

Impact assessment for renewable energy development: analysis of impacts and mitigation practices for wind energy in western Canada (First part)

可再生能源发展的影响评价： 加拿大西部风能影响及缓解措施的分析（上）

Camila Martins Godinho^a, Bram Noble^a, Greg Poelzer^b & Kevin Hanna^c

^aDepartment of Geography & Planning, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada;

^bSchool of Environment & Sustainability, University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada;

^cCentre for Environmental Assessment Research, The University of British Columbia, Saskatoon, Canada

^a萨斯喀彻温大学地理与规划系，萨斯卡通，加拿大；

^b萨斯喀彻温大学环境与可持续发展学院，萨斯卡通，加拿大；

^c不列颠哥伦比亚大学环境评估研究中心，萨斯卡通，加拿大

摘要：影响评价在全球能源转型中发挥重要作用，为识别与管理可再生能源项目影响提供理论知识。然而，对于影响评价工作在可再生能源开发方面的实际成效一直存在争议。本文基于对加拿大风能发展影响评价应用的内容分析，探讨分析了风能项目中通常评估的环境和社会影响以及提出的缓解方案。结果显示，包括缓解措施在内，生物物理影响与社会影响之间存在着相当大的不平衡。相比于社会影响，影响评价在生物物理影响方面包含更多的解决办法，其影响与缓解办法的比率为1:4.3，而社会影响方面仅为1:1.3。大多数缓解办法侧重于最大限度地减少影响，其次是避免影响，而在时间、实施方法和责任方面描述并不清晰。尽管存在共同影响，但跨项目的缓解措施过于模糊或不精确，无法支持评估中的可转移实践，无法提高效率。改进对可再生能源项目影响和缓解方案的理解，并不断在项目中积累经验，是推进影响评价在向可再生能源过渡中发挥作用的基础。

关键词：影响评价；缓解层级；风能；可再生能源；能源转型

1 引言

可再生能源在社会应对全球气候变化和履行减少温室气体排放方面发挥重要作用（Milliken等人，2021年）。据国际可再生能源机构估计，到2050年，可再生能源可提供全球80%的电力（IRENA，2021年），但是要实现可再生能源完全纳入以化石燃料为主的能源系统，就需要新的、可

能是不同的基础设施，用于能源生产、运输和分配（Bataille等人，2015年；Potvin等人，2017年）。可再生能源是低碳未来的核心，但是可再生能源基础设施也潜藏着不利于环境和社会的消极影响，需要加以识别与缓解（Geißler，2013年；Geißler等人，2013年；Hanna等人，2019年）。

影响评价（IA）是全球用于预测、评估和确定管理开发项目潜在影响的重要监管工具。从业人员、公众和决策者依据影响评价提供有关项目潜在影响和可行缓解方案的信息从而作出合理有效的决策。然而，影响评价长期以来一直因其提供的有关项目影响和缓解方案的信息的“质量”而饱受争

This article is a translation of an article published in *Impact Assessment and Project Appraisal* 2023© IAIA, available online: <https://doi.org/10.1080/14615517.2022.2139468>

本文是一篇发表于《影响评价与项目评价》杂志2023©IAIA的文章的译文，在线浏览地址：<https://doi.org/10.1080/14615517.2022.2139468>

环境影响评价

Environmental Impact Assessment

议，尤其是对生物物理影响的偏见超过了对社会影响的考虑（Orenstein等人，2019年；Vanclay，2020年），缓解措施含糊或不明确（Tinker等人，2005年；Jacob等人，2016年），以及注重减轻不利影响的严重程度而不是避免不利影响或扩大积极影响。学术界和政治界也批评影响评价存在“各行其是”的现象，评价人员对每个单独的项目都要从头编制影响评价信息而不是从以前典型项目影响和缓解措施中学习。Thiessen等（2020年）指出影响评价活动之间相互分享学习影响与缓解方案经验可以改进未来项目，提高流程效率，更好地管理预期和非预期影响，但目前的实际经验相对较少（Doelle和Critchley，2015年；Dutta等人，2021年）。

