

依照「排污交易计划」实现成功监测、报告及核查的基本要素

John Schakenbach、Robert Vollaro 和 Reynaldo Forte

华盛顿特区美国环保局大气计划办公室

摘要

美国环保局 (EPA) 采用以下多种基本监测、报告及核查 (MRV) 要素发展并执行了酸雨计划 (ARP) 和氮氧化物预算交易计划 (NBTP): (1) 通过激励和自动处罚措施确保合规性; (2) 有力的质量保证 (QA); (3) 倡导合作并结合请愿程序; (4) 标准化的电子报告; (5) 针对低排放源的合规灵活性; (6) 完整的排放数据记录要求; (7) 集中管理; (8) 公平竞争环境; (9) 公开数据; (10) 根据成效调整方法以及 (11) 减少利益冲突。每种要素均考虑到作者在两个美国「排污交易计划」的经验以及它们适用于其它排污交易计划的可能性。

美国管理与预算办公室发现, 在过去 10 年实行的所有联邦调控计划所产生的量化人类健康福利中, 「酸雨计划」所占的比例最大, 其年度福利超越成本的比例高达 40:1。作者认为, 本文所述的要素大大促进了这种成功。EPA 将 ARP 基本要素作为其它排污交易计划 (包括 2003 年生效的 NBTP 和最近发布的「跨州清洁空气条例」和「清洁空气汞条例」) 的模型。作者认为, 使用这些基本要素来制定和执行其排污交易计划的 MRV 部分, 增强了公众对这些计划的信心、高度准确和完整的排放数据以及高合规率 (总体 >99%)。

引言

美国环保局 (EPA) 酸雨计划 (ARP) 于 1990 年根据「清洁空气法案」(CAA) 第四条的规定而开始制定, 并由 EPA 于 1995 年确立。ARP 旨在调控燃烧煤炭、石油和天然气等化石燃料来运行功率超过 25 MW 的发电机的发电单位所排放的二氧化硫 (SO₂) 和氮氧化物 (NO_x)。

对于这些单位, 「美国联邦法规」(CFR) 第 40 卷第 75 部分要求持续监测和报告 SO₂ 质量排放量、二氧化碳 (CO₂) 质量排放量 (「清洁空气法案」第 821 节要求监测 CO₂ 排放并向 EPA 报告)、NO_x 排放率和热量输入。

ARP 的 SO₂ 部分是一项“排污交易”计划, 旨通过在美国连体的 48 个州限制 SO₂ 排放水平以减少酸沉降。EPA 通过基于不同锅炉类型速率标准来控制以煤炭为燃料的发电单位的 NO_x 排放量, 同时 EPA 允许公司为这些发电单位将速率“平均化”。

1998 年 10 月, EPA 在「美国联邦法规」第 75 部分增加了子部分 H, 提供了依照州或联邦 NO_x 减排计划来监测和报告 NO_x 质量排放量和热量输入的蓝图。由于人们对发电厂和大型工业设施排放的 NO_x 会对健康产生危害的担忧日益加剧, 美国环保局预计这些计划很可能实现。NO_x 是臭氧与颗粒物构造的前体物。子部分 H 自此被用作依照氮氧化

物预算交易计划 (NBTP) 监测 NO_x 废气排放量和热量输入的必要方法。

美国管理与预算办公室表示, 在过去 10 年执行的所有联邦调控计划所产生的量化人类健康福利中, 「酸雨计划」所占的比例最大, 其年度福利超越成本的比例高达 40:1¹。EPA 将 ARP 基本要素视为其它排污交易计划 (包括 2003 年生效的 NBTP 和最近发布的「跨州清洁空气条例」(CAIR) 和「清洁空气汞条例」(CAMR)) 的模型。CAIR 和 CAMR 的监测部分分别定于 2008 年和 2009 年生效。这些条例也要求根据第 75 部分的规定实施排放监测。

EPA 排污交易计划基础的一个关键要素是, 要求通过持续监测污染物浓度和烟气体积流量速率等重要参数来获取并报告准确的排放数据。交易计划中的所有排放源均须按同一套规定 (即第 75 部分) 监测和报告排放量。第 75 部分的基本监测要求是采用持续排放监测系统 (CEMS) 监测所有污染物和参数。然而, 第 75 部分允许下列单位和燃料类型采用 CEMS 的替代系统: (1) 以石油和天然气为燃料的单位可使用燃料流量计量和燃料抽样数据来估算热量输入率和每小时的 SO₂ 排放量; (2) 以石油和天然气为燃料的峰荷发电单位可通过燃料流量计量结合 NO_x 排放率相对热量输入率 (来自排放检验) 的对比曲线来估算每小时的 NO_x 排放量; (3) 任何单位均可通过燃料抽样和燃料供给率来估算 CO₂ 排放量 (虽然以煤炭为燃料的单位可采用此选项, 但并没有单位采用它; 在 ARP 和 NBTP 中, 所有从以煤炭为燃料的单位排放的 CO₂ 排放量均采用 CEMS 测量); (4) 以石油和天然气为燃料的低排放单位可通过默认排放率和燃料使用记录来估算 SO₂、NO_x 和 CO₂ 排放量; 以及 (5) 以煤炭为燃料的低汞 (Hg) 排放单位可使用从排放检验中获得默认 Hg 浓度来估算汞质量排放量。

