

# 英国合成生物学路线图

李振兴

(中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038)

**摘要:** 英国高度重视发展合成生物学, 并将合成生物学作为可能引领未来经济发展的 4 个新兴技术产业之一, 不仅对合成生物学研究予以大力支持, 也致力于促进合成生物学研究和技术的商业化。为谋求在合成生物学领域世界领先地位, 英国商业、创新与技能部专门成立了英国合成生物学路线图协调组, 开展路线图研究, 制定并发布了英国合成生物学路线图研究报告。对英国最新发布的英国合成生物学路线图从发展合成生物学的重要意义、英国谋求引领未来合成生物学发展地位、路线图研究框架和制定过程、路线图涉及的主题及促进合成生物学发展的措施等 5 个方面进行了解析, 以期为我国开展有关政策研究和确定发展重点提供参考。

**关键词:** 英国; 合成生物学; 路线图

**中图分类号:** Q81-156.102      **文献标识码:** A      **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2013.08.001

合成生物学是指通过人工设计和工程方法创造新的生物学组件、设备和系统, 或者对现有的自然生物系统进行重新设计的学科<sup>[1]</sup>。合成生物学应用可能改变现有工业生产流程, 在促进经济增长和创造就业等方面具有巨大潜力。英国高度重视发展合成生物学, 并将合成生物学作为可能引领未来经济发展的四个新兴产业之一<sup>[2]</sup>, 不仅对合成生物学研究予以大力支持, 也致力于促进合成生物学研究和技术的商业化。为谋求在合成生物学领域世界领先地位, 系统部署发展重点, 英国商业、创新与技能部专门成立了英国合成生物学路线图协调组, 开展路线图研究, 制定并发布了英国合成生物学路线图研究报告<sup>[3]</sup>。

## 1 发展合成生物学的重要意义

作为本世纪以来发展最快的学科之一, 合成生物学的潜在应用领域十分广泛, 几乎覆盖到了现有生物学系统所涉及的所有方面。特别是在面临人口增长, 人类生活质量的提高以及环境保护等方面全

球性挑战条件下, 合成生物学有望为解决一系列重大问题提供有效解决方案, 比如在人类健康方面, 涉及疾病防治、个性化医疗和促进就业等; 在安全方面, 涉及食品安全、水安全和能源安全等; 在可持续方面, 涉及自然资源的管理、减少非可再生资源的消耗和减缓气候变化等。作为一项新的平台性技术, 合成生物学的应用不仅有望在上述领域发挥更大作用, 比如降低成本, 拓展新的功能以及让用户有更多选择, 而且在其他众多的更广泛的领域也许会有更加广泛和更有价值的应用潜力。

虽然合成生物学的发展整体水平仍然处在早期开发阶段, 但是其潜力十分巨大, 可能有望取得革命性突破。合成生物学应用领域十分广泛, 一些应用已经开始逐步进入市场或即将进入市场。尽管合成生物学产业目前还处在早期培育阶段, 但作为一项平台技术, 合成生物学相关的领域特别是合成生物学可能应用的生命科学相关产业的发展, 为合成生物学应用提供了巨大空间。比如, 目前生物制药业占制药业的比例已经达到 20%, 近 10 年翻了一

作者简介: 李振兴 (1980—), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为科技政策、技术预测与路线图以及农业科技。

收稿日期: 2013-03-27

倍。由于合成生物学在制药和医疗领域的快速应用，可以预见，在不远的将来，生物制药将占据制药业的绝大部分市场。在工业生物技术方面，仅美国 2010 年的营业额就达到 1 000 亿美元<sup>[4]</sup>。基于现有发展速度，可以预测，2015 年欧洲的生物经济将增长 50 亿欧元<sup>[5]</sup>。BCC Research 受 Global Information Inc 委托进行了专门的研究，该研究基于大公司对生命科学研究机构的调查数据，对未来 5 年合成生物学应用可能带来的市场进行了估计。研究组认为：相关产业的营业额将从 2011 年的 16 亿美元增长到 2016 年的 108 亿美元<sup>[6]</sup>；从长期来看，合成生物学还可能在更多的新的未知的领域得以应用，这一潜力是十分巨大的。

