

日本信息集成型物质材料研发计划研究

徐 斌

(大连高新区管委会, 辽宁大连 116025)

摘要: 材料是社会发展的物质基础, 新材料研发技术是体现一个国家科技发展水平的关键标志。日本作为材料科学传统强国, 2015年制定了MI²I信息集成型物质材料研发计划, 在新材料合成等领域取得了突破性进展, 其发展战略值得我国借鉴。本文考察了MI²I计划的背景及实施过程, 同时分析了MI²I实施的组织架构、政策支撑和取得的主要科研成果, 从多个角度阐释了日本信息集成型物质材料研发计划在交叉学科领域的战略地位和发展方向, 为我国制定相应领域战略规划提出了建议。

关键词: 日本; 材料基因组; 信息集成型物质材料研发计划

中图分类号: G322.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.03.006

材料是社会发展的物质基础, 材料创新是各种颠覆性技术革命的核心, 新材料研发技术是体现一个国家科技发展水平的关键标志。在美国2012年财政预算中, 新增了1亿美元用于支持一项名为“材料基因组”(Materials Genome Initiative, MGI)的创新计划。该计划结合已知的可靠实验数据, 用理论模拟去尝试尽可能多的真实或未知材料, 建立其化学组分、晶体和各种物性的数据库, 并利用信息学、统计学方法, 通过数据挖掘探寻材料结构和性能之间的关系模式^[1], 把成分—结构—性能关系的数据库与计算材料设计结合起来, 以期加快材料研发速度、降低材料研发的成本、提高材料设计的成功率, 从而缩短材料开发的时间跨度^[2]。

该计划的发布引发了新材料研发的革命, 多个国家争相开展布局, 不断加大投入。日本作为材料技术研发强国, 紧随美国的脚步, 于2015年公布了被称为日本版材料基因组计划的“信息集成型物质和材料研发计划”, 本文对日本信息集成型物质

材料研发计划出台的背景、具体实施体系以及相应硬件平台、支撑政策、科研成果等进行分析, 以期为我国相应科研计划的制定带来借鉴和参考。

1 日本信息集成型物质材料研发计划的出台

1.1 跨学科概念的融合

材料基因组这个名词的出现有感于人类基因组计划的成功, 但迄今为止并无特定的科学定义, 仅作为一种新型材料研发模式的代称^[3]。材料基因组(Materials Genome)这一概念由美国宾夕法尼亚州立大学材料系教授刘梓葵^①在2002年创立材料基因组公司时提出。后经美国白宫科学与技术政策办公室同意, 这个名字被美国“为提高全球竞争力的材料基因组计划”采用^[4]。

金融危机之后, 美国政府意识到制造业是提升国家安全和竞争力的关键。而作为“先进制造伙伴计划”^[5]的重要组成部分, 材料基因组提出了崭新的材料研发模式, 即通过融合计算工具、

作者简介: 徐斌(1984—), 男, 博士, 高级经济师, 主要研究方向为中日科技、经济创新战略及政策分析。

收稿日期: 2019-01-26

① 刘梓葵, 男。1982年7月、1985年7月、1992年2月分别获得中南大学学士(冶金工程)、北京科技大学硕士(材料学)和瑞典皇家工学院博士学位(物理冶金)。先后在瑞典皇家工学院, 美国威斯康辛麦迪逊分校和美国QuesTeck Innovation公司工作。现为美国宾夕法尼亚州立大学材料系教授, 2008年被聘为中南大学教育部长江学者讲座教授。

实验手段、专用数据库三大模块,实现新材料研发由“试错法”向“理论预测、实验求证”模式的转变^[6],从而达到提高材料高级科学发现、降低研发成本、缩短材料研发周期、支撑先进制造和高新技术发展的目的。

材料基因组借用生物学中的基因概念对传统材料科学中的物质元素组合进行表述,表明了信息技术、计算科学等多种学科对材料科学的影响和促进,也反映了近年来多学科联合研发、跨学科概念融合的大趋势。日本近年来此类跨学科融合的概念也常见诸报端,如日本政府在《集成创新战略2018》^[7]中公布的“登月型(Moon Shot)研发计划”,则是借用了航空领域登月的概念,表达了其在癌症治疗、人工智能等领域实现飞跃性突破发展的愿望。日本学界对跨学科融合概念有高度的认同感,在美国材料基因组计划发布后,日本政府也给予了极高的重视,尝试了一系列在材料研发领域的多学科融合发展的措施。

1.2 日本版材料基因组计划的诞生

日本作为材料研发传统强国,在美国公布材料

基因组计划后感到了严重的危机感,在材料领域相继发布了一系列工程计划(见表1)。2012年,日本文部科学省发布了新学术领域大型科研计划——“纳米结构信息的前沿拓展”,开始了纳米级的材料信息解析;2014年,日本内阁府发布“创新结构材料”计划,开始了以高强度、高耐热、高轻便为目标的新型材料合成;2015年,日本新能源和产业技术综合开发机构(NEDO)启动“超尖端材料超高速研发基础技术项目”,日本科学技术振兴机构(JST)启动“理论、实验、计算科学与数据科学融合的尖端材料信息解析基础技术架构”研究,同年,作为科学技术振兴机构创新中心建设计划之一,国立科研单位物质和材料研究机构(NIMS)提出了“信息集成型物质和材料研发计划”(Materials research by Information Integration Initiative, MI²I),在蓄电池材料、磁性材料、导热控制、热电材料等领域开展数据驱动型的新型研究,以构筑数据驱动的信息化物质探索和材料研发新模式。MI²I计划被认为是日本版的信息集成型物质材料研发计划,至此,日本在材料基因组领域也正式开始了与欧美比肩的研究和探索。

