

[美] Igor J. Karassik Joseph P. Messina Paul Cooper Charles C. Heald

烃

Pump Handbook

(Third Edition)

泵手册 (第三版)

陈允中 曹占友 邓国强 黄红梅 等译



中国石化出版社

本手册内容相当全面,包括了泵各个方面,从设计和应用的基本理论,到众多领域中各种不同类型和不同规格泵的使用均有反映。同时,泵的理论、设计和应用在世界范围内的发展迅速,新理论、新技术、新应用在本书中都有体现。

全书共分13章:泵的分类和选择;离心泵;容积式泵;喷射泵;泵的结构材料;驱动器;泵的控制与阀门;泵系统;泵的应用;进水口和吸入管;泵的选购、安装、运行及维修;泵的试验等,书后还附有技术数据。

读者对象:从事泵研究、设计和应用的技术人员。

责任编辑 白桦

封面设计 况晗

责任校对 张小宏

ISBN 7-80164-381-X



9 787801 643810 >

ISBN 7-80164-381-X/TK·011

定 价: 198.00元

泵 手 册

(第三版)

[美] Igor J. Karassik
Joseph P. Messina
Paul Cooper
Charles C. Heald

陈允中 曹占友 等译
邓国强 黄红梅

中国石化出版社

内 容 提 要

本手册内容相当全面,包括了泵各个方面,从设计和应用的基本理论,到众多领域中各种不同类型和不同规格泵的使用均有反映。同时,泵的理论、设计和应用在世界范围内的发展迅速,新理论、新技术、新应用在本书中都有体现。

全书共分13章:泵的分类和选择;离心泵;容积式泵;喷射泵;泵的结构材料、驱动器;泵的控制与阀门;泵系统;泵的应用;进水和吸入管;泵的选购、安装、运行及维修;泵的试验等,书后还附有技术数据。

读者对象:从事泵研究、设计和技术应用的技术人员

著作权合同登记 图字:01-2001-0190号

Pump Handbook 2001 (THIRD EDITION)

Igor J. Karassik

Original edition Copyright (2001) by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

中文版权(2002)为中国石化出版社所有 版权所有,不得翻印。

图书在版编目(CIP)数据

泵手册/[美]Igor J. Karassik 编;陈中允等译.
—北京:中国石化出版社,2003
ISBN 7-80164-381-X

I. 泵… II. ① I…②陈… III. 泵-技术手册 IV. TH38-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 035168 号

中国石化出版社出版发行

地址:北京市东城区安定门外大街 58 号

邮编:100011 电话:(010)84271850

http://www.sinopec.com/press

E-mail:press@sinopec.com.cn

北京精美实华图文制作中心排版

北京外文印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

787×1092 毫米 16 开本 94 印张 2400 千字印 1—3000

2002 年 11 月第 1 版 2003 年 3 月第 1 次印刷

定价:198.00 元

翻 译 说 明

McGraw-Hill 出版的泵手册(Pump Handbook)内容丰富,资料翔实,是一本很好的工具书,出版后颇受读者好评。该手册历经 20 余年,至今已出至第三版。第三版内容较第二版有较大增删,许多方面亦做较大改动,有必要介绍给我国读者。为此,中国石化出版社购得本书中文版权,并组织人员翻译,以求尽快与我国读者见面,实是一件大好事。相信本书中文版出版会对我国读者有所帮助。

本书第三版前言、第 1 章、第 8 章、第 12 章及英汉名词对照由陈允中译; 2.1、2.4 节及第 13 章由曹占友翻译; 2.2 由曹占友、邱文红翻译; 2.3 由王晓岚、龙亮翻译; 第 7 章由王晓岚翻译; 3.1、3.2、3.4、3.5、4.1、6.1.4、6.2.2、6.3.2、9.19、9.21 和第 11 章由孙凤侠翻译; 6.1.1、6.1.2、6.1.3、6.1.5、6.2.1、6.2.3、6.2.4、6.2.5、6.3.1、9.1、9.2、9.3 和 9.6 由邓国强翻译; 3.6、3.8、4.2、5.1、5.2、9.4、9.5、9.7~9.18、9.20 和 9.22 由张永民翻译; 3.3、3.7 由黄红梅翻译; 附录由白桦翻译。全书由陈允中教授级高工和武汉民教授统稿。

