

是明显不同的. 由于图 1 所示受压构件支承在受弯构件上的钢结构是轴向受压简支梁, 所以其失稳极限值应为 $\frac{\pi^2 EI_1}{l_1^2}$, 因此轴向压力不应超过失稳极限值 $k = 3.14$. 为了说明本文方法的计算精度及应用,

在表 1 中本文 k 取值超过了失稳极限值. 从表 1 可以看出, 本文方法的计算结果与有限元方法计算结果非常吻合. 即使 k 取值超过了失稳极限值, 本文方法计算结果与有限元方法计算结果的误差也相当小, 这说明本文方法的计算精度很高.

表 1 频率 λ 值

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8
$k = 0$	1.144 5	2.228 6	2.921 5	3.148 3	5.959 1	6.665 2	8.565 0	9.425 2
ANSYS($k = 0$)	1.141 0	2.223 0	2.915 0	3.138 0	5.938 0	6.637 0	8.538 0	9.403 0
$k = 2$	2.573 2	2.986 0	3.148 3	6.086 5	6.800 0	8.585 0	9.112 1	10.836 5
ANSYS($k = 2$)	2.571 0	2.982 0	3.142 0	6.081 0	6.793 0	8.578 0	9.108 0	10.818 0
$k = 4$	3.149 2	3.156 7	3.181 7	6.416 5	7.192 5	8.643 5	9.213 2	11.064 5
ANSYS($k = 4$)	3.145 0	3.152 0	3.177 0	6.405 0	7.186 0	8.635 0	9.201 0	11.032 0

3 结 语

(1) 本文方法的计算结果与有限元方法计算结果非常吻合. 即使 k 取值超过了失稳极限值, 本文方法的计算结果与有限元方法计算结果的误差也相当小, 说明本文方法的计算精度很高.

(2) 本文采用 Laplace 变换及奇异函数研究了轴向受压构件支承在受弯构件上钢结构的固有振动问题, 并推导出了轴向受压构件支承在受弯构件上钢结构的固有振动精确解析解. 本文得到的轴向受压构件支承在受弯构件上钢结构的固有振动解析解及结论, 对轴向受压构件支承在受弯构件上钢结构的

设计有理论指导意义和借鉴作用.

参 考 文 献

- 1 陈骥. 钢结构稳定理论与设计. 北京: 科学出版社, 2001
- 2 吴晓. 多个弹性支承上轴心受压杆件的弹性稳定. 四川建筑科学研究, 2005, 31(3): 24-25
- 3 吴晓. 多跨连续长索的横振固有频率. 振动与冲击, 2005, 24(4): 127-128
- 4 吴晓. 具有中间支承的薄膜固有振动分析. 振动与冲击, 2006, 25(1): 140-141
- 5 包世华. 结构动力学. 武汉: 武汉理工大学出版社, 2005
- 6 Anil K Chopra. 结构动力学理论及其在工程中的应用. 谢礼立, 吕大刚等译. 北京: 高等教育出版社, 2009

(责任编辑: 胡 漫)

力学所建成高能冲击磁控溅射装备系统并开放服务

表面工程提高材料摩擦磨损、耐腐蚀性能的同时, 还赋予材料新的表面功能, 为解决人类发展中遇到的资源、能源等问题起到了不可替代的重要作用. 作为表面工程领域的重要分支, 我国亟需提升物理气相沉积 (PVD) 的技术能力.

在中国科学院装备研制项目的支持下, 力学所先进制造工艺力学重点实验室镀膜工艺力学与摩擦学课题组建设完成了高能冲击磁控溅射 (HiPIMS) 等离子体发生与成膜控制平台, 该平台将 HiPIMS 与等离子体基离子注入沉积方法相结合, 采用前者获得淹没性的高离化率金属等离子体, 通过溅射脉冲和高压脉冲的波形匹配实现参与成膜粒子能量可控, 形成一种新颖的成膜过程控制技术. 利用 HiPIMS 技术, 金属 Ti 的离化率可达 80%. 粒子能量超过 100eV, 通过调整高、低磁控电压脉冲的脉宽比例, HiPIMS 耦合电源还可实现对离化率的有效调控 (发明专利, 201410652546.5).

同时, 该实验平台搭建了基于光发射谱、朗缪尔探针、离子能量检测的等离子体环境监测系统, 获得了等离子体自产生到成膜过程中的等离子体参数、粒子种类与荷能状态, 构建了基于网络平台的等离子体特征数据管理系统. (供稿: 高方圆, 先进制造工艺力学重点实验室, 中国科学院力学研究所)