形式，质量，性能和工艺等。在烘干技术，覆盖面积广，涉及广，即与传热传质原理，和的特点和治疗规模有密切的关系，最终反映在不同的器件结构和制造工艺。目前我国的干燥技术可以追溯到 6000 多年前的陶器制造业和晒盐技术的沿海地区，自 1949 年以来，一些现代干燥技术，如喷雾干燥，空气干燥，和流化床干燥，已适用于国内的工业产权；但到目前为止，仍然有必要在生产过程中的创新。七十年代以后，随着烘干技术，装备制造精细化生产和应用的发展，科学技术的迅猛发展，科学技术交流，渗透和增长，干燥技术的各个地区之间也有巨大的发展和进步，一大批优秀的干燥剂进入市场。此外，一些新的设计也慢慢成熟。结果表明，干燥技术在国民经济的好处占据越来越重，并且广泛应用于各种行业。然而，干燥技术的工艺极其复杂，且在此过程中，这也带来了很大的困难在理论研究。从现有的信息看，人们对在干燥操作知之甚少期间许多不同的干燥的差异，但也有工业应用和理论研究.. 干燥技术的研究方法主要是从宏观方面宣誓和理论推导谴责，宣传的主要因素和干燥的效果进行总结，以提高干燥性能。随着我国经济的发展和世界经济一体化和是生产的需求，一定要理论创新推动机设计，越来越走向经济，高效，可靠，环保的发展方向，标准化，自动化，大型应该是具有非常广阔的前景。

关键词： 干燥；振动；物料；多层；扭振

Abstract

At present, drying technology is a very important process for most industrial manufacturing, which can directly affect the form, quality, performance and process of the product.. In drying technology, covering a wide area, involving wide, that is, the principle of heat and mass transfer, and the characteristics and the size of the treatment have a close relationship, and ultimately reflected in the different device structure and manufacturing process. The drying technology in China can be traced back to 6000 years ago pottery manufacturing and solar salt technology of coastal areas, since 1949, some modern drying technology, such as spray drying, air drying and fluidized bed drying, has been applied to the domestic industrial property right; but so far, it is still necessary to have in the production process of innovation. Since the seventies, with drying technology and equipment manufacturing fine production and application development, the rapid development of science and technology, science and technology exchange, penetration and growth, drying technology in various regions are also a great development and progress, a large number of outstanding desiccant into into the market. In addition, some of the new design is slowly mature. The results show that the benefits of drying technology in the national economy become

more and more important, and it is widely used in various industries.. However, the process of drying technology is extremely complex, and this process, which also brings a lot of difficulties in theoretical research. From the existing information, the people to the drying operation know very little during many different drying of difference, but there are also industrial applications and theoretical research. Drying technology research method is mainly from the macro aspects of the oath and the theoretical condemnation and publicity of the main factors and the drying effect were summarized in this paper. In order to improve drying performance. With the development of China's economy and integration of world economy and the needs of production, be sure to theory innovation promote machine design, more and more towards economic, efficient and reliable, environmentally-friendly direction of development, standardization, automation, large-scale should be has very broad prospects.

Keyword: Dry; Vibration, Supplies; Multi-layer; sprain and shake

目录

第一章 绪 论.....	1
1.1 干燥技术的现状及前景.....	1
1.2 干燥的基本原理.....	1
1.3 干燥的目的.....	2
1.4 干燥的方法.....	2
第二章 流化床干燥技术.....	4
2.1 流化床干燥机.....	4
2.2 优点.....	4
第三章 振动干燥技术.....	6
3.1 振动干燥的过程.....	6
3.2 多层振动流化床干燥器.....	7
3.2.1 多层振动流化床干燥器的工作原理.....	7
3.2.2 性能特点.....	8
3.3 论文所做的工作.....	10
第四章 振动式单循环干燥机的计算.....	11
4.1 干燥过程.....	11
4.2 干燥物料.....	11
4.3 实验参数的调节和测试.....	12
4.4 机体的计算.....	13
4.5 振动电机的选择.....	19

4.6 弹簧的核算.....	20
4.7 干燥机的力学分析.....	24
结 论.....	25
参 考 文 献.....	26
致 谢.....	27

第一章 绪 论

1.1 干燥技术的现状及前景

就目前来讲，干燥技术对于大多数工业制造的产业是非常重要的工艺，它能够直接影响到产品的形态、质量、性能和过程等。干燥技术覆盖面积广，涉及复杂，即跟热和质传递原理有关，又跟物系的特性、处理的规模等息息相关，最后体现在各种不同的设备结构及制造工艺上。

我国的干燥技术，可以追溯到六千年前的陶器制造业及沿海地区晒盐技术等，1949 年以来，一些现代化的干燥技术，比如喷雾干燥，气流干燥、，和流化床干燥等，都已应用到国内的工业生产之中；但到目前为止，依然存在在生产过程中需要革新。七十年代以后，随着干燥技术的发展、设备制造的精细化，以及在生产应用中巨大的进展。科学技术的快速发展，各个地区科学技术之间的交流、渗透和成长，干燥技术也有了翻天覆地的发展和进步，大量优秀的干燥剂涌入市场，此外，一些新的设计也在慢慢成熟。数据显示，干燥技术所产生的效益在国民经济中占据的比重越来越重，在各个行业中广泛应用。但是干燥技术的过程极其复杂，在干的过程中也会呈现出很多不同的干燥差异，这也给在理论研究上带来了巨大困难。从现有的资料显示，人们对于干燥操作了解甚少，但是存在着超前的工业应用和理论研究。干燥技术的研究方法主要是从宏观方面进行申讨，在大量的誓言和理论的指导下，总结出了公示和影响干燥的主要因素，以便提高干燥的性能。随着我国经济与世界经济的一体化发展，还有就是生产的需求，一定要通过理论创新的方式来促进干燥机的设计，越来越向着经济、高效、可靠、环保、标准化、自动化、大型化的方向发展，应用前景十分广阔。

1.2 干燥的基本原理

将湿物料中的湿分经过热量的进入湿分随之挥发称之为干燥（大多数情况下湿分是水），在获得含有一定量的湿分的固体，湿分存在于固体中且以松散的化学结

合形式或以液态溶液中，或者在固体的毛细结构中聚集，这种液体的气压在低于蒸汽压时，称之为结合水，游离在表面的湿分称为非结合水。

当湿物料作热力干燥时，以下两种情况相继发生；

过程 1. 能量（大多是热量）从周围环境传递到物体表面，使表面湿分蒸发。

过程 2. 内部湿分传递到物料表面，随之由于上述过程而蒸发。

1.3 干燥的目的

由于某些原料和半成品中含有水分或者湿分，为了去除他们，就目前的化学科技而言，主要是为了方便物料的包装、储藏、运输、使用和加工等。具体可分为：

- (1) 悬浮液和滤饼状的化工原料和产品，可经干燥成为固体便于包装、运输。
- (2) 因为水分的存在，不少的化工原料和半成品在运输和储藏的过程中会出现腐烂，变质或者虫蛀。
- (3) 为了使用方便。例如食盐，尿素和硫氨等，当起干燥到含水量为 0.2~0.5% 左右时，物料不易结块，使用比较方便。
- (4) 为了方便加工，或者一些化工原料，对于加工工艺的要求精准，在需要粉碎（或造粒）到一定的含水量，以方便加工和利用。如磷矿石的加工
- (5) 为了提高产品的质量，某些化工原料和产品，其质量的高低与含水量有关。