## 2 英国谋求引领未来合成生物学发展地位

英国在生命科学领域研究和相关产业发展方面一直保持着世界领先地位，为英国发展合成生物学提供了坚实的研究基础和良好的商业化环境。近年来，英国在对合成生物学经费投入、研究平台和基础设施建设、促进技术商业化应用等方面的支持力度不断加大，意图谋求未来全球合成生物学发展的领导地位。

### 2.1 坚实的研究基础

从研究基础上看，英国发展合成生物学具备很强优势。英国不仅拥有在合成生物学研究方面世界领先的帝国理工、牛津和剑桥等著名大学的研究力量，还拥有壳牌（Shell）、葛兰素史克（Glaxosmithkline, GSK）和阿斯利康（ArstraZeneca）等企业的技术开发力量。仅就论文产出而言，英国在合成生物学领域产出仅次于美国，居世界第二位。以基因测序技术为例，从发现 DNA 双螺旋结构到发现反转录酶，以及发明基因测序方法，英国科学家都发挥了重要的作用。基因组测序技术的进步被认为是合成生物学得以快速发展的前提和基础，英国科学家不仅为人类基因组测序项目提供了重要的技术基础，还不断推动测序技术升级。剑桥大学发明的 Solexa 技术使 DNA 测序速度在现有基础上提高 1 000~10 000 倍，有望引领下一代基因组测序技术市场<sup>[7]</sup>。牛津大学的 Oxford Nanopore Technology（ONT）正在开发基于纳米技术的新测序技术，也有望带来基因测序技术的革命<sup>[8]</sup>。

### 2.2 良好的商业化环境

从合成生物学发展所需要的产业环境看，化学、制药、医疗以及能源等具有较强国际竞争力的生命科学相关产业为合成生物学应用提供了广阔空间。英国化工产业有 3 000 多家企业，年营业额在 550 亿英镑左右<sup>[9]</sup>，年增长率 5%，已经占据全球市场的 8%；制药业也是英国最具活力和创新力的产业，销售量全球前 100 的药品中，英国占 20%，排名高于其他欧盟国家总和，仅次于美国。英国制药业企业共有 600 多家，创造就业 6.7 万人。葛兰素史克和阿斯利康两家企业营业额总和为 420 亿英镑，占全球市场的 9%。2007 年英国制药业出口 146 亿英镑，创造增加值 43 亿英镑；能源产业也是英国主要产业之一，占 GDP 的 4% 左右（每年贡献 600 亿英镑的 GDP）。值得关注的是，生物技术与生物科学和研究理事会（BBSRC）在 2010 年投资 2 700 万英镑建设可持续生物能源中心，整合了 6 个世界一流的研发团队力量，并吸引了 15 个产业协会共同进行生物能源的开发，其研究的重点之一也是合成生物学技术在能源领域的应用。

### 2.3 强有力的经费支持

从经费投入上看，2008 年英国在制药和生物技术方面研发投入达 96 亿英镑<sup>[3]</sup>，巨额投入为英国生命科学技术开发以及制药业等产业发展提供了强有力的支持。据统计，自 2007 年以来，仅英国研究理事会对合成生物学的经费投入就已经高达 6 200 万英镑。近期，英国政府又新确定投入 7 500 万英镑打造生物信息研究平台 ELIXR，另外投入 1.45 亿英镑进行 e-infrasructure 基础设施建设。金融危机以来，英国为促进创新和刺激经济增长，通过研究理事会和技术战略委员会等机构部署了大量面向企业的创新项目。对相关领域投入的大幅增加，也将为英国合成生物学研究和应用提供更有利的环境。

总体上说，英国政府、产业界和学术界都已经充分地认识到，英国具有合成生物学研究和应用所需的良好研究基础和产业发展环境。将英国现有研究优势充分发挥出来，并大力推动合成生物学的广泛应用，英国将有可能把握这一大好机会，引领全球合成生物学研究和产业发展。

