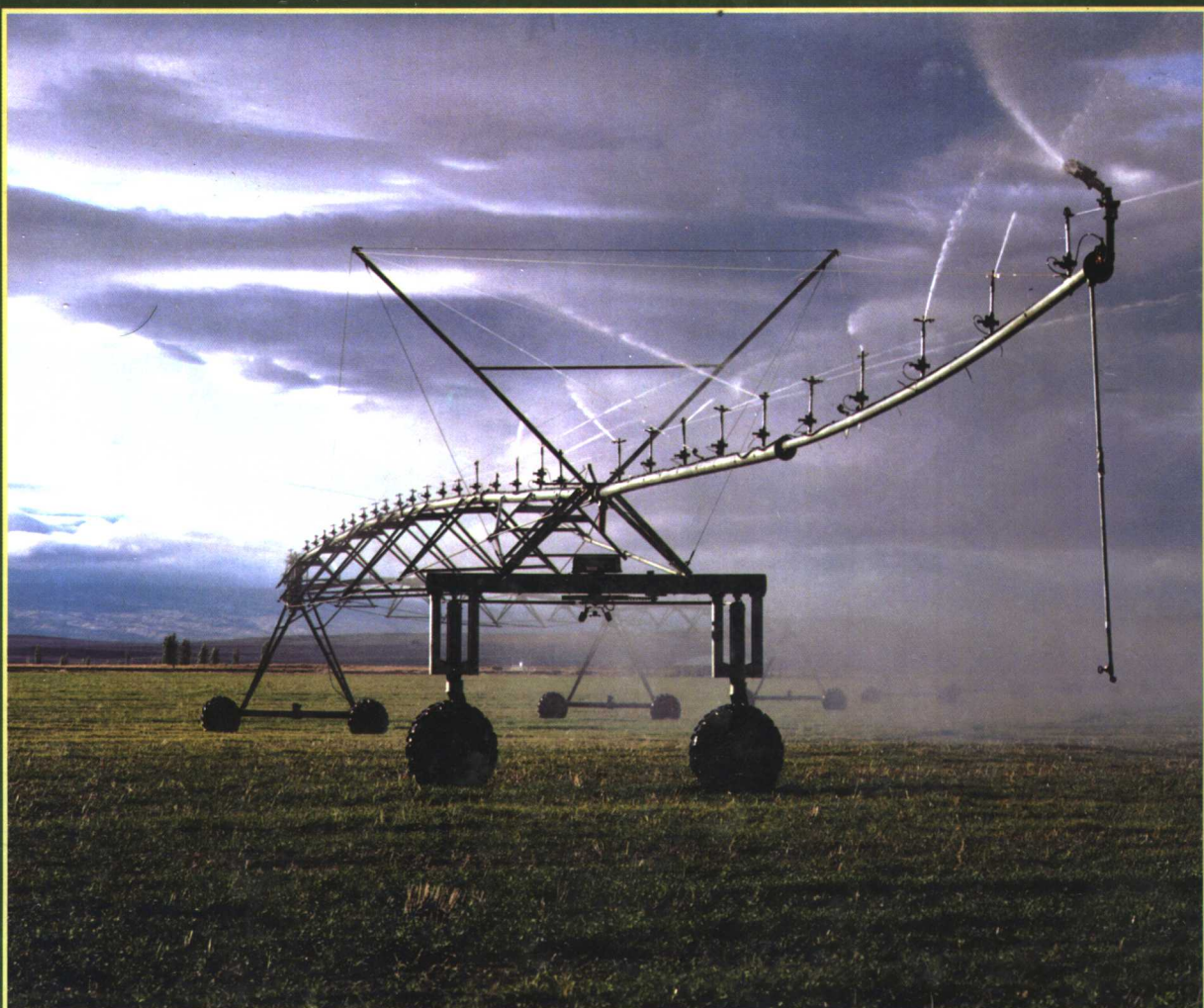




节水灌溉技术手册

JIESHUIGUANGAIJISHUSHOUCE



主编 ● 杨 天

中国大地出版社

节水灌溉技术手册

第 三 卷

中国大地出版社

二〇〇二年五月

目 录

第一编 节水灌溉与农业可持续发展

第一章 水资源及其利用现状	(3)
第一节 水	(3)
第二节 水资源	(7)
第三节 我国水资源开发利用的综合分析	(21)
第四节 我国农业水资源开发利用现状	(29)
第二章 水资源与农业可持续发展	(47)
第一节 可持续发展	(47)
第二节 可持续农业	(48)
第三节 水资源与可持续发展的关系	(59)
第四节 水资源与农业可持续发展	(65)
第三章 节水灌溉与农业可持续发展	(77)
第一节 节水农业	(77)
第二节 节水灌溉	(86)
第三节 节水灌溉制度	(111)
第四节 节水灌溉与农业的可持续发展	(119)

第二编 节水灌溉基础理论

第一章 农业节水机理	(133)
第一节 农业节水生物学研究	(133)
第二节 控制性分根交替灌溉	(146)
第三节 作物调亏灌溉机理研究	(160)
第二章 作物及农田灌溉需水分析	(178)
第一节 作物需水量的计算与预报	(178)
第二节 主要农作物需水量及空间变化	(206)

第三节	主要农作物灌溉定额	(214)
第四节	农田灌溉需水量的估算	(219)
第五节	农田灌溉需水中长期预测	(228)
第三章	节水灌溉水量最优分配	(238)
第一节	节水灌溉的最优灌溉制度	(238)
第二节	多种作物间灌溉水量最优分配	(252)
第三节	地区间水量大系统配水模式	(257)
第四节	一次灌水灌溉渠系最优水量分配	(259)
第四章	节水灌溉区划与规划	(266)
第一节	节水灌溉区划	(266)
第二节	节水灌溉规划	(279)
第五章	节水灌溉建设途径及管理	(292)
第一节	节水灌溉农业建设途径	(292)
第二节	节水灌溉管理	(312)
第六章	节水灌溉制度模拟	(337)
第一节	灌溉制度模型	(337)
第二节	下边界水分通量	(340)
第三节	灌溉制度模拟	(350)
第四节	节水灌溉试验	(354)
第七章	节水灌溉综合技术体系专家系统	(368)