物料经过干燥处理水分除去后，有效成分相应增加，提高了产品质量。例如涤纶切片在纺丝前，干燥到含水率为 0.02% 以下，可以防止再抽丝时产生气泡，提高丝的质量。

1.4 干燥的方法

就化学工艺而言，干燥的方法大致分为三类；机械除湿，加热干燥，化学除湿，机械除湿就是用压榨机对湿物料进行压力增加，用机械的方式去除物料中的水分。对物料中存在的水分量决定着施加压力的大小。经过机械出事之后物料中依然会存在大量的水分。对于颗粒状的活着不可积压的产品，可以用离心的方式经过离心力去除水分，但是残留依然会很重。机械出事的设备还有过滤机等等。但是机械除湿对于结合水并没有太好的作用。所以机械除湿后物料的含水量依然较高，是不肯能

达到化学除湿的效果的。加热干燥，是化学工业中最简单最快捷最常用的干燥方法，它利用热量加热物料，气体物料中的水分每除去 1Kg 的水分，都需要消耗一定量的热量。例如用热空气来干燥物料时，空气预先被加热送入干燥器。将热量传给物料，同时气化物料中的水分，形成水蒸汽，并随空气带出干燥器。物料经过加热干燥，才能大量除去物料中的结合水分，达到化工工艺上所要求的含水量。由于化工除湿要求太高，一般不会应用与化工产业。

第二章 流化床干燥技术

2.1 流化床干燥机

流化床技术包括各种节能型流态化工艺设备，涉及石油化工，生物化工，医药，食品，水产品，粮油饲料，采矿和纳米材料领域的传热传质生产。如干燥，燃烧，冷却，分离，造粒，是获得粉粒状产品的理想方法。在流化床中，使气体均匀地分布通过分配板，通过该床的材料，从而使材料被悬浮在空气中流动，在流动状态形成。作为流化床可以向提供较大的接触面积材料和流体介质中，材料是均匀混合足够的热和质量传递和干燥和冷却过程的材料提供了理想的条件，所述干燥强度可达到 $360\text{KgH}_2\text{O} / \text{米}^2 \text{ 小时}$ ，热容量系数高达 $25000\text{KJ} / \text{M}^3\text{H 度}$ 。该材料的搅拌减少空气膜阻力，热效率高，能达到 60%-80%。

2.2 优点

与其他颗粒干燥过程相比，流化床干燥过程具有许多优点：

颗粒材料可以很容易地流动，运输和处理。

干燥热敏感的产品可以避免材料局部过热，适应性。分子量不降解，不破坏产品的物理和化学特性。

由于流化床给予物质和流体提供较大的接触面积，使物料均匀混合和传热传质，因此具有热效率高。

流化床可以捆绑式或板式换热器间接加热或冷却，在较低的温度下可以得到较高的蒸发材料的速度，节省大量的能耗，降低尾气净化设施。

干燥和冷却可以有效地进行流化床中的模块，所以，节约投资、降低生产成本。自动收集重要的数据为每段床干燥介质温度，负压，和计算机控制，满足干燥工艺的要求。

适用于平均粒径在 50 微米至 5000 微米的颗粒流化床，粉，散装产品。

根据设备内的固体的流动模式，流化床可分为三种基本类型。

振动流化床：适用于流化床一些激动人心的力量，化材料效果的协同作用产生的振动和空气的影响。

鼓泡流化床：流化床材料主要取决于气流的作用。合适的可流动的材料和材料的湿度能重新混合过程。

多层流化床：有两层或两层以上的经销商。气流与物料颗粒的反向流动技术系统，开放系统

这样的系统通常采用鼓引风装置，使流化床处于微负压环境。废气净化装置进入大气层后采纳。

闭环系统

闭环系统是一个密闭系统。用在全身循环的惰性气体。挥发物回收冷凝器中蒸发。

回潮群系统

细粉团聚室中形成与湿多孔雾液接触的附聚物，振动流化床干燥，冷却球团产量，筛选出粉尘从集热器排气回团聚室再处理。

滚动挤压造粒系统

滚动到搅拌机分层粉末喷涂液体或颗粒的团聚造粒，挤出造粒设备。

第三章 振动干燥技术

3.1 振动干燥的过程

在湿物料加热振动干燥机（通常是水或其它挥发性液体成分）蒸发逃逸，得到固体材料机械设备指定的水分含量。

振动干燥过程需要消耗大量的能源，为了节约能源，材料的水分含量高，或含有悬浮固体的溶液通常是由脱水或加热蒸发机械第一，然后在干燥器中干燥得到干固体。

振动干燥的目的是使用或进一步加工的需要材料。如木材干燥成型生产，木制品可以防止车头变形，空白陶瓷干燥煅烧前可以防止成品开裂。干燥后也容易运输和存储进一步的材料，为收获的粮食干燥到一定的含水率以下，防止霉变。由于自然干燥已不能满足生产发展的需要，各种机械化干燥机更广泛的应用。

振动干燥过程需要完成热量与质量传递（水分），确保物料表面水分的蒸汽分压（浓度）高于外部空间的水蒸气分压，以保证温度高于材料源的温度。

在各种传递给湿物料的方式从热源，材料表面的水分蒸发和逃逸到太空，使原料水分含量的差异出现在表面和内部。内部水分扩散和蒸发到表面，使物料水分含量逐渐减少，完全干燥的物质作为一个整体。干燥速度取决于材料表面的扩散速率和内部水份的蒸发率。干燥速率通常是由早期的蒸发速率控制表面干燥；然后，只要外部条件不变的情况下干燥，干燥速率，维持一个稳定的材料表面的温度，恒速干燥阶段在这一阶段被称为；当物料水分含量降低到一定程度，减少内部水分扩散率表面，与表面小于蒸发速率，干燥速率是由内部的扩散速率所决定，并与水分含量低和不断降低，这个阶段称为降速干燥阶段。

振动干燥机操作根据不同的特点，操作压力，加热湿物料运动方式或结构分类。以下的程序，烘干成批量（批量操作）和连续的类型；

加热，对流干燥，传导，辐射型，介质类型和其他类型。也被称为对流干燥机直接干燥，干燥用热对流换热的湿物料，产生的蒸汽不直接接触介质；也被称为间

接传导干燥机干燥机，用来传递热量从热源到湿物料通过金属隔板导电方式，产生的蒸汽可以真空吸收水分，导致少量吹扫气或低温冷凝器表面冷凝等方法去除个人设置。不要使用这种类型的干燥器的干燥介质，热效率较高，产品不受污染，但干燥能力的限制，通过金属壁传热面积，但也更复杂的结构，在真空下经常操作；辐射干燥器使用各种辐射出一定的电磁波的波长范围内，被湿料后表面选择性地吸收到热干燥；介电式干燥机是利用高频电场的热效应，使里面的湿物料干燥。

