北极地区的海上勘探

壳牌公司漏油应急预案能否跟上开采的步伐？

© Steven J. Kazlowski/Alamy

壳牌公司必须在海水结冰前停止钻井，以免勘探季节后期发生井喷而导致原油在冬季的冰盖下积聚。

© Tom Doyle

参与波弗特海勘探的第二个钻探平台“库勒克号”，如果发生剧烈井喷而且各种应急措施都无效的情况下，该平台可以在一周内在楚科奇海域开始钻减压井。

由于全世界范围内的资源减少，石油和天然气公司都被迫进入人迹罕至的地区进行钻探，北极则是其最新的前沿阵地。根据美国能源信息管理局（U.S. Energy Information Administration）的资料，在北极圈——北纬66.56° 以北的全部地区——的地质层内，蕴藏着大约900亿桶原油和1669万亿立方英尺的天然气，占全球未开发传统资源的22%。人们普遍认为这些资源主要位于北冰洋下方，由于全球气候变化导致季节性冰盖显著减少，近年来开采变得容易一些。挪威、俄罗斯、加拿大、丹麦以及其他北方国家都在开展北极地区海上油气项目，进度各有不同，围绕北极地区领土权的外交纷争也已经爆发。

从1980年到2000年间，阿拉斯加州的平均石油产量占美国石油总产量的五分之一。但是自从1988年的输油量高峰期以来，通过阿拉斯加输油管道的输油量下降了三分之二以上，最近要求在该州北部海岸的外大陆架（Outer Continental Shelf， OCS）区域进行钻探的呼声源源不断。阿拉斯加的财政收入至少有90%来自石油，所以该州的立法者在大多数州民的支持下，大力争取海上油气勘探授权。联邦政府也表示了支持，于2011年发表了一项承诺，以促进外大陆架区域的开发和加快阿拉斯加的离岸开采批准程序，但是是在假设其“完全符合安全、健康和环境标准”的前提下。

现在美国已经朝着在阿拉斯加外海进行新一轮石油和天然气勘探迈出了一大步。美国内政部（Department of the Interior，DOI）于2012年2月批准了壳牌墨西哥湾有限公司在楚科奇海（Chukchi Sea）的漏油应急预案，这片海域是北极熊、海象和其他野生动物的栖息地，也是阿拉斯加土著居民乘坐海豹皮船捕鲸的海域。内政部这一举措是石油工业的一个重大胜利，也是反对钻探人士的落败。6个星期后，该公司在毗邻的波弗特海（Beaufort Sea）的漏油应急预案也获得了批准。

壳牌阿拉斯加公司发言人Curtis Smith说，内政部对该计划的批准使得公司走上了轨道，将于今年夏天开始在该地区进行勘探（仍然需要最终钻探许可）。但是许多评论家认为，由于地处偏远而且天气恶劣，不可能在该地区进行安全钻探，他们还质疑一旦发生漏油事故该应急预案能否有力保护北极的生态健康。

原住民健康问题

阿拉斯加外大陆架区域近年来一直被禁止进行油气勘探，主要是因为阿拉斯加原住民代理律师们的努力。他们认为除了生态后果以外，海上钻探还可能会损害当地居民的传统生计、健康和福祉。因纽特人在北极水域捕猎露脊鲸和其他海洋生物已经长达2000多年，他们的卡路里摄入量一半来自于仅够维持生计的肉类。对原住民的健康研究表明，石油工业在阿拉斯加北坡的扩张和传统的维持生计的生活方式受干扰有关联，使得II型糖尿病、饮食改变导致的代谢问题、滥用药物、自杀和哮喘的发生率升高。

同时已有资料表明，秋季迁徙途中的北极露脊鲸可以游出18英里以躲开它们不喜欢的声音，这可能会使它们游出因纽特人的安全捕猎范围，而这种狩猎活动对他们的自身文化定位至关重要。“捕鲸人每多航行一英里，受伤或遭遇灾难性事件的可能性就越大，”北坡自治区野生动物管理局（North Slope Borough Department of Wildlife Management）环境资源专家Thomas Lohman说道。

