

中华人民共和国国家标准

GB/T 13929—2024
代替GB/T 13929—2010

水环真空泵和水环压缩机 试验方法

Water ring vacuum pumps and compressors—Testing method

2024-04-25发布

2024-08-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验方法 2

 4.1 试验类型 2

 4.2 试验介质和工作液体 2

 4.3 试验仪器仪表不确定度 2

 4.4 试验装置 2

 4.5 试验条件 3

 4.6 运转试验 4

 4.7 性能试验 4

 4.8 出厂试验 4

5 测量及等温压缩效率的计算 5

 5.1 气量的测量 5

 5.2 吸入压力(真空度)的测量 5

 5.3 排出压力的测量 5

 5.4 转速的测量 5

 5.5 轴功率的测量 6

 5.6 供水量的测量 6

 5.7 温度的测量 6

 5.8 环境空气压力和相对湿度的测量 6

 5.9 振动和噪声的测量 6

 5.10 等温压缩效率的计算 7

6 试验结果的换算 7

 6.1 通则 7

 6.2 泵规定条件下的性能换算 7

7 性能曲线 8

8 测量的不确定度和性能容差 8

 8.1 概述 8

 8.2 随机不确定度的评定 9

 8.3 系统不确定度的评定 9

 8.4 总体的不确定度 9

8.5 性能容差 9

9 试验报告 10

图 1 试验装置示意图 3

表 1 系统不确定度es 相对容许幅度 2

表 2 容许波动幅度，以测量参数平均值的百分数表示 3

表 3 总体的不确定度的容许波动幅度 9



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 13929—2010《水环真空泵和水环压缩机 试验方法》，与GB/T 13929—2010相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 更改了术语和定义(见第3章，2010年版的第3章)；
- 更改了对试验仪表精度的规定(见4.3, 2010年版的4.3)；
- 更改了试验装置示意图(见4.4.1, 2010年版的4.4.1)；
- 删除了最大允许波动幅度可以比规定值大的条件(见2010年版的4.5.4)；
- 删除了试验的稳定条件(见2010年版的4.5.5)；
- 删除了不稳定条件的内容及同一量重复测量结果之间的变化限度(见2010年版的4.5.6和表2)；
- 增加了两级水环真空泵性能试验测点的规定(见4.7.2)；
- 更改了出厂检验时两级水环真空泵测点的规定(见4.8.2, 2010年版的4.7.4)；
- 增加了出厂检验时振动、噪声测点的规定(见4.8.2)；
- 增加了对进气温度的测量(见5.7)；
- 增加了气温换算系数(见6.2.1)；
- 增加了随机不确定度计算和评定的规定(见8.2)；
- 增加了总体的不确定度值的导出公式(见8.4)。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出。

本文件由全国泵标准化技术委员会(SAC/TC 211)归口。

本文件起草单位：淄博水环真空泵厂有限公司、广东肯富来泵业股份有限公司、西安泵阀总厂有限公司、淄博真空设备厂有限公司、江苏大学、湖北同方高科泵业有限公司、鲁阳精工真空科技(淄博)有限公司、浙江省机电产品质量检测所有限公司、沈阳华科泵业制造有限公司、武汉特种工业泵厂有限公司、青蛙泵业股份有限公司、博山水泵制造厂、贝德科技集团有限公司、山东博科真空科技有限公司、深圳华星恒泰泵阀有限公司、浙江海弘机电科技有限公司、沈阳水泵研究所有限公司。

本文件主要起草人：荆延波、姜淙献、莫宇石、魏清希、刘继睿、李明义、黄锋、徐法俭、黄志婷、李娟、盛英英、蔡振宇、杨平辉、聂国军、孙泽通、罗卫华、孙猛、熊颖申、郑斌、董钦敏、于佳菲。

本文件于1992年首次发布，2010年第一次修订，本次为第二次修订。

水环真空泵和水环压缩机 试验方法

1 范围

本文件描述了水环真空泵和水环压缩机(以下不加区分时统称为泵)的试验方法、测量及等温压缩效率的计算、试验结果的换算方法,并规定了性能曲线、测量的不确定度、性能容差及试验报告内容。

本文件适用于不带任何管路附件的泵本身,也适用于连接全部或部分上游和/或下游管路附件的泵组合体。

本文件适用于以水为工作液体,以环境空气为试验介质的泵试验。用水以外的其他液体作为工作液体进行试验时参照使用。

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 1032—2023 三相异步电动机试验方法
- GB/T 3216—2016 回转动力泵水力性能验收试验1级、2级和3级
- GB/T 13930 水环真空泵和水环压缩机气量测定方法
- GB/T 29529 泵的噪声测量与评价方法
- GB/T 29531 泵的振动测量与评价方法
- JB/T 7255 水环真空泵和水环压缩机

