

ICS 27.010
CCS F01

DB5104

四川省（攀枝花市）地方标准

DB 5104/ T54.1—2022

节能改造技术规范 第1部分：水泵系统

2022-01-18 发布

2022-02-18 实施

攀枝花市市场监督管理局 发布

前 言

本文件按照GB/T1.1—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。

本文件由攀枝花市经济和信息化局提出。

本文件由攀枝花市经济和信息化局归口。

本文件主要起草单位:攀枝花钢城集团有限公司。

本文件参与起草单位:攀枝花学院、四川省节能协会、攀枝花瑞杰节能环保科技有限公司。

本文件主要起草人:朱胜良、罗天军、宋文德、李静、余鑫、谢永生、张敬东、王聪、付强、徐苹、盛士新、邓军、刘财勇、张飞、黄启福、陈文超。

本文件首次制定发布。

节能改造技术规范 第1部分：水泵系统

1 范围

本文件规定了工业企业水泵系统节能改造标准，提出了改造过程涉及的水泵系统参数监测、能效判定、改造技术路径、改造实施、改造效果评定等过程管理。

本文件适用于攀枝花地区水泵系统节能改造。

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 3214 水泵流量的测定方法

GB/T 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级

GB/T 3956 电缆的导体

GB/T 12497 三相异步电动机经济运行

GB/T 13466 交流电气传动风机（泵类、空气压缩机）系统经济运行通则

GB/T 16666 泵类液体输送系统节能监测

GB 18613 电动机能效限定值及能效等级

GB 19762 清水离心泵能效限定值及节能评价值

GB/T 30256 节能量测量和验证技术要求 泵类液体输送系统

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

泵

泵是输送液体或使液体增压的机械。它可将原动机的机械能或其他外部能量传送给液体，使液体能量增加。

3.2

水泵系统

由水泵、交流电动机、调速装置、传动机构、管网和辅助设备按工艺流程所组成的装置总体。

3.3

流量

流量是泵在单位时间内输送出去液体的量（体积或重量）。

3.4

速度水头

又称流速水头，每单位流体运动速度的平方与两倍的重力加速度的比值。

3.5

进口总水头

水泵进口截面处的总能量。

3.6

出口总水头

水泵出口截面处的总能量。

3.7

扬程

出口总水头与进口总水头的代数差。

3.8

电机输入功率 P_i

电机驱动装置端子上供给的有功功率。

3.9

水泵效率 η_s

水泵水功率与水泵输入轴功率之比。

3.10

电机效率 η_d

电机输出功率与电机输入功率之比。

3.11

传动机构效率 η_c

电机与水泵之间的联轴器、减速器、液偶等传动装置的效率。

4 水泵系统参数测量

4.1 测试要求

4.1.1 对水泵的运行参数检测，应包括水泵在企业生产全流程、全过程的跟踪检测。

4.1.2 水泵系统流量、压力的检测按 GB/T 3216、GB/T 16666、GB/T 30256 执行。

4.1.3 测量工具应符合相应产品标准规定，如对测量工具、结论有异议且协调无法解决的，可委托具有相应法定资质的第三方检测机构进行检测。

4.2 压力及流量的测量

4.2.1 测量要求

4.2.1.1 测量工具

超声波流量测试仪、压力表等。

4.2.1.2 精度要求

测量表的精度要求，压力表不低于 0.5 级，流量表不低于 1.5 级，每个测试点采集数据实际不少于 5 分钟。

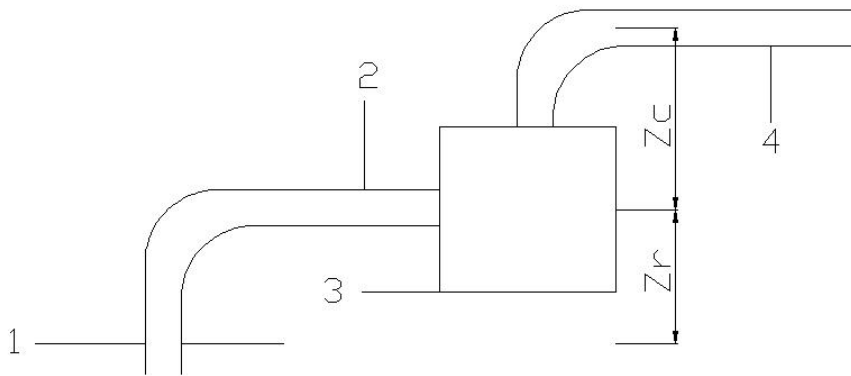
4.2.1.3 测量方式

被测量应在测量仪器量程 $1/3$ 和 $2/3$ 之间。

4.2.2 流量的测量

4.2.2.1 水泵流量 Q 由超声波流量测试仪进行测量。测定位置应选择直管段，传感器安装位置参照下列距离执行：弯管段上游大于 $10D$ (D 为管径)，距离下游弯管段大于 $5D$ ，距离泵口及阀门距离大于 $30D$ 。

