doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

开放科学
（资源服务）
标识码
（OSID）

颠覆性技术及其识别预测方法研究综述

石慧 潘云涛 苏成

中国科学技术信息研究所 北京 100038

摘要：为了把握颠覆性技术的研究进展，首先梳理颠覆性技术的提出背景，对颠覆性技术的内涵、特征以及分类进行讨论分析，进一步将颠覆性技术与其他几类相关技术进行区分。然后对已有文献进行系统梳理，将识别与预测方法按照识别模式分为 3 大类：主观判断、客观推导、主观判断与客观推导相结合，大类下包括具体方法。对具体方法分别展开描述，分析总结各种方法的主要思想、优缺点以及使用范围等。研究发现，主观判断的方法较多用于国家等宏观层面，聚焦于技术的市场等环境因素。客观推导聚焦于技术本身，适用于单个技术识别。主观判断和客观推导两种方法的有机结合是未来识别与预测颠覆性技术的趋势。国内缺少较为权威的专业咨询机构，缺少基于国内市场需求的技术预测报告。

关键词：颠覆性技术；技术识别；技术预测；综述
中图分类号：G350，G301

A Review of Research on Disruptive Technology and Its Recognition and Prediction Methods

SHI Hui PAN Yuntao SU Cheng

Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038, China

Abstract: In order to grasp the research progress of disruptive technology, this study first comb the background of disruptive technology, discuss and analyze the connotation, characteristics and classification of disruptive technology, and further distinguish

作者简介：石慧（1995-），硕士研究生，研究方向：科学计量学与科技评价；潘云涛（1967-），硕士，研究员，研究方向：科学计量学与科技评价；苏成（1973-），博士，副研究员，研究方向：科学计量学与科技评价，E-mail：sucheng@istic.ac.cn。

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

disruptive technology from other related technologies. Then, the existing literature is systematically analyzed, and the recognition and prediction methods are divided into three categories according to the recognition mode: subjective judgment, objective derivation, subjective judgment and objective derivation, and specific methods are included in the large category. This research describe the specific methods separately, analyze and summarize the main ideas, advantages and disadvantages, and scope of use of the various methods. The study found that the methods of subjective judgment are mostly used at the macro level such as the state, focusing on environmental factors such as the market of technology. Objective deduction focuses on the technology itself and is applicable to individual technology identification. The organic combination of subjective judgment and objective derivation is the trend of identifying and predicting disruptive technologies in the future. There is a lack of more authoritative professional consulting institutions in China, and there is a lack of technical forecast reports based on domestic market demand.

Keywords: Disruptive technology; technical identification; technical forecast; review

引言

2008 年国际金融危机以来，世界主要国家对技术预见高度重视，颠覆性技术成为各国战略布局的重点。在 2016 年召开的全国科技创新大会、两院院士大会、中国科协第九次全国代表大会上，习近平总书记明确指出“推动科技发展，必须准确判断科技突破方向，判断准了就能抓住先机”。2017 年十九大报告中，习近平总书记再次明确指出“突出关键共性技术、前沿引领技术、现代工程技术、颠覆性技术创新……”，将颠覆性技术发展放在了至关重要的研究课题。表明研究颠覆性技术时不我待，敏锐地识别、捕获和培育那些对经济社会发展、国防和军队建设具有战略影响的颠覆性技术，有利于抢占新科技变革的战略主动权，奠定国家在世界竞争格局中的优势地位，谁能及时发现并部署推动颠覆性技术创新，谁就赢得了当今全球化竞争的发展先机。但由于颠覆性技术本身发展具有高度的不确定性，任何一项技术在成为颠覆性技术之前很长一段时间内不被大众所关注，因此颠覆性技术的早期识别和预测一直是学界的重点和难点。鉴于此，本文基于文献调研，首先阐述了颠覆性技术提出的背景；归纳技术内涵、技术特征和分类；将颠覆性技术与其他几类相关技术进行对比分析，以更好了解颠覆性技术。在了解颠覆性技术内涵、特征的基础上，按照识别模式将识别预测颠覆性技术的方法分为三类：主观判断、客观推导、主观判断和客观推导相结合，各类方法下有若干具体方法。对具体方法进行对比分析，归纳出方法的主要思想、优缺点及适用范围，以期为后续相关研究提供参考。

1 颠覆性技术分析

1.1 背景分析

颠覆性技术（Disruptive Technology）概念由 Bower 和 Christensen[1] 于 1995 年提出，指一种另辟蹊径、对已有传统或主流技术产生颠覆

性效果的技术，目的是破解“在位公司追求新增长的努力为什么会导致失败”这一著名的“亚力山大难题”。颠覆性技术产生的内因是主流市场存在大量性能过剩。在位企业通过不断研究开发新技术来改进产品性能，以应对激烈的市场竞争，但是技术进步的速度往往超过消费者实际需求的性能改进速度，从而产生性能过剩，导致消费者被过度服务。部分消费者根本无法利用产品的更多功能，消费者的边际效用降为零，对更便宜、性能更简单的产品提出了新的需求。与在位企业维护自身现有利益相比，新兴的中小企业会利用具有简单化、便捷性等特点的技术满足低端市场或非主流市场的需求来获得立足和发展。随后根据消费者提出的新的需求进一步改进技术，不断提高产品性能，当新产品性能达到多数消费者的要求时，就会吸引主流市场的中高端消费者，实现大面积的推广与扩散，从而对在位企业造成颠覆性的破坏。

1.2 颠覆性技术内涵

1997 年，Christensen 教授在代表作《创新者的窘境》[2] 中指出颠覆性技术“往往从低端或边缘市场切入，以简单、方便、便宜为初始阶段特征，随着性能与功能的不断改进与完善，最终取代已有技术，开辟出新市场，形成新的价值体系”。他特别提出“技术”是指组织将劳动、资本、材料和信息转化为产品或服务的过程，这个概念超越了公司的产品、服务制造过程，而是涵盖一系列业务流程。颠覆性技术概念最早是在商业背景下提出的，随着其在军事、科技等领域的广泛应用，其内涵也得到了不断拓展和丰富。如《颠覆性技术：不确定的未来》[3] 报告中指出，在国防系统中，低端、廉价并不是颠覆性技术的关键因素，其本质特征是从已有的技术体系中“衍生”、“进化”出新的主导性技术，取代已有技术，使军事力量结构、基础以及能力平衡发生根本性变革。强调技术在性能或功能上有重大突破，并将逐步取代已有技术。

