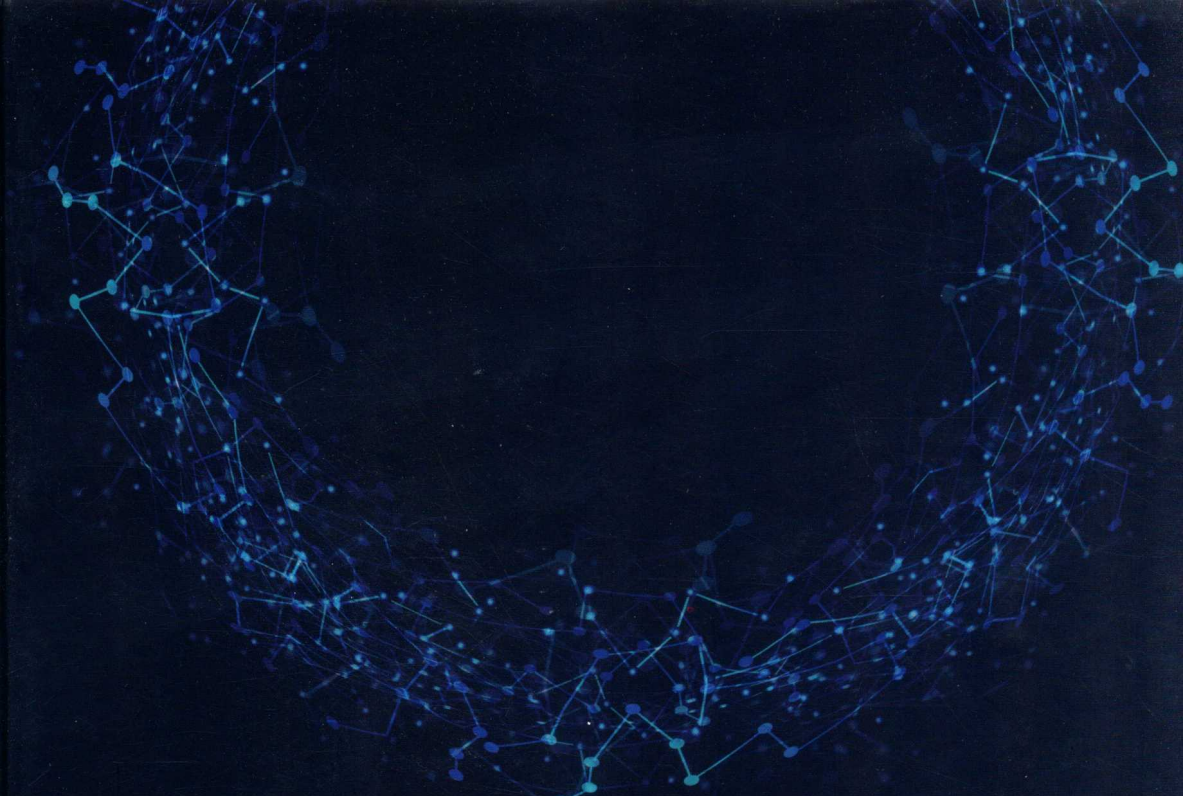




新兴技术 未来分析理论方法 与产业创新研究

黄鲁成 吴菲菲 李欣 苗红 等著



科学出版社

国家社会科学基金重大项目（11&ZD140）资助

新兴技术未来分析理论方法 与产业创新研究

黄鲁成 吴菲菲 李欣 苗红等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从我国创新驱动发展的现实需求出发,展现了新兴技术未来分析理论方法与产业创新研究的最新成果。全书由上篇“新兴技术未来分析理论方法研究”与下篇“产业创新与新兴产业发展研究”组成。上篇内容包括新兴技术未来分析理论方法基础、新兴技术发展规律及分析方法、面向新兴技术研发的识别方法、新兴技术应用领域演化规律与跨领域评价、新兴技术应用效应评价和新兴技术应用对策研究。下篇内容包括产业创新与新兴产业发展的研究主题及内容的“伞”结构、战略性新兴产业评价标准与选择、产业创新与新兴产业演化规律研究、新兴产业关联特征性及发展研究、新兴产业共性技术识别与发展研究、新兴产业风险评估与预警研究。

