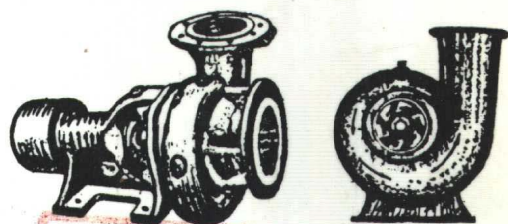


金盾出版社

农用排灌机械

使用维护与故障排除



农用排灌机械使用 维护与故障排除

李运隆 编著

金盾出版社

(京)新登字 129 号

内 容 提 要

本书重点介绍农用排灌机械包括离心泵、轴流泵、混流泵、长轴井泵、潜水电泵的合理使用、维护和故障排除,同时,对泵的性能、构造以及选型配套等基础知识也作了相应的阐述。喷灌是一种省水、增产的先进灌水方法,喷灌机具是排灌机械的一个重要组成部分,本书以专章对喷灌机具作了概括的介绍。可供农机管理人员、排灌机械的运行人员、技术员和农村知识青年阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

农用排灌机械使用维护与故障排除/李运隆编著. —北京:金盾出版社,1994.1

ISBN 7-80022-753-7

I. 农… II. 李… III. ①排灌机械-使用②排灌机械-维修 IV. S277.9

金盾出版社出版、总发行

社址:北京太平路5号 邮政编码:100036

电话:8214039 8218137 传真:8214032 电挂:0234

封面印刷:3209 工厂

正文印刷:1202 工厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:6 字数:132千字

1994年2月第1版 1994年2月第1次印刷

印数:1-21000册 定价:3.30元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

排灌机械化是农业现代化的一个重要组成部分,建国以来,农田提水排灌工程发展很快,现已建成大、中、小型泵站 47 万余座,机井 200 余万眼,受益面积达 4.5 亿亩,在抗御旱涝灾害,保障农业稳产高产方面发挥了重要作用。

在实施排灌机械化中,水泵是实施排灌机械化的核心。目前,我国已建成大、中、小型水泵制造厂 300 余家(其中超过千人的大厂有 20 个),年产水泵 200 余万台,其中一半以上用于农田排灌。此外,城市供水、排水及绿化等也都离不开水泵。

本书的重点放在农用排灌机械包括离心泵、轴流泵、混流泵、长轴井泵、潜水电泵的合理使用、维护和故障排除方面;同时,对泵的性能、构造以及选型配套方法等基础知识也作了相应的阐述。喷灌是一种省水、增产的先进灌水方法,喷灌机具也是排灌机械的一个重要组成部分。在本书中,对常用喷灌机具的构造、基本原理,喷灌区的规划原则和方法,机具的合理选型、使用维护、故障排除等也作了概括的介绍。为便于读者查阅和购买设备,本书还附有各种水泵的主要技术参数。

本书可供农机管理人员、排灌机械的运行人员、技术员和农村知识青年阅读参考。

由于水平所限,书中错误与不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编著者

1993 年 10 月于北京农业工程大学

目 录

绪论	(1)
一、泵的用途及排灌泵的分类	(1)
(一)泵及其用途	(1)
(二)排灌泵的分类	(1)
二、排灌泵的基本知识	(2)
(一)排灌泵的性能参数	(2)
(二)叶片泵的型号表示方法	(15)
三、叶片泵的基本性能	(17)
(一)叶片泵的性能曲线	(17)
(二)抽水装置和需要扬程曲线(或称装置扬程曲线)	(23)
四、水泵的工作状况(简称工况)的确定	(29)
第一章 排灌泵的构造、使用维护和故障排除	(30)
一、离心泵	(30)
(一)离心泵的基本构造	(30)
(二)离心泵的运行与维护	(44)
(三)离心泵常见故障和排除方法	(48)
二、轴流泵和混流泵	(53)
(一)轴流泵和混流泵的构造	(53)
(二)可调叶片式轴流泵的性能	(59)
(三)轴流泵常见故障及排除方法	(62)
三、井 泵	(63)
(一)长轴井泵	(63)
(二)潜水电泵	(74)

