

ICS 23.160

J 78

备案号: 33646—2011



中 华 人 民 共 和 国 机 械 行 业 标 准

JB/T 11081—2011

真空技术 制冷机低温泵

Vacuum technology—Refrigerator cooled cryopumps

2011-08-15 发布

2011-11-01 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 结构与基本参数..... 2

4.1 结构..... 2

4.2 型号规格..... 2

4.3 基本参数..... 3

5 一般要求..... 3

5.1 工作环境..... 3

5.2 外观质量..... 3

5.3 性能特性..... 3

5.4 安全性..... 3

5.5 可靠性..... 3

5.6 使用说明书..... 3

6 主要性能测试..... 3

6.1 测试准备..... 3

6.2 抽气速率（体积流率）的测试..... 5

6.3 最大抽气能力..... 8

6.4 抽气容量的测试..... 8

6.5 渡越容量的测试..... 8

6.6 最低工作压力..... 9

6.7 降温时间的测试..... 9

6.8 测试报告..... 10

7 质量评定..... 10

8 标志、包装、运输和贮存..... 10

8.1 标志..... 10

8.2 包装..... 11

8.3 运输..... 11

8.4 贮存..... 11

图 1 制冷机低温泵的结构原理简图..... 2

图 2 流量法测试罩示意图..... 4

图 3 流导法测试罩示意图..... 5

图 4 流量法测量抽气速率（体积流率）的装置..... 6

图 5 流导法测量抽气速率（体积流率）的装置..... 7

图 6 渡越容量测试装置..... 9

表 1 低温泵的基本参数..... 3

表 2 检验项目..... 10

前 言

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/TC18）归口。

本标准负责起草单位：北京卫星环境工程研究所、安徽万瑞冷电科技有限公司、沈阳真空技术研究所。

本标准主要起草人：邵容平、闫荣鑫、孙立臣、郭欣、史纪军、刘国青、丁怀况、李春影。

本标准为首次发布。

真空技术 制冷机低温泵

1 范围

本标准规定了制冷机低温泵（以下简称低温泵）的术语和定义、结构与基本参数、一般要求、主要性能测试、质量评定以及标志、包装、运输和贮存。

本标准适用于外接式氦制冷机低温泵。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 191—2008 包装储运图示标志（ISO 780:1997，MOD）

GB/T 3163 真空技术 术语（GB/T 3163—2007，ISO 3529:1981，MOD）

GB/T 4842—2006 氦

GB/T 7445—1995 纯氢、高纯氢和超纯氢

GB/T 8979—2008 纯氮、高纯氮和超纯氮

GB 22360—2008 真空泵 安全要求（EN1012-2:1996，MOD）

3 术语和定义

GB/T 3163 中确立的及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

抽气速率（体积流率） pumping speed (volume flow rate)

在理想状态下，单位时间从测试罩流过泵入口的气体体积。

但实际上，当泵在规定条件下工作，对给定气体的体积流率（ S ）通常约定为该气体的流量（ Q ， $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{L}/\text{s}$ ）与在给定测试罩内规定位置的平衡压力（ p ， Pa ）之比。即：

$$S=Q/p$$

本标准抽气速率采用的单位是立方米每秒（ m^3/s ）或升每秒（ L/s ）。

3.2

极限压力 ultimate pressure

测试罩中逐渐趋近的压力值。

注：建议制造厂的说明书不要给出极限压力值。本标准中也不给出极限压力的测试程序。但是如果制造厂列出了极限压力，那就应当说明完成测试的工作条件。

3.3

最低工作压力 minimum operational pressure

起动低温泵后 24 h，在低温泵入口端测试罩上测得的压力。

3.4

降温时间 cooldown time

在低于 10 Pa 的起始压力下，从室温起动低温泵到低温泵二级冷头温度达到 20 K 所经历的时间。

3.5

渡越容量 crossover value

在通入测试气体期间,低温泵二级冷头温度保持在 20 K 或 20 K 以下时允许瞬间流入低温泵的最大氮气气量,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{L}$ 。

3.6

抽气容量 gas capacity

低温泵连续运转时抽速下降到初始测量值的 50% 时所累计抽走的气体量,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{L}$ 。在抽走这部分气体后低温泵还必须具有能够在 10 min 之内将测试罩内压力抽到优于 10^{-3} Pa 的能力。

