

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2013.09.017

塑料冲击试验机整体式摆锤的研制^{*}

韩志凌¹, 王丽华², 王新华³, 孙占刚¹

(1. 承德石油高等专科学校, 河北承德 067000; 2. 石家庄职业技术学院, 石家庄 050081; 3. 承德市精密试验机有限公司, 河北承德 067000)

摘要: 在分析冲击试验机设计参数的基础上, 应用仿真设计方法开发了整体式摆锤。冲击试验中 5.5 J 及以上能量级使用同一锤体, 通过更换锤头及变换砝码, 可实现简支梁和悬臂梁两种试样及不同能量级的冲击测试。对所设计的 25 J 能量级摆锤进行了检验及分析, 全部性能指标符合国家标准。与传统的装配式摆锤分析比较可知, 整体式摆锤的装配更容易, 在冲击方向上的刚度更大, 其空气阻力更小, 打击中心距更准确。对使用整体式摆锤冲击机的用户而言, 操作更简便。

关键词: 塑料; 冲击试验机; 整体式摆锤

中图分类号: TH871.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2013)09-0078-05

Development of Integrated Pendulum of Plastic Impact Testing Machine

Han Zhiling¹, Wang Lihua², Wang Xinhua³, Sun Zhangang¹

(1. Chengde Petroleum College, Chengde 067000, China; 2. Shijiazhuang Vocational Technology Institute, Shijiazhuang 050081, China; 3. Chengde Precision Testing Machine Co.Ltd., Chengde 067000, China)

Abstract: Using simulation design method, integrated pendulum was developed based on the design parameters analysis of plastic impact testing machine. Charpy and Izod impact tests at different energy levels can be realized by changing pendulum hammers and weights with the same pendulum body at 5.5 J energy level and above in the impact testing. According to analyzing the examination result of pendulum at 25 J energy level, its all performance indexes are proved to meet the national standard. Compared with the traditional assembly pendulum, the integrated pendulum is more easily to be assembled, it has greater stiffness in the impact direction and less air resistance, the impact center distance is more accurate. To the customers, the operation is more simple and convenient when they use the impact testing machine with integrated pendulum.

Keywords: plastic; impact testing machine; integrated pendulum

塑料摆锤冲击试验机是工业生产领域中广泛使用的材料试验设备, 用于测定非金属材料在动负荷下的冲击功。摆锤是冲击试验机的核心部件, 需满足国家标准 GB/T 21189-2007 中规定的冲击能量、冲击速度、打击点位置等多方面的要求^[1], 同时摆锤的形状也直接影响了冲击试验机的能量损失。

目前市场上冲击试验机的摆锤大多是装配式结构, 即由锤杆、锤体、锤头、连接套及封铅用的螺钉等多个零件装配而成, 这种装配式结构在生产和使用中均有很多不便。在摆锤生产过程中, 由于零件加工和装配环节中的误差累积, 使摆锤的调整非常困难, 需经过反复调整灌铅才能满足各项指标要求; 对有些能量级的摆锤, 出厂时的能量损失已接近国家标准范围内的上限值。在用户使用过程中, 较细的摆杆时有“断杆”现象发生; 为满足不同能量级的材料测试要求, 需经常装拆摆锤, 因此用户会感觉操

作不便。

为解决装配式摆锤在生产和使用过程中存在的上述问题, 笔者研制了整体式摆锤。所谓整体式摆锤, 也并非为一个零件, 而是将锤杆、锤体、连接套等零件集成为一个零件, 该摆锤仅由锤体、锤头及挂摆锤用的定位块 3 部分组成, 生产中不需要进行复杂的装配。与装配式摆锤相比, 整体式摆锤具有装配简单、形状风阻小、结构刚度好、使用方便、外形美观等优点, 但设计和加工的难度要大。

1 整体式摆锤的结构特点

图 1 为 5.5 J 整体式悬臂梁摆锤。5.5 J 整体式摆锤是各级摆锤的基体, 其余各能量级的悬臂梁

^{*} 河北省科技支撑项目 (11215654)