表1 日本材料基因组领域的相关立项

主管部门	项目名称	开始时间(年份)
文部科学省	纳米结构信息的前沿拓展	2012
内阁府	创新结构材料	2014
新能源和产业技术综合开发机构	超尖端材料超高速研发基础技术项目	2015
科学技术振兴机构	理论、实验、计算科学与数据科学融合的尖端材料信息解析基础技术架构	2015
科学技术振兴机构	信息集成型物质和材料研发计划	2015

资料来源:瑞穗信息总研2018报告《材料研发的新潮流》^[8]。

2 日本信息集成型物质材料研发计划的实施

2.1 研究目标

日本MI²I由科学技术振兴机构负责牵头制定,由物质和材料研究机构作为核心实施单位负责具体执行。该计划利用最尖端的数据解析手法,将材料科学领域庞大的数据群进行信息化整合,在不断完善数据库的同时,综合利用材料科学、信息科学、数据科学等多学科的研究方法和研究工具,打造“信

息集成型材料研发系统”并形成共享平台,以实现短期内有效应对产业界的课题,形成物质材料学科的新格局。

具体方案为:首先,在扩充现有物质材料数据库“MatNavi”的同时,整合有偿使用信息系统,构筑“信息集成型物质材料研究”的核心数据库。其次,将各个研究所积累或新采集的材料数据高效地导入数据库,实现服务于材料研发需求的数据收集、管理和使用一体化平台化解决方案。在此基础

上，开展系列“种子科学研究”，用数据科学手法发掘材料形成过程、结构、特性、效能等方面的相关关系，开发能够预测材料特性的新型材料设计方案。同时，将已有的物理、化学、材料学等各学科的相关理论和实验数据融入信息科学、数据科学，研发针对材料学的信息处理方法，加速新材料的研发。

此外，该计划广泛重视产学研联合，向产业界

和社会广泛征集课题，网罗材料、信息、数据三大领域的顶尖专家，组成“信息集成型材料科技”的技术和人才架构，并确立新型研究方法的标准体系，以“蓄电池材料”“磁性材料”“导热控制材料”三大方向为课题目标，通过导入人工智能等最新信息技术，构建更高效的材料数据平台，进一步扩展材料研究的组合可能，实现以信息集成引导新材料探索的新型材料研发体系。具体可归纳为如图1所示。

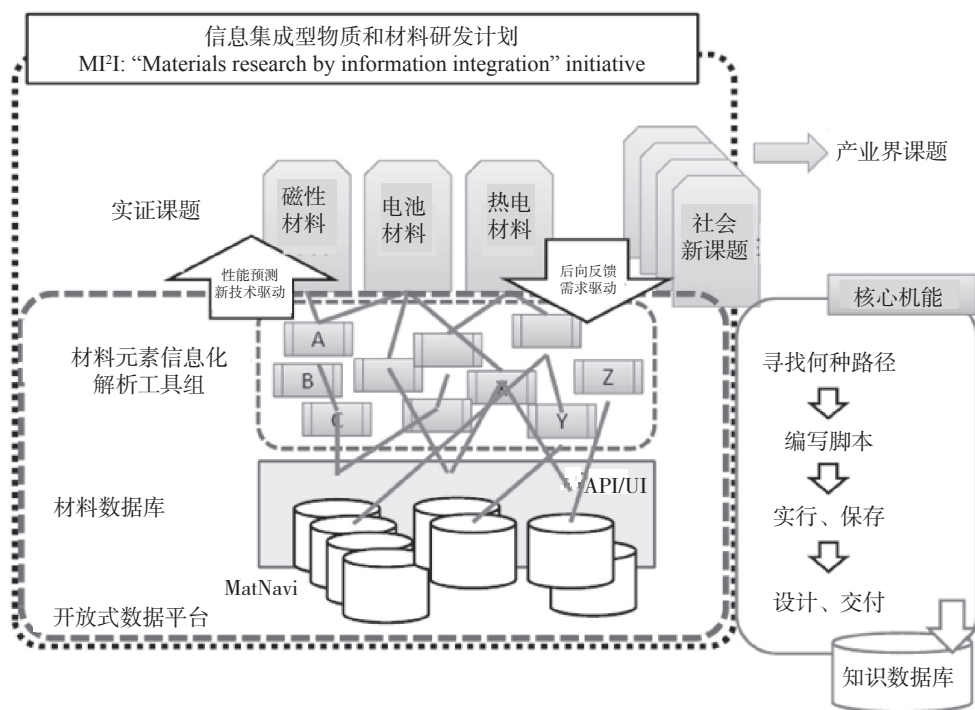


图1 日本信息集成型物质材料研发计划目标分解

资料来源：日本科学技术振兴机构《MI²概要》^[9]。

2.2 研究方法

相对于传统材料科学中研究给定材料性能的“顺向思维”模式，信息集成型物质材料研发计划注重从需求定义出发，采用“逆向思维”模式，针对希望获得的材料性能，寻找满足相应条件的材料及物质元素组合（如图2所示）。而这一思维模式转变的实现，离不开人工智能及大数据分析等尖端信息技术的介入。

