

文章编号:1006-5911(2013)05-1127-07

## 智慧制造与智慧城市的关系研究

顾新建<sup>1</sup>, 代 风<sup>1</sup>, 陈苙熙<sup>1+</sup>, 杨青海<sup>2</sup>, 祁国宁<sup>1</sup>

(1. 浙江大学 机械工程学系工业工程中心, 浙江 杭州 310027;

2. 中国标准化技术研究院, 北京 100088)

**摘 要:** 基于新一代信息技术和 IBM 智慧地球的思想, 我国许多地方正在开展智慧城市建设, 但只有很少的智慧城市建设方案中考虑了智慧制造。针对该问题全面分析研究了智慧制造与智慧城市的关系, 剖析了智慧城市对智慧制造的各种需求, 明确了智慧制造的发展方向和意义, 分析了智慧制造与智慧城市其他建设内容的关系。智慧制造对智慧城市的影响很重要, 同时又是长期的、大范围的和模糊的, 这是智慧制造有别于智慧城市其他建设内容的主要特征。

**关键词:** 智慧制造; 智慧城市; 智慧地球; 智能制造**中图分类号:** TH 166; TP391**文献标志码:** A**Relationship between smarter manufacturing and smarter city**GU Xin-jian<sup>1</sup>, DAI Feng<sup>1</sup>, CHEN Ji-xi<sup>1+</sup>, YANG Qing-hai<sup>2</sup>, QI Guo-ning<sup>1</sup>

(1. Industrial Engineering Center, Department of Mechanical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. China Institute of Standardization, Beijing 100088, China)

**Abstract:** Based on the new generation of information technology and the idea of IBM's smarter planet, the smarter cities were constructed in China. However, the smarter manufacturing was only considered in a few smart city-building programs. To deal with this problem, the relationship between smarter manufacturing and smarter city was comprehensively studied. Various requirements of smarter manufacturing in smarter city were analyzed, the development trend and significance of smarter manufacturing were defined, and the relationship between the smarter manufacturing and the other construction contents for the smarter city were discussed. The smarter manufacturing was very important to smarter city, but it was also long-term, large-scale and fuzzy at same time. This was the reason that inadequate attention to the smarter manufacturing by some relevant departments in the smarter city-building programs.

**Key words:** smarter manufacturing; smarter city; smarter planet; intelligent manufacturing

## 0 引言

面对当前人类遇到的许多难题, 美国的 IBM 公司基于新一代信息技术提出了智慧地球 (smarter planet) 的解决方案<sup>[1]</sup>, 引起了国内外学者和政府部门的关注。智慧城市是智慧地球的主要研究内容。

国内许多地方开始智慧城市的建设。智慧制造的概念已经出现在一些智慧城市的建设目录中, 如宁波<sup>[2]</sup>、顺德<sup>[3]</sup>、富阳<sup>[4]</sup>和湖州<sup>[5]</sup>等地的智慧城市建设中包含了智慧制造、智慧工业、智能制造的内容, 但更多的智慧城市建设中没有包括这方面的内容。

智慧制造是信息化与工业化深度融合后的一种

收稿日期: 2012-08-15; 修订日期: 2012-12-10。Received 15 Aug. 2012; accepted 10 Dec. 2012.

**基金项目:** 国家自然科学基金资助项目 (51175463, 71132007); 宁波汽车零部件低碳制造技术创新团队资助项目 (2011B81006); 国家“985 工程”三期资助项目。**Foundation items:** Project supported by the National Natural Science Foundation, China (No. 51175463, 71132007), the Ningbo Innovation Team Project for Low-Carbon Manufacturing Technology, China (No. 2011B81006), and the Third Phase of National 985 Project, China.

