

# 离心泵 设计实用技术

Centrifugal Pump Technical

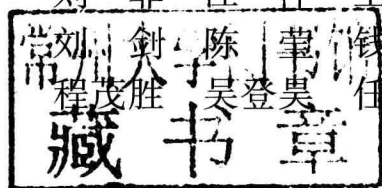
© 牟介刚 李必祥 主 编 Design Handbook



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# 离心泵设计实用技术

主 编 牟介刚 李必祥  
副主编 蒋兰芳 郑水华 谷云庆 蔡振东  
参 编 张孝风 陈茂军  
林 玲 施瀚昱 范文粲 王 硕  
刘 菲 汪 洋 王 荣 代东顺  
邵云锋  
刘福庆



机械工业出版社

本书涵盖了离心泵涉及的全部知识点,全面、系统地介绍了泵常用名词术语、工作原理等离心泵基础理论知识,设计过程中零部件配合关系、配合精度、材料质量要求等离心泵设计基础知识,以及其他书籍中很少出现的泵产品开发设计程序、离心泵整机产品设计和产品专用零部件设计要求。该书不仅囊括了设计一台单级单吸离心泵需要考虑的方方面面问题,还给出了设计双吸泵乃至多级泵的各种设计细节,包括设计思路、轴封设计、轴承体设计、泵冷却水系统、泵用管路设计转子平衡和密封环设计。

本书可以称得上是一本填补了国内行业空白的图书,内容难易程度适中,适用读者广泛,既可以用作机械工程、流体机械专业的教材,也可以作为泵行业人员设计时的参考用书。

## 图书在版编目(CIP)数据

离心泵设计实用技术/牟介刚,李必祥主编. —北京:机械工业出版社,2015.8  
ISBN 978-7-111-50273-9

I. ①离… II. ①牟…②李… III. ①离心泵—设计 IV. ①TH311.022

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 103524 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:沈红 责任编辑:沈红 王珑

版式设计:霍永明 责任校对:杜雨霏

封面设计:陈沛 责任印制:刘岚

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2015 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·20 印张·2 插页·412 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-50273-9

定价:69.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066 机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294 机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203 金书网:www.golden-book.com

策划编辑:010-88379778 教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

## 作者简介

**牟介刚** 男，1963年4月生，吉林省辉南县人，博士、教授、教授级高工、博士生导师，现任浙江工业大学工业泵研究所所长。1981~1985年本科于北京农业机械化学院水力机械专业学习，2002~2005年于浙江大学化工过程机械专业在职攻读博士学位，研究课题为离心泵现代设计方法研究和工程实现。1985~2004年于沈阳水泵研究所工作，自2004年至今于浙江工业大学工业泵研究所工作，30年来一直从事泵类产品的研究、设计、检测、标准化、教学等工作。先后担任的职务为：沈阳水泵研究所副所长兼总工程师、中国机械工程学会泵专业委员会主任委员、全国泵标准化技术委员会副主任委员、全国泵产品节能中心主任、中国通用机械泵业协会副理事长等各种职务。研究方向为泵类产品的基础理论及产品工程应用。

### 主要工作业绩：

**科研方面：**完成国家科技部、国家发改委、省部级各种科研项目20余项，全部通过验收。

**产品方面：**组织2个系列产品的全国行业联合设计，完成各种离心泵、混流泵等产品设计60余个规格，全部通过鉴定。

**论文方面：**在《农业机械学报》《中国机械工程》《水泵技术》等国内外期刊杂志上发表泵方面的学术论文100余篇。

**标准方面：**主持召开全国泵标准化行业会议10余次，组织编制、审查泵方面的国家标准、行业标准100余项，负责主持制定GB19762—2007《清水离心泵能效限定值及节能评价》国家强制性标准。

**获奖方面：**获浙江省科技进步一等奖、二等级等各种奖励和表彰16项。

**专利方面：**申报有关泵方面的发明专利、实用新型专利共计60余项，全部受理，其中40余项已获授权。发明专利《新型高效节能泵》（ZL200910154110.2）于2014年被浙江省知识产权局评为十大具有价值的专利，获第十六届中国专利奖提名。

# 前 言

泵是广泛应用于国民经济建设各个领域中的通用机械，而离心泵又是泵类产品中最重要的一种产品，它具有适用范围广、转速高、体积小、重量轻、效率高、结构简单、性能稳定、容易操作和维护等特点。国内外泵行业统计数据表明，离心泵产品的产值在泵类产品中所占比例是最大的。