MI²的主要实施单位——物质和材料研究机构作为日本材料科学的主要科研单位，拥有众多世界顶级的科研平台，其在材料领域拥有大量实验数据，但很多因为无法实现成果转化而没能得到应用。近年来，日本超级计算机“京”等的快速发展，以及

基于机器学习和深度学习的人工智能的广泛应用，为庞大数据群的分类解析提供了技术支撑，也为导入以往未能广泛应用的大量实验数据、打造更多元化的高效数据资源库提供了平台拓展。

然而，单纯的机器学习得到的相关关系仅能表示描述变量和材料性能之间的关系，无法建立物质维度与性能维度的直接联系，因此该计划的实施还必须依赖于精通材料科学的实验研究员和精通数理分析的计算机学者的相互合作，只有建立描述变量维度、物质维度、性能维度等多重相关的高度集成数据资源平台，才能实现更精准、更高效的新材料研发，解决社会及产业发展的重要课题。

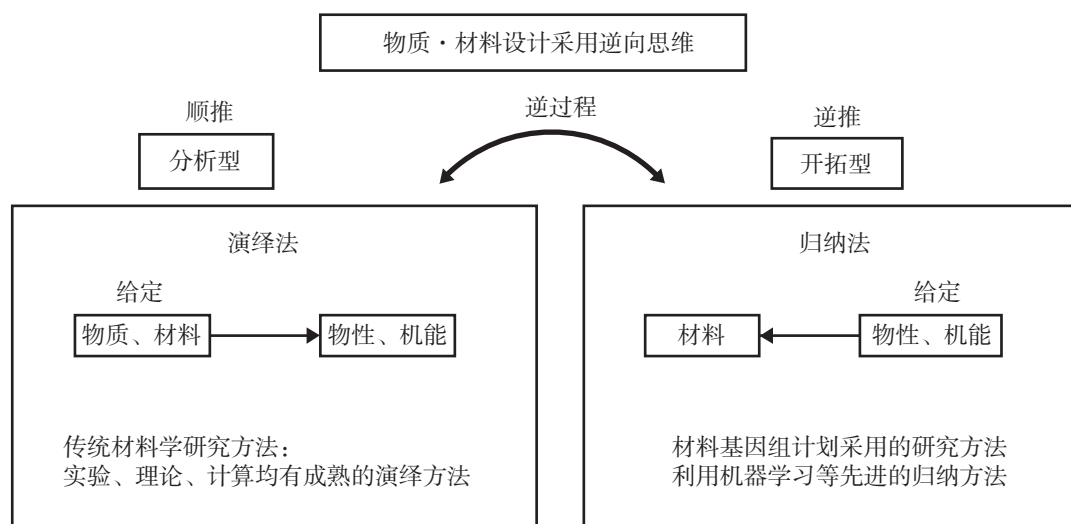


图2 日本信息集成型物质材料研发计划主要研究方法

资料来源：山下智《信息集成型物质和材料研发计划介绍》^[10]。

2.3 组织架构

为推进信息集成型物质材料研发计划的实施，日本MI²I采用了由物质和材料研究所、日本科学技术振兴机构及各大学及科研机构联合参与的组织架构，具体如图3所示。该组织由物质和材料研究所理事长作为总负责人，物质和材料研究所另派一名理事在理事长领导下分管相关工作。同时，成立MI²I项目会议，由物质和材料研究所以及日本科学技术振兴机构共同派人组建，负责对项目的具体运营的评审及管理。针对3个主要研究方向，项目会议下设具体科研课题组，由东京大学、大阪大学、东北大学等学校与产业技术综合研究所(AIST)、统计数理研究所等科研机构共同参与。同时，为进一步扩大产学研各界的参与和合作，在核心课题组之外，MI²I又设立了联盟，以会员加入的形式，向会员开放数据平台的使用，广泛吸纳企业及大学科研人员参与。

该组织架构的设计主要有三重考虑：第一，充分保障计划实施主体物质和材料研究所的核心地位。物质和材料研究所理事长是总负责人，分管理事负责具体工作，且中心主任、副主任等主要管理职务均由物质和材料研究所人员担任。第二，日本科学技术振兴机构对项目运行进行监督并对科研成果进行管理。日本科学技术振兴机构作为该计划发起主体，虽以委托形式将具体科研任务交由物质和材料研究所进行实施，但其在项目评审会中直接担任项目经理人，此外还负责运营材料科学最核心内

容的数据库。第三，充分发挥产学研各界学科带头能力。针对蓄电池、磁性、热导材料等不同课题的研究，MI²I从各大学及科研机构广泛聘请行业专家作为课题组长，同时设立联盟(Consortium)机制，促进会员单位平台数据共享，共同参与项目开发。

