



德国 / 欧洲氧化亚氮减排经验手册

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Supported by:



Federal Ministry
for Economic Affairs
and Climate Action

IKI  INTERNATIONAL
CLIMATE
INITIATIVE

on the basis of a decision
by the German Bundestag

致谢

本手册由 FutureCamp 公司专家撰写，受国际气候倡议（IKI）中德合作：碳交易、碳市场机制和减缓工业相关氧化亚氮排放项目的委托，同时得到 NACAG 倡议的支持。

作者

Daniel Scholz 先生, Felix Nickel 先生
FutureCamp Climate GmbH
Aschauer Straße 30, D-81549 München
info@future-camp.de; www.future-camp.de
2022 年 11 月

版本说明

出版方：中德合作：碳交易、碳市场机制和减缓工业相关氧化亚氮排放项目该项目，受德国联邦经济和气候保护部（BMWK）委托，是其国际气候倡议（IKI）的一部分，由德国国际合作机构（GIZ）负责实施。

联系人：王寅

邮箱：yin.wang@giz.de

项目网站：<https://climatecooperation.cn/zh-hans/zhongde-qihou-bianhua-hezuo-zhichi-guojia-zizhu-gongxian-shishi-xiangmu/>

德国国际合作机构（GIZ）

总部：波恩和埃施博恩

Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40

53113 Bonn, Deutschland

电话：+49 228 44 60-0

传真：+49 228 44 60-17 66

邮箱：info@giz.de

网站：www.giz.de

Dag-Hammarskjöld-Weg 1 - 5

65760 Eschborn, Deutschland

电话：+49 61 96 79-0

传真：+49 61 96 79-11 15

声明

本文所表达的观点、解释和结论由作者所有，并不一定代表德国国际合作机构或德国联邦经济和气候保护部（BMWK）的观点。本文对所提供的信息不提供任何类型的担保。

目录

执行摘要.....	4
如何阅读本文.....	5
缩略语列表.....	5
第一部分：政策工具及其在不同时期的作用.....	7
1 欧盟关于工业排放的法规：IPPC/IED.....	8
1.1 IPPC：概述.....	8
1.2 最佳可行技术参考文件（BREFs）.....	8
1.3 硝酸（HNO ₃ ）.....	9
1.4 己二酸（C ₆ H ₁₀ O ₄ ）.....	9
1.5 己内酰胺（C ₆ H ₁₁ NO）.....	10
1.6 结论.....	10
2 基准与信用：联合履约（JI）项目.....	11
2.1 欧洲利用联合履约项目产生碳信用的法律框架.....	11
2.2 联合履约对化工行业氧化亚氮减排的作用.....	13
2.3 产业部门自愿承诺的作用.....	14
3 总量控制与交易：欧盟排放交易体系（EU ETS）.....	16
3.1 配额分配.....	16
3.2 基准值.....	17
3.2.1 硝酸的产品基准值.....	18
3.2.2 己二酸的产品基准值.....	20
4 结论.....	21
第二部分：MRV 要求.....	22
1 概述.....	22
1.1 监管框架.....	22
1.1.1 核心法规.....	22
1.1.2 规则制定中的实施者和级别.....	23
1.1.3 与联合履约的不同之处和经验总结.....	24
1.2 MRV 的原则.....	24

1.2.1	MRV 原则的价值	24
1.2.2	欧盟排放交易体系 MRV 的关键原则	25
1.2.3	与联合履约的不同之处和经验总结	26
1.3	MRV 及履约	26
1.3.1	MRV 以及履约周期中的要素	26
1.3.2	一个明确责任分配和时限的系统	28
1.3.3	与联合履约 (JI) 的不同之处及经验总结	29
2	监测要求	30
2.1	监测范围	30
2.1.1	活动产生的氧化亚氮和二氧化碳的排放	30
2.1.2	排放核算的一般参数	31
2.1.3	关于源流的传输	31
2.1.4	进一步监测项目：免费配额对应的活动水平数据	32
2.1.5	与联合履约 (JI) 的不同之处和经验总结	32
2.2	测量方法和使用的设备	34
2.2.1	排放核算方法	34
2.2.2	氧化亚氮 排放的连续排放测量	35
2.2.3	德国设备推荐	36
2.2.4	与联合履约的不同之处和经验总结	37
2.3	监测过程	37
2.3.1	从零开始批准透明度监测计划	37
2.3.2	不确定性要求和层级应用	39
2.3.3	使用的监测方法和设备	39
2.3.4	核算操作时间的定义	40
2.3.5	排放量和验证的常规计算	40
2.3.6	关于停机时间、数据缺失和替代值	42
2.3.7	质量保证（通用）	43
2.3.8	流程说明	45
2.3.9	故障排除	46
2.3.10	与联合履约的不同之处和经验总结	46
3	报告要求	48
3.1	报告周期和格式	48
3.1.1	报告周期	48
3.1.2	使用数字化模板 / 数据管理系统	49
3.2	向主管当局报告的义务	49
3.2.1	关于监测概念的报告职责	49

3.2.2 向主管当局发出关于持续监测的特别通知	50
3.2.3 排放报告及其辅助文件	50
3.3 处罚措施	52
3.4 与联合履约的不同之处和经验总结	53
4 核查要求	53
4.1 核查机构的设置和责任	53
4.2 叮嘱或要证明的内容	54
4.3 现场核查	55
4.4 标准核查项	55
4.4.1 数据流	55
4.4.2 控制活动	55
4.4.3 流程说明	56
4.4.4 实质性数据测试	56
4.5 通过技术进一步助力	57
4.5.1 用于报告和核查的集成数据管理系统	57
4.5.2 用于简化报告的自动化 CEMS	57
4.6 与联合履约的不同之处和经验总结	57
第三部分：欧盟 / 德国的减缓方案和技术现有数据及其可用性、有效性和背景	58
1 氧化亚氮排放：背景	59
2 减排方案	60
2.1 二级催化分解	61
2.2 通过优化二级减排来增强减排效果	61
2.3 三级减排	62
2.4 氧化亚氮在其他生产过程中作为氧化剂 / 反应物的再利用	63
3 减排效率	64
4 减排成本和经济激励	65
参考文献	67
术语表	69
附录	72
附录一 -1a- 关于在国家清单中使用排放交易计划数据	72
附件 I-1b- 联合履约（2008-2012）简介	73
附录二 -4 - 评审制度简述	74
附录三 - 己内酰胺附录	76

执行摘要

对于减少全球温室气体排放，化学工业设施的氧化亚氮减排行动是一个巨大且具有成本效益的杠杆，这适用于硝酸、己二酸和己内酰胺生产的排放。随着 2060 年碳中和目标的确立，中国可充分利用这一巨大减排潜力来推动其减碳工作，从而有效地促进落实《巴黎协定》。

本报告旨在为氧化亚氮减排选择适当的工具提供指导，以及如何建立一个有利的环境。它着眼于任务的实施，汇集了德国使用两种不同碳定价工具的经验，这些工具曾经并继续帮助德国和欧盟以较低的成本减少工业氧化亚氮的排放。第一个工具是全球最成熟的碳排放交易系统，即欧盟排放交易系统。它有效地对相关部门的氧化亚氮排放进行定价，并通过总量控制和交易的方式运行。中国的参照物是目前仅适用于能源部门的国家排放交易体系。

第二个定价工具是自愿抵消工具“联合履约机制”（JI），它通过建立市场、为经认证的减排成果发放证书来激励减排行动。在这方面，中国在清洁发展机制（CDM）的实施方面积累了丰富的实践经验。CDM 是 JI 的兄弟项目，在己二酸、硝酸和己内酰胺生产领域有许多项目。

履约制度和自愿制度都有很多共同点，但它们在相关方面存在差异。本报告探讨了这些差异，给出了德国减排实践中的要点。因此，它有助于提炼和构建经验总结，为中国即将出台的政策框架制定过程提供参考。

本研究报告首先介绍了各种政策方法，包括两种基于市场的工具，它们在欧盟监管化工设施的氧化亚氮排放方面发挥了关键作用。

第二部分探讨了排放核算中的各个环节和实施框架。这两种工具都有助于在中国建立和完善一个稳健的氧化亚氮排放核算体系。

第三部分转向技术方面的内容，描述了德国硝酸和己二酸生产场所各种减排方案的实施情况。在减排效率和成本方面，这部分总结了一些来自其他研究的信息。

报告的附件部分有四个专门章节，包括：(a) 一份关于在国家清单中使用排放交易计划数据的简短说明，(b) 一份关于联合履约机制的简介，(c) 一份关于德国认证系统简介，是其核查环境的特色以及 (d) 一个在比利时己内酰胺生产基地的示范性技术实施案例。



如何阅读本文

本报告行文遵循一个逻辑结构。读者既可以从头到尾地阅读，也可出于学习和参考目的阅读部分内容。感兴趣的读者可以从目录开始，查看特别感兴趣的部分。整个文件的交叉引用将有助于在更广泛的背景下或从更广泛的角度熟悉相关方面的问题。标记（⇒）有助于开始对各部分所介绍的各个方面进行专题讨论。

政策制定者特别感兴趣的是立法背景（第一部分）、从 MRV 系统吸取的教训（第二部分）以及关于国家清单中排放交易计划数据使用或认证系统的专门附件。

项目运营商特别感兴趣的是 MRV 的细节（第二部分），以及可用减排方案及其效率和成本的概述（第三部分）。此外，有附件专门介绍了一个在欧洲己内酰胺工厂的说明性实施实例。总之，这些信息共同揭示了完善的排放核算体系下的监测和报告要求，以及减排行动的一般选择。

缩略语列表

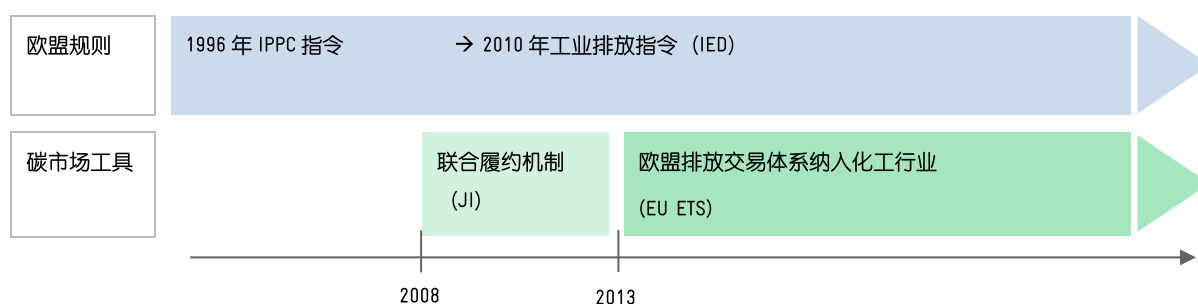
AAU	Assigned Amount Unit 配额单位（详见术语表）
AIE	Accredited Independent Entity 经认证的独立实体（详见术语表）
AMS	Automated Measuring Systems 自动测量系统（详见术语表）
AST	Annual Surveillance Test 年度监视测试
AVR	Accreditation and Verification Regulation 认证及审核条例（详见术语表）
BAT	Best Available Technology 最佳可行技术（详见术语表）
BREF	Best Available Techniques Reference Documents 最佳可行技术参考文件（详见术语表）
CA	Competent Authority 主管机构（详见术语表）
CDM	Clean Development Mechanism 清洁发展机制（详见术语表）
CEFIC	European Chemical Industry Council 欧洲化工委员会
CEMS	Continuous Emissions Monitoring Systems 连续排放监测系统（详见术语表）
CEN	European Committee for Standardisation 欧洲标准化委员会
CER	Certified Emission Reductions 经核证的减排量（详见术语表）
CO ₂	Carbon Dioxide 二氧化碳
CO _{2e}	Carbon Dioxide Equivalent 二氧化碳当量（详见术语表）
DAKks	Deutsche Akkreditierungsstelle 德国认证委员会
DEHSt	Deutsche Emissionshandelsstelle 德国排放交易管理局
DFP	Designated Focal Point 指定联系人（详见术语表）
DIN	German Industry Standards 德国工业标准
DMS	Data Management System 数据管理系统

EFMA	European Fertilizer Manufacturers Association 欧洲化肥生产商协会
EHV	Emissions Trading Ordinance 排放交易法令
ELV(s)	Emission Limit Values 排放限值 (详见术语表)
E-PRTR	European Pollutant Release and Transfer Register 欧洲污染物排放与转移登记制度
ERU	Emission Reduction Unit 减排单位 (详见术语表)
EU	European Union 欧盟
EUA	European Union Allowance 欧盟排放配额
EU ETD	European Union Emissions Trading Directive 欧盟排放交易指令 (详见术语表)
EU ETS	European Union Emissions Trading System 欧盟排放交易体系 (详见术语表)
EU MRR	European Union Monitoring and Reporting Regulation 欧盟监测与报告条例 (详见术语表)
ghg	Greenhouse gases 温室气体 (详见术语表)
HNO ₃	Nitric Acid 硝酸
IED	Industrial Emissions Directive 工业排放指令 (详见术语表)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change 政府间气候变化专门委员会 (详见术语表)
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control 综合污染预防与控制 (详见术语表)
ISO	International Organization for Standardization 国际标准化组织
JI	Joint Implementation 联合履约机制 (详见术语表)
JISC	Joint Implementation Supervisory Committee 联合履约监督委员会 (详见术语表)
MRV	Monitoring, Reporting and Verification 监测, 报告和核查 (详见术语表)
NACAG	Nitric Acid Climate Action Group 硝酸气候行动集团
MP	Monitoring plan 监测计划
NH ₃	Ammonia 氨
N ₂ O	Nitrous oxide 氧化亚氮或一氧化二氮
NSCR	Non-Selective Catalytic Reduction 非选择性催化还原
PDDs	Project Design Documents 项目设计文件
ProMechG	Act on Project-Based Mechanisms JI and CDM 基于项目的联合履约和清洁发展机制法案
QAL1	Suitability Testing 适用性测试
QAL2	Adequate Functionality 功能完整测试
QAL3	Routing Quality Testing 日常质量测试
SCR	Selective Catalytic Reduction 选择性催化还原
SO ₂	Sulphur dioxide 二氧化硫
TEGH	Greenhouse Gas Emissions Trading Act 温室气体排放交易法案
UBA	German Umweltbundesamt 德国环境部

第一部分：政策工具及其在不同时期的作用

本节描述了针对欧盟化工行业氧化亚氮 (N_2O) 排放的主要政策工具。在 90 年代中期之前，空气污染控制没有在整个欧洲层面上得到协调。成员国对工业排放有不同的处理方法，但都不涉及氧化亚氮，因为氧化亚氮不属于污染物。事实上，自愿协议是第一个提到氧化亚氮的政策工具，提出氧化亚氮是一种重要的温室气体，应尽量减少其排放。这就是为什么下面有关联合履约 (JI) 项目的章节中会涉及自愿协议，因为它们间接地从这个激励计划中受益。

1996 年通过的综合污染预防与控制 (IPPC) 指令是一个里程碑式的政策工具，为整个欧洲的工业引入环境标准。它旨在通过定义最佳可行技术和强制要求工业界逐步进行技术改进，以综合的方法来解决空气、水和垃圾的污染。在实践中，这意味着每个设施的排放阈值和期限由对应的环境许可决定。基于市场的政策工具改变了这种情况，减少温室气体排放变成了一种商业模式。从 2008 年到 2012 年，工厂运营者有可能在联合履约机制下因专门的氧化亚氮减排活动获得碳信用。2013 年，几个化工部门被纳入欧盟排放交易体系 (EU ETS)，包括硝酸和己二酸生产中的氧化亚氮排放。



在下文中，我们将详解政策工具以及它们如何影响硝酸和己二酸生产中的氧化亚氮排放。

1 欧盟关于工业排放的法规：IPPC/IED

1.1 IPPC：概述

综合污染防治（IPPC）指令于 1996 年通过，是一套授权工业设施及其环境影响的一般准则，是欧盟推行和统一欧盟工业生产环境标准的关键工具。该指令适用于各成员国，要求各国将其转化为国内法律，并落实必要的监管、机构和流程，使其适用于相关行业的工厂运营者。该指令的附件一界定了规则适用的工业活动类型和产能门槛。根据指令，欧盟范围内大约有 52,000 家工厂被覆盖。这些工厂能够运营的前提是需要获得国家或次国家 ⇒ 主管部门（详见术语表）颁发的环境许可证。这种许可证的申请包括有关活动、材料流、能源生产和消费以及单个工厂产生的物质和与之相关的排放信息。此外，必须说明拟采用的主要技术以及关于排放监测、减排和替代方案等排放相关技术。既有装置和新装置的履约期限有所不同：拟进行“重大改造”的装置以及新装置预计将从 1999 年 10 月 30 日起遵守 IPPC 指令，而所有其他装置预计将在 2007 年 10 月 30 日之前遵守该指令。

IPPC 指令的主要原则是综合方法、最佳可行技术 (BATs)、灵活性和公众参与。

1. 综合方法考虑的是工厂的整体环境绩效，将运营全过程都囊括其中，并确保自然资源的高水平保护。
2. 最佳可行技术 (BATs) 旨在确定许可条件和排放限值 (ELVs)。欧盟委员会负责组织欧盟专家、产业界和环境组织进行信息交流，从而支持当局和企业代表确定最佳可行技术。相关工作由位于塞维利亚（西班牙）的欧盟联合研究中心未来技术研究所欧洲 IPPC 局管理，相关结论以最佳可行技术参考文件的形式公布，也称为 BREFs。这些文件用欧盟的官方语言出版。
3. IPPC 指令相当灵活，允许许可证颁发机构在颁发许可证 / 设定排放限值时考虑以下因素：（a）装置的技术特征，（b）装置的地理位置，以及（c）其所处的地形和生态系统特征。
4. 该指令赋予公众参与决策过程的权利，并可获得以下信息：（a）许可证批准，（b）许可证的申请（以便能够进一步表达他们的意见），（c）工厂的排放监测结果，（d）欧洲污染物排放和转移登记 (E-PRTR)。一旦成员国报告了他们的排放数据，这些信息就会公布在一个公共登记册上，用户可以在这里查看企业的工业活动信息。

1.2 最佳可行技术参考文件 (BREFs)

如上所述，BREFs 代表了“塞维利亚进程”的成果，涵盖了欧盟 IPPC 指令附件 1 中所列的工业活动，并提供了一系列工业生产过程及其运行条件和排放率的描述。成员国须对工业设施进行明确的调查，确保其完全遵守指令。来自各行业的代表与欧盟委员会和各成员国预计将就最佳可行技术进行沟通，为确定排放限值奠定工作基础。

有两个主要的 BREF 用于无机（硝酸）和有机（己二酸和己内酰胺）化合物的生产。大规模无机化学品 - 氨、酸和肥料 (LVIC-AAF) 生产的 BREF 于 2007 年正式通过，而大规模有机化学品 (LVOC) 生产的 BREF 自 2001 年以来几经迭代，最新版本在 2017 年作为欧盟委员会执行决定的一部分正式发布。

1.3 硝酸 (HNO₃)

硝酸生产的最佳可行技术旨在通过综合运用以下技术，减少硝酸生产过程中的氧化亚氮排放，以达到表 I 中给出的排放系数或排放浓度水平。

- 优化原料的过滤和混合
- 优化催化剂上的气体分布
- 监测催化剂的性能并调整运行时间
- 优化氨气 / 空气比例
- 优化氧化环节的压力和温度
- 在新厂中通过扩大反应室来分解氧化亚氮
- 在反应室中催化分解氧化亚氮
- 结合尾气中的氧化亚氮和其他氮氧化物进行减排。

表 I.1.3.1: 与应用 BAT 生产硝酸有关的氧化亚氮排放水平

		氧化亚氮排放水平 ^x	
		kg/tonne 100 % HNO ₃	ppmv
M/M, M/H 以及 H/H 工厂	新建工厂	0.12 – 0.6	20 – 100
	现有工厂	0.12 – 1.85	20 – 300
L/M 工厂		无结论	

^x 有氧化催化剂参与的平均排放水平

1.4 己二酸 (C₆H₁₀O₄)

当己二酸生产过程中产生的氧化亚氮未被再利用，催化分解和热分解是两种应用最为广泛的末端治理技术。催化分解法使用金属氧化物催化剂（如氧化镁）将氧化亚氮分解成氮气和氧气。热分解涉及废气和甲烷混合物的燃烧，其中氧化亚氮作为氧化剂，被还原成氮气，产生一氧化氮和一些残留的氧化亚氮排放。燃烧热量可用于生产蒸汽。

根据 LVOC BREF，欧洲的工厂从 20 世纪 90 年代起就已经开始进行氧化亚氮减排。例如，拜耳公司于 1994 年开发了还原炉技术，而另一家德国制造商巴斯夫则于 1997 年在其路德维希港工厂安装了一套催化系统。1998 年 6 月，法国 Rhodia 旗下的 Alsachimie 公司在他们的 Chalampe 工厂投入使用一个系统，将氧化亚氮转化为硝酸。然而，在 LVOC BREF 中并没有对相关的氧化亚氮排放作出进一步的具体限制。

1.5 己内酰胺 (C₆H₁₁NO)

改良后的己内酰胺生产工艺主要是为了消除传统工艺中产生的大量副产物硫酸铵 (Reimschuessel, 1977; p.84)。氨氧化仍然是生产过程中不可或缺的一个环节, 用以获得所需的一氧化氮或氧化亚氮。在采用 HPO 法 (磷酸羟胺法) 生产的工厂, 储罐通风口和真空系统会产生环己酮排放, 储罐通风口还有甲苯排放, 以及催化氮氧化物处理装置会产生氧化亚氮和其他氮氧化物。采用 HSO 法 (拉西法) 生产的工厂有来自储罐通风口和真空系统的环己酮和苯排放, 二氧化硫排放, 以及来自氮氧化物催化处理装置的氧化亚氮和其他氮氧化物。HPO 和 HSO 工厂的废气被用作燃料或直接燃烧。含有一氧化氮和氨的废气通过催化剂转化为氮气和水。

然而, 对应的 BREF 并没有对己内酰胺生产过程中的氧化亚氮排放水平作出详细规定。

1.6 结论

很明显, BREFs 中的己二酸和己内酰胺章节对氧化亚氮的排放并不十分重视。就己二酸而言, 部分原因是当时的减排技术已经应用到位。对于己内酰胺, 可能是由于生产技术和工艺以及由此产生的氧化亚氮排放水平的多样性和差异性, 导致业内无法就适当的最佳可行技术达成共识。

对于硝酸工厂, IPPC 在减少氧化亚氮方面的效用似乎也很有限。主要原因是, 尽管 2007 年 10 月是现有装置遵守最佳可行技术氧化亚氮排放水平的最后期限, 但这一规定在许多情况下并没有得到落实, 部分原因是成员国执行得太晚。事实证明, 在氧化亚氮减排方面, 联合履约项目和 (预期) 纳入 EU ETS 的进展超过了 IPPC 法规。

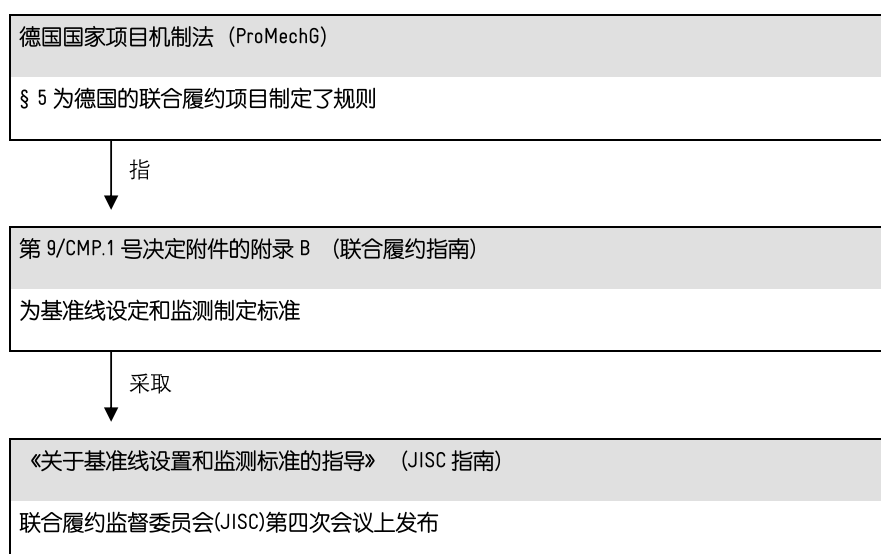
2 基准与信用：联合履约（JI）项目

2.1 欧洲利用联合履约项目产生碳信用的法律框架

2004年,通过对现有的欧盟排放交易指令(EU ETD)的修订,为欧盟排放交易体系下对清洁发展机制(CDM)和联合履约项目的信用额度认可、以及联合履约项目在欧盟内部的实施奠定了法律基础。该修正案也被称为连接指令,因为它将不同的碳信用计划相互连接起来,以便为欧盟碳市场系统边界以外的减排活动提供更好的机会和激励。作为欧盟的指令,它必须由成员国执行(和落实)。指令规定了基本条款,其中包括:

