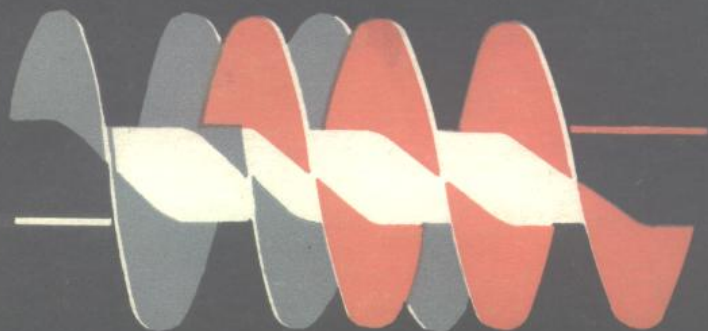
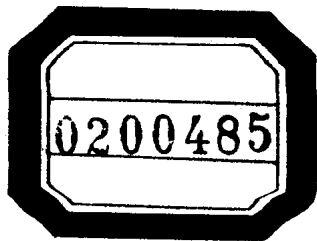
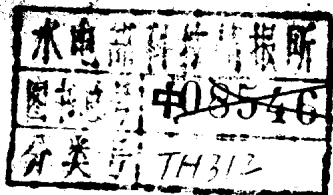


LUOXUANBENG



建筑工业出版社

螺旋泵



螺旋泵



陈 愉 林

中国建筑工业出版社

螺旋泵是一种给水排水机械设备。本书详细介绍了螺旋泵的运转原理、结构型式、技术数据、制造工艺、安装精度要求、应用范围和现场经验等。可供给水排水、环境保护、机械设计制造等专业技术人员参考。

2040/29

螺旋泵
陈 愉 林

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

*

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 5 1/8 插页: 1 字数: 114 千字

1981年3月第一版 1981年3月第一次印刷

印数: 1—5,310册 定价: 0.56元

统一书号: 15040·3882

前 言

给水排水工程的现代化通常以给水排水的机械化和自动化为其主要标志。在国外，给水排水的现代化一般经历如下几个阶段：

机械化、仪表化→部分自动化→全自动化。

显然，机械化是自动化的重要基础。有了各种给水排水机械装备才能使以电子计算机为中心的自动控制设备有指令对象。在工业发达的国家，大多数给水排水企业已进入部分自动化阶段，少数已达到全程自动化。我国的给水排水工程刚进入机械化仪表化阶段，关键设备缺门很多，急需填补。这就要求我们急起直追，迎头赶上。

水泵是一种现代化的提水工具，用途十分广泛。不仅在给水排水工程中普遍使用，而且在国民经济中许多部门也都大量选用。为了适应各种不同的需要，水泵的种类很多。螺旋泵就是一种常用的水泵。这一古老的提水工具近十多年来恢复了青春。原因是它不但节约能源，而且还具有其他一些特有的优点。

在工业发达的国家，工程技术人员利用种种现代化的机械制造技术来改造和革新螺旋泵。使螺旋泵从第二次世界大战以后一跃而加入了常用水泵的行列，在荷兰、法国、西德、丹麦、瑞士、芬兰和日本等国已有一批专业工厂组织大批量生产，在给水排水、排涝灌溉等领域得到了广泛应用。

我国从1976年开始才试制螺旋泵，目前还没有正式列入国家产品。在设计、制造、安装和运转方面都缺乏经验。

1978年10月在重庆召开的“全国给水排水机械化自动化技术经验交流座谈会”上，各兄弟单位就给水排水机械化自动化技术交流了宝贵经验。本书在会议交流的基础上，介绍我们设计制造螺旋泵的一些体会，同时也汇集了国内外有关螺旋泵的设计计算、安装制造等各方面的资料，供给水排水及其他有关专业人员和大专院校有关专业的师生参考。

