

实用电工速查速算系列手册

水泵、风机和起重机 速查速算手册

方大千 等 编著

SHUIBENG、FENGJI HE QIZHONGJI
SUCHA SUSUAN SHOUCHE



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

实用电工速查速算系列手册

水泵、风机和起重机 速查速算手册

方大千 等 编著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书较详细而系统地介绍了水泵、风机、空压机和起重机计算的公式和计算方法。内容包括：水泵的计算及选择；水泵节电计算及测试；风机的计算及选择；风机节电计算及测试；空压机的计算；空压机节电计算及测试；起重机、输送机计算；吊装用具的计算等八章。

本书公式准确、简明、实用，内容丰富，可供电气技术人员，水泵、风机、空压机和起重机设计人员，节电工作者，以及相关设备的运行和维修电工使用，也可供大、中专院校师生参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵、风机和起重机速查速算手册/方大千等编著.

北京：中国水利水电出版社，2004

(实用电工速查速算系列手册)

ISBN 7-5084-1963-4

I. 水 ... II. 方 ... III. ①水泵—计算—技术手册

②鼓风机—计算—技术手册 ③起重机—计算—技术手册

IV. TH-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 021196 号

书 名	实用电工速查速算系列手册 水泵、风机和起重机速查速算手册
作 者	方大千 等 编著
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市兴怀印刷厂
规 格	850mm×1168mm 32 开本 10.25 印张 276 千字
版 次	2004 年 4 月第 1 版 2004 年 4 月第 1 次印刷
印 数	0001—5100 册
定 价	24.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

电气工作者经常涉及到电气的计算。电气计算公式和计算方法，见于各类设计手册、电工手册及电气书刊中。设计手册类的书籍中，由于计算公式繁杂、参数甚多，查找使用不便，对于非技术人员则更难使用；电工手册类以数据、表格、资料为主，计算公式不多；而各类书刊中的计算公式很分散，不易查找；加上各类书刊中的公式符号等又不甚统一，这些都给使用者带来诸多不便。为了提高工作效率、节省时间，以适应当今时代快节奏的工作要求，我们组织编写了《实用电工速查速算系列手册》。书中公式没有冗长的推导过程和繁多的参数，开门见山，拿来即可使用，旨在解决实际问题。参加系列手册编写工作的都是长期从事电气工作的工程技术人员，具有丰富的实践经验，因此本系列手册的实用性非常强。

《水泵、风机和起重机速查速算手册》是一本实用的工具书。全书包括以下内容：

水泵流量、扬程、轴功率、效率及电动机功率的计算；水泵的选择；农用水泵及电力排灌设备的选择；水泵控制线路及设备材料选择；机泵传动装置的计算；水泵节电计算及测试等。

风机风量、风压、轴功率、效率及电动机功率的计算；风机控制线路及设备材料选择；风机节电计算及测试等。

空压机效率、轴功率及电动机功率的计算；空压机控制线路；空压机节电计算及测试等。

起重机电动机功率的计算；起重机干线、滑接线及保护设备的选择；输送机、电梯、电动大门的计算；吊装用具的计算等。

本书提供了在计算和维修中经常使用的一些技术数据，内容丰富。为便于读者应用和掌握，还列举了许多计算实例。

在本书的编写过程中，力求做到准确、简明、实用，并注意内容的先进性和新颖性。计算所涉及的标准和规定均采用最新颁布的国家标准和规定，所涉及的电器产品尽量采用新系列的产品，所用的数据也力求最新。全书采用法定计量单位和国家绘图标准。

参加编写工作的还有：方亚平、郑鹏、方立、方成、鲍俏伟、朱征涛、许纪秋、那罗丽等。全书插图由方欣绘制。

全书由方大中、姚志松高级工程师审校。

限于编者的经验和水平，书中难免有错误和不妥之处，希望读者批评指正。

作 者

2004 年 3 月

目 录

前言

第一章 水泵的计算及选择	1
第一节 水泵的基本参数及计算	1
一、水泵的型号.....	1
二、水泵的基本参数和特性曲线.....	3
三、流量和扬程计算.....	6
四、水泵参数的换算.....	25
五、常用水泵的技术数据.....	25
第二节 水泵轴功率、效率及电动机功率计算	47
一、水泵轴功率和效率计算.....	47
二、泵电动机功率计算和电动机选择.....	48
三、各类泵轴功率计算.....	51
四、空调设备用水泵轴功率和送水量的计算.....	56
第三节 水泵的选择	57
一、水泵选择的步骤和方法.....	57
二、深井泵选择的步骤和方法.....	58
三、如何根据电动机的功率选配水泵.....	61
四、如何判断无铭牌离心泵的性能.....	62
第四节 农用水泵及电力排灌设备的选择	62
一、农用水泵的分类、型号、性能及适用范围.....	62
二、水泵扬程和安装高度计算.....	62
三、农用水泵快速选型表.....	66
四、农田排灌站水泵的选择.....	66
五、根据水泵选配柴油机.....	77
六、水泵管路的计算.....	79
七、电力排灌站供电方式和变压器容量的选择.....	80

