

ICS 25.100.10

J 20

备案号:

JB

中华人民共和国机械行业标准

JB/T 7041—2006

代替JB/T 7041—1993

JB/T 7042—1993

液压齿轮泵

Hydraulic gear pumps



2006-05-06 发布

2006-10-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 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 量、符号和单位.....	2
5 基本参数和标记.....	2
5.1 基本参数.....	2
5.2 标记.....	2
6 技术要求.....	2
6.1 一般要求.....	2
6.2 性能要求.....	3
6.3 装配要求.....	4
6.4 外观要求.....	4
7 试验方法.....	5
7.1 试验装置.....	5
7.2 试验条件.....	5
7.3 试验项目和试验方法.....	6
7.4 试验数据处理和结果表达.....	7
8 装配和外观的检验方法.....	8
9 检验规则.....	8
9.1 检验分类.....	8
9.2 抽样.....	9
9.3 判定规则.....	9
10 标志和包装.....	9
附录 A (资料性附录) 试验回路和特性曲线.....	10
A.1 试验回路.....	10
A.2 特性曲线.....	11
A.3 冲击波形.....	11
图 A.1 开式试验回路原理图.....	10
图 A.2 闭式试验回路原理图.....	10
图 A.3 功率、流量、效率随转速变化曲线.....	11
图 A.4 功率、流量、效率随压力变化曲线.....	11
图 A.5 冲击波形.....	11
表 1 量、符号和单位.....	2
表 2 齿轮泵的容积效率和总效率.....	3
表 3 齿轮泵的噪声值.....	4
表 4 齿轮泵的内部清洁度指标.....	4
表 5 齿轮泵被控参量平均显示值允许变化范围.....	5

JB/T 7041—2006

表 6 测量系统的允许系统误差	5
表 7 齿轮泵出厂试验项目与试验方法	6
表 8 齿轮泵型式试验项目与试验方法	6
表 9 齿轮泵装配和外观检验方法	8

前 言

本标准代替 JB/T 7041—1993《液压齿轮泵 技术条件》、JB/T 7042—1993《液压齿轮泵 试验方法》。

本标准与 JB/T 7041—1993、JB/T 7042—1993 相比，主要变化如下：

- 将排量 $\leq 4\text{mL/r}$ 齿轮泵的容积效率和总效率指标分为两档，并做了补充；
- 增加了“4 量、符号和单位”、“5 基本参数和标记”；
- “内部清洁度检测方法”的引用标准原为 JB/JQ20502，改为 JB/T7858—1995；
- 提高了内部清洁度指标；
- “出厂试验项目”增加了“总效率试验”项，并增加了“试验类型”；
- 在“型式试验”中对“高温试验”、“低温试验”、“超载试验”、“冲击试验”的要求做出具体规定；
- 对“冲击频率”上限做出具体规定；
- 在“试验回路原理图”中，取消了泵出口的“温度计”；
- 对耐久性试验后容积效率下降值重新做了规定；
- 附录 A 中取消了“等效率曲线”的绘制；
- 增加了“8 装配和外观的检验方法”，对装配和外观的检验做出明确规定；
- 在“9.2 抽样”中，增加了“出厂检验抽样”，取消了“内部清洁度检查抽样”及“零件加工质量检查抽样”。

本标准的附录 A 为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国液压气动标准化技术委员会 (SAC/TC3) 归口。

本标准负责起草单位：天津特精液压股份有限公司。

本标准参加起草单位：济南液压泵有限责任公司、四川长江液压件有限公司、北京机械工业自动化研究所。

本标准主要起草人：何培双、侯金艳、成玉平、于桂忠、戴元龙、彭平。

本标准所代替标准的历次版本发布情况：

- JB/T 7041—1993；
- JB/T 7042—1993。

液压齿轮泵

1 范围

本标准规定了液压齿轮泵（以下简称齿轮泵）的基本参数、技术要求、试验方法、检验规则及标志和包装等要求。

本标准适用于以液压油液或性能相当的其他液体为工作介质的齿轮泵。

注：本标准所涉及的齿轮泵为外啮合齿轮泵。

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 786.1 液压气动图形符号（GB/T 786.1—1993，eqv ISO 1219-1: 1991）

