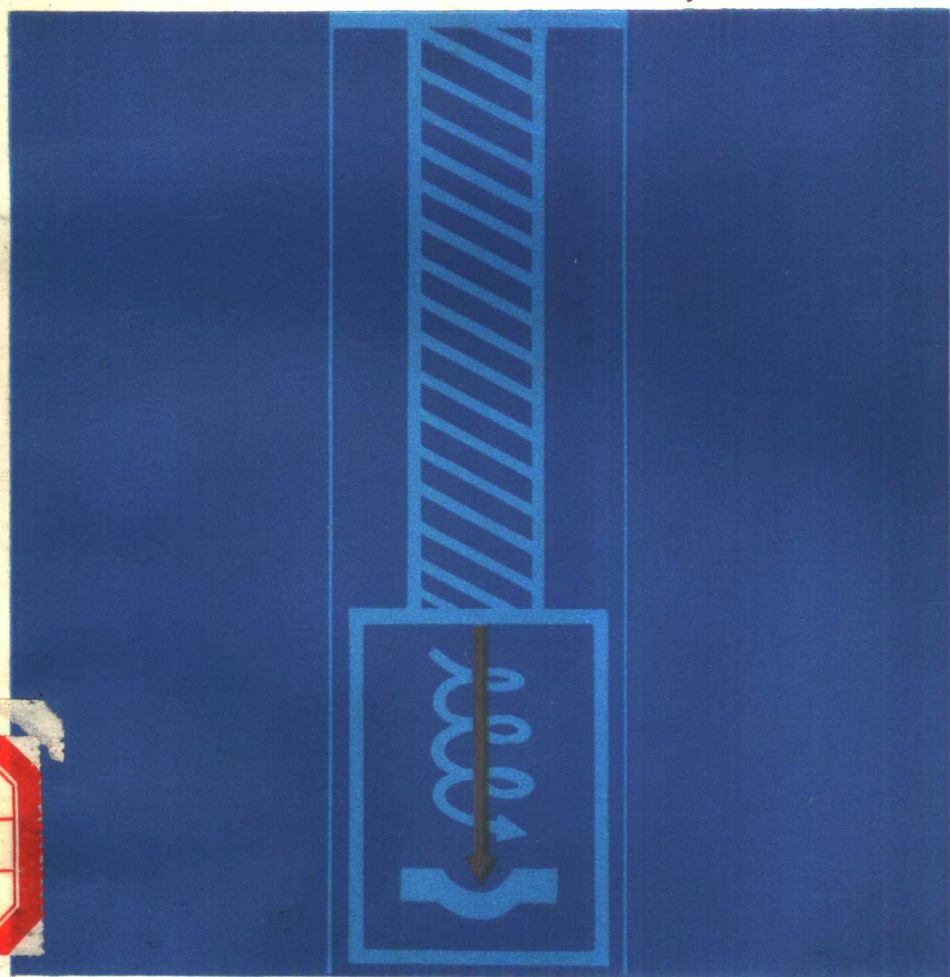


螺旋压力机

ВИНТОВЫЕ ПРЕССЫ

〔苏〕 Ю. А. 鲍恰洛夫



机械工业出版社

螺旋压力机

〔苏〕 IO. A. 鲍恰洛夫 著

杨文成 刘协舫 译



机械工业出版社

书中汇集了世界各国螺旋压力机的研制、生产和使用情况。详细介绍了各类螺旋压力机的工作原理、结构和传动形式，工艺特点和应用范围。分析了有关的实验资料，并详细地推导了各类螺旋压力机的理论计算公式。本书是目前螺旋压力机方面理论系统、材料丰富的一部专著。

本书可供从事研究、设计、制造和使用锻压机械的工程技术人员及大专院校师生参考。

Винтовые прессы

Ю. А. Бочаров

《Машиностроение》，1976.

