



# 矿产资源

# 国际地学动态

2020年第1期 2020年2月

## ● 矿业创新技术进展之矿业 4.0 及企业战略

## 矿业科技专题

### ➤ 创新技术

创新技术并不是一个新的概念。然而，这一名词在过去的 10 年里，随着数字化的发展及第四次工业革命的步伐被越来越多地提及。这对矿业行业尤其明显，在越来越多来自咨询公司、原始设备制造商 (original equipment manufacturer)、矿业企业 and 专业团体的权威报告中出现了该名词。

### ➤ 第四次工业革命

第四次工业革命是继蒸汽技术革命 (第一次技术革命)，电力技术革命 (第二次技术革命)，计算机及信息技术革命 (第三次技术革命) 的又一次科技革命。

很难将其与某一项革命性技术突破建立关系，但总体上由三大技术发展趋势驱动，即连接性 (connectivity)、智能化 (intelligence) 和灵活的自动化 (flexible automation)，通过数字化将它们连接在一起。数字化 (digitalisation) 是采用数字技术和数字信息来改变商业运营的过程。包括移动设备、云计算、数据分析、传感器、先进机器人、虚拟现实和人工智能在内的数字技术已快速影响和改变了常规商业模式。

### ➤ 矿业 4.0

很多人都在谈论向数字矿山的转变。数字化在矿业行业中的使用已经开始，并且正变得越来越普遍。该技术在矿业行业的整个价值链 (value chain) 中的应用刚刚开始。普遍认为，矿业企业的成功不仅要采用创新技术，更重要的是将数字化和创新性的理念融入他们的经营策略中。

(续下页)

中国地质调查局地学文献中心 主办  
( 中国地质图书馆 )



对数字矿山目前情况的评估表明，矿业企业还处于数字转型（digital transformation）的初期，但发展的步伐越来越快。这是因为相关技术变得足够强大且得到了显著的发展和验证，从而实现了在矿山开采过程中的应用。尽管发展步伐仍然较慢，但矿业高管们开始认识到，通过整个价值链的数据可视化及新技术的应用可实现产能的提高。

#### ►企业通向创新之路

矿业企业正在缓慢地调整他们的经营策略和模式，包括将技术创新作为他们发展战略的基石。管理上的激励是保持或提高盈利性及提高安全性的持续动力。尽管效果不是非常显著，但“先行者”已开始获益。目前似乎处于一个临界点，投资者期望企业随着早期积极效果的证实而更积极地开展技术创新。

“领跑者”将拥有最初的竞争优势，使他们的成本曲线下降，并使他们在与竞争者的比拼中占优，如取得更高的利润和市场价值。可以说，整个行业将深刻意识到数字技术将成为一个降低成本的因素，该因素可使整个行业的成本曲线下降并最终使矿产品价格保持在较低的水平。

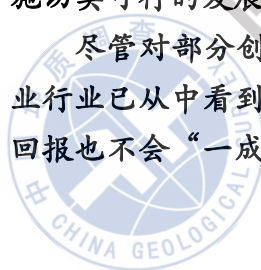
很显然，矿业企业长远发展的关键将是在创新上保持领先。特别是，数字化的可及性对所有规模的企业或运营商以及中小企业是“开放”的，并不会被发达经济体所独享。

#### ►企业如何成功？

这是一个难以回答的问题，因为企业并不愿意披露这类信息，而且许多企业可能并没有完全掌握他们自己的数据。创新是一个非常难以界定的概念，也会使矿业企业与原始设备制造商之间对谁最终拥有知识产权存在争议。

一些企业正在通往数字化的路上取得切实的进展并创造属于自己的未来。然而，其他企业正在不同程度的苦苦支撑，其中部分企业需要花费更多的时间来确定和实施切实可行的发展策略，而剩下的企业仍深陷于矿业行业的“保守主义”观念。

尽管对部分创新技术是否有效实施和获取高于预期的成本效益存在怀疑，但矿业行业已从中看到了积极效果且充满积极性。这条道路肯定不会“一马平川”，并且回报也不会“一成不变”。



## 矿业创新技术进展之矿业 4.0 及企业战略

### 1 第四次工业革命

麦肯锡咨询公司（McKinsey）指出，人工智能（AI）、机器人、物联网（IoT）、自动驾驶车辆（autonomous vehicle）、3D 打印、纳米技术、生物技术、材料科学、能量储存和量子计算是第四次工业革命的关键因素。所有这些因素都可能完全“颠覆”传统制造业，从而使物理、数字和生物领域之间的界限变得模糊。然而，第四次工业革命总体上由三大技术发展趋势驱动，即连接性、智能化和灵活的自动化（图 1）。