3.7

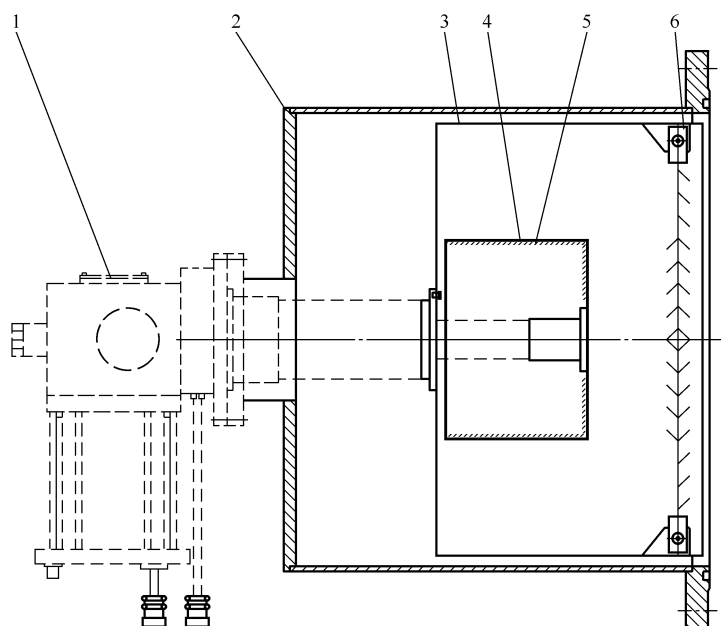
最大抽气能力 maximum throughput

在某一给定压力下,单位时间内从测试罩流入泵进口法兰且能够导致低温泵二级冷头温度上升到 20 K 并稳定在 20 K 的最大气体量,单位为 $\text{Pa} \cdot \text{m}^3/\text{s}$ 或 $\text{Pa} \cdot \text{L/s}$ 。

4 结构与基本参数

4.1 结构

低温泵的结构简图如图 1 所示。制冷机冷头通过法兰直接插入到泵壳内。屏蔽板及入口障板与制冷机一级冷头相连,或者与液氮管路相连接,工作温度小于 100 K。屏蔽板除了可以冷凝抽除 H_2O 、 CO_2 等气体外,主要是为低温冷板提供隔热屏蔽。低温冷板和活性炭吸附板连接到二级冷头法兰上,工作温度通常在 15 K 以下,能大量冷凝吸附除氢、氦、氖外的其他常见气体。活性炭吸附板用以吸附氢、氦、氖等难凝气体。



1——冷头; 2——泵壳; 3——屏蔽板; 4——低温冷板; 5——活性炭吸附板; 6——障板。

图 1 制冷机低温泵的结构原理简图

4.2 型号规格

制冷机低温泵系列产品型号规格可由以下部分组成:

$\frac{1}{\text{ZD}}-\frac{2}{\square \square}$

ZD——代表制冷机低温泵,以制冷机、低温泵两个关键词的汉语拼音第一个字母来表示。

1——代表制冷机低温泵的规格,以其泵口高真空法兰公称通径表示,见表 1。

2——代表制冷机低温泵屏蔽板及入口障板的冷却形式，以 LN 或省略来表示。添加 LN，表示屏蔽板及入口障板由液氮来提供冷却，可称为液氮预冷型；如果省略，表示屏蔽板及入口障板由制冷机冷头第一级提供冷却，可称为自屏蔽型。

示例 1：公称通径为 $\phi 400$ mm 的自屏蔽型制冷机低温泵，型号规格为 ZD-400。

示例 2：公称通径为 $\phi 900$ mm 的液氮预冷型制冷机低温泵，型号规格为 ZD-900 LN。

4.3 基本参数

低温泵的基本参数见表 1。

表 1 低温泵的基本参数

序号	型号规格	公称通径 mm	降温时间 min	抽气速率 L/s	最低工作压力 Pa
1	ZD-160	160	80	800	9×10^{-7}
2	ZD-200	200	100	1 600	9×10^{-7}
3	ZD-250	250	100	2 100	9×10^{-7}
4	ZD-320	320	150	3 200	9×10^{-7}
5	ZD-400	400	180	5 000	9×10^{-7}
6	ZD-500	500	210	10 000	9×10^{-7}
7	ZD-630 LN	630	210	18 000	9×10^{-7}
8	ZD-900 LN	900	240	30 000	9×10^{-7}
9	ZD-1 000 LN	1 000	250	45 000	9×10^{-7}
10	ZD-1 250 LN	1 250	255	57 000	9×10^{-7}
注：抽气速率定义为 5×10^{-3} Pa 下对氮气的抽速。					