• • •

螺旋压力机

〔苏〕Ю. А. 鲍恰洛夫 著

杨文成 刘协舫 译

杨世文 车建国 校

•

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业登记证出字第117号）

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

•

开本 $850 \times 1168 \frac{1}{32}$ · 印张 $8 \frac{1}{8}$ · 字数 208 千字

1935年9月北京第一版·1985年9月北京第一次印刷

印数 0,001—4,600 · 定价 2.40 元

•

统一书号：15033 · 5668

译 者 的 话

现代螺旋压力机包括摩擦压力机、电动螺旋压力机和液压螺旋压力机。

现代螺旋压力机的工作压力为40~12500吨力，最大能量可达630吨力·米。能锻重量从几克到200公斤的锻件，广泛地应用于金属的模锻、精压、冲压工艺以及耐火材料、陶瓷等非金属材料的压力加工。设备投资、模具和锻件成本均比模锻锤和热模锻压力机便宜一半，加工余量小，锻件质量高。现代螺旋压力机均由按钮或脚踏板操纵，稍大吨位的压力机设有超载保险装置、顶料装置、能量预选系统和力、能显示系统。有的还配备有清理氧化皮和喷涂润滑剂及更换模具的辅助装置。理论和实践都证实，螺旋压力机工艺适应性广，锻件精度高，生产率适中，劳动条件好。目前已经成为现代主要锻压设备之一。国内外的工业企业和研究单位十分重视螺旋压力机的开发利用。

为了更好地发挥螺旋压力机技术经济上的优势，提高国内设计水平和普及螺旋压力机的知识，为此我们翻译出版这本书，以满足读者的迫切需要。

书中汇集了世界各国螺旋压力机的研制、生产和使用情况。详细介绍了各类螺旋压力机的工作原理、结构和传动形式，工艺特点及应用范围。分析了有关的实验资料，并详细地推导了各类螺旋压力机的理论计算公式。它是目前螺旋压力机方面理论系统、材料丰富的一部专著。对我国研究、设计和使用螺旋压力机的工程技术人员、科学工作者及高等院校锻压专业师生有一定参考价值。书中还对螺旋压力机的发展趋势作了评述，对我国发展多品种螺旋压力机，也会有所启示。

本书由杨文成（序言、第一~四章）、刘协舫（第五~六章）

翻译，杨世文、车建国校阅。

由于译者的经验和水平有限，错误和不妥之处在所难免，希望读者批评指正。

译 者

序 言

近年来，在苏联和其他国家的工业生产中**对螺旋压力机的兴趣正在增长**，由于用它得到的模锻件形状、尺寸和表面质量都能在最大程度上满足成品零件提出的要求，因此被认为是一种先进的工艺设备。广泛地采用螺旋压力机，可以减少金属消耗，降低机械加工和模锻车间的工作量，提高劳动生产率。

螺旋压力机有较大的能容量，结构简单，调整和维护简便，滑块没有固定的下死点，能保证模锻件精度的稳定性。滑块速度为0.6~1.5米/秒，对于各种金属及其合金、包括难变形合金的热模锻是最合适的。在螺旋压力机上，形状复杂的零件可以一次锻成。可用组合模具进行闭式模锻，模锻透平叶片和机械加工余量很小的其他零件。

螺旋压力机的结构已有很大的改进。除了传统的机械式摩擦传动以外，又采用了新的传动形式（直接电力传动和液压传动），提高了螺旋压力机的实用性、工作速度、生产率和可靠性。公称压力范围发展到6000~12000吨力，动能发展到300~500吨力·米。目前，螺旋压力机和热模锻压力机、模锻锤、液压机以及其他金属压力加工机器一样，已成为主要的锻造设备之一。

现代的螺旋压力机经过了将近一个世纪的发展历程。在工业革命时期，曾用蒸汽机带动的公共天轴来驱动螺旋压力机⁽⁵⁰⁾。为了使飞轮和螺杆转动，也曾利用过摩擦传动机构。1877年颁发了第一台双锥盘螺旋压力机专利[⊖]，它是用于锻锻螺栓头部的。发明双盘对面传动机构的螺旋压力机的时间，可能是1879年，当时

⊖ Симои Г. 德国专利No. 1084, 1877.

