



微机在材料力学和断裂力学 实验教学中的应用

方陆鹏

(天津大学力学系材力教研室, 天津 300072)

我们在材料力学和断裂力学实验教学中应用微机, 主要做了 3 个方面的工作:

(1) 根据教学实验的需要, 自己设计、制作有关的接口电路和外围设备。

材料力学, 断裂力学等许多试验的内容各不相同, 方法各异, 因而对微机与试验设备的接口电路功能要求也各不相同。在市场上购置成品接口电路板, 一是费用较多, 二是难于完全适合多种实验方法的要求。采用自己设计制作接口电路的方案, 不仅满足了实验方法的需要, 而且学习掌握了相应的电路知识, 便于试验设备的开发和日常维修。

例如, 微机采集试验数据需用的模/数(A/D)转换接口电路板, 在同样分辨率(12位)和转换速度(25 μ s)的条件下, 自制费用只有市售价格的1/3, 而且更适合于力学测量的要求。70年代末从日本引进的DSS系列电子万能试验机, 在配置微机时需要加载速度和加载方向控制接口电路, 自制费用不超过200元。

再如, 80年代国外出现的单试样测定 J_R 阻力曲线的卸载柔度法(断裂力学试验)是在应用微机的基础上发展起来的^[1]。这种方法吸取了多试样法^[2]的优点, 采用单根试样完成 J_R 阻力曲线的测绘, 可节约大量试样和缩短测试周期。用这种方法进行教学试验是很有吸引力的, 但所需微机接口电路在市场上没有成品。我们参考国外文献, 设计制作了相应的接口电路板, 实验研究了这种试验方法的可靠性并对其做了改进^[3], 在几年的断裂力学实验教学中都取得了良好的教学效果, 并于1992年获得天津市教学成果三等奖。

(2) 微机的更新换代和应用软件的汉化开发。

我们设计制作了过渡性接口电路, 将前一阶段开发的硬件设备使用在286,386型微机上, 不仅节约了大量经费, 而且避免了重复性的工作。286,386型微机具有较快的运算速度和较大的内存容量, 适

合测试应用软件的汉化。

在材料力学和断裂力学实验中使用到的汉字并不很多, 只有300字左右。为了降低成本, 节省内存容量并使应用软件不受汉字系统的限制, 我们采用了自编小型汉字库, 在微机的西文状态下运行测试应用程序的方案。这样, 小型汉字库只占用十几K的内存容量, 且显示汉字的速度也较快, 可使微机有更多的内存容量用于存贮应用程序和测试数据。应用程序的汉化, 配合屏幕显示的菜单化, 使广大师生在进行试验操作时十分方便。

(3) 在实验教学中考查微机应用的效果。

微机的应用提高了测试技术的水平。学生们普遍有新鲜感, 体验到在力学测试中应用微机的优越性。例如, 在原来的金属拉伸试验中, 学生是从试验机测力表上观察载荷变化过程的。使用微机后, 学生可以定性、定量、直观地从微机显示器上看到载荷和变形的全部变化过程。试验后可将记录的曲线重新描绘出来, 以加深学生的印象。在进行试验操作时, 学生还可从显示器上的提示了解自己的操作是否正确, 便于培养学生的实验操作技能。

微机的应用丰富了实验教学的内容。有些实验因测试周期较长而难以在较短的实验课时中完成。如前面提到的 J_R 阻力曲线的多试样法测定, 一般需要近一天的时间。应用微机采用单试样卸载柔度法后, 可以做为一个基本教学实验, 在2、3学时内完成测试内容, 可使学生掌握对高韧度材料断裂判据的测试方法。

微机可将实际测试的试验数据完整地存入软、硬磁盘, 在教学中反复利用这些试验资料。在实验课上用微机取出测试数据进行测试过程的演示, 可使学生了解到更多的情况, 进行对比分析, 加深了学生对材料的力学性能的理解。如学生做完低碳钢拉伸试验后, 再用微机观察铜、铝合金、高强度钢等材料的拉伸曲线及测试结果, 同低碳钢进行对比。再如对平面断裂韧度 K_{Ic} 测定后, 可用微机把不

同类型的 $P-V$ 曲线显示出来, 并可让学生看到测试结果无效的曲线情况. 这种方法使学生感到真实可信, 同时减少了试样的消耗, 节约了实验教学经费.