5 一般要求

5.1 工作环境

室内运行，工作环境温度为 $10^{\circ}\text{C} \sim 35^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度小于 85%。

5.2 外观质量

外表面光洁，通径在 $\phi 500$ mm 以上应有吊装点。

5.3 性能特性

低温泵的主要性能指标应满足表 1 的基本参数要求。

5.4 安全性

低温泵的安全要求和措施应符合标志、符号 GB 22360—2008 中第 5 章的规定，泵的标签、符号应符合 GB 22360—2008 中附录 A 的规定。

5.5 可靠性

制冷机低温泵平均无故障工作间隔时间 (MTBF) 大于或等于 10 000 h。

5.6 使用说明书

使用说明书应符合 GB 22360—2008 中 7.4~7.6 的规定。

6 主要性能测试

6.1 测试准备

6.1.1 测试气体

测试使用的气体为氮气、氢气和氩气，测试用气体应符合下列要求：

a) 氮气的质量遵照 GB/T 8979—2008 中第 3 章高纯氮技术指标的要求；

b) 氢气的质量按 GB/T 7445—1995 中表 1 高纯氢的规定；

c) 氩气的质量遵照 GB/T 4842—2006 第 3 章的技术要求。

6.1.2 压力计

使用测量全压力的压力计测量压力，测量范围为 10^{-1} Pa 到 10^{-7} Pa，其测量精度在 $\pm 10\%$ 之内。压力计必须校准合格，并在有效期内。

6.1.3 测温仪

测温仪测量范围为 10 K~333 K，20 K 以下其测量精度在 ± 1 K 之内。测温仪必须校准合格，并在有效期内。

6.1.4 流量计

根据所需的流量，所选择的流量计测量精度应达到满量程的 $\pm 10\%$ 。流量计必须校准合格，并在有效期内。

6.1.5 预抽泵

应采用清洁真空泵对低温泵进行预抽，如果采用油封式机械泵，要在泵和低温泵之间加设冷阱，防止油蒸气返流对低温泵带来污染，预抽泵能够在 30 min 之内将低温泵抽至起动压力。

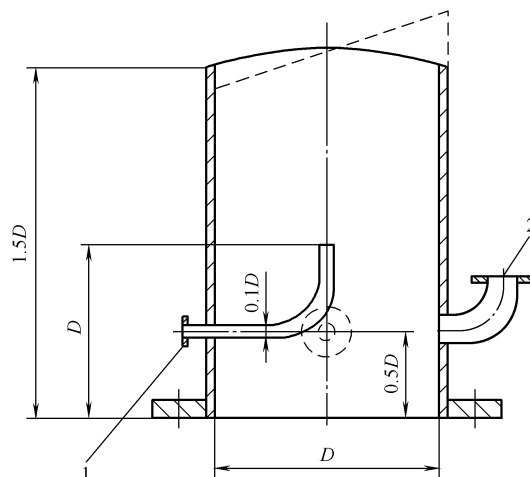
6.1.6 测试罩

6.1.6.1 流量法测试罩

流量法测试罩适用范围为测试罩内入口压力大于 10^{-4} Pa 或流量大于 2×10^{-2} Pa · L/s。

测试罩尺寸如图 2 所示，形状为圆柱形。其轴向尺寸为 $1.5D$ ， D 是测试罩的内径。测试罩顶部可以是平的，圆锥曲面或者斜坡顶的，无论哪种形状，其顶部与测试罩入口法兰具有相同的平均高度。测试气体进口在测试罩的轴线上，并与连接法兰的距离为 D ，进气管出口应使气体自背离泵口的方向进入测试罩。测量压力的规管连接管在距离连接法兰 $0.5D$ 处，其轴线应垂直于测试罩的轴线。测试罩的轴线应垂直于泵入口法兰平面。测试罩的内径应与低温泵的公称直径相同。