3 术语和定义

JB/T 7255 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

运转试验 running test

检查泵轴承温升是否正常及泵各密封部位有无泄漏的试验。

3.2

性能试验 performance test

〈水环真空泵〉确定吸入压力、气量、转速、轴功率及等温压缩效率相互关系的试验。
〈水环压缩机〉确定排出压力、气量、转速、轴功率及等温压缩效率相互关系的试验。

3.3

电动机输入功率 motor input power

电动机吸收的功率。

3.4

规定点 specified point

〈水环真空泵〉性能曲线上规定吸入压力和规定气量所确定的点。
《水环压缩机》性能曲线上规定排出压力和规定气量所确定的点。

3.5

容差 tolerance

试验结果与泵性能保证值之差的允许范围。

3.6

性能 performance

〈水环真空泵〉在一定转速下，气量与吸入压力、轴功率、等温压缩效率等之间的关系。
〈水环压缩机〉在一定转速下，气量与排出压力、轴功率、等温压缩效率等之间的关系。

4 试验方法

4.1 试验类型

泵的试验类型分为型式试验和出厂试验。型式试验和出厂试验时均应首先进行运转试验。
注1:型式试验是指性能试验以及振动和噪声试验。
注2:出厂试验是对泵在规定范围内规定点的有关性能指标进行试验。

4.2 试验介质和工作液体

4.2.1 试验介质为环境空气，其温度范围宜为0℃~35℃。
4.2.2 试验时泵进水温度不应高于35℃,且宜为15℃。水应洁净，供水量和供水压力应符合有关技术文件的规定。

4.3 试验仪器仪表不确定度

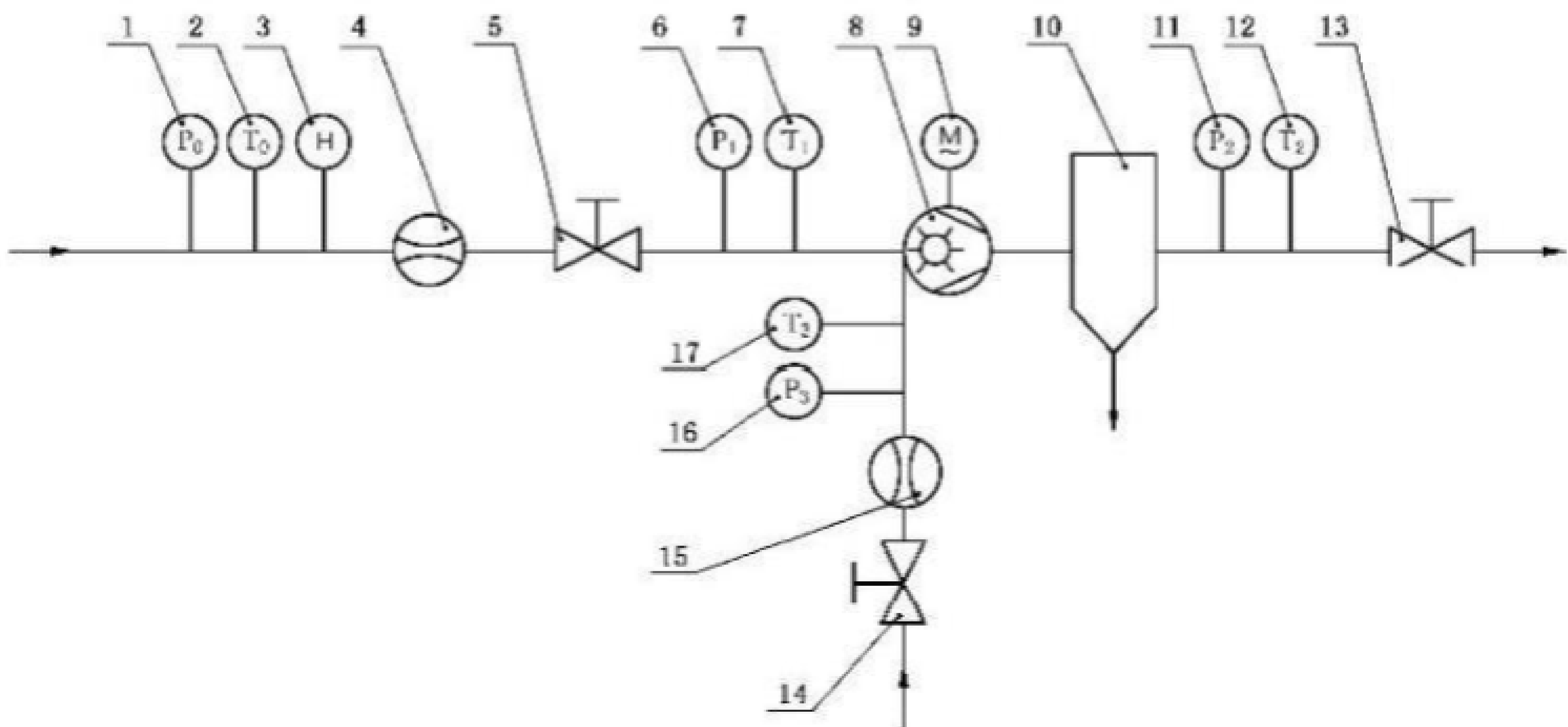
所有仪器仪表均应有检定证书或报告，并应按照规定周期检定或校准。各类仪器仪表测量不确定度应满足表1对各测量参数不确定度的规定。