2011年的勘探季节受到阻挠，部分是因为对阿拉斯加原住民的健康忧虑阻碍了壳牌公司从美国环保署获批空气质量许可证。当时律师们成功地论证了海上钻探队的船只——尤其是破冰船——会排放过量的氮氧化物，而这些呼吸道刺激物与心脏疾病有关联。不过这个问题已经被壳牌公司和环保署解决了，给“库勒克号（*Kulluk*）”和“杰出发现者号（*Noble Discoverer*）”两个钻井平台的最终空气质量许可证分别于2011年10月和2012年2月颁发。据Smith称，壳牌公司将在其钻井平台上部署手头最好的污染控制技术，而且壳牌公司在该地区的所有飞机都会使用超低硫柴油，以大大减少氮氧化物和颗粒物的排放。

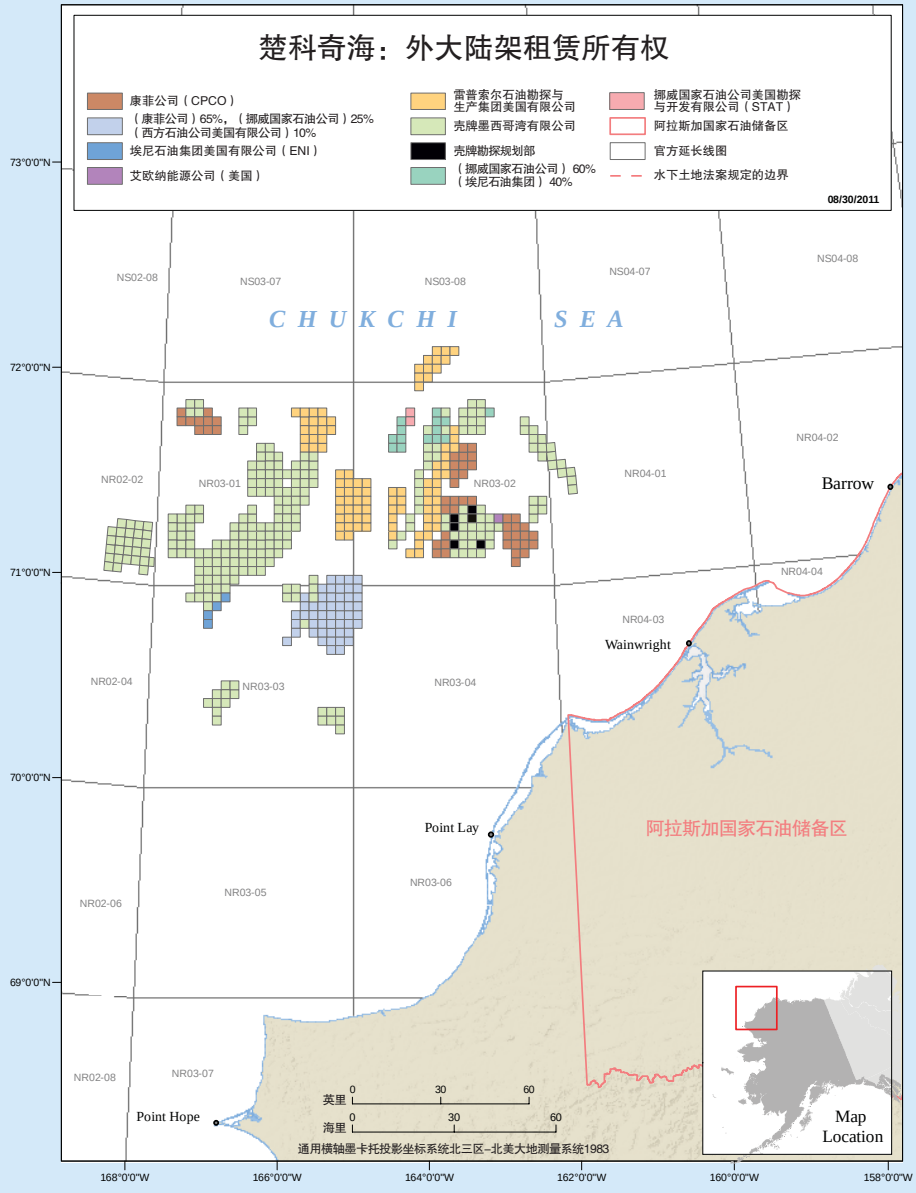
Lohman承认壳牌公司一直非常努力而且花了大笔经费来解决当地关注的问题。“现在公司和当地的伙伴关系及对话都比过去增多了，”他说道，“但是在我们和当地社区沟通过程中，人们反复提及的是石油泄漏问题。人们担心如果局面真的失控，他们的食物供应会受到怎样的影响。”