- 成员国应根据每个装置在欧盟排放交易体系下的排放承诺,确定使用 CDM 和 JI 项目的信用额度上限,确定各自免费配额的百分比份额(以配额为核算基础后来被改为基于核证排放量,因为 2012 年后并非所有装置都会获得免费配额)。
- 有必要建立一个登记簿来跟踪 ERU1 (减排单位) 的发放和与 AAU (配额单位) 预算的平衡(国际交易日志)。
- 避免重复计算,特别是欧盟排放交易体系所涵盖的排放量。
- 坚持保守的基准线方案,至少要符合成员国根据共同体立法通过的各种适用的欧盟法规。
- 公布项目相关信息。
- 大型水电项目的具体保障措施。
- 成员国有责任全面遵守《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》规则。

在德国,这些规定通过 2005 年出台的《基于项目的联合履约和清洁发展机制法案》(ProMechG) 开始实施。该法案将欧洲政策转化为德国法律,规定了审批程序和责任,并在具体规则和标准方面参考了《联合国气候变化框架公约》的联合履约规则。德国的基准线设定法律框架包括以下内容:



1 ERU (减排单位): 联合履约计划下的碳信用术语。

根据第 10/CMP.1 号决定，联合履约监督委员会（JISC）指南为建立基准线提供了两种基本选择：

1. 使用经批准的清洁发展机制基准方法学。
2. 建立一个符合联合履约指南附录 B 的具体项目基准，可在经批准的清洁发展机制方法或工具中酌情选择使用选定要素或组合。

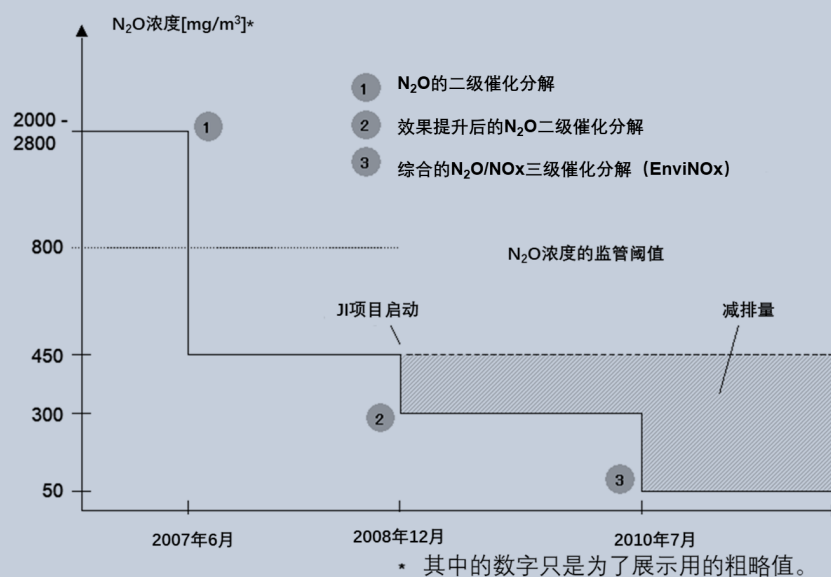
这种方法为项目开发者提供了足够的灵活性，使他们能够使用现有的清洁发展机制方法，即使该方法最初并没有被采用。例如，氧化亚氮减排的 CDM 方法学（当时硝酸的方法学 AM0028 和 AM0034 以及己二酸的 AM0021）假定了没有氧化亚氮减排的基准线情景。然而，用于推导特定工厂的氧化亚氮排放系数的典型基准测量方法，也适用于在项目实施前已经进行了氧化亚氮减排的众多情况。这些项目已经体现了一部分氧化亚氮减排水平的提高。已经发生的减排水平必须反映在基线情景中（参见两个案例研究）。

因此，欧洲的大多数联合履约项目采用（经过调整的）清洁发展机制方法学，以得出基准线情景、证明额外性、设定项目边界、确定项目排放量并确定监测程序。在实践中，这意味着大多数项目必须通过基准线测量活动，以确定适用的基准线排放系数，并评估和讨论国家或地区实施 IPPC 指令时任何适用的排放限制。然而，法国则更进一步，规定了具体的基准排放系数，用于计算硝酸项目的基准线。基准排放系数至少要设为 2.5 kg N₂O/t HNO₃（2012 年起为 1.85），除非地方当局在工厂许可中规定了更低的排放水平。由于这一规则适用于任何工厂，无论实际排放水平如何，基准线测量活动变得可有可无，项目启动的准备时间可以缩短。

案例研究：碳市场工具继承了以前的规则

仔细观察位于科隆市附近的 Ineos Manufacturing Deutschland GmbH 的硝酸工厂，可以看出碳市场工具（联合履约和排放交易体系）是如何为进一步的氧化亚氮减排投资提供激励的，即使是在已经使用了减排技术的情况下。

2008 年，对一个已经采取了部分氧化亚氮减排措施的硝酸生产项目，准备开展氧化亚氮深度减排的联合履约项目。在其项目设计书中²，项目开发商提出了一个图表，以说明联合履约项目设计中的氧化亚氮排放 / 减排路径：



² 之前公开在德国项目数据库：https://www.dehst.de/EN/climate-projects_maritime-transport/project-mechanisms/project-database/projectdetails_node.html?cms_idProjekt=3168

根据适用的德国法规（执行欧洲 IPPC 指令），2005 年修订的工厂许可证规定，运营者必须从 2008 年 1 月 1 日起将尾气中的氧化亚氮排放浓度降低到 800 毫克 / 立方米以下。因此，2007 年 6 月运营者在氨氧化炉安装了一层氧化亚氮二级分解催化剂（图中措施①），使得尾气中的氧化亚氮浓度约为 450 毫克 / 立方米。在采用保守的基准线方法（遵循 CDM 方法学 AM0034 和相应的基准线测量活动）时，1.4kg N₂O/t HNO₃ 的基准线排放水平反映了已经相当高的减排水平。随后的措施（二级减排的性能提升②和在尾气排放处安装一个 N₂O/NO_x 分解装置③）进一步降低氧化亚氮排放水平，到 2012 年底为止，相关减排成果获得根据联合履约机制签发的碳信用额度作为回报。因为在这之后，硝酸厂被纳入了欧洲排放交易体系（EU ETS）。

在欧盟排放交易体系下，硝酸厂获得了免费配额，免费配额等于硝酸的历史年产量乘以每吨硝酸 0.302 个配额的基准值。在 2013 年至 2020 年期间，任何低于该基准的实际排放水平都会产生欧盟排放交易体系的配额盈余。2021-2025 年期间，修订后的免费配额基准值为 0.230。

由于采用高效的三级减排技术所能达到的实际排放水平远远低于这些阈值，投资氧化亚氮减排措施对欧洲的工厂来说是一个有吸引力的商业案例。对于科隆的硝酸工厂来说，减少氧化亚氮的回报如下：

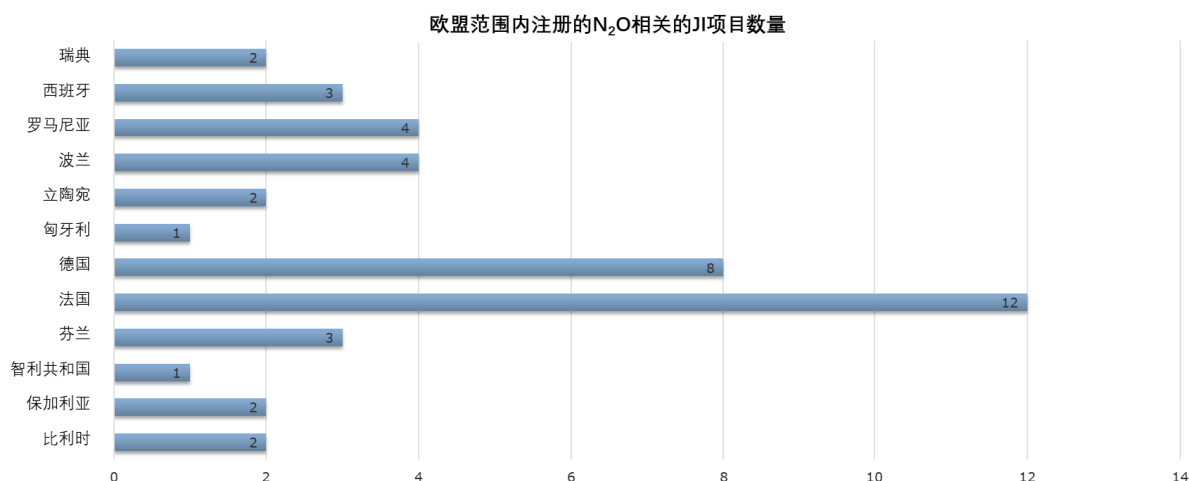
阶段 / 工具	联合履约项目 2008-12	EU ETS 2013-20	EU ETS 2021-25
发放 / 盈余总额	发放 684,050 个减排单位 (ERUs) ³	盈余 914,487 EUAs ⁴	...

2.2 联合履约对化工行业氧化亚氮减排的作用

在 2008 年至 2012 年期间，在轨道 1 和轨道 2 程序下批准和注册的共计 604 个联合履约项目中，有 46 个项目与硝酸和己二酸生产中的氧化亚氮排放有关。⁵ 这些项目共发放了约 5700 万个 ERU，氧化亚氮减排项目占总 ERU 发放量的 6.6%，在按项目类型划分的发放量列表中排名第四。

在这 46 个与氧化亚氮有关的联合履约项目中，有 44 个位于欧盟成员国：

图 1.2.2.1: 每个欧盟成员国与氧化亚氮相关的联合履约项目



同样，在这 44 个项目中，41 个在硝酸厂，只有 3 个在己二酸厂（2 个在德国，1 个在法国）。

3 Cf. JI Pipeline Overview available at <http://cdmpipeline.org/>

4 Cf. European Union Transaction Log: <https://ec.europa.eu/clima/ets/oha.do>

5 UNEP DTU Analysis of CDM/JI projects, available at cdmpipeline.org (accessed in October 2021).

2.3 产业部门自愿承诺的作用

在德国，产业部门有一定的实施自愿协议的传统。尽管工业界给自己明确限制和义务的事实有可能招致不满，但相互融合的新兴（环境或社会）需求、潜在措施和技术导致的复杂局面仅靠政策制定者是难以被理解并解决的。这种情况下，产业部门的自愿承诺也被认为是合理的工具。行业代表（在德国和欧洲，大多数情况下是以行业协会的形式组织的）和政策制定者之间通过对话来达成一项协议，即产业部门承诺达到规定的目标（如温室气体减排）。相应地，至少在协议达成后的一定时期内，产业部门不用在同一领域承担新的要求或义务。因此，这样的自愿承诺可以被看作是对强制政策的替代。为了保持其权威和可信度，产业部门仍然对实现目标有很高的兴趣，以便将来与政策制定者继续合作。

1995年，由15个德国工业协会提出的广泛倡议引出了“德国工业关于气候保护的宣言”，这被广泛认为是相当象征性的和无效的⁶。然而，1996年和2000年对该宣言的修订带来了更多的参与、更多的雄心和更多的承诺。1990年，几乎75%的国内二氧化碳排放量都体现在最新协议中。除此之外，工业界承诺在1990年和2012年之间将六种京都气体的具体排放量减少35%。特别是，化工行业承诺减少35-40%的具体能源消耗，并减少45-50%与能源有关的二氧化碳排放和氧化亚氮排放⁷。反过来，德国政府承诺既不引入强制性能源审计，也不在能源效率和二氧化碳减排方面制定新的法规，并在环境税领域对行业利益给予特别考虑。回顾过去，参与的行业在2012年都超过了2000年提出的承诺。特别是，硝酸和己二酸工厂的氧化亚氮排放量从1990年的23.8 mtCO_{2e}下降到2012年的1 mtCO_{2e}⁸。然而，对减排措施的投资是实施IPPC及其预期的结果（至少对硝酸厂而言），也是联合履约项目的成效。德国的两家己二酸工厂在20世纪90年代安装了氧化亚氮分解设施，以作为自愿承诺的一部分；然后在2008年和2009年增加了额外的减排设施，作为联合履约项目的一部分（其中一个在下面的案例研究中介绍）。

6 Fritz Söllner: Die Selbstverpflichtung als umweltpolitisches Instrument, August 2002, in Heft 8 des Wirtschaftsdiensts.

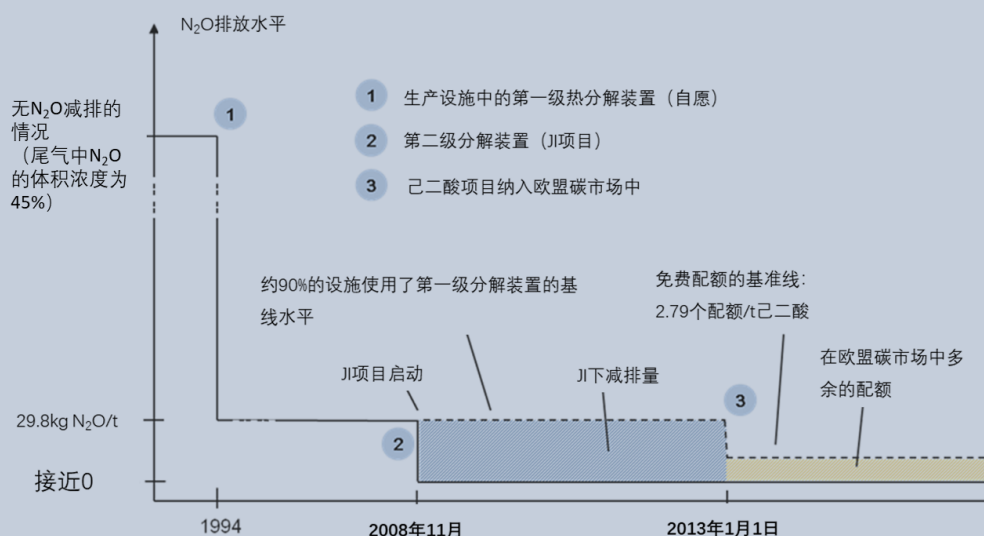
7 RWI: Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft – Monitoringbericht 2011 und 2012, Oct. 2013

8 RWI, table 5.4, p. 87

案例研究：自愿承诺作为联合履约项目的保守基准线

2006年，考虑到从2008年开始在联合履约下产生碳信用的前景，位于Krefeld-Uerdingen的己二酸工厂的运营者朗盛考虑安装第二个氧化亚氮热分解设施。第一套热分解设施于1994年投入使用，主要目的是将氮氧化物的排放降至监管门槛以下，当时并不存在减少氧化亚氮的义务。然而，作为化学工业自愿承诺的一部分，朗盛选择使用热分解技术，这样就可以同时减少氧化亚氮和其他氮氧化物的排放。事实证明，欧洲这家己二酸工厂的第一个热分解设施在减少尾气中的氧化亚氮浓度方面非常有效，使氧化亚氮的体积分数从45%左右降低到接近零。然而，在热分解设施的预定和非预定停机期间，尾气被引入到SCR（选择性催化还原）设施，这去除了氮氧化物，但对排放到大气中的氧化亚氮浓度没有任何降低。热分解设施在一年中的利用率平均在85%至90%之间。

联合履约项目的想法是安装第二个热分解设施，以便可以完全处理尾气中残余氧化亚氮。



* 其中的数字只是为了展示用的粗略值。

有了这个额外的氧化亚氮分解设施，尽管基准线相当低，朗盛还是能够在联合履约计划下产生大量的碳信用。2012年后，在欧盟排放交易体系下，氧化亚氮的低排放率继续收获回报。根据每吨己二酸2.79个配额的基准，运营者的免费配额有盈余。在2021-2025年期间，修订后的免费配额基准是2.12。

阶段 / 工具	联合履约项目 2008-12	EU ETS 2013-20	EU ETS 2021-25
发放 / 盈余总额	发放 324.5 万个减排单位 (ERUs) ⁹	盈余 153.8 万 EUA ¹⁰	...

这些碳信用额度是投资额外的热分解设施产生的收入，根据项目设计文件，该设施的成本约为1000万欧元。

⁹ Cf. JI Pipeline Overview available at <http://cdmpipeline.org/>

¹⁰ Cf. European Union Transaction Log: <https://ec.europa.eu/clima/ets/oha.do>

3 总量控制与交易：欧盟排放交易体系（EU ETS）

欧盟排放交易体系（ETS）自 2005 年开始运行。它覆盖了能源部门、具有排放密集型制造工艺的主要工业部门和航空运营者。¹¹

该体系已经历了几个不同阶段的运作，每个阶段都事先规定一个固定的配额总量上限，可供生产设施使用（主要通过拍卖和免费分配）。交易体系的覆盖范围、配额分配规则和其他内容随着阶段发展不断进行修订和完善，以加强对运营者减排的激励，反映欧盟整体气候目标的雄心，协调各成员国的规则，并增强供应侧的灵活性，以应对市场的变化。¹²

化学工业的主要变化发生在第三阶段（2013-2020 年），几个子行业和几种气体被纳入欧盟 ETS，其中就包括了硝酸和己二酸生产。市场扩容后，欧盟排放交易体系的覆盖范围上升到 31 个国家的 11000 多个电站和工业工厂，在第三阶段共纳入了约 50% 的欧盟温室气体排放量。

3.1 配额分配

虽然在欧盟排放交易体系的前两个阶段（2005-07 年和 2008-12 年），大部分配额是免费发放给参与者的¹³，但从 2013 年开始，分配的基本原则则转为拍卖。无论如何，基于温室气体排放绩效基准，工业和供热部门仍然获得免费配额（下文将详细介绍）。只是对于发电部门来说，除了某些例外情况，从 2013 年起要进行 100% 的拍卖。工业部门获得的免费配额逐年递减，从 2013 年的 80% 开始，下降到 2020 年 30%。然而，由于碳泄漏理念的广泛运用，这种过渡性免费分配的概念并没有在对工业部门的免费配额分配中发挥作用。

为了限制由于气候政策导致的欧盟内部运营者相关成本增加而将生产 / 排放转移到欧盟以外的风险（所谓的碳泄漏风险），相关产业的生产设施可获得 100% 的免费配额，而不是上述的 80% 到 30% 的递减。一个部门或子部门是否面临重大的碳泄漏风险，主要是根据一系列的量化标准来确定的，即欧盟排放交易体系引起的直接和间接的额外成本以及非欧盟贸易强度。在第三阶段，大多数工业行业被认为面临着重大的碳泄漏风险，占整体免费配额的 90% 以上。第四阶段对碳泄漏评估进行了轻微的修改，对碳泄漏部门进行了更有针对性的定义。硝酸和己二酸自 2013 年以来一直在碳泄漏名单上，并一直是碳泄露行业，因为需要同时满足碳成本和贸易强度标准。¹⁴

以下（简化的）公式总结并有助于说明上述的配额分配逻辑：

11 Cf. Annex I of the ETS Directive: <http://data.europa.eu/eli/dir/2003/87/2018-04-08>.

12 A good overview of the elements of the EU ETS and their evolution over time is provided by the EU Commissions EU ETS handbook: PDF download at https://ec.europa.eu/clima/document/download/8cabb4e7-19d7-45bd-8044-c0d0cc1a64243_en.

13 In phase 1 largely by grandfathering, which is why the first phase was kind of pilot phase to learn from for future revisions of the EU ETS.

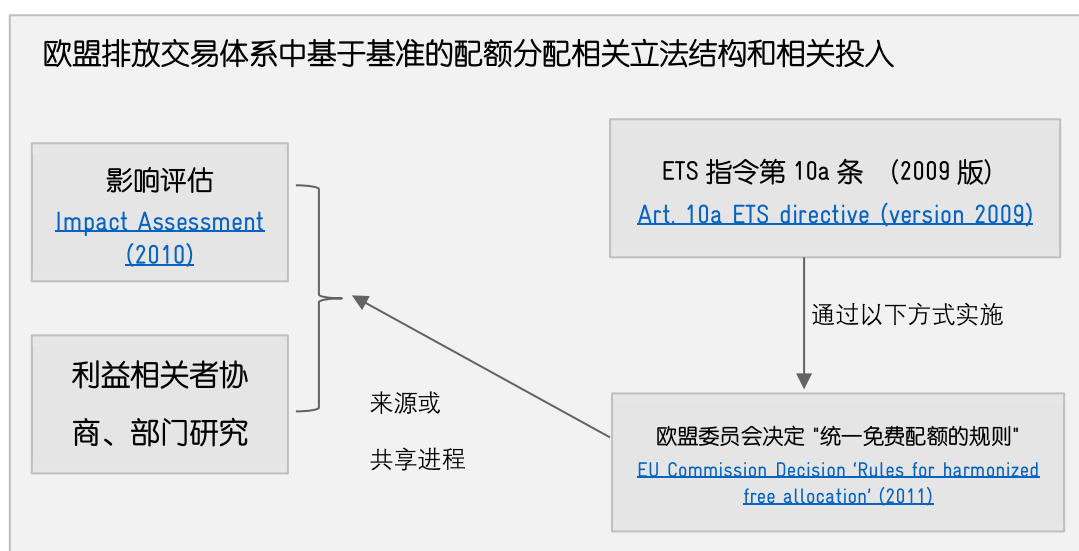
14 Carbon leakage lists are revised every five years and can be found on the EU Commission's website: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/carbon-leakage_en.

配额 = 历史产量 × 基准值 × 碳泄露系数 × 校正系数			
↑	↑	↑	↑
某一历史时期的平均 / 中位数年产量水平（如第三阶段的 2005-08 年或 2009-10 年）。	产品基准值（或者备用基准值），详见下文。	有碳泄露风险的部门为 100%，不在 CL 名单上的部门为 80-30%。	校正系数（Correction factor）或线性减少系数（linear reduction factor），以保持配额在上限之内。 ¹⁵

下文对这些基准进行了更详细的描述。

3.2 基准值

建立第三阶段（2013-2020 年）免费配额的产品基准值体系的法律基础是 ETS 指令的第 10a 条，题为“协调统一的免费分配过渡 [...] 规则”。



第 10a 条规定了建立基于基准法的配额分配方案的几个基本原则。

- 不免费分配给电力生产（有例外）。
- 基准值应适用于产品而不是投入（以激励温室气体减排 / 效率措施）。
- 与利益相关者协商，包括有关行业和行业子部门。
- 基准值应事前确定，即根据基准值计算的生产设施排放配额应在各自的交易期开始前确定。
- 将某一行业或行业子部门中温室气体排放绩效前 10% 的生产设施的平均水平作为设定排放基准值的基础。

最后一条中前 10% 的规则，显然是对基准值的量化确定有最重大影响的一项原则。它在欧洲范围内引发了一系列行动，旨在深入了解行业内部的排放率，从而形成特定部门的基准值曲线。各行业协会在收集 ETS 覆

¹⁵ 这里不作进一步讨论

盖设施的温室气体排放数据方面起到了重要作用。基于既定的规则，即所谓的“行业规则手册”及其关于质量和核查准则的指导，他们帮助从工厂运营者那里收集必要的数。欧盟委员会对结果进行了深入的合规性检查，并分析了所得出的基准值（前 10% 的数值）是否充分反映了最有效的技术、替代品、替代生产工艺和其他温室气体绩效的最佳实践。

由此产生的基准值清单被用于计算从 2013 年起的生产设施免费配额，该清单包括了 52 个产品的排放基准值，涵盖了大约 75% 的欧盟 ETS 工业排放量。另外两个基准值：可测量的热流和燃料使用，被定义为所谓的后备方法，适用于产品基准值法不可行的情况。一些进一步的详细规则是委员会决定的一部分，该决定是由上述程序产生的，包含了基准值。¹⁶

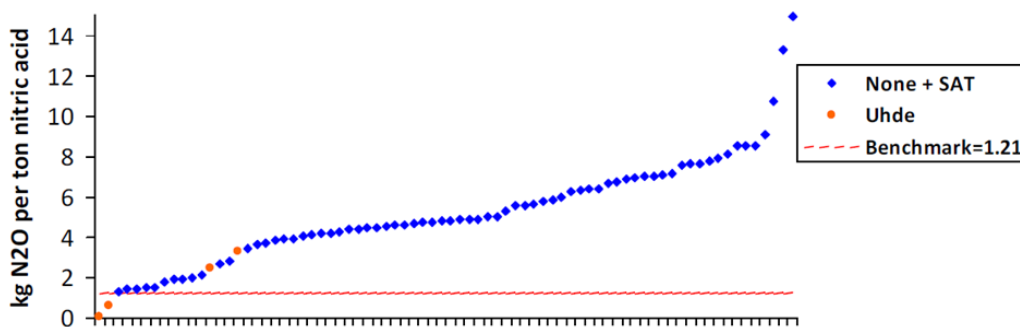
3.2.1 硝酸的产品基准值

在 52 项产品基准值之中，有一项是为硝酸行业制定的。2006 年，硝酸生产的年排放量为 41 MtCO₂ 当量，是欧洲化工行业排放强度最高的行业。上述收集必要数据的程序涉及欧洲化肥制造商协会（EFMA），他们又委托给一家独立审计公司进行基准值真实数据研究，包括调查、数据收集、数据处理和结论。该研究涵盖了欧盟 27 国 115 家工厂中的 90 家硝酸工厂（当时），研究目标是根据被调查工厂 2007/08 年的真实温室气体排放数值，生成基准值曲线。对这个产业部门的不同观察及其特点使我们合理进行以下讨论：

- 低 / 中 / 高压法工厂的区别，单加压与双加压工厂的区别。在欧洲，所有类型的工厂都存在，其中 M/H 工厂最为常见。
- 氧化亚氮减排。在 2007/08 年，欧洲的一些硝酸工厂安装了某种形式的氧化亚氮减排装置。当采用非选择性催化还原（NSCR），该技术主要用于减少其他氮氧化物，但对氧化亚氮也有影响。有人认为不应该考虑其作为基准情况，因为 NSCR 并非氧化亚氮减排的技术。
- 由于大多数硝酸厂生产并输出蒸汽，必须确定基准值是否也包括蒸汽。

由于工厂特点的差异，欧洲的硝酸工厂的温室气体排放差异很大。这在所产生的基准值曲线中是显而易见的：

图 I.3.2.1.2: 2007-08 年 EFMA 硝酸工厂的氧化亚氮排放量，
不包括有 NSCR 的工厂：欧盟 27 国的 83 家工厂¹⁷



¹⁶ Commission Decision of 27 April 2011 determining transitional Union-wide rules for harmonized free allocation of emission allowances [...], see <http://data.europa.eu/eli/dec/2011/278/oj>.