表 1 系统不确定度es 相对容许幅度

测量参数	容许波动幅度 %
气量	±2.5
压差	±2.5
压力	±2.5
转速	±1.4
电动机输入功率	±2.0
转矩	±2.0

4.4 试验装置

4.4.1 试验装置应按图1连接而成。水环真空泵的调节阀应安装在吸气管路上，并采用密封良好的真空闸阀或其他阀门；水环压缩机的调节阀应安装在分离器后的排出管路上。
4.4.2 如有规定，可将泵同管线及附件组合进行试验。



标引序号说明:

- 1——气压计;
- 2——温度计(测量环境温度);
- 3——湿度计;
- 4——流量计(宜采用节流装置);
- 5——入口调节阀;
- 6——入口压力计;
- 7——入口温度计;
- 8——泵;
- 9——电动机;

- 10——分离器;
- 11——排气压力计;
- 12——排气温度计;
- 13——排气调节阀;
- 14——工作液体调节阀;
- 15——工作液体流量计;
- 16——工作液体压力计;
- 17——工作液体温度计。

注: 水环压缩机试验时不安装入口调节阀5;水环真空泵试验不要求有背压时, 通常不安装排气调节阀13。

图 1 试验装置示意图

4.5 试验条件

- 4.5.1 试验的时间应满足获得两次或两次以上重复结果。
- 4.5.2 因波动情况对测量数值有影响, 试验时所有测量均应在稳定条件下进行, 其读数的容许波动幅度应在表2规定的范围内。如果测量数值出现大幅度的波动, 则可在测量仪表中或其连接管路中设置一种能使波动幅度降低到表2规定值范围内的缓冲装置来进行测量。缓冲装置应是对称和线性的, 例如毛细管, 其应提供至少是包含了一个完整的波动周期内的积分值。

表 2 容许波动幅度, 以测量参数平均值的百分数表示

测量参数	容许波动幅度 %
气量	±6
压力	
电动机输入功率	
转矩	
转速	±2
注: 使用差压装置测量, 所观测的差压的最大容许波动幅度可定为12%。	

4.5.3 试验转速与规定转速之间的差异，应按公式(1)计算：

$$\frac{n_p - n}{n} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：
np——试验转速；
n——规定转速。
转速差异应在±3%的范围内。

4.6 运转试验

- 4.6.1 泵运转试验应在规定点检查下列项目：
- 按照JB/T 7255的规定指标检查轴承温升；
 - 轴封及泵各连接部位的密封性。
- 4.6.2 除非另有规定，泵运转试验的时间应符合下列规定：
- 驱动功率不大于100 kW, 不应少于30 min；
 - 驱动功率大于100 kW, 不应少于60 min。

- 4.6.3 除非另有规定，泵运转试验的工况点应符合下列规定：
- 单级水环真空泵为吸入压力400 hPa 点；
 - 两级水环真空泵为吸入压力80 hPa 点；
 - 水环压缩机为最大允许工作压力点。