开发外大陆架

根据政府机构最近的评估，科学家们相信在楚科奇海和波弗特海下方的地质层内，蕴藏着一个短期的能源富矿：236亿桶原油和104.4万亿立方英尺的天然气（为了比较起见，美国在2012年的原油消耗估计将达到73亿桶）。勘探过程主要是钻几口井，以确认用地震勘探技术预测的资源储量和方位是否正确。壳牌公司目前针对楚科奇海的计划是：未来两年内在被称为“伯格勘探点(Burger Prospect)”——离岸大概70英里、水下大约140英尺处——的地带钻探6口矿井。该公司还计划两年内在波弗特海域稍浅一些的地方钻4口矿井，目前正在等待内政部的进一步审查。

和开发与生产（需要全年不停地修建必要设施、提炼石油和天然气并输送到市场）不同的是，勘探只有在夏季海水大多无冰的情况下进行。Smith指出，壳牌公司的石油泄漏应急预案是专门针对从7月15日至10月底的预期情况所制定的，但船只和设备则是设计成如果需要的话在这段时期之后还可以继续工作。如有突发事件，清理工作可能会持续到秋末。

壳牌公司在北极的离岸基础设施建设、研究和租赁方面投资超过40亿美元，自2006年以来每年夏天都在争取获得勘探外大陆架区域的批准。但是由于北部海域有着许多全球最具挑战性的钻探条件，而且该地区又是一系列脆弱的标志性野生物种的栖息地，壳牌公司的计划引来了联邦机构和大批狂热的利益相关者的严格审查。反钻探人士和一些对石油泄漏有丰富经验的人们声称，在该地区频频发生的极端寒冷天气、暴风雪、大浪、风、黑暗和大雾等状况会给泄漏的清理工作带来极大挑战，尤其是在秋末时节开始结冰时出现井喷的情况下。更重要的是，外大陆架水域距离海岸相当远，道路、机场、港口设施、住房以及其他支持大规模漏油应急措施所需要的基础设施很少，而且相互之间距离遥远。



Smith回应说，在壳牌公司的全球运营范围内，其制定的石油泄漏应急预案是目前最具深远意义的。自从2010年英国石油公司（British Petroleum，BP）在墨西哥湾的“深水地平线（*Deepwater Horizon*）”钻井平台发生井喷事故之后，应内政部要求，壳牌公司的应急预案描述了可能出现的最糟糕情况：在楚科奇海每天泄漏2.5万桶石油，在波弗特海每天泄漏1.6万桶石油。Smith说这些数字是根据该水域的可能压力以及其他特点估算的，比早先的预案中估算的每天5500桶要更现实一些。此外，作为对“深水地平线”事故的回应，内政部还要求壳牌公司备有一个“封顶帽”，可以在其它关闭系统失效时阻止水下石油泄漏（英国石油公司的井喷事故最终是由这种设备封堵住的），此外还要具备从“封顶帽”截获和收集石油的能力，并备有一个钻探平台可以钻一个减压井从而止住井喷。

