



# 中华人民共和国国家军用标准

FL 1650

GJB 3849—99

---

## 飞机液压作动筒、阀、压力容器 脉冲试验要求和方法

Requirements and methods for impulse testing  
of aircraft hydraulic actuators, valves,  
pressure containers

1999—08—03 发布

2000—01—01 实施

---

中国人民解放军总装备部 批准

飞机液压作动筒、阀、压力容器  
脉冲试验要求和方法

Requirements and methods for impulse testing  
of aircraft hydraulic actuators, valves,  
pressure containers

GJB 3849-99

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了新研制的飞机液压作动筒、阀、压力容器脉冲试验的技术要求和方法。

1.2 适用范围

本标准适用于按 GJB 638A 研制的军用飞机(含直升机)液压作动筒、阀、压力容器(蓄压器除外)的脉冲试验。当技术要求超出本标准时,应在本标准的原则指导下规定专用试验要求和方法。改进、改型飞机亦可参照使用。

2 引用文件

下列标准包含的条文,通过在标准中引用而构成为本标准的条文。在标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GJB 420A-96 飞机液压系统用油液固体污染度分级
- GJB 638A-96 飞机 I、II 型液压系统设计、安装要求
- GJB 1132-91 飞机地面保障设备通用规范
- GJB 1452-92 大型试验质量管理要求
- GJB 1772-93 飞机液压系统及附件试验台通用规范

3 定义

3.1 术语

3.1.1 脉冲试验 impulse test

验证液压附件在其总寿命范围内承受脉冲压力的试验。

3.1.2 升率 rate of rise

压力—时间脉冲波形中压力增长部分峰值压力的 10% 到 90% 之间直线段的斜率。

3.2 符号、代号

$P_{oper}$  液压附件设计工作压力

$P_{min}$  液压系统最小回油管路压力

$P_{\max}$	试验件压力腔最大试验压力
$PR_{\text{peak}}$	液压附件回油腔回油峰值压力
$PR_{\max}$	试验件回油腔最大试验压力
$P_{\text{mean}}$	$P_{\max}$ 与 $P_{\min}$ 的算术平均值

## 4 一般要求

### 4.1 试验总则

新研制的飞机液压作动筒、阀、压力容器在首次飞行前必须完成脉冲试验。对通过脉冲试验的液压作动筒、阀、压力容器作了设计更改,需对更改部分的影响进行分析和论证,以确定是否需要重新进行脉冲试验。

### 4.2 试验目的

飞机液压系统在工作期间,电磁阀换向、作动筒开始运动、作动筒运动到底等一系列液压附件的正常工作均会使液压系统的流量或流向发生突变,从而在液压系统中产生脉冲压力,这种脉冲压力会相应地作用在相关的液压附件上,对其正常工作带来危害。脉冲试验从本质上讲就是一种加速疲劳试验,其目的就是验证液压附件在其总寿命范围内是否具有足够的承受脉冲压力的能力。

### 4.3 试验前资料准备

试验前资料应准备齐全,一般应包括试验任务书、试验大纲等资料,其编制可参照 GJB 1452 中 5.1 的规定。

### 4.4 试验设备

#### 4.4.1 脉冲试验台

脉冲试验台应满足 GJB 1772 中 II 类试验台的要求,能产生脉冲试验所要求的交变脉冲压力,并能对脉冲试验的循环频率、脉冲峰值压力、升率等参数按试验要求进行调试。脉冲试验台的液压系统污染度应达到或优于 GJB 420A 规定的 8 级,如飞机型号规范另有要求,其污染度则应满足飞机型号规范的要求,试验前整个系统应处于良好状态。

#### 4.4.2 脉冲试验辅助设备

a) 测试仪器仪表 应定期校验合格,并能按要求记录试验参数和图象,如油液温度、脉冲频率、脉冲峰值压力、脉冲波形等。温度、压力的测量点应尽量靠近被测部位,测试精度应符合 GJB 1132 中 3.3 的要求。

b) 电源 应配置动力电源和各种仪器仪表使用的电源。

c) 其它设备

### 4.5 试验件

试验件必须符合图样、技术文件的要求,并有合格证明。

## 5 详细要求

### 5.1 试验要求

#### 5.1.1 试验油液

试验油液应与飞机液压系统规定使用的油液一致。

### 5.1.2 试验温度

试验期间,试验油液温度应保持在液压附件设计额定工作温度 $+8\sim 0^{\circ}\text{C}$ 之间。对于超稳定温度工作的液压附件,应根据液压附件详细技术条件中规定的使用期间允许超稳定温度工作时间占稳定温度工作时间的百分比,将其试验件的脉冲循环总数按相应的百分比分配在各规定温度条件下进行试验。