尽管出版社及译者均对译文持负责态度,并慎重行事,但因水平所限仍令有译或错译之处潜伏,希望读者不吝指教,以便再版时纠正。

译者
2002.8.6

第三版前言

Igor J. Karassik 的洞察力及其领导能力，令其在《泵手册》的基本构思中扮演了主要角色，因而步其后尘是困难的。该手册相当全面，可以包括主题的各个方面——从设计和应用的理论到众多使用中的各种不同类型和不同规格的泵。Karassik 先生的洞察力我们已在 25 年前问世的《泵手册》第一版中体会到了，其中包括富有能力和献身精神的合著者 William C. Krutzsch, Warren H. Fraser 和 Joseph P. Messina 在内。在世界范围内对本著作的肯定，立刻引导这些卓越的泵工程师们开始汇编第二版。在第二版中，不仅包括更新材料，而且，除去沿用美国习惯的单位制外，全部量也以 SI 单位制表达。

泵的理论、设计和应用已呈现出世界范围内的进展，而且，业已开始影响到泵工程师和用户的看法，以致第三版都有些过时了。泵在规格、速度和能量级方面都在不断发展，同时，也出现了一些涉及到新材料以及机械和水力学设计研究方面的问题。环境的压力增加了，这促使和正在引起泵工程师和用户们以其富有想象力的关注做出响应。然而，归根到底还是要训练工程师们应用技术来解决问题，而技术则是反映我们周围世界物理现象的知识。由于应该论述泵技术的发展，因而，迫使本版的作者们以增加新的段落和修改大部分其他章节内容来作出回答。尤其应该注意下述内容的变化。

2.1 节离心泵理论业已改写，从基本的控制流体力学出发到构成基本几何结构和机械性能原理的阐述，而保留了具体的设计实例说明。同时，包括高能泵一个新的小节。

关于离心泵主要元件的最新资料业已放入 2.2.1 节。

2.3.1 节离心泵一般性能特性已经修订。

新出现的磁力轴承技术叙述在新的 2.2.6 节。

2.2.7 节是有关无密封离心泵新的论述，包括屏蔽马达和磁力耦合两种类型。

第 3 章容积式泵已经改编，包括往复式和旋转式正排量泵。

以新的小节 4.1 喷射泵理论开始喷射泵一章，论及了用于推动和辅助流动的液体和气体以及设计优化的基本条件。

第 5 章结构材料，分别包括 5.1 和 5.2 节金属和非金属材料，已经完全改写和修订。

第 6 章泵驱动机已经修订。6.1.1 节电动机和 6.2.2 节变速电力驱动装置大体上已经改写。

在第9章泵的使用一章里，大部分有关应用的段落业已修订，包括消防泵(9.4节)、蒸汽电站用泵(9.5节)、浆液和纸浆泵(9.8节)、矿山用泵(9.10节)、抽水蓄能用泵(9.13节)以及核能用泵(9.14节)。

9.11节船上应用已经改写。

9.16节固体物水力输送和9.16.2离心式泥浆泵已经完全是新的内容并包括几个实例。

加进了航空和航天用泵新的小节，这包括9.19.1节飞机燃料泵和9.19.2液体火箭推进剂泵。

9.20节输送危险液体泵是新内容。

第10章入口和吸入管线，第11章泵的选购以及第12章安装、运行和维护已经修订。

我们承认，泵技术还在飞速发展，而且有更多的工作应该去做。计算流体动力学(CFD)和有限元结构及转子动力学分析技术以及信息管理及应用革命已经预示会深刻地改变泵的设计、应用和运行实践，甚至改变其他工程努力的领域。尽管如此，我们还是提供第三版《泵手册》作为现行的工具书。就这点意义而言，我们希望本书将达到先前诸版作者们的洞察力，而同时，对未来泵的领域也能起到一块垫脚石的作用。

