

ICS 27.010
CCS F01

DB5104

四川省（攀枝花市）地方标准

DB 5104/ T54.2—2022

节能改造技术规范 第2部分：风机系统

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、攀枝花钢城集团瑞天安全环保有限公司、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:谢永生、朱胜良、李子敬、盛士新、陈刚、罗天军、张敬东、王聪、袁亮、吉平、邓军、赵玮、易景波、唐城、黄启福、李静。

本文件首次制定发布。

节能改造技术规范 第 2 部分：风机系统

1 范围

本标准规定了工业企业通用风机系统节能标准，提出了改造过程涉及的风机系统参数监测、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。

本标准适用于攀枝花地区工业风机系统节能改造。

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 3956 电缆的导体

GB/T 10178 工业通风机 现场性能试验

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 18613 电动机能效限定值及能效等级

GB 19761 通风机能效限定值及能效等级

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

风机

一种保持气体连续流动的旋转机械。

3.2

管道

气流速度与风机进口或出口气流速度相当的风道。

3.3

大气压力 P

风机平均高度上，自由大气的绝对压力。

3.4

表压 P_s

基准压力为测量点的大气压力时的压力值。

注：该值可能是正值，也可能是负值。

3.5

绝对压力 P_d

相对于周围空气静止时测试点相对于绝对零压力的压力。

注：该压力的单位通常为Pa。

3.6

风机静压 P_{jy}

通常规定为风机压力与经马赫系数修正的风机动压之差。

3.7

风机动压 P_d

此压力由测试点的空气密度、速度计算得到。可由测量表测出。

3.8

测试点的全压 P_q

风机静压和风机动压的代数和。

3.9

电机输入功率 P_r

电机驱动装置端子上供给的有功功率。

3.10

风机效率 η_f

风机风功率与风机输入轴功率之比。

3.11

电机效率 η_d

电机输出功率与电机输入功率之比。

3.12

传动机构效率 η_c

电机与风机之间的联轴器、减速器、液偶等传动装置的效率。

3.13

风机系统总效率 η_{fx}

修正后的风机系统效率，风机修正风功率与电机修正输入功率之比。

4 风机系统参数测量

4.1 测试要求

4.1.1 对风机的运行参数检测，应包括风机在企业生产全流程、全过程的跟踪检测，风机与流量和压力测量面之间的风道应无明显的内、外漏气现象。

4.1.2 为减少气流脉动对测试特性的影响，可在适当的时间内进行多次重复测量，使计算的平均值更真实。

4.1.3 压力、流量等安装位置及检测次数按 GB/T 10178 执行。

4.1.4 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 测量工具

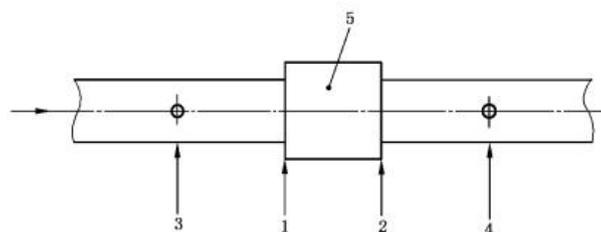
皮托管（毕托管）、文丘里管、摆叶式风速计、热线风速仪等。

4.2.2 压力的测量

4.2.2.1 为测量风机的压力，测量仪应尽可能平行于风流，正对风流方向，测量点选择靠近风机的进口 ($>1.5D$, D 为管径) 和出口 ($>5D$) 且气流平稳的直管截面测定，直接测量风机全压，测量位置如图 1 中 3 和 4 点所示。测量截面与风机之间的压力损失根据规定的摩擦系数进行计算，以尽量减少风机压力的测量误差。

4.2.2.2 风机系统的全压等于风机进出口全压差。

4.2.2.3 如现场测量点不能选出距离风机的进口 ($>1.5D$) 和出口 ($>5D$) 的测量面时，测量位置应由各方协商选取，测量结果须经各方商定。



- 1——风机进口平面
- 2——风机出口平面
- 3——进口测试点，1-3 距离不小于 $1.5D$
- 4——出口测试点，2-4 距离不小于 $5D$
- 5——风机本体