自“颠覆性技术”概念被 Christensen 教授提出后，国内外很多学者都尝试着提出自己的理解。Rafii 等 [4] 和 Gilbert[5] 认同 Christensen 教授的观点，认为颠覆性技术通常以很差的技术初期表现出现在现有行业中，通过不断提升性能，逐渐在市场上移动，最终威胁并取代主流技术。苏敬勤等 [6] 认为颠覆性技术在发展之初往往“不入流”，会暂时遭到主流客户的拒绝，而首先被少量边缘性客户采纳，但随着技术性能的不断提升，最终会演变成主导市场的颠覆性技术。Nagy 等 [7] 从技术创新的本质出发，基于创新理论提出三个颠覆性技术的技术属性，即功能、技术标准和所有权；依据这三个属性将颠覆性技术定义为：可以提供全新功能、不连续的新技术标准以及新的所有制形式的技术，并且可以改变市场标准和消费者期望。

部分学者了解到颠覆性技术与市场环境密不可分。Paap 和 Katz[8] 对于颠覆性技术的定义聚焦于商业模式，即技术的高性能和低花费，认为颠覆性技术是一种以较低的花费提供足够好性能的技术。他们认为“颠覆性技术”一词中具有颠覆性的不是技术本身的属性或性能的提升，而是技术对受技术创新影响的市场产生的影响，以及在主流公司不及时采用新技术导

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

致持续衰退的情况下进行颠覆，是商业模式的一种颠覆。Danneels[9] 对于颠覆性技术的定义则聚焦于市场绩效，他指出颠覆性技术是一种通过改变企业竞争性的绩效指标，实现其竞争基础变化的技术。顾客需求促使顾客在他们使用的产品中寻求某些利益，并在竞争产品之间形成顾客选择的基础，顾客寻求的利益决定了产品属性，而不同的顾客群体（即细分市场）可能会对同一属性进行不同的价值评估。

1.3 颠覆性技术特征

G.J.Tellis[10] 认为 Christensen 教授在 1997 年提出的颠覆性技术的定义过于狭窄，很难用初始性能表现不佳去判断一个新技术是否具有颠覆性，因此他依据 Christensen 教授的观点归纳总结了颠覆性技术的 5 大特点：①一个新的颠覆性技术最初在主要市场主流客户的价值方面，不如主流技术领先。②颠覆性技术具有主流技术没有的其他特征（例如新的客户价值），具有颠覆性技术的产品通常更便宜、更简单、更小巧、更方便。③在位领先企业的主流客户一般不会使用具有颠覆性技术的产品，所以颠覆性技术的商业化首先在新兴市场或低端市场，公司在职人员认为投资颠覆性技术并不是一个合理的财务决策。④新的颠覆性技术在性能上稳步改进，直到达到主流市场所要求的性能标准。⑤新的颠覆性技术最终将取代占优势的主流技术，使用具有颠覆性技术产品的新进入者取代主流市场的主要在位者。

Hüsig[11] 从文献中提取出了 7 个颠覆性技术最重要的特征：①新技术提供的产品起初价格便宜、简单，性能比主流产品差，但可以快速完善。②主流产品关键属性性能提高速度超过市场接受的程度，因此出现性能过剩，而新技术提供的非主流属性在新市场和低端市场会更有价值，更加引起客户关注。③颠覆性技术初始性能较低，主流顾客选择拒绝。④在合适的商业模式开发出来之前，颠覆性技术提供较低的利润率和盈利。⑤颠覆性技术最开始在细分市场（利基市场）获得成功。⑥非对称偏好重叠出现，即新技术在主流市场的功能影响大于现有技术在次级市场的功能影响。⑦性能轨迹的交叉，即颠覆性技术的性能供给轨迹与现有低端市场的性能需求轨迹相交时，颠覆性技术开始入侵领先企业的细分市场。

黄海洋和陈继祥 [12] 基于颠覆性技术和持续性技术在性能上的不同，提出颠覆性技术的 4 个特征：①颠覆性技术具有更便宜、更小巧、更易于使用等优势，吸引被“过度消费”的消费者，获得了生存的空间和可能性。②颠覆性技术发展于低端市场或非主流市场，颠覆性技术的新进入者容易被现有主流市场的竞争者所忽视，避开现有高端市场的激烈竞争，从而成长壮大。③颠覆性创新技术具有简单化、便捷性等特点。④颠覆性技术的发起者一般为新兴的中小企业。

陈继祥、王敏 [13] 基于市场或顾客需求总结出颠覆性技术的 4 大特征：①满足新出现或细分市场的需求。②与细分市场顾客的需求相关。③简便及低价使得使用者变得更为广泛，让更多的人能够用得起，为颠覆性创新的发展提供了良好的市场条件。④顾客价值的导向性。

总的来说，颠覆性技术早期通常性能表现不佳，不易被主流市场和主流顾客重视，存在

高度的不确定性。一般先从新市场或细分市场发展，随着后期性能的不断提升，能够给经济带来的“革命性”的变化，对在位企业造成颠覆性的破坏。

1.4 颠覆性技术分类

Christensen 教授 [14] 意识到他之前描述的颠覆性技术产生的颠覆性现象，事实上包含了完全不同的两类现象，他按照市场定位将其划分为新市场颠覆和低端市场颠覆。不同的类型的市场颠覆，遵循一条不同的性能轨迹。低端市场颠覆主要是针对在已有市场中那些被过度服务的客户，利用低成本的业务模式为其提供足够性能的产品。新市场颠覆针对的是从没有购买或使用过之前的产品和服务的新客户。Christensen 提出时间和产品性能定义了特定的应用市场，即客户购买和使用的产品或服务，《创新者的窘境》一书中将其称之为“价值网络”，也就是企业的生存环境，企业在其间建立属于自己的成本结构和运营流程，同合作伙伴进行合作，服务于某类客户并从中获得利润。新市场颠覆就是利用不同的价值网络可能出现在距离原有价值网络不一的维度中这一事实进行颠覆，新市场既包括目前缺乏资金和使用能力的新客户，也包含能够应用这一产品技术的其他市场环境。

在成本和性能两个维度上对技术创新进行分类，根据 Christensen 教授的观点，颠覆性技术一般可分为低成本—高性能技术创新、低成本—低性能技术创新两类。但 Govindarajan 和 Kopalle[15] 认为颠覆性技术并不完全是从低端市场、新市场切入，也从高端市场颠覆，并不总是集中于更低的价格或更差的性能，而可能是相对于现有产品来说增加了一组不同的特征、性能。由于初始时期并不能完全满足主流用户的需求，因此对主流客户的吸引力不高，但是随着时间的推移，当新产品的性能提高到足以满足主流客户的需求，从而吸引更多的主流市场用户，对主流产品形成一定程度的颠覆。Govindarajan 认为高成本—低性能同样也是颠覆性技术创新，属于高端市场颠覆，如无线电话对有线电话的颠覆，这显然和 Christensen 教授的观点不一致。

