加拿大氢能科技发展战略及实践述评

李建华
（中国科学技术部，北京 100862）

摘 要：加拿大重点发展氢能，主要是基于发展前景、成本压力、可持续发展、国际义务和科技优势等多重因素考虑，属于加拿大联邦政府的现实理性选择。其利用丰富的“蓝氢”和“绿氢”生产资源以及强大的科技优势，获得规模收益，从而在国际竞争中抢占先机。加拿大联邦政府和各省级政府发布的氢能科技发展战略文件目标明确，发展路径清晰，突出研发创新；并注重提供规模效益，发挥技术优势，加强国际协作。中国应充分借鉴其做法，构建清洁、低碳的氢能供给体系，推进氢能全产业链技术创新，加快市场导向的氢能商业化应用。

关键词：加拿大；氢能；科技；战略
中图分类号：G321 **文献标识码**：A DOI：10.3772/j.issn.1009-8623.2024.06.001

党的二十大报告提出，深入推进能源革命，走“清洁替代、战略接替、绿色转型”的发展之路。氢能作为能源技术革命性创新的主要能源，在减排及能源结构转型中发挥至关重要的作用。近几年来，加拿大联邦和地方政府落实《巴黎协定》发展目标，相继发布实施《加拿大氢能战略》[1]（Hydrogen Strategy for Canada）、《2030 年减排计划》[2]（2030 Emissions Reduction Plan）等一系列规划文件或发展路线图，面向今后 30 年全球产业发展趋势，着力以技术推动氢能产业发展，旨在与美国、英国、法国、德国和日本等国家展开竞争，以掌握今后几十年氢能科技发展的主导权。其思路和做法对中国发展氢能技术产业，推进绿色低碳发展具有一定借鉴意义。

1 加拿大发展氢能的主要原因

加拿大是全球能源最丰富的国家之一。根据文献数据，加拿大剩余探明石油储量为 1 680 亿桶，位居世界第 3，占全球储量的 10.3%[3]，仅次于沙特阿拉伯和委内瑞拉。加拿大原油出口的 96% 进入美国，4% 出口到欧洲、亚洲和加勒比地区。

2022 年，加拿大向 133 个国家出口价值 1 742 亿美元的能源产品，能源行业产出约占其国内生产总值（GDP）的 11.8%，并带动了 69.6 万人就业[4]。作为能源大国，加拿大之所以开始逐步减少本国丰富的传统能源使用，转而发展氢能，主要是基于现实经济、科技优势和长期发展等多重因素考虑。

1.1 广阔的市场前景

据预测，到 2050 年，全球氢气产量每年可达 7 亿 t，为 2020 年全球氢气消费量（9 000 万 t）的 8 倍，能满足能源消费需求的 24%。届时，须在生产、储存和运输基础设施等方面投资超过 11 万亿美元才能满足这一需求[5]。因此，全球对氢能经济的兴趣日益浓厚，各国在氢能价值链上的部署和投资速度迅速提速。

从丰富的氢气生产原料和世界领先的氢能技术，到强大的能源产业和广泛的国际关系，加拿大拥有发展氢能经济所需的要素。如果加拿大充分利

作者简介：李建华（1972—），男，博士，主要研究方向为科技战略与政策。
收稿日期：2024－05－05

用其优势，到 2050 年，可以减少高达 1.9 亿 t 二氧化碳当量的排放，实现传统石油和天然气行业的转型，从中获得超过 500 亿美元的收入，并创造 35 万个就业机会 [6]。

1.2 原油生产的成本压力

加拿大的原油中 97% 为油砂，总量约为 1 640 亿桶，主要集中在阿尔伯塔省，开采成本远高于石油和页岩油，这使得加拿大油砂的操作成本达到 45.9 美元 / 桶 [7]。同时，加拿大 88% 的石油经由管道运输，导致每桶输送美国的原油成本增加 5.00 ～ 6.55 美元，每年由此付出的成本超过 140 亿美元，开采和加工的成本大大削弱了加拿大的石油竞争能力 [8]。

近几年油价的大幅度波动进一步对加拿大的石油和天然气行业产生巨大影响，进而对其他行业产生了连锁反应。推进氢经济将降低传统燃料的碳排放强度，大规模生产氢气是加拿大在未来保持竞争力的长远之道。