GB/T 2346 流体传动系统及元件 公称压力系列（GB/T 2346—2003，ISO 2944: 2000，MOD）

GB/T 2347 液压泵及马达公称排量系列（GB/T 2347—1980，eqv ISO 3662: 1976）

GB/T 2353 液压泵和马达的安装法兰和轴伸的尺寸系列及标注代号（GB/T 2353—2005，ISO 3019-2: 2001，MOD）

GB/T 2828.1 计数抽样检验程序 第1部分：按接收质量限（AQL）检索的逐批检验抽样计划（GB/T 2828.1—2003，ISO 2859-1: 1999，IDT）

GB/T 2878 液压元件螺纹连接 油口型式和尺寸（GB/T 2878—1993，neq ISO 6149: 1980）

GB/T 7935—2005 液压元件 通用技术条件

GB/T 7936 液压泵、马达空载排量 测定方法

GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号（ISO 4406: 1999，MOD）

GB/T 17446 流体传动系统及元件 术语（GB/T 17446—1998，idt ISO 5598: 1985）

GB/T 17483 液压泵空气传声噪声级测定规范（GB/T 17483—1998，eqv ISO 4412-1: 1991）

JB/T 7858 液压元件清洁度评定方法及液压元件清洁度指标

3 术语和定义

GB/T 17446 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

额定压力 rated pressure

在规定转速范围内连续运转，并能保证设计寿命的最高输出压力。

3.2

空载压力 derived pressure

不超过额定压力 5% 或 0.5MPa 的输出压力。

3.3

最高压力 maximum pressure

允许短时运转的最高输出压力。

3.4

公称排量 nominal capacity

液压泵几何排量公称值。

3.5

额定转速 rated speed

在额定压力、规定进油条件下，能保证设计寿命的最高转速。

3.6

最低转速 minimum speed

保持输出稳定的额定压力所允许的转速最小值。

3.7

额定工况 rated conditions

在额定压力、额定转速条件下的运行工况。

3.8

输出特性曲线 output characteristics curve

输出流量对输出压力的关系曲线。

4 量、符号和单位

量、符号和单位见表 1。

表 1 量、符号和单位

名 称	符 号	单 位
压力	p	kPa 或 MPa
压差	Δp	kPa 或 MPa
体积流量	q_v	L/min
排量	V	mL/r
转速	n	r/min
转矩	T	N·m
功率	P	kW
温度	θ	℃
运动粘度	γ	mm ² /s
容积效率	η_v	—
总效率	η_t	—
真空度	—	kPa

5 基本参数和标记

5.1 基本参数

齿轮泵的基本参数应包括：

- 额定压力；
- 额定转速；
- 公称排量。

5.2 标记

应在产品上适当且明显的位置做出清晰和永久的标记或铭牌。标记或铭牌的内容应符合 GB/T 7935 的规定，采用的图形符号应符合 GB/T 786.1 的规定。

6 技术要求

6.1 一般要求

一般要求应符合以下规定,有特殊要求的产品,由供、需双方商定。

- 6.1.1 压力等级应符合 GB/T 2346 的规定。
- 6.1.2 公称排量应符合 GB/T 2347 的规定。
- 6.1.3 安装连接尺寸应符合 GB/T 2353 的规定。
- 6.1.4 螺纹连接油口的型式和尺寸应符合 GB/T 2878 的规定。
- 6.1.5 其他技术要求应符合 GB/T 7935—2005 中 4.3 的规定。
- 6.1.6 制造商应在产品样本及相关资料中说明产品适用的条件和环境要求。

6.2 性能要求

齿轮泵的性能要求应包括:

- a) 排量;
- b) 自吸性能;
- c) 容积效率和总效率;
- d) 压力摆摆;
- e) 密封性能;
- f) 噪声;
- g) 高温性能;
- h) 低温性能;
- i) 超速性能;
- j) 低速性能;
- k) 超载性能;
- l) 耐久性。

