

ICS 23.080

J 71

备案号: 61712—2018

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 13364—2018

液力回收透平试验方法

Test methods of testing for hydraulic power recovery turbines

2018-02-09 发布

2018-10-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义、符号和角标	1
3.1 术语和定义	1
3.2 符号和角标	2
4 保证	3
4.1 保证的对象	3
4.2 保证的条件	3
5 试验的实施	3
5.1 试验的对象	3
5.2 测量与记录设备	3
5.3 记录	3
5.4 报告	4
5.5 试验装置	4
5.6 试验条件	4
6 试验结果的分析	5
6.1 试验结果换算到保证条件下	5
6.2 测量不确定度	6
6.3 保证的证实	7
7 测量	7
7.1 流量的测量	7
7.2 压力的测量	7
7.3 转速的测量	7
7.4 功率的测量	7
8 计算	7
8.1 水头的计算	7
8.2 输入功率的计算	7
8.3 输出功率的计算	8
8.4 效率的计算	8
附录 A (规范性附录) 性能参数保证的证实	9
附录 B (资料性附录) 透平试验装置示意图	10
B.1 试验要求	10
B.2 试验装置	10
图 A.1 透平流量、水头和输出功率保证的证实	9
图 B.1 透平试验装置 (泵作为负载)	10
图 B.2 透平试验装置 (异步电动机作为负载)	11

图 B.3 透平试验装置（供压泵亦作负载泵）	11
表 1 用作符号的基本字母（按字母顺序排列）	2
表 2 用作角标的字母和数字	3
表 3 容许波动幅度（以测量量平均值的百分数表示）	5
表 4 系统不确定度的容许值	6
表 5 总的测量不确定度容许值.....	6

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国泵标准化技术委员会（SAC/TC 211）归口。

本标准起草单位：山东长志泵业有限公司、合肥华升泵阀股份有限公司、嘉利特荏原泵业有限公司、上海凯泉泵业（集团）有限公司、沈阳水泵研究所、中石化广州工程有限公司、利欧集团股份有限公司、山东天瑞重工有限公司。

本标准主要起草人：左文英、巫建波、曲景田、高宏钧、赵玉艳、于宪美、杨成炯、杨桂凤、曹显忠、李永胜。

本标准为首次发布。

液力回收透平试验方法

1 范围

本标准规定了液力回收透平（以下简称透平）的水力性能验收试验方法。
本标准仅适用于回转动力泵在水轮机工况下工作的水力性能试验。

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 3214 水泵流量的测定方法

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 7021 离心泵名词术语

GB/T 18149 离心泵、混流泵和轴流泵 水力性能试验规范 精密级

3 术语、定义、符号和角标

3.1 术语和定义

GB/T 3216 和 GB/T 7021 界定的以及下列术语、定义、量和符号适用于本文件。

注：表 1 给出所用符号的字母表，表 2 给出角标表，见 3.2。

3.1.1

液力回收透平 hydraulic power recovery turbines

利用泵逆转来回收流体能量的机械。

3.1.2

透平入口总水头 turbine inlet total head

H_1

透平入口截面处的总能量，按公式（1）计算。

$$H_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{U_1^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

3.1.3

透平出口总水头 turbine outlet total head

H_2

透平出口截面处的总能量，按公式（2）计算。

$$H_2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g} \dots\dots\dots (2)$$

3.1.4

透平水头 turbine head

H

透平入口总水头 H_1 与透平出口总水头 H_2 之差，即 $H = H_1 - H_2$ ，按公式（3）计算。

$$H = z_1 - z_2 + \frac{p_1 - p_2}{\rho g} + \frac{U_1^2 - U_2^2}{2g} \dots\dots\dots (3)$$