本书既可以作为技术管理、技术与产业创新方向研究生的参考书,也可以用于指导企业选择研发方向,以及相关政策制定者把握技术与产业创新发展的规律。

图书在版编目(CIP)数据

新兴技术未来分析理论方法与产业创新研究 / 黄鲁成等著. —北京: 科学出版社, 2018.4

ISBN 978-7-03-057147-2

I. ①新… II. ①黄… III. ①高技术发展—研究 ②新兴产业—产业发展—研究 IV. ①F062.4 ②F264

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 077500 号

责任编辑: 徐 倩 / 责任校对: 孙婷婷
责任印制: 霍 兵 / 封面设计: 无极书装

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 4 月第 一 版 开本: 720 × 1000 1/16

2018 年 4 月第一次印刷 印张: 22 3/4

字数: 459 000

定价: 220.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言

“新兴技术未来分析理论方法与产业创新研究”(11&ZD140)是国家社会科学基金 2011 年重大招标项目并已结项,本书是在这个项目成果基础上完成的。

本项目是我国“十二五”期间的重大选题,项目的目的与意义是:在我国面临新兴技术与产业创新快速发展的时期,通过正确认识和把握新兴技术与产业创新规律,构建科学的新兴技术与产业创新分析方法,提出有针对性的发展对策,以服务于国家科技、经济与社会发展,服务于企业创新研发决策。项目的实施对于完善新兴技术与产业创新的理论体系,创新研究方法,促进新兴技术与产业创新决策科学化,加速我国新兴技术与产业创新发展具有重要意义。

本书由上篇和下篇构成,上篇的研究内容是:新兴技术未来分析理论方法基础、新兴技术发展规律及分析方法、面向新兴技术研发的识别方法、新兴技术应用领域演化规律与跨领域评价、新兴技术应用效应评价和新兴技术应用对策研究。

下篇的研究内容是:研究主题与内容的“伞”结构、战略性新兴产业评价标准与选择、产业创新与新兴产业演化规律研究、新兴产业关联特征性及发展研究、新兴产业共性技术识别与发展研究、新兴产业风险评估与预警研究。

研究中依据的主要学科理论和技术是:信息科学理论与技术、未来学及分析技术、科学计量学与文献计量学、技术研究相关理论、产业经济学、系统科学、生态学理论方法、产业创新系统理论和创新理论等。

研究中始终坚持以理论分析与实践对策研究相结合、规范研究与实证研究相结合、客观分析方法与主观判断相结合、定性分析与定量分析相结合原则开展工作。

研究中主要采用的数据与信息资料包括专利数据、科技文献、网络信息、统计数据、专家咨询信息等,其中在网络信息的采集、处理与分析方面,开发了部分软件工具。

研究工作力求的创新性是:①构建基于专利、文献、网络信息的新兴技术未来分析客观方法,阐述新兴技术未来分析“伞”结构的概念,为新兴技术未来分析奠定基础。②应用上述客观分析方法,阐述新兴技术发展阶段、新兴技术轨道与路径演化、新兴技术扩散中的规律性,为新兴技术的发展提供理论基础。③提出面向企业创新研发的新兴技术前沿与热点、技术机会、颠覆性技术的识别方法,



为企业超前研发提供决策支持。④揭示新兴技术应用领域的演化规律，提出新兴技术跨领域评估方法、新兴技术经济效应评估方法、新兴技术竞争态势评估方法，为新兴技术的应用提供多视角支撑。⑤提出产业创新与新兴产业发展研究“伞”结构的概念，完善研究方法论和研究内容体系。⑥根据“伞”结构概念，阐述产业创新和新兴产业演化阶段与转化特征、新兴技术与新兴产业协同演化规律，为新兴产业发展研究提供理论基础。⑦提出新兴产业评价标准与选择方法、新兴产业关联分析方法、新兴产业共性技术识别方法及新兴产业风险评估与预警方法，为产业创新与新兴产业可持续发展的研究提供决策支持。

