

水泵装置节能技术导则

2021 - 11 - 02 发布

2021 - 11 - 02 实施

目 次

前言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 基本规定..... 4

5 水泵节能技术..... 4

6 电机节能技术..... 5

7 管路及管件设备选配节能技术..... 5

8 阀门节能技术..... 6

9 变频调速装置节能技术..... 6

附录 A（规范性） 水泵装置测试..... 8

附录 B（资料性） 泵站装置节能对计算机监控系统的设计原则要求..... 1

参考文献..... 3

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 DB14/281-92《水泵装置节能技术规范》，与 DB14/281-92 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了“基本规定”一章(见第4章)、“水泵节能技术”一章(见第5章)、“电机节能技术”一章(见第6章)、“管路及管件设备选配节能技术”一章(见第7章)、“阀门节能技术”一章(见第8章)；
- b) 增加了资料性附录“泵站装置节能对计算机监控系统的设计原则要求”(见附录B)。

本文件由山西省水利厅提出并监督实施。

本文件由山西省水利标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：太原理工大学、山西漳河水务有限公司、山西泵站现场测试中心、上海凯泉泵业（集团）有限公司、山西省水利发展中心（山西省水利工程质量与安全监督站）、山西省水利水电勘测设计研究院有限公司、运城市水利勘测设计研究院有限公司。

本文件主要起草人：吴建华、罗中元、周瑞红、成一雄、徐睿、王万虎、罗敬文、李明、王俊华、高宏钧、刘爱军、杨建军、付永东、徐秋红、刘婧、刘涛、原野、涂小强、崔敏、罗文、薛宝菊、苏小娟、张少华、焦莉雅、杜卓。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1992年首次发布为 DB14/281-92；
- 本次为第一次修订。

水泵装置节能技术导则

1 范围

本文件规定了水泵装置的术语和定义、基本规定、水泵节能技术、电机节能技术、管路及管件设备选配节能技术、阀门节能技术和变频调速装置节能技术。

本文件适用于新建、改建和扩建泵站的节能设计和运行管理，机井泵站可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 12224 钢制阀门一般要求
- GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价值
- GB 30254 高压三相笼型异步电动机能效限定值及能效等级
- GB/T 30948 泵站技术管理规程
- GB 50265 泵站设计规范
- SL 548 泵站现场测试与安全检测规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

水泵装置

水泵、动力机、变频装置、阀门、进出水管(流)道及泵站计算机监控系统的组合体。

3.2

水泵实际扬程

指通过水泵每单位水体实际获得的能量。符号： H ，单位：m。

3.3

装置扬程

装置扬程 H_{sy} 应按公式(1)进行计算。

$$H_{sy} = E_{出} - E_{进} + \Delta h = \nabla_{出} - \nabla_{进} + \frac{P_{出} - P_{进}}{\rho g} + \frac{v_{出}^2 - v_{进}^2}{2g} + \Delta h \dots\dots\dots (1)$$

式中：

H_{sy} ——装置扬程，装置静扬程与进、出水管系统的阻力损失之和，单位为米(m)；
 $E_{进}$ 、 $E_{出}$ ——分别为水泵装置进、出口断面水流的总能量，单位为米(m)；
 $\nabla_{进}$ 、 $\nabla_{出}$ ——分别为进、出口设计水位高程，单位为米(m)；
 $P_{进}$ 、 $P_{出}$ ——分别为水泵进、出水断面压力，单位为千帕(kPa)；
 $v_{进}$ 、 $v_{出}$ ——分别为进、出水断面的流速，单位为米每秒(m/s)；
 Δh ——管路、水泵系统的阻力损失，单位为米(m)；
 ρ ——水的密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；
 g ——重力加速度，单位为米每平方秒(m/s²)。

3.4

水泵有效功率

水泵有效功率 P_u 应按公式(2)进行计算。

$$P_u = \frac{\rho g Q H}{1000} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_u ——水泵有效功率，单位时间内水体从水泵得到的能量，单位为千瓦(kW)；
 Q ——水泵流量，单位为立方米每秒(m³/s)；
 H ——水泵实际扬程，单位为米(m)；
 ρ ——水的密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；
 g ——重力加速度，单位为米每平方秒(m/s²)。