本书经陈嵘星、金能始和毛鸿翔同志审阅。由于作者水平限制，书中难免有错误或不妥之处，望读者不吝指教。

1979年3月

目 录

第一章 发展简史	1
第二章 提水原理	5
第一节 螺旋泵的提水作用	5
第二节 理论流量的推算	6
第三节 螺旋泵转速的理论推导	12
第四节 螺旋泵的流量损失	14
第五节 与其他水泵提水效能的比较	17
第三章 特点和用途	19
第一节 特点	19
第二节 螺旋泵的缺点	24
第三节 用途	28
第四节 国外螺旋泵规格介绍	41
第四章 设计参数	45
第一节 特性曲线	45
第二节 安装倾角	50
第三节 间隙	52
第四节 转速	53
第五节 提升高度	56
第六节 螺旋叶片直径	57
第七节 叶片与头数	58
第八节 导程和螺距	60
第九节 提升流量	61
第十节 传动功率	63
第十一节 泵轴	65
第十二节 上下支座轴承选择	76

第五章 结构型式	80
第一节 泵轴与螺旋叶片	80
第二节 上支座	80
第三节 下支座	87
第四节 导槽	93
第五节 传动机构	99
第六节 操作控制	111
第七节 防腐处理	112
第八节 附属设备	113
第六章 制造和安装	119
第一节 螺旋叶片的放样	119
第二节 泵轴的制作	121
第三节 泵轴整体加工	125
第四节 导槽的制作	128
第七章 试制与测定	131
第八章 计算例题	142
参考文献	155

第一章 发 展 简 史

早在纪元前的古希腊时代，著名的希腊数学家和物理学家阿基米德（纪元前287~212年）就已经提出了用螺旋原理提升水，用以灌溉农田（参见图1-1）。



图 1-1 阿基米德时代的螺旋泵

螺旋泵就是根据阿基米德提出的原理制作的，所以又称为阿基米德螺旋泵。阿基米德时代的螺旋泵非常简陋。主体为一根粗大的圆柱轴，在圆柱轴的外面，盘旋上升着一根螺旋状的圆管。当用人力转动圆柱轴时，水便顺着螺旋形的圆管上升，将水提升。

在纪元四世纪，罗马人将螺旋泵大量用于供水系统，用它作灌溉和排水。西班牙人则用螺旋泵输送矿砂。当时全靠人力或畜力作动力。

到了十四世纪，螺旋泵在欧洲再度出现。据历史记载，曾用来作人造瀑布。但不久即被往复活塞泵所代替。

在文艺复兴时代，意大利著名画家、建筑师、数学家和机械师达·芬奇（Leonard da Vinci 1452~1519）对螺旋泵很感兴趣，对它作了种种研究，把阿基米德时代的螺旋泵提高了一步，用螺旋叶片代替了螺旋圆管，增大了盛水室，大大提高了输水能力。

欧洲的北海和波罗的海沿岸，如荷兰、丹麦、芬兰等国家，地势很低，有大片土地处于海平面以下，要用大量的水泵来抽水排涝。螺旋泵具有大流量、低扬程的优点就在这里充分地显示出来。那时的螺旋泵大部分是木结构的。荷兰的劳动人民，巧妙地利用风力来驱动螺旋泵，把风车和螺旋泵结合起来（参见图1-2）。有几台螺旋泵已连续运转了100多年。

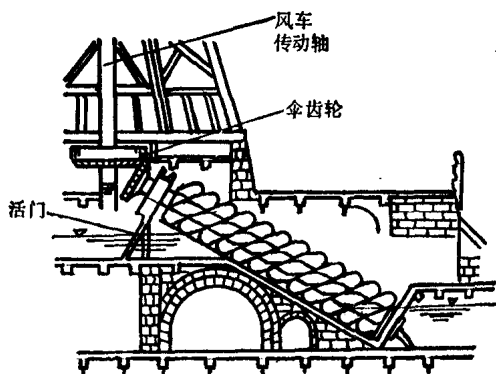


图 1-2 用风车作动力的螺旋泵

欧洲国家从十九世纪起，将螺旋泵用于给水工程。德国和法国在1880年前后开始使用。

现代的螺旋泵诞生在1920年以后。主要用于排涝或灌溉，某些欧洲国家对这种古老的提水工具作了许多重大的改进。到了1930年，荷兰已有300多台螺旋泵，其中不少仍用风力作动力，至今还有木制的螺旋泵。第二次世界大战后，螺旋泵在给水排水领域，用于取水和排水泵站特别在污水处理工程中得到愈来愈广泛的应用。此外还用于农田灌溉、翻水排涝、潮位控制等方面。