1.3 温室气体排放造成的损失加大

1948 年以来，加拿大平均气温升高了 1.7 ℃，变暖速度是全球平均水平的两倍，其中，汽油、柴油和航空燃料等的燃烧贡献了 50% 以上的温室气体排放量 [9]。2012 年以来，与气象相关的灾害和灾难性损失平均成本已上升至相当于每年加拿大国内生产总值的 5% ～ 6%。预计到 2050 年，气温将再升高 1.8 ～ 2.7 ℃，每年给加拿大带来的经济损失就高达 950 亿美元 [10]。要减少温室气体排放，就必须使用零碳能源载体取代碳基燃料。

1.4 国际义务的政治压力

加拿大作为《巴黎协定》的缔约方，其承诺到 2030 年将温室气体排放量比 2005 年减少 40% ～ 45%，并将 2030 年温室气体排放量的目标设定为 5.11 亿 t。加拿大政府还宣布了到 2050 年实现净零排放的目标：基于 2018 年的排放水平，在未来 30 年内减少 7.29 亿 t 的二氧化碳当量 [11]。但根据有关统计数据，2005 年以来，加拿大的温室气体排放总量并没有明显减少。2022 年，碳排放量为 7.08 亿 t，仅比 2005 年降低 7.1%，石油和天然气及运输部门的排放量反而分别增长了 20% 和 16%[12]。

发展氢能产业既可帮助加拿大保持其在全球能源领域的领先地位，又可为其经济带来新的增长点，是加拿大政府在温室气体控制方面变被动为主动的现实理性选择。

2 加拿大发展氢能的科技优势

全球经济和能源消费模式的快速变化正在推动化石能源向未来清洁能源的过渡，技术将成为变化的核心，而氢气作为清洁能源载体，其规模化发展无疑是重中之重。

2023 年，国际能源署（IEA）和欧洲专利局（EPO）发布了全球氢能国际专利研究报告，该研究以国际专利家族（IPF）为衡量标准，介绍了 2011—2020 年氢能技术的主要发展趋势 [13]。该报告指出，2000 年以来，以 IPF 衡量的全球氢能专利数量以 5% 的复合年增长率激增。全球氢能技术国际专利申请由欧盟、日本和美国主导，这 3 个国家和地区分别占这一时期提交的所有 IPF 的 28%、24% 和 19%。欧洲地区氢能专利申请量领先的国家是德国（占全球氢能专利申请总量的 11%）、法国（6%）和荷兰（3%）。韩国和中国的氢能技术国际专利申请活动仍然不多，但处在上升时期。除上述 5 个主要创新中心之外，其他大量申请氢能专利的国家还包括英国（3%）、瑞士（2%）和加拿大（2%）。

加拿大是全球氢能技术最为先进的国家之一。2022 年，加拿大在氢能领域的国际专利授权排名居第 11 位 [13]。其主要特点是相关专利集中在少数大型的能源公司，专注于氢气的生产和储运，包括电解制氢，利用碳捕集、利用与封存技术（CCUS）进行化石燃料转化等。2002—2022 年，空气化工产品公司（Air Products and Chemicals Inc.）共公布了 263 项氢能相关专利，是加拿大拥有氢能专利数量最多的公司。林德公司（Linde plc）公布的氢能相关专利数量在加拿大排名第 2 位，为 242 项。在此期间，前五大专利持有者分别是空气化工产品公司、林德公司、液化空气公司（Air Liquide SA）、加拿大能源协会（CEA）和壳牌公司（Shell plc），共持有 823 项氢能专利 [14]。加拿大的氢能技术能力与其学术研究水平息息相关。文献检索结果表明，1971—2021 年，加拿大各机构和学者共发表与氢能相关的学术文章和书籍数量分别达到 10.8 万篇和 2 995 部 [15]。

在实际生产中，加拿大利用丰富的“蓝氢”