¹⁷ Taken from Ecofys et al: Sector report for the chemical industry, November 2009, https://ec.europa.eu/clima/document/download/b5e9cb5a-ff10-4a89-a083-e69663b708d3_en.

使用这条基准值曲线，得出的基准值（工厂前 10% 最优设施的平均绩效）是 1.21 kgN₂O/tHNO₃（相当于 0.36 tCO_{2e}/tHNO₃¹⁸，其中 HNO₃ 以 100% 浓度的硝酸产量计算）。在上述研究和相应的利益相关者咨询环节中，讨论了更多的选项。最后，欧盟委员会通过的第三阶段（2013-2020 年）硝酸厂免费配额的基准值为每吨纯硝酸 0.302 个配额，并涵盖了放热反应中的蒸汽产生过程。

以下是欧盟配额和基准决定的附件一中的产品基准值表的摘录：

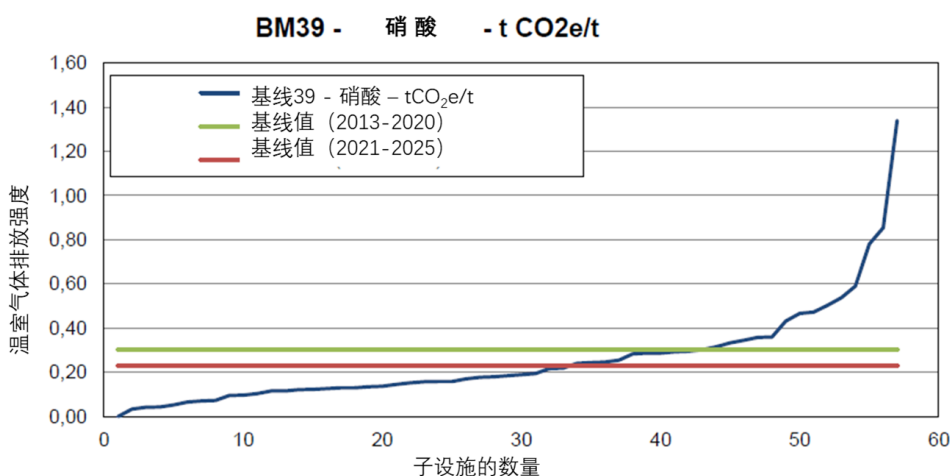
表 1.3.2.1.2: 欧盟配额决策附件一中对硝酸和己二酸的基准描述

产品基准	涵盖产品的定义	涵盖的过程和排放的定义（系统边界）	基准值（津贴 / 吨）
硝酸	硝酸 (HNO ₃)，以吨 HNO ₃ （100% 浓度）为单位计算	除氨的生产外，所有与基准产品的生产直接或间接相关的工艺以及氧化亚氮分解流程都包括在内。	0.302
己二酸	己二酸应以储存在筒仓或包装在（大）袋中的干燥精制己二酸的吨数来计算。本产品基准不包括己二酸的盐类和酯类。	除氨的生产外，所有与基准产品的生产直接或间接相关的工艺以及氧化亚氮分解流程都包括在内。	2.79

第四阶段的修订

为了更新欧盟排放交易体系第四阶段（2021 年开始）的基准值，评估了 2016/17 年的数据，硝酸厂的温室气体排放强度情况发生了巨大的变化。新的基准值曲线建立在 57 个装置的数据上（而不是 2007/08 年度的 83 个），这表明行业内发生了重大变化。对新数据的评估显示，2016/17 年度前 10% 最优装置的平均温室气体排放强度为 0.038 tCO_{2e}/t，约为 9 年前水平的十分之一。绝对排放量数据证实了这一点：2016/17 年间，这 57 个装置的温室气体排放量平均约为 4.3 Mt CO_{2e}。这些变化在新的基准值曲线中变得明显：

图 1.3.2.1.3: 根据 2016/17 年的数据，硝酸厂的基准曲线¹⁹



18 The Global Warming Potential used for N₂O in 2013-20 was 298.

19 EU Commission: Update of benchmark values for the years 2021-2025 of phase 4 of the EU ETS, Benchmark curves and key parameters, 15 June 2021.

然而，由于确定欧盟排放交易体系第四阶段修订基准值的特殊规则，第四阶段的基准值不是由新数据的前 10% 的平均水平确定的，而是将第三阶段的基准值削减 24%。采用这一规则更新的基准值在 2021-2025 年欧盟排放交易体系中适用，为 0.230 tCO_{2e}/tHNO₃。²⁰

3.2.2 己二酸的产品基准值

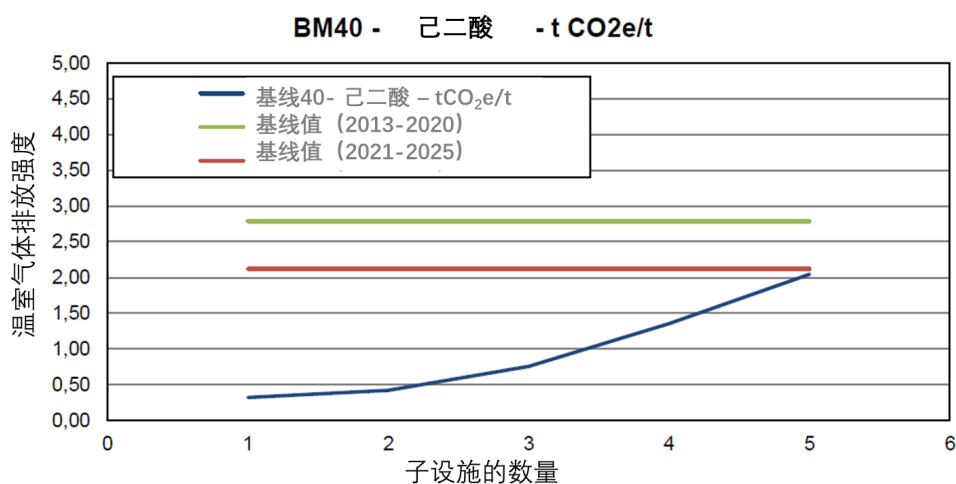
在为欧盟排放交易体系第三阶段做准备时，己二酸生产是欧洲化工行业排放强度排第四的工业过程。5 家己二酸工厂每年的排放总量约为 1300 万吨二氧化碳当量。由于数据的保密性和使用统计方法的意义不大，这种装置数量有限的情况给建立基准的过程带来了挑战。欧洲化学工业协会（Cefic）因而进行了己二酸的基准值研究。

所有的装置早已配备了某种形式的（末端）减排技术，或者在制造硝酸的过程中对氧化亚氮进行了部分回收，因此，它们在被纳入欧盟排放交易体系之前就实现了 90% 以上的氧化亚氮减排。行业协会没有提供详细的安装情况数据，因此，欧盟委员会的顾问参考了文献，并将来自行业的现有信息与 BREF 文件²¹ 和国家温室气体清单的排放数据进行了比较，提出了每吨己二酸 5.6 吨二氧化碳当量的建议，这相当于 94% 的减排效率。欧盟委员会在此基础上进行进一步研究，采用了每吨干燥精制己二酸 2.79 个配额的基准值，用于第三阶段（2013-20）²² 的免费配额²²。

第四阶段的修订

由于从欧盟排放交易体系的报告中获得了更准确的己二酸工厂的温室气体排放数据，下图这条基准值曲线有助于说明 2016/17 年的排放强度：

图 I.3.2.2.4: 基于 2016/17 年的数据，己二酸工厂的基准曲线²³



²⁰ Commission Implementing Regulation of 12 March 2021 determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025, see http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2021/447/oj.

²¹ Cf. Chapter 1.

²² Cf. Table 2.

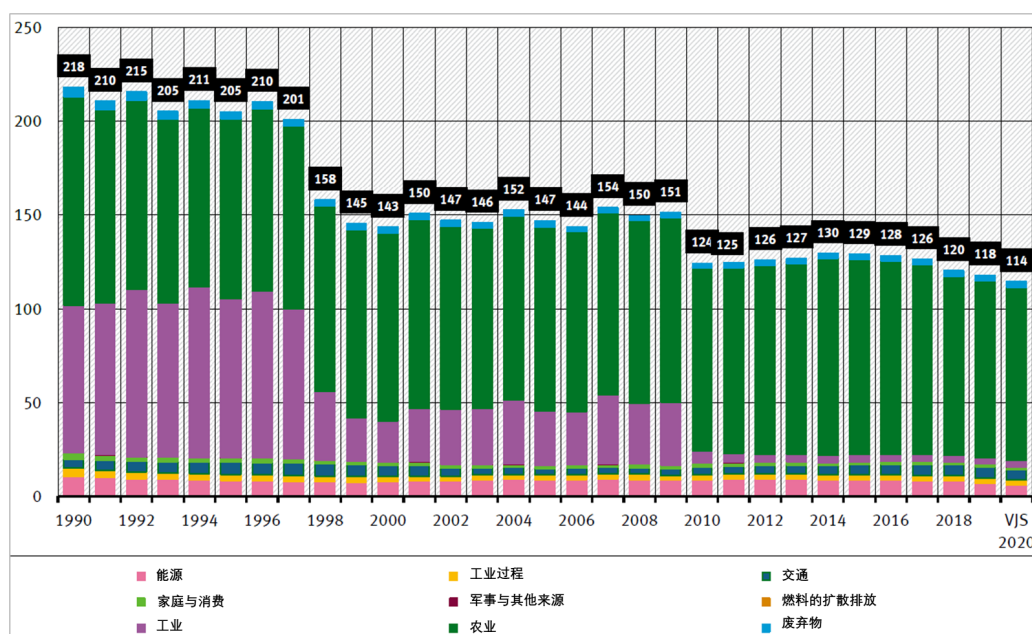
²³ EU Commission: Update of benchmark values for the years 2021-2025 of phase 4 of the EU ETS, Benchmark curves and key parameters, 15 June 2021.

根据这些数据，2016/17 年度前 10% 最优装置的平均温室气体排放强度为 0.32 t CO_{2e}/t，同样大大低于之前的基准值。与前述硝酸的情况一样，在确定己二酸生产在第四阶段前半段的排放基准值时，采用了按基准值最高降低幅度降低 24% 的做法：2.12 吨二氧化碳 / 吨己二酸。

4 结论

从上述政策工具的描述中可以看出，联合履约和排放交易体系（ETS）基于市场机制的激励作用，对促进硝酸和己二酸生产的减排水平有很大影响。由于遵守最佳可行技术排放水平的最后期限恰好与市场机制的引入相重合，因此不能确定地评价环境法规（IPPC）的有效性。综合来看，是碳市场工具促进了大量的氧化亚氮减排。这一点可以从 1990 年以来德国的氧化亚氮排放发展情况中看出：

图 1.4.5: 德国按类别划分的氧化亚氮排放量²⁴



氧化亚氮排放的总体水平以农业排放为主（绿色），而下降则完全由于工业氧化亚氮排放导致（紫色）。两次明显的下降是德国的己二酸工厂采取非常有效的减排措施的结果。根据联邦环境局的数据，1997 年之前，己二酸生产对德国的氧化亚氮总排放量贡献了近三分之一，而在 2017 年，它只占 3%。

无论是否有免费分配的配额，对氧化亚氮排放定价都会激励工厂运营者实施氧化亚氮减排——至少在碳价高于各自的减排成本时是如此。在一个平衡的免费分配方案下（使用产品基准值），碳价为那些氧化亚氮排放强度低于基准值水平以下的先进设施提供了直接的货币奖励。

²⁴ Source: Federal Environment Agency, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/distickstoffoxid-emissionen>.

第二部分：MRV 要求

1 概述

MRV 的本质 / 什么是 MRV？在监测、报告和核查（MRV）流程下，我们了解应用于排放核算的规定和措施，包括确保这项工作遵循标准和目标的相关步骤。最终，这些有助于确保透明度，及所有内部和外部的氧化亚氮减排过程的合规性。

监测通常根据严格的指南直接测量或估计量化的排放量和减排量，如 IPCC 指南或为欧盟排放交易体系制定的进一步规定。报告需要提供文件，向所有相关方说明方法学、假设和排放数据。报告从标准化的报告模板、协议和程序开始，这些模板、协议和程序被用于国家温室气体清单和其他官方文件。核查，即内部或外部核查，决定了用于核查数据和评估结果质量的具体程序或专业分析。在本报告的专门附件中，有一个关于如何在国家清单报告中 ETS 数据的简要说明（附件 I-1a）。

1.1 监管框架

1.1.1 核心法规

欧盟排放交易体系中的 MRV 是由以下三个核心监管文件所规定的。下面的内容简要地描述了每个立法法案的主题和范围。

- 欧盟排放交易体系指令，ETD（欧洲议会和理事会 2003/87/EC 号指令）：该中央指令建立了欧盟排放交易体系（EU ETS），其目标是促进欧盟内部实现具有成本效益和经济效益的温室气体排放。它有助于落实欧盟对避免气候风险的贡献，并与欧盟的国际承诺保持一致（第一部分）。在 MRV 方面，它规定了欧盟排放交易体系范围内的核心条款和义务。作为一项指令，它涉及成员国使用进一步的国家立法法案来实施其义务。在德国，这些法案包括《温室气体排放交易法》（TEHG）和《排放交易条例》（EHV），后者进一步规定了 TEHG 的各个方面和进一步的 MRV 相关问题。
- 欧盟监测和报告条例，MRR（根据欧洲议会和理事会的指令 2003/87/EC 和修订委员会条例 (EU) No 601/2012，2018 年 12 月 19 日委员会实施条例 (EU) 2018/2066 来监测和报告温室气体排放）。该条例是关于监测和报告的核心立法，规定了在欧盟排放交易体系中应用温室气体核算的具体规则。该条例直接适用于整个欧盟的国家利益相关者。
- 欧盟认证和核查条例（简称：AVR；根据欧洲议会和理事会指令 2003/87/EC，委员会 2018 年 12 月 19 日实施条例 (EU) 2018/2067，该条例是关于数据验证和验证者的认证）。该条例规定了核查排放报告和与更新基准有关的数据的具体规定，以及如何确定排放交易体系中运营者的免费配额。此外，它还规定了对核查人员的认证和监督的要求。该条例直接适用于整个欧盟的国家利益相关者。

MRR 在其关于监测和报告排放的规定中提到了“公认的标准”（CEN、ISO、DIN 标准等）。这些标准规定了必须执行的测量、采样和分析程序。

MRR（第 31 条第 1c 款）允许国家主管部门（在德国为 DEHSt）公布标准系数清单，以方便对某些物质进行监测和报告。这些可以在其网站上找到。

此外，欧盟和德国还发布了指导文件，以方便运营者和核查人员执行任务。对于基本的监测和报告义务，以下两份 DEHSt 出版物是必不可少的 -- 第一份帮助澄清什么是排放核算的范围，第二份帮助确定如何建立并执行监测和报告流程。

- 温室气体排放交易法案（TEHG）的范围：来自德国排放交易管理局（DEHSt）的信息。
- 欧洲排放交易体系第四个交易期（2021-2030）固定装置监测计划和排放报告编制指南

1.1.2 规则制定中的实施者和级别

欧盟排放交易体系中的规则是不同层面和不同来源的机构之间反复协调后的结果。

欧盟层面：重要的是要知道，欧盟不是一个集权的规则制定机构，而是一个由欧盟委员会、欧盟议会和理事会（成员国）参与的多行为体管理的合作规则制定框架。随着时间的推移，在 ETS 的演变中，我们看到了更强的协调性和集中性。今天，MRV 的核心规范文件 MRR 和 AVR，都是直接适用于整个计划中 ETS 运营者和核查者的欧盟法规，这一事实就说明了这一点。在 2012 年之前，欧盟只有指南（MRG：监测和报告指南），成员国必须将所有的规定以一定的自由裁量权转换为具体的国家规则。

国家层面：尽管有这样的协调背景，国家层面执行的现实状况仍然有一些显著的差异。例如，“设施”的概念在不同的成员国有不同的定义。在德国，“设施”是指受许可的单一生产设施，而在比利时或荷兰等其他国家，其可能包括具有多个设施的完整场地。在德国，一些有价值的指导文件明晰地阐述了欧盟和国家层面对运营者的要求。因此，它们提供了可供应用的不同规则的综合参考。

行业标准：在技术方面，该法规经常引用公认的规范，由相关标准组织如 CEN（欧洲标准化委员会）、ISO（国际标准化组织）或 DIN（德国工业标准）定义。

表 II.1.1.2: MRV 法规的核心部分及其来源

本表总结了 MRV 计划的主要监管条文以及其定义者。

(1) 欧盟制定了总体监管框架，而 ...

欧盟法规 The EU regulation		(2) 国家法规落实并进一步制定了规则，即 ...	
		国家法规 (德国)	
<ul style="list-style-type: none"> EU ETD (欧洲排放交易指令) 			
<ul style="list-style-type: none"> EU MRR (欧盟 监测和报告条例) EU AVR (欧盟 认证和核查条例) 		<ul style="list-style-type: none"> TEHG (温室气体排放交易法 Greenhouse Gas Emissions Trading Act) EHV (排放交易条例 Emissions Trading Ordinance) 	(3) 指具体的标准。
<ul style="list-style-type: none"> 欧盟指导文件和模板 		<ul style="list-style-type: none"> 定期更新的指导文件，特别是“固定式工厂监测计划和排放报告的编制指南” 	标准化组织 <ul style="list-style-type: none"> DIN/CEN/ISO 标准如 EN14181

来源 : FutureCamp

1.1.3 与联合履约的不同之处和经验总结

表 II.1.1.3: 差别

下面的治理方面强调了欧盟排放交易体系和联合履约之间的相关差异。

规则	作为欧洲共同的排放交易市场，欧盟排放交易体系是由欧盟规则管理的，而联合履约是根据《京都议定书》建立的。因此，联合履约是由《联合国气候变化框架公约》进程下的国际规则来管理。它采用了与清洁发展机制相同的方法和手段（如监测和基准线方法或额外性工具等）、模式和程序。一个区别是，联合履约的独立方法学定义了不同项目类型的规则，而在欧盟排放交易体系中，我们看到所有排放核算的标准化规则，都是在一个核心法规卷中被定义。这些标准规则适用于所有同类项目（联合履约轨道 2 体系），或可由国家规则修正，为单个项目定义专门的监测概念（第 1 条）。
规则制定者	联合履约规则由国际 / 政府间监管机构来界定，如清洁发展机制执行委员会或监委会（轨道 2 的标准方法），或由国家机构（被称为国内协调中心）在轨道 1 体系下执行这项工作的国家规则。

来源 : FutureCamp

经验总结

欧盟 ETS 的实施通过其监管框架指出了可用的灵活性，来应用于差异化的实施。对于中国来说，中央和省级的立法可以用来定义不同的目标水平，或者允许中国的某些地区尝试特殊的规则。

这也符合联合履约机制（2008-2012 年）下轨道 1 工具的灵活性。关于联合履约机制的介绍和不同轨道的简要区分，请参考本手册的附件 I-1.1.3。

1.2 MRV 的原则

1.2.1 MRV 原则的价值

在 ETS 的 MRV 系统这样的复杂系统中，应用良好的共识和直接的原则是很重要的。它们有助于落实和维护系统，使其系统目标得以实现——特别是并非每一种可能出现的情况都被包括进来或可以被规范时。作为基本准则，在充实详细规则或评估审批监测设想方面，它们也为主管部门提供了方向。在欧盟排放交易体系中，设备运营者应该遵循关键的 MRV 原则，以促进最有效的流程并确保所有过程中的准确结果。以下讨论的原则是欧盟排放交易体系的核心，有助于监测系统实现其“设计目的”。

1.2.2 欧盟排放交易体系 MRV 的关键原则

MRR 规定了一套主要的原则，运营者在实施履约工作时要遵循这些原则（第 4 条）。在研究该条例为实施计划所制定的详细规定时，可以看出这些原则是实施计划中排放核算的基础。

- 完整性（MRR，第 5 条）是一项基本要求，在界定任何必须报告的装置的排放源和源流时提出。作为一项严格的要求，它要求对那些被纳入排放交易体系的设施对所有此类排放进行完整的核算（⇒ [监测范围 \[II.2.1\]](#)），即那些必须报告生产活动和温室气体的装置。一般来说，每个场所的单独监测计划应确定适当的监测规定，以确保有效监测和报告所有此类排放。
- 一致性、可比性和透明度（MRR，第 6 条）规定了一套有助于保证对排放进行可靠核算的原则，这是在实施监测和报告数据时大家都要遵循的共同标准和规定。它还提到了在 MRV 过程中各方分担责任的问题，以获得无偏见和有质量保障的测量结果。在此，主管部门对特定装置 ⇒ [监测计划 \[II.2.3.1\]](#) 的批准进一步保证了监测和报告没有被胡乱定义的空间。除了与核查人员和当局共享所有相关数据（从而减少各方的时间支出），透明度要求也是运营者的内部事务。负责监测和报告的员工之间合理的责任分配和信息共享将减少错误、遗漏甚至是最终处罚的可能性。
- 准确度（MRR，第 7 条）必须被保证，设施运营者不可产生任何系统性的或者已知的错误和偏差。一般来说，报告的数据需要保持可实现的最高准确度，这其中也接受因技术可行性或避免不合理的成本支出等问题带来的准确度限制。MRR 对不同排放量级的设施设置了不同的准确度要求，也就是说，高排放装置的设施运营者需要比低排放装置的运营者完成更高的数据准确度水平。我们在章节 ⇒ [质量保证 \[II.2.3.7\]](#) 中对此展开了进一步的探讨。
- 排放报告方法学的完整性（MRR，第 8 条）是运营者提出一份准确有力的报告的基础（也考虑到核查者的严格检验），并使报告最终不存在重大误报。首先，这要求运营者实施严格的监测计划，包括保持可靠的数据管理和均衡应用数据评估和核算的程序。作为一项原则，一致性最终要求这种尽职调查不仅仅是核查人员的审计任务。核查人员通过独立认证对排放报告进行系统的审查时，也不可避免地需要满足完整性原则。
- 持续改进（MRR，第 9 条）是 ETS 作为一个学习系统的重要特征。学习反映在不断发展的系统规则中，一旦这些规则被定义，运营者就必须遵守。它们也反映在完善和调整的监测过程中，尤其是考虑到从现有的最佳实践案例中吸取的教训。改进监测工作的一个系统性因素是改进报告。在这里，运营者必须重新审视和讨论现有的或新出现的改善监测和报告的可能性。这也包括第三方核查员提出的相应建议。

- 保守性（MRR，第3条）是填补数据空白的一个标准。虽然这项要求没有被列入标准核算原则清单中，但它仍然发挥着重要的作用。作为 \Rightarrow [排放量计算 \[II.2.3.5\]](#) 的一部分，我们将在讨论设置替换 / 默认值时涉及这一点。

1.2.3 与联合履约的不同之处和经验总结

表 II.1.2.3: 差别

以下内容强调了欧盟排放交易体系与联合履约机制相关方面的差异。	
保守性	在联合履约的背景下，保守性取代了对准确性考虑。由于任何抵消制度的可信度是这些制度产生的证书的可替代性考虑的基础，保守性在这里自然起到了保障作用。在排放交易体系中，为了可行性和实用性，某种程度的不确定性可能更容易被接受。
持续改进	在清洁发展机制 / 联合履约抵消做法的情况下，无论方法学如何改进，一旦监测计划被批准，它都将作为项目的基础。与此相反，根据欧盟排放交易体系，监测计划是定期更新的，以反映给定要求和监测规则的最新变化。
额外性	额外性问题只适用于抵消机制。额外性测试讨论的是，一项气候减缓行动是否真的由来自抵消机制的收入触发或因此实施。也就是说，如果没有该机制和它所带来的付款，减排就不会已经发生或不会可能发生（即基准线情况）。
完整性	ETS 中的环境完整性指的是强有力的排放核算，而抵消机制的问题则更为复杂。在这里，讨论的重点是首先要进行强有力的额外性测试。如果额外性不能被证明，完整性就会受到威胁。此外，如果抵消机制产生了所谓的反常激励，即为了从减排行动中获得超额收益而导致过度生产，最终，从系统的角度导致了全面的高排放，那么完整性就可能丧失。虽然对联合履约来说，这个问题在德国和欧盟并不存在，但它仍然值得关注。我们在总结 \Rightarrow MRV 和履约 [III.1.3.3] 问题时将再次讨论这个问题。