影响评价在全球能源转型中的主要作用是政府、从业者、社区和项目支持者提供相应理论依据，以有效识别和管理可再生能源倡议的影响（Köppel和Fischer，2013年）。然而，人们对可再生能源影响评价的有效性仍表示担忧，甚至担心影响评价活动会扼杀可再生能源项目（Smart等人，2014年；Schumacher，2017年；Macintosh等人，2018年；Fischer等人，2020年）。尽管关于可再生能源项目影响的文献越来越多，但大多数的文献研究都集中在欧洲，影响评价作为可再生能源发展的支持工具的作用只受到相当少的关注（Orenstein等人，2019年；加拿大能源监管机构，2021年）。影响评价必须确保对可再生能源项目的潜在影响进行合理的评估并且不能阻碍能源转型（Geißler等人，2013年；加拿大能源监管机构，2021年）。了解可再生能源发展的典型影响和所提出的缓解办法的性质，并在影响评价项目中不断学习积累是提高可再生能源项目影响评价有效性和效率的基础。

文章通过研究可再生能源项目影响评价中通常会评估的环境和社会影响，以及所提出的缓解方案的性质和特点，为可再生能源影响评价方面日益增长的学术研究提供参考。重点研究了加拿大西部的陆上风能开发项目，该项目是加拿大新发电量增长的主要来源。在此过程中，文章确定了在提出此类项目时，从

业人员和其他行动者可预期的影响，以及相应的缓解措施。虽然文章侧重分析加拿大西部当前的影响评价实践，但其中提供了一些重要的发现和经验，可广泛适用于为可再生能源转型的影响评价实践提供参考。

1.1 研究地区和方法

加拿大的电力系统主要基于水电（59.6%），其次是核电（14.8%），天然气（9.4%），煤炭（7%）和风能（5.1%），小部分来自生物质（1.7%）、太阳能（0.6%）和石油（1.3%）（NRC，2021年）。在电力使用方面，工业和住宅区代表了最大的电力需求（CER，2021年）。为了应对紧迫的气候变化，除其他政策和文书以外，加拿大在清洁能源增长和气候变化规划中制定了泛加拿大框架（加拿大政府，2016年），专注于清洁能源技术，以保证加拿大能源和资源部门的增长，并减少温室气体排放（Potvin等人，2017年）。加拿大的主要行动和承诺包括为碳排放定价，以及将能源系统从化石燃料发电转向可再生能源发电（Potvin等人，2017年）。尽管加拿大的电力系统目前80%是零温室气体排放（加拿大政府，2017年），但发电仍然是加拿大第四大温室气体排放源（加拿大政府，2018年）。加拿大承诺到2030年实现90%的无碳电力系统；投资可再生能源发电是实现这一目标的主要手段（Colvin等人，2016年；加拿大政府，2017年）。

风能是加拿大新能源发电的主要来源[加拿大风能协会（CWEA），2020年]，2019年，风电总装机容量为13 414 MW，远高于2004年的444 MW[加拿大风能协会（CWEA），2020年]（见表1）。仅在2018年，风能容量就增加了566 MW。自2009年以来，风能技术和安装成本下降了约70%，进而使得风能投资更具吸引力[加拿大风能协会（CANWEA），2019年]，风能成为新电力开发且无须补贴的最低成本选择。在不影响电网可靠性的情况下，风力发电能够满足加拿大三分之一的电力需求（GE能源咨询公司，2016年），并且根据加拿大国家能源局预计，2017—2040年，风能将占新能源发电量的27%。加拿大西部城市（Alberta, British Columbia, Manitoba, Saskatchewan）依靠良好的地理位置，拥有

IAPA文摘

Abstracts of IAPA

全国最强的风力资源，能够大力投资风能发展。2018年，Saskatchewan批准了6项新的风能计划，其中包括一个56涡轮机项目，将产生177 MW电力。风能是Alberta第二重要的新能源，近年来有5个新的风能项目，私人投资达12亿美元（阿尔伯塔省政府，2019年）。British

Columbia和Manitoba地区正在投资风能项目，以与目前在能源结构中占主导地位的水电资源捆绑在一起[加拿大风能协会（CANWEA），2019年]。在加拿大，有超过300个社区从风能项目安装中受益[加拿大风能协会（CANWEA），2019年]。

表1 可再生能源（电力发电）和风能容量

区域	总电力发电量-所有来源 ¹	风能发电量 ²	
	MW·h	项目数	安装容量/MW
Canada 加拿大	640 087 117	301	13 413
Alberta 阿尔伯塔省	77 161 279	38	1 685
British Columbia 不列颠哥伦比亚省	69 080 321	9	713
Manitoba 马尼托巴省	31 712 590	4	258
New Brunswick 新不伦瑞克	13 531 316	6	314
Newfoundland 纽芬兰	43 633 614	4	55
Nova Scotia 新斯科舍省	10 171 478	78	616
Northwest Territories 西北地区	758 875	1	9.2
Nunavut 努纳武特地区	194 366	0	—
Ontario 安大略	156 110 747	94	5 436
Prince Edward Island 爱德华王子岛	648 300	10	204
Québec 魁北克	212 780 155	47	3 822
Saskatchewan 萨斯喀彻温省	23 826 226	8	241
Yukon 育空	477 850	2	0.8