黄鲁成

2017年4月18日

目 录

上篇 新兴技术未来分析理论方法研究

第一章 新兴技术未来分析理论方法基础	3
第一节 技术未来分析由来	3
第二节 新兴技术未来分析的“伞”结构	4
第三节 相关学科理论与分析技术基础	8
第四节 新兴技术未来分析的客观方法	11
第二章 新兴技术发展规律及分析方法	15
第一节 新兴技术发展阶段及特性分析	15
第二节 技术轨道与路径分析方法及规律性分析	18
第三节 新兴技术跨领域扩散特征分析	30
第三章 面向新兴技术研发的识别方法	45
第一节 新兴技术前沿及识别方法	45
第二节 新兴技术热点及识别方法	56
第三节 新兴技术的技术机会及识别方法	81
第四节 颠覆性技术及识别方法	103
第四章 新兴技术应用领域演化规律与跨领域评价	115
第一节 新兴技术应用领域演化规律	115
第二节 新兴技术跨领域评价	138
第五章 新兴技术应用效应评价	150
第一节 新兴技术经济效应的相关概念	150
第二节 基于震级法的新兴技术经济效应评价框架	153
第三节 新兴技术经济效应评价的震级模型	157
第四节 震级法评价新兴技术经济效应的应用	160
第六章 新兴技术应用对策研究	166
第一节 新兴技术竞争态势分析	166
第二节 会聚技术的应用对策	179



第三节	碳捕获与封存技术的应用对策	182
第四节	石墨烯传感器技术应用对策	184
第五节	智能材料技术应用对策	186
第六节	新兴技术跨领域应用的对策	188
第七节	基于团队识别的技术应用对策	190

下篇 产业创新与新兴产业发展研究

第七章	研究主题与内容的“伞”结构	197
第一节	“伞”的基本结构	197
第二节	研究方法论主题的内容“伞”	198
第三节	研究内容体系主题的内容“伞”	202
第八章	战略性新兴产业评价标准与选择	204
第一节	战略性新兴产业评价指标与标准	204
第二节	战略性新兴产业领域选择	230
第九章	产业创新与新兴产业演化规律研究	241
第一节	产业创新与新兴产业演化阶段与转化特征	241
第二节	新兴产业阶段转化模型与实证研究	245
第三节	新兴技术与新兴产业协同演化分析	265
第十章	新兴产业关联特征性及发展研究	277
第一节	基于技术视角的新兴产业关联分析	277
第二节	面向新兴产业发展的产业关联特性研究	288
第十一章	新兴产业共性技术识别与发展研究	297
第一节	新兴产业共性技术识别方法框架	297
第二节	新兴产业共性技术识别方法应用	299
第三节	新兴产业共性技术发展对策	304
第十二章	新兴产业风险评估与预警研究	309
第一节	新兴产业风险构成分析	309
第二节	风险评估与预警指标体系的构建	312
第三节	风险评估模型构建及实证分析	316
第四节	风险动态预警模型构建及实证分析	325
第五节	新兴产业中企业信用风险管理	333
第六节	新兴产业风险防范与预警	338
参考文献		342
后记		355

上 篇

新兴技术未来分析理论方法研究

第一章

新兴技术未来分析理论方法基础

新兴技术未来分析是技术未来分析的重要组成部分，是技术未来分析的发展。理论方法是本书上篇研究工作的基础，其主要研究内容包括：首先阐述技术未来分析概念的由来以及在我国的发展，这是全面理解和把握相关问题研究价值的基础；其次阐述我国新兴技术未来分析主题与研究内容“伞”概念，以及研究依据的学科理论和分析技术；最后提出新兴技术未来分析的客观方法。

第一节 技术未来分析由来

一、国外技术未来分析的由来

技术未来分析活动首先来自于企业界。1971年，日本建立了独立的服务于政府和企业的未来技术研究院（The Institute for Future Technology, IFTECH），主要提供科学、技术与产业未来发展的咨询服务。建立于1978年的技术未来公司（Technology Futures, Inc.），通过提供高质量的技术管理、战略与技术预测服务，广泛服务于企业、政府和学术组织。该公司以聚焦未来和技术未来分析为特点，通过平衡技术、市场和企业之间的要求，提供如下服务：新技术、产品与服务的识别评价；确定新技术的市场需求；研究新技术的接受与采用问题；技术开发的战略模型；技术投资的经济价值评估等。技术未来公司曾为三星、波音等多家财富100强高技术企业提供服务。2005年，联合国工业开发组织的技术预见报告指出，在过去20年中，许多行业（能源、汽车、电信等）的大公司都建立了自己的组织，并制定了实施计划，用以分析新技术的远景以及它们对市场和公司战略的影响^[1]。