第二章 排灌抽水装置的选型与配套	(82)
一、意义	(82)
二、水泵的选型	(85)
(一)水泵选型前要考虑的几个问题	(85)
(二)水泵选型的方法和步骤	(88)
(三)水泵的选型	(93)
三、动力机与水泵的配套	(96)
(一)电动机与水泵的配套	(96)
(二)柴油机与水泵的配套	(99)
四、机组传动装置的配套	(103)
(一)直接传动	(103)
(二)间接传动	(104)
五、管路及管路附件与水泵的配套	(116)
(一)进水管路	(116)
(二)出水管路	(118)
(三)管路附件的配套	(121)
第三章 喷灌机具	(124)
一、喷灌及其特点	(124)
(一)喷灌的优缺点	(124)
(二)喷灌的主要技术指标和技术要求	(126)
二、喷灌系统	(129)
(一)喷灌系统的组成	(129)
(二)喷灌系统的分类	(130)
三、喷头	(137)
(一)喷头的基本参数	(137)
(二)喷头的种类及其工作原理	(138)
(三)喷头的水力性能	(148)
四、喷灌系统的规划设计简介	(150)
(一)喷灌系统规划设计所需基本资料	(150)

(二)管路(渠道)布局和喷头的布置(组合)·····	(153)
(三)喷头的选型·····	(156)
(四)设计流量、设计扬程的确定和喷灌泵的选择	(158)
五、喷灌系统的使用维护和故障排除 ·····	(164)
(一)喷灌系统的使用·····	(165)
(二)喷灌系统的维护·····	(166)
(三)喷头常见故障和排除方法·····	(167)
附表·····	(170)
表 1A B(BA)型离心泵主要性能参数表 ·····	(170)
表 1B IB 型泵主要性能参数表 ·····	(171)
表 1C IS 型泵主要性能参数表 ·····	(172)
表 2A Sh 型离心泵主要性能参数表 ·····	(172)
表 2B SA 型离心泵主要性能参数表 ·····	(175)
表 2C S 型离心泵主要性能参数表 ·····	(175)
表 3A 丰产型混流泵主要性能参数表 ·····	(176)
表 3B HB 型混流泵主要性能参数表 ·····	(177)
表 3C HLWB 型混流泵主要性能参数表 ·····	(178)
表 3D HW 型混流泵主要性能参数表 ·····	(178)
表 4 中小型轴流泵主要性能参数表 ·····	(179)
表 5 微型泵主要性能参数表 ·····	(181)
表 6 井型泵主要性能参数表 ·····	(183)
表 7 喷灌泵主要性能参数表 ·····	(184)
表 8 自吸泵主要性能参数表 ·····	(184)

绪 论

排灌机械是用于农田灌溉与排水的机械和设备的统称，它包括水泵、动力机、管与管件等。其中除动力机(电动机、柴油机、汽油机等)外，其余内容本书均将涉及，重点是排灌用泵的选型、配套、使用、维护和故障排除。此外，还将对喷灌技术作一概括介绍。

一、泵的用途及排灌泵的分类

(一)泵及其用途

泵是一种转换能量的机械。在动力机的带动下，它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，它是国民经济各部门应用最广的机械之一。

由于用途不同，要求各异，泵的类型也是多种多样的。用于农用排灌的泵叫排灌泵。排灌泵主要是叶片泵，常用的可概括为离心泵、轴流泵和混流泵三大类。叶片泵的共同特点是都有一个(或数个)叶轮，叶轮上装有数量不等的叶片，叶轮紧固在泵轴上，泵轴用轴承支承并与动力机轴相联结，在动力机的带动下，叶轮在旋转过程中将动力机的机械能转换成水能，通过与进、出水管联结着的泵壳将水收集起来，并将水的部分动能转换成压能，经出水管将水从低处输往高处。

(二)排灌泵的分类

离心泵、轴流泵和混流泵，实际上是根据液体从叶轮流

的方向进行分类的。离心泵是液体受离心力的作用,沿径向流出叶轮的一种叶片泵,所以又叫径流泵。轴流泵是液体在推力作用下,沿轴向流出叶轮的叶片泵,其原理类似飞机上的螺旋桨,故又名旋浆泵。混流泵则是在离心力和推力双重作用下,液体沿斜向流出叶轮的一种叶片泵,因此,又有人叫它对角线式泵。