新型工业形态,强调采用“智慧”技术整合与优化制造企业的设计、生产、管理、服务和商务等各个环节,提升制造企业的综合竞争能力,体现了制造技术从机械化、自动化、数字化走向智慧化的发展趋势<sup>[5]</sup>。

智慧制造不同于传统的追求高度自动化的智能制造,是将制造业的发展与智慧地球和智慧城市的发展融合在一起,与人的幸福、环境保护、社会和谐等综合考虑,集成优化。

智慧制造的内涵包括<sup>[6]</sup>:

(1)更透彻的感知 企业能够通过感知网络快速感知与企业相关的各种信息。感知网络汇集了来自各企业、各用户、各种流程、各种设备和系统的信息。同时,感知网络为不同企业服务,使企业所感知信息的范围扩展、深度加深,极大地提高信息的搜全率和搜准率。

(2)更广泛的互联互通 企业能够通过互联网、无线网和物联网,实现企业内外信息的互联互通,使用户的需求得到精准和及时的满足,资源得到充分利用,工作效率实现最大化,各种浪费被控制在最低程度,节能减排取得巨大成功。

(3)更深入的智能化 海量数据和信息的知识化;海量知识的价值和关系的清晰化;不同学科的知识融合化;人机协同的有机化;产品创新和过程创新的高效化;企业管理和控制的精准化;人才评价的科学化。

智慧制造的技术内容包括智慧的创新网络、制

造网络和管理网络<sup>[6]</sup>。

人们对传统的工业化、城镇化中的异化现象提出了日益尖锐的批评,如大城市化、污染严重、交通堵塞等,希望在发展工业和城镇的同时,使人民的生活质量更高,幸福感更强。

本文主要针对智慧制造与智慧城市的关系进行研究,以了解智慧城市对于智慧制造的需求、智慧制造在智慧城市建设中的作用和意义等,推进智慧制造的发展,促进中国制造向中国“智”造转型。同时,通过该研究对智慧制造的内涵和特点进行全面分析和介绍。

## 1 智慧城市对智慧制造的总体需求

智慧制造对工业城市的智慧化建设具有重要的直接意义,制造是工业城市的主要功能,制造企业的员工是工业城市的主要市民。这类城市的市长为了使智慧城市的建设成为全民行为,需要考虑智慧制造。对于工业城市,其智慧城市的建设标准应包括制造企业的智慧化水平。

智慧制造对政治中心城市、旅游城市、金融中心城市、交通枢纽城市和资源型城市等智慧城市的建设具有重要的间接意义。因为智慧制造可以为这些城市的智慧化建设提供必需的设施和保障条件。

显然,智慧制造是智慧城市持续发展的重要基础。图 1 描述了智慧城市对智慧制造的总体需求。

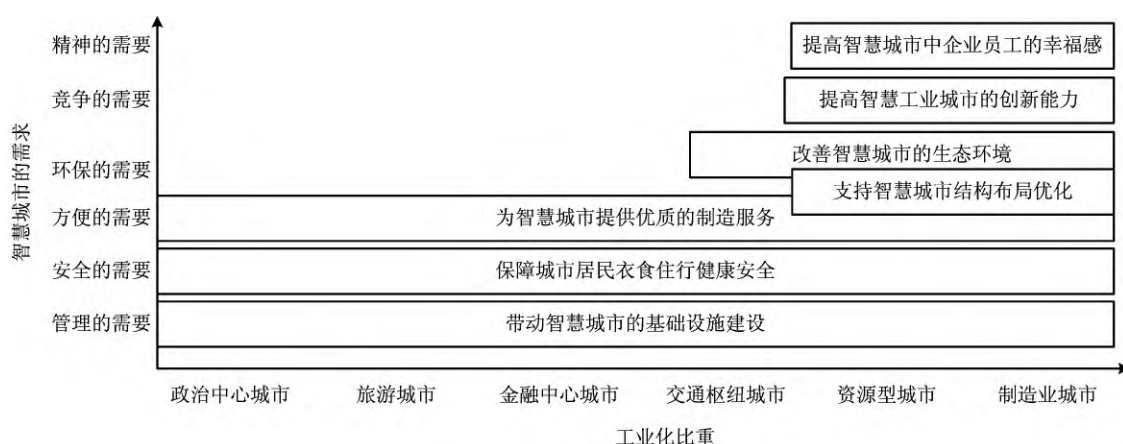


图1 智慧城市对智慧制造的总体需求

## 2 提高智慧工业城市的创新能力

智慧制造企业是智慧工业城市的重要组成部分。工业城市的智慧化自然要求城市制造业的智慧化。制造业智慧化是手段,通过智慧化提高企业的创新能力是其主要目标之一。智慧工业城市的创新

