

①

24-26

水泵 调速 节能 运行

水泵系统调速节能

荆绍莹

Ta 821.5

(中国市政工程西南设计研究院)

一、市政工程水泵系统调速的必要性

在市政工程中,水泵流量随外界用水量而变化,扬程也因流量和水位而变化,因此,水泵不可能保持在一个固定的高效工作点运行,需要根据实际情况进行控制。通常有阀门控制、台数控制、台数控制和转速控制三种。

水泵扬程的选择要保证在原水水位最低时仍能在水提升到沉淀池,按最低水位(历史上曾出现的)选择水泵扬程,又使水泵运行在低效区。

在向城市供水和输水的泵站中,水泵扬程 H 的选择除保持管网末端有一定的压力 H_s 外,还须克服管网的水头损失 ΔH , 水头损失与流量 Q 的平方成正比,即 $\Delta H = KQ^2$; $G = H_s + KQ^2$ 。

城市每日供水量随季节变化而不同,故有日变化系数;一日之中每小时的供水量也随时间昼夜而不同,故有时变化系数。设计者对水泵流量和扬程的选择,必须满足最高日最高时的供水要求,平时运行水泵的流量扬程均较设计值低很多,即使采用开停水泵台数来调节,也难于使水泵运行在高效区。特别在低日低时时,不仅水泵运行效率很低,还将因管网压力过高而造成管道爆裂事故。

综上所述,只有采用转速控制,才能使水泵在各种情况上都运行在高效区,以达到

节约电能的目的。

二、水泵调速运行的特点

水泵调速运行时,流量与转速成正比,扬程与转速的平方成正比,轴功率与转速的三次方成正比,负载转矩则与转速的平方成正比。水泵扬程与转速的平方成正比,其调速范围较小,一般为 70%~100%;水泵的转矩与转速的平方成正比,一般应向下调速,而不宜向上调速;水泵不允许反方向运行,不需可逆控制;为了避免水击现象,水泵转速变化不宜过快;水泵调速精度一般 $\pm 1\%$ 足够。

三、低效调速装置比较

低效调速装置是指调节负载转速时转差功率不能回收利用。例如绕线型异步电动机转子串电阻调速、液力耦合器、液体粘性调速传动装置 (ω 离合器)、电磁转差离合器及定子调压调速等。现就前三种进行分析比较。

低效调速装置在调速时其转差功率以发热的形式消耗掉,效率较低是其共同的特点。转子串电阻调速、液力耦合器和 ω 离合器调速装置的传动效率均为 $\eta_r = \frac{n}{n_s} = 1 - S$, 即传动效率与转速成正比,当转速调低时传动效率也降低。当 $S = \frac{1}{3}$, $n = \frac{2}{3} n_s$ 时,损失的转差功率最大, $P_{\max} = 0.148 P_e$ 。由于水泵所需

轴功率与转速的三次方成正比,在低效调速时输入功率与转速的平方成正比,所以水泵调速运行仍有一定的节能效果。

低效调速装置的另一特点是,控制设备简单,初次投资少,技术易于掌握,维护比较容易。

1. 转子串电阻调速可以将转子滑环短接使电动机全速运行。液力偶合器则有速度损失,最高转速为97%,不能实现全速运行。而离合器可以调到全速运行。

2. 液力偶合器和 ω 离合器均装在水泵与电动机之间,通过偶合器偶合程度调节水泵转速,一旦发生故障,则水泵不能运行。

3. 转子串电阻调速,调速范围较小,一般为50%~100%,转速低时特性曲线变软。液力偶合器调速范围为30%~97%, ω 离合器为10%~100%,调速范围最宽。

4. 起动性能均佳。转子串电阻调速起动转矩大,而起动电流可限制在一定范围内。后两者还可实现轻载起动,降低起动电流或缩短起动时间。

5. 均具有较高的功率因素,不产生高次谐波,不对电网造成污染。

6. 对于经常运行在90%~100%转速的水泵,宜优先选用转子串电阻调速。中小型水泵宜采用斩波器调速,大中型水泵宜采用液体变阻器调速。

7. ω 离合器外形尺寸与占地面积均较液力偶合器为小,且可全速运行,价格也比较便宜,调整速范围宽,技术经济指标优于液力偶合器。当决定用机械调速时,宜采用 ω 离合器。

四、高效调速装置比较

高效调速装置是指当电动机转速改变时基本保持额定转差,无转差功率损耗的设备,如变级数调速、变频调速、无换向器电动机调速等;或者将转差功率反馈回电网或电动

机轴上,如串级调速。变级数调速因速度变化不连续,水泵调速很少采用。

变频调速是将电源恒压恒频电能经整流逆变之后转变为电压频率均为可调的电能供给电动机作调速之用。其变压器及变流装置容量均应大于电动机容量。

串级调速则是将电源恒压恒频的电能送给电动机定子,而将转子的转差功率经整流逆变之后转变为恒压恒频的电能反馈回电网。串调系统变流装置与变压器容量及调速范围成正比,总小于电动机容量。