理论界的相关研究起始于20世纪末和21世纪初。英国著名的Teesside大学设立了技术未来研究院（Technology Future Institute, TFI），TFI力求通过运用和开发技术，努力实现其经济价值、改善生活质量，提供一个可持续的未来。它的研究与创新范围主要涉及工艺过程、能源与环境、生命科学与安保领域。美国乔



治亚理工学院技术政策与评估中心 (Technology Policy and Assessment Center, TPAC) 以科技与创新研究为己任, 中心的研究人员关心的主要问题是: 什么样的创新轨道有助于新兴技术的出现? 能预测与评估新兴技术吗? 信息技术能创新什么样的公共产品? 什么样的能源政策与技术创新可实现持续发展? 美国将拥有未来技术吗? 2004 年, 欧盟建立了“欧洲科学技术预见知识共享平台”(European S&T Foresight Knowledge Sharing Platform), 提出要监测技术预见活动、支持预见活动中各个主体间的相互学习, 促进欧盟的预见活动创新。

二、我国的技术未来分析研究

2010 年《中国软科学》第 12 期发表的《未来导向技术未来分析现状与思考》, 将国外相关研究介绍到中国, 并在评述的基础上提出了我国开展技术未来分析的建议。

2010 年 1 月 18 日, 首届中国技术未来分析论坛在北京召开, 此后每年连续举办, 成为以技术未来分析为主要研究对象的交流平台。高等院校、研究机构、企业和政府部门的广泛参与, 预示着我国技术未来分析研究不断走向深入。

我国的技术未来分析研究具有以下特点: 紧密结合科技、经济与社会发展现实需要; 由高校、研究机构和企业共同参与; 坚持理论与实践相结合; 既包括技术未来分析的内容, 也包括新兴技术未来分析的内容; 坚持国内需求与国际前沿相结合。

第二节 新兴技术未来分析的“伞”结构

一、新兴技术未来分析发文趋势

通过在中国知网 (China National Knowledge Internet, CNKI) 数据库中对中文社会科学引文索引 (Chinese social sciences citation index, CSSCI) 期刊的检索不难发现, 论文关键词 (keywords) 包含“新兴技术”并且全文中有“未来”概念的论文共计 300 余篇, 论文数量逐年变化如图 1-1 所示。

由图 1-1 可知, 我国新兴技术未来分析论文快速发展时期为 2005 年, 并呈持续增长势头。

二、基于关键词共现的新兴技术研究主题识别

依据 CNKI 可知, “新兴技术”最早出现于 1978 年, 《光明日报》1978 年 5 月 5 日、5 月 7 日、5 月 8 日先后发表了《关于八个综合性科学技术领域、重大新兴技术领域和带头学科的介绍》。直到 2003 年, 我国学术研究主题中也很少讨论“新

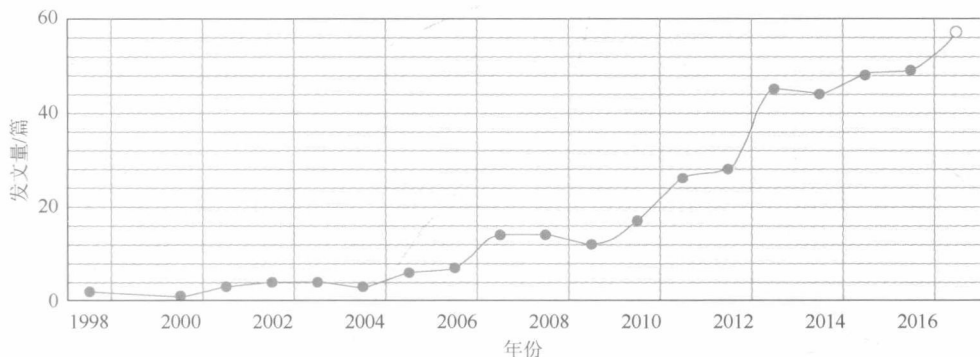


图 1-1 新兴技术未来分析发文量分布

兴技术”。自 2005 年起，关于“新兴技术”研究的学术主题日趋明显，通过采用关键词共现的方法，聚类分析 2005~2011 年的研究主题，如图 1-2 所示；再采用文献阅读归类方法，全面了解这期间的研究主题。