能力主要是当地企业的创新能力。智慧制造是企业创新能力的主要组成部分。

企业的创新能力对智慧工业城市的影响主要有:

(1)企业的创新能力是智慧工业城市的基本需求

我国的制造企业大多处于价值链低端,依靠大量低素质的廉价劳动力,依靠大量的资源消耗,并对环境产生不良影响。目前,这类制造企业面临国外低工资国家的竞争,只能依靠压低员工工资来维持生存,这不可避免地降低了城市市民的平均生活水平。当城市中大多数人还在为基本生存而奋斗时,对满足高层次需求的智慧城市就没有迫切的需求,难以想象在一个棚户区中会诞生一个智慧城市。

城市是工业化的产物,现代企业的竞争将集中在创新能力的竞争上。同样,智慧工业城市的智慧不仅体现在城市管理上,还应表现在推进城市发展的企业智慧化上。智慧制造是企业智慧化的主要内容。智慧制造提升了企业的创新能力,使企业朝价值链的高端发展,提高了企业的档次,同时也提升了城市智慧化程度和创新能力。

#### (2) 智慧制造促进了人的创新能力的提升

城市是由人组成的。城市人的创新能力的高低,也影响了城市的智慧化程度。智慧城市是由许多高素质的人组成的,智慧制造促进了人的创新能力的提升。

#### (3) 智慧制造企业是智慧工业城市的经济基础

工业城市的财政收入主要依靠制造企业,如果企业制造与设计手段落后、利润微薄甚至亏损,就会导致城市的财政收入减少,智慧城市就缺少资金来源。因此,智慧工业城市的市长需要将智慧制造企业列入重点建设内容,否则智慧工业城市就是无源之水、无本之木。

因此,智慧工业城市建设首先要瞄准提高智慧城市创新能力这一方向,以智慧制造为抓手,通过推动制造企业的智慧化来促进城市的智慧化。

通过制造企业的智慧制造提高企业员工的知识水平和创新能力,促进企业的转型升级,向产品高端化、高技术化、新颖化方向发展,为企业和城市发展奠定厚实的基础;提高城市居民的科学素质和人文素质,建立学习型城市;提高城市居民的生活水平,提高城市的文明程度。

通过制造企业的智慧制造,建立一种智慧的创新网络,形成一种全新的创新模式,其特点是:创新的大众化、协同化、持续化、常态化、透明化、智能化和虚拟化<sup>[6]</sup>。

### 3 改善智慧城市的生态环境

工业化在为人类创造巨大财富的同时,也在消耗大量的资源,大量地污染环境。传统的工业化已

经给城市环境带来很大的破坏,空气质量下降、河水和地下水严重污染、垃圾包围城市和噪声污染等,严重影响城市居民的生活质量,甚至出现有钱人住郊区、贫民住市中心的怪现象。

智慧工业城市应该有很好的生态环境。智慧工业城市应在发展工业的同时促进城市生态环境改善,否则人们在享受高速的宽带服务的同时,呼吸着浑浊的空气,这不是人们所想要的智慧城市的生活。

而传统的制造企业是破坏城市生态环境的罪魁祸首之一,依靠企业搬迁不是解决问题的好方法。将制造企业迁往远郊,虽然可以在一定程度上改善城市的生态环境,但给企业员工的生活带来很大的不便,使员工从住处到企业的路程延长、成本增加。而且并没有改善包括郊区在内的城市圈的生态环境,反而因为增加了大量的运输造成更多的污染和能源的消耗,增大了对总体环境的不良影响。显然,这是一种短视的、顾此失彼的行为。

智慧制造在帮助企业节能减排方面可以发挥关键的作用,这不但有利于智慧城市的建设,而且对整个社会和环境均有好处。

智慧制造在帮助企业节能减排、改善智慧城市的生态环境方面的主要作用有:

(1) 利用智慧化装备和工艺,实现节能减排,促进制造过程的环境友好

通过智慧制造,开发智慧化装备和工艺,实现“三废”近零排放;建立企业生态群落,相互利用对方的废物作为原料;提高工业能耗设备效率,降低能耗;监控制造过程的环境影响数据,及时进行智慧维修,或者是采取预防性维修,保障装备和过程的正常运行。从源头上控制影响城市生态环境的因素,改善城市生态环境,提高城市居民的生活质量,这是一种城市的可持续发展模式。智慧化装备和工艺涉及不同的具体专业,例如全封闭造纸机械可以实现水的自动循环使用,实现没有废水的近零排放,这主要属于造纸机械专业的研究方向。

(2) 通过智慧制造模式,提高制造效率,实现制造过程的环境友好

智慧城市的一个重要功能是对城市中的制造企业进行协调优化。信息采集的不准确、不及时、不客观,可能导致需求与制造力的差异,这种差异可能造成资源的巨大浪费。智慧制造可以有效管理制造资源、监控制造过程、匹配制造需求,提升企业的制造效率<sup>[7]</sup>。通过智慧制造,形成一种全新的制造模式,实现低成本、快速、高质量、环境友好、低碳化的制

造,其特点是:制造和设计信息透明化、制造企业协同化、制造过程自适应等<sup>[6]</sup>。

#### 4 带动智慧城市的基础设施建设

从某种意义上说,没有智慧制造就没有智慧城市的基础设施建设。

需要制造业参与建设的智慧城市的基础设施主要有:智慧的电网、智慧的建筑、智慧的供排水系统、智慧的医疗系统、智慧的金融系统、智慧的交通系统、智慧的物流系统、智慧的气候气象监控系统、智慧的零售系统、智慧食品追踪监测系统、智慧的油气供应系统、智慧的通信系统和智慧的安全保障系统等。<sup>[2]</sup>

在智慧城市的基础设施建设方面,我国与发达国家还有一定距离,所需要做的工作主要包括:

##### (1)智慧城市基础设施的智慧设计原理

我国在引进、学习、应用国外先进技术方面取得了很大成功,但对引进技术的基本原理的理解和掌握方面还有较大距离。需要在引进技术的基础上进行再创新,并进一步开展自主创新。

##### (2)基础设施关键零部件的智慧设计制造

我国基础设施中的一些关键零部件技术还掌握在国外企业手中,如超大规模集成电路、液压控制系统、燃气轮机,需要对这些关键零部件进行智慧设计制造,获得自主知识产权,实现国产化。

##### (3)智慧城市基础设施的集成优化

智慧基础设施将越来越复杂,并随着环境变化的需要不断更新,因此智慧城市基础设施的集成优化就越来越重要,需要加强这方面的研究。

虽然在全球化环境中,不必所有的技术和产品都是自己的,但作为一个占世界人口 20% 的大国,应该有自己的关键产品和关键技术。

#### 5 保障城市居民衣食住行健康安全

由于衣食住行健康是城市居民最关心的事情,智慧城市居民的衣食住行应该是健康安全的。依靠流通和销售环节对衣食住行的商品进行监控已经为时太晚,在产品的设计和制造过程就应严格把关,这是智慧制造企业所应承担的义不容辞的任务。

衣食住行健康与安全制造企业密切相关,例如,制造企业所生产的产品是城市居民天天接触使用的,许多农副产品也需要通过制造企业的再加工。保障城市居民的衣食住行健康是制造企业的首要任务,智慧制造方法是完成这一任务必不可少的

手段。通过制造企业的智慧制造,可以加强产品全流程的智慧监控,提高产品的安全卫生程度,保障产品消费者的健康安全。

通过智慧制造可以实现:

(1)提供衣行住食健康安全的产品。这涉及许多专业学科的研究工作。

(2)衣食住行健康安全保障的一套严密、规范、科学的方法,包括标准、规范、检测技术、监控方法、制度和组织等。

(3)衣食住行健康安全知识服务。让广大城市居民方便了解衣食住行健康安全知识,知道产品的衣食住行健康安全方面的特点,无疑会显著提高衣食住行的健康安全程度。

#### 6 为智慧城市提供优质制造服务

智慧城市不仅需要强大的制造业的支撑,还需要强大的服务业的支撑,未来城市 GDP 的增长,将越来越多地依靠服务业。我国政府提出我国 2020 年的 GDP 要比 2010 年翻一番。这样的规划在有限资源和能源的限制下,仅依靠制造业的增长是无法实现的。服务业所消耗的资源能源远少于制造业,发达国家服务业所创造的 GDP 达到 70%,而我国还不到 40%,这为服务业的发展提供了充分的发展空间。

