泵站节能措施研究

路金喜，杜贵荣
（河北农业大学）

摘　要：阐述了泵站节能的必要性及重大意义，以详实可靠的统计资料为依据进行了分析，提出了切实可行的节能措施。

关键词：灌溉泵站，泵站管理，经济运行，节能措施
文献标识码：B　**文章编号**：1005-6254(2002)04-0031-03
TV67

1　泵站节能意义重大

建国以来，我国建起了数万座泵站，据全国调查资料表明：泵站用电约占全国总用电量的15%～20%，耗电量巨大是可想而知的。然而我国建成的绝大多数泵站，因容量偏大，运行效率低，能源浪费十分严重，装置效率普遍低于50%，无用功率达泵站装机容量的30%～50%。仅以山西运城地区为例，自1958年以来，运城地区陆续建设交付使用的泵站共1304座，其中大中型泵站19座，总装机102677kW；小型泵站1285座，总装机67623kW，据典型泵站测试分析，泵站效率一般在30%～46%之间；能源单耗一般在5.5～9kW·h/ktm之间，有的泵站甚至高达9kW·h/ktm以上。经对临猗扬范泵站测试分析表明：泵站平均效率为45.8%，能源单耗为5.94kW·h/ktm，比部颁标准5kW·h/ktm多耗电0.94kW·h/ktm。如运城全区泵站效率均以45.8%计，能源单耗均以5.94kW·h/ktm计，全区每年多耗电近2200×10^4kW·h，仅电费需多支出近600万元。

从全国情况来看，到1998年排、灌机械能力为7450万kW，机电灌溉已占全国灌溉面积的70%以上，据水利部有关部门估计，全国灌溉用电浪费高达1/3～1/2，无疑这是一个极大的浪费。为此，水利部曾多次召开有关会议，要求各类泵站的装置效率均应达到55.0%以上。为了实现这一目标，近几年我国各级有关部门在泵站节能方面做了大量的工作，并收到了一定的成效，但应该看到在泵站节能方面依然有很大潜力，依然还需要做很多的工作，泵站节能依然应该作为一项重要任务来抓，这对于降低能源消耗，节约泵站运行成本有着十分重要的意义。

2　节能措施

从目前国内情况来看，影响泵站效率的因素很多，但通过分析，笔者认为主要应从以下几个方面入手，采取节能措施。

2.1　对机电设备进行改造和更新

我国目前使用的电机效率一般比较高，大部分在85%以上，绝大部分接近出厂样本数据。泵站电机存在的主要问题是与水泵不配套，也就是大马拉小车的问题，致使电机效率大幅度下降。电机效率在运行中随负荷而变化，当负荷为额定负载的80%～100%时效率较高，当工作负载小于60%时效率将明显下降，当工作负载低于50%时效率将大幅度下降。因此，可根据具体情况调换电动机，使电动机的储备系数在1.05～1.2之间为宜。水泵除部分应该更新陈旧设备外，也应保证水泵能经常在高效区运行。主要做法是：调整水泵转速，调整轴流泵的叶片安装角度；调整不同比转速叶轮等，从而使水泵能在高效区运行，并配合其它措施，可以使泵站装置效率提高3%～7%。

2.2　正确选择水泵和配套电动机

在泵站设计中，设计流量往往是以最大流量作为设计流量。实际运行过程中，泵站很少时间在最大流量下运行，尤其是农业灌溉泵站更是如此。实际运行中泵站流量变化很大，为了适应这一情况，一般应多选几台水泵，并且应结合泵站

第一作者简介：路金喜(1958-)，男，河北农业大学 教授级高级工程师，河北省保定市(071001)。

万方数据

调度，采用大、小泵配合运行。但泵台数不宜太多，一般泵站水泵台数不超过 10 台。

为使多台泵正常并列运行，通常依靠关小阀门造成人为节流损失以进行流量调节。要解决这一问题，最常用的方法是切削叶轮外径来减少流量。切削叶轮的外径不宜过多，一般在 10%～15%，否则水泵效率下降太多，同时应保持3%～5%的扬程余量，使得水泵在一个大修间隔内，运行效率、流量稍下降后，仍保证有足够的扬程，防止出现流量不足的现象。对于中高比转速的水泵，当切削叶轮的外径不多时，它们的流量同叶轮外径成正比，其扬程同叶轮的外径的平方成正比，消耗功率同叶轮外径的立方成正比。对于比转数高于350的水泵，情况不同，不宜采用切削叶轮的方法。