联系人: 韩志凌, 工程硕士, 副教授, 主要从事优化理论等方面的教学和研究工作

收稿日期: 2013-07-05

和简支梁试样的测试均采用这一锤体,通过更换锤刃,即可实现悬臂梁和简支梁试样的测试转换。同时,通过向锤体的配重孔中增加砝码,实现了多种能量级的冲击试验。砝码安装在与最下方的摆轴轴孔中心线和锤刃的连线对称的左右两个配重孔中,这样就可使砝码设计为同一尺寸,且能够左右互换,方便了用户使用。

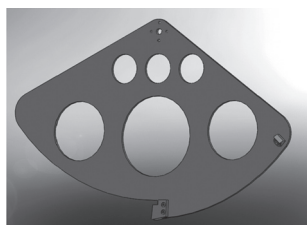


图1 5.5 J 整体式悬臂梁摆锤

图2为25 J 整体式简支梁摆锤。与图1相比,将悬臂梁用锤头更换为简支梁用锤头,且在两个配重孔中加入了25 J 摆锤用的砝码。其中,各能量级制作专用的砝码,而锤头只有简支梁用和悬臂梁用两种。

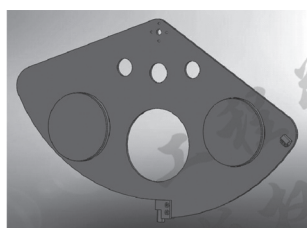


图2 25 J 整体式简支梁摆锤

2 摆锤设计参数的计算

由于国家标准中对摆锤冲击功、冲击速度、冲击点位置等有较高的要求,其各参数的计算公式如下^[2]。

2.1 冲击功

图3为摆锤冲击试验机的工作原理示意图。冲击功定义为冲断试件所消耗的总能量,通过摆锤在冲击试样前后的势能差来测定冲击功的数值。

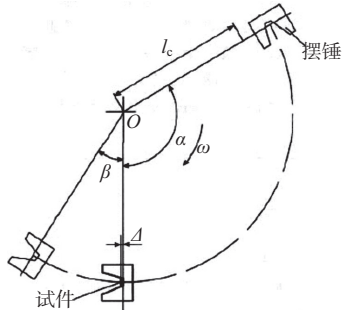


图3 摆锤冲击试验机的工作原理

在冲断试件中,冲击功 A_k 由下面两部分组成,

即

$$A_k = \text{试样断裂吸收的能量} + \text{能量损失} \quad (1)$$

由图3可知,摆锤在初始时刻的位能 E 为:

$$E = mgl_c(1 - \cos\alpha) \quad (2)$$

式中: m ——摆锤质量;

g ——重力加速度;

l_c ——摆轴的轴线至摆锤重心的距离;

α ——摆锤的预仰角。

2.2 冲击速度

冲击速度是指冲击试样时摆锤的速度。当摆锤从预仰角所在的位置由初始角速度为零摆动到竖直位置时,如果忽略机械摩擦、各种阻力等所消耗的能量,则应用机械能守恒定律,有:

$$\frac{1}{2} I_0 \omega_0^2 = E \quad (3)$$

式中: I_0 ——摆锤对摆轴轴线的转动惯量;

ω_0 ——摆锤摆动到竖直位置时的角速度。

将式(3)变形,可得冲击点位置处的冲击速度 v 为:

$$v = \omega_0 l = \sqrt{\frac{2E}{I_0}} \cdot l \quad (4)$$

式中: l ——摆轴的轴线至冲击点的距离。

2.3 打击中心距

打击中心是指当摆锤打击试件时,冲击力在摆轴轴线处不产生附加的水平约束力的点,如图4所示(用 O' 表示)。对已加工好的摆锤,打击中心为一固定点,设摆轴的轴线至打击中心的距离(简称打击中心距)为 l_1 ,则 l_1 的计算公式^[2]为:

$$l_1 = \frac{I_0}{ml_c} \quad (5)$$

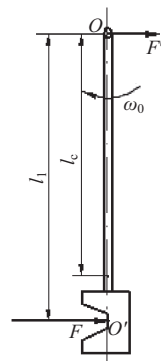


图4 打击中心

当把试样放到试样支座后,就可测量摆轴的轴线至冲击点的距离。为使冲击力在摆轴的轴线处不产生附加的水平约束力,应使冲击点刚好落在打击中心,即打击中心距与摆轴的轴线至冲击点的距离相等。综合考虑式(2)、式(4)及式(5),经推导,可得

l_1 的表达式为:

$$l_1 = l = \frac{v^2}{2g(1 - \cos \alpha)} \quad (6)$$

从式 (6) 可知,摆锤的打击中心距不是独立的变量,而与冲击速度和摆锤的预仰角相关。由于冲击速度在国家标准中有规定,当根据实际情况规定了摆锤的预仰角后,则可计算出摆锤的打击中心距。

3 整体式摆锤的设计及检验

整体式摆锤通过增加锤体上的砝码及更换锤头,实现了多种能量级和不同冲击类型的测试转换,但在更换砝码、锤头等过程中,改变的仅是冲击能量,打击中心距应保持不变。

3.1 整体式摆锤打击中心距的确定

摆锤的打击中心距根据式 (6) 求得。由于简支梁与悬臂梁的冲击速度不同,首先根据塑料简支梁冲击试验机的特性参数确定打击中心距。根据国家标准 GB/T 1043-1993 的规定,对应冲击能量 7.5, 15.0, 25.0, 50.0 J 的冲击速度为 3.8 m/s,为尽量减小冲击试验机尺寸,现规定摆锤的预仰角为 160°,由此计算出摆锤的打击中心距为 379.4 mm,经圆整,确定打击中心距为 380 mm。

对于塑料悬臂梁冲击试验机,国家标准 GB/T 1843-1996 中规定冲击速度为 3.5 m/s,由于悬臂梁和简支梁试样冲击采用同一锤体,故打击中心距应相同。因此,由式 (6) 可计算出对应悬臂梁冲击试验机的摆锤的预仰角为 130°。

从以上分析可知,在打击中心距相同的条件下,可通过改变摆锤的预仰角来改变冲击速度。

3.2 整体式摆锤设计方法的选择

摆锤的设计较复杂,其上任何一个尺寸参数的变化都会影响冲击能量、冲击速度和打击中心距等主要性能参数。在设计过程中,为减少设计工作量,参照文献 [3] 介绍的设计方法设计摆锤。首先根据优化设计方法初步确定摆锤的结构尺寸,然后通过仿真设计方法圆整各尺寸参数,试凑出理想的形状和性能参数指标值。表 1 为图 2 所示的 25 J 简支梁摆锤的设计参数值。

表 1 25 J 简支梁摆锤的设计参数值

参 数	数 值
摆锤质量 /g	7 035.28
质心 /mm	186.84
转动惯量 /(g·mm ²)	499 498 784.52
冲击能量 /J	25.003 8
打击中心距 /mm	379.999 6
冲击速度 /(m·s ⁻¹)	3.802

3.3 整体式摆锤材料的选取

由于整体式摆锤从 5.5 J 到 25 J 均使用同一锤体,能量级跨度大,故对材料的强度、刚度、密度等指标均提出较高的要求,需要质轻且力学性能好的材料。笔者选取 7075 铝合金材料,其强度极限 $\sigma_b=524$ MPa,名义屈服极限 $\sigma_{0.2}=455$ MPa,弹性模量 $E=71$ GPa,密度 $\rho=2\,810$ kg/m³。

3.4 整体式摆锤指标实测数据及检验

整体式摆锤制作完成后,对各项指标进行了测试,均符合国家标准规定。表 2 所示为 25 J 简支梁整体式摆锤的实测值,仅以此能量级进行说明。

表 2 25 J 简支梁整体式摆锤的实测值

项 目	数 值
50 次连续摆动的时间 /s	61.94
摆轴的轴线至冲击点的距离 /mm	381.3
摆锤力矩的实测值 /(N·m)	12.932
预仰角实测值 /(°)	159.78