八、排灌站电气设备的选择	83
九、排灌站配电盘及保护装置的选用	83
第五节 水泵控制线路及设备材料选择	89
一、晶体管式水泵控制线路	89
二、晶闸管式水泵控制线路	92
三、电接点压力表式水泵控制线路	93
四、水泵电动机防空抽保护线路	94
五、排灌站电动机远方有线集中控制线路	95
六、电子模块式水泵控制线路	97
第六节 机泵传动装置的计算	106
一、传动方式的选择	106
二、平皮带传动计算	107
三、三角皮带传动计算	114
第二章 水泵节电计算及测试	119
第一节 水泵节电计算	119
一、泵机械损耗计算	119
二、水泵调速节电计算	119
三、水泵变频调速节电	121
四、水泵叶轮改造节电计算	126
五、减少管道阻力和选择合理扬程的节电计算	129
六、更换泵及电动机的节电计算	130
七、水泵串、并联运行节电计算	131
第二节 水泵测试	132
一、测试图及测试仪表	132
二、测试断面的选择及测量仪表的配置	133
三、测试注意事项	134
四、流量、扬程和轴功率、效率等测算	135
五、管路系统扬程损失的测量	135
六、水泵测试记录和计算数据表	136
七、水泵测试实例	137

第三节 电动机输出轴功率和效率的测试	141
一、功率表法、电能表法和电流表法	141
二、效率测试法	142
第三章 风机的计算及选择	146
第一节 风机的基本参数及计算	146
一、风机的基本参数和特性曲线	146
二、风量和风压的计算	148
三、风机参数的换算	149
四、高效节能玻璃钢轴流风机的技术数据	150
第二节 风机轴功率、效率、电动机功率及耗电量计算	153
一、风机轴功率和电动机功率的计算	153
二、变速风机的电动机功率的计算	156
三、风机效率计算	157
四、风机耗电量计算	158
第三节 空调风机和锅炉送、引风机计算	161
一、风机轴功率和送风量计算	161
二、锅炉送、引风机风量、全压和电动机功率的计算	162
第四节 风机控制线路及设备材料选择	164
一、QC10、QC12 系列不可逆磁力起动器控制线路	164
二、QX3、QX4 系列磁力起动器自动控制 Y— Δ 降压起动线路	165
三、QJ3 系列手动自耦降压起动线路	166
四、电子模块式单台正压风机全压起动线路	168
五、电子模块式单台正压风机自耦降压闭式起动线路	169
第四章 风机节电计算及测试	172
第一节 风机节电计算	172
一、风机调速节电计算	172
二、风机叶轮改造节电计算	175
三、风机串、并联运行节电计算	177
第二节 风机测试	178
一、测试图及测试仪表	179

二、测试断面的选择及测试点布置	180
三、测试注意事项	182
四、风量的测算	183
五、风机全压的测算	184
六、风机测试记录和计算数据表	185
七、风机测试实例	186
第五章 空压机的计算	190
第一节 空压机的基本参数和特性曲线	190
一、空压机的分类	190
二、空压机的基本参数和特性曲线	190
第二节 空压机效率、轴功率和电动机功率计算	191
一、空压机效率和轴功率计算	191
二、空压机电动机功率的计算	198
三、制冷压缩机电动机功率的计算	200
第三节 空压机控制线路	203
一、A—3/7 型空压机控制线路	203
二、带失控保护的空压机控制线路	204
三、Y— Δ 起动的空压机控制线路	205
四、避免电接点压力表接点烧毛的线路	207
第六章 空压机节电计算及测试	209
第一节 空压机节电计算	209
一、压缩空气站及空压机运行能耗考核标准	209
二、空压机管网漏气及压力过大造成的能耗计算	212
第二节 空压机测试	215
一、测试内容和要求	215
二、测试方法及测试仪表	216
三、空压机测试记录和计算数据表	218
四、用充罐法测量空压机排气量	218
第七章 起重机、输送机计算	221
第一节 起重机分类及电动机功率计算	221