2.4 推进体系

日本MI²I设立了以“蓄电池材料”“磁性材料”“热电材料”为核心的三大导向课题，为推进这三大课题研究，MI²I制定了三层推进体系。

第一层是整合产业界和学术界在材料科学领域的庞大数据群，形成国家拥有知识产权的新数据共享平台，以此作为信息集成型物质材料研发计划研发新材料的底层基础支撑。第二层是将人工智能、大数据分析等前沿信息技术用于材料领域，研发能够针对不同物质、元素提取描述性变量，分析晶体构造、材料性能，并能设计符合需求的材料最佳构成配比的最新开发工具，实现信息科学与材料科学的融合。此层是该计划现阶段的主要发力点。第三层是形成系统化的技术解决方案，在重点课题的研究领域形成突破，实现按需求定义新材料的研发，缩短新材料开发周期，实现材料科学的创新发展。

同时，为了广泛吸纳产学研各界的力量形成合力，该计划在推进时鼓励大学、企业及其他科研机构积极参与，它们既可以作为需求的提供方提出问题供各方共同研究，也可以作为技术的提供方提出解决方案与各方开展联合研究，共享科研成果。其

推进体系可用图 4 来概括。

2.5 联盟制度

日本 MI²I 在推进产学研各界联合参与的实施计划中，设计了联盟制度。参与计划的各大机构或科研人员可以以法人或个人名义加入联盟，共享 MI²I 数据库。

2.5.1 联盟组成

该联盟是日本 MI²I 的重要组成部分之一，联

盟由物质和材料研究所牵头成立，该机构集成型物质材料研发信息基础部部长作为联盟总负责人，再由物质和材料研究所派出若干机构职员作为联盟组织管理部门，负责联盟的运营和会员的管理。

联盟会员分为法人会员和学术会员两类。法人会员面向企业、大学、研发机构等法人组织，以法人名义加入；学术会员面向个人，隶属各大学或科研机构的个人可以以个人名义申请成为学术会员加

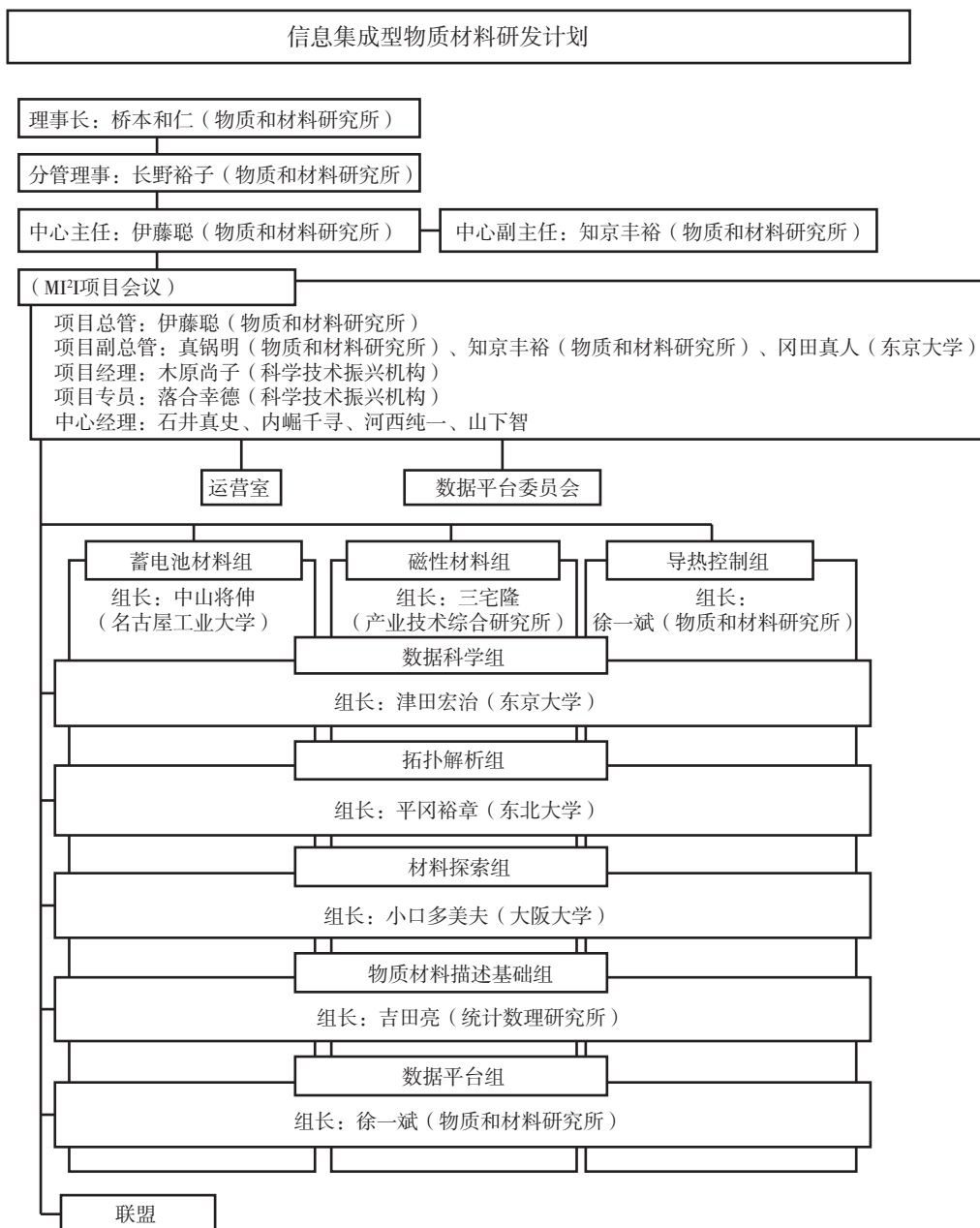
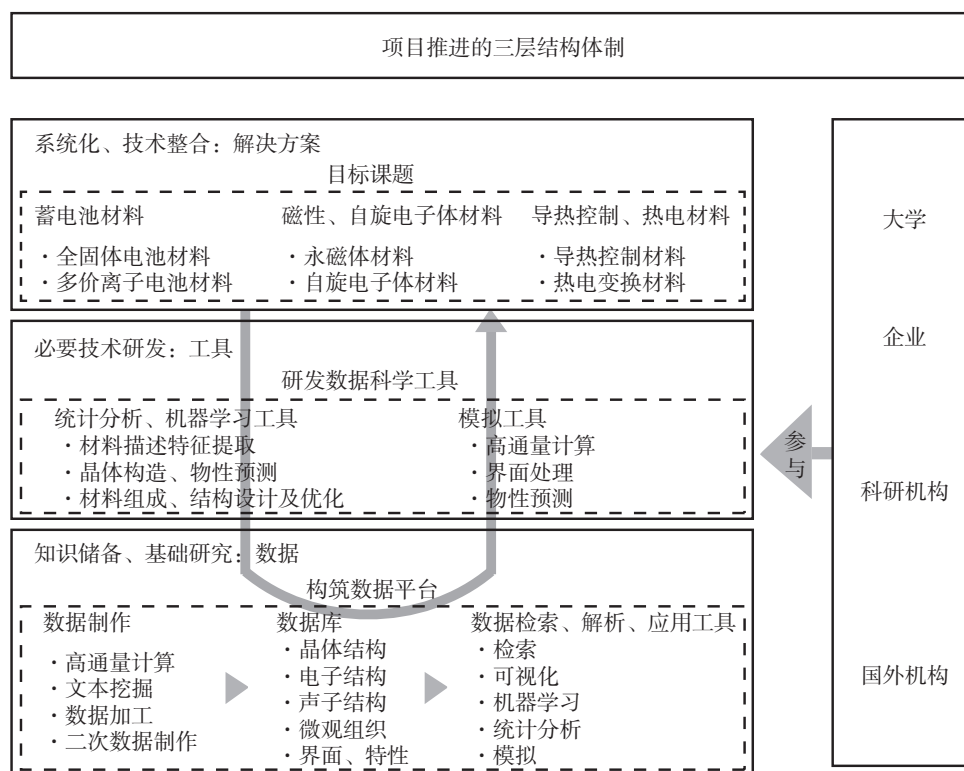


