

高等学校教学参考书

# 机械设计基础

上册

甘肃工业大学《机械设计基础》编写组编

人民教育出版社

# 机械设计基础

上册

甘肃工业大学《机械设计基础》编写组编

\*

人民教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

\*

1977年10月第1版 1977年4月第1次印刷

书号 15012·033 定价 1.30 元

本书共三篇十六章,分上、中、下三册出版。上册(第一篇)讲结构设计,包括机械原理、机械零件和公差的有关基本内容,便于读者尽早进行机械设计实践,以及在学习第二篇和第三篇时有较强的针对性。中册(第二篇)讲校核计算,包括静力学、材料力学以及机械原理和机械零件的有关内容,将力学理论与设计实践联系起来进行阐述。下册(第三篇)讲方案制订,主要是运用运动学和动力学的理论去指导设计新的机械。

本书可供工人、技术人员、有关七·二一工人大学和普通工科院校学生参考。

本书由甘肃工业大学《机械设计基础》编写组集体编写,先后有二十多位同志参加,由汪朴澄同志主编,张静君同志校阅。

# 上册目录

## 绪论

|                   |   |                          |   |
|-------------------|---|--------------------------|---|
| 第一节 农用柴油机解剖 ..... | 1 | 第三节 必须系统学习机械设计基础理论 ..... | 9 |
| 第二节 一般机械举例 .....  | 5 |                          |   |

## 第一篇 机械结构设计

|                             |    |                                            |    |
|-----------------------------|----|--------------------------------------------|----|
| 第一章 运动简图设计 .....            | 10 | 第三章 传动机构设计 .....                           | 51 |
| 第一节 引例 .....                | 10 | 第一节 三角胶带机构设计 .....                         | 51 |
| 一、农用柴油机曲轴箱的运动简图 .....       | 10 | 一、三角胶带传动的工作原理及其张紧装置 .....                  | 51 |
| 二、设计砸铁机的运动简图 .....          | 12 | 二、怎样选择三角胶带型号 .....                         | 51 |
| 第二节 机械运动简图设计的一般规律 .....     | 14 | 三、怎样确定三角胶带根数 .....                         | 52 |
| 一、怎样画机构的运动简图 .....          | 14 | 四、如何使胶带寿命长一些 .....                         | 54 |
| 二、实际机构的活动度应当是1 .....        | 18 | 五、胶带轮的材料与结构 .....                          | 59 |
| 三、如何制订机械的运动简图 .....         | 21 | 第二节 直齿圆柱齿轮机构设计 .....                       | 60 |
| 第三节 应用举例 .....              | 23 | 一、齿轮是怎么制造的 .....                           | 60 |
| 一、制订剪板机方案 .....             | 23 | 二、展成切削法规定了传动平稳的渐开线齿形 .....                 | 60 |
| 二、制订牛头刨床方案 .....            | 23 | 三、在 $\alpha_0$ 相同的前提下渐开线齿轮的传动条件是模数相等 ..... | 65 |
| 三、设计抛砂机方案 .....             | 25 | 四、模数 $m$ 与齿数 $Z$ 确定了齿轮的全部尺寸 .....          | 66 |
| 四、混砂机设计方案 .....             | 27 | 五、选择材料后由 $N/n$ 估算模数 $m$ .....              | 68 |
| 五、设计破碎机方案 .....             | 29 | 六、齿数根据传动比灵活分配,但不宜小于17并要考虑尺寸紧凑 .....        | 70 |
| 第二章 结构图设计概述 .....           | 32 | 七、根据齿轮直径确定轮体结构 .....                       | 70 |
| 第一节 强度问题的解决办法 .....         | 32 | 八、根据传动要求规定齿轮的精度等级和公差 .....                 | 71 |
| 一、力与运动必同时发生 .....           | 32 | 九、根据传动要求选择齿轮孔与轴的配合 .....                   | 75 |
| 二、有力就有强度问题 .....            | 35 | 十、绘制齿轮工作图 .....                            | 83 |
| 三、强度问题必须根据力与材料性能解决 .....    | 36 | 第三节 斜齿圆柱齿轮机构设计 .....                       | 84 |
| 四、材料性能可由试验求得 .....          | 37 | 一、齿轮啮合原理——怎样的两个齿轮能作定比传动 .....              | 84 |
| 五、力可根据 $N/n$ 计算出来 .....     | 40 | 二、斜齿轮与直齿轮的区别 .....                         | 84 |
| 六、 $N$ 与 $n$ 最好通过试验确定 ..... | 41 | 三、从斜齿条看斜齿轮的尺寸与标准 .....                     | 85 |
| 第二节 轴径估算与轴的结构设计 .....       | 41 | 四、一对斜齿轮的传动条件 .....                         | 87 |
| 一、轴的材料 .....                | 41 | 五、斜齿轮基本参数的确定 .....                         | 87 |
| 二、轴径的最小许用值 .....            | 42 | 六、斜齿轮的当量齿数 .....                           | 88 |
| 三、轴的结构设计 .....              | 44 | 七、斜齿轮的公法线长度 .....                          | 88 |
| 第三节 结构图设计举例 .....           | 46 | 第四节 减速箱设计 .....                            | 92 |
| 一、确定 $N$ 与 $n$ .....        | 46 | 一、定轴轮系传动比计算 .....                          | 92 |
| 二、选择轴的材料并确定最小许用轴径 .....     | 46 |                                            |    |
| 三、画出机械的主体部分 .....           | 46 |                                            |    |
| 四、绘制结构图 .....               | 47 |                                            |    |