随着国民经济的快速发展，我国在石油化工、电站、矿山、水利建设、冶炼等领域及相关科研院所、高校的科研教学工作中，对离心泵的理论知识及研究设计技术的需求越来越大。作者从事水泵产品的研究、设计、检测、标准化及教学等方面工作几十年，系统掌握了泵产品的基础理论知识，积累了丰富的科学研究及产品工程应用的经验。作者根据这一社会的广泛需要，编写了本书。

本书具有理论与实际相结合的特点，在介绍专业理论知识的同时，对泵产品开发设计程序、离心泵水力元件设计、离心泵整机结构设计、泵的专用零部件设计、泵产品通用零部件设计和离心泵水力元件 CFD 分析计算等方面进行了详细讲解与论述，提供了解决实际问题的具体方法措施。

本书可作为泵行业初学者的入门教材，也可作为从事离心泵研究、设计、试验及使用等方面人员的参考资料，同时还可作为流体机械及相关学科本科生、研究生的教材。

本书的出版获得了浙江省优势专业建设项目及过程装备及其再制造教育部工程研究中心项目的资助。

由于作者水平有限，书中难免有错误和不当之处，敬请读者批评指正。

作 者  
2015 年 6 月

## 作者简介

**李必祥** 男，1938年1月生，湖北红安县人，教授级高级工程师。1965年毕业于华中工学院（现名为华中科技大学）动力工程系水力机械专业。1965年至1998年一直在沈阳水泵研究所、沈阳水泵厂设计处工作，退休前担任沈阳水泵厂设计处处长领导职务。退休后先后在沈阳太平洋水泵厂、上海阿波罗机械股份有限公司、杭州大路实业有限公司、安徽莱恩电泵有限公司等单位工作，分别担任总工程师、技术总裁等职务。近50年来，一直从事泵类产品的设计研究工作。多次主持和参加全国水泵行业联合设计工作，如Y型油泵、WZ型自吸水泵、F型耐腐蚀泵、FY型液下泵、BH型石化高吸程泵、DJ型低温泵等产品的联合设计。

在原沈阳水泵厂引进美国BJ公司的四大系列石油工艺流程泵专有许可证技术工作中，参与了谈判、考察、培训、消化、吸收、推广等全过程的工作。先后两次去美国和日本进行技术考察。主持设计的“AY型离心油泵系列”荣获机械部科技进步二等奖，其中AY型离心油泵获得国家专利授权三项。设计的“100TCN80型粘油拖车泵”荣获沈阳市重大科技成果三等奖。消化引进的“SJA3X4X101/2型石油工艺流程泵”被确认为省级科学技术研究成果，并被评为国家级新产品。参与编著《叶片泵设计手册》《炼油设备》《泵和原动机选用手册》等专著。发表论文20余篇，其中《国外在石油化工用泵和电站给水泵可靠性设计方面若干问题》被评为沈阳市机械工程学会三等优秀论文，《试论提高流程泵用滚动轴承使用寿命的途径》被评为沈阳市机械工程学会三等奖学术论文，并有多篇论文转登在中国石油化工总公司、化工部、机械部等期刊杂志上。被《中华当代名人辞典》《当代中国科学家与发明家大辞典》《世界优秀专家人才名录》《中国水泵牛人》等多个辞典收录。1984年成为“中国石油和石化工程研究会”第一批研究员，同时也是全国水泵行业在该研究会唯一会员，被化工部任命为机泵联络网联络员。1997年经国务院批准享受政府特殊津贴。