与“深水地平线”的不同之处

壳牌公司全球紧急反应经理Peter Velez表示，公司对外大陆架的青睐有多重考虑因素。例如：与遭遇厄运的 “马康多勘探点（Macondo Prospect）”——“深水地平线”钻探平台井喷发生处，位于水下5000英尺——不同，壳牌公司提议的阿拉斯加离岸钻探点位于水下不到150英尺处，应对漏油事故时比较容易部署潜水员和遥控交通工具。Velez进一步指出，与马康多油井的将近15000磅/平方英寸的压力相比，壳牌公司钻探处的井内压力预计不会超过3000~4000磅/平方英寸，所以发生井喷的可能性比较小。

尽管如此，为避免钻探季节后期的井喷风险，内政部的海洋能源管理局(Bureau of Ocean Energy Management，BOEM)还是要求壳牌公司在9月24日——选址处预期结冰日期之前的一个多月——之前停止在楚科奇海已知油气区的钻探活动。根据海洋能源管理局的规定，波弗特海的钻探活动也必须在8月25日之前暂停，以避免干扰尼克苏特人（Nuiqsut）和卡克托维克人(Kaktovik)的捕鲸活动，但是在猎人们捕够他们的配额后可以恢复钻探。在谈到楚科奇计划的批准时，内政部安全与环境执法局（Bureau of Safety and Environmental Enforcement）主任James A. Watson说，“经过详尽的审查，我们相信壳牌公司的计划包括了必要的设备和人员的预先安排、培训、物流以及通信，一旦发生泄漏可以迅速采取行动，进行有效的应急反应。”

如果壳牌公司的夏季勘探证实该地区的石油资源开采在经济上是可行的，那么不只是壳牌，其他公司也将开始非常认真地为全年开发进行规划。这表明在未来的某一天，外大陆架区域可能会布满了同时施工的钻探平台。壳牌公司的应急预案描述了在“各种冰冻情况”下的漏油应急反应。但重要的是，他们没有包括在隆冬时期开采时几乎完全冰封情况下的应急预案，不过Smith说那至少是10年以后的事情了。

如何处理泄漏的原油在完全冻结的海面下积聚——许多科学家称之为噩梦情形——仍然是一个悬而未决的问题。“我担心的是进行全年开采需要具备足够的在冰冷漆黑的环境下应对漏油的能力，而到目前为止，我还没有看到哪个公司具备这种能力，”Roger Rufe说道。他是美国海岸警备队退休的副海军上将，曾经在1992至1995年间在阿拉斯加担任区指挥官。Smith对隆冬时期漏油清理如此回应，“我们正在努力，但是还没有最后决定该怎么做。可以说无论我们制定出什么计划，都将是完全透明的，会和我们现有的夏季勘探的应急预案一样接受严格审查。“

在“深水地平线”漏油事故中，由于该海湾区的海岸线一带已经高度开发，成千上万的紧急反应人员和数以百计的飞机和船只得以在事故区域进行部署。此外，该应急反应是由石油企业组成的联合体进行协调的，每个企业都提供资源和人力参与清理工作。但在阿拉斯加的外大陆架区，壳牌则只能自力更生，依靠自己在楚科奇海域更加有限的资源——包括钻探平台本身（“杰出发现者号”，截至本文发稿时正从新西兰驶向外大陆架区域）、一条漏油应急船（“纳努克号”，载有小型工作船、围油栏、回收油存储系统和分散剂系统）、两条载有撇油器并具有回收油存储能力的大型驳船、一条北极储油船（“亲和力号”，具备51.3万桶的存储能力，将会部署在距离“杰出发现者号”240海里以内）以及各式各样的海岸线保护设备、登陆艇和其他工作船只。Velez表示，一旦试图控制最坏井喷情况的努力失败，另一个在波弗特海进行勘探的钻探平台“库勒克号”可以一个星期内在楚科奇海域开始钻探减压井。

预防井喷

井喷一般从所谓的“爆裂”开始，即一股强劲的高压石油和天然气突然爆裂井筒并进入钻探管道内。一个建在井口上的五层防井喷装置（blowout preventer，BOP）就会激活“盲切闸板”，从而切断钻探管道，密封井筒并封死油井。

