

团 体 标 准

T/CMIF ×××××—××××

起重机用液压缸 可靠性及寿命试验方法

Hydraulic cylinder of crane — Reliability and life test method

（征求意见稿）

（在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。）

××××-××-××发布

××××-××-××实施

中 国 机 械 工 业 联 合 会 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 试验条件..... 2

5 影响可靠性的失效..... 2

6 影响寿命的失效..... 3

7 可靠性试验方法..... 3

8 寿命试验方法..... 4

9 可靠性评估方法..... 5

10 寿命评估方法..... 5

11 试验报告..... 6

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国机械工业联合会提出并归口。

本文件起草单位：徐州徐工液压件有限公司、天津工程机械研究院有限公司、吉林大学、机械工业工程机械及液压件产品质量监督检测中心（天津）等。

本文件主要起草人：刘庆教、裴二阳、阎堃、陈晋市、王伟伟。

本文件为首次发布。

起重机用液压缸 可靠性及寿命试验方法

1 范围

本文件描述了起重机用液压缸可靠性和寿命试验方法及其评估方法。

本文件适用于轮胎起重机用伸缩液压缸、变幅液压缸和垂直液压缸的可靠性及寿命的试验。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 11118.1—2011 液压油（L-HL、L-HM、L-HV、L-HS、L-HG）

GB/T 14039—2002 液压传动 油液 固体颗粒污染等级代号

GB/T 15622 液压缸试验方法

GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇

GB/T 25602 土方机械 机器可用性 术语

JB/T 10205 液压缸

JB/T 12576 汽车起重机

NB/T 47013.3—2015 承压设备无损检测 第3部分：超声检测

NB/T 47013.5 承压设备无损检测 第5部分：渗透检测

3 术语和定义

GB/T 17446、GB/T 25602 和 JB/T 12576 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

平均首次失效前时间（MTTF） **mean time to first failure**

首次失效前时间的期望，即液压缸投产后未经任何维修从投入主机运行到失效时的所统计的平均工作时间。

[来源：GB/T 25602—2010，3.6.29，有修改]

3.2

总寿命 **total life**

在规定条件下，产品从开始使用到报废的寿命单位。

注：即液压缸缸筒、活塞杆、活塞和导向套投产后未经任何维修从投入主机运行到报废的寿命。

4 试验条件

- 4.1 起重机液压缸的试验温度应根据起重机液压缸实际使用时的温度范围来确定。
- 4.2 试验用的液压油应符合 GB 11118.1-2011 规定的 L-HM 型液压油。
- 4.3 试验用的液压油在40 ℃时的运动黏度为29 mm²/s~74 mm²/s。
- 4.4 试验用液压油清洁度不得高于GB/T14039—2002规定的-17/14。
- 4.3 试验用油温度为-20 ℃~+85 ℃。
- 4.4 试验液压缸的压力按产品实际技术要求的额定压力来确定。
- 4.5 试验液压缸的伸缩运行速度按产品实际技术要求确定。
- 4.6 其他试验条件应符合 GB/T 15622 和 JB/T 10205 的规定。

5 影响可靠性的失效

5.1 概述

影响可靠性的失效通常由密封系统及衬套、关节轴承、活动式管夹及油杯等安装在液压缸外部的非焊接类零部件失效引起的，这些零部件通常被认为是可以进行维修更换的。

零部件的失效会直接或间接的影响液压缸产品使用性能并造成主机停机或引起用户的抱怨，但该失效可以通过更换解决，更换后不影响产品的正常工作性能，这类失效称为影响液压缸产品可靠性的失效。

5.2 密封系统

5.2.1 内泄漏

在可靠性试验中内泄漏量超过表1规定的即判定为失效。

表 1 内泄漏指标

液压缸内径 <i>D</i> mm	内泄漏量 <i>q_v</i> mL/min	液压缸内径 <i>D</i> mm	内泄漏量 <i>q_v</i> mL/min
40	0.03	180	0.63
50	0.05	200	0.70
63	0.08	220	1.00
80	0.13	250	1.10
90	0.15	280	1.40
100	0.20	320	1.80
110	0.22	360	2.36
125	0.28	400	2.80
140	0.30	500	4.20
160	0.50	—	—
注1：使用滑环式组合密封时，允许内泄漏量为规定值的2倍。			
注2：介于两直径之间的非标缸径液压缸可以向上取偏小规格缸径的泄漏量指标值。			

