

ICS 23.160
J 78

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10770—2019
代替 JB/T 10770—2007

真空技术 液环真空泵验收规范

**Vacuum technology — Acceptance specifications for
liquid ring vacuum pumps**

2019-08-02 发布

2020-04-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 验收测量的条件和内容要求	2
4.1 按规定条件验收	2
4.2 按约定条件验收	3
4.3 泵带大气喷射器时的验收	3
4.4 验收测量要求	3
5 测量装置和方法	3
5.1 测量装置	3
5.2 温度测量	3
5.3 压力测量	4
5.4 气量的测量	4
5.5 轴功率的测量	4
5.6 转速的测量	5
5.7 工作介质的测量	5
5.8 环境空气参数的测量	5
5.9 噪声和振动测量	5
6 验收前的准备	5
6.1 仪器仪表的准备	5
6.2 泵的试运行	5
7 测量结果的换算	6
7.1 一般说明	6
7.2 气量的换算	6
7.3 轴功率的换算	7
7.4 能效值的计算	7
8 验收检测报告与规定或约定值的分析比较	7
8.1 允许误差	7
8.2 验收检测报告	7
附录 A (资料性附录) 测试过程中至少应记录和汇总的测量数据	9
附录 B (资料性附录) 能效值	10
B.1 泵的气量和轴功率	10
B.2 能效值的计算	10
表 1 测量装置的允许误差	3
表 2 气量、轴功率允许误差	7
表 A.1 测试过程中至少应记录和汇总的测量数据	9

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JB/T 10770—2007《真空技术 液环真空泵验收规范》，与 JB/T 10770—2007 相比主要技术变化如下：

- 增加、修改并删除了部分术语和定义（见第 3 章，2007 年版的第 3 章）；
- 增加了试验转速和规定（设计）转速的差异要求（见 4.1.1）；
- 修改了入口压力测点中必须包含的 3 点的规定 [见 4.1.2.3，2007 年版 4.2.3 b)]；
- 增加了按约定条件的验收内容（见 4.2）；
- 修改了出口压力测量方法（见 5.3.3，2007 年版的 5.3.3）；
- 增加了环境温度的测量（见 5.8.2）；
- 修改了工作介质温度换算系数的计算公式 [见公式（4），2007 年版的公式（6）]；
- 增加了饱和空气中水蒸气含量的计算内容（见 7.2.4）；
- 修改了轴功率转速换算系数的计算公式 [见公式（7），2007 年版的公式（8）]；
- 删除了比功率的计算方法（见 2007 年版的 7.4）；
- 附录 A 由规范性附录修改为资料性附录，增加了记录“工作介质”的规定（见附录 A，2007 年版的附录 A）；
- 增加了附录 B（资料性附录），并给出了能效值的计算方法（见附录 B）。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国真空技术标准化技术委员会（SAC/TC 18）归口。

本标准起草单位：淄博真空设备厂有限公司、湖南维格磁流体股份有限公司、合肥智海光电技术有限公司、浙江杭真能源科技股份有限公司、山东伯仲真空设备股份有限公司、淄博水环真空泵厂有限公司、山东精工泵业有限公司、威海智德真空科技有限公司、沈阳真空技术研究所有限公司。

本标准主要起草人：徐法俭、刘继睿、黄志婷、言继春、王功发、言文静、刘磊、宋彬彬、侯嘉明、张东庆、郭金光、荆延波、燕洪顺、李峰、林乐忠、王玲玲。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JB/T 10770—2007。

真空技术 液环真空泵验收规范

1 范围

本标准规定了液环真空泵（以下简称泵）的术语和定义、验收测量的条件和内容要求、测量装置和方法、验收前的准备、测量结果的换算以及验收检测报告与规定或约定值的比较分析。

本标准适用于用水或其他液体作工作介质的泵。

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 三相异步电动机试验方法
- GB/T 3216 回转动力泵 水力性能验收试验 1级、2级和3级
- GB/T 13929 水环真空泵和水环压缩机 试验方法
- GB/T 13930 水环真空泵和水环压缩机 气量测定方法
- GB/T 18149 离心泵、混流泵和轴流泵 水力性能试验规范 精密级
- 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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