第一节	农业专家系统的理论基础研究	(368)
第二节	灌区管理体制改革的专家系统	(390)
第三节	灌溉预报与节水灌溉决策专家系统	(400)
第八章	节水灌溉与农业措施的结合	(413)
第一节	纳雨蓄墒技术	(413)
第二节	麦田夏闲期集水保墒技术	(420)
第三节	作物生育期间集水保墒	(426)
第四节	等高耕作种植截水增墒技术	(432)
第五节	覆盖保墒技术	(438)
第六节	施肥、培肥与农业节水	(444)
第七节	机械化抗旱与农业节水	(458)

第三编 节水灌溉实用技术

第一章	渠道防渗技术	(471)
------------	---------------------	--------------

第一节	渠道防渗技术概述	(471)
第二节	渠道渗漏损失的计算和测定方法	(485)
第三节	渠道防渗工程设计	(493)
第四节	防渗渠道施工	(507)
第五节	渠道防渗工程不同材料的使用	(514)
第六节	渠道防渗工程的冻害防治	(521)
第二章	管道输水工程技术	(532)
第一节	管道输水概述	(532)
第二节	管道输水机泵选配与测试	(536)
第三节	低压管道输水灌溉规划设计	(546)
第四节	管材及其连接	(554)
第五节	管道工程施工技术	(596)
第六节	管道输水经济效益分析	(615)
第三章	喷灌技术	(625)
第一节	喷灌概述	(625)
第二节	喷洒原理及基本参数	(631)
第三节	喷灌的主要设备	(641)
第四节	喷灌工程的规划与设计	(646)
第五节	喷灌工程设计实例	(679)
第六节	喷灌工程技术经济分析	(687)
第七节	喷灌工程施工	(696)
第四章	微灌技术	(703)
第一节	微灌概述	(703)
第二节	微灌专用设备	(709)
第三节	微灌工程规划设计参数的确定	(723)
第四节	微灌系统规划与布置	(737)
第五节	微灌工程设计实例	(770)
第六节	微灌系统水质处理	(783)
第七节	微灌工程的技术经济分析	(811)
第八节	微灌工程的施工与运行管理	(820)
第五章	雨水集蓄技术	(835)
第一节	我国雨水集蓄利用概况	(835)
第二节	雨水集蓄工程的组成与规划布置	(841)
第三节	雨水集流场的设计	(854)
第四节	雨水集蓄水源工程的结构设计	(860)