3.5

水泵轴功率

轴功率动力机经传动设备后传递给水泵主轴上的功率。符号： P_a ，单位：kW。

3.6

动力机输入功率

输入功率拖动水泵的动力机消耗的功率。符号： P_{gr} ，单位：kW。

3.7

装置有效功率

装置有效功率 P_{sy} 应按公式(3)进行计算。

$$P_{sy} = \frac{\rho g Q H_{sy}}{1000} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_{sy} ——装置有效功率，单位时间内水流通过水泵装置所获得的能量，单位为千瓦(kW)；
 H_{sy} ——装置扬程，单位为米(m)；
 Q ——水泵流量，单位为立方米每秒(m³/s)；
 ρ ——水的密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；
 g ——重力加速度，单位为米每平方秒(m/s²)。

3.8

水泵效率

水泵效率 η_p 应按公式(4)进行计算。

$$\eta_p = \frac{P_u}{P_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

η_p ——水泵效率, 水泵的有效功率与轴功率之比的百分数;

P_u ——水泵有效功率, 单位为千瓦(kW);

P_a ——水泵轴功率, 单位为千瓦(kW)。

3.9

机组效率

机组效率 η_{gr} 应按公式(5)进行计算。

$$\eta_{gr} = \frac{P_u}{P_{gr}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

η_{gr} ——机组效率, 水泵的有效功率与动力机输入功率之比的百分数;

P_u ——水泵有效功率, 单位为千瓦(kW);

P_{gr} ——动力机输入功率, 单位为千瓦(kW)。

3.10

管路效率

管路效率 η_{pi} 应按公式(6)进行计算。

$$\eta_{pi} = \frac{H_{sy}}{H} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

η_{pi} ——管路效率, 水泵装置扬程与水泵实际扬程之比的百分数;

H_{sy} ——装置扬程, 单位为米(m);

H ——水泵实际扬程, 单位为米(m)。

3.11

装置效率

装置效率 η_{sy} 应按公式(7)进行计算。

$$\eta_{sy} = \frac{P_{sy}}{P_{gr}} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

η_{sy} ——装置效率, 装置有效功率与动力机输入功率之比的百分数;

P_{sy} ——装置有效功率, 单位为千瓦(kW);

P_{gr} ——动力机输入功率, 单位为千瓦(kW)。

3.12

水泵装置性能曲线

水泵装置扬程、动力机输入功率、装置效率等随流量变化的曲线，即 $Q-H_{sy}$ 、 $Q-P_{gr}$ 、 $Q-\eta_{sy}$ 曲线等。

3.13

变频调速装置

由变频装置供电用以改变输出频率和输出电压控制交流电动机转速的调速控制装置。

4 基本规定

4.1 一般规定

4.1.1 水泵装置选用的主要设备和材料应满足工程运行节能要求，设计选配方案应进行能效分析对比，确定相应节能设计原则、方案和措施；大中型泵站改造前后应进行水泵装置性能测试，并进行装置效率计算，小型泵站参照执行。

4.1.2 水泵装置测试方法按照附录 A 执行。

4.1.3 水泵装置宜设有计算机监控系统，设计原则要求参见附录 B。

4.2 现场测试

大中型泵站投入运行前，应委托具有相应检测资质的单位实施，按照附录 A 执行。

4.3 水泵装置效率指标

4.3.1 测定的水泵装置效率应满足 GB/T 30948 的相关要求。

4.3.2 大中型泵站技术管理及技术经济指标，应满足相关标准要求。

4.4 水泵装置节能技术管理

4.4.1 泵站管理单位宜建立泵站节能管理制度，设置节能管理职能，负责监督检查泵站节能降耗执行情况，定期分析并提出节能降耗措施；必须制定节能技术培训的具体要求，管理人员需掌握水泵装置操作时节能的基本知识。