Christensen 教授对无线电话颠覆有线电话现象进行了详细分析：从技术的角度来看，无线电话完全符合新市场颠覆的模式，早期的有线电话笨重且不可靠，只能用于没有电话的市场竞争。随着时间的发展，技术变得越来越成熟，价格越来越便宜，服务越来越可靠，直到今天很多人选择放弃有线电话，只使用无线电话。然而，从商业模式的角度来看，无线电话相对于有线电话公司的商业模式来说是一个持续性的创新，无线电话供应商的费用比有线远程费更高，且无线网络是沿着高速公路和最有吸引力、价格不敏感的小部分有线客户的通勤路线建成的，这项技术中没有任何内在的因素迫使它在一个对有线公司有吸引力的商业模式中进行部署。因此虽然无线技术颠覆了有线技术，但其盈利模式并不具有颠覆性。

Christensen 教授通过无线电话颠覆案例意识到颠覆性技术产生颠覆的核心不仅仅是技术本身，也包括商业模式、市场战略等方面，“颠覆性”目前较多与经济概念连接。正如 Andy Grove 提出数字设备公司（DEC）被微处理器

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

电脑制造商所颠覆的案例中，产生颠覆的并不仅是技术，还包括商业模式。DEC 公司的工程师对于制造电脑了如指掌，但由于制造比以前更强大的计算机的利润比制造个人电脑的利润更高，因此 DEC 放弃了这条颠覆性路径。颠覆性技术是颠覆性创新实现过程中的所采用的技术，是颠覆性创新及其关键的实施措施。正如刘魁 [16] 指出颠覆性技术是颠覆性科技创新的一部分，科技创新不仅包括技术创新，还涉及科学创新。

颠覆性技术按照技术组成大致可分为两种：一种是多个现有技术的交叉融合，另一种是在技术重大范式变革中形成的新技术。S.T.walsh[17]、D.Yu[18] 以及 Ganguly[19] 等学者认为颠覆性技术既可以是一现存技术的组合，也可以是全新的技术，其运用到特定问题领域会导致重大范式改变，从而造成颠覆性影响。前者例如物联网，物联网 [20] 被称为颠覆性技术，但实际上，物联网是一项始于十几年前、渐进式发展的技术，过去 10 多年，社会在传感技术成本直线下降、计算能力提升、云平台数据交互能力提升、机器通信能力提升等的联合作用下，推动相对独立的生产技术（侧重于信息技术）、运营技术、自动化技术的不断融合，最终构建了物联网。后者有例如赛灵思 (Xilinx) 的 16nm 全可编程 (All Programmable)MPSoCs 中集成射频 (RF) 级模拟技术，通过这项技术面向 5G 无线实现了颠覆性的集成度和架构突破 [21]，这是一个在技术重大范式变革中形成的新技术。

1.5 颠覆性技术与几类相关技术的主要区别

颠覆性技术与持续性技术、新兴技术、突破性技术之间存在某些相同点，但是各自有着明显的区别。理清这几个概念之间的关系，有利于更好的理解颠覆性技术。利用文献调研，从研究视角、初期服务对象和作用机制三个方面整理几种技术的异同点，结果如表 1 所示。

表 1 颠覆性技术与几类相关技术的区别

技术类型	研究视角	初期服务对象	作用机制
持续性技术	技术	主流客户	对现有技术进行渐进式、增量式的性能或功能改进
突破性技术	技术	主流客户	强调对已有技术的性能和功能有一定的突破，并且这种突破是跳跃式的
颠覆性技术	市场	新客户/潜在客户	有明确的取代对象，利用便宜、方便等特点，从低端市场或新市场开始发展，对主流市场和在位企业进行颠覆
新兴技术	技术	主流客户/新客户	新出现的技术，在技术环境等因素作用下获得生存发展

Christensen 教授将技术分为持续性技术和颠覆性技术，可见持续性技术与颠覆性技术是相对的概念。持续性技术是对已有技术的性能和功能持续的进行改进，服务的对象是主流客户，较多被在位领先企业所采用。突破性技术强调技术层面有一个较大的提升，在已有技术的基础上进行性能突破，能满足一部分主流客户不断增长的性能需求。新兴技术同颠覆性技术一样，是新出现的技术，但没有明确的取代对象；新兴技术的结果存在很大不确定性，会因技术、市场等各种因素导致技术的失败。颠覆性技术强调对某种技术的取代，具有明确的

取代目标，取代结果是明确的，对现有技术会造成不同程度的颠覆。

颠覆性技术与其他技术最大的不同在于研究视角，颠覆性技术是针对环境而言，侧重于技术与市场环境的关系，不一定要有技术上的突破，也可能是现有技术的再利用。颠覆性技术具有一系列新性能或更简单的性能，以较低的价格满足非主流客户的需求，一般被新进入企业所采用，最初服务于新客户或潜在客户。

2 颠覆性技术识别与预测方法研究梳理

颠覆性技术的研究早于其概念的提出，1958 年，美国国防部成立的国防预先研究计划局（DARPA）被认为是颠覆性技术开发的“摇篮”[22]，DARPA 对于具有前瞻性、先导性和探索性的重大技术，曾采用前沿技术（frontier technology）的名称，近期才普遍采用颠覆性技术（disruptive technology）的名称[23]。颠覆性技术的识别与预测，本质上仍属于技术预测的范围，但由于颠覆性技术独特的技术特征，因此与技术预测的方法又具有一定差别。系统梳理国内外关于颠覆性技术识别与预测方法的研究文献，从识别模式出发将颠覆性技术的识别方法分为 3 种：主观判断；客观推导；主观判断和客观推导相结合。

2.1 主观判断的识别与预测方法

目前主观判断是颠覆性技术识别研究在实际应用中的主要方法，尤其在国家层面的识别研究中。常用具体方法主要有德尔菲法、技术路线图法和情景分析法等。

美国、日本、英国等国家对颠覆性技术高度重视，设立单独部门或机构对颠覆性技术进行研究，大都采用以需求为导向，以专家意见为主的主观识别、预测方法。DARPA 采用基于未来需求的识别方法，始终遵循“需求牵引与技术推动相结合”的颠覆性技术创新的客观规律，不仅聚焦于国家现阶段安全问题的需求，更超越当前或近期的需求，探讨未来的需求。日本政府于 2013 年开始提出的日本颠覆性技术创新计划（ImPACT）也是从规定领域内的需求出发。英国主要通过政府组织的技术预见活动来进行颠覆性技术识别，根据活动的不同需求和内容，结合德尔菲法、头脑风暴法、情景分析法、专家会议法等不同的预见方法。中国科学院科技战略咨询研究院、中国科学技术部中国科学技术发展战略研究院等机构一般都是根据某种具体需求，动员大量相关领域专家，进行相关的技术预测。