如有需要，可以给测试罩配备一个烘烤装置，确保能够对测试罩进行均匀加热，以便获得最低工作压力。



1——进气接口；2——真空规接口。

图 2 流量法测试罩示意图

6.1.6.2 流导法测试罩

流导法测试罩适用范围为测试罩内入口压力不大于 10^{-4} Pa 或流量不大于 2×10^{-2} Pa · L/s。

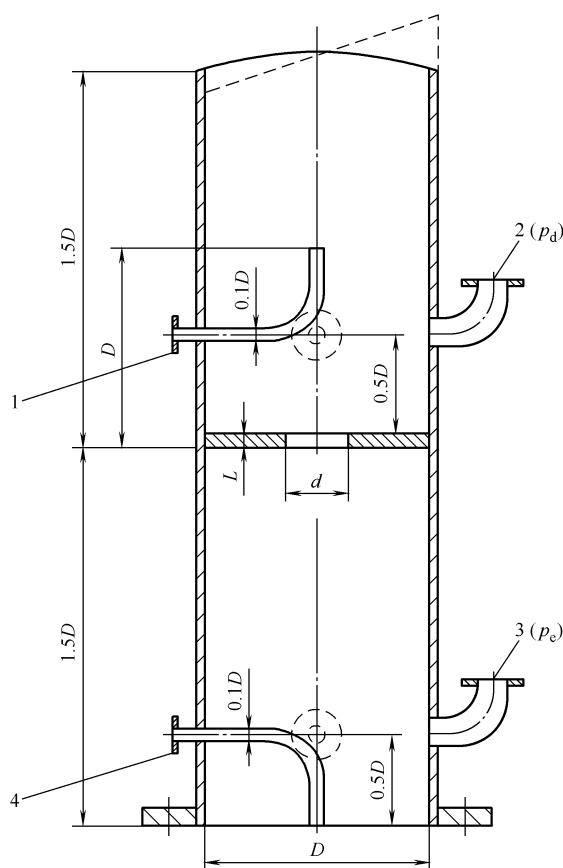
测试罩如图 3 所示，形状为圆柱形。一个带圆孔的薄壁板将测试罩分成上下两个腔室，两个腔室的

轴向尺寸均为 $1.5D$ ， D 是罩的内径。测试气体进气接口在测试罩的上腔室，进口在测试罩的轴线上，并与薄壁板轴向距离为 D ，进气管出口应使气体自背离泵口的方向进入测试罩。上腔室规管连接管与薄壁板的距离为 $0.5D$ 处，下腔室规管连接管在距离连接法兰 $0.5D$ 处，其轴线均应垂直于测试罩的轴线。测试罩的轴线应垂直于泵入口法兰平面。测试罩的内径应与低温泵的公称直径相同。

如有需要，可以给测试罩配备一个烘烤装置，确保能够对测试罩进行均匀加热，以获得最低工作压力。

薄壁孔板的直径 d 应按预计的抽速来选择，使得在上下两个腔室分别测得的压力 p_d 和 p_e 比值大于 10，薄壁板的厚度为 L 。要注意保证，对于低温泵入口压力 p_1 ($p_1 \equiv p_e$)，气体粒子平均自由程不小于孔径 d 。

使用图 3 所示的测试罩，在测试罩的下部安装一个通入泵的进气管，以保证 p_d 和 p_e 真空规的一致性。打开进气管上的进气调节阀，近似得到要求的压力。稳定之后，在该点的真空规应当具有相同的读数，如果不相同，需要进行修正。



