

# 排污许可证制度和温室气体管理 一体化

作者：Christopher James, Camille Kadoch

睿博能源智库（RAP）

## 概述

排污许可证是确保实现空气质量和温室气体目标有效制度的重要组成部分，是空气质量管理规划的五个基本要素之一，也是排放限制得以实施的机制<sup>1</sup>。本文聚焦大型污染源的排污许可，当然，这里的信息也可以应用于小范围污染源的治理<sup>2</sup>。

修订后并于 2016 年生效的《中华人民共和国大气污染防治法》（以下简称“大气法”）中要求建立排污许可管理办法。到 2018 年底，生态环境部已经向大约 2 万家企业发放了第一批排污许可证。这些许可证对早期简单的“一页”式许可证结构进行了改进，设定有效期最初为三年，更新后可最多再延长五年。但是，这些许可证没有利用“大气法”所设想的协同控制和包含多污染物的机会，也没有体现出国际上最佳实践的经验。本文将探索许可证制度可完善的领域，并讨论一些来自国际经验的案例。

---

<sup>1</sup> 这些是：环境监测、评估和评价、控制措施的制定、许可和执行。

<sup>2</sup> 在美国，作为许可机制的一部分，要求中小企业符合“最佳做法”的做法很有效。这种许可证被称为一般许可证（general permits）或规则许可证（permits by rule）。它们的目的是在最佳做法已经成熟和不需要逐案审查的领域中适用于整个部门。包括：干洗店，小丝网印刷和涂层操作，以及餐馆。

国际经验的最佳做法表明，许可证条款中应规定要达到的排放标准，以及确保合规的流程、程序、记录保存和报告要求。企业以自己的生产为目的应保留丰富的记录和数据。在许可证中，通过使用这些数据——包括运行参数、生产和维护记录——政府机构可以有效利用其资源。

## 国际经验

### 最佳可用控制技术”(BACT) 和“最佳可用技术”(BAT)审核需要改善能耗

许可证制度是空气质量规划的一个关键组成部分，为个别排放点和整个企业的空气污染排放量设定了标准。要求企业要么使用欧洲通常提到的“最佳可用技术”(BAT)，要么使用美国采用的“最佳可用控制技术”(BACT)，以确保使用最佳技术跟踪和控制排放。

全球最佳实践建议要求“最佳可用技术”和“最佳可用工艺”包括那些关注于持续改进现场能源消耗的技术。欧盟对于大型燃烧源(发电厂和工业锅炉)的最佳可用技术要求对能源消耗进行企业范围的评估，并定期对设备进行审计。欧盟 BREF(“最佳可用技术参考文件”)适用于工业和电力部门，提供了可应用的能效措施和项目的详细信息，以及它们的能源和环境效益<sup>3</sup>。BREF 的第 2 章描述了在整个企业级别必须应用的 BATs。这些技术包括：

- 能源管理系统(例如，ISO 50001<sup>4</sup>或同等标准)；
- 综合考虑能源管理和能源效率的企业管理结构；
- 制定具体的能效目标和指标；
- 实施能源管理体系；
- 制定基准以评估进展并做出调整；
- 基于基准的纠正措施；
- 管理审查和批准随着时间推移改善排放的程序和流程。

<sup>3</sup> European Commission. (2009). *Reference document on best available techniques for energy efficiency*.

[https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/ENE\\_Adopted\\_02-2009.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/ENE_Adopted_02-2009.pdf) (note that the reference documents on best available techniques are typically reviewed and updated approximately once per decade)

<sup>4</sup> International Organization for Standardization. (n.d.). *ISO 50001, energy management*. <https://www.iso.org/iso-50001-energy-management.html>

<sup>5</sup> 标杆管理是指企业通过各种指标和参数来比较其绩效的过程。它可以用来比较一个企业在一段时间内的业绩，也可以用来比较同一行业的企业。例如，中国的每MWh煤炭消耗量是一个发电厂可以用来评估其绩效的指标。

例如，在企业范围内进行的能源效率投资使能源消耗减少了 20-30%<sup>6</sup>。减少能源消耗也减少了所产生的排放量，是一种有效的排放控制技术。能效投资的应用也为企业节省了资金，并为初始投资提供了较短的投资回收期(通常不到三年)。

