

WUSHUI CHULI
GONGYI YU YINGYONG

污水处理

工艺与应用

蒋克彬 主编



中国石化出版社

[HTTP://WWW.SINOPEC-PRESS.COM](http://www.sinopec-press.com)

污水处理工艺与应用

蒋克彬 主编

中国石化出版社

内 容 提 要

本书在参考目前已有污水处理工艺技术规范、污水排放标准和有关污水治理工程文献的基础上,从应用角度系统介绍了提升系统、沉砂池、混凝沉淀、气浮、过滤、厌氧消化、生化脱氮除磷、生物膜、氧化沟、高级氧化技术、膜生物反应器、消毒等工艺,包括各工艺的适用条件、工艺设计要求、设计参数及应用。

本书可作为污水处理工艺设计人员、各类污水处理厂的技术人员、管理人员的参考和培训学习用书,也可作为高等院校环境工程及相关专业师生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

污水处理工艺与应用 / 蒋克彬主编. —北京: 中国石化出版社, 2014. 3

ISBN 978 - 7 - 5114 - 2641 - 3

I. ①污… II. ①蒋… III. ①污水处理 IV. ①X703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 033763 号

未经本社书面授权,本书任何部分不得被复制、抄袭,或者以任何形式或任何方式传播。版权所有,侵权必究。

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
读者服务部电话:(010)84289974
<http://www.sinopec-press.com>
E-mail:press@sinopec.com
北京科信印刷有限公司印刷
全国各地新华书店经销



*
787 × 1092 毫米 16 开本 31 印张 781 千字
2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷
定价:85.00 元

《污水处理工艺与应用》

编写人员名单

主 编 蒋克彬

编写人员（按篇章顺序排列）

彭 松 第一、二章

高方述 第三、四章

蒋克彬 第五、六、七章

赵 挺 第八、九章

刘 鑫 第十章

张小海 第十一章

刘 鑫 第十二章

前 言

截至 2013 年底，国家环保部以及农业部等颁布的有关污水排放标准达到 61 项，涉及各行各业，这些标准的出台对污水治理措施提出了新的要求，也促进了污染治理技术的进步。同时，涉及相关行业的工程治理技术规范已达 25 项之多，技术规范作为指导性文件，主要目的是指导工业污水治理工程的建设与运行管理，规定了工业污水治理工程系统设计、施工、验收、运行与维护的技术要求。

根据有关统计数据，截至 2012 年底，除企事业单位的分散式污水处理设施外，全国设市城市、县累计建成城镇污水处理厂 3340 座，污水处理能力约 1.42 亿米³/天，根据排放标准的不同，所采用的工艺各式各样，同时一些新的污水处理工艺如膜生物反应器等也因此得到了应用与发展；随着国家城镇化的实施和经济的进一步发展，污水处理设施还将不断地在建设和发展，据估计，目前全国在建的城镇污水处理项目达 1300 多个；随着 COD、氮、磷排放标准的更加严格，治理工程所采用的工艺的深度也会相应提高。对于企事业单位的污水治理措施，随着经济的发展与技术的进步，一些在运行中呈现出操作难、劳动强度高、管理难度大的工艺在逐步得到改进，使操作人员的劳动强度得到减轻；一些专门针对处理难度较大的工业污水的相关处理技术得到了应用与推广。

以上情况说明国内污水处理技术得到了长足的发展。同时设计理念的不同，即使同一工艺，由于所涉及的污水水质不同，其设计与运行也各有千秋，可以进一步加以总结。

鉴于以上情况，本书在参考近年来已有污水处理工艺技术规范、污水排放标准和有关污水治理工程文献的基础上，从应用角度总结了提升系统、沉砂池、混凝沉淀、气浮、过滤、厌氧消化、生化脱氮除磷、生物膜、氧化沟、高级氧化技术、膜生物反应器、消毒等具体工艺，包括适用条件、工艺设计要求、设计参数及应用，使这些内容较系统地出现在本书中，便于读者查阅。书中的部分有关工程案例与工艺的技术规范是最近一些年才出现的，因此内容具有一定新颖性，也具有可参考性。本书中配有大量的图片，以增加内容的直观性，从而能够使未曾实际接触过工艺的读者能较好地理解工艺。