水泵配套电动机的合理选择也是十分重要的。鼠笼式感应电动机具有结构简单、牢固、造价低和效率高等优点，虽然起动电流大，瞬间压降大，起动力矩较小，但由于抽水站机械起动特性属于轻载起动，用此类型电动机已能满足要求，故中小型机组应尽量采用鼠笼型感应电动机。当电动机容量较大时，应尽量选用低耗新型 Y 系列电动机。电动机储备系数一般按 1.05～1.2 考虑。

2.3　水泵的变速调节

变速调节就是根据水泵不同的工况，调节水泵转速以使水泵达到所要求的工况。参见图1。

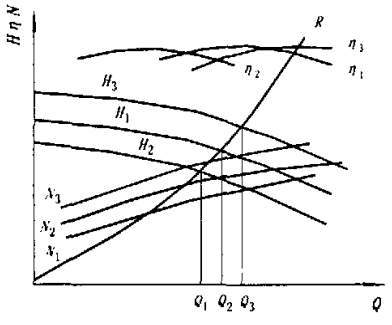


图 1 水泵特性曲线图

当改变水泵转速时，管道系统的阻力 R 线则不变，Q-H 曲线却随着转速 n 的下降，向流量和扬程同时减小的左下方向移动。因此在调节流量的过程中没有节流损失，调节效率较高。调速方式主要有以下几种：

2.3.1 利用液力偶合器调速

液力偶合器调速装置主要由泵轮、涡轮和外壳组成。泵轮的主轴和电动机的主轴直接相连，涡轮轴和水泵的主轴相连。泵轮和涡轮形成的工作油腔内的油从泵轮内侧引入，并随电动机轴高速旋转，油在离心力的作用下，被甩到外侧，形成高速油流，冲向对面的涡轮叶片，迫使涡轮一起旋转。同时工作油又沿着涡轮叶片流向内侧，逐步地减速并流回到泵轮内侧，构成了一个油的循环圆，从而把电动机轴功率传递到水泵主轴。工作油腔内油面的位置决定着涡轮轴的转速，通过勺管控制该油面位置即可实现无级调速。调节转速范围为0.2～0.97，功率范围为750～3200kW，该技术已成功用于上海火力发电厂等单位。

2.3.2　用电磁偶合器调速

电磁偶合器是由一个磁铁制成的圆筒形电枢和一个由励磁绕组的磁极形成的感应子组成。电枢和电动机主轴相连接，而感应子则和水泵相连接。当电动机旋转时，电枢切割磁力线，感应产生电势及电流，该电流和磁极之间相互作用的力，带动感应了一起旋转，就象异步电动机一样，在电枢和感应子之间也存在着一个转差。调节感应了上励磁电流的大小，就可改变偶合器的转差率，从而改变了水泵转速。电磁偶合器虽然结构简单，价格便宜，但目前只用于调速范围不大，功率在200kW以下的电机调速，国内纺织行业用的较多。

2.3.3　变极数调速

水泵绝大多数由异步电动机带动，在电源电压和频率不变的条件下，改变电动机定子绕组的极对数，即可实现调速。目前一般方法是通过电动机绕组端部接线的改变，获得不同的极对数及转速，通常是双速或三速。变极调速投资低，一般适用于要求两速或三速调速。南京自来水公司考虑冬夏两季长江水位变化 1.5m 左右，把三台 185kW、980r/min 的六极电动机改成 6/8 极电机，每年可节省 788×10^4kW·h 电能。

2.3.4 变频调速

异步电动机的变频调速是通过改变定子的供电电源频率来改变旋转磁场的同步转速，从而改变转子的转速。它不产生任何附加损耗，是一种比较理想的变速方法。过去一般采用旋转电机或离子变流器变频，设备庞大，系统复杂，可靠性差，推广应用困难较大。近年来随着晶闸功率元件及换流技术迅速发展，使得变频调速成为很有发展前途的技术之一。目前在变频调速方面，国内外主要采用电压型变频电路、脉宽调制型变频电路、电流型变频电路及无换向电动机进行变频调

万方数据

速。变频器所用晶闸管元件数量较多，控制线路复杂，技术要求高，它适用于低速大容量电机调速，调速范围100～1000r/min。变频装置造价较高，在国内目前和液力偶合器造价相近。