第五节	集水技术与蓄水技术	(875)
第六节	雨水集蓄灌溉的几种模式	(892)
第七节	雨水集蓄的供水与节水灌溉设施	(897)
第八节	雨水集蓄工程的管理	(911)
第九节	发展雨水集蓄利用工程的政策措施	(918)
第六章	地面灌溉技术	(935)
第一节	地面灌溉概述	(935)
第二节	畦灌技术	(947)
第三节	沟灌技术	(971)
第四节	地膜覆盖灌水技术	(984)
第七章	非充分灌溉	(994)
第一节	非充分灌溉概述	(994)
第二节	非充分灌溉水管理的基本原理	(1003)
第三节	经济灌溉定额	(1009)
第四节	最优灌溉面积	(1013)
第五节	动态用水计划	(1018)
第六节	非充分灌溉管理的目标规划	(1023)

第四编 节水灌溉技术实际应用

第一章	水稻节水灌溉	(1035)
第一节	水稻节水灌溉概述	(1035)
第二节	水稻灌溉的稻田需水	(1040)
第三节	节水稻田的灌溉指标、节水指标与灌溉量	(1047)
第四节	水稻控制灌溉	(1066)
第五节	水稻非充分灌溉	(1077)
第六节	水稻薄露灌溉	(1093)
第七节	水稻旱育稀植技术	(1107)
第八节	水稻优化灌溉	(1121)
第九节	寒地水稻节水灌溉技术	(1144)
第十节	不同种植制稻田节水灌溉模式	(1153)
第二章	果树节水灌溉	(1156)
第一节	果树的需水量及灌水时期	(1156)
第二节	果树的节水灌溉技术	(1162)
第三章	蔬菜、花卉节水灌溉	(1175)

第一节 蔬菜的节水灌溉	(1175)
第二节 花卉的节水灌溉	(1182)
第四章 冬小麦高产节水灌溉	(1189)
第一节 冬小麦产量与耗水量的关系	(1189)
第二节 灌溉时期对冬小麦产量的影响	(1191)
第三节 冬小麦生育期节水灌溉制度	(1195)
第四节 冬小麦高产节水灌溉的实施	(1196)
第五章 草原节水灌溉	(1198)
第一节 草原灌溉概述	(1198)
第二节 草原灌溉制度	(1212)
第三节 草原节水灌溉效益分析	(1233)

第五编 节水灌溉机械设备

第一章 水泵基础知识	(1261)
第一节 排灌机械与水泵概述	(1261)
第二节 排灌泵的典型结构及工作原理	(1265)
第三节 排灌泵的选型	(1291)
第四节 排灌泵的使用、维护与故障排除	(1299)
第二章 喷灌机械设备	(1314)
第一节 喷灌设备	(1314)
第二节 喷灌机	(1334)
第三节 喷灌机械的使用、保养与维修	(1354)
第三章 微灌机械设备	(1362)
第一节 微灌设备	(1362)
第二节 微灌设备配套系统	(1376)
第三节 微灌机械的安装、保养与维修	(1393)

第六编 灌溉排水理论及技术

第一章 农田排水原理	(1403)
第一节 农田排水对作物生长的影响	(1403)
第二节 农田排水沟对水位的调控原理	(1406)
第三节 农田排水的种类及标准	(1409)
第二章 农田排水工程规划设计	(1416)