1——进气接口；2、3——真空规接口；4——调节进气接口。

图 3 流导法测试罩示意图

6.2 抽气速率（体积流率）的测试

6.2.1 流量法测试抽气速率

6.2.1.1 测试方法

流量法测量抽气速率采用定压法，通过流量计测得的气体流量 Q 得出。在测试罩上规定的接口处用真空规测得的 p_1 保持不变，则抽气速率 S 可以由公式（1）得到：

$$S = \frac{Q}{p_1 - p_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中：
S——抽气速率（简称抽速），单位为立方米每秒（m³/s）或升每秒（L/s）；
Q——气体流量，单位为帕立方米每秒（Pa·m³/s）或帕升每秒（Pa·L/s）；
p₀——低温泵的最低工作压力，单位为帕（Pa）；
p₁——测试罩中测得的压力，单位为帕（Pa）。

6.2.1.2 测试装置

测试装置如图 4 所示。测试罩必须清洁和干燥。泵和其他零部件的清洁度、密封性必须与低温泵最低工作压力相适应。

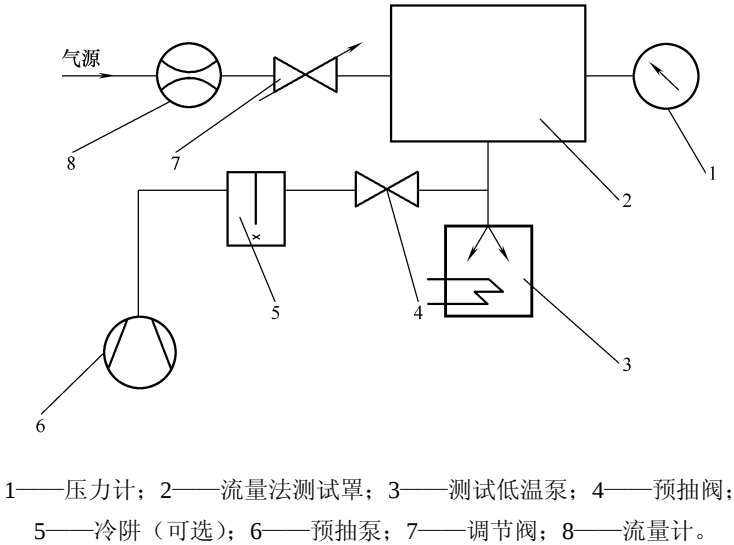


图 4 流量法测量抽气速率（体积流率）的装置

6.2.1.3 测试程序

如图 4 所示。先关闭进气调节阀，对测试罩进行烘烤除气，在测试罩中建立起最低工作压力（见 6.6）。然后打开进气调节阀，从流量计的最小值开始，让气体通过调节阀进入测试罩，逐渐增加压力进行测量。当达到所需的泵入口压力 p₁，且其变化范围在±5%时，测量压力 p₁、室温、测试罩温度以及进气流量 Q。如果流量波动保持在±10%内，此点的测量可视为有效。如果流量因出现瞬变状况而不稳定，则要等待到稳定为止。如果流量测量时间超过了 60 s，那么至少每分钟记录一次罩内的压力 p₁。压力取测量值的平均值。如果在测量过程中，压力和流量变化超过±5%，则应重复进行测量，直到读数稳定为止。

每个压力数量级至少应在三个点上进行测量。

注：可使用不同的气体测量抽气速率。在使用新的气体测量前，所有与进气阀相连的管路都必须用此测试气体进行净化。

6.2.2 流导法测试抽气速率

6.2.2.1 测试方法

流导法测试抽气速率采用标准小孔流导法，由于分子流下，通过薄壁小孔的流导可以精确计算出来，所以如果使用相同灵敏度的真空计测量每个腔室内的压力，那么抽气速率由公式（2）给出：

$$S = C \left(\frac{p_d - p_{bd}}{p_e - p_{be}} - 1 \right) \dots\dots\dots (2)$$

式中:

S ——抽气速率 (简称抽速), 单位为立方米每秒 (m^3/s) 或升每秒 (L/s);

C ——计算得到的流导, 与小孔的尺寸和气体性质有关, 单位为立方米每秒 (m^3/s) 或升每秒 (L/s);

p_d ——充气后测试罩上腔室测得的压力, 单位为帕 (Pa);

p_e ——充气后测试罩下腔室测得的压力, 单位为帕 (Pa);

p_{bd} ——充气前测试罩上腔室测得的压力, 单位为帕 (Pa);

p_{be} ——充气前测试罩下腔室测得的压力, 单位为帕 (Pa);

分子流下小孔的流导可用公式 (3) 计算直径为 d 、厚度为 L 的小孔的流导:

$$C = \sqrt{\frac{\pi RT}{32M}} \left(\frac{1}{1 + L/d} \right) d^2 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

T ——测试气体温度, 单位为开 (K);

L ——小孔的厚度, 单位为米 (m);

d ——小孔的直径, 单位为米 (m).