通过对湿物料运动，干燥机可分为固定床，搅拌，喷雾和模块化；按结构，干燥机可分为厢式干燥机干燥机，输送机，滚筒干燥机干燥，李，机械搅拌干燥机，回转干燥机，流化床干燥机，气流式干燥机，振动干燥机，喷雾干燥机，干燥机等模块。

3.2 多层振动流化床干燥器

使用多层床流化床干燥器可以提高材料的干燥时间，提高干燥产品的水分含量，从而控制产品的干燥质量。然而，多的层数 - 床机的增加，分配板的增加，床阻力增大..与此同时，层与层之间，材料以定量从上到下，也能确保稳定的流动状态的形成，就必须采用溢流装置。这增加了设备的结构的复杂性。它是适合使用的多 - 层流化床用于除去水分的组合的材料的。例如，使用 15%至 30%的氨基阿司匹林双流化床干燥速率;五层流化床干燥的聚酯树脂，使产品的水分含量达到 0.03%，这些都是成功的例子。

3.2.1 多层振动流化床干燥器的工作原理

由安装于主机下部的两个振动电机同步反向回转，使安装于其上的多层环状孔板组成的主机产生垂直振动与扭振，从而使由进料口进入的物料沿水平环状孔板自上层向下层连续跳跃运动。热空气则自下层向上层通过各层孔板穿过物料层，达到物料均匀干燥目的。

3.2.2 性能特点

节约能源，当材料的相对较热的空气线，全逆向接触，这相比(2)烘缸干燥质量相同的类型，效果好。材料水平环形隔板的跳跃运动，因而局部过热和干燥不均不存在。物料的破碎率，磨损少，成品水分含量低于 0.1%。

投资。

由于形式的多层堆叠，材料环形垂直运动，如此紧凑，占地仅为同一类型干燥机的 1/5。坚固耐用，密封可靠，维修方便，重量轻。

广泛使用。

物质的运动速度可调流量，所以原水不小于百分之 40，允许温度不超过 400℃粉粒状材料可以应用。

噪音低，隔振性能。它可以浮在地板上工作，安装，搬迁方便，良好的工作条件。生产效率高。当物料的运动与热空气反复充分接触，热效率高，因而产量是 2.2 到 3 次每小时，干燥机同类型。

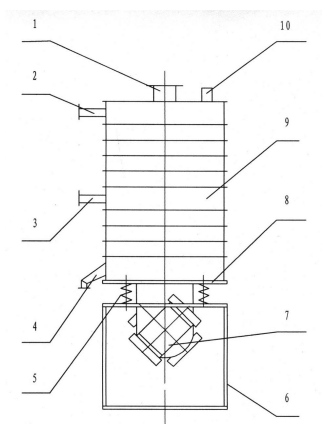
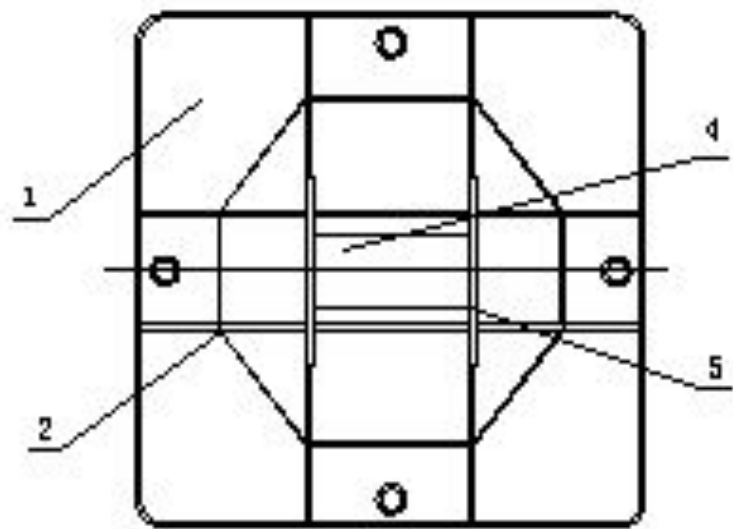


图 3.1 型串联式振动水平圆周干燥几示意图

- 1 进风口 2 出风口 3 出风口隔振弹簧 4 出料口 5 隔振弹簧 6 机架
- 7 振动电机 8 底盘 9 主机 10 进料口



3.2 底盘示意图

1. 底版 2 筋板 3 挂板 4 圆筒

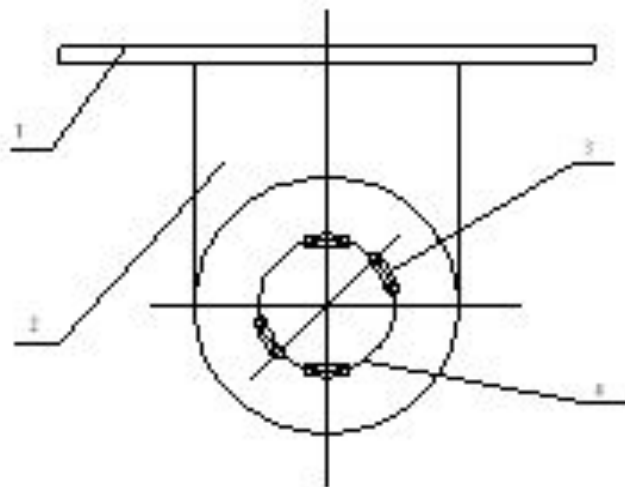


图 3.3 挂板示意图

1 底版 2 挂板 3 螺栓孔 4 圆筒

3.3 论文所做的工作

虽然振动式单周期机具有良好的性能和经济性，还是有很多地方学习和提高。一个很多人做了很多工作，在这一领域，但仍然有很多未解决的问题，无论是在实验或分析的机制，是不完美的。例如：

（1）一种独立的因素，如：研究气体的速度，床厚度，强度和振动，热空气温度等的干燥性能的影响被限制到单个模型和深度和研究的广度是不够的。

（2）干燥机的性能的研究基本上是在定性阶段，和参数的影响大多仅限于单因素分析，远远不能满足实际生产的需要。

（3）除了床厚度和振动的强度，以对科研的干燥特性温度其它工业参数少，这些因素的影响仍缺乏了解不能机制给予定量甚至定性解释。

（4）理论方法研究还很不完善，和干燥性能的进一步分析影响..

