

北京市市政工程设计研究总院 陈运珍

水工业领域与调速节能技术

生产机械的自动化和现代化 是水工业可持续发展的关键一环,采用交流机变频调速等高新技术是生产自动化的重要手段,是电气传动技术的一场革命。

城市水工业系统特点

城市供水系统工况特点

(1)一个城市的供水系统特点 就是多水源、多泵站、多水厂、多管网、变化大。一年之中 随季节而变的日变化,一日之内又随时间而变化的时变化。

设计中一般均以高日高时为设计点,表面上看已满足了供水需求,但实际上大部分系统均不能满足实际的水变化。一个供水系统,一个水厂的综合水泵扬程是由几何高差和管道磨阻变化所组成。而几何高差是不变的,而管道磨阻是随流量的平方而变化。当输配水管道距离长而选的几何高差较小时,管道磨阻在扬程中所占比重就增大;而在后半夜或所需供水量极小时,配水扬程就变得很低,将使水泵的工作点远离高效区。

(2)变化系数

·日变化系数。最高日用水量与年平均日用水量之比叫高日系数 K_1 ,而低日系数为 k_1 。一般 K_1 在1.2~1.5之间,取1.4; k_1 0.6。

·时变化系数。高时系数 K_2 :最高小时与日平均小时用水量之比; K_2 在1.3~1.6之间,一般取1.4;低时系数: k_2 0.5左右。

(3)总的综合扬程流量变化

1)取水厂站流量变化。一般 取水厂站选泵的扬程按每年最大流量 每年最低水位来考虑,其流量变化系数为

$$K_1 / k_1 = 1.4 / 0.6 = 2.33$$

$$\text{水泵工作扬程 } H = H_h + H_f = H_h + CQ^2 \quad (1)$$

H_h 为几何高差,一般不变化; $H_f = CQ^2$ 为管道磨阻水头。

$$\text{磨阻水头变化} = H_{f_{\max}} / H_{f_{\min}} = K_1^2 / k_1^2 = 5.4$$

实际上每年最低水位机率很小,每年绝大多数时间均高于这个低水位,所选泵的扬程长期不能运转在高效率区域内。

2)净配水厂站流量变化。用水的高峰季节,在分压供水系统中要增加供水管网的压力,就要调节管网的供水量,按最大供水量、最高管网压力来选择配水泵及台数。配水系统流量变化是:

$$K_1 K_2 / k_1 k_2 = 1.4 \times 1.4 / 0.6 \times 0.5 = 6.53$$

由此可见,流量变化是很大的,配水泵站比取水厂站的

流量变化更大 这说明水工业领域必须考虑调流的主要原因。

排水系统及污水处理的特点

城市排水系统和污水处理也像给水处理一样 其水量也是随时间而变化 雨季和旱季相差就很大。如果只靠增减泵的台数 满足不了实际变化的工况。特别是长江、黄河等流域的各大城市 在暴雨时节 对大城市是个严重的威胁 只增减台数 不设置调速装置将无法完成排放雨水的要求。

变频调速是各种调流方式的
最佳选择及其节能的原理

水泵的特性曲线有 Q - H , Q - N , Q - η , Q - G 管道特性曲线。见图1。分别表示流量与扬程、流量与轴功率、

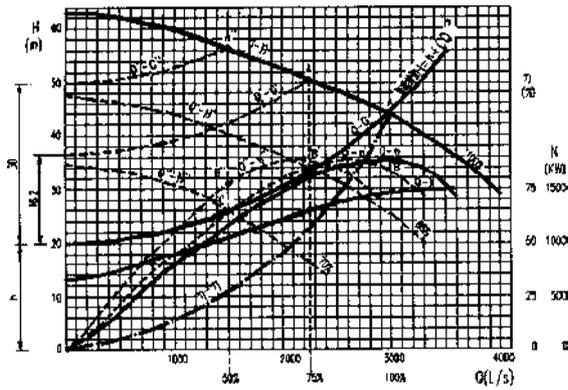


图 1

流量与效率、流量与管道磨阻特性之间的关系。

(1)用水量变化。当水量减小时 若水泵正常运行 则系统压力将增高 而H₁将加大 ,Q - G曲线平移到Q - G₁ , Q - G₁ 曲线上 它们与Q - H曲线交点为A₁ 和A₂ 点 由曲线可知 水泵的工作效率降低了 大量水头损失掉了 漏水量也将大大增加。