图 1 三大技术发展趋势

制造业的第四次工业革命仍然是私营和公营机构中众多领导者的最优先事项。这对价值链、行业和运营模式有着巨大的破坏性影响，代表了经济发展的下一代引擎，并且以过去工业革命未有的方式为获取价值开创机遇。

技术创新的繁荣发展不仅出现在矿业企业，也出现在全球其他行业，他们的共同点是数字化。尽管与数字化有关的不同定义众多，但其本质上是增加对现今世界所有方面实时数据的获取和处理。

通过更高的处理能力、更强且更快的网络、更好的传感器（包括 GPS、雷达和激光雷达（LiDAR）的应用）、以及改进后的软件和算法，正在实现

数字化。数字化确保了对数据的分析和认识并允许系统内的反馈（手动、自动或人工智能）。如果必要，可利用实时数据实现对商业运营的即刻可视化、控制和优化。数字化几乎应用于矿山运营的所有方面。

许多人认为，阻碍数字转型的不再是技术，而是适合于越来越高级且不断变化的环境的组织的能力，有时也取决于成本。管理上的激励是保持或提高盈利性及提高安全性的持续动力。采矿设备、技术和服务（METS）行业为了实现经营和数字技术应用上的成功，所开展的技术创新必须是强力、持续且具有经济效益的。此外，与管理之间的界面必须是实用且简洁的。

2015年11月，麦肯锡咨询公司估计在2025年前，矿山数字化通过增加产能、减少浪费和提高安全性，能够带来的潜在经济影响可达到3700亿美元。预测认为，其中的2500亿美元来自对资源基础的更深入了解，对物质流（material flow）和装备流（equipment flow）的优化，基于自动化对机械化程度的提高，以及对计划下的性能的实时监测。

2017年1月，世界经济论坛与埃森哲咨询公司（Accenture）的合作研究指出，在2025年前，矿业行业可节省4280亿美元。预期其中的最大来源是集成采购（integrated sourcing）、数据交换和贸易。紧随其后的来源分别为可穿戴设备（850亿美元）、远程运营中心（840亿美元）、以及自动化作业和机器人（560亿美元）。此外，他们认为这将使劳动力减少近5%。

埃森哲咨询公司进一步认为，认知网络（cognitive network）是全球所有行业正在采用的新一代技术。通过对非结构化数据的分析，使机器具备像人类思考和行动的能力，从而推动整个矿业价值链的真正转变。人工智能的使用将为人机交互及创建一个具有自完善、自学习、自修复和自控制的环境提供“路径”。这也是未来矿山的发展目标。

## 2 矿业 4.0

近几十年来，矿业行业在技术上取得的重大突破非常少。在矿物加工方面，重大技术突破还是 100 年前的浮选技术和 50 年前的溶剂萃取技术。在采矿方面，革命性的发展包括炸药的发明、硬质合金钻头的引入、地下大规模采矿方法的采用、以及露天采矿设备的升级换代。尽管缺少重大技术突破，但由于生产系统的不断升级，目前的采矿变得比 25 年前更安全、更高效和更“绿色”。主要的趋势包括：①矿山的持续机械化；②维护、管理和供应系统的建立；③地质与工程技术的优化软件；④矿山和矿物加工厂规模的扩大；⑤过程控制中信息技术的广泛应用，至少实现了采矿与矿物加工的连通。然而，采矿和矿物加工的第四次工业革命不同，其不是一个逐渐提高的过程，而是表现为阶跃式变化（step change）。

### 2.1 未来矿山

人们都在谈论向数字矿山的转变。该转变已经开始，尽管距离目标仍有很大的距离，但发展趋势表明在将来必将实现。数字技术在矿山的不同环境中已得到了不同程度的使用。数字技术的使用正变得越来越普遍，尽管该技术正在得到不断改进，但只是刚刚开始整合到价值链中。矿业企业的成功不仅是采用最新的应用和技术，更重要的是将数字化和创新性的理念融入他们的经营策略中。

德勤会计师事务所（Deloitte）的《2019 年发展趋势》报告指出，技术和人工智能将在矿业行业中发挥重要的作用，不仅可帮助企业预测未来情况，也可帮助企业识别风险和改变供应链。此外，金融平台、传感器技术、自动驾驶车辆、基于云的解决方案、以及数据分析也会促进数字矿山的设计。

矿业行业的先行者之一——力拓集团 (Rio Tinto) 于 2008 年启动了“未来矿山”计划。该计划旨在从地球深部采收矿物的同时，降低环境影响及进一步提高安全性。2010 年，玻利顿公司 (Boliden)、波兰 KGHM 矿业公司、瑞典 LKAB 矿业公司及几家全球性供应商和学术机构，启动了针对未来矿山共同愿景的概念研究。2018 年，英美资源集团 (Anglo American) 启动了“未来智能矿山”计划，其他许多矿业企业也开始了非正式活动和计划。