# 目 录

## 前 言

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 第 1 章 离心泵理论基础知识 .....    | 1  |
| 1.1 泵常用名词术语 .....        | 1  |
| 1.1.1 产品名称 .....         | 1  |
| 1.1.2 性能、设计、试验 .....     | 2  |
| 1.1.3 零件名称 .....         | 5  |
| 1.2 工作原理、产品分类及基本参数 ..... | 7  |
| 1.2.1 工作原理 .....         | 7  |
| 1.2.2 产品分类 .....         | 8  |
| 1.2.3 基本性能参数 .....       | 10 |
| 1.2.4 基本性能曲线 .....       | 10 |
| 1.3 液体在叶轮中的流动规律 .....    | 11 |
| 1.3.1 名词定义 .....         | 11 |
| 1.3.2 液体在叶轮中的运动 .....    | 11 |
| 1.3.3 速度三角形 .....        | 12 |
| 1.3.4 液体在压水室中的运动 .....   | 13 |
| 1.4 离心泵的基本方程式 .....      | 14 |
| 1.4.1 基本方程式的说明 .....     | 14 |
| 1.4.2 有限叶片数的理论扬程修正 ..... | 14 |
| 1.5 离心泵的主要水力元件 .....     | 16 |
| 1.5.1 叶轮 .....           | 17 |
| 1.5.2 吸水室 .....          | 17 |
| 1.5.3 压水室 .....          | 17 |
| 1.5.4 导叶 .....           | 18 |
| 1.6 泵内损失分析 .....         | 19 |
| 1.6.1 水力损失与水力效率 .....    | 19 |
| 1.6.2 机械损失与机械效率 .....    | 22 |
| 1.6.3 容积损失与容积效率 .....    | 23 |
| 1.6.4 泵的总效率 .....        | 26 |
| 1.7 泵的相似理论 .....         | 28 |
| 1.7.1 相似泵应具备的条件 .....    | 28 |
| 1.7.2 泵的相似定律 .....       | 29 |
| 1.7.3 泵的比转速 .....        | 29 |
| 1.8 离心泵叶轮切割定律 .....      | 31 |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 1.9 性能曲线分析 .....           | 33        |
| 1.9.1 泵的性能曲线 .....         | 33        |
| 1.9.2 影响离心泵性能曲线的因素 .....   | 36        |
| 1.9.3 常见的几种类型性能曲线 .....    | 37        |
| <b>第2章 离心泵设计基础知识 .....</b> | <b>38</b> |
| 2.1 设计注意事项 .....           | 38        |
| 2.2 设计基础知识 .....           | 38        |
| 2.2.1 设计必备常识 .....         | 38        |
| 2.2.2 应掌握的基础知识 .....       | 39        |
| 2.3 泵常用几何公差推荐 .....        | 41        |
| 2.4 应掌握的几种图形 .....         | 41        |
| 2.4.1 控制图 .....            | 41        |
| 2.4.2 装配图 .....            | 42        |
| 2.4.3 合装图 .....            | 43        |
| 2.5 零部件配合及精度 .....         | 43        |
| 2.5.1 基轴制 .....            | 43        |
| 2.5.2 推荐的配合公差精度 .....      | 43        |
| 2.5.3 常用表面粗糙度的综合选择 .....   | 45        |
| 2.6 零部件热处理 .....           | 46        |
| 2.6.1 新旧名词术语对照 .....       | 46        |
| 2.6.2 泵常用热处理简介 .....       | 47        |
| 2.6.3 常用表面处理技术要求 .....     | 48        |
| 2.6.4 零件硬度 .....           | 48        |
| 2.6.5 热处理前零件表面粗糙度 .....    | 49        |
| 2.6.6 轴等零件调质次数 .....       | 49        |
| 2.6.7 应用实例 .....           | 49        |
| 2.7 特殊材料介绍 .....           | 51        |
| 2.8 材料应力的选取 .....          | 52        |
| 2.9 企业常用水力设计方法 .....       | 52        |
| 2.10 零部件质量 .....           | 53        |
| 2.10.1 几种铸件标准 .....        | 53        |
| 2.10.2 打光 .....            | 54        |
| 2.10.3 试验压力 .....          | 55        |
| <b>第3章 泵产品开发设计程序 .....</b> | <b>57</b> |
| 3.1 产品开发设计总则 .....         | 57        |
| 3.2 产品开发程序 .....           | 57        |
| 3.3 产品开发计划程序 .....         | 58        |
| 3.3.1 市场调查 .....           | 58        |
| 3.3.2 技术调查 .....           | 58        |