（5）实际的干燥塔设计主要依赖于经验，具有很大的盲目性，理论依据不足。

第四章 振动式单循环干燥机的计算

4.1 干燥过程

干燥机在操作时，由于在干燥器下安装与由电机本体的振动和圆周方向，这使得在同步伴随着圆周运动所产生的材料的扭转振动下所产生的同步振动的两个交叉对称布局;在从鼓风机湿空气进入，通过加热热风炉，中心进入烘缸，并通过内部和外部环形空间之间，并通过物料干燥的多孔干燥主机吹出气缸布风孔，废气经过风口进入旋风分离器材料的细颗粒从与由引风机引线。

4.2 干燥物料

物料名称：沉淀微粉碳

生产能力 G_2 :2.5t/h

干燥前含水量 W :12%

干燥后含水量 W_2 :0.5%

结合水：3%

干物料比热容 c_s :1.256kJ(kg⁰c)

堆积密度 ρ_b : 1300kg/m³

真空密度 ρ_s : 1600kg/m³

粒度分布：>0.5mm 12.6%

0.5~0.3mm 32.2%

0.3~0.15mm 36%

0.15~0.08mm 8.5%

<0.08mm 10.7%

温度： θ_1 : 20⁰c

着火温度:220⁰c

热风温度 t_2 :350⁰c

热源：用重油燃烧气体

4.3 实验参数的调节和测试

实验的部分测试装置如图

风温：进风口和出风口的风温由热电偶测定。从热电偶的温度表上可以很方便的看到温度的变化值。

振动强度：在实验中振动强度的改变是由于调节偏心块的重合程度或者振动电机的安装角度改变来实现的。振幅的测定是由在干燥机上的合适位置固定的振幅牌来促成的。它是由一排直径为 1~6mm 的圆环组成的。振动时圆环会出现以下三种情况：两圆相离、相切、相交；其中，两圆相切对应的圆环数值便是主机的双振幅值，为振动方向的数值。

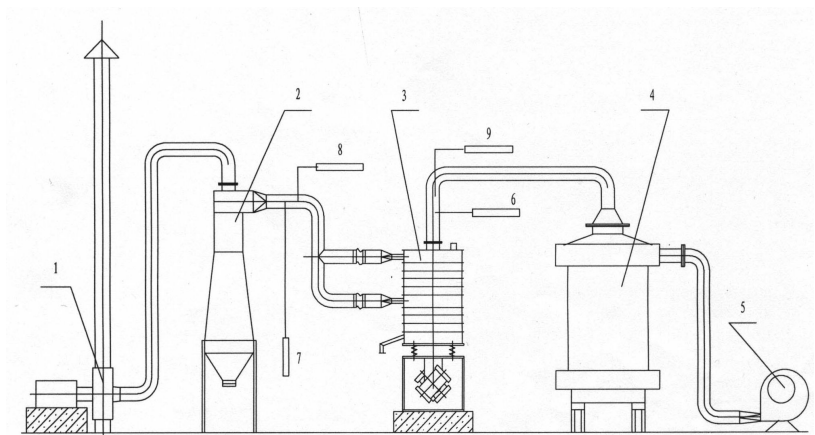
风速：通过调节离心风机入风口风门的开闭程度来控制进风量的大小，可以获得不同的风速，风速由安装在干燥机进风口上的皮托管测得的压差（单位 mm，这里换算成 m），经下式[13]获得。

式中：R 为 U 形压差计中的指示液的高度差读数，m；

为 U 形压差计中的指示液密度，KG/M³

为热空气的密度，KG/M³

然后根据风量和风速的关系，可算出风量值。



4.1 实验系统图

- | | | | | | |
|-------------|----------|--------|--------|--------|------------|
| 1. 引风机 | 2. 旋风分离器 | 3. 干燥机 | 4. 热风炉 | 5. 鼓风机 | 6. 皮托管、U 管 |
| 7. 皮托管、U 型管 | 8. 热电偶 | 9. 热电偶 | | | |

4.4 机体的计算

(1) 多孔板的确定 在物料的预热阶段, 考虑有少量的物料凝聚现象, 故多孔板的孔径取为 15mm。在等速和降速干燥阶段, 由于物料颗粒较小, 可取孔径为 10mm, 多孔板的开孔率为: 35%。

(2) 热风速度的确定 代表颗粒为 0.42mm, 故此粒子的沉淀速度为 2.55/s。取塔顶的空塔风速为沉降速度的 0.5 倍, 即为 1.275m/s。此粒度以下的物料占总供物量的 19%, 故在离开干燥筒的热风温度为:

$$t_1 - 70 = 0.19 \times (200 - 70)$$

$$\text{则 } t_1 = 155 (^{\circ}\text{C})$$

从流化床干燥器所进入的颗粒物料, 按其调和平均直径计算, 结果为 0.50mm。粒径 $d_p = 0.50\text{mm}$ 的颗粒在 95°C 时的沉降速度为 $V_T = 2.97\text{m/s}$ 。则塔顶通过孔的风速为:

$$v = \frac{v_0}{\phi_d} = \frac{0.85}{0.35} = 3.64(\text{m/s}) \quad \frac{v}{v_t} = \frac{2.42}{1.7} = 1.23 \quad (4-1)$$

这样可以形成良好的流态化层。

(3) 风量的确定

$$t_2 = 200^{\circ}\text{C}, x_1 = 0.02 \text{ kg(水)/ kg (干空气)}, \quad t_w = 50.5^{\circ}\text{C},$$

$$\gamma_{ww} = 2380 \text{ KJ/kg}, C_0 - C^* = 0.02,$$

$$C_2 - C^* = \frac{0.005}{0.995} c_s = 1.256 [KJ.^{\circ}C]$$

$$\frac{t_2 - \theta_2}{t_2 - t_w} = \frac{r_w(C_2 - C^*) - C_s(t_2 - t_w) \left[\frac{C_2 - C^*}{C_0 - C^*} \right]^{\frac{\gamma_w(C_0 - C^*)}{c_s(t_2 - t_w)}}}{\gamma_w(C_0 - C^*)(t_2 - t_w)} \quad (4-2)$$

$$\frac{200 - \theta_2}{200 - 50.5} = \frac{2380 \left(\frac{0.005}{0.995} \right) - 1.256 \times (200 - 50.5) \times \left[\frac{0.005}{0.995} \right]^{\frac{0.02 \times 2380}{1.256 \times (200 - 50.5)}}}{\frac{0.02}{0.02 \times 2380 - 1.256 \times (200 - 50.5)}}$$

$$\theta=94^{\circ}\text{C}$$

绝对干料的加料量

$$G_c = \frac{2500 \times (1 - 0.19)}{1 + \frac{0.005}{0.995}} = 2020 (\text{kg} / \text{h}) \quad (4-3)$$

蒸发的水量:

$$\Delta w = 2020 \times \left[\frac{0.12}{0.88} - \frac{0.005}{0.995} \right] = 265 [\text{kg}(\text{水}) / \text{h}] \quad (4-4)$$

所需的风量:

$$\begin{aligned} & L_0 c_x (t_2 - t_1) \\ & = G_c \{ (c_s + W_2)(\theta_2 - \theta_1) \} + (W_1 - W_2)[\gamma_w + (t_w - \theta_1) + 0.45(t_1 - t_w)] \end{aligned}$$

