

ICS 27.010
CCS F01

DB5104

四川省（攀枝花市）地方标准

DB 5104/ T54.3—2022

节能改造技术规范 第3部分：电机系统

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、陈文超、王楚、王聪、袁亮、宋文德、刘念、张志森、张敬东、罗山、孙乙富、谢红莉、梁素英、李静。

本文件首次制定发布。

节能改造技术规范 第3部分：电机系统

1 范围

本文件规定了电机系统节能改造的术语和定义、参数测量、节能改造技术方案及改造效果评定等过程管理。

本文件适用于低压中小型电机系统，电动机范围功率在55kW~315kW，对电机系统中的部分装置或整个系统进行的节能改造。

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 3956 电缆的导体

GB/T 12497—2006 三相异步电动机经济运行

GB/T 17167 用能单位能源计量器具配备和管理通则

GB 18613—2020 电动机能效限定值及能效等级

GB/T 29314—2012 电动机系统节能改造规范

GB/T 34867.1—2017 电动机系统节能量测量和验证方法 第1部分：电动机现场能效测试方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电机系统

由电动机、被拖动装置、传动装置、控制(调速)装置以及管网负荷等组成,通过电动机将电能转化为机械能,再通过被拖动装置(如风机、水泵、压缩机、机床、传送带等)做功,实现各种所需功能的系统。

3.2

电机输入功率 P_i

电机驱动装置端子上供给的有功功率。

3.3

电机输出功率 P_o

电机输出轴功率。

3.4

电机效率 η_d

电机的输出功率与对应的输入功率之比。

3.5

电机额定效率 η_e

电机在输出额定负载功率下的效率。

4 电机系统参数测量

4.1 测试要求

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

4.1.2 电动机的经济运行指标应符合 GB/T 12497 的要求。

4.1.3 电动机及其相关用能设备的能源计量器具配备应符合 GB/T 17167 的要求。

4.1.4 测试前应进行详细的现场调研，具备电动机及其相关用能设备或系统的参数、用能记录、负载工况、生产工艺和产品等有关资料。

4.1.5 形成测试报告，明确报告中的测试位置、影响能效的其他因素及现场测试时间、周期、负载工况、生产工艺、生产数量、产品种类等信息。

4.2 电机运行参数测量

4.2.1 测试器具。电机测量主要工具为电能质量测试仪、带有功及功率因素测量功能的钳形表、多功能电能表加累时器。检测仪器及精度要求见表 1。

表 1 测量仪器及精度

测量仪器	电量测量仪器		非电量仪器	
	电功或电能仪表	互感器	转速仪	转矩转速传感器
测量精度	≤0.5	≤0.2	≤0.1%或±1r/min	≤0.5

4.2.2 电机输入功率测量

电机输入功率测量参数应包含电压 U 、电流 I 、有功功率 P 、功率因数 $\cos\phi$ 、谐波畸变率等。应包含电机全过程的跟踪检测，应包括轻载、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。输入功率按公式(1)计算：

$$P_r = UI \cos\phi \dots\dots\dots (1)$$

式中：

U ——运行电压，单位为伏特(V)；

I ——运行电流，单位为安培(A)；

$\cos\varphi$ ——功率因数。

4.2.3 电机输出功率测量

4.2.3.1 对于风机、水泵等有反映输出功率的参数，可以测试这些参数对电机输出功率进行计算。

4.2.3.2 电机输出功率即负载的输入轴功率，需要测量负载的输入轴的扭矩及转速，按公式(2)计算。对于球磨机、搅拌机、传输机等拖动型工况，有条件的情况下，可在电机轴输出端安装扭矩及转速测试仪测量。

$$P_c = \frac{TN}{9550} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

T ——测量位置实际扭矩，单位为牛·米(N·m)；

N ——测量位置实际转速，单位为转每分(r/min)。

4.2.3.3 受限于电机工作场景无法测量电机输出轴端的扭矩及转速时，可以使用备用电机模拟现场工况，在安装有扭矩及转速的测试平台上，根据现场电机的输入功率模拟出扭矩及转速。有条件的单位还可建设电机效率测试平台，测量电机输出扭矩及转速，模拟电机输出功率。

