

安徽省智慧城建评价指标体系研究

卓加鹏¹, 仲勇²

(1. 安徽省科学技术情报研究所, 安徽 合肥 230011; 2. 安徽建筑大学 科技成果转化中心, 安徽 合肥 230601)

摘要: 智慧城建作为智慧城市的重要组成部分, 其评价指标体系的构建是否完整将影响到智慧城市的建设效果。首先研究分析国内智慧城市评价指标体系的构建情况; 然后基于安徽省城市发展现状, 针对安徽省住建行业, 构建和量化安徽省智慧城建评价指标体系, 对安徽省部分省辖市进行评价计算和综合分析, 结果显示, 合肥市、芜湖市智慧城建评价属于三星级; 最后对安徽省智慧城建评价进行总结与展望。

关键词: 智慧城建; 评价指标体系; 基础设施; 平台

中图分类号: G307

文献标识码: A

文章编号: 2095-8382(2022)04-099-06

Study on Smart City Construction Assessment System for Anhui Province

ZHUO Jiapeng¹, ZHONG Yong²

(1. Institute of Scientific and Technical Information of Anhui, Hefei 230011, China;

2. Scientific and technological achievements transformation center, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: The smart construction is an important part of smart city, and is affected by the assessment index system. This paper firstly studies the domestic smart city assessment index systems, and then constructs and quantifies the smart city construction assessment system for the housing and construction industry in Anhui province based on the urban development. The calculation and comprehensive analysis of several provincial cities show that the smart city construction in Hefei and Wuhu City reaches three-star level. The assessment and outlook of smart city construction in Anhui province are proposed.

Keywords: smart city construction; assessment system; infrastructure; platform

当前我国城市化建设取得举世瞩目成就, 城镇化建设不断加快, “城市病”也随之而生。各大城市为解决这些问题, 纷纷将城市智慧化作为下一步城市建设乃至政府工作重点, 智慧城市由此产生。智慧城市是在数字城市的基础上更进一步智能化发展, 其实质是利用先进的信息化手段, 如物联网、云计算等, 整合到城市已有和在建设施上, 实现城市的智慧化、集成化以及高效化的运行和管理^[1]。

有不少学者对智慧城建进行研究, Gil-Garcia等^[2]提出了智慧城市的概念, 给出了智慧城建的相关政策建议及未来研究的方向。Khatoun等^[3]提出智慧城建是能满足多方需求的复杂平台系统。Meijer等^[4]提出智慧城市建设是通过信息和通信技术打造人类合作的新形式。马惠雯^[5]针对智慧城建现有的困境和问题, 提出了新的解决途径。王朝南^[6]以长沙市为例构建智慧城市建设体系标准,

收稿日期: 2021-11-05

基金项目: 安徽省科技创新战略与软科学研究项目(201806a02020046); 安徽省高校优秀青年人才支持计划重点项目(gxyqZD2020036)

作者简介: 卓加鹏(1974-), 男, 副研究员, 研究方向: 科技情报研究;

仲勇(1967-), 男, 副研究员, 研究方向: 科技管理与评价。E-mail: kykz@ahjzu.edu.cn

并进行了绩效评价。安永文^[7]以张掖市为案例分析了智慧城建的问题及原因,并提出的对策。

截至 2018 年底,我国智慧城市建设规模在世界范围内首屈一指,数量已经达到 386 个,超过七成的省辖市在发展建设智慧城市,县级城市中建设智慧城市比例也超过三成^[8]。未来随着我国经济的快速发展和城镇化进程的不断推进,各地智慧城市建设呈现出规模不断扩大的趋势。

安徽省作为我国中东部地区较大省份,在智慧城市建设以及示范应用方面起步较早,到目前为止,安徽省已有三个批次共 16 个市(县、区)以及 1 个专项获批国家智慧城市试点建设(表 1)。同时,安徽省计划未来建成一批示范中心,建立智慧城市相关配套体系。

表 1 安徽省入选国家智慧城市试点地区

批次	入选城市(县、区)
2012 年	芜湖、蚌埠、淮南、铜陵
2013 年	阜阳、霍山县、合肥高新技术产业开发区、淮北、黄山、安徽宁国港口生态工业园
2014 年	宿州、亳州、滁县、定远县、金寨县、太和县