2.1.1 德尔菲法

德尔菲法是典型的以专家意见为基础的识别和预测方法，通过邀请行业内的权威专家，并多次不记名问卷调查，充分收集各位专家的意见，能够做到取长补短，从而对未来技术的发展方向做出选择，具有较高的准确性。头脑风暴法和专家咨询法，不需要进行反复的问卷调查，可直接向专家征求意见，操作较为方便，与德尔菲法相比大大节约了预见活动开展的时间，但是容易造成结果缺乏民主化和社会化，准确性不能实现最大化。Stoiciu 等[24]在能源领域技术向专家进行咨询，就专家给出的相关技术信息基础上，构建了潜在颠覆性技术识别

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

标准，并邀请具有不同背景的能源领域专家对新技术在各项识别标准进行打分，最后识别出能源领域中具有颠覆性的技术。“中国工程科技 2035 发展战略研究”项目中，对环境工程 [25] 和农业 [26] 两个领域进行技术预见，首先根据技术本身重要性、技术应用重要性等因素构建对应的关键技术指数、共性技术指数及颠覆性技术指数，特别构建了颠覆性技术指数用来识别技术的颠覆性，进一步结合各领域专家的综合判断得出结果。李晓龙等 [27] 首次提出尝试采用德尔菲法和决策与试验评价实验室 (DEMATEL) 方法识别出影响国家电网的颠覆性技术。首先利用德尔菲法分析颠覆性创新技术于国网的影响因素，从而构建颠覆性创新技术对国家电网影响的评价指标体系；其次采用 DEMATEL 法计算分析得出各因素之间相互影响程度，结果表明大规模储能、能源互联网、新能源具有较高影响度，是影响国家电网公司的关键因素。

以德尔菲法为代表的一系列方法虽然可以充分利用专家们的意见做出较为正确的结论，但预测完全依赖与专家的主观意见和知识经验，具有很大的主观性，而且实施该方法需消耗大量的人力财力、时间，一般比较多应用在国家层面的预测。

2.1.2 技术路线图法

技术路线图是一种灵活的方法，是一种结构化、图形化的技术规划管理工具，可用于探索技术、产品和市场之间随时间变化的关系，并描述技术变化过程和趋势，明确技术发展进程中的关键技术 [28]。技术路线图的制定要求从技术、市场、产业以及经济与社会等更宏观的角度思考各项技术的演化方向，要求系统性地思考技术的研发与市场化在技术、市场、利益关联者、支撑条件等诸多方面所面临的不确定因素，因此技术路线图以专家意见为基础，离不开专家和技术人员的参与。

Vojak 等 [29] 通过对历史案例的研究，使用 SAILS 方法建立技术路线图辅助决策者识别颠覆性技术，该方法的五个组成部分是价值链子系统层面中断的反复出现的因素：标准，架构，集成，联系和替代（SAILS），通过回顾性和前瞻性地将方法应用于三个复杂的示例来阐明：无线通信超级系统中的频率生成子系统；光通信超系统中的光复用子系统；汽车超级系统中的高压电气子系统。Borup 等 [30] 和 Carlsen 等 [31] 认为除了技术本身，技术发展与外部社会发展情况、社会政策等均有关系，因此提出依据基于专家意见的水平扫描调查法或德尔菲法，捕捉包括持续性技术与颠覆性技术在内的技术或市场变化，从而制定技术路线图进行颠覆性技术的识别与预测。Kostoff 等 [32] 利用技术路线图识别颠覆性技术时，首次在大量出版物中利用文本挖掘的方法，确定技术的关键组成要素、识别与潜在颠覆性技术相关的专家，再通过专家讨论会的形式将技术和管理专家们的想法用技术路线图编纂出来，利用技术所处的阶段判断其是否为颠覆性技术。

由于颠覆性技术存在高度不确定性，传统的适用于持续性技术预测的路线图方法用于颠覆性技术时就会存在一些局限性 [33]。有学者对方法进行适当的改进，如 Camponovo 等 [34] 提出在技术路线图的技术层与产品层之间加上利益关联者层，明确地将技术在市场化过程中可能涉及到的各种利益主体集成在路线图上。

Lente 等[35]提出将知识创造者、生产商、供应商、经纪人、标准化机构等价值链上相互关联的利益主体的集合与技术路线图方法结合，以处理新兴技术的系统性特征和内在不确定性。

总的来说，技术路线图方法还是以专家意见为基础，因此受到研究人员、专家的主观意识或知识背景等影响，方法的主观性较强，易对颠覆性技术识别结果的客观性带来影响。颠覆性技术与主流技术的发展路径不太一样，受到的外部影响因素众多，而目前技术路线图通常是关注与技术、产品和市场相关的关键驱动要素，缺乏对外部环境的判断，这也会结果的准确性产生一定的影响。

2.1.3 情景分析法

情景分析法是 20 世纪 40 年代美国兰德公司的国防分析员赫尔曼·凯恩发明的，他利用该方法对美国敌对国家核武器的使用情况进行了多种可能的分析[36]。Wack[37],[38]描述了 20 世纪 70 年代在荷兰皇家壳牌公司首次使用情景分析的情景，该方法的运用使该公司能够更好地应对油价冲击和主要的地缘政治事件。Ahn 和 Skudlark[39]为了解未来经济、商业和技术环境的不确定性，将情景规划方法应用于一个新的电信服务发展进程，通过了解不确定性的主要驱动因素获得洞察力，从而产生新的战略，以减少风险，并利用来自不确定性的机会。Schoemaker[40]认为情景规划法可以把握技术与市场之间的动态关系，预测新兴技术趋势，引导企业技术投资。

Drew[41]认为情景规划法可以预测早期颠覆性创新技术及其发展路径，并提出使用该方法的步骤：确定分析范围、对象；识别发展中的关键问题；识别关键驱动因素；进行不确定因素分类和排序；构建情景分析框架；合理性和一致性检验；利用各种情景做出决策。国内学者王知津等[42]提出情景分析法的步骤是：确定调查专家、采用专家打分的方法识别技术发展关键影响因素、技术发展未来情景描述、技术发展敏感度分析、技术发展路径分析、预测结果对于企业技术决策的支持。情景分析法的典型步骤由 Schoemaker[43]和 Van Der Heijden[44]概括提出，有 7 个步骤：界定情景规划范围，明确规划时间范围及市场、产业和相关对象；确定颠覆性创新技术发展面临的关键问题；识别颠覆性技术创新关键驱动要素；对不确定因素进行分类和排序，并逐个消除；制定情景分析框架；情景分析的可信性和一致性测试；利用各种情景做出对应决策、提出规划建议。