安排学生在毕业实习中进行试验方法的改进和应用程序的开发, 既可使学生掌握有关的力学知识, 又学会了微机应用的方法. 如早期开发的单试样卸载柔度法测定 J_R 阻力曲线的应用程序是用在 8 位数微机上的, 学生在毕业实习中, 将该程序移植在 386 型微机上, 并做了改进, 至今已有两届毕业生进行了这方面的工作. 他们的毕业论文都获得优异成绩. 毕业后在工作岗位上为微机应用做了许多开发工作, 受到用人单位的好评.

现在, 我室开出的材料力学实验中, 如拉伸弹性模量 E 和横向变形系数 μ 的测定试验, 金属拉伸试验 (测定材料屈服极限 σ_s , 强度极限 σ_b , 延伸率 δ 及硬化指数 n), 规定残余伸长应力的测定试验, 电测弯曲应力试验, 电测主应力试验, 电测动态应力试验等均可使用微机记录数据, 描绘曲线, 给出测试结果. 开出的断裂力学实验, 包括平面应变断裂切

度 K_{IC} , 延性断裂韧度 J_{IC} , 裂纹张开位移 (COD), 裂纹扩展速率 da/dN 等均可用微机进行自动化测试.

微机的应用给实验教学赋予了活力, 同时也为我们提出了一些新课题. 如对载荷、变形传感器的改进和创新, 使之更适合微机的应用; 对测试方法和数据处理方法的改进和创新, 使之能充分发挥微机的优势; 在金属扭转试验和剪切试验中的微机应用等, 都需今后做进一步的研究开发工作.

参 考 文 献

- 1 Jablonski D. A. Computerized Single-Specimen J-R Curve Determination for Compact Tension and Three-Point Bend Specimens. American Society for Testing Materials, Philadelphia, 1985: 269-297
- 2 国标 GB2038-86. 利用 J_R 阻力曲线确定金属材料延性断裂韧度的试验方法. 北京: 1986
- 3 方陆鹏, 佟振勋, 周士捷. 卸载柔度法测定 J_R 阻力曲线的微机自动化系统. 实验力学, 1991, 6(1): 25-33

(本文于 1994 年 6 月 9 日收到)

(上接第 46 页)

$$DBd\alpha =$$

$$\lim_{\Delta(\Delta\alpha) \rightarrow 0} \Delta w_{pl}|_a + \lim_{\Delta(\Delta\alpha) \rightarrow 0} \Delta w_{pl}|_q + 2\gamma_0 B d\alpha$$

由此式可看出, 在严格的脆弹性条件下, 仅第 3 项成立. 若要求欧文塑性区修正, 则 3 项之和体现了裂尖出现微小塑性区时的耗散能. 尽管此时第 3 项小得多. 而裂尖出现大屈服时, 第 1 项将占主要地位. 所以能量耗散率概念与 Griffith 能量释放率概念相似并适用于大塑性变形场合.

3 结 论

(1) 确立了能量耗散率 D 与 $COD, CTOA$ 之间的定量关系. 由于公式的推导不涉及裂尖塑性区形状及应力分布. 二者关系是一一对应的.

(2) 能量耗散率 D 物理意义明确, 可作为反映材料断裂韧性的参数.

参 考 文 献

- 1 Watson T J, Jolles M I. Plastic energy dissipation as a parameter to characterize crack growth. *ASTM STP 905*, 1986: 542~555
- 2 Li Z F, Turner C E. Crack opening angle and dissipation-rate analysis of R-curve of side groove pieces of Hy-130 steel in bending. *J. Materials Science*, 1993, 28: 5922~5930
- 3 Turner C E, Kolednik O A. Micro and macro approach to the energy dissipation rate model of stable ductile crack growth fatigue fract. *Eng Mater Struct*, 1994, 17(9): 1089~1107
- 4 陈篪等. 金属断裂研究文集. 北京: 冶金工业出版社, 1978:37,92

(1995 年 5 月 6 日收到第 1 稿,
1995 年 6 月 11 日收到修改稿)