Paul Cooper

目 录

第 1 章 引言：泵的分类和选择	(1)
第 2 章 离心泵	(9)
2.1 离心泵的理论	(11)
2.2 离心泵的结构	(87)
2.2.1 离心泵、主要部件	(87)
2.2.2 离心泵的填料	(155)
2.2.3 离心泵的机械密封	(166)
2.2.4 离心泵的注入式轴密封	(197)
2.2.5 离心泵油膜滑动轴承	(204)
2.2.6 离心泵的磁力轴承	(229)
2.2.7 无密封泵	(244)
2.2.7.1 磁力驱动泵	(245)
2.2.7.2 密封电机泵	(259)
2.3 离心泵的性能	(268)
2.3.1 离心泵：一般性能特性	(268)
2.3.2 离心泵的水力特性和诊断	(323)
2.3.3 离心泵的机械性能，测试仪表和诊断方法	(330)
2.3.4 离心泵的最小流量控制系统	(258)
2.4 离心泵的灌注	(372)
第 3 章 容积式泵	(383)
3.1 动力泵理论	(385)
3.2 动力泵的设计与结构	(399)
3.3 蒸汽往复泵	(411)
3.4 容积泵的性能、使用仪器和诊断	(431)
3.5 容积泵的流量控制	(441)
3.6 隔膜泵	(448)
3.7 螺杆泵	(460)
3.8 叶片泵、齿轮泵和罗茨泵	(480)
第 4 章 喷射泵	(509)
4.1 喷射泵的理论	(511)
4.2 喷射泵的应用	(528)
第 5 章 结构材料	(549)
5.1 泵的金属结构材料(及其破坏性机理)	(551)
5.2 非金属(复合材料)泵的结构材料	(589)

第 6 章 泵驱动机	(603)
6.1 原动机	(605)
6.1.1 电动机与电动机控制	(605)
6.1.2 汽轮机	(633)
6.1.3 发动机	(650)
6.1.4 水轮机	(667)
6.1.5 燃气轮机	(677)
6.2 变速装置	(686)
6.2.1 涡流联轴器	(686)
6.2.2 单机变速电力驱动装置	(696)
6.2.3 液体联轴器	(710)
6.2.4 齿轮	(723)
6.2.5 变速皮带传动	(741)
6.3 动力传递装置	(748)
6.3.1 泵的联轴器和中间轴	(748)
6.3.2 液压泵和液压马达功率传动系统	(760)
第 7 章 泵的控制与阀门	(767)
第 8 章 泵系统	(795)
8.1 输送系统一般特性及系统 - 压头曲线	(797)
8.2 支线输送系统	(866)
8.3 水锤	(872)
8.4 泵的噪声	(885)
第 9 章 泵的应用	(901)
9.1 供水泵	(903)
9.2 污水处理泵	(922)
9.3 排灌泵	(939)
9.4 消防泵	(949)
9.5 蒸汽电站用泵	(962)
9.6 化学工业用泵	(995)
9.7 石油工业用泵	(1011)
9.8 浆液和纸浆泵	(1032)
9.9 食品和饮料用泵	(1057)
9.10 矿山用泵	(1065)
9.11 船用泵	(1080)
9.12 制冷、采暖和空调用泵	(1111)
9.13 蓄能泵	(1118)
9.14 核能用泵	(1134)
9.14.1 核电站用泵	(1134)
9.14.2 核能泵抗震指标	(1153)

9.15 计量泵	(1161)
9.16 固体输送	(1166)
9.16.1 固体的水力输送	(1166)
9.16.2 离心式固体输送泵的应用与结构	(1192)
9.16.3 容积式固体输送泵的结构	(1207)
9.17 油井用泵	(1214)
9.18 低温液化气设备	(1232)
9.19 航空航天用泵	(1240)
9.19.1 飞机燃料泵	(1240)
9.19.2 液体火箭推进剂泵	(1259)
9.20 危险性液体的移动式输送	(1267)
9.21 水压增压系统	(1271)
9.22 液压机用泵	(1285)
第 10 章 入口和吸入管线	(1293)
10.1 入口、吸入管线和滤网	(1295)
10.2 进水口模型	(1324)
第 11 章 泵的选购	(1339)
第 12 章 安装、运行及维修	(1369)
第 13 章 泵的试验	(1391)
附 录 技术数据	(1429)
英汉名词对照	(1448)

第 1 章 引言：泵的分类和选择

W.C.Krutzch Paul Cooper



概述

对于将自然能量转化为有用功的最早发明的资格，可与泵竞争的只有风车，而且，风车列在泵之前也令人生疑。不管怎样，由于风车不能作为机械来分类，因此，作为早期发明的以自然能替代人体力的机械形式，泵的地位基本上不容怀疑。

我们知道的最早的泵，根据其文明记载的描述，被称之为波斯轮、水轮，即戽水车。这些装置都是下冲击式的水轮，装有戽斗，当戽斗浸入水流中时，就装满了水，而在它们被转轮携带至最高点时，就自动地把水排至集合槽。类似的水车在东方甚至进入 20 世纪后，仍继续存在。