### 3 路线图研究框架和制定过程

正是基于以上考虑,英国将合成生物学作为未来重点发展新兴技术予以高度重视,英国科学与教育国务大臣 David Willits 曾在多个场合呼吁加强合成生物学研究和商业化。2011 年末,英国商业、创新与技能部(BIS)成立了合成生物学路线图协调小组,开始开展路线图研究并制定合成生物学发展路线图,试图通过路线图研究,进一步明确英国合成生物学的发展愿景和目标,确定实现这些目标所需要开展的工作。同时,通过路线图研究搭建一个平台,促进不同的利益相关方进行开放对话和讨论,寻求达成共识,并开始建设全国性的充满活力和得到有力支持的合成生物学研究共同体。

#### 3.1 路线图协调小组

英国合成生物路线图协调组主要由来自产业、学术研究机构和政府部门的人员组成,主席是来自壳牌的 Lionel Clarke,成员包括:葛兰素史克的 Joe Adams 和 Peter Sutton、英国贸易投资总署(UK Trade & Investment, UKTI)的 Janet Bainbridge、欧洲生物信息研究所的 Ewan Birney、爱丁堡大学的 Jane Calvert、生物技术与生物科学研究理事会(BBSRC)的 Amada Collis、帝国理工学院的 Richard Kitney 和 Paul Freemont、技术战略委员会(TSB)的 Paul Mason、工程和物质科学研究理事会(ESPRC)的 Kedar Pandya 和 Talit Ghaffar、伦敦国王学院的 Nikolsa Rose 和 Claire Marris、布里斯托大学的 Dek Woolfson,技术秘书由来自生物技术与生物科学研究理事会的 Andy Boyce 担任。路线图协调组独立开展路线图研究,来自 BIS 的 Ron Egginton 和 David Uffindell 以及政府科学办公室的 Micheal Edbury 以观察员的身份参与路线图研究工作。

#### 3.2 路线图框架

英国合成生物学路线图的理论基础主要来自剑桥大学提出的新兴产业路线图研究,剑桥大学制造业研究所(IFM)全程参与了路线图的制定。路线图协调组集成了各方面智慧,明确了面向 2030 年英国合成生物学发展的路径,特别是按照短期(2012—2015 年)、中期(2015—2010 年)和长期(2020—2030 年)3 个阶段,描绘了各阶段发展愿景和重点。按照路线图的框架,价值链和价值创

造的机会层面是路线图的核心层,发展方向和动力是自上而下对核心层发生作用,技术、促进因素自下而上发挥作用,路线图的主线是时间和市场价值。该路线图按照发展方向和动力、价值链、价值创造机会、能力/技术、促进因素 5 个层面对上述主题涉及的共 40 个要素进行了分析。路线图绘制研究参考了大量近年来发表的相关文献、学术会议和研讨会等广泛来源的资料,并在 IFM 路线图研究组的支持下,对整个研究过程进行设计,力争吸收更广泛的人员参与路线图研究和制定。路线图协调组通过组织安排两次全国性的大型主题研讨会(参会人数超过 70 人),吸引来自产业、公共机构、学术机构和其他组织的代表不同利益相关方的人员参与路线图的制定。

### 4 路线图涉及的 5 个主题

英国合成生物学路线图重点围绕 5 个主题进行分析。

#### 4.1 基础科学和工程

学术机构的创新和多学科的融合是合成生物学发展的重要驱动力,建立并支持多学科研究中心和加强合成生物学人才的培养是目前重点。2007 年,英国研究理事会支持建立了 7 个合成生物学研究网络,对合成生物学发展发挥了重要的作用,目前这一项目即将到期,英国要继续探索在现有的 SIG(Special Interest Group)的基础上,建立一个泛英国的研究网络,通过多种途径(包括新型社交媒体等)促进学术机构之间、学术机构和产业之间的交流与合作,促进不同类型和来源的资助项目之间协调和配合。面对未来产业发展需求,必须进一步加强合成生物学技能的培训,必须加强现有本科学生跨学科教育,应进一步扩大合成生物学有关培训的范围,根据不同阶段学生制定不同培训方案。英国要通过对本科阶段学生进行实验室实地培训、工程设计和建模、社会和伦理等方面的模块化的训练项目,吸引生物、工程和化学等相关领域学生从事合成生物学研究;要在研究生层面应通过跨学科共同指导,在企业进行专业实习以及暑期实习等方式加强跨学科的训练,要求合成生物学学生要有跨学科的学习和训练经历,对合成生物学研究生应开设社会和伦理课程;对企业有关人员,也要开展相应的