第一节	渍涝成因及作物对排水的要求	(1417)
第二节	排水设计标准	(1421)
第三节	除涝与防渍治碱措施	(1424)
第四节	排水系统的组成及规划布置	(1428)
第五节	明沟排水系统的设计	(1431)
第六节	排水闸站规划设计及承泄区整治	(1441)
第三章	农田排水技术	(1450)
第一节	农田排水方式	(1450)
第二节	暗管排水技术	(1451)
第三节	明沟排水技术	(1458)
第四节	竖井排水技术	(1464)
第五节	防治土壤盐碱化的排水技术	(1467)
第四章	灌区排水系统养护工程	(1472)
第一节	排水系统工程变形与毁坏	(1472)
第二节	排水系统的养护	(1473)
第三节	排水沟系塌坡的防治	(1478)
第四节	排水沟渠的配套与改造	(1480)
第五节	田间灌排设施的改善	(1484)

第七编 灌 溉 管 理

第一章	灌溉管理概述	(1488)
第一节	农业水管理学的发展及其理论体系	(1488)
第二节	灌溉管理工作的任务和内容	(1495)
第二章	组织管理	(1498)
第一节	灌区管理体制与管理组织	(1498)
第二节	专业管理组织	(1501)
第三节	灌区的民主管理组织	(1504)
第四节	灌区的群众管理组织	(1506)
第五节	参与灌溉管理	(1507)
第三章	用水管理	(1522)
第一节	农业用水管理概况	(1522)
第二节	计划用水	(1558)
第三节	水源的综合开发利用	(1570)
第四节	灌区测水	(1580)

第五节 利用特设置水设备量水	(1590)
第四章 工程管理	(1614)
第一节 灌溉渠系管理	(1614)
第二节 渠道防渗工程的管理和维修	(1634)
第三节 管道输水工程管理和维修	(1639)
第四节 喷灌工程管理及设备维修	(1642)
第五节 微灌工程的管理及设备维修	(1648)
第六节 灌溉工程的改善改建	(1659)
第七节 灌区绿化管理	(1669)
第五章 经营管理	(1678)
第一节 财务管理	(1678)
第二节 水费管理	(1696)
第三节 综合经营	(1709)
第六章 区域水管理	(1715)
第一节 可引用水量预测	(1715)
第二节 区域水量平衡分析	(1719)
第三节 渠系入渗补给	(1725)
第四节 区域水管理策略	(1734)

第八编 节水灌溉技术标准选编

1. 节水灌溉技术规范	(1743)
2. 喷灌工程技术规范	(1757)
3. 微灌工程技术规范	(1780)
4. 喷灌与微灌工程技术管理规程	(1817)
5. 渠道防渗工程技术规范	(1845)
6. 渠系工程抗冻胀设计规范	(1959)
7. 低压管道输水灌溉工程技术规范(井灌区部分)	(1982)
8. 雨水集蓄利用工程技术规范	(2010)
9. 农田排水工程技术规范	(2049)
10. 农田排水试验规范	(2101)
11. 灌溉与排水工程技术管理规程	(2139)
12. 机井技术规范	(2180)
13. 泵站施工规范	(2233)

14. 泵站技术改造规程	(2326)
15. 泵站技术管理规程	(2339)
16. 泵站、机井、喷灌和滴灌工程术语	(2389)
17. 地下山监测规范	(2431)
18. 农田灌溉水质标准	(2480)
19. 水资源评价导则	(2486)
20. 水利建设项目经济评价规范	(2501)

第一章 水泵基础知识

第一节 排灌机械与水泵概述

一、排灌机械在农业生产中的应用

排灌机械的出现,大大改变了农业生产条件,为粮食产量的大幅度提高奠定了基础。建国初期,由于缺乏排灌机械,一些水资源丰富的地方除一部分自流灌溉外,仅有少量土地靠人畜车运水浇地,生产效率十分低下,大量的水资源得不到有效的利用。排灌机械的发展,打破了传统农业生产的格局,60年代以后,全国大范围地兴修水利、相继建起了数以万计的大、中、小型提灌站,使全国的灌溉面积成倍增加。尤其一些特大型的排灌站,为农业生产和防洪排涝做出了巨大贡献。举世闻名的江都抽水站安装了33台大型轴流泵,配套总动力达 $3.3 \times 10^4 \text{ kW}$,每秒抽水能力达 400 m^3 。江苏淮安泵站安装了两台我国最大的轴流泵,叶轮直径达4.5m,配套两台5000kW的动力机,每秒流量达 120 m^3 。