4.2.2.2 若直管段长度不够使用（例如在短喇叭管的情况下），测量位置应由各方协商选取，应尽可能好地利用测量截面的上游和下游局部条件（按上游和下游之比 $2:1$ ）确定测量点，测量结果须经各方商定。测量位置见图 1。



1——吸水口水平面；

2——进水口测试点；

3——水泵基准面；

4——出水口测试点；

Z_r ——吸水口平面至水泵进水口中心线垂直高度；

Z_c ——出水口监测点至水泵进水口中心线垂直高度。

图 1 水泵流量测量位置示意图

4.2.2.3 分别在水泵进水口 2 及出水口 4 位置测试水泵系统流量。对于进出口管径相同的情况，可不测试水泵进口的流量。

4.2.2.4 流定测量还可利用差压法，具体按 GB/T 3214 中水泵流量测定方法执行。

4.2.3 压力的测量

水泵系统压力的测定，需要在管道上开孔，加装压力表检测。

4.2.3.1 进水口测量

4.2.3.1.1 用压力表测定进水口压力值，记为 P_{sr} ，泵进口的总水头按公式(1)计算：

$$H_r = Z_r + \frac{P_{sr}}{\rho g} + \frac{U_r^2}{2g} \dots\dots\dots(1)$$

式中：

Z_r ——吸水口平面至水泵进水口中心线垂直高度，单位为米(m)；

P_{sr} ——进水口测试点压力，单位为千帕(kPa)；

U_r ——进水口速度，单位为米每秒(m/s)。

4.2.3.1.2 对于水泵进水口距离吸水面距离较近，进水口速度水头与扬程之比小于 0.5%的情况下，可不对进水口压力进行检测。进水口总水头近似为吸水口液面距离水泵基准面高差 Z_r ，吸水口低于水泵基准面为负值，吸水口高于水泵进水口为正值。开孔和测量应严格按 GB/T 3216 执行。

4.2.3.2 出水口测量

4.2.3.2.1 用压力表测定出水口压力值，记为 P_{sc} 。出口测量截面应设在与泵出口法兰同轴同直径的直管段截面处，取压孔应垂直于蜗壳的平面或泵壳内的任何弯头的平面。出口测量截面应设在与泵出口法兰相距 2 倍管路直径的下游处。对出口速度水头小于扬程的 5%的泵，出口测量截面可以设在出口法兰处。

4.2.3.2.2 泵出口的总水头按公式(2)计算：

$$H_c = Z_c + \frac{P_{sc}}{\rho g} + \frac{U_c^2}{2g} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

Z_c ——出水口监测点至水泵进水口中心线垂直高度，单位为米(m)；

P_{sc} ——出水口测试点压力，单位为千帕(kPa)；

U_c ——出水口速度，单位为米每秒(m/s)。

4.2.3.2.3 当泵引起的旋涡流、不规则的速度或压力分布影响出口总水头的确定时，考虑出口法兰与测量截面之间的水头损失，应将取压孔设在下游距离出口法兰更远的地方。

4.2.3.3 管网测量及运行判别

对于水泵系统管网,应根据水泵系统各支路的工作压力确定管损。鉴于每个水泵系统的管网及支路工作压力要求并不一致,管损计算不纳入本标准,对管网的运行判别与评定按GB/T 13466执行。

4.2.3.4 水泵实际扬程计算

4.2.3.4.1 水泵运行,实际扬程按公式(3)计算:

$$H = \left(\frac{P_{sc}}{\rho g} - \frac{P_{sr}}{\rho g} \right) + (Z_c - Z_r) + \frac{U_c^2 - U_r^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