来源：FutureCamp

经验总结

MRV 的原则很重要，在任何成功的系统中都应该遵循。归根结底，良好的核算是将一吨实际作为一吨来对待 / 衡量。但是，在一套仍有部分冲突的原则之中，值得注意的是把重点放在哪里。所有的准确性、透明度和可比性原则的核心都是对现实的正确表述。这与保守性是不同的，保守性是 \Rightarrow [在监测系统停机期间 \[II.2.3.6\]](#) 对数据缺口进行核算时适用。可以说，在某种程度上，在欧盟排放交易计划的排放核算中应用保守性原则确实系统地扭曲了现实。因为不应存在排放量的漏报。但人们仍然可以争论。在一个管理良好的系统中，博弈的风险应该大大减少，以致于这种保证（个体）完整性的保障措施似乎是可有可无的。

1.3 MRV 及履约

欧盟排放交易体系中所说的履约周期是嵌入在一个更广泛的 MRV 周期中的，包括各种步骤。本节首先对这些步骤进行了概述。然后，在将其与联合履约机制抵消环境进行比较之前，快速讨论了这个平衡核算系统中的责任分担问题。

1.3.1 MRV 以及履约周期中的要素

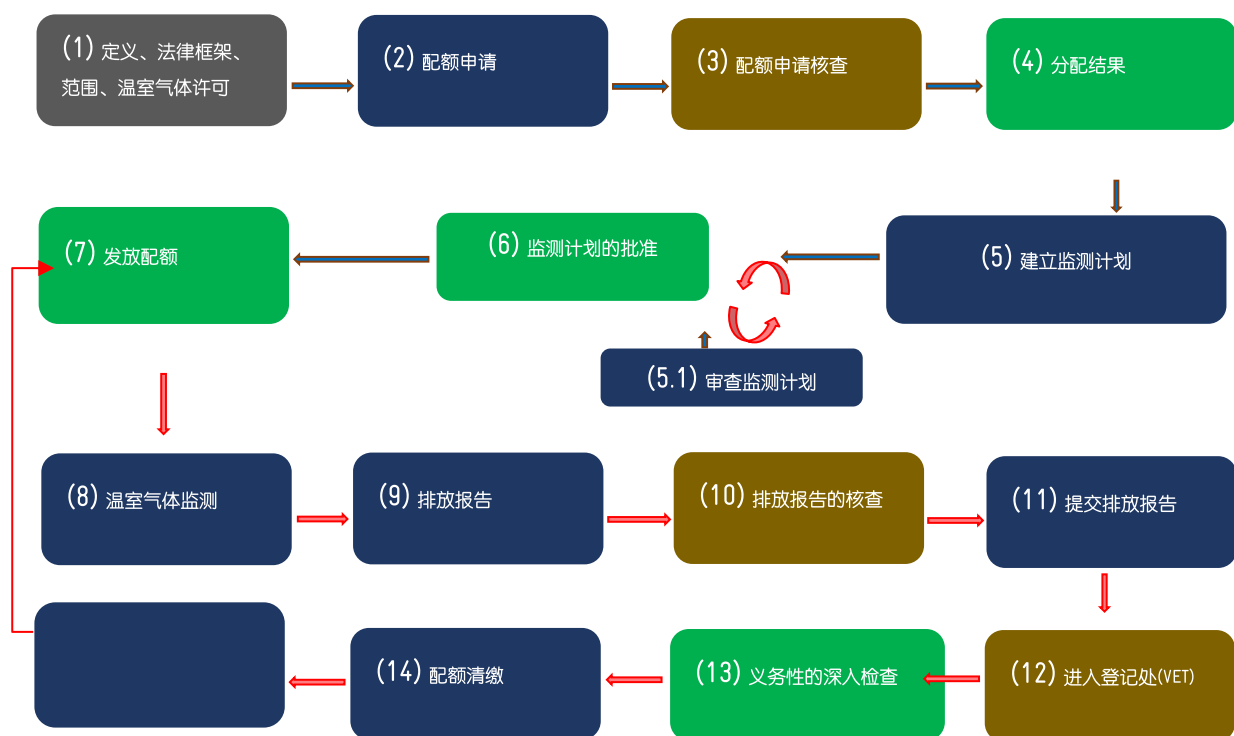
如果撇开与分配有关的方面不谈，MRV 过程包括几个重要的因素（括号内的数字是表 II.1.3.1 中 MRV 周期的序号）。

- 制定规则 (1)：正如我们对 ⇒ [规则制定中的行动者 \[II.1.1.2\]](#) 的介绍所示，欧盟排放交易体系中的规则制定是一项逐步发展的多层次任务，也涉及非国家行动者。
- 准备并不断改进监测概念 (5/15)：基于规则，运营者确定所有关于如何对各自的设施执行排放核算的关键信息。一旦出现与排放核算有关的技术或方法上的变化，最好是在这些变化实施之前就调整该监测计划。运营者在专门的 ⇒ [改进报告 \[II.3.2.1\]](#) 中讨论改进的实施情况，并提交给主管部门。
- 监测计划的批准 (6)：该计划须经主管当局批准。这也适用于对计划的任何审查，以防止监测方法的随意改变。

表 II.1.3.1: 从配额、监测的定义到年度履约周期

这个流程图显示了欧盟排放交易体系中 MRV 周期的重要步骤，包括每年为排放报告而实施的步骤（红色箭头的循环）。后一个过程也被称为履约周期。

图例：灰色是立法机构；蓝色是运营者；绿色是主管部门；棕色是核查者



来源：FutureCamp

随后的步骤形成一个连续的循环，确定了年度排放报告的标准职责。

- 监测和报告 (8/9)：监测计划有助于运营者遵循监测和报告议程。如果监测概念在报告中发生了变化，运营者也可以根据多个被批准的监测计划进行报告。
- 核查 (10)：核查过程包括现场审计和案头审查活动。审查结束，认证即完成。
- 提交报告 (11)：运营者向主管当局提交报告。
- 登记簿登记 (12)：登记簿独立于报告流程，因此必须将排放量输入该数据库（核实的排放量表）。

- 主管部门的检查 (13)：主管部门检查并最终接受排放报告。它也可以要求调整或规定排放量。
- 配额清缴 (14)：随着配额的清缴，履约周期的主要步骤就完成了。

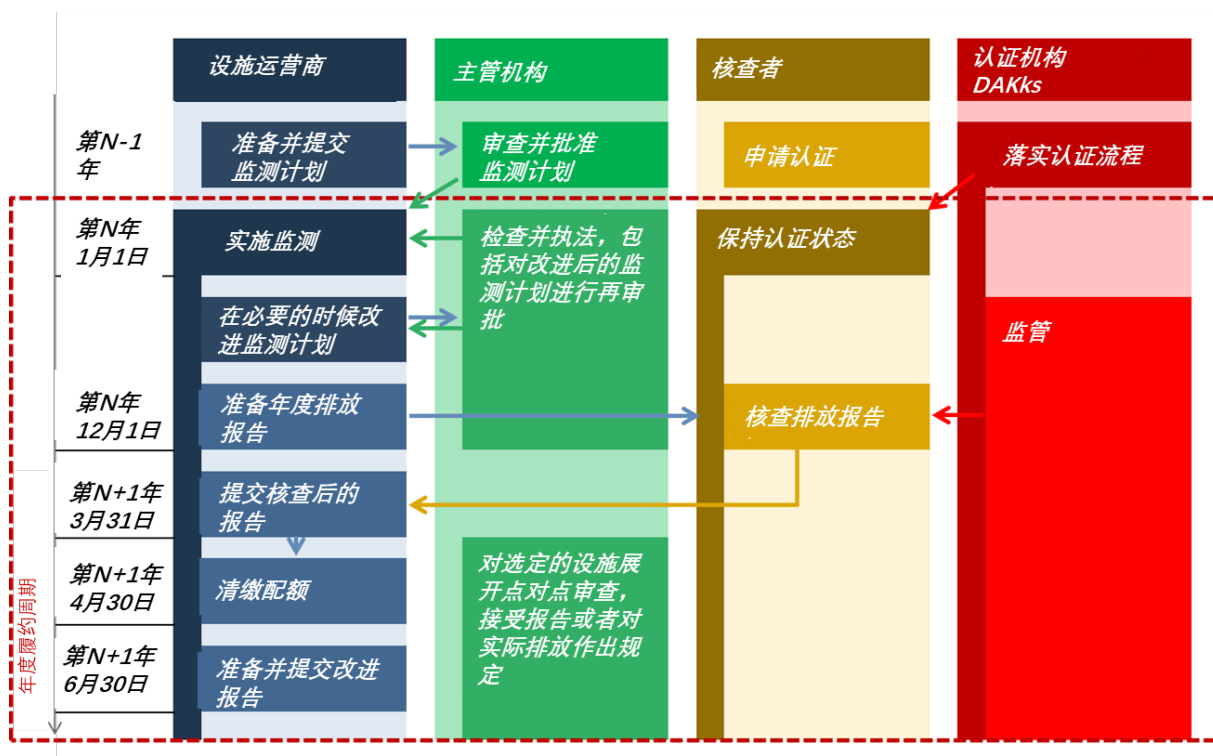
1.3.2 一个明确责任分配和时限的系统

围绕着监测总是与日历年关联的要求，欧盟排放交易体系的 MRV 和履约周期由此建立。这带来了专门的任务、责任和时间表，这些必须在全年进程中甚至在监测实际开始之前就予以遵守。对于可实现目标的连贯且一致的报告计划，这些责任的分配为其奠定了基础。

- 运营者：监测和报告的主要责任在运营者一方。根据欧盟 ETD，他们操作和控制装置，因此也负责监测和报告要求的实施。因此，在报告周期开始前，运营者负责通过结构化的监测计划明确并说明（根据 MRR 标准）监测概念。运营者应该披露监测方法中的计算和测量过程，解释它们是否以及如何满足 MRR 要求，并指出该方法是否偏离了 MRR 的要求。运营者要把材料交给主管部门来申请批准。运营者还必须在报告年度结束后三个月内提交一份经核查的监测排放报告（TEHG 第 5（1）节）。如果在已完成的报告中存在误报或其他系统性错误，或者存在少报告排放量的情况，运营者将负有责任并受到主管部门的处罚。此外，运营者是清缴配额、维持监测概念更新的主要责任人。图 II.1.3.2 列出了运营者的主要任务（左侧一列为运营者的任务），并展示了它们是如何嵌入到其他相关行为者的行动中。右边指向或者来自其他行为体的箭头显示了运营者在 MRV 周期中如何与他们互动。

图 II.1.3.2: MRV 方面的主要行为者的责任

这个流程图总结了欧盟排放交易体系 MRV 周期中不同行为者之间的主要互动。注意：图示的工作流程只包括主要的行动，因此并不全面。



来源：FutureCamp, 根据 DEHSt 指导文件调整所得

- 主管部门（DEHSt）：主管部门拥有检查和批准监测计划以及审查排放报告的权限，在整个体系中承担重要职责。在德国，只有一个中央主管部门，即 DEHSt，它是运营者的主要联络点，并提供服务台功能。它还发布中央指导文件和常见问题解答材料，其中包括运营者必须遵守的监测和报告要求的具体信息。基于其在整体系统中的地位，它掌握体系内 MRV 实施的最佳信息和整体情况，因此也有能力确保报告符合高标准。如果需要，它也可以在现场检查数据（TEHG 第 20（2）节），运营者必须提供数据作为对其要求的回应。如果运营者忽略了提交排放报告，或在报告中没有遵守 MRR 并且没有纠正，或报告没有按照 A&V 条例进行（积极的）核实，DEHSt 也可以采用保守的方法对排放进行估计（第 70（1）条 MRR）。
- 核查员：排放报告必须由独立的第三方核查者进行核查，该核查者必须被认证，才能执行这项任务（《技术与经济准则》第 21 条和第 5（2）条）。对第 9 类活动，即己二酸和硝酸的生产，核查者进行行业认证之后则可进行核查活动（第 35 条和附件一 AVR）。严格的核查过程降低了运营者的报告风险。通过对监测过程和数据进行独立、专业和系统的审查，核查人员帮助纠正错误，并在总体上提高报告的质量。他们检查监测过程是否偏离已批准的计划（即不符合要求）或存在不符合 MRR 规则的进一步问题。除了在案头审查中检查数据外，核查员通常还会在审核期间到现场检查装置。因此，他能够很好地了解实地监测的实施情况。最终，作为排放报告的一部分，核查报告对相关检测项目进行系统和透明的记录，因而支持了主管部门的审查工作。排放报告要想被主管部门接受，核查员的认证是必须的。
- 认证机构（DAKs）：为了保证核查的高质量，认证机构是一个具有专业能力的专门机构。在德国，认证机构（DAKs）监督核查人员的工作，并通过一个可靠的认证程序确保只有合格的核查人员在 ETS 中执行工作。这项工作的主要规定在 AVR 的第 4 章（关于认证）中定义。

1.3.3 与联合履约 (JI) 的不同之处及经验总结

图 II.1.3.3: 差别

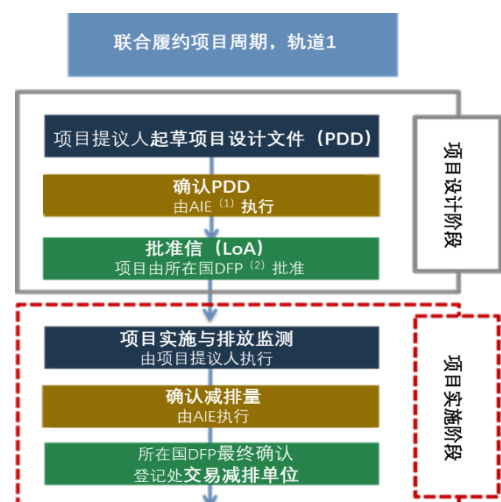
以下几个方面是关于履约周期和责任分担的主要差异。

虽然抵消项目的周期与排放交易体系中的周期非常相似，即

- 责任的分担同样涉及所有四个组成部分或行为者，即项目提议者、主管部门（这里是：DFP）、独立核查者（这里是：AIE）和一个认证机构（未在流程图中显示）。
- 从流程上看，它还包括由项目提议人准备项目设计文件（PDD-- 相当于 ETS 中的监测计划）作为起点。同样，在开始实施之前，需要得到主管部门的批准。
- 实施阶段有独立的核查和主管部门的最终审查，这也和 ETS 的项目是一样的。

但仍存在一些主要区别：

- 与 ETS 的情况不同，监测计划的批准已经涉及审计师对项目设计书的审查。
- 在联合履约机制的案例中，也没有严格的按日历年的年度履约周期。
- 此外，由于联合履约机制轨道 1 的监测概念往往是量身定做的，主管部门对概念的审查和对确定的减排量的确认更为重要。



<p>特异性：基线期 / 作为周期的一部分进行测量</p>	<p>对于抵消，所要求的监测并不只是集中在监测实施减排技术时的实际排放水平。它还可能涉及确定一个真实或假设的基线，以计算减排量。由于这种基线的确定可能涉及博弈，因此可能会出现 ⇒ 环境可信度 [III.1.2] 的问题。</p> <p>特别是根据清洁发展机制早期的经验，发现了两个导致过度生产己二酸的不正当激励因素。首先，在项目中假设的基线减排水平太低，甚至为零，准备计入的减排量因此被夸大了。其次，由于抵消价格高，核证减排量的收入甚至超过了己二酸本身的价值，从而激励了生产的扩大，而产品的价值则成为次要因素。²⁵</p>
<p>¹⁾ AIE: 经认证的独立机构 (详见词汇表) ²⁾ DFP: 指定联络点 (详见词汇表) 来源: FutureCamp (2022/2016)</p>	

经验总结

ETS 对碳进行定价，遵循污染者付费原则，而联合履约和任何其他抵消制度则奖励运营者的自愿行动。这不仅仅是一个哲学问题，不同的机制也可能产生非常不同的结果。应用污染者付费原则是更直接的，而且，从长远来看，是更可持续的解决方案。

需要对收入流进行校准吗？联合履约 / 抵消制度是激励性制度。如果经济效益（太）大，可能会产生不正当的激励，从己二酸生产的碳抵消案例中就可以看出这一点。因此，对于一个抵消制度来说，考虑对来自认证减排量的收入 / 补偿价格设置上限，或使其与抵消项目的实际交易和实施成本相一致，似乎是合理的。

2 监测要求

2.1 监测范围

问题的重点在于什么会被监测。在经典的 CDM 术语中，这被定义为 ⇒ [项目边界 \[词汇表\]](#)。同样，在任何 ETS 中，这些都涉及以下问题：就排放和证实排放而言，哪些属于文件定义的“范围”并且属于其监测范围，以及哪些不属于。

2.1.1 活动产生的氧化亚氮和二氧化碳的排放

对于 EU ETS，ETD 在其附件 I 中定义了属于其范围的一般活动和 ⇒ [温室气体 \[词汇表\]](#)。因此，自 2013 年以来，硝酸和己二酸生产设施都必须根据已安装的产能报告其排放量。这两类生产活动都包括氧化亚氮排放和二氧化碳排放。在德国，这些要求反映在德国温室气体排放交易法（TEHG，其附件 1 的第 2 部分，分别是第 23 和 24 号活动）中。此外，由于德国法律并未将 ETS 的范围扩大到己内酰胺生产活动，因此德国的这些设施不纳入 EU ETS。

对这些 ETS 所覆盖的生产活动，MRR 进一步规定了 ⇒ [排放源 \[词汇表\]](#) 和 ⇒ [源流 \[词汇表\]](#) 水平的监测

²⁵ 关于相关内容的详细描述，请参考 CAR(2020): 己二酸生产协定，附件 B (评估泄漏的可能性) / CAR (2020): Adipic Acid Production Protocol, Appendix B (Evaluation of Leakage Potential).

范围：在其附件 IV（第 16 节）中，它指出范围包括“所有来自生产过程排放的氧化亚氮，包括任何通过减排设备导致的生产过程中的氧化亚氮排放”。这里的区别很明显：由于己二酸和己内酰胺生产设施的废气中氧化亚氮浓度很高，因此考虑这些活动的通风和测量设备的排放是必要的，而这三种活动中的燃料燃烧产生的氧化亚氮通常都无法受到监测。如表 II.2.2.a 所示，三者之间有一些差异显著。

表 II.2.1.1: EU ETS: 监测以下来源的氧化亚氮排放

由于己二酸和己内酰胺生产设施的废气中的氧化亚氮浓度很高，因此对于这些活动，还必须考虑通风和测量设备的排放，而燃料燃烧产生的氧化亚氮通常不在这三种活动中被监测。

活动类型	以下来源的氧化亚氮排放将被监测：
硝酸生产	氨的氧化 NO _x /N ₂ O 减排装置
己二酸 / 己内酰胺生产	- 氧化反应 - 任意直接过程排气 - 排放控制设备

来源：MRR, Annex IV, section 16.

2.1.2 排放核算的一般参数

在单一工厂层面，EU ETS 指的是所谓的 ⇒设施[词汇表]。这里的监测边界通常被定义为所谓的温室气体（简称 ghg）排放许可证。在德国，每个设施都有这样的许可证，要么是因为受制于之前就存在的当地排放控制制度，要么是因为在上述许可证没有明确界定设施边界的情况下，可能会授予一个专门的、单独的排放许可证（TEHG，§ 4、1 和 4）。

根据 ⇒完整性 [II.1.2] 原则，设施温室气体排放许可所覆盖的任何元素的所有排放都要被计入——包括其运行所需的核心部件和辅助设备。因此，例如来自辅助发电机使用的二氧化碳排放，也必须考虑在内，即使它只是来自年度测试。没有排放检测的最低阈值，因此所有来源的排放都必须无一例外地被监测。

监测的数据在很大程度上取决于用于排放核算的监测方法。这些区别体现在基于计算的方法和测量方法有所不同。相关信息将会在随后关于 ⇒测量方法 [II.2.2] 和关于 ⇒监控计划 [II.2.3.1] 的章节中进行讨论，这部分内容提供了与监测相关的所有信息。

对于用于氧化亚氮核算的 ⇒连续排放测量系统 [II.2.2.2]，任务核算的范围由明确定义的操作时间进一步明确，操作时间安排遵循排放监测和报告流程的要求。自 2017 年以来，有一个标准化的 ⇒用于排放核算的运行时间的定义 [II.2.3.4]，这一要求适用于所有必须在 EU ETS 体系下报告其氧化亚氮排放的工业排放者。这个所谓的“监测排放的标准化联邦实践”定义了两项必须与其他排放原始数据一起监测的标准。这两个标准都不适用的每小时排放数值将在报告中设置为“0”，因此不在 ⇒排放计算 [II.2.3.5] 范围内。

2.1.3 关于源流的传输

化工厂通常生产初级原材料和基于初级原材料的下游产品。这不仅意味着涉及价值链上不同环节的相互连接，而且还有整合不同工厂资源的相应潜力，适用于热力和废气的交换，其中包括这些源流的进一步利用。

因此，包括氧化亚氮在内的气体转移在此类化工场所是一个常见的过程。关于如何处理生产设施之间氧化亚氮转移的问题，规章制度已逐步得到完善，MRR 中新增的第 50 条从 2021 年起生效。这些规定与二氧化碳转移的规定在体系上是一致的。

表 II.2.1.4：转移 氧化亚氮的监测 / 核算

当前 MRR 的第 50 条包含的具体规定大体上遵循了 2021 年之前的德国实施实践。其中对使用连续排放测量系统 (CEMS) 进行监测的要求进一步明确了处理方法。

内容	场景	
	由一个 ETS 设施向另一个 ETS 设施转移	由一个 ETS 设施向另一个 ETS 设施转移
测量	• 直接测量转移体积 (⇒CEMS [II.2.2.2])	
	• 输出和接收时都可能测量数量，同时报告（如果有需要的话，保守地）对齐值（MRR, Art. 48 (3)）	
排放核算	• 排放核算时，排放不记录其产生处的总排放量，而记录接收设施的排放量 • 相同的监测方法适用于接收装置（如果产生了氧化亚氮排放）	• 默认情况：核算设备最初产生的排放 • 例外情况：运营者向 CA 证明，由于在接收装置中使用合适的减排设备，氧化亚氮排放减少了。

来源：MRR, Art. 50.

