
景德镇陶瓷学院

科技艺术学院

本科生毕业设计（论文）

中文题目：锤片式粉碎机结构设计

英文题目：HAMMER MILL DESIGN

院 系：科技艺术学院

专 业：机械设计制造及其自动化

姓 名：陈佩吟

学 号：201030454143

指导教师：吴南星 教授

完成时间：5 月 30 日

摘 要

本文介绍了锤片式粉碎机的发展史、种类、原理以及主要参数。并详细的分析了粉碎机的构成,以及粉碎机的日常维护和基本安全操作规程。通过自身实践,更加的认识到对粉碎机专业理论知识的学习,提高操作技能,了解破碎机的内部结构,大概了解破碎机的客观运用,叙述了利用传统的方法、结合先进的知识、科学的逻辑思维方法来客观的阐述分析粉碎机出现的一般事故以及设计的心得体会。并对粉碎机的未来发展前景有着美好的前景。

关键词: 粉碎机 锤片 轴 强度

Abstract

This article through to the design of the hammer mill also introduces the development history of the hammer mill, type, and the principle and the main parameters. And detailed analysis of the composition of the hammer mill, and hammer mill daily maintenance and basic safety operation procedures. Through their own practice, more understanding of hammer mill professional theory knowledge to the study, improve skills, understand the internal structure of hammer mill, probably understand the objective hammer mill apply, describes the use of traditional method, combining advanced knowledge and scientific logic thinking method to objective the paper analyzes the general accident and appear hammer mill design experience. And the future development prospects of hammer mill has a good prospect.

Keywords: hammer mill ; hammer slices ; shaft ; intensity

目录

摘要.....	I
Abstract.....	II
1. 绪论	1
1.1 破碎机的基本工作原理及方法.....	1
1.1.1 破碎机的基本工作原理.....	1
1.1.2 破碎的基本方法.....	1
1.2 生产中较常使用的破碎机.....	2
1.3 锤片式粉碎机的国内外发展现状.....	3
1.3.1 国外锤片式粉碎机发展现.....	3
1.3.2 国内粉碎机发展现状及未来发展倾向.....	4
1.4 设计的基本内容及预期目标.....	5
1.4.1 设计基本内容.....	5
1.4.2 预期目标.....	5
2. 锤片式粉碎机机箱整体设计.....	6
2.1 箱体设计.....	6
2.2 进料口设计.....	6
2.3 箱体滑门.....	7
2.4 机架.....	8
3. 锤片式粉碎机主要零件设计.....	10
3.1 电机选型及机械传动设计.....	10
3.1.1 电机的选择.....	10
3.1.2 生产能力的确定.....	11
3.1.3 切削功率的确定.....	11
3.1.4 空载工率的计算.....	13
3.2 工作部件设计.....	13
3.2.1 锤片设计.....	13
3.2.2 传动轴设计.....	18
3.2.3 滚动轴承校核.....	27
3.2.4 筛网的设计.....	29
3.3 粉碎机整体设计图.....	29
4. 维修、保养及故障排除.....	32
4.1 维修、保养.....	32
4.2 故障的排除.....	32
5. 总结.....	34

6. 锤片式粉碎机的经济分析报告.....	35
6.1 经济效应.....	35
6.2 社会效应.....	35
致谢.....	36
参考文献.....	37

1 绪论

1.1 破碎机的基本工作原理及方法

1.1.1 破碎机的基本工作原理

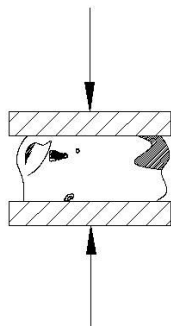
破碎是利用外力将固体大颗粒不断细化成小颗粒的过程，而从微观分子学的角度来解释则是指物料在外力的作用下克服了分子间内聚力，使物料的比表面积由小变大的过程。而从宏观观察则是物料尺寸由大变小的过程。

1.1.2 破碎的基本方法

根据对物料施力情况不同，粉碎可分为挤压、碰击、研磨等三种主要方法：

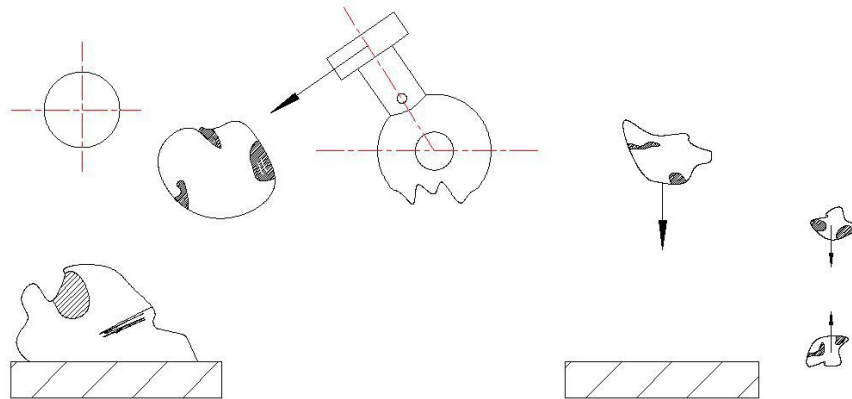
(1) 挤压

物料在两个工作表面之间受到缓慢增大的压力作用而被粉碎。这种方法多用于大块的脆性坚硬物料的破碎。



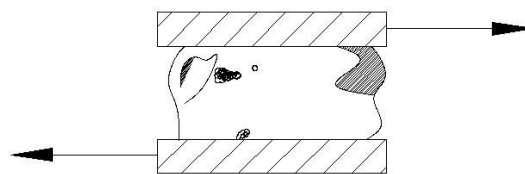
(2) 碰击

物料在一瞬间受到外来冲击力作用而被粉碎。这种方法可以用多种方式来实
现，如物料放在支承面上受到外来物体的冲击；高速运动的物体（如锤子）打击
物料；高速运动的物料冲击到固定的工作表面；物料之间的互相碰击等。这种方
法主要用于脆性物料的粉碎



(3) 研磨

物料在两个做相对滑动的工作表面或各种形状的研磨体之间受到摩擦作用而被粉碎。这种方法主要用于物料的粉磨。



除了上面三种外，还有物料受到两个楔形工作物体的尖劈力作用而被粉碎的劈裂以及受弯曲作用而被折断和受拉力作用被撕断等方法，但是这些方法都不是主要的。

不同型式的粉碎机粉碎物料的方法是各不相同的。在同一台粉碎机中，常常是用两种或两种以上方法对物料进行粉碎。

1.2 生产中较常使用的破碎机

颚式破碎机：具有结构简单、操作方便、产量高等优点，但因其维修较难，遇到硬质材料时会因集体不够坚固而发生振动，从而导致主轴承发热而降低使用寿命，故其不适合于加工粗大硬质物料，且颚式破碎机的出料粒度可通过调节出口处两颚板间的距离来控制。一般其粉碎比不大，约为 4，而进料粒度又很大。因此，其出料粒度都较粗，且细度调节范围也不大。

轮碾机：这是常见的中碎设备，虽粉碎比较大，约 10 以上。但其细度是通过机外粉碎系统的筛分设备来控制，细度要求高，则筛分设备回料量大，生产能力相应降低。且当细度控制在 0.5mm 以下时，粉尘颗粒含量更高，电耗剧烈增加。

球磨机：虽有较好的研磨效果但因其动能消耗大，粉碎效率也低。因此，如何提高球磨机效率成了实际生产中的一大课题。

环辊磨机：环辊磨机即俗称的雷蒙磨，其优点在于粉碎效率高，粉碎比大 (>60)，细度也高（通常可达 325 目）。但当细磨石英、长石等硬质原料时，锤辊由于转速高而磨损大，使磨料中混入不少的铁质，这就要求后继工序加强除铁。雷蒙磨的出料粒度是通过设备上部的风选机来控制的，达到要求细度的粉料由风选机分选出机外，再由旋风分离机收集。因此，由雷蒙磨磨细的粉料颗粒比较集中，故不宜用于处理有严格粒级要求的粉料。

笼式打粉机：虽结构简单，操作方便。但是，因设备中无安全装置，操作时应防止硬石进入，否则钢条很快磨损或折断。在陶瓷工业中粉碎设备尤其需要加大研究力度。

1.3 锤片式粉碎机的国内外发展现状

1.3.1 国外锤片式粉碎机发展现状

近年来，由于陶瓷类、电子材料等技术的迅速发展，国外加强了对超细粉碎及分机设备、工艺、微细颗粒粒度等的研究。1、锤片式粉碎机由最初的单速到现在的双速，最早的锤片式粉碎机都只有一个运行速度，在 20 世纪 50 年代，欧洲著名的防爆叉车制造商米亚格公司，就曾经同时配用两台转速不同的电机在同一台锤片式粉碎机中，并给其命名型号为 H880，而这台机械则为现今的锤片式粉碎机奠定了夯实的基础，可谓第一台真正用于配合物料工业的锤片式粉碎机，在当时，也正因为这项领先的科技技术，使得米亚格公司名噪一时。那个年代的人们是非常崇尚于使用 3000r/min 的转子，但是随之而来的问题就是高转速转子的噪音问题。因此，在接下来的几年里，科研工作者的注意力则放在了降低噪音方面。而主要手段就是使转子转速尽可能的降低，在当时的主流转速为 1000-1500r/min。由于转速的降低，导致了电机体积的增大，连带这粉碎机的箱体也增大。