在亚洲，日本的螺旋泵是在德川时代（1603~1867）才从欧洲随同西方的先进技术引进的。

我国使用螺旋泵的历史较短。七十年代从国外引进的成套设备中，开始应用螺旋泵。与此同时，从1976年起，我国开始设计试制了几种规格的螺旋泵，图1-3为一座位于上海



图 1-3 农业灌溉用螺旋泵

郊区的螺旋泵站，用于灌溉农田，图 1-4 为某污水处理站提升活性污泥的螺旋泵。

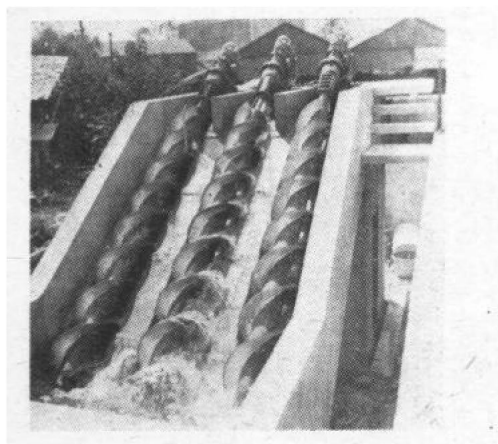


图 1-4 污水处理站提升活性污泥用螺旋泵

第二章 提 水 原 理

螺旋泵能够把水提升到实际需要的有限高度，且为无压出水。所以确切地说，螺旋泵(Screw Pump)应当称作螺旋提升器(Worm Conveyor) 或阿基米德螺旋提升泵 (Archimedean Screw Lift Pump)。

第一节 螺旋泵的提水作用

螺旋泵的提水原理和我国古代劳动人民创造的龙骨水车十分相似，可把它看作是一个移动的斗式提升机械。“斗”的容积由两道相邻叶片组成，导槽是“斗”的底，螺旋泵的轴管是“斗”的顶。当动力机械通过传动机构带动螺旋泵轴转动时，浸没在图 2-1 水平面 P 点下的叶片最下端将水带入第一个空“斗” Q 内。由于水的重力作用，水始终在螺旋泵轴的下半部。第一个空“斗” Q 内的水被二个相邻的叶片推

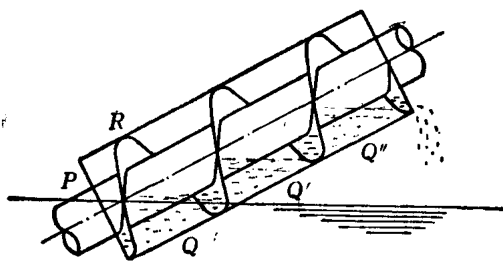


图 2-1 螺旋泵提水原理

入上面第二个空“斗” Q' 内。如此重复传送,直达最上面的一个空“斗” Q'' 中之后,靠其重力自动跌落入出流槽。在提水过程中,由于水总是维持水平面状态,因此每个斗的顶部都留有空间。相邻叶片靠得越近,水斗的留空越小,这样就能输送较多的液体。

上面所阐述的螺旋泵提水作用可以进一步用流体力学的理论来加以探讨,即根据流量和转速的作用以及流量损失等三个方面来阐明。

第二节 理论流量的推算

螺旋泵的理论流量 Q_T 可由两个相邻螺旋叶片间液体的体积 V_T 、螺旋头数 a 和转速 n 的乘积来确定,即:

$$Q_T = V_T a n \quad (2-1)$$

在上式中,首先需要确定的是两个相邻螺旋叶片间液体的体积。这种体积,不仅取决于两个相邻螺旋叶片间的体积形状,而且还取决于它的动力学性能及转速。同时,转速对体积形状的影响非常复杂。因此,国外对螺旋泵提水原理的分析方法也不一致,这里仅选择苏联N·A·依福也夫维奇教授介绍的方法。先把泵体内的水假设为静止状态,而且又在泵体倾斜情况下能保持一平整的水平面的条件下,然后以积分求积的方法推算了一个多头螺旋泵的相邻叶片与水平面间的受水体积,其结果如下:

$$V_T = \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_r^{R_0} \Delta K R dR d\varphi + \int_{\varphi_1}^{\varphi_2} \int_r^R \Delta K R dR d\varphi + \int_{\varphi_2}^{\varphi_3} \int_r^{R_0} \Delta K R dR d\varphi \dots \dots \dots (2-2)$$

$$\text{其中 } \Delta K = \frac{X}{\sin \theta} - \operatorname{ctg} \theta \cdot R \cdot \cos \varphi - t \varphi \dots\dots (2-3)$$

$$R_0 = \frac{\operatorname{tg} \theta}{\cos \varphi} \left(\frac{X}{\sin \theta} - t \varphi \right) \dots\dots (2-4)$$

$$X = R \cdot \cos \theta (\varphi \operatorname{tg} \theta \cdot \operatorname{tg} \Psi + \cos \varphi) \dots (2-5)$$

