



中华人民共和国国家标准

GB/T 16665—2017
代替 GB/T 16665—1996

空气压缩机组及供气系统节能监测

Monitoring and testing for energy saving of air compressor unit
and air distribution system

2017-10-14 发布

2018-05-01 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。

本标准代替 GB/T 16665—1996《空气压缩机组及供气系统节能监测方法》，本标准与 GB/T 16665—1996 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 更改了标准名称；
- 对标准的适用范围进行了调整，增加了不适用的规定；
- 引用有效能的概念，增加了压缩空气站输功效率的评价指标；
- 增加了对压缩空气站的用电单耗、空气泄漏率、压缩热能回收率的监测；
- 增加了对系统中压缩空气干燥器和压缩空气过滤器的检查和监测项目；
- 引用 GB 19153 标准规定的机组输入比功率，作为空气压缩机组能效考核指标。

本标准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。

本标准起草单位：合肥通用机械研究院、中国标准化研究院、合肥通用机电产品检测院有限公司、贝克欧(上海)净化系统科技有限公司、北京志诚宏业智能控制技术有限公司、上海英格索兰压缩机有限公司、浙江红五环机械股份有限公司、浙江开山压缩机股份有限公司、复盛实业(上海)有限公司、杭州日盛净化设备有限公司、上海斯可络压缩机有限公司、深圳寿力亚洲实业有限公司、西安联合超滤净化设备有限公司、国际铜业协会、中机国际工程设计研究院有限责任公司、北京中竞同创能源环境技术股份有限公司、无锡新大力电机有限公司。

本标准主要起草人：孙晓明、赵跃进、丁晴、鲍洋洋、张缓缓、董鹏举、张伟、潘志暘、陈圣坤、章建、蒋建江、朱建国、王晶晶、彭恒、高宝华、刘庆卫、李大明、周胜、王根、袁玮、徐敏。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 16665—1996。

空气压缩机组及供气系统节能监测

1 范围

本标准规定了运行中空气压缩机组及供气系统的节能监测项目、监测要求和方法、测试项目计算方法和节能监测评价。

本标准适用于压缩空气站内排气压力范围 0.3 MPa~1.6 MPa, 驱动功率 18.5 kW 及以上的电动机驱动的空气压缩机组及供气系统。

本标准不适用于设在井下、涵洞和舰船等特殊场所的压缩空气站。

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 3853 容积式压缩机验收试验

GB/T 4975 容积式压缩机名词术语 总则

GB/T 10893.1 压缩空气干燥器 第 1 部分: 规范与试验

GB/T 15487 容积式压缩机流量测量方法

GB 19153 容积式空气压缩机能效限定值及能效等级

GB/T 25630 透平压缩机 性能试验规程

GB/T 27883—2011 容积式空气压缩机系统经济运行

JB/T 7662 容积式压缩机术语 回转压缩机

JB/T 7664 压缩空气净化 术语

JB/T 9107 往复压缩机 术语

3 术语和定义

GB/T 3853、GB/T 4975、GB/T 15487、GB 19153、GB/T 25630、JB/T 7662、JB/T 7664 和 JB/T 9107 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

空气压缩机组 air compressor unit

由驱动电动机、电控或调速装置、传动机构、空气压缩机和功能组件所组成的总体。

3.2

供气系统 air distribution system

所有压缩空气净化、干燥和监控传感装置, 输送压缩空气的管路、储气罐、管件及必需的辅助设备所组成的总体。

3.3

压缩空气站 compressed air station

所有空气压缩机组、压缩空气净化干燥设备及供电系统、冷却系统、监控系统和压缩空气供气总管之前输送压缩空气的管路及必需的辅助设备所组成的总体。

3.4

压缩空气站用电单耗 specific electrical power unit consumption of the compressed air station

压缩空气站每输出 1 m³ 压缩空气(吸气测点状态)所消耗的电能。

3.5

压缩热能 compression heat

空气压缩机工作时,空气被压缩时所产生的热能。

3.6

压缩空气站输功效率 compressed air station output efficiency

压缩空气站输出压缩空气中具有的有效能与其生产压缩空气所消耗的电能百分比。

注:压缩空气有效能为相对实际环境大气状态为基准,压缩空气所具有的及潜在的做功能力。

4 节能监测项目

4.1 节能监测检查项目

4.1.1 空气压缩机组及供气系统运行状态正常、系统配置合理。检查包括以下内容:

- a) 查看系统、设备配置是否合理,运行是否正常,使用是否合理;
- b) 查看空气压缩机组、干燥器设备、过滤器、水分离器等供气系统是否安装完好;是否是国家明令的淘汰产品;
- c) 空气压缩机组及压缩空气站应有完整的设备台账、运行记录、检修和改造记录等技术档案,保存时间应不少于五年。

4.1.2 监控仪表配备齐全。供气系统不得有明显破损和泄漏。压缩空气站房内通风良好,压缩机吸气口应安装在背阳、无热源的场所。

4.1.3 空气压缩机组大修以后应按 GB/T 3853、GB/T 25630 进行测试,并有测试报告。

4.1.4 空气输送管网应符合 GB/T 27883—2011 中 4.4 的要求。

4.2 节能监测测试项目

4.2.1 压缩空气站节能监测测试包括:

- a) 压缩空气站用电单耗;
- b) 压缩空气站压缩空气泄漏率;
- c) 压缩空气站管网压降;
- d) 压缩空气站输功效率;
- e) 压缩热能回收率。

4.2.2 空气压缩机组节能监测测试包括:

- a) 空气压缩机机组输入比功率;
- b) 空气压缩机排气压力波动值。

4.2.3 压缩空气干燥器节能监测测试包括:

- a) 压缩空气压力露点;
- b) 压缩空气干燥器耗气率;
- c) 压缩空气干燥器耗电量;
- d) 压缩空气干燥器压降。

4.2.4 压缩空气过滤器节能监测测试包括:过滤器压降。

5 节能监测要求和方法

5.1 节能监测的基本要求

5.1.1 监测应在空气压缩机组及供气系统正常运行状态下进行。

5.1.2 对负荷稳定(压缩空气流量变化小于5%)的空气压缩机组,以2 h为一个监测周期;对负荷不稳定的空气压缩机组(或系统中干燥器切换周期较长时),以一个或几个负荷变化周期为一个监测周期,监测周期不小于2 h。

5.1.3 监测周期内,同一工况下应同时对各参数采样记录,采样不少于三次;间隔时间为20 min~30 min;以各组读数的算术平均值作为计算值。

5.2 压缩空气容积流量的监测测试

空气压缩机组容积流量及压缩空气站供气流量测试应按 GB/T 15487 或 GB/T 25630 规定,或用量流量计法。

5.3 空气压缩机机组输入比功率的监测测试

机组输入比功率测试应按 GB 19153 和 GB/T 3853 规定。

5.4 压缩空气干燥器的监测测试

压缩空气干燥器测试应按 GB/T 10893.1 方法进行。

5.5 测量仪表

使用仪表的量程应满足电量、温度、压力和流量测量要求,仪表(含在线工作仪表)的准确度应不低于表1规定,仪表应在检定的有效期内。

表1 测量仪表要求

序 号	仪 表 名 称	最大允许误差/准确度等级
1	温度表	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$
2	大气压力表	1.5 级
3	压力表	1.5 级
4	流量计	1.5 级
5	计时表	0.5 级
6	电测仪	1.5 级
7	电流互感器	1 级
8	露点仪	$\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.6 监测参数测点布置

5.6.1 压缩空气站监测参数

压缩空气站的监测参数应按以下规定的测试点测量:

- 空气压缩机吸气温度(T_x),测试点在空气压缩机组标准吸气位置;
- 空气压缩机吸气压力(P_x ,绝压),为当地环境大气压;
- 压缩空气站供气流量(Q_z),测试点在压缩空气站至供气总管处;
- 压缩空气站供气压力(P_z ,表压),测试点在压缩空气站至供气总管处。

5.6.2 空气压缩机组监测参数

空气压缩机组的监测参数应在以下测试点测量:

- a) 空气压缩机组排气压力(P_d ,表压),测试点在空气压缩机组标准排气位置;
- b) 空气压缩机组输入功率(包括电控或调速装置)(W_K),测试点在空气压缩机组的电源进线处;
- c) 空气压缩机组实际容积流量(Q_K),测试点在空气压缩机组输出出口处;
- d) 压缩热能回收量(E_R),测试点在压缩空气站热能输出处。

5.6.3 压缩空气干燥器监测参数

压缩空气干燥器的监测参数应在以下测试点测量:

- a) 压缩空气压力露点,测试点在干燥器出口处;
- b) 压缩空气干燥器进、出口气量(Q_{Gx} 、 Q_{Gd}),测试点在干燥器进、出口处;
- c) 压缩空气干燥器电量(E_G),测试点在干燥器的电源进线处;
- d) 压缩空气干燥器进、出口压力(P_{Gx} 、 P_{Gd} ,表压),测试点在干燥器进、出口处。

5.6.4 压缩空气过滤器监测参数

压缩空气过滤器进、出口压力参数(P_{Lx} 、 P_{Ld} ,表压),测试点在过滤器进、出口处。

6 节能监测项目计算方法

6.1 压缩空气站参数计算

6.1.1 压缩空气站用电单耗的计算

压缩空气站用电单耗(D)应按式(1)计算:

$$D = \frac{E_z}{G_z} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

D ——压缩空气站用电单耗,单位为千瓦时每立方米($\text{kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$);

E_z ——压缩空气站用电总量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

G_z ——测量时间段压缩空气站供气总量,为空气压缩机吸气状态,单位为立方米(m^3)。

6.1.2 压缩空气站用电总量的计算

压缩空气站用电总量(E_z),为在测量周期内,站房所属空气压缩机组、通风风机、空气压缩机冷却水循环系统、干燥器消耗电量总和,应按式(2)进行计算:

$$E_z = \sum E_K + \sum E_F + \sum E_X + \sum E_G \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

E_K ——空气压缩机组消耗的电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

E_F ——站中通风风机消耗的电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

E_X ——压缩空气站冷却水循环系统消耗的电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

E_G ——压缩空气干燥器消耗的电量,单位为千瓦时($\text{kW} \cdot \text{h}$)。

6.1.3 压缩空气站供气总量的计算

压缩空气站供气总量(G_z ,空气压缩机吸气状态),应按式(3)计算:

$$G_z = \frac{P_c \times T_x}{P_x \times T_c} \times G_c \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

G_c ——测量时间段流量计给出状态的压缩空气站供气量总和,单位为立方米(m^3)。

P_c ——流量计给出状态压缩空气站供气压力,绝对压力,单位兆帕(MPa);

P_x ——空气压缩机吸气压力,绝对压力,单位兆帕(MPa);

T_c ——流量计给出状态压缩空气站供气温度,绝对温度,单位开氏温度(K);

T_x ——空气压缩机吸气温度,绝对温度,单位开氏温度(K)。

6.1.4 压缩空气站泄漏率的计算

压缩空气站泄漏率(δ_z)应按式(4)计算:

$$\delta_z = \frac{\sum Q_K - Q_z}{\sum Q_K} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

δ_z ——压缩空气站泄漏率,%;

Q_z ——测量时间段内压缩空气站平均供气量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

$\sum Q_K$ ——压缩空气站空气压缩机组实际容积流量平均值之和,单位为立方米每分钟(m^3/min)。

6.1.5 压缩空气站管网压降的计算

压缩空气站管网压降(ΔP_z)应按式(5)计算:

$$\Delta P_z = P_d - P_z \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

ΔP_z ——压缩空气站管网压降,单位为兆帕(MPa);

P_d ——空气压缩机组排气压力,表压,单位为兆帕(MPa);

P_z ——压缩空气站供气压力,表压,单位为兆帕(MPa)。

6.1.6 压缩空气站输功效率的计算

压缩空气站输功效率(η_w)应按式(6)计算:

$$\eta_w = 16.67 \times \frac{P_x \times Q_z \times t \times \ln[(P_z + P_x)/P_x]}{E_z} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中:

η_w ——压缩空气站输功效率,%;

t ——压缩空气站用电总量 E_z 测量周期时间,单位为小时(h)。

6.1.7 压缩热能回收率的计算

压缩热能回收率(η_R)应按式(7)计算:

$$\eta_R = \frac{E_R}{\sum E_K} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

E_R ——压缩空气站回收热能,单位为千瓦小时($\text{kW} \cdot \text{h}$);

6.2 空气压缩机组参数计算

6.2.1 空气压缩机机组输入比功率的计算

空气压缩机机组输入比功率(q)应按式(8)计算:

$$q = k_1 \times k_2 \times \frac{W_K}{Q_K} \quad \dots\dots\dots (8)$$

式中:

q ——空气压缩机机组输入比功率,单位为千瓦分每立方米 $[\text{kW} \cdot \text{min}/\text{m}^3]$;