特别是深井泵的开发应用,使大面积利用地下水资源灌溉农田成为可能。全国目前有深井200多万眼,配套安装了数百万台深井泵,总装机容量达 $2 \times 10^7 \text{ kW}$,灌溉面积达 1.7×10^9 亩,约占全国灌溉面积的1/4。

在每年汛期,一些洪涝灾害多发地区,严重的洪涝灾害危及着农业生产和人民群众的生命财产安全。在这些地方由于各级政府的重视,相继建立了许多以防洪为目的的排水泵站。由于这些泵站的建立,在汛期能及时地排洪泄涝,为减轻灾害损失,恢复生产争取了时间,创造了条件。

在每年的灌溉季节,广大农村数以万计的小型水泵,或用柴油机作动力,或以电动机作动力,架立于河、湖、沟、渠之旁,扬机抽水,浇灌农田,为农业生产注入了新的活力。

二、排灌机械的概况

构成排灌机械的主体是各类水泵,其中主要有离心泵、混流泵、轴流泵、水轮泵、深井泵、潜水电泵和柱塞泵等。离心泵是水泵中的大家族,有400多个型号,上千个品种。离心泵一般扬程为3~20m,高的达600m以上;流量为3~ $30 \text{ m}^3/\text{h}$,高的达 $12000 \text{ m}^3/\text{h}$ 。离心泵分单级单吸、单级双吸和多级单吸等系列。长轴深井泵是一种单吸多级长轴离

心泵,专门用于抽取地下井水,有三百多个型号,扬程为 15 ~ 300m,个别水泵达 450m。流量为 5 ~ 550m³/h。潜水电泵是将水泵与电机制成一体,一同置于水中,在地面通过电缆与电机接通。与长轴深井泵相比,由于没有长传动轴,结构紧凑、安装方便。但潜入水中的电机要求有严格的密封和绝缘措施,潜水电泵适应于水位变化较大的地区使用,扬程为 10 ~ 500m。扬程最大的达 3600m,叶轮级数达 300 级。

为了节约用水,降低灌溉成本和劳动强度,排灌机械已由一的水泵向喷灌、微灌机械发展。排灌机械的推广应用为节水灌溉开辟了新的道路。

三、水泵的用途

泵通常用来抽吸液体、输送液体和使液体增加压力。从能量观点来讲,泵是一种转换能量的机械,它在动力机的带动下可以把动力机的机械能转换成它所抽吸的液体的能量,从而把液体输高、送远或者增压。因而其用途十分广泛,几乎涉及到从人民生活到国民经济建设的各个领域,所以泵的品种规格繁多。

农业灌溉和排涝等方面的泵,称为农用水泵。它的主要作用是对地面位于水源水位之上的农田,用水泵将水抽送到农田中,达到灌溉的目的;反之,当土地被洪水淹没时,利用水泵将水排出,达到排涝的目的。

四、排灌泵的分类

水泵的种类较多,分类的方式也有多种,根据作用原理的不同可将泵分为以下三大类:

1. 容积泵 利用工作室容积的周期性变化来输送液体,如:活塞泵、柱塞泵、齿轮泵、滑片泵、螺杆泵等。
2. 叶片泵 利用叶片和液体的相互作用来输送液体,如:离心泵、混流泵、轴流泵等。
3. 其他类型泵 利用流体能量来输送液体的泵,如:射流泵、水锤泵等。只改变液体位能的泵,如水车等。

农用水泵主要是叶片泵,而叶片泵又可分为离心泵、混流泵、轴流泵三类,每类都有横轴泵和立轴泵等不同结构形式。

五、常用排灌泵的型号意义说明

每类水泵都有很多种规格,不同类型的水泵,根据它的口径大小、性能、结构等不同情况,分别编制了不同的型号。一般编号方式最前面的数字是进水口直径,单位为毫米,接着是代表水泵类型及结构形式的汉语拼音的首位字母,其后是规定的扬程,单位为米,最后为变型标记。由于水泵的生产厂家较多,各厂家的编号也不尽统一,有的仍沿用以前的标准,因而在选用时要参阅生产厂的说明书。表 1-1-1 是几种常见水泵的型号意义说明。