一、起重机分类	221
二、起重机电动机功率计算	225
第二节 桥式起重机、干线、滑接线及保护设备的选择	231
一、桥式起重机工作电流的计算	231
二、干线和滑接线的选择	234
三、滑接线和滑接器的安装要求	243
四、起重机配线、保护装置和照明装置的安装要求	255
五、保护设备及电源线的选择	257
第三节 输送机、电梯的计算	267
一、普通带式输送机的计算	267
二、皮带输送机的计算	269
三、各种输送机、升运机的计算	271
四、电梯的计算	279
五、自动扶梯的计算	285
六、电动大门的计算	286
第八章 吊装用具的计算	294
第一节 麻绳、钢丝绳计算	294
一、麻绳的允许拉力计算	294
二、钢丝绳的允许拉力计算	295
三、钢丝绳卡箍数和扣接长度要求	295
四、起吊绳索承受拉力计算	299
第二节 轮鼓、滑轮计算及起重杆的选择	299
一、轮鼓与滑轮的最小允许直径及钢丝绳的安全系数	299
二、滑轮计算	300
三、起重钩计算	305
四、吊环的选择	307
五、U形挂环和U形鼻子的计算与选择	309
六、搬运物体时的摩擦力及拉力计算	311
七、抱杆式起重杆的选择	315
参考文献	317

第一章 水泵的计算及选择

第一节 水泵的基本参数及计算

一、水泵的型号

泵的种类繁多，有叶片式、容积式、喷射式等。叶片式又分离心式、轴流式和混流式。而离心泵又可分为单级泵、多级泵、低压泵、中压泵和高压泵等。另外还有潜水泵、井用泵等。工厂使用最广泛的是离心泵，在给排水及空调设备中几乎都使用离心泵；农村使用的水泵，根据使用场合不同，类型众多。

叶片泵的型号意义见表 1-1。

表 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——泵的进水口径为 3in BA——单级单吸悬臂式离心泵 13——比转数被 10 除的整数 A——泵的叶轮外径已车小过
	B	150B—90/30	150——泵的进水口径 150mm B——单级单吸悬臂式离心泵 90——泵的额定流量为 90m ³ /h 30——泵的额定扬程为 30m
	IS	IS80—65—160	IS——国际标准单级单吸清水离心泵 80——泵的进水口直径为 80mm 65——泵的出水口直径为 65mm 160——泵叶轮名义直径为 160mm
	IB	IB50—32—250	IB——单级单吸悬臂式离心泵 50——泵的进水口直径为 80mm 32——泵的出水口直径为 32mm 250——泵叶轮名义直径为 250mm

续表

叶片泵 种类	型号	型号举例	型号中各组成部分的意义
单级双吸 离心泵	Sh	12Sh—6B	12——泵进水口径为 12in Sh——单级双吸离心泵 6——比转数被 10 除的整数 B——叶轮比 A 车小得更多
	S	150S—78	150——泵的进水口径为 150mm S——单级双吸离心泵 78——泵的额定扬程为 78m
混流泵	HB	4HB—35	4——泵的进水口径为 4in HB——蜗壳式混流泵 35——比转数被 10 除的整数
	HW	100HW—5	100——泵的进、出水口径为 100mm HW——蜗壳式混流泵 5——额定扬程为 5m
	HD	250HD—12	250——泵的出水口径为 250mm HD——导叶式混流泵 12——额定扬程为 12m
轴流泵	ZLB	32ZLB—100	32——水泵的出水口直径为 32in ZLB——立式半调节叶片式轴流泵 100——比转数被 10 除的整数
	ZWB	350ZWB—70	350——水泵的出水口直径为 350mm ZWB——卧式半调节叶片轴流泵 70——比转数被 10 除的整数
长轴 井泵	JD	8JD80×10	8——适用最小井管直径为 8in JD——多级深井泵 80——泵的额定流量 80m ³ /h 10——叶轮级数为 10
	JC	150JC30—95×6	150——适用最小井管直径为 150in JC——长轴井泵 30——泵的额定流量 30m ³ /h 95——泵的额定扬程 95m 6——叶轮级数为 6 级
潜水电泵	QS	QS28×15	Q——潜水电泵 S——电机为充水湿式 28——泵的额定扬程 28m 15——泵的额定流量 15m ³ /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
喷灌泵	BPZ	50BPZC ₂ -45	50——泵的进水口径为 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 3in NP——农用喷灌泵 70——泵的额定扬程 70m