瑞士的布勒公司所研制出的 zinal 系列粉碎机则是这类机型的第一代产品，其转子的设计半径在 550-600mm 之间，粉碎室宽度在 350-650mm 之间。在以后的时间里，不断的有大型的粉碎机面世，例如，德国卡尔公司生产的 Akana2000，其转子设计半径为 600mm，筛板的宽度为 1000mm，采用 355kw 的动力来驱动；再如，当时的西班牙也有公司做出半径 723mm，筛板宽度 1100 毫米的粉碎机。

从粉碎粒度的角度来看，锤片的厚薄程度直接的影响的粉碎粒度，较厚锤片所粉碎出来的物料较细，而较薄锤片粉碎出来的物料却往往较粗。正因如此，科研工作者将目标移到了筛网上。但采用不同筛眼的筛网或者冲孔筛板来控制筛孔，实际上控制的仅仅是粉碎物料的最大粒度，而整体粒度依然符合正态分布图，所以传统粉碎机对于粒度的可控性是有限的。

接下来，有些公司又采用不同速度的电机来驱动粉碎机，例如细粉碎时，采用 3000r/min 的电机；粗粉碎时，则采用 1500r/min 的电机。转速的巨大差异加之现在的研究都表明，物料的粒度分布以及对数标准的偏差与锤片的末端速度并无太大关系。

20 世纪 80 年代，为了达到一个相对均匀的粉碎粒度，循环粉碎这一理念被当时的物料行业提出，采用先粉碎后筛分，筛分后再进行粉碎这样的步骤来进行粉碎工艺，不得不说，这是一个非常先进的理念，不仅提升了粉碎效率，同时降低了电耗，达到了节能减耗的目的，这在当时是非常难得的。由于这样的理念被提出，让粉碎机与筛分设备按照一定的顺序拼接在一起，给当时部分公司提供了创作灵感，像当时的瑞典，就做出了能控制粒度的粉碎机（参照于传统粉碎机的结构，只改变排料方式，即：带粉碎物料在粉碎室运行一周时从粉碎室排除，采用这种方式，可以节省更换双电机的开支，也可避免繁琐的换筛装置。只需配以筛分装置便可以精准的控制粉碎无的粒度，将过粗物料运行回粉碎室重新粉碎。

在降低非必要物料运动时，涡轮粉碎机是很好的选择，其主要设计是改良了进料口，让未能过筛的物料沿着垂直向上的方向抛出粉碎室，依靠物料自身重力使之重返粉碎机。其有点在于，简化了粉碎机的筛分结构，让过粗物料可以自行在机内往复循环。

1.3.2 国内粉碎机发展现状及未来发展倾向

我国粉碎技术起源于上世纪 60 年代，在不断的引进产品并研发自己产品这

种模式下，于 80 年代，我国终于有了自己的细碎颚式破碎机，例如当时生产的气流磨，塔式磨机以及指状粉碎机等产品。接下来的几十年里，我国已经基本形成了自己的生产体系。而要研究出超细分级机这类粉碎机，则难度较大，这也是目前亟需解决的问题，因此，粉碎技术的发展倾向于超细化，而超细化发展方向应是：

(1) 开发与超细粉碎设备相配套的精细分级设备及其它配套设备并完成以超细粉碎和分级设备相互渗透融合的闭路工艺，这样不仅可以提高生产能力，还可以降低能耗，达到节能减耗的绿色设计目的。

(2) 设备与工艺研发一体化。粉碎和分级设备必须适应不同物料的不同特性以及产品指标，型号等多样化。因为无法满足对于任何物料都可以高效率的万能粉碎机。

(3) 完成与超细粉碎的配套设施。例如：物料粒度的检测技术与控制技术。粒度检测仪检验超细粉碎机设计与实际是否合格的唯一方法。因此，设计的成功与否完全取决于检测仪所测得的物料粒度是否满足要求，因为配套设施的地位举足轻重。

1.4 设计的基本内容及预期目标

1.4.1 设计基本内容

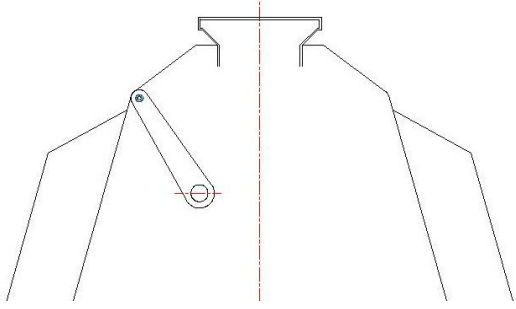
该锤片式粉碎机的结构简单紧凑，设计粉碎的成品可调性能好。粉碎成品的粒度相对均匀，尽可能的减少粉末，粉碎后的物料不产生高热。可方便的连续进料及出料。工件耐磨性能好，标准化路线，易于维修及更换，价位相对较低，易于操作安装，普通电机即可轻松驱动等优点，主要适合小型加工工厂使用。

1.4.2 预期目标

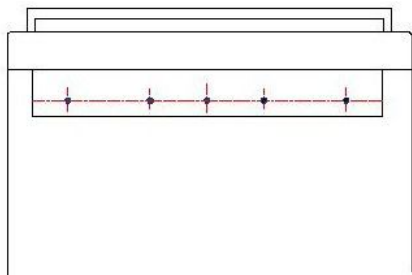
设计应达到以下参数要求

1. 额定功率：45kw
2. 满载转速：2970r/min
3. 堵转转矩/额定转矩：2.0 N · m
4. 最大转矩/额定转矩：2.2N · m
5. 极数：2 极

2 锤片式粉碎机机箱整体设计

标题	设计分析、计算部分	结论
锤片式粉碎机箱体设计	<p>大体的机箱由箱体 、进料口、箱体滑门 、滑门把手 、机架 、底座 、支撑架 、箱体滑门支承轴 、带齿内壁 、箱体滑门支撑架 、底座挡板等结构组成。</p> <p>2.1 箱体设计</p> <p>在设计箱体的时候，本文采用 4 mm厚的普通热轧钢板来制作箱体壁，因为它的塑性、可焊性较好，虽然强度不是很高，但足以满足本文们的使用，且，价格相对低廉，成本较低。它的结合处用普通电气焊焊接。外壁有加强肋板支撑，肋板上开有螺栓孔用以固定进料口等，箱体外壁喷涂油漆，可以防止腐蚀。箱体壁内部与转轴旋转起来后的刀具间隙不能太大和太小。太大了会使粉碎率降低很多，而太小了则会使物料与内壁或者锤片产生硬冲击。</p> <p>2.2 进料口设计</p> <p>粉碎机的进料口，在设计的时候应考虑物料粉碎前后长度比大的特性，在设计的时候应防止物料等喂不进粉碎室和防止物料向进料口飞溅等缺陷。因此本文将粉碎机的喂料口设计成如下图形状：</p>  <p>进料口主视图</p>	

箱体滑门设计

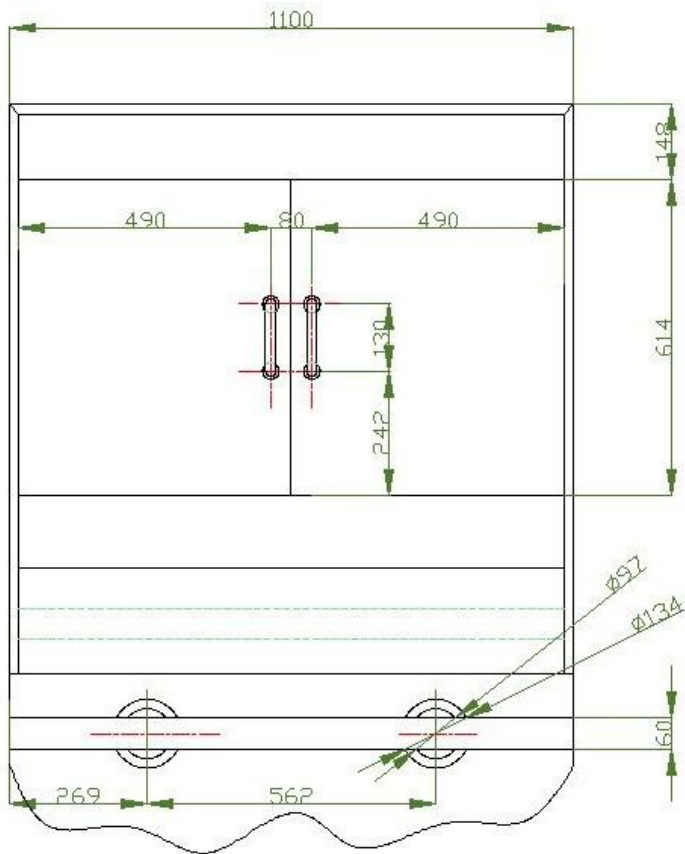


进料口左视图

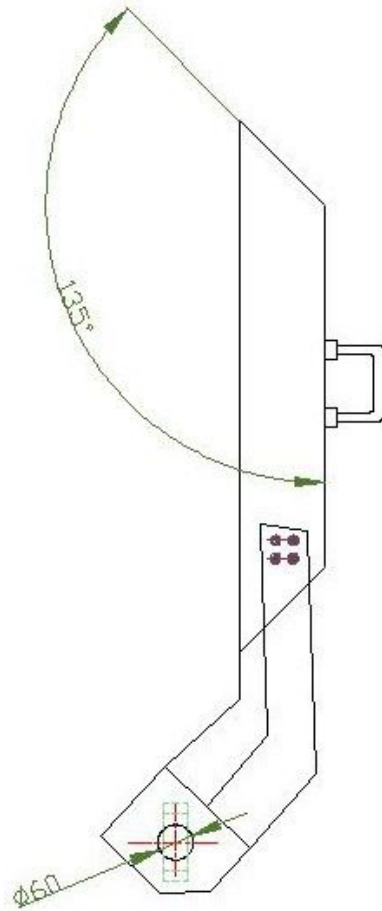
并且选用厚为 3mm 的 A3 钢板制造，进料口采用开关口，当不工作时可以随时关闭，工作室保持打开的状态。斜面采用倾斜下滑的形式，采用螺钉与机体连接。在进料口一侧装有定齿，与锤片配合工作，共同把物料切碎。