注：¹所有来源包括化石燃料、水力、核能、风能、太阳能和其他。包括电力生产商和不属于电力发电、传输和分配行业的其他产电行业。²加拿大风能协会，已安装容量（<https://canwea.ca/wind-energy/installed-capacity/>）。

1.2 风能项目影响评价

加拿大联邦层面的影响评价是根据《影响评价法》制定的，该联邦法案仅适用于有联邦管辖权的项目，并可在物理活动条例SOR/2019-285中找到。这些通常是重大基础设施项目，主要包括核、跨地区石油和天然气、危险废物处理以及联邦土地上的项目。加拿大的大多数风能项目都是根据省或地区立法进行评价的，联邦影响评价仅适用于项目位于海上或国家公园或国家指定的野生动物区的情况。

包括风能项目在内，加拿大西部大多数影响评价都是由省管辖，如《环境评估法》（British Columbia），《环境保护和改善法》（Alberta），《生态评估法》（Saskatchewan），《环境法》（Manitoba）。British Columbia省的影响评价过程是基于几个因素触发的，包括拟建项目的特征，如其

生产能力、地理位置、潜在影响和行业类型。对于大多数能源项目，影响评价的触发条件主要基于发电容量（50 MW及以上）；对于风能项目，影响评价触发条件是基于涡轮机的数量及其位置（见表2）。

在Alberta地区，影响评价是2000年《环境保护和改善法》的一部分，其中包括相关条例规定的强制性和豁免活动清单。项目提议人必须提交项目说明，以确定项目是否需要评价。小于1 MW的项目可以豁免，而大于1 MW的项目则需要由监管机构进行全面的影响评价审查。影响评价是基于个案基础上依据指示性指导酌情确定的，这些指导涉及公众关注、预先资源使用和重大不利影响的可能性等方面内容；没有项目清单，也没有界定的门槛。Manitoba省要求对执行机构条例中指定的项目颁发执行机构许可证。就所有能源项目而言，要求提议者提交项目申请进行影响评价筛选的门槛是10 MW。

环境 影 响 评 价

Environmental Impact Assessment

表2 西加拿大风能项目的影响评价立法和要求

省份	British Columbia 不列颠哥伦比亚省	Alberta 阿尔伯塔省	Saskatchewan 萨斯喀彻温省	Manitoba 马尼托巴省
立法	《环境评估法》 (EAA) (SBC 2018 c.51) *	《环境保护和增强法》 (EPEA) (RSA E-12, 2000)	《环境评估法》 (EAA) (S.S. 1979-80 c.E-10.1)	《环境法》 (SM 1987-88 c.26)
适用于影响 评价的法规	可审查项目条例 B.C. Reg. 67/2020	环境评估条例 (112/93; 89/2013) ; 活动指定条例 (276/2003; 125/2017)		开发类规定 (E125- M.R. 164/88) ; 许 可程序规定 (E125- M.R. 163/88)
风能项目影响评 价的触发条件	拥有15个或更多涡轮 机的风能设施; 或至 少有一个涡轮机位于 水域且总共有10个或 更多涡轮机	≥1 MW (自由裁量活动)	视情况而定	>10 MW

注: *British Columbia 《环境评估法》 (SBC 2002 c.43) 已更新并被2018年《环境评估法》 (SBC 2018, c. 51) 取代, 该法于2019年12月生效。本研究中包括的所有影响评价都是在前一部法案下评估的项目。来源: 基于McMaster等人 (2021年) 文献。

1.3 数据收集和分析

文章对每个管辖区的公共影响评价登记进行了检索, 以识别已完成的风能项目评估。共识别了2006年后的17个风能项目影响评价: Alberta地区7个、British Columbia地区6个、Manitoba地区2个、Saskatchewan地区2个。样本仅收集了受监管影响评价约束并包含在影响评价注册表中的风能项目。项目影响评价报告通常包括项目的技术评价、管理计划、支持影响评价的技术报告以及监管批准条件。对样本的初步分析显示, 其中5个项目的文件编制不完整, 只有项目说明, 但没有技术评估报告或管理计划, 因此, 选择了12个项目作进一步审查 (见表3)。