如果 $R=8.31 \text{ N} \cdot \text{m}/(\text{mol} \cdot \text{K})$, $M_{\text{air}}=28.8 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, $T=293 \text{ K}$ (20°C)

则可得到

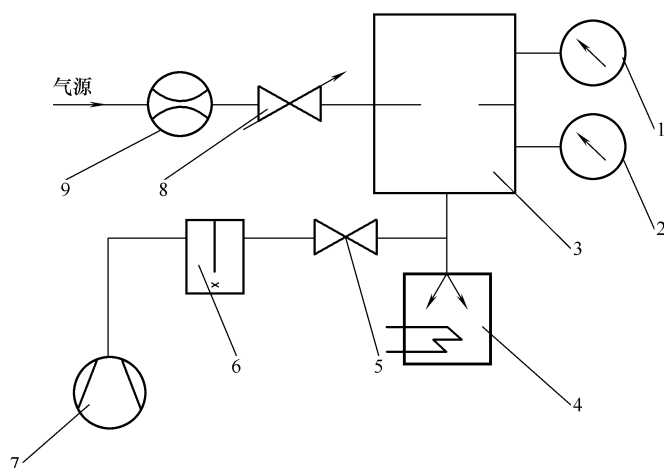
$$C_{\text{air}}=91\,000\,d^2/(1+L/d) \dots\dots\dots (4)$$

式中:

C_{air} ——计算得到的 20°C 时空气流导, 与小孔的尺寸和气体性质有关, 单位为升每秒 (L/s).

6.2.2.2 测试装置

测试装置如图 5 所示。测试罩必须清洁和干燥。泵和其他零部件的清洁度、密封性必须与低温泵最低工作压力相适应。



1、2——压力计; 3——流导法测试罩; 4——测试低温泵; 5——预抽阀;
6——冷阱 (可选); 7——预抽泵; 8——调节阀; 9——流量计。

图 5 流导法测量抽气速率 (体积流率) 的装置

6.2.2.3 测试程序

测试装置如图 5 所示。先关闭全部进气阀门, 对测试罩进行烘烤除气, 在测试罩中建立起最低工作压力 (见 6.6)。然后通过可调节阀将气体充入测试罩, 随着压力的增加, 以最低工作压力的 2 倍开始测量。当达到所需压力 p_e , 且压力值在后续 5 min 之内保持在 $\pm 5\%$ 之内, 则认为这一测点有效。如果由

于瞬间条件使得压力不稳定，则一直等到稳定为止。测量压力 p_d 和 p_e 值。如果在测量过程中，某一压力变化超过 $\pm 5\%$ ，则应重复进行测量直到取得稳定值。然后按测量值的平均值计算流量。每个压力数量级取 3 点进行测量，直到 $p_e = 1 \times 10^{-3} \text{ Pa}$ 或直到测试罩上部的气体分子平均自由程小于 $2d$ ，此处 d 指小孔直径。

如果抽气速率的测量要延续到更高的压力，就按 6.2.1 给出的测量方法、装置和程序进行测量。

注：可使用不同的气体测量抽气速率。在使用新的气体测量前，所有与进气阀相连的管路都必须用此测试气体进行净化。

6.3 最大抽气能力

6.3.1 测试方法

测量抽气能力采用的是定压法，当测试罩内压力达到给定值并稳定后，通过对进入测试罩气体的流量进行测量得到。

其最大抽气能力与冷头的制冷功率、泵的结构设计和测试气体种类有关，一般情况下，以低温泵二级冷头指定位置最高温度（如 20 K）对应的流量来给出。

6.3.2 测试装置

测试装置如图 4 所示。测试罩必须清洁和干燥。泵和其他零部件的清洁度、密封性必须与低温泵最低工作压力相适应。此外，还要求有对低温泵二级冷头进行测温的设备，测温传感器安装在尽可能靠近二级冷头法兰的位置，测量下限能够准确测量到 10 K，其他要求见 6.1.3。

