

中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX—XXXX

代替 GB/T 30256-2013, GB/T 30257-2013

节能量测量和验证技术要求 电机系统

Technical requirements of measurement and verification of energy

savings—electric motor system

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

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GB/T 30256-2013《节能量测量和验证技术要求 泵类液体输送系统》和GB/T 30257-2013《节能量测量和验证技术要求 通风机系统》。与GB/T 30256-2013和GB/T 30257-2013相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改标准名称为“节能量测量和验证技术要求 电机系统”；
- 扩大了适用范围，增加了空气压缩机（见第1章）；
- 增加了抽样监测的要求（见5.5）；
- 增加了各类型电机系统的主要影响因素（见6.1.1）；
- 删除了模拟软件法（见GB/T 30256-2013和GB/T 30257-2013的5.3）
- 增加了节能量两种计算方法的案例（见附录A和B）

本文件由全国能源基础与管理标准化技术委员会（SAC/TC 20）提出并归口。

本文件起草单位：中国标准化研究院等

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2013年首次发布为GB/T 30256-2013、GB/T 30257-2013，本次为第一次修订。

节能量测量和验证技术要求 电机系统

1 范围

本标准规定了电机系统节能改造项目节能量测量和验证的项目边界划分和能耗统计范围、基本要求、测量和验证方法等。

本标准适用于交流电气拖动的通风机系统、泵类液体输送系统和容积式空气压缩机系统等电机系统的节能技术改造项目的节能量测量和验证。其他类型电机系统可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是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 4975 容积式压缩机术语总则

GB/T 13467 通风机系统电能平衡测试与计算方法

GB/T 13468 泵类液体输送系统电能平衡测试与计算方法

GB/T 15487 容积式压缩机流量测量方法

GB/T 28750 节能量测量和验证技术通则

GB/T 32045 节能量测量和验证实施指南

3 术语和定义

GB/T 28750、GB/T 13467、GB/T 13468、GB/T 4975界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电机系统 motor system

由电动机、控制装置、传动装置、被拖动装置，以及管网等组成，通过电动机将电能转化为机械能，再通过被拖动装置做功，实现各种所需功能的系统。

注：被拖动装置可以是符合本标准适用范围的风机、水泵、空气压缩机等。

4 项目边界划分和能耗统计范围

4.1 项目边界划分

4.1.1 应根据电机系统节能改造项目内容和电机系统的现场条件，合理确定系统边界，以及能量输入和输出边界。系统边界示意如图 1 所示，通常包括电动机、控制装置、传动装置、被拖动装置、管网及附属设备。根据改造项目类型的不同，也可以是其中的某个子系统。