气量 suction capacity

当泵出口为大气压力（1 013.25 hPa）时，泵入口在规定的压力下单位时间内通过气体的体积。

注：单位为立方米每分（m³/min）。

3.2

标准气量曲线和功率曲线 suction capacity curves and power curves

在整个吸气压力范围内入口压力与气量和所需功率的对应关系曲线。

注1：泵的气量和所需功率可以在一种或者多种转速下测量。

注2：该曲线是基于规定条件并且工作介质为水而得出的，也可按约定条件及其他工作介质得出。

3.3

规定条件 stated conditions

泵验收测量时规定的条件。

注1：通常为环境空气压力为1 013.25 hPa，温度为20℃；工作介质为水，供水温度为15℃；转速为规定（设计）的转速。

注2：验收测量时的实际条件，绝大多数情况下与规定条件是不相符的，可按规定条件对结果进行换算，以便将结果与规定值进行比较。

3.4

约定条件 **promissory conditions**

制造厂与客户事先约定好的验收测量条件。

注：当实际验收运行条件与约定条件不相符时，可按约定条件对验收测量结果进行换算。

3.5

极限压力 **ultimate pressure**

泵在正常工作情况下，关闭进气阀门时，泵抽气口趋向稳定不变的最低压力。

注：单位为百帕（hPa）。

3.6

能效值 **energy efficiency value**

泵的气量与轴功率的比值，以单位功率抽气量表示。

3.7

轴功率 **shaft power**

泵实际消耗的功率。

注：单位为千瓦（kW）。

3.8

环境空气 **environmental air**

测量场地环境条件下的空气。

注：如果空气在泵前经过节流膨胀，则该空气可作为干空气处理。

3.9

饱和空气 **saturated air**

空气中的水蒸气达到饱和状态。

4 验收测量的条件和内容要求

4.1 按规定条件验收

4.1.1 验收条件

试验气体为环境空气。工作介质温度一般应为 15℃，最高不应超过 35℃。试验转速与规定（设计）转速的差异应在±3%的范围内。

4.1.2 验收测量内容

4.1.2.1 测量不同入口压力下的气量、轴功率，并同时测量记录附录 A 规定的所有数据，并可增加记录其他必要数据。

4.1.2.2 推荐入口压力测点：环境空气压力或接近环境空气压力（入口调节阀门全开）、900 hPa、800 hPa、700 hPa、600 hPa、500 hPa、450 hPa、400 hPa、350 hPa、300 hPa、250 hPa、200 hPa、150 hPa、80 hPa、极限压力（入口调节阀门全关）等，对于极限压力不同的泵可以分别取舍，也可根据客户要求及环境空气压力情况适当增减，并给出完整的标准气量曲线和功率曲线。

4.1.2.3 对客户无特殊要求的批量生产的定型产品验收时，可减少入口压力测点，但至少应测以下 3 点：

- 环境空气压力或接近空气环境压力。
- 对于单级泵，为理论极限压力值加 80 hPa；对于双级泵，为理论极限压力值加 60 hPa。
- 极限压力。

4.1.2.4 有下列情况之一时，应按 4.1.2.2 规定的测点验收测量：

- a) 制造厂第一次生产或客户要求；
- b) 批量生产的定型产品在结构、材料、工艺方面有较大改变；
- c) 批量生产的定型产品进行周期性验收；
- d) 产品长期停产后，恢复生产；
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异。

4.2 按约定条件验收

4.2.1 当验收测量采用非环境气体时，客户与制造厂应约定具体的验收细则。

4.2.2 试验用的工作介质、介质温度应记录；必要时记录双方认可的运算公式。

4.2.3 按客户与制造厂约定的条件进行试验时，应同时至少测量 4.1.2.3 规定的 3 点。

4.3 泵带大气喷射器时的验收

当泵带大气喷射器时，验收测量应参照本标准适当增加入口压力测点。当泵带一级大气喷射器时，验收测量推荐增加 50 hPa、30 hPa 2 点。

4.4 验收测量要求

4.4.1 当测量条件不能完全满足规定条件或约定条件时，测量结果应进行换算，即根据 7.2、7.3 中对应气量和轴功率进行换算。

4.4.2 在一次读数的时间内，读数相对于平均值的短周期变动（波动）及同一入口压力测点相邻两次读数的数值改变（变动）按 GB/T 13929 的规定。

5 测量装置和方法

5.1 测量装置

5.1.1 试验装置系统按照 GB/T 13929 的规定连接。

5.1.2 凡是通过校准或与有关计量标准比对，证明其测量误差符合表 1 规定的其他测量装置或方法均可使用。

表1 测量装置的允许误差

测量项目	允许误差
气量	±2.5%
压力	±2.5%
轴功率	±2.5%
温度	±0.5 K
转速	±1.0%

本标准规定的测量误差限是指测量的量以及由它们计算的量的误差限，它表示测得的泵性能与真实性能之间的允许误差。详细测量的误差分析和计算方法按 GB/T 18149 的规定。