|                                           |     |                                           |     |
|-------------------------------------------|-----|-------------------------------------------|-----|
| 二、定轴轮系传动比设计 .....                         | 93  | 第六节 弹簧设计 .....                            | 191 |
| 三、定轴轮系布置方案 .....                          | 94  | 一、零件的弹性与刚性 .....                          | 191 |
| 四、减速箱结构设计 .....                           | 95  | 二、弹簧设计要解决的主要问题 .....                      | 191 |
| 五、举例 .....                                | 96  | 三、压缩弹簧设计 .....                            | 192 |
| 第五节 圆锥齿轮机构设计 .....                        | 101 | 四、弹簧的基本型式与设计方法 .....                      | 197 |
| 一、圆锥齿轮传动的基本道理 .....                       | 101 | 第七节 机架设计 .....                            | 203 |
| 二、大端模数 $m$ 与齿数 $Z$ 规定了圆锥齿轮的<br>全部尺寸 ..... | 103 | 一、机架设计要解决三个问题 .....                       | 203 |
| 三、基本参数 $m$ 与 $Z$ 怎么确定 .....               | 105 | 二、要解决好机架设计问题, 必须了解机架的<br>作用并提出明确的要求 ..... | 203 |
| 四、轮体结构选择 .....                            | 105 | 三、机架的外形选择与内部结构安排 .....                    | 204 |
| 五、精度等级、检验项目和工作图 .....                     | 105 | 四、机架的合理剖面形状 .....                         | 204 |
| 第六节 螺旋机构及蜗杆蜗轮机构设计 .....                   | 109 | 五、机架的材料与制造方法 .....                        | 204 |
| 一、螺旋关节的基本道理 .....                         | 109 | 第五章 工作图设计 .....                           | 206 |
| 二、螺杆螺母机构设计 .....                          | 117 | 第一节 设计工作图要考虑的问题 .....                     | 206 |
| 三、蜗杆蜗轮机构设计 .....                          | 121 | 一、尺寸、配合与公差 .....                          | 206 |
| 第七节 链条机构设计 .....                          | 132 | 二、零件表面的光洁度 .....                          | 208 |
| 一、链条与链轮 .....                             | 132 | 三、技术条件 .....                              | 209 |
| 二、基本参数 $t$ 与 $Z_1$ 的选择 .....              | 134 | 第二节 颚式破碎机个别轴向尺寸公差的确定 .....                | 209 |
| 三、链条列数 $m$ 的估计 .....                      | 135 | 一、个别轴向尺寸为什么要规定公差 .....                    | 209 |
| 四、其它几何尺寸计算 .....                          | 136 | 二、轴向配合的公称尺寸应当封闭 .....                     | 210 |
| 第四章 常用零件选择 .....                          | 142 | 三、合理确定间隙范围 .....                          | 210 |
| 第一节 轴承选择 .....                            | 142 | 四、根据间隙范围确定各尺寸的公差 .....                    | 210 |
| 一、常见的关节 .....                             | 142 | 五、算出上、下偏差 .....                           | 211 |
| 二、滑动轴承设计 .....                            | 142 | 第三节 尺寸链问题及其解法 .....                       | 211 |
| 三、滚动轴承选择 .....                            | 146 | 一、什么叫尺寸链 .....                            | 211 |
| 四、滑动轴承与滚动轴承比较 .....                       | 156 | 二、尺寸链中的各个尺寸是怎么联系的 .....                   | 211 |
| 第二节 轴承组合设计 .....                          | 156 | 三、尺寸链的计算公式 .....                          | 212 |
| 一、轴承组合设计的主要问题——轴与轴承的<br>轴向定位 .....        | 156 | 四、尺寸链问题的解法 .....                          | 212 |
| 二、轴承组合设计的其它问题 .....                       | 158 | 第四节 应用举例 .....                            | 213 |
| 第三节 润滑剂的选择、加油方式与密封设计 .....                | 161 | 一、齿轮箱中轴向尺寸公差的确定 .....                     | 213 |
| 一、润滑剂的选择 .....                            | 161 | 二、嵌装式齿轮箱轴向尺寸公差的确定 .....                   | 215 |
| 二、常用的供油方法 .....                           | 164 | 第六章 设计举例 .....                            | 218 |
| 三、典型零件润滑剂及润滑方式的选择 .....                   | 166 | 第一节 600吨螺旋摩擦压力机设计 .....                   | 218 |
| 四、常用的密封装置 .....                           | 168 | 一、制订方案 .....                              | 218 |
| 第四节 联接零件的选择 .....                         | 170 | 二、确定摩擦轮的尺寸 .....                          | 220 |
| 一、螺纹联接 .....                              | 170 | 三、确定其它主要零件的尺寸与结构 .....                    | 221 |
| 二、焊联接 .....                               | 176 | 四、绘制结构图与工作图 .....                         | 225 |
| 三、键联接 .....                               | 177 | 第二节 立柱式转盘双头铣设计 .....                      | 226 |
| 四、无键联接、楔联接和销联接 .....                      | 180 | 一、根据实际要求设想工艺简图 .....                      | 226 |
| 第五节 联轴器的选择 .....                          | 182 | 二、根据工艺简图作出整体布局 .....                      | 227 |
| 一、联轴节 .....                               | 182 | 三、动力头设计 .....                             | 227 |
| 二、离合器 .....                               | 185 | 四、工作台设计 .....                             | 233 |
| 三、联轴器的选择与计算 .....                         | 188 | 五、走刀箱设计 .....                             | 238 |
|                                           |     | 六、绘制总装图 .....                             | 240 |

# 绪 论

在工农业生产实践中,使用着许多机械,用途不同,形式也不一样,显得十分复杂。但是,我们不要被复杂的形式所迷惑,而要透过形式去看机械的共同的內容。下面我们先解剖一个农用柴油机,看它包含什么;然后观察几个其他机械,看它与柴油机有什么共同的地方,从而明确:机械设计基础理论是客观地存在着的;要为祖国的社会主义建设事业设计机械,必须联系实际系统地学习机械设计基础理论。

## 第一节 农用柴油机解剖

小型柴油机是目前我国农村中常见的原动机,它将柴油燃烧产生的热能转变为机械功,用来驱动手扶拖拉机、磨面机、水泵、小型发电机等工作机械。

热能怎么会变成机械功呢?为了说明这个问题,不妨举一个生活中常见的例子。当向热水瓶冲开水没有完全冲满时,即使将瓶塞塞得很紧,它仍会被热气顶出来。这是因为开水没有冲满,热水瓶中还有一些空气,这些空气被开水加热,压力升高,膨胀做功,即将瓶塞顶出,气体从开水获得的热能变成了瓶塞的动能或机械功。柴油机就是利用这种原理制造出来的:如图 0-1,在一个带底的圆筒(气缸)中,放入一个可以移动的圆柱体(活塞),加热气缸中的气体,气体膨胀做功,将活塞向下推动,热能就变成了活塞的动能。再用一个连杆把曲轴与活塞可动地联接起来,曲轴呈 J 形,它的左右两端装在轴承上,中间轴颈装在连杆下端的孔中;活塞上固定一个活塞销,连杆上端的孔套在活塞销上。于是,向下运动的活塞,又通过连杆推动曲轴转动,得到工作机械所需要的旋转运动。曲轴、活塞与连杆的这种组合,叫做曲柄滑块机构,曲柄指曲轴,滑块则指活塞。以曲柄滑块机构为主体,配以一些辅助机构,如图 0-2 示意的那样,就构成一台完整的柴油机了。