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 3.3.3 新产品开发决策 .....        | 58        |
| 3.4 产品开发设计程序 .....         | 58        |
| 3.4.1 方案设计 .....           | 59        |
| 3.4.2 技术设计 .....           | 59        |
| 3.4.3 工作图设计 .....          | 60        |
| 3.5 产品样机试制程序 .....         | 60        |
| 3.5.1 样机试制 .....           | 60        |
| 3.5.2 样机鉴定 .....           | 61        |
| 3.6 (小批量) 生产程序 .....       | 61        |
| 3.7 销售程序 .....             | 61        |
| <b>第4章 离心泵水力元件设计</b> ..... | <b>62</b> |
| 4.1 叶轮的水力设计 .....          | 62        |
| 4.1.1 相似理论方法设计程序 .....     | 62        |
| 4.1.2 速度系数算法设计程序 .....     | 66        |
| 4.2 压水室的水力设计 .....         | 71        |
| 4.2.1 蜗形体的设计 .....         | 71        |
| 4.2.2 分段式导叶设计 .....        | 74        |
| 4.2.3 空间导叶设计 .....         | 78        |
| 4.2.4 环形压水室设计 .....        | 82        |
| 4.3 吸水室的水力设计 .....         | 83        |
| 4.3.1 锥形吸水室设计 .....        | 84        |
| 4.3.2 环形吸水室设计 .....        | 84        |
| 4.3.3 半螺旋形吸水室设计 .....      | 85        |
| 4.4 汽蚀性能设计 .....           | 87        |
| 4.4.1 泵的汽蚀现象 .....         | 87        |
| 4.4.2 汽蚀余量 .....           | 88        |
| 4.4.3 提高抗汽蚀性能的措施 .....     | 91        |
| <b>第5章 离心泵整机结构</b> .....   | <b>93</b> |
| 5.1 单级泵结构 .....            | 93        |
| 5.1.1 单级泵常用结构 .....        | 93        |
| 5.1.2 单级泵特殊结构 .....        | 101       |
| 5.1.3 单级泵典型结构 .....        | 102       |
| 5.2 两级泵结构 .....            | 102       |
| 5.2.1 两级泵常用结构 .....        | 103       |
| 5.2.2 两级泵特殊结构 .....        | 107       |
| 5.3 卧式多级泵结构 .....          | 107       |
| 5.3.1 常用多级泵结构 .....        | 107       |
| 5.3.2 节段导叶式多级泵结构 .....     | 114       |
| 5.3.3 蜗壳式多级泵结构 .....       | 119       |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 5.3.4 双筒体多级泵结构 .....      | 122        |
| 5.3.5 多级泵其他结构 .....       | 124        |
| 5.3.6 转子部件间隙 .....        | 126        |
| 5.3.7 轴承体调整方法 .....       | 128        |
| 5.4 立式泵结构 .....           | 129        |
| 5.4.1 立式泵常用结构 .....       | 129        |
| 5.4.2 立式泵特点 .....         | 137        |
| 5.4.3 立式泵结构特点 .....       | 137        |
| 5.4.4 泵本身带推力轴承结构 .....    | 140        |
| 5.4.5 立式泵刚性联轴器 .....      | 142        |
| 5.4.6 导轴承体结构 .....        | 144        |
| <b>第6章 泵的零部件设计</b> .....  | <b>148</b> |
| 6.1 单级泵、两级泵零部件设计 .....    | 148        |
| 6.1.1 叶轮设计 .....          | 148        |
| 6.1.2 泵体设计 .....          | 150        |
| 6.1.3 泵盖设计 .....          | 151        |
| 6.1.4 轴设计 .....           | 152        |
| 6.1.5 单级泵、两级泵装配技术要求 ..... | 153        |
| 6.2 多级泵零部件设计 .....        | 154        |
| 6.2.1 多级泵叶轮设计 .....       | 154        |
| 6.2.2 多级泵泵轴设计 .....       | 156        |
| 6.2.3 叶轮单独定位用卡环设计要求 ..... | 157        |
| 6.2.4 叶轮与轴过盈配合举例 .....    | 158        |
| 6.2.5 中段设计要求 .....        | 161        |
| 6.2.6 导叶设计 .....          | 162        |
| 6.2.7 吸入段设计 .....         | 163        |
| 6.2.8 吐出段设计 .....         | 164        |
| 6.2.9 穿杠设计 .....          | 165        |
| 6.2.10 穿杠螺母设计 .....       | 166        |
| 6.2.11 齿形垫设计 .....        | 166        |
| 6.2.12 平衡管设计 .....        | 167        |
| 6.2.13 平衡盘设计 .....        | 167        |
| 6.2.14 平衡鼓设计 .....        | 169        |
| 6.2.15 平衡板设计 .....        | 170        |
| 6.2.16 平衡板压套设计 .....      | 171        |
| 6.2.17 平衡装置设计 .....       | 171        |
| 6.2.18 单壳体多级泵设计 .....     | 172        |
| 6.3 双筒体多级泵零部件设计 .....     | 173        |
| 6.3.1 吸入函体设计 .....        | 173        |

