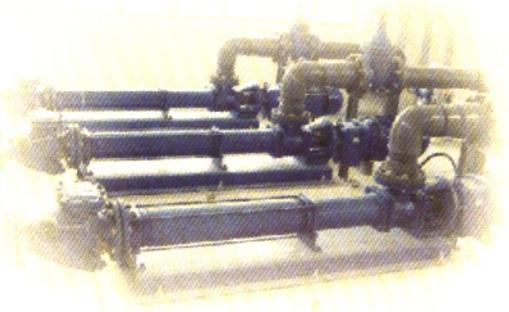


# 螺杆泵及其应用

石家庄杂质泵研究所 何希杰 劳学苏



## 一、前言

螺杆泵问世较晚, 1930年法国工程师雷涅—摩伊诺创造了第一台单螺杆泵<sup>[1]</sup>。1931年瑞典IMO公司发明三螺杆泵<sup>[2]</sup>。1943年德国鲍曼 (Bornemann) 公司生产外置轴承的双螺杆泵, 从1944年开始批量生产<sup>[3]</sup>。1959年以来, 德国费里茨—基伯格对单螺杆泵的发展有重大的影响, 他设计和制造了德国的第一台单螺杆泵<sup>[4]</sup>。

我国螺杆泵的发展起步较晚, 天津泵业机械集团有限公司 (原天津市工业泵总厂) 于20世纪60年代初期研制成功船用高压小流量三螺杆泵, 此后逐步发展成为单、双、三及五螺杆泵的专业生产制造厂。20世纪60年代中期, 沈阳水泵股份有限公司 (原沈阳水泵厂) 开始生产双螺杆泵和三螺杆泵。20世纪70年代研制成功五螺杆泵。20世纪80年代以后, 沈阳水泵厂重点生产电站用泵、流程泵和大型泵类产品, 螺杆泵就逐步转由天津工业泵总厂主要生产。

1984年6月, 天津工业泵总厂与世界著名的德国阿尔维勒 (ALLWEILER) 公司签定三螺杆泵技术制造合同, 1992年2月, 与德国鲍曼公司签定技术合同, 引进了单、双螺杆泵制造技术。为了提高螺杆泵转子加工精度, 天津工业泵总厂先后从英国霍尔罗伊德 (HOLROYD) 公司购进高精度螺杆泵转子加工专用2AC铣床、制刀及检查设备, 购进奥地利CNC—131型加长螺杆加工专用铣床等。

1989年, 石首水泵厂引进原捷克斯洛伐克西格玛公司的单螺杆泵制造技术及空心管压制单螺杆泵转子设备。

我国目前生产螺杆泵厂家40~50家, 螺杆泵 (单、双、三及五螺杆泵) 产品中, 三螺杆泵产量最大, 大致占螺杆泵总产量的50%以上。

中国通用机械工业协会泵业分会会员企业历年生产的螺杆泵产量, 列于表1中。

表1 泵业分会会员企业历年生产的螺杆泵产量

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000
产量/台	8 100	7 522	5 735	5 005	6 247	7 042
年份	2001	2002	2003	2004	2005	2006
产量/台	8 024	67 327	59 495	55 519	86 991	90 673

从表1中可以看出, 1995~2001年间, 泵业分会会员企业生产的螺杆泵年产量为5 005~8 100台, 而2002~2006年间其年产量增长速度特别快, 为55 519~90 673台。在这些产量中不包括非泵业分会企业的产量, 这些企业同样生产一定数量的螺杆泵。

螺杆泵的应用越来越广泛。螺杆泵在一些领域中的应用, 是其他泵类无法替代的。螺杆泵应用范围, 列于表2中。

表2 螺杆泵应用范围

泵型	Q/ (m <sup>3</sup> /h)	压力 /MPa	最高 温度 /℃	允许运 动黏度 /(mm <sup>2</sup> /s)	输送 液体 性质
单螺 杆泵	0~570	0.6~2.4	300	10 <sup>5</sup>	含小颗粒, 有腐蚀性
双螺 杆泵	2 000	5~8	400	5 × 10 <sup>5</sup>	含微粒, 有 腐蚀性
三螺 杆泵	800	25	300	5 × 10 <sup>4</sup>	含无腐蚀性的 润滑液体
四螺 杆泵	其条件与五螺杆泵相似				
五螺 杆泵	1 000	1.0	150	10 <sup>4</sup>	含无腐蚀性的 润滑液体

