住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材

全国住房和城乡建设职业教育教学指导委员会规划推荐教材

水泵与水泵站（第三版）

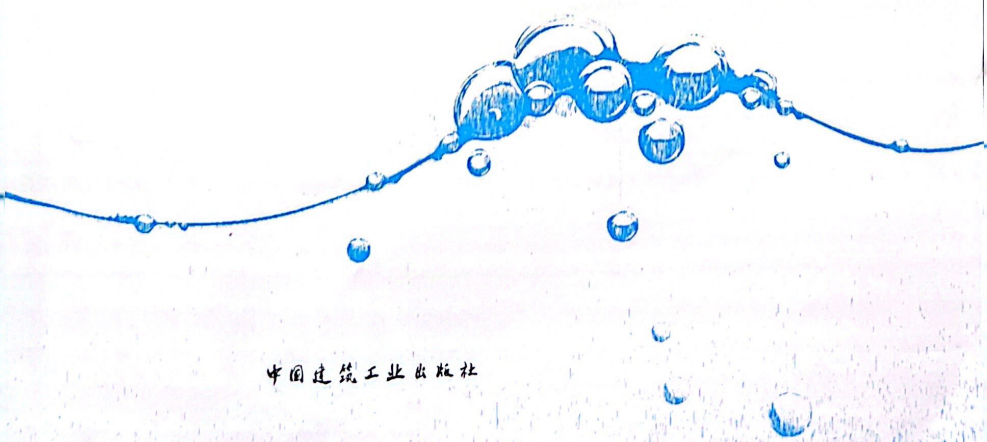
SHUIBENG YU SHUIBENGZHAN

（给排水工程技术专业适用）

本教材编审委员会组织编写

于景洋　谷　峡　主　编

刘仁涛　副主编



中国建筑工业出版社

目　录

教学单元 1　水泵的定义与分类 …… 1
1.1　水泵的作用与发展 …… 1
1.2　水泵的定义与分类 …… 4
1.3　水泵发展趋势 …… 5
教学单元 2　叶片泵构造与性能 …… 9
2.1　离心泵的工作原理与构造 …… 9
2.2　离心泵的主要零件 …… 11
2.3　轴流泵和混流泵的构造与工作原理 …… 15
2.4　叶片泵的性能参数 …… 17
2.5　叶片泵的基本方程式 …… 19
2.6　叶片泵的性能曲线 …… 23
2.7　相似定律及比转数 …… 25
教学单元 3　叶片泵的运行 …… 32
3.1　离心泵装置的总扬程 …… 32
3.2　叶片泵运行工况的确定 …… 34
3.3　叶片泵装置调速运行 …… 38
3.4　叶片泵装置变径运行 …… 44
3.5　叶片泵装置变角运行 …… 47
3.6　离心泵并联及串联运行 …… 49
3.7　叶片泵吸水性能及安装高程的确定 …… 61
教学单元 4　给水排水工程中常用水泵 …… 69
4.1　IS 和 Sh 系列水泵 …… 69
4.2　D 型多级离心泵 …… 71
4.3　DG 型锅炉给水泵 …… 74
4.4　TC 型自吸泵 …… 75
4.5　IH 型单级单吸化工离心泵 …… 76
4.6　污水泵 …… 77
4.7　J（JD）系列长轴深井泵 …… 79
4.8　潜水泵 …… 80
4.9　射流泵 …… 81
4.10　往复泵 …… 84
教学单元 5　水泵安装与泵站运行管理 …… 88
5.1　离心泵的安装与拆卸 …… 88

5.2 叶片泵的检修 …… 93
5.3 水泵的运行 …… 95
5.4 水泵的故障排除 …… 101
5.5 泵站的技术经济指标与管理 …… 103
教学单元 6 给水泵站 …… 119
6.1 给水泵站的组成与分类 …… 119
6.2 水泵选择 …… 122
6.3 水泵基础与机组布置 …… 131
6.4 吸水管路和压水管路布置 …… 135
6.5 给水泵站主要辅助设施 …… 140
6.6 停泵水锤及防护 …… 150
6.7 泵站变配电设施 …… 152
6.8 泵站噪声及防治 …… 156
6.9 给水泵站的构造特点 …… 158
6.10 给水泵站布置示例 …… 159
6.11 给水泵站工艺设计 …… 162
教学单元 7 排水泵站 …… 174
7.1 概述 …… 174
7.2 污水泵站 …… 181
7.3 污水泵站工艺设计示例 …… 194
7.4 污水泵站工艺设计实例 …… 197
7.5 雨水泵站及合流泵站 …… 201
给水泵站设计任务书示例 …… 216
附录 …… 218
附录 1 IS 单级单吸离心泵 …… 218
附录 2 Sh 单级双吸离心泵 …… 234
附录 3 WL 立式污水泵 …… 246
附录 4 QW 系列潜水排污泵 …… 256
参考文献 …… 264

