

中华人民共和国国家标准

GB/T 13467—xxxx

通风机系统能量平衡测试与计算方法

The methods of electric power balance test and calculation in fan system
(修订草稿)

xxxx-xx-xx 发布

xxxx-xx-xx 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准与GB/T 13467-1992相比, 主要变化如下:

——修改了标准的适用范围, 明确产品为11kW以上的由电动机驱动的离心式、轴流式交流电气传动的通风机系统, 不适用于输送物料的风机机组及系统;

——删除了规范性引用文件GB 1236、GB 2624、GB 8916、GB 2977, 新增了规范性引用文件GB/T 15913、GB/T 1032、GB/T 12497;

——修改了“有效接管点”术语, 删除了“通风机高效区”术语, 增加了“通风机系统运行效率”术语;

——删除了第4章“测试的现场条件及要求”、第5章“测算的项目与内容”;

——新增了第4章“边界条件”、第5章“测试要求”;

——合并了第6章“测试方法”和第7章“电能平衡的计算方法”, 改为第6章“测试与计算方法”;

——在第6章中增加了通风机效率的热力学测试方法。

本标准由全国能源基础与管理标准化技术委员会提出并归口。

本标准起草单位:

本标准主要起草人:

本标准历次发布版本情况为:

——GB/T 13467-1992。

通风机系统电能平衡测试与计算方法

1 适用范围

本标准规定了通风机系统电能平衡系统边界、测试要求、测试与计算方法。

本标准适用于 11kW 以上的由电动机驱动的离心式、轴流式交流电气传动的通风机系统。本标准不适用于输送物料的风机机组及系统。

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 1032 三相异步电动机实验方法

GB/T 8222 用电设备电能平衡通则

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、压缩机）系统经济运行通则

GB/T 15913 风机机组与管网系统节能监测

3 术语和定义

GB/T 13466和GB/T 10178确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

有效接管点 **effective duct connection point**

通风机系统边界输出端与用风对象端面的分界点。

3.2

有效通风压力 **effective ventilation pressure**

有效接管点处的全压力。

3.3

系统正常运行工况 **normal operating conditions**

生产工艺流程规定通风机系统运行的实际工况。

3.4

典型运行工况 **typical operating conditions**

变负荷的通风机系统，按生产工艺流程要求调定的长期运行工况，该工况应具有年统计平均值的代表性。

3.5

通风机系统运行效率 **fan system efficiency**

通风机系统运行时输出的有效功率与电源开关输出端的有功功率之比的百分数。

4 系统边界的确定

4.1 根据通风机系统现场条件，合理确定系统边界范围，如图 1 所示。

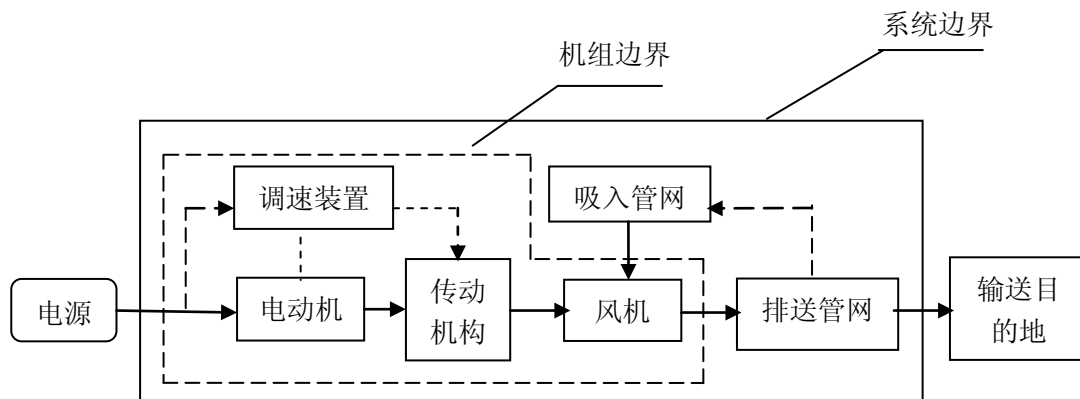


图 1 风机机组及系统边界划分示意图

4.2 通风机系统电能平衡框图

根据 GB 8222 的规定确定系统能量输入输出边界，绘制通风机系统电能平衡框图（见图 2）。系统电能输入边界为电源开关的电能输入端；系统能量输出边界应为系统有效能量输出端，如主管网的末端。