课程。此外，考虑到物理和工程技术对合成生物学的重要性，对合成生物学课程的认证要由专业的机构（如 Institute of Engineering and Technology）来进行。

#### 4.2 继续开展负责任的研究和创新

由于合成生物学技术发展还处于早期阶段，其可能带来的风险的不确定性，保证合成生物学技术的开发以对社会负责任的方式进行，并在研究和创新早期就使利益相关者、监管者和公众介入对合成生物学的健康发展至关重要。路线图研究报告中明确提出了负责任的研究和创新的观念，所谓负责的创新不仅仅包括研究和创新活动在有效的风险监管机制之下进行开展，还涉及整个研究和创新生命周期的决策过程中对潜在风险的客观认识。英国已经开始组织在合成生物学方面开展公众对话，并鼓励研究和创新资助者与监管方的交流和对话。实现负责任研究和创新的目标，主要关注两个方面：一是公众的接受，二是有效的监管。

#### 4.3 面向商业应用进行技术开发

合成生物学核心技术以及支撑技术（rapid sequencing, micro fluidics and bio CAD）研究和市场发展迅速，只有整合领先的研究者和产业创新者的力量，整合商业化机会和科学潜力，才能提出新的思想，并催生新的产品供应链。在发现和把握机会的基础上，要做好以下几个方面：

（1）建立创造工业转化流程，为开发新的应用提供新的产业工程方法。

（2）通过支持示范项目，加快技术走向市场的步伐。

（3）整合多方资源，降低商业化和技术开发风险。目前 SBRI 项目在整合政府和产业力量方面十分成功，应该将合成生物学纳入该项目资助范畴。

（4）打造共同体网络。整合科学、工程、社会、监管以及其他方面的相关从业者，共同应对可能对学科发展的需求以及建立标准和法规等方面的挑战。

（5）为合成生物学发展造势。借鉴硅谷、Techcity 等数字产业发展模式，充分利用生命科学学科在世界排名前十的牛津、剑桥和帝国理工等大学优势，整合

研究力量；同时，建立多学科的覆盖全英国的网络，其中包括建立合成生物学创新和知识中心（IKC）。此外，知识产权等问题也是合成生物学发展的重要挑战，如何处理好保护知识产权的同时促进更好的信息交流和资源共享，为技术的商业化创造良好的知识产权环境，是一个非常重要的课题。

#### 4.4 应用和市场

合成生物学是一个具有非常广泛应用领域的平台技术，未来市场的前景也十分巨大。通过路线图研究发现英国在若干应用领域英国都具备实力，并有望从合成生物学快速应用中受益，这些领域也是英国合成生物学应用的重点，包括：药物和医疗、精细和特殊化学品、能源、环境、传感和农业和食品等，以及发展合成生物学需要大量的支撑技术，比如，DNA 设计、DNA 合成、快速测序、生物组件、微流、酶等制造技术，以及 bioCAD 和 ICT 工具等。

#### 4.5 国际合作

由于合成生物学应对全球性问题方面的巨大潜力，未来合成生物学应用的市场一定是全球化的。英国认识到国际合作对合成生物学发展的重要作用，并谋求在国际合作中的主导作用，特别是在标准的制定和国际合作框架等方面尤为关注。基于以上考虑，英国合成生物学国际合作主要包括：

（1）积极扩大英国的影响力，更好地发挥中美英三国六院机制<sup>①</sup>的作用，并推动扩大参与面，比如推动吸收建议英国生物化学学会、英国皇家化学学会、通用微生物学会、工程与技术研究所以及物理研究所等机构和学会组织加入三国六院机制中来；加强外交部（FCO）在合成生物学国际合作中的作用，协助吸引海外投资，使英国的研究机构和企业 在合作中受益；另外，要重视参加和举办国际会议，利用国际会议扩大国际影响。

