

团 体 标 准

T/CMES XXXXX—202X

伺服曲柄式热模锻压力机可靠性 评定方法

Reliability evaluation method for servo crank hot forging presses

(征求意见稿)

(本稿完成日期：2024年4月)

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。

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国机械工程学会 发布

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会（英文简称 CMES）是具备开展国内、国际标准化活动资质的全国性社会团体。制定中国机械工程学会团体标准，以满足企业需要和市场需求，推动机械工业创新发展，是中国机械工程学会团体标准的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国机械工程学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国机械工程学会团体标准按《中国机械工程学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国机械工程学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国机械工程学会团体标准予以发布。

在本标准实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国机械工程学会，以便修订时参考。

中国机械工程学会标准征求意见稿

本标准版权为中国机械工程学会所有。除了用于国家法律或事先得到中国机械工程学会正式许可外，不许以任何形式复制、传播该标准或用于其他商业目的。

中国机械工程学会地址：北京市海淀区首体南路 9 号主语国际 4 座 11 层

邮政编码：100048 电话：010-68799027 传真：010-68799050

网址：www.cmes.org 联系人：袁俊瑞 电子信箱：yuanjr@cmes.org

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 可靠性评价过程.....	3
5 故障分类及判定原则.....	3
6 试验方案.....	5
7 试验方法.....	5
8 故障监测.....	5
9 数据采集.....	6
10 可靠性评定指标.....	6
11 试验结果判定.....	7
附录 A（规范性）伺服曲柄式热模锻压力机故障模式及故障类别.....	8
附录 B（资料性）可靠性试验运行记录.....	10
附录 C（资料性）可靠性试验故障记录表.....	11
附录 D（资料性）故障分析报告.....	12
表 1 伺服热模锻压力机故障分类原则及当量故障系数.....	4
表 2 传感器采集的数据及故障类型表.....	6
表 A.1 伺服压力机故障模式及故障类别.....	8
表 B.1 可靠性试验运行情况记录表.....	10
表 C.1 可靠性试验故障记录表.....	11
表 D.1 故障分析报告.....	12

前 言

本文件依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本文件由中国机械工程学会提出，由中国机械工程学会塑性工程分会归口。

本文件起草单位：中国机械总院集团北京机电研究所有限公司、营口锻压机床有限责任公司、扬力集团股份有限公司、西安交通大学、合肥工业大学、山东圣德智能装备有限公司、浙江水利水电学院等。

本文件起草人：

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国机械工程学会不负责对该类专利的鉴别。

本文件首次制定。

中国机械工程学会标准征求意见稿

中国机械工程学会标准征求意见稿

伺服曲柄式热模锻压力机可靠性评定方法

1 范围

本文件规定了伺服曲柄式热模锻压力机可靠性验证、测定、评定时试验方案、试验方法、数据采集、可靠性评定指标、试验结果判定等。

本文件适用于伺服曲柄式热模锻压力机的可靠性评定。

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，仅注明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 17120 锻压机械 安全技术条件