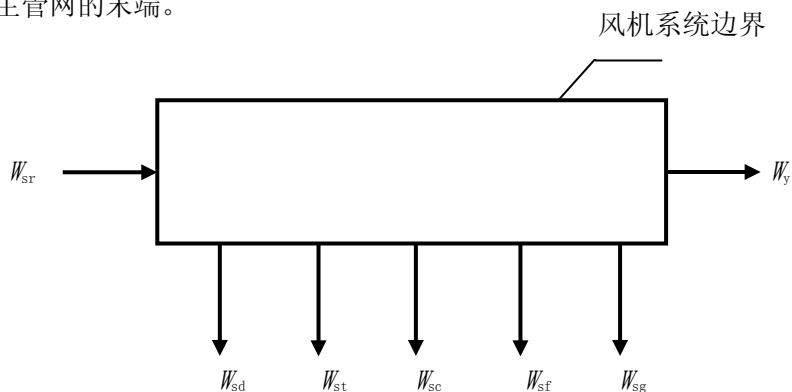


图 1 通风机系统能量平衡框图

W_{sr} —— 通风机系统电能平衡测算周期内输入的总电能， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ； W_y —— 通风机系统电能平衡测算周期内总有效能量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ； W_{sd} —— 电机在电能平衡测算周期内损失的总能量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ； W_{st} —— 调速装置在电能平衡测算周期内损失的总能量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ； W_{sc} —— 机械传动机构在电能平衡测算周期内损失的总能量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ ； W_{sf} —— 通风机在电能平衡测算周期内损失的总能量； W_{sg} —— 管网在电能平衡测算周期内损失的总能量， $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

5 测试要求

5.1 测试前，应具备被测通风机系统的设备参数、能耗及运行等有关资料和必要的系统流程图样。应制定测试方案，并绘制出现场测试记录、计算表。

5.2 通风机系统输入电能的边界点测量部位，应取在电动机电源开关的出口端处。如采用调速运行，并具有功率反馈的系统，其输入边界点的测量部位应取在反馈端的前缘。

5.3 通风机系统输出能量边界点的测量部位，可根据通风机系统流程的分布形式、管网布局方式及生产工艺要求的不同而合理选定。一般通风机系统能量输出边界点的测量部位，应取在输出主管网的末端。如抽送风主管道有 2 条以上并联的系统，则系统输出能量边界点的测量部位，应分别取在各条抽送风主管道的末端处。

5.4 测试工况的确定

5.4.1 负荷稳定的通风机系统(即系统流量、压力、生产工艺流程基本不变),以设计运行工况作为测试的基准工况。

5.4.2 负荷不稳定的通风机系统,应在负荷变化的周期内,选相对稳定的 3~5 种典型运行工况(包括最大负荷和最小负荷运行工况)作为测量的基准工况点。

5.5 仪器仪表精度要求

测试所用的仪器、仪表应在检定周期内,精度满足以下要求:

- a) 交流功率表不低于 1.5 级;
- b) 电流、电压表不低于 0.5 级;
- c) 电能表不低于 2.0 级;
- d) 大气压力表度盘最小分度值不低于 1hPa;
- e) 压力差不低于 0.5 级;
- f) 环境温度表不低于 1.5 级;
- g) 风速测量误差不超过±2.0%;
- h) 转速计数器: 平均值测量误差不超过±0.5%。
- i) 用于热平衡法流量测量的温差测试仪测试误差不超过±0.01 ℃。

5.6 测试过程读数要求

测量时同一工况下静压、流量、气体密度等被测量参数应同时进行读数,每种被测量参数必须重复读取 3 组以上的测量值。以各组读数的平均值作计算值。

5.7 测量周期

5.7.1 根据通风机系统的负荷变化周期、运行记录及统计台帐合理确定具有统计意义的测量周期。

5.7.2 如采用连续在线监测方法,数据记录应覆盖所有的典型工况,并包括输入功率、流量、压力、温度等数据。

6 测试和计算方法

6.1 通风机系统的电能利用率的计算

6.1.1 通风机系统电能平衡公式

$$W_{sr} = W_y + W_s \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中, W_s ——风机系统在电能测算周期内损失的总能量, kW·h。

$$W_s = W_{sd} + W_{st} + W_{sc} + W_{sf} + W_{sg} \quad \dots\dots\dots (2)$$

6.1.2 通风机系统的电能利用率计算公式

$$H_y = \frac{W_y}{W_{sr}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

或

$$H_y = \left(1 - \frac{W_s}{W_{sr}}\right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： H_y ——风机系统的电能利用率。