6.2.1 排量

空载排量应在公称排量的 95%~110% 范围内。

6.2.2 自吸性能

自吸能力不低于 16kPa 真空度。

6.2.3 容积效率和总效率

在额定工况下,油温为 50℃ 时,容积效率和总效率应符合表 2 的规定。

表 2 齿轮泵的容积效率和总效率

额定压力 MPa	效率 %	公称排量 mL/r					
		≤2	>2~4	>4~10	>10~25	>25~50	>50
2.5	容积效率	≥70		≥80	≥90	≥91	≥93
	总效率	≥60		≥68	≥77	≥80	≥82
10~25	容积效率	≥80	≥85	≥89		≥90	
10~25	总效率	≥72	≥75	≥79		≥81	

6.2.4 噪声

在额定压力、转速 1500r/min 下 (当额定转速 < 1500r/min 时,在额定转速下),噪声值应符合表 3 的规定。

6.2.5 压力摆摆

额定压力 2.5MPa 的齿轮泵,出口压力摆摆值不大于 ±0.2MPa。

6.2.6 低温性能

在环境温度和进口油液温度为 -20℃,或设计规定的低温条件下,齿轮泵应能够在额定转速、空载

压力工况下正常启动。

表 3 齿轮泵的噪声值

dB (A)

额定压力 MPa	公称排量 mL/r				
	≤10	>10~25	>25~50	>50~100	>100
2.5	≤70	≤75	≤76	≤78	≤80
10~25	≤80	≤85	≤85	≤90	≤90

6.2.7 高温性能

在额定工况下, 齿轮泵进口油液温度达到 90℃, 或设计规定的高温条件下, 齿轮泵应能够短时间正常工作。

6.2.8 低速性能

额定压力为 10MPa~25MPa 的齿轮泵, 在转速为 800r/min 或设计规定的最低转速条件下, 应能够保持输出稳定的额定压力, 且容积效率不低于 60%。

6.2.9 超速性能

在齿轮泵的驱动转速达到 110% 额定转速或设计规定的最高转速下, 齿轮泵应能够短时间正常运转。

6.2.10 密封性能

- 静密封: 各静密封部位在任何工况条件下, 不应渗油;
- 动密封: 各动密封部位在齿轮泵运转 4h 内, 不应滴油。

6.2.11 超载性能

在额定转速及下列压力之一条件下, 齿轮泵应能够短时间正常工作。

- 125% 额定压力 (额定压力 < 20MPa 时);
- 125% 额定压力或设计规定的最高压力 (额定压力 ≥ 20MPa 时)。

6.2.12 耐久性

6.2.12.1 耐久性试验可在下列方案中任选一种:

- 清静试验 3000h;
- 超载试验 100h, 冲击试验 40 万次 (在两台泵上分别进行)。

注: 特殊用途的齿轮泵可按专用技术规范进行。

6.2.12.2 耐久性试验后, 容积效率不应低于表 2 规定值三个百分点; 零件不得有异常磨损和其他形式的损坏。

6.3 装配要求

6.3.1 装配应按 GB/T 7935—2005 中的 4.4~4.7 的规定。

6.3.2 齿轮泵内部清洁度指标应符合表 4 的规定。

6.3.3 装配后的齿轮泵, 在封闭的泵体内充入 0.16MPa 的气体, 不应有漏气现象。

6.4 外观要求

产品外观应符合 GB/T 7935—2005 中的 4.8~4.9 的规定。

表 4 齿轮泵的内部清洁度指标

公称排量 mL/r	清洁度指标值 mg	
	铝壳体	铸铁壳体
≤10	≤30	≤60
10~50	≤40	≤70
50~100	≤60	≤100
100~200	≤70	≤120
>200	≤100	≤180