GB/T 26483 机械压力机 噪声限值

GB 27607 机械压力机 安全技术要求

GB/T 36484 锻压机械 术语

GB/T 37903—2019 数控压力机可靠性评定方法

JB/T 1829—2014 锻压机械 通用技术条件

JB/T 12524—2015 热模锻压力机

JB/T 13896—2020 闭式高速精密压力机可靠性评定方法

JB/T 14247—2022 重型热模锻压力机

3 术语和定义

GB/T 36484 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

伺服曲柄式热模锻压力机 servo crank hot forging press

采用伺服电机驱动控制的曲柄式热模锻压力机，能精确控制滑块运动位置和速度、监控压力机工作力。

3.2

故障 fault

伺服曲柄式热模锻压力机不能完成规定功能或性能指标超过规定界限的状态和事件。预防性维护或其它计划性活动或缺乏外部资源的情况下除外。

3.3

关联故障 relevant fault

在解释试验或工作结果或计算可靠性特征值时必须计入的故障。

3.4

非关联故障 non-relevant fault

在解释试验或工作结果或计算可靠性特征值的数值时应予排除的故障。

3.5

本质故障 intrinsic malfunction

伺服曲柄式热模锻压力机在规定的条件下使用时，由于其零部件或元器件本身固有的缺陷而引起的故障。

3.6

误用故障 misuse fault

不按规定条件或超出产品允许范围使用伺服曲柄式压力机而引起的故障。

3.7

从属故障 secondary fault

由一个零部件或元器件的故障而直接或间接引起的其他故障。

3.8

重复故障 repeatedly fault

相同条件下，在伺服曲柄式热模锻压力机的同一部位上的零部件或元器件，或不同部位上但用途相同的零部件或元器件，先后发生的两个或两个以上的故障。

3.9

间歇故障 intermittent fault

伺服曲柄式热模锻压力机未经任何修复性维修而在有限的持续时间内自行恢复规定功能的故障。

3.10

累积相关试验时间 accumulate correlation testing time

与受试的伺服曲柄式热模锻压力机相关故障有关的，用来计算可靠性特征量的时间的总和。该时间不包括试验期内进行的预防性维护时间、试验监测时间和停机时间。

3.11

平均故障间隔时间 mean time between failures

相邻两故障间工作时间的平均值，缩略语 MTBF。

3.12

平均修复时间 mean time to restoration

从发现故障到恢复规定性能所需时间的平均值，缩略语 MTTR。

3.13

预防性维护 preventive maintenance

为降低产品失效的概率或防止功能退化，按预定的时间间隔或时间准则实施的维护。

3.14

测定试验 determination test

确定产品特性值或性能值的试验。

3.15

定时截尾试验 time truncated test

为缩短试验时间，试验进行到一定时间即行停止试验。

3.16

固有可用度 A inherent availability A

在生产制造时固有的可靠性。

4 可靠性评价过程

4.1 按照本文件规定的试验方式和试验要求开展试验。试验需在预检和预防性维护的基础上进行，运行工况应符合产品说明书的规定。

4.2 按照本文件规定的数据采集表进行故障数据采集、分类和记录。

4.3 根据试验累计时间和故障数计算平均故障间隔时间 *MTBF*、平均修复时间 *MTTR* 和固有可用度 *A* 数值。

4.4 根据 *MTBF* 计算结果进行设备可靠性评价，*MTTR* 和 *A* 结果用于考察伺服曲柄式压力机的可靠性。

5 故障分类及判定原则

5.1 故障分类

根据伺服曲柄式热模锻压力机的故障性质和危害的严重程度，将故障分为四类，每一类故障对应相应的当量故障系数。其分类原则及当量故障系数见表 1，累积当量故障数 r_d 按公式 (1) 计算。

$$r_d = \sum_{i=1}^4 r_i \varepsilon_i \quad (1)$$

式中：

r_i —试验期内压力机发生的第 i 类故障数；

ε_i —第 i 类故障的当量故障系数。

表1 伺服热模锻压力机故障分类原则及当量故障系数

故障类别	分类原则	当量故障系数
I 致命故障	导致人员伤亡	10
	导致伺服曲柄式压力机主要功能丧失	
	导致伺服曲柄式压力机或主要零部件严重损坏，或失去修复价值	
II 严重故障	伺服曲柄式压力机主要零部件损坏，不能实现正常功能	1
	更换零件或修理而造成停机时间大于 1 h	
III 一般故障	一般零件损坏而导致伺服压力机功能下降	0.5
	更换零件或修理而造成停机时间大于 0.5 h	
IV 轻微故障	不会导致伺服压力机功能下降或工作中断	0.2
	更换零件或修理而造成停机时间少于 0.5 h	

