机械制造系统碳排放效率优化

陈相龙
（大丰区西团镇人民政府　江苏　大丰　224124）

［摘　要］ 低碳制造是一种综合考虑产品全生命周期资源消耗以及碳排放的可持续制造模式，其目标是实现产品在生产、制造、使用过程中的低资源消耗、低排放、低污染，实现制造企业经济效益、社会效益、环境效益的统一，其实质是提高制造业能源、物料等资源利用效率和创建清洁能源结构，其核心是制造业的技术创新、制度创新和发展观的转变。

［关键词］ 机械制造系统，碳排放，效率优化

一、机械制造系统实施低碳制造的必要性

中国科学院院长路甬祥指出“机械制造业是我国制造业最重要、最基本的组成部分。在信息化时代，与电子信息等技术融合的机械制造业仍然是国民经济发展的基础性、战略性支柱产业。工业、农业、能源、交通、信息、水利、城乡建设等国民经济中各行业的发展，都有赖于机械制造业为其提供装备。机械制造业始终是国防工业的基石。现代服务业也需要机械制造业提供各种基础装备”。但机械制造业在制造过程中是消耗钢材、铜材、铝材等金属原材料的大户。

显然，我国机械制造业仍面临着高能耗、高资源消耗、高排放以及低效率的压力，在节能减排成为我国战略性发展目标的背景下，加快机械工业从资源消耗、环境污染型向低碳制造型的转变，是解决我国资源环境约束的必然趋势，也是机械工业可持续发展的必由之路。以提高制造业能源、物料等资源利用效率为实质的低碳制造作为一种全新的可持续发展模式，其追求更少资源消耗、更低环境污染、更大经济效益的目标符合我国机械制造工业的需求，因此在我国机械工业推广和发展低碳制造模式具有现实必要性和迫切性，通过技术创新、制度创新及观念的创新，低碳制造将会成为我国机械制造工业摆脱大而不强、技术水平落后、资源效率低下以及污染排放严重等问题的重要手段。

二、机械制造系统碳排放动态特性

（一）机械制造系统分层

理解机械制造系统组织结构的复杂性及其特点是实现对机械制造系统环境性能系统分析、辨识及优化的前提。从系统组织构成的角度，机械制造系统是制造过程所涉及的硬件与相关软件构成的具有一定功能的统一整体，且制造活动分布于制造系统的各个层次，不同层次的机械制造系统其特点也不尽相同，本文将机械制造系统抽象为四个层次：(1) 由设计部门、制造部门、管理部门等组成工厂级系统；(2) 由不同工艺链、技术性设施服务等组成的制造车间系统；(3) 由多设备、人、资源等组成的制造单元或工艺单元；(4) 设备层。由于工厂级制造系统涉及设计、管理等部门，更强调企业的战略性目标，不再单纯的关注企业的生产，因此本文将重点关注后面三个层次。

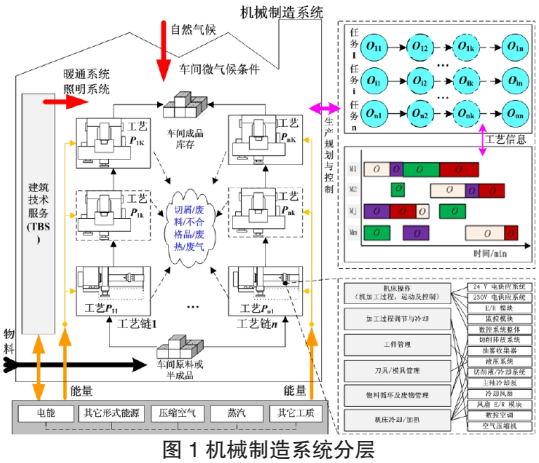

图 1 机械制造系统分层

（二）机械制造系统碳源

机械制造系统碳排放具有多源性，主要包括物料碳、能源碳以及制造工艺过程中所产生的直接碳排放。物料碳排放是指在物料生产过程中，包括工件原材料、辅助材料（切削液、润滑液等）生产过程，以及运输、销售等过程产生的碳排放，属于一种间接碳排放；能源碳排放是指工艺过程生产中所消耗的各种能源在自身的制造过程中产生的碳排放，属于一种间接碳排放；工艺碳排放，包括生产过程中燃料燃烧产生的碳排放，以及生产中采用的辅助材料相互化学作用后产生的碳排放，属于直接碳排放。

（三）基于输入输入特想的碳排放动态特性

机械制造系统碳流为制造系统物料流、能量流、废物流的实时耦合输入输出，但机械制造系统的碳排放动态特性不仅表现为碳流动态过程，由于机械制造系统的运行受生产任务的驱动，生产计划往往受到制造系统订单变更、设备损坏、设备维修等扰动因素的影响，机械制造系统的碳排放动态特性还表现在对生产扰动的动态响应，机械制造系统在任意时刻（或整个时域）都对应着一个不同的碳排放性能表征状态（时域状态集）。在时域控制理论中，状态空间模型可以通过在时域内定义反映系统内部变量 $x_1(t)$，$x_2(t)$，…，$x_n(t)$ 与输入变量 $u_1(t)$，$u_2(t)$，…，$u_p(t)$ 和输出变量 $y_1(t)$，$y_2(t)$，…，$y_q(t)$ 之间的数学关系来描述系统的动态特性。因此，本文将面向制造系统的碳排放过程，通过式 (2.8) 所示的状态空间模型描述制造系统的碳排放动态特性。

$$\begin{cases} X(t) = A(t) \cdot X(t) + B(t) \cdot U(t) \\ Y(t) = C(t) \cdot X(t) \end{cases}$$

根据公式 (2.1)、(2.2)、(2.3) 与 (2.4)，式 (2.8) 中，U(t) 指原材料、电能等资源输入矩阵；$X(t)=[x_1(t), x_2(t), \cdots, x_n(t)]^T$ 指系统的状态向量，因为制造系统的碳排放性能应能够综合反映制造系统环境性能、生产性能与效益性能，因此系统的碳排放量可以定义为环境状态参量，产量指标及利润指标可定义为系统的生产、效益状态参量；Y(t) 指制造系统碳排放性能的输出向量；A(t) 碳排放状态参量、生产性能状态参量及效益性能状态参量的时域演变矩阵；B(t) 指资源被系统转化为碳排放、产品及利润等的输入转化系统矩阵；C(t) 为系统输出的选择矩阵，用于关联碳排放输出指标与各种生产性能输出指标；D(t) 指资源输入对系统碳排放性能的前向反馈矩阵，此处将其定义为 0。

参考文献

[1]李洪丞.机械制造系统碳排放动态特性及其碳效率评估优化方法研究[D].重庆大学，2014.

[2]陶雪飞.陶瓷企业低碳制造系统模式及评估与建模方法[D].重庆大学2010

[3]李聪波，崔龙国，刘飞，李鹏宇.基于广义边界的机械加工系统碳排放量化方法[J].计算机集成制造系统.2013(09)