若设备的热损失按干燥所需的热风量 15% 计算, 则所需热风量

$$L = 1.1L_0 = 1.5 \times 10395 = 11954 (\text{kg} / \text{h})$$

$$\text{热风湿度增加为: } \Delta x = \frac{265}{7755} = 0.023$$

$$\text{热风在离开塔顶的湿度: } x_1 = 0.02 + 0.023$$

在标准大气压下, 对空气和水系统: 空气湿比容

$$V_x = (0.773 + 1.244x) \times \frac{273+t}{273} \quad (4-6)$$

$$\text{当 } t=155^{\circ}\text{C}, x_1=0.043$$

$$\text{则 } V_x = (0.773 + 1.244 \times 0.043) \times \frac{273+155}{273} = 1.3 \text{ m}^3 / \text{kg} \text{ (干空气)}$$

$$\text{在 } t=95^{\circ}\text{C}, x_1=0.043 \text{ 空气湿比容 } V_x = 1.3 \text{ m}^3 / \text{kg} \text{ (干空气)}$$

故在塔顶的风量为

$$L=7755 \times 1.13 = 8760 (\text{m}^3/\text{h})=24.35 (\text{m}^3/\text{s})$$

4 塔径的决定

在塔顶空塔风速 ($v_0=0.85\text{m/s}$), 故塔径为:

$$\frac{\Pi}{4} D^2 \times 0.85 + \frac{\Pi}{4} d^2 \times 1.7 = 4.35 (\text{m}^3/\text{s}) \quad (4-7)$$

得 $D=2.90\text{m}$

实际采取塔径为 3.0m

5 温度区分布

物料和热风温度按个干燥阶段的区间进行计算。

降速干燥阶段区间, 根据热平衡:

$$L_0 c_{x_2} (t_2 - t_a) = G_c (c_s + W_2) (\theta_2 - t_w) \quad (4-8)$$

$$7050 \times 1.05 \times (200 - t_a) = 2020 \times [1.256 + \frac{0.005}{0.995}] \times (72 - t_w)$$

$$\text{当 } x_a = 0.02, \text{用试算法求得: } t_a = 192^\circ\text{C} \quad t_w = 49^\circ\text{C}$$

等速干燥阶段区间

$$L L_0 c_{x_2} (t_a - t_b) = G_c (w_1 - w_2) \gamma_w \quad (4-9)$$

$$7050 \times 1.05 \times (192 - t_b) = 2020 \times [\frac{0.12}{0.88} - \frac{0.005}{0.995}] \times 2380$$

$$t_b = 107^\circ\text{C}$$

物料在塔顶部预热阶段区间

$$L_0 c_{x_2} (107 - t_1) = G_c \{ (c_s + W_2) (\theta_b - \theta_1) + 45 \times (t_1 - \theta_b) \} \quad (4-10)$$

在塔顶预热阶段, 热空气对物料的传热仅起升温而无水分汽化作用, 故汽化潜热

$$\begin{aligned} \gamma_w = 0 \quad 7050 \times 1.05 \times (107 - t_1) &= 2020 \times \{ 1.256 + \frac{0.005}{0.995} \} \times (49 - 20) + (\frac{0.12}{0.88} - \frac{0.005}{0.995}) \\ &\times [0 + (49 - 20) + 0.45 \times (95 - 49)] \end{aligned}$$

$$t_1 = 95(^\circ\text{C})$$

(6) 床层的压力损失

降速干燥阶段区间

平均温度 $t_{\text{平}} = \frac{192 + 200}{2} = 196^{\circ}\text{C}$, 以及平均湿度 $x_{\text{平}} = 0.02\text{kg/kg}$, 则湿比容

$$V_x 1.37\text{m}^3/\text{kg}$$

$$L = \frac{7755 \times 1.27}{3600} = 2.95(\text{m}^3/\text{s})$$

$$\text{空塔风速} \quad v_0 = \frac{L}{\frac{\pi}{4} D^2} = \frac{2.95}{\frac{\pi}{4} 2^2} = 0.94(\text{m/s}) \quad (4-11)$$

$$\text{孔速} \quad v = \frac{v_0}{\varphi_d} = \frac{0.94}{0.35} = 2.68(\text{m/s}) \quad (4-12)$$

在平均温度下, 粒径为 0.50mm 的粒子沉降速度计算如下:

$$v' = \frac{g(d_p)^2 \rho_s}{18\mu_g} = \frac{9.8 \times (0.50 \times 10^{-3})^2 \times 1600}{18 \times 2.6 \times 10^{-5}} = 3.66(\text{m/s}) \quad (4-13)$$

$$R'_{et} = \frac{0.33 \times 10^{-3} \times 3.66 \times 0.73}{2.6 \times 10^{-5}} = 3.99 < 5680 \quad (4-14)$$

$$\text{则 } v_t = v_t \left[\frac{5.76}{R'_{et}} \right]^{\frac{1}{3}} = 3.66 \times \left[\frac{5.76}{33.9} \right]^{\frac{1}{3}} = 2.03(\text{m/s})$$

多孔板径为 10mm, 开孔率为 35%

$$\text{故} \quad \frac{d_p}{d\varphi_d} = \frac{0.33}{10 \times 0.35} = 0.0943 < 0.48$$

$$\text{当 } 1.0 < \frac{v}{v_t} < 2.0 \text{ 时}$$

$$\text{则 } q_m = \frac{Gc}{3600 \frac{\pi}{4} D^2} = \frac{2020}{3600 \times \frac{\pi}{4} \times 2^2} = 0.178 (\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}) \quad (4-15)$$

$$n' = 470 \left[\frac{d_p}{d} \right]^{0.6} \times \left[\frac{q_m}{\Phi_d \rho_s \sqrt{gd}} \right]^{0.6} = 470 \left[\frac{0.33}{10} \right]^{0.6} \times \left[\frac{0.178}{0.35 \times 1600 \sqrt{9.8 \times 10 \times 10^{-3}}} \right]^{0.6} = 0.97$$

$$\text{则 } \cos^2 \varphi = 0.99943, \sin^2 \varphi = 0.00057$$

$$\frac{[\Delta P g_c / (\rho_s d_p g)]}{\sin^2 \varphi} - \frac{[29(v - v_t) / v_t]}{\cos^2 \varphi} = 8^2$$

$$\frac{\Delta P \times 9.8 / (1600 \times 0.33 \times 10^{-3} \times 9.8)}{0.00057} - \frac{[29(1.32-1)]^2}{0.99943} = 64$$

$$\Delta P = 0.045 \text{ mH}_2\text{O} = 450 P_a$$

(2)等速干燥阶段区间 按以上同样计算, 其结果为:

$$v_0 = 0.94 \text{ m/s}, v/v_t = 1.32, n' = 0.99 \left[\frac{\Delta P_{g_c}}{\rho_s d \rho g} \right]$$

$$= 0.595 \frac{\Delta P \times 9.8}{1600 \times 0.33 \times 10^{-3} \times 9.8} = 0.595$$

$$\Delta P = 0.253 \text{ mH}_2\text{O} = 2530 P_a$$

(7) 热容系数

降速干燥阶段区间

等速干燥阶段区间

$$\alpha a H_0 = 480(0.595)^{0.75} \times (1.32)^{1.5} \times 4.18 = 72060 \text{ KJ}(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)$$