3.1.5

透平输入功率 turbine power input

P_1

流体介质传输给透平的功率。

3.1.6

透平输出功率 turbine power output

P_2

透平传输给负载的功率。

3.1.7

透平效率 turbine efficiency

η

透平输出功率与透平输入功率的百分比，按公式（4）计算。

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \dots\dots\dots (4)$$

式中

η ——效率，%；

P_1 ——按公式（8）计算的输入功率，单位为瓦（W）；

P_2 ——按公式（9）计算的输出功率，单位为瓦（W）；

3.2 符号和角标

用作符号的基本字母见表 1，用作角标的字母和数字见表 2。

表1 用作符号的基本字母（按字母顺序排列）

符号	量	单位
g	重力加速度	m/s^2
H	水头	m
M	转矩	$N \cdot m$
n	转速	$r/min, s^{-1}, min^{-1}$
P	功率	W
p	压力	Pa
Q	体积流量	m^3/s
U	平均速度	m/s
z	相对基准面的高度	m
η	效率	%
ρ	密度	kg/m^3

表2 用作角标的字母和数字

角标	意义
1	入口
2	出口
G	保证的
n	转速
sp	规定的
T	转换的

4 保证

4.1 保证的对象

保证的对象是对应一个保证流量 Q_G 下的保证水头 H_G 和保证功率 P_G 。

4.2 保证的条件

除非另有规定，下列条件适用于保证值的对象：

- 保证点适用于清洁冷水；
- 保证应只适用于采用本标准规定的试验方法进行试验的透平。

5 试验的实施

5.1 试验的对象

5.1.1 总则

除非另有规定，试验应在制造厂的试验台上进行。每台透平都应进行性能试验。

5.1.2 保证的评定

此试验旨在验证透平的性能并与制造厂/供方的保证进行比较。

若试验是按照本标准进行，并且测得的性能参数符合附录 A 的规定，则应认为保证已得到满足。

5.2 测量与记录设备

5.2.1 总则

在决定测量方法时，应同时规定所需的测量和记录仪器、仪表及设备。

5.2.2 要求

所有测量和记录仪器、仪表及设备均应附有证明其符合 6.2.3 要求的定期检定报告，如有必要，应出示这些报告。

5.3 记录

所有试验记录和记录图表均应由试验人员和试验主管签字。如有规定，按合同执行。

5.4 报告

5.4.1 总则

试验结果经仔细检查之后，应整理成报告，并由试验主管签字，或由试验主管以及制造厂/供方和买方双方的代表共同签字，合同规定的所有各方均应获得一份报告副本。

5.4.2 试验报告

试验报告应包含下列内容：

- 试验的地点和日期；
- 制造厂名称，透平的名称、型号、编号；
- 保证的性能参数；
- 试验数据；
- 试验结果的计算和分析，绘制性能曲线，包括透平水头曲线 $H(Q)$ ，透平输出功率曲线 $P(Q)$ ，透平效率曲线 $\eta(Q)$ ；
- 结论：试验结果与保证的量的比较。

5.5 试验装置

5.5.1 总则

若测量截面处的液流具有以下特性，则可获得最佳的测量条件：

- 轴对称速度分布；
- 等静压分布；
- 无装置引起的旋涡。

在设计试验装置时应尽量考虑减少速度和压力分布不均匀以及旋涡的出现。

5.5.2 装置

透平试验装置参见图 B.1~图 B.3。透平入口法兰接入口测压管并与供压泵出口法兰连接，连接管之间宜配旁路管路，旁路管路公称通径可以比连接管路的公称通径小。对开式回路，旁路管路接入试验水池；透平的出口法兰接出口测压管并与流量测量管路系统连接。流量计回水接入水池，回水管路上宜安装一个阀门，用来建立一定背压保证流量计充满液体。透平入口前与透平出口后的等径直管段长度应不小于 $4D$ (D 为管径)。