在国家智慧城市试点建设的同时需要有明确的智慧城建评价体系,这不仅是智慧城市的建设指导标准,也是智慧城市建设成果的检验标准。

1 发展现状

目前,国内在智慧城市评价指标体系建设方面已有尝试。智慧南京评价指标体系涵盖了住建相关产业、服务、互联技术以及人文领域,对智慧城市建设进行了深入的考察分析^[9]。上海浦东新区智慧城市评价指标体系参考国家“十二五”规划的相关政策,同时结合了国外研究成果和国内实际情况,形成 1.0 和新增城市软环境建设 2.0 两套评价体系^[10]。智慧台湾绩效指标体系对智慧城市建设相关工作及其后续的建设工作效益进行综合评价^[11]。中国智慧城市(镇)发展指数,使用了包括幸福、管理、社会责任的幸福指数作为智慧城市的评价指标,尽可能地进行指数量化^[12]。2012 年 12 月 5 日,住房和城乡建设部颁布了《国家智慧城市(区、镇)试点指标体系(试行)》,主要针对全国智慧城市建设试点城市的评价工作^[13]。该体系主要覆盖基础设施建设、城市规划、政务服务、社会保障等多个方

面,完整度较高。

然而,目前智慧城市评价指标体系主要从城市维度进行智慧城市建设情况评价,侧重于智慧城市相关产业的发展,而未针对各领域指标进行深入细致的制定和评价,如在住建行业,智慧城建仅停留在智慧城市规划、智慧社区以及绿色建筑等概念方面,没有具体细化指标,导致在实施过程中出现建设目标不明确、资源利用不到位、重复投资、建设发展不平衡等问题,进而使智慧城市建设过程中出现极大的资源浪费和配置不合理^[14]。

因此,有必要合理的构建相关评价指标体系。本文根据安徽省住建行业实际情况,立足智慧城建应用需求,以国家智慧城市评价指标体系为基础,构建和量化相对完整的安徽省智慧城建评价指标体系。

2 构建原则

智慧城建作为智慧城市的重要组成部分,主要涵盖了城市住建行业的智能化以及信息化发展,为智慧城市建设起到了重要作用。在推进智慧城建时,应当遵循一定的原则,不能盲目开展。宏观层面上要与行业主管部门及其他有关部门总体发展规划一致,充分落实国家相关发展政策及行业规划;地区层面上要基于本地行业发展现状,制定合理有效的实施规划。因此,在进行智慧城建评价指标的选取时,也要考虑以上两个方面的因素,选取国家住建部、发改委或省级住建部门制定的重点项目或基础项目作为评价标准,结合本地区的具体规划,进行智慧城建评价指标体系的构建。评价因子的选取应当遵循代表性、科学性、有效性以及可操作性的原则^[15]。

智慧城建的评价体系的构建应当采取科学的方法,本评价指标体系首先采用理论分析法,侧重对安徽省各城市的智慧城市建设进行归纳分析、比较综合,然后采用德尔菲法选取评价指标,最后运用频度分析法对安徽省各城市的智慧城建进行研究分析论证。

3 安徽省智慧城建评价指标体系构建

安徽省现有省辖市 16 个。到 2020 年末,全省常住人口 6 105 万。在城镇化建设方面,常住人口

城镇化率 58.33%, 提高 1.31 个百分点。2020 年, 全年地区生产总值 (GDP) 38 680.36 亿元, 经济总量位居全国中上水平。在进行智慧城市建设时, 经济水平的发展状况将起到重要的作用。

在构建安徽省智慧城建评价指标体系时, 除了应当考虑当地的经济基础, 还应当充分考虑各地区的三大产业的构成等因素, 分析包括建筑行业及其相关产业在内的第二、三产业的占比情况, 以此反映出当地行业发展以及未来行业需求情况。

根据安徽省统计局提供的 2020 年安徽省各省辖市 GDP 及人均 GDP (表 2) 和安徽省各省辖市三大产业构成百分比数据 (表 3)^[16], 可以看出, 安徽省各省辖市 GDP 及人均 GDP 发展水平不一, 产业结构不同, 差距较为明显, 这说明了各地经济生产规模差距较大, 尤其是省会合肥, 2020 年 GDP 总量达到 10 045 亿元, 拉开第二名芜湖 6 292 亿元, 人均 GDP 拉开 5 463 元的差距。这使得在建设智慧城市或智慧城建时应当结合城市的实际规模采取不同的评价标准体系, 区别对待。