南非金田公司 (Gold Fields) 的首席执行官 (CEO) Nick Holland 连续数年谈到了未来矿山，其中于 2018 年谈到矿业企业需要“拥抱”技术，因为发现和开发矿山变得越来越难、耗时更长且矿石品位不断下降。他相信技术创新对矿业行业而言就像一场海啸，“你”有可能“乘风破浪”也有可能“被浪冲走”。金田公司的目标是在 2028 年前，实现露天或地下矿山的完全远程操控。他相信与科技企业的协作将为目标的实现提供解决方案。



图 2 创新技术的实例

澳大利亚雷索卢特矿业公司 (Resolute Mining) 基于未来矿山概念在马里建设了高度自动化的 Syama 地下金矿，该矿山于 2018 年 12 月开始生产。

该矿山的设计旨在确保采用了最优的采矿、运输和加工技术。地下开发成本包括一个高容量的光纤系统，以用于整个矿山的安装。这将允许运营商安装先进移动设备的监测和控制系统，这将反过来提高矿山的安全性和产能。随着这些技术的发展，对它们的利用将逐渐被整合到矿山运营中。

ABB 集团的一个视频展示了他们对未来矿山概念的观点，包括数字孪生技术（digital twin）。该集团计划在其位于瑞典斯特罗斯市的协同操作中心开发用于未来采矿的数字技术。通用电气公司的数字部门（GE Digital）也给出了他们对数字矿山的观点，即结合其 Predix 平台建立工业互联网，以连接所有的矿业资产来减少计划外停机时间，优化运营，以及确保主动过程。

力拓集团在其位于西澳的 Koodaideri 矿山引入了数字孪生技术，即利用获取的工厂设计、建设、试运行和运营数据建立一个数字工厂，以提高实时决策能力。

埃森哲咨询公司对数字矿山的观点是，利用最优的数字技术、物联网、以及云平台或内部应用平台（on-premise platform），以连接从矿山到市场及传感器到董事会会议（boardroom）的矿业价值链。将来自孤立数据库（如车队管理（fleet management）、调度（dispatch）、历史发展和企业资源计划（ERP）解决方案）的数据进行整合。采用统一且有效的分析方法可实现运营智能化和趋势分析、平板电脑上的全面可视化、智能设备的远程控制等。这能确保用户根据客户订单和市场经济更好地通过动态规划和调度及融合来了解运营情况及提高产能。

数字矿山的现状表明矿业行业还只是处在数字转型的早期阶段，但发展的步伐越来越快。这是因为大多数技术已变得足够强大，并且得到了显著的发展和验证，从而实现了在矿山开采过程中的应用。尽管发展步伐仍

然缓慢，但矿业高管们开始认识到，通过整个数据链的数据可视化及新技术的应用可实现产能的提高。

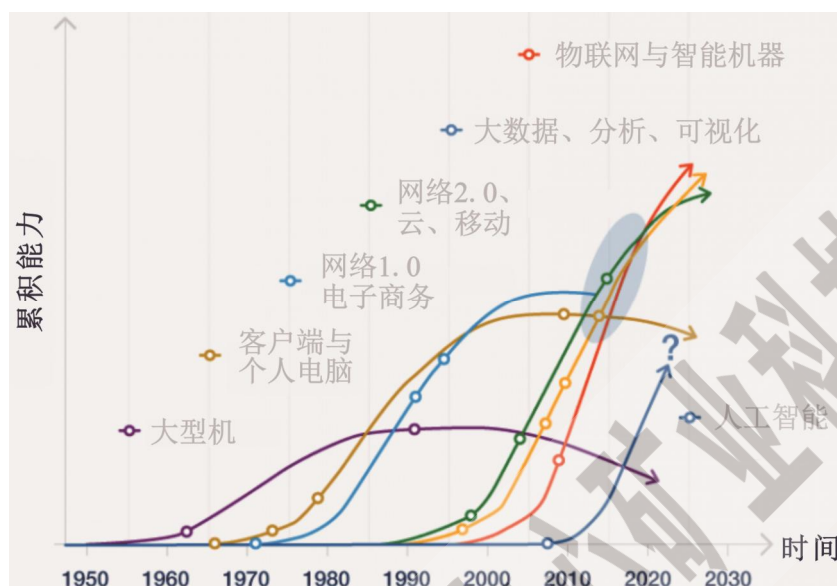


图3 数字技术不断增长的能力

## 2.2 数字实现与数字颠覆

世界经济论坛报告指出了现今与过去的主要区别在于不断加快的步伐和无处不在的变化。大部分加速是由于技术成本的不断降低。此外，当综合利用这些数字技术时，将显著提高这些技术的总体能力。行业专家也指出，通过采用可增强矿山收益性和可持续性的新技术，对处于危机中的矿业行业具有重大影响。然而，为了实现价值，必须以有效且可持续的方式采用新技术。