7 试验方法

7.1 试验装置

7.1.1 齿轮泵试验应具备符合图 A.1 或图 A.2 所示试验回路的试验台。

7.1.2 压力测量点的位置

压力测量点应设置在距被试泵进、出油口的 $(2\sim4)d$ 处 (d 为管道内径)。稳态试验时, 允许将测量点的位置移至距被试泵更远处, 但应考虑管路的压力损失。

7.1.3 温度测量点的位置

温度测量点应设置在距压力测量点 $(2\sim4)d$ 处, 且比压力测量点更远离被试泵。

7.1.4 噪声测量点的位置

噪声测量点的位置和数量应按 GB/T 17483 的规定。

7.2 试验条件

7.2.1 试验介质

7.2.1.1 试验介质应为被试泵适用的工作介质。

7.2.1.2 试验介质的温度: 除明确规定外, 型式试验应在 $50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 下进行, 出厂试验应在 $50^{\circ}\text{C} \pm 4^{\circ}\text{C}$ 下进行。

7.2.1.3 试验介质的粘度: 40°C 时的运动粘度为 $42\text{mm}^2/\text{s} \sim 74\text{mm}^2/\text{s}$ 。(特殊要求另行规定)

7.2.1.4 试验介质的污染度: 试验系统油液的固体颗粒污染等级不应高于 GB/T 14039—2002 规定的 1/19/16。

7.2.2 稳态工况

在稳态工况下, 被控参量平均显示值的变化范围应符合表 5 规定。在稳态工况下记录试验参量的测量值。

表 5 齿轮泵被控参量平均显示值允许变化范围

测量参量	各测量准确度等级对应的被控参量平均显示值允许变化范围		
	A	B	C
压力 (表压力 $p < 0.2\text{MPa}$ 时) kPa	± 1.0	± 3.0	± 5.0
压力 (表压力 $p \geq 0.2\text{MPa}$ 时) %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
流量 %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
转矩 %	± 0.5	± 1.0	± 2.0
转速 %	± 0.5	± 1.0	± 2.0

注: 测量准确度等级见 7.2.3。

7.2.3 测量准确度

测量准确度等级分为 A、B、C 三级, 型式试验不应低于 B 级, 出厂试验不应低于 C 级。各等级测量系统的允许系统误差应符合表 6 的规定。

表 6 测量系统的允许系统误差

测量参量	测量准确度等级		
	A	B	C
压力 (表压力 $p < 0.2\text{MPa}$ 时) kPa	± 1.0	± 3.0	± 5.0
压力 (表压力 $p \geq 0.2\text{MPa}$ 时) %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
流量 %	± 0.5	± 1.5	± 2.5
转矩 %	± 0.5	± 1.0	± 2.0
转速 %	± 0.5	± 1.0	± 2.0
温度 $^{\circ}\text{C}$	± 0.5	± 1.0	± 2.0

7.3 试验项目和试验方法

7.3.1 跑合

跑合应在试验前进行。

在额定转速下，从空载压力开始逐级加载，分级跑合。跑合时间与压力分级应根据需要确定，其中额定压力下的跑合时间应 $\geq 2\text{min}$ 。

7.3.2 出厂试验

出厂试验项目与试验方法按表 7 规定。

表 7 齿轮泵出厂试验项目与试验方法

序号	试验项目	试验方法	试验类型	备注
1	排量试验	在额定转速 ^a 、空载压力下，测量排量	必试	
2	容积效率试验	在额定转速 ^a 、额定压力下，测量容积效率	必试	
3	总效率试验	在额定转速 ^a 、额定压力下，测量总效率	抽试	
4	超载性能试验	在额定转速 ^a 和下列压力之一的工况下进行试验： a) 125%的额定压力（当额定压力 $< 20\text{MPa}$ 时），连续运转 1min 以上 b) 最高压力或 125%的额定压力（当额定压力 $\geq 20\text{MPa}$ 时），连续运转 1min 以上	必试	
5	外泄漏检查	在上述试验全过程中，检查各部位渗漏情况	必试	