4.7 性能试验

4.7.1 水环真空泵的性能试验应测量在试验转速下不同吸入压力时的气量、轴功率、效率以及极限压力。

水环压缩机的性能试验应测量在试验转速下不同排出压力(包括最大允许工作压力)时的气量、轴功率、效率。

泵性能试验时应同时测量轴承的温度、环境空气的温度、环境空气的相对湿度、大气压力、排气温度及供水的温度、压力和供水量(见图1)。

4.7.2 单级水环真空泵进行性能试验时，性能试验的测点数目不应少于12个(包括4.8.2规定的测点), 在气量曲线发生显著变化的区域，应额外增加测点，增加的测点数目应能反映气量曲线的变化。

两级水环真空泵进行性能试验时，性能试验的测点应从吸入压力200 hPa 开始至极限真空，测点数目应符合买方要求。当买方无要求时，可适当选择测点数目，但应至少包括4.8.2规定的测点。

水环压缩机进行性能试验时，可根据买方要求适当选择性能试验的测点数目，但应包括4.8.2规定的测点。

4.7.3 进行配有大气喷射器的水环真空泵性能试验时，其测点数目可适当增加，除了测量水环真空泵单独工作时的性能外，还应测量配有大气喷射器时的气量、轴功率以及极限真空。

4.8 出厂试验

- 4.8.1 出厂试验的性能测点应符合买方的规定。如买方未规定，性能测点应按照下列规定进行：
- 单级水环真空泵：环境空气压力(或接近环境空气压力)、吸入压力400 hPa 及极限真空；
 - 两级水环真空泵：吸入压力200 hPa、80 hPa及极限真空；
 - 水环压缩机：环境空气压力(或接近环境空气压力)、环境空气压力与最大允许工作压力之间的中间点及最大允许工作压力。

4.8.2 出厂试验的振动、噪声的工况点应按照买方规定进行。如买方未规定，应按照下列规定进行：

- ____单级水环真空泵为吸入压力400 hPa 点；
- 两级水环真空泵为吸入压力80 hPa 点；
- 水环压缩机为最大允许工作压力点。

5 测量及等温压缩效率的计算

5.1 气量的测量

气量的测量应按照GB/T 13930的规定进行。

5.2 吸入压力(真空度)的测量

- 5.2.1 吸入压力的测量应在泵的入口处进行，可采用液柱压力计(U 型管压力计或单管压力真空计)或弹簧真空计，测量仪器连接管线的内径不应小于6 mm, 该管线不应弯曲，并保证连接管的密封性及避免管路由于冷凝而出现阻塞。
- 5.2.2 采用液柱压力计测量吸入压力时，压力计中的液体应保持洁净，以避免由于表面张力的变化而引起误差，其测量不确定度应符合4.3的规定。
- 5.2.3 采用弹簧真空计或其他压力计时，其测量不确定度应符合4.3的规定。
- 5.2.4 用液柱压力计或弹簧真空计测量时，吸入压力按公式(2)计算：

$$p_i = p_b - p \dots\dots\dots (2)$$

- 式中：
- p_i —— 吸入压力，单位为百帕(hPa)；
 - p_b —— 环境空气压力，单位为百帕(hPa)；
 - p' —— 采用液柱压力计测量时为液柱压差，用弹簧真空计测量时为压力计示值的绝对值，单位为百帕(hPa)。

5.3 排出压力的测量

- 5.3.1 水环压缩机的排出压力，可采用液柱压力计或弹簧压力计在水环压缩机汽水分离器出口处测量。
- 5.3.2 水环真空泵的排出压力，可在水环真空泵出口处或汽水分离器出口处测量。
- 5.3.3 采用弹簧压力计测量时，其测量不确定度应符合4.3的规定，读数应读到测量压力的1/100, 其使用量程应在1/3以上。
- 5.3.4 水环压缩机的排出压力，按公式(3)计算：

$$P_{e2} = p'_2 + p_b - 0.101325 \dots\dots\dots (3)$$

- 式中：
- P_{e2} ——水环压缩机的排出压力(表压), 单位为兆帕(MPa)；
 - p' —— 压力计表压值，单位为兆帕(MPa)；
 - p_b —— 环境空气压力(绝压), 单位为兆帕(MPa)。

