

现代锻压机械

主编 范宏才

副主编 侍慕超 张昶盛

机械工业出版社

北京 1994

315
09

107 315
707

现代锻压机械

主 副 编	主 编 者	编	范宏才				
		编	侍慕超	张昶盛			
		者	宋恩福	李筱珣	叶人立	路玉勤	郭宜年
			雷家骥	竺玲玉	刘家旭	李锡曾	温效康
			朱成康	刘宝璋	陈国清	张伦基	凌月丽
		朱乃燔	张昶盛	崔之韬	余晓鸣	乔 磊	



机械工业出版社

四

二
号

■

(京) 新登字054号

内 容 简 介

本书全面介绍80年代以来国内外锻压机械的最新技术发展,着重剖析各类锻压机械结构的改进和性能的提高,探讨其发展趋势,借以促进国内锻压机械的产品研究和开发。

全书共分七章,包括现代机械压力机、现代液压机、现代锻造机械、现代弯曲剪切机械、数控锻压机械、锻压生产柔性制造系统、锻压机械用的数控系统等。重点介绍国内在新型锻压机械方面的科研成果、设计经验和重要数据。内容先进、实用。可供锻压机械的科研、设计、制造和使用部门的工程技术人员在工作中借鉴,也可供高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代锻压机械/范宏本主编. —北京:机械工业出版社, 1994.3

ISBN 7-111-04170-4

I. 现… I. 范… II. 锻压设备 N. TG315

中国版本图书馆CIP数据核字 (94) 第00156号

出版人: 马九荣 (北京市百万庄南街1号 邮政编码100037)

责任编辑: 张斌如 封面设计: 郭景云

北京昌平环球印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

1994年3月第1版·1994年3月第1次印刷

787mm×1092mm^{1/16}·26印张·638千字·

0 001—1500册

定价 37.00元

前 言

20年来锻压机械的面貌发生了根本的变化。现代锻压机械已经是一种全新概念的金属加工机器。

现代锻压机械的主要门类已经不再是制造毛坯的设备，而是成品加工机械；其结构已经不再是粗糙笨重，而是精密轻巧；其操作已经不再依靠繁重的体力劳动，而是采用多种自动化装置；其控制已经不再依靠手工和目测，而是采用数字控制和各种检测仪表。

某些现代锻压机械的最高行程速度已经达到3000次/min，加工精度有的已经达到微米级。现代锻压机械已经拥有自己专用的多轴、高速、高分辨率和多功能的数控系统，能和电子计算机、工业机器人、自动换模系统以及自动仓库等结合，构成多种系列的柔性加工单元（FMC）和柔性制造系统（FMS），并正在向电子计算机集成制造系统（CIMS）的方向迈进，目前完全由计算机控制的无人化板材加工车间（工段）在国外已经出现。因此，现代锻压机械，从其主要方面来看，已经是一种精密的、自动的、机电仪一体化的并能柔性连线的金属成形机床。

本书正是顺应这一趋势，试图对80年代以来国内外锻压机械主要类别的技术发展成果进行描述，剖析其结构特点，评价其工作性能，探讨其发展趋势，以作为制造单位在科研、设计方面，使用单位和设计院所在技术改造和选用设备方面，以及高等院校在教学实验方面的参考。本书特别着重介绍80年代以来国内在新型锻压机械方面的科研成果、设计经验和某些重要数据，其中包括我国第一台数控锻压机械——冲模回转头压力机，第一台数控四边折边机和第一条板材加工柔性制造系统（FMS），以及数控辗环机和大型闭式四点双动压力机的设计方案、结构要点及使用效果，其中不乏1992年的最新成果。同时，还系统介绍了锻压机械用数控系统和可编程序控制器的有关情况。至于国外各厂商的产品，都采用其样本和有关资料。

由于篇幅有限，本书内容不得不多次削减。希望这本书能对我国锻压机械行业及其广大用户、大专院校和科研院所中的广大工程技术人员有所帮助。不当之处，敬希指正。

参加本书编写工作的人员有：第一章第一节概述部分宋恩福，传动系统部分李筱珣，滑块及过载保护装置部分叶人立，拉伸垫部分路玉勤，换模系统部分郭宜年；第二节雷家骥；第三节竺玲玉、刘家旭。第二章第一、二、三节李锡曾；第四节温效康。第三章第一节朱成康；第二节刘宝璋；第三节陈国清；第四节张伦基；第五节凌月丽。第四章第一、二节朱乃燔；第三节长冶锻压机床厂。第五章第一、四节张昶盛；第二、三节崔之韬。第六章张昶盛、崔之韬。第七章第一、二、三节余晓鸣；第四、五、六、七节乔磊。闵学熊同志也参与了一部分工作。