监管转移的目标是确保核算的完整性。同时，在长期产生排放的设施中，这些规定将促进氧化亚氮在设施外的产品中的创新使用，或者在它们装置之外的设施中减少这些排放物。在 2012 年之前，德国就已经以联合履约项目的形式产生了符合上述描述的减缓措施和使用案例 / 将化学活动纳入欧盟排放交易体系。

2.1.4 进一步监测项目：免费配额对应的活动水平数据

如果有免费配额的情景（如 EU ETS 的情况），还必须监测进一步的活动数据。该数据用于 ⇒基准测试 [1.3.2] 和免费分配量的年度调整。

产量数据：每年调整的原因是让免费配额与实际产量保持一致。因此，EU ETS 中的己二酸和硝酸设施也需要每年报告其生产数据。

热量消耗：硝酸生产通常会生产和输出大量热量。值得注意的是，这种跨越边界的用热一般不符合免费配额的条件。这是因为这部分热量已经计入硝酸生产免费配额对应的产品特定基准值中。

2.1.5 与联合履约 (JI) 的不同之处和经验总结

免费配额问题是 ETS 的一个突出特点，它不适用于碳抵消工具。尽管如此，它与抵消工具下的基准线设置（“基准线和信用”）有一些惊人的相似之处。我们将简要讨论抵消项目基准线和 ETS 中的基准之间的差异。

表 II.1.2.3: 差异

以下方面强调了 EU ETS 和 联合履约 之间的一些相关差异。

基准线活动	<p>在 ETS 中，不需要监控基准线活动，这也限制了博弈的空间。在使用特定项目基准线的碳抵消案例中，基于设备排放强度的博弈问题非常重要。另请注意我们在履约周期部分 [II.1.3.3] 中对碳抵消中的博弈问题的讨论。</p> <p>但请注意：在 ETS 中应用免费配额的情况下，一般排放和生产信息也需要被用来设置标准基准。这项工作可能要经过复杂的数据收集过程——就像 EU ETS 中的情况一样。</p>
-------	---

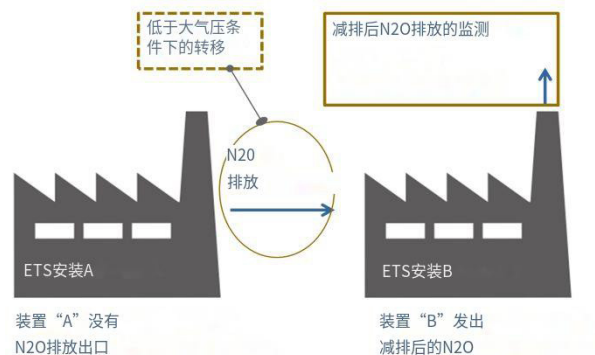
经验总结

确定基准线或基准可能是一项代价高昂的挑战。一个减少繁复流程和降低核算风险的替代方法是让 ETS 和碳抵消政策都简单地参考最佳实践基准 (BAT)。这样做的共同利益是将总是对于效率较低的现有设施的减排产生更有力的激励。

关于这一点，还请注意我们在 ⇒ 减排技术 [III] 部分的讨论中提到，减排的一个战略选择是淘汰旧设施，并投资更高效的新设施。

另一个重要的观点是在设施边界上获得简单、可访问和值得信赖的信息的实用价值。在德国，此信息通常可从标准排放许可中获得，其中包含满足所需质量的数据。

案例：有两个装置属于 ETS。A 厂（硝酸厂或己二酸厂）没有排放口，它将过程反应气体（包括未减排的排放物）转移到硝酸厂 B。装置 B 安装了减排技术。它排放的残留氧化亚氮，既来自其自身的反应过程，也来自其在安装减排装置后从设施 A 接收的排放。



此外，对于装置之间的排放转移，ETS 案例提供了一些宝贵的经验总结：

首先，有些情况需要对监测范围进行更灵活的处理。在某些情况下，主管当局可能会因此从严格遵守设施定义的排放边界概念（如其许可证中所阐明的那样）转向更灵活和调整过的处理方式。在示例中（见右侧方框），仅需要根据定义的标准监测装置 B 在减排后的排放。

其次，主管部门在同时也需要确保报告的排放没有系统性泄漏，排放核算的质量标准（可靠性）仍然很高。在这里，他可以考虑对转移量进行严格监控的保障和控制措施，例如要求在低于大气压的条件下进行转移（这种情况下，管道泄漏不会导致排放到大气中）。

2.2 测量方法和使用的设备

如下所述，为排放核算选择适当的测量方法很重要。我们详细讨论了这些方法，并列出了法规及其基本原理中的具体要求。在具体设备上，我们参考了德国 / 欧盟的经验，并提供了可供应用的认证设备清单。

2.2.1 排放核算方法

可以根据三种不同的主要核算方法确定排放量。图 II.2.2.1 以概览表的形式展示。

基于标准计算的方法：这里的排放量是根据计算因子和生产量或输入量简单计算的。

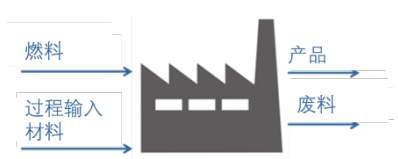

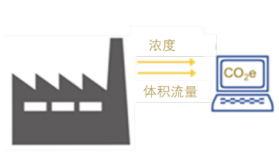
- 在过程排放的情况下，这是基于化石燃料的输入或生产量中的碳含量和氧化率的排放因子。在德国，氧化因子的标准值为“1”（附件 2，第 1 部分 TEHG）。这简化了计算并遵循所有碳含量都被氧化的保守假设。
- 在物质流燃烧过程排放的情况下，工厂运营者确定所用燃料的数量，并将其乘以较低的热值以及化石燃料的相应排放因子（MVO 第 24 条）。

质量平衡法：这里的排放量是根据生产过程中输入与输出的碳含量之间的差值计算的。该计算方法在其方程中用到两个要素，将浓度测量的结果乘以测得的体积流量（Art. 25 MVO）。

连续排放测量系统：当前，从主管当局的角度来看，连续排放监测 (CEMS) 与 EU ETS 中其他基于计算的方法处于同等地位。这是技术进步的成果，并获得了测量结果质量的信心。此外，它还反映了由于 2012 年将化学生产场所的氧化亚氮排放纳入该计划而导致的相关性转变。

2018 年的静态数据清楚地表明，EU ETS 中基于测量的监测方法仅涵盖 56 Mt CO₂e_q，少于被验证排放量的 4% [参考文献: Art.21 2019 Report, p. 51f]。在那一年，整个欧盟有 67 个设施将监测系统用于氧化亚氮排放核算。在德国，2020 年有 11 家化工排放设施使用了监测系统 [参考文献: VET Report 2020]。

表 II.2.2.1: 排放测量方法

基于计算的方法		直接测量法 c) 连续监测
a) 标准法	b) 质量平衡法	
		
排放 = 输入或输出流 * 排放因子 * 氧化因子	排放量 = 排放因子 * (ΣC _{Input} - ΣC _{Output})	排放量 = 浓度 * 体积流量

一般来说，MRR 在选择他们打算对每个源流应用的监测方法时，总是在能够满足所需的准确度水平的前提下给予工厂运营者一些自由选择权。而对于 EU ETS 中的 氧化亚氮排放核算以及本手册中讨论的所有活动，这些都是不同的。此处适用特定的监测方法（MRR，附件 IV，第 16:B1 节，根据第 20(2) 条），对连续排放监测的应用作出了规定。

对于一般的二氧化碳测量，CEMS 在 EU ETS 中仍然是一个例外。对于己二酸和硝酸来说，更是如此。因为这些工厂的二氧化碳排放量仅占次要地位，通过基于计算的方法进行核算能生成足够的结果并且更合理。

2.2.2 氧化亚氮 排放的连续排放测量

对于通过测量法确定排放量，MRR 定义了不同的选项（第 43 条）。其中包括基于小时值的直接和间接方式结合的确切方法以及每小时确定排放负载。

因为直接测量与反应的化学计量关系无关，所以对于氧化亚氮核算来说，直接测量原则上提供了最好的测量结果。虽然 MRR 因此通常需要 CEMS 来监测氧化亚氮排放，但其中有一些区别，如下表所示。我们可以看出，CEMS 实际上是直接和间接测量方法的混合。

表 II.2.2.2: EU ETS: 用于监测氧化亚氮排放的 CEMS

根据己二酸和己内酰胺生产设施的 MRR，CEMS 仅适用于减排量，而未减排的排放量需要被计算。	
活动类型	氧化亚氮排放将通过以下方式监测：
硝酸生产	<ul style="list-style-type: none"> • 一般的 CEMS
己二酸 / 己内酰胺生产	<ul style="list-style-type: none"> • CEMS 用于核算减排量 • 基于计算（质量平衡）的方法用于未减排的排放量
在利用 CEMS 方面有不同的方案	<p>浓度测量</p> <ul style="list-style-type: none"> • 对于 CEMS 中的氧化亚氮浓度测量，标准是直接测量。 • 在高浓度的情况下，排放也可以通过测量烟气中其他气体成分的程度来间接确定。 <hr/> <p>体积流量控制</p> <ul style="list-style-type: none"> • 对于硝酸厂中被捕获的气体，通常采用质量平衡法是最合适的，也是标准规则：参见 MRR，第 43(5)(a) 条和附件 IV，第 16 节 (B.3) • 在某些工厂工程条件下，通过质量平衡方法确定废气流量在技术上也是不可能的。例如，在具有多条相互连接的生产线和大量堆栈 / 出口的硝酸工厂中，没有给出整个设备中气流的均一性，则此法不适用。 • 在某些情况下，通过质量平衡对被捕获的气体进行测量在技术上是不可行的，例如：在具有单烟囱或互连生产线的多线生产工厂中，气流的均匀性未被确认。此时，允许出现一些偏离规定的情况。⇒ 监控计划 [III.2.3.1] 中规定并认为任何此类偏差合理。

来源：MRR, Annex IV, section 16, subsection B.1

2.2.3 德国设备推荐

一般来说，在选择任何设备之前，考虑是否可以结合到现有的 CEMS 中可能是比较经济的。例如，工厂可能已有针对当地污染物（如二氧化硫或一氧化碳）的设备。

德国环境部 (UBA) 会定期发布更新清单，包括适用于温室气体排放和当地污染物控制的测量和评估设备。关于浓度和体积流量测量仪器的单独列表收集了联邦公报上发布的公告。UBA 还在线保存一份登记簿，内含测量设备的所有证书。

有关设备的更多详细信息，例如型号名称、测量对象、制造商以及有关应用领域的更多信息，可以在相应的公告中找到，也可以在 UBA 网站上找到。

表 II.2.2.3: CEMS 适用性测试设备

UBA 清单（经过适用性测试的连续排放测量设备，单个测量对象的日期表示上次更新的情况。在线 QAL1 网站包含自 2009 年以来根据 EN15267 认证的所有设备的证书。）

摘录 / 例子来自于仪器列表中用于测量“氧化亚氮 (N₂O)，（笑气，也是一种氮氧化物）-- 最后更新时间: 2021 年 8 月 11 日”

类型 / 仪器	制造商	发表日期, 编号, 页码	备注
MCS 100 FT 用于 O ₂ , CO, SO ₂ , NO, NO ₂ , HCl, HF, CH ₄ , CO ₂ , H ₂ O, N ₂ O, NH ₃ 和总体碳含量测试	SICK AG, Reute	[...]	[...]
		BAnz AT, 17.07.2018, B9, p. 9	III., 25. 通知: - 电子界面 - 新软件版本
		BAnz AT, 03.05.2021, B9, p. 18	III., 53. 通知: - 焊接基底的新材料
ULTRAMAT 23-7MB2338 用于 CO, CO ₂ 和 N ₂ O	Siemens AG, Karlsruhe	[...]	[...]
		BAnz AT, 01.08.2016, B11, p. 9	V., 28. 通知: - 新软件版本

摘录 / 例子来自仪器列表中用于测量：“废气体积流量 - 最后更新时间: 2021 年 8 月 11 日”

类型 / 仪器	制造商	发表日期, 编号, 页数	备注	FMD 09 的 QAL1 证书示例 (Dr. Födisch)
FMD 09 用于废气体积流量	Dr. Födisch Umwelt-mess-technik AG, Mark-ranstädt	[...] BAnz AT, 05.03.2013, B10, p. 19	[...] V., 25. 通知: - 新软件版本	
FLAWSIC 100 用于废气流速	Sick Engineering GmbH, Otten-dorf-Okrilla	BAnz AT, 05.08.2021, B5, p. 17	IV., 43. 通知: - 新软件版本	

来源: UBA, FutureCamp 进行内容调整 / 翻译; 更新后的设备清单可在该网站下载: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/messenbeobachteneuberwachen/anerkannte-messgeraete-messverfahren>, QAL1 证书可在此处找到: www.qal1.de

2.2.4 与联合履约的不同之处和经验总结

联合履约机制的方法学和欧盟实施氧化亚氮核算的规定都使用了相似的方法。由于氧化亚氮排放的化学计量性质，它们使 CEMS 成为标准情况。

欧盟对氧化亚氮测量的实施受差异化规定的约束。它们解释了某些类型的测量比其他类型更好的事实。通过一定的灵活性，他们还承认不同的工厂群也可能有利于或不利于某些测量方法。因此，原则应该是：定义适用于不同工厂群的规则，同时满足良好监测的一般质量标准。下一章进一步描述了监测过程中有助于实现这两个目标的特性。

对于运营者来说，拥有一份用于 CEMS 监测的批准设备清单可能是有价值的。在德国，UBA 为感兴趣的利益相关者保存了一个包含所有相关信息的数据库。在讨论一般 \Rightarrow [质量保证 \[II.2.3.7\]](#) 时，我们会重新审视这一方面。

2.3 监测过程

EU ETS 下的每个设施都有一个监测计划。在本节中，我们开始介绍定义排放监测的基本文件的一般内容和结构。我们还将很快讨论更新和审查监测计划的问题。以下小节内容均体现在监测计划中。

我们从监测计划对排放核算基础的定义这些基本内容开始。首先，在设施的排放监测和报告中，要帮助明确调整后的不确定性的分级要求，其次是测量相关排放时使用的方法和仪器的基本信息数据。

在以下重点关注核算的小节中，我们将展示：在核算来自 CEMS 的排放之前，有一个标准确定步骤可帮助确定一小时及对应测量的排放是否遵守监测和报告要求。这仅适用于满足相应标准计算公式的每小时数值。对于无效时段或数据缺失，有适用于其排放核算的特殊规则。

最后几个小节侧重于质量保证。他们根据 \Rightarrow [排放核算的关键 MRV 原则 \[II.1.2.2\]](#) 讨论了要求并提出了促进落实可靠测量的程序。

2.3.1 从零开始批准透明度监测计划

监测计划定义了核算排放和准备报告时要遵循的监测方法，它描述了确定报告范围内每个排放源排放量的方法。它有助于建立和实施符合主要 \Rightarrow [MRV 原则 \[II.1.2.2\]](#) 的 MRV 概念，包括 MRR 设定的完整性、一致性、准确性等。为实现该目标，它以非任意方式详细说明了针对工厂情况的法规和指南中的规定。

表 II.2.3.1a: 监测计划：其结构和组成部分

监测计划包含某些组成部分。粗体字是己二酸和硝酸生产场所监测计划中的标准元素。根据监测情况可包括其他要素 ..

一般信息			
运营者	<ul style="list-style-type: none"> 一般地址数据 主要联系人 (电话 / 电子邮件) 		
授权代表 此信息是指联系点	<ul style="list-style-type: none"> 地址数据 主要联系人 (电话 / 电子邮件) 		
总结 显示来自不同监测部分的中央排放数据。	<ul style="list-style-type: none"> 设施类型 排放总量 (预期) 在 ETS 下执行的活动 二氧化碳排放: 在扣除转移量之前的排放量, 转移的二氧化碳流量 氧化亚氮排放: 包括转移进来和转移出去的排放量 		
设施 描述开展的活动、排放源和源流, 证明不存在数据空白或重复计算排放。	<p>联系人</p> <ul style="list-style-type: none"> 生产 (设施) 生产零件 (按安装的组件) <p>如果描述得更复杂, 可能会包含在监测计划的常规附件中。它还可能包含 / 嵌入强制性内容。</p> <p>→ 流程图</p> <p>通常, 这是一张包含排放源、源流、采样点和计量设备的简单图表。它有助于描述上述内容以及与监测方法相关的任何其他设备构成, 包括数据流活动和控制活动。</p>		

监测设备

测量设备	此处必须描述用于监测参数的测量设备相关信息, 这些参数将用来计算排放。这包括类型、方法 (描述)、仪器 ID、测量范围和典型测量范围以及测量频率。必须给出有关质量保证的描述, 包括校准 (类型) 等特定信息, 其中包括时间间隔和明确的仪器不确定度。附注: 如果制造商没有标准不确定度, 操作者应为仪器附上单独的不确定度计算过程。
分析法	对于没有应用 CEMS 或其他标准值的其他二氧化碳源流类型, 可以从分析中得出浓度值。分析应用的过程记录在分析计划中, 附在监测计划之后。
实验室	在应用分析法的情况下, 说明相关实验室已通过 ISO/IEC 17025 认证或保证与此认证等效 (通过等效证书的附件) 也很重要。

监测方法

报告组分 二氧化碳	→ 二氧化碳测量	→ 燃料硬件	→ 材料流	→ 质量平衡
报告组分氧化亚氮	<p>→ 氧化亚氮 测量</p> <p>此处要描述每个源的测量方法, 并且要从既定的设备列表中勾选仪器 (参见上面的监测设备)。如果有不能使用标准方法的情况 (例如硝酸生产工厂中体积流量的质量平衡), 也是合理的。一般来说, 要讨论源流的同质性。该报告模板还包含典型 “停机时间” 类型的标准列表。</p> <p>→ 氧化亚氮 转移</p> <p>该报告模板包含有关如何监测转移的排放量、进口 / 出口装置的 ID、是否需要进行排放交易以及是否或如何在另一装置中测量排放量。</p>			

数据管理	<p>这里描述了从原始数据收集、数据处理和传输、数据存储到最终确定排放值的一般数据流。相关描述很重要，因为它有助于理解和讨论数据处理中存在错误的风险点。</p> <p>在介绍各自的 \Rightarrow 流程指令 [II.2.3.3] 时，我们进一步概述了数据控制的本质。这里还包括将附加到监控计划中的风险分析结果，这些结果解释了在考虑监测 / 计算排放的正确性时必须考虑的剩余风险。</p> <p>此处还附有数据流图，以便于理解数据的处理和存储方式。更复杂的风险分析的结果通常附在监控计划中。</p>
来源：Annex I, MRR.	

监测计划的大小可能会因设施的复杂性而有很大差异。对于一个简单的案例（没有相关的二氧化碳排放），它可能长达 35 页左右。对于复杂的多线设施，它甚至可能达到 200 页或更多。用于持续监测的文件的重要部分可能正好在计划之外。我们将在下面讨论其中一些 \Rightarrow 流程指令 [II.2.3.8]。

监测计划的变动：如果核查人员建议落实一些变动或运营者根据 \Rightarrow 改进原则 [I.1.2] 进行的评估表明变动是适当和相称的，则可能需要根据新规则对监测计划进行更改。 \Rightarrow 报告监测概念的变化 [II.3.2.1] 有明确的流程要求，包括提交定期改进报告。

2.3.2 不确定性要求和层级应用

对不确定性的控制是欧盟排放交易体系会计制度中的一个重要方面。它也处于监测概念的中心地位，是当局考虑批准监测计划的一个主要方面。

欧盟排放交易体系中的层级是指对所有排放核算方法确定排放量时的准确性要求。一般而言，以下规则适用：装置或相关源流的排放越高，法规要求的精度也越高。

对于氧化亚氮排放，MRR 定义了 3 个层级，最高要求精度 $<5\%$ 。这与二氧化碳计算的相应要求不同，后者还有 2.5% 的第 4 级阈值。

表 II.2.3.2a: 监测计划：通过 CEMS 应用 氧化亚氮排放核算的层级阈值

根据层级概念，设施的处理方式不同。下表显示了定义的 氧化亚氮排放核算应满足的三个级别——第 1 层为最低要求。			
方面 \ 等级	Tier 1	Tier 2	Tier 3
不确定性 (UNC) 阈值	10%	7.5%	5%
适用范围	最低层级，只能在更高层级要求在技术上不可能或涉及不合理的成本的情况下申请	排放量 $<50.000 \text{ t CO}_2\text{e/a}$ (A 类) 的设施的最低标准要求	排放量 $>50.000 \text{ t CO}_2\text{e/a}$ (B/C 类) 的设施标准要求
来源：MRR, Art. 19(4), Annex VIII, para 1 and 2.			

原则上，测量 氧化亚氮排放的运营者必须遵守层级 1 不确定性级别。如果运营者能够证明满足更高层级要求会涉及很高的成本或技术不可行，则允许其偏离层级 2 和 3。

2.3.3 使用的监测方法和设备

监测计划中应包括测量设备的基本信息。

表 2.3.3: 监测计划：要求的测量设备信息

监测计划包含监测设备的规定参数数据。本表列出了这些内容，并对所要求的内容作了简要说明。	
测量内容	用于质量控制（计算法）或 CEMS 的仪器
内部设备编号和位置	设备编号也应包含在流程图（附件）中，并且位置应有助于在现场访问期间轻松识别。
责任	应明确谁负责管理设备（读数、质量控制）。
制造类型和测量方法	仪器类型和应用的测量方法应明确，特别是非标准应用的情况下。
测量范围、典型工作范围和频率	此处应标明制造商指定的范围和典型的操作条件下对应的范围。对于 CEMS，应标明测量频率（例如 1/秒）。
关于工艺说明	描述质量控制的应用过程，显示测量设备“如何”在数据收集和数据处理中的风险方面定期校准和控制质量。

关于质量保证，监测计划包括更多数据点，如下面的表 ⇒II.2.3.7c 所示。

2.3.4 核算操作时间的定义

正如我们在讨论 ⇒排放核算参数 [III.2.1.2] 中概述的那样，MRR 要求对整个报告年度的所有排放进行完整报告。对于 CEMS 的核算，主管当局要求严格应用透明标准来评估操作时间是否受到监控。自 2017 年以来，DEHSt 编写了一份专门文件，以简明的运营者指导文件的形式总结了信息 [⇒参考资料：KEMS-Arbeitshilfe]。下表概述了这两个标准，包括一些可用选项：

表 II.2.3.4: 监测计划：定义遵循排放核算要求的运行时间

只要任何单位小时满足以下两个标准之一，其值必须由连续排放测量系统（CEMS）记录并经处理后计入年度排放报告。	
准则 1	准则 2
CEMS 中体积流量的瞬时值达到“运行点”或废气体积流量年平均值的 4% 以上。	至少出现一种以下的其他操作测量值或状态信号，证明了燃料的燃烧： <ul style="list-style-type: none"> • 废气温度超过 60° C； • 废气含氧量降至 20.5% 以下； • 反应器运行处于活动状态； • SCR 催化剂被激活（加入了氨或尿素，或类似物）。

来源：DEHSt (2018) KEMS-Arbeitshilfe.

2.3.5 排放量和验证的常规计算

排放值按小时计算，以下公式用于确定排放值。

表 2.3.4: 计算和公式

MRR 的附件四规定了与确定硝酸、己二酸和己内酰胺等具体生产活动中氧化亚氮排放有关的标准监测方法。它规定了以下确定排放量的公式和规定。

步骤	MRR 中的公式和相关文本 (斜体文本取自 MRR)
氧化亚氮年度排放量 方程 B.1: (附件 VIII, 第 3 节)	<p>运营者应使用连续排放测量来监测硝酸生产过程中的氧化亚氮排放。运营者应使用测量法和计算法 (基于质量平衡) 监测己二酸、己内酰胺 [...] 生产中的氧化亚氮排放, 并采用计算法 (基于质量平衡) 来监测短暂出现的未被减排的排放。</p> $GHG\ Em_{total} [t] = \sum_{i=1}^{HoursOp} GHG\ conc_{hourly,i} \cdot V_{hourly,i} \cdot 10^{-6} [t/g]$
每小时 N₂O 排放量 方程 B.2: (附件 VIII, 第 3 节)	$GHG\ Em_{average} [kg/h] = \frac{GHG\ Em_{total}}{HoursOp} \cdot 10^3 [kg/t]$ <p>操作人员应在使用 NO_x/N₂O 减排设备进行减排活动之后, 在代表点使用测量法确定每个排放源的烟气中每小时的氧化亚氮浓度。</p>
确定烟气流量 方程 B.3: (附件 IV) 质量平衡 (fall-back ap	<p>为了确定氧化亚氮排放监测中的烟气流量, 运营者应使用质量平衡法或连续流量测量法。</p> <p>对于硝酸生产, 运营者应采用质量平衡法 - 除非它在技术上不可行。在这种情况下, 经主管当局批准, 运营者应采用另一种方法, 包括采用基于重要参数的质量平衡法, 如氨输入量, 或通过连续排放流量测量来确定流量。</p> $V_{flue\ gas\ flow} [Nm^3/h] = V_{air} \cdot (1 - O_{2, air}) / (1 - O_{2, flue\ gas})$ <p>在这里:</p> <p>V_{air} = 标准条件下流入的空气总流量, Nm³/h</p> <p>$O_{2, air}$ = 干燥空气中 O₂ 的体积分数 [= 0.2095]</p> <p>$O_{2, flue\ gas}$ = 烟气中 O₂ 的体积分数</p>

V_{air} 是进入硝酸生产单位的空气总量

$$V_{air} = V_{prim} + V_{sec} + V_{seal}$$

在这里:

V_{prim} = 标准条件下空气流初次输入量, Nm³/h

V_{sec} = 标准条件下空气流二次输入量, Nm³/h

V_{seal} = 标准条件下空气流密封输入量, Nm³/h

运营者应在与空气氨混合之前通过连续流量测量来确定 V_{prim} 。运营者应通过连续流量测量来确定 V_{sec} , 包括在热回收装置之前的位置的测量。对于 V_{seal} , 运营者应考虑硝酸生产过程中吹扫的气流。

[简化流程:] 对于累计低于总气流量 2.5% 的输入气流, 主管当局可以接受运营者根据行业最佳实践给出的确定该空气流速的估算方法。

运营者应当在正常操作条件下通过测量提供证据, 证明被测烟气流速足够均匀, 所以能够采用所提出的测量方法。如果这些测量确认气体是非均匀流动, 则运营者在确定适当的监测方法和计算氧化亚氮排放的不确定性时应考虑到这一点。

运营者应将所有测量值调整为干气基数, 并始终一致地进行报告。为了校正输入气流中的湿度, 该公式是需要优化的, 根据输入气流中的平均摩尔含水量, 向等式中添加一个因子: $(1 - H_2O, \text{输入气流})$ 。

年平均浓度的测定 方程 2a (附件 IV)	$GHG\ conc_{average} [g/Nm^3] = \frac{GHG\ Em_{total}}{HoursOp} \cdot 10^6 [g/t]$ $\sum_{i=1} V_{hourly,i}$
-------------------------------------	---

来源: MRR.