正如在 BREF 的第 3 章中所讨论的那样，BAT 也可以应用于特定排放点。它包括降低燃烧温度、利用余热对燃料进行预热、安装空气预热器对燃烧空气进行预热、使用回热式和蓄热式燃烧器来提高整体热效率等技术。例如，每 20°C 烟气温度的降低可以提高热效率 1%<sup>7,8</sup>。2017 年对大型燃烧源 BREF (Large Combustion BREF) 的修订适用于分布在欧盟 27 个成员国的约 3500 个大于 50 兆瓦的发电厂。该 BREF 描述了几种可以改进燃烧过程，以提高锅炉的热效率的方法<sup>9</sup>。

在美国，50 个州和 100 多个县/市项目都拥有审查和发放排污许可证的主要权力。加利福尼亚州的一个最佳实践是其温室气体规则，该规则要求发电厂和工业锅炉完成审计，以识别出所有可以改善和减少现场能源消耗的措施<sup>10</sup>。2015 年对这一规则的评估指出，实施这些节能项目具有显著的协同效益，可以同时减少颗粒物和氮氧化物排放以及降低二氧化碳排放。二氧化碳排放下降 10%，氮氧化物排放下降 10%以上，颗粒物排放下降 5%左右<sup>11</sup>。

加州的 35 个地方空气质量管理机构已经采取了协同减少温室气体和标准污染物的计划。例如，州和地方有关供暖、制冷和交通的新法令要求实现电气化，而不是用天然气或其他化石燃料，并更加强调电力部门在未来减少温室气体排放和改善空气质量方面的责任。旧金山湾区空气质量管理区(BAAQMD)“爱惜空气，降低温度”(Spare the Air, Cool the Climate)的气候计划旨在达到臭氧和PM2.5的环境空气质量标准，到2050年，将温室气体排放减少至少80%。该计划包括两项创新的温室气体控制措施。其中一项是对于被监管设施要求针对温室气体排放<sup>12</sup>采用

---

<sup>6</sup> European Commission, 2009, p. 62.

<sup>7</sup> European Commission. 2009, p. 123.

<sup>8</sup> Regulatory Assistance Project (睿博能源智库). (2015). *Implementing the EPA Clean Power Plan: A menu of options*, Chapter 1.

[http://www.4cleanair.org/NACAA\\_Menu\\_of\\_Options](http://www.4cleanair.org/NACAA_Menu_of_Options)

<sup>9</sup> Lecomte, T., Ferreria de la Fuente, J. F., Neuwahl, F., Canova, M., Pinasseau, A., Jankov, I., Brinkmann, T., Roudier, S., & Delgado Sancho, L. (2017). *Best available techniques (BAT) reference document for large combustion sources*, pp. 78-93. European Commission.

[https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC\\_107769\\_LCPBref\\_2017.pdf](https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC_107769_LCPBref_2017.pdf). 通过更换燃烧器，热效率可提高至多5%，燃烧优化和锅炉控制可将效率提高至多3%。

<sup>10</sup> California Air Resources Board. (2010). *Regulation for energy efficiency and co-benefits assessment of large industrial sources*.

<https://ww3.arb.ca.gov/cc/energyaudits/energyaudits.htm>

<sup>11</sup> California Air Resources Board. (2015). *Energy efficiency and co-benefits assessment public reports workshop* [Presentation].

<https://ww3.arb.ca.gov/cc/energyaudits/meetings/063015/presentation.pdf>

<sup>12</sup> 加州已经要求对VOC、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>和PM等其他污染物采用BACT。

BACT，并将BACT的要求门槛从目前每年7.5万吨二氧化碳当量的水平下调。第二项规定将为工业设施和发电机组设定温室气体排放强度上限，然后要求有关设施提高其设备的燃烧效率<sup>13</sup>。