6.3.3 测试程序

测试的准备过程与流量法测量体积流率的方式相同。

当低温泵起动经过两倍的降温时间时，通过可调阀门向测试罩引入测试气体，直到二级冷头温度达到 20 K 并维持稳定。测试过程中二级冷头温度波动应在 1 K 以内，且在最后一次测试后温度要维持稳定 10 min，否则，要等待直到稳定后再重复进行测试。

至少要进行五次测量，并将最大值和最小值去掉。计算值取测量值的算术平均值。平均值与测量值之间的最大偏差必须低于 10%，如果不满足应重复进行测试。

6.4 抽气容量的测试

6.4.1 测试方法

低温泵连续工作时，持续引入恒定的进气流量，测量低温泵抽速下降到初始抽气速率（按 6.2 测试）的 50% 时所累计抽走的气体量（以 p_v 值表示），就得到低温泵的抽气容量值。

抽气容量的大小与气体种类、温度和入口压力有关。可用氩气和氢气分别作为可凝性气体和非可凝性气体的代表。

6.4.2 测试装置

测试装置与 6.2 相同。在 6.2 的测试装置中的预抽泵，在抽气容量测试完毕后，用作再生泵。

6.4.3 测试程序

持续引入恒定的进气流量，当抽气速率下降到初始测量值的 50% 时，中断进气，检验该低温泵是否还能在 10 min 或更少的时间内将测试罩内的压力降低到优于 10^{-3} Pa 。如果能，则计算出测试期间低温泵累计抽走的气体量；如果不能，则说明已经超过了泵的抽气容量，测试应该终止。对低温泵再生后，再重新进行测试。

6.5 渡越容量的测试

6.5.1 测试方法

将与预估渡越容量大小相当的氮气，通过快速开启阀门充入低温泵测试罩内，观察测试气体在很短时间（如 10 s）内进入测试罩期间，二级冷头温度是否维持在不大于 20 K。

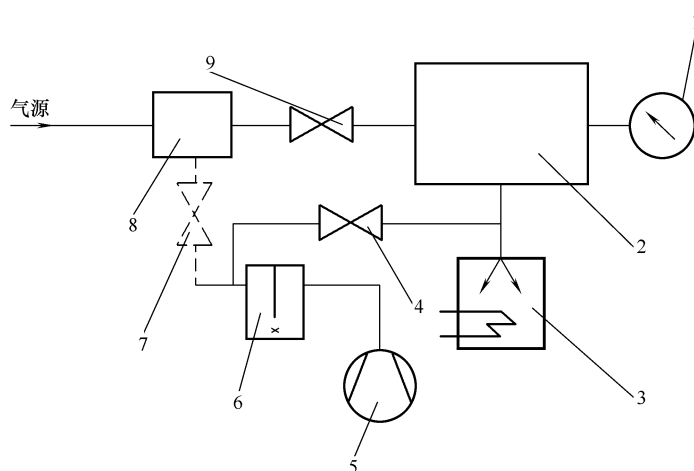
该测试方法是为了校验制造商所提供的数据，因此它不是破坏性测试，一般不用该测试程序来确定渡越容量的极限参数值。通常用氮气来进行测试。

6.5.2 测试装置

测试装置如图 6 所示。在充气室的压力和大小以及快开阀门大小的选择上，必须保证能在 3 s 以内将充气室内 98% 的气量送入测试罩。为避免绝热过程中测试气体的温度发生过大的变化，进入测试罩内气体体积膨胀比必须小于 10 : 1。

6.5.3 测试程序

首先，将氮气充入充气室到合适的压力（该压力的大小为预估渡越容量与充气室体积之比），等待 5 min 使充气室氮气的温度与环境温度达到平衡，记录充气室压力和泵二级冷头的温度。打开快开阀门，将气体充入测试罩，监测二级冷头的温度和测试罩内的压力。如果测试期间二级冷头温度不高于 20 K，那么充入的气体量的多少就是渡越容量值。重复进行三次测量。如果测试期间二级冷头温度高于 20 K，那么可以适当减小渡越容量值，对低温泵进行再生后重新进行测试。