5.2 故障判定原则

5.2.1 伺服曲柄式压力机每一个故障都应按关联故障或非关联故障分类，关联故障计数，非关联故障（如误用故障和从属故障等）则不计数，但试验时应做记录。

5.2.2 在计算压力机的可靠性特征量时，只计本质故障。但如果该本质故障引起从属故障，则应按较为严重的故障判定本质故障类别。

5.2.3 对无法判定是本质故障或是从属故障的故障，均计为本质故障。

5.2.4 若伺服曲柄式压力机有若干项功能不能完成或若干项性能指标超过规定界限，而且不能证明它们是同一原因引起的，则每一项均判为压力机的一个故障。若是由同一原因引起的，则只判为压力机的一个故障。

5.2.5 若伺服曲柄式压力机有一项功能不能完成或性能指标超过规定值，而且它是由两个或更多的独立故障引起，则每一独立故障均判为压力机的一个故障。

5.2.6 重复故障的每一次故障，均应计为关联故障。

5.2.7 停机监测或试验中止、结束后的检查中发现的故障，应计入故障数中。其故障发生时间认为是停机时的一瞬间。

5.2.8 非关联故障不计数，但在考核时应做记录。非关联故障包括：

- a) 安装不当引起的故障；
- b) 误用故障；
- c) 误操作故障；
- d) 维修不当引起的故障；
- e) 试验装置故障引起的故障；
- f) 试验条件超过设计规定所造成的故障；
- g) 其他外界因素引起的故障。

5.2.9 按规定程序进行的预防性维护不作为故障计数，包括：

- a) 按说明书规定的易损件的更换或损坏；
- b) 必要的调整和调校。

5.2.10 如果在同一部位多次出现故障模式相同的间歇故障，则只判伺服曲柄式压力机产生了一个

故障。

5.2.11 故障模式及故障类别见附录 A，对于未列入附录 A 的故障模式应按表 1 的规定分类。

6 试验方案

6.1 试验场试验

6.1.1 新研制、新改进和新生产出的压力机采用试验场试验。

6.1.2 试验场试验的累积相关试验时间 $t \geq 500$ h。

6.1.3 试验时外加载荷不应小于被试设备公称力的 70%，加载方式和试验时间应符合产品技术条件的规定。

6.1.4 试验可连续或间断进行。间断进行时，每次持续试验时间不小于 8 h。

6.2 现场跟踪统计试验

6.2.1 生产现场使用中的伺服曲柄式压力机采用现场跟踪试验。

6.2.2 现场跟踪试验的累积相关试验时间 $t \geq 3000$ h。

7 试验方法

7.1 试验样机的预检

7.1.1 试验前，按产品的技术标准或技术文件进行检验，合格后，方能进行可靠性试验。

7.1.2 预检过程中发生的故障不计入计算可靠性特征量的故障数内，但应详细记录，分析原因，并应排除故障。

7.2 试验样机的预防性维护

7.2.1 试验过程中按规定程序进行预防性维护（如按应规定的更换、调整、润滑等）。

7.2.2 到达规定寿命期限的零配件的更换及超过规定寿命期限使用的损坏，不计入故障数。

7.2.3 凡不符合规定程序进行的维修和保养，均应作为关联故障计。

7.3 试验条件

运行工况符合设计或产品说明书的规定，严禁超载使用。

7.4 试验结束后检测

7.4.1 试验结束后，需再次根据产品技术标准或技术文件检验设备功能和主要性能指标。

7.4.2 功能和主要性能指标合格后按照可靠性评定指标进行可靠性评价。

7.4.3 功能和主要性能指标不合格则判定不可靠。

8 故障监测

8.1 每 8 h 检查一次压力机各部位的温度和温升，应符合 JB/T 1829—2014 的规定；曲柄上死点位置、装模高度显示值、油气渗漏情况、零件松动情况及导轨表面状况等，均应符合产品技术标准或 JB/T 12524、JB/T 14247 的规定；检查安全功能和安全装置，应符合 GB 17120、GB 27607、JB/T 12524、JB/T 14247 的规定。

