

## 大规模碳捕集与封存第二代蓄势待发

“碳捕集利用与封存知识国际中心”的工程师团队找到了大规模碳捕集利用与封存应用过程中令局面为之一新的变数，并奋力将其推进至第二代技术阶段。该团队汇集了萨斯喀电力的“边界坝 3 号”碳捕集与封存设施（“边界坝 3 号”项目）20 多年的碳捕集与封存项目综合经验，率先进行着一项可行性研究，以改造尚德电站，并取得了令人瞩目的成果。

“我们对此感到非常兴奋，因为大型碳捕集与封存项目的许多常见障碍正在得到克服，结果表明下一代碳捕集与封存技术将显著降低成本，提高效率并与可再生能源完美整合，”知识中心总裁兼首席执行官墨镍说。最大限度地提高效率并呼应与风能或太阳能的集成，同时通过使用经济实惠的技术捕集尽可能多的二氧化碳，这是碳捕集与封存被认为是减缓气候变化的主要选择的关键。国际能源署表示，碳捕集与封存必须能够在2050年之前减少940（亿吨）碳，以便将全球温度上升限制在2°C。

知识中心的可行性研究审查了萨斯喀电力的尚德电站燃烧后捕集改造的商业方案评价 - 该电站位于加拿大萨斯喀彻温省埃斯特湾市著名的“边界坝 3 号”项目附近。不过，尚德设施是一个300兆瓦的单机组燃煤发电厂，为“边界坝 3 号”机组容量的两倍。

### 向着成功进化

“边界坝 3 号”项目于2014年投入运营，成为世界上第一个与燃煤发电厂完全一体化的碳捕集设施，也是大规模捕集的先驱。它还以其全链条碳捕集利用与封存而闻名，包括捕集，运输到提高采收率（EOR），以及在Aquistore项目现场深度为3400M的深度地质封存。

作为必和必拓和萨斯喀电力合作的结晶，知识中心作为非盈利组织的成立，旨在支持实现全球气候变化目标，出于实现对二氧化碳减排产生重大影响的动机，分享从“边界坝 3 号”项目获得的知识经验，以加速碳捕集利用与封存的全球发展。

知识中心研究中考虑的第一代到第二代技术的飞跃，建立在“边界坝 3 号”项目的成就和经验教训的基础上。像所有如同新生儿面世一般的创新一样，它也面临着种种挑战。然而，“边界坝 3 号”项目的碳捕集利用与封存故事是朝着成功一步步进化的事迹。在今年春季，该设施庆祝了累计捕集200万吨二氧化碳的里程碑。此外，它最近创下了连续六个月以99%的可靠性运行的成功记录。

“在早期，重点主要放在了学习上 - 最好的教训来自于运行中无法预料的事件。我们知道什么有用 -- 同样重要的是，我们也知道什么是行不通的。我们知道了如何防止走弯路，防止延误和计算错误，因为我们经历了原路返回的过程，并重新调整以修复和适应运行，”知识中心技术服务主管考文·布鲁斯说。现在“边界坝 3 号”项目的重点是优化设施。

### 热能来源优化

面向第二代，优化是至关重要的。按照美洲成本计算工程师协会（AACE）3/4级估算原则，尚德电站可行性研究显示出对未来第二代经济可行性和设计将具有确定无疑的影响。

[ccsknowledge.com](http://ccsknowledge.com)

306.565.5669  
198 - 10 Research Drive  
Regina, SK S4S 7J7 Canada

燃烧后捕集的关键难题之一是最大限度地减少宿主设施用于溶剂再生和二氧化碳释放所需的额外能量（寄生负荷）。该热能的来源对于电厂的运行效率和灵活性至关重要。

迄今为止大多数探索电厂出力下降补偿方案的研究，都集中于燃煤汽轮机组的满负荷性能，及其对应的燃煤和燃气机组构成的热电组合的综合性能。然而，这些研究忽略了利用燃气轮机循环必须面对的条件现实与诸多因素制约。在尚德电站可行性研究中，知识中心详细介绍了额外新建燃气轮机作为蒸汽来源与直接提取燃煤电厂蒸汽的对比。

在燃煤电厂捕集岛与燃气机组集成的情况下，独立调度两种能源会更困难。可行性研究在审视提取来自燃煤电厂的蒸汽时，替换了部分蒸汽路径，优化蒸汽提取压力，而不致造成节流损失或增加额外的设备。

布鲁斯先生说：“这为实施叶片技术升级并令涡轮机部件从累积性疲劳中得到恢复提供了机会。”

“它还电厂提供了最佳的运行环境，令其最大限度灵活地随着每天影响发电厂的变量而时起时伏地运行。”如果蒸汽来自燃煤机组，可用的蒸汽量将随着燃煤电厂负荷的变化而变化，同时随着烟气排放量相应变化来捕集其中的二氧化碳。

该研究表明，从现有燃煤电厂提取蒸汽对能效影响最小，并提供最灵活和最有经济效益的选择。

## 冷却技术确保节约用水

另一个好处是节约用水。该设计解决了以下障碍：1) 可用水量通常是大多数热电厂的制约因素；2) 碳捕集与封存设施的集成增加冷却所需水量。在可行性研究中，新设计方案利用来自烟道气的冷凝水和部分利用干冷却系统作为补充，适应现有的水量分配，使得该设施可以经济有效地得到冷却而无需增加冷却用水量。