(2)为了使水泵工作效率仍保持在高效区 采用关小出水闸阀的角度来调流 此时 水头损失全浪费在闸阀上。

(3)为了适应流量的变化 可改变水泵运转台数和组合 , 此时 水泵的工作点将运转在低效率上 大量的能源将浪费在管道的水头损失上。

(4)采用调速来适应流量变化

$$Q/Q_1 / Q_2 = n/n_1 / n_2 \quad (2)$$

$$H/H_1 / H_2 = n^2/n_1^2 / n_2^2 \quad (3)$$

$$N/N_1 / N_2 = n^3/n_1^3 / n_2^3 \quad (4)$$

$$N = (1-s)f/P \quad (5)$$

其中 n为转子实际转速;s为电机转差率;f为定子频率; P为电机极对数;Q为综合流量;H为水泵扬程;N为电机

轴功率。

如果选用变频调速 就是通过改变定子频率 来改变异步电动机转子的实际转速 同时 又要满足电动机转矩的要求 达到水泵运转在高效率区域内。

速度改变了 水泵的流量、扬程、功率都随着改变。

从公式 可知 ,当流量减小到75%和50%时 , Q - H曲线变成Q₁ - H₁、Q₂ - H₂ 曲线和Q - G管道特性曲线相交于A₁ 和A₂ 点 其效率曲线由Q - η₁ 变成Q - η₂ 和Q - η₃ 水泵效率(η₁、η₂、η₃)基本不变 ,还在高效区域内 而水泵所需的轴功率也减小了。转速下降了 水头损失不存在 其工作效率却很高。

(5)实例分析

北京市水源九厂开始设计时 打破了常规做法 不是按最高日最高时的流量和其对应的压力为工作点来选不同容量水泵和水泵组合;而是在满足最大设计水量的基础上 尽量使调速高效特性曲线接近系统的特性曲线 也就是说 尽量将各种调速泵组合的高效区能套入出现机率最高的工作段或点上。调速泵台数 应在全年内运行工况中开泵出现次数最多的台数为需要的台数 而备用泵选用定速泵。