4.2.3.4.2 当进水口速度水头与扬程之比小于 0.5%时,可不对进水口压力进行检测,进水口的压力接近大气压,若水泵出进口管径相同的情况下,上面公式可化简公式(4):

$$H = \frac{P_{sc}}{\rho g} + (Z_c - Z_r) \dots\dots\dots (4)$$

4.3 电能的测定

对水泵的电力运行参数的检测,应包括水泵在企业生产全流程、全过程的跟踪检测,包括轻载、重载等工况的检测,识别负荷属于平稳性负荷、波动性负荷等。

4.3.1 测量工具

电能质量测试仪、带有功及功率因素测量功能的钳形表、多功能电能表和累时器。

4.3.2 电能的测量

4.3.2.1 受限于水泵工作场景,通常无法直接测量水泵的输入轴功率。本标准采用测量水泵拖动电机输入功率的方式来计算水泵系统的效率。

4.3.2.2 测量电机输入功率应尽量靠近电机本体出线端,若不能满足,则应在靠近电机最近的配电箱进行检测。最大程度避免线路损耗计入电机输入功率,影响测量准确度。

4.3.2.3 电能的测量参数应包含电压 U 、电流 I 、有功功率 P 、功率因数 $\cos\varphi$ 、谐波畸变率等。

5 水泵系统节能改造判定

5.1 水泵系统效率

5.1.1 电机输入功率

根据对电能参数的测量,水泵配套电机的输入功率按公式(5)计算:

$$P_r = UI \cos \varphi \dots\dots\dots (5)$$

式中:

U ——运行电压,单位为伏特(V);

I ——运行电流，单位为安培(A)；

$\cos\phi$ ——运行实际功率因数。

5.1.2 水功率

根据对水泵流量及扬程的测量，水泵水功率按公式(6)计算：

$$P_s = \frac{\rho g Q H}{3600} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

P_s ——水泵水功率，单位为千瓦(kW)；

ρ ——水的密度，单位千克每立方米(kg/m³)；

Q ——水泵运行流量，单位为立方米每小时(m³/h)；

H ——水泵扬程，单位为米(m)。

5.1.3 水泵系统效率

根据电机的输入功率及水泵系统水功率，水泵系统的总效率按公式(7)计算：

$$\eta_s = \frac{P_s}{P_r} \dots\dots\dots (7)$$

5.2 测量数据修正

5.2.1 对输入功率的修正

5.2.1.1 对于电能测量点靠近电机本体出线端的，测量值不需要修正。

5.2.1.2 对于电机安装在不具备检测条件的，应对核算配电柜至电机端的线损，对输入功率按公式(8)进行修正。

$$P_{xs} = I^2 \rho \frac{L}{S} \left(\frac{T+t_1}{T+t_0} \right) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

P_{xs} ——电机至配电柜位置线损，单位为千瓦(kW)；

ρ ——电阻率，单位为欧姆·平方毫米每千米($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{km}$)；

L ——导线或电缆长度，单位为米(m)；

S ——导线或电缆截面积，单位为平方毫米(mm²)；

T ——电阻温度常数(铜线取 234.5℃，铝线取 228℃)；

t_1 ——实测绕组温度，单位为摄氏度(℃)；

t_0 ——换算温度(20℃)。

5.2.1.3 工业生产用电缆大部分为第二类导体，修正系数参考线缆材质、线缆截面积、线缆长度、环境温度及线缆运行温升，按 GB/T 3956 执行。

5.2.2 修正后的水泵系统效率按公式(9)计算：

$$\eta_{sx} = \frac{P_s}{(P_r - P_{xs})} \dots\dots\dots(9)$$

式中：

η_{sx} ——修正后的水泵系统效率，%。

5.3 可节能改造的条件

5.3.1 水泵系统额定效率

水泵系统额定效率按公式(10)计算：

$$\eta_e = \eta_{se} \leftarrow \eta_c \leftarrow \eta_d \dots\dots\dots(10)$$

式中：

η_e ——水泵系统额定效率，%；

η_{se} ——水泵额定效率，%；

η_c ——传动机构额定效率，%。若有多级传动，则为多级传动机构效率之积；

η_d ——电机额定效率，%。

5.3.2 水泵系统效率判定

5.3.2.1 水泵额定效率应不低于 GB 19762 要求。水泵系统效率判定方法见表 1。

表 1 水泵系统效率判定汇总表

判定式	是否经济	是否改造
$\eta_{sx} > 0.85 \eta_e$	运行经济	不改造
$0.85 \eta_e \geq \eta_{sx} \geq 0.7 \eta_e$	运行合理	不改造
$\eta_{sx} < 0.7 \eta_e$	运行不经济	节能改造