W_K ——空气压缩机组的输入功率,单位为千瓦(kW);

Q_K ——空气压缩机组实际容积流量,单位为立方米每分(m^3/min);

k_1 ——排气压力修正系数,空气压缩机组在额定排气压力(P_E)下工作时, $k_1=1$ 。对于在其他工作压力 P_d 的机组, k_1 应按式(9)计算:

$$k_1 = \frac{\ln[10 \times (P_E + 0.1)]}{\ln[(P_d + P_x)/P_x]} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

P_E ——空气压缩机组额定排气压力,表压,单位为兆帕(MPa);

P_x ——空气压缩机组工作吸气压力,绝压,单位为兆帕(MPa)。

P_d ——空气压缩机组工作排气压力,表压,单位为兆帕(MPa)。

k_2 ——吸气压力修正系数, k_2 应按式(10)计算:

$$k_2 = \frac{0.1}{P_x} \quad \dots\dots\dots (10)$$

6.2.2 空气压缩机组压力波动值的计算

空气压缩机组压力波动值(ΔP_K)应按式(11)计算:

$$\Delta P_K = P_{d(\max)} - P_{d(\min)} \quad \dots\dots\dots (11)$$

式中:

ΔP_K ——空气压缩机组压力波动值,单位为兆帕(MPa);

$P_{d(\max)}$ ——空气压缩机组排气压力最大值,单位为兆帕(MPa);

$P_{d(\min)}$ ——空气压缩机组排气压力最小值,单位为兆帕(MPa)。

6.3 压缩空气干燥器参数计算

6.3.1 压缩空气干燥器耗气率的计算

压缩空气干燥器耗气率(δ_G)应按式(12)计算:

$$\delta_G = \frac{Q_{Gx} - (Q_{Gd} + Q_s)}{Q_{Gx}} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots (12)$$

式中:

δ_G ——压缩空气干燥器耗气率,%(全流程);

Q_{Gx} ——压缩空气干燥器全流程压缩空气平均进气流量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

Q_{Gd} ——压缩空气干燥器全流程压缩空气平均出气流量,单位为立方米每分钟(m^3/min);

Q_s ——压缩空气干燥器全流程平均排出冷凝水折算水蒸气气量,单位为立方米每分钟(m^3/min)。

6.3.2 压缩空气干燥器压降的计算

压缩空气干燥器压降(ΔP_G)应按式(13)计算或由压差计直接读取方式获得。

$$\Delta P_G = P_{Gx} - P_{Gd} \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

ΔP_G ——压缩空气干燥器压降,单位为兆帕(MPa);

P_{Gx} ——压缩空气干燥器进气压力,单位为兆帕(MPa);

P_{Gd} ——压缩空气干燥器出气压力,单位为兆帕(MPa)。

6.4 压缩空气过滤器参数计算

压缩空气过滤器压降(ΔP_L)应按式(14)计算或由压差计直接读取方式获得。

$$\Delta P_L = P_{Lx} - P_{Ld} \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

ΔP_L ——过滤器压降,单位为兆帕(MPa);

P_{Lx} ——过滤器进气压力,单位为兆帕(MPa);

P_{Ld} ——过滤器出气压力,单位为兆帕(MPa)。

7 节能监测评价

7.1 节能监测评价指标

空气压缩机组及供气系统的节能监测指标应满足表2的要求。

表2 节能监测评价指标

序号	监测项目		合格指标	备注
1	空气压缩机组	空气压缩机机组输入比功率	GB 19153 标准值或不大于产品明示值的 1.05 倍	不在 GB 19153 范围内机组按明示值考核
2	压缩空气干燥器	压缩空气干燥器出口露点	不高于标准要求或产品明示值	无标准规定时,按明示值考核
3		压缩空气干燥器耗电量	不大于标准要求或产品明示值	
4		压缩空气干燥器耗气率	不大于标准要求或产品明示值	
5		压缩空气干燥器压降	不大于标准要求或产品明示值	
6	过滤器	过滤器压降	不大于标准要求	
注:“产品明示值”为产品名牌、合同协议、使用说明书及技术文件中的相关标注或规定的值。				

7.2 节能监测合格评定

7.2.1 第4章规定的节能监测检查项目和监测项目评价指标应为监测合格的最低标准。监测项目压缩空气站用电单耗、空气压缩机机组输入比功率为必测项目。监测机构应以此进行合格和不合格的评价。全部监测指标均合格方可视为节能监测结果合格。