离心泵按其叶轮进水方式,又可分为单吸泵和双吸泵;按叶轮的数目可分为单级泵(一台泵上只有一个叶轮)和多级泵(将两个或两个以上的叶轮装在同一根轴上串联工作,一台泵上装几个叶轮就叫几级泵);按泵轴的方向分为立式和卧式。轴流泵按其泵轴的方向可分为立式、卧式和斜式;按叶片安装角是否可调,分为固定叶片式、半调节式和全调节式。混流泵按泵轴的方向也可分为立式和卧式,按泵体的结构可分为蜗壳式和导叶式。

根据使用和构造上的要求,在排灌用叶片泵中还有自吸泵、长轴井泵、潜水电泵、水轮泵等。长轴井泵有一个长的传动轴,根据井的结构和扬程的高低,又可分为浅井泵和深井泵。潜水电泵是与电动机联成一体,潜入水中抽水的泵。用来从深井中抽水的潜水电泵叫深井潜水电泵。自吸泵是在泵体内储有部分水体,能自行排气充水的离心泵。水轮泵是利用水流驱动水轮机带动同轴的水泵抽水的一种叶片泵。

二、排灌泵的基本知识

(一)排灌泵的性能参数

要用好排灌泵,必须了解泵的性能。性能参数是用来表征水泵性能的一组数据,因此,必须首先正确地理解它们。排灌泵的性能参数包括:流量、扬程、轴功率、效率、允许吸上真空

高度或气蚀余量、转数和比转数等。

1. 流量(Q) 指单位时间的抽水量,也就是指每秒(s)或每小时(h)抽出多少体积或质量的水。常用的单位和它们的换算关系是:1 升/秒=0.001 米³/秒=3.6 米³/时=3.6 吨/时。其中升(l)、立方米(m^3)是体积单位;吨(t)是质量单位;秒(s)和小时(h)是时间单位。

泵的流量可用体积法或流速面积法测算。

体积法: $Q=V/t$ (米³/秒) (0-1)

式中: V ——在 t 时段内流过的水的体积(米³);

t ——实测的水泵运行时间(秒)。

流速面积法: $Q=A \cdot \bar{v}$ (米³/秒) (0-2)

式中: A ——过流断面积(米²);

$\bar{v}$ ——垂直于过流断面的平均流速(米/秒)。

除此以外,流量测量方法还很多,如弯头流量计,量水堰测流,以及流速仪测流等。水泵铭牌上标出的流量为泵的额定流量。

2. 扬程(H) 泵的扬程是指单位重量的水从水泵进口到水泵出口所增加的能量。扬程又称水头,其单位为“米水柱高”,常简略以“米”表示。排灌泵正是靠此能量把水从低处输往高处的。

水泵的扬程可用装于水泵进口的真空表和装于水泵出口的压力表测算出来,如图 0-1。泵扬程的测算式为:

$$H=E_2-E_1=Z_2-Z_1+V+M+\frac{v_2^2-v_1^2}{2g} \text{ (米)} \quad (0-3)$$

式中: Z_2 、 Z_1 ——分别为真空表测点和压力表中心线距计算基准面的距离(米),对卧式泵,计算基准面为泵轴线;

V ——真空表读数,即 1 点的绝对压力低于大气压的差值(米);

M ——压力表读数,即 2 点的绝对压力与大气压力之差(米);

$\frac{v_1^2}{2g}, \frac{v_2^2}{2g}$ ——分别表示水泵进、出口断面的流速水头;

E_1, E_2 ——分别表示单位重量的水在水泵进口和水泵出口所具有的能量(米)。

可见,要确定某一流量下水泵的扬程时,只要测出水泵进、出口的表压力值,测出泵的流量,再根据流量求出泵进、出口的断面平均流速 v_1 和 v_2 ,代入式(0-3)即可求出水泵对应流量的扬程。

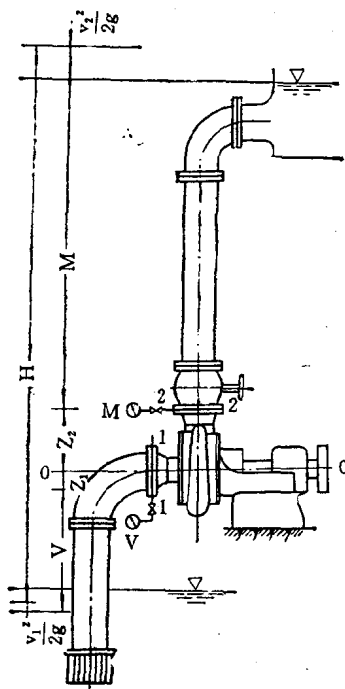


图 0-1 离心泵扬程示意图

真空表读数按法定计量单位应为千帕(kPa),以往常用毫米汞柱表示。如将千帕读数 V' 换算为米水柱 V ,则 $V = 0.1V'(\text{m})$ 。如将毫米汞柱 V'' 换算成米水柱 V ,则 $V = \frac{13.6}{1000}V''(\text{m})$ 。