美国环境保护署环境上诉委员会(EAB)最近做出的一项决定，可能为电池储能视为 BACT 打开了大门。在加州帕姆代尔的案例中，EAB 拒绝了请愿者裁定储能为 BACT 的请求，——这将有效地消除建造任何新的天然气发电厂的可能性，因为燃气发电厂的所有者必须证明使用了 BACT<sup>14</sup>。但是，EAB 的决定注意到储能成本的迅速下降和技术的进步，这表明这种结合在不久的将来很可能被官方认定为 BACT。如前所述，各州机构对 BACT 有不同的要求和门槛<sup>15</sup>，而旧金山湾区空气质量规划中似乎包括了一种机制，可以用来界定储能作为 BACT，有资格替代建设新的化石燃料发电。这可能为储能技术的更广泛应用铺平道路。根据美国《清洁空气法》(Clean Air Act)，一项技术一旦在实践中得到验证，就可以在全国范围内应用，而且必须在所有州许可审查中得到考虑。

## 基于产出的排放标准

以产出为基础的标准本身并不是 BAT 或 BACT，而是一种表达排放标准的方式，与每单位适用产出的燃料消耗或所采用的产品直接相关。自 50 年前《清洁空气法》最初通过以来，以输入为基础的标准一直是美国的传统做法，美国环保署和各州至今仍在使用这些标准。以输入为基础的标准以每给定热输入或所用燃料所产生的污染物磅数表示。一个热效率低的过程可能会燃烧大量的燃料，同时根据燃料的输入仍然会排放少量的污染物。对于基于输入的标准，提高燃料效率并没有合规优势。而基于产出的标准提供了一种更直接的方法来鼓励企业提高燃料效率，并评估采用什么做法来实现更高水平的燃料效率。在 BAT 或 BACT 中，BAT 或 BACT 的排放限额将以 kg/ MWh(以发电厂为例)计算，并作为许可条件包括在内。

基于产出的(每 MWh 发电所产生的污染物公斤数)排放标准已被美国环保署和几个州(例如马萨诸塞州、加利福尼亚州)用于许多工业源类别和发电厂。对于发电厂来说，这些也被称为环境

<sup>13</sup> Bay Area Air Quality Management District. (2017). *Spare the air, cool the climate*, Volume 2, control measures SS17 (GHG BACT Threshold) and SS18 (Basin-Wide Combustion Strategy). [https://www.baaqmd.gov/~media/files/planning-and-research/plans/2017-clean-air-plan/attachment-a\\_proposed-final-cap-volume-2-pdf.pdf?la=en](https://www.baaqmd.gov/~media/files/planning-and-research/plans/2017-clean-air-plan/attachment-a_proposed-final-cap-volume-2-pdf.pdf?la=en)

<sup>14</sup> Bandza, A. J. (2019). *BACT to the future: Enviros petition for review on natural gas power plant, saying batteries are "BACT" under the Clean Air Act*. Jenner & Block. [https://environblog.jenner.com/corporate\\_environmental/2019/02/bact-to-the-future-enviros-petition-for-review-on-natural-gas-power-plant-air-permit-saying-batterie.html](https://environblog.jenner.com/corporate_environmental/2019/02/bact-to-the-future-enviros-petition-for-review-on-natural-gas-power-plant-air-permit-saying-batterie.html)

<sup>15</sup> BACT是指在实践中证明的“最佳”技术。许可机构可以根据与正在审查的特定申请有关的具体情况自由决定如何使用“最佳”。然而，在任何情况下，BACT都要比适用的国家“新资源性能标准(NSPS)”严格。

绩效标准，他们要求热效率高的发电厂来运行。每个颁发的许可证中都包括排放限值以及证明遵守限值所需的监测情况，记录保存和报告要求。

美国环保署于 1998 年对大型工业和发电锅炉采用了基于产出的氮氧化物排放标准。此后，将 1.6 磅 NO<sub>x</sub>/MWh(lbs/MWh)总能量输出的初始限制降至 0.70 磅 NO<sub>x</sub>/ MWh 总能量输出，或 0.76 磅 NO<sub>x</sub>/ MWh 净能量输出<sup>16</sup>。使用 30 天滚动平均数来确定是否符合这些限制。