图 3 日本 MI²I 组织架构

资料来源：MI²I 官方网站资料^[11]。

图4 日本MI²I推进体系

资料来源：MI²I官方网站资料^[11]。

人。申请者需在信息技术、数据分析、材料科学领域有明确专业背景，能够证明可对MI²I计划的目标达成作出贡献，在提出申请的基础上经联盟总负责人审核通过才能加入^[12]。

目前，该联盟拥有法人会员82家，学术会员11名，涵盖东京大学、京都大学、东北大学、大阪大学、名古屋大学、名古屋工业大学、东京工业大学、北海道大学、北陆先端技术大学及产业综合研究所、统计数理研究所等众多著名高校和科研机构^[13]。

2.5.2 会员权利义务

联盟会员不收取任何会费，可以共同参与MI²I的研发课题，共享MI²I构筑的数据平台（包括MatNavi的实验数据和新研发的解析工具），加入该计划形成的全球性专家网络，共同开展研究，共享最新科研成果。

同时，联盟会员也有定期报告研究成果的义务，要求会员必须在联盟内部公开所取得的研究成果，并不得将成果泄露至除联盟会员外的任何第三方。

2.5.3 知识产权管理

对于联盟会员在联盟内开展研究所取得成果

的知识产权问题，联盟规定知识产权权益属于发明人或发明人所在机构，由权益人负责相关知识产权的申报和后续维护工作。

以上内容均在会员加入时以协议形式明确，并具有相应的法律效应，形成了对加盟者权益的保护和会员间、会员与联盟间争议的约束机制，有利于日本在更广泛的层面推行MI²I信息集成型物质材料研发计划。

3 日本信息集成型物质材料研发计划的政策支持

日本作为材料科学和信息科学的传统强国，在这两个学科融合而成的信息集成型物质材料研发计划中也显示了取得世界领先地位的决心。日本MI²I也得到了国家相应的政策支持，主要有日本科学技术振兴机构的“创新中心构建支持计划”以及物质和材料研究所的“创新材料研发能力强化计划”。

3.1 创新中心构建支持计划

3.1.1 政策背景

日本《科技创新综合战略2014》中提出，日本为世界“最适宜创新的国家”，需进一步加强对

科研机构的支持，促进其在国际竞争中获得优势地位，成为引领国家科研能力提高的核心。在此背景下，日本出台“创新中心构建支持计划”，由日本科学技术振兴机构牵头，面向科研机构，支持其体制机制改革，实施战略立项，建设创新中心^[14]。