## 提高与可再生能源集成的灵活性

在建设低成本和高效率的大型碳捕集与封存设施过程中，有诸多变量和操作运营等制约因素，例如：电价，二氧化碳市场，税收，管控法规等，都敦促必要的灵活性。

在可行性研究中解决的这种改进的一个突出例子，就是能够适应电厂的运行变化起伏的能力。在“边界坝 3号”项目的第一代设计和操作中，经过优化，可在发电机组满负荷运行时捕碳。

但是，发电机组通常以低负荷运行。随着越来越需要兼容更多的能源选择，例如可再生能源，煤电厂能够根据需要减少其负荷越发重要，以允许这些替代能源生产的电力进入电网。

因此，重要的是，捕集设施即使在其所伺服的机组低于满负荷运行，也必须能够继续捕集二氧化碳。尚德电站可行性研究利用电厂具有调控电量产出的应变能力，在低负荷条件下提高捕集率超过90%，同时支持与风能和太阳能等其它可再生能源的匹配整合。

[ccsknowledge.com](http://ccsknowledge.com)



对灵活性的需求是关键。在尚德电站的这项研究中，目标是最大限度地提高热电厂的效率，并确保设计灵活，既不破坏现有运行—以创建一个可靠，清洁的煤炭能源系统，又能够通过这一系统允许碳捕集利用与封存与可再生能源很好地匹配整合。

## 规模重要

知识中心研究了碳捕集与封存潜在应用于多种规模的捕集设施的可行性。

在尚德电站可行性研究中，设计规模从“边界坝 3号”项目的150兆瓦（MW）增加到尚德电站的300 MW。尚德电站每兆瓦时发电产生约1,100千克二氧化碳，该电厂采用碳捕集利用与封存则每年可捕集多达200万吨二氧化碳。

扩大捕集设施的规模，会相应增加该设施对排放量的影响力度，同时降低每吨二氧化碳捕集成本。

## 第二代的成本将大幅降低

与任何第二代技术一样，通过经验知识积累产生效率，再对设计和实施途径进行适应性调整—这两者都肯定对项目的经济可行性产生影响。初步预测，建造下一个大型碳捕集利用与封存设施预计将节省造价30%。

然而，知识中心可行性研究的结果显示，在更大量减少二氧化碳排放量的情况下，可以显著降低成本。

特别是就应对气候变化而言，这是一个好消息，因为碳捕集利用与封存领域的发展经常受到项目造价高昂的固有成见的阻碍。包括国际能源署和联合国国际气候变化专门委员会（IPCC）在内的一些全球能源研究机构都认识到，如果没有大规模的碳捕集与封存，世界上很多地区都无法实现减排目标。研究证实，没有碳捕集与封存，减缓气候变化的中间成本增加138%。

随着更多捕集设施的建设，碳捕集与封存的成本将持续下降。

## 全球范围和工业应用

为了推进全球气候变化目标，工业化规模碳捕集利用与封存需要采取取向明确和战术性措施。许多发展中国家的中产阶级日益壮大，要求能源安全。实施碳捕集与封存可以有效地帮助电网乃至其它工业排放源脱碳。

“在全球范围内，我们收到了多方人士的无数问询，他们有意保持现有发电资产的价值，保持多样化的能源燃料组合或保有煤炭等低成本能源燃料，同时降低温室气体排放，以便应对区域内各种政策信号和压力。”知识中心战略和伙伴关系副总裁贝丝·哈迪说。

[ccsknowledge.com](http://ccsknowledge.com)



INTERNATIONAL  
**CCS KNOWLEDGE**  
CENTRE

碳捕集利用与封存不仅适用于能源行业，可应用于那些减排选项有限的工业排放源，如钢铁，水泥以及农业等。例如，在占世界二氧化碳排放量8%的水泥生产过程中，三分之二的排放来自生产过程，还不算其燃料利用过程的排放。有趣的是，来自水泥厂的烟气非常类似“边界坝 3号”项目等燃煤发电厂的烟气流，因此通过“边界坝 3号”项目掌握的知识经验可以有助于降低该行业生产流程实施碳减排的风险。

知识中心将把尚德电站可行性研究的原则应用于其他可行性研究以及全球各种工业领域应用项目的前端工程设计研究中，这些工业领域包括水泥，废物利用能源转化以及燃煤发电。

“我们的工作改善大型碳捕集利用与封存项目的建设投产情况并优化性能，以便在全球范围内有效推广利用，”墨镍先生说。“我们拥有专业知识和实践经验，我们希望与全世界共享之。”

尚德电站可行性研究报告预计将于2018年秋季公开发表。欲了解更多信息，请参阅碳捕集利用与封存知识国际中心被接受参加GHGT-14会议八篇论文的详细摘要，该会议拟于2018年10月21日至26日在澳大利亚墨尔本举行。

欲了解更多信息，请登陆[www.ccsknowledge.com](http://www.ccsknowledge.com)

中文翻译:于泽伟

原载：Carbon Capture Journal, 2018年9-10月刊, 第65期

[ccsknowledge.com](http://ccsknowledge.com)

306.565.5669  
198 - 10 Research Drive  
Regina, SK S4S 7J7 Canada