物料在塔顶预热阶段空间

$$\alpha a H_0 = 480(0.48)^{0.75} \times (1.19)^{1.5} \times 4.187 = 1500 \text{ KJ}(m^2 \cdot h \cdot ^\circ C)$$

(8) 多孔板干燥阶段区间

$$n = \frac{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_0}}{\left[\frac{\alpha a H_0 A}{L_0 c_x} \right] \times \left[1 - \frac{L_0 c_x}{G_c c_s} \right]}$$

$$= \frac{\ln \frac{128}{142}}{\left[\frac{480 \times 3.14}{7050 \times 1.05} \right] \times \left[1 - \frac{7050 \times 1.05}{2020 \times (1.256 + 0.005)} \right]} = 0.26 \quad (4-16)$$

算作一层

等速干燥阶段区间

$$n = \frac{\ln \frac{\Delta t_n}{\Delta t_0}}{\frac{\alpha a H_0 A}{L_0 c_x}} = \frac{\ln \frac{142}{62}}{\frac{2060 \times 3.14}{7050 \times 1.05}} = 0.95 \quad (4-17)$$

考虑有一层余量 故 n=2 层

物料在塔顶预热的空间

$$n = \frac{\ln \frac{62}{75}}{\left[\frac{1500 \times 3.14}{7050 \times 1.05} \right] \times \left[1 - \frac{7050 \times 1.05}{2020(1.256 + 0.005)} \right]} = 0.17 \text{层}$$

因设计双层，故多孔板数为 8 层

对于整机的重量估算

外筒：

$$(550+150 \times 8+550+400) \times 3000 \times 5 \times \Pi = 6107310 \text{mm}^3$$

(注：各单位均以毫米计算，以下同上)

$$\text{内筒：} (1440+60) \times 500 \times \Pi \times 5 = 17671458.67$$

孔板：

$$\begin{aligned} & \Pi(900^2 - 250^2) - \frac{1}{12} \Pi(900^2 - 250^2)] \times 2 \times 9 + [\Pi(900^2 - 250^2) - 300 \times 500] \times 2 \\ & = 9823989.275 \end{aligned}$$

挡板：

$$280 \times 400 \times 2 + 180 \times 400 \times 28 + 550 \times 400 \times 2 + 550 \times 400 \times 2 = 2256000$$

加强筋：

$$\begin{aligned} & 2 \times 10 \times 400 \times (50 + 40 + 40) + 12 \times 400(50 + 40 + 40) + 2 \times 2 \times (30 + 40 + 40) \times 400 \\ & = 6208000 \end{aligned}$$

围圈：

$$1900 \times 60 \times 4 \times 4 \times 5 = 9120000$$

底板：

$$1900 \times 1900 \times 20 = 72200000$$

筋板：（DZG07-06）

$$600 \times 60 \times 12 \times 2 = 864000$$

筋板：（DZG07-04）

$$(60 \times 295 + 327 \times 150) \times 1.2 \times 4 = 3204000$$

筋板：（DZG07-10）

$$400 \times 150 \times 12 \times 2 = 1440000$$

筋板: (DZG07-05)

$$546 \times 12 \times 150 \times 4 = 3931200$$

筋板: (DZG07-07)

$$600 \times 1.2 \times 150 \times 2 = 2160000$$

筋板: (DZG07-09)

$$600 \times 1.2 \times 200 = 1440000$$

筋板: (DZG07-11)

$$350 \times 1.2 \times 150 \times 2 = 1260000$$

圆筒

$$\Pi \left[\frac{273}{2} \right]^2 \times 586 - \Pi \left[\frac{270}{2} \right]^2 \times 586 = 749736.3744$$

挂板:

$$\left[\frac{\Pi \times (350)^2}{2} + 700 \times 560 \times 30 \right] \times 2 = 239048451$$

整体估算结果: 723548715.5mm^3

碳素结构钢: 密度 7.85t/m^{-3}

计算得出 $m=5139533910$

最后核算为 5140kg

4.5 振动电机的选择

激振力与参振的质量、振动的参数有关, 受热风的参数影响甚微, 可参照振动输送机计算方法确定。下边以强制型振动在精度内, 可不必考虑结合系数及隔振弹簧刚度等, 采用另一经验公式计算激振力。

$$F = \frac{\left[\frac{n}{1000} \right]^2 MA}{1.8} \quad (4-19)$$

式中, n 为振动电机转速, r/min ; M 为包括物料参振总系数, A 为全振幅, mm .

初选振动次数 $n=970$ (次/min)

$$M = \text{机体} + \text{物料} = 5140 \text{ kg} + 12500 \text{ kg} = 17640 \text{ kg}$$

$$\sqrt{2^2 + 2^2} = 2.84$$

$$F = \frac{\left[\frac{970}{1000}\right]^2 \times 17640 \times 2.83}{1.8} = \frac{0.9409 \times 17640 \times 2.83}{1.8} = 26094.9 N$$

选择电机为 YZO-20-6

$$F_1 = \frac{\left[\frac{9790}{1000}\right]^2 \times (17640 + 110) \times 2.83}{1.8} = 26257.6 \approx 26.3 KN < 2 \times 20 = 40 KN$$

故符合要求。

4.6 弹簧的核算

因为现有的弹簧单元没有横向的刚度设置, 所以将弹簧等小成垂直刚度和水平刚度都相等的正方形截面的梁单元, 首先球弹簧的刚度, 干燥机在设计上有 12 个弹簧, 对于每一个弹簧, 由材料力学可以知道, 弹簧的纵向刚度为:

圆柱螺旋弹簧同时受垂直载荷和水平载荷作用产生入图 1 所示的变形, 其垂直方向

$$\text{刚度计算公式为: } k_z = \frac{F_z}{\delta_z} = \frac{Gd^4}{8nD^3} \quad (4-20)$$

式中: F_z 为垂直方向载荷,

N 为有载荷 F_z 所引起的垂直方向变形量, m ;

G 为弹簧的剪切弹性模量, 一般可取

$$G = 8 \times 10^{10} N/m^2$$

d 为翻黄的钢丝直径, m ;

D 为弹簧的中径, m;

n 为弹簧的有效圈数。

将数据代入上式可得: $k_z = 118879.3 \text{ N/m}$

弹簧的水平刚度为:

$$k_z = \frac{0.7 \times 10^{10} \times d^4}{G_y \times n \times D \times (0.204 H^2 + 0.256 D^2)} \quad (\text{N/m})$$

式中:

为考虑垂直 方向载荷影响的修正数, 取为 1.3;

H 为弹簧工作高度, $H = H_0 - \delta_s$;

H_0 为弹簧的自由高度;