最近向国会提交的一份多机构报告² 总结: (1) ARP 监测条例包括在获批准的方法未被采用的情况下使用严格的替代数据程序来估算排放量, 提供有力的激励最大限度地减少监测中断时间, 同时有助于确保排放量不会被低报。(2) 所有监测机构均须遵守严格的质量保证 (QA) 标准, 以证明其准确性、精确性和及时性; 以及 (3) 排放源为遵守 ARP 而采用的监测方法在所有这些标准里取得了空前的成效。

作者相信, 受调控的排放源向 EPA 提供了高度准确、可靠的排放数据, 并实现了几近完美的合规记录是他们在排污交易计划中执行严格的质量保证要求和替代数据程序的直接成果。然而, 这些高质量数据和排放源合规并非在执行计划之初便获得了。事实上, 它们是经过多年谨慎的计划执行以及与受调控社区密切合作而得来的。作者认为, 为了使排污交易计划获得成功, 至关重要的是计划的监测、报告和核查 ([MRV] QA/质量控制 [QC]) 要素要

建立在以发展和维护一个强大计划为原则的基础。其排污交易计划的成功在很大程度上得益于执行下列关键 MRV 要素：(1) 通过激励和自动处罚措施确保合规性；(2) 有力的质量保证 (QA)；(3) 倡导合作并结合请愿程序；(4) 标准化的电子报告；(5) 针对低排放源的合规灵活性；(6) 完整的排放数据记录要求；(7) 集中管理；(8) 公平竞争环境；(9) 公开数据；(10) 根据成效调整方法以及 (11) 减少利益冲突。

本文简要论述了这些过去 10 年里在 ARP 中得到执行，并且最近延伸到 NVTP 的 MRV 计划要素背后的指导思想和原则。本文也论述了这些原则该如何应用于其它排污交易计划。

论述

通过激励和自动处罚措施确保合规性

美国的排污交易经验。ARP 和 NBTP 基于一种可交易排放限额的货币体系而制定 (1 吨 SO₂ 或 NO_x = 1 个限额)，该体系要求在年终对排放量和限额进行快速对比核查。因此，EPA 必须尽量避免采用传统的执行程序。(对于 NBTP 这个臭氧季节 [5 月 1 日至 9 月 30 日] 计划，对比核查会在臭氧季节结束时进行。) 如果 EPA 必须通过法院系统处理许多传统执行案件，则年终对比核查将被迫延迟，这样便会将市场不确定性引入计划，导致成本增加。在排污交易计划中，通过制定针对遵守法规和法令的激励措施，最大限度地减少了执行活动，这些法规和法令包括：对于获得出众的检验结果时降低 QA 检验频率的规定，逐渐严厉的数据遗漏要求，全面的电子记录保管和报告要求，以及高于限额成本的自动法定处罚。这些规定将在下文中讨论。

在 ARP 和 NBTP 中，QA 规定内含针对数据准确性和自我执行的激励措施。例如，采用燃料流量计量作为监测方法之一的排放源必须每年调校燃料流量计，除非季度数据分析与测量过的燃料流量相对应的单位负荷的速率比较后，并证明流量计仍然可以产生准确的数据。在这种情况下，流量计校准的时间间隔可以延长到 5 年以下。

同理，采用 CEMS 并获得出众的相对准确性 (RA) 检验审核 (RATA) 结果 (<7.5%；在 ARP 和 NBTP 中执行 RATA 获得的结果平均达到 2.5% 或更高的准确性) 的排放源只需每年执行一次 RATA，而非两次。需从 RATA 数据中计算出单尾测试 (偏差测试)。如果偏差测试失败，则必须在报告的排放数据中应用修正系数，以防止低报。对于许多排放源来说，偏差测试为发现和修正任何潜在的、导致低报的监测问题提供激励，并帮助我们避免潜在的执行案件。

如果某排放源的监测设备或方法不能正常工作，则该排放源须遵守「美国联邦法规」(CFR) 第 40 卷第 75 部分针对 CO₂、SO₂ 和 NO_x 的遗漏 (替代) 数据规定。EPA 使用关于在 ARP 中采用的 CEMS 类型的可靠性历史数据，制定出监测机构数据可用性“临界值” (例如 95% 的可用性，90% 的可用性等)。随着监测机构数据可用性下降到各个连续临界值以下，所要求的替代数据值将变得越来越保守。这会导致排放源高报其排放量并提供强有力的激励措施来正确维护和保证检验监测设备质量。关于遗漏数据规定的详细说明可从 EPA 的 *第 75 部分规定简明英语指南*