4.4.2 大型泵站宜进行水泵装置优化调度节能技术研究。

5 水泵节能技术

5.1 一般规定

5.1.1 水泵设备应选用技术成熟、性能先进、高效节能的产品。

5.1.2 对国家已公布淘汰的水泵设备，使用部门应在规定的期限内，有计划地分批进行技术改造或更换国家公布的节能型产品。

5.2 泵站设计节能技术要求

5.2.1 水泵台数、级数确定的基础上，至少选择 2 种泵型进行泵系统装置效率的分析比较，优选出效率较高的泵型。

5.2.2 水泵结构确定的基础上,原则要求对单泵、并联、大小泵等多种布置型式进行系统效率的比较分析,复核泵系统的装置效率,检验水泵选型的经济性及合理性。

5.2.3 对于自动化系统投入运行的水泵装置,应用软件应具有效能评价功能。

5.3 泵站运行节能技术要求

5.3.1 泵站运行中宜考虑加大流量和最小流量的运行调度;因进、出水池水位不同,产生泵站不同的扬程,水泵选择宜满足扬程及工况变化的要求,力求效率高、汽蚀性能好。

5.3.2 水泵的额定效率大于 GB 19762 中规定能效限定值,则认为设备选型合理;水泵选型技术经济指标,应满足 GB/T 30948 的相关规定。

5.4 水泵进、出水流动节能技术要求

5.4.1 进、出水流动布置应满足 GB 50265 的相关要求。

5.4.2 重要大型泵站的进、出水流动宜采用三维流动数值计算分析,并应进行装置模型实验验证,力求提高装置效率,以利节能。

6 电机节能技术

6.1 一般规定

电动机设备应选用技术成熟、性能先进、高效节能的产品,淘汰更新低效电动机。

6.2 电动机选型节能技术要求

6.2.1 应选择节能高效电动机,容量在 2000 kW 以上的电动机,宜选用同步电动机;在考虑配电电压等级的条件下,容量在 355 kW 以上的电动机宜选用高压电动机。

6.2.2 对于 30kW 以上的水泵,经常改变工况运行,且负载率经常在 40%以下时应选用调速电动机;对于 50kW 以上的电动机要配置电流表、电度表,以便监测与计量;对于 100kW 以上的异步电动机,在安全允许的条件下宜设置就地无功补偿装置。

6.3 电动机运行节能技术要求

6.3.1 电动机在额定容量、额定电压、额定频率和额定功率因数运行时,额定效率保证值应满足 GB 30254 一级能耗的规定要求;宜优化电机系统的运行和控制,推广软启动装置、无功补偿装置,通过过程控制合理配置能量,实现系统经济运行。

6.3.2 负荷变化幅度大、变化频繁、运行时间长的电动机,宜采用变频调速装置;通过对用电设备实际负荷的量测或者预测,综合考虑电缆的经济电流密度,减少电缆的热损失。

6.3.3 电动机运行效率 $\geq$ 电动机额定效率 $\times 85\%$,即达到电动机节能标准。

7 管路及管件设备选配节能技术

7.1 机组进、出水侧管道及管件节能技术

7.1.1 进水侧管路宜尽量减少进水管的长度及其附件,管线布置应平顺,转弯少,减少水力损失;离心泵或小口径轴流泵、混流泵的进水管路部分设计流速宜取 1.5 m/s $\sim$ 2.0 m/s;离心泵或小口径轴流泵、混流泵的出水管路设计宜取 2.0 m/s $\sim$ 3.0 m/s。

7.1.2 进、出水管道系统的安装、维修要保证质量,防止渗水、冒水和跑水的不良现象,并及时清除

流道堵塞物，以利节能。

7.2 泵站出水管道设计节能技术

7.2.1 泵站出水管道布置应尽量减少管道长度与弯度；出口宜采用淹没出流，出口上缘应淹没在出水池最低运行水位以下 0.3 m~0.5 m。

7.2.2 充分考虑各类管道使用范围，通过节能降耗和技术经济等方面综合比较，合理确定管道的材料，通过年费用最小法确定经济管径，力求管道流速在经济流速范围内。

7.2.3 长距离、多起伏的管道系统设计时，应进行水力过渡过程分析，并经过经济技术比选，确定最优防护方案；防护措施要求能够自适应不同工况切换的安全要求，并综合考虑最大、最小压力、水泵反转转速、管道喘振等因素。