2.3 箱体滑门

Q235 号钢，因其含碳量较低，其塑形较高，适合于拉伸、压延加工等。所以，在箱体滑门设计中，本文采用 Q235 号钢。滑门外形如下图：



主视图



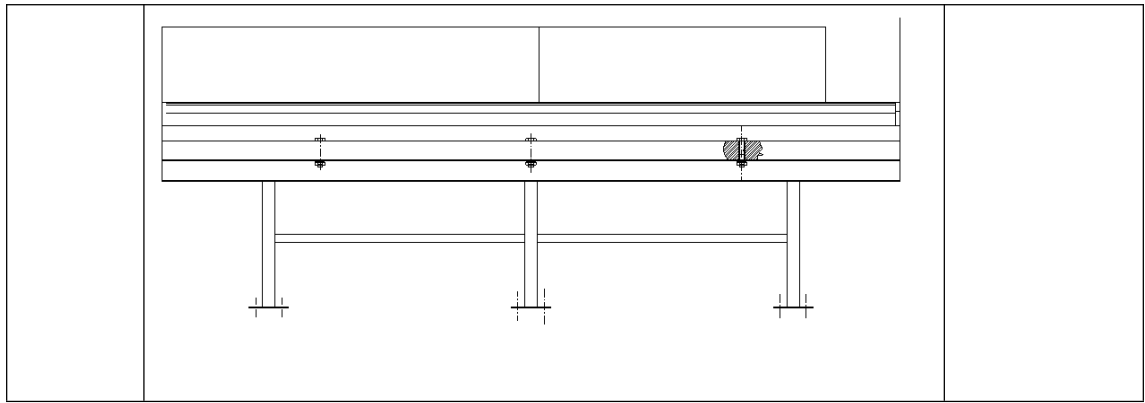
左视图

其中，滑门把手本文采取放在正中间，根据工程力学公式： $M = F \times L$ 可知，当把手放在正中间时，最省力。

2.4 机架

机架选用型号为 3.6 的热轧等边角钢（GB9787—1988）其表示为 $L40 \times 40 \times 5$ ，通过焊接而成，在机架的一端上有一块平台，用螺钉将其与角钢连接，用于支撑电动机。

该机架又六根支承架支撑，保持住了机身的稳定，在机器工作时，还有减轻地面震动的作用。



3 锤片式粉碎机主要零件设计

标题	设计分析、计算部分	结论
电机选型及机械传动设计	3.1 电机选型及机械传动设计	
	3.1.1 电机的选则	
	<p>根据机械设计的基本准则：在满足工作条件的情况下，价格低廉的产品，以节省成本开支。因此电机本文选择三相异步电机Y225M-2，其原理是：定子通入电流以后，部分磁通穿过短路环，并在其中产生感应电流。短路环中的电流阻碍磁通的变化，致使有短路环部分和没有短路环部分产生的磁通有了相位差，从而形成旋转磁场。通电启动后，转子绕组因与磁场间存在着相对运动而感生电动势和电流，即旋转磁场与转子存在相对转速，并与磁场相互作用产生电磁转矩，使转子转起来，实现能量变换。</p>	
	<p>Y系列（IP44）电动机为全封闭的自扇冷式笼型三相异步电动机，具有防灰尘、铁屑或其它杂务物侵入电动机内部之特点，B级绝缘，工作环境不超过+40℃，相对温度不超过95%，海拔高度不超过1000m，额定电压为380V，频率50HZ，适用于无特殊要求的机械上，如机床，泵等机械。电动机的安装方式是：基座带底脚，端盖无凸缘。</p>	
	<p>Y系列三相笼型异步电动机具有效率高、启动转矩大、且提高了防护等级为IP54、提高了绝缘等级、噪音低、结构合理产品先进、应用广泛。其主要技术参数如下：</p>	
	<p>型号：Y225M-2</p>	
	<p>额定功率：N=45kw</p>	
	<p>满载转速：2970r/min</p>	

生产能力的确定	<p>堵转转矩/额定转矩：2.0N·m</p> <p>噪音：92dB（空载）</p> <p>空负之差为2</p> <p>3.1.2 生产能力的确定</p> <p>在削片过程中，由于加料的不连续性，种类、含水率和被切削断面积的变化，以及同时参加切削的飞刀的数量不同，使切削力不是一个固定的数值。由文献^[13]知，目前锤片式粉碎机的主电机功率N(kW)一般按下列经验公式推算：</p> $N = KEQ$ <p>式中：K——不均匀系数，取K=1.1-1.2；</p> <p>E——加工体积物料所需电动机供给的能量，KWh/m³；</p> <p>Q——削片机的生产率，m³/h。</p> <p>根据实验测得E=4-6，由发动机功率为45KW，取K=1.2，E=5，N=45KW，则：</p> $Q = N / KE = 7.5(m^3 / h)$ <p>3.1.3 切削功率的确定</p> <p>由文献^[13]中可知计算公式</p> $P_c = \frac{F' \cdot A_c \cdot n \cdot Z}{6000 \sin \varepsilon}$ <p>粉碎机工作切削时锤片对物料的总切削力。转轴和支承轴对物料的支承力降低了锤片对物料的切削力，互相影响，所以也包括在总作用力中。F_x总作用力的切削分力。在切削过程中，F随物料的变化而变化，其短时平均值为F_{av}。F_{av}与宽度成正比，有：</p> $F = F' \cdot b$	<p>K=1.2</p> <p>E=5</p> <p>N=45KW</p> <p>Q=7.5m³/h</p>
---------	---	---

切削功率的确定

根据资料中的数据，单位切削阻力理论计算值与经验值相差不大，故可取切削阻力 $P_x = 2347\text{N}$ ，相应的单位切削阻力 $F' = 26.47\text{N/mm}^2$ 。

式中： b ——切削宽度（m）；

F' ——单位宽度平均切向阻力（N/m）

一把飞刀一次切削功耗为： $W_1 = F' \cdot A$

式中： A ——切口面积（ m^2 ）；

A_c ——物料横断面积（ m^2 ）

如果进料槽在通过主轴线的两个相互垂直平面内的投影倾斜角分别为 ε_1 和 ε_2 ，则 ε 由下式确定：

$$\sin \varepsilon = \frac{\sin \varepsilon_1 \sin \varepsilon_2}{\sqrt{\sin^2 \varepsilon_1 + \sin^2 \varepsilon_2 - \sin^2 \varepsilon_1 \sin^2 \varepsilon_2}}$$

切削功率为：

$$P_c = \frac{F' \cdot A_c \cdot n \cdot Z}{6000 \sin \varepsilon}$$

式中： n ——刀盘转速（r/min）；

Z ——锤片数量。

对于大物料有：

$$P_c = \frac{\pi \cdot F' \cdot d^2 \cdot n \cdot Z}{240000 \cdot \sin \varepsilon}$$

式中： d ——原料直径（m）

考虑石料物径级不同大小不一时，可经计算取其平均直径（m）

$$d_{av} = \sqrt{\sum a_i d_i^2}$$

式中： d_i ——各径级原料直径（m）；

a_i ——各径级石料长度占总石料数的比例。

考虑石料之间的空隙时间应增加一个切削连续性系数

空 载 功 率 的 计 算	<p>c，则切削功率为：</p> $P_c = \frac{\pi \cdot F' \cdot d_{av}^2 \cdot n \cdot Z \cdot c}{240000 \sin \varepsilon}$ <p>c 值由下式确定：</p> $c = \frac{\sum t_{ci}}{\sum t_{ci} + \sum t_{ri}}$ <p>式中： t_{ci} ——每块物料切削时间(s)； t_{ri} ——相邻物料之间的间隙时间(s)</p> <p>由于本机采用水平进料，且入料口轴线与刀盘端面垂直，故 $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 90^\circ$，取 $c=0.95$， $d_{av} = 120mm$， 单位切削阻力 $F_x' = 26.47 N/mm^2$，故根据上式，有：</p> $P_c = \frac{26.47 \times 3.14 \times 20^2 \times 2970 \times 40}{240000 \times \sin 90^\circ} \times 0.95$ $= 15.575kW$ <p>3.1.4 空载功率的计算</p> <p>由文献^[8]知</p> $N_{空} = 0.2N_{传}$ $N_{传} = \frac{N_{切}}{\eta_{安} \cdot \eta_{轴承}}$ <p>当 $\eta_{安} = 0.96$ $\eta_{轴承} = 0.98$ 时， $N_{空} = 3.311kW$</p> <p>$N_{总} = N_{切} + N_{空} = 18.886kW$</p> <p>综上所述，电动机的功率符合要求。</p> <p>3.2 工作部件设计</p> <p>3.2.1 锤片设计</p> <p>锤片是粉碎机的最重要的也是最容易磨损的工作部件。其形状、尺寸、排列方法、制造质量等，对粉碎效</p>	<p>$c=0.95$</p> <p>$d_{av}=120mm$</p> <p>$P_c=15.64Kw$</p> <p>$N_{空}=0.2N_{传}$</p> <p>$\eta_{安}=0.96$</p> <p>$N_{空}=3.128$</p> <p>$N_e=18.768$</p>
---------------------------------	---	---