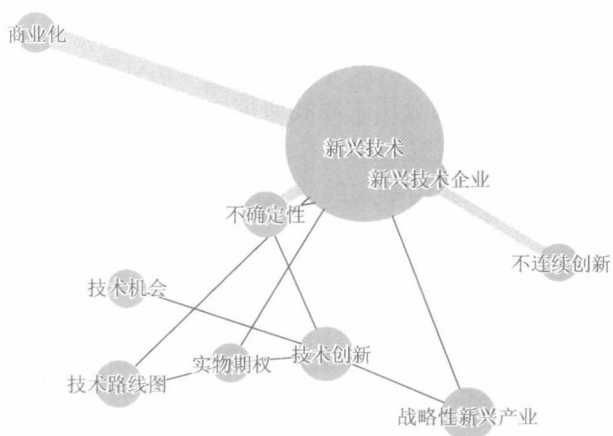


图 1-2 我国新兴技术未来分析研究主题（2005~2011 年）

由图 1-2 可知，早期我国新兴技术未来分析主要关注的是：新兴技术的不确定性、战略性新兴产业和新兴技术商业化、技术机会与技术路线图的研究等。

三、基于文献分析的新兴技术研究主题识别

通过阅读早期（2005~2011 年）相关文献，可归纳总结，提炼出 4 个方面的主题：第一个研究主题是关于新兴技术产业化（商业化）的研究，特别是对其产



业化（商业化）潜力的评价研究。第二个研究主题是关于新兴技术不确定性和风险研究。第三个研究主题是关于新兴技术演化（路径）方面的研究。第四个研究主题是关于新兴技术管理与政府政策的研究。值得一提的是，这一阶段有极少数学者开始使用专利、文献分析新兴技术问题。

2005~2011年，新兴技术研究采用数据方面，客观数据（专利和科技文献）的应用还不是主导。在研究内容方面，除少数学者研究了新兴技术演化（路径），未见到从发展阶段分析、轨道与路径关系、前沿和热点识别、空白点和技术机会分析、跨领域应用预判方面研究新兴技术的相关成果。

四、研究主题与内容“伞”结构

科学提炼、构建新兴技术未来分析的研究对象和研究内容，是保证上篇研究系统性和科学性的首要条件，有利于开展深入、系统和持续性研究，有利于提升研究的理论水平和应用价值。

为此，提出研究主题与研究内容“伞”结构的概念，“伞”结构是对技术未来分析结构的形象描述，它是指新兴技术未来分析研究对象与研究内容的相互关系及层次性。“伞”概念的结构由分层主题和研究内容构成：一级研究主题是新兴技术未来分析理论方法；二级研究主题是按照一级研究主题的内在逻辑性、现实需求的紧迫性决定的；研究主题由不同的研究内容“伞”构成，研究内容“伞”是对研究主题的细化。

一级研究主题和二级研究主题构成第一层“伞”概念，二级研究主题的确定，依据研究视角有不同的区分，既可以从理论和方法角度区分，即二级研究主题包括新兴技术发展演化规律、新兴技术识别和评价方法研究，也可以从新兴技术发展和效应角度区分，即二级研究主题包括新兴技术自身发展和应用效应研究。

（一）基于理论与方法的“伞”结构

本视角下的“伞”概念，第一个二级研究主题——新兴技术发展规律研究的内容“伞”包括形成与发展阶段规律、轨道与路径演化规律、新兴技术扩散规律、应用领域演化规律。第二个二级研究主题——面向研发的新兴技术识别与评价方法的研究内容“伞”包括新兴技术前沿识别、新兴技术热点识别、新兴技术机会识别、颠覆性技术识别、新兴技术跨领域评价、新兴技术应用效应评价。

由此得到新兴技术未来分析研究“伞”结构示意图（图 1-3）。



图 1-3 基于规律与方法的新兴技术未来分析“伞”结构

（二）基于发展与效应的“伞”结构

本视角下的“伞”概念，第一个二级研究主题——新兴技术自身发展研究的“伞”内容包括新兴技术发展规律研究、新兴技术轨道与路径识别、新兴技术扩散规律研究、新兴技术机会识别、颠覆性技术识别、新兴技术前沿与热点识别。第二个二级研究主题——新兴技术应用及效应研究的“伞”内容包括新兴技术应用领域演化规律、新兴技术跨领域评价、新兴技术应用效应评价、新兴技术应用对策研究。由此得到另一个新兴技术未来分析研究“伞”概念示意图（图 1-4）。本书按照图 1-4 展示的“伞”结构展开研究。