|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| 6.3.2      | 双筒体泵盖设计 .....         | 174        |
| 6.3.3      | 热胀补偿器设计 .....         | 175        |
| 6.3.4      | 筒体设计 .....            | 176        |
| 6.3.5      | 主螺柱设计 .....           | 178        |
| 6.3.6      | 吸入冷却室体和平衡室体设计 .....   | 179        |
| 6.3.7      | 推力盘设计 .....           | 180        |
| 6.3.8      | 动平衡圆盘设计 .....         | 180        |
| 6.3.9      | 双筒体多级泵转子部件设计要求 .....  | 181        |
| 6.3.10     | 多级泵转子静挠度测量 .....      | 183        |
| 6.3.11     | 中段“上死点”的打法 .....      | 183        |
| 6.3.12     | 高温多级泵结构设计 .....       | 184        |
| 6.3.13     | 多级泵装配技术要求 .....       | 185        |
| <b>第7章</b> | <b>泵通用零部件设计 .....</b> | <b>189</b> |
| 7.1        | 轴封 .....              | 189        |
| 7.1.1      | 机械密封设计 .....          | 189        |
| 7.1.2      | 填料密封设计 .....          | 198        |
| 7.2        | 轴承体部件设计 .....         | 199        |
| 7.2.1      | 轴承及润滑方式的选择 .....      | 199        |
| 7.2.2      | 滚动轴承 .....            | 200        |
| 7.2.3      | 滑动轴承 .....            | 206        |
| 7.2.4      | 悬臂泵轴承体设计 .....        | 217        |
| 7.2.5      | 滑动轴承零部件设计 .....       | 221        |
| 7.2.6      | 防尘盘设计 .....           | 231        |
| 7.2.7      | 挡油环设计 .....           | 233        |
| 7.2.8      | 甩油环设计 .....           | 234        |
| 7.3        | 联轴器及罩 .....           | 237        |
| 7.3.1      | 爪型弹性联轴器 .....         | 237        |
| 7.3.2      | 柱销弹性联轴器 .....         | 237        |
| 7.3.3      | 膜片式挠性联轴器 .....        | 238        |
| 7.3.4      | 联轴器罩 .....            | 239        |
| 7.4        | 泵冷却水系统 .....          | 239        |
| 7.4.1      | 悬臂泵用冷却水管路系统 .....     | 240        |
| 7.4.2      | 两端支撑泵用冷却水管路系统 .....   | 241        |
| 7.4.3      | 其他说明 .....            | 242        |
| 7.5        | 泵用管路设计 .....          | 243        |
| 7.5.1      | 管路要求 .....            | 243        |
| 7.5.2      | 管路装配 .....            | 244        |
| 7.5.3      | 管路制造 .....            | 245        |
| 7.6        | 转子平衡 .....            | 246        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 7.6.1 静平衡 .....                 | 246        |
| 7.6.2 动平衡 .....                 | 247        |
| 7.7 密封环 .....                   | 249        |
| 7.7.1 密封环的安装位置设计 .....          | 249        |
| 7.7.2 密封环的材料与热处理 .....          | 249        |
| 7.7.3 密封环固定方式 .....             | 250        |
| 7.7.4 运转间隙 .....                | 251        |
| 7.8 叶轮螺母设计 .....                | 252        |
| 7.9 轴套设计 .....                  | 253        |
| 7.10 泵用材料 .....                 | 254        |
| 7.10.1 泵用材料的选用原则 .....          | 254        |
| 7.10.2 泵主要零部件常用材料 .....         | 254        |
| 7.11 焊接底座设计 .....               | 255        |
| 7.11.1 API 底座 .....             | 255        |
| 7.11.2 焊接底座设计 .....             | 256        |
| 7.11.3 常用泵支架和底座 .....           | 258        |
| 7.12 泵零部件“质量控制规程”编法 .....       | 258        |
| 7.12.1 泵零部件“质量控制规程”有关标准 .....   | 258        |
| 7.12.2 重要泵应进行质量控制的零部件 .....     | 260        |
| 7.12.3 检验及验收 .....              | 260        |
| 7.13 设计案例1——大型高压单级双吸中开泵设计 ..... | 270        |
| 7.14 设计案例2——热水泵设计 .....         | 272        |
| <b>第8章 离心泵水力元件 CFD 分析 .....</b> | <b>274</b> |
| 8.1 CFD 简介 .....                | 274        |
| 8.1.1 CFD 概述 .....              | 274        |
| 8.1.2 常用 CFD 软件简介 .....         | 274        |
| 8.1.3 CFD 技术在离心泵流场模拟中的应用 .....  | 275        |
| 8.2 计算流体力学基础 .....              | 277        |
| 8.2.1 控制方程 .....                | 277        |
| 8.2.2 湍流模型 .....                | 278        |
| 8.2.3 控制方程离散方法 .....            | 278        |
| 8.2.4 流场数值计算求解方法 .....          | 279        |
| 8.2.5 边界条件 .....                | 280        |
| 8.3 离心泵数值模拟步骤 .....             | 281        |
| 8.3.1 Pro/E 三维建模 .....          | 281        |
| 8.3.2 GAMBIT 网格划分及边界条件设置 .....  | 282        |
| 8.3.3 FLUENT 初始条件设置及计算 .....    | 282        |
| 8.3.4 数据后处理 .....               | 283        |
| 8.4 离心泵数值模拟实例分析 .....           | 283        |

