

柔性机器人刚柔耦合和大变形动力学问题^{*}

黎亮 章定国[†]

(南京理工大学, 南京 210094)

中国制造 2025 规划将机器人作为建设制造强国的重要领域之一, 机器人作为新兴产业的代表, 被认为是中国实现中国制造 2025 的关键, 也是中国经济进入新常态后, 带动经济发展的新引擎. 德国的工业 4.0 计划和美国的先进制造伙伴计划也都明确指出智能机器人在未来各领域中的核心地位. 随着机器人技术日益朝着轻质、灵活、高速、精确以及人机共融的特点发展, 在机构设计中不断采用柔性结构和软性材料, 构件大位移的刚性运动与其柔性变形运动之间的耦合问题日益突出; 同时, 由于柔性构件的大变形, 进一步加剧了问题的复杂性, 给准确分析机器人系统的动力学性态和对机器人实施精确控制带来了严峻的挑战. 刚柔耦合和大变形问题已经成为机器人技术发展的关键问题, 这必然要求柔性机器人动力学在理论和处理手段上有新的突破和发展.

现代柔性机器人中往往包含先进复合材料与智能材料, 是典型的复合型刚柔耦合系统. 对于做大范围运动的柔性部件, 如何对其刚柔耦合动力学行为进行准确描述是主要科学问题, 在此基础上还需进一步考虑材料非线性和外界环境存在的电、热、液等因素, 传统动力学模型往往不考虑复杂的物理场, 已经无法满足计算精度要求. 有别于材料均匀分布的传统柔性体, 复合柔性体的材料往往非均匀分布, 其结构具有分层的特点, 各层柔性组件在大位移运动过程中的刚柔耦合动力学特性的准确计入是难点. 对于复合型刚柔耦合系统, 柔性部件往往同时存在不同程度和不同形式的变形, 智能材料驱动器的存在使变形行为更加复杂, 目前尚未形成一套通用的刚柔耦合动力学理论来揭示相应的运动机理.

建议开展研究内容: (1) 柔性机器人刚柔耦合和大变形动力学普适化建模理论; (2) 典型柔性铰柔性杆机器人动力学仿真和可控性; (3) 智能驱动柔性机器人多物理场耦合动力学机理; (4) 典型柔性机器人系统动力学性能的智能优化.