式中 R ——螺旋叶片的外半径 (厘米);

φ ——螺旋线的理论螺旋角 (弧度);

θ ——螺旋泵的安装角 (度);

$\operatorname{tg} \Psi$ —— $\frac{t}{R}$ 导程角的正切;

t —— $\frac{S}{2\pi}$ (厘米);

S ——螺距 (厘米);

r ——螺旋叶片的内半径 (厘米)。

$\Psi_{1,2}, \varphi_{1,2}$, 相邻叶片间的导程角和螺旋角 见图 2-2 所示。

上述积分公式可简化成如下方程式:

$$V' = P' D^3 \quad (2-6)$$

$$\text{式中 } P' = P'_1 + P'_2 + P'_3 \quad (2-7)$$

而 P'_1, P'_2 和 P'_3 的值分别由下式求得:

$$\begin{aligned} P'_1 = & \frac{1}{192} \operatorname{ctg} \theta \left\{ 8K_B^3 (\sin \Psi_1 - \sin \varphi_1) - \frac{\pi \operatorname{ctg} \theta}{K_m} \right. \\ & \times (\cos^2 \Psi_1 - K_B^2 \cos^2 \varphi_1) \left[\frac{\operatorname{tg} \Psi_1 - \operatorname{tg} \varphi_1}{\Psi_1 - \varphi_1} \right. \\ & \left. \left. \times (\cos^2 \Psi_1 + K_B^2 \cos^2 \varphi_1) - 6K_B^2 \right] \right\} \dots\dots (2-8) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P'_2 = & \frac{1}{96} \operatorname{ctg} \theta \left[\frac{3\pi(1-K_B^2)}{K_m} \operatorname{ctg} \theta (\cos^2 \Psi_1 - K_B^2 \cos^2 \varphi_2) \right. \\ & \left. + 4(1-K_B^2)(\sin \Psi_1 - \sin \varphi_2) \right] \quad (2-9) \end{aligned}$$