二、水泵的基本参数和特性曲线

1. 水泵的基本参数

(1) 流量 Q ：指水泵在单位时间内所能抽送的水量，单位为 m^3/h 。常用的单位和它们的换算关系是： L/s （升/秒） $= 3.6 \text{m}^3/\text{h}$ 。 $\text{h} = 3.6 \text{t/h}$ 。

(2) 扬程 H ：指水泵能够扬水的高度，单位为 m 。扬水所需的扬程等于实际扬程与损失扬程之和（图 1-1）。

损失扬程是指水经过管路时，由于受到阻力和摩擦而损失的扬程。所需扬程应等于或小于水泵铭牌上所给出的扬程。

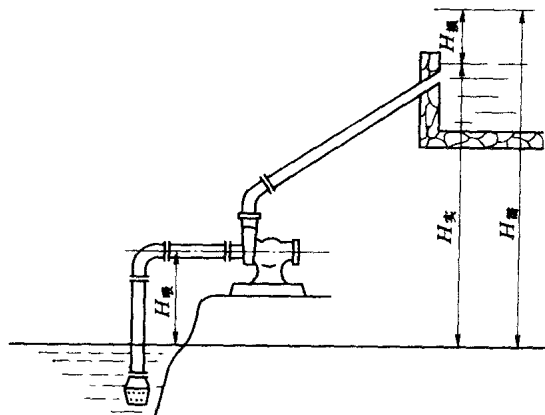


图 1-1 离心泵扬程示意图

(3) 有效功率 (或称为理论功率) N_{yx} : 指水在单位时间内从水泵中所获得的总能量, 单位为 kW, 其计算式如下

$$N_{yx} = \frac{\gamma QH}{1000}$$

式中 γ ——介质重度 (N/m^3);

H ——水泵的扬程 (m);

Q ——水泵的流量 (m^3/s), $1\text{m}^3/\text{s}=10^3\text{L/s}$ 。

(4) 轴功率 N : 指电动机传给水泵轴上的功率, 单位为 kW。

(5) 效率 η : 指水泵的有效功率与轴功率之比, 即

$$\eta = \frac{N_{yx}}{N} \times 100\%$$

(6) 配用功率 P : 指水泵根据轴功率, 实际所配用电动机的额定功率。考虑安全, 需一定的功率储备系数, 所以配用电机功率稍大于轴功率。

(7) 转速 n : 指水泵的叶轮每分钟转多少转, 单位 r/min 。

(8) 允许吸上真空高度 (也叫允许吸水高度) H_s : 它表示该水泵吸水能力的大小, 也是确定水泵安装高度的依据。在安装水泵时, 其实际吸水高度 $H_{\text{实}}$ (见图 1-1) 与吸水管路损失扬程的和, 应小于允许吸上的真空高度。如果吸水高度超过允许吸水高度, 就要产生汽蚀, 甚至吸不上水来。一个大气压 = 10m 水柱, 由于水头损失等原因, 所以对有吸程的水泵, 吸水高度必然低于 10m。一般在 2.5~8.5m 之间。

(9) 比转速 n_s : 也叫比速, 指水泵的有效功率为 1 马力, 扬程为 1m 水柱时, 所相当的水泵轴转数。它和水泵的转速不是一回事。比转速的单位为 r/min , 可用下式计算

$$n_s = \frac{3.65n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

式中 Q ——单吸叶轮的流量 (m^3/s), 如为 Sh 型泵, 则应取 $Q_{\text{sh}}/2$ 代入;

H ——单吸叶轮的扬程 (m)。

对同一类型的水泵：扬程越高、流量越小，则比转速越低；水泵在相同的转速、流量下，则比转速高的适合在低扬程工作；水泵在相同的转速、扬程下，比转速高的流量大；水泵在相同的扬程、流量下，则比转速高的水泵转速也高。离心泵的比转速在 300 以下，混流泵的比转速在 300~500 之间；轴流泵的比转速在 500 以上。

2. 水泵的特性曲线

水泵做功能力的大小，可以用流量 Q 及扬程 H 的大小来反映。在一定的转速下，一台水泵的流量 Q 与扬程 H 之间有一个对应的关系。这个关系用 $Q-H$ 坐标图来表示，即为水泵的 $Q-H$ 性能曲线。同样有流量 Q 与轴功率 N 的 $Q-N$ 曲线；流量 Q 与效率 η 的 $Q-\eta$ 曲线。8Sh-6 型水泵的特性曲线如图 1-2 所示。