（指通过天然气重整与碳捕集和储存相结合而制造的氢）和“绿氢”（指利用可再生电力将水分解为氢和氧而产生的氢）生产资源以及强大的科技优势，获得规模收益，从而占据了国际竞争的先机。加拿大企业通过电解水生产“绿氢”，价格为 2.2 ～ 3.6 美元 /kg。通过天然气生产氢能，即将天然气通过蒸汽甲烷重整或自热蒸汽重整制成的氢，价格为1.6～2.0美元/kg,零售成本仅为柴油的1/3[16]。2023 年，加拿大有 13 个低碳制氢设施处于运行状态，其中包括 6 个电解设施和 7 个采用碳捕集技术降低传统碳密集型制氢排放的项目，每年可生产超过 3 000 t 低碳氢能 [17]。位于加拿大魁北克省贝坎库尔的液化空气集团（Air Liquide）拥有的 20 MW 电解氢设施已于 2021 年开始运营。该设施采用 HyLYZER①技术，每天可生产高达 8.2 t 的低碳氢气，是 2021 年投入使用时世界上最大的电解氢厂 [18]。

3 加拿大氢能科技战略的实践与特点

2020 年以来，加拿大联邦政府和多个省级政府已相继发布多个涉及氢能科技发展的战略规划文件，这些规划各有侧重，互为补充，已形成比较完整的体系。

3.1 制定 2050 年发展目标

加拿大联邦政府希望到 2050 年成为全球三大清洁氢生产国之一，国内供应量超过 2 000 万 t/ 年，终端价格达到 1.1 ～ 2.5 美元 /kg，实现二氧化碳减排量达到 1.9 亿 t/ 年；建立低价氢供应基地，实现高达 30% 的能源以氢的形式输送，形成有竞争力的氢能出口市场 [1]。根据加拿大联邦政府的总体战略，其他各省结合各自实际和比较优势，对目标进行细化并展开行动。不列颠哥伦比亚、阿尔伯塔、安大略、魁北克、新斯科舍和新不伦瑞克等 6 个省已发布了氢能战略或实施路线图，将氢能确定为省级清洁能源优先事项。纽芬兰和拉布拉多省正在制定氢能发展行动计划，曼尼托巴省也在制定省级战略。如果这些目标能够实现，加拿大将在未来国际竞争中占据有利位置。

2021 年 11 月出台的《阿尔伯塔省氢能路线图》（Alberta Hydrogen Roadmap）确定了七大政策支柱和政府的相关行动计划，包括建立对氢能的需求、降低氢经济投资风险、激励创新、建立跨行业和地区的伙伴关系和联盟，扩大氢出口，以及发展运输、液化和储存基础设施等 [19]。阿尔伯塔省的埃德蒙顿（Edmonton）地区正在建设世界上最大的氢能中心，预计到 2030 年总投资超过 300 亿美元的氢生产项目将投产 [20]。

3.2 采取分阶段落实的实施路径

加拿大联邦政府在 2025 年前，将从供给侧和需求侧同时部署，建设相关基础设施。强调氢气生产方、使用方和出口方须在同一区域内，从全链条降低成本，防止盲目建设投入。在 2030 年前，支持成熟技术部署，扩大氢气技术和产业集群规模，开发建设新的工艺和分销基础设施。在 2030—2050 年，完善电池和充电技术，提高氢能储运效率。其总体构想是全方位扩大氢能市场，使加拿大长期受益于氢经济。

阿尔伯塔省则分两个阶段实施。第一阶段是建立政策基础，通过研究和创新提供技术支持，降低现有氢气生产的碳强度，并将清洁氢气部署到终端使用市场。第二阶段将重点转向增加产量和商业化。这些行动将通过与合作机构，联邦、省和市政府，行业以及其他关键合作伙伴和利益相关者的密切合作实施。在实施过程中，省政府将根据本地和国际氢经济的发展变化，适时调整氢能路线图。2025 年将重新审视氢能路线图，重点转向 2030—2050 年阶段的任务 [21]。

2021 年，加拿大石油巨头森科能源（Suncor Energy）在埃德蒙顿开始建设年产超过 30 万 t 的清洁氢基地，生产过程所产生的二氧化碳能达到 90% 的碳捕集率。其中，65% 的氢气供本地发电企业使用，20% 并入家庭用气网络 [22]。