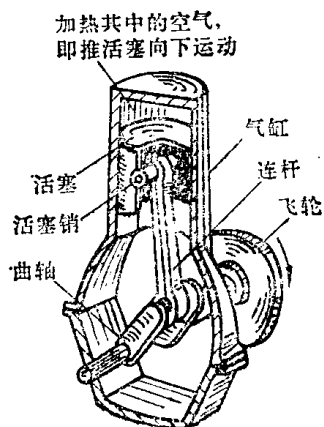


图 0-1 柴油机的曲柄滑块机构

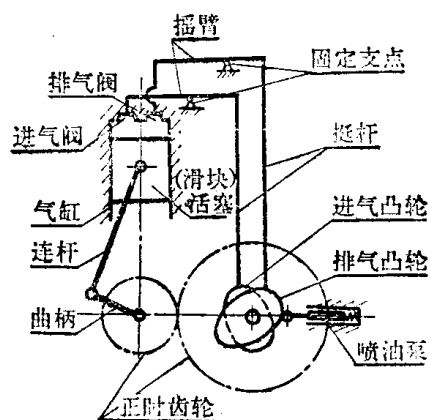


图 0-2 柴油机运动简图

为什么柴油机要以曲柄滑块机构为主体,各种辅助机构又起什么作用?要解决这个问题,必须抓住柴油机的工作原理。柴油机是将柴油直接在气缸内部燃烧(故又叫内燃机),得到温度、压力很高的气体,以推动活塞做功。说的仔细一点:首先将空气吸入气缸,然后压缩,实践告诉我们,空气高度压缩将产生高温,这时喷入柴油,即会燃烧而使空气膨胀,推动活塞做功。为了使机器连续动作,还必须将已燃烧的废气排出,重新将柴油和空气通入,再进行第二次燃烧做功。因此,柴油机的工作是一个循环、一个循环地连续进行的,而每一个循环,则由吸气、压缩、燃烧膨胀、排气等四个过程组成。这四个过程在活塞上、下往复两次中完成,此时曲轴旋转两周,活塞则走过四个冲程。所谓冲程是指活塞最高位置(称上止点)和最低位置(称下止点)间的距离,活塞从上止点走到下止点、或从下止点走向上止点,叫做走过一个冲程。

四个过程或四个冲程的进行情况是这样的(图 0-3):

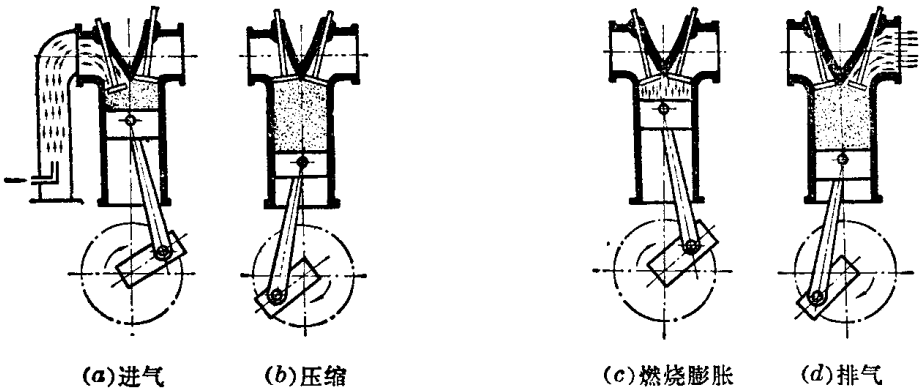


图 0-3 内燃机四冲程工作原理

**进气冲程** 其任务是将新鲜空气吸入气缸。在这个冲程中柴油机不作功,但由于高速转动的曲轴飞轮有着很大的转动惯性,它仍然转动不歇,并通过连杆带动活塞从上止点走向下止点,气缸中容积随活塞下移不断增大,同时压力下降产生吸气作用,将新鲜空气吸入气缸。在进气冲程开始时,活塞在上止点,进气阀门即开启,待活塞走到下止点,进气冲程结束,进气阀门才关闭。在整个进气冲程中,排气阀门都是关闭的。

**压缩冲程** 进气冲程结束后,进、排气阀都关闭着。柴油机仍不作功,活塞还是依靠曲轴飞轮转动惯性的带动,又从下止点走向上止点,完成压缩冲程:气缸容积不断缩小,气体不断压缩,气体的温度和压力不断升高。当活塞快要走到上止点时,即由喷油嘴喷入柴油,为下一个冲程——燃烧膨胀冲程作好准备。

**燃烧膨胀冲程** 压缩冲程终了,气缸内达到很高的温度和压力,喷入的柴油即自行着火燃烧。这时,进、排气阀仍都关闭着,故柴油燃烧后发出的大量热量,使气缸内气体的温度和压力大大升高,高压膨胀的烟气便推动活塞从上止点走向下止点,并通过连杆带动曲轴加速旋转。这个冲程叫做燃烧膨胀冲程。在燃烧膨胀冲程中,柴油机才真正对外做功。

**排气冲程** 活塞走到下止点,燃烧膨胀冲程结束,排气阀开启,由于曲轴借其惯性继续旋转,带动活塞又从下止点走向上止点,把废气从排气阀门推出去,完成排气冲程。接着,排气阀门关闭,进气阀门打开,随着曲轴的继续旋转又开始下一个循环的进气冲程。

弄清楚柴油机的工作原理,构成它的各个机构的作用就可迎刃而解了:

### 一、曲柄滑块机构解决连续运转问题

由柴油机的工作原理可知,柴油机在一个循环中,只有燃烧膨胀冲程才真正将柴油燃烧的热能转变为机械能而对外做功;其它三个冲程(进气、压缩和排气冲程)都是为燃烧膨胀冲程作好准备。在这三个冲程中,柴油机不但不对外做功,反而要由曲轴的惯性拖着活塞运动,消耗一部分曲轴的动能。于是,为什么柴油机必须以曲柄滑块机构为主体的问题,就比较清楚了,它不但为了将活塞的移动转变为曲轴的转动,而且还为了四个冲程能够连续地进行。如果没有曲柄滑块机构的联接,燃烧膨胀冲程做功结束后,活塞怎么排气复位,活塞又怎么继续运动,为下一个循环的燃烧膨胀冲程做好吸气和压缩的准备工作呢?