表 1-1-1 叶片泵型号意义表

叶片泵种类	型号	型号举例	型号中各组成部分的意义
单级单吸离心泵	BA	3BA—13A	3—水泵的进水口直径为 $3 \times 25.4\text{mm}$ BA—单级单吸悬臂式离心泵 13—比转数被 10 除的整数 A—改进型、叶轮外径较小
	B	150B—90/30	150—水泵的进水口直径为 150mm B—单级单吸悬臂式离心泵 90—水泵的额定流量 $90\text{m}^3/\text{h}$ 30—水泵的额定扬程 30m
	IS	IS80—65—160	IS—国际标准单级单吸清水离心泵 80—水泵的进水口直径为 80mm 65—水泵的出水直径为 65mm 160—水泵的叶轮名义直径为 160mm
单级双吸离心泵	Sh	12Sh—6B	12—水泵的进水口直径 $12 \times 25.4\text{mm}$ Sh—单级双吸离心泵 6—比转数被 10 除的整数 B—叶轮外径比 A 型小得更多
	S	150S—78	150—水泵的进水口直径 150mm S—单级双吸离心泵 78—水泵的额定扬程为 78m
混流泵	HB	12HB—40	12—水泵的进水口直径 $12 \times 25.4\text{mm}$ H—混流泵 B—蜗壳式, 单吸 40—比转数的 $1/10$
	HLWB	700HLWB—10	700—水泵的进、出水口直径为 700mm H—混流泵 L—立式结构 W—泵体为蜗壳形 B—叶片为半调节式 10—额定扬程为 10m

续表

叶片泵种类	型号	型号举例	型号中各组成部分的意义
混 流 泵	HL	250HL—12	250—水泵的进水口直径为 250mm H—混流泵 L—立式结构 12—额定扬程为 12m
轴 流 泵	ZLB ZLQ	32ZLB—100	32—水泵的出水口直径为 $32 \times 25.4\text{mm}$ Z—轴流泵 L—立式结构 B—半调节叶片 Q—全调节叶片 100—比转数的 $1/10$
	ZWB WZ	350ZWB—70	350—水泵的出水口直径为 350mm Z—轴流泵 W—卧式 B—半调节叶片 70—比转数的 $1/10$
长 轴 井 泵	JD	8JD80 $\times$ 10	8—适用最小井管直径为 $8 \times 25.4\text{mm}$ JD—多级深井泵 80—泵的额定流量为 $80\text{m}^3/\text{h}$ 10—叶轮级数为 10
	JC	150JC30—95 $\times$ 6	150—适用最小井管直径为 150mm JC—长轴井泵 30—泵的额定流量为 $30\text{m}^3/\text{h}$ 95—泵的额定扬程 95m 6—叶轮级数为 6 级
潜 水 电 泵	QS	QS28 $\times$ 15	Q—潜水电泵 S—电动机为充水湿式 28—泵的额定扬程为 28m 15—泵的额定流量为 $15\text{m}^3/\text{h}$

续表

叶片泵种类	型号	型号举例	型号中各组成部分的意义
潜水电泵	QJ	150QJ5(14—42)	150—适用最小井管直径为 150mm Q—潜水电泵 J—井用 5—泵的额定流量为 5m ³ /h (14—42)—叶轮级数
	QY	QY25 × 15—2.5	Q—潜水电泵 Y—充油式 25—额定流量 25m ³ /h 15—额定扬程 15m 2.5—电机功率 2.5kW
喷灌泵	BPZ	50BPZC ₂ —45	50—泵的进水口直径为 50mm BPZ—自吸式喷灌离心泵 C ₂ —与柴油机直联 45—泵的额定扬程 45m
	NP	3NP—70	3—泵的进水口直径为 3 × 25.4mm NP—农用喷灌泵 70—泵的额定扬程 70m