锤片

率和产品质量有很大影响。

(1) 锤片的形状和厚度

目前应用的锤片形状很多，但使用最广泛的是板状矩形锤片，因它形状简单，易制造，通用性好。它是上下两部分厚度不同的一把刀上，其上焊接在刀座上的。本文可以为锤片的工作边涂焊、堆焊碳化钨或焊上一块特殊的耐磨合金，以延长使用寿命，但制造成本较高。另外，也有的工厂采用复合钢矩形锤片，该锤片是由轧钢厂提供的两表层硬度大中间夹层韧性好的钢板，造制简单、成本低。

表 3.1 各种形状的锤片的使用性能

锤片类型	使用性能
矩形锤片	通用性好，形状简单，易制造
焊耐磨合金	延长使用寿命，制造成本较高
阶梯形锤片	工作菱角多，粉碎效果好，易磨损
尖角锤片	适于粉碎纤维质物料，但耐磨性差。
环形锤片	磨损均匀，使用寿命长，但结构较为复杂

本文在此台粉碎机的设计中采用的是矩形锤片。

根据文献，上部分做成较厚的目的是让其粉碎一些直径较粗，韧性较大，不易粉碎且容易对机器和锤片本身造成破坏的物料。而下部分做成较为薄的部分则是为了快速切割和更为细碎的粉碎。

(2) 锤片数量的确定

由文献^[1]知，自动式进料的锤片式粉碎机的生产能力 Q (实积 m^3/h)为

$$Q = 6 \times 10^{-8} K_1 K_2 K_3 n Z I F$$

锤 片	式中： K_1 ——设备时间利用系数，取 $K_1 = 0.3 \sim 0.5$ ；	$K_1=0.5$
	K_2 ——工作时间利用系数，取 $K_2 = 0.7 \sim 0.8$ ；	$K_2=0.7$
	K_3 ——原料形态影响系数，取1；	$K_3=1$
	n ——转轴转速，r/min；	$L=27\text{mm}$
	Z ——刀片数量；	$d=20\text{mm}$
	l ——物料的平均长度，mm；	$z=40$
	F ——物料的横截面积， mm^2 ；	$\alpha_1=0^\circ$
	取 $K_1=0.5$ ， $K_2=0.7$ ， $K_3=1$ ， $L=27\text{mm}$ ， $F=\pi \times d^2 / 4$ ，	$\alpha_2=0^\circ$
	$d=20\text{mm}$ 。则：	$h=10\text{mm}$
	$Z = \frac{Q}{6 \times 10^{-8} K_1 K_2 K_3 n l F} = 39.3993$	$\eta=0.4$
	圆整为 $Z=40$	$L_{\text{刀}}=70\text{mm}$
	故由生产率可选锤片的数量为40把。	
	(3) 锤片长度的确定	
	由锤片式粉碎机的结构分析知：	
	$l = \frac{h}{\cos \alpha_1 \cos \alpha_2} * \eta$	
	设切削物料长度 $l = 27\text{mm}$ ，由进料导向机构引导，	
	物料呈水平进料方式进入时， $\alpha_1 = 0^\circ$ ， $\alpha_2 = 0^\circ$ ，则锤片	
	伸出量 $h = 10\text{mm}$ 。 η -一般粉碎机粉碎物料的长度是锤	
	片片间隔的1/5到1/10之间，并且是到刀片长度的1/2到	
	1/8之间（工业经验值），故取 $\eta=0.4$ ，得出结果后取圆	
	整，可以把刀片长度设定为70mm。	
	(4) 锤片制造质量	
	锤片制造质量主要体现在它的材料、热处理以及加工精度上。	
	锤片的材料与热处理 目前国内使用的锤片材料主要有低碳钢、中碳钢、特种铸铁等。热处理和表面硬化	

锤片	<p>（包括表面渗碳淬火及表面堆焊碳化钨等）能很好地改善锤片耐磨性能、提高锤片使用寿命。</p> <p>在本文所设计的这台粉碎机上，本文采用中碳钢65Mn作为锤片的制造材料，此种材料价格便宜，性能优良，在粉碎机工作条件下能快速发挥自身的优势，达到本文们所要的目的，优点十分明显。</p> <p>但是，单独应用此种刚才制作的锤片也是不完善的，本文们必须对它进行表面硬化处理：在锤片工作棱角堆焊碳化钨合金，焊层厚1~3mm。据试验结果，堆焊碳化钨合金锤片比65Mn整体淬火锤片的使用寿命提高7~8倍，但前者制造成本要高两倍多。</p> <p>另外需要特别注意的是锤片的加工精度。锤片是一种高速运转部件，它的制造精度对粉碎机转子的平衡性影响很大。一般要求转子上任意两组锤片之间的质量差不能超过5g。因此，锤片在加工过程中要严格控制精度，特别堆焊碳化钨锤片要严格保证堆焊工艺质量。锤片出厂应以一套为单位。锤片安装时应该每天安装成套的锤片，不允许套与套之间随意交换。</p> <p>(5) 锤片的磨损与更换</p> <p>锤片是粉碎机中直接打击物料的工作部件，因而也是磨损最快、更换最频繁的易损件。锤片的磨损指的是锤片工作角的磨损，锤片四个工作角磨损了，该锤片也就报废了。普通锤片和表面硬化处理锤片的磨损情况是不一样的。因此，它们的磨损对粉碎过程的影响也不一样。比如普通锤片的端部全磨损（锤片尺寸变短），随着锤片磨损的加剧，粉碎室内气物环流层会逐渐变大，粉碎过程随之恶化，粉碎效率降低。而表面硬化处理的锤片，它的磨损是从侧面开始的，端部磨损的速度很慢，则其锤筛间隙基本保持定，粉碎过程也较稳定，直到锤</p>	
----	---	--

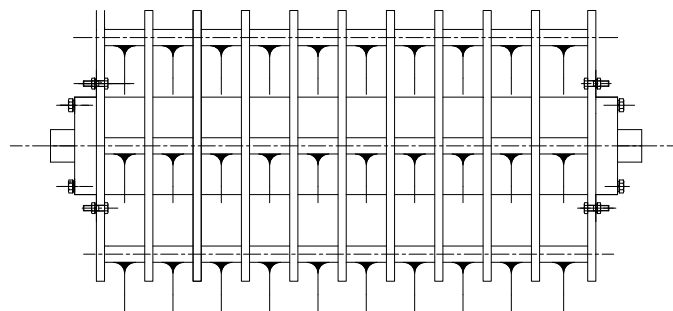
片报废。因此，对普通锤片四角磨损后要及时更换锤片，以免粉碎机性能恶化。

(6) 锤片的排列

锤片粉碎机转子上锤片的数量与排列方式，影响到转子的平衡、物料在粉碎室内的分布、锤片磨损的均匀程度以及粉碎机的工作效率。

锤片的排列是指转子上各组锤片之间及同组锤片之间的相对位置关系。锤片的排列方式最好达到下列要求：转子转动时，每块锤片的运动轨迹不重复；物料不会在锤片的推移下粉碎室内发生向一侧偏移的现象（特殊要求除外）；转子受力平衡，高速运转时不产生振动。常见的几种锤片排列方式有螺旋线排列，对称排列，交错排列，对称交错排列等。

本文设计的此台粉碎机采用的是对称排列方式。所谓的对称排列对应两组锤片对称安装，因而，转子上对称两销轴所受的离心力可以相互平衡，转子运转平衡，粉碎室内物料分布均匀，所有锤片磨损同步。同时，这种排列方式所需要的隔套种类很少，锤片安装简单方便。现在国内生产中使用最多的 FSP 系列和 SFSP 系列锤片粉碎机采用的就是这种方式。但是，相互对称的锤片其运转轨迹是重复的，这样，要保持同样的锤片密度，所需要的锤片数便要成倍增加。