### 5.1.3 试验件选择

试验件的选择应符合如下要求:

a) 试验件不应预先经受超过极限负载或压力的作用,除非这种负载或压力的作用是生产过程中的正常步骤。试验件不允许有超过技术条件规定的变形或划伤;

b) 试验件不应预先经受振动试验或其它疲劳形式的试验。

### 5.1.4 试验件准备

脉冲试验前,应首先目视检查试验件是否有肉眼可见的缺陷,然后用荧光渗透、超声波或磁粉探伤等方法彻底检查试验件是否有裂纹、结构缺陷或其它缺陷,最后用新密封圈装配,并进行耐压试验以及包括内、外部渗漏测量在内的常规功能试验。

## 5.2 试验方法

### 5.2.1 脉冲试验波形

图1至图4所示界限确定了试验件压力腔和回油腔的压力—时间脉冲试验波形,整个脉冲试验中,压力—时间脉冲试验波形应限制在图中所示界限区域内。对于液压附件预定的压力环境的不同,其脉冲试验应对照下列条件选择适当的脉冲试验波形进行试验:

a) 如果液压附件压力腔预定的脉冲压力波形峰值区域较为平缓,那么试验件压力腔的压力—时间脉冲试验波形应满足图1的要求;

b) 如果液压附件压力腔预定的压力环境存在水锤(液压撞击)影响,那么试验件压力腔的压力—时间脉冲试验波形应满足图2或图3的要求;