这个结构也获得了专利[⊖]。1817年,俄国图利斯科军工厂曾用手动的螺旋压力机进行体积模锻^[2,3]。螺旋压力机的工业生产,约在1880年前后始于Hasenclever公司。

后来,为了降低能量损失,曾提出过一些新的摩擦传动结构,有盘-辊式[⊕]、辊式[⊖]、三盘式[⊗]等等。随着优质天然皮革以及石棉基摩擦材料的采用,延长了寿命,提高了摩擦压力机的可靠性。20世纪初便开始了炮弹壳的模锻(1913~1914),当时制造的摩擦压力机,吨位达到1500吨力。

捷克、德国的机器制造业(主要是汽车工业)从1818年开始采用摩擦压力机。随后意大利和法国用来进行体积热模锻。到1940年摩擦压力机的公称压力达到了1800吨力。用来模锻铝合金螺旋桨,直到五十年代才开始用来模锻汽轮机叶片。

苏联于第二个五年计划期间(1933~1934年)开始在沃龙涅什锻压设备厂(ВЗКПО)生产60和100吨力的摩擦压力机,一直生产到1941年。后来,摩擦压力机由奇姆肯特压力机-自动机厂(ЧЗПА)生产,公称压力达到630吨力。А.И.Зимин教授最初几年的研究工作,对指导这些压力机的生产具有重要的意义^[37]。在他的著作中,首次编写了双盘和三盘结构的计算。在同一时期,国外出版了О.Георг的著作,在这一著作中研究了滑块向上运动的双盘摩擦压力机的计算。

晚些时候,从事改进摩擦压力机的计算方法、扩大摩擦压力机的工艺用途方面的研究者有:А.А.Барташевич和Ф.И.Ветров(1938),А.И.Зимин和А.Д.Прокофьев(1950),М.В.Сторожев^[63],В.И.Залеский^[33],Ф.А.Серавин^[59,60],Н.Н.Наттерсен^[81],Н.Д.Ватерманн^[102]等。精确的理论计算是由А.И.Зимин完成的^[35]。

⊖ Хамблет Дж.英国专利№.2063, 1879.

⊕ Лозе А.德国专利№.95929, 1897.

⊖ Шулле Л.德国专利№.293950, 1915.

⊗ Георг О.德国专利№.531927, 1927.

由于结构简单, 工作可靠, 近年来摩擦压力机在一些国家(苏联、捷克、西德等国)得到了推广。西德和日本已生产的摩擦压力机最大吨位分别为3200吨力和2800吨力。

摩擦机构的不完善, 迫使设计师们去开发新的传动方案——电动和液压传动方案, 应用这些方案, 目前已成功地制造出压力为6000~7200吨力的压力机。

无减速机构的电力直接传动的电动螺旋压力机是1932年由А.Т.Голован首先提出来的。1933年制成了实验样机, 并进行了试验⁽²⁷⁾。试验表明, 定子绕组严重发热, 温升达到120℃, 并且由于电机总在过渡状态下工作, 能量损失很大。由于这些原因, 中断了进一步的改进工作, 这是十分可惜的。

据了解, 国外发明双滑块对击式电动螺旋压力机是1936年^①, 为了驱动螺杆和飞轮, 建议采用装在机架上的环形定子嵌入式异步电机。约在1958~1960年间, Weingarten公司开始生产这种传动形式的单滑块压力机。

1950年, 发明了用可逆电动机和摩擦辊传动的电动机机械式螺旋压力机^②, 电动机轴借助摩擦辊与飞轮接合。后来, 用小齿轮代替了摩擦辊(1957年), 为深入研究带减速机构的电-机械螺旋压力机奠定了基础。1972年, Weingarten公司生产一台7200吨螺旋压力机。这台压力机的传动装置, 采用数台专用电动机, 其传动轴通过小齿轮与带齿冠的飞轮啮合。

1960年, В.Е.Стоколов提出采用由包围飞轮的两块弧形定子组成的异步电动机来驱动螺旋压力机^③。这种形式的电动机, 是以前П.А.Фридкин的发明, 曾用在大功率低速系统上, 如电梯、矿井升降机、球磨机等⁽⁶⁸⁾。根据中央锻压机械制造局(ЦБКМ)的设计, 奇姆肯特压力机-自动机厂1971年制造了样机并进行了试验。后来成批生产的弧形定子螺旋压力机, 压力达到400吨力。

① Паульс Г. 德国专利No. 754614, 1943.