技术发展的关键影响因素包括政治、经济、政府政策、相关企业技术研发行为等，其中有些因素的发生概率是可以定量计算的，如经济发展速度，而有些因素的发生概率则无法定量计算，如政治稳定程度，这时就需要专家参与，因此情景分析法同专家意见是分不开的。曾忠禄等同样指出对某一事物得到一个预测结果是武断的和无效的[45]，需考虑到各个情景的可能结果。在这种情况下，情景分析法这种定量和定性相结合方法的预测场景较为全面，考虑到了未来发展的多种情况，是比较有效的，但需要耗费较多的时间和精力掌握内外部环境信息，对专家的要求较高，实际操作具有一定的难度。

2.2 客观推导的识别与预测方法

客观的分析方法主要有基于专利、论文等

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

数据的文献计量法。论文、专利等数据承载了相关技术领域科学研究和技术创新活动的大量信息，其中专利包含丰富的技术信息，且专利数据规范、可靠，可反映技术的市场商业化程度，从专利信息可把握技术特征、演化趋势。Martion[46] 指出不同的文献类型可以表征技术发展的不同阶段，如 SCI 论文反映技术研究的基础阶段，EI 论文反映技术研究的应用阶段，专利数据则反映技术研究的试验发展阶段。因而对科技论文、专利等数据源进行文献计量分析，可以在尽可能早的时期从客观角度识别颠覆性技术。

Buchanan 等 [47] 提出一种基于专利数据、适用于科技密集型颠覆性技术的识别系统，主要从专利权人方面的指标，如专利权人的数量、专利权人的类型等，提取出具有潜在颠覆性的技术特征来反映技术的受关注度与成长力，开发出利用专利数据指标来表征颠覆性潜力特征的原型工具。该工具可用于识别有快速增长趋势的、但尚未广泛开发且并未应用于商业化的技术，但对于初期不受市场关注的颠覆性技术来说，识别能力不是很强。苏敬勤等 [6] 关注专利的数据信息属性，论述了动态创新能力与颠覆性技术研发能力的关系，给出了动态创新能力的概念，分析专利量、专利引用量和专利引用率随时间变化的 JAL 型曲线，研究颠覆性技术演化轨迹，提出“专利影响因子指标”概念，利用这一指标在早期识别出具有颠覆性的智能手机。董放等 [48] 以科技论文为数据源，提出一个基于 LDA-SVM 连用的机器学习方法解决海量论文摘要数据按照新兴技术类别的多分类，再使用 ARIMA 模型有效的对时序论文数据未来的变化趋势进行预测，从而推测技术发展趋势的研究方法，并以机器人技术领域的海量论文数据验证，得出工业机器人智能协作技术、基于脑科学的机器人技术在接下来几年成为主流技术的可能性较大。A.Momeni 等 [49] 结合专利和论文共同进行分析，首先通过专利引用 (前向引用节点对算法) 识别专利之间的复杂关系，提取过去和现在的技术发展相关信息；再利用 LAD 主题模型对专利摘要进行分析，对技术主题进行聚类，进而识别技术轨迹及核心技术；进一步用识别出的颠覆性技术主题领域的科学论文数据来验证其发展趋势和潜力，并以光电池产业为例进行了实证，认定染色敏化技术和浓度技术具有颠覆性潜力。张金柱等 [50] 提出基于引用科学知识突变的突破性创新识别新方法，引用科学论文是非专利引文的重要组成部分，主要包括期刊论文和会议论文，它们是非专利引文中经过同行评议的质量较高的科学论文，其内容特征在很大程度上能代表技术创新所依据的科学知识，是专利信息的重要组成部分，可以用来探测专利技术诞生的科学基础，引用科学论文的内容特征所代表的知识称之为引用科学知识。

随着网络的发达，网络数据具有易获得、量级大、随时更新等优点，有维基、新闻、博客、社会评级系统、预测市场等技术预见网站的出现。这些技术预见网站有大量的以未来为导向的数据，如评论、预测和趋势等，因此可以提供更好的识别预见数据来源。J.Kim 等 [51] 提出将技术预测网站上的未来数据作为预测颠覆性技术的重要数据源，其关键思想是技术发展蓝图是来自群众的集体智慧，运用数据挖掘、信

息可视化等手段，通过依次建立关键词聚类图、关键词强度图、关键词联系图来构建基于关键词的技术路线图，特别地，关键词强度图是利用弱信号理论设计的，它可以帮助识别信号的可见性、扩散和解释。这种方法可以预测出技术未来颠覆性发展的早期弱信号，但预测结果仍然存在很大程度的不确定性，评判标准也较为单一，且后期还需结合专家知识进一步判断。

专利和论文中蕴含丰富可挖掘的技术信息：科学创新思想往往会先通过科学论文呈现出来，专利则是将科学研究成果和创新思想转化为实用型技术的结果体现，在体现创新能力方面与科学论文相辅相成，网络中有大量以未来为导向的数据。但这些数据源局限于后向趋势，而不是前向趋势，且文献大都关注于“技术”本身，颠覆性技术只有被应用于某一商业模式时，才会具有颠覆性，技术本身是没有颠覆性的，因此，要识别颠覆性技术，技术应用的产品和市场数据是不可缺少的。

2.3 主观判断与客观推导相结合的识别与预测方法

实际应用中，主观判断和客观推导都不可能完全独立分开，因此主观判断和客观推导相结合是未来识别方法的趋势。目前主客观相结合的方法主要指客观数据与专家意见相结合的分析方法，一般是从颠覆性技术特征出发，通过运用不同方法对颠覆性技术的某个特征中或某几个特征进行分析，从而识别预测技术的是否具有颠覆性。具体方法有：以颠覆性创新理论 / 案例分析为基础的指标预测法，以技术属性为主的预测方法。

2.3.1 以颠覆性创新理论 / 案例分析为基础的指标预测法

颠覆性技术的特征是区别颠覆性技术与其他技术的重要依据，有很多学者从颠覆性技术的特征出发，通过设计评价指标，以期在早期识别颠覆性技术，这类方法在国内已经被许多学者使用。

