



# 平面弯曲弹复理论及工程应用

## Springback Theory of Plane Bending and Experimental Verification

赵军 教授

Professor Zhao Jun

Http://mec.ysu.edu.cn

E-mail:zhaojun@ysu.edu.cn

Tel:0335-8387672

### 平面弯曲弹复理论

在平面弯曲基本假设的前提下，建立了一套形式简单、描述准确的平面弯曲几何模型和力学模型，即用当量应变中性层曲率半径和几何中心层曲率半径作为描述平面曲梁微梁段变形和受力的基本参数，应用卸载规律和应变可叠加性质推导出了各种平面弯曲情况下的几何约束方程和弹复方程。

在定义的符号系统下，将分别推导的直梁拉弯、直梁压弯、曲梁拉弯、曲梁压弯等各种情况下的几何约束方程和弹复方程进行统一表述，得到了由当量应变中性层曲率和几何中心层曲率表示的平面弯曲几何约束方程和含有切向力、弯矩的平面弯曲弹复方程，两表达式形式简单，物理意义清晰，揭示了弹复前后几何关系的内在规律，形成了平面弯曲弹复理论体系的基本框架。

#### 工程应用之一——拉弯

平面弯曲弹复理论可用于板材、型材的拉弯弹复分析，为拉弯工艺及其装备制造的发展提供了新的发展动力。



图1 型材拉弯实验系统

#### 工程应用之二——扩径矫圆

机械扩径是决定焊管品质的重要工序，用以提高焊管管形质量，改变焊管残余应力状态，提高钢管强度。在对扩径矫圆工艺过程进行详细分析的基础上，认为扩径矫圆问题可近似为曲梁拉弯问题，应用平面弯曲弹复理论，推导出了不同扩径率下管坯截面壁厚中心层上任意一点弹复后曲率半径的表达式。该解析结果不仅可应用于大型管件扩径矫圆工艺参数的准确预测，还解释了现行大型管件扩径矫圆经验参数的合理之处，深化了对扩径矫圆弹复问题的认识，为扩径矫圆工艺参数的准确预测奠定了理论基础。



图2 扩径矫圆实验模具及设备

#### 工程应用之三——缩径矫圆

与扩径矫圆工艺相比，缩径矫圆所需模具和设备简单；截面形状曲率连续，更有利于矫圆；除用于大型管件矫圆外，缩径矫圆还适用于如弯头、三通等非直线型管件的矫圆，其适用范围更广；缩径矫圆时的压缩变形更容易减小管件原材料上的细小裂纹或孔洞缺陷，有利于提高产品性能。



图3 缩径矫圆实验模具及设备