但事情并不总是这么如人所愿：英国石油公司在墨西哥湾宿命般地依赖一台只有一个盲切闸板的防井喷装置，结果该设备没能生效，最后束手无策导致2010年4月20日这天发生了一次全面井喷。钻井平台爆炸导致11名工人丧生，490万桶原油（大约2亿加仑）从这口“无赖油井”泄漏入墨西哥湾，直到将近3个月后才成功封堵了这口油井。为了在北极钻探地区有备无患，壳牌公司的防井喷装置将备有两个盲切闸板，而且如果它们无法生效，理想状况下会有一台重达100吨的封盖装置压在失效的防井喷装置上，可以完全密封油井或者把喷出的原油导入一个油轮内。

在撰写本文时，壳牌公司的北极封

盖装置仍在建设中，该公司计划在西雅图沿岸的太平洋海域对该装置进行测试。这使得环保主义者们非常震惊，他们认为应该在北极的外大陆架区域进行测试。“在华盛顿州进行测试可以回答一些后勤方面的问题，例如如何部署该装置，”世界野生动物基金会（World Wildlife Fund）位于朱诺（Juneau）的北极团队的律师及高级项目官员Layla Hughes说道，“但它无法模拟在北极地区恶劣气候条件下使用封盖装置时那种现实世界的重重限制。”

壳牌公司声称其漏油应急预案可以在井喷发生的一个小时内启动。壳牌将最坏的情况分成有冰和无冰，这一点非常重要，因为冰面覆盖情况决定了是否能够以及如何部署围油栏和撇油器，即所谓的漏油机械回收法。

围油栏可以漂浮在海面上作为屏障以防止原油扩散，也可以把原油聚集在一个厚厚的U形池中，然后在海面上点燃（“就地焚烧”），或者用撇油器拉出水面进行回收。壳牌公司计划使用防火围油栏和两种类型的撇油器：堰式撇油器可以像吸尘器一样把原油和水吸离海面（原油和水可以稍后进行分离）；刷式撇油器可以在水中旋转从而将原油吸附在其纤维上。

科学与工业研究基金会（Stiftelsen for Industriell og Teknisk Forskning, SINTEF）是一个总部设在挪威特隆赫姆（Trondheim）的独立研究机构，其科研负责人Stein Erik Sørstrøm表示，当海洋表面冰层覆盖率超过30%时，围油栏就无法正常工作。但他同时也指出，当冰层覆盖率足够高时，浮冰本身也可以起到围油栏的作用。Sørstrøm主管该基金会的工业联合项目：冰中原油项目，是一个包括壳牌在内的6个跨国石油公司的合作项目，他们在实验室内进行漏油应对方案的研究，然后在挪威和北极之间的海域进行研究。

根据科学与工业研究基金会的研究成果，围油栏和撇油器在风平浪静而且无冰的情况下工作效果最佳。但在风速超过22节时，原油就会溢出围油栏，而浮冰会堵塞撇油器从而降低其工作效率。壳牌公司在楚科奇海应急预案中声称从7月到9月间主要为东北风，平均风速为10～13节，会将原油吹离海岸。

就地焚烧

当恶劣天气影响机械回收时，壳牌公司的应急计划就会转为非机械方法：即就地焚烧和使用化学分散剂。这两种方法是紧急后备方案，需要海岸警卫队——根据联邦法律他们负责应急反应（虽然实际上并不执行清理工作）——的批准。

在最佳状况下，就地焚烧可以去除85%～95%的原油，但这取决于若干因素。尤其重要的是原油必须是新鲜的，这意味着其中的挥发性可燃成分尚未挥发掉。原油会随着时间推移而挥发，只留下不可燃的成分；原油也可以和水混合而不容易点燃，因为油性乳化如果含水量超过25%就不会燃烧。另外风大的情况下船员也很难点燃浮油。位于加拿大安大略省渥太华市的S.L. Ross环境研究公司（为企业和加拿大政府提供咨询）2011年的一份报告指出，在浪高超过1.5米或风速超过20节时，无法在开放水域进行就地焚烧，而这种情况在外大陆架海域经常发生。