---

|                                            |     |
|--------------------------------------------|-----|
| 8.4.1 数值计算模型 .....                         | 283 |
| 8.4.2 Pro/E 三维建模 .....                     | 284 |
| 8.4.3 GAMBIT 网格划分 .....                    | 287 |
| 8.4.4 FLUENT 三维数值计算 .....                  | 291 |
| 8.4.5 FLUENT 后处理 .....                     | 297 |
| 附录 .....                                   | 301 |
| 附录 A 关于多级泵几种零件名称的统一叫法 .....                | 301 |
| 附录 B 泵有关新旧名词术语对照表 .....                    | 302 |
| 附录 C API 610 规定的机械密封压盖孔口（即接头处）旁边识别符号 ..... | 303 |
| 附录 D 常用不锈钢材料新旧牌号对照表 .....                  | 304 |
| 附录 E 世界各国（或组织）金属表面粗糙度等级、参数及标注对照表 .....     | 305 |
| 参考文献 .....                                 | 307 |

# 第1章 离心泵理论知识

## 1.1 泵常用名词术语

### 1.1.1 产品名称

(1) 离心泵 叶轮排出的液体流动方向基本上在与泵轴方向垂直的面内流动的动力式泵,或者说流体是靠离心力流动的机构。

(2) 卧式 泵轴安装位置为水平方向的泵类结构。

(3) 立式 泵轴安装位置为与水平方向垂直的结构。

(4) 径向剖分式 泵产品以垂直于泵轴的平面剖分壳体的结构,或指泵壳密封面与泵轴中心线垂直的部分。

(5) 节段式 径向剖分式的一种,其中每一级都具有剖分面。

(6) 轴向剖分式 通过泵轴线的平面剖分壳体的泵类结构,或指泵壳密封面与轴中心线平行的部分。

(7) 单级 进入泵的液体仅一次通过叶轮的结构。

(8) 多级 进入泵的液体多次串联地通过叶轮的结构。按照通过次数称为两级、三级等。

(9) 单吸 叶轮仅一侧有吸入口的泵类结构。

(10) 双吸 叶轮两侧都有吸入口或装入两个单吸叶轮(背靠背)的泵类结构。对于多级泵,只要第一级叶轮双吸就是双吸结构。

(11) 中心支撑式 泵体的支撑平面设置在包含(或近于)泵轴线的水平面内的结构。

(12) 管道式 泵产品可以直接安装在管路上的泵类结构。

(13) 筒式 泵产品内壳外侧设置能承受吐出压的圆管状外壳,主要用于多级高压泵。

(14) 双壳(筒)式 为方便泵产品检修和更换易磨损、腐蚀的壳体或高压、耐热的壳体,而把壳体设计成两层的。一般外层要有较好的强度,内层具有耐磨耐蚀性。

(15) 自吸式 泵本身能自动抽除吸入管路中的空气并使之充满液体,因而起动前不需人工灌水或抽真空。

(16) 潜液电泵 泵全部潜入液体中工作,其中包括电动机。类型分为电动机

内部充水、充油和充气等形式。

(17) 屏蔽电泵 泵产品由定子内侧具有屏蔽套的电动机驱动的泵类产品。屏蔽套内侧和泵内是相通的,没有轴封部分,因此不产生泄漏。转子外侧同样有屏蔽套起防腐作用。