（2）加强在政策和资助方面的国际合作。在知识全权方面，支持知识产权政策方面的国际合作，加强与 OECD（Organization for Economic Cooperation and Development）和 WHO（The World Health Organization）在相关政策和监管政策方面的合作。在经费投入上，一方面英国应该加强参与欧盟框架计划项目 ERASynBio（ERA-NET in

<sup>①</sup> 美国国家科学院、国家工程院、英国皇家学会、英国皇家工程学会、中国科学院和中国工程院。

synthetic biology) 和新的框架计划 Horizon 2020<sup>①</sup> 等的合作。另一方面, 推广与美国合作的经验, 继续寻求与非欧盟国家联设立联合项目。

(3) 建立国际标准, 把握合成生物学应用的标准需求, 发挥英国标准研究院 (BSI) 在 ISO 认证等方面的基础, 研究制定有关标准, 支持英国企业参与国际竞争。

(4) 国际教育与培训。面向欧盟、美国以及其他国家, 通过暑期学校的方式, 使英国的专家学者更多地参与国际培训活动; 通过特定的计划, 允许博士研究生在不同实验室 (一般分布在不同国家和地区) 完成学习和论文。此外, 开展 iGEM 计划类似的竞赛, 也是吸引学生开展合成生物学研究的重要方式。

(5) 建立国际市场和供应链。帮助英国企业建立国际市场和供应链, 主要抓住 3 个层面的问题: 产业的支持、资金以及伙伴关系。发挥优势, 开发新技术, 靠技术许可等方式获得收益; 刺激终端客户需求, 比如与欧盟合作进行市场开拓, 或者与 UKTI 和 FCO 合作开拓海外贸易。

## 5 促进合成生物学发展的措施

英国商业、创新与技能部是本次路线图研究的资助方, 也是英国研究和创新的主管机构。在上述分析的基础, 路线图研究组提出了以下措施, 以促进英国合成生物学的发展。该研究提出的系列措施已经初步得到 BIS 及有关方面的认可, 可能是未来英国推进合成生物学发展的重点。

### 5.1 建设多个中心组成的跨学科的合成生物学网络

目前英国已经建立了一个合成生物学中心, 但是要想更好的整合各方面的资源, 需要搭建一个学术共同体和产业都能很便捷的获得所需要的智力资源和支撑条件等各方面资源的“一站式”平台。该网络可以采用英国比较成功的产学研合作模式创新和知识中心 (IKCs) 的机制, 更好的促进产业和研究机构的合作。合作网络要能够较好的开展培训, 组织会议等活动, 加强沟通和交流, 同时要撬动其他相关机构的资源和力量, 共同进行合成生物学研究和开发。

### 5.2 打造国家层面的合成生物学共同体

在国家层面要按照路线图提出的 5 个方面重点, 打造具有良好技能、充满活力和得到有力支持的学术共同体。首先要建立一个针对合成生物学的特殊兴趣组 (Special Interest Group), 通过协调发展目标、组织展览和寻找资助等帮助学术共同体开展互动, 进而发现机会。针对负责人的创新目标, 吸收伦理、社会以及监管等各方面利益相关者参与创新过程, 并与更广泛的社会群体进行对话。加强合成生物学人才的培训, 围绕合成生物学发展需求, 培育在关键学科具有较强专业能力并具有跨学科研究能力的人才, 同时, 要加大社会学和商业等方面技能的培训。重视博士研究生在产业经验、社会和伦理等方面的培训, 以及通过暑期学校和短期培训等方式, 针对产业需要进行专门培训。

### 5.3 加大投入, 促进技术发展, 以负责任的方式加速走向市场

合成生物学发展还处在早期阶段, 在价值和商业模式还不十分清楚的情况下, 如何吸引足够的投资, 并使技术发展能够与潜在市场机会较好地结合, 对各方面来说都是一个巨大挑战。英国需要从以下方面着手:

(1) 帮助企业评估合成学市场的潜在机遇, 建立优秀的研究与现实市场机会之间的联系。比如, 帮助企业便捷的接触到该领域的专家和研究设施; 通过设立战略目标刺激市场需求等。

(2) 整合技术战略委员会和研究理事会以及其他投资者的资源, 通过支持小规模的可性研究来支持在广泛的应用领域开展想法验证研究, 并通过大规模的研发项目在具有潜力的领域进行技术示范。

(3) 通过目标性的知识转移计划 (Knowledge Transfer Partnership) 项目, 促进企业更好地利用合生生物学技术。

(4) 保证为创新者提供相应匹配的资源进行伦理、社会、监管以及商业方面的评估, 以保证英国从合成生物学相关的技术开发获得最大收益。

(5) 促进合成生物学研究共同体与监管机构之间的互动, 确保法律框架的持续性, 足以覆盖到不断出现的新的监管对象。更重要的是继续推动将

<sup>①</sup> 该计划拟用 8 000 万欧元打造生物经济。

负责任的研究和创新的观念贯穿到研究资助等各方面活动中。

#### 5.4 保持全球领导地位

在目前全球重视合成生物学发展的环境下，继续巩固英国在技术、标准和监管等方面的领导者地位。政府要积极推动合成生物学的国际化，并且与其他主要国家一道推动开发新的知识产权（IP）框架，平衡好信息的开放交流与专利开发保护之间的关系；与其他国家一起开发有效的、协调的以及能够在全世界应用的规则和监管框架；此外，保持领导地位的另一个重点是使英国成为合成生物学领域会议和高级培训的中心，更好的影响全球合成生物学的发展。

#### 5.5 建立合成生物学领导委员会

鉴于合成生物学发展涉及众多的方面，需要有一个组织进行全面协调，英国要在路线图研究组织结构基础上建立全国性的领导委员会。该委员会将成为英国合成生物学开发的核心，能够代表不同的利益相关方，并能整合和协调各方面的资源，这些资源包括：产业界、领先的研究机构、规则制定者、社会科学家、研究理事会、技术战略委员会、知名学会、NGOs、政府部门以及其他利益相关方。该委员会的原则是公开和透明，每年至少召开3次会议，其中至少一次公开举行，并利用新型社交媒体与公众进行对话；在领导委员会下面要设有分支机构，具体开展比如组织活动、实施监管和推动国际合作等事宜。

## 6 结语

合成生物学是英国重点支持的新兴技术之一，并且将其作为可能引领未来经济发展的新兴产业予以重点支持。英国合成生物学路线图研究吸收了来自产业、学术以及政府各方面的力量，按照最新的路线图理论开展研究，不仅对全球合成生物学技术和产业的发展趋势，英国的优势和目标等多个方面进行了深入分析，按照短期、中期和长期3个时间阶段，从发展方向和动力、价值链、价值创造机会、能力/技术、促进因素5个层面对近40个要素进行了分析，并根据研究绘制了合成生物学路线