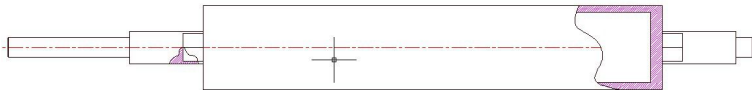


锤片图

(7) 锤片的线速度

轴	<p>转子运转时锤片末端的线速度对粉碎机的工作性能影响很大。锤片粉碎机粉碎物料主要依靠锤片对物料的冲击作用，锤片线速度越高则锤片对物料颗粒的冲击力越大，粉碎能力也就越强。因此，在一定范围内提高锤片线速度可以提高粉碎机的粉碎能力——降低能耗和产品粒度。但是，速度过高，会增加粉碎机的空载电耗，并使粉碎粒度过细，增加电耗。而且速度过高会对转子的平衡性能甚至整个粉碎机的制造质量提出更高的要求。所以，锤片的最佳线速度要根据具体情况而定。目前国内粉碎机锤片的线速度一般取 80~90m/s。本文所设计的这台粉碎机的转速略微高于此：</p> <p>粉碎机锤片刀尖部与中心轴线的距离为 305mm，则它工作时的周长为</p> $C = \pi * 3.14 * r$ <p>则刀尖处的速度为： $V = \frac{C * N}{60}$</p> <p>电动机的功率为： N=2970r/min</p> <p>则可以算出锤片刀尖处速度： V=94.8123m/s</p> <h3>3.2.2 传动轴设计</h3> <p>轴结构设计的一般原则：</p> <ol style="list-style-type: none"> 轴上零件的布置应使轴受力合理； 轴上零件定位可靠，拆装方便； 轴应采用各种应力集中和提高轴疲劳强度繁的结构措施； 应具有良好的结构工艺性，便于加工制造和保证精度；对于要求刚性大的轴，还应从结构上考虑减小轴的变形。 <p>根据以上原则，确定出轴的结构尺寸。</p> <p>在该粉碎机设计中，轴的轴向固定采用轴肩——轴</p>	<p>N=2970r/min</p> <p>V=94.8123m/s</p>
---	---	--

轴	<p>端挡圈的固定方法：轴肩结构简单，可以承受较大的轴向力，轴端挡圈常用于轴端零件的固定。为了保证轴的疲劳强度，轴肩处采用过渡圆角，且圆角应该大小合适。</p> <p>(1) 轴的转速</p> <p>已知：电动机转速 $n = 2970r / \min$，因为电动机通过联轴器与主轴相连接，所以两者转速应该是相等的。</p> <p>即粉碎机主轴转速 $n_2 = 2970r / \min$。</p> <p>(2) 轴的输入功率</p> <p>电动机：$P_1 = 45kw$</p> <p>粉碎机主轴：$P_2 = P_1 \times \eta_1 = 45 \times 0.68 = 30.6kw$</p> <p>$\eta_1$——电动机通过联轴器的传递效率，$\eta_1 = 0.96$</p> <p>粉碎机切削部：$P_3 = P_1 \times \eta_2 = 30.6 \times 0.80 = 24.48KW$</p> <p>$\eta_2$——对圆柱滚子轴承的支承效率</p> <p>(3) 轴的转矩</p> <p>电动机转矩 T：</p> $T = 9550 \frac{P}{n_1} N \cdot m = 95.5 \times 10^5 \times \frac{45}{2970} = 1.447 \times 10^5 N \cdot mm$ <p>粉碎机主轴 T_2：</p> $T_2 = 9.550 \times 10^6 \times \frac{30.6}{2970} = 9.84 \times 10^7 N \cdot mm$ <p>粉碎机切削部位转矩：</p> $T_3 = 9.55 \times 10^6 \times \frac{24.48}{2970} = 7.87 \times 10^7 N \cdot mm$ <p>(4) 轴直径的初步确定</p> <p>在只有扭矩作用时，按扭转强度条件计算：</p> <p>选材：应用 45 号钢，调质处理，$\sigma_B = 650Mpa$，$\sigma_s = 360Mpa$</p>	<p>$P_1=45kw$</p> <p>$P_2=30.6kw$</p> <p>$\eta=0.96$</p> <p>$P_3=24.48$</p> <p>$T=144700N.m$</p> <p>$T_2=98400N.m$</p> <p>$T_3=78700N.m$</p> <p>$\sigma_B=650Mpa$</p> <p>$\sigma_s=360Mpa$</p>
---	--	---

轴	根据实心圆轴公式，文献 ^[1] ，其切应力为：	n=2970r/min
	$\tau_T = \frac{T}{W_T} = \frac{9.55 \times 10^6 P / n}{0.2d^3} \leq [\tau_T]$	P=30.6kw
		
	图 3.2 轴图	
	需要说明的是中间直径最粗的一段并不是钢制实心的，所以质量很轻，写成设计公式，轴的最小直径	
	$d \geq \sqrt[3]{\frac{9.55 \times 10^6 P}{0.2 [\tau_T] n}} = c \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$	
	其中	
	$C = \sqrt[3]{\frac{9550000}{0.2 [\tau]}}$	
	上两式中： W_T ——轴的抗扭截面系数（mm ³ ）；	
	P ——轴传递的功率（kW）；	
	n ——轴的转速(r/min)；	
	$[\tau_T]$ ——许用切应力(MPa)；	
	C ——与轴材料有关的系数，可由表 3.2 查得 ^[13] 。	
	对于受弯矩较大的轴宜取较小的 $[\tau_T]$ 值。	
	表 3.2 轴强度计算公式中的系数 C	
轴的 材料	Q235, 20	Q255, Q275, 35
		45
		40Cr, 38SiMnMo

τ 52 /MP 12 15 20 25 30 35 40 45 a C 160 148 135 125 118 112 106 102 98	$d_{\min}=25.68\text{mm}$ $\beta=1.1$ $V=170.861\text{cm}^3$ $N=11$
<p>由电动机带动轴的转速,$n=2970\text{r/min}$,$P=30.6\text{KW}$,取 $C=118$,因为经过联轴器转矩变为原来的 0.96, 则传递的 功率也变为原来的 0.96。</p> <p>轴的最小直径为:</p> $d_{\min} = 118 \times \sqrt[3]{\frac{30.6}{2970}} = 25.68\text{mm}$ <p>但是, 为了保证轴的强度, 必须有一定的安全系数, 取 安全系数 $\beta=1.1$。</p> <p>则最小的直径应该是 $d=28.248\text{mm}$。在此台粉碎机上, 为了使粉碎机的工作更安全, 同时为了与电机更好的相 连, 本文取的最细处的直径是 42.4mm。</p> <p>(5) 主轴的强度校核</p> <p>该机主轴与电动机轴联接是通过联轴器, 传递转矩。 由于转轴上锤片的排列呈对称排列形式, 在同一个平面 上每个锤片所产生的力相等, 相互抵消。所以凿片产生 的离心力对轴的变形无影响。但轴要受到附着在转轴上 的卡盘, 刀座和锤片和双联盘的作用力, 使其产生弯曲 变形, 所以轴除受扭矩外, 还受弯矩。所以用弯扭组合 变形对轴进行强度校核。</p> <p>(6) 作用在轴上的力的分析</p> <p>单个卡盘的体积</p> $V = h * (\pi * 250^2 - \pi * 90^2) = 170816\text{mm}^3 = 170.816\text{cm}^3$	$\rho=7.85\text{g/cm}^3$ $M=14.75\text{kg}$

轴	<p>在转轴上一共有卡盘数 $N=11$，而钢密度 $\rho = 7.85g / cm^3$，所以卡盘的总质量 $M = \rho * N * V = 7.85 * 11 * 170.816 = 14.75Kg$</p> <p>刀座的个数是 40 个,每个刀座的体积 $V = h * (\pi * 15^2 - \pi * 13^2) = 13.012 cm^3$,刀座的个数 $N=40$,所以卡盘的总质 $M = V * N * \rho = 7.85 * 40 * 13.012 = 4.0858Kg$</p> <p>每把锤片的宽度是 40mm，而每把锤片的长度是 70mm，但锤片的厚度很小，所以锤片的质量大概上可以忽略，本文计算轴上零部件的质量时只计算卡盘和刀座的质量。</p> <p>在物料进入粉碎箱之后，有一部分会粉碎了通过出口排出去。但是里边总会积攒着一些物料，所以，里边暂存的物料也会对轴产生作用力。里边暂存物料的密度大约是 $40Kg/m^3$，暂存的体积 $\leq 0.05 m^3$，所以暂存的物料的质量 $\leq 2Kg$。本文可以按照 $2Kg$ 计算。所以，作用在轴上的总质量是 $M_{轴中心} = 14.75 + 4.0858 + 2 = 20.8358Kg$，而且,这个总质量作用在轴上的力看作是作用于轴中心。</p> <p>此外，已经在上边说明中间直径最粗的一段并不是钢制实心的。</p> <p>其质量可以按照上边公式求得：</p> $V = h * (\pi * 90^2 - \pi * 75^2) = 7614.5CM^3$ <p>由 $\rho = 7.85g / cm^3$ 可以求得 $M_{中轴} = 58.752Kg$</p> <p>同理求得其他轴段得质量为 9.041，6.218 和 0.824KG 等</p> <p>则 所支承的总重量 $M_{总} = 95.64Kg$</p> <p>(7) 轴的结构形状、尺寸及受力简图</p> <p>a) 轴的结构形状和尺寸见下图</p>	<p>$N=40$</p> <p>$M=4.0858kg$</p> <p>$M_{轴中心}=20.8358kg$</p> <p>$V=7614.5cm^3$</p> <p>$\rho = 7.85g/cm^3$</p> <p>$M_{中轴}=58.752kg$</p> <p>$M_{总}=95.64kg$</p>
---	--	--