② Weingarten公司(西德)专利No. 823394, 1950.

③ Стоколов В.Е. 弧形定子传动螺旋压力机, 发明证书No. 153641, 1960.

电动螺旋压力机的理论,目前还没有建立完善的系统。压力机的主要参数,可按ЦБКМ的方法考虑,而弧形定子的电气技术参数,可按П.А.Фридкин的方法考虑^[68]。

在ЦБКМ and ЧЗПА对弧形定子和环形定子电动螺旋压力机进行研究的基础上,莫斯科鲍曼高等工业学校(МВТУ)提出了电动螺旋压力机工作部分运动参数的分析方法和基本参数的确定方法。

近来,苏联和国外对于改进液压螺旋压力机给予极大的注意。在本世纪二十年代,出现了第一批液压螺旋压力机发明,在这些发明中,有依靠液压缸的推力推动螺杆的^①,有利用液压马达的转矩推动螺杆的^②。液压螺旋压力机开始应用于工业比较晚,约在四十年代末期。

在苏联,设计和研究液压螺旋压力机,是根据А.И.Зимин的建议,并在他的领导之下从四十年代开始的。1949年,А.И.Зимин提出了液压螺旋压力机-锤的方案,后来被列为发明^③。根据这一原理,液压缸的压力除了加速工作部分以外,还要和工作部分的动能一起使锻件变形。为此,将液压缸的压力腔直接做在螺杆内部。第一台压力机-锤的实验样机于1958年制成,1959年МВТУ进行了研究^[9]。1968年,根据和МВТУ的联合设计,在ЧЗПА试制了一批160吨压力机-锤的工业用实验样机。后来的实践表明,必须使结构简化,因为力和动能同时作用在工艺上的优点并不重要。1000吨以下的新结构液压螺旋压力机,将由ЧЗПА和沃龙涅什重型机械压力机厂(ВЗТМП)两家工厂成批生产。

在国外,液压螺旋压力机实验样机的研制是从四十年代末期开始的。1948年美国Bliss公司制成630吨样机,1951年西德Gröbner公司、1958年捷克ZDAS公司,也先后制成样机。目前许多国家都生产液压螺旋压力机。1972年,西德Hasenclever公司制成

① Бьер Е.奥地利专利No.70433, 1914.

② Конкуранда Г.奥地利专利No.74529, 1916.

③ Зимин А.И.液压机-锤, 发明证书No.115712, 1958.

了最大的6300吨压力机。设计的液压螺旋压力机吨位已达到25000吨。六十至七十年代, МВТУ对液压螺旋压力机的理论进行了研究。

最近, 由于在螺旋压力机上掌握了高精度的大尺寸锻件、涡轮机和压气机叶片、齿轮和其他重要零件的锻造技术。所以, 对新结构的螺旋压力机特别感到兴趣。根据锻压机械科学研究试验所(ЭНИКМАШ)的数据, 1970年出版螺旋压力机方面的有关文献数量超过了350篇, 从1964~1974年, 苏联、法国、英国和美国颁发了大约80份发明证书或发明专利^[21], 约占从1877年以来专利累计数字的30%。

对专利资料和发明证书的研究表明, 电动螺旋压力机和液压螺旋压力机的发明数量每年都在增加。由于在工业上广泛运用这些发明需要10~12年的时间。可以预料, 今后电动螺旋压力机和液压螺旋压力机的应用将会扩大。螺旋压力机有助于解决提高模锻件的精度、改善模锻件质量、扩大精密模锻大尺寸零件的品种等问题。螺旋压力机在现代锻压生产中的地位, 正在不断提高。因此, 齐姆肯特压力机-自动机厂对1000吨以下的弧形定子电动螺旋压力机和液压螺旋压力机, 沃龙涅什重型机械压力机厂对1000吨以上的液压螺旋压力机的生产, 都给以极大的重视。捷克、保加利亚、波兰、法国、西德、日本及其他外国公司, 也都生产螺旋压力机。