5.2.2 外泄漏

- 5.2.2.1 除活塞杆处外，其他各部位不得有渗漏，如有即判定为失效。

5.2.2.2 当行程 $L \leq 500$ mm 时, 活塞全行程换向 5 万次; 当行程 $L > 500$ mm 时, 允许按行程 500 mm 换向, 活塞换向 5 万次, 活塞杆处外渗漏不成滴。换向 5 万次后, 活塞每移动 100 mm, 当活塞杆直径 $d \leq 50$ mm 时, 外渗漏量 $q_v \leq 0.05$ mL; 当活塞杆直径 $d > 50$ mm 时, 外渗漏量 $q_v < 0.001d$ mL。

注: 在测量泄漏量时根据实际经验计数油液滴数, 1 滴约 0.05 mL。

5.3 衬套磨损

5.3.2.1 当衬套出现异响时即判定为失效。

5.3.2.2 当衬套直径方向尺寸磨损超过 0.8 mm 时即可判定为失效。

6 影响寿命的失效

6.1 概述

影响寿命的失效通常由缸筒、活塞杆、活塞和导向套等液压缸结构中直接影响产品功能的零部件失效引起的, 这些零部件通常被认为是无法更换或修复的。

零部件的失效会直接或间接导致液压缸产品无法工作并失去使用价值, 这类失效称为影响液压缸产品寿命的失效。

6.1 缸筒

缸底损坏, 缸体与缸底焊缝损坏, 缸体内孔损坏或尺寸超标, 护套、法兰、轴座、接头和阀座等与缸体焊接的零部件或焊缝损坏, 缸体螺纹损坏。

6.2 活塞杆

耳环损坏, 杆体与耳环、杆小头焊缝损坏, 杆头螺纹损坏。

6.3 活塞

螺纹或其他连接机构损坏, 其他影响密封使用的损坏等。

6.4 导向套

螺纹或其他连接机构损坏, 其他影响密封使用的损坏等。

7 可靠性试验方法

7.1 起重机液压缸可靠性试验应采用额定负载下往复运动进行试验。

7.2 起重机液压缸可靠性试验时活塞行程应 ≥ 500 mm, 行程小于 500 mm 的液压缸产品应全行程进行试验。

7.3 起重机液压缸可靠性试验应在专用可靠性试验台上进行。

7.4 将被试缸与加载装置通过安装工装进行连接并保证安全、可靠。

7.5 试验时被试缸无杆腔根据产品技术要求施加额定压力。

7.6 根据被试缸额定载调节加载载荷。

7.7 根据被试缸技术要求调节试验台输出流量，使被试缸伸出及收回的速度达到 300 mm/s~500 mm/s。

7.8 试验过程每往返循环 1 万次，对被试缸内泄量及衬套磨损情况进行检验。

7.9 试验过程中，当 5.2 和 5.3 中任何一项失效发生，即停止试验并记录试验时间。

7.10 取 7 件试验样件进行试验，记录前 4 件出现失效的样件的试验时间。

8 寿命试验方法

8.1 通则

起重机液压缸的寿命试验应采用脉冲试验或模拟工况试验方法进行试验。

8.1 脉冲试验

8.1.1 起重机液压缸每一种型号的产品在批量供货前或进行结构、工艺参数、材料等改变后均应进行脉冲试验，样件数量为正常产品中随机抽取的 1 台。

8.1.2 起重机液压缸寿命试验中的脉冲试验应在液压缸脉冲试验台架上进行。

8.1.3 起重机液压缸在进行脉冲试验时应保证活塞杆伸出约 50 mm~100 mm，将缸底、耳环通过销轴与试验台架进行固定。如产品长度无法满足安装要求，应根据试验台架长度对试验样件进行特殊设计，增加或减少样件长度，以保证样件与台架顺利安装。