压力表读数也应为千帕,以往常用千克力每平方厘米(M''),如将千帕(M')换算成米水柱 M ,则 $M = 0.1M'(\text{m})$;如将千克力每平方厘米换算为米水柱,则 $M = 10M''(\text{m})$ 。

一台泵的扬程并非一个常数,当水泵转数不变时,扬程随流量的增大而降低,即水泵的扬程只与过泵流量有关,而与外界条件如管路长短、粗细,上下水位的升、降等无关。水泵铭牌上标出的扬程为额定扬程。

3. 轴功率(P) 功率指单位时间(每秒)作功的大小,轴功率又称泵的输入功率,是指动力机传到水泵轴上的功率,单位为千瓦(kW)。水泵的轴功率可用电流、电压表、电度表或转差率等多种方法测出,铭牌上标出的功率是泵的额定轴功率,其值是选配动力机功率的基本依据。

4. 效率(η) 效率是衡量水泵性能高低的一个技术经济指标,它是指泵的有效功率(输出功率) $P_{\text{效}}$ 和轴功率(输入功率) P 的比值,其表达式为:

$$\eta = \frac{P_{\text{效}}}{P} \times 100\% \quad (0-4)$$

有效功率或输出功率是指过泵水流实际得到的功率,其表达式为:

$$P_{\text{效}} = \frac{\rho g Q H}{1000} \text{ (千瓦)} \quad (0-5)$$

将式(0-5)代入式(0-4)得:

$$\eta = \frac{\rho g Q H}{1000 P} \quad (0-6)$$

式中: ρ ——水的密度(吨/米³);

g ——重力加速度,9.81米/秒²;

Q ——泵的流量(米³/秒);

H ——泵的总扬程(米)。

由于水泵把能量传给水的过程中,存在着各种能量损失,所以水泵的有效功率总是小于轴功率,这些损失包括:

(1)叶轮在泵壳中旋转时其前后盖板的外侧表面与水的摩擦;轴与填料之间的摩擦;轴和轴承的摩擦,都将损失部分

能量,这些损失叫做机械损失。

(2)叶轮是旋转的,而泵体是静止的,叶轮与泵体之间必须留有一定的间隙才能旋转,这就使叶轮出口处的高压水有一小部分通过这些间隙回流到叶轮进口的低压区去;此外,有一些水通过泵轴伸出泵体处的填料间隙漏到泵外,这也损失了一部分能量,这些损失叫做容积损失。

(3)水流流经水泵时会和过流部分产生摩擦,还会产生漩涡和撞击,因而消耗部分能量,这部分能量损失叫水力损失。

三部分损失中,一般水力损失所占比重最大。各项损失大小可分别用机械效率 $\eta_{\text{机}}$ 、容积效率 $\eta_{\text{容}}$ 和水力效率 $\eta_{\text{水}}$ 来表示,水泵的总效率是三者的乘积,即:

$$\eta = \eta_{\text{机}} \cdot \eta_{\text{容}} \cdot \eta_{\text{水}} \quad (0-7)$$

由式(0-6)可以看出,流量、扬程一定, η 愈高,需要的轴功率就愈小,即提高效率可以节能;当轴功率一定,提高效率 η 即可多出水或提高扬程,从而可以提高排灌效益,降低提水成本。为使水泵保持较高的效率,除了设计、制造因素外,合理的使用维护,也是非常重要的条件。否则,即使设计效率很高,如果使用、维护不当,也不可能使泵有较高的运行效率。有关合理使用、维护的知识,后面要作较详细的介绍。