力拓集团的首席执行官 Jean-Sebastian Jacque 指出，他毫不怀疑数字化将彻底改变矿业行业。从人工智能到物联网的新数字技术以及新的生物技术，将使管理变得更具创造力。在营销和贸易上，数字技术、大数据技术和区块链技术将在帮助用户（从政府到消费者）核查所有产品的道德和价值及其环保认证上发挥重要作用。

波士顿咨询集团认为，新兴数字技术的进一步发展，将肯定以几乎无

法想象的方式为矿业行业带来彻底变革。其中，无人机用于原位观测，转基因细菌或纳米机器人用于分子水平下的采矿，深水机器人用于水下采矿，大数据和算法用于端到端的跟踪与通信及实时的供需管理。

这些新技术还有一段路要走，但它们可能会颠覆现有的商业模式以及矿业企业与其用户、供应商和竞争者之间的传统角色和关系。

### 3 企业通向创新之路

矿业企业正在慢慢地调整他们的策略和商业模式，包括将技术创新作为它们发展战略的基石。如前文所述，管理上的激励是保持或提高盈利性及提高安全性的持续动力。目前来看，能使矿山运营能力发生阶跃式变化的关键创新是采用数字技术。

一些企业几十年前就已经提出了“未来矿山”这一概念，并且也已开发、测试和应用了新的数字技术。然而，许多其他企业迟缓，等待该技术被证实商业上可用后从第三方供应商获取技术支持。还有一些企业坐以待毙且处于观望，只是因循守旧般做着逐渐的改变。

#### 3.1 技术临界点？

目前似乎处于一个临界点，投资者期望企业随着早期积极效果的证实而更积极地开展技术创新。“先行者”正开始获得产能的提高、成本的节约、以及安全性的改善。麦肯锡咨询公司的分析表明，人工智能在矿业行业的应用将预期为“领跑者”带来累计 122% 的现金流变化，而为“跟跑者”将只能带来 10% 的现金流变化。

“领跑者”将拥有最初的竞争优势，使他们的成本曲线下降，并使他们在与竞争者的比拼中占优，如取得更高的利润和市场价值。可以说，整个行业将深刻意识到数字技术将成为一个成本降低因素，该因素可使整个

行业的成本曲线下降并最终使矿产品价格保持在较低的水平。

很显然，矿业企业长远发展的关键将是在创新上保持领先。特别是，数字化的可及性对所有规模的企业或运营商以及中小企业是“开放”的，并不会被发达经济体所独享。

### 3.2 预测未来的最佳方式就是创造未来

矿业行业的先行者之一——力拓集团于 2008 年启动了“未来矿山”计划，旨在找到采收矿物的同时降低环境影响及进一步提高安全性的先进方式。这一概念听起来有些宽泛，但他们作为行业技术创新的引领者之一，近年来主要关注四个领域：自动卡车运输系统（autonomous truck haulage system）、自动钻掘系统（automated drill system）、从矿山到港口的自动铁路（轨道）运输系统（AutoHaul）、以及其位于澳大利亚珀斯的远程运营中心。当然，他们也在同时关注其他新技术。力拓集团于 2018 年末投入运营了他们第一个无人驾驶铁路系统，因此实现了他们在上述四个领域的发展目标。他们将继续扩大相关技术在其他矿山的应用，也将引领矿业市场的战略发展方向。力拓集团铁矿公司的首席执行官 Chris Salisbury 最近强调，力拓集团刚刚启用了位于澳大利亚布里斯班的开创性实验室，将有助于力拓集团 4.0 概念的实现，并最终使矿业行业变得更好、更快且更高效。

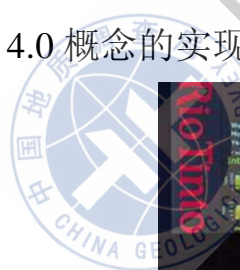


图 4 力拓集团位于珀斯的铁矿运营中心

2018 年，英美资源集团启动了“未来智能矿山”计划，旨在应用创新思维和技术发展来应对矿业行业面临的主要挑战。他们建立了四个指导性概念来开展工作：

(1) 集约型矿山 (**concentrated mine**)：在最大化矿山产量（金属与矿石比）的同时，最小化矿山运营和资本成本及其环境影响。

(2) 现代化矿山 (**modern mine**)：利用自动且连续的岩石切削 (**rock cutting**) 设备，在不需炸药爆破的情况下来安全地开采深部地下矿山。

(3) 智能矿山 (**intelligent mine**)：即真正的智能矿山，将海量数据用于智能预测（从传感器到董事会会议）。

(4) 无水化矿山 (**waterless mine**)：减少采矿过程中对清水的使用，尤其是矿石和废石（尾矿）的分离和运输。

针对集约型矿山概念，英美资源集团整合了三项技术，即先进的破岩 (**fragmentation**) 技术、大规模矿石分选技术和粗颗粒回收技术。这些技术的结合可在运营和资本成本不发生巨大变化且减少能量和水的使用的同时，使产量得到显著提高。