一个依努皮亚（Inupiaq）猎人在楚科奇海域利用船桨来倾听过往鲸鱼的声音。环境资源问题专家Thomas Lohman承认壳牌公司一直在努力解决当地关注的问题，但又补充说，“但是在我们和当地社区沟通过程中，他们反复提及的是石油泄漏问题。人们担心如果局面真的失控，他们的食物供应会受到怎样的影响。”

© Steven J. Kazlowski/Alamy

Sørstrøm认为，另一方面由于北极海域的低温限制了挥发，从而减缓了风化速度。虽然在夏季一般不会出现海面结冰的情况，但是只要冰面覆盖率在80%以下就有利于就地焚烧，因为浮冰可以削弱海浪，并且把原油集中到浮动的袋状区内。当覆盖率高于80%时，由于冰块的阻碍人们无法抵达漏油区，但壳牌公司有其应急措施：实施“浮冰管理”，使用船只把浮冰阻隔在外围，或者把浮冰破解成较小的冰块。当冰面覆盖率太高以至于无法进行清理时，就会暂停应急措施，直到春天再动工。

“我们的实验显示，封存在冰块内的原油整个冬天都不会风化，”S. L. Ross公司的副总裁兼主任Steve Potter说，“所以当冰块融化后，里面的原油就会漂浮在海面上，到那时就可以对付它们了。”

壳牌公司的应急预案声称封存在冰块内的原油不会与野生动物产生接触，但是安克雷奇（Anchorage）的咨询服务机构“绿洲地球（Oasis Earth）”的保护生物学家Richard Steiner反对这种说法，他认为在浮冰和海水的相接处存在大量的微生物，而且这个接触层也是进行大量“初级生产”的现场，即水中的二氧化碳转化成维持生命的有机分子的过程。他还说除此之外，海面上的浮动冰盖可以漂移，从而在融化时把原油散播到别处。

化学分散剂

化学分散剂是壳牌公司漏油应急预案的第三招。壳牌准备主要依赖于在“深水地平线”应急措施中使用的产品：Corexit®9500。这种石油馏出物、

表面活性剂和稳定剂的组合可以使原油更容易与海水混合，然后就可以被海洋中的细菌降解。英国石油公司在“深水地平线”井喷事故中把Corexit直接用在海底的井喷口处。而壳牌打算主要从空中施用，具体说是由洛克希德公司的“C-130大力神”军用飞机从空中抛撒，或者由海上船只进行抛撒。但是阿拉斯加地区紧急反应小组——负责制定应急计划以协调多部门之间的灾害应对——表示，化学分散剂在阿拉斯加并没有被预先批准使用，只有当其它应对措施无效时才会使用。

同时，S.L. Ross公司的高级环境科学家Ken Trudel说，研究人员没有太多关于分散剂在北极的现实环境下效果如何的资料。科学与工业研究基金会进行的第一次重要的实地测试表明，从海面船只上把Corexit抛撒到新鲜原油或者已经漏出一周的原油中，其分解效率均大于90%（空中喷洒法未进行评估）。但是这项研究也发现对付浮冰之间的原油颇具挑战性。“当原油在开放水域时，你只管喷洒分散剂就行了，”Trudel说，“但是当原油处于浮冰之间时，你必须找到它们的位置，把分散剂对准原油喷洒。而且很难判断效果如何，因为看不清楚。”

Trudel指出，在波涛汹涌的情况下分散剂与海水充分混合时，其对新鲜原油的作用效果最好。壳牌公司计划在海水结冰或者风平浪静时，利用船只的螺旋桨产生湍流，并且只在井喷被控制住好多天以后才会使用分散剂。