5.6 试验条件

5.6.1 总则

试验的持续时间应足够长以获得与试验精度一致的结果，所有的测量均应在稳定运转条件下进行。

5.6.2 试验方法

5.6.2.1 测量点的选择

以流量的数据作为测量点的基准，至少需要记录 4 个测量点的数据。

5.6.2.2 测量点

以下测量点是必须包含的，其他点应均匀分布：

- 透平达到规定转速，此时输出功率为零的流量点；

- 规定（保证）流量的 80% 的流量点；
- 规定（保证）流量点；
- 大于规定（保证）流量点的一个点。

5.6.3 波动

波动就是在取一次读数的时间内，一个物理量的测量值相对其平均值的短周期变动。每个要测量的量的容许波动幅度见表 3。

表3 容许波动幅度（以测量量平均值的百分数表示）

量	容许波动幅度 %
流量	±2
压力	±3
转矩	±2
输出功率	
转速	±0.5

5.6.4 试验时的转速

除非另有规定，可以在规定转速的 50%~120% 的范围内进行试验。这种情况下，转速的变化在规定的 ±20% 之内，效率的变化可以忽略不计。

6 试验结果的分析

6.1 试验结果换算到保证条件下

6.1.1 总则

实际的试验条件可能与保证的条件有所差异，为了确定保证是否得到满足，应与保证条件不同的条件下测得的量换算为保证条件下的测得量。

6.1.2 试验结果换算为以规定转速为基准的数据

在与规定转速 n_{sp} 相偏离的转速 n 下得到的所有试验数据均应换算为以规定转速 n_{sp} 为基准的数据。如果试验转速 n 与规定转速 n_{sp} 有差异，则有关流量 Q 、水头 H 、输出功率 P 可按公式 (5)、公式 (6) 和公式 (7) 换算。

$$Q_T = Q \frac{n_{sp}}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$H_T = H \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^2 \dots\dots\dots (6)$$

$$P_T = P \left(\frac{n_{sp}}{n} \right)^3 \cdot \frac{\rho_{sp}}{\rho} \dots\dots\dots (7)$$

6.2 测量不确定度

6.2.1 总则

即使使用的测量方法和仪表以及分析方法完全符合现行规则及本标准的要求,每一测量也仍不可避免地存在不确定度。

6.2.2 随机不确定度的确定

对于本标准来说,一个变量的测量随机不确定度取为该变量标准偏差的 2 倍。根据 GB/T 18149,对于任何测量均可以照此计算和表示其不确定度。当各项分误差是彼此独立、小而多并呈 t 分布时,其真实误差小于不确定度的概率为 95%。

6.2.3 最大容许系统不确定度

一个测量的不确定度除了与随机不确定度有关外,还与使用的仪表或测量方法的残余不确定度有关。当通过校准、测量等将已知的所有误差消除之后,误差仍将留有,而且永远不会消失,这部分误差分量被称为“系统不确定度”。凡是通过校准或参照其他标准已知其测量的系统不确定度不超过表 4 给出的最大容许值的仪表或方法均可使用,当然,这些仪表或方法还应为有关各方所认可。

表4 系统不确定度的容许值

量	容许值(精度) %
流量	±1.5
转速	±0.35
转矩	±0.9
压力	±1.0
输出功率	±1.0

6.2.4 总的测量不确定度

随机不确定度,它或是由于测量系统的特性,或是由于被测量的量的变化,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,它可以通过在同样条件下增加测量次数来加以降低。

总的测量不确定度应通过计算系统不确定度与随机不确定度的平方和的平方根值得出。

若系统不确定度不超过表 4 的给出值以及遵循本标准给出的有关试验方法的所有要求,则总的测量不确定度(在 95%的置信水平下)将不会超过表 5 的给出值。

表5 总的测量不确定度容许值

量	容许值(精度) %
流量	±2.0
转速	±0.5
转矩	±1.4
压力	±1.5
输出功率	±1.5

6.3 保证的证实

6.3.1 总则

每一保证的证实应通过将试验所得到的结果与合同规定的保证值相比较来进行。

6.3.2 保证水头的证实

图 A.1 中, 在 $H(Q)$ 曲线上对应于规定(保证)的水头下, 其流量应在 95%~105%规定(保证)流量范围内。即在规定的流量范围内, 水头得到了保证。