8 阀门节能技术

8.1 一般规定

根据操作、安全、阀门功能及经济合理性，综合比选所需阀门类型及口径。

8.2 水力控制阀节能技术要求

8.2.1 水泵出水侧宜配有水力控制阀和检修阀，水泵进水侧宜配电动蝶阀；主工作阀门宜采用全通径结构，大中型蝶阀全开时的阻力系数应小于 0.2。

8.2.2 水力控制阀关闭时，宜按照水力过渡过程报告中的关闭规律进行，确保系统运行安全；应定期对阀门进行维修检查，包括外观和解体检查。

8.3 检修阀节能技术要求

8.3.1 水泵进出水侧均需设置检修阀。

8.3.2 压力管道上应结合管道分段及排水时间来确定检修阀位置，一般每 5 km~10 km 设置一座，且应符合 GB/T 12224 的相关要求。

9 变频调速装置节能技术

9.1 一般规定

9.1.1 变频调速设备宜选用节能产品。

9.1.2 宜采用泵负载变频调速系统，提高运行效率、降低能耗。

9.2 变频调速装置选型技术

9.2.1 需增设变频调速系统的情况：

- a) 泵的运行工况点偏离高效区；
- b) 使用挡风板、阀门截流以及旁路分流等方法调节流量的系统；
- c) 压力、流量变化幅度较大，运行时间长的系统。中低流量变化类型的泵负载及全流量间歇类型的泵负载运行工况应符合下列要求：
 - 1) 流量变化幅度 $\geq 30\%$ 、变化工况时间率 $\geq 40\%$ 、年总运行时间 ≥ 3000 h；
 - 2) 流量变化幅度 $\geq 20\%$ 、变化工况时间率 $\geq 30\%$ 、年总运行时间 ≥ 4000 h；
 - 3) 流量变化幅度 $\geq 10\%$ 、变化工况时间率 $\geq 30\%$ 、年总运行时间 ≥ 5000 h。

9.2.2 变频器与负载的匹配应满足电压、电流、转矩的要求；高速电机变频器按其容量稍大于普通电机变频器的容量进行选型。

9.3 变频调速装置节能技术

9.3.1 变频调速装置在电源额定电压变化 $\pm 10\%$ 、额定频率变化 $\pm 1\text{ Hz}$ 的范围内应能正常工作。

9.3.2 除另有规定外，变频调速装置的平均无故障时间(MTBF)不少于 8000 h。

9.4 变频装置节能评价

9.4.1 变频装置变频范围应综合考虑设备及装置情况，经技术经济比较确定。

9.4.2 年平均节电率 $\geq 30\%$ ，则认定系统运行效率最佳；年平均节电率 $\geq 20\%$ ，则认定系统运行效率佳；年平均节电率 $\geq 15\%$ ，则认定系统运行效率较好。

附 录 A
(规范性)
水泵装置测试

A.1 测试项目

含流量、功率、扬程、转速、水流密度或含沙量（含沙量一般采用置换法测定）等。

A.2 测量不确定度

根据现场测试目的和要求的不同以及被测量的不同，规定不同的不确定度，如表A.1所列。

表 A.1 总不确定度

测量量	不确定度 (%)
流量	3.5
泵扬程	1.0
泵轴功率	3.5
电动机输入功率（确定机组效率的试验）	2.0
转速	0.2
泵效率	5.0
机组效率	4.5

A.3 测试条件

A.3.1 机组状态及测试工况

测试期间，水泵装置及辅机设备均应处于正常的运行状态；必须在恒定的水头、负荷和转速下进行，其单项测量值的变化应在下列范围之内：水头变化为平均水头的 2%，负荷变化为平均负荷的 3%，转速变化为平均转速的 1%。