(www.epa.gov/airmarkets/monitoring/plain_english_guide_part75_rule.pdf) 找到。

这些激励措施可创造高于 99% 的总体合规率。这意味着用于处理执行案件的时间大大减少。回顾 10 年来九宗与监测有关的执行案件，每宗案件均花费 40 个人力小时，包括技术分析、管理简报、与其它 EPA 办公室及美国司法部联络以及与违规的排放源举行电话会议。这些执行活动通常会妨碍某个排放源实现其减排目标的进程。

即使要求的执行行动相对较少，那些活动也需要花大力气实现。作者认为，如果不大力执行，没有任何强制性减排计划能够取得长期成功，包括排污交易计划。违规者的大力执行向整个受调控社区发出了这样一个讯息，即违规行为是不容许的。一个强有力的执行计划的关键组成部分包括记录、报告和处罚。

记录和报告要求对于一个强有力的执行计划来说至关重要。标准化电子数据报告每季度向 EPA 提交一次，使我们能够在全年追踪排放数据的质量以及排放状况与持有限额的对比情况。作者发现，每季度至少检查一次问题能使排放源在年终对比核查之前更及时地做出纠正，而且常常能使排放源避免高额罚款。

由排放源报告和现场保留的数据包括：(1) 每小时排放数据；(2) 热量输入与负荷 (输出) 数据；(3) 任何必要的 QA 检验的结果；(4) 排放源的季度营业时数和全年的累计营业时数；(5) 每季度以及累计 SO₂、NO_x 和 CO₂ 排放吨数；以及 (6) 用于确认某个排放源的废气排放量的其它实用信息。由于排放源必须报告大量的信息，所以 EPA 要求数据以电子形式提交。环保局提供一种必须使用的标准电子数据报告 (EDR) 格式，并提供监测数据检查 (MDC) 软件，供排放源在提交数据之前用于对数据执行 QC 检查。该软件能够快速解决格式化、意外遗漏等类似问题。偶尔，检查软件会发现不可修复的问题，例如当 QA 检验未被正确执行且数据须为无效时。虽然使用 MDC 软件只是选择性的，但 EPA 鼓励使用该软件，因为使用 MDC 将减少重复提交次数且节省时间和资金。EPA 使用数个软件程序，通过严格的 QC 检查来处理每份季度报告，以检验数据的准确性以及对格式要求的遵守情况。审核之后，EPA 会向受影响的排放源发送通知，明示季度数据是否可接受。

对于在某个特定年份未能遵守限额规定的 ARP 排放源，「清洁空气法案」第 411 节规定了严厉的自动处罚措施。针对 SO₂ 或 NO_x 的超额排放罚款为 2000 美元/吨，每年根据通货膨胀情况进行调整，且自觉向美国财政部缴纳。这一法定处罚大大高于限额的价值。在实施中，EPA 会在年终调整之后向任何超额排放的排放源发出信函；收到信函的排放源必须在 30 日内向 EPA 管理人员支付罚款。有了这个自动处罚措施，EPA 通常不必通过法院来收取罚金。

CAA 第 411 节还要求违反其排放限制或超出持有限额的排放源在次年用同等吨数的排放量来抵消超出的排放量。超额排放处罚的详细信息可以在「美国联邦法规」(CFR) 第 40 卷第 77 部分中找到 (www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_04/40cfrv15_04.html)。

2004 年，SO₂ 超额排放罚款为 2963 美元/吨 (该数额基于 1990 年国会确定的 2000 美元基数，根据通货膨胀情况调整而得)。四家单位 (该计划中共有 3391 家单位) 的所有者因超额排放 465 吨 SO₂ 而被处以大约 140 万美元的罚款。如果这些排放源事

前购买了排放配额，那么其总花费只需 139,500 美元（假设 2004 年最高拍卖竞标价格为每个配额 300 美元）。

排放源可依照第 78 部分「ARP 上诉程序」对依据第 77 部分「超额排放」做出的最终决定提出上诉。排放源在寻求司法审查之前，必须完全使用第 78 部分的上诉程序。对于每例违规，EPA 可酌情处以低于或等于每天 25,000 美元的民事处罚（参见 CAA [美国法典第四十二编，USC, 7613] 第 113 节）。考虑到 2006 年的通货膨胀（参见 1990 年联邦民事处罚通货膨胀调整法案 [28 USC 2461] 和 1996 年债务催收改进法案 [31 USC 3701]），这项处罚的额度为每例违规每天 32,500 美元。尽管 EPA 不必根据 ARP 或 NBTP 评估刑事处罚，但 CAA 第 113 节仍对这项处罚作出了规定。

这些严厉的法规为排放源遵守规定提供了强有力的激励并且十分实用，因为它们消除了某些机构在评估罚金额度过程中的自由量裁。与类似的规范性法规相比，这些法律规定也更加难以变更。