5.4 转速的测量

通过直接显示的数字仪测出测量时间内泵的转数。

对于交流电动机驱动的泵，可由平均频率观测值和转差率确定。当采用闪光测频法或感应线圈法测量转差时，宜参照GB/T 1032—2023中5.3.5的规定进行。

5.5 轴功率的测量

5.5.1 概述

泵的轴功率可通过测量转速和扭转力矩得出，或测量已知效率的电动机的输入功率来确定。

5.5.2 转矩的测量

转矩测量应使用符合表1要求的测功计或转矩计进行测量。测功计应在试验转速条件下空载运行时调零或减掉初始载荷，转矩和转速的测量应切合实际并做到同步。

5.5.3 电功率的测量

5.5.3.1 电功率的测量，根据传动方式的不同，分为下列两种：

- 直接传动(泵与电动机直联)；
 - 间接传动(泵与电动机之间通过变速箱或皮带传动)。
- 如果是通过测量电动机输入功率来确定泵的轴功率，应遵守下列条件：
- 电动机只在其效率已经以足够精度获知的工况下运转；
 - 电动机效率应按照GB/T 1032—2023的规定确定，并由电动机制造商予以说明。

5.5.3.2 交流电动机输入功率应使用两个单相瓦特计、一个三相瓦特计或多相瓦特计的方法进行测量。此时可使用或是几个单相瓦特计、或是可同时测量两相或三相功率的一个瓦特计或积算的瓦时计。其测量不确定度应符合4.3的规定。

5.5.4 轴功率的计算

根据电动机输入功率计算轴功率，按公式(4)计算：

$$P_o = P_{gymot} \gamma_m \dots\dots\dots (4)$$

式中：

P_o ——泵的轴功率，单位为千瓦(kW)；

P ——电动机输入功率，单位为千瓦(kW)；

γ_{mot} ——电动机效率；

γ_{mt} ——传动效率，直接传动时， $\gamma_m=1$ ；皮带传动时， $\gamma_m=0.95$ ；减速机传动时， $\gamma_{im}=0.98$ 。

5.6 供水量的测量

供水量可用流量表或玻璃转子流量计等测量，流量计的精度等级不应低于2.5级。供水压力可用精度等级不低于2.5级的弹簧压力计测量。

注：供水量的单位为升每分钟(L/min)或立方米每小时(m³/h)。

5.7 温度的测量

宜用精度不低于±0.5℃的温度计，测量环境空气温度、进气温度、排气温度和工作水进水温度。

5.8 环境空气压力和相对湿度的测量

环境空气压力用大气压力计或数字气压表测量，其精度不应低于±1 hPa, 环境空气的相对湿度用干湿球湿度计测量，其精度等级不应低于2.5级。

5.9 振动和噪声的测量

泵的振动的测量应按照GB/T 29531的规定进行。

泵的噪声的测量应按照GB/T 29529的规定进行。

5.10 等温压缩效率的计算

泵的等温压缩效率按公式(5)计算:

$$\eta = \frac{P_i}{P_e} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:

η ——等温压缩效率;
 P_i ——等温压缩功率, 单位为千瓦(kW)。

泵的等温压缩功率按公式(6)计算:

$$P_e = 38.37 p_1 Q_s \lg \frac{p_2}{p_1} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

p_1 —— 吸入压力, 单位为兆帕(MPa);
 Q_s —— 测量条件下, 泵入口压力为 p_i 时, 吸入状态下的气量, 单位为立方米每分(m^3/min);
 p_2 —— 泵出口处的气体绝对压力, 单位为兆帕(MPa)。

6 试验结果的换算

6.1 通则

6.1.1 如果试验条件不符合规定条件, 则应将试验结果换算到规定条件下。

6.1.2 泵的规定条件为:

- 入口气体为环境空气;
- 环境空气压力为1013.25 hPa, 温度为20℃;
- 进水温度为15℃;
- 环境空气相对湿度为70%;
- 泵转速为规定转速, 单位为转每分(r/min)。

6.1.3 试验条件应符合4.5的规定。

6.2 泵规定条件下的性能换算

6.2.1 气量的换算

气量的换算按公式(7)计算:

$$Q_v = K_1 K_2 K_3 Q_{20} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

Q_v ——规 定条件下泵的气量, 单位为立方米每分(m^3/min);
 K_1 —— 转速换算系数;
 K_2 —— 水温换算系数;
 K_3 —— 气温换算系数;
 Q_{20} ——规定进气条件下, 吸入压力为 p_i 时, 吸入状态下的气量, 单位为立方米每分(m^3/min)。
转速换算系数 K_1 按公式(8)计算:

$$K_1 = \frac{n}{n_{20}} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

n ——泵的规定转速,单位为转每分(r/min);

n_p ——泵试验时的转速,单位为转每分(r/min);