4.2.3.4 若电机使用单位没有扭矩转速测试条件，可参照 GB/T 34867.1—2017 中 9.2.4 电流法按公式(3)计算电机的输出功率。

$$P_c = \sqrt{\frac{I_1^2 - I_0^2}{I_N^2 - I_0^2}} P_N \dots\dots\dots (3)$$

式中：

I_1 ——负载电流，单位为安培(A)；

I_0 ——空载电流，单位为安培(A)；

I_N ——额定电流，单位为安培(A)。

4.2.3.5 若用能单位保留有电机出厂资料，可根据电机效率曲线图，根据输入功率及效率曲线进行判定效率判定。

5 电机系统节能改造判定

5.1 电机效率

根据电机的输入功率及输出功率，按公式(4)计算电机效率：

$$\eta_d = \frac{P_c}{P_r} \dots\dots\dots (4)$$

5.2 对电机输入功率修正

5.2.1 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。

5.2.2 对于电机安装现场不具备检测条件的，应核算配电柜至电机端的线损，对输入功率进行按公式(5)进行修正。工业生产用电缆为第二类导体，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。

$$P_{xs} = I^2 \rho \frac{L}{S} \frac{T+t_1}{T+t_0} \dots\dots\dots (5)$$

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(mm^2)；
- 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℃)。

5.3 修正后的电机效率按公式(6)计算：

$$\eta_{dx} = \frac{P_C}{(P_r - P_{XS})} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

η_{dx} ——修正后的电机效率，%。

5.4 电机效率判定

5.4.1 电机效率进行判定按 GB/T 12497 执行。

5.4.2 η_{dx} 低于电机综合效率 60%，应对电机进行节能改造。

5.4.3 电机综合效率为电机在不同负载及时间段的加权平均综合效率，电机综合效率判定方法见表 2。

表 2 电机综合效率判定汇总表

判定式	是否经济	是否改造
$\eta_{dx} \geq \eta_e$	运行经济	不改造
$\eta_e > \eta_{dx} \geq 60\% \eta_e$	运行合理	不改造
$\eta_{dx} < 60\% \eta_e$	运行不经济	对电机节能改造

5.4.4 在难以确定综合能效的情况下，可以通过电机输入功率（电流）与电机额定输入功率（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，应对电机进行节能改造。本条所述电流区别于视在电流，应为电机有效电流，其可以通过公式(7)计算：

$$I_x = \frac{P_r}{1.732U \cos \varphi_0} \dots\dots\dots (7)$$

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)；

P_r ——电机驱动装置端子上供给的有功功率，单位为千瓦(kW)。

注：本公式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。电机电流法判定方法见表3。

表 3 电机电流法判定汇总表

判定式	是否经济	是否改造
$I_x \geq 85\%I_e$	运行经济	不改造
$85\%I_e > I_x \geq 65\%I_e$	运行合理	不改造
$I_x < 65\%I_e$	运行不经济	对电机节能改造

注： I_x 为电机有效电流； I_e 为电机额定电流。

5.5 依据强制淘汰标准判定

5.5.1 根据《国务院关于进一步强化淘汰落后产能工作的通知》《部分工业行业淘汰落后生产工艺装备和产品指导目录》《高耗能落后机电设备（产品）淘汰目录》等淘汰落后产品公告，用能企业电机达到强制淘汰要求的，应按要求淘汰。

5.5.2 淘汰电机的同时进行节能改造的，改造要求应符合本文件 6.1、6.2、6.3 的要求。

6 电机系统节能改造技术路径及改造实施

6.1 对电机的改造

6.1.1 电机改造工作电压、额定功率、转速、转矩等参数的选择，应符合 GB/T 12497—2006 中 4.1 和 GB/T 29314—2012 中 6.2 的要求；能耗等级应符合 GB 18613—2020 中第 4 章要求。