马萨诸塞州对发电厂采用了基于产出的标准。这些标准为 NO<sub>x</sub> 1.5 lb/MWh(年度基准)和 SO<sub>2</sub> 3.0 lb/MWh(年度基准<sup>17</sup>)。马萨诸塞州还制定了涵盖整个电力部门的二氧化碳排放上限。马萨诸塞州是区域温室气体减排行动 (RGGI) 的创始州之一<sup>18</sup>。该州采用了比目前的 RGGI 项目更严格的规定，并将减少二氧化碳排放的要求延长至 2050 年。2018 年的二氧化碳限额为 9,149,979 吨;2019 年的限额为 8,731,175 吨。这一上限每年将减少 223,876 吨，直到 2050 年达到 1,791,019 吨(减少 80%)。每个受影响的发电机组都根据历史发电量被设定了一个初始排放上限。每个上限都成为发电厂强制执行的许可条件的一部分，与到 2050 年的总体轨迹相一致，上限每年都会下降<sup>19</sup>。

加州对 50 兆瓦以下的火电机组采用了基于产出的排放标准。这些标准是 NO<sub>x</sub> 0.07 lb/MWh、CO 0.10 lb/MWh、VOC 0.02 lb/MWh<sup>20</sup>。加州法规允许将热电联产(CHP)技术与一起安装的发电机组的产出放在分母上(例如，MWh 发电量)，以满足排放限制。热电联产技术本身必须是零排放的<sup>21</sup>。

## 监测、记录保存和报告要求

监测、记录保存和报告要求（以下简称 MRR）是任何一个许可证的重要部分。监测可以通过连续排放监测系统 and 记录各种排放控制装置的蒸汽流量、燃烧温度或压力下降等参数的仪器直

<sup>16</sup> Title 40 Code of Federal Regulations Subparts Da and Db.

<sup>17</sup> Massachusetts Department of Environmental Protection. (2017). *310 Code of Massachusetts Regulations 7.29 Emission Standards for Power Plants*. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2017-10/documents/ma-310-cmr-7-29.pdf>

<sup>18</sup> 区域温室气体计划(RGGI)是一个由州发起的市场化的二氧化碳排放交易计划，于2009年首次启动。目前涵盖了美国东北部的十个州。更多详情和项目描述可见: <https://www.rggi.org>

<sup>19</sup> Massachusetts Department of Environmental Protection. (2020). *310 Code of Massachusetts Regulations 7.00: Air Pollution Control, Section 7.74*. <https://www.mass.gov/doc/310-cmr-700-air-pollution-control-regulations/download>

<sup>20</sup> California Air Resources Board. (n.d.). *Amendments to the Distributed Generation Certification Regulation, final regulation order*. [https://ww3.arb.ca.gov/regact/dq06/finalfro.pdf?\\_ga=2.231053979.507227720.1582127167-1344224454.1550253194](https://ww3.arb.ca.gov/regact/dq06/finalfro.pdf?_ga=2.231053979.507227720.1582127167-1344224454.1550253194)

<sup>21</sup> 使用CHP技术也是一种除了减少NO<sub>x</sub>和SO<sub>2</sub>外，还可以降低CO<sub>2</sub>排放的方法，因为在CHP过程中蒸汽转化为电力避免了燃烧燃料以达到更高的电力输出。

接记录排放。记录应至少保存 5 年，并提供给生态环境部和省/市检查员以供审查。应每半年向生态环境部或有关的省/市机构提交报告。

每个颁发排污许可的权威机构都可以开发自己的 MRR，而且在某些情况下，MRR 是针对特定的工厂操作而制定的，因此很难提供全面的 MRR 清单。然而，所有州要求必须至少满足美国环保署的最低要求。环保署已发布参考资料，指导各州在其管辖范围内制定适用于企业的

MRR:

- 第 75 部分规则的通俗易懂的英语指南 (“The Plain English Guide to the Part 75 Rule”) (适用于环保署 NO<sub>x</sub> 和 SO<sub>2</sub> 排放交易计划)<sup>22</sup>;
- 美国环保署连续排放监测系统指南<sup>23</sup>。

这些指导性文件也适用于建立二氧化碳排放的 MMR。例如，包含在区域温室气体减排行动中的企业可以使用环保署 part 75 计划中的 MMR 作为其 CO<sub>2</sub> 排放和配额跟踪的框架。