上述工厂、МВТУ、ЦБКМ、ЭНИКМАШ、全苏冶金机械科学研究所(ВНИИМЕТМАШ)以及其他单位的专家们, 正在进行螺旋压力机结构和设计计算方法的改进工作。

本书在综合上述单位和公司的生产和科学技术经验以及近年来МВТУ所做的科学研究工作的基础上, 力图阐明螺旋压力机的结构、理论和设计计算的现状, 以及摩擦压力机、电动螺旋压力机和液压螺旋压力机的工艺应用情况。

作者对在本书书稿准备工作中给予合作和帮助的单位和个人, 表示深切的谢意, 并希望对本书提出批评意见。

目 录

译者的话

序 言

第一章 螺旋压力机的一般概念	1
1. 工作原理和分类	1
2. 螺旋工作机构的基本参数和理论	13
3. 模锻的工艺特性	25
4. 应用范围	39
5. 基本参数	43
第二章 摩擦压力机	52
1. 工作原理、分类和结构方案	52
2. 双盘压力机	60
3. 三盘压力机	70
4. 摩擦压力机计算	73
5. 能量计算和效率	86
6. 摩擦超载保险装置	92
第三章 电动螺旋压力机	98
1. 工作原理、分类和结构方案	98
2. 环形定子电动螺旋压力机	100
3. 弧形定子电动螺旋压力机	101
4. 电-机械传动螺旋压力机	105
5. 电动螺旋压力机计算	108
6. 能量计算和效率	121
第四章 液压螺旋压力机	124
1. 工作原理、分类和结构方案	124
2. 用螺旋和直线运动液压缸驱动的压力机	127
3. 用旋转运动液压马达驱动的压力机	149
4. 液压螺旋压力机计算	157
5. 能量计算和效率	197

第五章 螺旋压力机零件的受力和强度计算	205
1. 受力计算	205
2. 强度计算	207
3. 基础	217
第六章 螺旋压力机结构的发展趋势和方向	220
1. 基本趋势	220
2. 结构方案的比较	222
3. 传动形式比较	231
4. 快速对击式螺旋压力机	234
5. 曲柄-螺旋压力机	237
6. 无砧座液压螺旋压力机	239
7. 双动螺旋压力机	241
8. 能量调节系统	242
参考文献	244

第一章 螺旋压力机的一般概念

1. 工作原理和分类

螺旋压力机是借助螺旋工作机构将传动装置的能量转变成有用功的模锻工艺设备。螺旋压力机由电动机和传动机构驱动。传动机构有机械摩擦的、电力的、液压或气动的。

螺旋压力机的工作原理是在空程向下（或相对锻件方向）时，由传动装置将工作部分加速到一定的速度，目的是积累旋转和直线运动的动能。这个动能在工作行程时用作锻件变形功 A_x ：

$$A_{\text{空}} \rightarrow (T_{\text{e}} + T_{\text{a}}) = \frac{mv^2}{2} + \frac{J_1 \omega^2}{2} = T_9 \rightarrow A_x \quad (1-1)$$

通常，旋转动能 T_{a} 为 $(0.8 \sim 0.9)J_9$ 。

螺旋机构的特性是角速度与直线速度成比例：

$$\omega = \frac{2\pi}{h} v \quad (1-2)$$

所以，螺旋压力机工作部分的实际动能可表示为：

$$T_9 = \left(\frac{h^2}{4\pi^2} m + J_1 \right) \frac{\omega^2}{2} = J \frac{\omega^2}{2} \quad (1-3)$$

或

$$T_9 = \left(m + \frac{4\pi^2}{h^2} J_1 \right) \frac{v^2}{2} = M \frac{v^2}{2} \quad (1-3a)$$

式中 J ——工作部分的换算转动惯量，

$$J = m \frac{h^2}{4\pi^2} + J_1 \quad (1-4)$$

M ——工作部分的换算质量，

$$M = m + \frac{4\pi^2}{h^2} J_1 \quad (1-5)$$

在上面推导的公式中, A_n 为传动功; T_v 和 T_ω 分别为工作部分的直线运动动能和旋转运动动能; m 和 J_1 分别为工作部分的质量和转动惯量; h 为螺杆导程。