(18) 锅炉给水泵 往锅炉内输送水介质的泵类产品。

(19) 凝结水泵 输送凝水器中凝结水的泵类产品。由于凝水器中高度真空而要求泵应具有较高汽蚀性能。

(20) 循环水泵 在封闭系统中迫使水循环流动的泵类产品,一般为低扬程大流量的泵类产品。

(21) 矿山排水泵 自矿坑内向外输送水介质的泵类产品。

(22) 杂质泵 输送带有固体颗粒介质的浆料泵的总称。

(23) 砂泵 输送含有砂子的液体介质的泵类产品。

(24) 渣浆泵 输送渣浆介质的泵类产品。

(25) 泥浆泵 输送泥浆介质的泵类产品。

(26) 污水泵 输送污水介质的泵类产品。

(27) 消防泵 救火用的泵类产品。一般分为固定式和移动式。

(28) 流程泵 石油化工装置中输送原料、半成品及产品的泵的总称。

(29) 耐腐蚀泵 用来输送酸、碱和盐类等含有腐蚀性液体的泵类产品。

### 1.1.2 性能、设计、试验

(1) 工况点 性能曲线上表示泵实际运行状况的点,是扬程性能曲线和装置特性曲线的交点。

(2) 规定点 在性能曲线上由规定流量和规定扬程所确定的点。

(3) 最高效率点 在泵性能曲线上效率最高的点。

(4) 扬程 泵所输送的单位质量的液体从泵的入口处到泵的出口处能量的增值,其值为出口总水头  $H_2$  与入口总水头  $H_1$  的代数差。符号为  $H$ ,单位为  $m$ 。

(5) 理论扬程 叶轮给予单位重量液体的能量,通常指未考虑泵内损失时的理论值。符号为  $H_t$ ,单位为  $m$ 。

(6) 规定扬程 对应于合同单上规定流量的扬程。符号为  $H_{sp}$ ,单位为  $m$ 。

(7) 关死扬程 泵流量为零时的扬程。符号为  $H_{so}$ ,单位为  $m$ 。

(8) 入口总水头 泵入口截面处的总水头,又称吸入扬程。符号为  $H_1$ ,单位为  $m$ 。

(9) 出口总水头 泵出口截面处的总水头,又称排出扬程。符号为  $H_2$ ,单位为  $m$ 。

(10) 排出压力 泵出口截面的静压。符号为  $p_d$ ,单位为  $MPa$  ( $kgf/cm^2$ )。

(11) 几何高度 吸入液面和吐出液面之间的高度差,单位为  $m$ 。

(12) 汽蚀余量 相对 NPSH 基准面泵的入口绝对总水头与汽化压力水头的差,

$$\text{NPSH} = H_1 + \frac{p_b}{\rho} - \frac{p_v}{\rho} \quad (1-1)$$

式中 NPSH——汽蚀余量 (m);

$H_1$ ——泵入口总水头 (m);

$p_b$ ——大气压力 [Pa (kgf/m<sup>2</sup>)];

$p_v$ ——汽化压力 [Pa (kgf/m<sup>2</sup>)];

$\rho$ ——密度 (kg/m<sup>3</sup>)。

(13) 可用汽蚀余量 由装置条件确定的, 规定流量下可获得的 (可利用的) NPSH。符号为  $\text{NPSH}_a$ , 单位为 m。

(14) 必需汽蚀余量 在规定的流量、转速和输送液体的条件下, 泵达到规定性能的最小汽蚀余量。通常由泵制造厂家给出。多级泵指首级叶轮而言。符号为  $\text{NPSH}_r$ , 单位为 m。

(15)  $\text{NPSH}_3$  泵第一级扬程下降 3% 时的必需汽蚀余量, 作为标准基准用于表示性能曲线。符号为  $\text{NPSH}_3$ , 单位为 m。