在计算中，仅需要考虑在工厂正常运行时间内获得的数值（相关标准请参见 ⇒ 表 II.2.3.4）。

数值的确证：MRR（第 46 条）要求运营者证实通过 CEMS 确定的排放量，但这一要求不适用于硝酸生产设施的氧化亚氮排放核算。通常，通过应用一项标准或质量平衡方法对数值进行确证（见 ⇒ 章节 II.2.2.1），此重新计算的数据必须满足 ⇒ 等级要求 [III.2.3.2]。

2.3.6 关于停机时间、数据缺失和替代值

要完成完整的排放报告（见 MRR，第 5 条），必须填补数据缺失的部分。对于测量方法，以下标准适用。

表 2.3.6a: 连续测量值的数据缺失和数据替换

MRR（第 45 条第 2 款）要求：“如果由于设备失控、超出范围或无法运行而无法为基于测量法的一个或多个参数提供有效的单位小时数据，则运营者应确定用于替换每个缺失小时数据的值。”下面我们讨论有效数据或数据缺口的定义及其处理。

	不同案例分析	使用默认值？
情景 1	缺少每小时值 • 例如超出测量范围 • 测量失败 • 没有数据记录	对于任何此类数值或数据空白，必须使用替换值。
情景 2	从这个意义上说，该小时数值是无效的： • 未给出一小时内 80% 以上的单个测量值（每 2 秒的数据），未实现最低可用性（MRR，第 44 条第 2）。 CEMS 应指出该小时数值的故障。	
情景 3	每小时数值超出校准范围。 在这里，CEMS 确实记录了这些值。但问题是：这些数值比有效校准范围内的值有更高但未明确的不确定性。	

来源：MRR.

请注意：当 CEMS 中的未自动协议的内容是测量的最终结果，如果这些值在很长一段时间内未被质量控制措施检测到（即它们不能通过重新校准来纠正），这些值也是无效的，必须更换。

关于替代值本身，EU ETS 的原则是这些数值应该是“保守的”。根据 MRR（第 3 条第 19 款），这“意味着定义了一组假设，以确保不会低估年排放量 [……]”。执行此操作的标准程序是在计算的替代值中添加合适的“安全边际”。这遵循了 MRR 的精神，95% 的置信水平也用于不确定性评估。

替代值的计算可以在 CEMS 中自动执行，或者必须通过进一步处理 CEMS 数据来应用，例如在 excel 表中计算。下表显示了烟气中具有固定参数的装置的标准情况。

表 2.3.6b: 替换值的计算

MRR (第 45 条第 3 款) 要求: “如果不能为作为浓度直接测量的参数提供有效小时或更短的数据参考期, 则运营者应计算替代值, 作为平均浓度和两倍的浓度之和。与该平均值相关的标准偏差”。

缺失数据的替换值

方程 B.1:

(附件 VIII, 第 5 部分)

$$C_{subst}^* = \bar{C} + 2\sigma_c$$

在这里:

\bar{C} = 特定参数浓度的算术平均值, 可以是整个报告周期内的, 也可以是当数据缺失时会适用某些特定条件, 该参数反映该特定条件下一段合理的周期;

σ_c = 对特定参数浓度标准差的最佳估计, 可以是整个报告周期内的, 也可以是当数据缺失时会适用某些特定条件, 该参数反映该特定条件下一段合理的周期。

来源: MRR.

请注意: 如果烟气中的参数是波动的 (比如说, 由于二级催化剂的老化, 氧化亚氮浓度随着时间推移逐渐升高), 那么就适用优化后的规则: 根据变化出现前的 120 个有效单位小时值来计算算术平均值和标准差。

对于不是由测量直接获得的数值 (可能是关于体积流量的情况), 可以用质量平衡法来计算替代值 (MRR, 第五条第四款)。

2.3.7 质量保证 (通用)

在德国, 常规测量特别关注空气、噪音和水, 以确保环境介质的质量受到控制, 并且可以评估保护和改善质量的措施。

对于 CEMS, 质量保证是为了确保所应用的系统符合目标 (以规定的精度进行测量)、已正确安装、定期校准并进行功能测试。在下文中, 我们概述了不同的质量保证级别, 它们被定期应用在各个设施中。

质量保证的主要规定存在于标准文件 EN14181 (固定源排放 - 自动测量系统的质量保证) 和几个支持性标准文件中, 如下表所示。

表 II.2.3.7a: 质量保证标准的概述

通过 CEMS 进行排放核算的质量保证标准的概述。		
1) MRR 中提到的重点标准	2) 上述标准参考的 / 帮助实施上述标准的进一步标准	3) 确定烟气流量的重要标准
CEN, EN 14181:2014- 固定源排放 - 自动测量系统的质量保证 ✓ 根据 EN 14181 进行校准	✓ EN ISO 14956 - 空气质量 -- 通过与所需的测量不确定度进行比较来评估测量程序的适用性 Defining QAL 1 procedure as required per EN 14181	EN ISO 16911 固定源排放 - 手动和自动测定管道中的速度和体积流率 第 1 部分: 参考方法手册 第 2 部分: 自动测量系统
EN 15259 - 空气质量 - 测量固定源的排放 - 对测量部分及测量任务、测量计划和测量报告的要求 ✓ 根据 DIN EN 15259 选择测量点 (或测量横截面) ✓ 保持准确可靠的排放测试	✓ EN 15267-3 - 空气质量 - 自动测量系统的认证 - 第 3 部分: 用于监测固定源排放的自动测量系统的性能标准和测试程序 ✓ 是 EN ISO 14956 的应用 ✓ 定义 CEMS 测试程序以及对测量不确定度的确认	4) 更多有帮助的标准 EN 14790: 固定源排放 - 管道中水蒸气的测定 ✓ 根据 EN 14181 进行水分测量 EN ISO 21258 - 固定源排放 - 氧化亚氮质量浓度的测定 ✓ 氧化亚氮测试根据 MRR Annex IV, Section 16, subsection B.2 EN 14789 - 固定源排放 - 氧气体积浓度 (O ₂) 的测定 - 参考方法 - 顺磁性 ✓ 根据 EN 14181 for MRR Annex IV, Section 16, subsection B.4 和 Art. 43(5) (a) 进行氧气测量

来源: MRR Guidance document No. 7, section 3.1, adapted by FutureCamp.

基础层次是测量设备的适用性测试 (或 QAL1)。根据定义, 只有经过适用性测试的测量和数据采集设备才能在欧洲被批准用于 CEMS。运营者可以在官方网站 (<https://qal1.de/de/index.htm>) 上查找可接受的设备和相应的证书。

设备还必须在安装时正确应用并测试其合乎要求的功能 (QAL2)。这要由经过认证的测试实验室在设备安装后完成一次, 然后至少每三年重复一次。除了确认设备已正确安装 (满足测量点的测量特定要求) 外, QAL2 还用来校准设备, 通过使用移动标准参考测量方法进行 (至少 15 次) 比较测量来校准。衍生的校准参数有助于将原始值 [mA] 转换为物理测量值。然后, 它们由运营者 /CEMS 服务提供商馈送到 CEMS 中。QAL2 测试还检查 CEMS 的不确定性, 并提供变异性的相关值 (CEMS 和参考测量之间的标准偏差), 以计算监管运营期间测量的不确定性。

除了 QAL2 之外, 还必须实施年度监督测试 (AST)。这是一个简化的测试 (至少 5 个比较测量), 是为了每年确认 QAL2 参数的有效性。如果测试失败, 则必须重复 QAL2 测试。德国主管当局还在其指导文件中规定了进一步的标准, 鼓励重复开展 QAL2 测试。

质量保证的第三个层次是常规质量测试 (QAL3)。在这里, 运营者对 (a) 电位漂移和 (b) 保持测量精度 (参考点和零点的测试; 7.2 / EN1481) 进行单独或组合测试。常规 QAL3 测试的要求适用于浓度和体积流量测量。如果测试发现偏差, 可能会对设备进行重新调整、维护和维修, 甚至完全重新校准。

下表总结了 CEMS 质量保证的基本信息。

表 2.3.7b: 质量保证概述

质量保证遵循标准文件 EN 14181 的要求。它分为三个层次。			
QAL 层次	QAL1	QAL2	QAL3
内容			
目标	初步不确定性评估，证明仪器的一般适用性	通过年度监督测试 (AST) 确保正确安装、校准 (QAL2) 和测试结果	CEMS 的持续质量控制，通过零点和跨距检查证明其稳定性
时间和频次	在安装 CEMS 之前，可以重复简化的测试，例如在软件更改的情况下	完成安装后，每 5 年（根据 EN14181）或每 3 年（由德国 CA 定义）或在年度 AST 验证失败的情况下校准一次	在运行期间持续进行
负责人	责任人：工厂运营者 / 制造商； 实施：被认证的第三方审核员。	测试和校准实验室（根据 EN ISO/IEC 17025 或同等标准被认证）	工厂运营者
结果 / 证书	QAL1 证书明确了既定测量范围内的不确定性	QAL 报告 技术上符合 MRR 要求	控制图 (CUSUM) 批准卡认可

来源：MRR Guidance document No. 7, section 3.3, adapted by FutureCamp.

定期对测量设备进行校准和质量保证将限制数据收集和数据管理中的风险，监测计划中包含这方面的基本信息。

表 2.3.7c: 监测计划：关于测量仪器质量保证的信息

在每次测量的监测计划中，应规定以下质量保证信息。	
质量保证的类型	应注明适用的质量保证方法（校准（= 受国家法定计量管控的仪器）或合格评定）。对于这两种类型以外的其他质保方法，要给出该流程的详细说明。
测量不确定度的类型和值	必须指明被允许的服务误差限制的类型。例如，对于经过合格评定的仪表，它可能存在被允许的服务误差或校准误差。还应标明不确定度值。
校准频率	对于标准校准（仪器受国家法定计量管控）或合格评定，都应标明频率。例如：对于德国氧化亚氮测量设备的标准 QAL2，这个频率是“每 3 年”一次。

2.3.8 流程说明

MRR 第 12 条及其附件 I 提到了程序。它们必须由工厂运营者在监测计划之外建立、记录和维护。下表列出了最重要的工艺说明。

表 2.3.8: 书面的内部流程说明

以下重点过程说明（通常记录在监测计划之外）通常应提供给核查者。主管当局将根据要求收到书面文件。	
数据流和数据管理	<p>该流程指令规范数据流以确保报告合法合规的。</p> <ul style="list-style-type: none"> 概述装置及其排放源，并描述数据流（从初始数据收集到形成年度报告）。其流程图将作为单独的文档附加到监控计划中。 描述 → 排放量计算中的过程步骤，包括所使用的公式和数据 [III.2.3.5]。还要显示何时以及哪些电子处理和存储系统或手动输入方法适用。这里概述了对停机时间和不符合标准规则的数值的处理，包括默认值的计算。 概述不确定性计算。
数据控制系统	<p>监控和报告中的风险可以而且应该通过采用控制活动来减轻。本流程说明描述了与监测计划相关的测量设备的质量保证（根据 MRR 第 59 条第 3a 款）。</p> <p>风险评估是数据控制系统的一个组成部分：它系统地讨论数据流中的每个步骤（另请参见上面的数据流），并对错误发生的概率和对排放计算的影响进行分类——在控制活动实施之前和之后。该分析的结果要附在监测计划中。</p>
测量设备的质量保证	<p>通过详细说明适用于每台仪器的质量保证措施，本过程说明优化了前述数据控制程序。由此，它规定了由工厂负责人员实施或监督的具体控制措施（根据 MRR 第 59 条第 3 款 b-g），它收集有关测量仪器的相关信息、适用的检查计划以及有关常规检查频率的进一步数据，包括其记录方式（例如，以标准测试表的形式）。</p>
排放的验证	<p>一般来说，作为对 CEMS 的合理性检查，通过计算值对排放数值进行确认是必要的（46 MRR）。但此要求不适用于硝酸生产设施的氧化亚氮排放核算。该书面流程规定了验证计算的步骤，以确证 → 排放的一般计算 [III.2.3.5]。</p>

监测计划本身通常只包含说明中最少的数据点，即明确的参考资料（包括标准缩写的标题）和保存相关记录与信息的存储体系以及所使用的 IT 系统的信息。必须进一步明确谁负责执行手头的过程指令以及程序生成或管理的数据。需对流程本身进行简要说明，包括所应用的标准（规范），以使所有相关人员能够轻松了解其特征和 workflows。

2.3.9 故障排除

通过 QAL3 和其他质量控制措施，对排放核算进行永久性质量检查。如果结果的偏差较晚才被检测到，则需要了解造成此状况的原因（以便改进控制措施）。必须了解偏差本身：设备的哪个部分有问题？设备可以维修吗？是否需要重新校准设备以校正数据？

此外，要了解过去可能导致仪器故障 / 长期不稳定的潜在事件，透明的每日事件协议可能会对此有所帮助。在这里，运营者和职工将记下操作条件（如启动等）或服务措施的实施以及每天在仪器上进行的更进一步的例行操作。

在某些情况下，法规可能要求迅速向主管部门通报事件情况，报告 CEMS 运行失灵，并找出如何处理这个问题的方法。

2.3.10 与联合履约的不同之处和经验总结

由于联合履约已于 2012 年结束，基于过去 10 年在其中的经验收获而实施的核算改进仅在 EU ETS 实施中

可见。

表 II.2.2.3: 差异

以下方面突出了欧盟排放交易体系和联合履约之间的几个相关差异。	
标准替换值	在抵消案例中（根据联邦排放控制法案），可以进一步区分要应用的替换值（根据操作状态：例如，用于启动）。事实上，德国主管当局（DEHSt）也接受了更多针对特殊条件和 EU ETS 的调整值。
运营时间	自 2017 年以来，EU ETS 中有一个运营时间的标准定义。它无疑提高了透明度，降低了随意执行的风险。
有效时长	有效小时数由 EN14181 和碳抵消案例中的 2/3 标准（即 66%）定义。在欧盟 ETS 中，这一标准更严格（80%）。如果一个生产设施有很多停机时间，此规则可能会产生相当大的差异 - 特别是当我们还考虑，对于一个像样的监测过程来说，停机时间一共多久是可以被接受的。
等级系统	在碳抵消的背景下，没有分级系统。也就是说，在 EU ETS 中，低排放量的装置与高排放装置相比，会受到不同的对待（对允许的不确定性要求较低），而偏移仪器对所有装置的处理方式相同。
体流量的质量 量保证	经验表明，结果偏移和不当操作被发现得太晚，例如由于仪表污染造成的。因此，在较长周期内存在废气流量出错是必然的，并有必要保守地补足相应的数据空白。当体流量的质量控制不足时，尤其如此。应考虑适当参考 EN 16911。

经验总结

对于联合履约和欧盟排放交易体系下的排放监测，在实施核算之前确定监测计划 / 项目设计文件是一项标准。

为了降低排放监测 / 设备的成本，考虑采用欧盟排放交易体系中的分级制度似乎是合理的。在这里，较小的排放者可以减轻一些负担，而不会影响方案中排放核算的整体准确性。

正如我们在故障排除部分所讨论的那样，具有每日事件的协议似乎有助于实现更高的透明度并更好地了解测量的条件和性能。

当排放浓度变化很大（例如，减少的排放与未减少的排放）时，安装两套系统以允许使用两个不同的测量范围进行综合监测可能是合理的。

作为数据控制系统的一部分，风险分析（包括其结果记录为监测计划的一部分）是一种有价值的工具，可以通过集中实施控制活动来识别、评估和最小化固有风险。它还讨论了通过其他控制措施来缓解此类风险后的剩余风险，即描述数据流中可能仍然发生 / 无法完全消除的错误。根据这一讨论，人们很好地理解了监测和报告的风险（错误与偏离核定方法）是否可以接受，还是应该实现进一步的改进。重要的是，要注意，由于监控中的问题通常会随着时间的推移被发现，因此风险分析是一项迭代工作，也是 [改进报告 \[II.3.2.1\]](#) 的一个重要方面。

3 报告要求

3.1 报告周期和格式

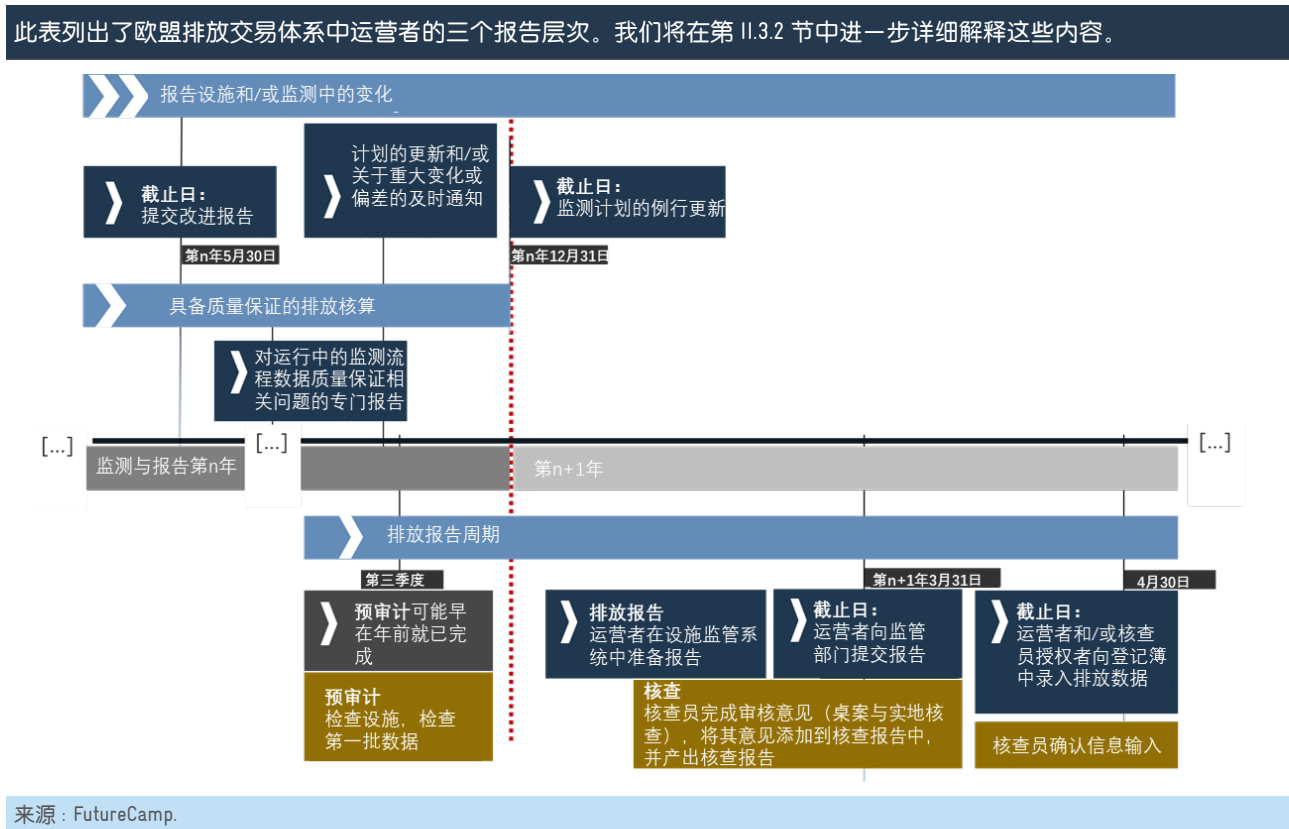
3.1.1 报告周期

报告时间表包含几个里程碑事件。在向当局²⁶报告免费配额和基准排放的问题之外，以下日期和报告可交付成果是相关的。因此，报告要求包括：

- 1) 持续和定期报告监测概念的变化——全年中监测过程计划改变或已落实改变时，就要进行报告。
- 2) 对于特别事件的持续报告要求，也要在监测年度期间向主管当局标记——这将在报告年度持续监测数据期间出现问题时完成。
- 3) 通过编制排放报告和将排放输入登记册来报告排放——这是在报告年度之后的第一季度完成的；审核员的预审计可能会在报告年度后期实施。

下表显示了全年中三种报告的理想典型时间线。

Table II.3.1: 报告的时间线



²⁶ 对于分配和基准数据的报告，蒸汽消耗和发电也发挥着作用。因此，报告的范围超出了排放监测的参数。

3.1.2 使用数字化模板 / 数据管理系统

在欧盟排放交易体系中，我们看到标准格式 / 模板的综合应用，其中报告是根据监测计划的导入编制的。这有助于编写简明扼要和透明的报告文件。关于内容，另请参阅 ⇒ [核准的监测计划 \[II.2.3.1\]](#) 的结构和内容。

3.2 向主管当局报告的义务

一般而言，报告义务由监控计划中指定的运营者承担。报告义务适用于整个报告年度，由在编制报告时操作装置的一方承担。因此，如果运营者发生变化（例如，由于并购或变更公司名称），必须立即通知主管当局。

3.2.1 关于监测概念的报告职责

有一项报告义务与更新监测计划有关。鉴于可能的和 / 或被要求的改进，根据自身的变更或定期审查和讨论，已建立的 ⇒ [监测计划 \[II.2.3.1\]](#) 可能会进行更新。这些报告义务遵循一个明确的概念：

- 首先是非重大变化的定义。其中包括用于纠正之前在监控计划中描述的内容的更改。此类变化应与下一次重大变化一起收集和报告，至少每年一次（年末）。
- 第二，设施或监测的重大变化被区别对待：这里应立即通知主管当局并迅速审查监测计划。在这两种情况中的任何一种情况下，运营者都需要提交修订后的监测计划以供重新批准。
- 无需通知的第三类更改是常规仪表更改或内部流程指令的更改。这些变更仍需要由运营者记录，并且必须在年度审核中与审核员共享此文档。主管当局仅在个别情况下根据具体要求检查。

表 3.2.1a: 监测计划：重大和非重大变化

此表列出了必须通知主管当局的重大和非重大变更。	
重大变化（根据 MRR，第 15 条）导致对监测计划迅速及时的审查 如有可能，应在变化落实前将变更通知主管当局。	非重大变化（根据 German EHV，§ 6） 变化应每年收集和报告，或与下一个重大变化一起收集和报告（无论哪一个先发生）。
<ul style="list-style-type: none"> • 列入监测计划之前未涵盖的源流或排放源， • 所应用监测等级的变化， • 监测方法的变化，例如从标准法到质量平衡或从标准法到 CEMS • 更换测量装置，如果符合要求层级的证据发生变化（用校准后的测量装置替换测量装置除外）， • 更换实验室（更换到根据 DIN EN ISO/IEC 17025 认证的实验室除外）， • 有关适用标准、取样或样品制备程序、减少抽样频率等方面的抽样计划变化， • 降低分析频率， • 更改设施类别或源流分类，导致源流必须满足更高层次的要求。 	<ul style="list-style-type: none"> • 工厂地址或联系人变更或设施内职责变更， • 在不改变排放许可证，不包含新的排放源或源流、不改变工厂使用的组件或技术、不改变装置类别或装置中使用的技术或装置类别或源流分类的情况下，设施的产能发生变化，但与核定的监测计划相比，不会导致更高的监测等级要求， • 变更所指定的实验室，但须委托指定 MVO 第 24 条第 1 款所指的认可实验室， • 供应商收集的数据发生变化，如果通过监测计划的规定来提供保证，则确保其遵守 MVO 的规定并提供证据。
来源：MRR, EHV.	

除了上述规定的通过更新监测计划通知主管当局监测的变化外，还需要定期重新审查监测概念，包括向主管当局通报未落实的改进措施。

这种突出的改进可能来自 \Rightarrow 核查者提出的要求 [III.4.2.4]，从而需要落实这些改进，也可以通过主管当局对监测计划的有条件批准来明确。

表 3.2.1b: 改进报告

改进报告一般应定期编制，并遵循核查方或主管当局的要求。下面列出了相应的规定。		
一般原则	所有运营者“应定期检查所采用的监测方法是否可以改进。”（MRR，第 69 条，第 1 款）	
如果未满足 MRR 的要求，则定期准备（MRR，第 69 条，第 2-3 款）	如有必要，此处的改进报告要阐明在当时情况下精度水平不合格的状况。如果现在或在可预见的将来可以符合等级要求，工厂运营者将在其改进报告中向 DEHSt 提交一份提案，说明何时实施必要的监控变更。	
	在以下情况下必须准备报告： B 类和 C 类设施中对大型或小型源流的监测尚未达到 MVO 规定的最高层级。	每年（C 类设施）或每两年（B 类设施）
	当前，A 类设施的监测缺乏 MVO 许可的缓解装置。	每四年
	采用 MVO 第 22 条的后备监测方法的情况。	每年（C 类设施）或每两年（B 类设施），每四年（A 类）
基于核查报告中的不合格项或修改建议而编写的内容（MRR, Art. 69, para 4- 5）	如果检查机构在其检查报告中记录了发现不合格项或提出改进建议的情况，则必须准备一份报告。但这不适用于每年排放量低于 25kt CO _{2e} 的运营者。	
来源：MRR.		