最著名的早期泵当属阿基米德螺旋泵，也延续至现代。现在，该泵仍然在制造，用于频繁汲取含有杂质或其他固体物液体的低压头用途。然而，也许人们最感兴趣的是自古以来业已发展的、包括全部技术进步在内的事实。这包括水力转换成其他能量形式，直到核裂变。一般而言，在最普通的在用机械中，泵仍然处于第二位，在数量上仅少于电动机。

由于泵已长期存在并广泛应用，因此，在制造上，表面上的大小和类型循环的变化以及同样循环变化的应用难以令人激动。尽管这种变化对定期扩大的文献基础作出贡献，但也妨碍了综合性著作的出版。为了准备这本手册，已经作出努力来建设有根据的综合性资料来源。

然而，即便如此，也需要对研究的问题加以限定，需要排除那些只与一定形式的辅助性泵有关材料。这些泵已经丧失了作为基本机械的本性，用户既不控制其技术特性，采购时也不过问泵的运行。这种泵的例子是那些装于汽车或民用设备的某些泵。不过，这类泵也划入分类内，其形式也已包含在手册中。因此，有关它们的基本信息可在泵的形式被明确之后于本手册中获得，只是省略了高度专利权应用的具体、详细的内容。

这样广泛的涉猎范围要求建立系统的泵分类方法。尽管不顾任何的预防措施，可能忽略了某些罕见类型的泵，而且也故意地删减了过时的、不再有实际价值的某些类型，但泵的基本分类和其从属的类型包括在下述段落中。

泵的分类

泵可以按人们应用的基础、制造材料、输送介质，甚至按空间方位来分类。然而，这样分类在视野上都有局限性，而且事实上导致互相重叠。本手册所用的分类系统是一个最基本的分类系统。首先，要明确能量施加介质的原理，其次，明确执行这个原理的方法，最后，才描述一般常见的、具体的几何结构。因而，这个分类系统同泵本身相关，而不考虑泵之外的因素，甚至不考虑制泵材料。

在本系统下，所存的泵都可以分成两大类：(1) 动态泵，按此，能量连续地施加，以增加泵内液体的速度，其值大于因泵产生压力增量而在出口出现的连续速度降。(2) 容积泵，按此，能量通过力的作用，周期性地向 1 个或 1 个以上的移动式有效附件的界面、液体——

相当于容积施加，导致压力直接上升，达到输送液体通过阀门或管件直至排出管线所需的压力。

动态泵可以再细分为几种类型的离心式和其他特殊作用泵。图 1 大致概括了在此范畴内有意义的分类和细分类。

依据压力产生元件的自然运动状态，容积泵基本上分成往复式和回转式两类。每一种主要的分类都可以再进一步细分为几种具有商业价值的特殊类型，如图 2 所示。

图 1 和图 2 里所使用的标题定义(其定义不是不言而喻的)和说明以及在所示分类方面的进一步信息均包含在本书相应的段落里。

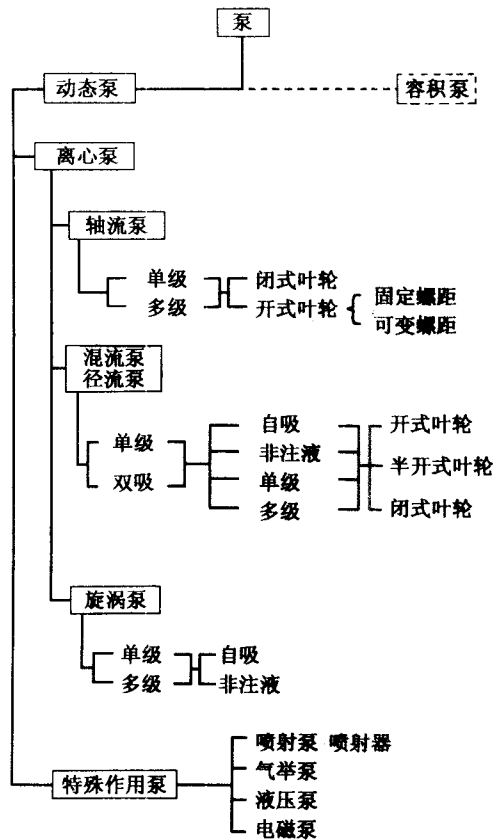


图 1 动态泵分类

最佳几何形状与比转数的比较

泵转子的最佳几何形状主要受比转数 N_s 或 Ω_s 影响，其定义如图 3 所示。该参数是一个无量纲数，它是由解析泵特性的完全物理方程得出的。在这个方程里，规定特性量，例如效率 η 和压头 ΔH (或 H) 为体积流量 Q 、旋转速度 N 或角速度 Ω 、转子直径 D 或半径 r 、粘度、 $NPSHA$ (有效净正吸入压头)和几个有较小影响的量的函数。对于低粘度(高雷诺数)和超过泵所要求的 $NPSHA$ (即 $NPSHR$)，压头系数 $\psi = g\Delta H / (\Omega^2 r^2)$ 特性仅受流量系数或“比流量”