3.3 突出研发创新

加拿大联邦政府重点部署发展天然气蒸汽重整技术，建立氢生产供应链，并做好向清洁制氢转变的准备。氢能生产方式也采取多种途径并行，包括电解制氢、化石燃料制氢和生物质制氢等。投入专门资金开发新的制氢技术，持续支持燃料电池汽车研发，保持新能源汽车技术的领先地位。各省战

① 该技术是康明斯公司（Cummins Inc.）安装的 20 MW 的质子交换膜（PEM）电解槽系统，用于生成绿色氢气。该电解槽系统于 2021 年 1 月投入使用，命名为 HyLYZER。

略也都把氢能研发和创新放在重要位置。例如，不列颠哥伦比亚省利用 Hydra 技术将重型柴油卡车改装为双燃料、氢柴油车，并保持其功率、扭矩、续航里程或有效载荷，同时减少 30% ～ 50% 的温室气体排放和当地空气污染物 [23]。

加拿大有 100 余家氢能和燃料电池公司研发和生产企业，跨越整个价值链和产业链，全球 50% 以上的燃料电池客车和重型卡车采用其燃料电池动力总成技术。2024 年全球清洁技术 100 强企业名单中，加拿大占 13 家 [24]。

3.4　以政策落实发展重点

加拿大于 2022 年中期发布的《清洁燃料法规》（CFR），要求到 2030 年，化石燃料运输燃料的碳强度比 2016 年降低 15%[25]。2022 年秋季，加拿大联邦政府实施清洁氢投资税收抵免政策（CHITC）。这是一种可退还的税收抵免措施，适用于所有获批生产氢气的项目，将一直支持到 2033 年。支持水平将从项目成本的 15% 到 40% 不等。对于将清洁氢转化为氨的设备，抵免率为 15%。该抵免自 2023 年 3 月起生效，并将在 2035 年逐步取消。预计到 2035 年，CHITC 将为该行业提供 128 亿美元的税收激励支持。该项措施在 2022 年秋季报告、2023 财年和 2024 财年加拿大联邦政府预算中都予以体现。除了 CHITC 之外，2023 年加拿大联邦政府预算中还宣布了几项相关的税收抵免，包括：清洁电力投资税收抵免，清洁技术制造业投资税收抵免，碳捕集、利用和存储投资税收抵免等 [26-28]。

此外，财政的直接支持也较为显著。加拿大联邦政府承诺投资 10.8 亿美元用于包括氢能和合成燃料在内的清洁燃料的国内生产；政府通过加拿大增长基金（CGF）为清洁能源和技术提供 110 亿美元的基金支持，降低私人资本投资风险；零排放公交基金（ZETF）为公共交通和校车运营商提供 20 亿美元的资金支持，以加速零排放公交车的采用。

其氢能科技发展战略主要有以下几个特点：

（1）提高规模效益。利用其丰富的油砂和天然气储备、石油基础设施，采取多种途径生产氢能，包括电解制氢、化石燃料制氢和生物质制氢等。预计到 2050 年加拿大氢能产量将增加至 2020 年的 7 倍，每年生产超过 2 000 万 t 的低碳氢。魁北克省正在建设世界上最大的氢气生产设施，该设施将使用最先进的电解技术生产绿色氢气，2028 年建成后将达到年产 7 万 t 绿氢的生产能力 [29]。日本伊藤忠商株式会社（ITOCHU）投资 13 亿美元在阿尔伯塔省建造年产 100 万 t 的世界最大的蓝色氨生产设施。2027 年投产后，氨将作为氢载体出口至亚洲市场 [30]。

（2）发挥技术优势。加拿大的氢能技术优势主要集中在长途运输、发电、工业和建筑供热等能耗密集型行业。按照其战略部署，安赛乐米塔（Arcelor Mittal）能源公司投资 13 亿美元开发低碳技术，用氢气电弧炉（EAF）取代煤炉实现直接还原铁（DRI）的生产。建成后，该项目每年将减少约 300 万 t 的温室气体排放。2024 年 3 月，该项目成功进行了两次测试生产。其中，在第一次测试中，6.8% 的天然气在 24 h 内被绿色氢气取代 [31]。到 2032 年，埃德蒙顿地区将建成 60 个加氢站，将有大约 2 万辆重型卡车转换为双燃料卡车和氢燃料电池卡车。