Christensen 在他的主要出版物 [52],[53] 中讨论了颠覆性创新理论的所有基本成功因素，提出颠覆性创新理论确实可以应用于颠覆性技术的事前预测。国内外学者基于已有的颠覆性技术相关理论和案例，从中提取出一系列技术颠覆性的评价标准，进行颠覆性技术的早期识别。Hang 和 Chen[54] 将颠覆性创新看作一个动态过程，提出由市场定位、技术和其他驱动要素组成的评估框架，用以分析潜在的颠覆性技术。Hüsig 等 [11] 基于颠覆性创新理论和文献，筛选出揭示颠覆性技术的 7 个特征，在此基础上制定了一套涵盖上述重要特征的结构化调查问卷，根据回收问卷上技术关于各项特征对应得分，判断其是否具有颠覆性。Keller 和 Husig[55] 利用颠覆性创新理论对 web 应用是否对现有企业造成颠覆进行事前分析，归纳了主要的颠覆性技术预测指标：技术性能突破、技术影响力、技术通用性、技术可行性、技术接受率、外部因素协调性、在位技术成熟度等，根据各项指标上的的得分或表现判断出 Web 应用程序很可能对 Microsoft 构成破坏性威胁，并且可能会对软件行业的现有企业造成破坏性威胁。V. Govindarajan 等 [56] 通过案例分析提出了一套颠覆性创新的衡量指标，重点强调技术性能上的突破和新的顾客市场细分这两个评判指标，验证其评

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

估框架的信度和效度。Sood 和 Tellis[57] 提出基于案例分析的样本外识别模型。Paap 和 Katz 和 [8] 聚焦于商业模式，提出利用位技术成熟度和新技术的期望效用两个指标进行颠覆性技术的识别，并且利用软硬盘技术发展验证了指标的可用性。

基于颠覆性创新理论 / 案例分析的指标预测法具有明确的指标，具有易操作、简单有效的优点，适用于单个技术分析。指标的提出具有一定的主观性，且不同领域技术所涉及的指标不尽相同，缺乏普适性。有些指标数据获取难度大、有些指标只能在时候度量，比如 Paap 和 Katz 提出的新技术期望效用指标很难度量，得结合专家意见来进行判断；Keller 和 Husig 提出的技术接受率指标只能在事后度量，并不能在早期识别颠覆性技术。

2.3.2 以技术属性为基础的预测法

从商品供需原理看，技术属性 (包括新性能、新价格) 供给为技术创新提供了直接推动力，而消费者、市场对技术的有效需求决定了技术创新方向和速度，即技术创新的直接动力是技术供给推动和技术需求拉动 [58]。持续性技术是指对正在使用的技术作增量改善的技术，其竞争力依赖于在现有技术属性的维度上对技术性能进行改进，以满足用户日益增长的需求。而对于初始技术性能较低的颠覆性技术来说，其竞争力来源为技术和产品属性集的创新。颠覆性技术的出现是技术和市场相互作用的结果，因此从技术属性和性能角度，可以有效的识别颠覆性技术。

正如 Bloodworth[59] 所述，具有颠覆性潜力的技术与主流技术在关键属性集上存在显著差异，即颠覆性技术的关键属性在其属性集中一直处于重要位置，而主流技术的关键属性在颠覆性技术的属性集中的重要程度也在不断提升，依据技术属性集中关键属性在技术中重要程度的变化，即可准确地对持续性技术与颠覆性技术进行划分，从而识别出颠覆性技术。通过比较传统 BI 技术和具有颠覆性的新的 Saas BI 技术来进行实证研究，验证了其识别方法的可行性。黄鲁成等 [60] 认为颠覆性技术通过创造新属性集引入新竞争平台，从而改变现有技术范式，成为企业的竞争力来源，因此通过对技术属性集的变更程度进行测度，实现颠覆性技术的早期识别。借鉴物种入侵理论模型，对技术属性及其技术集进行匹配；利用集对分析方法，以属性创新和改进的技术发展推动机制为基础，计算新技术出现前后的属性集相似度，进而对颠覆性强度值进行测度，并且采用汽车锂电池领域的专利数据进行了模型的验证。

颠覆性技术提供的性能轨迹比主流市场所要求的性能轨迹更陡峭，当新技术的性能轨迹与主流市场用户技术性能需求轨迹发生交叉时，颠覆性技术便有可能出现。只有在确定纵坐标的性能指标、且获得用户性能需求数据的情况下，基于技术性能轨迹的颠覆性技术识别与预测方法才是可行的。但是，技术性能水平以及用户、市场对技术性能的需求数据是很难定量获得的，最重要的是技术用户、市场对技术性能的需求以及时间之间的关系较复杂，数据获得比较困难。尤其是对于颠覆性技术来说，发展初期可测度的性能属性较少，而不可测度的属性数据复杂，导致单一性能轨迹的效度和信度难以保证。

颠覆性技术的技术性能随时间不断发生改变，为其识别带来一定的难度，Anderson 和 Daim 等[61]基于无线通信领域的研究，提出一个以产品性能提升为核心的 TFDEA 模型，该模型提供了多维的性能视图，模型的另一个扩展应用是随着时间的推移监视不同的技术并尝试捕获效率模型中的变化，这可能是破坏性技术存在的良好指标，连续监测可以很好地预测颠覆性技术的到来。

2.4 不同颠覆性技术识别与预测方法比较

对上文所提的 5 类颠覆性技术识别与预测方法的主要思想、优缺点以及适用范围进行比较分析，见表 2。

表 2 颠覆性技术的不同识别预测方法比较

方法名称	主要思想	优点	缺点	适用范围
德尔菲法	以需求为导向，利用专家意见进行识别预测	操作过程较简单，可充分利用专家智慧	需消耗大量的人力、财力、时间	国家层面
技术路线图	结构化、图形化的工具；探索技术、产品和市场之间随时间变化的关系，描述技术变化过程和趋势	运用文字、图形等描绘技术发展和变化，直观简洁	需要较长的实施过程，不能很好适应颠覆性技术快速发展的节奏	国家、机构层面
情景分析法	利用情景规划，把握技术与市场之间的动态关系，预测颠覆性技术趋势	充分把握技术与市场之间的动态关系，预测场景较为全面，考虑到了未来发展的多种情况	需要耗费较多的时间和精力掌握内外部环境信息，对专家的要求较高，实际操作具有一定的难度	国家、机构层面
指标预测法	颠覆性技术特征是区别颠覆性技术与其他技术的重要依据，从特征中提取对应指标进行预测	具有明确的指标，易操作、简单有效	指标缺乏普适性，有些指标数据获取难度大	单个技术预测
技术属性预测法	根据商品供需原理进行预测：技术属性(包括新性能、新价格)供给为技术创新提供了直接推动力	从颠覆性技术出现的动力机制角度出发，可以有效识别颠覆性技术	技术性能以及需求等数据难测量，发展初期可测度的性能属性较少且不断在变化，是一个动态过程	单个技术预测
文献计量法	从有关技术的专利、文献、网站信息中获取颠覆性信息	操作简单，预测结果较客观	仅考虑技术本身的要素，数据源局限于后向趋势	学术层面