(16) 临界吸上真空高度 泵入口液体压力小于大气压力的极限值, 又称最大吸上真空度。符号为  $H_{sc}$ , 单位为 m。

(17) 转速 泵的转子单位时间内的转数。符号为  $n$ , 单位为 r/min、r/s。

(18) 比转速 判别动力式泵水力特征的相似准数, 又称比速。定义为

$$n_s = \frac{3.65nq_v^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (1-2)$$

式中  $n_s$ ——比转速;

$n$ ——泵转速 (r/min);

$q_v^\ominus$ ——流量, 双吸泵取 1/2 流量 (m<sup>3</sup>/s);

$H$ ——扬程, 多级泵取单级扬程 (m)。

(19) 汽蚀比转速 类似比转速  $n_s$ , 系指最高效率工况下, 汽蚀性能好坏的判别数。用式 (1-3) 定义为

$$c = \frac{5.26nq_v^{1/2}}{\text{NPSH}_r^{3/4}} \quad (1-3)$$

式中  $c$ ——汽蚀比转速。

(20) 型式数 按最佳效率点计算的量纲为一的量, 由式 (1-4) 定义为

$$K = \frac{2\pi n q_v'^{1/2}}{(gH')^{3/4}} \quad (1-4)$$

式中  $K$ ——型式数;

$q_v'$ ——第一吸入口的体积流量 (m<sup>3</sup>/s);

⊙ 本书遵照 GB 3102.3 中 3-29 规定, 体积流量符号用  $q_v$ , 质量流量符号用  $q_m$ , 但是行业习惯中泵的流量用  $Q$ 。还望读者根据本书内容对照理解。

$g$ ——重力加速度 ( $\text{m/s}^2$ );

$H'$ ——第一级扬程 ( $\text{m}$ )。

型式数实际上是比转速  $n_s$  的无因次表达式。

(21) 流量 泵在单位时间内输送出去的液体量的多少。体积流量, 符号为  $q_v$ , 单位为  $\text{m}^3/\text{s}$ 、 $\text{m}^3/\text{h}$ 、 $\text{L/s}$  等; 质量流量, 符号为  $q_m$ , 单位为  $\text{kg/h}$ 。

(22) 规定流量 合同单上所规定的泵流量。符号为  $q_{sp}$ , 单位为  $\text{m}^3/\text{h}$ 、 $\text{m}^3/\text{s}$ 、 $\text{L/s}$ 。

(23) 泵轴功率 原动机传输到泵轴上的功率, 故又称轴功率。符号为  $P_a$ , 单位为  $\text{kW}$ 。

(24) 泵输出功率 输出功率, 又称有效功率, 指传递给流经泵的液体的机械功率。符号为  $P_u$ , 单位为  $\text{kW}$ 。

由于扬程是泵输出的单位质量液体从中获得的有效能量, 所以扬程和质量流量及重力加速度的乘积, 就是单位时间内从泵中输出液体所获得的有效能量——泵的有效功率, 即

$$P_u = q_m g H = \rho q_v g H \quad (1-5)$$

(25) 泵效率 泵输出功率与轴功率之比, 用式 (1-6) 表示:

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中  $\eta$ ——泵效率;

$P_u$ ——泵输出效率 ( $\text{kW}$ );

$P_a$ ——泵轴功率 ( $\text{kW}$ )。

(26) 机械损失 轴承、轴封等机械摩擦阻力及叶轮盖板外侧与液体摩擦阻力所消耗的功率。符号为  $P_m$ , 单位为  $\text{kW}$ 。

(27) 机械效率 泵轴功率和机械损失之差与轴功率之比。用式 (1-7) 表示为

$$\eta_m = \frac{P_a - P_m}{P_a} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中  $\eta_m$ ——机械效率;

$P_m$ ——机械损失 ( $\text{kW}$ )。

(28) 容积效率 泵的流量与通过叶轮的流量之比, 符号为  $\eta_v$ 。

(29) 水力效率 泵的扬程与理论扬程之比。用百分数表示, 符号为  $\eta_h$ 。

(30) 泵最高效率 泵效率曲线最高点的值。对于可调叶片则是效率曲线中最高点的值。符号为  $\gamma_{opt}$ 。

(31) 保证效率 制造单位保证能达到的泵效率, 符号为  $\eta_G$ 。

(32) 性能 泵在一定转速下, 扬程、轴功率、效率、汽蚀余量等与流量之间的关系。

(33) 特性 表示泵性能上的特点、特征等, 由泵的种类和形状所决定, 与泵的大小无关。