本书的编写得到了宿迁市清源环境科学研究所的支持；编写过程中，参考引用了同行技术人员公开发表的有关文献与技术资料，在此向他们表示衷心的感谢！

由于水平和条件有限，书中存在错误或不准确的地方，敬请读者以及行业专家给予斧正！

目 录

第一章 污水提升系统	(1)
第一节 污水提升泵	(1)
一、泵的主要参数	(1)
二、泵的性能曲线图	(3)
三、泵叶轮结构型式	(3)
四、污水提升泵类型	(7)
五、泵选型原则与方法	(12)
第二节 污水提升系统主要组成部分与设计	(16)
一、污水收集管网以及配套设施	(16)
二、调节池	(17)
三、集水池	(24)
四、泵站	(26)
五、水泵机组与管道布置	(29)
六、污水泵站中的其他辅助设备	(30)
第三节 污水提升泵站的设计及应用	(33)
一、立式污水泵站	(33)
二、合建式圆形泵站	(36)
三、潜水泵站	(36)
第二章 沉砂池	(39)
第一节 沉砂池概述	(39)
一、沉砂池的作用	(39)
二、沉砂池的类型	(39)
三、沉砂池的排砂设备	(39)
第二节 沉砂池的设计	(40)
一、需要考虑的因素	(40)
二、沉砂池设计的一般规定	(41)
三、有关沉砂池的设计参数	(42)
第三节 沉砂池的设计建议	(54)
一、沉砂池在污水处理厂应用情况	(54)
二、建议	(55)
第三章 混凝沉淀	(57)
第一节 混凝沉淀设计的有关要求	(57)
第二节 混凝剂与混凝剂的投加、混合	(57)
一、混凝剂与助凝剂	(57)
二、混凝剂的投配系统	(59)

三、混合设施	(62)
第三节 絮凝反应池的类型与设计	(67)
一、基本要求	(67)
二、絮凝反应池的类型与设计	(68)
第四节 沉淀池	(78)
一、沉淀池的分类与参数	(78)
二、无填料沉淀池类型和应用	(79)
三、斜板(斜管)沉淀池	(90)
第四章 气浮	(97)
第一节 气浮工艺的用途	(97)
第二节 气浮工艺的类型与应用	(98)
一、分散空气气浮法	(98)
二、电解气浮法	(106)
三、加压溶气气浮法	(109)
第三节 其他气浮装置及其应用	(123)
一、溶气泵气浮	(123)
二、超效浅层气浮(Krofta 气浮设备)	(127)
第四节 气浮工艺的影响因素	(130)
一、混凝预处理对气浮净水效果的影响	(130)
二、化学药剂的投加对气浮效果的影响	(131)
三、微气泡特性对气浮净水效果的影响	(132)
四、气浮池水力学特征对净水效果的影响	(133)
五、工艺技术经济的影响	(133)
第五章 过滤	(135)
第一节 滤池构造	(135)
一、滤料	(135)
二、承托层	(136)
三、配水系统	(137)
四、冲洗系统	(141)
第二节 有关滤池的设计与应用	(144)
一、滤池设计的一般规定	(144)
二、普通快滤池	(145)
三、双层滤料滤池	(147)
四、翻板滤池	(148)
五、V 型滤池	(153)
第六章 厌氧消化器	(166)
第一节 厌氧生物处理工艺的发展概况及特征	(166)
一、厌氧生物处理工艺的发展历程	(166)
二、厌氧生物处理的主要特征	(167)
第二节 高速厌氧生物反应器	(167)