### 二、凸轮机构解决气阀启、闭的控制问题

根据柴油机的工作原理,其进、排气阀门必须按时开启和关闭:在进气冲程时,进气阀开启,让新鲜空气进入气缸;在排气冲程时,排气阀开启,让燃烧膨胀后的废气排出气缸;在压缩冲程和燃烧膨胀冲程时,进、排气阀都关闭,保证气缸容积的密封。怎样才能按时开启和关闭进、排气阀门呢?用凸轮来控制,如图 0-4 所示:当凸轮转动时,利用它的凸出部分通过摆动臂推动挺杆向上,再通过摇臂顶开气阀;凸轮转过凸出部分后,挺杆下降,弹簧就将气阀关闭,使之压紧在气阀座上。只要在一定的位置上给凸轮按上凸出部分,并等速地转动它,进、排气阀就可按时启、闭了。在这里,凸轮与摆动臂组成另一种形式的可动联接,叫做凸轮机构。

### 三、齿轮机构解决传动问题

柴油机的控制箱中还有两个齿轮,它们互相啮合在一起,构成又一种形式的可动联接,叫做

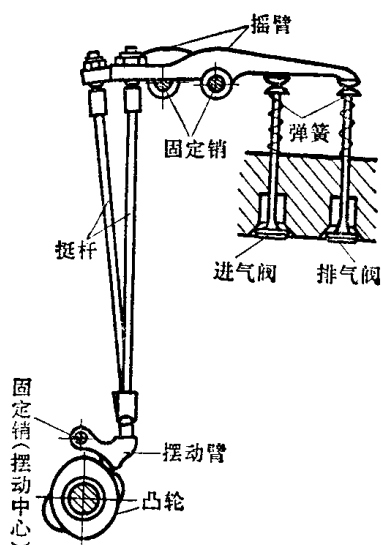


图 0-4 配气机构

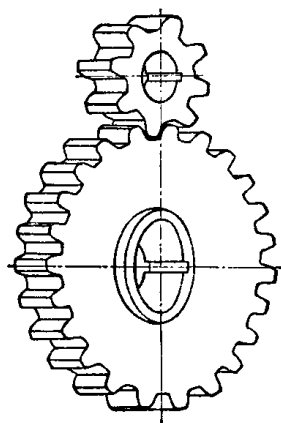


图 0-5 齿轮机构

齿轮机构(图 0-5)。齿轮机构起着什么作用?原来,控制气阀启闭的凸轮,自己不会旋转,而要



由曲轴把运动传递给它,这种旋转运动的传递(简称传动),就是由齿轮机构来实现的。另外,这里的齿轮机构还保证着曲轴位置(即活塞位置)和凸轮位置的相应关系:装在曲轴前端的齿轮有 17 个牙齿,装在凸轮轴上的齿轮有 68 个牙齿,所以,曲轴旋转两周,凸轮才旋转半周。当曲轴旋转两周时,活塞上下往复两次,完成进气、压缩、燃烧膨胀、排气一个完整的循环,进、排气阀门各需顶开一次,而控制进、排气阀门的凸轮上制有对称分布的两个凸出部分,它旋转半周,刚好顶开气阀一次,并且刚好是当活塞在上止点(排气冲程終了、进气冲程开始)或下止点(燃烧膨胀冲程終了、排气冲程开始)时,凸轮的凸出部分转到顶住摆动臂的位置,这就保证了按时启、闭气阀的要求。齿轮机构的这个作用叫做正时作用,故在柴油机中叫它正时齿轮,两个正时齿轮上各打有一个记号“0”,按装时必须对准,就是保证活塞和气阀的正时关系的。

#### 四、飞轮解决速度波动问题

在柴油机曲轴一端的锥面上,用螺母锁紧着一个大轮子,叫做飞轮(图 0-1)。为什么要装这个飞轮呢?因为在柴油机每一个循环的四个冲程中,只有燃烧膨胀冲程才对外做功,热能通过做功过程转变为动能,将使曲轴转速增加;其它三个冲程,不但不做功,相反还要消耗曲轴的一部分动能,曲轴转速就要下降。所以,柴油机曲轴的转速是时快时慢的,这种现象叫做速度波动。为了减少这种速度波动,按装一个笨重的飞轮,来增加曲轴的转动惯性。这样,在燃烧膨胀冲程时,曲轴的动能和转速虽然要增加,但因飞轮的惯性较大,吸收一些动能,转速不致增加很多;而在其它冲程时,飞轮积蓄的动能要放出一部分,也正是由于飞轮的惯性较大,放出一些动能,转速不致减少很多,于是就达到了减小曲轴速度波动的目的。

#### 五、调速机构解决调速问题

在控制箱的曲轴端部,还装有如图 0-6 所表示的调速机构,它用来自动调节柴油机曲轴的转速,使之不会因负载改变而发生很大的变化。柴油机拖着手扶拖拉机、水泵、磨面机等工作机械,它所负担的力量,一定会有变动,曲轴转速也就跟着起变化:负荷减少,转速升高,转速过分的升高,将使机器零件降低寿命或破坏;负荷增加,转速降低,转速过分降低也不符合工作机械的需要。我们希望机器在不同负荷下能保持转速基本不变,就是用调速机构来实现的:负荷减少,曲轴转速升高,它带动调速器中小球的转速也随之升高,因此离心力增加,推动带内锥面的轴套在弹簧的作用下向右移动,从而减小高压油泵给喷油嘴的供油量,柴油机做功减少,转速就逐渐下降;负荷增大,曲轴转速下降,小球转速也随之降低,因此离心力减少,带内锥面的轴套在弹簧(图上未画出)的作用下向左移动,增大高压油泵给喷油嘴的供油量,柴油机做功

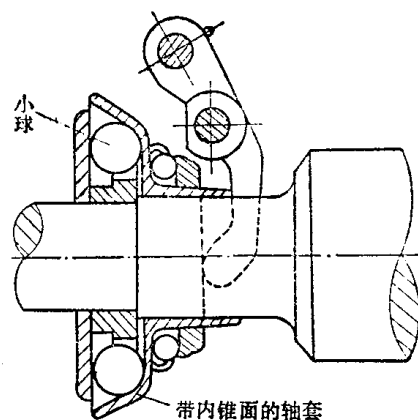


图 0-6 调速机构

增加, 转速就逐渐回升<sup>①</sup>。

## 六、用润滑减少摩擦

柴油机各个零件的表面, 多数是经过加工的, 看起来似乎很平滑, 但用高倍放大镜来看, 却总是或多或少高低不平。因此, 两个零件的表面接触并相对运动, 其凸出部分就会相互撞击挤压, 既产生了摩擦力, 又会把零件表面磨坏。为了减少摩擦, 要在运动零件的表面不断地加上一些润滑油。柴油机控制箱中曲轴的端部带动一个机油泵, 就是用它来不断地把滤清的机油经过油道送到各个运动零件的表面上去的。

\*

\*

\*

由上述可见, 尽管柴油机比较复杂, 但其构造不外乎曲柄滑块、凸轮、齿轮等几种机构的组合, 组合这些机构时应用了轴、轴承、滑道(气缸)……, 再采用一些合理的固定联接和润滑冷却方式。

柴油机是这样, 其他机械也是这样的, 下面举一些例子。

## 第二节 一般机械举例

### 一、剪板机

剪板机是铆焊车间的一种备料设备, 用来剪断各种板材。图 0-7 为其结构简图。从图中可看出来, 偏心轴(轮) 6 与活动刀架 8, 通过连杆 7 的联接, 组成曲柄滑块机构。电动机 1 的运动,