2.3.5 变压调速

变压调速主要用于异步电动机。变压调速实际是降压调速，过去降压调速多采用饱和电抗器或自耦变压器等磁性元件，但该设备笨重，开关特性差，电动机的容量得不到充分利用。自从70年代晶闸管问世以后，美、英、德和日本等国已先后采用晶闸管交流变压调速方式，并研究开发了不同的系列产品。目前国内也开始采用交流变压调速装置，不过，仅限于小容量的电动机，大容量电动机的变压调速问题有待于进一步研究。

2.3.6 转子串接外电阻调速

转子串接外电阻调速用于绕线式异步电动机。这种调速方法尽管在转子回路中有转差电流在外电阻中流过，有附加损耗产生，但是由它拖动的水泵却因为变速节省了电能，所以综合起来还是节电的。在没有条件实现其它的调速措施时，用此方法来代替闸阀节流调节还是可取的。

2.4 尽量采用动叶片可调轴流泵

动叶片可调轴流泵能根据水泵不同工况，改变叶轮叶片的角度，从而使水泵和所要求的工况相适应。如图2所示，当改变流量时，相应改变叶轮叶片角，这时所耗功率也随之变化，从而实现提高效率、节约电能的目的。

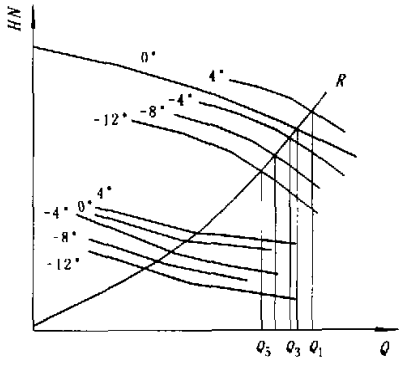


图 2

2.5 管道系统的合理布置

管道系统的阻力可分为两类：第一类是沿程阻力，它是流体运动时受到管壁的摩擦阻力，它和流体的粘性以及管壁面的粗糙度有关。第二类是局部阻力，主要集中在弯头、阀门、三通管和扩散管等处。因此，为了减少管道损失，可以采取以下措施，主要是改善进出水流态。

（1）吸水管进口应装喇叭口，在出水管出口增设扩散管，这样管路效率一般可提高3%～6%。对所有的灌排泵站，无论是正向进水，侧向进水，还是反向进水，进水流态对水泵的装置效率均有很大的影响。对于一站多机组的情况，虽然多为正向引水，但从整体模型试验观测可知，当开机台数较多时，在池中也可能出现回流区，使进水池流速分布很不均匀。

另外不少泵站进水池两侧翼墙还会产生局部回流和旋涡，对边机组的运行也有一定的影响，边机组的效率，在开机多的情况下，比其它机组要低，经观测边机组效率一般比中间机组的效率低4%左右，为此采用各种不同的水力措施，如加设导流墙、分流立柱、分流板和底坎等措施均可改善水流条件，以底坎较为明显，对正向、侧向和反向引水均可使回流消失或减弱，使进水池流速基本均匀，从而提高装置效率，并使各台机组的装置效率接近一致。

（2）水泵出水形式对泵站机组的装置效率影响很大，应尽量减少出水流道的水力损失。一般可采取虹吸式出水流道和直管式出水流道。

2.6 水泵的合理经济调度

在同一母管上有两台以上的水泵并列运行时，必须按照水泵并联运行规律进行设计，按照水泵效率的高低，安排各水泵的优先开停机顺序，让效率高的水泵先开后停。当流量变化时，应对各水泵的开和停进行优化组合，达到各水泵均在设计工况范围内运行。

2.7 提高泵站运行管理水平和维修质量

增加智力投资，提高泵站管理人员的技术素质。据了解，除在我国个别大型泵站以外，大部分中、小型泵站管理水平比较落后，许多管理人员缺乏基本的管理知识。因此，在开展正规教育的同时，应该开办各类型的技术培训班，以提高管理人员的技术水平。

在提高设备完好率的同时，应加强进出水建筑物的维修和清理。

参考文献

1 路金喜. 水泵的泥沙磨蚀及对策. 排灌机械，1999（1）

2 路金喜. 提水工程泵站水泵的合理选择研究. 排灌机械，1999（2）

万方数据