表 2 2020 年安徽省辖市 GDP 及人均 GDP

地区	GDP (亿元)	人均 GDP (元)	地区	GDP (亿元)	人均 GDP (元)
合肥	10 045	108 427	阜阳	2 805	34 399
芜湖	3 753	102 964	宣城	1 607	64 301
马鞍山	2 186	101 011	六安	1 669	37 899
安庆	2 467	58 684	亳州	1 806	36 156
滁州	3 032	76 087	铜陵	1 003	75 748

表 3 2020 年安徽省辖市三大产业构成百分比 (%)

地区	第一产业	第二产业	第三产业
合肥	3.3	35.6	61.1
芜湖	4.3	47.6	48.1
马鞍山	4.5	47.8	47.7
安庆	9.7	43.2	47.1
滁州	9	48.7	42.3
阜阳	14	37	49
宣城	10.1	47.2	42.7
六安	14.3	36.3	49.4
亳州	14.2	35	50.8
铜陵	5.6	45.4	49

在构建安徽省智慧城建评价指标体系过程中, 根据城市经济发展水平以及城市建设水平、发展规模将安徽省智慧城建评价指标体系分为三个层次, 分别为: 合肥市智慧城建评价指标体系、各省辖市智慧城建评价指标体系以及各县 (区) 评价指标体系。根据指标体系侧重面不同, 分为系统平台建设领域以及服务体制建设领域。前者关注基础设施、管理系统及平台建设方面, 后者关注服务效果以及保障机制。两者结合, 从而达到考核智慧城建的作用。

3.1 合肥市住建行业智慧城建评价指标体系

合肥市作为省会城市, 经济发展水平与城市建设水平位居全省首位, 智慧城市建设的总体水平相对于其他省辖市有所不同。对于智慧城建方面的建设要求以及建设水平等方面要高于其他省辖市, 所以需要结合合肥城市建设的实际情况构建评价体系。表 4 给出了合肥市智慧城建评价指标体系, 系统平台建设对城市住建行业数据库、城乡规划等 18 个指标进行考核, 服务体制建设主要为保障住建行业的服务水平、提高办事效率、加强政府各部门的协作。

表 4 合肥市智慧城建评价指标体系

评价领域	评价指标
系统平台建设	城市住建行业数据库、绿色建筑、城乡规划、智慧建筑、城市住建信息平台、数字化城市管理、建筑行业管理、房地产市场管理、园林化管理、历史建筑保护、建筑节能、建筑物数字化节能比例、智慧社区比例、管网监测管理平台、管网检测长度、住建部门信息化程度、业务审批平台、施工运行平台
服务体制建设	经费划拨和持续保障、政府行政效能指数、网上办事比率、政策与法规、运行管理体系、市民满意度

3.2 各省辖市住建行业智慧城建评价指标体系

各省辖市住建行业智慧城建评价指标体系如表 5 所示, 由于各省辖市在经济发展以及城市建设相对合肥较慢, 在评价指标体系中相关系统平台建设方面的要求内容可根据本地情况, 相对合肥市进行缩减, 仅对 13 个指标考核。由于服务体制建设是保障智慧城建实施的根本, 其要求不应随城市规模而变化, 各省辖市服务体制建设领域考核指标应与合肥相同。

表 5 省辖市智慧城建评价指标体系

评价领域	评价指标
系统平台建设	城市住建行业数据库、绿色建筑、城乡规划、城市住建信息平台、数字化城市管理、智慧社区比例、建筑行业管理、房地产市场管理、园林绿化管理、历史建筑保护、建筑节能、建筑物数字化节能比例、管网监测管理平台
服务体制建设	经费划拨和持续保障、政府行政效能指数、网上办事比率、政策与法规、运行管理体系、市民满意度

3.3 各县区住建行业智慧城建评价指标体系

表 6 给出了各县区住建行业智慧城建评价指标体系。可以看出,各县区作为智慧城建覆盖的最小行政区划,其评价指标体系的覆盖范围仅为本区划内。应当以本区划内的基础设施建设方面为主,且考虑到行政权限问题,个别领域可由所在省辖市进行统一规划管理。与省辖市智慧城建评价指标体系相比,各区县智慧城建评价指标体系主要关注于本区范围内城市信息管理、智慧城市服务及运行管理等方面的效率及能力。