1. 水泵调速范围一般为70%~100%,故串级调速的变流装置及变压器容量只有电动机容量的1/3左右,远较变频调速为小,因而设备价格较低。但串级调速须采用绕线型电动机,电动机价格较贵。

2. 若串级调速与变频调速的设备水平相当,其变流装置和变压器的效率相同,因串调装置容量小,消耗在变流装置及变压器的容量也只有变频调速的1/3左右,故串调系统效率较高。

3. 由于晶闸管等元件制造水平的限制,变频器最高电压以1000V左右为宜,国外大容量变频器一般为660、850、1000V三种,这与我国常用电压等级不同,与之匹配的电动机为非标准系列产品。而串级调速则可适用于一般高压绕线型异步电动机,6.10kV均可。当电动机容量较大时,电流很大,电缆敷设困难,也有采用降压—变频—升压方案来解决电流过大问题,但这样增加了一级升压变压器,多了一级损耗,使调速系统的总效率降低了。

4. 当整流逆变装置水平相同时,串调装置容量较小,高次谐波含量也较小。串调装置为有源逆变,可利用电网电压过零嵌位,有利于逆变装置工作的对称性和降低高次谐波。变频装置为无源逆变,没有这一优点。

5. 串级调速系统功率因数很低是它最大

的缺点,但可用电容器或其他手段进行补偿。而变频调速系统功率因数则下降较少。

6. 国内串级调速技术比较成熟,已有系列产品生产,并具有一定的运行经验,对于调速范围较小的水泵电动机应优先选用。

无换向器电动机是一种新型的无级变速电动机,它由同步电动机、变频器和转子位置检测器组成。具有和直流电动机相似的优良的调速特性,调速范围可以达到 10:1 甚至 50:1。它结构简单,容易做到大容量、高转速。改变超前角可以实现正反转切换,可以方便地实现四象限运行。

无换向器电动机的输出转速是由与电机本身转速相应的频率决定的,它永远同步。逆变器可采用反电势换流,变频器主回路结构最为简单,且对晶闸管的要求不高,降低了调速装置的造价。缺点是转矩有较大的波动成分,且过载能力较低。

无换向器电动机调速系统是一种技术先进又可靠实用的变频调速系统,发展很快。上海电机厂和南京调速电机厂均有产品问世。特别是稀土永磁无换向器电动机调速系统的出现,系统更为简单。它具有广阔的发展前景,必将在大型水泵调速中获得应用。

五、对水泵调速系统节能的几点意见

水泵调速节能是一个系统工程,只有整个系统性能优良,才能实现最佳的节能效果。

1. 水泵调速选型不能片面强调新技术,应结合我国实际情况合理选择调速型式及台数,在多台水泵中只用一台调速达不到节能目的。同时要注意提高使用企业的技术水平,加强运行管理和维护力量,使调速这一新技术在市政行业中得到广泛地推广应用。

2. 据专家估计,国产水泵效率与国际先进水平比较平均低 5%~10%,而污水泵平

均低 20%~30%。国产水泵的流量、扬程等型谱规格尚不能完全满足水工业的实际需要。

3. 由于通过整流逆变使功率因数变坏和输出波形畸变,在电源侧将产生基波和谐波的无功功率,以致影响供电质量,并使电动机特性恶化。实测可知,电动机效率降低 5%~7%,功率因数降低 8%,而电流增加约 10%。由于高次谐波的影响,附加损耗增加和温升增高,限制了电动机的出力,并使噪声增加,对无线电的干扰增大,还影响其它电气设备的正常工作。所以,除在变流装置中采取措施限制高次谐波外,还应从电动机结构入手,提高其对高次谐波的适应能力。为此,建议电机制造厂能生产变频调速和串级调速用专用电动机,并采用高导磁硅钢片,在定子绕组、转子槽形设计中采取措施,使电动机在调速运行中能保持较高的效率和良好的性能。

六、结论与建议

1. 串级调速系统总效率较高,其变流装置容量较小,成本较低,且技术成熟,国内已有系列化产品生产,宜优先选用。

2. 当采用引进设备时 500kW 以下宜采用变频调速,500kW 以上可根据技术经济比较选用变频或串调。

3. 对于调速范围小,经常运行在 90%以上转速的水泵,宜采用绕线型异步电动机转子串液体变阻器调速。采用机械调速时, ω 离合器较液力偶合器优。

4. 无换向器电动机是先进实用可靠的变频调速系统,是大型水泵优选方案之一。

5. 水泵制造厂应拓宽水泵系列型谱,提高水泵效率;电机制造厂应生产调速配套专用电机,以适应水工业的发展和节能。