该计划采取向科研机构公开募集的方式，由日本科学技术振兴机构对应征课题进行筛选，与被选中课题单位签署委托协议，委托该单位作为实施机构，推进创新中心的建设。物质和材料研究所作为日本物质、材料研发核心部门，在此计划施行伊始即将 MI²I 作为国家创新中心进行申报，并率先得到了批准。

3.1.2 支持内容

日本科学技术振兴机构向物质和材料研究所提供每年上限为 4.5 亿日元（约 2 700 万元人民币）的支持经费，最多连续支持其 5 年，其经费用于支持其下列内容：

(1) 不同学科跨领域融合开放创新。

(2) 人才整合（包括跨学科人才配置、培养和人才交叉互换等）。

(3) 从基础研究到核心技术研究、技术集成的科研成果最大化。

自 2015 年至今，日本 MI²I 每年都得到了创新中心构建支持计划的经费支持。

3.2 创新材料研发能力强化计划

3.2.1 政策背景

日本科学技术振兴机构经费主要用作创新中心构筑及运营的人工费用、调研费用及跨学科人才、机制整合费用，但不足以涵盖科研机构确保其核心研发能力的研发费用投入。物质和材料研究所为确保其在材料领域的世界领先地位，又提出了创新材料研发能力强化计划，该计划旨在促进物质和材料研究所创造出世界材料科学最尖端的科研成果，促进其成为引领日本创新能力的核心机构，其内容涉及 MI²I 核心的材料数据库建设，这也可视作日本对信息集成型物质材料研发计划支持的重要举措之一。

3.2.2 支持内容

创新材料研发能力强化计划又称 M3（M-cube）计划^[15]，M 即指材料的英文 Materials，其核心内容由 3 个方面组成。

Materials Open Platform（MOP）：构筑开放平台，推进产业界与科研机构联合开展创新研究。

Material Global Center（MGC）：构筑国际创新中心，集聚全球优势人力、物力、财力资源。

Materials Research Bank（MRB）：整合材料领域世界最高水平数据库及最先进硬件设施，最大限度发挥 MOP、MGC 效用，创造世界最高水平的科研平台。

此计划开始于 2017，被列入日本科技发展预算，2017 年度预算额约为 16 亿日元（约 9 600 万元人民币），2018 年度预算额为 19 亿日元（约 1.14 亿元人民币），由国家交付给物质和材料研究所专项使用^[16]。

4 日本信息集成型物质材料研发计划的结果和评价

4.1 主要成果

日本信息集成型物质材料研发计划自施行以来，以物质和材料研究所为核心，其与各大学及科研机构联合取得了众多科研成果，2015 年至今，物质和材料研究所官网披露的在各大期刊杂志发表的成果达 153 件。主要有：物质和材料研究所与东京工业大学、京都大学共同发表的“新型红色发光材料的发现和合成”；物质和材料研究所与东京大学发表的“基于机器学习的导热材料纳米结构最优设计”，物质和材料研究所与东北大学发表的“持续同调（Persistent Homology）解析”等。此外，物质和材料研究所与东京大学、统计数理研究所也研发了诸多用于数据解析和机器学习的基础软件工具，如 COMBO（机器学习中的贝叶斯最优算法插件）和 iqtps（根据希望的结构和物性寻找候补分子的 R 语言包）等^[17]，目前 MatNavi 平台上提供的开放使用的计算、分析工具已达 237 种。

其中，新型红色发光材料 CaZn_2N_2 的发现和合成最具有代表性。该研究首先明确目标为研发不使用稀有元素的红色发光半导体材料，根据这一目标，建立了由富足元素组成的实验样本群，并通过人工智能分离出符合条件的 582 种已知和未知的氮化合物。其次，根据对材料稳定性、发光性、发光波长等条件的要求，进一步进行计算筛选，选出了有望合成的 21 种氮化物。此后，在这 21 种氮化物中选择迄今未被合成，且仅由自然界中广泛存在的钙、锌、氮元素组成的化合物，由此筛选出了 CaZn_2N_2 作为合成实验对象。最后，研究人员利用

高压合成制备出了 CaZn_2N_2 ，并验证了和预测一致的晶体结构和红色发光的性能。

此实验严格遵循材料基因组技术的研究方法，从目标及需求出发，通过先进的数据分析技术筛选并确立了可能的元素组合，短时间内提出了包括多种未知化合物的解决方案。最后合成验证的结果证明了筛选组合的正确性，从实践上证明了材料基因组技术的可行性，也标志着日本信息集成型物质材料研发计划取得了阶段性的成功。

4.2 评价结果

信息集成型物质材料研发计划作为日本打造世界创新中心的重要一极，获得了日本科学技术振兴机构“创新中心构筑支持计划”的经费支持，按规定也要接受评审委员会的定期评估。2017年，“创新中心构筑支持计划”评审委员会对包括 MI²I 在内的 4 个获支持的计划进行了评估，其评估内容和标准如表 2 和表 3 所示^[18]。