使用分散剂或者就地焚烧都会产生生态后果。一些研究表明，化学分解的原油会比未分解的原油对海洋生物毒性更大，不过这仍然是一个有待研究的领域。根据皮尤研究机构环境小组（Pew Environment Group）美国北极项目2010年11月的一份报告，就地焚烧时烧焦的残余物并没有最初的原油毒性大，但它们也不是无毒的。壳牌公司的计划要求尽可能地人工去除这些残留物，这是一个非常艰辛的过程，要使用过滤器、滤网、吸附剂和撇油器，但是沉到海底的残留物仍会污染底栖生态系统。

虽然壳牌公司的应急预案详细描述了清理冰中原油的后备措施，Smith强调夏季勘探将会在开放水域和几乎极昼的情况下进行。在此期间的主要限制因素将是大风、海浪以及大雾（会降低能见度，不利于空中抛撒分散剂），随着勘探季节的进程，这些因素都会变得越来越棘手。

由于波弗特海域恶劣的天气条件，7月份22%的时间、8月份41%的时间以及9月份56%的时间，有可能任何漏油应急措施都无法实施。随着时间的推移这样的日子会增加，主要是因为白昼时间的减少随着秋季的临近而愈发显著——白昼时间在9月份开始减少，而从十一月直到二月中旬该地区会被黑暗完全笼罩。Potter说在黑暗中从空中抛撒分散剂不可取，“你当然可以在夜间喷撒，但很可能会浪费大量的分散剂，”他解释道，“在从小型飞机上看不到海面而又无法和分散剂喷撒飞机进行通讯的情况下，很难对准浮油进行喷撒。”他补充说有关这些合理安排的问题“从技术上来说似乎可以解决，并且正在进行研究”。

为全面开采做好准备了吗?

但是，这些或任何其他漏油应急预案在事故真正发生时是否能发挥作用，仍然是个问题。截至本文发稿时，美国政府问责办公室（Government Accountability Office，GAO）发表的一份报告指出，虽然石油行业已经改进了应急能力以应对墨西哥湾的海底井喷，但是这些改进可能不足以应对在北极地区钻探时会遇到的所有环境及后勤方面的挑战。此外，报告还指出虽然自“深水地平线”事故以来，内政部已经对石油企业的漏油应急预案提出了更严格的要求，但却没有制订一个相应的程序来评估这些应急预案，以及确保石油企业能够真正履行其应急计划。

政府问责办公室的报告与内政部部长Kenneth Salazar授权的一份2011年的报告相呼应。该报告评估了北极海域离岸钻探的科学性，发现关于石油天然气开采活动会对当地生态环境产生何种影响知之甚少。该报告还提出了一些重要问题，有关石油企业是否能充分应对该地区的严重泄漏事故。

壳牌公司最终开始施行夏季勘探时，其外大陆架的工程预计会引起公众的强烈关注。2012年2月份一群抗议者登上了位于新西兰的“杰出发现者号”钻井平台，尤其是其中包括女演员Lucy Lawless（具有讽刺意味的是，她曾在壳牌公司20年前的一则广告中扮演加油站服务员）。2012年3月，芬兰“绿色和平”活动人士冲上了两艘开往楚科奇海域的壳牌公司破冰船进行抗议。Smith预计示威者们在2012年夏天还会对壳牌公司在外大陆架海域的船只采取类似行动。

但是今年壳牌公司会发生漏油事故的可能性很小，起码不会发生大规模漏油事故。在天气大多数晴朗的情况下，在几乎无冰的海域钻几口油井，对阿拉斯加的外大陆架海域构不成真正的威胁。勘探仅仅是为以后开采阶段可能发生的更大威胁铺平了道路。壳牌公司的计划也许满足了内政部对今年夏天进行有限勘探的要求，但是关于石油企业开始全速开采后如何保护当地脆弱的生态系统及其居民的问题仍然没有得到解答。

Charles W. Schmidt，硕士，来自缅因州波特兰市的一位获奖科普作家，为《探索杂志》（*Discover Magazine*）、《科学》（*Science*）和《自然医学》（*Nature Medicine*）撰稿。

译自*EHP* 120(5): A194–A199(2012)
翻译：周 江

★本文参考文献请游览英文原文
原文链接
http://dx.doi.org/10.1289/ehp.120-a194