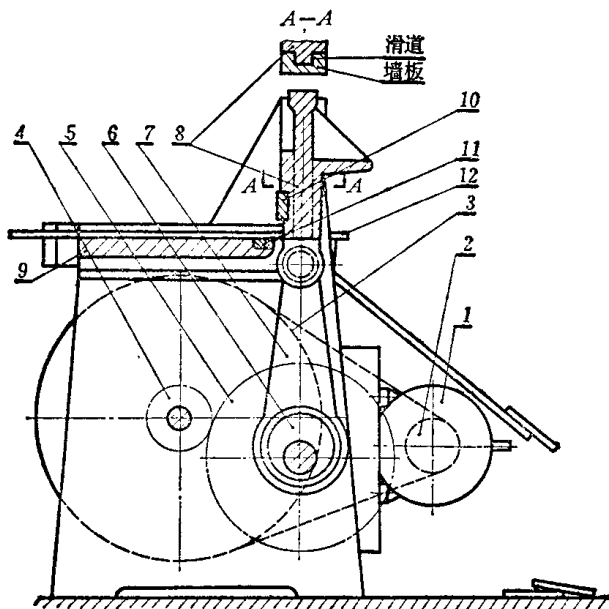


图 0-7 剪板机结构简图

① 喷油量越大, 燃烧放出的能量越多, 因此气缸内的压力越高, 推动活塞作功越多; 反之, 喷油量越小, 则燃烧释放能量越少, 气缸内压力越低, 推动活塞作功越少。

经胶带轮 2、3 与齿轮 4、5 的减速，传递给偏心轮 6，又通过曲柄滑块机构的作用，转变为活动刀架 8 的上下往复移动。活动刀架上装有一把锋利的刀片 10，它与工作台上的固定刀片 11 组成一把很宽的铡刀，于是，随着活动刀架的上下运动，就象普通的铡刀一开一合那样，铡断(剪断)放置在工作台 9 上的各种板料 12。

剪板机与柴油机相仿，也是以曲柄滑块机构为主体，再配以胶带、齿轮等辅助部份而构成。但由于功用不同，决定组合方式不同，不再是柴油机，而是剪板机了。

二、颚式破碎机

颚式破碎机是熔炼车间、水泥厂或煤厂的一种备料设备，用来轧碎大块的矿石和煤块。图 0-8 表示它的简图：曲轴、动颚(连杆)、肘板与机架，通过 A、B、C、D 四个铰链，联接成一个机构，叫做四铰链机构；因为曲轴作旋转运动，肘板只是上、下摇摆，又叫做曲柄摇杆机构。电动机的运动经胶带减速以后，传递给曲轴，并通过这个曲柄摇杆机构带着动颚作复杂运动(同时有移动和摆动)。动颚与固定颚间的工作空间，做成上大下小的楔形，于是就可从上面装入大块的矿石或煤块，由动颚的运动把它轧成碎块，穿过下面较小的隙口落下。由于轧碎过程是不规则的，消耗功率将时高时低，为了充分发挥电动机的功率，在曲轴上装了个较大的轮子，它与胶带轮对称布置在曲轴两端(轮心和固定铰链点 A 重合)，一同起飞轮作用：机器空转时，其速度增高，积蓄能量；轧碎矿石时，速度降低，放出能量，帮助电动机一起用劲。

颚式破碎机虽有本身的特点，但仍是胶带、连杆等基本机构所组合。

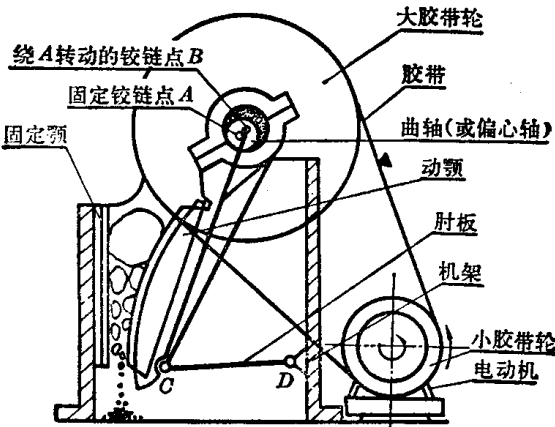


图 0-8 颚式破碎机简图

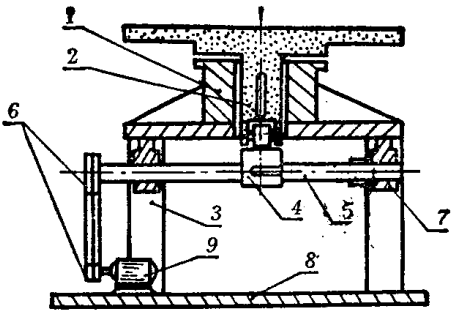


图 0-9 电动造型机

三、电动造型机

铸造车间的手工造型是很劳累的，故生产效率较低，需要机械化。图 0-9 所表示的电动造型机，就是一种简单的机械化造型设备。电动机 9 的运动，通过胶带机构 6 减速后，带动固联在凸轮轴 5 上的凸轮 4 旋转。凸轮 4 与工作台滑杆 2 构成一个震实机构：震实台(即工作台)通过滑杆 2 依其重量紧靠在凸轮上，当凸轮的凸出部分顶住滑杆时，它就将震实台向上推举；当凸轮的凸出部分离开滑杆时，震实台又藉其本身的重力向下降落，与滑杆座(即机座)1 相碰撞。凸轮连

续地旋转，使震实台不停地上下运动，就不停地产生震动。震实台上按放着砂箱，震实台震动的结果，砂箱里面的型砂当然自动地得到紧实了。滑杆座 1、轴承座 7 与底座 8 都是机架的组成部分。

电动造型机里面没有齿轮和连杆，它以另外一种常用机构——凸轮机构作为其主要组成部分。这里凸轮所起的作用，和柴油机中凸轮的作用虽然不同，形式上也有区别，但设计的基本方法是一样的。

#### 四、起重机小车

毛坯与成品零件都有一定重量，机器就更重了，所以，一般工厂都有叫做天车的起重搬运设备，图 0-10 所表示的起重机小车，就是天车的主要组成部分。车间纵向左右两侧的上方，有两根平行的长梁，叫做天车梁。固定在天车梁上的导轨，用来支承和引导桥架的车轮，使桥架可以沿着车间的纵向往复行走。桥架上又固定着两根横向导轨，小车支承在它的上面，并可沿着它（即沿着车间的横向）来回移动。这样，小车就可以在车间的任何范围内，往返搬运毛坯、零件与其它需要搬运的东西。小车上装着两台电动机。电动机 11 的运动通过减速箱 6 传动车轮 5，驱动小车沿着桥架运行。电动机 1 的运动经过减速箱 4 驱使卷筒 3 旋转，正转时卷起钢丝绳 9，通过滑轮组 7 和吊钩 8，把东西向上起吊；反转时松开钢丝绳，把东西往下降落。制动器 2 与 10 的作用，是使小车和被吊重物能够迅速地停在所需要的地方。