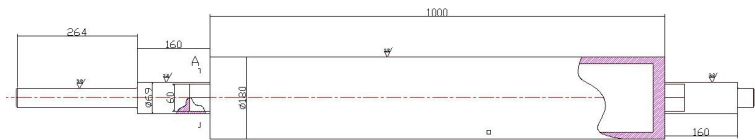


图 3.3 轴的结构形状图

需要说明的是中间直径最粗的一段并不是钢制实心的！所以质量很轻。例如，可以采用铸造而成，采用热加工处理方法。

b) 轴的受力图

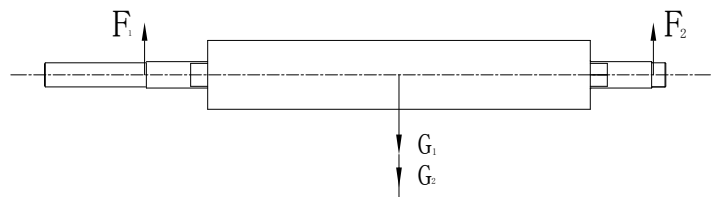


图 3.4 轴的受力图

c) 首先根据轴的结构图做出轴的计算简图。在确定轴承的支点位置时，对于 N212 型圆柱滚子轴承.根据轴的计算简图做出轴的弯矩图和扭矩图。

从轴的结构图以及弯矩和扭矩图中可以看出粗轴的中间面是轴的危险截面，在此处弯矩和转矩为最大。现将计算处的截面 C 处的 M 的值列于下表。

表 3.3 主轴受力及力矩情况

载荷	垂直面内
支反力 F	$F_{N1} = F_{N2} = 478.2N$
弯矩 M	$M_{最大} = 315612 N.mm$ $M_{危险面} = 76512 N.mm$
扭矩 T	$98393.94N.mm$

$$F=478.2N$$

$$M=315612N.mm$$

$$M_{危险截面}=76512$$

$$T=98393.94N.m$$

轴

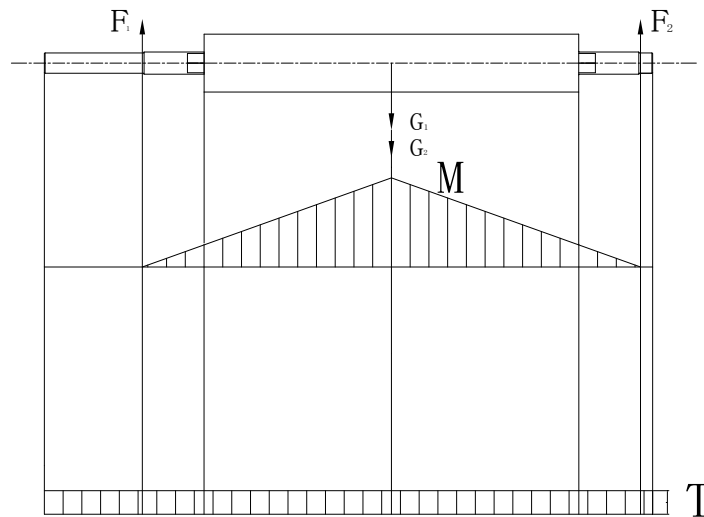


图 3.5 弯矩图和扭矩图

(8) 按弯扭合成应力校核轴的强度

a) 进行校核时，承受最大弯矩和扭矩的截面的强度。根据表数据，以及轴单向旋转，扭转切应力为脉动循环变应力，取 $\alpha = 0.6$ ，轴的计算应力：

轴

$$\sigma_{ca} = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{W} = 1.063 MPa$$

在此式中 $W = 0.1 \cdot 180^3 (1 - \beta^4) = 301951.8$ ，M 和 T 取表中的值。

选定轴的材料为 45 钢，正火处理，由文献 [9] $[\sigma_{-1}] = 60 MPa$ 。

因此 $\sigma_{ca} < [\sigma_{-1}]$ ，故安全。

b) 进行校核时，在最危险危险最容易产生应力集中处得强度。根据表数据，以及轴单向旋转，扭转切应力为脉动循环变应力，取 $\alpha = 0.6$ ，轴的计算应力：

$$\sigma_{ca} = \frac{\sqrt{M^2 + (\alpha T)^2}}{W} = 12.64 MPa$$

在此式中 $W = 0.1 \cdot 42.4^3$ ，M，T 取表中的值。

轴	<p>选定轴的材料为 45 钢，正火处理，由文献^[9]</p> $[\sigma_{-1}] = 60MPa。$ <p>因此 $\sigma_{ca} < [\sigma_{-1}]$，故安全。</p> <p>(9) 精确校核轴的疲劳强度</p> <p>判断危险截面</p> <p>根据上边的图和计算，由弯矩和扭矩图可知中间粗轴与细轴的结合处的截面所受弯矩和扭矩的最大，因此只需校核截面此即可。</p> <p>抗弯截面系数：</p> $W = 0.1d^3 = 0.1 \times 42.4^3 = 7640.2mm^3$ <p>抗扭截面系数：</p> $W_T = 0.2d^3 = 0.2 \times 42.4^3 = 15280.43mm^3$ <p>截面左侧的弯矩 M： $M = 76512N \cdot mm$</p> <p>此截面的扭矩 T： $T = 98393.94 N \cdot mm$</p> <p>截面上的弯曲应力： $\sigma_b = \frac{M}{W} = 10.01MPa$</p> <p>截面上的扭转切应力： $\tau_T = \frac{T}{W_T} = 6.44MPa$</p> <p>轴的材料为 45 钢，调质处理，由文献^[9]得 $\sigma_b = 640MPa$，</p> $\sigma_{-1} = 275MPa，\tau_{-1} = 155MPa。$ <p>截面上由于轴肩而形成的理论应力集中系数 α_σ 及 α_τ 按文献^[10]查取。</p> <p>因 $\frac{D}{d} = \frac{180}{150} = 1.2$，$\frac{r}{d} = \frac{2.0}{69} \approx 0.29$</p> <p>经插值后可查得：</p> $\alpha_\sigma = 1.95 \quad \alpha_\tau = 1.32$	$W_{\text{抗弯}} = 7640.2mm^3$ $W_T = 15280.43mm^3$ $M = 76512N \cdot mm$ $T_{\text{扭矩}} = 98393.94N \cdot mm$ $\sigma_B = 10.01Mpa$ $\tau_r = 6.44Mpa$ $K_\tau = 1.272$ $\varepsilon_\sigma = 0.77$ $\varepsilon_\tau = 0.86$ $\beta_q = 1$ $\phi_\sigma = 0.1$ $S_Q = 5.52$ $S_\tau = 37.04$ $S_{ca} = 1.5$
---	--	---

轴	<p>又由文献可得轴的材料 45 号钢的敏性系数为：</p> $q_{\sigma} = 0.80, \quad q_{\tau} = 0.85$ <p>故有效应力集中系数为：</p> $k_{\sigma} = 1 + q_{\sigma}(\alpha_{\sigma} - 1) = 1.760$ $k_{\tau} = 1 + q_{\tau}(\alpha_{\tau} - 1) = 1.272$ <p>由文献^[1]的尺寸系数 $\varepsilon_{\sigma} = 0.77$；扭转尺寸系数 $\varepsilon_{\tau} = 0.86$</p> <p>轴按磨削加工，得表面质量系数为：$\beta_{\sigma} = \beta_{\tau} = 0.93$</p> <p>轴未经表面强化处理，即 $\beta_q = 1$，则综合系数为：</p> $K_{\sigma} = \frac{k_{\sigma}}{\varepsilon_{\sigma}} + \frac{1}{\beta_{\sigma}} - 1 = 2.36$ $K_{\tau} = \frac{k_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} + \frac{1}{\beta_{\tau}} - 1 = 1.55$ <p>$\varphi_{\sigma} = 0.1 \sim 0.2$ 取 $\varphi_{\sigma} = 0.1$，$\varphi_{\tau} = 0.05 \sim 0.1$ 取 $\varphi_{\tau} = 0.05$</p> <p>于是，计算安全系数 S_{ca} 值，则</p> $S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma}\sigma_a + \phi_{\sigma}\sigma_m} = 5.52$ $S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau}\tau_a + \phi_{\tau}\tau_m} = 37.04$ $S_{ca} = \frac{S_{\sigma}S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} = 5.5 \gg S = 1.5$ <p>故，可知其安全在中间轴弯矩最大的截面上：</p> <p>抗弯截面系数：$W = 0.1d^3(1 - \beta^4) = 301951.8mm^3$</p> <p>抗扭截面系数：$W_T = 0.2d^3(1 - \beta^4) = 603903.6mm^3$</p> <p>此处的弯矩 M 为：$M = M_{\max} = 315612 N \cdot mm$</p> <p>此截面的扭矩 T 为：$T = 98393.94 N \cdot mm$</p>	<p>$W=301951mm^3$</p> <p>$W_T=6039036mm^3$</p> <p>$M_{\max}=315612$</p> <p>$T=98393.94$</p>
---	--	---

截面上的弯曲应力: $\sigma_b = \frac{M}{W} = 1.045MPa$

截面上的扭转切应力: $\tau_T = \frac{T}{W_T} = 0.163MPa$

用插值法求出, 并取 $\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} = 0.8 \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma}$, 于是得:

$$\frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} = 2.08, \quad \frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} = 2.60$$

轴按磨削加工, 得表面质量系数为: $\beta_\sigma = \beta_\tau = 0.93$

故得综合系数为:

$$K_\sigma = \frac{k_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + \frac{1}{\beta_\sigma} - 1 = 2.68$$

$$K_\tau = \frac{k_\tau}{\varepsilon_\tau} + \frac{1}{\beta_\tau} - 1 = 2.16$$

所以轴在截面 III 右侧的安全系数为:

$$S_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K_\sigma \sigma_a + \phi_\sigma \sigma_m} = 6.23$$

$$S_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K_\tau \tau_a + \phi_\tau \tau_m} = 34.46$$

$$S_{ca} = \frac{S_\sigma S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} = 6.13 \gg S = 1.5$$