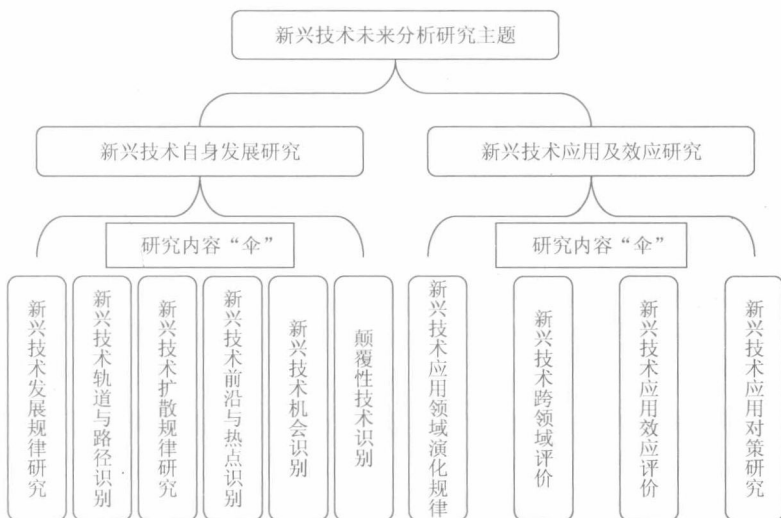


图 1-4 基于发展与效应的新兴技术未来分析“伞”结构



第三节 相关学科理论与分析技术基础

依据新兴技术的特性和研究内容的要求,研究过程依据的学科(理论)与分析技术主要包括信息科学理论与技术、未来学与分析技术、科学计量学与文献计量学、技术研究相关理论等。

一、信息科学与相关分析技术

信息科学是研究信息特性和行为、信息流动、优化信息获得和使用过程方式的学科。它涉及信息收集、组织、存储、检索、解释、转换和使用的相关知识,它是由数学、逻辑学、语言学、心理学、计算技术、图形、通信等构成的交叉学科^[2]。信息从本体论的意义上来说,是事物运动的状态和方式;从认识论的意义上说,它是认识主体所感知或所表述的事物运动的状态和方式。以信息作为主要研究对象,这是信息科学区别于其他科学的最根本的特点之一,也是信息科学之所以能够成为一门独立学科的最根本的前提。信息技术是指能够完成信息的获取、传递、加工、再生和使用等功能的一类技术。

(一) 信息获取技术

信息获取技术研究如何获得大量、难以处理的信息,并有效地提供给使用者。其主要应用技术包括信息检索、文本挖掘、文本编辑、机器翻译、文本分类等。

(二) 信息检索技术

信息检索是研究如何检索文本、在文本中检索信息和在文本中检索元数据、如何检索关系数据库、万维网等,如何避免数据过度等。其中元数据是描述数据的数据,包括描述元数据、结构化元数据和管理元数据。结构化元数据是元数据的“容器”,标明各类数据是如何组合在一起的。管理元数据是为管理信息源提供的信息,如文件类型、创造的时间。元数据用于发现和识别事物,具体包括标题、摘要、作者和关键词、日期、文本大小等。

(三) 信息处理分析技术

信息处理分析技术主要包括:①排序技术,即对具有相同特性的数据进行分层。②分类、聚类技术,即将理念和研究对象进行认识、区别、理解的过程,分类是按照特定目的进行的,并能阐述对象之间的关系。分类是预测、推理和决策的基础。分类有许多理论和技术,主要包括经典分类、概念性聚类和原型理论。

概念聚类——通过对不同的“群”或个体的特征进行概念性描述，在此基础上对整体进行聚类。基于概念描述的聚类与模糊集理论紧密相关。③数据可视化技术，是一种软件技术，使“成堆”的数据可以看得见。数据可视化要使用元数据完成，结构化元数据通常用于支撑数据可视化。

二、未来学与分析技术

未来学是对未来可能、很可能、期待的研究。未来研究力求判断哪些情况可能会继续，哪些会发生变化。未来学力求系统性和基于模式的理解过去及现在，并决定未来哪些事件可能发生或具有趋势性。作为交叉学科，未来学研究过去和现在的变化，在此基础上探讨未来的可能性及选择，其研究过程包括分析变化与稳定性的原因、模式和起源，以便预见可能的未来^[3]。从实际应用角度看，未来学探索和预测事物发展的趋势、动向、前景，研究控制事物未来发展变化的对策，为规划、计划、管理、发展战略和各种决策服务。