4.1.2 所有受节能措施影响的单位、设备、系统（包括辅助、附属设施）均应划入项目边界内。电机系统存在相互影响的多台被拖动装置，应将所涉及的设备划入系统边界内。

4.1.3 电机系统改造（如变频改造）需新增耗能设备，应将新增耗能设备划入系统边界内。

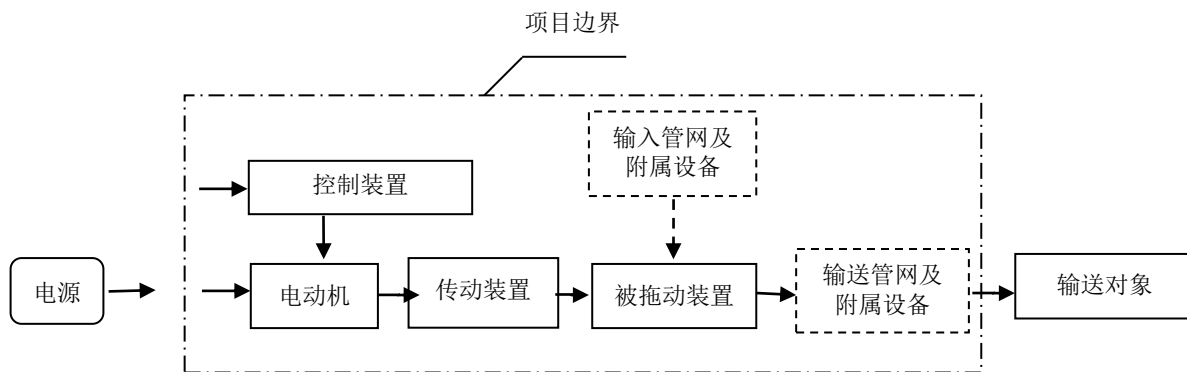


图 1 电机系统边界示意图

4.2 能耗统计范围

应将划入电机系统项目边界内的设备及附属设备的能耗计入基期能耗和统计报告期能耗。

示例：将以下空气压缩机系统边界内设备的能耗纳入能耗统计范围：控制系统、驱动与传动系统，进气分离过滤调节系统、空压机单位、润滑油系统、管路输送系统、冷却系统。

5 基本要求

5.1 合规性

节能改造后电机系统的技术指标应符合相关法律法规、强制性技术标准的要求，并得到各方的认可。

5.2 基期和统计报告期

基期和统计报告期的确定应符合GB/T 28750的要求，并应获得双方认可。

5.3 测量和验证方法的选取

电机系统节能改造项目节能量测量和验证方法可选用GB/T 28750-2012中的“基期能耗—影响因素”

模型法或直接比较法。对于可获得完整基期数据和统计报告期数据的项目，宜采用“基期能耗—影响因素”模型法获得较为准确的节能量结果。对于无法获得完整基期能耗数据的项目，若节能措施可关停且对系统正常运行无影响，可采用直接比较法获得节能量结果。

5.4 测量和验证方案

电机系统进行节能量测量和验证时，应在节能措施实施前制定书面的测量和验证方案，其内容应符合GB/T 28750的要求。若采用“基期能耗-影响因素”模型法，应在测量和验证方案中记录相关数学模型的拟合优度以及建立模型所采用的基础数据。

5.5 抽样计算

当对多个同一类型电机系统改造时，且计算每一个电机系统的节能量成本较高时，可采用抽样方法来计算典型样本的节能量，并记录以下内容：

- a) 采用该抽样方法的原因；
- b) 典型样本能代表能源消耗差异的原因；
- c) 从典型样本推测到所有电机系统的方法。

5.6 数据的收集和测量

5.6.1 基期和统计报告期的能耗数据和影响因素数据宜采用可采信的能量统计数据、运行记录及财务数据，或者符合标准规范要求的计量仪表的读数，或者使用在检定有效期内的检测仪器测量得到的数据。收集得到的数据应进行有效性验证。

5.6.2 相关参数的测量方法可参见GB/T 3214、GB/T 13467、13468、GB/T 15487等。

5.6.3 测试数据、在线监测数据、运行记录数据等数据应完整、真实。应校核电机系统设备台账、统计报表、原始记录等纸质材料新旧程度、笔迹、责任人签名、查阅生产台账和购销发票以及其他细节。在线监测数据的校核可通过现场读取数据、查阅监测仪器检定报告和使用说明书、现场检查仪器运行情况、分析监测仪器精度和合格性等方式进行。

6 测量和验证方法

6.1 “基期能耗-影响因素”模型法

6.1.1 选取能耗主要影响因素

6.1.1.1 建立通风机系统“基期能耗-影响因素”回归模型时主要考虑以下能耗主要影响因素：

- a) 风机的进口或出口压力；
- b) 风机的流量；
- c) 风机扇叶的转速。

6.1.1.2 建立泵类系统“基期能耗-影响因素”回归模型时主要考虑以下能耗主要影响因素：

- a) 水泵的流量；
- b) 水泵的扬程；
- c) 出水的压力

6.1.1.3 建立空气压缩机系统“基期能耗-影响因素”回归模型时主要考虑以下能耗主要影响因素：

- a) 空气压缩机各级吸气温度；
- b) 空气压缩机吸气湿度；
- c) 空气压缩机排气压力；
- d) 空气压缩机标准容积流量；
- e) 空气压缩机吸气压力。