根据传动机构的类型, 螺旋压力机分为摩擦压力机, 电动螺旋压力机和液压螺旋压力机。摩擦压力机利用摩擦传动机构的主动部件压紧飞轮轮缘产生的摩擦力矩驱动飞轮-螺杆。用不同的摩擦盘或摩擦辊压紧来改变滑块的运动方向。主动摩擦部件的传动功 A_n , 在滑块向锻件方向运动时转变成工作部分的动能:

$$A_n \rightarrow M_T \varphi_p \rightarrow T_3 \quad (1-6)$$

式中 φ_p ——加速工作部分时飞轮的转角。

而在回程时克服重力和摩擦力。

在锻件变形时, 为了避免因工作部分急剧制动过分磨损摩擦材料, 摩擦压力机传动机构的主动部件和飞轮脱开, 靠圆盘或摩擦辊脱开之前积聚在工作部分的动能使锻件变形。

在无减速直接传动的电动螺旋压力机中, 电磁场的转矩 M_m 直接推动作为专用嵌入式异步电动机转子的飞轮, 而电力机械减速传动的压力机将一台或数台电动机的转矩通过齿轮减速机构传给飞轮。若改变滑块的运动方向, 可由电动机反转来完成。

在滑块向锻件方向运动期间, 电动机做功转变成工作部分的动能:

$$A_n \rightarrow M_3 \varphi_p \rightarrow T_3 \quad (1-7)$$

液压缸的轴向推力和液压马达的扭矩是成比例的, 即

$$F = M_1 \frac{2\pi}{k} \quad (1-8)$$

在液压螺旋压力机中, 工作部分的运动是由液压缸的推力推动螺杆或滑块, 或由液压马达的扭矩推动飞轮或螺杆。

在滑块向锻件运动期间, 液压缸或液压马达中的压力为 p 的液

体做功转变成工作部分的动能，然后此动能消耗到锻件变形上。在滑块回程时，液压传动功消耗于克服工作部分的重力和摩擦力：

$$A_{\pi} = S_1 \int_0^{s_p} p(s) ds = \int_0^{s_p} F(s) ds \rightarrow T_3 \rightarrow A_{\pi} \quad (1-9)$$

$$A_{\pi} \rightarrow M_r \varphi_p \rightarrow T_3 \rightarrow A_{\pi}$$

式中 S_1 ——液压缸有效工作面积；

s_p ——工作部分的加速行程；

F ——液压缸的推力；

M_r ——液压马达的转矩。

液压螺旋压力机的大多数结构在锻件变形前或在锻件变形中停止向液压缸或马达供高压液体，这是为了避免增高液压系统的压力冲击和缩短工作部分反向运动时间。也有一些液压螺旋压力机，不停地供液，可在锻件变形时利用液压缸的推力作附加的有用功 ($A_{\pi 1} > A_{\pi}$) [36]：

$$\begin{aligned} A_{\pi} &= S_1 \int_0^{s_p + s_{\pi}} p(s) ds = \int_0^{s_p + s_{\pi}} F(s) ds \rightarrow T, \\ &+ \int_0^{s_{\pi}} F(s) ds \rightarrow A_{\pi 1} \end{aligned} \quad (1-10)$$

式中 s_{π} ——锻件变形行程。

根据前述螺旋压力机的工作原理可以得出结论，螺旋压力机上的锻件，是用被传动装置加速到最大速度的工作部分的动能使其变形的，这个速度在工作行程期间减小到零，而不依赖于运动学上的联系。根据这一原理，过去曾将摩擦压力机归并到锻锤一类，并命名为锤（压力机）[35、72]，可是这一名称未能得到普及。

为了明确规定螺旋压力机分类学上的特征，不仅应当考虑到运动学上的特征，而且应当考虑到工作行程的能量和力的特征。螺旋压力机在工作行程之前，工作部分的实际能量大于锻件的变形