故可知, 在这个截面上是安全的。

3.2.3 滚动轴承校核

滚动轴承的校核

轴承的预计寿命 $L'_H = 50000h$, 本文所选择的轴承是圆柱滚子轴承 N212E (GB/T283-1994)。

$$C_r = 89.8kN, C_{or} = 102kN$$

在前边的计算中, 本文们已经算出 $F_{Nh1} = F_{Nh2} = 478.2N$

通过比较可知，本文们所选用的这对轴承在载荷上完全能满足要求。

轴承的寿命计算：

$$L_H = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{f_t C}{P} \right)^{\epsilon} = \frac{10^6}{60 * 2970} \left(\frac{0.9 * 89.8 kN}{478.2} \right)^{\frac{10}{3}}$$

由于这台粉碎机可能要三倒班工作，轴承的温度也许会变得很高，所以应该取温度系数 $f_t = 0.9$ ，则

$$L_H = 69522.15h > 50000h$$

本粉碎机的轴承要求最低工作时间为 50000h.通过计算可以知道，此对轴承符合工作要求。需要说明的是，由于此台粉碎机工作的时候的轴向力基本上可以忽略，所以不需要采用圆锥滚子轴承或者是角接触球轴承。在某些型号的粉碎机上，有的也需要采用圆锥滚子轴承或者是角接触球轴承，在这些情况下，需要按照一般方式来进行校核。

- a) 已知两轴承的径向反力 F_{R1}, F_{R2} 之后，由选定的圆锥滚子轴承或者是角接触球轴承内部的派生轴向力

$$F_{d1} = F_{r1} / 2Y$$

$$F_{d2} = F_{r2} / 2Y$$

- b) 然后根据是正装反装和轴承最佳受力状态，确定两个轴承所受的轴向力 F_{A1}, F_{A2} 。

- c) 由判断系数 e ，和径向力和轴向力的比值，取径向动载荷系数 X 和轴向动载荷系数 Y 值 如：

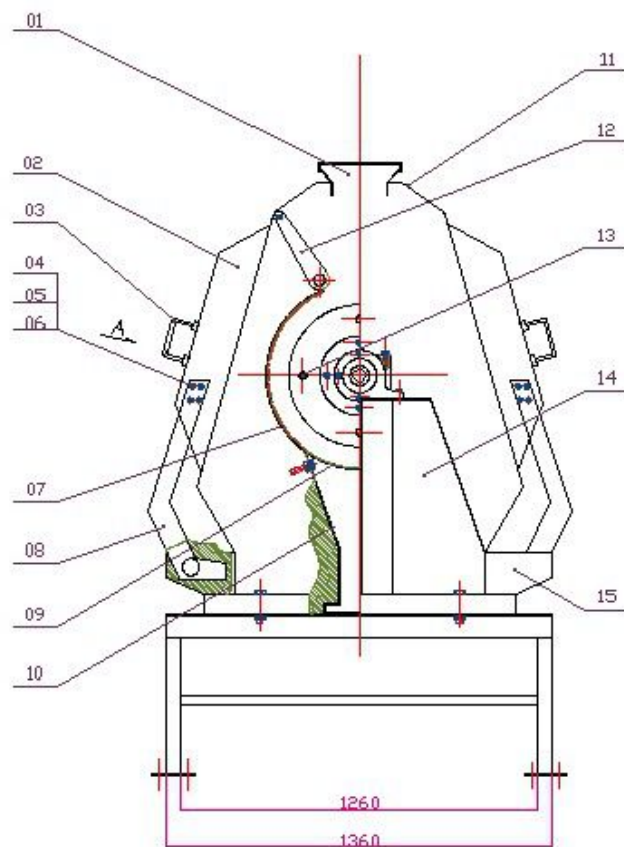
$$F_{A1} / F_{R1} \leq e, \text{ 故 } X_1 = 1, Y_1 = 0$$

$$F_{A2} / F_{R2} \geq e, \text{ 故 } X, Y \text{ 已知}$$

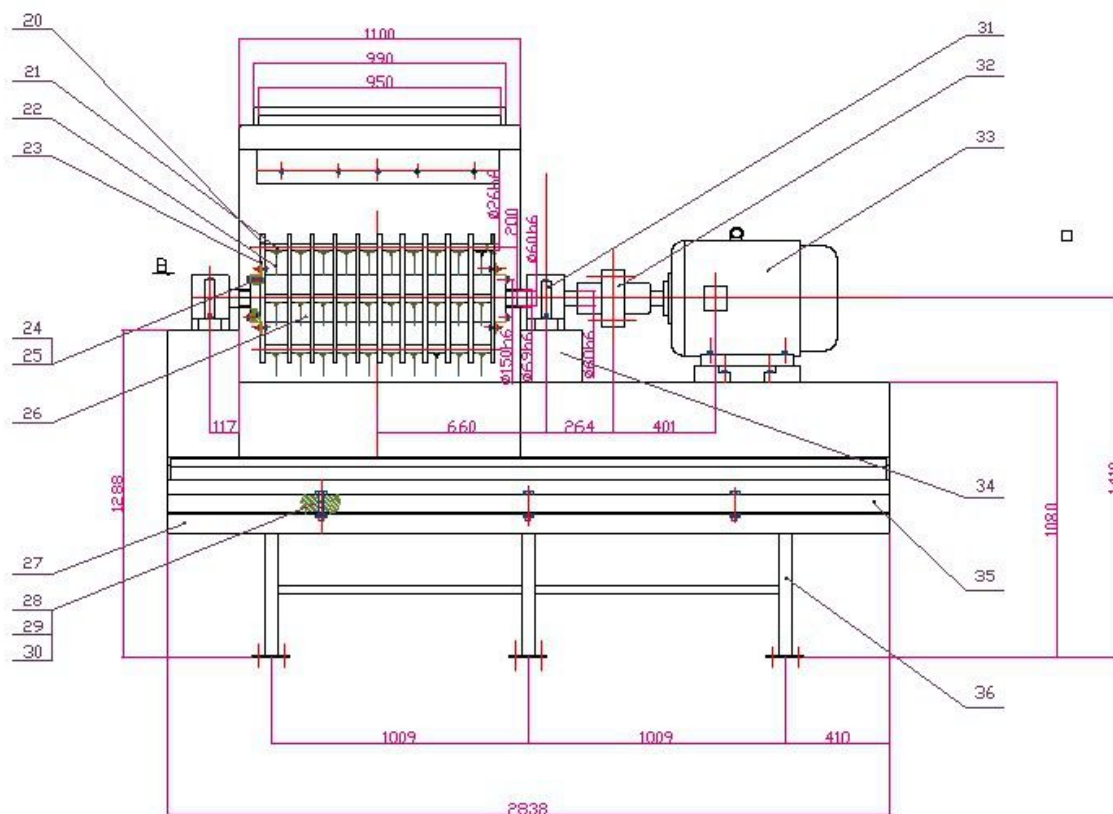
- d) 计算当量载荷 P_1, P_2

筛网的设计	<p>由文献取 $f_p = 1.5$，由下边两个式子即可求得当量动载荷 P_1、P_2</p> $P_1 = f_p (X_1 F_{r1} + Y_1 F_{A1})$ $P_2 = f_p (X_2 F_{r2} + Y_2 F_{A2})$ <p>e) 轴承寿命计算</p> <p>比较 P_1 和 P_2 的值，取其中较大的 P。</p> $L_H = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^\varepsilon \text{ 与 } L'_H \text{ 的比较}$ <p>对于圆锥轴承 $\varepsilon = \frac{10}{3}$；对于滚子轴承 $\varepsilon = 3$</p> <p>由此可知道这个轴承是否满足工作要求。</p> <p>3.2.4 筛网的设计</p> <p>在本文所设计的这台粉碎机上，本文选择的是钢制棱形双层筛网，该筛网的最长对角线为 3cm。可以两层网之间的距离为 2cm.并且这两层筛网的网格要互相重叠开，以使粉碎粒度合适的料粉碎下去，而粉碎不充分的料继续啊留在箱中于后续进料搅拌混合粉碎。安装筛网时，应使筛孔带毛刺的一面朝里，光面朝外，筛网和筛架要贴合严密。</p>	
-------	--	--