6.1.2 建立“基期能耗—影响因素”回归模型

6.1.2.1 基于电机系统能耗和相关影响因素的基期数据，可建立如公式（1）的电机系统“基期能耗—影响因素”函数，函数中的能耗影响因素均应为独立变量。

$$e_{b,i} = f(x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,j}) \quad (1)$$

式中：

$e_{b,i}$ —基期逐时段电机系统能耗，单位为千瓦时（kW·h）， $i=1,2, \dots, m$ ，其中， m 为基期的时段数；

$x_{i,j}$ —基期逐时段影响因素值， $j=1,2, \dots, n$ ，其中， n 为影响因素的个数。

6.1.2.2 应对回归模型进行假设检验，模型验证结果应满足统计学的一般验证条件。

6.1.2.3 建立基期回归模型的数据组对应的时间段最小单位应为日或月。当时间段最小单位为日时，数据组应不少于 30个；当时间段最小单位为月时，数据组应不少于12个月。

6.1.3 校准能耗的计算

将统计报告期的测量数据代入建立的回归模型对校准能耗进行计算，见公式（2）。

$$E_a = \sum_{i=1}^g \left(\sum_{j=1}^n f(x'_{i,1}, x'_{i,2}, \dots, x'_{i,j}) \right) + A_m \quad (2)$$

E_a —电机系统校准能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$x'_{i,j}$ —统计报告期逐时段影响因素值， $i=1,2, \dots, g$ ，其中， g 为统计报告期的时段数， $j=1,2, \dots, n$ ，

其中， n 为影响因素的个数；

A_m —校准能耗调整值。

6.1.4 校准能耗调整值

校准能耗调整值 A_m 的确定应符合GB/T 28750-2012的要求，并应得到各相关方的确认。

注： A_m 通常为0。

6.1.5 统计报告期能耗的计算

将统计报告期的逐时段能耗数据代入公式（3）计算统计报告期能耗。

$$E_r = \sum_{i=1}^g e_{r,i} \quad (3)$$

E_r —电机系统统计报告期能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

$e_{r,i}$ —统计报告期逐时段电机系统能耗，单位为千瓦时（kW·h）， $i=1,2, \dots, g$ ，其中， g 为统计报告期的时段数。

6.1.6 节能量的计算

按照公式（4）计算节能量。

$$E_s = E_r - E_a \quad (4)$$

式中：

E_s —节能量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_r —统计报告期能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

E_a —校准能耗，单位为千瓦时（kW·h）。

基于“基期能耗-影响因素”模型法的节能量测量和验证示例见附录A。

6.1 直接比较法

6.2.1 相似工况比较法

在项目报告期内选取两个或多个测试工况作为典型工况，其中，在各个典型工况下，设定固定的电机系统运行时长。先关闭节能措施，并以此状态下的电机系统能耗作为设定运行时长内改造前的电机系统能耗；然后开启节能措施，并以此状态下的电机系统能耗作为设定运行时长内改造后的电机系统能耗。通过比较节能措施开启和关闭时的电机系统能耗变化获得节能量。直接比较法所设定的电机系统运行时长应大于等于24小时。

6.2.2 能耗主要影响因素的选取

应参照6.1.1先列出所有影响电机系统节能改造项目能耗变化的影响因素，根据各影响因素对系统能耗影响的大小和方式，在相关各方共同认可的基础上，确定作为各典型工况对应的能耗主要影响因素值。