针对现代化矿山概念，英美资源集团正在开发和测试自动且连续的岩石切削设备，以在不需炸药爆炸的情况下来安全地开采深部地下矿山，从而显著提高岩石稳定性及减少所采矿石的质量差异。上述在安全性和产能上的技术创新使得企业在面临越来越低矿石品位和越来越复杂矿物成分的矿山开发时，能够建立更安全的矿山环境，降低运营成本，以及提高矿物资源的价值。

针对智能矿山概念，英美资源集团的最近工作集中于利用实时钻掘分析、高光谱岩心成像、以及 3D 和虚拟现实地质模拟的综合分析来识别矿物和材料特性。此外，正在开发定制化学习方法来预测工厂所需的控制参数。

另外一个重要的应用是条件监测和预见性维护（predictive maintenance）。

针对无水化矿山概念，英美资源集团正在通过大规模的闭环回路方法来减少对用水的依赖。作为该工作的一部分，该公司将他们的相关重点工作放在了两个领域：蒸发测量和干式尾矿（废石）处置。

### 3.3 较少拘泥于形式的方法

尽管必和必拓（BHP）并没有对其股票持有人宣布正式的计划，但其技术战略的重心是一体化（integration）。他们的一体化策略是在 2025 年前，实现所有事项之间的连接，以在目前和未来之间建立一个“桥梁”，以及为全面整合和高度自动化的运营奠定基础。

必和必拓已实现其技术发展的全球化，目前已将研发、方案执行和技术运营运用于整个价值链。该公司正在应用“系统工程”方法并结合其资产情况来分析矿山生命周期，以确定限制条件和优化投资项。这有助于该公司整个运营过程中最佳实践的快速复制。

必和必拓技术战略的一个重要支柱是与知名公司和新公司（许多来自原始设备制造商）建立一个合作伙伴生态系统。这些合作关系能让必和必拓获得领先技术和外部优秀人才，以帮助其寻找复杂问题的解决方案。必和必拓也通过投资建立了与大学的合作关系，其中捐款 300 万美元给墨尔本大学、斯坦福大学和剑桥大学组成的联盟，以引起全球对 CO<sub>2</sub> 储存的关注以及支持未来大规模碳捕集与封存工程的建立。

2019 年，必和必拓给出了对其技术计划和系统方法的概述，以实现其价值链的整合和自动化（图 5）。

在加拿大，Teck 资源公司拥有 4 个研发中心，涵盖不同的技术研发和创新工作。其中，包括对目前技术有效性的评估以及对新的突破性技术的

开发。Teck 资源公司的技术创新集中于四大方面，即安全性、可持续性、产能和增长。该公司相信这些方面会对公司经营发挥最显著的作用，为公司及相关利益者带来最大的利益。该公司目前正在开展的运营数字化工作将支撑这四个方面的实现。

Teck 资源公司与区域和全球性的企业建立战略合作伙伴关系，以开发和应用开创性技术，如开源车队管理系统、第一个电动半自动钻掘系统、虚拟现实矿山、以及第一个铲装（shovel-mounted）矿石分选技术（利用传感器将有价值矿石与废石分离）。