c) 如果液压附件、液压腔仅承受回油压力的作用,那么试验件回油腔的压力—时间脉冲试验波形应满足图4的要求。

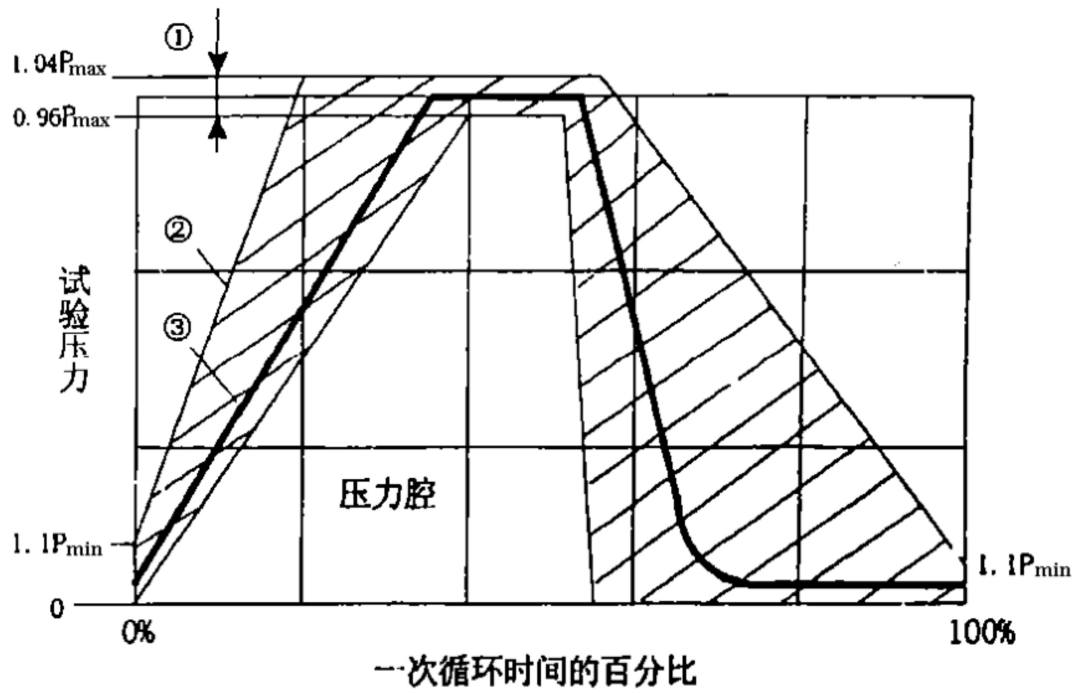


图1 压力腔脉冲波形

注：① 一次压力—时间脉冲循环中，试验压力在试验峰值压力偏差区域内停留的时间应占一次循环时间的10~25%。

② 边界线升率为：1400MPa/s

③ 循环曲线升率为：<1400MPa/s

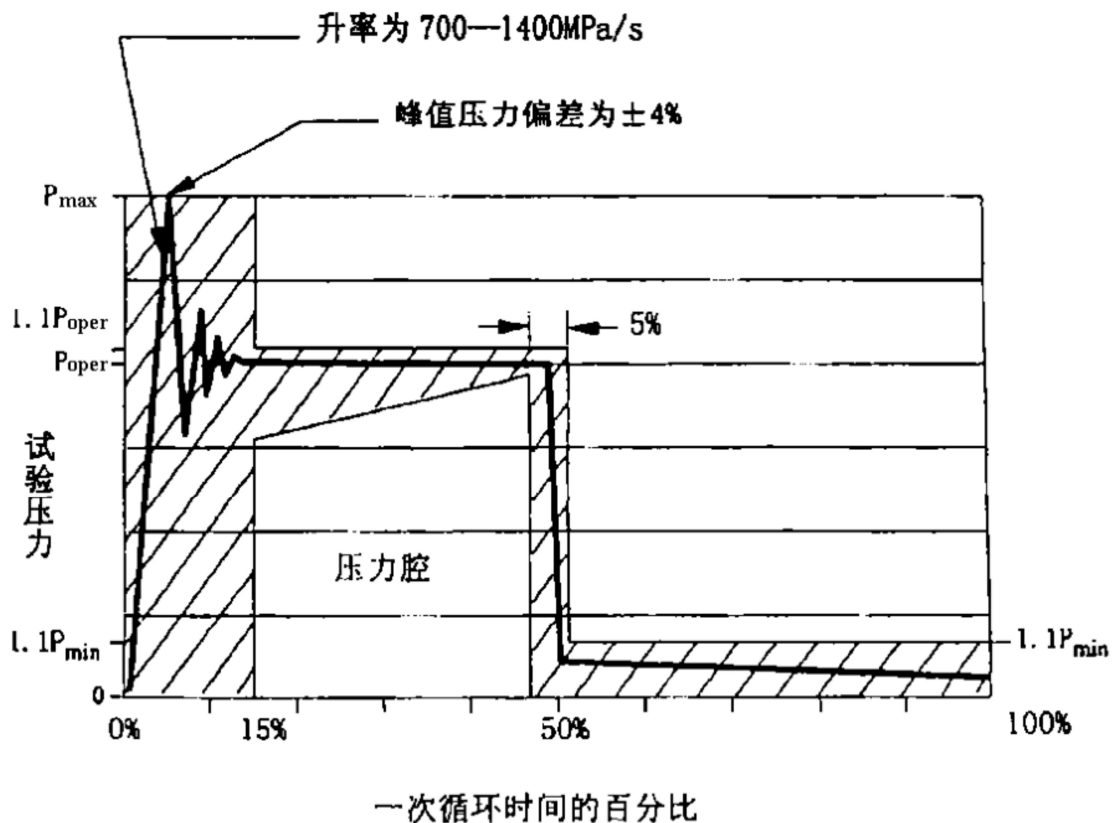


图2 交变脉冲波形—阻尼波

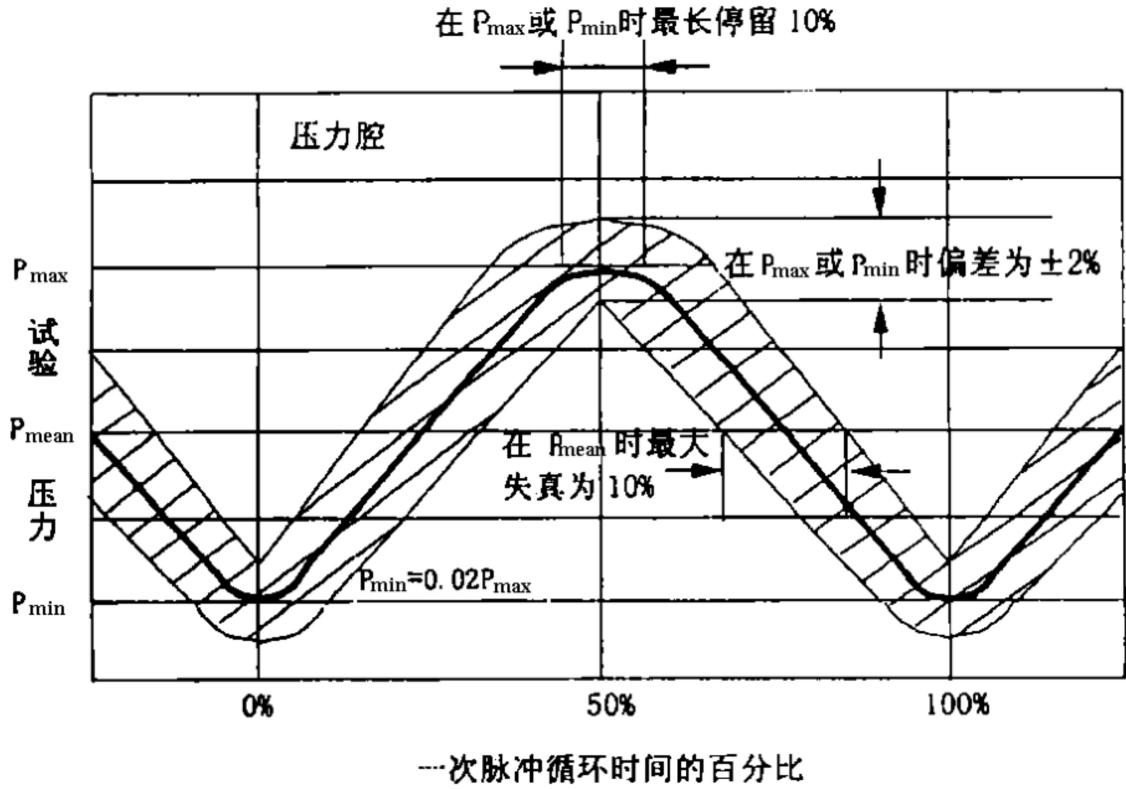


图3 交变脉冲波形—正弦波

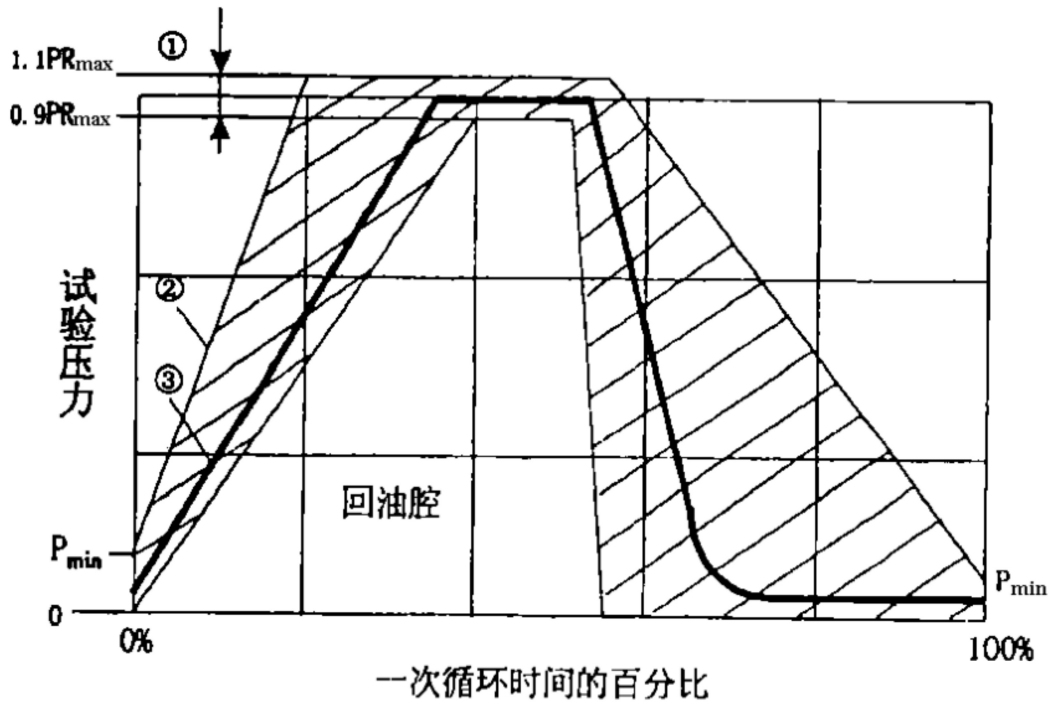


图4 回油腔脉冲波形

注：① 一次压力——时间脉冲循环中，试验压力在试验峰值压力偏差区域内停留的时间应占一次循环时间的10~25%。

② 边界线升率为：1400MPa/s

③ 循环曲线升率为：<1400MPa/s

## 5.2.2 升率的计算

$$\text{升率} = \frac{0.9P_{\max} - 0.1P_{\max}}{T_{0.9} - T_{0.1}} \dots\dots\dots (1)$$

式中： $T_{0.9}$ —为脉冲试验波形中压力增长段的压力升高到  $0.9P_{\max}$  的时间，s；