^a允许采用试验转速代替额定转速。试验转速可由企业根据试验设备条件自行确定，但应保证产品性能。

7.3.3 型式试验

型式试验项目与试验方法按表 8 规定。

表 8 齿轮泵型式试验项目与试验方法

序号	试验项目	试验内容和方法	备注
1	排量验证试验	按 GB/T 7936 的规定进行	
2	效率试验	a) 在额定转速至最低转速范围内的五个等分转速 ^a 下，分别测量空载压力至额定压力范围内至少六个等分压力点 ^b 的有关效率的各组数据 b) 在额定转速下，进口油温为 20℃~35℃和 70℃~80℃时，分别测量被试泵在空载压力至额定压力范围内至少六个等分压力点 ^b 的有关效率的各组数据 c) 绘制 50℃油温、不同压力时的功率、流量、效率随转速变化的曲线（图 A.3） d) 绘制 20℃~35℃、50℃、70℃~80℃油温时，功率、流量、效率随压力变化的曲线（图 A.4）	
3	压力振摆检查	在额定工况下，观察并记录被试泵出口压力振摆值	仅适用于额定压力为 2.5MPa 的齿轮泵
4	白喉试验	在额定转速、空载压力工况下，测量被试泵吸入口真空度为零时的排量。以此为基准，逐渐增加吸入阻力，直至排量下降 1%时，测量其真空度	
5	噪声试验	在 1500r/min 的转速下（当额定转速 $< 1500\text{r/min}$ 时，在额定转速下），并保证进口压力在 -16kPa 至设计规定的最高进口压力的范围内，分别测量被试泵空载压力至额定压力范围内，至少六个等分压力点 ^b 的噪声值	a) 本底噪声应比被试泵实测噪声低 10 dB (A) 以上，否则应进行修正 b) 本项目为考查项目

表 8 (续)

序号	试验项目	试验内容和方法	备 注
6	低温试验	使被试泵和进口油温均为 $-25^{\circ}\text{C}\sim-20^{\circ}\text{C}$ ，油液粘度在被试泵所允许的最大粘度范围内，在额定转速、空载压力工况下启动被试泵至少五次	a) 有要求时做此项试验 b) 可以由制造商与用户协商，在工业应用中进行
7	高温试验	在额定工况下，进口油温为 $90^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ 时，油液粘度不低于被试泵所允许的最低粘度条件下，连续运转 1h 以上	
8	低速试验	在输出稳定的额定压力，连续运转 10min 以上测量流量、压力数据，计算容积效率并记录最低转速	仅适用于额定压力为 10MPa~25MPa 的齿轮泵
9	超速试验	在转速为 115% 额定转速或规定的最高转速下，分别在额定压力与空载压力下连续运转 15min 以上	
10	超载试验	在被试泵的进口油温为 $80^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 、额定转速和下列压力之一工况下： a) 125% 的额定压力（当额定压力 $<20\text{MPa}$ 时）做连续运转 b) 最高压力或 125% 的额定压力（当额定压力 $\geq 20\text{MPa}$ 时）做连续运转 试验时间应符合 6.2.12.1 的规定	仅适用于额定压力为 10MPa~25MPa 的齿轮泵
11	冲击试验	在 $80^{\circ}\text{C}\sim 90^{\circ}\text{C}$ 的进口油温和额定转速、额定压力下冲击。冲击波形见图 A.5 规定，冲击频率 20 次/min~40 次/min，冲击次数应符合 6.2.12.1 的规定 记录冲击波形	仅适用于额定压力为 10MPa~25MPa 的齿轮泵
12	满载试验	在额定工况下，被试泵进口油温为 $30^{\circ}\text{C}\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时作连续运转 试验时间应符合 6.2.12.1 的规定	仅适用于额定压力为 2.5MPa 的齿轮泵
13	效率检查	完成上述规定项目试验后，测量额定工况下的容积效率和总效率	
14	密封性能检查	将被试泵擦干净，如有个别部位不能一次擦干净，运转后产生“假”渗漏现象，允许再次擦干净 a) 静密封：将干净吸水纸压贴于静密封部位，然后取下，纸上如有油迹即为渗油 b) 动密封：在动密封部位下方放置白纸，于规定时间内纸上不应有油滴	
注：试验项目序号 10~12 属于耐久性试验项目。			
* 包括最低转速和额定转速。 * 包括空载压力和额定压力。			