δ_s 为弹簧的静变形量。

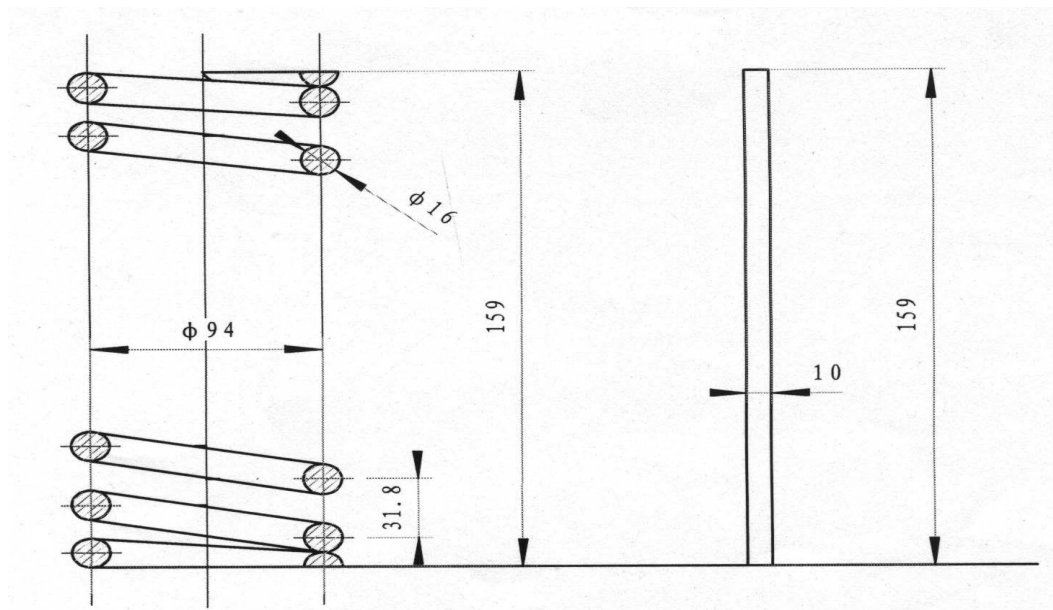


图 4.2 弹簧等效示意图

由图 4.2 的数据代入上式可得:

$k_y = 95692.38 \text{ N/m}$ 隔振设计与传给地基载荷, 震动导入硫化读一干燥有利,

但对周围环境十分有害，应设法降低和消除它。工程上常采用弹簧隔振或者平衡的方式来吸收部分振动能量，使其传给地基的动载荷达到安全程度。

A、隔振设计 所谓隔振，就是用刚度较小的弹簧将振动硫化床支撑起来。如将隔

振系数定义是传给低级的动载荷与参振机体的惯性力之比，可通过隔振系数的判断隔振效果，按规定，发 f 一般在 $0.25 \sim 0.01$ 之间隔振系数才能满足工作要求，为此，可计算隔振弹簧刚度

是个 k 垂直方向的隔振弹簧刚度

为振动质体计算质量， kg/cm

为避免在机器在工作和启动停车的过程中，隔振弹簧冲击之后脱落地体，它的最大动变形量必须小于静变形量。据实验，最大动变形一般为垂直振动 A 的 $3 \sim 7$ 倍

既
$$K_y < \frac{M}{(3 \sim 7) A_y}$$

隔振弹簧 选择及刚度，强度计算，常用的隔振弹簧有金属螺旋簧及援助型弹簧。金属簧拥有制造简单，内摩擦小，能耗少等优点。但是体积越大，易产生噪音，横向刚度小，容易使机器产生横向摇晃等缺点。经过上述校核，弹簧符合要求。

隔振设计 与传给地基载荷，震动导入硫化床干燥有利，但对周围环境十分有害，应设法降低和消除它。工程上常采用弹簧隔振或者平衡的方式来吸收部分振动能量，使其传给地基的动载荷达到安全程度。

A、隔振设计 所谓隔振，就是用刚度较小的弹簧将振动硫化床支撑起来。如将隔振系数定义是传给低级的动载荷与参振机体的惯性力之比，可通过隔振系数的判断隔振效果，按规定，发 f 一般在 $0.25 \sim 0.01$ 之间隔振系数才能满足工作要求，为此，可计算隔振弹簧刚度

是个 k 垂直方向的隔振弹簧刚度

为振动质体计算质量， kg/cm

为避免在机器在工作和启动停车的过程中，隔振弹簧冲击之后脱落地体，

它的最大动变形量必须小于静变形量。据实验，最大动变形一般为垂直振动 A 的 3~7 倍

$$\text{既} \quad K_y < \frac{M}{(3 \sim 7)A_y}$$

隔振弹簧 选择及刚度，强度计算，常用的隔振弹簧有金属螺旋簧及援助型弹簧。金属簧拥有制造简单，内摩擦小，能耗少等优点。但是体积越大，易产生噪音，横向刚度小，容易使机器产生横向摇晃等缺点。经过上述校核，弹簧符合要求。

4.7 干燥机的力学分析

由于干燥机振动的特性，大体可以将干燥机简化成如图 4.1 所以的力学模型。在下图的力学模型上，我们可以清晰的看到，干燥机围绕着，中轴线作来回扭振，于此同时，沿着中轴线做上下垂直振动。

此振动干燥机的力学模型的两个稳定振动方程式为：

$$m\ddot{z} + k_z = P_z \quad (4-22)$$

$$I_z\ddot{\theta} + k_\theta\theta = M_z \quad (4-23)$$

式中：

$\ddot{\theta}$ 为烦躁机振动集体绕 z 轴转动的角速度；

m 干燥机振动集体的总质量；

\ddot{z} 为赶在即振动集体在 z 方向上的加速度；

m 干燥机振动集体的总质量；

\ddot{z} 为赶在即振动集体在 z 方向上的加速度；

k_z 为 方向上的弹簧刚度；

为干燥机的振动集体对轴的转动惯量；

为方向的激振力；

为绕轴的激振力矩。

干燥机的内部结构比较复杂，所以如果不进行简化，会给计算和分析带来很大的麻烦，造成人力和时间的浪费；而且，简化以后的结果是完全符合精度要求。

k_z 为 方向上的弹簧刚度；

为干燥机的振动集体对轴的转动惯量；

为方向的激振力；

为绕轴的激振力矩。

干燥机的内部结构比较复杂，所以如果不进行简化，会给计算和分析带来很大的麻烦，造成人力和时间的浪费；而且，简化以后的结果是完全符合精度要求。

结 论

本次设计的题目是振动式单循环干燥机的机械设计,主要是设计了干燥机的机体;

主要技术参数如下;

干燥管直径:3000mm

电机功率: 1.5kw

电机型号: GB5218

材料: 60Si₂MnA

圈数:n 10

干燥过程:

过程 1:液体有一蒸汽形式从表面排除,此过程的速率取决于温度,空气温度,湿度和空气流速,暴露的表面积和压力等外部条件,洗过程称外部条件控制过程,也称恒温干燥过程.