5. 汽蚀、允许吸上真空高度和汽蚀余量 汽蚀是由于水的汽化而引起的一种对泵的性能和过流部件的破坏现象。所谓汽化,通俗地讲就是“水开了”。水的汽化温度与外界压力有密切关系。在一个大气压下,水温升到 100°C 才会沸腾;外压愈低,开始汽化的温度也就愈低,例如,将外压降至 0.24 米水柱时, 20°C 的水也会沸腾。在一定温度下,水开始汽化的外压力叫做该水温的汽化压力。水泵压力最低的地方是在叶轮进口附近,当该处的压力降低到当时水温的汽化压力时,水就开

始汽化,大量汽泡从水中逸出。当汽泡随水流流至泵的高压区时,在外压作用下,汽泡骤然凝缩,汽泡周围的水,迅速冲向汽泡中心,于是就产生一个很大的冲击压力。每秒钟可以有无数个汽泡凝缩,会产生无数次很大的冲击压力。这些压力如果作用在壁面附近(如叶轮或泵壳),就会使壁面出现很多麻点,随后连成一片呈蜂窝状。继之,就会使受冲击壁面成片剥落;同时,由于水中夹杂大量汽泡堵塞流道,就会使泵的流量、扬程、功率、效率等性能参数迅速降低,以至不能正常运行。图 0-2 为泵的叶轮被汽蚀破坏的情况。

水泵的允许吸上真空高度和汽蚀余量是表征水泵气蚀性能和用来确定水泵安装高度的重要参数。如果水泵的工作条件不能满足这二个参数的要求,水泵就会发生汽蚀而不能正常运行。

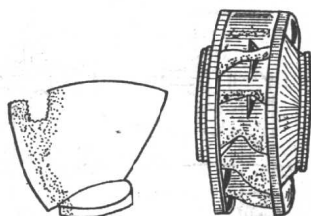


图 0-2 蚀坏的叶片

(1) 允许吸上真空高度 ($H_{\text{允真}}$): 如图 0-3, 列出下水面与水泵进口断面的能量方程式, 可得:

$$\frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = H_{\text{吸}} + h_{\text{吸损}} + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} \quad (0-8)$$

式中: v_0 ——进水池的行进速度, 可视为零;

$\frac{p_a}{\rho g}$ ——大气压(米); 其中, ρ 是水的密度(吨/米³); g 是

重力加速度(9.81 米/秒²);

$H_{\text{吸}}$ ——吸水高度, 对卧式泵是指下水面至泵轴线, 对立式泵指下水面至第一级叶轮中心线的垂直距离(米);

$h_{\text{吸损}}$ ——进水管道的水力损失(米);

$\frac{v_1^2}{2g}$ ——水泵进口断面的速度水头(米);

$\frac{p_1}{\rho g}$ ——水泵进口断面的绝对压力水头(米)。

知大气压力与水泵进口绝对压力之差为泵的真空值,即

$\frac{p_a - p_1}{\rho g} = H_{\text{真}}$, 代入式(0-8)得:

$$H_{\text{真}} = H_{\text{吸}} + h_{\text{吸损}} + \frac{v_1^2}{2g} \quad (0-9)$$

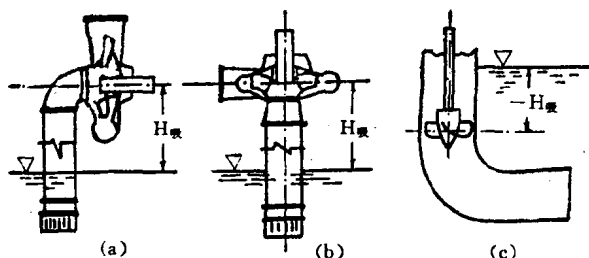


图 0-3 水泵吸水高度

由式(0-8)及式(0-9)可以看出,当流量一定, $h_{\text{吸损}}$ 和 $\frac{v_1^2}{2g}$ 也是定值,随着吸水高度 $H_{\text{吸}}$ 的增大, $H_{\text{真}}$ 就会加大;水泵安装地点的大气压是一定的, $H_{\text{真}}$ 的加大,就意味着 $\frac{p_1}{\rho g}$ 会减小,当 $\frac{p_1}{\rho g}$ 减小到等于当时水温的汽化压力时,泵内就会出现汽蚀,这时的真空值叫临界真空值,以 $H_{\text{临真}}$ 来表示。随着流量的增大, v_1 和 $h_{\text{吸损}}$ 都会增大, $H_{\text{临真}}$ 值也就愈小。每一台水泵对应于不同流量的 $H_{\text{临真}}$ 值,都是在水泵厂实验(对大泵用模型实验)出来的。为保证安全,我国机电部规定,允许真空高度 $H_{\text{允真}} = H_{\text{临真}} - 0.3$ (米)。