7.4 试验数据处理和结果表达

7.4.1 数据处理

利用试验数据和下列计算公式，计算出被试泵的相关性能指标。

容积效率：

$$\eta_v = \frac{V_{2s}}{V_{2i}} = \frac{q_{v2s}/n_2}{q_{v2i}/n_1} \times 100\% \quad (1)$$

总效率:

$$\eta_t = \frac{P_{2L} \cdot q_{v2L} - P_{1L} \cdot q_{v1L}}{2\pi n_c T_1} \times 100\% \quad (2)$$

输出液压功率 (单位为 kW):

$$P_{2L} = \frac{P_{2L} \cdot q_{v2L}}{60000} \quad (3)$$

输入机械功率 (单位为 kW):

$$P_{1m} = \frac{2\pi n_c T_1}{60000} \quad (4)$$

式中:

 q_{v2L} ——空载压力时的输出流量, 单位为 L/min; q_{v2c} ——试验压力时的输出流量, 单位为 L/min; q_{v1c} ——试验压力时的输入流量, 单位为 L/min; n_c ——试验压力时的转速, 单位为 r/min; n_l ——空载压力时的转速, 单位为 r/min; V_{2c} ——试验压力时的排量, 单位为 mL/r; V_{2L} ——空载排量, 单位为 mL/r; P_{2c} ——输出试验压力, 单位为 kPa; P_{1c} ——输入压力, 大于大气压为正, 小于大气压为负, 单位为 kPa; T_1 ——输入转矩, 单位为 N·m。

7.4.2 结果表达

试验报告应包括试验数据和相关特性曲线。特性曲线示例参见图 A.3 和图 A.4。试验报告还应提供试验人员、设备、工况及被试泵基本特征等信息。

8 装配和外观的检验方法

装配和外观的检验方法按表 9 的规定。

表 9 齿轮泵装配和外观检验方法

序号	检验项目	检验方法	备注
1	装配质量	采用目测法	
2	气密性	在被试泵内腔无满压力为 0.16MPa 的干净气体, 然后将其浸没在防锈液中, 停留 1min 以上, 并稍加摇动, 观察液体中是否有气泡产生	允许采用“压降法”或其他的方法, 但检查效果应等同于上述方法
3	内部清洁度	按 JB/T 7858 的规定	内部清洁度可以由经过验证的工艺规范保证
4	外观质量	采用目测法	

9 检验规则

9.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

9.1.1 出厂检验

出厂检验系指产品交货时应进行的各项检验。

性能检验的项目和方法按第 7 章的规定, 性能指标应符合 6.2 的规定; 装配和外观的检验方法按第

8章的规定,质量应符合6.3和6.4的要求。

9.1.2 型式检验

型式检验系指对产品质量进行全面考核,即按本标准规定的技术要求进行全面检验。凡属下列情况之一者,应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 正式生产后,如结构、材料、工艺有较大改变,可能影响产品性能时;
- c) 产品长期停产后,恢复生产时;
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时;
- e) 国家质量监督机构提出进行型式检验要求时。

性能检验的项目和方法按第7章的规定,性能指标应符合6.2的规定;装配和外观的检验方法按第8章的规定,质量应符合6.3和6.4的要求。

9.2 抽样

产品检验的抽样方案按GB/T 2828.1的规定。

注:质量监督检验抽样按有关规定。

9.2.1 出厂检验抽样

- a) 接收质量限(AQL值): 2.5;
- b) 抽样方案类型: 正常检查一次抽样方案;
- c) 检查水平: 特殊检查水平S-2。

9.2.2 型式检验抽样

- a) 接收质量限(AQL值): 2.5 (6.5);
- b) 抽样方案类型: 正常检查一次抽样方案;
- c) 样本量: 五台(两台)。

注: 方括号内的数值仅适用于耐久性试验。

9.3 判定规则

按GB/T 2828.1的规定。

10 标志和包装

标志和包装按GB/T 7935—2005中4.8、4.10及第6章的规定。特殊要求可另行规定。

JB/T 7041—2006

附录 A
(资料性附录)
试验回路和特性曲线

A.1 试验回路

A.1.1 开式试验回路原理图见图 A.1.