起重机小车是比较复杂的机器，但除了它所特有的车轮、滑轮、吊钩等特殊零件之外，其主要组成部分，也是一些常用的齿轮机构。

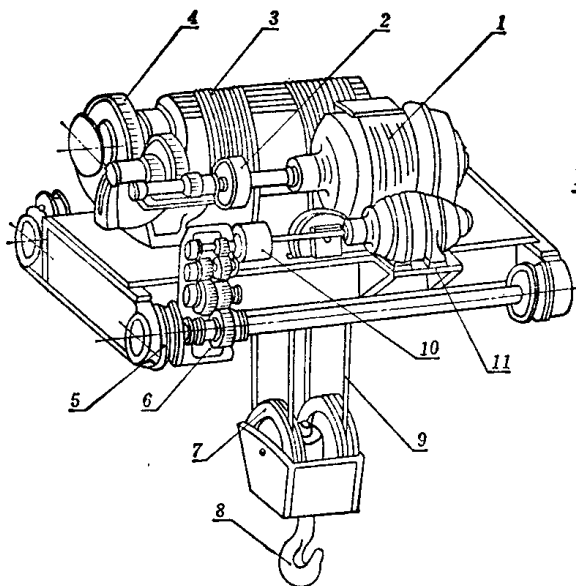


图 0-10 起重机小车

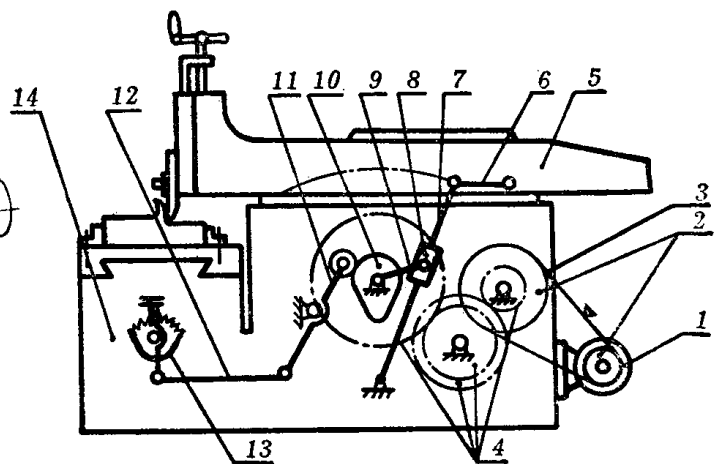


图 0-11 牛头刨床

#### 五、牛头刨床

牛头刨床在机械加工车间用来加工中、小型零件的平面。如图 0-11，牛头 5、连杆 6、导杆 7、

滑块 8 与曲柄 9, 组成牛头刨床的主要机构, 包括床身(机架)14 在内共有六个构件, 因此叫做六杆机构。在这个六杆机构中, 当电动机 1 的运动经过胶带机构 2、3 与齿轮机构 4 减速, 驱动与大齿轮 4 联接在一起的曲柄 9 旋转时, 就通过导杆 7 的摇摆, 带动牛头 5 在床身的滑道内作往复移动, 从而一次次刨削工件。凸轮机构(10、11)与棘轮机构 13 的作用, 是在每次刨削之后, 将工件移动一下, 叫做进给运动: 牛头往复一次, 凸轮转过一圈, 它通过连杆机构 (11、12、13) 转化为棘爪的摆动, 从而将棘轮拨转一个角度; 棘轮与一根丝杠联接在一起, 丝杠又穿在工作台下面的一个螺母里, 于是, 棘轮带动丝杠转过同一个角度, 并通过螺母将工作台送进一段距离, 夹紧在工作台上的工件也就随着送进一段距离, 完成进给运动。

牛头刨床以六杆机构为主体, 是一个比较复杂的机械。但仔细观察可以看出, 这个六杆机构可分解为两个四连杆机构: 一个是导杆机构(7、8、9); 一个是摇杆滑块机构(7、6、5)。所以, 牛头刨床仍是胶带、齿轮与连杆机构的组合, 再伴以凸轮、棘轮、丝杠螺母等辅助部分。与剪板机、颚式破碎机等比较, 构造是复杂一些, 但设计的基本方法并无多大差别。

## 六、双头铣床

图 0-12 是机械加工车间的一种专用铣床, 用来加工大批量工件的平面, 因有两个铣头一起工作, 叫做双头铣。双头铣由动力头 15、工作台 14 与床身(机架)13 三个部分组成: 电动机 1 的运动经过齿轮机构 2、3、4 变速, 把运动传给主轴 5, 装在主轴上的铣刀 6 即高速旋转, 连续地铣削安装在工作台上的工件。全部齿轮与主轴等一整套东西装在同一个箱体内, 并做成标准式样, 就是常说的动力头。工作台由另外一个电动机 7 驱动, 其间又有一套齿轮(8、9、10)与蜗杆蜗轮(11、12)传动, 故工作台得到慢速转动, 使固定在工作台上的工件缓慢地进入铣刀下面, 完成送进运动。动力头与工作台用床身联接起来, 保证具有严格的相对位置。