应用于其它计划的可能性。 某法令或条例中内含的自动处罚措施可减少计算罚金过程中的自由量裁并缩短裁定它们的时间，从而减轻任何执行机构的负担。一项与「美国联邦法规」(CFR) 第 40 卷第 78 部分中的上诉程序类似的规定也可有效用于减少司法系统的工作量。

与美国实行的 QA 规定类似、内含合规激励措施的 QA 规定可发展用于任何排污交易计划中使用的特定测量设备。执行机构也可发展根据排污交易计划中使用的特定技术制定的替代数据规定，以提供合规激励措施。

有力的质量保证 (QA)

美国的排污交易经验。 有力的 QA 对于任何排污交易计划都至关重要。强大的 QA 有助于维护后文中论述的“公平竞争环境”、维持对配额价值的信心以及更有效地确保减排目标的实现。良好的 QA 包括 (1) 严格的设备成效标准，(2) 检验人员的资格能力，(3) 电子稽核（由于排放源以标准化电子格式向 EPA 提交数据，使这种稽核成为可能），(4) 使用可从「国家标准与技术研究所」追查的独立设备和校准气体进行的现场稽核，(5) 采用成文标准进行的定向稽核，以及 (6) 对随机选定的排放源进行的稽核。

ARP 和 NBTP 建立在强大的 CEMS、燃料流量计和燃料抽样与分析的绩效规范之上。QA 的级别取决于某一排放源行业所排放的污染废气量。高排放单位（例如以煤炭为燃料的发电厂）比低排放单位（例如以天然气为燃料的峰荷发电单位），具有更高的 QA 和准确性要求。

EPA 为受调控的排放源提供一种 QA 软件工具，以便它们能够在向 EPA 递交数据之前定期检查电子报告格式和计算结果。这样可最大限度地减少提交问题报告的数量和重复提交的次数。EPA 使用同一种工具，自动核查受调控排放源提交的标准化电子数据报告格式和每小时的计算结果，并向每个排放源提供自动快速反馈。

EPA 也会使用其它未提供给受调控社区的电子稽核工具。其中一种工具会根据统计标准生成一个接受定向现场稽核的排放源列表。该定向现场稽核在每季度电子报告提供的各种参数上运作，例如某电厂的单位热量输入与电气输出之间较低的关联度。其它电子稽核工具使 EPA 能够对特定的问题领域进

行专门的检查，例如检查遗漏数据是否被正确替换。

现场稽核是确保排放数据质量的另一重要途径。这种稽核一般包括稽核前准备（即审查单位的监测计划数据、检查历史排放数据等）、现场检查监测设备、审查记录（包括审查维护日志和检查单位的 QA 计划）、QA 检验考察以及与厂区工作人员面谈。某些现场稽核机构也拥有必要的设备和专业技术来对监测系统进行独立的成效检验。

现场稽核具有多个好处，包括 (1) 激励管理人员将资源投入排放监测；(2) 促进监测实践的改进；(3) 鼓励排放源定期评估其数据质量；以及 (4) 确定必要的 QA 和 QC 活动是否得到执行。有时候，执行大量现场排放检验的公司会犯检验或计算错误，并且数周之后才通知排放源。如果排放源发现它们实际未能通过 QA 检验，则必须使用惩罚性遗漏数据程序，这将导致它们花费大量金钱。现在，EPA 和其它机构正努力对大型检验组织的资质进行认证，以避免类似的问题。最近出台的一项认证标准是美国检验与材料学会 (ASTM) 的 D 7036-04「空气排放检验机构资质标准条例」（可从 www.astm.org 购买）。

应用于其它计划的可能性。 有力的 QA 可用于改善任何计划，但它对基于市场的计划而言，在维护减排数据的真实性和排放源对配额价值的信心方面至关重要。对于排污交易计划，作者认为，用于确定排放量的设备成效标准应以文件方式记录，并应尽可能有力，以便统一对排放量较大的受影响排放源执行。对于在总排放量中占据比例不大的排放源，绩效标准不必如此严格，但也应以文件方式记录并得到统一执行。

任何减排计划均可受益于针对受调控排放源的电子稽核。如果某执行机构每季度执行一次问题检查或频率更高，那么年终执行检查的必要性便会降低。为了最有效地执行电子稽核，应要求使用标准化的电子报告格式，例如可扩展标记语言 (XML)，并提供足够的要素来验证废气排放量得到妥当的确认。

对于排污交易计划中的排放源来说，在向某执行机构提交数据之前，通过标准化检查软件运行其数据将会十分有用。这使得格式、意外遗漏和类似问题能够得到更快的修复，并减少重复提交的次数。数据检查软件需要使用一种与使用该软件的用户的操作系统兼容并满足其硬件限制要求的计算机语言编写。偶尔检查软件可能会发现不可修复的问题，例如当 QA 检验未能正确执行且数据须为无效。