（3）注重国际协作。加拿大是多个国际能源组织的创始成员，参与创建国际氢能经济和燃料电池伙伴关系（IPHE），并与欧盟、美国、葡萄牙、韩国、日本和荷兰等国家和地区签订了多项双边和多边协议，推动全球和地区氢能合作；领导创建了有 20 国加入的全球氢能倡议（Hydrogen Initiative），促进氢技术在运输领域的应用；与国际能源署进行氢燃料电池合作，制定燃料电池标准，推动燃料电池商业化开发 [32]。2024 年 3 月，加拿大和德国签署了谅解备忘录，通过德国 H2Global 基金会建立首个双边窗口（Bilateral Window）计划，该计划将支持氢能合作项目 [33]。

（4）增强公众科学意识。加拿大重视从国家层面引导公民和社区了解氢能安全性、用途和益处，将氢能推广和科普活动融入日常生活，对政府、行业和公众进行氢能安全、用途和效应等方面的宣传教育。支持工业界和学术界合作开发氢能课程，进行认识、兴趣、技能培育和培训，开发下一代人才库，为新的氢能发展机遇做好人力储备。

自 2020 年《氢能战略》发布以来，加拿大已宣布了大约 80 个氢能研发和生产项目，如果这些项目全部实施，将新增 500 万 t 的低碳氢年产能力，

并带动超过 1 000 亿美元的投资。

当前，加拿大在发展氢能方面仍然面临挑战。一是，氢与其他传统燃料相比还不具备成本竞争力，以燃料电池为主的终端应用成本较高，未来 5 ～ 10 年需要出台强有力的政策和依靠财政支持以降低风险，吸引投资。同时基础设施不足限制了氢能车辆的生产规模,导致氢能车辆价格居高不下，氢能车辆难以普及。二是氢气生产和运输技术还面临瓶颈，如氢腐蚀、氢气混合和天然气管道改造等还是待解难题。尽管加拿大的某些氢能和燃料电池技术已处于商业准备阶段，但仍需进一步支持研发以降低成本，并开发新的应用解决方案，实现技术突破。三是加拿大的氢能部署尚处于早期阶段，氢能开发和使用缺乏科学的规范和制度框架，政策信号的不确定性会对投资者带来一定的影响。

4 启示与建议

国际能源署在《2023 年二氧化碳排放》（CO_2 Emissions in 2023）报告中提出警告，2023 年，全球二氧化碳排放比上年增长 1.1%，达到 374 亿 t 的新高 [34]。中国也面临较大的减排压力，加拿大的氢能战略具有前瞻性并已稳步推进实施，其做法可以为中国提供以下有益借鉴。

一是要加大科技攻关力度，构建清洁、低碳的氢能供给体系。结合各地区能源资源条件和产业聚集优势，因地制宜，探索可再生能源制氢路径，优化制氢设施、加氢站布局。二是要抓紧推进氢能全产业链技术创新。在制氢、储运和终端使用等各环节建立氢能技术基础研究体系，攻克核心技术。建设国际化氢能科技合作和创新平台，积极构建国际氢能创新链、产业链。三是要加快市场导向的氢能商业化应用。在工业领域拓展氢能应用场景，加快探索形成有效的氢能商业化发展路径。■

参考文献：

[1] Government of Canada. Hydrogen strategy for Canada: seizing the opportunities for Hydrogen[EB/OL]. [2024-03-06]. https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/environment/hydrogen/NRCan_Hydrogen-Strategy-Canada-na-en-v3.pdf.

[2] Government of Canada. 2030 emissions reduction plan: clean air, strong economy[EB/OL]. [2024-03-06]. https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/climate-plan-overview/emissions-reduction-2030.html.

[3] Government of Canada. Crude oil industry overview[EB/OL]. [2024-03-06]. https://natural-resources.canada.ca/our-natural-resources/energy-sources-distribution/fossil-fuels/crude-oil/crude-oil-industry-overview/18078.