制造企业通过智慧制造,有效支持企业拓展以下服务:

(1)产品租赁共享服务 例如汽车的租赁服务,可以减少汽车的使用量,减少资源浪费。

(2)产品再制造服务 例如汽车发动机的再制造服务,再制造的发动机具有同新的发动机一样的使用效果和寿命,但价格只有后者的一半,所消耗的资源更是后者的 10% 以下。

(3)能耗产品的节能服务 通过智慧远程监控等方法,对能耗产品(如空调、冰箱等)的能耗进行监测,发现产品能耗增加到一定值后,就派员进行维修,从而保持产品的低能耗状态。

(4)产品的增值服务 通过产品模块的更换或提供新的软件,使用户在原产品的基础上获得新的服务,如汽车导航服务、商品拍照比价服务、面向手机用户的新服务等。

(5)产品生命周期管理服务 为产品生命周期各个环节提供管理服务,如维修、回收服务等。

制造企业在智慧制造的基础上,通过为智慧城市提供优质制造服务,达到以下目标:

(1)促进制造服务业的发展,增加城市的绿色GDP,因为服务所消耗的资源 and 能源少于产品的制造。

(2)制造企业向服务方向拓展,通过服务增加企业收入,提高企业的竞争能力。

(3)制造企业通过服务提高产品用户的满意度,并了解用户的需求,提高企业的产品创新能力。

发达的服务业是与发达的制造业相联系的。处于价值链低端的传统制造业不会导致发达的服务业的出现,除非城市拥有特殊的自然景观和人文景观,靠旅游发展。

## 7 支持智慧城市结构布局优化

城市结构布局优化的一个重要指标是居民工作地点与住处不能距离太远。传统企业的发展是要求关联企业尽可能集中在一起,以便降低物流成本和协同成本。其结果是分别形成庞大的工业园区和生活区,两者的距离不可避免地越来越远,给员工带来极大的不方便。远距离上班又造成“潮汐流”、“钟摆式”交通拥堵、污染加剧等城市病,这是城市工业化进程中的一个主要矛盾。智慧制造就是要帮助解决这一矛盾。

后工业化时期西方国家城市居民对居住地的选择逐渐倾向于中小城市。

在居住郊区化和逆城市化过程中,生产与居住空间进一步分离,最终形成工作在城市中心、居住在郊区的长距离通勤模式,这是现代西方城市发展的一个重要特征,也是影响住区环境的重要因素<sup>[8]</sup>。

仇保兴提出重建微循环是生态文明时代下中国城市人居环境发展历程中一个不可缺少的环节。我国已经从城镇化初期进入中后期的特殊阶段,应从前期注重GDP的数量型城镇化转向社会效应、生态效应和经济效应并存的质量型城镇化。在这个转型过程中,要遵循自组织的理念,摈弃初期广为流行的疾风暴雨式的“大开大发”、“大拆大建”,推行微降解、微能源、微冲击、微更生、微交通、微绿地、微调控等新理念,重建城市的微循环,这将成为城市规划创建和管理的新原则<sup>[9]</sup>。

智慧城市的结构是高度优化的,它使居民的工作和生活具有很大的便利性。

智慧制造通过大批量定制技术、分布自治制造技术、智慧制造装备等,使企业小型化、智慧化,大家可以就近工作,就近生产所需要的商品,不但可以显著减少企业员工上下班时间,而且可以减少大量的

物流成本和能耗。

### (1)大批量定制技术

大批量定制技术是一种以大批量生产的成本和交货速度生产个性化产品的系统技术。智慧制造技术可以看作是大批量定制技术中的关键技术。

大批量定制技术可以改变“大规模制造、远距离运输”的传统制造业格局,实现“小规模制造、近距离运输”的新型制造业格局。这里的小规模制造的效率与大规模制造的效率相差无几,而运输成本和能耗却显著降低,同时也促进了智慧城市结构优化,通过产品和企业的模块化实现城市的模块化。