现场稽核最好由那些不存在利益冲突且接受过良好培训的人员来执行。此类人员可由执行机构或独立的第三方组织提供。任何用来执行现场稽核的校准设备或气体最好能够在国家标准组织追查到，例如英国国家物理实验室、荷兰测量研究院、美国国家标准与技术研究所或类似组织。如果要进行突击现场稽核，则应特别注意，因为排放源可能在稽核人员抵达时被关闭。执行排放检验或提供数据 QA 的组织（例如第三方检验机构）应接受资质认证或依照通用的公认标准（国际标准化组织、ASTM 或其它机构的标准）接受认证。

倡导合作并结合请愿程序

美国的排污交易经验。 从 ARP 和 NBTP 学到的重要一课是：以一种预防性和合作性方式而不是“命令

和控制”的计划执行方法与受调控排放源合作，能够取得更高的合规率（多数问题可以在早期得到解决），长期节省资源，并使日常关系更加紧密。从10多年的ARP执行中，作者发现，绝大多数排放源所有者或经营者具有遵守法规的意识。多数问题与对法规要求的误解有关。当人们知道该做什么时，大多数人会照办。作者也发现，在法规要求范围内允许最大的灵活性可减少必要的执行行动次数，改善执行组织与受调控排放源之间的工作关系，且不会影响减排目标的实现。

发展ARP排放监测条例之前，EPA会与受影响的排放源举行会议，征求其意见并讨论MRV问题。这些会议为EPA制定条例提供了一些可行的解决方案，并促成受调控社区增购配额；同时也使EPA了解行业在试图遵守潜在法规要求的过程中面临的困难和问题。EPA能够站在他们的角度来看这个计划。这使得环保局能够制定一项既能实现减排要求，且受调控社区更容易执行、更低成本的计划。

今天，EPA仍会与行业代表举行会议来解释规定。此类条例颁布后的会议使EPA能够消除误解，解决执行方面的顾虑。多年来，这类互动已经产生了多项有益的新规定。

在发展法规以及后续修正过程中，排放源代表称，他们希望条例提供灵活性，例如在按时处理执行QA检验过程中的意外问题的情况。作为响应，EPA提供了宽限期，允许在某些情况下花更多时间进行检验。多年来，根据收到的行业意见，环保局在法规中增加了多个其它选项，以加大灵活性。

EPA始终如一地遵循这样一种原则：只要不牺牲环保目标，尽可能在法规中提供高度灵活性。然而应当注意的是，法规灵活性的增加往往伴随着规定复杂性和长度的增加。所以在给某条例增加新的合规选项时，应将这个问题考虑在内。

有时即使在一条规定中提供多个合规选项也无法始终为面临独特状况的排放源提供明确的行动方针。为适应这些排放源，第75部分中有一条规定允许某排放源向EPA请求澄清和指导。EPA平均每个月要回应受调控排放源提出的数项请愿。并非所有申请都会获得批准。如发现请愿要求与某条明确的规定抵触，EPA将拒绝批准该请愿。

即使规定和请愿程序有一定的灵活性，有时也可能产生不同的解释。多年来，EPA发现，与不遵守规定的排放源合作并在法规要求的范围内尽可能加大灵活性，EPA可以迅速做出适当的处罚，而不必通过司法程序，且不会不当延迟任何配额放弃或排放抵消。

为了帮助受调控社区更好地理解第75部分，EPA制定了一本全面的MRV问答手册。该手册有助于阐释规定，并确保规定得到正确解释。这本政策手册内容全面，目前有380页。另外，EPA还制定了一份名为「第75部分规定简明英语指南」的文件，对第75部分的要求作了概述。第75部分政策手册和「简明英语指南」均可从www.epa.gov/airmarkets/monitoring下载。

作者每周也投入大量的时间，通过电话和电子邮件解答受调控社区（特别是新排放源或新近受到影响的排放源）提出的技术问题。这项工作让EPA对发电厂或工业锅炉的具体情况以及使合规充满挑战的特定问题类型有了更深入的了解。而另一个成果便是：受调控排放源往往会报告原本可能不被报告的问题或违规情形。

总而言之，与受调控排放源合作建立公信力、信任、友善、所有权意识和对计划的共同自豪感。这

一执行战略使得ARP和NBTP方面的总体合规率达到了99%（之前已在「合规激励措施」中论述过）。

*应用于其它计划的可能性。*采用合作的方式来执行应该能强化任何一项排污交易计划。应当考虑与ARP或NBTP计划中的灵活性类似的法规灵活性。排放源与执行机构之间举行的调控前和调控后会议可能有助于消除误解，并在真正的问题成形之前解决执行问题。执行机构可以通过电话和电子邮件解决受调控排放源提出的技术问题。各执行机构也可以制作问答手册，帮助解释法规要求。这种手册可根据需要更新并在网站上发布，或者向受调控排放源公开。