6.2 通风机系统运行效率的测试和计算

6.2.1 通风机系统输入总电能和输入有功功率的测试和计算

6.2.1.1 通风机系统输入有功功率的测试，采用符合 5.5 规定的电能表、交流功率表或其他方法进行。

6.2.1.2 通风机系统输入总电能的计算公式

$$W_{sr} = P_{sr} \times t \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中： P_{sr} ——通风机系统输入有功功率，kW；

t ——电能测算周期，h。

6.2.2 有效输出能量 W_y 的测试和计算

6.2.2.1 流量的测试和计算

a) 按 GB/T 10178-2006 中第 8 条的规定进行测试。

b) 按 GB/T 1591-2009 中第 5.9 条的规定通过动压进行测算。

6.2.2.2 压力的测试和计算

a) 按 GB/T 15913-2009 中第 5.7 条的规定分别进行静压和动压的测试。

b) 采用风速计直接测量气体流速，按以下公式计算有效通风压力：

$$P_y = (P_{2y} + \frac{\rho_{2y}}{2} V_{2y}^2) - (P_{1y} + \frac{\rho_{1y}}{2} V_{1y}^2) \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： P_y ——有效通风压力，Pa；

P_{1y} ——通风机进口侧有效接管点静压，Pa；

P_{2y} ——通风机出口侧有效接管点静压，Pa；

ρ_{1y} ——通风机进口侧有效接管点气体密度，kg/m³。

ρ_{2y} ——通风机出口侧有效接管点气体密度，kg/m³；

V_{1y} ——通风机进口侧有效接管点气体流速，m/s。

V_{2y} ——通风机出口侧有效接管点气体流速，m/s。

6.2.2.3 通风机系统总有效能量和有效功率的计算

6.2.2.3.1 通风机系统有效功率的计算

$$P_{yp} = \frac{Q_y P_y K_{yp}}{1000} \dots\dots\dots (7)$$

式中： P_{yp} ——通风机系统有效功率，kW；
 Q_y ——通风机出口侧有效接管点流量， m^3/s ；
 K_{yp} ——有效通风压力对应压缩性修正系数。

6.2.2.3.2 通风机系统总有效能量的计算

电能测算周期内通风机系统总有效能量按公式 8 计算

$$W_y = P_y \times t \dots\dots\dots (8)$$

式中： W_y ——电能测算周期内通风机系统总有效能量，kW·h。

6.3 通风机机组运行效率的测试和计算

6.3.1 根据通风机系统电能平衡测试的结果，结合实际测试需要，可进一步对通风机机组运行效率进行测试和计算，以调整优化。

6.3.2 通风机机组运行效率的计算

通风机机组运行效率按公式 9 计算

$$\eta_j = \eta_d \times \eta_t \times \eta_c \times \eta_f \dots\dots\dots (9)$$

式中： η_j ——通风机机组运行效率，用%表示；

η_d ——电机效率，用%表示；

η_t ——调速装置效率，用%表示；

η_c ——传动机构效率，用%表示；

η_f ——通风机效率，用%表示。

并联机组总效率按公式（10）计算

$$\eta = \frac{\sum_{i=1}^n P_{yf_i}}{\sum_{i=1}^n P_{sr_i}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中： P_{yf_i} ——第 i 台通风机输出功率，kW；

P_{sr_i} ——第 i 台通风机输入有功功率，kW。

6.3.3 电机效率可按以下三种方式之一获得：

- a) 按 GB/T 12497 的规定进行测试计算；
- b) 按 GB/T 1032 的规定进行测试计算；
- c) 用被测电动机的特性曲线查取运行效率。

6.3.4 传动机构效率

传动机构效率根据传动形式可从表 1 查取。

表 1 传动机构效率值

单位： %

传动形式	同轴直联	连轴器传动	胶带传动		机械调速装置传动
			V 型带	普通平带	
传动效率	100	99-99.5	96-97	93-97	产品样本提供

6.3.5 调速装置效率的测试和计算

6.3.5.1 调速装置为变频调速时，应采用铁磁式或整流式仪表测试调速装置输入电功率和输出电功率，调速装置效率按式 11 计算

$$\eta_t = \frac{P_{sct}}{P_{srt}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中：

η_t ——调速装置运行效率；

P_{sct} ——调速装置输入电功率， kW；

P_{srt} ——调速装置输出电功率， kW。

6.3.5.2 采用串级调速时，调速装置运行效率的测试与测试单台交流电动机方法相同，此时测得的运行效率是串级调速装置与电动机运行效率的乘积。

6.3.5.3 采用液力耦合器调速时，调速装置的运行效率按液力耦合器的效率测试方法进行，也可由产品说明书查取。

6.4 通风机效率的测试和计算

6.4.1 流量-压力法适用于具备流量和通风机轴功率精确测试条件的场合，热力学法适用于流量无法测试或精度不易控制的通风机系统。

6.4.2 流量-压力法

6.4.2.1 通风机效率按公式（12）计算

$$\eta_f = \frac{P_{yf}}{P_a} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中： P_{yf} ——通风机输出功率， kW；