图 1 压力测量位置示意图

4.2.3 流量的测定

4.2.3.1 速度场法

测量界面上各个点的速度,计算出平均速度,再根据速度及截面积计算出流量。该方法测量的时间较长且需精确处理,必须进行初试以确定量程和观察时间等试验条件。

4.2.3.2 差压装置法

由差压装置(孔板、文丘里管、喷嘴)产生的压差和流量时间平均值,间接获取。适用于风管有一定直线长度的圆截面风管。

4.3 温度的测定

4.3.1 测量平均滞止温度,应将一个或数个探头,以管道轴线为中心,对称布置,直立在适当截面内不同高度的直径上;探头应屏蔽受热表面的辐射。

4.3.2 如果不能满足上述要求,探头应置于风道内水平直径上,至少距管壁 100 mm 或风道直径的 1/3 处(取较小者)。

4.4 电能的测定

4.4.1 测定范围

对风机的电力运行参数的检测,应包括风机在企业生产全流程、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。

4.4.2 测量工具

电能质量测试仪、带有功及功率因数测量功能的钳形表、多功能电能表和累时器。

4.4.3 电能的测量

4.4.3.1 受限于风机工作场景,通常无法测量直接风机的输入轴功率。本标准采用测量风机拖动电机输入功率的方式来计算风机系统的效率。

4.4.3.2 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。

4.4.3.3 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 $\cos\phi$ 、谐波总畸变率等。

5 风机系统节能改造判定

5.1 风机系统效率

5.1.1 电机输入功率

根据对电能参数的测量,按公式(1)计算风机配套电机的输入功率:

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

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。

5.1.2 风功率（空气功率）

根据对风机压力及流量的测量，按公式(2)计算风机风功率：

$$P_{kq} = \frac{QW}{3600 \times 1000} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_{kq} ——风机风功率、空气功率，单位为千瓦(kW)；

Q ——风机运行压力，等于进出口全压差，单位为帕(Pa)；

W ——风机运行流量，单位为立方米每小时(m³/h)。

5.1.3 风机系统功率

根据电机的输入功率及风机系统风功率，按公式(3)计算风机系统的总效率：

$$\eta_f = \frac{P_{kq}}{P_r} \dots\dots\dots (3)$$

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(4)修正。

$$P_{xs} = I^2 \rho \frac{L}{S} \frac{T+t_1}{T+t_0} \dots\dots\dots (4)$$

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2种导体，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，应符合GB/T 3956的规定。

5.2.2 对风功率的温度修正

5.2.2.1 实际风道中气体的温度并不相同，温度越高，空气密度越低，气体密度与标况下的密度存在较大差异。测试环境的空气密度由公式(5)计算得到：

$$\rho = \frac{P_a - 0.378P_v}{R(t + 273.15)} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

t ——测试环境中的空气温度，单位为摄氏度(°C)；

P_a ——大气压，单位为千帕(kPa)；

P_v ——空气中的水蒸气分压，单位为千帕(kPa)；

R ——干空气的气体常数 $R=287$ ，单位为焦每千克开尔文[J/(kg·K)]

5.2.2.2 对于标准风道或类似风道系统中，将公式(5)化简，则得到测试环境中的气体密度为：

$$\rho = \rho_0 \left(\frac{273}{273+t} \right) \left(\frac{P + P_{jy}}{101.325} \right) \dots\dots\dots (6)$$

式中：

ρ ——测试环境中的气体密度，单位为千克每立方米(kg/m³)；

ρ_0 ——标准空气密度。空气密度取 1.29kg/m³，烟气密度取 1.30kg/m³；

P ——当地大气压力，攀枝花为 89kPa；

P_{jy} ——测试点的静压，单位为千帕(kPa)；

t ——烟气温度°C，单位为摄氏度(°C)。

5.2.3 修正后的风机系统效率 η_{fx} 由公式(7)计算：

$$\eta_{fx} = \frac{P_{kq}}{\rho_0} \left(\frac{1}{P_r - P_{xs}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