## 二、螺杆泵组成和应用

下面介绍螺杆泵定义、组成、分类和应用。

螺杆泵依靠相互啮合空间的容积变化来输送流体。目前,螺杆泵按照螺杆数目可以分为单螺杆泵、双螺杆泵、三螺杆泵、四螺杆泵和五螺杆泵。四螺杆泵只有美国金字塔少数公司生产,其特点与五螺杆泵类似。按照吸入方式,可以分为单吸式和双吸式。按照螺杆泵螺杆螺纹头数,分为单头和双头螺杆泵。

### 1. 单螺杆泵

单螺杆泵,主要由螺杆、泵套(衬套)和万向联轴节组成。单螺杆泵转子是圆形断面的螺杆,它在特殊形状的衬套(定子)中一方面作行星运动,一方面沿着定子内螺纹将液体向前推进,从吸入腔连续地移动到压力腔,腔内流体是轴向均匀流动、无涡流和搅动。

单螺杆泵是一种内啮合的密封式容积泵,国外叫摩伊诺泵,德国等国家称为转子偏心泵。按照螺杆泵螺杆螺纹头数,分为单头和双头螺杆泵。单头螺杆泵,转子为单头凸螺纹( $Z_1=1$ )的螺杆,定子为双头凹螺纹( $Z_2=2$ )的螺套。双头单螺杆泵,其螺杆设计成凸螺纹( $Z_1=2$ )的齿形,螺套设计为三头凹螺纹( $Z_2=3$ )的齿形<sup>[5]</sup>。

在排量、压力和转速相同的情况下,双头螺杆泵比单头螺杆泵具有体积小、重量轻的显著特点。

单螺杆泵具有结构紧凑,径向尺寸小,压力、排量无脉动,噪声低,自吸性能强以及输送介质时搅动小等优点。单螺杆泵可以用于输送含有固体颗粒的液体,酸碱盐液体,不同黏度的液体,如纸浆、软膏、污水、泥浆和果酱等,广泛应用于环保、生物工程、污水处理、采矿、石油化工、食品、制糖、制药、造纸、染料、建筑、农业和其他工业部门。德国基伯格公司在单螺杆泵设计、制造、应用、性能和效率等方面处于世界领先地位。

### 2. 双螺杆泵

双螺杆泵是由主动螺杆(主杆)、从动螺杆(从杆)、泵体、安全阀、联轴器、过滤器、同步齿轮和滚动轴承组成<sup>[6]</sup>。两根螺杆(转子)相互啮合,在衬套(定子)中运转,依靠所形成的密封腔的容积变化吸入和排出流体。流体是轴向均匀流动、无涡流和搅动。双螺杆泵转子和定子均为刚性材料制成,其制造精度要求比单螺杆泵高<sup>[7]</sup>。按照吸入方式,双螺杆泵可以分为单

吸式和双吸式。单吸式螺杆泵吸入腔和压力腔存在压差。单吸双螺杆泵通常要考虑平衡轴向力的液力平衡装置。双吸式双螺杆泵,泵体内装有两根左右旋单头螺纹的螺杆,由于螺杆两端处于同一压力腔中,螺杆上的轴向力自行平衡。主杆通过同步齿轮带动从杆回转,两根螺杆以及螺杆与泵体之间的间隙靠齿轮和轴承保证。

双螺杆泵按照传动方式,分为直接传动和间接传动,直接传动就是由主杆带动从杆,间接传动就是从杆由主杆通过同步齿轮传动(外支承型)。通常所谓的双螺杆泵多指后者。由于外支承结构,轴承和吸入、排出腔分开,而且工作型面间无接触运行,因此双螺杆泵在液气两相流体输送中有其他泵难以替代的优势。近年来,国内外双螺杆泵的生产和应用发展很快。

双螺杆多相流混输泵,结构紧凑,利用气体的压缩性成功地降低回流损失,提高了泵的容积效率,对于任意气液比的多相流体,高凝固点高黏度流体都有较好的增压效果,适合中小流量( $10\sim 1\,000\text{m}^3/\text{h}$ )和高中低扬程( $0\sim 10\text{MPa}$ )工况<sup>[8]</sup>。同时也适用于非润滑性、腐蚀性流体和含少量固体颗粒的流体。双螺杆泵具有自吸性能强、输送平稳及噪声低等优点,广泛应用于船舶、石油化工、机床及工程机械中,用于输送燃油、润滑油及液压油等方面。