5.3.2.2 按 GB 18613 和 GB/T 12497 的规定，电机综合效率不应低于 60%。在现场难以确定综合能效的情况下，通过电机有效电流与电机额定电流之比来判断电动机的工作状态，电流下降超过 35%属于非经济使用范围，应对水泵系统电机进行节能改造。电机有效电流按公式(11)计算：

$$I_x = \frac{P_r}{1.732U \cos \varphi_0} \dots\dots\dots(11)$$

式中：

I_x ——根据有功及额定功率因数修正的有效电流，单位为安培(A)。

注：公式(11)适用仅用于电机功率因数大幅度低于电机额定功率时修正有效电流，用于判定电机运行是否经济。水泵配套电机经济运行判定方法见表2。

表2 水泵配套电机经济运行判定方法

判定式	是否经济	是否改造
$\eta_{dz} \leq 0.6$	运行不经济	对电机节能改造
$I_x \leq 0.65I_e$	运行不经济	对电机节能改造
表中： η_{dz} 为电机综合效率； I_x 为电机有效电流； I_e 为电机额定电流		

6 水泵系统改造技术路径及改造实施

6.1 对水泵泵体进行改造

6.1.1 根据检测水泵系统的实际流量及扬程，结合表1的判定依据，若水泵运行不经济，则应选择应采用高效节能水泵替代原水泵，并满足最高流量及扬程对应的工况要求。水泵改造应满足改造后的水泵系统运行能效与水泵额定能效比值达到0.85以上。

6.1.2 水泵泵体改造原则：使用原驱动电机；改造后的水泵安装尺寸结构不变，仍采用原有水泵结构，水泵安装基础不能更改，避免节能改造期间长时间停产影响生产。改造设备包括：水泵本体及配套部件。

6.2 对配套电机进行变频改造

6.2.1 根据监测水泵全过程流量及扬程，若水泵系统存在变工况运行的情况，工况变化导致系统输入功率变化幅度超过20%且变工况时间率超过30%时，则应选择对配套电机进行变频调速改造。

6.2.2 若水泵系统为变工况运行，节能改造后通过调速方式降低水泵运行全过程、全流程平均流量和扬程，确保生产稳定的情况，则工况变化过程调速实现的节能应视为有效节能。

6.2.3 变频改造不得引入新的谐波源，改造后水泵系统配电线路上谐波不得超标，380V电压等级电压总谐波畸变率不超过5%，6kV、10kV电压等级电压总谐波畸变率不得超过4%。

6.3 选配智能电机系统

6.3.1 根据电能参数的测定，结合表2的电机综合效率判定依据，若电机运行不经济，宜对水泵系统配套电机进行节能改造，选配智能控制、节能高效替代原驱动电机。

6.3.2 电机运行电流根据本文件5.3.2.2中公式(11)修正为电机有效电流，若电机有效电流低于电机额定电流的35%，判定电机运行不经济，应选配智能控制、节能高效电机替代原驱动电机。若电机有效电流低于电机额定电流的35%，判定电机运行不经济，应选配智能控制、节能高效替代原驱动电机。

6.3.3 智能电机系统同样具备调速节能能力，若水泵系统为变工况运行，节能改造后通过调速方式降低水泵运行全过程、全流程平均流量和扬程，确保生产稳定的情况，则工况变化过程调速实现的节能应视为有效节能。

6.3.4 电机改造原则上不改动原有水泵，仅对电机及其控制系统进行改造，新电机安装尺寸应与原电机安装尺寸完全一致，不得改动原电机基础破坏新旧电机互换性，避免节能改造期间长时间停产。

6.3.5 智能控制、高效电机的改造应具备低速、重载启动功能，以确保安全去除原电机所配调速系统、串电阻等降压启动的机构。

6.3.6 在水泵系统节能改造过程中，技术路径可采用一条，也可以采用两条及以上。

7 水泵系统改造效果评定

7.1 改造前参数

7.1.1 改造前需对水泵系统流量、扬程进行检测，改造方与用能单位双方签字确认。

7.1.2 改造前需在原电机配电房加装三相有功电度表以及累时器，在约定的采集周期内，记录原始耗电数据，作为计算改造节电率的原始数据，双方签字确认。

7.1.3 改造前所有压力表、流量计、有功电度表、累时器等数据，改造相关方应到现场共同确认，抄表、拍照作为结算原始依据并存档备查。水泵系统改造前参数确认表见附录 A。