衷心感谢原机电部机床工具司、中国机床总公司、原机电部科学技术委员会和中国机床协会锻压机械专业分会为本书的出版所给予的大力支持。

为了编好本书，机械工业部济南铸锻机械研究所给予了很大帮助，在此一并致谢。

恳切期望本书的出版能使诸位读者满意。

目 录

前 言

第一章 现代机械压力机	1
第一节 闭式机械压力机	1
一、概述	1
二、机械压力机的传动系统	3
三、滑块及过载保护装置	31
四、拉伸垫	40
五、换模系统	47
第二节 高速精密压力机	52
一、发展概况	52
二、主要结构特点	56
第三节 多工位压力机	77
一、发展概况	77
二、结构发展	77
三、凸轮传动式多工位压力机	83
四、三坐标多工位压力机	88
第二章 现代液压机	94
第一节 液压机的发展现状和趋势	94
一、提高速度和生产率	94
二、提高刚度和精度	94
三、高压化和大型化	95
四、控制系统的数控化	95
五、液压系统的集成化	96
六、电液比例技术的应用	96
七、液压机的宜人化	96
第二节 板材冲压液压机	97
一、液压系统	98
二、液压机本体结构	102
三、床身液压预紧装置	102
四、横梁与立柱的定位	104
五、滑块的锁紧装置	104
六、液压系统的安全联锁回路	106
七、滑块平行监控系统	106
八、冲裁缓冲装置	107
第三节 精密冲裁液压机	111
一、发展现状和趋势	111

二、结构及其系列	116
第四节 预应力钢丝缠绕液压机	124
一、特点及应用范围	124
二、国内外技术开发简况	126
三、结构设计	126
第三章 现代锻造机械	131
第一节 液压模锻锤	131
一、概述	131
二、结构型式的发展	132
三、原理与局部结构的发展	144
四、强度和过载保护	146
第二节 径向锻造机	149
一、径向锻造的基本特点	149
二、径向锻造的工艺用途	149
三、径向锻造的优越性	151
四、径向锻机与轮转锻机的比较	151
五、两锤头径向锻机	152
六、三锤头通用径向锻造机	153
七、四锤头卧式径向锻造机	154
八、专用径向锻造机	155
九、国产径向锻造机	157
第三节 螺旋压力机	162
一、工作原理	162
二、摩擦压力机	163
三、电动螺旋压力机	167
四、液压螺旋压力机	168
五、高能螺旋压力机	171
第四节 辗环机	174
一、立式辗环机	175
二、四心轴辗环机	175
三、径向一轴向辗环机	178
第五节 楔形模横轧机	183
一、概述	183
二、用途	183
三、型式	183
四、双辊楔形模横轧机	184
第四章 现代弯曲剪切机械	188
第一节 板料折弯机	188
一、发展概况	189
二、折弯机的数控	191
三、提高折弯精度	193
四、减轻劳动强度和操作自动化	199

五、四边折边机	203
第二节 剪板机	206
一、发展概况	206
二、机械剪板机	209
三、液压剪板机	211
四、剪切过程机械化自动化	212
第三节 卷板机	216
一、概述	216
二、对称式三辊卷板机	217
三、非对称式三辊卷板机	221
四、下调式三辊卷板机	222
五、四辊卷板机	226
第五章 数控锻压机械	231
第一节 冲模回转头压力机	231
一、发展概况	231
二、工作原理和主要结构	234
三、技术参数	239
四、控制系统	239
五、冲孔—激光切割复合加工机和冲孔—等离子切割复合加工机	253
第二节 步冲压力机	257
一、概述	257
二、主要技术参数	258
三、结构特点	259
四、模具	262
五、换模	263
六、安全措施	265
七、数控系统	265
八、步冲压力机在复合加工技术中的应用	266
第三节 数控直角剪板机	268
一、概述	268
二、主要技术参数	269
三、结构特点	269
四、板件加工程序的编制	274
五、设备维修	274
第四节 数控冲剪机	275
第六章 锻压生产柔性制造系统	278
第一节 概论	278
一、FMS的特点和发展情况	278
二、FMS的分类和配置方式	278
三、对加工设备的要求	279
第二节 板材加工FMS的组成	281
一、概述	281