可以用于新兴技术未来分析的未来学分析技术主要包括环境扫描监测、交叉影响分析、技术路线图、社会网络分析、趋势分析（特别是潜在趋势分析，即由于创新、项目实施、理念或行动造成的新可能趋势，这种趋势是潜在的但会逐渐成长为主流）、形态分析、技术效应评估、经济效应评估、环境效应评估、系统动力学分析、技术预测、情景分析、德尔菲法、仿真等。

未来学研究的基本理念是：“变化”是常态，而且“变化”在加速；事件总是相互联系的，而不是分离或不连接的；前瞻变化应当坚持整体观和系统观；“未来”总是具有多种可能性的；未来学重视“弱信号”的作用，它是指趋势变化中一些早期、具有噪声、来自社会环境的信号，是可以支撑预判行为的原始信息。

三、科学计量学与文献计量学

科学计量学是测量和分析科学技术、创新的学科，其主要研究领域（问题）是基于论文引用的期刊和机构的影响测度，分析科学引用，可视化科学领域，提出面向政策与管理的指标体系^[4]。

科学计量学的分析技术包括定性与定量分析及计算方法，其中引用分析与引用指数技术、词频统计、计量模型是最常用的技术。

科学计量学的研究焦点是各机构产出率比较、排序、期刊排序、研究人员评价标准、评估顶级学术论文影响力，基于研究绩效的顶级作者与机构分析。

文献计量学是关于文献出版物的统计分析^[5]。该方法通常应用于图书情报学



科领域,对学术文献进行定量分析,或评估预算支出绩效^[6]。文献计量学是集数学、统计学、文献学于一体,注重量化的综合性知识体系。

引用分析是该学科最常用的技术,通常以图表的方式表示出来。文献计量学也用于评价特定领域的影响力、研究者影响力、特定论文的影响力,也可以用于分析学术期刊的关系。还可以应用于构建主题词(term)库、测度关键词词频、探索文本的结构、测度读者的习惯网上互动媒体的价值。

四、技术研究相关理论

(一) 技术生命周期理论

技术生命周期是技术发展变化的周期性特征,具有不同视角的阐释。

宏观视角的技术生命周期观^[7]。技术的发展变化首先是技术增量变化阶段,特点是技术呈现进化、连续增量改进,注重的是技术细节的完善;其次是技术非连续性变化阶段,特点是技术发生了革命,具有突破性、颠覆性;然后是技术的动荡阶段,特点是变化具有不确定性,潜在用户未形成明确的使用偏好;最后是主导设计阶段,特点是产业技术标准开始出现。

基于技术功能的技术S曲线观^[8]。任何一项技术的功能随时间变化而呈现出不同的特点:第一阶段,技术功能的提升(改进)很少且比较缓慢;第二阶段,技术功能的改进很迅速;第三阶段,技术功能继续改进,但改进的速度开始下降;第四阶段,可见的技术功能改进已经非常少了。

基于技术采用的技术生命周期观^[9]。新技术的初始阶段,市场采用仅限于早期采用者,采用量很少;在中期阶段,主导设计开始浮现,人们对新市场具有了一定的忠诚度,而且产品制造具有了标准;在主导设计阶段,市场新进入者不断增加,加剧了竞争,促进了进一步创新,这个迅速发展的阶段是技术成熟阶段;最后一个阶段,产品市场达到了饱和。上述各阶段上,每个阶段持续的时间依据产品特性、市场环境、管理状态、研发和生产情况而变化。

(二) 技术变化

技术变化的本质是通过研发(形成新兴技术)、技术持续改进和技术在产业及社会的扩散,实现技术发明及其商业化,简而言之,技术变化是获得更多、更好的技术。技术变化通常被看作一个社会过程,其中包含生产者、采用者、政府部门(提供文化、制度等)。技术变化中要研究的主要内容是技术扩散,技术扩散中的重要模型是S曲线型,最初技术很不成熟,接着是一个成功创新时期(具有较高的采用水平),最后是采用水平降低,因为技术采用在市场中已经达到最大潜力。影响扩