过程 2: 无聊的内部 湿分的迁移是无聊性质,温度和湿含量函数,细过程称为内部条件控制过程. 也称降速干燥过程。

参 考 文 献

1. Mu jumdar A S. Handbook of industrial drying[M], New York: 1987
- 2 谭天恩, 麦本熙, 丁慧华, 化工原理, 北京: 化学工业出版社, 2001. 2
- 3 潘永康, 王喜忠, 现代干燥技术[M], 北京: 化学工业出版社, 1998. 9
- 4 刘东敏, 振动硫化干燥机参数及其设计方法的研究[D], 沈阳: 东北工学院, 1991
- 5 故延安, 李秀芹, 振动硫化干燥机性能的研究[J], 全国第三次干燥会议论文集, 1990. 70-79
- 6 薛宏伟, 振动硫化干燥机性能的分析[D], 沈阳: 东北工学院, 1993
- 7 于春生, 李艳鹃, 振动硫化干燥工艺参数优化, 机械设计与制造, 1997. No. 6
- 8 卢英林, 振动技术在干燥机上的应用[M], 沈阳东北工学院, 1994
9. B. H. 巴杜拉耶夫, M . N. 达维道奇, 共振筛筛框损坏分析及提高寿命的某些途径[M] 1996
10. 李玉鹃, 丁耀武, 线弹性结构静动力有限单元法[M], 沈阳 东北工学院出版社
11. 徐灏, 疲劳强度[M], 北京: 高等教育出版社, 1988
12. 袁喜春, CZG-20 振动式水平圆周运动干燥机强度分析[D] 沈阳 东北大学
- 13 闻绑春, 刘树春, 张纯宇, 机械振动学[M], 北京: 冶金工业出版社, 2000
- 14 余书宏等, 振动硫化床(VFB) 干燥传热特性研究[J], 化学工程, 1998; No. 26; 34-38
- 15 李秀芹, 振动硫化干燥机技术研究[J], 粉体技术, 1995: Vol. 1: No. 4: 15-20
- 16 金征宇, 颗粒饲料振动硫化干燥的研究[J], 粮食与饲料工业, 1999. 9: 27-30


致 谢

本论文是在赵艳春老师的精心指导下完成的。在毕业设计期间，老师给予了我极大的支持和帮助及鼓励，在学术上给予的谆谆的教诲，使我在学术上养成了积极塌实，严谨的治学及生活态度，将使我终生受益。同时，老师在生活上对我的亲切关心也上午我难忘。在此，谨向赵老师表示衷心的感谢和深深的敬意。

同时向所有教过我的任课老师，辅导员老师，学院的领导表示感谢，是在你们的教导下才使我有无论是在学业和人品上都有所收获，还有一直在我成长默默支持的我的父母。

向所有帮助过我的同学表示感谢，感谢他们对我最大的鼓励和帮助。

毕业设计（论文）指导教师评阅意见表

专业	机械设计制造 及其自动化	班级	1101	姓名	程玉坡
题目	Φ 3000 干燥机设计				
指 导 教 师 评 语	<p>程玉坡同学在毕业设计中，设计题目为Φ 3000 干燥机设计，经检查得出以下结论：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成图纸和设计计算说明书的规定毕业设计的工作量。 2. 设计计算书参数选取及计算正确，应用基础理论知识的能力较强，文中插图较合理。 3. 结构设计较好，视图表达较为清晰，能用计算机进行绘图。 4. 具有良好的专业知识基础，能够结合题目进行分析运算，基础概念清楚。 5. 能够结合题目查阅技术文献，参考文献较多。 <p style="text-align: center;">可以参加答辩。</p>				
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: left;"> 签字：  </div> <div style="text-align: right;"> 2015 年 5 月 25 日 </div> </div>				

毕业设计（论文）评阅教师评阅意见表

专业	机械设计制造及其自动化	班级	1101	姓名	程玉坡
题目	Φ3000 干燥机设计				
评 阅 人 评 语	<p>程玉坡同学在毕业设计中，设计题目为Φ3000 干燥机设计，经检查得出以下结论：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 完成毕业设计的工作量。 2. 设计计算较正确，应用基础理论知识的能力较强，文中插图较合理。 3. 结构设计较好， 视图表达较为清晰 。 4. 具有良好的专业知识基础，能够结合题目进行分析运算，基础概念清楚。 5. 能够结合题目查阅技术文献，参考文献数目可以达到要求。 <p style="text-align: center; margin-top: 20px;">可以参加答辩。</p>				
	<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div> 签字： </div> <div style="text-align: right;"> 2015 年 5 月 25 日 </div> </div>				

毕业设计(论文)答辩记录

专业班级：机制 1101

学

号：311202235

姓

名：程玉坡

答辩内容记录：

记录人：

沈阳化工大学科亚学院

本科生毕业设计成绩考核评价表

毕业设计 名 称	Φ3000 干燥机设计				
专 业	机械设计制造及其自动化	班级	1101	姓名	程玉坡
评价人	权重	评价点			得分
指导教师	10	图纸完备、整洁，设计说明书的撰写质量			
	5	分析、计算、论证的综合能力			
	5	能综合运用所学知识和专业知识，独立工作能力强			
	5	毕业实习表现、进度表书写情况			
评阅人	10	设计的有重大改进或独特见解，有一定应用价值			
	5	设计的难度和工作量，结合本专业情况			
	5	计算、图纸、公式、符号、单位是否符合工程设计规范			
	5	说明书的条理性、语言、书写、图表水平			
答辩小组	10	设计规格符合要求及答辩规范程度			
	10	答辩挂图准备情况			
	10	答辩中思维敏捷，知识面宽厚程度			
	10	回答问题的正确性，有无错误			
	10	是否有创新意识，设计是否有新意			
<p>教师、评阅人和答辩小组按以上各条的相应评价点给出得分，合计总分数。</p> <p>在总成绩分数中，90-100 分为优秀，80-89 分为良好，70-79 为中等，60-69 为及格，不足 60 分为不及格，列入本表右侧成绩栏中。</p> <p>注意：有严重抄袭现象的学生成绩应定为不及格，有抄袭现象但不严重的学生成绩应降档处理。指导教师、评阅人及答辩小组对此应切实注意，如有不可解决的分歧，可交于院系答辩委员会裁定。</p>				合计 分数	
				成绩	

答辩小组：_____

年 月 日

沈阳化工大学科亚学院

毕业设计（论文）答辩成绩评定

沈阳化工大学科亚学院毕业设计（论文）答辩委员会于 2015 年 6 月 5 日 审查了机 机械设计制造及其自动化 专业 程玉坡 的毕业设计（论文）。

设计（论文）题目： Φ3000 干燥机设计

设计（论文）专题部分： 主轴箱内主轴设计

论文）共 27 页，设计图纸 4 张

指导教师： 赵艳春

评阅人： 于玲

毕业设计（论文）答辩委员会意见：

成绩：

学院答辩委员会

主任委员（签章）

年 月 日