6.3.3 保证功率的证实

图 A.1 中, 在 $P(Q)$ 曲线上对应于规定(保证)的功率下, 其流量应在 95%~105%规定(保证)流量范围内。即在规定的流量范围内, 功率得到了保证。

7 测量

7.1 流量的测量

流量的测量应符合 GB/T 3214 的规定。

7.2 压力的测量

压力的测量应符合 GB/T 3216 的规定。

7.3 转速的测量

转速可用直接显示的数字仪表测量。用转矩仪测量转矩时, 可同时测出转速。

7.4 功率的测量

输出功率可采用转矩仪, 也可以采用电力测功机测量。按透平规定的输出功率或转矩选用测功仪器、仪表量程, 其值宜在测功仪器、仪表量程的 1/3 以上。

8 计算

8.1 水头的计算

水头应根据 3.1.4 进行计算, 以水柱高度表示。

8.2 输入功率的计算

输入功率 P_1 按公式 (8) 计算。

$$P_1 = \rho Q g H \dots\dots\dots (8)$$

式中:

- P_1 ——输入功率, 单位为瓦 (W);
- ρ ——试验介质的密度, 单位为千克每立方米 (kg/m^3);
- Q ——流量, 单位为立方米每秒 (m^3/s);
- g ——重力加速度, 取值为 $9.807 \text{ m}/\text{s}^2$;
- H ——水头, 单位为米 (m)。

8.3 输出功率的计算

转矩仪测量的输出功率按公式（9）计算。

$$P_2 = \frac{M_n n}{9.55} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

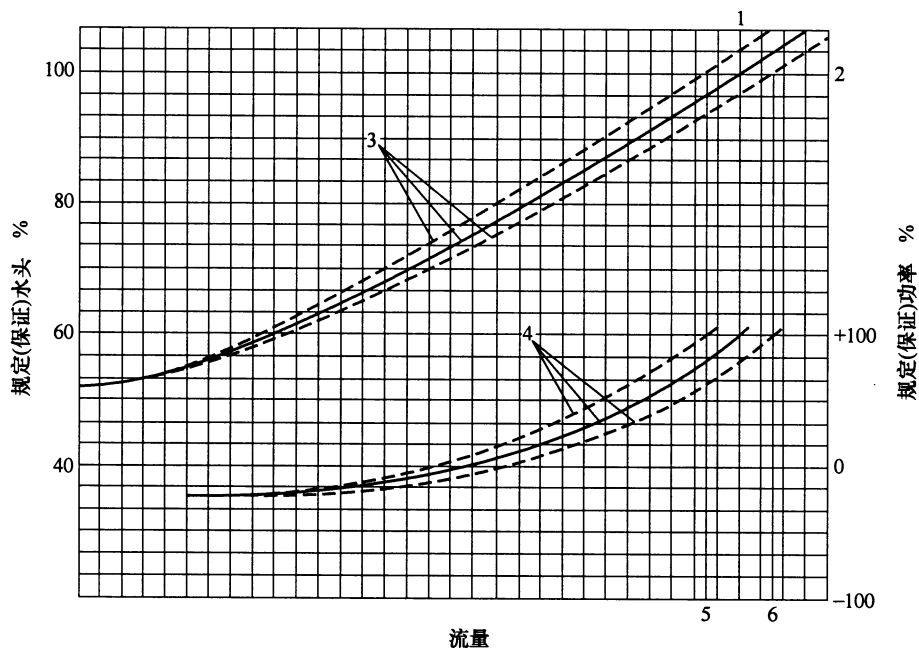
- P_2 ——输出功率，单位为瓦（W）；
- M_n ——转矩仪测出的转矩值，单位为牛米（N·m）；
- n ——转矩仪测出的转速值，单位为转每分（r/min）。

8.4 效率的计算

透平的效率按公式（4）计算。

附录 A
 (规范性附录)
 性能参数保证的证实

透平流量、水头和输出功率保证的证实如图 A.1 所示。



说明:

- | | |
|----------------|----------------|
| 1——规定(保证)流量; | 4——典型的功率和流量曲线; |
| 2——规定(保证)水头; | 5——低侧允差(95%); |
| 3——典型的水头和流量曲线; | 6——高侧允差(105%)。 |

图A.1 透平流量、水头和输出功率保证的证实

附录 B
(资料性附录)
透平试验装置示意图

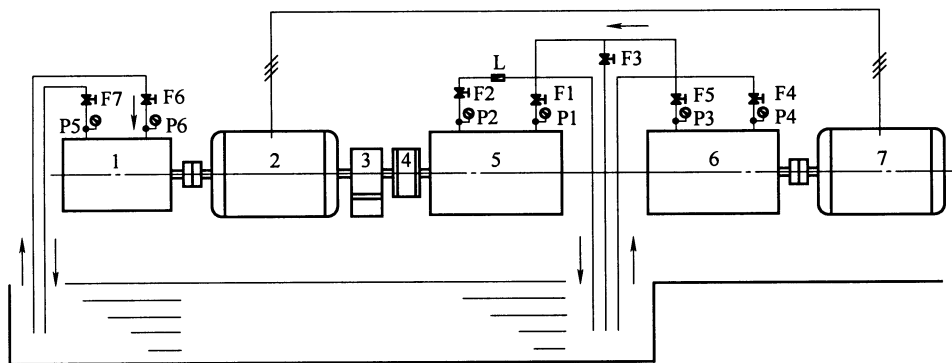
B.1 试验要求

- B.1.1 流量测量范围涵盖待测透平的流量。
- B.1.2 测压管路和阀门的压力等级应不低于待测透平的压力等级。
- B.1.3 转矩仪的测量范围涵盖待测透平的最大输出转矩。
- B.1.4 供电系统应满足试验要求。

B.2 试验装置

B.2.1 透平试验装置（泵作为负载）

- B.2.1.1 泵作为负载的透平试验装置流程图如图 B.1 所示。
- B.2.1.2 负载泵的配套电动机能单独驱动负载泵，而且应是双轴伸。
- B.2.1.3 在透平的进口管路上应设置旁通管路，旁通管路的过流能力至少是供压泵流量的 40%。
- B.2.1.4 超速离合器的额定转矩不小于试验透平规定转矩的 1.7 倍，额定转速应不低于试验透平的额定转速。
- B.2.1.5 供压泵的流量 Q 至少是规定流量的 1.1 倍；供压泵的扬程至少是透平水头的 1.2 倍。



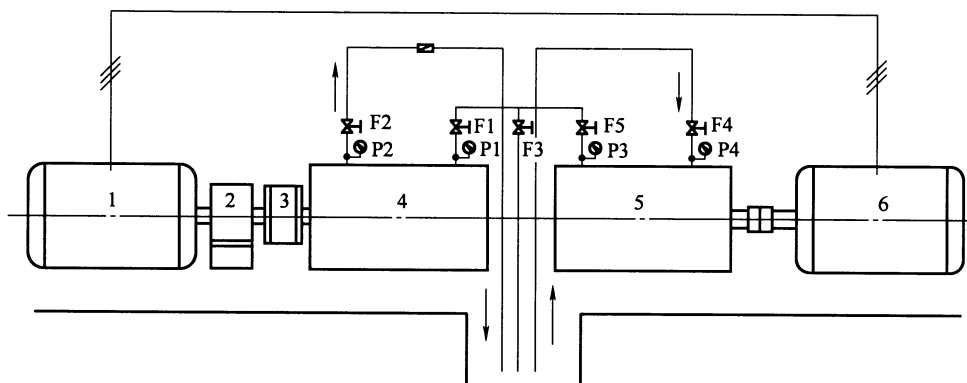
说明：

- | | |
|------------|-------------------|
| 1——负载泵； | 6——供压泵； |
| 2, 7——电动机； | P1~P6——压力测量/显示仪表； |
| 3——转矩仪； | F1~F7——阀门； |
| 4——超速离合器； | L——流量计。 |
| 5——透平； | |