二、数控板材加工设备	282
三、各种辅助设备和装置	283
四、板材存储自动化立体仓库	287
五、感应式无人输送车	288
六、板材加工FMS的控制装置和软件	290
第三节 板材加工FMS的实施步骤	292
第四节 板材加工FMS的效果和水平评价	295
一、采用板材加工FMS的效果	295
二、板材加工FMS的水平评价	297
第五节 典型板材加工FMS	298
一、美国的板材加工FMS	298
二、德国Trumpf公司的板材加工FMS	300
三、日本村田公司的板材加工FMS	302
四、日本天田公司的板材折弯FMC	302
五、意大利Salvagnini公司的FMS	304
六、中国自主开发的第一条板材加工FMS	304
第六节 冲压FMS和锻造FMS	314
一、美国Tranemo公司生产的冲压FMS	314
二、日本NKK公司生产的冲压FMS	316
三、混合型柔性制造系统	317
四、Erfurt公司开发的冲压FMC	318
第七节 发展趋势	318
第七章 锻压机械的数控系统	322
第一节 概论	322
一、发展简况	322
二、数控系统的组成	322
第二节 冲模回转头压力机用数控系统	326
一、概述	326
二、数控系统的原理和组成	327
三、CNC装置的功能	327
四、数控系统的调试与维修	331
五、程序编制	337
第三节 直角剪板机用数控系统	340
一、对数控装置的要求和特点	340
二、剪切功能的实现	340
三、程序编制	340
四、板材加工的自动编程	343
第四节 折弯机用数控系统	345
一、概述	345
二、数控系统的功能	346
三、数控系统的编程	350
四、使用步骤	350

五、发展趋势	353
第五节 剪板机用数控系统	354
一、对数控系统的要求	354
二、数控系统的基本功能	354
三、编程及应用	355
第六节 弯管机用数控系统	355
一、概述	355
二、数控系统的功能	356
三、英国ADDISON公司五坐标管形测量机功能	357
第七节 可编程序控制器(PC)在锻压机械上的应用	358
一、概述	358
二、PC在锻压机械中的应用	360
三、程序编制	361
四、PC的正确使用	361
五、发展前景	362
附录 锻压机械行业主要制造厂和典型用户厂介绍	363
1. 上海第二锻压机床厂	363
2. 上海锻压机床厂	364
3. 天水长城开关厂	368
4. 天津市锻压机床总厂	370
5. 长沙锻压机床厂	370
6. 兰州电机厂	372
7. 北京锻压机床厂	374
8. 西安锻压机床厂	377
9. 扬州锻压机床厂	380
10. 齐齐哈尔第二机床厂	383
11. 江阴机械厂	385
12. 江都机床总厂	386
13. 佛山市通用机械厂	389
14. 沈阳锻压机床厂	391
15. 沧州市锻压机械厂	394
16. 青岛生建机械厂	395
17. 宜昌市机床工业公司	397
18. 济南第二机床厂	398
19. 通辽锻压机床厂	399
20. 鄂州市锻压机床厂	400
21. 浙江锻压机床厂	402
22. 湖北黄石锻压机床有限公司	404
23. 靖江锻压机床厂	406

第一章 现代机械压力机

第一节 闭式机械压力机

一、概述

闭式机械压力机是现代冲压生产，特别是汽车冲压生产的主力设备，随着汽车工业的发展而不断完善。

现代化的闭式机械压力机融机械、电子、液压、气动、检测等方面的最新技术于一体，自动化程度高，换模调节的柔性好，工作可靠，噪声较低，防护完善，精度较高，是一种先进的机电仪一体化设备。

迄今为止已生产出60000kN汽车大梁压力机，30000kN双动四点拉伸压力机以及60000kN三立柱、双滑块、三维多工位压力机等超重型、高技术的产品，这是世界机械压力机制造业的巨大成就。

以下就目前闭式机械压力机的发展水平和趋势作一概述。

(一) 闭式机械压力机结构的发展

1. 离合器和制动器

离合器和制动器作为压力机的核心部件，一直受到各制造厂家的重视。早在四五十年代就已采用气动摩擦式离合器。为了改变滑块行程的速度，到了60年代出现了双速干式离合器及双速湿式离合器，从而实现了滑块低速下降的快速返回，提高了压力机的生产率和冲压质量。70年代各制造厂家几乎都把变速电机用到了机械压力机上，从而较容易地实现了滑块行程速度的变化，也就结束了复杂的双速离合器和涡流式离合器的历史使命。目前看来干式气动摩擦离合器还将长兴不衰。不过对于采用浮动块式还是镶片式结构，看法不一，优劣互见。湿式摩擦离合器近年发展很快，前景很好，但现阶段仍以在中小型压力机上使用为多。

2. 主传动系统

50年代末，60年代初，偏心齿轮式驱动基本上替代了曲轴驱动。到了60年代中期舒勒(Shuler)公司首先推出了多杆传动机构，随后影响了欧、亚和北美。目前多杆传动机构的日益推广已经成为大势所趋。对于双点压力机和四点压力机是采用同向传动，还是异向传动，当今世界仍存在着两大流派，持同向传动观点的厂家在横梁上安装导套，缩短连杆，滑块采用45°斜导轨，负载产生的侧向力作用到横梁上。他们认为增加导套导柱后，精度调整方便，齿轮噪声封闭于横梁内，而且看上去美观整洁。持异向传动观点的厂家则认为，理论上不产生侧向力，但为了使压力机有较强承受偏载能力和滑块运动精度有较长的保持性，采用八面矩形导轨导向，并认为如果增加导柱导套环节，很难做到曲柄中心线、导套中心线和连接器轴销中心线在同一平面内，增加了制造复杂程度，弊大于利。两种风格并行了三十多年，可谓各有千秋。