标准化的电子报告

*美国的排污交易经验。*在空气计划的其它部分，EPA接收受调控排放源提交的关于浑浊度、SO₂、NO_x和其它污染物的硬抄本超额排放及合规报告。这些报告并非以任何标准格式提交，所以审核与分析时并不轻松，需要大量的劳动力。当制定ARP时，EPA意识到要接收大量的排放数据，则应当以电子方式报告信息，以便使计划取得成功。鉴于此，环保局开发了标准化的EDR格式，计划中的所有排放源均必须使用该格式。当排放数据以标准化的电子格式报告时，可编写电脑软件来高效分析数据和确保数据质量，从而减少或避免错误，促进年终合规率的确定，同时节省大量的时间和金钱。

*应用于其它计划的可能性。*需要一种灵活而标准化的电子报告格式（例如XML）结合足够的要素来验证废气排放量得到正确的确定。还需要开发数据检查软件，并通过互联网提供给所有排放源。数据检查软件应使用一种与使用该软件的用户（即受调控排放源、执行机构和第三方组织）的操作系统和的硬件限制要求兼容的计算机语言编写。

针对低排放源的合规灵活性

*美国的排污交易经验。*从执行多项排污交易计划中学到的经验教训是：排除废气排放量不大的行业或者允许它们使用保守、更简单的默认因素，是一种更高效的资源利用途径。选择一个适当的低排放临界值至关重要。一方面，如果临界值太低（即覆盖面太窄），则对受调控排放源来说不具成本效益，而且会大大增加监管机构执行和维护计划的负担。另一方面，如果临界值太高（即覆盖面太广），就会造成交易市场的不公平，因为大部分排放将会被高估。

多年来，EPA一直使用“可忽略微量”（「可忽略微量」在这里是指某个排放源行业的排放对环境的影响微乎其微）概念来免除排放量较低的排放源监测其排放的义务，或者允许它们使用不那么严格的低成本技术来监测排放而不必安装CEMS。这种方法不仅降低了受调控排放源的合规成本，还大大减轻了EPA的行政管理负担。以下是EPA使用「可忽略微量」概念和针对低质量排放单位的规定的几个范例。

在1993年ARP最终条例（参见1993年1月11日的58FR3593）的序言中，EPA的酸雨部门（现为清洁空气市场部）首次使用「可忽略微量」概念来豁免某些新的公用事业单位加入ARP的义务（即

功率低于 25 MW 的、仅仅燃烧硫含量重量比低于 0.05% 燃料的单位)。

EPA 在第 75 部分附件 E 允许以天然气和石油为燃料的峰荷发电单位使用成本较低的方法而不是 CEMS 来估算 NO_x 排放, 因为环保局的分析表明, 这些单位的预计 NO_x 排放量占 ARP 单位的总 NO_x 排放量的比例不足 1%。

最后, EPA 于 1998 年在第 75.19 节颁布了针对 SO₂ 和 NO_x 的低废气排放 (LME) 规定 (参见 1998 年 10 月 27 日的 63 FR57484)。这些规定要求使用保守的较高默认排放率来量化以天然气或石油为燃料的排放源排放的 SO₂、NO_x 和 CO₂。EPA 规定, 年 SO₂ 排放量低于 25 吨且年 NO_x 排放量低于 100 吨的排放源将有资格使用 LME 方法。选定的阈值基于「可忽略微量」概念而确定, 也就是说, 潜在资格使用 LME 方法的单位的 SO₂ 和 NO_x 排放量占有受影响单位排放量的比例不足 1%。

应用于其它计划的可能性。 类似的 LME 规定可降低合规成本, 产生环境效益并减轻行政管理负担, 从而在任何减排计划都有效。适当的低排放单位临界值可使用上述「可忽略微量」概念来确定。

完整的排放数据记录要求

美国的排污交易经验。 为确保实现排污交易计划的减排目标, 监测和报告受影响排放源的所有排放情况 (包括在启动、关机、不稳定或不受控制的情况下) 十分重要。因此, ARP 和 NBTP 均要求每个排放源进行完整的排放数据记录。也就是说, 必须报告每小时单位运行的排放情况。在 ARP 和 NBTP 中, 这是通过具有下列要求的条例规定来实现的: (1) 必须正确设定每个连续监测系统的满刻度测量范围 (在某些情况下, 例如以煤炭为燃料、已加强 SO₂ 或 NO_x 排放控制的发电单位, 可能需要两种测量尺度 (低和高) 来记录所有排放数据); 以及 (2) 当监测系统无法提供有质量保证的数据时, 必须报告保守的替代数据值。

应用于其它计划的可能性。 为确保实现减排目标, 任何排污交易计划都应当要求和规定报告给受调控排放源提供的激励措施。排污交易计划还应要求使用尺寸适当的测量尺度、适当的设备校准样本, 以及当样本设备发生故障时 (为修复监测设备的排放源提供激励), 使用保守的替代数据程序。