5.2 温度测量

5.2.1 测量仪器应经校准，可采用液体温度计、热电测量仪表（热电偶）、电阻温度计或热敏电阻等。

5.2.2 应使用符合表 1 的温度计测量气体或工作介质入口温度。

5.3 压力测量

5.3.1 一般说明

压力的测量部位应位于管内或容器中，并与内壁垂直且平齐。测量仪器连接管路的内径不应小于 6 mm，该管路设置应避免弯曲，并保证连接管的密封性及尽可能避免管路由于冷凝而出现阻塞。

5.3.2 入口压力测量

5.3.2.1 入口压力测量可在泵入口处进行。可用液柱压力计（U 型管压力计或单管压力计）或弹簧真空压力计测量。用液柱压力计测量入口压力时，液柱压力计中的液体应保持清洁，以避免由于表面张力的变化而引起的误差，液柱压力计的准确度不得低于 1.5 级；当采用弹簧真空压力计测量时，其准确度不得低于 0.4 级。

5.3.2.2 用闭口 U 型管压力计测量时，测出的差压值即为泵的入口压力。用开口 U 型管压力计、单管压力计或弹簧真空压力计测量时，入口压力按公式（1）计算。

$$P_1 = P_0 - P_{e1} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

P_1 ——泵入口处绝对压力，单位为百帕（hPa）；

P_0 ——环境空气压力，单位为百帕（hPa）；

P_{e1} ——压力计差压，单位为百帕（hPa）。

5.3.3 出口压力测量

出口压力是指泵出口处的压力，当需要时可以用 U 型水柱计或其他压力计进行监视或测量。可不对其精度进行要求。

5.4 气量的测量

凡是误差符合 5.1 规定的气量测量装置均可用来测量气量，并根据相应的测量方法和计算公式计算规定条件下的气量。当采用孔板或喷嘴测量时应按 GB/T 13930 的规定执行。

5.5 轴功率的测量

5.5.1 概述

轴功率可通过测定转速和转矩计算得出，也可以通过测量已知功率因数和效率特性曲线的电动机的输入功率来计算确定。

5.5.2 转矩的测量

转矩的测量按 GB/T 3216 的规定进行。

5.5.3 电动机输入功率的测量及轴功率计算

通过测量电动机的输入功率来计算轴功率，传动方式应为以下两种：一种是直接传动（泵与电动机通过联轴器直联）；另一种是间接传动（泵与电动机通过变速器或 V 带连接）。同时，测量还应符合下列条件：

- a) 应确认电动机功率因素和效率特性曲线的有效值；
- b) 电动机转动时，其功率应在额定功率的 30%~100% 范围内。

按公式（2）由电动机输入功率计算轴功率。

$$P_t = P_{gr} \eta_{mot} \eta_{int} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

P_t ——测量条件下轴功率，单位为千瓦（kW）。

P_{gr} ——电动机输入功率，单位为千瓦（kW）。

η_{mot} ——电动机效率。

η_{int} ——传递效率，直接传动时， $\eta_{int}=1$ ；V带传动时， $\eta_{int}=95\%$ ；变速器传动时， $\eta_{int}=98\%$ （每级）。

5.6 转速的测量

可以采用直接显示的数字仪表测出测量时间内的转速，也可由平均频率观测值和转差率确定转速。当采用闪光测频法和感应线圈法测定转速和转差率时，可按 GB/T 1032 的规定进行。所用仪器的精度应符合本标准表 1 的规定。试验转速与规定（设计）转速的差异计算见 GB/T 13929。