一、折流式厌氧反应器(ABR, anaerobic baffled reactor)	(168)
二、完全混合式厌氧消化器(CSTR)	(171)
三、厌氧接触法(AC)	(179)
四、厌氧生物滤池(AF)	(181)
五、升流式厌氧固体反应器	(184)
六、升流式厌氧污泥层(床)(UASB)反应器	(185)
七、其他厌氧生物处理工艺	(195)
第三节 新厌氧生物处理工艺的开发与应用	(197)
一、厌氧内循环(IC)反应器	(197)
二、厌氧膨胀颗粒污泥床(EGSB)反应器	(200)
三、分段厌氧处理法	(204)
第七章 生物脱氮除磷工艺	(207)
第一节 生物脱氮与除磷工艺	(207)
一、生物脱氮除磷工艺	(207)
二、A/O 工艺生物脱氮工艺	(208)
三、生物除磷	(212)
四、厌氧/缺氧/好氧活性污泥法脱氮除磷工艺	(214)
第二节 A/A/O 变形工艺与应用	(219)
一、改良厌氧/缺氧/好氧活性污泥法(UCT)	(219)
二、厌氧/缺氧/缺氧/好氧活性污泥法(MUCT)	(222)
三、缺氧/厌氧/缺氧/好氧活性污泥法(JHB)	(225)
四、缺氧/厌氧/好氧活性污泥法(RA/A/O)	(226)
五、多级缺氧/好氧活性污泥法(MA/O)	(227)
六、OWASA 工艺	(227)
七、Bardenpho 工艺	(228)
八、Phoredox 工艺	(229)
九、SBR 工艺	(229)
十、MSBR 工艺	(238)
十一、UNITANK 工艺	(242)
十二、百乐卡(BIOLAK)处理技术	(244)
第八章 生物膜法	(249)
第一节 填料	(249)
一、悬挂式填料	(249)
二、悬浮填料	(252)
三、蜂窝填料	(255)
四、有关填料技术性能参数汇总	(258)
五、生物填料的发展方向	(258)
第二节 生物接触氧化法	(259)
一、生物接触氧化法形式	(259)
二、生物接触氧化法特点	(260)

三、生物接触氧化池构造	(260)
四、生物接触氧化法工艺形式与进水水质要求	(262)
五、工艺设计	(263)
第三节 生物流化床	(266)
一、概述	(266)
二、两相流化床	(267)
三、三相生物流化床	(268)
四、内循环好氧生物流化床	(269)
第四节 生物转盘	(273)
一、生物转盘的组成	(273)
二、生物转盘系统的特征	(275)
三、生物转盘的设计	(275)
四、生物转盘工程实例	(276)
五、生物转盘的进展和应用	(277)
第五节 生物滤池	(279)
一、生物滤池的分类	(279)
二、生物滤池的机理	(279)
三、生物滤池系统的功能设计	(282)
四、普通生物滤池	(283)
五、高负荷生物滤池	(287)
六、塔式生物滤池	(290)
七、曝气生物滤池	(292)
第九章 氧化沟	(304)
第一节 氧化沟工艺概述	(304)
一、氧化沟工艺的技术特点	(304)
二、氧化沟工艺的发展	(305)
第二节 氧化沟工艺设计	(309)
一、进水要求与污染物去除效果	(309)
二、工艺设计	(309)
第三节 氧化沟的主要类型与应用	(314)
一、奥贝尔氧化沟	(314)
二、卡鲁塞尔氧化沟	(320)
三、交替式氧化沟	(330)
第十章 常用高级氧化技术	(337)
第一节 电化学处理技术	(337)
一、基本原理与特点	(337)
二、电化学反应器分类与电极类型	(337)
三、常用电化学处理工艺与应用	(338)
第二节 超临界水氧化技术与应用	(354)
一、超临界水氧化技术机理及工艺流程	(354)

二、氧化剂来源	(355)
三、特点	(355)
四、存在的问题	(355)
五、装置	(357)
六、工艺的应用	(358)
第三节 湿式氧化技术与应用	(359)
一、湿式氧化技术作用机理	(360)
二、保证湿式氧化过程的必要条件	(360)
三、湿式氧化技术的特点	(360)
四、影响处理效果的主要因素	(361)
五、基本流程	(362)
六、主要设备组成	(362)
七、有关装置及应用	(363)
第四节 湿式催化氧化技术与应用	(365)
一、基本原理与工艺流程	(365)
二、主要工艺类型与设备	(366)
三、催化剂	(367)
四、催化剂载体	(367)
五、应用领域	(368)
六、应用案例	(369)
七、湿式氧化工艺的性能比较	(370)
第十一章 膜生物反应器(MBR)	(372)
第一节 膜生物反应器分类	(372)
一、按膜元件结构型式	(372)
二、按膜组件的作用	(374)
三、其他分类	(377)
第二节 膜生物反应器工艺	(377)
一、膜生物反应器工艺类型	(377)
二、浸没式膜反应器工艺运行控制	(379)
三、MBR 工艺特点	(381)
四、MBR 工艺的应用与发展方向	(382)
五、膜的污染因素	(382)
六、膜污染的解决方法	(387)
第三节 工艺设计的基本要求	(394)
一、设计需要解决的问题	(394)
二、设计原则	(394)
三、工艺设计需要考虑的因素	(395)
四、工艺的选择	(396)
第四节 工艺设计	(399)
一、预处理	(399)