$T_{0.1}$ —为脉冲试验波形中压力增长段的压力升高到  $0.1P_{\max}$  的时间，s；

## 5.2.3 脉冲循环频率

除非另有规定，对于较大的液压附件，推荐其脉冲试验循环频率为  $1\text{Hz}$ ，对于较小的液压附件，推荐其脉冲循环频率最大为  $5\text{Hz}$ ，具体实际循环频率在试验任务书中规定。

## 5.2.4 最大试验压力和脉冲循环次数

试验件的液压腔和回油腔应至少按表 1 或表 2 中规定的最大试验压力、脉冲循环次数分别进行脉冲试验。

表 1 军用固定翼飞机

试验件类型	最大试验压力	脉冲循环次数
飞行控制液压系统作动筒、阀、压力容器的压力腔	$1.5 \times P_{\text{oper}}$	200000
通用液压系统作动筒、阀、压力容器的压力腔	$1.5 \times P_{\text{oper}}$	100000
仅承受回油压力的液压附件、液压腔	$PR_{\text{peak}}$	100000

表 2 军用直升机

试验件类型	最大试验压力	脉冲循环次数
飞行控制液压系统作动筒、阀、压力容器的压力腔	$1.5 \times P_{\text{oper}}$	1000000
通用液压系统作动筒、阀、压力容器的压力腔	$1.5 \times P_{\text{oper}}$	300000