P_a ——通风机轴功率， kW；

6.4.2.2 通风机轴功率测试和计算应采用 GB/T 10178-2006 中 9.3.2 的方法。

6.4.2.3 通风机输出功率按公式（13）计算：

$$P_{yf} = \frac{QPK_p}{1000} \dots\dots\dots(13)$$

式中:

P_{yf} ——通风机输出功率, kW;

Q ——通风机出口侧流量, m^3/s ;

K_p ——全压对应压缩性修正系数。

6.4.2.4 通风机输出功率相关参数的测试

6.4.2.4.1 流量的测试

a) 除按照 GB/T 10178、GB/T 15913 中规定的测量方法外, 也可按本标准 5.5 中仪表的准确度要求, 采用热式流量计、风速计等其他气体流量计测量。

b) 流量计的安装位置可根据测量要求和现场条件选定。但流量计前后管道必须保证有相应长度 L 的同直径直管段(根据流量计产品说明书要求)。如现场条件不具备要求时, 允许对直管段长度作适当的修正或调整, 但在测量时, 应增加流量测量的次数和读数值的组数。

6.4.2.4.2 全压的测试

a) 按 GB/T 15913 中规定的测量方法;

b) 按本标准 5.5 中的准确度要求直接测量静压, 再通过通风机流量计算动压。

6.4.3 热力学法

6.4.3.1 通风机静压 ΔP 的测试和计算

a) 通风机进、出口侧静压应按 GB/T 10178 的规定进行测试。

b) 通风机静压差按公式 (14) 进行计算。

$$\Delta P = \frac{(P_2 - P_1)}{\rho \cdot g} \dots\dots\dots (14)$$

式中: ΔP ——通风机静压差, m;

P_1 ——通风机进口侧静压, Pa;

P_2 ——通风机出口侧静压, Pa;

ρ ——气体密度, kg/m^3 , 对于标况干空气 $\rho = 1.29 kg/m^3$;

g ——重力加速度, m/s^2 ;

6.4.3.2 通风机进口侧和出口侧间温升的测试和计算

6.4.3.2.1 温度的测试

a) 应将温度测试点选取在距通风机进、出口外侧 0.5m 以内的管道上;

b) 测量时, 温度测量探头插入管道深度应为管道直径 $1/3 \sim 1/2$;

6.4.3.2.2 温升的计算

a) 滞止温升的计算

$$\Delta t_{\mu} = \frac{\Delta V(k-1)}{2kR} \dots\dots\dots (15)$$

式中: Δt_{μ} —— 滞止温升, °C;

k —— 气体绝热常数, 对于干空气, $k=1.4$;

ΔV —— 流体未受阻时, 风机进口、出口流体流速差, m/s;

R —— 气体常数, 对于干空气, $R=286 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$ 。

b) 等熵温升的计算

$$\Delta t_s = \frac{9.8k}{C_p(k-1)} \cdot P_1 \cdot v_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \dots\dots\dots (16)$$

式中: Δt_s —— 等熵压缩温升, °C, 对于干空气等熵温升为

$$\Delta t_s = -0.0283 \cdot P_1 \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{0.286} \right];$$

C_p —— 气体定压比热, J/(kg · K), 对于干空气 $C_p=1004 \text{ J/(kg} \cdot \text{K)}$;

v_1 —— 通风机进风管中气体压力为 P_1 、温度为 t_1 时的比容, 单位为 m^3/kg , 对

于干空气 $v_1=0.8302 \text{ m}^3/\text{kg}$ 。

c) 损耗温升的计算

$$\Delta t = \Delta t_R - \Delta t_{\mu} - \Delta t_s \dots\dots\dots (17)$$

式中: Δt —— 损耗温升, °C;

Δt_R —— 实际温升, °C;

6.4.3.2.3 通风机效率计算。

$$\eta_f = \frac{k \cdot \rho \cdot \Delta P + \left(\frac{V_2}{2g} - \frac{V_1}{2g} \right)}{k \cdot \rho \cdot \Delta P + \left(\frac{V_2}{2g} - \frac{V_1}{2g} \right) + \frac{C_p \cdot \Delta t}{g} + E_m + E} \times 100\% \dots\dots\dots (18)$$

式中: η_f —— 通风机效率, %;

Δt —— 通风机的损耗温升, °C;

V_1 —— 通风机进风口气体流速, m/s;

V_2 —— 通风机出风口气体流速, m/s;

k —— 气体密度系数, m^3/kg , 对于标况干空气 $k=1 \text{ m}^3/\text{kg}$;

E_m —— 通风机机体与环境热交换的单位体积能量, m ;

E —— 密封及轴承摩擦损失的单位体积能量和, m 。