二、生化系统	(400)
三、膜组件(器)的选取与设计	(403)
四、膜池	(405)
五、设计案例	(408)
六、膜池配套工艺与设计	(409)
七、膜系统配套设备案例	(421)
第五节 MBR 工艺的应用	(422)
一、处理分散式生活污水	(422)
二、处理居民小区污水	(423)
三、处理高速服务区污水	(424)
四、MBR 工艺在大中型污水处理厂的应用	(426)
五、工业污水	(446)
六、医院污水	(452)
七、垃圾渗滤液	(456)
第十二章 消毒	(465)
第一节 臭氧发生器与臭氧消毒	(465)
一、臭氧发生器组成	(465)
二、臭氧发生技术	(467)
三、臭氧消毒及其应用	(468)
第二节 紫外消毒设备	(471)
一、紫外线消毒的机理	(471)
二、紫外线消毒的特点	(472)
三、影响紫外线消毒的因素	(472)
四、紫外消毒装置	(473)
五、实际应用	(475)
六、工程案例	(479)
第三节 氯系列消毒	(479)
一、二氧化氯	(479)
二、次氯酸钠消毒	(482)
三、氯消毒	(483)
四、常用消毒技术的比较	(485)

第一章 污水提升系统

本章主要阐述污水提升系统的主要组成部分的设计与应用，包括泵以及与泵有关的附属设施，如集水池、格栅等。

第一节 污水提升泵

水泵是污水处理系统的主要耗能设备之一，其能耗约占整个设备耗电量的 30% 以上。提升泵的高效运行与否，对污水处理厂的污水处理效率和运行成本有着重要的影响。

一、泵的主要参数

泵的性能参数主要有流量、扬程、功率，此外还有转速和必需汽蚀余量、吸程、效率、比转数等。泵的主要性能指标也用这些主要参数来表示。

1. 流量

流量为单位时间通过水泵出口截面的液体量，一般采用体积流量，计量单位为 m^3/h 或 m^3/s 。泵的流量取决于泵的结构尺寸（主要为叶轮的直径与叶片的宽度）和转速等。操作时，泵实际所能输送的液体量还与管路阻力及所需压力有关。由于能量的转换是在叶轮内进行的，因此只有经叶轮做功的高压液体全部送出去才使水泵充分发挥效益。实际上，水泵的转动部件叶轮和固定部件之间总是有空隙的，在叶轮四周的液体由高压侧沿间隙漏向低压侧未经泵出口截面流出而产生效益。所以实际产生效益的流量小于通过叶轮输送的理论流量。污水提升泵的流量范围一般为 $0.2 \sim 10000 \text{m}^3/\text{h}$ 。

2. 扬程

单位质量液体通过泵获得的有效能量就是泵的扬程。通常用 H 表示，单位是 m ，用于污水处理提升的泵的扬程一般为 $10 \sim 100 \text{m}$ 。

3. 轴功率

泵在一定流量和扬程下，电机单位时间内给予泵轴的功称为轴功率，即轴将动力（电机功率）传给功部件（叶轮）的功率。

轴功率跟联轴器有很大的关系，电机通过联轴器连接泵头叶轮，当电机转动时，带动联轴器，联轴器和泵头内的叶轮连接，进而带动叶轮旋转。因为有联轴器这个部件，那么电机功率就不能完全转化为叶轮转动的实际效率，所以轴功率小于电机功率（额定功率）。

4. 泵的效率

泵的效率不是一个独立性能参数，它可以由别的性能参数例如流量、扬程和轴功率按公式计算求得。反之，已知流量、扬程和效率，也可求出轴功率。

泵的总效率是反映泵耗能的主要指标，有关资料给出的泵总效率的计算公式(1-1)为：

$$\eta = \eta_h \times \eta_v \times \eta_m \quad (1-1)$$

式中 η ——离心泵总效率，%；

η_h ——水力效率，%；

η_v ——容积效率, %;
 η_m ——离心泵的机械效率, %。

$$\eta_h = \frac{H}{H_T} \quad (1-2)$$

式中 H ——水泵的实际扬程, m;
 H_T ——水泵的理论扬程, m。

$$\eta_v = \frac{Q}{Q_T} \quad (1-3)$$

式中 Q ——水泵的实际流量, m^3/s ;
 Q_T ——水泵的理论流量, m^3/s 。

$$\eta_m = \frac{N_h}{N} \quad (1-4)$$

式中 N_h ——叶轮传给水的全部功率, kW;
 N ——水泵的轴功率, kW。

5. 汽蚀余量

是指在泵吸入口处单位质量液体所具有的超过汽化压力的富余能量。单位为 m, 用 $(NPSH)_r$ 表示。提高离心泵抗汽蚀性能有下列措施:

- (1) 提高离心泵本身抗汽蚀性能。
- (2) 提高进液装置有效汽蚀余量。如减小吸上装置泵的安装高度; 减小泵前管路上的流动损失, 如在要求范围尽量缩短管路, 减小管路中的流速, 减少弯管和阀门, 尽量加大阀门开度等。

6. 吸程(H_s)

即泵允许吸上液体的真空度, 也就是泵允许的安装高度。

吸程 = 标准大气压 - 汽蚀余量 - 安全量, 如某泵必需汽蚀余量为 4m, 安全量为 0.5m, 则吸程 $H_s = 10.33 - 4 - 0.5 = 5.83\text{m}$ 。

7. 转速

泵的转动部分包括叶轮和轴, 单位时间叶轮旋转的次数称为转速, 以 n 表示, 其单位是 r/min 。泵由电动机直接带动时, 与电动机转速相同; 当经过传动装置驱动轴时, 可按泵最优运行工况选定转速。

泵的各个性能参数之间存在着一定的相互依赖变化关系, 可以通过对泵进行试验, 分别测得和算出参数值, 并画成曲线来表示, 这些曲线称为泵的特性曲线。每一台泵都有特定的特性曲线, 由泵制造厂提供。通常在工厂给出的特性曲线上还标明推荐使用的性能区段, 称为该泵的工作范围。

泵的实际工作点由泵的曲线与泵的装置特性曲线的交点来确定。选择和使用泵时, 应使泵的工作点落在工作范围内, 以保证运转经济性和安全。此外, 同一台泵输送黏度不同的液体时, 其特性曲线也会改变。通常, 泵制造厂所给的特性曲线大多是指输送清洁冷水时的特性曲线。对于动力式泵, 随着液体黏度增大, 扬程和效率降低, 轴功率增大, 工业上有时将黏度大的液体加热使黏性变小, 以提高输送效率。

8. 泵的比转数

在离心泵中, 常将比转数定义为: 泵在最高效率下运转, 产生扬程为 1m、流量为

0.075m³/s 所消耗的功率为 0.735kW 时所必须具有的转数。比转数较全面地反映了泵的特性，综合了泵的流量、扬程、转速三者之间的关系，是反映叶轮机械综合性能的指标。公式为：

$$N_s = 3.65 \frac{n(Q)^{1/2}}{(H)^{3/4}} \tag{1-5}$$

式中 n ——转速，r/min；
 Q ——流量，m³/s；
 H ——扬程，m。

按比转数从小到大，泵分为离心泵、混流泵和轴流泵。不同类型的泵所对应的比转数如表 1-1 所示，低比转数泵意味着高扬程、小流量，高比转数泵意味着低扬程、大流量。

表 1-1 泵的类型与比转数

离心泵	混流泵	轴流泵
$30 < N_s < 300$	$300 < N_s < 500$	$500 < N_s < 1500$

一般来说，低比转数泵具有叶轮窄而长的特点，高比转数泵具有叶轮宽而短的特点；同时低比转数泵在零流量时轴功率小，高比转数泵（混流泵、轴流泵）在零流量时轴功率大，因此前者应关阀启动，后者应开阀启动。

二、泵的性能曲线图

1. 离心式水泵

离心式水泵性能曲线图包含有 $Q-H$ （流量-扬程）图、 $Q-N$ （流量-功率）图、 $Q-\eta$ （流量-效率）及 $Q-H_s$ （流量-允许吸上真空高度）图等。每一个流量 Q 都相应于一定的扬程 H 、轴功率 N 、效率 η 和允许吸上真空高度 H_s 。