表 6 各县区智慧城建评价指标体系

评价领域	评价指标
系统平台建设	城市住建行业数据库、绿色建筑、城市住建信息平台、数字化城市管理、建筑行业管理、园林绿化管理、建筑节能、建筑物数字化节能比例、智慧社区比例、管网监测管理平台
服务体制建设	政府行政效能指数、网上办事比率、运行管理体系、市民满意度

3.4 指标量化评分

表 7 给出了安徽省智慧城建评价指标量化说明,指标类型分为 5 大类,每类满分 100 分。采用德尔斐法形成智慧城建评价指标体系,如表 8 所示。

智慧城建评价指标体系采用加权计算的方法,如下所示:

$$S = \sum_{i=1}^6 \left[w_i \left(\sum_{j=1}^m w_{ij} p_{ij} \right) \right]$$

式中 w_i ——第 i 个一类指标的权重;

w_{ij} ——第 i 个一类指标下第 j 个二类指标的权重;

表 7 评价指标量化说明

指标类型	指标分值	指标举例
平台基础类	住建数据库建设平台,公共服务管理平台,城建信息共享平台,城建资源管理服务管理平台。前面两项,每满足一项得 30 分,后面两项,每满足一项得 20 分	城市住建行业数据库,市民满意度,数字化城市管理
指标保障类	包括资金、资源、政策、法规、组织、管理、总体设计。前面四项每满足一项得 10 分,后面三项,每满足一项得 20 分	政策与法规,经费划拨和持续保障,运行管理体系
政府执行类	服务注册,服务申请,服务授权,业务审批,项目实施监督,项目管理,项目策划,城市规划管理,项目事故调查,项目事故处理管理。每满足一项得 10 分	施工运行平台,业务审批平台,住建部门信息化程度,城乡规划,政府行政效能指数
相关产业经济类	房地产市场,历史建筑保护,绿化节能,环境保护治理。每满足一项得 25 分	历史建筑保护,园林化管理
相关服务类	支持城市运行的相关服务,包括城市各类水电设施,消防设施,通风采暖设施,绿色节能,照明设施,交通道路出行。前面两项,每项 20 分,后面两项每项 15 分	管网监测管理平台,管网监测长度,绿色建筑,园林绿化,建筑节能

表 8 评价指标权重划分

一类指标权重	二类指标权重
保障体系 (10%)	工作方案保障体系 (10%)、相关资源保障 (20%)、政策法规保障 (20%)、资金保障 (10%)、基础设施保障 (20%)、运行管理保障 (20%)
基础设施 (30%)	住建数据库建设 (20%)、水电管理 (20%)、交通服务 (15%)、绿化管理 (10%)、网络通讯建设 (10%)、配套道路建设管理 (10%)、照明管理 (10%)
城市建设与宜居 (15%)	城市生态环境 (25%)、数字化城市管理 (20%)、智慧社区建设 (20%)、建筑节能 (15%)、建筑市场管理 (20%)
政府管理与服务 (30%)	业务审批 (15%)、政府行政效能管理 (20%)、网上办事效率 (15%)、部门信息化 (10%)、建筑行业管理 (10%)、城乡规划管理 (10%)、施工监督管理 (10%)、住建事故监察管理 (10%)
相关产业与经济 (10%)	施工建设 (20%)、房产管理 (20%)、文物管理 (20%)、园林化管理 (20%)、旅游管理 (20%)
其他 (5%)	其他创新技术服务 (100%)

- m ——第 i 个一类指标下二类指标的总个数;
 p_{ij} ——第 i 个一类指标下第 j 个二类指标所得分数;
 S ——智慧城建评价指标总得分。

表9给出了安徽省智慧城建评价结果等级划分。共分为5个等级,最高级为4星级。

表9 评价等级划分

序号	评价得分	等级
1	$S \geq 90$	四星级
2	$90 > S \geq 80$	三星级
3	$80 > S \geq 70$	二星级
4	$70 > S \geq 60$	一星级
5	$60 > S$	不定级