A.3.2 测试仪器及参数换算

所有测试仪表都应在试验前后经过率定且在有效使用期内，电热工仪表尽可能使被测量值大于 2/3 以上仪表满刻度值；在测试工况下，应同时测量各项参数，每一工况被测量的实测值，应取各次读数的算术平均值；水泵的实测转速与额定转速不同时，其参数应按泵的相似原理进行换算。

A.4 水泵流量、扬程测量及功率测量

对于能够满足测流精度要求的测流方法、功率测量方法宜优化量测技术。水泵流量、扬程测量及功率测量具体方法按 SL 548 执行。

A.5 转速的测定

转速测量的方法可分为两类，直接测量法和间接测量法，可直接用转速表测出。

A.6 效率计算

按照本文件第3章的要求计算。

附录 B

(资料性)

泵站装置节能对计算机监控系统的设计原则要求

B.1 计算机监控系统需提供的资料

B.1.1 电气设备一般含 GIS 配电装置、主变压器、开关柜、高压变频装置系统、用电设备、中央控制设备、柴油发电机等，设备一般包括：

- a) 水泵电机(包括自动化元件等)及其辅助设备；
- b) 变频器；
- c) 继电保护系统；
- d) 厂用电系统；
- e) 火灾报警系统；
- f) 通风系统；
- g) 直流系统；
- h) 辅机控制系统；
- i) 调度计算机监控系统等。

B.1.2 建议所有设备都应能在工程所在海拔高程和环境温度下连续运行，应满足外部自然环境条件、气温及水温的要求。

B.2 辅助电气设备及控制设备接口要求

B.2.1 可编程序控制器应能与泵站监控系统以标准接口进行通信；PLC 配置交、直流供电模块转换装置，需满足相应的供电要求；有 I/O 接点应按工程建设规模配置，并预留 20%的裕量。抗干扰措施需满足电气环境要求。

B.2.2 机组附属及相关设备与泵站计算机监控系统的通信采用现场总线技术，对于总故障信号和涉及泵站运行安全的量，应保留硬布线连接。

B.3 计算机监控系统技术要求

B.3.1 性能要求

性能要求需满足集成性、实时性、扩展性、可靠性及安全性的要求。

B.3.2 系统结构

宜采用开放分布式结构，功能应分开设置，系统的设计需符合《电力监控系统安全防护规定》的规定。

B.3.3 泵组控制方式及监控对象

泵组控制采用远程控制与现地控制相结合。监控对象进出水口阀门及机组所属配套和辅助设备。站控层的功能至少应包括：数据采集、数据处理、自动控制、数据分发、设备运行管理及指导、远程通信、远程诊断与维护。

B.4 系统硬件

B.4.1 除符合工业应用标准外，同时宜符合工程运行环境要求；监控系统结构应模块化设计，机内总线标准化，有较强的扩展能力。

B.4.2 系统应具备网络安全防护功能或措施。

B.5 软件要求

B.5.1 软件平台环境

计算机监控系统中各结点计算机均应采用符合开放系统互联标准的汉化操作系统，数据库服务器应采用UNIX或LINUX系统，操作人员可采用符合要求的中文版用户操作系统。

B.5.2 软件开发工具及数据库软件

应具有有效的编译软件包括：编程语言程序、交互式数据库编辑软件；计算机监控系统数据库应包括实时数据库和商用关系型数据库。数据库的数据结构定义应包括计算机监控系统和管理所需要的全部数据项。

B.5.3 应用软件的开发

泵站计算机监控系统应用软件是核心的内容，其功能需满足分析供水系统的装置效率及能源单耗等节能指标的要求，以指导供水系统的节能运行。

参 考 文 献

- [1] 国家发展和改革委员会. 电力监控系统安全防护规定: 中华人民共和国国家发展和改革委员会令 第 14 号 [A/OL]. (2014-08-01) [2021-05-14]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2014/content_2758709.htm.
-