MI²I 提供了供产学研主体广泛参与的数据共享

表 2 创新中心构筑支持计划评估事项

评估项目	评估内容
创新中心建设及法人体制改革	<ul style="list-style-type: none"> · 中心建设及运营战略的实现情况 · 组织、运营机制建设情况 · 与其他机构合作情况 · 人才整合情况 · 技术和信息的掌握情况 · 面向社会产业化应用的情况 · 人才培养等其他情况
研发情况	<ul style="list-style-type: none"> · 科研成果的产出情况 · 竞争性经费等外部资金的获得情况 · 向企业提供科研资源情况
未来前景	<ul style="list-style-type: none"> · 作为中心的发展前景及可持续性 · 发展路线图
综合评价	<ul style="list-style-type: none"> · 结合前述 3 项综合评价

资料来源：日本科学技术振兴机构官网。

表 3 创新中心构筑支持计划评分标准

评价等级	评价基准
S	有突出的进展，可期待成为卓越的创新中心
A	有切实的进展，可期待成为完备的创新中心
B	部分地方进展不足，通过努力改善，可以期待成为完备的创新中心
C	进展不足，要成为完备的创新中心需要改变计划及努力改善运营
D	进展显著不足，无法成为创新中心，停止继续支持

平台，并围绕产业需求，形成了良好的共同研发体制，在人才配备和创新中心机制体制建设领域得到了较高的评价。同时，MI²I 也取得了多项世界性的科研成果，得到评委会的认可，认为其取得的成果超出预期。最终，评委会认定 MI²I 计划进展扎实有效，给予了其综合等级 A 级的评价^[18]。

5 对我国开展材料基因组计划的启示

我国作为材料产业大国，近年来在材料科学的论

文数量及质量上已经超越美国、日本，跃居世界第一。但另一方面，根据有关资料，中国关键材料的自给率只有 14%，我国的材料工业水平较发达国家仍有一定差距。世界各国纷纷推行材料基因组相关计划后，可以预见新材料研发周期将有望大大缩短。因此，我国也应借鉴先进国家经验，发展自己的信息集成型物质材料研发计划。结合上文，就日本 MI²I 的实施经验，我国可考虑从以下方面借鉴。

第一，确立核心牵头机构，设立重大基础科研专

项。日本物质和材料研究所作为日本材料研究核心机构，一直引领日本材料科学科研发展，我国也亟需发挥各科研院所专长，在材料科学领域树立“领头羊”，设立重大基础科研专项，明确其牵头单位的领导地位，鼓励全国相关领域优势科研资源流动整合，打造世界领先的材料科研机构。此举可以集中全国优势力量，避免各科研院所各自为战，也有利于科研成果的管理和稳定传承，形成可持续发展的科研创新机制。

第二，打造核心数据资源库，创立开放共享平台机制。材料科学的发展离不开基础实验数据，日本材料科学的强盛也得益于其打造的世界最大的材料数据库 MatNavi，这也是日本信息集成型物质材料研发计划实施的核心基础。我国在材料科学领域积累了大量科研数据，也需要具备先进硬件及通信设施的国家级数据平台对相关数据进行统一管理，同时，必须打造开放共享的数据化平台，引导科研机构 and 人员利用数据平台进行研究，实现计算工具、实验工具、实验结果的开放共享，促进各方合作形成合力，加速我国材料科学发展。

第三，提供灵活政策机制，促进产学研各界广泛参与。日本信息集成型物质材料研发计划为了实现各界共同参与，设立了联盟化的参与机制，并通过具体制度保护了参与者的知识产权，实现了各方利益的一致性。我国也应当出台促进产学研合作的引导政策，调动一切专业力量从事相关领域的研究，这也有助于基础研发与产业界应用紧密结合，实现问题导向、需求导向的创新研发。

第四，注重复合型人才培养，建立跨学科人才交流机制。材料基因组计划本质上是信息科学与材料科学的融合，区别于此前材料科学偏重于化学专业的人才背景，材料基因组计划的实施需要更多精通算法和数据解析的数理专业人才。因此，培养既懂材料学、又熟悉计算科学的复合人才是整个计划实施的关键。我国应在学校阶段开始注重复合型人才的培养，同时鼓励材料和计算机各自领域专业人才的横向交流，打造具有复合专业背景的人才梯队。

第五，引入先进分析技术，引导尖端技术服务基础科研。材料基因组的研究采取逆向推理的过程，由需求目标寻找可能的元素组合条件，机器学习、深度学习等先进技术起到了关键的作用。一方面我国应继续鼓励相关信息技术的研发，打造更多

的解析、模拟工具实现平台化共享，为全体材料研究人员服务；另一方面也必须树立先进技术服务基础科研的导向，引导大数据、人工智能等领域的最先进科研成果在材料研发等基础科学领域首先开展应用，创造尖端技术服务基础研究的良性科研生态。

6 结语

材料基因组计划作为一门新兴学科，正在引领材料产业开始新一轮变革。本文以日本信息集成型物质材料研发计划 MI²I 为参考，考察了其出台的背景以及实施的过程。同时，对推进 MI²I 实施的组织架构、硬件配备、政策支撑、科研成果等均做了较详细的分析，从多角度阐释了日本信息集成型物质材料研发计划在材料科学领域的地位和作用。日本作为材料学传统强国，其信息集成型物质材料研发计划的推出建立在其多年来在信息科学、数据科学、计算科学以及材料科学等多学科领域深厚的积淀上。我国作为材料产业大国，材料科学的发展直接决定了“中国制造 2025”计划的实施，本文通过对日本信息集成型物质材料研发计划的分析，也提出了我国发展材料基因组计划的建议，在美国、欧盟和日本等国家和地区都已经启动材料基因组计划的当前，我国在相关领域也可以借鉴其他国家和地区的成功经验，在“十三五”时期多措并举，做好顶层设计，实现材料科学的新一轮爆发性增长。■