### 3. 三螺杆泵

三螺杆泵,主要是由主杆、两根从杆和包容三螺杆的泵套组成。主杆螺纹凸形双头,从杆螺纹为凹形双头,两者螺旋相反<sup>[9]</sup>。

三螺杆泵一根主杆通过啮合带动其余从杆。三根螺杆(转子)相互啮合在衬套(定子)中运转,依靠所形成的密封腔的容积变化来吸入和排出流体。流体在泵腔内是轴向均匀移动,无涡流和搅动。螺杆泵型面通常是由摆线形成的,因而称为摆线啮合螺杆泵。三螺杆泵啮合间隙很小,压力可达到25MPa,噪声低,达到57dB(A),效率高,特别适合于能量转换和流体输送。其加工精度在单螺杆泵、双螺杆泵和三螺杆泵三类螺杆泵中最高。缺点是对介质中固体颗粒较为敏感。

### 4. 五螺杆泵

双吸式五螺杆泵,泵套内装有五根左、右旋双头螺纹的螺杆,螺杆上的轴向力自行平衡。螺杆齿廓上有一段是渐开线,它起着主杆向从杆传递运动的作用。螺杆两端装有滚动轴承,保证螺杆与泵套之间的间隙。

对于单吸式五螺杆泵, 需要考虑平衡轴向力的液力平衡装置。

五螺杆泵是非密封型容积泵, 仅用做安装尺寸受限制的特殊场合(如舰艇、船舶等)时的润滑油泵。

### 三、应用实例

下面列举几个应用螺杆泵应用的实例<sup>[10]~[12]</sup>。

#### 1. 天津东郊污水处理厂

污水处理厂设计处理能力为400 000m<sup>3</sup>/d, 采用活性污泥处理工艺, 全厂主要设备和仪表从法国引进。全厂占地2.95 × 10<sup>5</sup>m<sup>2</sup>, 工程总造价(含国外设备)20 159万元。工程于1989年8月动工, 1993年4月建成投入运行, 出水水质达到设计要求。该厂采用螺杆泵, 情况介绍如下:

(1) 初沉污泥泵房 在2座初沉池间设1座污泥泵房。房内安装GF单螺杆泵4台, 2座泵房共装8台污泥泵。

(2) 污泥浓缩池 浓缩池与投泥泵房相连, 泵房内安装3台螺杆投泥泵, 每台泵流量 $Q=55\text{m}^3/\text{h}$ , 扬程 $H=21\text{m}$ , 功率 $P=15\text{kW}$ 。

#### 2. 山东文登城市污水处理厂

山东省文登市建成一座规模为40 000m<sup>3</sup>/d的城市污水处理厂。改扩建规模为80 000m<sup>3</sup>/d, 其中原有工程改建后规模为30 000m<sup>3</sup>/d, 扩建工程规模为50 000m<sup>3</sup>/d。扩建工程占地面积40 600 m<sup>2</sup>, 改扩建总投资6 167.95万元。

(1) 配水井 偏心螺杆泵三套, 2用1备,  $Q=17.5\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H=30\text{m}$ ,  $P=7.5\text{kW}$ 。

(2) 污泥进泥泵房污泥投配泵

1) 偏心螺杆泵2套, 1用1备,  $Q=18\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H=40\text{m}$ ,  $P=5.5\text{kW}$ 。

2) 偏心螺杆泵三套, 2用1备,  $Q=38\text{m}^3/\text{h}$ ,  $H=40\text{m}$ ,  $P=11\text{kW}$ 。

#### 3. 胜利油田纯梁采油厂

油气集输系统工程流程, 就是自生产油井下采出的油气水混合液, 经过井口生产管线汇集到计量站计量, 对于远距离的油区中间需要接转站进行加热、增压, 然后混输到联合站进行集中脱气、脱水和原油稳定处理, 处理后的原油外输到炼化厂, 脱出的污水和轻烃气则分别被输送到污水站和轻烃站进行处理和利用。