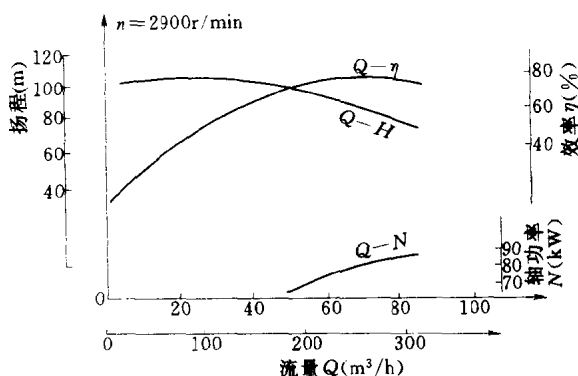


图 1-2 8Sh-6 型水泵的特性曲线

由图 1-2 可见，水泵在某一对应 $Q-H$ 值运行时，水泵将有最高效率，这时的 Q 、 H 、 η 值即为该台水泵的额定参数。水泵的运行点是由其水泵特性曲线与管道特性曲线的交点来确定的。

水泵的能力是电流量及扬程决定的。流量由供水负荷决定。

在开式管路方式，如由接水池向高处水池扬水的场合，总扬程为泵的进口水位与出口水位的高度差（实际扬程）和管路、接头、阀门等处的水头损失之和。

在闭式管路方式，如空调设备的循环管路中，则没有实际扬程。这时泵的总扬程为管路、接头、阀门及管路中其他装置的阻力所造成的损失扬程之和。

三、流量和扬程计算

水泵流量和扬程通常用测算法求得。

1. 水泵流量的测算

(1) 采用涡轮流量计测量，即

$$Q = f/K_q$$

式中 f ——流量计的频率数；

K_q ——流量计系数，由生产厂提供。

(2) 采用流速式流量计测量流量。如果被测流体含有反射介质，如气泡、微小粒子、重度断面，或其他不连续点，则可用流速式流量计测量出管内流速 v ，再由管道截面 F 计算出流量。即

$$Q = vF$$

式中 v ——水泵出口液体平均流速 (m/s)；

F ——出口管道有效截面 (m²)。

(3) 采用容积法。即利用现场的容积水池测量流量。要求水池形状应能精确计算其容积。每次测量时间要持续 1min 以上；始水位与终水位差值应在 0.2m 以上。

流量可按下式计算

$$Q = S(h_2 - h_1)t$$

式中 Q ——水泵流量 (m³/s)；

S ——水池（水箱）液面面积 (m²)；

h_1 、 h_2 ——水池（水箱）始水位和终水位高度 (m)；

t ——测量时间 (s)。

(4) 采用水表或涡轮流量计测量流量。当水管管径 D 小于 200mm 时，可采用此法。但应保证表前至少有 (4~7) D 的直管段，表后有 (2~3) D 的直管段。

流量可按下式计算

$$Q = (A_2 - A_1)/t$$

式中 A_1 、 A_2 ——计量初和计量末的水表读数 (m^3);

t ——测量时间 (s)。

(5) 利用毕托管配 U 形测压管测流量。水管径大于 200mm 的水泵, 可利用毕托管测定水流的动压力, 然后求出流量。毕托管应安装在直管段中, 管前有 $(4 \sim 7) D$ 的直管段; 毕托管后应有 $(2 \sim 3) D$ 的直管段。按等环面积法布置测点, 各测点离管道中心的距离 r 值, 可按下式计算

$$r_1 = R \sqrt{1/2n_2}, \quad r_2 = R \sqrt{3/2n_2}, \quad r_3 = R \sqrt{5/2n_2},$$

$$r_4 = R \sqrt{7/2n_2}, \quad r_5 = R \sqrt{9/2n_2}$$

式中 r_1 、 r_2 、 $\dots$ 、 r_5 ——测点至管道中心的距离 (mm);

R ——被测管段半径 (mm);

n_2 ——管道截面上圆环数量, 一般取 5, 或按表 1-2 确定。

表 1-2 等面积圆环数与测量直径数表

管道直径 D (mm)	300 以下	400	600	800	900	1200	1400	1600
等面积圆环数 n	3	4	5	6	7	8	9	10
测量条数	1	1	2	2	2	2	2	2
测点总数	6	8	20	24	28	32	36	40

流量可按下式计算

$$Q = KF \sqrt{2g} \sqrt{H_{cp}(\gamma_c - \gamma)/\gamma}$$

$$\gamma = \rho g$$

式中 Q ——流量 (m^3/s);

F ——测点处水管截面 (m^2);

K ——毕托管校正系数;

γ ——被测液体的重度 (N/m^3), 见表 1-3;

ρ ——液体的密度 (kg/m^3);