$Q_s = Q/(\Omega r^3)$ 的影响。现在，若用 $\psi^{3/4}$ 除以 $Q_s^{1/2}$ ，略去转子半径 $r (= D/2)$ (这还是合适的，因为，通常我们事前不知道转子半径)，就得到通用比转数 Ω_s ，作为主要的依据变量。为了求得最佳效率，依据这一变量可以优化水力学设计，如图 3 所示。

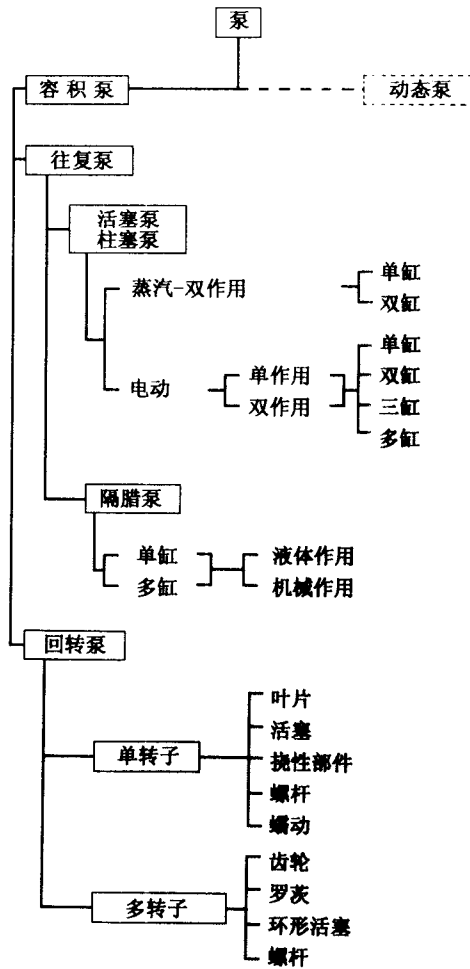


图 2 容积泵分类

最佳几何形状只与唯一量压头系数 ψ 相关，因此，事实上用来估计叶轮大小。对于“旋转动态”泵或叶轮泵，设想转速 N 和压头 ΔH ，该压头在所示 N_s 范围内为常数，使我们得到如图所示的不断增加的最佳叶轮直径。这个大小的渐进表明。最佳压头系数 ψ 是随着比转数增大而减小。

超出图 3 对每一种类型转子所示的 N_s 范围，与图中 N_s 所示结构可以达到的效率相比就变得不理想。回转式容积泵，例如叶片泵、齿轮泵和各种螺旋泵结构更适合于较低的 N_s 值，最低的 N_s 值适合往复式(活塞或柱塞)容积泵。

看一下这些关系式中的单位，除了规定用 rpm 表示外，转速 N 是以每秒转数表示(r/s)，因为 $g\Delta H$ 量通常含[长度]²/秒² 单位。直径 D 与压头有同样的长度单位，例如在叶轮尺寸的式子里，压头以 ft 表示，这意味着直径也以 ft 表示。通用比转数 Ω_s 对任何一致的单位组合都有一样

的值，同样地，定型的透平和压缩机叶轮也有类似的 Ω_s 量——这使它真正具有“通用性”。注意，时间为 s 的单位，则得 Ω 为 rad/s [= N(rpm) × π/30]，这里 rad 是无单位的。