集中管理

美国的排污交易经验。 EPA 执行 ARP 和 NBTP 的经验表明: 对于排污交易计划来说, 集中式的计划执行 (包括数据报告与核查) 不仅高效, 而且运行顺利。当计划的设计者也参与执行时, 这一点表现得尤为明显。这存在多个原因: (1) 在排放源和监管机构所有数据均经过同一种质量检验软件的分析; 软件更新可从监管机构的网站上下载, 易于提供给所有人; (2) 计划中所有排放源均受相同的法规要求管制; (3) 计划中所有排放源都会获得对法规要求和请愿决议的相同解释; (4) 计划中的所有排放源均适用于相同的稽核程序; (5) 所有数据均公开; 以及 (6) 计划中的排放源均受到相同的处罚和执行程序的约束。

应用于其它计划的可能性。 排污交易计划可从集中管理中大大受益。然而, 甚至当计划管理被分散,

仍然可以从集中管理中获得许多利益, 只要: (1) 一个执行机构开发出数据质量检验软件, 并与所有其它执行机构达成协议来使用该软件; (2) 在法规制定期间, 各执行机构均从下列来源征求意见: 在多个管辖区拥有排放源的公司、其它执行机构和跨管辖区公众, 旨在更好地统一不同的法规; (3) 执行机构定期召开会议和/或电话会议, 以便更好地统一法规解释、请愿回应、稽核和执行程序以及处罚措施; 以及 (4) 各执行机构均公布收到的所有数据报告; 可以考虑创建一个共用网站来公布数据。

公平竞争环境

美国的排污交易经验。 在一个排污交易计划中, 十分重要的人们觉得每个配额的价值与任何其它配额的价值相等, 以维持公信度和人们对配额交易市场的信心。这样可以为计划中的所有排放源创造一个公平的竞争环境。

公平的竞争环境不是指所有受影响的排放源都必须使用同样的监测方法。正如序言中所述, 并非 EPA 排污交易计划中的所有单位都需要使用 CEMS 来监测排放情况。(不过 EPA 认为, 如果使用 CEMS 来测量以煤炭为燃料的排放源排放的 SO₂、NO_x 和 CO₂, 排放数据将会更准确, 因为煤炭的成分不一, 且许多煤炭消耗计算技术潜在不准确性。) 而公平的竞争环境是指排放最高的排放源必须使用最准确的监测方法, 排放较低的排放源可以使用严格程度较低的监测选项, 前提是替代方法具有环保性, 且不会低估排放量。

公平的竞争环境也指每种监测方法的 QA 要求对所有使用该方法的排放源 (包括高排放和低排放单位) 而言都是公平的。关于 CEMS 方法, 第 75 部分通过为低排放单位提供替代绩效规范来确保公平。例如, 在 SO₂ 浓度较低的情况下, 10% 的主要 RA 规范可能难以实现, 因为用来计算 RA 百分比的方程式放大了 CEMS 与参考方法 (RM) 读数之间的细微差别。为解决这个问题, 第 75 部分规定, 当未达到 10% 的 RA 规范时, 如果 CEMS 和 RM 均值之间的差别不超过 15 ppm, 则 RATA 结果依然可以接受。

应用于其它计划的可能性。 「公平的竞争环境」概念对于排污交易计划十分重要, 因为它有助于维护配额交易市场的公信力和人们对它的信心。作为一项一般原则, 应对计划中排放量最大的排放源提交的数据执行最严格的 QA 标准。低排放单位提交的数据不必那么准确, 但这些排放源的排放量估算在环境方面应为保守。对于某些监测方法 (例如 CEMS) 来说, 可能需要一些针对低排放单位的替代性 QA 规范来确保公平的竞争环境。

公开数据

美国的排污交易经验。 公开排污交易计划的数据可建立人们对该计划的信心。公开的高质量数据对于配额市场定价高效发挥作用并以最低的成本实现减排目标而言至关重要。公开的数据使经纪公司、检验组织、学术机构和其它第三方能够访问和分析数据。这些分析有助于保持计划健康, 并为未来的计划改进和影响评估提供动力。通过公开数据, EPA 可号召公众监督计划, 提高公众对计划的接受度。

应用于其它计划的可能性。通过公开排放数据，任何排污交易计划均能够取得现有的美国排污交易计划所取得的效益。

基于成效的方法

美国的排污交易经验。在 ARP 预执行会议以及征求公众对条例草案的意见期间，基于成效的方法得到了强烈支持。这种方法要求受调控排放源使用的设备满足特定的成效标准，而不是要求某个排放源使用特定类型的燃油表、排放监测仪或控制技术。这让排放源能够自由选择安装适当的排放控制技术，或转而使用不同类型的燃料来实现计划的减排目标。这样一来，排放源可自由执行最具成本效益的监测方法和排放控制方法。这为设备供应商和燃料供应商之间的市场竞争提供了激励机制。

为使基于成效的方法获得成功，针对监测设备的成效规范必须合理可行。对于既定的监测技术，历史数据可用于此目的。但对于较新的技术来说，必须进行独立的现场检验来确定现实可行的初始及长期成效标准。而随着技术的发展，我们可以根据需要对标准进行调整。