从表 2 中可看出，基于不同的思想，每种方法都有其使用范围和独特的优缺点，但都离不开颠覆性技术的概念、特征等，必须以颠覆性技术的相关理论为基础。主观定性的识别预测方法，大都聚焦于技术的宏观层面，考虑技术与市场环境之间的关系，较少涉及颠覆性技术本身的详细信息。客观推导的方法主要利用客观的技术数据，主要聚焦于技术本身的信息进行微观层面的识别，文献计量的方法是近几年才被大家所使用。主观定性和客观推导相结合的方法既考虑了技术本身的特征，也考虑技术与市场环境间的关系，是接下来识别与预测颠覆性技术的大趋势。

3 结语

美国、英国等国家对于颠覆性技术的研究时间较早，对我国相关研究有一定的借鉴意义。Christensen 教授的颠覆性创新理论中，指出公司应设立独立部门或机构开展颠覆性技术或创新的业务研究，国家也同样需设立专业和独立的机构，如美国的 DARPA。国外的咨询机构发

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

展较为迅速，相比之下，国内缺少较为权威的专业咨询机构，国外有部分著名的咨询机构，如美国 Gartner 公司，每年都发布十大战略性技术，主要针对信息技术方面，使用新兴技术成熟度曲线法，从市场成熟度、商业利益和未来方向等角度，提供专业的咨询服务。麦肯锡全球研究院会发布颠覆性技术研究报告，主要通过头脑风暴、专家会议等方法进行预测。《麻省理工科技评论》主要通过咨询技术领域专家而评选出具有可能具有颠覆性的突破性技术。这些机构清楚了解颠覆性技术的高度不确定性和实际应用性。

颠覆性技术逐渐成为各国战略布局的重点，国内外学者都致力于颠覆性技术的早期识别与研究，目前已有研究主要从颠覆性技术的外部影响和内在本质两方面展开，颠覆性技术不仅与技术本身有关，还与市场环境等外部因素有关，因此在接下来的研究中，可以将两方面结合起来，达到更好的识别效果。本文从识别模式出发将颠覆性技术识别与预测方法分为三类：主观判断、客观推导以及主观判断和客观推导相结合。早期的颠覆性技术识别大都采用主观判断的方法，从国家层面进行分析。近几年开始出现利用专利、论文等包含技术信息的文献进行文献计量分析，以期在早期识别颠覆性技术。这是从微观层面，聚焦于技术本身的详细信息，进行识别与预测。以专家意见为主的主观判断法多在国家和机构层面使用，技术路线图、文献计量法等单个技术的预测方法较多用于学术层面。主观判断与客观推导相结合的方法是接下来学者研究的重点。颠覆性技术的识别与研究具有一定的难度，目前也没有行之有效的某种方法，仍需要国家、机构以及学者们的共同努力。

参考文献

[1] Bower J L, Christensen C M. Disruptive technologies:catching the wave [J]. Harvard Business Review, 1995, 73(1):43-53.

[2] Chrlstensen C. The innovator’s dilemma:when new technologies cause great firms to fail [M]. Harvard Business School Press, Boston, 1997.

[3] Alan R S. Disruptive technology:an uncertain future [C]. The 6th Conference on Science and Engineering Technology, 2005.

[4] Rafii Farshad, Kampas Paul J. How to identify your enemies before they destroy you [J]. Harvard Business Review, 2002, 80(11):115-123.

[5] Gilbert C. The disruption opportunity [J]. MIT Sloan Management Review, 2003, 44(4):27-32.

[6] 苏敬勤，刘建华，王智琦，等．颠覆性技术的演化轨迹及早期识别——以智能手机等技术为例 [J]. 科研管理，2016, 37(3):13-20.

[7] Nagy D, Schuessler J, Dubinsky A. Defining and identifying disruptive innovations [J]. Industrial Marketing Management, 2016(57):119-126.

[8] Paap J, Katz R. Anticipating disruptive innovation [J]. Research-Technology Management, 2004, 47(5): 13-22.

[9] Danneels E. Disruptive technology reconsidered:a critique and research agenda [J]. Journal of Product Innovation Management, 2004, 21(4):246-258.

[10] Tellis G J. Disruptive technology or visionary leadership? [J]. Journal of Product Innovation Management, 2006, 23(1):34-38.

[11] Hüsig S, Hipp C, Dowling M. Analysing disruptive potential:the case of wireless local area network and mobile communications network companies [J]. R&D Management, 2005, 35(1):17-35.

[12] 黄海洋，陈继祥．颠覆性创新的扩散过程与中

小企业的竞争策略 [J]. 工业工程与管理 , 2011, 16(1):123-129.

[13] 陈继祥 , 王敏 . 破坏性创新理论最新研究综述 [J]. 科技进步与对策 , 2009, 26(11):155-160.

[14] Christensen C, Raynor M E. The innovator's solution:creating and sustaining successful growth [J]. Research-Technology Management, 2003, 46(5):61-61.

[15] Govindarajan V, Kopalle P K. The usefulness of measuring disruptiveness of innovation sex post in making ex-ante predictions [J]. Journal of Product Innovation Management, 2006, 23(1):12-18.

[16] 刘魁 . 当代科技创新的颠覆性及其现代化价值重估 [J]. 自然辩证法通讯 , 2013, 35(6):74-78,98.

[17] Walsh S T, Linton J D. Infrastructure for emergent industries based on discontinuous innovation [J]. Engineering Management Journal, 2000, 12(2):23-31.

[18] Yu D, Hang C C. A reflective review of disruptive innovation theory[J]. International Journal of Management Review, 2010, 12(4):435-452.

[19] Ganguly A, Nilchiani R, Farr J V. Defining a set of metrics to evaluate the potential disruptiveness of a technology [J]. Engineering Management Journal, 2010, 22(1):34-44.

[20] 李晓红 , 祁萌 . 5 项颠覆性技术引领未来制造业发展 [J]. 机器人技术与应用 , 2018(1):17-22.

[21] 单祥茹 . 备战 5G, 赛灵思 RFsoC 实现颠覆性技术突破 [J]. 中国电子商情 · 基础电子 , 2017(3):17-18.