水温换算系数 K_2 按公式(9)计算:

$$K_2 = \frac{p_1 - p_{vis}}{p_1 - p_{v1}} \dots\dots\dots (9)$$

式中:

p_{vis} ——水温为15℃时饱和蒸气压,单位为百帕(hPa);

p_{vt} ——测量条件下,进水温度为 t ℃时饱和蒸气压,单位为百帕(hPa)。

气温换算系数 K_3 按公式(10)计算:

$$K_3 = \frac{273 + t_{20}}{273 + t_1} \dots\dots\dots (10)$$

式中:

t_{20} ——规定条件中规定的进气温度(20℃);

t_1 ——试验条件下,实际测得的进气温度,单位为摄氏度(℃)。

6.2.2 极限真空的换算

极限真空的换算按公式(11)计算:

$$p_{imin15} \approx p_{Imint} - (p_{v1} - p_{vi5}) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

p_{lmin15} ——进水温度为15℃时的极限真空,单位为百帕(hPa);

p_{imin} ——试验条件下,进水温度为 t ℃时的极限真空,单位为百帕(hPa)。

6.2.3 泵轴功率的换算

泵轴功率的换算按公式(12)计算:

$$P = K_4 P_o \dots\dots\dots (12)$$

式中:

P ——规定转速条件下,泵的轴功率,单位为千瓦(kW);

K_4 ——轴功率转速换算系数按公式(13)计算:

$$K_4 = \left(\frac{n}{n_o} \right)^2 \dots\dots\dots (13)$$

7 性能曲线

换算到规定条件下泵的性能试验结果,可根据要求绘制性能曲线。对于水环真空泵,宜绘制“吸入压力-气量”和“吸入压力-轴功率”性能曲线;对于水环压缩机,宜绘制“排出压力-气量”和“排出压力-轴功率”曲线。

8 测量的不确定度和性能容差

8.1 概述

即使使用的测量方法、所用的仪表及分析方法完全可行并符合本文件的要求,每一测量参数也仍不可避免地存在不确定度。

8.2和8.3中描述的方法旨在给用户提供一些资料性信息，以及一些实践方法，用户通过这些方法可对适用于本文件要求的试验以合理的置信概率进行测量不确定度的评定。

8.2 随机不确定度的评定

随机不确定度，或是由于测量系统的特征、或是由于被测量参数的变化、或是由于两者共同所致，直接以测量结果的分散形式出现。与系统不确定度不同，随机不确定度可通过在同条件下增加同一参数的测量次数来加以降低。

每一个试验点应至少取3组读数。随机不确定度应按照GB/T 3216—2016中4.3.3.1规定的程序和公式计算和评定。

8.3 系统不确定度的评定

当通过零点调整、校准、仔细地测量尺寸和正确的安装等将已知的所有误差均消除以后，仍然会留有不确定度，且永远不会消失。即使仍使用同一仪表和同样的测量方法，也不能通过重复测量使其降低。

系统不确定度的评定实际上是以测量标准的校准为基础。表1给出了系统不确定度的容许幅度。

8.4 总体的不确定度

总体的不确定度值按公式(14)计算：

$$e=\sqrt{e_R^2+e_S^2} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- e ——总体的不确定度；
- e_R——随机不确定度；
- e_S ——系统不确定度。

表3给出了总体的不确定度的容许值。

表 3 总体的不确定度的容许波动幅度

测量参数	容许波动幅度 %
气量	±3.5
压力	±3.0
转速	±2.0
转矩	±3.0
电动机输入功率	±3.5
泵轴功率(由转矩和转速计算得出)	±3.5
泵轴功率(由电动机输入功率和电动机效率计算得出)	±4.0

8.5 性能容差

试验性能与规定性能相比较，规定检查范围内的容差应符合下列规定：

- 规定点的气量偏差不应超过±10%；
- 在规定的工作性能范围内，最大轴功率的上差不应超过10%，且不应超过电动机的额定功率；
- 极限真空不应大于规定值。



9 试验报告

9.1 试验结果经检查之后，应整理成报告，并由试验主管单独签字，或由试验主管以及制造商/供应商和采购商的代表共同签字。

9.2 型式试验报告应包括下列信息：

- 试验地点和日期；
- 制造商名称，泵的型号、名称，产品编号及制造日期；
- ____ 试验设备和测量仪表名称、型号、规格；
- 泵的规定性能参数；
- 试验记录及计算表；
- 泵的性能曲线；
- 电动机的型号、规格；
- 试验结论。

9.3 出厂试验报告应包括下列信息：

- 试验地点和日期；
 - 造商名称，泵的型号、名称，产品编号及制造日期；
 - 试验记录及计算表；
 - ____ 试验结论。
-

www.bzxz.net

免费标准下载网