采油厂设计室曾于总工程师办公室、输油科等业务技术部门一起进行多方面的调查和综合分析, 决定在梁家楼19块油田和纯东块油田采用混输泵进行油气集输系统改造, 降低输油管线起始端的工作压力, 采用了LWB型双螺杆输油泵代替接转站。投产后运行平稳, 集输干线起始端的工作压力平均降低0.4MPa, 达到设计要求, 满足了油气水混输的生产要求, 经济效益显著:

1) 安装双螺杆混输泵及配套设备流程共投资34万元, 而建一座同功率的小型密封式流程接转站则需投资110万元, 两者相比, 可减少工程投资76万元。

2) 安装双螺杆混输泵可实现油气水混合物料同一管线输送, 而建接转站除建油水混合液混输管线外, 还必须建设输气管线, 管径为 $\phi 76\text{mm} \times 4\text{mm}$ , 长度7.2km, 工程投资72万元。

3) 安装双螺杆混输泵后, 纯东块油田日增液量70~220m<sup>3</sup>, 日增油量14.5~28.3t, 平均日增原油21t, 按此推算年增原油7 665t。按800元/t计, 年增原油收入613.2万元。

4) 安装双螺杆混输泵, 可以实现油气密闭输送, 减少轻烃部分的损耗, 可以回收天然气。从运行抽查表中计算出日回收天然气616~686m<sup>3</sup>, 平均日回收天然气651m<sup>3</sup>, 年回收天然气237 615 m<sup>3</sup>, 按1元/m<sup>3</sup>计, 年增天然气收入23.76万元。

用双螺杆混输泵代替接转站实现油气密闭输送, 并且投资少, 见效快, 能够增加原油产量, 实现天然气资源回收, 防止大气污染, 经济效益和社会效益显著。

#### 4. 大庆井下采油

我国具有丰富的稠油资源, 需要大量的可靠的开采和集输设备, 目前我国稠油开采设备主要是梁式抽油机。梁式抽油机体积大、造价高、能耗大以及效率低。近年来, 新发展起来的单螺杆抽油泵在开采稠油方面既有独特之处, 采油率高, 综合效益高。在防沙和耐磨方面, 也较适合于抽吸含沙的稠油。目前国外已系列生产和应用单螺杆抽油泵, 国内也生产一些规格单螺杆泵。这些泵具有能耗低、效率高、体积小、重量轻、占地面积少及不需要混凝土地基等优点。大庆井下采油工艺研究所统计的单螺杆泵抽油泵与梁式抽油机对比情况, 列于表3中。

从表中可以看出, 单螺杆抽油泵与梁式抽油机相

表3 单螺杆抽油泵与梁式抽油机对比

泵型	泵径/mm	产液/(m <sup>3</sup> /d)	电动机功率/kW	含水(%)	泵效率(%)	产油/(m <sup>3</sup> /d)	转速/(r/min)	泵重/t
单螺杆泵	41(轨迹圆)	27	7.5	32.5	87	18.2	380	0.2
有杆泵	56(活塞)	21~16	17	28~30	36~28	13.1	---	14.42

比,前者的泵效率为后者的平均值的2.7倍,日产油量前者为后者平均值的1.39倍,后者的重量为前者的72.1倍。由此可见,单螺杆抽油泵比梁式抽油机产油率高,而且节能又节材。单螺杆抽油机年多产油量为1 862 m<sup>3</sup>,按800元/m<sup>3</sup>计算,年增原油收入近150万元。

### 5. 钢铁厂热轧设备流程

武汉钢铁厂进口成套热轧设备中,有MGH—125RI型齿轮泵,用于润滑系统,共4台。对现场进行调查发现,齿轮泵在运行中振动和噪声大,平均寿命只有6~7个月,年维护费用达10万元。后来改用SNH1300R46型三螺杆泵。

现场运行表明,运转平稳,噪声低,3年后拆检时除了更换一套机械密封外,泵的关键部件磨损轻微,可以继续使用。螺杆泵节能效果显著。MGH—125RI型齿轮泵和SNH1300R46型三螺杆泵性能参数对比情况,列于表4中。

表4 三螺杆泵和齿轮泵性能参数对比

泵型	流量/(L/min)	压力/MPa	转速/(r/min)	功率/kW	进口口径/mm	出口口径/mm	寿命/月
齿轮泵	1 000	0.55	970	37	150	100	6
螺杆泵	1 200	0.55	1450	18.5	150	125	>72