5.3 可节能改造的条件

5.3.1 风机系统额定效率

风机系统额定效率按公式(8)计算：

$$\eta_e = \eta_{fe} \leftarrow \eta_c \leftarrow \eta_d \dots\dots\dots (8)$$

式中：

η_e ——风机系统额定效率，%；

η_{fe} ——风机额定效率，%；

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 风机系统效率判定

5.3.2.1 根据 GB 19761 规定，风机能效值不应低于 2 级能效，配套电机及连接机构等效率均应满足二级能效。

5.3.2.2 风机系统效率判定按 GB/T 13466 执行，判定方法见表 1。

表 1 风机系统效率判定汇总表

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

5.3.2.3 按 GB 18613、GB/T 12497 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，可以通过电机有效电流与电机额定电流之比来判断电机的工作状态，电流下降超过 35%属于非经济使用范围，应对风机系统电机进行节能改造。电机有效电流按公式(9)计算：

$$I_x = \frac{P_r}{1.732U \cos \varphi_0} \dots\dots\dots (9)$$

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(9)适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。风机配套电机经济运行判定方法见表2。

表 2 风机配套电机经济运行判定汇总表

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
$I_x \leq 0.65 I_e$	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 风机系统改造技术路径及改造实施

6.1 对风机进行改造

6.1.1 根据检测风机的实际全压及流量，结合表 1 的判定依据，若风机运行不经济，则应选择高效节能风机，选择满足最大风量及对应压力、满足最高风压及对应风量的工况要求。风机改造应满足改造后的风机系统运行能效与风机额定能效比值达到 0.85 以上。

6.1.2 风机整机改造原则

- 6.1.2.1 应采用节能型产品或高效低耗产品，不得使用已明令禁止生产、使用的低效高耗产品；
- 6.1.2.2 使用原驱动电机；
- 6.1.2.3 改造后的风机结构不变，仍采用原有风机结构，风机安装基础不更改，避免节能改造期间长时间停产影响生产；
- 6.1.2.4 改造设备包括：风机设备整体及配套部件。主要部件有机壳、转子（主轴、叶轮等）、集流器、进出口软连接、调节门等。

6.2 对配套电机进行变频改造

- 6.2.1 根据监测风机的全压及流量，若风机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%的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。变频改造需设定流量下限，避开风机喘振极限，保证风机系统安全运行。
- 6.2.2 若风机系统为变工况运行，节能改造后通过调速方式降低风机运行全过程、全流程平均压力和流量，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，改造后风机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，宜对风机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 5.3.2.3 中公式(9)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、节能高效电机替代原驱动电机。
- 6.3.3 智能电机系统具备调速节能能力，若风机系统为变工况运行，节能改造后通过调速方式降低风机运行全过程、全流程平均压力和流量，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风机，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 在风机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 风机系统改造效果评定

7.1 改造前参数

- 7.1.1 改造前需对风机系统压力、流量进行检测，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。风机系统改造前参数确认表见附录 A。

7.1.4 风机系统改前平均功率按公式(10)计算：

$$P_{rq} = k \frac{W_2 - W_1}{T} \dots\dots\dots (10)$$

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 改造后需对风机系统压力、流量进行检测，改造方与用能单位双方签字确认。若风机系统为变工况运行，节能改造后通过调速方式降低风机运行全过程、全流程平均压力和流量，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。

7.2.3 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。风机系统改造后参数确认表见附录 B。

7.2.4 风机系统改后平均功率按公式(11)计算：

$$P_{rh} = k \frac{W_4 - W_3}{T} \dots\dots\dots (11)$$

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(12)计算：

$$S_e = (P_{rq} - P_{rh}) \cdot t \dots\dots\dots (12)$$

7.3.3 改造后时间段 t 内的节能率按公式(13)计算:

$$S_r = \frac{P_{rq} - P_{rh}}{P_{rq}} \times 100\% \dots\dots\dots (13)$$

附 录 A
(资料性)
风机系统改造前参数确认表

风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）			
风机型号		生产年月	
额定压力（kPa）		运行压力（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：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)
风机系统改造后参数确认表

风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）			
风机型号		生产年月	
额定压力（kPa）		运行压力（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_{rq} （kW）		改造后平均功率 P_{rh} （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：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] 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)
 - [2] 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）
 - [3] 工信部公告 节能机电设备(产品)推荐目录(第一至七批)
 - [4] 工信部公告国家工业节能技术装备推荐目录（2018-2020）
-