大批量定制技术包括产品模块化设计和制造技术、信息化技术、系统管理和优化技术等<sup>[10]</sup>。

### (2)分布自治制造技术

智慧制造系统建立在自组织、分布自治和社会生态学机理上,目的是通过设备柔性和计算机人工智能控制,自动地完成设计、加工、控制管理过程,提高制造系统对环境变化的适应能力。

智慧制造的分布自治制造技术降低了制造系统的复杂性,使得分布自治制造单元能够完成复杂的制造功能,帮助实现就近制造。

### (3)智慧制造装备

智慧制造装备具有以下特点<sup>[11]</sup>:

1)功能复合化和集中化 工件一次装夹能进行多种工序复合加工,可大大提高生产效率和加工精度。由于产品开发周期愈来愈短,对制造速度的要求也相应提高,机床也朝着高效能发展,逐渐发展成为系统化产品。其优化目标是一台机器就是一个工厂,几乎所有的功能都能在一台机器上加工完成。例如,德国Index公司推出的车削加工中心是模块化结构,该加工中心能够完成车削、铣削、钻削、滚齿、磨削和激光热处理等多种工序,可完成复杂零件的全部加工。

2)自适应性 能快速适应各种不同的零件加工的需要。

3)智慧性 具有主动振动控制、智慧热屏障、智慧防撞屏障、智慧故障自诊断与自修复、智慧故障回放和故障仿真、加工过程自适应控制、加工参数的智慧优化与选择、智慧化交流伺服驱动的功能。

4)一体化 将测量(measurement)、建模(modelling)、加工(manufacturing)、机器操作(manipulator)四者(即4M)融合在一个系统中,实现信息共享,促进测量、建模、加工、装夹和操作的一体化。

智慧城市结构布局的优化目标是:针对智慧城

市结构优化的目标和需求,以智慧制造技术为基础,以人为中心进行工厂布局设计,既要集中关联企业,降低物流成本和协同成本,也要避免工业园区巨人化,形成分布化、微循环的宜居城市格局。

同时,外包服务将非常发达,许多员工可以在家中为不同的企业提供服务。人们不需要都集中在大城市,交通拥挤的现象将消失。

智慧制造让城市不再无限地庞大,让边远小镇的人们也能方便地参与到商业大潮中来,让人们有更多的机会与大自然接触,而不是在大街上堵车久等。

## 8 提高智慧工业城市中企业员工的幸福感

在工业城市中,企业员工是城市居民的主力军。智慧城市首先是幸福的城市,广大企业员工幸福与否直接关系到城市的幸福指数。员工频跳楼的企业

就不是幸福企业,这样的企业组成的城市,即使再智慧,也不幸福。

智慧工业城市的居民应是充满幸福感的,其中包括企业员工在工作中也应该感到一种幸福。智慧制造可以从多方面提高企业员工的幸福感,从而使员工为幸福的智慧城市建设做出更多的贡献。

美国心理学家 A. Maslow 把人的需要分为七个层次,如图 2 右所示。

通过智慧制造技术可以更好地满足员工的各层次需要,提高员工的幸福感(如图 2):