[4] Natural Resources Canada. Energy Fact Book: 2023-2024[EB/OL]. [2024-03-06]. https://energy-information.canada.ca/sites/default/files/2023-10/energy-factbook-2023-2024.pdf.

[5] Bloomberg. Hydrogen economy outlook[EB/OL]. [2024-03-13]. https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf.

[6] SenateCA. Hydrogen: a viable option for a Net-Zero Canada in 2050[EB/OL]. [2024-03-13]. https://sencanada.ca/content/sen/committee/441/ENEV/reports/Hydrogen-energy-report_e_Final_WEB.pdf.

[7] Canadian Energy Center. Canadian upstream oil sector supply costs continue to decline[EB/OL]. [2024-03-06]. https://www.canadianenergycentre.ca/canadian-upstream-oil-sector-supply-costs-continue-to-decline/.

[8] Canadian Energy Centre. The economic impact to the Canadian economy of crude oil pipeline transportation[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.canadianenergycentre.ca/the-economic-impact-to-the-canadian-economy-of-crude-oil-pipeline-transportation/#:~:text=This%20study%20assumes%20the%20cost,transporting%20crude%20oil%20via%20pipelines.

[9] Government of Canada. Changes in temperature[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/climate-change/canadian-centre-climate-services/basics/trends-projections/changes-temperature.html.

[10] Government of Canada. National issues report[EB/OL]. [2024-03-07]. https://natural-resources.canada.ca/sites/nrcan/files/GNBC/Chapter%206_Costs%20and%20Benefits%20of%20Climate%20Change%20Impacts%20and%20Adaptation_Final_EN.pdf.

[11] Government of Canada. Net-zero emissions by 2050[EB/OL]. [2024-03-13]. https://www.canada.ca/en/services/environment/weather/climatechange/climate-plan/net-zero-emissions-2050.html.

[12] Government of Canada. Greenhouse gas emissions[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/environmental-indicators/greenhouse-gas-emissions.html.

[13] IEA. Hydrogen patents for a clean energy future[EB/OL]. [2024-03-04]. https://iea.blob.core.windows.net/assets/1b7ab289-ecbc-4ec2-a238-f7d4f022d60f/Hydrogen patentsforacleanenergyfuture.pdf.

[14] GlobalData. Top hydrogen patents holders (2002-2022)[EB/OL]. [2024-03-15]. https://www.globaldata.com/data-insights/macroeconomic/canada-top-hydrogen-patents-holders-in-the--sector-2128584/.

[15] Ali Erdogan Karaca. An updated overview of Canada's hydrogen related research and development activities[EB/OL]. [2024-03-04]. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319921030226.

[16] Adelphi. Hydrogen Factsheet-Canada[EB/OL]. [2024-03-16]. https://adelphi.de/system/files/mediathek/bilder/H2%20Factsheet%20Canada_July%202022_publication_final_v2.pdf.

[17] Government of Canada. Government of Canada announces almost $10 million to launch the Clean Hydrogen Hub and scale-up made-in-Canada innovation[EB/OL]. [2024-03-16]. https://www.canada.ca/en/pacific-economic-development/news/2024/05/government-of-canada-announces-almost-10-million-to-launch-the-clean-hydrogen-hub-and-scale-up-made-in-canada-innovation.html.

[18] Mohamed Keddar. Power quality improvement for 20 MW PEM water electrolysis system[EB/OL]. [2024-03-16]. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360319922035777#:~:text=PEM%20water%20electrolysis%20system,-Air%20Liquide%20Canada&text=The%20plant%20power%20is%2020,in%20the%20world%20by%202021.

[19] Government of Alberta. Alberta Hydrogen Roadmap[EB/OL]. [2024-03-16]. https://open.alberta.ca/dataset/d7749512-25dc-43a5-86f1-e8b5aaec7db4/resource/538a7827-9d13-4b06-9d1d-d52b851c8a2a/download/energy-alberta-hydrogen-roadmap-2021.pdf.

[20] THOMAS C. Hydrogen: an emerging and promising industry for Alberta and Saskatchewan[EB/OL]. [2024-06-07]. https://www.mltaikins.com/energy/hydrogen-an-emerging-and-promising-industry-for-alberta-and-saskatchewan/.