7.1.4 水泵系统改前平均功率按公式(12)计算：

$$P_{rq} = k \frac{W_2 - W_1}{T} \dots\dots\dots (12)$$

式中：

P_{rq} ——改造前电机平均有功功率，单位为千瓦(kW)；

k ——电度表倍率；

W_1 、 W_2 ——改造前采集周期起始、终止运行时的有功电度，单位为千瓦时(kW·h)；

T ——采集周期，单位为小时(h)。

7.2 改造后参数

7.2.1 改造后需对水泵系统流量、扬程进行检测，改造方与用能单位双方签字确认。若水泵系统为变工况运行，节能改造后通过调速方式降低水泵运行全过程、全流程流量和出口压力，确保生产稳定的情况，则工况变化过程调速实现的节能应视为有效节能，改造成功。

7.2.2 改造后需在电机配电房加装三相有功电度表以及累时器，在约定的集周期内，记录原始耗电数据，作为计算改造节电率的原始数据，双方签字确认。

7.2.3 改造后所有压力表、流量计、有功电度表、累时器等测量数据，改造相关方应到现场共同确认，抄表、拍照作为结算原始依据并存档备查。水泵系统改造后参数确认表见附录 B。

7.2.4 水泵系统改后平均功率按公式(13)计算：

$$P_{rh} = k \frac{W_4 - W_3}{T} \dots\dots\dots (13)$$

式中：

P_{rh} ——改造后电机平均有功功率，单位为千瓦(kW)；

W_3 、 W_4 ——改造后采集周期起始、终止运行时的有功电度，单位为千瓦时(kW·h)。

7.3 节能量及节能效率的核定

7.3.1 根据改造前后的平均功率计算改造前后的节能量及节能率。

7.3.2 改造后时间段 t 内的节能量按公式(14)计算：

$$S_e = (P_{rq} - P_{rh}) \times t \dots\dots\dots (14)$$

7.3.3 改造后时间段 t 内的节能率按公式(15)计算：

$$S_r = \frac{P_{rq} - P_{rh}}{P_{rq}} \times 100\% \dots\dots\dots (15)$$

附 录 A
(资料性)
水泵系统改造前参数确认表

水泵系统改造前参数确认表

单位：

制表时间：

项目或设备名称			
用能单位（甲方）			
节能方（乙方）			
水泵型号		生产年月	
额定扬程（kPa）		出口压力（kPa）	
额定流量（m ³ /h）		运行流量（m ³ /h）	
电机型号		生产年月	
额定功率（kW）		运行有功（kW）	
电度表起		电度表止	
倍率（ /5）		本期用电量（kWh）	
累时器起		累时器止	
累计时间（小时）		改造前平均功率 P_{rq} （kW）	
节能服务单位 确认意见（签章）			
用能单位确认 意见（签章）			

联系人：

联系电话：

备注：若用能企业自主实施，则本表中节能服务单位相应删除。

附 录 B
(资料性)
水泵系统改造后参数确认表
水泵系统改造后参数确认表

单位：

制表时间：

项目或设备名称			
用能单位（甲方）			
节能方（乙方）			
水泵型号		生产年月	
额定扬程（kPa）		出口压力（kPa）	
额定流量（m ³ /h）		运行流量（m ³ /h）	
电机型号		生产年月	
额定功率（kW）		运行有功（kW）	
电度表起		电度表止	
倍率（___/5）		核算期用电量（kWh）	
累时器起		累时器止	
累计时间（小时）		核算期平均功率	
改造前平均功率 P_{r1} （kW）		改造后平均功率 P_{r2} （kW）	
节能量 S_e （kW·h）		节能率 S_r （%）	
节能服务单位 确认意见（签章）			
用能单位确认 意见（签章）			

联系人：

联系电话：

备注：若用能企业自主实施，则本表中节能服务单位相应删除。

参 考 文 献

- [1] JB/T 3565 长轴离心深井泵 效率
 - [2] JB/T 12992.2 电动机系统节能量测量和验证方法（第2部分：泵系统节能量测量和验证方法）
 - [3] GB/T 13468 泵类液体输送系统电能平衡测试与计算方法
 - [4] GB/T 13469 离心泵、混流泵、轴流泵与旋涡泵系统经济运行
 - [5] GB/T 21056 风机、泵类负载变频调速节电传动系统及其应用技术条件
 - [6] GB/T 26921 电机系统（风机、泵、空气压缩机）优化设计指南
 - [7] 工信部公告 部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录(2010 年本)
 - [8] 工信部公告 高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录（第一至四批）
 - [9] 工信部公告 节能机电设备(产品)推荐目录(第一至七批)
 - [10] 工信部公告 国家工业节能技术装备推荐目录（2018—2020）
-