3. 安全保护

闭式机械压力机的安全保护一般有两个含义：一是指压力机本身的保护，另则指对操作者的人身保护。压力机本身的过载保护一般是在连杆小头的底部(滑块内)安装一个专门的

保护装置,目前主要采用自复式液压过载保护装置,不论各厂家采用什么样的结构和什么样的卸荷阀,都能做到当峰值压力超过120%时,在十分之一秒内完成卸荷动作,从而对压力机本身进行安全保护。至于刚性过载保护装置即使在小型压力机上也已用得越来越少,基本上处于淘汰状态。作为对操作者人身的保护,许多国家都有安全法令加以规定。目前多半采用光电式保护或机械栅门对模区进行保护。各厂家都在寻求途径降低压力机噪声,目前闭式机械压力机,空运转噪声不高于80dB(A),已经成为普通水平。

4. 换模装置

为了方便更换闭式单、双动机械压力机的模具,一般采用在压力机滑块上布置模夹,将固定工作台改为移动工作台。移动工作台的型式依据冲压车间生产的布局,可以为前后移动、左右移动及T型移动。当压力机正常工作时,操作人员在压力机外的工作台上进行另一套模具的装夹,目前在单机上采用自动换模系统的还不多。但在技术密集的三维多工位压力机上或全自动同步生产线的单双动压力机上却已采用快速自动换模系统。当前舒勒、日立、小松、维尔森(Verson)等公司均能达到30min在全线上换好新的模具并重新投入生产。舒勒公司能在10min内更换好大型多工位压力机模具。

5. 模垫

闭式机械压力机通常采用的模垫有两种,即气液模垫和纯气式模垫。由于气液模垫结构比较复杂,多数压力机制造厂家采用纯气式模垫作为冲压加工中退料或压边的功能部件。80年代中期舒勒公司开发研制了一种液压模垫,四个液压缸的压力可以根据工作需要自动进行调整,极大地改进了模垫的压边功能。这种液压模垫主要用在三维大型多工作压力机的拉伸工位中,也可以用到单动压力机上完成拉伸工序。这种液压模垫的出现给金属薄板冲压工艺带来了一定影响。随之维尔森、日立、小松等也推出了这种液压模垫,于是有些专家预测,将来双动拉伸压力机将在相当大程度上被单动压力机和液压模垫代替。

6. 电控系统

80年代以来,闭式机械压力机向大型化、高速化、变速化、多工位化技术密集产品的方向发展,常规的控制方法已经不能适应要求。传感器技术、微型电子计算机技术已经普遍地应用到闭式机械压力机电控系统中,从而可以由计算机对传感器发来的数据进行处理,并向执行元件发出指令,实现许多继电器控制系统不易实现或不能实现的功能、甚至实现联机、连线、联网的柔性加工。

目前世界有名的压力机制造厂家,在电控系统中普遍地采用了电子凸轮开关“OK”监视器、吨位仪、轴温巡检仪,润滑系统参数监控,计算监控、故障诊断系统,CRT显示和打印机。所以说闭式机械压力机大而粗的年代已经过去了,已经实现了机电仪一体化。

(二) 闭式压力机组成的冲压线

一般情况下,在规模经济的冲压生产中都以一台双动拉伸压力机打头,随后安排数台单动压力机,在双动压力机和单动压力机之间布置一个翻转装置,组成薄板冲压生产线。目前世界上通常采用五种不同水平的冲压生产线:

(1) 手工传送工件的流水冲压线

每台压力机均借助于人工完成上、下料,尽管这种生产线比较落后,但由于它的造价低,要求技工水平低,在发展中国家仍获得广泛使用。

(2) 机械化冲压线

在这种生产线中,手工送料、机械手卸料,机械手由压力机直接驱动或者单独驱动。这是60年代较为流行的作业形式。

(3) 间歇冲压自动线

工件的传送和上下料主要借助于夹持系统或机器人完成。压力机根据其前面的中间料仓发出的信号启动或停止以平衡冲压节奏。这在70年代是一种先进的冲压线,压力机行程利用率为75%。

(4) 机器人传送工件的全自动冲压线

(5) 多磁头传送系统的全自动冲压线

这两种全自动同步冲压线是七八十年代最先进的生产线,舒勒、小松、丹利等公司都能向用户提供。在这种生产线中,压力行程利用率为85%。由于全自动同步生产线较间歇生产线的生产率提高不多,而技术难度增大,所以目前在市场上尚未占太大优势。