功, 即 $\frac{T_9}{A_n} > 1$, 这是冲击性作用的机器的一般特征, 也是锤的特征。

由于机身的反力作用, 工作行程期间螺旋压力机滑块上受到的实际换算压力 F , 和曲柄压力机、液压机一样, 大于锻件的变形力 P_n 。考虑到这一工作特性, 将螺旋压力机列入一个中间类——压力机-锤比较恰当, 说明它兼有压力机和锤两者的局部特征。本书仍采用传统的名称《螺旋压力机》, 可认为这是比较确切的名称——螺旋压力机-锤的简称。

为便于对螺旋压力机进行深入研究、分析和探讨远景规划, 有必要将其结构按一定的特征加以分类。摩擦压力机的结构方案, 最初只按传动机构的类型, 分为双盘式、三盘式、单盘和无盘式四种^[35, 72]。后来, 由于设计了液压螺旋压力机, 便扩充了分类, 并用更一般的特征——螺杆(有飞轮或无飞轮)的运动状态进行结构分类^[7], 因为在能量意义上螺杆是工作机构的主要环节, 它不仅传递传动装置的能量, 而且本身还积蓄能量。

根据这些特征, 螺旋压力机可分为螺杆直线运动, 螺杆旋转运动和螺杆螺旋运动的三大类。同时, 按传动形式又可分为机械式, 电动式和液压(气动)式三类。

近年来, 人们极其重视螺旋压力机的改进和新结构方案的研究。分析专利资料表明, 专利和发明证书的数量, 每年都在增加(图1-1)。这些专利和发明, 有一多半是研究和改进螺旋压力机的结构原理及其传动装置的。

考虑到结构发展的现状, 编制了螺旋压力机的分类图(图1-2)和分类表(表1-1)^[14, 88]。

螺旋压力机的结构形式分类表, 水平行包括19个分类因子, 在每一行的竖列中, 列入若干个独立的性能(特征或性质)。

如果水平行用 P_i 表示, 而竖列用 m_j 表示, 由于行号 i 可从0取到 n (表1-1中的行数 $n=19$), 而列号 j 可相应地从0取到 k (表1-1中的列数 $k=9$), 则此表可以写成一般形式:

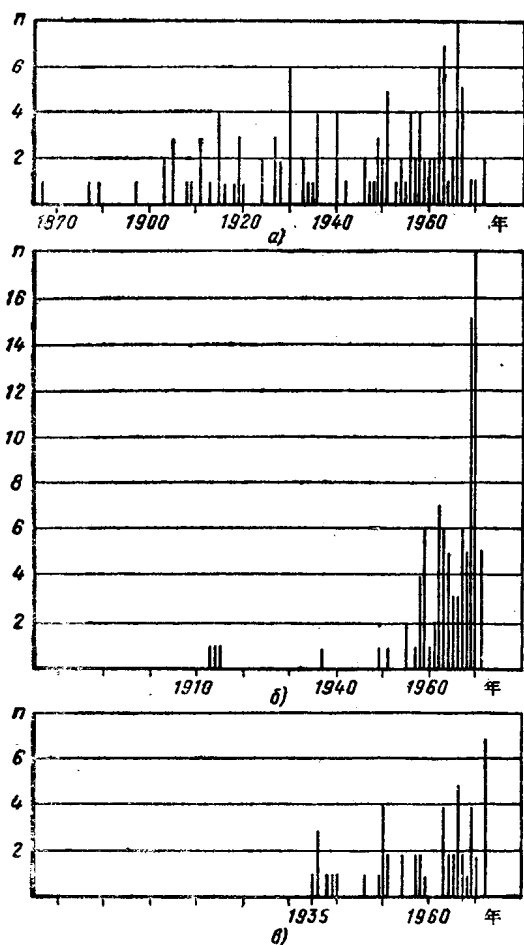


图1-1 苏、捷、波、西德、法、英等国螺旋压力机的发明数 n

a) 摩擦的 b) 液压的 c) 电动的

$$\left. \begin{array}{l} P_1 (m_1, m_2, \dots m_{k_1}) \\ P_2 (m_1, m_2, \dots m_{k_2}) \\ \dots\dots\dots \\ P_{19} (m_1, m_2, \dots m_{k_{19}}) \end{array} \right\} \quad (1-11)$$

因为表中不同的行填满格的数目不同, 所以这里 $k_1, k_2, \dots k_{19}$ 表