图B.1 透平试验装置（泵作为负载）

B.2.2 透平试验装置（异步电动机作为负载）

- B.2.2.1 异步电动机作为负载的透平试验装置流程图如图 B.2 所示。



说明:

- | | |
|------------|-------------------|
| 1, 6——电动机; | 5——供压泵; |
| 2——转矩仪; | P1~P4——压力测量/显示仪表; |
| 3——超速离合器; | F1~F5——控制阀门; |
| 4——透平; | L——流量计。 |

图B.2 透平试验装置（异步电动机作为负载）

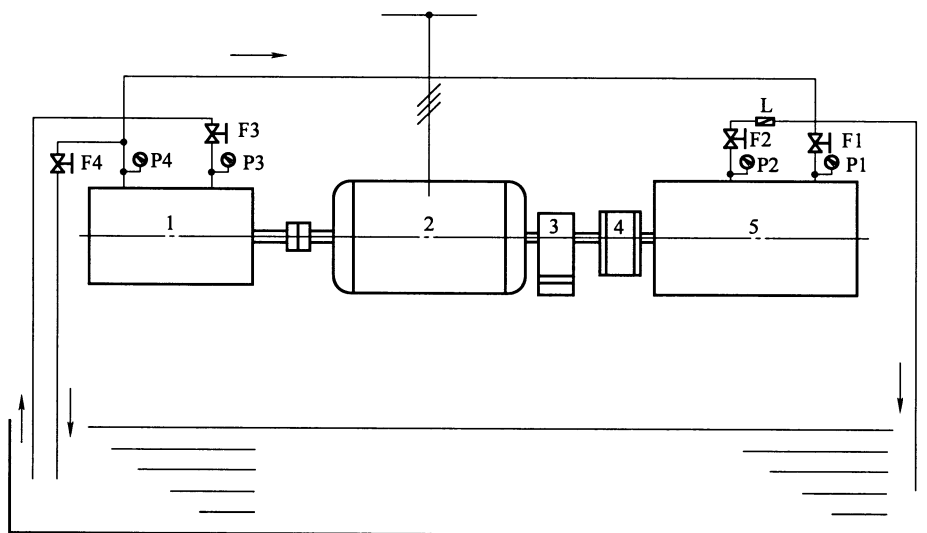
B.2.2.2 图 B.2 试验系统与图 B.1 试验系统比较省去了负载泵及负载泵的管路，其他完全相同。

B.2.2.3 异步发电机的选择：异步电动机作发电机使用，异步电动机的功率应至少是透平输出功率的 1.5 倍。

B.2.2.4 在透平的进口管路上应设置旁通管路，旁通管路的过流能力至少是供压泵流量的 40%。

B.2.3 透平试验装置（供压泵亦作负载泵）

B.2.3.1 供压泵亦作负载泵的透平试验装置如图 B.3 所示。



说明:

- | | |
|-----------|-------------------|
| 1——负载泵; | 5——透平; |
| 2——电动机; | P1~P4——压力测量/显示仪表; |
| 3——转矩仪; | F1~F4——控制阀门; |
| 4——超速离合器; | L——流量计。 |

图B.3 透平试验装置（供压泵亦作负载泵）

B.2.3.2 供压泵的配套电动机能单独驱动供压泵，而且应是双轴伸。

B.2.3.3 在透平的进口管路上应设置旁通管路，旁通管路的过流能力至少是供压泵流量的 40%。

B.2.3.4 超速离合器的额定转矩不小于试验透平规定转矩的 1.7 倍，额定转速应不低于试验透平的额定转速。

B.2.3.5 供压泵的流量至少是透平规定流量的 1.1 倍；供压泵的扬程至少是透平水头的 1.2 倍。