(三) 大型组合冲压线

由一台双动拉伸压力机,一个翻转机构和一台大型三维多工位压力机组成的金属薄板冲压线称之为大型组合生产线,这种组合生产线之所以产生,第一个原因是在80年代已经开发研制出了大型三维多工位压力机,它能够代替多台单动机械压力机的功能。第二个原因则是这种组合生产线较之多机联线占地小,用人少。第三个原因就是容易实现全自动连续同步冲压生产。所以目前在欧美、日本汽车冲压生产中都在采用这种组合冲压线。所以说组合冲压线是当前世界上加工汽车覆盖件最为现代化的冲压作业型式之一。

(四) 大型多工位压力机柔性加工单元

80年代中期,舒勒、日立等厂家推出了超大型的四立柱、三滑块、三维多工位压力机。第一工位设于第一滑块下,这个工位为下传动的双动工位,相当于双动压力机,在这里进行反拉伸工序,于是省去翻转机构。第二和第三个滑块下方则是若干个单动工位。采用这样的整机布局,非常容易实现单机自动化和快速调节,进行柔性单元加工,完成汽车覆盖件的冲压生产。

(五) 闭式机械压力机的辅助设备

一般来说,闭式机械压力机的辅助设备包括:自动上料、卸料装置,压力机之间的传送装置和翻转机构、拆垛装置、码垛装置、直接与压力机相配的开卷校平装置或单独准备毛坯的开卷落料线以及压力机用模具。各主要压力机制造厂,60年代以前主要精力放在压力机主机的开发研制上,70年代以来则主要开发压力机辅机和联线自动化,在作用户总工艺师上下功夫。80年代则电子控制式的辅机进入金属薄板冲压领域,采用如机器人上下料装置,数字长度控制送料装置,以及多工位压力机的单独驱动的电子送料装置等。所以当前谈论闭式机械压力机的水平及发展趋势,已经不仅限于压力机的本身,还必须分析研究其辅助装置和控制技术。辅助装置的水平在很大程度上直接影响闭式压力机的工作性能,特别在多机联线、组合生产线及柔性加工单元中,压力机的辅机起着举足轻重的作用。

二、机械压力机的传动系统

机械压力机又称曲柄压力机,也就是说要通过曲柄连杆机构将回转运动变为滑块的直线往复运动。因此机械压力机的传动系统一般有电机、飞轮、离合器和制动器、传动、曲柄连杆等组成。

(一) 机械压力机的传动型式

根据机械压力机结构型式不同,其传动型式亦不同。对通用机械压力机,以床身型式分为开式和闭式两大类。以连杆数目来分有单点、双点、四点。以有一个滑块或有内、外滑块来区别,分为单动、双动。压力机传动依上述整机结构型式不同而不同。

1. 曲柄连杆机构

对于将回转运动转变为滑块直线往复运动的曲柄连杆机构,一般采用曲轴、偏心轴或偏心齿轮传动元件。对这三者比较如下:

如果比较一下由相同材料制造且尺寸相同的曲轴和偏心轴就会发现:偏心轴本身的强度比曲轴高30%。这是因为偏心轴的支承部分与偏心部分成一直线,因而不像曲轴在曲轴颈处存在着弯矩。但是偏心轴的应用是限制在行程比较短的压力机中,因为在大行程中,将会使偏心变得太大。这也说明曲轴是应用在要求行程较长的地方。偏心齿轮是将偏心 and 齿轮零件合并为一个零件,力矩的传递是从齿轮直接传给偏心,这样就消除了从轴传递的扭转载荷,可以传递大力矩而不受轴扭矩能力的限制。因此对于偏心齿轮与曲轴结构比较的看法是:当行程比较大及有效行程也比较大时用偏心齿轮。因为这时侧向分力大,力矩也较大,采用偏心齿轮将心轴加粗就能承受比较大的力量,刚性也较好,其成本也比用曲轴低。但当行程较小、有效行程也较小时,则用曲轴结构。

2. 机械压力机的齿轮传动

在机械压力机传动系统中可采用飞轮直接传动、单级齿轮传动、双级齿轮传动。

(1) 飞轮直接传动

在这种传动中,飞轮直接安装在曲轴上。这种型式的压力机,主要用于落料和冲孔工序,能量的需要是比较小的。这种压力机的每分钟行程次数相当高,一般在90次/min以上,在很小吨位的压力机上甚至可达2000次/min。

(2) 单级齿轮传动

在这种传动中,飞轮与曲轴分开安装,用单级齿轮减速向曲轴传递动力。这种型式的压力机用于浅拉伸工作,成形工序和需要相当大能量的类似工序。它比飞轮直接传动压力机具有比较多的可使用的能量,使用这种型式的传动,压力机的每分钟行程次数一般是25~90次/min。

(3) 双级齿轮传动

在这种传动中,飞轮与曲轴分开安装,并且用双级齿轮减速向曲轴传递动力。这种型式的压力机用于深拉伸工作,在该压力机上,在长距离工作行程中,需要相当大的能量。各种不同金属的允许最大拉伸速度限制了滑块的速度,双级齿轮传动的压力机每分钟行程次数一般是10~28次/min。