先看取水泵站。取水泵站的各种台数组合的高效中心线 均在系统特性曲线的左侧。在设计运转台数时 应将高

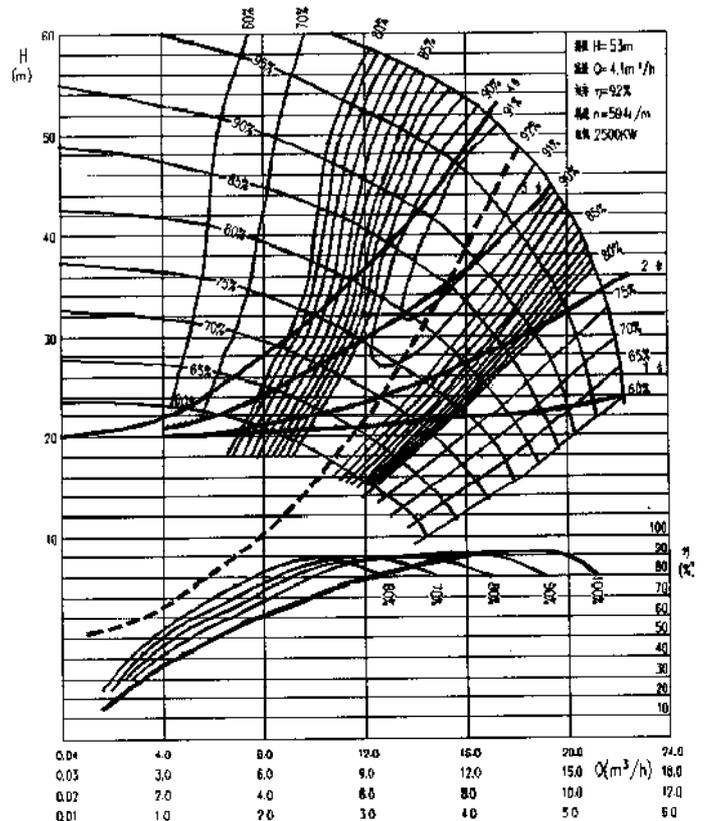


图 2

效中心线包入最大流量点的曲线段 曲线向右下方移动 流量加大而扬程降低 使其与4台泵运转的系统特性曲线重合或靠近 水泵综合运转效率就会更高。从系统分析看 水泵同时运转4台为最经济 考虑分期建设 第一期选用两台容量最大的水泵调速将更经济合理。

再看配水厂站配置。从电算可知 首期2台泵运转出现机率最高 其次为3台 同时各种台数组组合的高效区均能包入高日高时流量的基础上向右下方移动 见图2 加大额定流量降低额定扬程 使配水泵综合的高效中心线介于两三台水泵运转时系统特性曲线之间 二期后同时运转需要4台 再考虑日变时变率 运转泵均为调速泵比较合理。当一台调速泵有故障时 三调一定运转 其综合效率降低一点 而工作扬程还是较高。所以 备用泵选用定速泵比较经济合理。

水工业系统中可选用的几种调速设备

(1)液力耦合器调速装置。将电动机的动能通过泵轮和涡轮之间油的传递获得机械能。其优点是操作简单 有一定的节能效果。缺点是功率丢失 占地面积加大 有3%的能源损耗 油路导管有漏油等问题存在。20世纪60年代用的多些。

(2)电磁滑差离合器调速装置。由电枢和磁极两部分组成 电枢与电动机同轴 电枢切割磁力线感应涡流 产生电磁力 推动磁极跟着旋转 带动水泵转动 改变励磁电流大小 就可改变水泵的转速。该装置价格便宜 维护量小 有节电效力。其缺点是低速运行时损耗大、效率低 占地面积大 一般用于630kW以下的水泵机组。

(3)串级调速装置

我国进入20世纪70~80年代 水工业和其他行业一样 大量采用串级调速装置。串级调速装置又分内反馈和外反馈两大类。大中型水泵调速采用外反馈的串级调速很多 它是将转子的转差功率经过整流和逆变 经反馈变压器将多余的电能反馈给电网。其优点是可无级平滑调速 总效率还可以;缺点是调速范围不大 需增设起动电阻和电容补偿 功率因数低 低速时更低。ABB公司的串级调速装置系统经过改造 主要元器件筛选严格 在深圳东湖取水泵站等地运转良好。国产的串级调速装置 运转中常出毛病 20世纪末已基本不用了 许多国内生产厂家相继流产。

(4)变频调速装置

从20世纪80年代开始 我国水工业真正步入了变频调速时代。如北京水源九厂、深圳梅林水厂、上海原水公司和自来水公司、上海排水管理公司、天津自来水公司、重庆自来水公司、石家庄自来水公司、昆明、成都、潮州、大庆油

田等自来水公司的几十个大中型水厂和泵站都选用了变频调速装置。水泵电机容量从315~2500kW 采用变频调速装置的台数近300台以上。200kW以下容量选用变频调速装置就更多了。

由于电流型变频器是全控桥整流 谐波非常丰富 对电网公害大 抑制谐波的措施比较复杂 在价格和可靠性上失去了优势 在水工业领域中已很少采用了。

220~3000kW水泵机组可选择的变频调速装置如下:

1) 中 - 低 - 中 变频器

用一台降压变压器把中压变为低压 经低压变频器变频 再由输出变压器升为中压 优点是变频器价格低 缺点是增加了占地面积和成本 增加了两级变压器损耗 升压变压器的采用是技术上的失误 可靠性大大降低了 在低速时 变压器效率更低 功率因数也低。

2) 低压大功率变频器

国产低压变频器已做到1000kW 国外已做到2000kW。然而 用低压变频器去拖动6kV的电动机是不合理的 改变电机接线方法 电压就变成了3.47kV 使用3.3kV变频器就没问题了。建议尽量选用1.7kV、2.3kV、3.3kV电动机。

3) 中 - 低压大功率变频器

优点是中压输电损耗小 低压变频效率高 输入变压器一侧采用三角形()接法 可吸收变频系统中的高次谐波。

4) 中 - 中压变频器

a) 中压 IGBT PWM变频器。电压为2.3kV、3.3kV、4.16kV 容量为800~4000kW 额定效率为98.5% 额定功率因数 0.96 中压IGBT是低压IGBT基础上发展的新品种 系统器件由60支减为24支 使电路简化 可靠性提高。

b) 中压 IGCT PWM变频器。电压为2.3kV、3.3kV和4.16kV 容量为315~6500kW 额定效率>98% 额定功率因数>0.95。

中压IGCT是在GTO元件基础上发展起来的新产品 保留了GTO导通压降小 电压和电流高的特点 又克服了GTO开关性能差的缺点 是一件非常理想的兆瓦、中压开关器件。GTO体积大 损耗大 而IGCT芯片厚度减小到与二极管差不多;这就大大简化了电压变频器结构 其触发功率小 开关一致性好 可方便串并联 又进一步扩大了功率范围。一台4.16kV变频器 使用6kV的IGCT只需要12支器件 是低压IGBT的1/5件 中压IGBT的1/2件。由于器件电压提高 数量减少 使得变频器电路更加简化 可3电平、4电平或5电平电路 变频器输出端装有滤波器及dv/dt限制器 可配普通6kV电机 也可配用较低电压的多相电机 为了限

制高次谐波,变频器输入端为12相整流,也可18相或24相整流。

5)多重式多级串联中压变频器

美国ROBICON公司、日本安川、富士、东芝公司、我国利德华福等公司,都先后推出了多重式多级串联中压变频调速装置。采用多电平结构和多级低压小功率IGBT PWM变频单元串联输出中压变频电,实现了大功率集成。其输入电压在2.3~13.8kV之间,输出电压2.3~6kV,容量为800~5600kW,国内为315~2500kW,额定效率96%,额定功率因数0.95。但必须指出,同一容量采用中压设备不但价格贵得多,且可靠性也下降了。

6)无刷双馈电机调速

无刷双馈电机具有绕线异步机的特性,无刷和无滑环,是2台绕线式电机转子共轴,2转子绕组联接,第一台电机的定子绕组接电网,输入功率通过转子传给第2台电机的定子绕组,第2台电机的定子绕组称控制绕组,按串调或双馈装置接线实现调速。这是一个很有希望的中压节能调速方案,在国外已有成功经验,效果很好。其调速装置可以是交一直-交变频器,也可以是交-交直接变频器。可是电压型,也可是电流型。双馈比串调复杂,但容量可省一半;既可向下调速,也可超同步向上调速,故又称双馈。其变频器可采用先进的IGCT器件,具有广阔的应用前景。

水工业领域中采用调速技术应注意的问题

(1)改变过去传统设计的老套路。一个城市的给排水、流量变化幅度大,带来的扬程变化也很大,如果选用大小不同容量的水泵机组,形成多种流量组合,但时常由于扬程的变化仍然处于低效运行中,采用调速能取得较高的高效运行曲线。