3.5 评价结果计算

根据建立的评价分值计算方法对安徽各城市的智慧城建进行计算,得出合肥市智慧城建评价指标体系量化得分为86.00分,达到三星级水平,迈入中国智慧城市潜力榜十强。考虑到安徽省各省辖市智慧城建评价指标体系普适性和差异性原则,从安徽省入选国家智慧城市试点地区中抽取部分作为样本,进行指标量化得分计算。其中部分城市的评价结果为:芜湖82.25分,达到三星级水平;阜阳74.25分,蚌埠78.25分、宿州73.75分、淮南72.25分、铜陵74.75分,均能够达到二星级水平;各省辖市智慧城建评价指标体系平均得分为75.00分,达到二星级水平。

3.6 评价结果分析

从智慧城建评价体系的量化过程中发现,在保障体系方面,虽然各城市投入力度各不相同,但93.75%的城市能够全部覆盖各个指标;在基础设施方面,所有城市都做得比较到位,都注重数据库、网络通讯、绿化、交通等方面的建设;在城市建设与宜居方面,87.5%的城市能够全面考虑生态环境、数字城管、智慧社区的建设,只有12.5%的城市能够考虑对建筑市场智慧化管理的建设;政府在管理与服务方面,所有城市都对业务审批、行政效能管理、提高网上办事效率及信息化投入建设,但50%的城市对施工监督、事故监管等方面的考虑有所欠缺;在相关产业和其他的建设方面,所有的城市都能够有所创新,均能够强化绿化、旅游的管理,但对

房产施工等方面缺乏智慧化的统一管理。

从量化结果分析来看,安徽省各城市都能够注重保障体系、基础设施、生态宜居的建设投入,但安徽有一半的城市在房产、施工、事故监管等住建行业的建设投入有所欠缺。安徽省各省辖市的智慧城建的评价体系得分均不及合肥市,主要原因是合肥市的经济总量远超其他城市,以及其二、三产业的比重比较大,智慧城建总体的投入以及覆盖的全面性也比其他城市多。芜湖市的经济总量能够达到三星级评价,同时其发展综合影响力能够跻身全国30强,与其省内第二的经济总量及其智慧城市起步比较早(安徽省第一批入选国家智慧城市试点地区)等因素也有密切的关系。从总的来看,安徽省各城市的智慧城建评价指标量化都没有达到最高级4星级评价,这是由于安徽省各地经济发展水平,产业结构规模的发展,科技发展水平和智慧城建相关投入不及北京、上海、广州、南京等一线城市。

4 结论与启示

本文研究分析了国内智慧城市评价指标体系,并将其构建思路延伸到智慧城建评价指标体系的构建中去,通过对安徽省内16个省辖市经济水平产业结构的分析,提出智慧城建评价指标体系的构建应当根据本地经济情况、区位因素以及城市发展水平,因地制宜提出符合当地发展需要及地区总体规划的评价标准。通过将安徽省智慧城建评价指标体系进行层次划分,并从系统平台建设、服务体制建设两个方面提出评价指标,对各个城市的智慧城建进行量化评分,直观地衡量了各个城市智慧城建评价体系的完善程度。评价指标不仅考核智慧城建基础设施、系统平台构建情况,也对智慧城建服务效果以及相关制度规范的构建情况提出要求,从而达到对各地智慧城建建设效果进行有效评价,促进当地智慧城建乃至智慧城市的发展的目的。

未来随着各地基础设施以及相应制度、规范的不完善,智慧城建评价指标体系也应适时调整,如安徽省合肥市及其他省辖市,合肥市经济水平较高、对智慧城市的规划较多,故在智慧城市评价体系中评价指标较多。相比之下,其他省辖市的经济

水平较低,对于智慧城市的规划较少,相对来说评价指标较少。此外,智慧城建评价体系不仅应根据本地经济发展、建设水平的提高进行修改,更应根据宏观行业发展规划的变化进行适当调整,以满足不断变化的实际需求,如城市住建行业已经与城市发展、居民日常生活密不可分,建筑节能也已经成为安徽省必不可少的节能政策之一。因此,合肥、省辖市及区县均涉及相关的智慧城市评价指标。各地根据智慧城建评价指标体系对智慧城建的发展建设情况进行考核,以达到促进行业发展,提高行业竞争力,带动本地相关产业以及经济总体的发展,更好地为建设智慧城市,提升居民幸福感,促进城市和谐、健康发展服务。