不同的传动方式不但对压力机的行程次数有影响,同时也影响公称压力。

从JIS标准中所给出的单点开式压力机公称压力点的位置可看出:

对于飞轮直接传动的压力机,350kN以下的公称压力点,是在下死点以上的0.8mm处。
350kN以上的公称压力点,是在下死点以上的1.6mm处。

对于单级齿轮传动的压力机,350kN以上的公称压力点是在下死点以上的6.4mm处。

而在双级齿轮传动的压力机,公称压力点的位置是在下死点以上的12.7mm处。

传动方式对压力机公称压力的影响从下例中也可看出:

一台公称压力为2000kN的压力机，采用飞轮直接传动，公称压力点的位置是在下死点以上1.6mm处；采用一级齿轮、单边传动时在下死点以上6.4mm处；采用一级齿轮、双边传动时在下死点以上12.7mm处。如果还是这台压力机，采用二级齿轮减速、双边传动，则公称压力点的位置也是发生在下死点以上12.7mm处。但这时其行程次数可以比采用一级齿轮减速的要慢得多，但是公称压力不变。

在大型压力机上当采用双曲柄（或偏心轴）时，多采用双边传动（即在曲柄或偏心轴两侧各装一个大齿轮同时传动）因用单边传动时，由扭转变形引起的角度变形将造成压力机滑块平行度的破坏。

在大型机械压力机齿轮传动系统中，低速齿轮采用直齿，高速齿轮采用人字齿。有些厂家大齿轮（包括传动大齿轮和偏心齿轮）采用焊接结构。

3. 飞轮和能量

机械压力机的特性是工作行程段永远是小于一个循环时间的1/4。在许多情况下甚至大大小于1/4。因此采用飞轮作为贮存能量的手段。亦即压力机一次循环中，在相当长的不工作时间内，飞轮从电机接受并贮存能量，然后在短的工作行程中释放。

对于机械压力机其能量是最重要的参数之一。在实际情况中，比较多的用户选择压力机是基于工作所需要的能量，而不是根据力量。压力机的能量是衡量压力机做功能力的指标。

目前美国的压力机制造厂家，按下述方法确定压力机的名义能量。

对于飞轮直接传动型式的压力机（主要做落料工作和轻型冲压工作）：

可用的名义能量 = 压力机吨位 × 1.6mm

对于单级齿轮、单边传动的压力机（可做拉伸工作）：

可用的名义能量 = 压力机吨位 × 6.4mm

对于单级齿轮、双边传动的压力机（可做深拉伸工作）：

可用的名义能量 = 压力机吨位 × 12.7mm

对于具有变速性能的压力机，其压力机的名义能量是随行程次数的改变而变化。大多数制造厂家所给的名义能量是指在中间行程次数时的可用的输出能量。如一台压力机其速度范围是20~40次/min，则其名义能量是指在30次/min时的可用能量。当行程次数变化时，其输出功率的变化是很厉害的。因为输出能量是随速度的平方而变化，例如 $20/30 = 0.67$ ，这个值的平方是 $0.67^2 = 0.45$ ，因此，在20次/min时可用的能量是在30次/min时可用能量的45%。

4. 传动系统优化设计问题

为了保证机械压力机齿轮传动在给定的传递功率、总传动比和输出转速的条件下，满足强度、刚度要求，且使传动系统的结构最紧凑，体积最小和从动惯量最小以使离合器、制动器发热小和磨损小，就需对压力机传动系统从布置和传动比分配，确定一个恰当的数值。但用常规的设计方法，其设计的结果往往取决于设计者的水平，难以保证最佳设计方案。

近年来，随着电子计算机技术的发展，可在受许多因素影响和制约的设计方案中，按照一定的逻辑格式，优选出一组最佳参数，按照此方法设计的压力机传动系统可达到最佳。

现举例说明机械压力机传动系统经优化设计后的效果：

1) 某厂的J11-400型压力机有两级齿轮传动，并采用刚性联锁镶块式离合器—制动器。在传动系统中取14个设计变量，52个约束条件，离合器与制动器取6个设计变量，20个约束条件。优化结果与原设计方案相比较：离合器与制动器从动部分转动惯量下降37.1%，传动系

统各零件换算到离合器轴上的当量转动惯量下降17%，因而使离合器的摩擦功下降44.9%，这样就大大改善了离合器的发热和减少了摩擦片的磨损。同时传动系统各零件的总体积下降11.9%。

2) 对J31-400型压力机的齿轮传动系统进行优化，结果使总中心距由1796.3mm降至1607.1mm，减少了11.8%，因而使传动系统的结构更加紧凑，体积变小。

3) 对J31-630型压力机的齿轮传动系统进行优化，结果优化后较原有方案的转动惯量减少9.28%。可以大大改善离合器与制动器的工作条件。优化后传动齿轮的重量较原方案减少13.8%，使结构紧凑和外形减小。