(2)尽量做到大水泵、少台数高效运行。水泵的调速能适应流量、扬程的变化,就可以减少安装台数和大小不同容量的组合,也就为选用大容量少台数的新思路带来有利的条件。大水量少台数的型号相同的水泵机组不但有效地提高了运行效率,也可以减少泵站的面积和减少进水管、阀门、开关、电缆等辅助设备,降低了单位水量的造价。

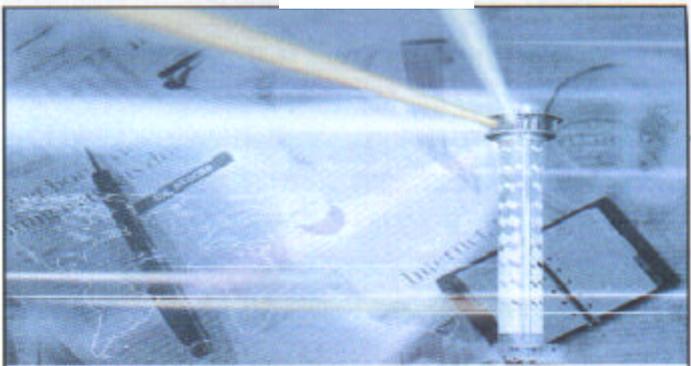
(3)采用大容量少台数相同型号机组组合,再因地制宜合理选用调速泵组;可以实现大容量机组软启动,有效地减少水泵开停次数,同时使供水的调度管理方便灵活,使服务压力变化平稳,能完全消除开停泵的压力波动,特别是可以消除水锤的严重危害,延长机泵等设备的使用寿命。

(4)设计选型时要尽量扩大水泵高效工作范围:水泵调速后,使水泵的特性曲线由一条曲线扩大成一个面,水泵的工作点由一个点扩大成沿管道特性曲线的一个线段。如果水泵选择合理,就能使高效区包住出现机率较多的工作点,从而使泵站的总体效率处于高效区。

(5)调速泵的特性选择和台数的选定:调速泵的各设计组合在能满足最大设计水量的基础上,尽量使调速高效特性曲线接近系统的特性曲线,或者说,尽量将各种流量组合的高效区能套入出现机率最高的工作点。一个泵站的调速台数要以全年中运行工况开泵出现机率较多的台数为需要的调速台数。一般定速泵作为备用泵运行较为经济合理。

现代化城市的迅猛发展,加速了水工业系统工程的大量上马。水工业领域中的泵类负荷约占全国用电负荷的40%。纵观我国水工业系统绝大部分都设备陈旧、技术落后、耗能严重。1998年发布的我国《节约能源法》明文规定:“逐步实现电动机、风机、泵类设备和系统的经济运行,发展电机调速节电和电力电子技术”;“十五”规划又进一步强调:“积极开展资源回收利用,大力提高资源综合利用率”;“加快转换工业增长方式,改善质量节能降耗”;“鼓励采用高新技术,带动产业结构优化升级”。

生产机械的自动化和现代化,是水工业可持续发展的关键一环,采用交流电机变频调速等高新技术是生产自动化的重要手段,是电气传动方面的一场革命。技术设备落后,是很多水厂无法低成本、高质量生产的根源,国家需要大力推广变频调速优化调度等高新技术,让水工业尽快优化升级。EA



新造永明电热电器厂

专业生产耐高温(-30~200℃)硅橡胶电热线、(-35~105℃)PVC双重绝缘螺旋型电热线、电线、胶管,适用于冰箱、冷柜、冷库、电饭煲、毛巾柜、按摩器盘、电热褥、座垫等加热、保温、除霜组件、电器线束、接插件、(-60~200℃)塑料电线。

电话: 020-84729802、84720981
 传真: 020-84729081、84755302
 地址: 广东省番禺区新造镇农场大街28号 (查询号: 3048)