(3) 调速装置价格昂贵，泵站一般采用调速泵与定速泵并联工作的方式。当管网中用水量变化时，采用启闭定速泵来进行大调，利用调速泵进行细调。调速泵与定速泵配置台数的比例，应以充分发挥每台调速泵的调速范围，以及经过调速运行后，能体现出较高的节能效果为原则。

(4) 调速后如果水泵工况点的扬程等于调速泵的虚总扬程，则调速泵的流量为零。因此，水泵调速的合理范围应根据调速泵与定速泵均能运行于各自的高效段内这一条件确定。

3.4 叶片泵装置变径运行

变径运行就是将叶片泵的原叶轮沿外径在车床上切削去一部分，再安装好进行运转。叶轮经过切削以后，水泵的性能将按照一定的规律发生变化，从而使水泵的工况点发生改变。我们把切削叶轮改变水泵工况点的方法，称为变径调节。

通过改变叶轮外径的方法调节工况点，又叫作切削调节或换轮运行。其优点是简便易行，不增加能量损失；缺点是不灵活。一般用于长期调节。

3.4.1 切削定律

在一定切削量范围内，叶轮切削前后，Q、H、N 与叶轮直径之间的关系为

$$\frac{Q'}{Q}=\frac{D_2'}{D_2} \tag{3-31}$$

$$\frac{H'}{H}=\left(\frac{D_2'}{D_2}\right)^2 \tag{3-32}$$

$$\frac{N'}{N}=\left(\frac{D_2'}{D_2}\right)^3 \tag{3-33}$$

式中 Q、H、N、D_2——分别为叶轮切削前的流量、扬程、轴功率和叶轮外径；

Q'、H'、N'、D_2'——分别为叶轮切削后的流量、扬程、轴功率和叶轮外径。

式(3-31)、式(3-32)及式(3-33)称为水泵的切削定律。切削定律是在认为切削前后叶轮出口过水断面面积不变、速度三角形相似等假定条件下，经推导而得出的。在一定限度的切削量范围内，切削前后水泵的效率可视为不变。

3.4.2 切削定律的应用

切削定律在应用时，一般可能遇到以下三类问题。

1. 根据实际需求确定切削量

用户所需工作点 B 的流量、扬程不在外径为 D_2 的 Q-H 曲线上，若采用切削叶轮外径的方法进行调节，求切削后的叶轮直径。

对于这个问题，已知条件是：叶轮直径为 D_2 时的水泵的 Q-H 曲线和需求的流量和扬程。

按切削定律可得

$$\frac{H'}{(Q')^2}=\frac{H}{Q^2}=k' \tag{3-34}$$

则　　$$H'=k'(Q')^2 \tag{3-35}$$

式（3-35）为一条二次抛物线方程。凡是满足切削定律的任何工况点，都分布在这条抛物线上，该线称为切削抛物线。实践证明，在切削限度内，叶轮切削前后水泵的效率变化不大。因此，该切削抛物线又称为等效率曲线。

将 B 点坐标 Q_B、H_B（如图 3-13 所示），代入式（3-34）求出 k' 值，按式（3-35）点绘切削抛物线，与 D_2 时的 Q-H 曲线交于 A 点，A 点即为满足切削定律要求的 B 点的对应点。将 A 点的 Q_A 和 B 点的 Q_B 代入切削定律，就可求出切削后的叶轮直径 D_2'。求切削后的叶轮直径 D_2'，也可用变速调节相类似的数解法。