第二节 排灌泵的典型结构及工作原理

排灌泵的结构形式繁多,其工作原理也有区别,这里仅介绍一些典型泵的结构及其工作原理。

一、离心泵

(一)基本构造

因为离心泵分为单级单吸和双级双吸式,现根据各自的特点进行叙述。

1. 单级单吸悬臂式离心泵 单级就是指水泵只有一个叶轮,单吸是指水从叶轮的一面进,悬臂是叶轮装在泵轴的一端,泵轴的另一端用轴承支承,状似悬臂。这种泵常用型号有 BA 型、B 型、IB 型、IS 型。下面以我国大量使用的 B 型为例,介绍其基本结构,图 1-2-1 为 B 型泵的外形结构图。

B 型泵的主要零部件有叶轮、泵体、泵轴、填料函、轴承等主要部件组成,图 1-2-2 为 B 型泵的结构图。

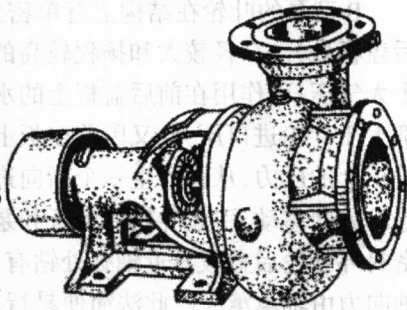


图 1-2-1 B 型泵外形

(1) 叶轮 叶轮是水泵主要的零件之一,多用铸铁制造,动力机的能量就是依靠它传递给水,使水的能量增加。因此,其设计与加工的质量直接影响泵的工作效率。叶轮分封闭式、半封闭式和敞开式三种,如图 1-2-3 所示。

B 型泵叶轮一般采用封闭式,它由叶片、轮毂、前盖板和后盖板四部分组成,前后盖板间有 6 个扭曲的叶片,叶片和盖板内壁构成弯曲的流道称为叶槽,前盖板中间有进水口,水从进水口吸入经叶槽向四周甩出,即水流是轴向进水,径向出水,如图 1-2-4 所示。