仅承受回油压力的液压附件、液压腔	$PR_{\text{peak}}$	300000

## 5.2.5 作动筒活塞位置

除非另有规定，作动筒的活塞应限制在作动筒的中间位置进行试验，脉冲循环次数应分别施加在使作动筒伸出和收回的两个方向上，压力不应同时施加于使作动筒伸出和收回的两个方向上，伺服作动筒在脉冲试验期间应经受全脉冲范围（ $P_{\min} \sim P_{\max}$ ）的试验。

## 5.2.6 阀的位置

可变位置阀，如方向控制阀和伺服阀应在阀的各个位置进行试验，以使阀的每个入口和腔都相应受压。压力腔和回油腔的脉冲循环次数应分别按阀的各个位置在阀的总寿命期内，预定工作的百分比大致相同的比例分配在各位置进行试验，阀的各压力腔、回油腔经受的脉冲循环次数总和不应少于 5.2.4 所规定的脉冲循环次数。

## 5.3 脉冲试验后性能试验

试验件完成脉冲试验后，应根据液压附件规定的性能试验要求，进行相关的性能试验，如果性能试验不能满足液压附件规定的性能要求，那么试验件应用新密封圈重新装配，并再次进

行性能试验,以确定性能降低的原因。性能试验完成后,试验件应分解并检查是否有裂纹或结构缺陷。

#### 5.4 试验合格判据

在脉冲试验和其后的性能试验中,如果试验件无引起内外部渗漏的结构破坏,未出现零件松动、永久变形及其它结构破坏,无影响使用的性能降低,那么该液压附件的脉冲试验就视为合格,否则就视为不合格。