图，并且提出了未来发展的主题和重点，明确了政府支持的方向和措施。英国合成生物学路线图的制定方法以及提出的发展重点以及政策措施等都值得我们借鉴。■

#### 参考文献：

- [1] The Royal Academy of Engineering. Synthetic Biology: Scope, Applications and Implications[R/OL]. (2009-05) [2013-02-22]. [http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Synthetic\\_biology.pdf](http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Synthetic_biology.pdf).
- [2] Technology Strategy Board (TSB). Emerging Technologies and Industries – Strategy 2010–2013[R/OL]. (2010-02) [2013-02-22]. <https://www.innovateuk.org/documents/1524978/2139688/Emerging+Technologies+and+Industries+-+Strategy+2010-2013/c589c4b9-2634-4884-9b44-c3454b5ad3d9>.
- [3] UK Synthetic Biology Roadmap Coordination Group. A Synthetic Biology Roadmap for the UK[R/OL]. (2012-07) [2013-02-22]. <http://www.rcuk.ac.uk/documents/publications/SyntheticBiologyRoadmap.pdf>.
- [4] Carlson R. Biodesic 2011 Bioeconomy Update[R/OL]. [2013-02-22]. [www.biodesic.com/library/Biodesic\\_2011\\_Bioeconomy\\_Update.pdf](http://www.biodesic.com/library/Biodesic_2011_Bioeconomy_Update.pdf).
- [5] European Commission. Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe, COM (2012) 60 final[R]. Brussels: European Commission, 2012-02-13.
- [6] BCC Research. Synthetic Biology: Emerging Global Markets[EB/OL]. (2011-11)[2013-02-22]. <http://www.bccresearch.com/report/global-synthetic-biology-markets-bio066b.html>.
- [7] Illumina. Technology/SBS Technology[EB/OL]. [2013-02-28]. [http://www.illumina.com/technology/solexa\\_technology.ilmn](http://www.illumina.com/technology/solexa_technology.ilmn).
- [8] Oxford Nanopore Technologies. About Oxford Nanopore Technologies Ltd[EB/OL]. [2013-02-28]. <http://www.nanoporetech.com/>.
- [9] Anderson M. Human Factors in the Process Industries[EB/OL]. (2010-02-02)[2013-02-22]. <http://www.ergonomics.org.uk/process-industries/human-factors-process-industries/>.

(下转第17页)

术, 吸引所有的用户积极参加到电力市场。

(4) 改造升级境内的陈旧电网。■

参考文献:

- [1] Giordano V, Gangale F, Fulli G, et al. Smart Grid projects in Europe: Lessons Learned and Current Developments[R]. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2011.
- [2] Enel. Smart Grids: Intelligent Networks Driving the Future [R]. Italy: Enel, 2012.
- [3] Enel. The Enel Group: Focus on Network Technologies [R]. Italy: Enel, 2012.
- [4] Talammaca Carlo Figa. Italian Technologies on Renewable Energy “Italian Innovative and Best Practices” Smart Grid [R/OL]. (2012-03-21)[2013-02-25]. [http://aretusa.icee.it/SchemaSite/images/UserImageDir/177/EN/Presentations/CFT\\_Smart%20grids.pdf](http://aretusa.icee.it/SchemaSite/images/UserImageDir/177/EN/Presentations/CFT_Smart%20grids.pdf).
- [5] Enel. Electronic Meters [EB/OL]. (2012-09-06)[2013-02-25]. [http://www.enel.com/en-GB/innovation/smart\\_grids/smart\\_metering/](http://www.enel.com/en-GB/innovation/smart_grids/smart_metering/).
- [6] Robert Heile. Advanced Metering Infrastructure Will Have Unexpected Impacts on Utilities [EB/OL]. [2013-02-25]. <http://smartgrid.ieee.org/march-2011/103-advanced-metering-infrastructure-will-have-unexpected-impacts-on-utilities>.

## Implementation of Italy’s Smart Meters Program and Its Progress

LIU Jie

(Chengdu Municipal Science and Technology Bureau, Chengdu 610042)

**Abstract:** In order to safeguard the national energy security, countries around the world are actively developing the smart grid technology. Energy-starved Italy takes a lead in the application of the smart meters in the world through the large-scale deployment of smart meters. This paper briefly introduces the implementation and features of the program, and analyzes the problems to be solved during the deployment of the program.

**Key words:** Italy; smart meter; smart meter program

---

(上接第6页)

## Introduction and Analysis of Synthetic Biology Roadmap of the UK

LI Zhen-xing

(Chinese Academy of Science and Technology for Development, Beijing 100038)

**Abstract:** Synthetic biology is one of the four priorities of emerging technologies and industries in the UK. UK has made a lot of investment on both scientific research of synthetic biology and its commercialization. Recently, the Department of Business, Innovation and Skill (BIS) set up a special group to draw up the roadmap of synthetic biology in the UK. In this paper, the main contents of the roadmap were introduced and analyzed from five aspects in order to contribute to the policy study and priorities selection of synthetic biology in China. The five aspects are as follows: the importance of developing synthetic biology; UK’s target of leading the global synthetic biology; research framework and making process of roadmap; themes concerning the roadmap; measures to prompt development of synthetic biology.

**Key words:** UK; synthetic biology; roadmap