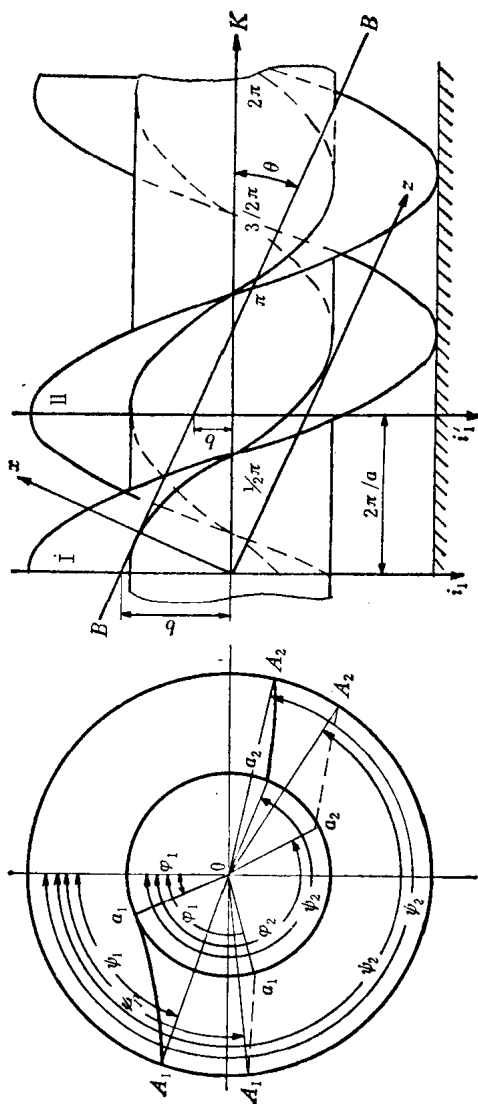


图 2-2 多头螺旋叶片的螺旋泵作用原理

$$P_3' = \frac{1}{192} \operatorname{ctg} \theta \left\{ 8K_B^3 (\sin \Psi_2 - \sin \varphi_2) - \frac{\pi \operatorname{ctg} \theta}{K_m} \right. \\ \times (\cos^2 \Psi_2 - K_B^2 \cos^2 \varphi_2) \left[\frac{\operatorname{tg} \Psi_2 - \operatorname{tg} \varphi_2}{\Psi_2 - \varphi_2} \right. \\ \left. \left. \times (\cos^2 \Psi_2 + K_B^2 \cos^2 \varphi_2) - 6K_B^2 \right] \right\} \dots \dots \quad (2-10)$$

式中 K_m —— S/D (螺距与外径之比);

K_B —— $\frac{d}{D}$ (螺旋叶片的内外径之比)。

考虑溢出体积以下式表达:

$$V'' = P'' \cdot D^3 \quad (2-11)$$

其中 P_1', P_2', P_3' 可以按 P_1', P_2', P_3' 相似的方式展示。

所以, 在多头螺旋泵的相邻螺旋叶片之间液体的理论体积:

$$V_T = V' - V'' = P_T \cdot D^3 \quad (2-12)$$

式中 $P_T = P' - P''$

因此任何头数的螺旋泵的理论流量为:

$$Q_T = P_T \cdot a \cdot D^3 \cdot n \quad (2-13)$$

应当指出, 应用上面的公式来计算螺距间液体的体积是十分困难的。最好用电子计算机, 根据不同的 θ 、 K_B 和 K_m 来求得 P_T 值。这种计算能分析螺旋泵的各种设计参数对效率的影响, 并进一步确定这些设计参数的最佳值。

提升液体时的三头的螺旋泵, 其 P_T 值与设计参数的图解关系式如图2-3、2-4和2-5。

图2-3表示了 $P_T = f(\theta)$ 的关系。当螺旋叶片内径与外径之比不变, 而螺旋泵的安装角和导程系数有变化时, 螺旋叶片间液体体积的变化可在图2-3中看出。螺旋泵安装角增大时, 螺旋叶片间的液体体积便会减少。液体体积的减少和安装角

的关系十分复杂，导程系数也对液体体积有很大影响。安装角小于 30° 时，安装角与液体体积之间的关系是一条特性曲线。当安装角大于 30° 时，液体体积的减少十分显著。从图2-4还可看出，安装角甚至可增大至 55° ，但与安装角 $25^\circ \sim 30^\circ$ 相比较，流量将减少8-10倍。

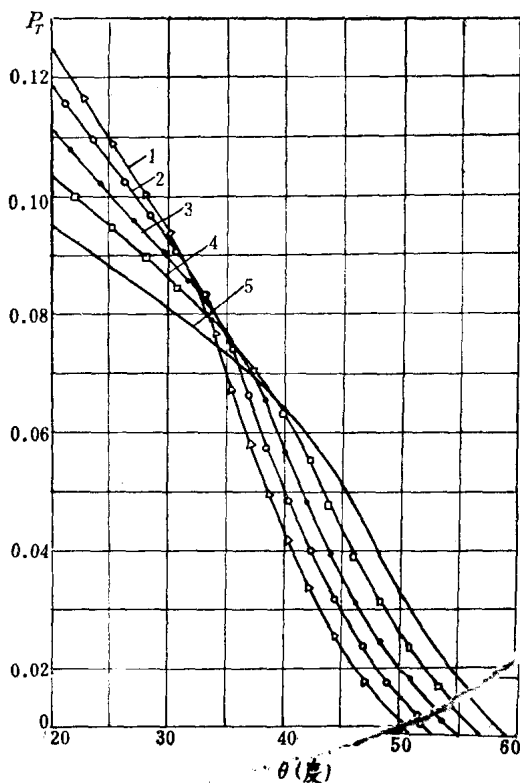


图 2-3 外径为内径之一倍时参数 P_T 与螺旋泵安装角的关系

1—导程：外径=1.2:1；2—导程：外径=1.1:1；3—导程：外径=1:1；4—导程：外径=0.9:1；5—导程：外径=0.8:1