2. 根据水泵最高效率点确定切削量

如图 3-14 所示，水泵工作时的静扬程为 H_{ST}，泵运行时的工况点 A_1 不在最高效率点，为了保持水泵在最高效率点运行，可用改变叶轮外径的方法。

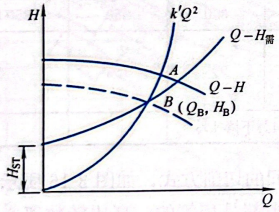


图 3-13　用切削抛物线求切削量

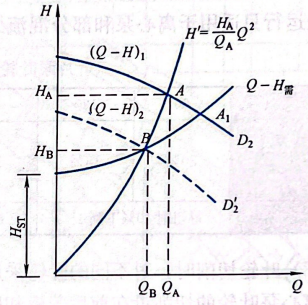


图 3-14　叶轮直径的确定

通过水泵最高效率点 $A(Q_A，H_A)$ 的切削抛物线方程为 $H'=\dfrac{H_A}{Q_A^2}Q'^2$。该式所表示的曲线与管道系统特性曲线 Q-$H_{需}$ 的交点为 $B(Q_B，H_B)$，A、B 两点的工作状况相似。则切削后水泵叶轮的直径为

$$D_2'=\frac{D_2}{Q_A}Q_B$$

求切削后的叶轮直径 D_2'，也可用和变速调节相类似的数解法。

3. 翻画水泵的特性曲线

已知叶轮的切削量，求水泵特性曲线的变化。即已知叶轮直径 D_2 时的特性曲线，要求画出切削后的叶轮直径为 D_2' 时的水泵的特性曲线 Q'-H'、Q'-N'、Q'-η'。

解决这一问题的方法是：在已知叶轮外径 D_2 时的水泵 Q-H 曲线上选 3 个点，如图 3-15 所示，这三个点分别是水泵高效段的左端点、设计点和右端点。流量分别为 Q_1、Q_2、Q_3；扬程分别为 H_1、H_2、H_3。

然后，用式（3-31）、式（3-32）进行计算，得出（Q_1'，H_1'）、（Q_2'，H_2'）、

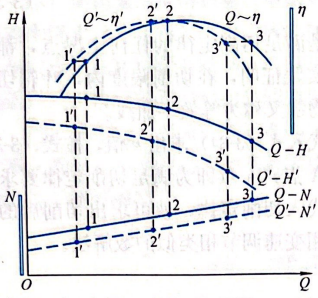


图 3-15　用切削定律翻画特性曲线

(Q'_3，H'_3) 等点，将其绘在坐标系中，用光滑的曲线连接起来，如图 3-15 中的 Q'-H'曲线。同样，也可用类似方法画出切削后的 Q'-N'曲线，按切削前后效率不变绘出 Q'-η'曲线。

3.4.3　切削叶轮应注意的问题

(1) 叶轮的切削量是有一定限度的，否则叶轮的构造被破坏，使叶片出水端变厚，叶轮与泵壳间的间隙增大，使水泵的效率下降过多。叶轮的最大切削量与比转数有关，如表 3-2 所列。从该表中可以看出，比转数大于 350 的泵不允许切削叶轮。故变径运行只适用于离心泵和部分混流泵。

叶片泵叶轮的最大切削量　　表 3-2

比转数	60	120	200	300	350	350 以上
允许最大切削量 $\frac{D_2-D'_2}{D_2}$(%)	20%	15%	11%	9%	1%	0
效率下降值	每切削 10%下降 1%		每切削 4%下降 1%			

(2) 叶轮切削时，对不同的叶轮采用不同的切削方式，如图 3-16 所示。低比转数离心泵叶轮的切削量在前后盖板和叶片上都是相等的；高比转数离心泵叶轮后盖板的切削量大于前盖板，并使前后盖板切削量的平均值为 D'_2；混流泵叶轮只切削前盖板的外缘直径，在轮毂处的叶片完全不切削；低比转数离心泵叶轮切削后应将叶轮背面出口部分锉尖，可使泵的性能得到改善，如图 3-17 所示。

叶轮切削后应作平衡试验。

图 3-16　叶轮的切削方式

(a) 低比转数离心泵；(b) 高比转数离心泵；(c) 混流泵

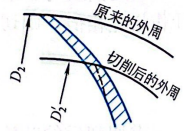


图 3-17　切削前后的叶片

3.4.4　水泵系列型谱图

切削水泵叶轮是解决水泵类型、规格的有限性与供水对象要求的多样性之间矛盾的一种方法，它使水泵的使用范围得以扩大。水泵的工作范围是由制造厂家所规定的泵允许使用的流量区域，通常在泵最高效率下降不超过 5%～8%的曲线段，如图 3-18 中的 AB 段将水泵的叶轮按最大切削量切削，求出切削后的 Q'-H'曲线，经过 A、B 两点作两条切削抛物线，交 Q'-H'曲线于 A'、B'两点。因为切