(1)满足员工生理的需要 有一份保障生活的工资;提高员工的工作效率,进而增加员工的收入;降低员工的工作强度,消除员工对工作的厌恶感。

(2)满足员工安全的需要 工作环境对人的健康没有不良影响;工作强度不太大;将危害健康的工作让机器人去做。

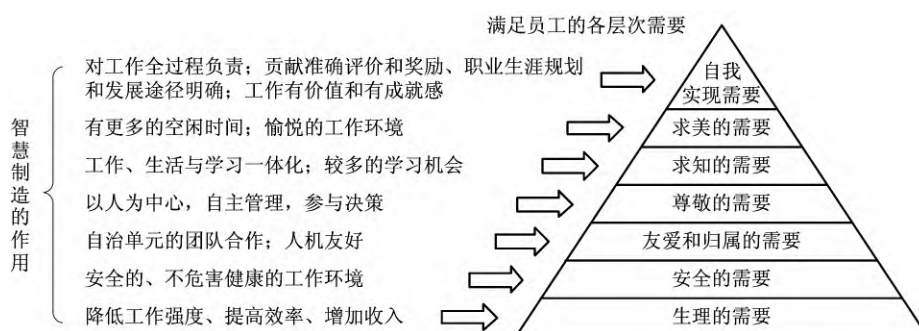


图2 通过智慧制造技术满足员工的各层次需要

(3)满足员工友爱和归属的需要 建立自治制造单元,加强团队合作;在智慧机器的配合下,更好地发挥人的潜能,人与机器达到一种相互协作平等共事的关系,使二者在不同层次上各显其能,相辅相成。

(4)满足员工尊敬的需要 通过人机一体化,突出人在制造系统中的核心地位;使企业向社会开放,决策向员工开放,数据向公众开放,平台向伙伴开放,评价向用户开放,……。开放是智慧制造的灵魂,开放使员工感到平等,体验受到尊重的感觉;员工自主管理。

(5)满足员工求知的需要 员工的工作、生活与学习将走向一体化,工作不再单调乏味,不再仅是一种谋生手段;有较多的学习机会;员工可以选择一项自己喜欢的工作,做精、做深;学习也是非常愉快的,方向明确,效率很高;每个人的贡献和水平是透明的;他们都可以在知识网络中找到自己的研究方向,在制造网络中找到适合自己的工作,在管理网络中

了解自己工作的绩效。

(6)满足员工求美的需要 员工有更多的时间用于享受人类的物资文明和精神文明,以及美化的、令人精神愉悦的工作环境。

(7)满足员工自我实现的需要 对工作全过程负责,对工作进度有掌控权利;自己的贡献得到准确评价和奖励、有明确的职业生涯规划和发展途径;所做的工作是真正有价值的;无效工作将大为减小;提高员工的工作成就感。

智慧制造能充分发挥信息技术、机器人技术等作用,将危害健康的工作、单调乏味的工作等让机器人去做,降低员工的工作强度,提高员工的工作效率,增加员工的收入;同时智慧制造有助于创造良好的工作环境,充分发挥人的能动性和创造性,满足员工自主、学习、成就、受尊重等多层次的需求,全面提高企业不同层次员工的幸福感,使员工真正感到“工作着是美丽的”。

## 9 结束语

基于新一代信息技术和IBM的智慧地球的思想,国内纷纷开展了智慧城市的建设。智慧城市是智慧地球的基本组成单元。

本文研究表明:智慧城市对智慧制造有强烈的需求,智慧制造是智慧工业城市的创新能力的主体体现,是改善智慧城市的生态环境的必要手段,是智慧城市重要的基础设施。智慧制造有助于保障城市居民的衣食住行健康安全,为智慧城市提供优质制造服务,支持智慧城市结构布局优化,提高智慧工业城市中企业员工的幸福感。

因此,智慧制造应成为智慧城市、特别是智慧工业城市建设的基础和主要内容之一。

本文研究还表明:智慧制造同智慧城市中的智慧建筑、智慧交通、智慧医疗、智慧安全保障等系统不同,智慧制造对智慧城市的影响往往是长期的、大范围的、模糊的。例如,城市的创新能力需要长期的培育,并且对城市的发展具有长期的效应;又如,智慧制造的发展为智慧城市所提供的基础设施、城市居民衣食住行健康安全的保障、优质制造服务是大范围的,并不局限于所在的城市。智慧制造有助于提高智慧工业城市中企业员工的幸福感,但这是难以定量测定的,并且也是长期的效应。无疑,在目前的政府绩效考核体制下,这些长期的、大范围的、模糊的效应制约了智慧城市建设中智慧制造的立项热情。如何将智慧制造与智慧城市建设更紧密结合起来,是进一步需要考虑的问题。