3.2.2 向主管当局发出关于持续监测的特别通知

MRR 也定义了全年的报告要求。第 45 条第 1 款提到 CEMS 内部分测量设备可能停止运行的情况。如果这种情况在任何报告年度连续五天以上，应立即通知主管当局，不得无故拖延。此外，运营者应提出适当措施来提高监测系统的质量。

这样，双方就可以早日就如何演算和应用替代值以及如何改进监测概念本身达成一致。第 45 条第 3 款还规定，如果装置发生重大技术变化，则替代值不可被确定，“运营者应与主管当局商定确定平均值和标准差的代表性时限，尽可能为期一年。”

3.2.3 排放报告及其辅助文件

排放报告应当内容齐全。与监测计划一样，报告内容的最低要求也已明确（见 MRR，附件十）。由于报告是基于监测计划（在德国，报告的编制中，要求将计划以数字方式被导入），因此大多数基本信息已经自动包含在报告中。报告本身遵循与监测计划相同的结构。

下表列出了报告中与一般信息和氧化亚氮排放报告数据最相关的附加信息，包括运营者必须准备和提交的支持文件。因此，报告还完善 / 更新了监测计划中包含的一般信息。最后，包含核查文件的报告应当对监测结果作出完整、透明和易于理解的描述。

表 3.2.3a: 报告的数据和报告的证明文件

必须编制、收集以下定期核算和证明文件，并与排放量报告一起提交给核查机构，以满足监测计划所定的报告要求。另请参阅表 II.2.3.1a，了解监测计划的内容。

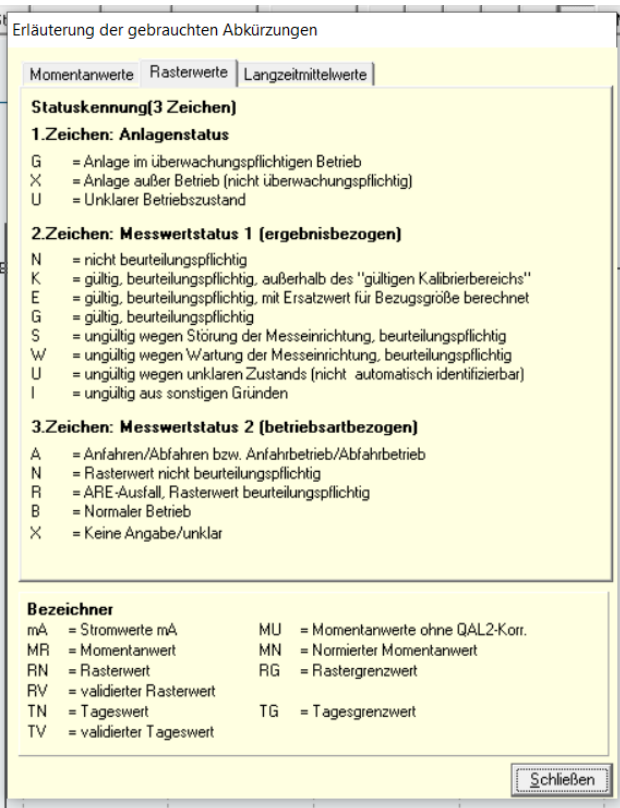
方面	数据点和支持文档
关于遵守经批准的监测计划	<p>报告载有最近批准的监测计划的版本号 / 日期，包括适用日期（报告依据），以及与报告年度（如适用）有关的任何其他监测计划的参考和版本号；</p> <p>阐明装置操作的有关变化、报告期对主管当局批准的监测计划的改变和短暂偏离情况；明确分级的临时或永久更改、更改的原因、更改的开始日期以及临时更改的开始和结束日期。</p> <ul style="list-style-type: none"> → 有效的监控计划及其附件 → 主管当局批准监测计划的通知 → 与主管当局的所有相关沟通
测量仪器	<ul style="list-style-type: none"> → 当前版本的流程说明 → 测量设备的年度控制测试许可证 <p>在 CEMS 上：</p> <ul style="list-style-type: none"> → 质量保证文件：QAL1 证书、QAL2/AST 报告 → 常规质量控制的 CUSUM 卡 → 如果与废气中的湿度有关：测试报告 → 来自 CEMS 的参数协议，确认正确值的执行流程
氧化亚氮排放报告	<p>排放报告报告设施的排放总量（包括停机期间的排放）。对于停机间隔期间，要给出特定信息，例如带有缺省值的单位小时数值。</p> <p>关于 氧化亚氮 排放测量</p> <ul style="list-style-type: none"> → CVS 文件，包含来自 CEMS 的每小时原始数据 → 每小时排放数据的整合（根据适用的计算过程） → 不确定性计算确认在报告年度达到了等级要求 <p>关于 氧化亚氮 输送</p> <ul style="list-style-type: none"> → 记录输送管中的亚大气压力

来源：MRR

CEMS 原始数据提供了计算 氧化亚氮排放所需的每小时相关信息。下表解释了显示在 CEMS 每小时读数中的各种状态指示。

表 3.2.3b 自动读数中的状态指示

具有自动计算和应用默认值的功能的 CEMS 系统，在其读数中使用标签来指示状态。此表给出了一个示例，并解释了不同的相关状态信号。

CEMS 的状态指示表（示例 / 系统截图）	氧化亚氮浓度和体积流量读数的相关状态指示说明
 <p>Erläuterung der gebrauchten Abkürzungen</p> <p>Momentanwerte Rasterwerte Langzeitmittelwerte</p> <p>Statuskennung(3 Zeichen)</p> <p>1. Zeichen: Anlagenstatus</p> <p>G = Anlage im überwachungspflichtigen Betrieb X = Anlage außer Betrieb (nicht überwachungspflichtig) U = Unklarer Betriebszustand</p> <p>2. Zeichen: Messwertstatus 1 (ergebnisbezogen)</p> <p>N = nicht beurteilungspflichtig K = gültig, beurteilungspflichtig, außerhalb des "gültigen Kalibrierbereichs" E = gültig, beurteilungspflichtig, mit Ersatzwert für Bezugsgröße berechnet G = gültig, beurteilungspflichtig S = ungültig wegen Störung der Messeinrichtung, beurteilungspflichtig W = ungültig wegen Wartung der Messeinrichtung, beurteilungspflichtig U = ungültig wegen unklaren Zustands (nicht automatisch identifizierbar) I = ungültig aus sonstigen Gründen</p> <p>3. Zeichen: Messwertstatus 2 (betriebsartbezogen)</p> <p>A = Anfahren/Abfahren bzw. Anfahrbetrieb/Abfahrbetrieb N = Rasterwert nicht beurteilungspflichtig R = ARE-Ausfall, Rasterwert beurteilungspflichtig B = Normaler Betrieb X = Keine Angabe/unklar</p> <p>Bezeichner</p> <p>mA = Stromwerte mA MU = Momentanwerte ohne QAL2-Korr. MR = Momentanwert MN = Normierter Momentanwert RN = Rasterwert RG = Rastergrenzwert RV = validierter Rasterwert TG = Tagesgrenzwert TN = Tageswert TV = validierter Tageswert</p> <p>Schließen</p>	<p>下面的状态指标标记每小时的数值，这些值是正常操作期间的有效测量值。</p> <p>GGB: 工厂运行时间以核算为准；在有效，正常的运行状态下</p> <p>以下状态表示在校准范围之外的小时值，但他们仍被接受为测量值。这是因为已确认报告年度测量的总体不确定性：</p> <p>GKB: 工厂运行时间以核算为准；有效但超出校准范围，正常运行</p> <p>以下标签小时数无效，因此计算后使用替换值。</p> <p>GIB: 工厂运行时间以核算为准；无效（无理由），正常运行</p> <p>GSB: 工厂运行时间需核算；因干扰无效，正常运行</p> <p>GWB: 工厂运行时间以核算为准；因维修无效，正常运行</p> <p>最后，还有工厂停止运行的每小时值的标签。在读数中没有出现。</p> <p>XNN: 工厂非运营时段（不计入核算市场 -> 无数值）</p>

来源：FutureCamp.

3.3 处罚措施

德国 TEHG（第 5 节）描述了在运营者不遵守其报告义务要求的情况下应采用的各种处罚措施。它包括以下内容：

- 对于错过任何日历年排放报告截止日期的运营者，其证书账户将被冻结。在提交相应报告后，该处罚将被取消。
- 如果公司未能在合规截止日期（4 月 30 日）之前交出足够的证书，则无完整证书的每吨排放将被收取 100 欧元的罚款。只有在不可抗力的情况下，主管当局才可以免除这种处罚。
- 此外，如果报告的排放量不符合批准的监测计划，主管当局可能会对不正确、不完整或不准时的报告收取罚款。这可能包括主管当局发现违反尽职调查义务的情况，例如许可通知中的辅助条款被忽略或提交了错误的信息等。罚款可高达 500,000 欧元或 50,000 欧元（后者是疏忽的情况下）。
- 妨碍主管当局的工作（例如无视澄清或提交文件的要求），罚款可能高达 50,000 欧元。

3.4 与联合履约的不同之处和经验总结

表 II.3.3: 差异

以下方面突出了欧盟排放交易体系和联合履约之间的几个相关方面的差异。	
年度报告周期	EU ETS 中的报告包含更多层报告。如上所示，这些还涉及侧重于实施改进原则。在联合履约的抵消机制下，报告周期可以灵活规划，甚至可能覆盖多年。这可能会产生一个问题，即学习效应可能来得太晚，因此总体核算风险可能更高。
数字化 / 模版	在德国，主管当局使用专门的数据管理系统，该系统具有明确的监控和报告功能。在联合履约的抵消机制方面，曾经有一个用于监测概念 (PDD) 和监测 / 排放报告的 word 文档的标准。
成熟报告	当今市场上提供的 CEMS 比 10 到 15 年前更加透明。现在甚至全部实现了自动化（包括默认值的计算和应用），它们也为排放报告提供了较好追溯的信息。
处罚	在欧盟排放交易体系中，有相关的处罚措施。这是由于其作为合规市场的性质所决定。

经验总结

在报告周期中，规定排放报告时限的专门的时间表似乎有助于维持结构良好的监测和报告体系。它可以被视为实现良好治理的一个支持部分，因为它有助于主管当局作为相关机构开展工作，确认监测和核查结果，并确保高质量的报告。随着所有报告都在特定日期进来，并利用数字化的数据管理（大数据），检查相关数据就简单得多。此外，数字化格式减少了繁文缛节，并有助于确保出错（例如，手动将信息从计划中转移到报告中）的风险被降低。

对运营者来说，差异化的报告周期可以产生特殊的好处。将改进周期（每年、每半年或每三年）与排放报告周期分开，可以侧重于报告（过去的信息）或根据过去报告的关键见解改进正在进行的报告（用于未来报告）。

制定惩罚措施以应对违规行为或减少对不严谨 / 不完整或不透明报告的动机似乎是明智的，特别是在当今二氧化碳价格高企的市场中。这一点也很重要，因为个体对要求的偏离 / 不同处理可能导致竞争公司之间的市场扭曲。此外，它可能会影响市场的运行。

4 核查要求

在讨论责任和时间表时，我们强调了核查者和 [主管当局 \[II.1.3.2\]](#) 作用的相关性。本章介绍了在考虑通过核查进行检查和保障时应考虑的相关解决方案和不同方面，这些检查和保障措施是维护系统基本完整性所必需的。

4.1 核查机构的设置和责任

监管侧的核心是 [认可 and 核查条例 \(AVR\) \[II.1.1.1\]](#)。结合专门的国际标准，它落成了一个全面的法律框架，规范了核查人员的组织架构和资质能力、核查的程序要求和核查人员的认证要求以及认证机构本身。

表 II.4.1: AVR 及相关标准

下面我们总结了监管框架中的主要要素，这些要素规定了 EU ETS 的核查和认证。

欧盟的法规和指导意见	国际标准
<ul style="list-style-type: none"> • EU AVR (认证和核查条例 Accreditation and Verification Regulation) • 指导性文件（在法律上没有直接的约束力，但在关于最佳做法的解释上是有用的）；这些文件可以在以下网站找到： http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/monitoring_en#tab-0-1. <ul style="list-style-type: none"> - 解释性指导文件第 1 号, Explanatory Guidance Document No. 1 - 核查的范围（关键指导说明 (KGN) II.1, Key guidance note (KGN) II.1) - 风险分析, Risk analysis (KGN II.2) - 过程分析, Process analysis (KGN II.3) - 采样, Sampling (KGN II.4) - 现场核查, Site visits (KGN II.5) - 核查报告的内容, Contents of verification report (KGN II.6) - 核查员的权限, Competences of verifier (KGN II.7) - EN ISO 14065 和 AVR 之间的关系, Relation between EN ISO 14065 and AVR (KGN II.8) - 核查中的时间分配, Time allocation in verification (KGN II.12) - 核查 CEMS (见第 6 章, MRR 指导文件第 7 号), Verification of CEMS (see chapter 6, MRR Guidance document No. 7) 	<ul style="list-style-type: none"> • DIN EN ISO 14065: 认证标准, Accreditation standard • DIN EN ISO/IEC 17029: 符合性评估 - 审定和核查机构的一般原则和要求 Conformity Assessment - General principles and requirements for validation and verification bodies • DIN EN ISO 14064-3: 温室气体: 温室气体声明的核查和验证的规范与指南 GHGs: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements • ISO 14066: GHGs: 温室气体审定小组和核查小组的能力要求 Competence requirements for greenhouse gas validation teams and verification teams

只有在最后确定核查报告时，获得特定部门活动认可的核查人员才能提交其证词。

认证流程有助于建立一个非任意程序，以检查和保持核查制度的高质量。任何核查者如果出现不当行为（例如欺诈）或法规规定的质量要求执行不力，都可能暂时或永久失去其认证。为确保独立性并支持批判性态度（不偏不倚），核查员的主任审核员应至少每 5 年更换一次（轮换原则, AVR 第 43 节第 8 条）。

另请参阅附件 II.4，其中简要讨论核查制度，包括欧盟排放交易体系中核查员的认证。

4.2 叮嘱或要证明的内容

报告认证应阐明经核实的排放报告是否仍包含重大错报。只有当这些不存在时，才能保证所报告排放的 ⇒ 完整性 [II.1.2.2]。因此，核查报告以直截了当的方式表明排放报告要么“令人满意”，要么“不令人满意”。因为必须有足够的知识和证据来证实这一判断，核查者在执行工作时必须高度勤勉。只有在某些例外情况下才能判断为“满意，但有一些有附注说明”。

核查者必须描述所有不符合项（偏离被批准的监测计划以及批准的监测技术违反法规规定的地方）。报告中出现此类不合规问题或任何不合格问题，将要求运营者在修订后的监测计划中解决这些问题或在 ⇒ 改进报告 [表 3.2.1b] 中讨论这些问题。

风险评估起着重要作用。在合同阶段，核查者就要采用首次（随后进一步细化）评估来了解报告中错误陈述或不符合项的可能性。这份风险评估要基于更广泛的战略分析，其中核查者会系统地分析手头核查任务的复杂性和要求。根据该分析的结果，核查者规划其审计计划中要采取的必要步骤——确保他不会忽略运营者报告中的严重缺陷。

4.3 现场核查

现场核查具有特殊价值。只有在现场才能对应用于监控的系统边界、所使用的测量设备进行充分的审查和检查。此外，通过访谈以及对设备和数据流的测试（基于样本），审核员可以很好地了解监控和数据处理的实际执行情况。因此，现场核查是核查中的标准要素。只有在特殊情况下，经主管部门批准后才可以免除现场核查的要求。

4.4 标准核查项

重点核查工作称为“过程分析”。基于不断细化的风险分析，核查者检查数据流，查看控制活动和程序（正确实施否？是否足够？）。他还应用数据测试，检查数据的分析基础并检查关于正确应用所定义的监测方法的各个方面（见 KGN II.3）。

在评估 CEMS 的应用时，核查者必须执行额外的检查任务。在下文中，我们将重点介绍该核查工作中的一些核心方面。

4.4.1 数据流

任何核查者都必须了解原始数据是如何处理成最终排放数据的。对于 CEMS，这包括：

- 管道系统中测量点的位置。
- 对变动的处理（例如超出测量范围的数据）。
- 将数据读数传输到数据管理系统。
- 计算和数据聚合。

在实践中，数据流实际上是 ⇒ [通过实际监测数据进行测试 \[II.4.4.4\]](#) 的。

4.4.2 控制活动

关于 CEMS 装置的控制活动，核查者必须特别关注 EN14181 定义的条款的实施，包括所需的 ⇒ [质量保证 \[II.2.3.7\]](#)。

表 II.4.4.2: CEMS 控制活动核查项目

MRR 指导文件第 7 号列出了 CEMS 的核查项目。下面的列表是最重要的部分的摘录。

对于 QAL1, 这包括检查: 是否

- 安装条件与证书中定义的条件相匹配。
- 在不确定度计算中适当考虑了所有相关成分, 以及后者是否满足批准的 MP 的等级要求。

对于 QAL2/AST, 除其他项目外, 核查者将检查: 是否

- 已遵守 QAL2 和 AST 定义的频率, 包括对来自 QAL3 的已识别事件的及时反应 (重新校准)。
- 这些测试已由认可机构实施并妥善记录。
- QAL2 的结果 (由 AST 确认) 已在 CEMS 中正确编程。

核查者还检查持续质量控制 (QAL3) 的程序, 即

- 该程序是否是最新的、完整的 (关于 EN14181 的要求), 并且正确实施并正确记录在控制图中。
- 是否已根据这些结果采取措施, 例如: 调整, 重新校准偏移等。

来源: MRR Guidance document No. 7.

4.4.3 流程说明

在使用 CEMS 的监控系统中, 一个重要的程序讨论了数据差距的缩小。进一步的相关程序或 [流程说明 \[II.2.3.8\]](#) 规定了监控设备或内部数据管理的 QA 措施以及处理和审查步骤 (从报告的原始数据到最终排放数据)。

核查者检查这些程序的应有文件和落实情况, 并根据监测和报告中的现有风险分析它们是否合适。

4.4.4 实质性数据测试

对于未通过“适用性测试评估设备系统”认证的装置, 需要对某些方面进行分析。在德国, 这主要在 BEP (2017 年) 的附件 J 中作出规定: “监测温室气体排放和其他排放 (本地污染) 的统一做法”。

表 II.4.4.4: CEMS 数据测试核查项目

此表列出了在数据测试期间需要检查的主要方面。它是核心文件的各个部分, 其中定义或总结了 MRR 的要求。

具有状态指示的标准小时值	对于浓度、体积流量的有效小时值和所需参考值标准化, 测试 80 % 准则是否正确实施: 对于失败的情况 (超过 20 % 的每两秒计数值无效), 应有像“故障”和/或“维护”和/或“原始值超出范围”和/或“CEMS 停止服务”这样的状态信号。BEP (2017), Annexes J 1.1, J 1.4, Annex J 1.3 和 and SKK Paper (2019))
超出校准范围的每小时值的处理	检查是否必须对超出校准范围的每小时数据应用替代值: 测试是否满足监测年度不确定性的层级要求。在后一种情况下, 必须使用默认值。(Chapter 6.5 of DIN EN 14181; chapter 9.10 of DIN EN ISO 16911-2).
替代值的标准构建	我们已经在 关于停机时间、数据缺失和替代值的部分中 [II.2.3.6] 描述了这些规定 (BEP (2017), Annex J 2.2 b)
替代值的特殊构建 (有待批准)	对评估设备外部的体积流量确定 (per MRR, Art. 45 para 4), 或在适用的情况下, 可以通过评估设备的补充参数化来完成自动替换值的形成。(BEP (2017), Annex J 2.3)

来源: DEHSt (2021) Guidance for monitoring plans & emission reports.

一般来说，QAL2 和 AST 报告（由认证的测试机构准备）应包含在 CEMS 中应用上述要求的所有相关信息。为了检测 CEMS 中数据计算的合理实施，测试机构应对每个相关分配信号进行信号路径测试，并记录在报告中：数据处理过程是否符合 BEP（2017）中的规定？因此，ETS 核查者可以检查 QAL2/AST 报告中的这些评论，以供参考。

4.5 通过技术进一步助力

欧盟的实施经验表明，技术可以极大地促进核查工作。

4.5.1 用于报告和核查的集成数据管理系统

自三个排放交易期以来，德国主管当局在使用在线表格管理系统。其中有一个基本特征是：它将报告（排放报告）和核查部分（核查报告）完全集成到一个文档中。这有效地支持了核算的相互关联和透明度。此外，由于报告是基于数字化导入（批准）的 MP 自动准备的，报告中出现系统性错误的风险大大降低。

这种管理良好的标准数据管理系统 (DMS) 具有易于编译和数据处理的接口，在宏观层面由主管当局执行合理性检查和数据比较时具有进一步的优势。这有助于识别报告中更多的系统性错误。

4.5.2 用于简化报告的自动化 CEMS

自动应用相关数据处理的 CEMS，在下面的 [⇒II.2.3.4](#) 部分或上面的 [⇒表 II.4.4.4](#) 中有大量介绍。这些是经过认证的系统，已经过足够的数据处理测试。QAL2 报告应记录这些系统在自动数据处理方面的正确实施和功能运转。

4.6 与联合履约的不同之处和经验总结

在联合履约机制运行的这些年里，CEMS 的成熟度和监管环境都得到了极大的改善。在欧盟、德国以及国际上，我们看到许多有价值的标准文件出现。因此，例如今天，体积流量的 QA 规定在 EU ETS 中已经确立并普遍实施 ([⇒II.2.3.10](#))。

但在 EU ETS 中，这些改进也只是逐渐实现。因此，很明显，在研究新工具的最佳实践时，EU ETS 提供了比联合履约更好的参考案例，也涉及核查。

在本世纪头十年末，EU ETS 已经远远“领先”于联合履约的一个领域是其在 MRV 数据管理方面的综合方法。下表总结了其他有利于计划质量的一些方面。

表 II.4.6: 应用成熟的数据管理系统的差异

以下方面突出了使用数据管理系统（比如在 EU ETS 中）的主要好处，而联合履约机制没有如此精细的系统。

集成数据管理系统 (DMS):	CDM 和联合履约知道标准化的报告模板。但这些都是 WORD 文档，缺乏使用数字化在线模板所定义的严谨性。
a) 监测计划和报告	当然，在联合履约下也没有自动导入功能，即可以根据监控计划自动预先构建报告。这可能被视为不透明、繁琐（审计更繁琐）和潜在错误的根源（因为数据必须手动准备或复制）。
b) 排放和核查报告	
c) 便于宏观处理	此外，在没有模板的情况下，也不可能将排放报告和核查报告整合到一份文件中。因此，在联合履约机制下，排放报告和核查的文件不太简洁和透明。
	最后，像 EU ETS 这样管理良好的 DMS 可以帮助主管当局轻松处理数据。数字化的好处可能允许进行合理性检查，从而有助于建立更高层次的质量保证。

今天，还有更多的便利措施开始发挥作用。其中之一是经过认证的 CEMS 的可用性，其中状态信号的适当实施、正确的参数化和正确的数据传输得到保证和确认。这一确认已由准备 QAL2 报告的认证测试机构记录在案。有了这样一个完全自动化的 CEMS，排放报告和核查工作可能会大大简化。这里的核查者只检查质量保证的正确应用、正确的参数化以及将信息正确传输到报告模板——使它免于进行大部分数据测试。

由于本文的作者没有从如此严格的 CEMS 自动化实施案例中获得实践经验，因此他们无法进一步评论其在实践中的可行性。与此同时，抵消项目中的核查人员不得不处理“黑匣子”（这是 2000 年代后期审计期间的一个主要问题）的时代已经成为过去，这无疑是事实。

第三部分：欧盟 / 德国的减缓方案和技术 现有数据及其可用性、有效性和背景

为了撰写这部分内容，我们主要应用了来自 NACAG（硝酸气候行动小组）²⁷ 的信息。

除了从联合履约、清洁发展机制、温室气体议定书和个别研究论文中可获得的公开信息外，事实证明，很难获得对本研究有价值的进一步公正或透明的信息。技术供应商这样的市场参与者对相关信息是保密的。在一个技术提供者有限的市场中，他们这样做是基于反垄断的考虑。他们还公开提到一个问题，那就是关于成本的通用信息是不可能的，因为它们取决于每个工厂的情况。

我们在下文中的重点是关于己二酸和硝酸生产的信息。在德国没有己内酰胺生产的经验 / 数据，因为这些生产装置不在欧盟排放交易计划的范围内，也没有这些生产活动相关的联合履约项目。为了满足中国相关人员的兴趣，我们在本手册中加入了一个特别的附件（附件三 - 己内酰胺），对这些生产设施的状况作了一个粗略的概述。

²⁷ NACAG 由德国环境部成立。它旨在通过为硝酸行业减排活动的实施提供技术支持来支持氧化亚氮减排技术的应用。这还包括支持将各自的设施纳入国家政策和气候变化计划，例如国家排放交易计划或纳入国家自主贡献。

1 氧化亚氮排放：背景

在工业上，己二酸是硝酸氧化制得。在反应中，每摩尔己二酸生成 1 摩尔 二氧化氮 和 1 摩尔 氧化亚氮。虽然尾气中的 二氧化氮可以返回附近的硝酸厂进行再利用，或者进行强制减排，但剩余的 氧化亚氮是惰性的，不能直接使用。对于己二酸工厂，氧化亚氮的产生量在很大程度上与己二酸的生产量成正比，时间的变化和工厂的不同导致的变动很小（USEPA 2016, Schneider et al. 2010）。

表 3.1a: 己二酸生产中生成的氧化亚氮

来源	氧化亚氮生成率 (kg N ₂ O/t 己二酸)
2006 IPCC 指南 (IPCC 2006) - 默认值 (unc. range)	300 kg/t 己二酸 (270-330)
CDM 方法的最大基准线	270 kg/t 己二酸

在工业硝酸生产中，氨气在贵金属网（初级催化剂）上被氧化，产生一氧化氮，然后与氧气和水反应形成硝酸。一氧化氮是在一级催化剂上产生的不被需要的副产品。一级催化剂的功能越好，一氧化氮的排放量就越低。随着一级催化剂的老化，它的效率会降低。因此，在生产活动结束时，氧化亚氮的排放量会增加（Kollmuss 和 Lazarus, 2010）。