## 建议

其他地区的经验表明，排污许可能够同时有效地改善空气质量和减少温室气体排放。全球最佳实践建议在有关温室气体和标准污染物的许可证中，应包含 BACT 和 BAT 要求。BACT 和 BAT 都可以应用于单个排放点和整个企业。中国多年来一直将这一理念应用于钢铁行业，自 1980 年以来，单位钢铁生产的能源消耗和温室气体排放减少了 50%以上<sup>24</sup>。将这一概念应用于发电厂，可能需要锅炉安装新的或升级现有的排放控制。许可证也可规定，作为标准日程的一部分，为了在良好工作状态下维护及运行锅炉须应用最佳工艺以提高热效率及减少制造产品或发电所耗用的燃料量。这些技术和工艺都适用于特定的排放点，在本例中为单个锅炉。对于整个企业来说，BACT 可能意味着新建化石燃料燃烧装置的替代品，比如太阳能和风能再加上储

---

<sup>22</sup> U.S. Environmental Protection Agency, Clean Air Markets Division. (2009). *Plain English guide to the Part 75 rule*. [https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/plain\\_english\\_guide\\_to\\_the\\_part\\_75\\_rule.pdf](https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-05/documents/plain_english_guide_to_the_part_75_rule.pdf)

<sup>23</sup> U.S. Environmental Protection Agency. (n.d.) *EMC: Continuous emission monitoring systems information and guidelines*. <https://www.epa.gov/emc/emc-continuous-emission-monitoring-systems>

<sup>24</sup> Sun, W., Cai, J., & Ye, Z. (2013). Advances in energy conservation in China steel industry. *Scientific World Journal*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3606780/>

能。同样，适用于整个企业的 BAT 可能意味着实施一个能源管理系统(ISO 50001)<sup>25</sup>，以减少现场能源消耗的方式布置管道和生产流程。

我们建议中国扩展其节能项目的经验<sup>26</sup>，在许可证中为工业污染源设立碳强度上限，然后要求这些污染源实施燃烧效率改进措施。这将减少温室气体、氮氧化物、PM2.5(以及硝酸盐等二次污染物)，并带来显著的煤炭节约量<sup>27</sup>。这些目标可以定义为 BACT 和 BAT，并通过每个许可证中规定的条款实施，即要求企业完成对其燃烧装置的定期审核，并实施所有具有成本效益的节能措施。

另一项建议是，中国的发电厂和工业污染源排放标准应以产出为基础。这可以通过修订现有的排放标准框架来实现，或者对以浓度为基础的标准应用热效率转换，使其以每千瓦时的克数或每兆瓦时的公斤数表示。由于中国已经跟踪了锅炉的煤炭消耗量，并且每年向效率最高的火电厂颁发奖励，因此，实施基于产出的标准体系的另一种方法是包括煤炭消耗量目标（以每千瓦时发电燃烧的煤炭克数为单位），并在许可中逐渐降低煤炭消耗的目标。

监测、记录保存和报告要求是所有许可证的基本要素。我们还建议中国要求行业提交年度和半年度报告，以帮助生态环境部和省/市机构评断是否遵守了适用的排放限制，并为需要现场检查的领域设定优先级。报告还将提高排放清单的准确性，与环境空气质量数据进行良好的交叉核对，并有助于评估实现空气质量和温室气体目标的进展情况。

---

<sup>25</sup> International Organization for Standardization. (n.d.). ISO 50001是一个全球公认的标准，通过ISO 50001认证也能给企业带来经济效益。

<sup>26</sup> “千家”和“万家”企业节能低碳行动于2006年至2015年间，共节约了超过4亿吨煤。Christopher James, Bob Taylor, 睿博能源智库, 开展好能效与改善空气质量的双赢项目——两部门需要相互合作，实现互惠互利。 <https://www.raponline.org/knowledge-center/capturing-win-win-energy-efficiency-air-quality-improvement-projects-cn/>

<sup>27</sup> 在大多数锅炉设备中，燃烧效率可以提高5%。



Energy Solutions for a Changing World

---

**The Regulatory Assistance Project (RAP)<sup>®</sup>**  
Belgium · China · Germany · India · United States

---

CITIC Building, Room 2504  
No.19 Janguomenwai Dajie  
Beijing, 100004

---

北京市朝阳区建国门外大街 19 号  
国际大厦 2504 100004  
**raponline.org**