[22] 王武军 . 颠覆性技术的 " 摇篮 " 高明在哪儿 [J]. 中国中小企业 , 2016(6):50-51.

[23] 黄志澄 . DARPA 技术创新的成功与挑战 [J]. 科技导报 , 2018, 36(4):26-32.

[24] Stoiciu A, Szabo E, Totev M, et al. Assessing the disruptiveness of new energy technologies—an ex-ante perspective [R]. Vienna, Austria:University of Economics and Business, 2014:36-47.

[25] 但智钢 , 史菲菲 , 王志增 , 等 . 中国环境工程科技 2035 技术预见研究 [J]. 中国工程科学 , 2017, 19(1):80-86.

[26] " 中国工程科技 2035 发展战略研究 " 农业领域课题组 . 中国工程科技农业领域 2035 技术预见研究 [J]. 中国工程科学 , 2017, 19(1):87-95.

[27] 李晓龙 , 鲁平 , 李存斌 . 基于 Delphi 和 DEMATEL 法影响国网的颠覆性创新技术影响因素综合排序分析 [J]. 科技管理研究 , 2017(6):127-133.

[28] Phaal R, Farrukh C J, Probert D R. Technology roadmapping——a planning framework for evolution and revolution[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2004, 71(1):5-26.

[29] Vojak B A, Chambers F A. Roadmapping disruptive technical threats and opportunities in complex, technology-based subsystems: The SAILS methodology[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2004, 71(1):121-139.

[30] Borup M, Brown N, Konrad K, et al. The sociology of expectations in science and technology[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 2006, 18(3-4):285-298.

[31] Carlsen H, Dreborg K H, Godman M, et al. Assessing socially disruptive technological change[J]. Technology in Society, 2010, 32(3):209-218.

[32] Kostoff R N, Boylan R, Simons G R. Science and technology test mining:disruptive technology roadmaps[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2004, 71(1):141-159.

[33] 卢光松 , 卢平 . 技术路线图与颠覆性技术创新 [J]. 科技进步与对策 , 2011, 28(3):11-15.

[34] Camponovo G, Pigneur Y. Extending technology roadmapping for environmental analysis[C]. Proceedings of the Colloques sur la Veille Strategique,Scientifique et Technologique(VSST), Toulouse, France, 2004.

[35] Lente H, Til J. A combined roadmapping-cluster approach for emerging technologies[J]. International Journal of Foresight and Innovation Policy, 2007, 3(2):121-138.

[36] Kent D, Miller H, Gregory W. Scenarios,real options and integrated risk management [J]. Long Range Planning, 2003, 36(1):93-107.

[37] Wack P. Scenarios:uncharted waters ahead[J]. Harvard Business Review, 1985, 63(5):73-89.

[38] Wack P. Scenarios:shooting the rapids[J]. Harvard

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2019.03.004

Business Review, 1985, 63(6):139-150.

[39] Ahn J H, Skudlark A. Managing risk in a new telecommunications service development process through a scenario planning approach[J]. Journal of Information Technology, 2002, 17(3):103-118.

[40] Schoemaker P J, Mavaddat V M. Scenario planning for disruptive technologies [J]. Wharton on Managing Emerging Technologies, 2000:206-241.

[41] Drew S A. Building technology foresight:using scenarios to embrace innovation [J]. European Journal of Innovation Management, 2006, 9(3):241-257.

[42] 王知津 , 周鹏 , 韩正彪 . 基于情景分析法的技术预测研究 [J]. 图书情报知识 , 2013(5):115-122.

[43] Schoemaker P J H. Scenario planning:a tool for strategic thinking [J]. Sloan Management Review, 1995, 36(2):25-41.

[44] Heijden K V D. Scenarios:The Art of Strategic Conversations, 1996, Wiley, Chichester.

[45] 曾忠禄 , 张冬梅 . 不确定环境下解读未来的方法 : 情景分析法 [J]. 情报杂志 , 2005, 24(5):14-16.

[46] Martion J. A review of selected recent advances in technological forecasting[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2003, 70(8):719-733.

[47] Buchanan B, Corken R. A toolkit for the systematic analysis of patent data to assess a potentially disruptive technology[R]. United Kingdom, London:Intellectual Property Office, 2010:2-16.

[48] 董放 , 刘宇飞 , 周源 . 基于 LDA-SVM 论文摘要多分类新兴技术预测 [J]. 情报杂志 , 2017, 36(7): 40-45.

[49] Momeni A, Rost K. Identification and monitoring of possible disruptive technologies by patent-developing paths and topic modeling[J]. Technological Forecasting & Social Change, 2016(104):16-29.

[50] 张金柱 , 张晓琳 . 利用引用科学知识突变识别突破性创新 [J]. 情报学报 , 2014, 3(3):259-266.

[51] Kim J, Park Y, Lee Y. A visual scanning of potential disruptive signals for technology roadmapping:investigating keyword cluster, intensity, and relationship in futuristic data[J]. Technological Analysis & Strategic Management, 2016, 28(10): 1225-1246.

[52] Christensen C M. The Innovator's Delimma:When New Technologies Cause Great Frims to Fail [M]. Harvard Business School Press, Boston, 1997.

[53] Christensen C M, Raynor M. The Innovator's Solution[M]. Harvard Business School Press, Boston, 2002.

[54] Hang C C, Chen J, Dan Y. An assessment framework for disruptive innovation[J]. Foresight, 2011, 13(5): 4-13.

[55] Keller A, Husig S. Ex-ante identification of disruptive innovations in the software industry applied to web applications:the case of Microsoft's vs. Google's office applications [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2009, 76(8):1044-1054.

[56] Govindarajan V, Kopalle P K. Disruptiveness of Innovations:measurement and an assessment of reliability and validity[J]. Strategic management journal, 2006, 27(2):189-199.

[57] Sood A, Tellis G J. Demystifying disruption:A new model for understanding and predicting disruptive technologies [J]. Marketing Science, 2011, 30(2):339-354.

[58] 王超 , 许海云 , 方曙 . 颠覆性技术识别与预测方法研究进展 [J]. 科技进步与对策 , 2018, 35(9):152-160.

[59] Bloodworth I. A Search for Discriminative Linguistic Markers in ICT Practitioner Discourse,for the Ex Ante Identification of Disruptive Innovation [D]. Victoria University of Wellington, New Zealand, 2012.

[60] 黄鲁成 , 成雨 . 关于颠覆性技术识别框架的探索 [J]. 科学学研究 , 2015, 33(5):654-662.

[61] Anderson T R, Daim T U, Kim J. Technology forecasting for wireless communication[J]. Technovation, 2008, 28(9):602-614.