5.7 工作介质的测量

5.7.1 介质流量测量

可以用节流装置（孔板、喷嘴等）、流量计或转子流量计等测量，其准确度应不低于 2.5 级。

5.7.2 介质压力测量

应使用准确度不低于 2.5 级的弹簧压力计测量。

5.8 环境空气参数的测量

5.8.1 环境空气压力的测量

用大气压力计测量，其精度应不大于 1 hPa。

5.8.2 环境温度的测量

用于测量环境温度的仪器，其精度符合 GB/T 13929 的规定。

5.8.3 环境湿度的测量

用于测量环境湿度的仪器，其准确度应不低于 2.5 级。

5.9 噪声和振动测量

当需要对泵的噪声和振动进行测量时，应分别按 GB/T 29529 和 GB/T 29531 的规定进行，推荐点为 400 hPa（对于单级泵）、80 hPa（对于双级泵），也可按客户与制造厂约定点进行。

6 验收前的准备

6.1 仪器仪表的准备

测量所用的仪器仪表应按有关规定及时进行校验，其精度应符合第 5 章的规定。

6.2 泵的试运行

验收测量开始前，泵应经过试运行检查，确定其在验收测量时处在正常的工作状态，且无任何泄漏现象，泵试运行入口压力一般为 400 hPa（对于单级泵）或 100 hPa（对于双级泵），运行的时间不应少于 0.5 h。

7 测量结果的换算

7.1 一般说明

7.1.1 由于测试条件很难满足规定条件或约定条件，所以应对气量和功率的测量结果进行换算，以便能将测量结果与设计要求或供货合同上约定的值进行比较。

通过换算得到的有效测量数据应在验收检测报告中给予确认，所使用的换算公式也应列出。

7.1.2 只有测量结果在测量仪器仪表上、下限范围内并且符合表 1 的规定时，7.2 规定的换算方法才有效。

7.1.3 如果采用非水液体作工作介质进行测试，换算后得到的测量值应经协议双方认可，并写入验收检测报告。同样，当采用其他气体进行测量时，测量结果及验收检测报告也应经协议双方认可。

7.2 气量的换算

7.2.1 气量转速换算系数 K_1 按公式 (3) 计算。

$$K_1 = \frac{n_g}{n_t} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

n_g ——规定（或约定）转速，单位为转每分（r/min）；

n_t ——测量时所测的转速，单位为转每分（r/min）。

7.2.2 工作介质温度换算系数 K_2 按公式 (4) 计算。

$$K_2 = \frac{p_1 - p_{dg}}{p_1 - p_{dt}} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

p_1 ——泵入口压力，单位为百帕（hPa）；

p_{dg} ——工作介质规定（或约定）温度时的分压力，单位为百帕（hPa）；

p_{dt} ——工作介质在温度 t_{Ld} 时的分压力，单位为百帕（hPa）。

7.2.3 当测量的转速和工作介质温度与规定条件（或约定条件）有差异时，应按公式 (5) 换算气量。

$$V = K_1 K_2 V_2 \dots\dots\dots (5)$$

式中：

V ——规定条件（或约定条件）下的气量，单位为立方米每分（m³/min）；

K_1 ——气量转速换算系数，按公式 (3) 计算；

K_2 ——工作介质温度换算系数，按公式 (4) 计算；

V_2 ——规定进气条件下，泵入口压力为 p_1 时吸入状态下的气量，根据测量条件下的体积流量 V_1 计算得出（ V_1 、 V_2 的详细计算按 GB/T 13930 的规定），单位为立方米每分（m³/min）。

7.2.4 当需要对饱和空气中的水蒸气含量进行测量时，饱和空气中水蒸气的质量流量按公式 (6) 计算。

$$m_v = m_g \frac{M_v p_v}{M_g p_g} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

m_v ——饱和空气中水蒸气的质量流量，单位为千克每小时（kg/h）；

m_g ——饱和空气中气体的质量流量，单位为千克每小时（kg/h），可通过气量与密度的关系得出；

M_v ——水蒸气的相对分子质量（对水蒸气为 18）；

M_g ——空气的相对分子质量（对空气为 29）；
 p_v ——水蒸气的分压力，单位为百帕（hPa）；
 p_g ——空气的分压力，单位为百帕（hPa）。

泵抽吸饱和空气时气量比抽吸干空气时的数值大。

泵抽吸饱和空气时由于受冷凝的影响，应计算干空气的流量。冷凝的影响因素由制造厂通过试验给出具体数值。

7.3 轴功率的换算

7.3.1 轴功率转速换算系数 K_3 按公式（7）计算。

$$K_3 = \left(\frac{n_g}{n_t} \right)^n \dots\dots\dots (7)$$

式中：

n_g ——规定（或约定）转速，单位为转每分（r/min）；
 n_t ——测量时所测的转速，单位为转每分（r/min）；
 n ——指数，通常取 1.0~2.0 之间的数，该值与测量转速相对于规定（或约定）转速的误差有关。