如图 1-1 所示，水泵的性能曲线图上水平坐标表示流量，垂直坐标表示扬程。在流量与扬程（ $Q-H$ ）曲线中，一般情况下，当扬程升高时流量下降，同时可以根据扬程查到流量，也可从流量查到扬程；效率曲线的特点是中间高，两边低，表明流量与扬程在中间段是效率最高，因此在选泵时要注意泵运行时的扬程与流量处于效率曲线最高附近；功率（轴功率）曲线中，功率一般随流量增加而增加，运行中应注意轴功率不应超过电机功率；汽蚀余量曲线中，一般随流量增加而增加，要注意工作条件对汽蚀余量的要求。

2. 轴流泵、混流泵

图 1-2 所示为 315ZLB-125 轴流泵的性能曲线图，水平坐标表示流量 Q ，垂直坐标表示扬程 H ，图中 D 为叶轮直径，虚线表示电机功率，随着中心往外扩散的曲线为效率曲线。由图可知：①根据叶片安装角度的不同，泵所对应的流量、扬程不一样（一般随角度的增加，泵的流量、扬程也相应增大）；②随着中心往外扩散，效率逐渐降低，因此选泵时要注意泵运行时的扬程与流量，尽量处于效率曲线最高点附近，即图中中心区域。

三、泵叶轮结构型式

用于污水提升的泵属于无堵塞泵的一种，具有多种形式，如潜水式和干式，主要用于输送市政、企事业单位污水、粪便或含有纤维、纸屑等固体颗粒的液体，通常被输送介质的温度不大于 80℃。由于被输送的介质中含有易缠绕或聚束的纤维物，故该类泵的流道易堵塞，

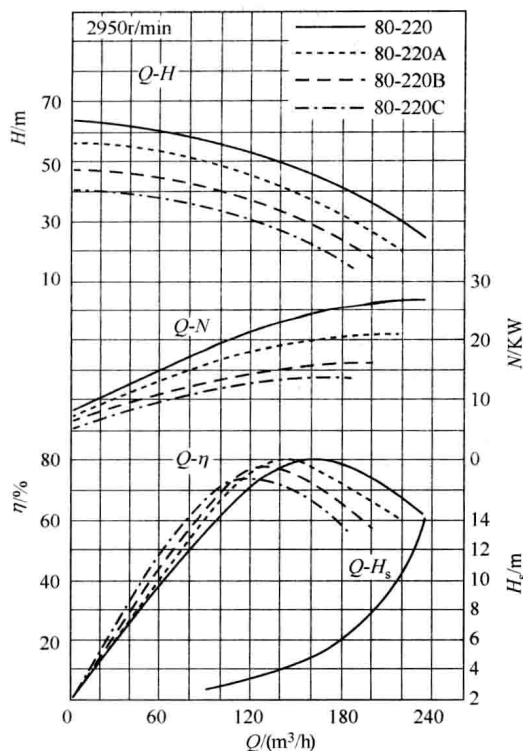


图 1-1 离心式水泵性能曲线图

因此抗堵性和可靠性是污水提升泵优劣的重要因素。污水提升泵要提高抗堵性能，关键在于叶轮的结构型式。叶轮由轮毂、叶片和盖板三部分组成，一般把叶轮的结构分为六大类：叶片式（开式、闭式）、旋流式、流道式（单流道和双流道）、螺旋离心式、轴流式、混流式。

1. 叶片式

(1) 开式、半开式叶轮

开式叶轮两侧均没有盖板，叶片通过筋板连接在轮毂上；半开式叶轮只有后盖板。开式、半开式叶轮制造方便，当叶轮内造成堵塞时，容易实现清理及维修，但在长期运行中，在颗粒物的磨蚀下会使叶片与压水室内侧壁的间隙加大，从而使效率降低；并且间隙的加大会破坏叶片上的压差分布，不仅产生大量的旋涡损失，而且会使泵的轴向力加大，同时，由于间隙加大，流道中液体的流态的稳定性受到破坏，使泵产生振动。