削量较小时泵的效率不变，所以切削抛物线也是等效率曲线。A'、B'两点为切削后的水泵的工作范围。A、B、B'、A'组成的范围即为该泵的工作区域。选泵时，若实际需要的工况点落在该区域内，则所选的水泵是经济合理的。实际上在离心泵的制造中，除标准直径的叶轮外，大多数还有同型号带“A”（叶轮第一次切削）或“B”（叶轮第二次切削）的叶轮可供选用。将同一类型不同规格的泵即同一系列泵的工作区域画在一张图上，就得到水泵系列型谱图，如图 3-19 所示。这张图对选择水泵非常方便。

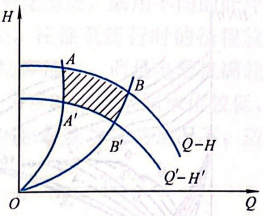


图 3-18　泵的工作范围

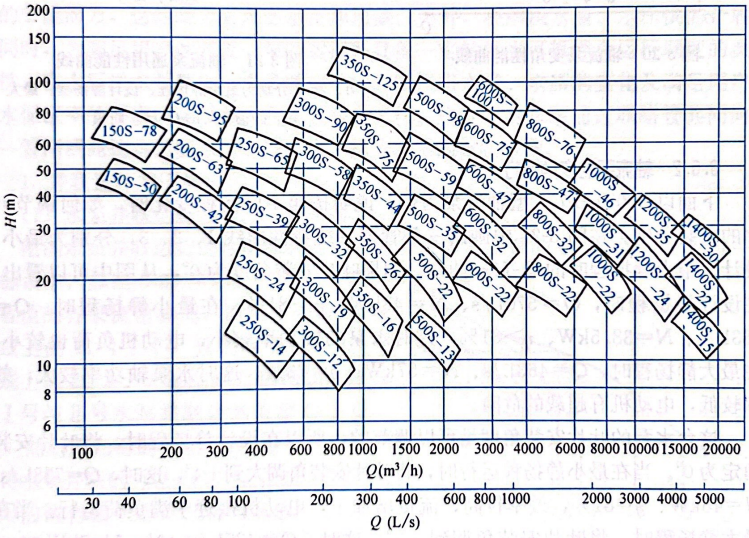


图 3-19　水泵系列型谱图

3.5　叶片泵装置变角运行

改变叶片的安装角度可以使水泵的性能发生变化，从而达到改变水泵工况点的目的。这种改变工况点的方式称为叶片泵的变角运行。

3.5.1　轴流泵叶片变角后的性能曲线

轴流泵在转速不变的情况下，随着叶片安装角度的增大，Q-H、Q-N 曲线向右上方移动，Q-η 曲线几乎以不变的数值向右移动，如图 3-20 所示。为便于用户使用，将Q-N、Q-η 曲线用数值相等的等功率曲线和等效率曲线加绘在 Q-H 曲线上，称为轴流泵的通用性能曲线，如图 3-21 所示。

责任编辑：王美玲　齐庆梅　朱首明　吕娜

住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
全国住房和城乡建设职业教育教学指导委员会规划推荐教材
（给排水工程技术专业适用）

- 水力学与应用
- 建筑给水排水工程（第四版）
- 给水排水管道工程技术（第三版）
- 水处理工程技术
- 水质检验技术（第三版）
- 水泵与水泵站（第三版）
- 给排水工程施工技术（第四版）
- 给排水工程计量与计价
- 工程力学与水工结构
- 给排水工程施工组织管理

建工出版社微信　建工书院（教材）

经销单位：各地新华书店、建筑书店
网络销售：本社网址 http://www.cabp.com.cn
中国建筑出版在线 http://www.cabplink.com
中国建筑书店 http://www.china-building.com.cn
本社淘宝天猫商城 http://zgjzgycbs.tmall.com
博库书城 http://www.bookuu.com
图书销售分类：高职高专教材（X）

ISBN 978-7-112-23387-8
9 787112 233878 >
（33662）定价：46.00 元
（赠课件）