(二) 离合器和制动器

离合器和制动器是机械压力机的重要部件之一。这个部件的性能好坏直接影响整个机械压力机的使用性能，操作安全性，工作可靠性，设备利用率和设备维修量。

现代机械压力机的离合器和制动器主要为气动摩擦式。摩擦离合器和制动器部件经过国内外机械压力机制造厂家和科技工作者许多年的不断研究、改进，在设计理论、结构型式、摩擦材料和控制系统等许多方面均有了很大的改进和发展。目前压力机用的摩擦离合器和制动

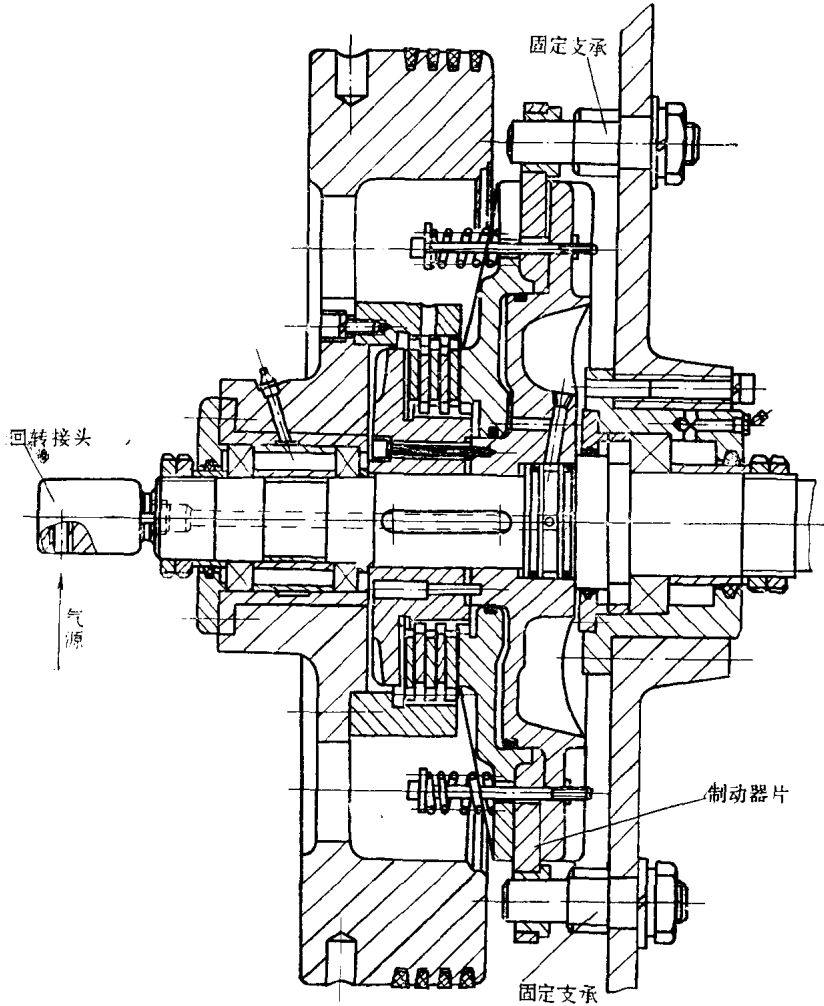


图1-1 组合式摩擦离合器—制动器

器在国外已作为一个通用化部件进行设计和制造。

1. 典型的摩擦离合器和制动器结构型式

(1) 组合式摩擦离合器和制动器

国外在中小型机械压力机上广泛采用组合式摩擦离合器—制动器。其特点是结构紧凑，离合器接合与脱开动作协调，没有干涉现象。其缺点是从动惯量大。它广泛用于开式压力机和高速压力机等设备上，可安放在中间轴或曲轴上。

图1-1为上海第二锻压机床厂生产的JH23-63开式压力机所采用的组合式摩擦离合器—制动器，它的制动器安放在靠近床身侧面（也有将制动器安放在飞轮外侧的）。其动作原理均为压缩空气接合，弹簧制动、刚性联锁、结构紧凑，联锁可靠。图1-2为JH23-63压力机的离合器释放、制动器接合的动态曲线。图中1、2、3、4、5为制动过程的五种状态。

通过分析图1-2，可得到离合器释放、制动器制动的时间与角度，见表1-1。

离合器—制动器的设计要保证机器的安全可靠，必须使制动器的制动性能好，制动时间短（即制动角小），只有这样，才能达到制动可靠。从上述测试结果看出JH23-63压力机的曲轴上的实际制动角为 36° ，而允许制动角为 40° ，在允许范围内。