6.2.3 节能量的计算

直接比较法节能量计算公式如式（5）～（9）：

$$E_s = E_r' \times \left(\frac{\eta_s}{1 - |\eta_s|} \right) \quad (5)$$

$$E_r' = E_r - S_b \quad (6)$$

$$\eta_s = \frac{S_r - S_b}{S_b} \times 100\% \quad (7)$$

式中：

E_s —电机系统节能量，单位为千瓦时（kW·h）；

E_r' —节能措施开启状态下的电机系统各典型工况下统计报告期能耗（不含 S_b ），单位为千瓦时（kW·h）；

η_s —节能率；

E_r —电机系统统计报告期能耗（含 S_b ），单位为千瓦时（kW·h）；

S_b —在各典型工况内节能措施关闭状态下的累计能耗，单位为千瓦时（kW·h）；

S_r —在各典型工况内节能措施开启状态下的累计能耗，单位为千瓦时（kW·h）。

其中,

$$S_b = \sum_{i=1}^k e'_{b,i} \quad (8)$$

$$S_r = \sum_{i=1}^k e'_{r,i} \quad (9)$$

式中:

$e'_{b,i}$ —节能措施关闭状态下不同测试工况的能耗,单位为千瓦时(kW·h), $i=1, \dots, k$, k 为节能措施关闭状态下测试工况数;

$e'_{r,i}$ —节能措施开启状态下不同测试工况的能耗,单位为千瓦时(kW·h), $i=1, \dots, k$, k 为节能措施开启状态下测试工况数。

相似日比较法的节能量测量和验证示例见附录 B。

附 录 A
(资料性附录)
“基期能耗—影响因素”模型法示例

A.1 项目概况

该项目以四川某公司四级往复式空压机为测试验证对象。为降低能源成本，项目采用无级气量调节技术对该往复式压缩机进行节能改造。采用“基期能耗—影响因素”模型法对项目整体的节能量进行测量和验证。

A.2 节能量的测量和验证

1) 项目边界

根据项目改造涉及的影响范围，本项目边界包括进气分离过滤调节系统、空压机单元、控制和监测系统、驱动与传动系统、管路输送系统、润滑油系统以及冷却系统。

2) 基期和统计报告期

项目基期定为该空压机节能改造前2015年1月到12月。项目统计报告期定为该空压机系统节能改造后2017年1月到12月。

3) 测量和验证方法

该项目改造前后能耗数据及其主要影响因素的记录较完备，因此采用“基期能耗—影响因素”模型法。

4) 能耗主要影响因素

一般而言，空压机用电量主要与各级吸气温度、排气压力及标准容积流量有关。本项目记录的能耗影响因素有：月各级平均吸气温度、月平均排气压力及月平均压缩空气体积。基期能耗选取2015年1月~12月的能耗数据，可以从运行报表中得到。基期能耗及其影响因素统计见表A.1。

表A.1 基期能耗和主要影响因素数据

时间	月平均一级 吸气温度 $\bar{t}_{wd,i}$ (°C)	月平均二级 吸气温度 $\bar{t}_{we,i}$ (°C)	月平均三级 吸气温度 $\bar{t}_{wf,i}$ (°C)	月平均四级 吸气温度 $\bar{t}_{wg,i}$ (°C)	月平均压缩 空气体积 \bar{b}_i (m ³)	月平均排气 压力 \bar{z}_i (Mpa)	空压机系统用 电量 $e_{b,i}$ (kW h)
2015年 1月	10.5	28.8	30.5	27.6	6415200	2.77	770000
2015年 2月	13.5	29.2	30.9	27.5	6048000	2.78	775100
2015年 3月	15.8	18.7	30.8	28.3	6562080	2.76	780600
2015年 4月	20.1	29	30.3	28.2	6480000	2.7	807100
2015年 5月	25.2	28.5	30.9	28.1	6629040	2.69	819100
2015年 6月	27.8	28.9	30.9	27.9	6350400	2.77	809200

2015年7月	29.9	28.4	30.7	27.7	6696000	2.73	823600
2015年8月	32.2	29.2	30.2	28.1	6562080	2.64	835600
2015年9月	27.8	28.6	30.1	27.5	6415200	2.77	809700
2015年10月	18.9	29.1	30.6	28.1	6629040	2.71	803400
2015年11月	15.2	28.9	30.7	27.7	6350400	2.82	796200
2015年12月	5	28.8	30.7	28	6696000	2.79	772500