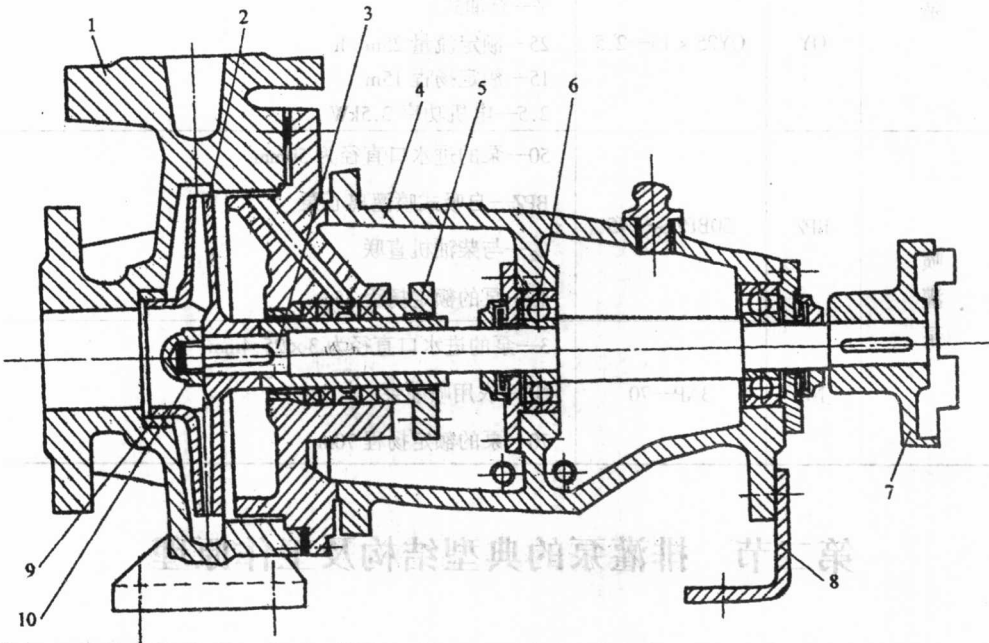


图 1-2-2 B 型离心泵结构图

1—泵壳 2—叶轮 3—泵轴 4—泵体 5—填料压盖
6—滚动轴承 7—联轴器 8—支架 9—密封环 10—叶轮螺母

B 型泵的叶轮在结构上有单密封环(设在叶轮前盖板处)和双密封环(设在叶轮前后盖板处)。口径较大和扬程较高的为双密封环结构,B 型泵的进水口压力一般低于一个大气压,而作用在前后盖板上的水压力,由于是经叶轮增加能量之后的水压力,因此都大于叶轮进口压力,又因前盖板上留有进水口,所以作用在后盖板上的压力就大于前盖板上的压力,从而产生一个指向进口方向的轴向力,即轴向推力。这个力可使泵轴向进水方向移动,引起叶轮前盖板和泵壳发生摩擦,轴承发热等事故。为消除该弊端,双密封环叶轮后盖板靠近轴孔处钻有 6 个平衡孔,用于平衡大部分轴向力,剩余小部分的轴向力由轴承承受。此法简便易行,效果较好,但由于高压水经平衡孔回流时,引起进水口的水流紊乱,使叶片的进水条件变差,造成泵效率降低(一般降低不低于 5%)。单

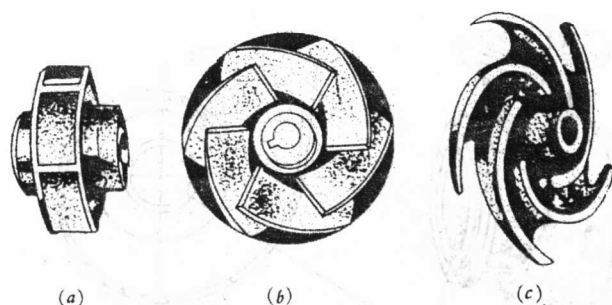


图 1-2-3 叶轮的种类
a) 封闭式 b) 半封闭式 c) 开敞式

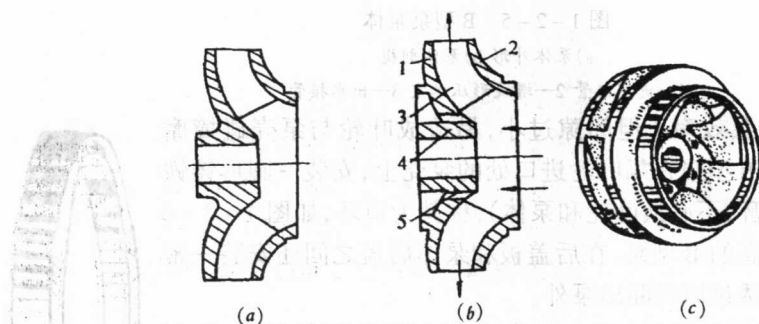


图 1-2-4 B 型泵叶轮
a) 单密封环结构的叶轮 b) 双密封环结构的叶轮 c) 叶轮外形
1—后盖板 2—前盖板 3—叶片 4—轮毂 5—平衡孔

密封环叶轮的 B 型泵由于扬程低、流量小、轴向推力不大,因此均不开平衡孔。

半封闭式叶轮只有后盖,开敞式叶轮前后都无盖板,如图 1-2-3 所示。

(2) 泵体(泵壳) 泵体由整体铸造而成,分为进水接管、蜗形压力室和出水接管,如图 1-2-5 所示。进水接管为收缩形的锥形管,作用是将液体均匀地引入叶轮入口。叶轮的周边与螺旋形压水室的内壁形成了截面积的由小到大的流道,它的主要作用是收集由叶轮流道甩出的水,使水沿着蜗形压水室流向出水接管。出水管是逐渐扩大的锥形管,作用是使水流流速因断面逐渐扩大而逐渐减小,压力逐渐增大,将水流的一部分动能转变成压力能。

在泵体的进、出口法兰盘上各有一个小孔,分别用来安装真空表和压力表。泵体的顶部设有排气孔,以便起动前向泵内灌水时排除泵内的空气。底部设有放水螺孔,平时用螺塞堵住,用以在冬季停机后放空泵体内的积水,以防冻裂。

B 型泵的出水接管连同泵壳,可向左各调节 90° 安装,以适应出水口不同朝向的要求。

(3) 密封环 叶轮是一个转动部件,而泵体是不动的,两者之间需留有一定间隙,间隙过大,泵体流道中大量的有压水流通过这一间隙,再流回到叶轮的进水口部位,增大