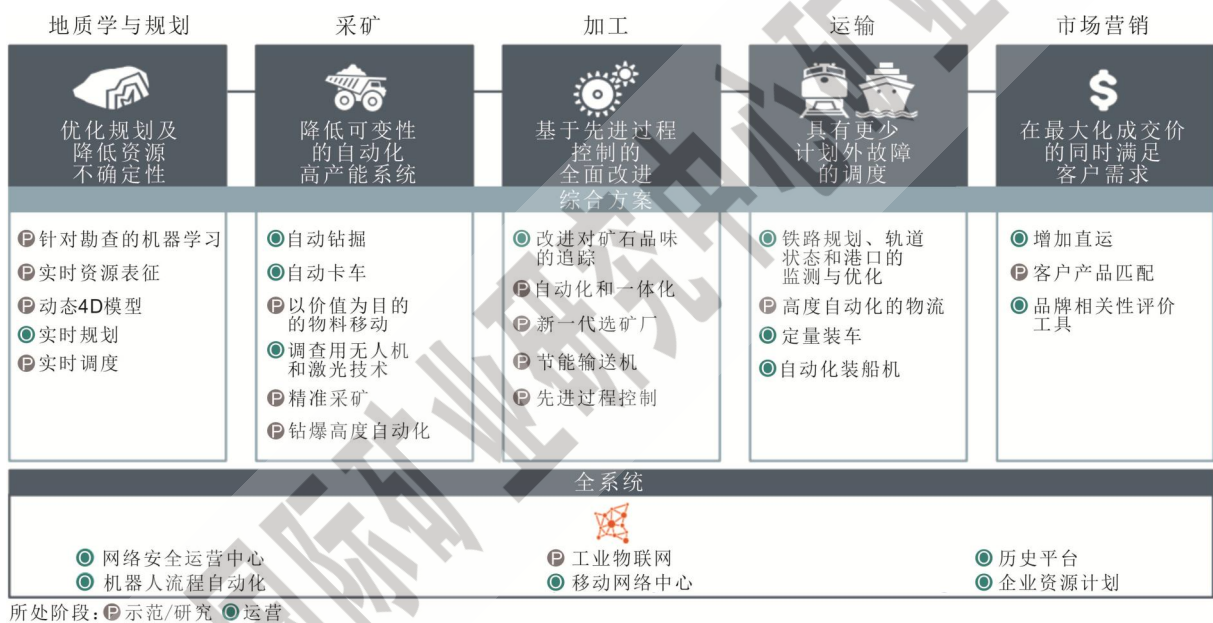


图 5 必和必拓的技术转变动力

Teck 资源公司组建了专门的团队来审视和促进新技术研发和创新的机遇。跨学科领域的团队有助于对新技术效益的分析以及对技术测试、验证和示范的规划。

金田公司于 2017 年开始实施新的技术创新战略，旨在现代化、一体化和优化现有系统和过程。一旦实现，该公司将考虑更全面地推动矿山全自动化。该战略的最终目标是致力于打造金田公司的未来矿山，这将基于自动化、综合数字数据平台、远程机器操作、虚拟现实、以及减少的采矿废

石（尾矿）。此外，与处于行业领导的信息技术企业和原始设备制造商建立合作伙伴关系，将对战略的成功实施至关重要。

纽蒙特矿业公司（Newmont Mining）于 2018 年初通过投资开启了对新技术的探索。目前，该公司正在制定为期 5~10 年的企业技术创新战略。他们的数字整合方式集中于对可靠采矿实践的促进，以最大化企业可持续价值。以战略数字机遇为目标的专业团队，旨在通过相互连接、流线化和全面分析建立有关技术和基础设施的信息化和业务化集成架构。矿山监测和控制团队关注于提高作业效率和安全的可穿戴技术，而机器控制和自动化团队旨在通过人工智能和其他工具来提升设备性能、安全性和相容性。

加拿大 Goldcorp 公司将数字转型瞄准了其所拥有的新矿山，通过配备强大且可靠的技术装备来确保目标的实现。其中一个实例为，在其Éléonore 地下矿山部署了一个多服务器 IP 网络，以通过安全的无线通信来提高安全性以及降低运营和维护成本。作为该公司数字转型战略的一部分，以 6 个领域作为新的技术发展机遇，即大数据与机器学习、连通式采矿设备（connected miner）、自动化采矿作业、具有更少环境影响的更可持续性矿山、运营和复垦（reclamation）、以及安全性和环境再造（re-engineering），涵盖矿山生命周期的每个阶段，从勘查开发到运营和复垦。

加拿大 Goldcorp 公司是#DisruptMining 活动（采矿技术创新竞赛）的领导和创始合伙人之一。该活动为创新人员和企业家提供了一个将颠覆性技术和指数发展型技术用于矿业行业的平台。

### 3.4 创新技术测试场地

在欧洲，KGHM 公司、玻利顿公司和 LKAB 公司自 2010 年以来与几家大型供应商和学术机构开展合作，以在 2030 年前建立未来矿山的共同愿

景。该愿景具有 7 个主要特征，即一个控制室、生产区无人化、连续机械挖掘（mechanical excavation）、矿石预富集、矿石固有价值最大化、可描述岩石及其结构以辅助过程控制的系统、以及矿山最终产物的可持续性。已开展了研发项目并从 LKAB 公司的 Kiruna 矿山及其选矿厂（concentrator）、玻利顿公司的 Kristineberg 矿山及其选矿厂、以及 KGHM 公司的 Lubin、Polkowice 和 Rudna 矿山及其选矿厂获取了数据。

在加拿大，位于安大略省萨德伯里的 NORCAT 地下中心是一个正在运营的地下矿山，作为创新和培训中心，以促进技术的开发、测试和示范以及实习培训。该中心每年要支持近 50 项采矿技术项目的开展且接待近 50 家全球矿业企业的参观，以了解矿业行业最新的技术发展。

在澳大利亚，澳大利亚矿业研究所（CRC ORE）建立的 Kalgoorlie-Boulder 采矿技术创新中心旨在开发和部署新的采矿技术。澳大利亚矿业研究所是由澳大利亚联邦政府和全球矿业行业资助的非营利组织。该研究所通过矿业企业，采矿装备、技术和服务企业，以及研究机构组成的全球性联合体来促进对创新解决方案的制定。