(1) 打击中心距。

摆锤的打击中心距的实测值是通过测定摆锤在小振幅下的振动周期 T (摆锤往复一次摆动的时间) 间接得到的。由振动周期可计算出摆锤长度,而打击中心距与摆锤长度相等,故打击中心距 l_1 实测值为^[1]:

$$l_1 = \frac{g}{4\pi^2} \times T^2 = 381.60 \text{ (mm)}$$

国家标准中规定打击中心距的误差百分数为 $\pm 1\%$ ^[1],实测值与理论值 380 mm 的误差百分数约为 0.4%,符合技术要求。

(2) 冲击能量。

冲击能量 E 是通过测定摆锤的水平力矩来检验,其实测值为^[2]:

$$E = M \cdot (1 - \cos \alpha) = 25.067 \text{ (J)}$$

式中: M ——摆锤的水平力矩的实测值;

α ——预仰角的实测值。

国家标准中规定了冲击能量的误差百分数为 $\pm 0.4\%$ ^[1],实测值与理论值 25 J 的误差百分数约为 0.27%,符合技术要求。

(3) 冲击速度。

摆锤的冲击速度 v 的实测值由式 (6) 变形而得,其实测值为:

$$v = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 3.807 \text{ (m/s)}$$

式中: l ——摆轴的轴线至冲击点的距离实测值。

国家标准中规定了冲击速度的误差百分数为 $\pm 10\%$ ^[1],实测值与理论值 3.8 m/s 的误差百分数约为 1.8%,符合技术要求。

从以上分析可知,整体式摆锤的各项指标符合国家标准,且与表1中的设计参数值相差不大,达到预期效果。

4 整体式摆锤与组合式摆锤的比较

4.1 安装操作

图5为常见的悬臂梁用装配式摆锤结构,该摆锤只能满足单一能量级测试要求。若在同一台试验机上还有其它能量级的测试,则必须把此摆锤整体卸下,把另一能量级的摆锤装好。与整体式摆锤的装卸砝码相比,操作较为繁杂。

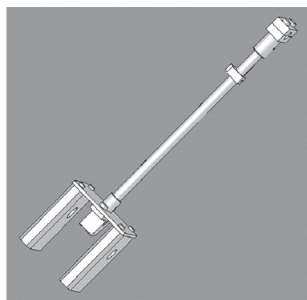


图5 装配式摆锤结构

4.2 刚度

整体式摆锤的平面结构与装配式摆锤的较细摆杆相比,在冲击方向上整体式摆锤的刚度更好,因此不会出现“断杆”现象。

4.3 空气阻力

由式(1)可知,冲击功中包括了能量损失,且在国家标准中也对能量损失有严格规定。对于摆锤而言,由于空气阻力而造成的能量损失不容忽视。

在流体中运动物体受到的阻力一般与物体的截面积、相对运动速度以及流体密度有关^[4]。由于流过摆锤的气流非常复杂,从理论上很难计算风阻的大小,通常采用近似公式计算空气阻力 R_A ,其大小可表示为^[5]:

$$R_A = \rho v^2 C_R A / 2 \quad (7)$$

式中: ρ ——空气密度;

v ——摆锤相对空气的速度;

C_R ——空气阻力系数;

A ——摆锤的迎风面积。

如果把摆锤看成是许多微小面积的叠加,则总的空气阻力应为各微小面积上产生的空气阻力的叠加。整体式摆锤与装配式摆锤比较,整体式摆锤的材料均在锤刃的上方,而装配式摆锤的很大一部分材料在锤刃的下方,故整体式摆锤运动时相对空气气流的速度在很多微小面积上比装配式摆锤的小,而且整体式摆锤的迎风面积要远小于装配式摆锤,