对于每个项目, 分别审查了影响评价文件, 以确定影响和缓解措施的类型并按受体、项目规模、提议者、地理位置等因素加以分类。内容分析在影响评价研究中很常见, 用于审查影响声明, 通常用于检测模式、信息差距或新兴主题。对于每个项目影响评价, 文章提取了以下信息并进行了分类。

- 价值组件: 影响评价报告中的影响陈述通常按价值组件 (VC) 呈现, 所有VC从项目样本中识别, 并组织成常见的VC类别。相似或相关的VC (例如鱼类、鱼类栖息地、河岸环境) 被汇总为一个更大的VC类别 (例如水生环境)。

- 影响: 所有对价值组件的预测影响会在项目的施工和运营阶段得到识别和记录。

- 影响类别: 影响分为生物物理影响 (如对空气、水、野生动物的影响) 或人类影响 (如财产价值、健康、福祉)。

- 缓解措施: 在适用的情况下, 确定出具体的影响缓解措施。

- 缓解层级: 根据缓解层级对每项缓解措施进行分类, 分为避免、最小化、修复、补偿或增强。

- 缓解活动具体化: 影响评价活动中的一个常见争议是缓解承诺不准确, 缓解行动按其具体情况分类如下。

高: 缓解行动描述清晰, 并提供行动地点、时间、周期、处理措施, 以及责任方等信息。

中: 缓解行动描述较清晰, 但缺少时间、方法或责任等细节。

低: 缓解行动描述模糊, 很难与已确定的影响联系起来, 也没有提供任何额外的信息来指导执行工作。

根据上述数据和分类, 分析侧重于提取风能项目样本中的常见影响、典型缓解措施、缓解措施的性质和精确度以及最常被认为有很高可能性产生重大不利影响和/或缓解措施不确定或未经证实的影响。

IAPA文摘

Abstracts of IAPA

表3 文章选择分析的风能项目影响评价

省份	项目	发电容量*/MW (涡轮机数量)	影响评价提交日期	最近社区距离/km
Alberta 阿尔伯塔省	Blackspring Ridge Wind	298.8(167)	2009	15
	Bull Creek Wind Facility	29.1(15)	2015	15
	Halkirk Wind	149.4(83)	2009	2
	Wintering Hills	88.0(55)	2009	12
British Columbia 不列颠哥 伦比亚省	Bear Mountain Wind Park	102.0(34)	2007	12
	Cape Scott Wind Farm	99.0(55)	2009	14
	Dokie Wind Project	144.0(48)	2006	9
	Quality Wind	142.2(79)	2010	9
Manitoba 马尼托巴省	Thunder Mountain Wind	320.0(160)	2009	18
	St. Joseph Wind Farm	138.0(60)	2008	2
	St. Leon Wind Energy I& II	120.4(73)	2006	2
Saskatchewan 萨斯喀彻温省	Chaplin Wind Energy	177(59~118)	2013	90

注：*根据影响评价申请技术项目描述。

2 结果分析

影响评价信息的可获得性和可访问性存在差异。由于公共登记册中所列的文件并非全部可用，因此获得IA项目文件共耗费4个月时间。在某些情况下，需要向负责的政府机构提出正式的信息请求以获取文件；或者在执行机构登记册不完整的情况下，与项目开发者联系索要项目文件。影响说明的格式和组织也各不相同，有的报告以综合文件形式提交，有的项目的评估结果按主题分开，并以几种不同的格式和电子文件夹或访问点组织。有些报告按顺序介绍了影响和缓解行动，而另一些则在单独的文件中介绍了影响和缓解行动，并非明确联系在一起。British Columbia地区项目的影响评价文件大部分都是完整的，并且有详细信息，而Alberta地区的评价影响信息往往不完整或在评价影响登记册中没有合并。

2.1 影响和缓解行动

从影响评价样本中，共确定了94项对价值组分的影响，其中大多数（50%）是在项目施工阶段具体确定，22%在运行阶段以及28%的影响与施工和运行阶段都有关联。只有4个项目执行协定包含了关于风