[21] Government of Canada. Hydrogen Strategy for Canada: progress report[EB/OL]. [2024-03-16]. https://natural-resources.canada.ca/climate-change/canadas-green-future/the-hydrogen-strategy/hydrogen-strategy-for-canada-progress-report/25678.

[22] Nia Williams. Canada's Suncor and ATCO to develop country's largest hydrogen project in Alberta[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.reuters.com/business/energy/suncor-develop-hydrogen-project-alberta-amid-renewables-push-2021-05-11/.

[23] Government of British Columbia. B.C. Hydrogen Strategy[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/farming-natural-resources-and-industry/electricity-alternative-energy/electricity/bc-hydro-review/bc_hydrogen_strategy_final.pdf.

[24] CHONG B. 13 Canadian companies crack 2024's Global Cleantech 100[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.marsdd.com/news/13-canadian-companies-crack-2024s-global-cleantech-100/.

[25] Government of Canada. Clean fuel regulagions[EB/OL]. [2024-03-16]. https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-2022-140/index.html.

[26] Office of the Parliamentary Budget Officer. Investment tax credit for clean hydrogen[EB/OL]. [2024-03-16]. https://www.pbo-dpb.ca/en/publications/LEG-2324-021-S--investment-tax-credit-clean-hydrogen--credit-impot-investissement-hydrogene-propre.

[27] The Department of Finance Canada. Budget 2023[EB/OL]. [2024-03-16]. https://www.budget.canada.ca/2023/pdf/budget-gdql-egdqv-2023-en.pdf.

[28] The Department of Finance Canada. Budget 2024[EB/OL]. [2024-03-16]. https://budget.canada.ca/2024/home-accueil-en.html.

[29] The Canadian Press. Contract for Quebec green hydrogen plant goes to AtkinsRéalis[EB/OL]. [2024-03-07]. https://montrealgazette.com/business/contract-for-quebec-green-hydrogen-plant-goes-to-atkinsrealis#:~:text=The%20Mauricie%20project%20is%20expected,announced%20in%20Quebec%20to%20date.

[30] FUMIE YAKU. Itochu's 'blue' ammonia from Canada to power Japan's green future[EB/OL]. [2024-03-07]. https://asia.nikkei.com/Business/Energy/Itochu-s-blue-ammonia-from-Canada-to-power-Japan-s-green-future.

[31] TAYLOR B. Arcelor Mittal begins EAF transition in Canada[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.recyclingtoday.com/news/arcelormittal-steel-canada-eaf-conversion-dri-recycling/.

[32] Government of Canada. Hydrogen Strategy for Canada: progress report[EB/OL]. [2024-03-17]. https://natural-resources.canada.ca/climate-change/canadas-green-future/the-hydrogen-strategy/hydrogen-strategy-for-canada-progress-report/25678l.

[33] Government of Canada. Government of Canada and Germany land arrangement securing early market access for clean Canadian hydrogen[EB/OL]. [2024-03-30]. https://www.canada.ca/en/natural-resources-canada/news/2024/03/government-of-canada-and-germany-land-agreement-securing-early-market-access-for-clean-canadian-hydrogen.html.

[34] IEA. CO_2 Emissions in 2023[EB/OL]. [2024-03-07]. https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023.

Canada's Hydrogen Technology Strategy and Its Practice

LI Jianhua

(Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: Canada is focusing on developing hydrogen energy, primarily based on multiple factors such as development prospects, cost pressures, sustainable development, international obligations, and technological advantages. This is a pragmatic and rational choice by the Canadian government. By leveraging its abundant "blue hydrogen" and "green hydrogen" production resources and strong technological advantages, Canada aims to achieve economies of scale, thereby gaining a competitive edge on the international stage. The hydrogen energy technology development strategy documents issued by the federal government and provincial governments have clear objectives and well-defined development paths, emphasize research and innovation, and focus on providing economies of scale, leveraging technological advantages, and highlighting international collaboration. China should fully learn from this approach, build a clean and low-carbon hydrogen energy supply system, promote technological innovation across the entire hydrogen energy industry chain, and accelerate the market-oriented commercialization of hydrogen energy.

Keywords: Canada; hydrogen; science and technology; strategy