7.3.2 轴功率的换算按公式（8）计算。

$$P = K_3 P_t \dots\dots\dots (8)$$

式中：

P ——轴功率，单位为千瓦（kW）；
 K_3 ——轴功率转速换算系数，按公式（7）计算；
 P_t ——测量时的轴功率，单位为千瓦（kW）。

7.4 能效值的计算

当需要对能效值进行考察时，其计算参照附录 B 进行。

8 验收检测报告与规定或约定值的分析比较

8.1 允许误差

8.1.1 换算到规定条件的气量和功率相对于要求的规定值（或设计值）的允许误差见表 2，而相对于约定值的允许误差由协议双方确定。

表2 气量、轴功率允许误差

项目	符号	单位	允许误差	
			叶轮直径≤500 mm	叶轮直径>500 mm
气量	V	m ³ /min	±10%	±5%
轴功率	P	kW	±10%	±5%

8.1.2 实际测试的最大轴功率应不超过电动机的额定功率。

8.1.3 极限压力应不低于规定值。

8.2 验收检测报告

8.2.1 验收检测报告应由检测负责人负责完成，并签字。

8.2.2 验收检测报告的内容应包括：

- 测试的时间、地点、环境状态以及参加者的姓名；
- 制造厂名称、供货号、规定值；
- 与客户有约定协议时，应写明约定值；
- 测试方法、测试仪器设备的说明（含名称、型号、规格、精度等）及测试过程的流程图；
- 测试过程中所记录的不同工作地的气量、轴功率；
- 测试记录应保存好，所有的特殊条件应记录在案；
- 验收检测报告中应汇总泵的所有检测结果，并确认其是否满足规定或约定值；
- 验收检测报告中应给出不同入口压力下的标准气量曲线和功率曲线。

附 录 A
(资料性附录)

测试过程中至少应记录和汇总的测量数据

测试过程中至少应记录和汇总的测量数据见表 A.1。

表A.1 测试过程中至少应记录和汇总的测量数据

序号	项目	符号	单位
1	测试日期	—	—
2	型号	—	—
3	合同号	—	与客户无约定条件时可不填写
4	工作介质	—	—
5	大气压力	p_0	hPa
6	气体入口压力	p_1	hPa
7	气体入口温度	T_1	℃
8	环境温度	T_0	℃
9	规定条件（或约定条件）下气量	V	m ³ /min
10	气体出口温度	T_2	℃
11	气体出口压力	p_2	hPa
12	工作介质入口温度	T_{Ld}	℃
13	工作介质入口压力	p_L	MPa, hPa
14	工作介质入口流量	V_L	m ³ /min
15	轴功率	P	kW
16	规定（或约定）转速	n_g	r/min
17	测量条件下体积流量	V_1	m ³ /min
18	泵前相对湿度	ψ	%
19	压力计差压	p_{e1}	hPa
20	极限压力	p_{lmin}	hPa
21	电动机输入功率	P_{gr}	kW
22	测量转速	n_t	r/min

附录 B
(资料性附录)
能效值

B.1 泵的气量和轴功率

B.1.1 泵的气量是指在理论极限压力加 80 hPa (单级泵)、理论极限压力加 60 hPa (双级泵) 等入口压力测点下的抽气量, 按公式 (5) 计算, 单位为立方米每分 (m^3/min)。

B.1.2 轴功率是指在理论极限压力加 80 hPa (单级泵)、理论极限压力加 60 hPa (双级泵) 等入口压力测点下的轴功率, 按公式 (8) 计算, 单位为千瓦 (kW)。

B.2 能效值的计算

能效值按公式 (B.1) 计算。

$$W = \frac{V}{P} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

W ——规定条件 (或约定条件) 下的能效值, 单位为立方米每千瓦分 [$\text{m}^3/(\text{kW} \cdot \text{min})$];

V ——规定条件 (或约定条件) 下的气量, 单位为立方米每分 (m^3/min);

P ——规定条件 (或约定条件) 下的轴功率, 单位为千瓦 (kW)。