智利政府积极寻求对矿业部门的促进，于 2015 年启动了 Alta Ley 计划，旨在汇聚所有能在创新进程中发挥作用的实体，无论是有问题需要解决的矿业企业和决策者，还是可提供解决方案的采矿装备、技术和服务企业以及研究机构（包括大学）。

#### 4 企业如何成功？

这是一个难以回答的问题，因为企业并不愿意披露这类信息，而且许多企业可能并没有完全掌握它们自己的数据。创新是一个非常难以界定的概念，也会使矿业企业与原始设备制造商之间对谁最终拥有知识产权存在

争议。一些企业取得了成功，而另一些仍在苦苦挣扎。2017年11月，必和必拓承认他曾被视为快速的跟随者而非技术领导者，但其目标是获得领导地位。尽管对部分创新技术是否有效实施和获取高于预期的成本效益存在怀疑，但矿业行业已从中看到了积极效果且充满积极性。这条道路肯定不会“一马平川”，并且回报也不会“一成不变”。

#### 4.1 自动运输系统（AHS）的经验

自动运输系统可能带来的效益显而易见，但发现很少有确实的数据给予支持。企业关注改善程度，但这方面的详细情况缺乏且定义不清。此外，各公司之间的数据不一，卡特彼勒公司（Caterpillar）、福蒂斯库金属集团（Fortescue Metals）、小松公司（Komatsu）和力拓集团给出的对产能的提高率分别为15%~20%、30%、15%和15%。这些产能上的提高是重要的，尽管企业仍心存怀疑，但已经采用自动运输系统的矿业企业和原始设备制造商有权利保护其专有信息（proprietary information）且拥有竞争优势。

#### 4.2 应用步伐缓慢

尽管自动运输系统的技术成熟度较高，但对其的广泛应用并没有那么显著。两大主要供应商（卡特彼勒和小松）的自动运输系统已得到良好验证且取得了积极的应用效果，但都存在性能低于预期的问题。然而，这些技术问题相对较小且整个行业对其非常感兴趣，但仍很难解释为什么很多矿山不采用自动运输系统。

尽管可能有多种原因，但最重要的原因之一是缺少技能型人才。需要加强矿业行业不同层面人员的技能培训，总体上缺少对技术的深入了解。更进一步，缺少具有熟练操作经验的自动化作业人员和开发人员，他们中的部分跳槽去了自动汽车行业。自动运输系统成功与否的重要因素可能包

括管理委员会的水平、规划、以及对应用的重视。

另一个因素可能是原始设备制造商所提供设备对更换新设备和卡车的限制，既由于制造上的积压，也由于有限的资金投入。这使得原始设备制造商在选择客户上更有主动权。然而，如果现有的供应商不尽快提高设备性能，将为其他竞争者争夺市场创造机会。

矿业行业的资本可供性也是一个问题，但近年来这种情况有所下降。

最后，矿业行业的“保守主义”也是一个可能的因素。行业内有些企业从内心就不愿意采用新的或未经验证的技术，因为这需要较高的资本成本以及具有可能的运营和声誉风险。

技术创新面临的另一个问题是如何开发以及如何获取最终效益。尽管没有明确的策略，但大型矿业企业通常采用下列几种方式进行技术开发：与原始设备制造商直接合作，内部开发，以及与政府部门和大学的合作。较小型的矿业企业必须更多地采用市场上可用的已有技术。然而，大部分矿业企业对他们的实际策略和正在开展的项目仍相对保密。

与原始设备制造商合作的一个潜在问题是确定如何分享知识产权带来的利益。尽管在联合开发中，矿业企业和原始设备制造商都可以获得大量的认识和丰富的经验，但后者可能获利更大，因为他们可以将自己的认识用于整个行业的服务。

力拓集团一方面联合小松公司测试自动运输系统，另一方面联合卡特彼勒公司改造自动运输系统的相关技术。力拓集团可能一方面是想从技术和实践角度测试两家公司的系统，另一方面也是想获得一定的定价权。