7.2.2 压缩空气站现场监测条件具备时,依据本标准对全部评价指标监测评价;若监测条件受限,亦可按照单项附表,对部分监测项目评价。

7.2.3 必要时,对空气压缩机组和压缩空气干燥器出现的性能衰减,进行能源消耗与设备维修、更新设备成本比较的评价。

7.3 节能监测报告

《空气压缩机组节能监测报告》见附录A的A.1,《压缩空气干燥器及过滤器节能监测报告》见A.2,《压缩空气站节能监测报告》的内容和样式见A.3。监测报告应给出能源使用情况的评价和提出改进建议。

附 录 A
(规范性附录)

空气压缩机组及供气系统节能监测报告

A.1 空气压缩机组节能监测报告

空气压缩机组节能监测报告编写格式见图 A.1。

空气压缩机组节能监测报告

编号：

单位名称		监测通知号		
设备名称		监测日期		
设备编号		设备用途		
监测依据	GB/T 16665—2016			
监测 检查 项目	检查内容	检查结果		评价
	机组是否安装完好;是否是 国家明令的淘汰产品			
	设备配置是否合理,运行是 否正常,使用是否合理			
	设备运行记录、检修记录, 大修后测试报告			
监测 测试 项目	监测项目	评价指标	监测结果	评价
	空气压缩机组输入比功率 [☆]			
	空气压缩机组排气压力波动值			
评价结论、处理意见及建议:				
监测负责人(签章): 审核人: 技术负责人:				
监测单位(盖章) 年 月 日				
注:加“ [☆] ”为必测项目。				

图 A.1 空气压缩机组节能监测报告格式

A.2 压缩空气干燥器及过滤器节能监测报告

压缩空气干燥器及过滤器节能监测报告编写格式见图 A.2。

压缩空气干燥器及过滤器节能监测报告

编号:

单位名称		监测通知号		
设备名称		监测日期		
设备编号		设备用途		
监测依据	GB/T 16665—2016			
监测检查项目	检查内容	检查结果		评价
	干燥器或过滤器是否安装完好； 是否是国家明令的淘汰产品			
	设备配置是否合理，运行是否正常，使用是否合理			
	设备运行记录、检修记录， 大修后测试报告			
监测测试项目	监测项目	评价指标	监测结果	评价
	压缩空气压力露点			
	压缩空气干燥器耗电量			
	压缩空气干燥器耗气率			
	压缩空气干燥器压降			
	压缩空气过滤器压降			
评价结论、处理意见及建议：				
监测负责人(签章)：		监测单位(盖章)		
审核人：				
技术负责人：		年 月 日		

图 A.2 压缩空气干燥器及过滤器节能监测报告格式

A.3 压缩空气站和供气系统节能监测报告

压缩空气站节能监测报告编写格式见图 A.3。

压缩空气站节能监测报告

编号：

单位名称		监测通知号	
设备名称		监测日期	
设备编号		设备用途	
监测依据	GB/T 16665—2016		
监测检查项目	检查内容	检查结果	评价
	供气系统是否安装完好；是否有国家明令的淘汰产品		
	系统、设备配置是否合理，运行是否正常，使用是否合理		
	仪表配备，供气系统有无明显破损和泄漏，通风状况，吸气口安装		
	设备运行记录、检修记录，大修、改造后测试报告		
监测测试项目	监测项目	监测结果	评价
	压缩空气站用电单耗 [☆]		
	压缩空气站压缩空气泄漏率		
	压缩空气站管网压降		
	压缩空气站输功效率		
	压缩热能回收率		
评价结论、处理意见及建议：			
监测负责人(签章)：		监测单位(盖章)	
审核人：			
技术负责人：		年 月 日	
注：加“☆”为必测项目。			

图 A.3 压缩空气站节能监测报告格式

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
空气压缩机组及供气系统节能监测
GB/T 16665—2017

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址: www.spc.org.cn

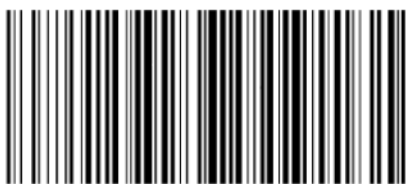
服务热线: 400-168-0010

2017年10月第一版

*

书号: 155066 · 1-58360

版权专有 侵权必究



GB/T 16665-2017