6.1.2 电机改造原则上应保证新旧电机的互换性，新电机安装尺寸应与原电机安装尺寸完全一致，避免节能改造期间长时间停产。

6.1.3 智能控制、高效电机的改造应具备低速、重载启动，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。

6.2 对控制方式的改造

6.2.1 电机系统存在变工况运行的情况时，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，宜对电机进行变频调速改造。

6.2.2 变频改造不得引入新的谐波源，改造后电机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 对传动装置的改造

6.3.1 对可采用高效传动装置替代低效传动装置的电机系统，可进行传动装置改造。

6.3.2 液力耦合器起调速或软启动作用时，在进行控制装置调速改造时宜将液力耦合传动装置改造成膜片联轴器连接。

6.3.3 电动机改造时选用新电动机的运行转速足以取消齿轮箱时，或当高效变速装置足以代替普通齿轮变速箱时，或普通齿轮箱需要更新时，宜将齿轮箱传动装置改造成联轴器连接。

6.3.4 电动机或传动装置改造时，选用新电动机，其运转速度、转矩和负载能力足以满足需求，足以取消传动装置时，宜采用直驱电机改造。

6.4 无功功率就地补偿

6.4.1 当电动机功率因数低于 0.9 时，宜通过对电动机组进行就地无功补偿，提升功率因数至 0.9 及以上，降低有功功率，实现节能。通常采用电容器组进行补偿。

6.4.2 电动机无功功率补偿容量按公式 (8) 计算：

$$Q_c = P_r(\sqrt{1/\cos^2 \varphi_1 - 1} - \sqrt{1/\cos^2 \varphi_2 - 1}) \dots\dots\dots (8)$$

式中：

Q_c ——就地无功补偿的无功功率值，单位为千乏(kvar)；

$\cos\varphi_1$ ——补偿前功率因数；

$\cos\varphi_2$ ——补偿后功率因数。

7 电机系统改造效果评定

7.1 改造前参数

7.1.1 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。

7.1.2 改造前所有有功电度表、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。电机系统改造前参数确认表见附录 A。

7.1.3 电机系统改前平均功率按公式 (9) 计算：

$$P_{rq} = k \frac{W_2 - W_1}{T} \dots\dots\dots (9)$$

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 改造后需在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。

7.2.2 改造后所有有功电度表、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。电机系统改造后参数确认表见附录 B。

7.2.3 电机系统改后平均功率按公式(10)计算：

$$P_{rh} = k \frac{W_4 - W_3}{T} \dots\dots\dots (10)$$

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(11)计算：

$$S_e = (P_{rq} - P_{rh}) \times t \dots\dots\dots (11)$$

7.3.3 改造后时间段 t 内的节能率按公式(12)计算：

$$S_r = \frac{P_{rq} - P_{rh}}{P_{rq}} \times 100\% \dots\dots\dots (12)$$

附 录 A
(资料性)
电机系统改造前参数确认表

电机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）			
电机型号		生产年月	
额定功率（kW）		运行有功（kW）	
运行电压		运行电流	
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_{Tq} （kW）	
功率因数			
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：如用能企业自主实施，则本表中节能服务单位相应删除。

附 录 B
(资料性)
电机系统改造后参数确认表

电机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）			
电机型号		生产年月	
额定功率（kW）		运行有功（kW）	
运行电压		运行电流	
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_{r0} （kW）		改造后平均功率 P_{r1} （kW）	
节能量 S_e （kW·h）		节能率 S_r （%）	
功率因数			
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：如用能企业自主实施，则本表中节能服务单位相应删除。

参 考 文 献

- [1] JBT 7115 低压电动机就地无功补偿装置
 - [2] DB13/T 2025 电动机系统变频调速节能改造规程
 - [3] DB37/T 728 电动机节能装置技术条件
 - [4] DB31/T 668.14 节能技术改造及合同能源管理项目节能量审核与计算方法 第14部分：电动机
 - [5] DB50/T 11 三相异步电动机节能监测规定
 - [6] 国发〔2010〕7号国务院关于加强淘汰落后产能工作的通知
 - [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)
-