在建立回归模型前，进行影响因素与能耗的相关性分析，对影响因素进行筛选。月平均一级吸气温度与能耗的相关系数 $|r|=0.929$ ，两变量高度相关；月平均二级吸气温度与能耗的相关系数 $|r|=0.269$ ，两变量相关性低；月平均三级吸气温度与能耗的相关系数 $|r|=0.332$ ，两变量相关性低；月平均四级吸气温度与能耗的相关系数 $|r|=0.216$ ，两变量相关性低；月平均排气压力与能耗的相关系数 $|r|=0.759$ ，两变量相关性高；月平均压缩空气体积与能耗的相关系数 $|r|=0.346$ ，两变量相关性低。按照对项目能耗的影响方式和大小，剔除影响能耗的次要因素，确定该项目的主要影响因素为：一级吸气温度与排气压力。

5) “基期能耗-影响因素”模型

本示例中，相关方经协商设定的回归模型不确定性标准为： $R^2 \geq 0.8$ ，显著性检验标准 $\text{Sig} < 0.05$ 。

将表 A.1 中每月的用电量和一级吸气温度、月平均排气压力进行回归，得到回归方程为：

$$e_{b,i} = f(\bar{t}_{id,i}, \bar{z}_i) = 1034676.747 + 1994.311 \times \bar{t}_{id,i} - 100104.609 \times \bar{z}_i \quad (\text{A.1})$$

式中：

$e_{b,i}$ —基期逐月空压机系统能耗，单位为千瓦时（kW h）；

$\bar{t}_{id,i}$ —一月平均一级吸气温度，单位为摄氏度（℃）；

\bar{z}_i —一月平均排气压力，单位为兆帕（Mpa）。

通过计算得到： $R^2=0.900$ ， $\text{Sig}=0.000$ 。式（A.1）的回归模型达到设定的不确定度要求。

6) 校准能耗的计算

项目统计报告期为该空压机系统节能改造后 2017 年 1 月~12 月。统计报告期的电耗即为改造后能耗，同样可以从运行报表中得到，统计报告期能耗及其主要影响因素统计见表 A.2。

表A.2 统计报告期能耗及主要影响因素数据

时间	月平均一级吸气温度 \bar{t}_i (℃)	月平均排气压力 \bar{z}_i (Mpa)	空压机系统用电量 $e_{r,i}$ (kW h)
2017年1月	11.2	2.73	684200
2017年2月	13.6	2.77	691400
2017年3月	16.7	2.7	677000

2017年4月	20.7	2.70	669800
2017年5月	26	2.73	684200
2017年6月	28.4	2.78	691400
2017年7月	30.7	2.71	677000
2017年8月	32.9	2.69	669800
2017年9月	28.2	2.712	684500
2017年10月	19.1	2.72	662600
2017年11月	15.9	2.74	688500
2017年12月	5.76	2.68	687500

将表 A.2 中统计报告期主要能耗影响因素实测数据代入式 (A.1) 得到统计报告期校准能耗 E_a ，取校准能耗的调整值 $A_m=0$ 。

$$E_a = \sum_{i=1}^g (\sum_{j=1}^n f(x'_{i,1}, x'_{i,2}, \dots, x'_{i,j})) + A_m = \sum_{i=1}^{12} f(\bar{t}_{id,i}, \bar{z}_i) = 9643407 kW \cdot h$$

7) 节能量的计算

将表 A.2 中统计报告期逐月能耗数据带入式 (3) 得到统计报告期能耗：

$$E_r = \sum_{i=1}^{12} e_{r,i} = 8167900 kW \cdot h$$

将上述数据代入本标准公式 (4)，得到项目节能量为：

$$E_s = E_r - E_a = 8167900 - 9643407 = -1475507 kW \cdot h$$

附录 B
(资料性附录)
直接比较法示例

B.1 项目基本情况

该项目以安徽某公司五级往复式空压机为测试验证对象，该空压机系统排气压力为 14.5Mpa，排气量为 9900m³/h，24 小时连续运行，为降低能源成本，项目采用余隙调节技术对该空压机进行节能改造。