1——压力计；2——流量法测试罩；3——测试低温泵；4——预抽阀；5——预抽泵；
6——冷阱（可选）；7——截止阀；8——充气室；9——快开阀。

图 6 渡越容量测试装置

6.6 最低工作压力

6.6.1 测试方法

将低温泵完全再生，测试罩充分烘烤除气，起动低温泵后 24 h 测量低温泵入口的压力。

6.6.2 测试装置

测试装置如图 4 所示，其中测试罩必须配上加热烘烤设备，进气阀门关闭。测试罩必须清洁和干燥。泵和其他零部件的清洁度、密封性必须与期望的低温泵最低工作压力相适应。

6.6.3 测试程序

首先，在测试前按制造商的说明将低温泵和测试罩一起进行再生，然后对吸附板进行烘烤除气处理。烘烤期间要注意冷板温度不要超过制造商的规定值。烘烤结束后起动低温泵。记录泵起动 24 h 测试罩内的压力。

6.7 降温时间的测试

6.7.1 测试装置

测试装置如图 4 所示。测试罩必须清洁和干燥。泵和其他零部件的清洁度、密封性必须与期望的低温泵最低工作压力相适应。

6.7.2 测试程序

首先用预抽泵对制冷机低温泵进行再生处理，达到低温泵的预真空度要求后起动制冷机低温泵，继

续维持预抽气直到测试罩内压力上升不超过预真空度时关闭预抽阀门；记录二级冷头从常温降到 20 K 时所用的时间。

6.8 测试报告

测试报告内容应包括下列各项：

- a) 低温泵的型号和序列号；
- b) 在 5×10^{-3} Pa 压力下，低温泵的抽气速率 S，并注明测试气体；
- c) 最大抽气能力值，测试气体，泵入口压力，二级冷头最大温度；
- d) 抽气容量值，测试气体，泵入口压力，测试结束时测试泵的抽气速率与抽气速率初始测量值的百分比；
- e) 最低工作压力值；
- f) 降温时间；
- g) 渡越容量值。

7 质量评定

7.1 每台低温泵必须经制造商检查部门检验合格后方能出厂，并附有质量合格证。

7.2 低温泵的质量评定分型式检验和出厂检验。

每台低温泵均需要进行出厂检验，检验项目见表 2。

有下列情况之一时，低温泵应进行型式检验，检验项目见表 2：

- 新产品或老产品转厂生产的试制定型检验；
- 当正常生产的产品在设计、工艺或使用材料等方面有重大变更时；
- 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时；
- 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

表 2 检验项目

检验项目	型式检验	出厂检验	一般要求	检验方法
外观质量与尺寸	△	△	5.2	以目测和满足精度要求的量具对制冷机低温泵的外观、标志和泵口的密封面进行检查
抽气速率	△	—	5.3	6.2
渡越容量	△	—	—	6.5
降温时间	△	△	5.3	6.7
最大抽气能力	△	—	—	6.3
抽气容量	△	—	—	6.4
最低工作压力	△	△	5.3	6.6
安全性	△	△	5.4	按 GB 22360 的规定执行
注 1：“△”表示必须做。				
注 2：“—”表示不做。				

8 标志、包装、运输和贮存

8.1 标志

标志要清楚规范且不易抹去，内容包括：

- a) 制造商名称；

- b) 产品型号及名称;
- c) 生产日期及出厂编号。

8.2 包装

8.2.1 制冷机低温泵泵口必须密封,外包装采用专用包装箱,内包装按部件用塑料布软包装,箱内以泡沫塑料将各部件固定,防止碰撞。

8.2.2 要求防尘、防潮、防雨,并有防震保护,箱内应有使用说明书、装箱单和合格证。

8.2.3 包装箱外壁应具有按 GB/T 191—2008 中表 1 规定的“向上”、“易碎物品”、“怕雨”等标志,并注明毛重和外形尺寸(长×宽×高)。

8.3 运输

包装箱在起吊、运输过程应小心轻放,避免冲击、碰撞和雨雪天气。

8.4 贮存

制冷机低温泵应在 10℃~40℃条件下贮存,贮存环境应保持洁净、通风,无腐蚀性气体。