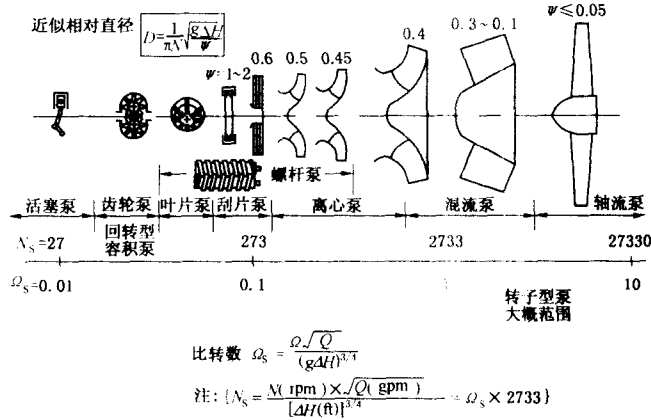


图3 以最佳效率点(BEP)比转数为函数的最佳几何形状(对单级转子)

泵的选择

很明显，从前面泵分类系统中可以指出各种泵，可以想象，一个缺乏经验的人在试图确定有效满足给定装置对特定类型泵的要求方面多少有些为难。有鉴于此，作者们已经把泵的选择综合进第 11 章“泵的选购”里，在适当理解的情况下提供给读者一个准则，为了保证系统与泵之间的合理匹配，考虑了那些应该根据或按用户利益确立的细节。

补充资料包括在第 11 章，离心泵、回转泵和往复泵的有关章节也提供了对性能和每一类泵局限性的有用资料。然而，没有一处提供了不同类型泵之间的扼要比较，图 4 恰恰涵盖

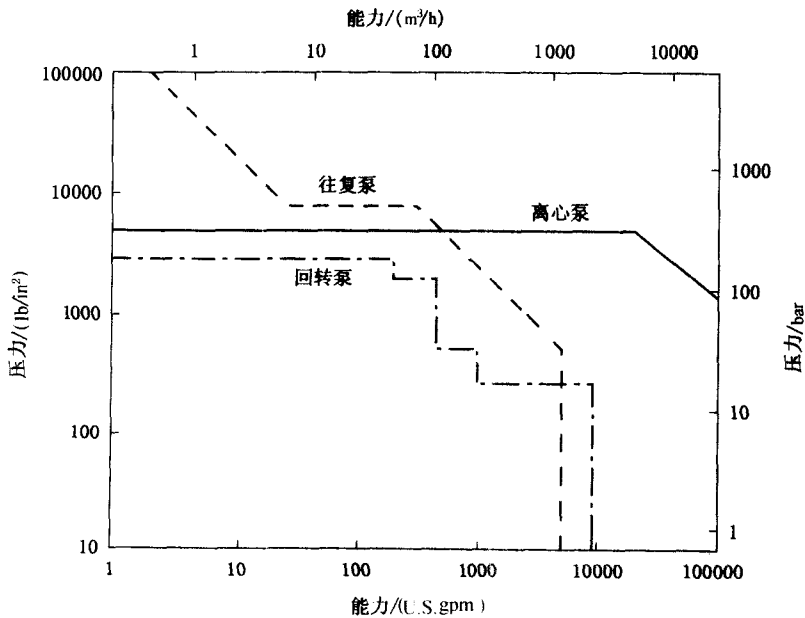


图4 按分类，泵压力与能力的近似上限

此点，至少补充了对压力和能力的基本判定准则。

图4给出的三种泵，每一种泵的曲线都体现了在世界范围内现在可以大批供应的泵压力与能力的上限。在图所示线上或线附近，可能只有很少的泵源适用，为了满足性能要求，泵也可以特殊设计。在压力与能力的较低值处，在有效范围的包络线内，作为预先设计或标准的产品可能有几十种泵源适用。同时，也要注意往复泵排出的压力等级，反之，要注意离心泵的排量规模。对于前者，可以获得至少压力达 $150000 \text{ lb/in}^2 (10350 \text{ bar})$ ^① 或更高一些的高度专业化的产品。对于后者，传统设计或许可以得到约达 $3000000 \text{ USgpm} (680000 \text{ m}^3/\text{h})$ ，而压力低于 $10 \text{ lb/in}^2 (0.69 \text{ bar})$ 的产品。

假定液体可以用三种基本类型中的任意一种泵来输送，并假定条件是在所有三种泵的有效区内，那么，对于已知的条件，通常最经济的考虑是按着离心泵、回转泵、往复泵的顺序。然而，在许多情况下，液体可能并不适用于所有三种泵的形式或其他条件，例如自吸性或空气排出能力、耐磨性、控制要求，即流量的调节——可以预先包括在某些泵的用途里，从而限制了选择的自由度。但不管怎样，我们都希望图4以及包含在本书其他章节的资料会对读者有所帮助。

① $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$ 。