齿轮泵配套电动机功率为37kW,而流量较齿轮泵大20%的三螺杆泵配套功率仅为18.5kW,该系统年节电53.28万kW·h。如果按0.5元/kW·h计算,折合人民币近27万元。

### 6. 大庆龙凤电厂锅炉燃油泵

大庆龙凤电厂原采用3GR22/25型三螺杆泵,该泵压力为2.5MPa,流量22m<sup>3</sup>/h,配套功率为22kW。该厂扩建后因为订购不到螺杆泵,用一台多级离心泵替代,在同样性能参数条件下,离心泵配套功率为100kW。两者功率相差78kW。如果泵年运行时间按8 000h计算,

每台三螺杆泵燃油泵节能微型泵62.4kW,折合人民币为32万元,螺杆泵节能效果十分显著。

### 四、结束语

介绍了螺杆泵技术发展概况和应用范围,着重介绍了螺杆泵在各个领域中节能节材的应用实例。对于研究螺杆泵的应用提供了有用数据的参考资料。

### 参考文献

- [1]周连考.单螺杆泵的设计与试验研究[J].水泵技术,1993(3).
- [2]徐庆有.让螺杆泵设计制造赶上世界先进水平[J].中国螺杆泵,1994(1).
- [3]蒋大辉.国外螺杆泵近期发展综述[J].水泵技术,1992(4).
- [4]安诺努木.单螺杆泵的不断改进[J].西北水泵,1994(1).
- [5]何存兴.单螺杆泵设计中若干理论问题探讨[J].水泵技术,1995(4).
- [6]刘政.双螺杆泵型线的计算及二次车削[J].水泵技术,2006(1).
- [7]陈金海.螺杆泵型面及其刀具的计算机辅助设计[J].水泵技术,2001(5).
- [8]曹锋.双螺杆泵多相流混输泵的设计计算[J].流体机械,2001,29(1).
- [9]沈阳水泵研究所.机械工程手册[M].北京:机械工业出版社,1980.
- [10]赵恒枫.螺杆泵的应用与节能[J].水泵技术,1995(4).
- [11]赵合年.双螺杆输油泵在油气集输过程的应用[J].泵业动态,1999(4).
- [12]A.J.Prang.Rotary Screw Pumps for multiphase products. British pump manufacturers Association 12th International Pump technical Conference, 1991[C].London. **GM**

# 螺杆泵及其应用

作者: [何希杰](#), [劳学苏](#)  
作者单位: [石家庄杂质泵研究所](#)  
刊名: [通用机械](#)  
英文刊名: [GENERAL MACHINERY](#)  
年, 卷(期): 2008, (2)  
被引用次数: 1次

## 参考文献(12条)

1. [周连考](#) [单螺杆泵的设计与试验研究](#) 1993(03)
2. [徐庆有](#) [让螺杆泵设计制造赶上世界先进水平](#) 1994(01)
3. [蒋大辉](#) [国外螺杆泵近期发展综述](#) 1992(04)
4. [安诺努木](#) [单螺杆泵的不断改进](#) 1994(01)
5. [何存兴](#) [单螺杆泵设计中若干理论问题探讨](#) 1995(04)
6. [刘政](#) [双螺杆泵型线的计算及二次车削](#)[期刊论文]-[水泵技术](#) 2006(01)
7. [陈金海](#) [螺杆泵型面及其刀具的计算机辅助设计](#)[期刊论文]-[水泵技术](#) 2001(05)
8. [曹锋](#) [双螺杆泵多相流混输泵的设计计算](#)[期刊论文]-[流体机械](#) 2001(01)
9. [沈阳水泵研究所](#) [机械工程手册](#) 1980
10. [赵恒枫](#) [螺杆泵的应用与节能](#) 1995(04)
11. [赵合年](#) [双螺杆输油泵在油气集输过程的应用](#) 1999(04)
12. [A. J. Prang](#) [Rotary Screw Pumps for multiphase products. British pump manufacturers](#) 1991

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_tyjx200802007.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_tyjx200802007.aspx)

授权使用: 东南大学图书馆(wfndnx), 授权号: 2e18618e-9633-4b4b-8d7c-9e9600af5585

下载时间: 2011年2月26日