8.2 每台样机累积试验达到 200 h 时进行一次性能、精度、噪声和主要安全性能的检查，试验结束或中止时再重复检查一次，性能、精度应符合产品技术标准或 JB/T 12524、JB/T 14247、JB/T 1829—2014 的规定，噪声应符合 GB/T 26483 的规定。主要安全性能应符合 GB 17120、GB 27607、JB/T 12524、JB/T 14247 的规定。试验中止或结束后的检查中发生的故障，亦应计入故障数中。

8.3 如试验过程中发生故障，应立即停机检查、维修，合格后方可继续试验。

9 数据采集

9.1 试验工程中应随时检查压力机的运行情况，并做好记录（参见附录 B）。记录应准确，凡涂改之处应有记录人的签章并说明理由。

9.2 一旦发生故障，检验人员应根据故障判定原则对故障进行记录，并填写“可靠性试验故障记录表”（参见附录 C）、“故障分析报告”（参见附录 D）。

9.3 在试验过程中，达到寿命期限的耗损件和配套件的更换不计故障，但应做记录。

9.4 建议安装传感器采集实时数据，为故障诊断提供数据支撑。

表2 传感器采集的数据及故障类型表

序号	传感器类型	检测故障类型
1	打击力传感器	超载、偏载
2	位移传感器	滑块定位不准
3	温度传感器	导轨、轴承温升超标、电机过热
4	气压传感器	气动系统故障
5	液压传感器	液压系统故障

10 可靠性评定指标

10.1 平均故障间隔时间 MTBF

平均故障间隔时间 $MTBF$ 值按式 (2) 计算：

$$MTBF = \frac{t}{r_d} \quad (2)$$

式中：

t —累积相关试验时间（截尾时间），单位为小时（h）；

r_d —试验期内压力机发生的当量故障数。

10.2 平均修复时间 MTTR

平均修复时间 $MTTR$ 值按式 (3) 计算：

$$MTTR = \frac{t_r}{r} \quad (3)$$

式中：

t_r — 试验期内压力机发生故障后的总修复时间，包括故障诊断、修理准备和修理实施的时间，单位为小时 (h)；

r — 试验期内压力机发生的停机故障次数。

10.3 固有可用度 A

固有可用度 A 值按式 (4) 计算：

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

10.4 未发生关联故障的评定

如在试验期内未发生关联故障，则平均故障间隔时间 $MTBF=t$ 。

11 试验结果判定

11.1 伺服压力机的 $MTBF$ 值的规定目标值不应低于 450 h。

11.2 根据 10.1 计算出的 $MTBF$ 值，达到规定目标值者，评定伺服压力机可靠性为合格。未达到规定目标值者，评定为不合格。计算出的 $MTBF$ 值最大按累积相关试验时间计。对按 10.2 和 10.3 计算出的 $MTTR$ 值和 A 值，只进行考查。

11.3 如在试验期内未发生关联故障或累计当量故障数少于 1，则平均故障间隔时间 $MTBF=t$ 。

11.4 试验中若发生关联的致命故障，应立即中止试验，评定伺服压力机可靠性为不合格。

中国机械工程学会 标准征求意见稿

附录 A

(规范性)