开式、半开式叶轮不适于输送含大颗粒和

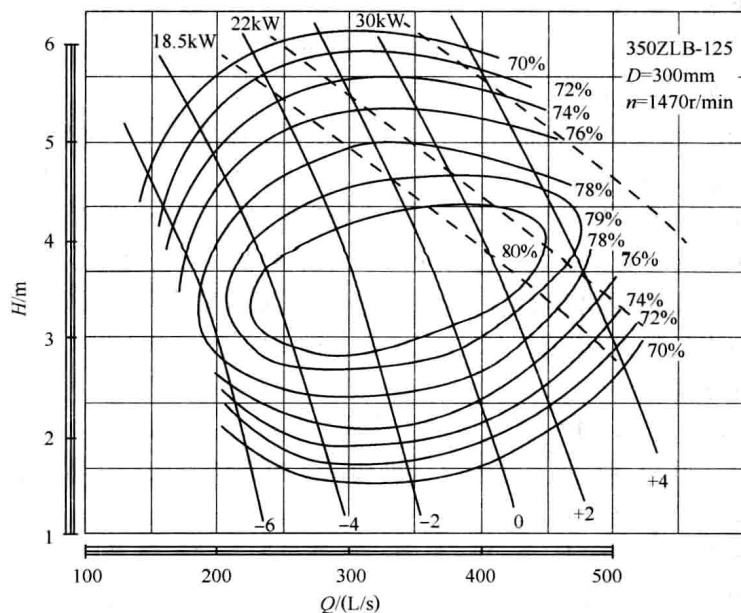


图 1-2 315ZLB-125 型轴流泵性能曲线图

长纤维的介质，从性能上讲，该型式叶轮效率低，最高效率约相当于普通闭式叶轮的 92% 左右，扬程曲线比较平坦。

(2) 闭式叶轮

叶轮的两侧均有盖板，盖板间有 4~6 个叶片，闭式叶轮见图 1-4。闭式叶轮正常效率

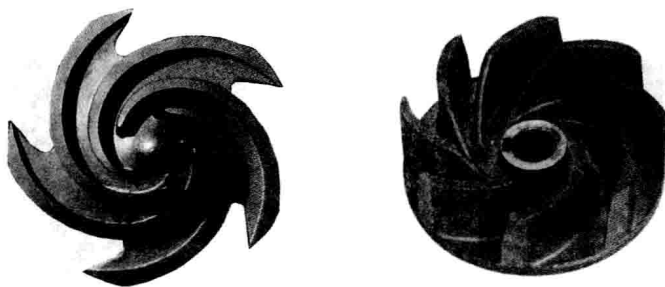


图 1-3 开式、半开式叶轮

较高，且在长期运行中情况比较稳定。采用该型式叶轮的泵轴向力较小，且可以在前后盖板上设置副叶片。前盖板上的副叶片可以减少叶轮进口的旋涡损失和颗粒对密封环的磨损，后盖板上的副叶片不仅起平衡轴向力的作用，而且可以防止悬浮性颗粒进入机械密封腔，对机械密封起保护作用。

该型式叶轮的抗堵性差，易被缠绕，不宜抽送含大颗粒、长纤维等未经处理的污水介质。

2. 旋流式叶轮

旋流式叶轮泵的吸入口和出口与泵的轴线均成直角，叶轮采用半开式结构，置于蜗室的一侧，叶轮前的蜗室流道十分宽敞，所以能输送带各种杂质的流体而不致堵塞，具有良好的通过性能；当叶轮旋转时，泵内产生强烈的轴向旋涡作用，使吸入腔内的介质连续不断地流入泵腔，叶轮和泵体无密封间隙，运行中不会因磨损而使泵的效率降低；该泵制造简单，成本低，实用性强。从性能上讲，该叶轮效率较低，仅相当于普通闭式叶轮的 70% 左右，扬程曲线比较平坦。常见的旋流泵叶轮叶片有多种结构形式，主要有直叶片、斜叶片和弯曲叶片，见图 1-5。不同的叶片对泵的性能有一定的影响。