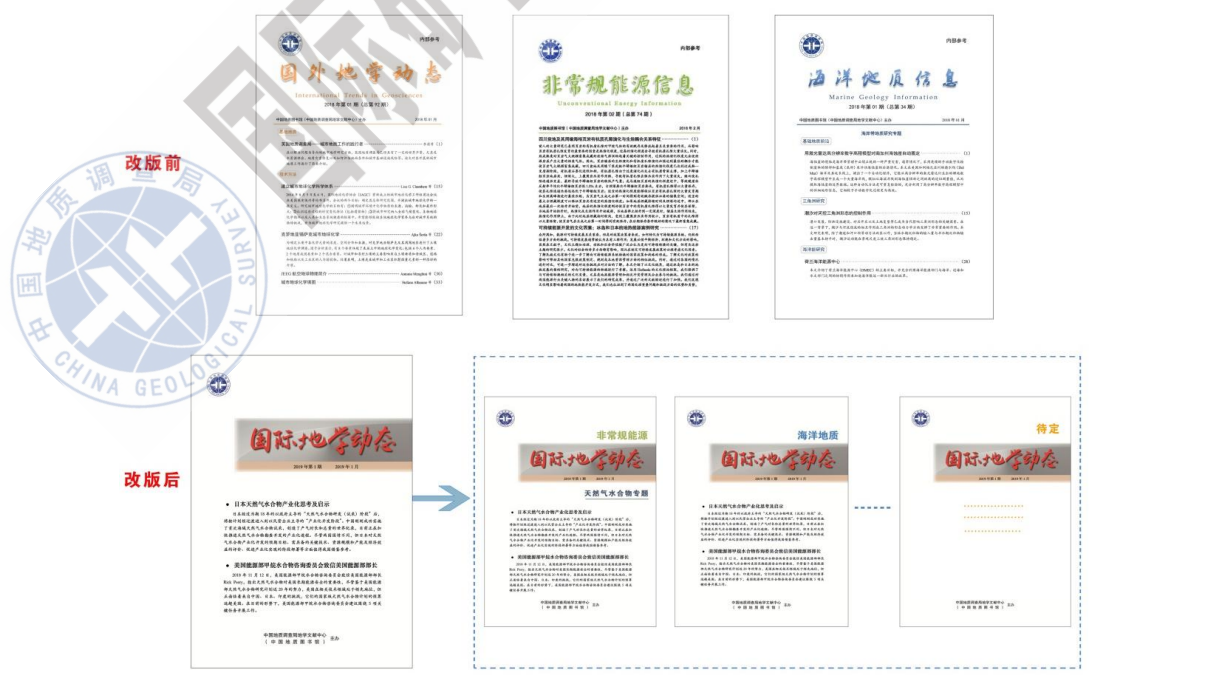
资料来源：RFC Ambrian. Report 1 – Mining 4.0 and Corporate Strategy. 2019.4, <https://www.rfcambrian.com/index.php/2019/04/03/mining-4-0-and-corporate-strategy/>.

# 局地学文献中心整合现有情报类内部刊物，以提升信息情报工作对局科学决策与科技创新的服务支撑能力

自2010年以来，地学文献中心先后创办了《国外地学动态》《非常规能源信息》《海洋地质信息》情报类内部刊物，较好地发挥了中心国外信息情报跟踪分析工作对局重点工作的服务支撑作用。

在新时代地质工作转型升级之际，地学文献中心于2019年对现有情报类内部刊物进行了整合，并改版形成了《国际地学动态》，该内部刊物将在承接《国外地学动态》《非常规能源信息》《海洋地质信息》情报服务方向的同时，根据地质调查工作的新要求和新形势，在跟踪报道方向和内容上不断调整和深化。

地学文献中心这次内部刊物整合和改版工作旨在规范情报跟踪报道的方向、内容、周期、质量等，实现情报类内部刊物服务的“快、精、准”，全面提升地学文献中心情报工作对局科学决策与科技创新的服务支撑能力。



## 版权及合理使用说明：

为了遵守国家知识产权的相关法律法规，保护知识产权，保障著作人的合法权益，中国地质调查局地学文献中心（中国地质图书馆）就《国际地学动态》的使用，要求参阅人员及研究人员认真遵守《中华人民共和国著作权法》的有关规定，严禁将《国际地学动态》用于任何商业用途或其他营利性用途。如用于读者个人学习、研究目的的单篇信息报道稿件，应注明版权信息和信息来源。任何单位要链接、整期发布或转载相关专题的《国际地学动态》内容，应向中国地质调查局地学文献中心（中国地质图书馆）地学情报研究室发送正式的需求函，说明其用途，征得同意，并在使用时注明版权信息和信息来源。

欢迎对中国地质调查局地学文献中心（中国地质图书馆）《国际地学动态》提出宝贵的意见和建议。

## 国际地学动态：矿产资源

2020年第1期

（2020年2月7日出版，印数1400册）

本刊由“国际地质调查动态跟踪与分析（DD20190414）”项目支持

编委会主任：刘延明

编委会副主任：刘三意

主 编：田黔宁 张 炜

执行主编：赵相宽

责任编辑：赵相宽

审 核：张 炜

地 址：北京市海淀区学院路29号

邮 编：100083

联系电话：（010）66554879

传 真：（010）66554882

电子信箱：gjdxdt@cgl.org.cn

单位主页：<http://www.cgl.org.cn/>