力涡轮机退役的信息，但在与项目建设阶段影响不同，项目退役期间的环境影响没有被识别，影响评价中也未包含详细的退役计划。

在识别出的94个影响中，56个是生物物理影响，38个是对人类环境的影响。所确定的人类影响大多数是社会或经济影响，其次是对人类健康的影响，特别是对原住居民社区的影响，即获得传统土地或对原住居民权利的影响。在生物物理影响方面，对野生动物、植被和土壤的影响最大，其次是水资源和水生环境。

在项目样本中，共确定了289项缓解措施，其中针对38项人为影响确定了50项缓解措施，影响与缓解措施比率为1:1.3。相比之下，针对报告的56个生物物理影响确定了239项缓解措施，影响与缓解措施的比率为1:4.3。文章发现有11个对人类健康的影响没有规定的缓解措施（29%），包括对财产价值、住房需求的不利影响以及对无线电通信的干扰。相比之下，只有4个生物物理影响未规定缓解措施（7%），主要集中在感官干扰鸟类和蝙蝠以及噪声影响放牧。12份影响说明中只有5份说明了风能项目的潜在积极影响。其中的积极影响主要通过风力设施的建设和运营带来的短期经济机会有关，特别是短期就业。

环境 影 响 评 价

Environmental Impact Assessment

2.2 缓解措施具体性

文章尝试分析确定缓解措施未知或不确定的影响，如上文所述，没有缓解措施的影响很小但是项目影响评价中如何介绍影响和相关缓解措施存在很大差异。例如文章确定一些影响，但缓解措施模糊不清，并未解决所述影响；文章中称为“缓解黑洞”，因为不可能理解它们需要什么。举例中包括“缓解”声明，如：“在设计阶段考虑林业价值”，但没有解释具体意义，针对解决的具体影响，责任方以及缓解实施方法。第二个例子中，提出了“准备紧急泄漏响应计划”，但没有提到实施或具体的泄漏类型或危险。

文章分析得出了4种不同的影响—缓解关系模式。第一，确定一个具体影响并提出一个或多个具体的缓解措施来解决该影响（见表4）。例如，提出了关于河岸环境的具体影响状态说明，并提出了多项具体的缓解措施，后续监管机构可能通过项目后续措施和审计程序来核实这些措施的执行情况。第二，只模糊地说明了影响，但提出了具体的缓解措施。例如，对施工期间可能发生的危险燃料泄漏仅

做出一般性说明并未具体说明风险对环境的影响，但是确定了应对潜在的泄漏具体的缓解措施。第三，确定具体影响，例如由于清除植被而导致附近水体中沉积物负荷增加的具体情况，但有关的缓解行动只是含糊地描述，例如提到了重新植被，但没有进一步详细说明将重新植被的地区、时间框架或解决沉积物输送问题的具体策略。最后，模糊地确定了影响，例如土壤扰动的可能性，但没有具体的驱动因素，规定的缓解措施，最大限度地减少土壤扰动，描述同样模糊，可能既无法核实，也无法为影响管理措施提供信息。

政府指南或“特定咨询机构”在不同的影响说明中提及20项已确定影响的缓解措施。这些措施包括“遵守CanWEA关于输电线路避让的最佳实践”和“DFO运营声明中概述的维护现有通道中河岸植被的实践”。政府指导方针有几项行动描述如何解决影响，这些措施可以从协商到具体条例中所述的非常详细的行动。虽然参考政府指南是影响评价的常见做法，但就本研究的目的而言，没有对这些不同法规中规定的指示的性质或具体性进行后续分析。

表4 影响陈述和缓解措施示例

具体影响陈述	具体缓解承诺
● 项目施工（即场地清理和道路通行）可能会直接干扰项目施工区域的河岸生境	<ul style="list-style-type: none"> ● 在施工期间，非养鱼水道至少保持15 m的距离，养鱼水道至少保持20 m的距离 ● 遵循加拿大渔业和海洋部关于维护现有通道河岸植被的操作声明中确定的最佳管理实践
模糊影响陈述	具体缓解承诺
● 可能会发生危险物质泄漏	● 现场燃油存储罐设置双层，并配备滴盘，以避免在给设备加油时发生泄漏
具体影响陈述	模糊缓解承诺
● 施工期间涡轮机现场的地表径流增加将在施工期间增加沉积物负荷到近海溪流	● 进行植被恢复
模糊影响陈述	模糊缓解承诺
● 施工期间可能对土壤造成干扰	● 最小化土壤干扰

（未完待续）

译者：三捷环境工程咨询（杭州）有限公司 吴成志，姚胜东