一般制动器实际制动角的允许值，按照BnJ 62016-88开式压力机性能要求与试验方法中的规定，实际制动角的允许值，可随着行程次数的增加而增加，见表1-2。

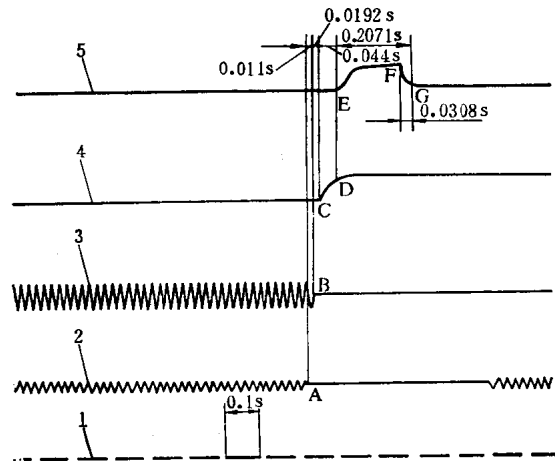


图1-2 离合器释放、制动器接合的动态曲线

通过对JH23-63压力机的制动器工作温度的测试可以看出，经过1.5h的单次行程操作后，制动器的温度为 62.5°C ，温升为 37.5°C （室温为 25°C ），能满足使用的要求。

表1-1 离合器释放、制动器制动的时间与角度

示波图段名及动作内容	滞后时间 (s)	实际制动时间 (s)	总制动时间 (s)	滞后角度 θ_1 ($^\circ$)	实际制动角 θ_2 ($^\circ$)	总制动角 ($^\circ$)	曲轴上的制动角 ($^\circ$)
A—B 从行程开关发讯→电磁铁失电	0.011			A—D段 121			
B—C 从电磁铁失电→气缸内压缩空气开始排出	0.0192						
C—D 从气缸内开始排气→气压降至0.14MPa	0.044						
D—E 开始制动							
E—F 制动器实际制动过程		0.1763			71.9		
A—F 总的制动过程			0.2505			193	36

表1-2 压力机曲轴制动角的允许值

每分钟行程次数 (次/min)	允许曲轴实际制动角
<30	30°
30~160	$<30^\circ + \frac{n-30}{10} \times 4^\circ$
105~250	$<58^\circ + \frac{n-100}{10} \times 5^\circ$

摩擦离合器与制动器的温升通常不得超过70℃,其最高温度不得超过100℃(当采用耐高温摩擦材料时,允许超过规定,但不得影响周围零部件的正常工作)。

济南铸造锻压机械研究所结合国内外情况,制定了组合式摩擦离合器和制动器的系列设计,供广大厂家采用。表1-3为系列设计主要参数。

表1-3 DSMI系列组合式离合器型号参数

型号		DSMI -125	DSMI -160	DSMI -200	DSMI -250	DSMI -315	DSMI -400	DSMI -500	DSMI -630	DSMI -800	DSMI -1000
名称											
离合器扭矩 (N·m)		1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000
制动器扭矩 (N·m)		750	950	1200	1500	1900	2400	3000	3500	4800	6000
空气压力 (MPa)		0.38	0.45	0.38	0.45	0.38	0.45	0.38	0.45	0.38	0.45
组合式弹簧	外弹簧	4×25×93.74		4×25×93.74		6×40×102		8×50×104		8×50×104	
	内弹簧	2.5×16×93.85		2.5×16×93.85		4×25×100.15		5×32×107.83		5×32×107.83	
弹簧个数		12	14	16	18	11	13	9	11	13	15
离合器从动惯量(kg·m ²)		0.6756		1.27		2.2886		3.9850		7.0638	
安装轴径≤d (mm)		55		65		75		85		95	

该系列的离合器、制动器主要用于100~1000kN压力机,无论是新设计压力机还是老产品的改装,只要离合器、制动器的计算力矩在系列范围内都可采用,但该系统更适合用于高速自动压力机、板料多工位压力机、精密冲裁自动压力机、剪板机、自动冷镦机等。选用此系列设计时,需做必要的计算。

(2) 悬臂式摩擦离合器和制动器

为了减少摩擦离合器、制动器在接合及制动过程中的发热,降低摩擦表面的温升和提高摩擦片的寿命,主要措施就是减少离合器、制动器的从动部分转动惯量。分离式摩擦离合器制动器就是在这种指导思想下设计制造的。它相继在国外、国内许多机械压力机上采用。可以说这种分离式摩擦离合器、制动器是一种典型的离合器、制动器的结构。图1-3美国丹利公司的摩擦离合器、制动器。图1-4为小松一齐二机械压力机所采用的摩擦离合器、制动器。图1-5为日本会田公司FT3-2000机械压力机采用的摩擦离合器、制动器。上述的这些离合器、制动器均为分离式结构。其共同特点是离合器和制动器的从动部分的转动惯量小,零件数量小,只有离合器传动轴、小齿轮,离合器和制动器的摩擦圆盘,摩擦片等零件。这些从动零件的质量差不多只有老式离合器、制动器从动传动部分质量的1/5。这些离合器、制动