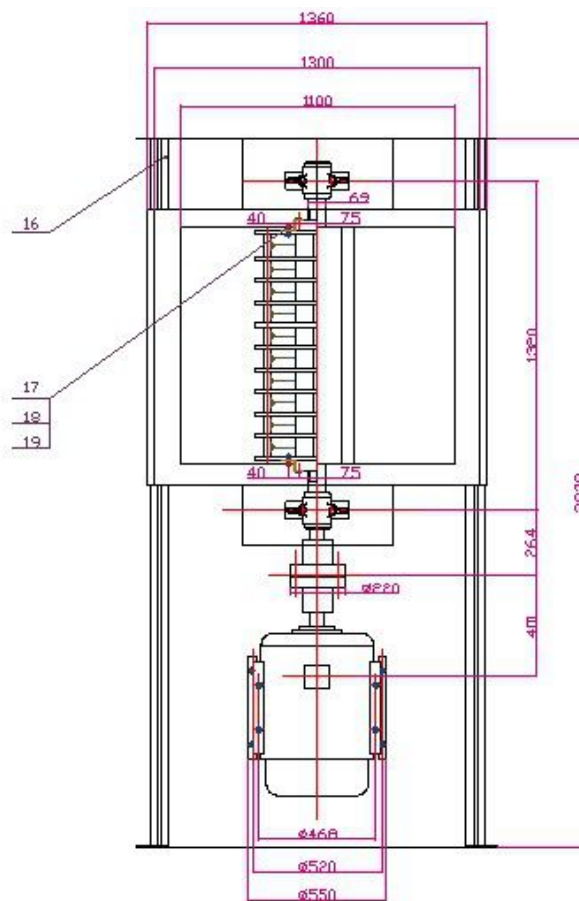
3.3 粉碎机整体设计图



主视图



左视图



俯视图

4 维修、保养及故障排除

4.1 维修、保养

- a) 严格按照操作法进行工作，每班做好必要的检查、清洁卫生工作。
- b) 机器工作 4000-5000 小时，轴承应拆洗一次
- c) 机器零件损坏或严重磨损，应及时修复或更换，修复后，转子应做动平衡校正。
- d) 如果停机时间较长，应把机器内的污物、物料清除干净、以免机器生锈和筛孔堵塞。
- e) 本机长时间存放、应置于通风、干燥处、露天堆放要注意防雨。

4.2 故障的排除

故障现象		故障原因	排除方法
电 机	电机启动困难	1 电压低 2 导线截面过小 3 保险丝易烧断	1 用电高峰期后使用 2 跟换截面适当的导线 3 更换与电机容量相符的保险丝
	过热电机无力	1 电动机两相运行 2 电动机绕组短路 3 长期超负荷	1 接通诊断、三相运行 2 检修电动机 3 额定负荷下工作
	1、粉碎机强烈震动	1、锤片安装排列有误 2、对应两组锤片重量差大 3、个别锤片卡住，没有甩开 4、转子其它零件不平衡 5、主轴弯曲 6、轴承损坏	1. 按锤片排列图重新安装 2. 重新调整锤片，使每组重量差不超过 5g 3. 锤片转动灵活 4. 平衡转子 5. 校直或者更换新轴

粉碎机主体		7、减震器失效	6. 更换轴承 7. 更换减震器
	2、粉碎室内有异常	1、过硬物体进入机器 2、机器零件脱落或损坏 3、锤筛间隙过小	1、停机清楚异物 2、停车检查，更换新件 3、使间隙符合规定尺寸
	3、生产效率显著下降	1、电动机功率不足 2、锤片严重磨损 3、原料喂入不匀 4、原料水分过高 5、孔太小，不和要求 6、筛片开孔率小	1、检修电动机 2、调个头或者更换新锤片 3、均匀喂料 4、干燥原料 5、更换相应筛孔的筛片 6、更换高开孔率筛片
	4、进料口反喷	1、输送管道堵塞 2、筛孔堵塞	1、疏通堵塞 2、疏通筛桶或更换筛片
	5、成品过粗	1、筛片磨损严重或有小洞 2、筛片与筛垫贴合不严或侧面间隙过大	1、补洞或更换筛片 2、停机检修，使筛片与筛垫贴合严密
	6、轴承过热	1、润滑脂过多、过少或不良 2、轴承损坏 3、主轴变弯或转子不平衡 4、长期超负荷工作	1、更换润滑脂，按规定加油 2、换新轴承 3、校直主轴、平衡转子 4、减少喂入量
	7、联轴器有响声	弹性销损坏	换新弹性销

5 总结与展望

这次毕业设计其根本目的是为了培养我们对知识的综合运用能力,是否可以将书本所学知识转换为工程实际问题,如何合理运用这些基础知识并将其扩展发挥,合理的发挥我们的想象力与创造力。

我设计的锤片式粉碎机在传动方式为电动机通过弹性柱销联轴器带动主轴传动,缓和载荷冲击,减小了噪声,对电机和主轴上的各个零件都有好处,但是效率不太高,不过基于种种优点,我们仍然采用了弹性柱销联轴器。另外还采用了最简单的楔口插入定位、螺栓螺钉紧固等,锤片是焊接在刀座上的,可以在工作时保证刀片的固定性,从而也可以保证木片的质量符合要求。主轴在支承上采用一对圆柱滚子轴承,该轴承的润滑采用脂润滑,并装有密封环,防止碎末飞入轴承影响轴承工作,并隔离油脂与碎屑。此外出料口的尺寸不能偏小,以免物料再粉碎箱中产生堆积。由于此台粉碎机并非什么精密机械,而且箱内的情况变化比较复杂,所以,选用螺纹连接件的标准不宜过分严苛,只要在尺寸上合适,在承受载荷上能够满足条件就可以选用。

在此次毕业设计中,暴露了我的许多不足之处,例如:对知识点的理解不深刻;对所学知识不能合理运用;面对实际工程问题,无法灵活的将其与所学知识匹配起来解决。这些不足之处,我都会加以改进,因为我热爱这门学科,设计是神圣的,未来,我会更加努力学习!

6 锤片式粉碎机的经济分析报告

6.1 经济效应

锤片式粉碎机的结构简单、运转平稳、粉碎效果良好，物料可由下料室排出，粉碎粒度可以由控制不同孔径的筛网来获取，本机主要采用不锈钢制作，机体内部全部按照要求的粗糙度进行加工，均达表面光滑，改变了以前机型内壁粗糙的现象，从而改善了积粉现象。

- (1) 采用创新的粉碎机构，与辊磨机相比，同能耗下产能提高了 30%。
- (2) 配备高精度自分流分级系统，成品细度高，产品分布粒度可调，大颗粒控制严格。
- (3) 该锤片式粉碎机通用性好。
- (4) 锤片采用复合耐磨新材料，延长了使用寿命。
- (5) 采用减震器，降低了震动所产生的噪声。

6.2 社会效应

我国加入 WTO 后，锤片式粉碎机工业正在步入一个高速发展的快道，并成为国民经济的重要产业，对国民经济的贡献和提高人民生活质量的作用也越来越大。到 2015 年，中国的锤片式粉碎机生产量和消费量可能位居世界第二，仅次于美国。而其在装备工业上的投入力度将会大大加强，市场的竞争也愈演愈烈，产品的更换也要求锤片式粉碎机装备工业不断在技术和工艺上取得更大的优势：

- 1、从国家计委立项情况看，锤片式粉碎机巩固额 1000 万以上投入的项目达近百项。
- 2、锤片式粉碎机工业已建项目的二期改造也将会生产一个很大的用户群。
- 3、由于锤片式粉碎机的高利润，促使各地政府都纷纷投资在锤片式粉碎机制造上。其次，跨国公司都开始将最新的车型投放到中国市场，并计划在中国加大投资力度，扩大产能，以争取中国更大的市场份额。民营企业的崛起以及机械制造的敏锐使其成为锤片式粉碎机发展的必要条件。

致 谢

此次的毕业设计十分的感谢我的指导老师，在他耐心的辅导下我从最初选题的迷茫，到开题的依稀迷惑，再到收集资料及文献后的了然，以更改设计时，都是老师亲自指导，悉心的教导抚平了设计过程的烦躁、苦闷。

在此，我要向我的导师表示由衷的感谢和深深的敬意！感谢四年以来认真教过我的那些老师们，感谢那些引导我生活教会我做人的老师们，感谢你们在我的成长道路上给我留下的精神财富，感谢，一生有你！

参 考 文 献

- [1] 濮良贵. 机械设计（第七版） 高等教育出版社，2000：100-317
- [2] 章秦娟. 陶瓷工艺学 武汉理工大学出版社，2012.1 重印
- [3] 张柏清，林万云. 陶瓷工业机械与设备 中国轻工业出版社，2012.1
- [4] 付林兴，银金光. 锤式破碎机中单颗粒物料的最大破碎力研究. 矿业快报，
2002 年 6 月第 11 期，4-6
- [5] 郑鸣皋 主编. 破碎机综述. 机械工业出版社，2001
- [6] 朱张校，姚可夫 主编. 工程材料啊（第四版） 清华大学出版社，2009,9
- [7] 柴惠芬，石德珂. 工程材料的性能、设计与选材. 机械工业出版社，1991
- [8] 秦曾煌. 电工学电工技术. 第七版.北京：高等教育出版社.2009
- [9] 闻邦椿.机械设计手册第一卷.北京:机械工业出版社.2010.
- [10]机械工程编委会.机械工程手册.北京:机械工业出版社.1997
- [11]Ashby M F,David R H,Jones. Engineering Materials.Oxford, New
York:Pergamon Press,1980
- [12]高建明 PC-2425 型锤式粉碎机的研制与应用. 水泥，2004（5）；
- [13]成大先.机械设计手册<专用设备二>.北京：化学工业出版社.2001.
- [14]杜波，朴胜团. 800×600 筛板锤式破碎机改制. 砖瓦，1997 年，第 1 期，19～
20；
- [15]Leonard G.Austin. Powder technology 143-144(2004)240-252;
- [16]Fengnian Shi,Toni Kojovic,Joan S.Esterle. Int. J.Miner.Process.71(2003)147-166;
- [17]付林兴，银金光.锤式破碎机中单颗粒物料的最大破碎力研究. 矿业快报，
2002 年 6 月第 11 期，4～6；