在原来的 1993 年 ARP 监测条例中，EPA 要求以煤炭为燃料的单位安装烟道气体流率监测仪。为了与计划中其它 CEMS 的成效规范相一致，环保局希望为流量监测仪确立 10% 的 RA 标准。但在 1993 年以前，烟道气体监测仪尚未得到广泛使用，且人们并不清楚可以达到 10% 的 RA。EPA 启动了针对许多不同类型的流量监测仪的多项现场检验，确定 15% 的 RA 可立即实现，而且对技术进行细微的改进之后，10% 的 RA 也很可能实现。鉴于此，环保局公布了一项针对流量监测仪的两阶段 RA 标准。15% 的 RA 标准有效期截至 1999 年 12 月 31 日，而更为严格的 10% 的 RA 标准将于 2000 年 1 月 1 日起生效。这让流量监测仪供应商有 7 年时间与受调控排放源合作，改进技术，达到更严格的 RA 标准。许多第 75 部分规定提议的批评家认为，这个更为严格的监测仪 RA 标准无法实现。然而，在法规要求的驱动下，技术取得了长足的进步：2000 年，计划中流量监测仪的平均 RA 达到了 3.3%。

应用于其它计划的可能性。基于成效的方法结合其固有的成本节省和灵活性，可以应用于其它排污交易计划。针对排放监测设备的成效标准应合理可行。对于较新的技术，执行机构可以进行独立的现场检验来确定现实的初始及长期成效标准。基于绩效的方法对于改进监测技术的鞭策能力不应被低估。

减少利益冲突

美国的排污交易经验。在 ARP 和 NBTP 中，受调控排放源可使用内部检验团队或私人检验公司来确定其排放量以及执行 QA 检验。不论是哪种方式，检验方的费用均由受调控排放源承担。为减少明显的利益冲突，排放源在计划执行 QA 检验时需通知 EPA 和国家空气质量监测机构，以便这些机构派出观察员。观察员有助于确保正确的检验程序得到遵守。

EPA 的排污交易计划中的排放源也会报告它们自己的排放数据，或委托一家私人公司来报告。这也可能表现为利益冲突。为了帮助避免出现任何不当行为，EPA 要求一名排放源负责人提供电子签名和一份认证声明，声明 QA 和其它所有报告数据均完

整有效，如有不实，甘愿接受罚款或监禁。下面是认证声明的范例：

“本人经授权，代表受影响排放源或受影响单位的所有者和经营者提交本报告。本人特此证明，本人已亲自检查并熟悉本文件及其附件中提交的报告和信息，如有不实，本人甘愿接受法律的惩罚。根据本人对负责获取信息的人员的查问，本人特此证明，据本人掌握的信息，这些报告和信息均属真实、准确和完整。本人清楚，提交虚假报告和信息或者省略必须提交的报告和信息将遭严厉处罚，可能包括罚款或监禁。”

应用于其它计划的可能性。EPA 的排污交易计划中使用的缓和利益冲突程序可以应用于其它排污交易计划。例如，可以要求一名经授权的排放源代表为每份排放报告提供同样的（或类似的）电子签名和认证声明。如果某个独立的、有资质的第三方组织能够和排放源的所有者或经营者一起承担法律责任，则该第三方也可以核查排放数据并向执行机构提交。此外，可要求受调控排放源提前向执行机构通知预定的 QA 检验，以便环保局安排人员观察检验。

结论

在过去十年里，ARP 和 NBTP 在美国实现了空前的 SO₂ 和 NO_x 的减排水平。这些排污交易计划的成功很大程度上得益于多年来基于合理的原则，执行全面、严格但现实可行的 MRV 要求。EPA 认为，对于任何希望制定一项成功的排污交易计划的监管机构来说，这些 MRV 要求和原则将为该计划提供坚实的基础。

致谢

作者希望感谢 Brian McLean 和 Larry Kertcher 从 ARP 和 NBTP 执行之初至今所提供的见解、管理和指导。本文中出现的假设、发现、结论、判断和观点均由作者提出，不代表美国环保局的官方立场。

参考文献

1. Chestnut, L.G.; Mills, D.M. A Fresh Look at the Benefits and Costs of the U.S. Acid Rain Program. *J. Env. Manage.* **2005**, *77*, 265.
2. *National Acid Precipitation Assessment Program Report to Congress: An Integrated Assessment*; National Oceanic and Atmospheric Administration: Silver Spring, MD, 2005.

About the Authors

John Schakenbach, environmental scientist, Robert Vollaro, environmental engineer, and Reynaldo Forte, branch chief, are with the Emissions Monitoring Branch of the Clean Air Markets Division of the U.S. Environmental Protection Agency. Address correspondence to: John Schakenbach, USEPA, Mail Code 6204J, 1200 Pennsylvania Avenue, N.W., Washington, DC 20460; phone: +1-202-343-9158; fax: +1-202-343-2359; e-mail: schakenbach.john@epa.gov.