A.1.2 闭式试验回路原理图见图 A.2.

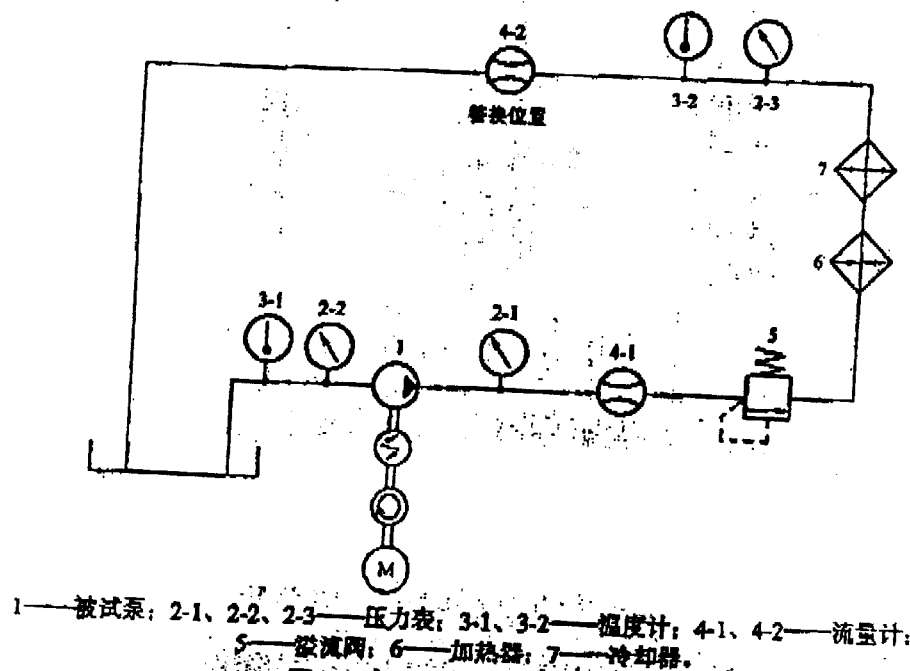


图 A.1 开式试验回路原理图

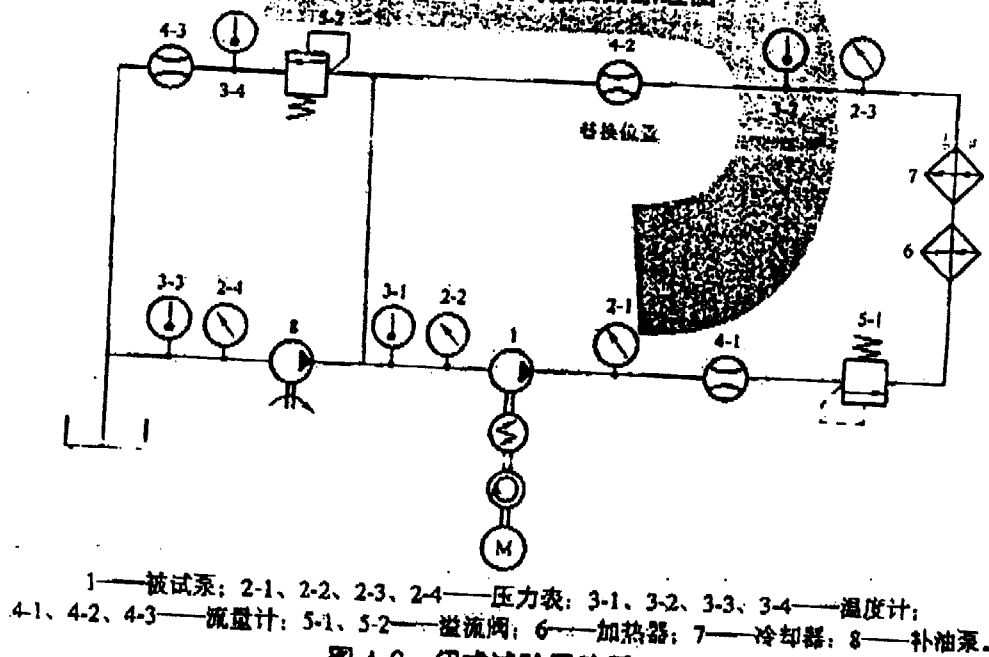


图 A.2 闭式试验回路原理图

A.2 特性曲线

A.2.1 功率、流量、效率随转速变化曲线见图 A.3。

A.2.2 功率、流量、效率随压力变化曲线见图 A.4。