B.2 节能量测量和验证

1) 项目边界

根据项目改造涉及的影响范围，本项目边界包括进气分离过滤调节系统、空压机单元、控制和监测系统、驱动与传动系统、管路输送系统、润滑油系统以及冷却系统。

2) 能耗主要影响因素选取和节能量测量验证方法确定

由于该空压机组没有历史运行记录，因此该项目的节能量拟采用直接比较法中的相似日比较法来确定。

根据分析，该空压机组能耗主要受一级吸气温度、排气压力及标准容积流量影响，因此确定本项目的主要能耗影响因素为一级吸气温度、排气压力和标准容积流量。经相关方协商设定的相似日影响因素偏差要求如表 B.1。

表 B.1 主要能耗影响因素最大允许偏差

参数名称	一级吸气温度	排气压力	标准容积流量
相似日最大允许偏差	±5%	±3%	±5%

1) 节能量的计算

以该项目 2014 年 8 月的实测数据为统计报告期数据，在该月选取 3 天按照节能措施关闭工况运行，然后在表 B.1 最大允许偏差范围内选取按照节能措施开启工况运行的 3 天，经测量记录上述的 3 组相似日能耗及主要影响因素值如表 B.2~B.4 所示。

表 B.2 相似日 1 的能耗及主要影响因素对比

工况	日用电量(kW·h)	日平均一级吸气温度(℃)	日平均排气压力(Mpa)	日平均标准容积流量 (Nm ³ /h)
节能措施关闭	53169	32.2	14.5	9845
节能措施开启	44890	31	14.7	9656
参数偏差		-3.73%	1.38%	-1.92%

表 B.3 相似日 2 的能耗及主要影响因素对比

工况	日用电量(kW·h)	日平均一级吸气温度(℃)	日平均排气压力(Mpa)	日平均标准容积流量 (Nm ³ /h)
节能措施关闭	53047	31.7	14.3	9560
节能措施开启	44787	32.5	14.5	9780
参数偏差		2.52%	1.4%	2.3%

表 B.4 相似日 3 的能耗及主要影响因素对比

工况	日用电量(kW·h)	日平均一级吸气温度(℃)	日平均排气压力(Mpa)	日平均标准容积流量(Nm ³ /h)
节能措施关闭	53349	30.2	14.8	9547
节能措施开启	44993	30.4	14.9	9834
参数偏差		2.65%	0.68%	3.14%

根据上述数据，按照本标准公式（8）计算节能措施关闭状态下测试日累计能耗：

$$S_b = \sum_{i=1}^k e'_{b,i} = e'_{b,1} + e'_{b,2} + e'_{b,3} = 53169 + 53047 + 53349 = 159586 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

按照本标准公式（9）计算节能措施开启状态下测试日累计能耗：

$$S_r = \sum_{i=1}^k e'_{r,i} = e'_{r,1} + e'_{r,2} + e'_{r,3} = 44890 + 44787 + 44993 = 134670 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

将上述 S_b 和 S_r 的计算结果带入本标准公式（7）计算得到节能率：

$$\eta_s = \frac{S_r - S_b}{S_b} \times 100\% = \frac{134670 - 159586}{159586} \times 100\% = -15.6\%$$

通过该项目安装的电度表所记录的统计报告期内 2014 年 8 月该项目系统总用电量 E_r 为 1352000kW·h，按照本标准公式（6）计算节能措施开启状态下的空压机系统统计报告期能耗：

$$E'_r = E_r - S_b = 1352000 - 159586 = 1192414 \text{ kW} \cdot \text{h}$$

将上述计算结果带入本标准公式（5）计算得到该项目节能量：

$$E_s = E'_r \cdot \left(\frac{\eta_s}{1 - |\eta_s|} \right) = 1192414 \cdot \left(\frac{-15.6\%}{1 - 15.6\%} \right) = -220399 \text{ kW} \cdot \text{h}$$