#### 5.5 编制试验报告

整个脉冲试验完成后,承试方应根据试验任务书,试验大纲的内容以及试验的最终结果按规定要求编制试验报告。

## 附录 A

### 液压脉冲试验台

(参考件)

#### A1 适用范围

本试验台可产生本标准所要求的脉冲试验波形,其中图 1、图 2、图 4 所示脉冲试验波形由图 A1 所示液压脉冲试验台产生,图 3 所示脉冲试验波形由图 A2 所示液压脉冲试验台产生。适用于飞机液压作动筒、阀、压力容器的脉冲试验。

#### A2 液压脉冲试验台简介

为了进行飞机液压作动筒、阀、压力容器的脉冲试验,必需将被试液压附件安装在相应的液压脉冲试验台上进行试验。液压脉冲试验台应满足 GJB 1772 中 II 类试验台的要求。图 A1 给出了产生图 1、图 2、图 4 所示波形的液压脉冲试验台的原理图,图 A2 给出了产生图 3 所示波形的液压脉冲试验台的原理图。根据液压脉冲试验台各部分功能的不同,可将其分为六个部分。

##### A2.1 动力部分

在常温下工作,为液压脉冲试验台提供压力的液压系统。通过调节溢流阀改变系统的额定工作压力,主要附件有主泵、蓄压器、溢流阀、精滤和相应的液压管路。

##### A2.2 控制部分

图 A1 中,在常温下工作,控制四通阀打开程度的液压系统。通过控制阀控制四通阀的打开程度改变液压脉冲波形的斜率。主要附件有控制阀、可调单向节流阀、减压器和相应的液压管路。图 A2 中,液压脉冲试验台的控制部分即为信号控制器,由信号控制器发出所需正弦信号,控制伺服阀产生交变的正弦脉冲压力。

##### A2.3 试验部分

动力部分的液压能通过这部分产生试验需要的液压脉冲波形。主要附件有四通阀或伺服阀、增压缸和试验歧管。试验件安装在试验歧管上。

##### A2.4 测量及控制系统

这是一个液压—电气系统,用来精确控制试验件的液压脉冲波形。控制阀的工作频率由信号发生器控制,试验件的脉冲压力由传感器测量并通过示波器记录和打印。

##### A2.5 环境箱

把试验环境温度和静态油液温度控制在试验所要求的试验温度的试验间。

##### A2.6 补油部分

在高温下工作,给增压缸的高压腔和试验歧管补充试验所需高温油液的液压系统。主要附件有二通阀、补油泵和可加温油箱。

#### A3 液压脉冲波形调节

试验中液压脉冲波形主要由四通阀或伺服阀的阀门尺寸大小、开启速度、供油压力等因素决定。当阀门开启速度非常迅速、阀门尺寸又足够大时,在很短的时间内(例如 0.001~0.01 秒)液压能量通过液压导管传递给试验件,由于液体的弹性,在液压传递过程中压力波的冲击造成瞬时压力超过一倍或数倍系统的额定工作压力,然后又迅速衰减,这种液压脉冲波形类似

欠阻尼系统的二阶振荡曲线；当阀门开启速度相对较慢，升率也较慢时，压力就不会超过系统额定工作压力，这种液压脉冲波形类似过阻尼的惯性曲线。

### A3.1 图 1、图 2、图 4 液压脉冲波形调节

#### A3.1.1 升率和峰值压力调节

升率和峰值压力的大小，可通过调节控制回路中的减压器改变控制阀的控制压力和调节单向节流阀来改变四通阀阀门的开启速度，四通阀开启速度越快，升率和峰值压力就越大，反之就越小。

#### A3.1.2 脉冲循环频率调节

改变控制阀的工作频率，最终改变四通阀的换向频率，实现对脉冲循环频率的调节。

### A3.2 图 3 液压脉冲波形调节

信号控制器发出正弦信号，控制伺服阀产生交变的正弦脉冲压力。调节溢流阀可改变最高峰值压力，调节信号控制器可改变正弦脉冲频率。

### A3.3 其它影响液压脉冲波形的因素

四通阀或伺服阀与被试件之间的导管长度、导管截面、试验件的容腔尺寸等都会对液压脉冲波形有较大影响，此外，试验时排除四通阀或伺服阀至试验件间管道内的气体也是非常重要的。但要最终调试出所需波形，像其它大多数试验机一样，还应在实践中进行大量摸索。