注：特殊设计的试验样件除长度与正常产品有差异外，其他所有参数不得改变，以保证试验结果的准确性。

8.1.4 起重机液压缸在进行脉冲试验前应进行注油排气处理，通过试验样件全行程往复运动 5~10 次来进行排气处理，以保证试验样件两腔无空气残留。

8.1.5 起重机液压缸脉冲试验开始前应保证各个油口、管路连接牢固，防护墙（板）等防护措施到位方可进行试验。

8.1.6 起重机液压缸脉冲试验开始前应进行试运行，以验证试验系统管路、油口安装是否牢固。试运行为额定压力脉冲 100 次，后 1.5 倍额定压力脉冲 100 次，后观察各系统管路、油口是否又漏油现象，如没有才可进行正常试验。

8.1.7 起重机液压缸脉冲试验的压力为脉冲形式，以 2 倍额定工作压力和 0 MPa 反复的脉冲压力对无杆腔进行冲击试验，波形见图 1：

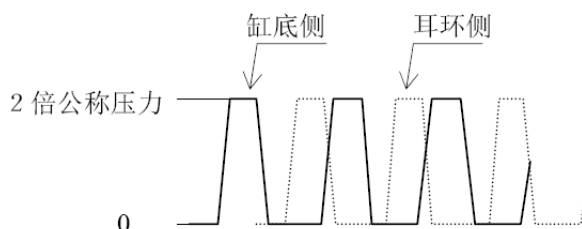


图1 压力波形图示意

8.1.8 起重机液压缸脉冲试验为无杆腔连续进行 15 万次。

8.1.9 起重机液压缸脉冲试验后如满足以下条件要求：

——导向套螺钉、螺母的扭矩变小，在 10% 以内；

- 活塞杆焊缝、缸筒法兰焊缝、缸底焊缝按 NB/T 47013.3 进行超声检测（UT 检验）或按 NB/T 47013.5 渗透检测（PT 检验），不得有裂纹。内部的焊接缺陷，根据标准 NB/T 47013.3—2015 中 II 级的规定判断；
- 活塞杆螺纹根据 NB/T 47013.5 进行渗透检测，不得有裂纹；
- 密封件不得有影响性能的损伤。

8.2 模拟工况试验

- 8.2.1 起重机关键液压缸产品（伸缩、变幅、垂直）在批量供货前或进行结构、工艺参数、材料等变更后均应进行模拟工况试验，样件数量为正常产品中随机抽取的 1 台。
- 8.2.2 起重机液压缸模拟工况试验应在起重机液压缸模拟试验台架上进行。
- 8.2.2.1 变幅液压缸在变幅模拟工况可靠性试验台进行试验。
- 8.2.2.2 伸缩油缸在举升类油缸可靠性试验台进行试验。
- 8.2.2.3 垂直油缸在垂直类油缸模拟工况可靠性试验台进行试验。

9 可靠性评估方法

根据试验结果计算被试产品平均失效前时间（MTTF），采用平均秩次法按公式（1）计算 MTTF。

$$MTTF = \sum_{k=0}^n \left(R(t_k) (t_{k+1} - t_k) \right) \cdots \cdots (1)$$

式中：

MTTF——平均首次失效前时间，单位为小时（h）；

n ——规定的统计时间内，失效的总数；

k ——规定的统计时间内，首次失效前时间从小到大排列的序号；

t_k ——规定的统计时间内，第 k 个失效前时间。当 $k=0$ 时， $t_k=0$ ；

$R(t_k)$ ——第 k 个样本失效时间 t_k 对应的可靠度。

10 寿命评估方法

通过实验室加速寿命试验分析和有限元疲劳分析来评估液压缸的总寿命。

11 试验报告

试验过程应详细记录试验数据，试验后应填写完整的试验报告。

参 考 文 献

- [1] GB/T 25602—2010 土方机械 机器可用性 术语
-