故整体式摆锤的空气阻力要小于装配式摆锤的空气阻力,这就更容易满足国家标准中关于能量损失方面的要求。

4.4 打击中心距的测量

打击中心距实测值计算公式是在忽略了空气阻力影响的情况下推导的间接测量公式。如果考虑到空气阻力的影响,则摆锤的振动周期 T_1 ^[5]为:

$$T_1 = \left[T + \frac{1}{4} \alpha_1^2 \theta^2 \right] \quad (8)$$

式中: $\alpha_1 = \frac{C_R \rho l_c^3 A}{I_0}$,各字母项的含义同前。

由于整体式摆锤的 α_1 项相对较小,这就使得对整体式摆锤的振动周期的测量^[6]比装配式摆锤准确,进而在打击中心距的测量方面,整体式摆锤的结果更准确。

5 结论

应用仿真设计方法开发了整体式摆锤,在不更换锤体的前提下,通过更换锤头及变换砝码,可实现简支梁和悬臂梁两种试样及不同能量下的冲击测试,方便了使用者操作。经分析可知,与传统的装配式摆锤相比,在冲击方向上整体式摆锤的刚度更好,其空气阻力更小,通过振动周期法的测量而间接得到的打击中心距更准确。

参考文献

- [1] GB/T 21189-2007 塑料简支梁、悬臂梁和拉伸冲击试验用摆锤冲击试验机的检验[S]. 北京:中国质检出版社,2008.
GB/T 21189-2007 Verification of pendulum impact-testing machines used for Charpy, Izod and tensile impact-testing of plastics[S]. Beijing:China Zhijian Publishing House,2008.
- [2] 孙占刚,刘慕双,张澎湃. 冲击试验机摆锤的设计与检验[J]. 机械设计与制造,2006(12):117-119.
Sun Zhangang, Liu Mushuang, Zhang Pengpai. Design and verification on the pendulum of impact testing machine[J]. Machinery Design & Manufacture,2006(12):117-119.
- [3] 孙占刚. 塑料冲击试验机摆锤设计方法[J]. 现代制造工程,2010(7):118-121.
Sun Zhangang. Design methods of pendulum of plastics impact testing machine[J]. Modern Manufacturing Engineering,2010(7):118-121.
- [4] 赵凯华,罗蔚茵. 新概念物理教程(力学)[M]. 北京:高等教育出版社,1995:233-235.
Zhao Kaihua, Luo Weiyn. New concept physics:Mechanics[M]. Beijing:Higher Education Press,1995:233-235.
- [5] 陈贤隆,林祥龙. 复摆的空气阻尼修正. 大学物理[J],1991(12):24-25.
Chen Xianlong, Lin Xianglong. Modified air damping model of a

compound pendulum[J]. College Physics, 1991(12):24-25.

- [6] 张天洋,王艳辉,曲光伟,等.空气阻力对复摆振动周期的影响[J].物理实验,2008,28(11):42-45.

Zhang Tianyang, Wang Yanhui, Qu Guangwei, et al. Influence of air resistance on the vibration period of compound pendulum[J]. Physics Experimentation, 2008, 28(11):42-45.

2013年上半年我国注塑机出口情况分析

2013年上半年我国注塑机出口区域市场发生了一些小变化,但总的出口额几乎与去年持平。上半年我国出口注塑机12170台,出口金额45729.9万美元,占我国上半年塑料机械出口额的56.6%,与去年同期相比小幅增长了1%。

上半年从我国进口注塑机金额排前五名的国家分别是:印度尼西亚、土耳其、巴西、泰国和美国。与去年相同,只是顺序略有变化。虽然泰国自2012年之后,注塑机的进口需求大幅回落,但目前还是保持在一定的水平之上。这种回落原因除了灾后重修已经完成外,国际塑机企业在泰国本地的投资也是一个重要原因,其部分进口需求可由本地生产厂商满足。而印度尼西亚在近两年作为我国注塑机稳定的出口大国,今年上半年份额更是大幅扩大,成为我国注塑机最大的出口国,尽管今年第一季度印度尼西亚的整体宏观经济环境不佳。

从上半年我国注塑机全球的销售情况来看,未来的市场分布将会更趋于平衡,出口主要集中于某几个国家或地区的时代已经过去。上半年我国注塑机除了前五大出口国与去年保持不变之外,其它出口国家或地区出现了较大的变化,委内瑞拉、埃及、韩国等市场出现了较大幅度的增长,而国际生产厂家也正在加紧布局东南亚的市场,如奥地利注塑机生产商恩格尔正将其韩国工厂产能翻了一番,同时在泰国设立销售服务点,希望保持泰国及印度尼西亚的市场稳步增长的势头。