参考文献:

- [1] 李德仁,姚远,邵振峰. 智慧城市的概念、支撑技术及应用[J]. 工程研究-跨学科视野中的工程,2012,4(4): 313-323.
- [2] Gil-Garcia J R, Pardo T A, Nam T. What makes a city smart? Identifying core components and proposing an integrative and comprehensive conceptualization[J]. Information Polity, 2015, 20(1): 61-87.
- [3] Khatoun R, Zeadally S. Smart cities[J]. Communications of the ACM, 2016, 59(8): 46-57.
- [4] Meijer A, Bolívar M P R. Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance[J]. International Review of Administrative Sciences, 2016, 82(2): 392-408.
- [5] 马惠雯. 大数据背景下智慧城市建设创新路径[J]. 中小企业管理与科技(中旬刊), 2021(11): 46-48.
- [6] 王朝南. 智慧城市建设绩效评价指标体系构建及实证研究[D]. 湘潭:湘潭大学, 2019.
- [7] 安永文. 张掖市智慧城市建设研究[D]. 武汉:湖北工业大学, 2018.
- [8] 中国智慧城市建设行业现状研究分析及市场前景预测报告(2016年)[R]. 北京:中国产业调研网, 2016.
- [9] 陈铭,王乾晨,张晓海,等. “智慧城市”评价指标体系研究——以“智慧南京”建设为例[J]. 城市发展研究, 2011, 18(5): 84-89.
- [10] 陈桂龙. 智慧城市 2.0 的“浦东模式”[J]. 中国建设信息, 2015(13): 34-36.
- [11] 王思雪,郑磊. 国内外智慧城市评价指标体系比较[J]. 电子政务, 2013(1): 92-100.
- [12] 常文辉. 智慧城市评价指标体系构建研究[D]. 开封:河南大学, 2014.
- [13] 单志广. 国家新型智慧城市评价数据分析报告[R]. 沈阳:国家信息中心, 2017.
- [14] 丁国胜,宋彦. 智慧城市与“智慧规划”——智慧城市视野下城乡规划展开研究的概念框架与关键领域探讨[J]. 城市发展研究, 2013, 21(8): 34-39.
- [15] 郭素娟. 智慧城市评价指标体系的构建及应用[D]. 杭州:浙江工商大学, 2013.
- [16] 安徽省统计局. 安徽统计年鉴(2018 汉英对照光盘)[M]. 北京:中国统计出版社, 2018.
- [28] Yu Z, Hu J. Microstructure and characteristic of biomedical titanium alloy based on picosecond laser micromachining[J]. Materials Science Forum, 2018, 939: 104-109.
- [29] Schnell G, Staehlke S, Duenow U, et al. Femtosecond laser nano/micro textured Ti6Al4V surfaces—effect on wetting and MG-63 cell adhesion[J]. Materials, 2019, 12(13): 2210.
- [30] Li C, Yang Y, Yang L J, et al. In vitro bioactivity and biocompatibility of bio-inspired Ti-6Al-4V alloy surfaces modified by combined laser micro/nano structuring[J]. Molecules, 2020, 25(7): 1494.
- [31] Oberringer M, Akman E, Lee J, et al. Reduced myofibroblast differentiation on femtosecond laser treated 316LS stainless steel[J]. Materials Science and Engineering: C, 2013, 33(2): 901-908.
- [32] Shaikh S, Singh D, Subramanian M, et al. Femtosecond laser induced surface modification for prevention of bacterial adhesion on 45S5 bioactive glass[J]. Journal of Non-Crystalline Solids, 2018, 482: 63-72.
- [33] Yiannakou C, Simitzi C, Manousaki A, et al. Cell patterning via laser micro/nano structured silicon surfaces[J]. Biofabrication, 2017, 9(2): 025024.
- [34] Michaljaníčová I, Slepíčka P, Rimpelová S, et al. Regular pattern formation on surface of aromatic polymers and its cytocompatibility[J]. Applied Surface Science, 2016, 370: 131-141.
- [35] Wu H, Liu T, Xu Z Y, et al. Enhanced bacteriostatic activity, osteogenesis and osseointegration of silicon nitride/polyetherketoneketone composites with femtosecond laser induced micro/nano structural surface[J]. Applied Materials Today, 2020, 18: 100523.

(上接第 84 页)