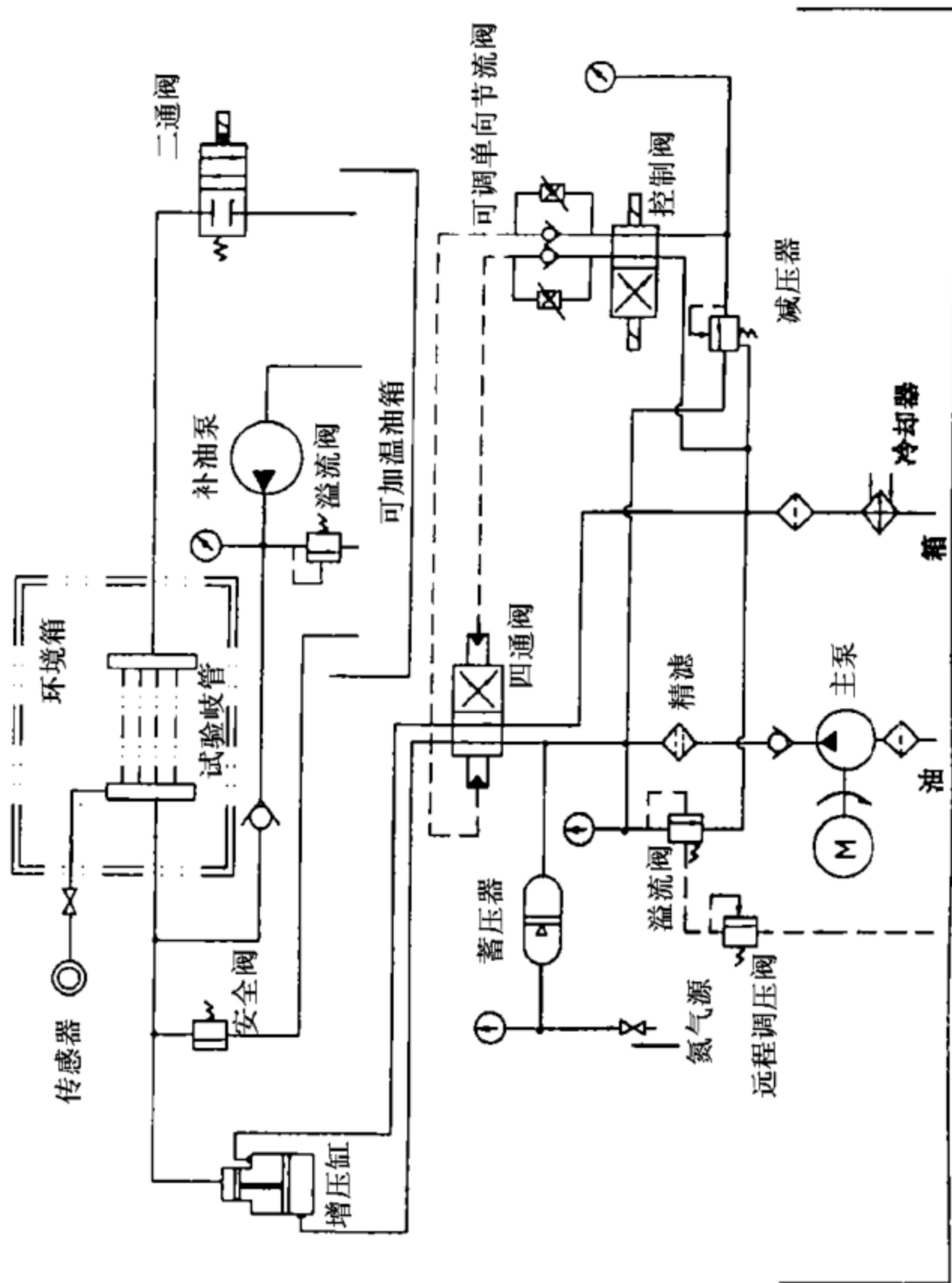


图 A1 液压脉冲试验台原理图

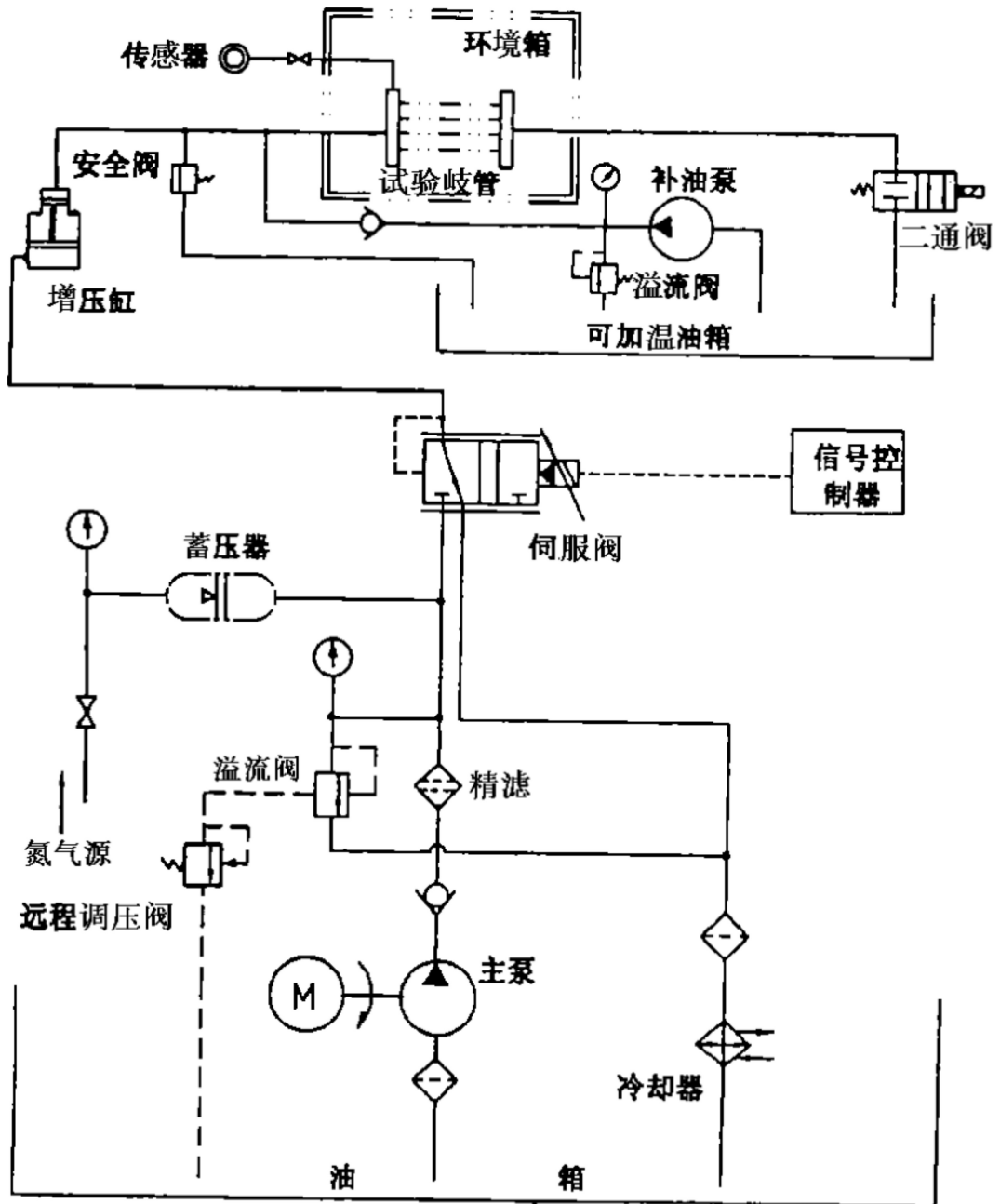


图 A2 液压脉冲试验台原理图

## 附加说明：

本标准由空军提出。

本标准由空军标准化办公室归口。

本标准由中国人民解放军驻三二〇厂军事代表室起草

本标准主要起草人：王锡章、谢金生、王震、张雷、肖金平

计划项目代号：7KJ08