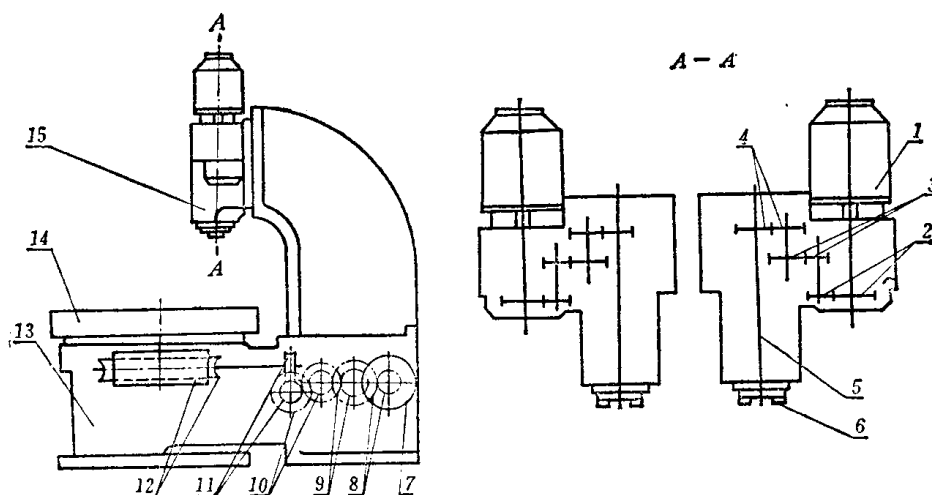


图 0-12 双头铣床示意图

双头铣床似乎又要复杂一些, 但内容却还是齿轮、轴与轴承, 设计的基本方法也无两样。

### 第三节 必须系统学习机械设计基础理论

上面所举机械,虽然属于各种不同专业,但从实质看并无区别:(1)它们都来自生产实践,都有一定功用,主要用来模仿人手的工艺动作,在工农业生产中代替工人和农民的体力劳动,提高生产率;(2)它们都由三个部分组成:原动机、传动机与工作机。原动机供给运动与力,经过传动机的传递与转换,驱使工作机模仿人手的工艺动作;(3)它们都由一些常用机构如连杆机构、凸轮机构、齿轮机构、胶带机构等等所组成,常用机构的构造,除了一些特殊零件如气缸、机架……之外,又总是一般的齿轮、轴、轴承……,再采用一些合理的固定联接方式。所有机械都有这三个共同点,就必然存在机械设计的一般规律,即机械设计的基础理论;例如制订机械方案的方法,绘制图样和校核计算的方法,常用机构和零件的原理、设计及计算等等,即是对所有机械都可通用的设计基础理论。只有掌握好这些理论,设计机械才有基础。因此,我们必须重视机械设计基础理论的学习,以便运用这些理论为祖国的社会主义革命和社会主义建设服务。

学习机械设计基础理论,必须遵循理论联系实际的原则。在学习过程中,宜于穿插几个设计实践,以利于逐步深入地理解、掌握和运用理论,取得较好的学习效果。

然而,和其它自然科学一样,机械设计理论也有它自身的系统性,要掌握它,必须由浅入深地、系统地进行学习,特别不要忽视系统地学习前人已经积累起来的间接知识,要认真读书,要注意在实践的基础上着重向理论方面提高。这是机械设计基础理论学习的一个重要方面。

下面就本着这个观点,从机械设计实际出发,系统地讲述机械设计基础理论知识:先讲结构设计,再讲校核计算,然后较深入地讨论方案设计。

应当指出,本书内容只是初步的机械设计基础理论知识。如果能理论联系实际又系统地学完本书之后,能进一步学习和掌握分析动力学、弹塑性理论、机械振动以及近代机械设计等知识,将可更好地适应为四个现代化的需要、为祖国的社会主义建设服务。

# 第一篇 机械结构设计

机械是怎样设计的?为什么按照零件图加工出来的零件,恰好可以装配起来,组成一台完整的机械?这是因为零件图不是随便画的,而是先设计好结构图和装配图,然后从装配图上把零件图逐个地分拆出来。但结构图、装配图比较复杂,零件个数较多,又是各种各样的形状,故在图纸上设计时首先要制订表示机械运动情况的运动简图(如图0-2)。制订出合理的运动简图,再通过调查研究及掌握一些必要的经验和知识,结构图和装配图就可设计出来。

因此,机械设计一般分如下三个阶段:

(1) 运动简图设计(方案制订)阶段 根据所设计机械的工艺职能,制订运动简图,从原理上给出实现运动转变的可能性;

(2) 结构图设计阶段 把抽象的运动简图具体化,设计成结构图,从结构上给出实现运动转变的可能性;

(3) 工作图设计阶段 在结构图中标上配合尺寸,使之变成装配图,并从装配图中拆出全部零件图来,完成工作图设计,从制造上给出实现运动转变的可能性。

本篇的任务,就是介绍这三个阶段的设计方法,并举一些设计实例。

## 第一章 运动简图设计

### 第一节 引 例

#### 一、农用柴油机曲轴箱的运动简图

##### 1. 什么是运动简图

运动简图就是能够表示清楚机械运动情况的简化了的图形,它略去零件粗细形状,仅表示出构件间的可动联接(简称关节<sup>①</sup>),以及规定着机械运动的构件尺寸(简称运动尺寸)。

比较图1-1a所示曲轴箱和b所示简化图,两者形状大不一样,前者复杂,后者简单,但运动情况是一样的。为什么?因为曲轴的粗细、连杆的形状、活塞的大小并不规定机械的运动,规定机械运动的,只是它们的关节形式与运动尺寸 $a$ 、 $l$ ;而在这两个图形中,关节形式与运动尺寸 $a$ 、 $l$ 分别相同,运动情况自然就一样了。那么,图b所示简化图形就是农用柴油机曲轴箱的运动简图了?不是,因为它还可进一步简化到图c那样:用一个小圆圈表示轴承;用一个小长方形 $C$ 表示活塞(在运动简图中称它为滑块);用一条运动的线表示一个构件(如 $AB$ 表示曲轴,在运动简图

---

<sup>①</sup> 本书所说的关节,就是机械原理书籍中所说的运动付。

中称它为曲柄； $BC$  表示连杆)；用一条打上斜线以示其位置固定的直线表示活塞的滑道(如气缸的中心线  $OO$ )。尽管简化又简化，但规定机械运动的关节与运动尺寸  $a, l$  并没有变化，所以，它与实际的曲轴箱依然有着一致的运动情况——这就是农用柴油机曲轴箱的运动简图。