## 参考文献:

- [1] GAN Qicui, CHRIS HARRELD J, JIANG Yiwei, et al. Smarter planet winning in China[R]. Beijing: IBM Institute for Business Value, 2009(in Chinese). [甘绮翠, Chris Harreld J, 姜一炜, 等. 智慧地球赢在中国[R]. 北京: IBM商业价值研究院, 2009.]
- [2] TONG Mingrong. The construction of the "smart city": new opportunities for the transformation and upgrading of manufacturing enterprises [J]. Sanjiang Forum, 2010(11): 15-17, 21 (in Chinese). [童明荣. "智慧城市"建设: 制造业企业转型升级的新机遇[J]. 三江论坛, 2010(11): 15-17, 21.]
- [3] XU Yemeng. Shunde become the country's first intelligent manufacturing pilot[N]. Nanfang Daily, 2012-02-20(in Chinese). [徐烨檬. 顺德成国家首个智能制造试点[N]. 南方日报, 2012-02-20.]
- [4] FANG Zongxiao. Fuyang five years to build "smart city" [N]. Fuyang Daily, 2011-07-22(in Chinese). [方宗晓. 富阳将用五年时间打造"智慧城市"[N]. 富阳日报, 2011-07-22.]
- [5] Zhejiang Online. Huzhou pilot three years to build the framework of the "smart industry" [EB/OL]. (2012-04-11) [2012-04-12]. <http://zjnews.zjol.com.cn/05zjnews/system/2012/04/11/018404905.shtml>(in Chinese). [浙江在线. 湖州开展试点 三年打造"智慧工业"框架[EB/OL]. (2012-04-11) [2012-04-12]. <http://zjnews.zjol.com.cn/05zjnews/system/2012/04/11/018404905.shtml>.]
- [6] GU Xinjian, QI Guoning, TANG Renzhong. Smarter manufacturing enterprise—model of future factory[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2010(12): 26-28(in Chinese). [顾新建, 祁国宁, 唐任仲. 智慧制造企业——未来工厂的模式[J]. 航空制造工程, 2010(12): 26-28.]
- [7] WANG Yuhui. To cohesion of things wisdom achievements intelligent manufacturing [EB/OL]. (2011-09-19) [2012-04-12]. [http://news.rfidworld.com.cn/2011\\_09/4267466996b838a8.html](http://news.rfidworld.com.cn/2011_09/4267466996b838a8.html). 2011-09-19(in Chinese). [王瑜辉. 凝聚物联智慧 成就智能制造——访东莞思谷数字技术有限公司总经理王瑜辉[EB/OL]. (2011-09-19) [2012-04-12]. [http://news.rfidworld.com.cn/2011\\_09/4267466996b838a8.html](http://news.rfidworld.com.cn/2011_09/4267466996b838a8.html). 2011-09-19.]
- [8] WANG Lin. Study on livable city theory and its influence factors[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2007(in Chinese). [王琳. 宜居城市理论与影响因素研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2007.]
- [9] QIU Baoxing. Rebuild urban micro-cycle—an emerging grand trend[J]. Urban Studies, 2011, 18(5): 1-13(in Chinese). [仇保兴. 重建城市微循环——一个即将发生的大趋势[J]. 城市发展研究, 2011, 18(5): 1-13.]
- [10] QI Guoning, GU Xinjian, LI Renwang. Study on mass customization and its models[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2000, 6(2): 41-45(in Chinese). [祁国宁, 顾新建, 李仁旺. 大批量定制生产及其模型的研究[J]. 计算机集成制造系统, 2000, 6(2): 41-45.]
- [11] LEE J, GHAFARI M, ELMELIGY E S. Self-maintenance and engineering immune systems: towards smarter machines and manufacturing systems[J]. Annual Reviews in Control, 2011, 35(1): 111-122.

## 作者简介:

顾新建(1956—),男,浙江湖州人,教授,博士生导师,研究方向:网络化制造、大批量定制、制造服务、知识管理等, E-mail: xjgu@zju.edu.cn;

代风(1983—),男,陕西西安人,博士研究生,研究方向:网络化制造、知识管理等;

陈茂熙(1966—),男,浙江桐乡人,副教授,研究方向:制造服务、知识管理等,通信作者, E-mail: chenmx@zju.edu.cn;

杨青海(1965—),男,吉林伊通人,副研究员,博士后,研究方向:网络化制造、大批量定制、信息标准化等;

祁国宁(1949—),男,浙江杭州人,教授,博士生导师,研究方向:模块化设计、大批量定制、制造服务、产品生命周期管理等。