另外,由于韩国政府正在提供政策支持,鼓励企业更换设备,韩国最大的几家塑料机械生产商也在不断扩大其本地的市场,未来这将会对我国注塑机对韩的出口造成一定影响。

值得注意的是,在全球市场份额更趋平衡过程中,我国注塑机的总出口额基本持平,也就是说,虽然有部分新兴市场正在不断增长,但原本的出口市场却出现下滑,其中一个原因就是国际厂家正在加紧投资布局主要市场,本地生产供给将会对一些成熟的市场外贸造成打击。

浙江宁波是我国最大的注塑机生产基地,也是我国注塑机最大出口地区,上半年浙江地区出口注塑机7396台,出口金额24782.7万美元,同期增长了7.2%。浙江除了拥有好的注塑机产业群之外,依附宁波口岸,给注塑机的出口带来方便。上半年通过宁波口岸出口的注塑机总额达22284.3万美元,占全国注塑机出口总额的48.7%。

宁波最大的注塑机生产基地北仑注塑机特色产业基地目前吸引了德国德马格、日本住友重机、韩国宇进、意大利英特姆等知名品牌落户,依附优势口岸及配套的模具开发能力,增强了北仑注塑机的竞争力。

广东也是我国注塑机的重要生产地,目前出口仅次于浙江,其中汕头市已成为我国塑料机械的重要生产基地,而广东地区主要依附深圳海关港口,上半年通过深圳海关出口的注塑机金额达3609.2万美元,通过汕头海关出口的注塑机金额达114.3万美元。(卓商网)

2013年上半年我国挤出机出口情况分析

挤出机是我国上半年塑机出口中唯一出现下滑的品类,上半年我国挤出机出口额14906万美元,同比下滑了10.3%,其在我国塑料机械的出口比例也缩小。

俄罗斯依然是我国挤出机的最大出口国,尽管上半年俄罗斯经济增长情况远不如预期,但1~6月份其聚合物主要制品产能同比上涨10%。当然,虽然当前俄罗斯经济还没有到衰退的地步,但其停滞的经济状态也给企业造成压力,上半年俄罗斯从我国进口挤出机同比减少了15.2%。

印度尼西亚上半年从我国进口三大塑机的金额皆增长。印度尼西亚上半年从我国进口挤出机1129.4万美元,金额同比增长了3%。印尼作为东盟最大的经济体,其塑机市场从2011年开始不断释放,当然,也已经成为各大塑机厂家投资的重要对象,下一轮生产本地化将会不断磨平这种进口需求。

挤出机在泰国塑机的总进口额中占比不大,上半年泰国从我国进口挤出机931万美元,占泰国进口塑机总额的18.4%,而进口金额还在逐年减少。汽车和电子行业是支撑泰国塑机市场发展的两大产业支柱,这两大产业的发展促进了注塑机的需求,而对于挤出机需求的拉动因素不足,未来或将继续下滑。

当然,与注塑机一样,挤出机的全球区域市场也正在趋于平衡,不管是泰国、印度尼西亚还是俄罗斯,其占比都在不断缩小,而澳大利亚、埃及、尼日利亚等市场大幅度增长,甚至有不少未被塑机企业所看重的市场也表现出极大潜力。

在当前全球市场环境下,未来俄罗斯、印尼及泰国等市场的竞争将日趋激烈,寻找新兴市场,并挖掘其潜力,是塑机企业走出国际市场瓶颈的重要途径。

由于今年上半年我国挤出机出口大幅下滑,实际上我国几大主要出口地区也纷纷下滑,如江苏、山东、上海等。江苏长期是我国挤出机的主要生产地,也是最大出口地,今年上半年其挤出机出口降幅达23.3%。在我国几大主要出口地区中,仅广东、浙江小幅增长。

上海海关是我国挤出机最大的出口口岸,上半年通过上海海关出口的挤出机5649.6万美元,与上年同期相比减少了20.9%。当然,虽然总体下滑,但也应该注意到,国内有部分地区也正在不断成长,其出口大幅增长,如天津、安徽、江西等地区。(色母粒网)