伺服曲柄式热模锻压力机故障模式及故障类别

伺服压力机故障模式及故障类别见表 A.1。

表 A.1 伺服压力机故障模式及故障类别

序号	故障模式	故障类别			
		I	II	III	IV
1	压力机安全保护失灵或误动作	√			
2	单次行程时发生连冲现象	√			
3	压力机操作规范和联锁功能失灵	√			
4	滑块意外起动	√			
5	急停功能失灵	√			
6	机身、滑块有严重裂纹或断裂	√			
7	曲轴有裂纹或断裂	√			
8	连杆弯曲或断裂	√			
9	伺服电机失效	√			
10	伺服电机抱闸失灵	√			
11	伺服驱动器失效	√			
12	制动性能不符合要求		√		
13	机身、滑块有轻微裂纹		√		
14	几何精度不合格		√		
15	下死点精度不合格		√		
16	噪声不合格		√		
17	压力机工作时滑块意外停止		√		
18	滑块停止位置不符合要求		√		
19	装模高度调节装置损坏		√		
20	装模高度在使用中变化超过规定值		√		
21	主传动齿轮断齿		√		
22	传动轴轴向窜动		√		
23	轴瓦损坏		√		
24	导轨、轴瓦温升超标		√		
25	传感器失灵		√		
26	电气控制系统主要性能不符合规定或失灵		√		

表 A.1 (续)

序号	故障模式	故障类别			
		I	II	III	IV
27	电气控制系统主要元器件失效		√		
28	电能回收或储存装置损坏		√		
29	产生热危险		√		
30	监控功能丧失		√		
31	液压元件损坏而必须更换		√		
32	液压系统漏油		√		
33	润滑系统不工作或润滑点缺油		√		
34	气动控制系统失灵		√		
35	伺服电机过热		√		
36	顶出失效或异常		√		
37	装模高度调节不灵活			√	
38	液压元件发生故障需要修理但不需更换			√	
39	液压系统油渗漏			√	
40	润滑系统漏油			√	
41	气动元件损坏			√	
42	空气管路漏气影响压力机功能			√	
43	紧固件松动或损坏影响压力机功能			√	
44	零件损坏或脱落影响压力机功能			√	
45	重要滑动摩擦副划伤			√	
46	上死点停止位置超标			√	
47	平衡缸运行不畅			√	
48	冷却系统损坏或失效			√	
49	空气管路漏气不影响压力机功能				√
50	紧固件松动或损坏未影响压力机功能				√
51	零件损害或脱落未影响压力机功能				√
52	重要滑动摩擦副轻微划伤				√
53	各种标牌、标志、指示灯、熔断器脱落或损坏				√

注：“√”表示故障模式对应的故障类别。

附录 D
(资料性)
故障分析报告

故障分析报告见表 D.1。

表 D.1 故障分析报告

产品名称		产品型号		出厂编号	
制造单位		出厂日期			
试验环境和 工况条件					
发现故障时间		累计工作时间			
修复时间		故障现象			
故障描述					
故障类别 I 致命故障 <input type="checkbox"/> II 严重故障 <input type="checkbox"/> III 一般故障 <input type="checkbox"/> IV 轻微故障 <input type="checkbox"/>					
故障原因 1.设计问题 <input type="checkbox"/> 6.零件质量问题 <input type="checkbox"/> 10.动力源问题 <input type="checkbox"/> 2.制造问题 <input type="checkbox"/> 7.误操作 <input type="checkbox"/> 11.松脱 <input type="checkbox"/> 3.装配问题 <input type="checkbox"/> 8.试验装置问题 <input type="checkbox"/> 12.损坏 <input type="checkbox"/> 4.选用不当 <input type="checkbox"/> 9.渗漏 <input type="checkbox"/> 13.从属故障 <input type="checkbox"/> 5.超负荷 <input type="checkbox"/> 10.失效、退化、磨损 <input type="checkbox"/> 14.其他 <input type="checkbox"/>					
故障分类 a.关联故障 <input type="checkbox"/> b.非关联故障 <input type="checkbox"/>					
对故障采取的措施 A.设计更改 <input type="checkbox"/> C.工艺更改 <input type="checkbox"/> E.材料更改 <input type="checkbox"/> B.更换零部件 <input type="checkbox"/> D.紧固零部件 <input type="checkbox"/> F.其他 <input type="checkbox"/>					

填表人（签字）：

试验单位（盖章）：

年 月 日