(2) 用允许吸上真空高度计算水泵的允许吸水高度

$H_{\text{允吸}}$:水泵的允许吸水高度 $H_{\text{允吸}}$ 是指泵轴线(对卧式泵)或第一级叶轮中心线(对立式泵)到最低下水位的垂直距离。如图 0-3。泵轴中心线或第一级叶轮中心线在下水位以上时,叫正值吸水高度;反之叫负值吸水高度。

将 $H_{\text{允真}}$ 代入式(0-9),式中的 $H_{\text{吸}}$ 即为 $H_{\text{允吸}}$,式(0-9)变为:

$$H_{\text{允吸}} = H_{\text{允真}} - \frac{v_1^2}{2g} - h_{\text{吸损}} \quad (0-10)$$

根据泵的实际流量,从样本上可查出对应该流量的 $H_{\text{允真}}$;并可算出 $\frac{v_1^2}{2g}$ 和 $h_{\text{吸损}}$,从而求出对应于该流量的 $H_{\text{允吸}}$ 值。水泵实际安装的吸水高度不得大于算出的 $H_{\text{允吸}}$,否则就会发生汽蚀。

在应用式(0-10)时,还要注意,样本上的 $H_{\text{允真}}$ 是在一个标准大气压(10.35 米水柱高)和水温 20℃的条件下实验得出的,如果安装地点的大气压和水温与试验条件不同,则需修正。大气压与海拔高度有关,可由表 0-1 查出;水温不同, $\frac{P_{\text{汽}}}{\rho g}$ 也不同,水温愈高,其值愈大,如表 0-2。

表 0-1 不同海拔高度的大气压力 $\frac{P_a}{\rho g}$ 值

地形海拔高(米)	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1500	2000	3000	4000
大气压水柱高(米)	10.34	10.24	10.14	10.04	9.94	9.84	9.74	9.64	9.54	9.44	9.34	9.24	9.14	8.94	8.74

表 0-2 不同水温时汽化压力 $\frac{P_{\text{汽}}}{\rho g}$ 值

水温(℃)	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
汽化压力 $\frac{P_{\text{汽}}}{\rho g}$ (米)	0.06	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	2.02	3.17	4.87	7.14	10.33

修正后的允许值吸上真空高度,以 $H'_{允真}$ 表示,则:

$$H'_{允真} = H_{允真} - (10.33 - \frac{p'_a}{\rho g}) - (\frac{p_{汽}}{\rho g} - 0.24) \quad (0-11)$$

式中: $H'_{允真}$ ——适合安装地点水温和大气的允许吸上真空高度(米);

$H_{允真}$ ——水泵样本(或铭牌)上查出的允许吸上真空高度(米);

$\frac{p'_a}{\rho g}$ ——安装地点的实际大气压力(米);

$\frac{p_{汽}}{\rho g}$ ——安装地点的汽化压力(米);

10.33——1个标准大气压相当的米水柱高度(米);

0.24——20℃水温时的汽化压力(米)。

为了安全起见,确定水泵安装高度时,常把由式(0-10)算出的数值再降低 0.3~0.5 米。

(3) 汽蚀余量:汽蚀余量又分为水泵必需的汽蚀余量(Δh_R)和装置汽蚀余量(Δh_A)。

① 水泵必需的汽蚀余量:水流从水泵进口向叶轮进口流动过程中,由于断面不断收缩,使流速不断增加;同时从泵进口断面到叶轮进口断面的整个流程中,还要产生水力损失,这都会引起水泵叶轮附近的压力下降,若叶轮进口附近压力最低点的压力下降到等于当时水温的汽化压力时,泵内就会发生汽蚀。为了使泵不发生汽蚀,必须要求水泵进口具有超过汽化压力的余裕能量,这就是水泵必需的汽蚀余量。泵的必需汽蚀余量与过泵流量有关,通常对应水泵最高效率的流量时,其必需汽蚀余量(Δh_R)最小,流量大于或小于该值都会使 Δh_R 增大,这是因为流量无论是比最高效率点对应的流量增大还是减小,都会使泵内水力损失增大的缘故。泵的必需汽蚀余