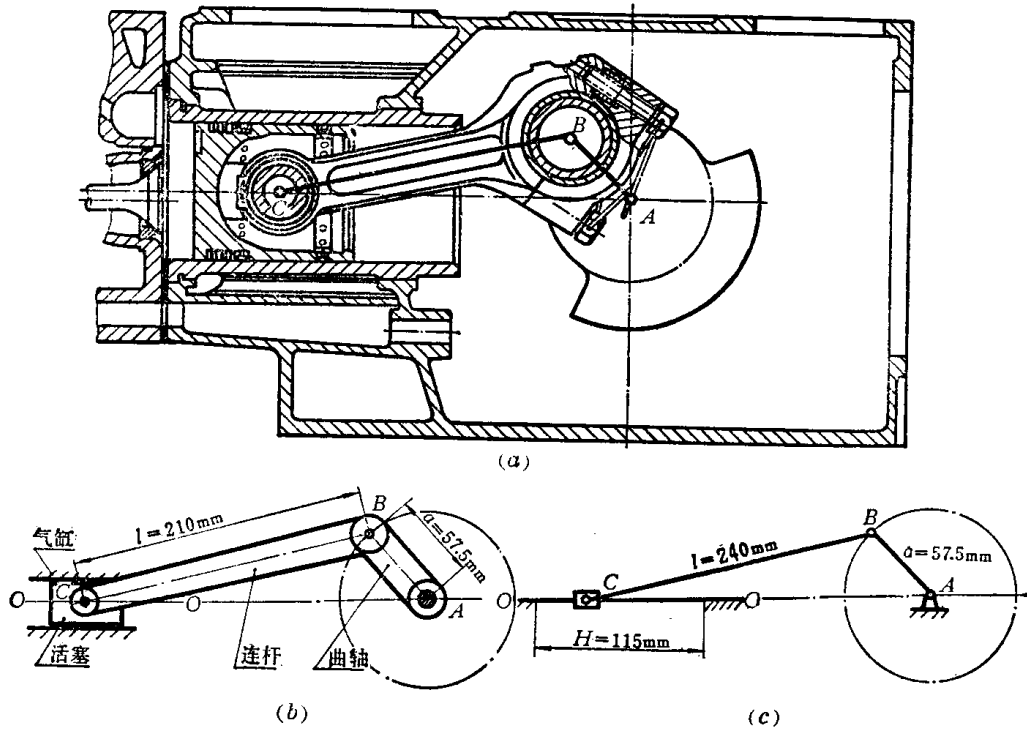


图 1-1 农用柴油机曲轴箱的运动简图

## 2. 怎样制订运动简图

(1) 确定机构类型、并判别它能否依一定的规律运动 从柴油机的四冲程原理可知，活塞必须作往复运动，曲轴则作旋转运动，所以，必须把活塞和曲轴相互可动地联接起来，构成一个机构，连续地完成从往复运动到旋转运动的转变。只要稍有实践经验，即可想到，最简单的办法，就是绪论中所说用连杆分别和活塞、曲轴铰接起来。但这样铰接能否形成机构？若铰接以后，曲轴与活塞能依一定规律运动，即：曲轴在一定位置时，活塞也随着占有有一定位置，就可形成一个机构。这个问题用图解法不难解决：在图上任意画出曲轴(曲柄)的一个位置，即可画出连杆与活塞(滑块)的相应位置来，就证明它们能依一定规律运动而形成一个机构了。

(2) 确定机构的运动尺寸 机构类型确定之后，接着还要确定它的运动尺寸。这里就是要确定曲柄长  $a$  与连杆长  $l$ 。

首先要确定曲柄长  $a$ ，因为它和活塞行程  $H$  是直接相关的。由图 1-1 可见， $a = \frac{H}{2}$ ；根据机器的功率，195 型农用柴油机规定  $H$  为 115mm，故必须规定  $a = 57.5\text{mm}$ 。然后确定连杆长度  $l$ ，它是与  $a$  相比较而定的。容易看出， $l/a$  不宜太小。若  $l/a < 1$ ，曲柄无法整周转动，就不成为曲柄了；又  $l/a$  越小，连杆相对活塞滑道的位置越接近于垂直，活塞对于气缸壁要产生越大的内部侧压力，比如用一根棍子去推重物，棍子的位置不能太陡，棍子越陡，用的力就越大，因为力量通过重物顶到地面上去了。如此说来， $l/a$  越大越好？也不是。 $l/a$  过大，机构尺寸就会过于庞大。



综合考虑各种因素,并参照其它柴油机的尺寸,195型柴油机连杆长度适中取为: $l/a=3.5$ ;  
 $l=210\text{mm}$ 。

定出  $a$  与  $l$  之后,曲柄滑块机构的运动简图才完全确定,如图 1-1c 所示。

## 二、设计砸铁机的运动简图

### 1. 根据工艺动作选择机构

投入冲天炉内的炉料,小一些好,长度一般不宜超过 100mm,较长的生铁锭,必须把它打断。工人用铁锤打断虽是一个办法,但很劳累,生产率也低,若用砸铁机砸断,既省力,又能保证质量。砸铁机是从砸断生铁的实践中创造出来的;如图 1-2a 中表示的那样,生铁锭支在  $D$ 、 $E$  处,砸其中部,就可把它砸断,这个砸铁的工艺动作,就是设计砸铁机的原始依据。

进一步考虑,怎样才能用机械的办法来砸?当然要有一个压头,并且一起一落地运动,落下时砸断铁锭,然后起升复位。压头又如何起、落呢?靠电动机来带动。于是,构思砸铁机遇到的第一个问题,是要选择一个机构,使电动机的旋转运动转变成压头的上、下往复运动。不难设想,这与柴油机中活塞往复移动到曲轴旋转运动的转变是相仿的,倒过来就是了。故可选用曲柄滑块机构,如图中粗线所示,曲柄每转一周,压头起落一次。

可是,常用电动机每分钟要转 1000 (或 1500) 转,压头却只需每分钟起落 10 次。从而又有第二个问题,怎样实现电动机高转速到曲柄(曲轴)低转速的转变?这可用胶带传动与齿轮传动来实现,如图 1-2a 所示,第一级用胶带传动,第二、三级用齿轮传动。这样,就确定了砸铁机所采用的全部机构。

### 2. 进一步确定机构的运动尺寸

砸铁的工艺动作提出两条要求:(1)因生铁锭较脆,稍有变形就会断裂,故压头的动作无需很大,行程  $H$  有 40mm 就足够了;(2)电动机转速/曲柄转速  $=1000/10=100$ 。

由第一条要求,可取曲柄长(即曲轴或偏心轮的偏心距) $a=\frac{H}{2}=20\text{mm}$ ;与柴油机一样,连杆长  $l$  也要与  $a$  相比较而定; $l/a$  愈大,作用到机架上去的力愈小,但机构尺寸愈大。这里因  $a$  较小, $l/a$  取大些,机构尺寸不致过大,故偏大地取  $\frac{l}{a}=17$ ,  $l=340\text{mm}$ 。

第二条要求,总降速比  $i=100$ 。把它分解为三个因数的乘积: $i=100\approx 5\times 3\times 7$ ,从而可确定:第一级胶带降速比,即大胶带轮直径/小胶带轮直径  $=5$ ;第二级齿轮降速比、即齿数比为 3;第三级齿轮降速比则为 7。

### 3. 附加必需的辅助装置

生铁锭被砸碎时,铁块飞溅,很不安全,必须用铁门挡住。但放好铁锭,来不及关闭铁门,压头可能已砸下来了,仍容易发生事故。故设计时必须考虑,如何保证关闭铁门后才开始砸断铁锭。在压头与铁锭之间留出一把榔头(约 80mm)的空档,并在工作台与底座之间加一个弹簧,使悬空一个间隙  $\Delta$ ,就是解决这个问题:放好生铁锭,垫进一把榔头,压头才能压住生铁锭,但开