参考文献：

- [1] 陈立泉. “信息集成型物质材料研发计划”——我国材料界的机遇与挑战 [C]. 中国工程院化工、冶金与材料工程学部第九届学术会议论文集. 中国科学院物理研究所, 2012: 643.
- [2] 万勇, 黄健, 冯瑞华, 等. 浅析美国“信息集成型物质材料研发计划” [J]. 新材料产业, 2012 (7): 62-64.
- [3] 汪洪, 向勇, 项晓东, 等. 材料基因组——材料研发新模式 [J]. 科技导报, 2015, 33 (10): 13-19.
- [4] Office of Science and Technology Policy of United States, National Science and Technology Council. Materials Genome Initiative for global competitiveness [EB/OL]. (2011-06-24) [2018-12-01]. <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/materials-genome-initiative-final.pdf>.

- [5] 屠海令, 张世荣, 李腾飞. 我国新材料产业发展战略研究 [J]. 中国工程科学, 2016, 18 (4) : 90-100.
- [6] 李丹. 材料基因组工程, 创新材料研制模式——访计算材料学专家, 北京航空航天大学孙志梅教授 [J]. 航空制造技术, 2017 (7) : 22-24.
- [7] 閣議決定. 統合イノベーション戦略 [EB/OL]. (2018-06-15) [2018-12-01]. https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/tougo_honbun.pdf.
- [8] みずほ情報総研株式会社. 材料開発の新潮流 [EB/OL]. (2018-03-15) [2018-12-01]. https://www.mizuho-ir.co.jp/publication/report/2018/mhir15_mi_01.html.
- [9] 科学技術振興機構. 情報統合型物質・材料開発イニシアティブの概要 [EB/OL]. (2017-02-02) [2018-12-02]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/nanozai/7kai/siryoy2-2-1.pdf>.
- [10] 山下智. 情報統合型物質・材料開発イニシアティブ (MI²I) の紹介 [EB/OL]. (2016-09-16) [2018-12-02]. <http://jom.jsiam.org/13883/>.
- [11] 伊藤聡. 日本信息集成型物质和材料研发计划 (MI²I) [EB/OL]. [2018-12-01]. https://www.nims.go.jp/MII-I/about/index_m.html.
- [12] 統合型材料開発・情報基盤部門情報統合型物質・材料研究拠点運営室. MI²I コンソーシアム会則 [EB/OL]. [2018-12-01]. <https://mi-square.nims.go.jp/consortium/content/files/MI2IConsortiumRules.pdf>.
- [13] 日本内閣府, 文部科学省. 情報統合型物質・材料開発イニシアティブの状況について [EB/OL]. (2016-01-02) [2018-12-03]. https://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/nanozai/2kai/nano02_siryoy2-2.pdf.
- [14] 日本科学技術振興機構. 科学技術振興機構報 第1107号 [EB/OL]. (2015-06-07) [2018-12-03]. <https://www.jst.go.jp/pr/info/info1107/besshi3.html>.
- [15] 日本文部科学省. 文部科学省におけるオープンサイエンスの推進について [EB/OL]. (2018-01-25) [2018-12-03]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/yusikisha/20180125/siryoy2.pdf>.
- [16] 日本文部科学省. 平成30年度予算(案)主要事項 [EB/OL]. (2018-01-16) [2018-12-03]. http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afiedfile/2018/01/16/1400422_2.pdf.
- [17] 第3回イノベーションハブ構築支援事業評価委員会(中間評価)評価コメント. 情報統合型物質・材料開発イニシアティブ, 物質・材料研究機構 [EB/OL]. (2018-01-21) [2018-12-03]. <https://www.jst.go.jp/iHub/files/hyouka-nims.pdf>.
- [18] 日本文部科学省. イノベーションハブ構築支援事業中間評価報告書 [EB/OL]. (2018-01-12) [2018-12-03]. <https://www.jst.go.jp/iHub/files/hyouka-summary.pdf>.

Study on Japan Materials Research by Information Integration Initiative

XU Bin

(Dalian High-tech Industrial Zone, Dalian, Liaoning 116025)

Abstract: Material is at the heart of physical infrastructure that social development needs, and R&D on new materials marks a country's technology development level. As one of the traditional powers in material science, Japan formulated the MI²I Materials Genome Initiative in 2015, and made breakthroughs in the fields of new material synthesis. Its development strategy is worth learning. This paper reviews the background and implementation process of Japan's Material Genome Strategy and analyzes the organization structure, incentives and main achievements of MI²I implementation. On this basis, this paper explains the strategic importance and future orientations of Japan's Materials Genome Initiative in the cross-disciplinary field from various perspectives, and puts forward suggestions for China to formulate strategic plan concerned.

Key words: Japan; materials genome; MI²I