图 1-4 闭式叶轮

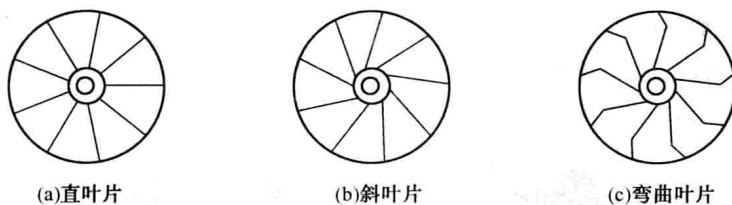


图 1-5 旋流式叶轮叶片示意图

试验研究表明：弯曲叶片效率较高，但抗堵塞性差；斜叶片效率较差，但抗堵塞性较好；直叶片抗堵塞性最好，但效率比前两种差。旋流泵弯曲叶轮叶片及泵见图 1-6。

3. 流道式叶轮

流道式叶轮见图 1-7。该型式叶轮属于无叶片的叶轮，叶轮流道是一个从进口到出口的一个弯曲的流道，所以适宜于抽送含有大颗粒和长纤维的介质，抗堵性好。从性能上讲，该型式叶轮效率和普通闭式叶轮相差不大，但该型式叶轮泵扬程曲线较为陡降，功率曲线比较平稳，不易产生超功率的问题；该型叶轮的汽蚀性能不如普通闭式叶轮，适宜用在有压进口的泵上。

流道式叶轮可分为单流道式叶轮与双流道式叶轮两种形式。单流道式叶轮对输送物料的无损性好，无堵塞性能好，适于输送大颗粒长纤维物质，且耐磨性较好，但对平衡要求高，

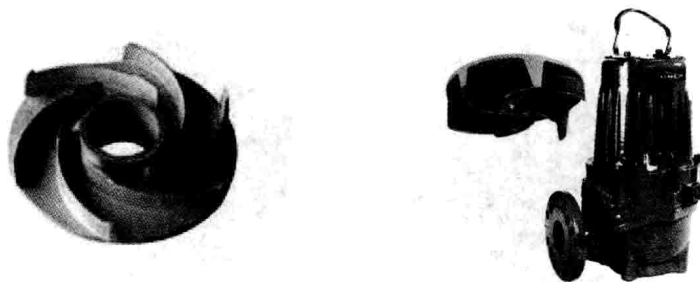


图 1-6 旋流泵弯曲叶轮叶片及泵图

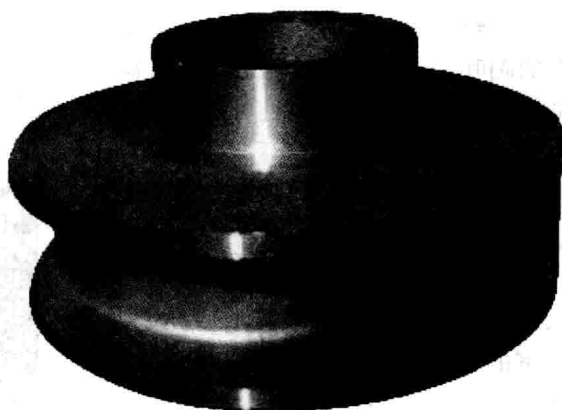


图 1-7 流道式叶轮图

运行平衡性差；双流道式叶轮通过能力比单流道稍差，但因是对称流道，平衡性能好，运行平稳，适合于高扬程、大流量泵。

4. 螺旋离心式叶轮

叶轮的叶片为扭曲的螺旋叶片，在锥形轮毂体上从吸入口沿轴向延伸。该型叶轮的泵兼具容积泵和离心泵的功能，悬浮性颗粒在叶片中流过时，不撞击泵内任何部位，对输送物的破坏性小。由于螺旋的推进作用，悬浮颗粒的通过性强，所以采用该型式叶轮的泵适宜于抽送含有大颗粒、长纤维、高浓度的介质。在对输送介质的破坏有严格要求的场合下具有一定的适用性。螺旋离心式叶轮及其结构示意图见图 1-8。

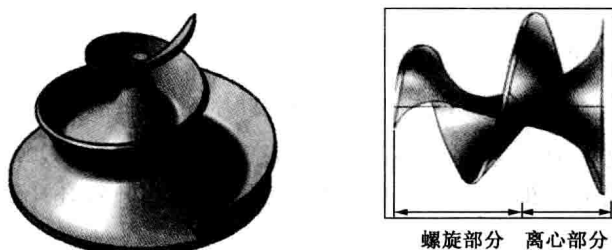


图 1-8 螺旋离心式叶轮及其结构示意图

5. 轴流式叶轮

轴流式叶轮属于叶片式。在轴流泵中，水的流动一方面沿轴前进，另一方面还跟着叶轮旋转。轴流式叶轮泵具有大流量、低扬程、高比转数、高效率、占地面积小，性能参数可变性以及适合低水位条件等特点，已成为农业排灌、城市给排水、循环水等工程优先选用的泵型。轴流式叶轮见图 1-9。