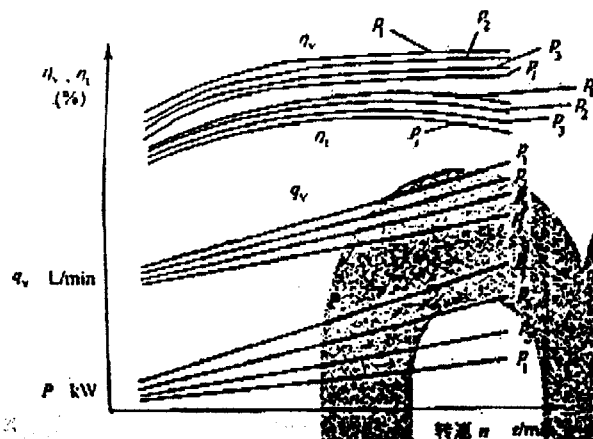


图 A.3 功率、流量、效率随转速变化曲线

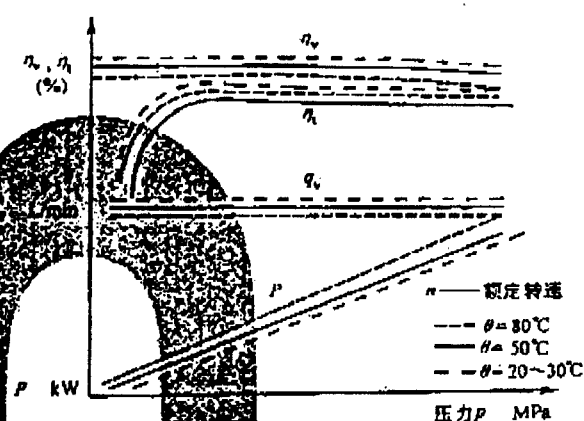


图 A.4 功率、流量、效率随压力变化曲线

A.3 冲击波形

冲击波形见图 A.5。

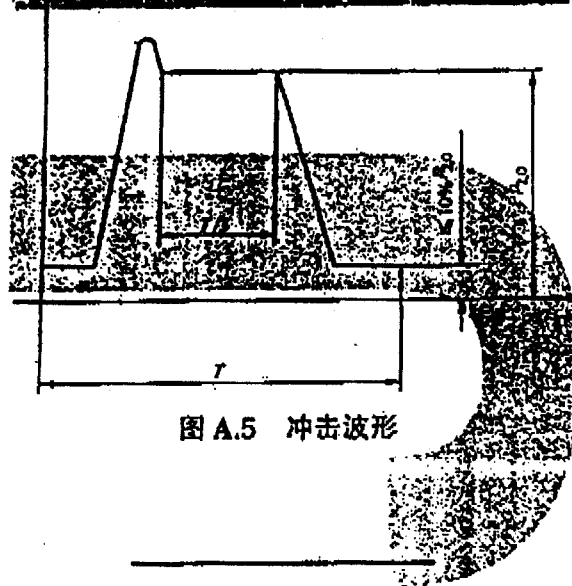


图 A.5 冲击波形