表 3.1b: 硝酸生产中生成的氧化亚氮

根据清洁发展机制执行理事会下设的方法学小组 2012 年提供的信息，清洁发展机制工厂在硝酸生产计划中的氧化亚氮生成率差异很大，从每吨硝酸 3.5 到 37.0 千克氧化亚氮不等，所有工厂的平均值为 8.6（UNFCCC 2012）。对于联合履约工厂，可获得的信息较少。此外，西欧国家的大多数 JI 轨道 1 项目必须采用每吨硝酸 1.85 至 2.5 千克氧化亚氮的基准排放系数，这低于常见的氧化亚氮生成率。对于新的 CDM 项目，根据 ACM0019 定义，2.5 也是 2020 年以后的标准基准系数。

数据源	氧化亚氮生成率 【在采取减排措施之前，每个工厂类型的氧化亚氮生成率 (kg N ₂ O/t 硝酸)】		
	低压	中压	高压
2006 IPCC 指南 (IPCC 2006)	5 (+/- 10%)	7 (+/- 20%)	9 (+/- 40%)
采用二级减排的清洁发展机制项目 (2010 年)	8.52	7.86	9.79
采用三级减排的清洁发展机制项目 (2010 年)	8.24	8.05	10.56
所有的清洁发展机制项目 (2010 年)	8.85 (从 3.5 到 37.0)		
联合履约项目 (2010 年)	7.33		
对于已在第一个认证期应用 AM0028 或 AM0034 的工厂，根据 CDM 方法 ACM0019, 2022 年 (2030 年) 的默认 BL。	3.7 (2.5)	6.6 (5.0)	10.8 (9.2)
从 2020 年起，根据 CDM 方法 ACM0019 的新 BL 值	2.5	2.5	2.5

来源：表格取自 Oeko-Institut (2014)，基于 IPCC (2006)、Debor 等人 (2010) 和 UNFCCC (2012 年获得的项目信息) 的信息。ACM0019 的数据取自最新版本 4，UNFCCC (2018)。

氧化亚氮的全球升温潜能值为 265-298 (IPCC AR4/AR5)，是一种强效温室气体，因此受到各种旨在减少氧化亚氮排放的法规和政策工具的约束。⇒本文件的第一部分 [1] 介绍了针对欧洲己二酸和硝酸生产中的氧化亚氮排放的主要政策工具。按照时间顺序，它们包括：

- 监管行业应用最佳可用技术 (BAT)，并将排放水平降低到规定的阈值以下 (IPPC 指令)。
- 通过允许产生有价值的碳信用来提供货币激励 (JI 计划，自愿)。
- 让工厂运营者每年为他们的温室气体排放交出排放配额 (EU-ETS，强制)。

在欧盟边界之外，《京都议定书》中基于项目的工具 CDM (清洁发展机制) 和 JI (联合履约) 在 2005-2020 年间为工厂业主提供了安装氧化亚氮减排技术的激励。尽管由于碳信用价格的波动 (最终下降)，其强度也有所不同。在任何情况下，联合履约和清洁发展机制项目的公开数据 (己二酸项目有 7 个，硝酸项目有大约 150 个) 构成了研究应用技术、减排水平和成本的丰富资源。各个研究机构在过去已经做了全面的研究，我们在下面的章节中会用到这些已有的研究。

2 减排方案

对于氧化亚氮的减排，有几个可用选择，其中有几个已应用多年。

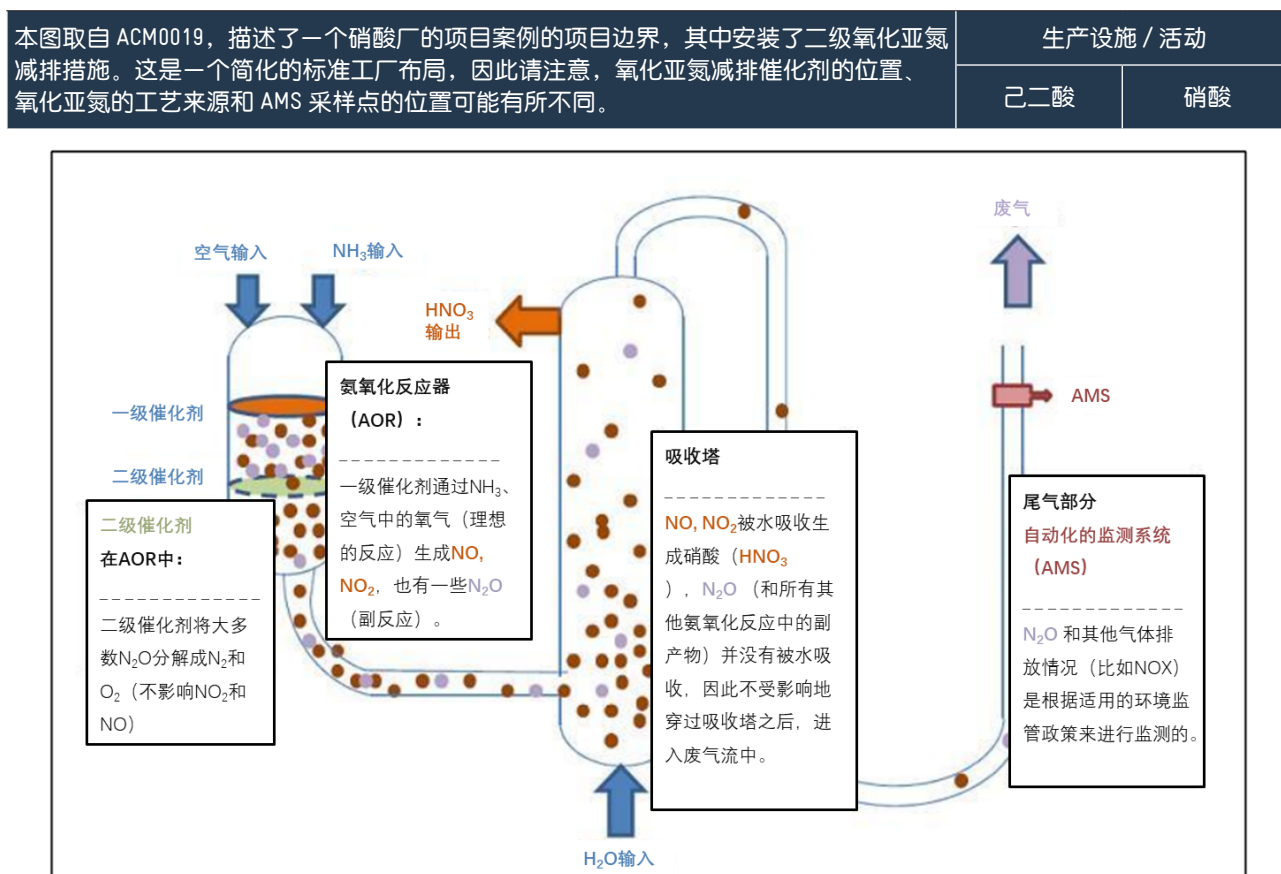
表 3.2: 减排方案概览表

下表列出了德国可用的和现有的减排方案。随着更多补充和改进现有减排技术的方法出现，这个范围正在扩大。对于减排方案 C、D、E 和 F，我们将在随后的段落中作进一步解释。减排方案通常可以结合使用，例如，在德国二级和三级减排一起使用的情况。	生产设施 / 活动	
	己二酸	硝酸
A) 在硝酸生产中使用来自己二酸尾气的氧化亚氮： 如上所述，废气中含有大量的氧化亚氮，可以在硝酸生产厂进行处理。二级和三级减排可以被应用，包括进一步创新的再利用类型 (见下文 F)。		
B) 通过提高催化效率进行初级减排： 定期更新硝酸生产设施中的初级催化剂确实可以减少氧化亚氮的形成。工厂的操作人员经常这样做，以保持生产的高效水平。		
C) 二次催化分解： 在德国和世界各地 (在清洁发展机制下)，对硝酸生产中的氧化亚氮进行二次催化分解被广泛采用。在这里，氧化反应器中的催化剂会分解初级反应中形成的氧化亚氮。		
D) 优化二级减排： 二级氧化亚氮的减排可以通过自动化和其他运行操作的改变来加强。在这里，整体生产得到了优化，包括催化剂的运行条件。		
E) 三级减排： 三级减排通过使用热分解或催化分解在己二酸和硝酸工厂的废气中分解氧化亚氮。		
F) 将氧化亚氮作为氧化剂 / 反应剂在其他生产过程中重新使用： 废气中的高浓度氧化亚氮可以 (在分离 / 浓缩后) 用于氧化亚氮作为反应物的过程。		

2.1 二级催化分解

二级催化减排技术的首次实施通常指在一级催化剂的下方安装一个篮子。篮子里装的是选择性催化剂，在反应器中 800°C 以上的操作温度下，将氧化亚氮分解成氮气和氧气。

表 3.2.1.1a: 二级减排



来源：UNFCCC (2018)，图 1。

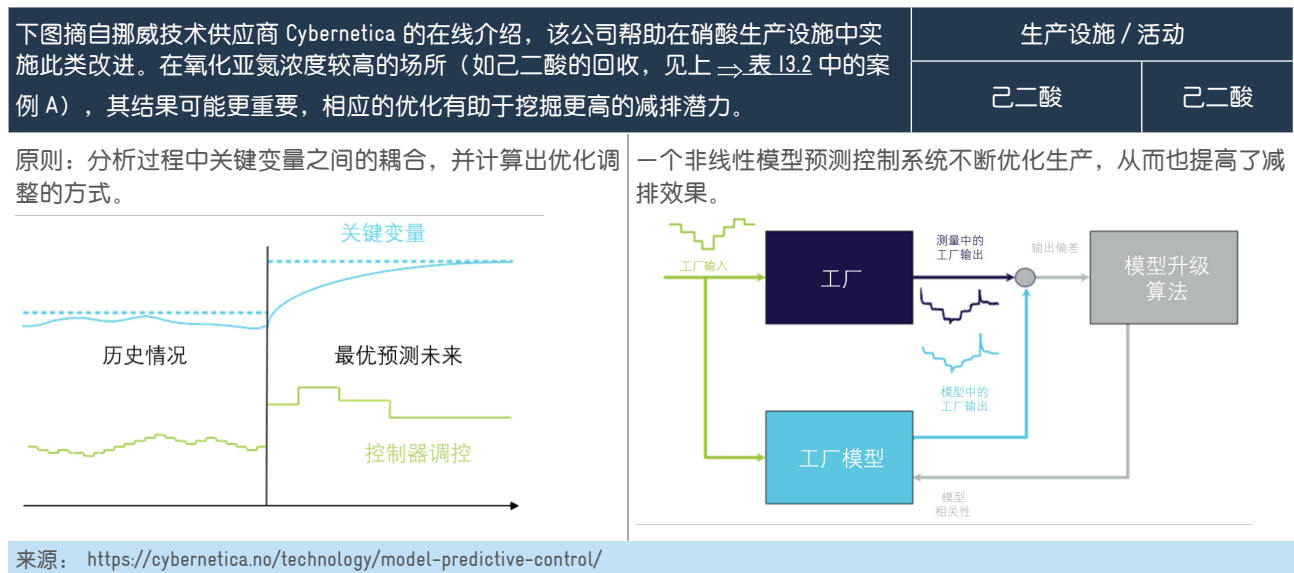
随着时间的推移，二级催化剂的减排效率下降。一旦减排率过低，工厂的操作人员会更换部分催化剂颗粒，或在其上面添加额外的颗粒。巴斯夫是二级减排技术的主要生产商之一，该公司表示它的一类主要产品的使用寿命为 5-10 年。根据 NACAG 的信息，一般来说，更换周期从 3 到 10 年不等，与减排产品的属性和工厂环境有关。通常情况下，技术供应商能保证一定的减排效率水平。

2.2 通过优化二级减排来增强减排效果

采用二级减排技术的工厂运营者可以通过优化其设施中的相关操作条件来提高催化反应的效率。巴斯夫自 2015 年起参与了旨在节约能源和原材料的跨行业研究项目 (RECOBA)。这个由欧盟资助的公私合作项目有助于开发和应用最先进的数字化技术来进行工艺优化。巴斯夫也开始以此优化其在路德维希港工厂的己二酸生产中的氧化亚氮排放。

通过使用基于模型的过程控制 / 数字化工具，产品的质量规格以及该过程中的输入和进一步的输出被密切监测、检查，然后不断控制和优化。遵循一个最佳的流程路径可能有助于实现巨大的改进。

图 3.2.1.2: 基于模型的过程控制



2.3 三级减排

三级减排是指硝酸工厂废气中氧化亚氮的分解。根据技术环境和废气参数（温度、氧化亚氮浓度、需要与 NO_x 减排相结合），应用不同的技术，这些技术又可以分为热分解和催化氧化亚氮分解。

催化分解包括选择性催化还原 (SCR) 或非选择性催化还原 (NSCR) 催化剂。热还原包括使用火焰燃烧器来分解氧化亚氮。

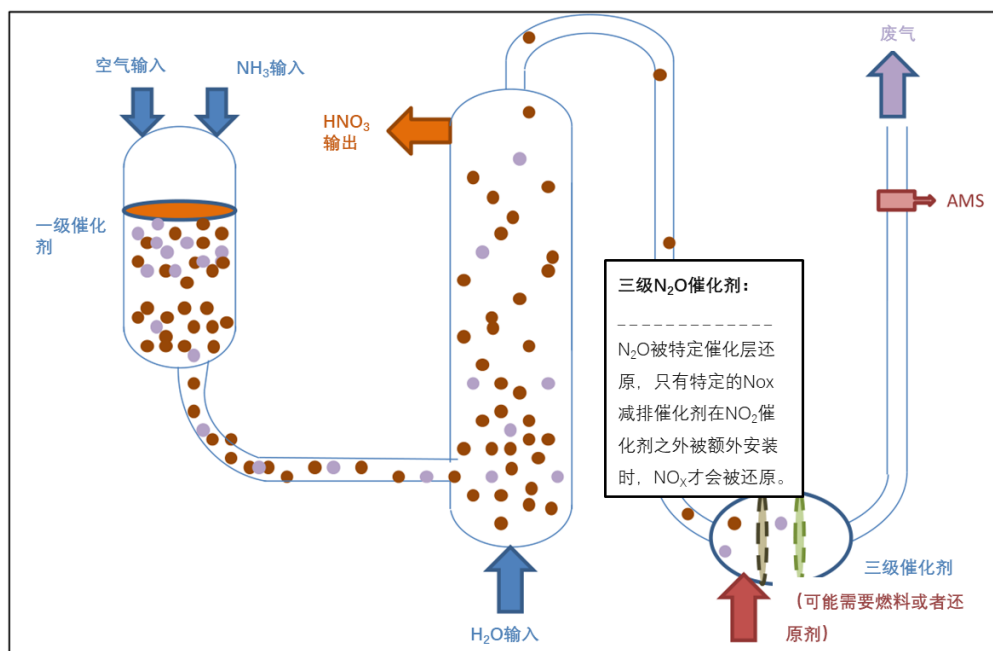
图 III.2.1.3: 三级减排

该图取自 ACM0019，描绘了硝酸厂项目案例的项目边界，其中安装了三级氧化亚氮减排措施。另请注意，这是一个简化的标准工厂布局，因此氧化亚氮减排催化剂的位置、氧化亚氮的过程来源和 AMS 采样点的位置可能会有所不同。该系统通常也适用于己二酸生产设施。

生产设施 / 活动

己二酸

硝酸



来源： UNFCCC (2018), 图 2。

催化和热减排技术也适用于从己二酸生产中去除氧化亚氮。尾气中氧化亚氮减排的一个关键特征是，实际生产过程在减排设施的安装和运行期间都不受影响，并且理论上即使在后者停机 / 故障的情况下也可以继续进行。然而，由于三级减排意味着安装和运行专用减排设施（可能包括进一步的运营投入，如天然气或氨和催化剂），因此投资和运营成本通常高于硝酸厂的二级减排。

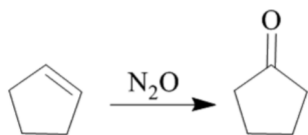
根据 NACAG 获得的数据，77% 的已注册 CDM 项目采用二级技术，其余 23% 采用三级技术。

2.4 氧化亚氮在其他生产过程中作为氧化剂 / 反应物的再利用

开创性的工艺可能有助于将氧化亚氮转化为工业生产的宝贵原料。德国化工公司巴斯夫对 2009 年在德国路德维希港启动了新的中间体环戊酮 (CPon) 和环十二酮 (CDon) 生产设施，投资超过 1 亿欧元。该工厂的亮点：采用新的合成路径，氧化亚氮首次大规模用于氧化。氧化亚氮来自附近不同的己二酸生产地点。

图 3.2.1.4: 氧化亚氮对环戊烯的非催化氧化

自 1948 年以来，人们多次尝试使用氧化亚氮作为选择性氧化剂。直到在 2009 年，巴斯夫才成功在 CPon/CDon 生产中实现了行业规模的快速合成。



该工厂的新技术是为巴斯夫的网络量身定制的。氧化亚氮允许环戊烯的未催化氧化。仅此一项就可使该过程可持续且环保（只有很少的废物和废水）。与传统的生产工艺相比，它也被证明具有成本效益。专利申请的效率显著提高，因为它只需要三个合成阶段，而不是通常的五个。

来源：BASF (2010), Ullmann's (2015)

3 减排效率

一般来说，催化剂的减排效率可达 99%。实践经验表明，在完美条件下运行的三级催化剂可以实现这一目标。例如，德国硝酸生产商朗盛在 2021 年与 CDP 投资者沟通中披露，它设法消除了氧化亚氮减排系统的任何停机时间，从而实现了几乎 100% 的平均减排效率。在所有情况下，必须强调的是，两种催化剂最终达到的效率水平取决于硝酸工厂的具体情况和条件。

表 3.3a: 减排信息概览

下表收集了关于减排技术选项 B/C 和 E 的减排率的可用信息。请注意，此数据要么来自 CDM 经验，要么来自技术提供商——如果没有将会另行说明。

B) 通过提高催化效率进行初级减排：

硝酸生产设施中主催化剂的定期更新确实减少了氧化亚氮的形成。工厂操作员经常应用这种方法来保持高效率的生产水平。根据 2009 年的数据，初级催化网的改进可将氧化亚氮的形成降低 30-40%。

C) 二次催化分解：

一般来说，可实现的减排率取决于硝酸装置的设计和操作系统以及二级催化剂的安装方式。

二次催化剂的减排效率估计在 80% 到 90% 的量级。然而，在实践中，来自 CDM 工厂的数据也表明有低至 50% 左右的低性能值。CDP 2010 年之前的数据也仅表明平均减排效率为 70%。根据最近的 EU ETS 和 JI 实施经验，作者知道超过 90% 的减排是可能的，而且经常超过。但必须注意的是，尽管催化剂随着时间的推移而老化，减排率也会下降，但是现在采取措施的话（见上文 III.2.1.1），例如，德国技术供应商 Haereus 表示，在其催化剂达到常规使用寿命后，减排率仍为 80%。

E) 三级减排：

三级减排通过使用己二酸和硝酸工厂废气中的热分解或催化分解来破坏氧化亚氮。根据 2010 年编制的数据库，它可以减少 90% 以上的氧化亚氮排放，但与二次减排相比，投资和运营成本更高，技术要求更高。来自已注册 CDM 项目的数据库仍然表明平均减排效率仅为 86%。这一情况已有所改善：根据 NACAG 的数据，一些供应商表示可能的减排率高达 99%（壳牌或科莱恩）。三级减排效率的最新 CDM 平均值为 94%。

来源：NACAG (2019); Oeko-Institut (2014)

4 减排成本和经济激励

出于不同的原因，人们在不同的水平对减排成本进行了研究。广泛使用的来源是项目设计文件 (PDD)，这些文件（大部分）在 CDM 和 JI 项目批准期间发布。此外，在 2013 年将己二酸和硝酸工厂纳入欧洲排放交易计划 (EU ETS) 时，已对氧化亚氮减排成本进行分析 (Ecofys 2009)，以便为政策设计提供信息。

表 3.4a: 己二酸和硝酸项目的减排成本 (EUR/tCO_{2e})

Oeko-Institut (2014) 的一项研究很好地概述了技术减排成本。我们将此表作为不同情景下技术减排成本的参考（考虑不同的情况，下的成本差异，如工厂规模和国家之间）。
请注意：技术减排的总成本包括 CAPEX、OPEX 以及实施温室气体减排（例如，销售氧化亚氮分解产生的蒸汽）所产生的收入或被节约的成本（以 10 年为基础）。

技术减排 总成本 EUR/t CO _{2e}	工厂 / 技术类型	己二酸	硝酸 (二级)	硝酸 (三级)
	方案			
	低	0.11	0.20	0.79
	中	0.29	0.89	3.18
	高	1.19	8.81	11.15

来源：Oeko-Institut (2014)

描述的范围很好地涵盖了其他研究 (Winiwater 2018) 得出的每吨二氧化碳当量的平均成本，并且与自身的项目经验关联。对于己二酸，由于氧化亚氮浓度高，因此特定的减排成本非常低，减排杠杆很大。不过，硝酸的减排成本较高。2018 年，NACAG 的一项专门成本分析帮助分析了这一点。它还讨论了硝酸厂催化氧化亚氮减排系统的技术安装和维护成本，如下表所示。

表 3.4b: 硝酸项目减排成本 (EUR/tCO_{2e})

该表总结了 NACAG 报告的结果。成本范围适用于初始成本（安装成本，包括 2 年的运行 / 维护）和随后的 10 年（括号内）。介绍了两种主要技术类型（二级和三级）和三种不同的工厂案例（小型高压、中型中压、大型中压）的结果。其中，已经做出了几个一般假设，包括 300 天的运行时间和 80% 的工厂利用率。此外，表中显示了更具体的假设（斜体字）。

减排总成本 EUR/t CO _{2e}	方案	技术	二级减排 最初 2 年 (随后 10 年) 减排率: 75 %	三级减排 最初 2 年 (随后 10 年) 减排率: 95 %
		200 t/d 高压工厂		3.2 - 3.7 (1.1 - 1.4)
	500 t/d 中压工厂		1.5 - 2.0 (0.3 - 0.4)	3.9 - 5.9 (0.4 - 0.8)
	1000 t/d 中压工厂		1.2 - 1.6 (0.2 - 0.3)	2.7 - 4.1 (0.3 - 0.6)

来源：NACAG (2018)

Oeko-Institut (2014 年) 和 NACAG 倡议 (2018 年) 引用的图表无法轻易比较——尤其是因为后者的研究包括更多的成本参数，包括抵消项目的交易成本。但似乎很明显，以二级减排为代表的成本已经大大降低，最

初两年的最高成本为 3.7 欧元 / 吨二氧化碳当量，而 2014 年的研究表明成本几乎是该成本的两倍（不包括交易成本）。

NACAG 研究的结果还显示，三级减排技术的前期成本很高。估算的减排率似乎相对低些（二级减排 75%，三级减排 95%），考虑到 ETS 经验中远高于 90% 的二级减排效率和几乎 99% 的三级减排效率。公平地说，NACAG 给出的成本估算相当保守。

根据我们在本文件 ⇒ [第 1 部分 \[1.2\]](#) 中包含的氧化亚氮减排项目的两个案例研究，以及上面给出的减排成本摘要，我们得出一个简单的结论：一旦被合规制度覆盖或符合自愿碳定价计划的条件，并且价格合理，氧化亚氮减排技术的安装和运行成为己二酸和硝酸工厂经济可行的选择。

参考文献

Carbon Leakage. European Commission. https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/carbon-leakage_en.

Climate Action Reserve. (2020): Adipic Acid Production Protocol, Appendix B (Evaluation of Leakage Potential). <https://www.climateactionreserve.org/wp-content/uploads/2020/07/Adipic-Acid-Production-Protocol-V1.0-for-Public-Comment.pdf>.

DEHSt (2017): Projects
https://www.dehst.de/EN/climate-projects_maritime-transport/project-mechanisms/project-database/projectdetails_node.html?cms_idProjekt=3168.

DEHSt (2019): Kontinuierliche Emissionsüberwachung Statuskennung und Klassierung.

DEHSt (2019): Scope of the Greenhouse Gas Emissions Trading Act (TEHG): Information from the German Emissions Trading Authority (DEHSt), https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/stationaere_anlagen/TEHG-Anwendungsbereich.pdf?__blob=publicationFile&v=12.

DEHSt (2020): Treibhausgasemissionen 2020 - Emissionshandelspflichtige stationäre Anlagen und Luftverkehr in Deutschland (VET-Bericht 2020)

DEHSt (2021): Guidance on the preparation of monitoring plans and emissions reports for stationary installations 4th trading period (2021-2030) of the European emissions trading scheme, https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/stationaere_anlagen/2021-2030/Ueberwachungsplan_Leitfaden.pdf?__blob=publicationFile&v=8

Ecofys et al. (2009): Methodology for the free allocation of emission allowances in the EU ETS post 2012. Sector report for the chemical industry. https://ec.europa.eu/clima/document/download/b5e9cb5a-ff10-4a89-a083-e69663b708d3_en.

EU COM (2015): ETS handbook, https://ec.europa.eu/clima/system/files/2017-03/ets_handbook_en.pdf [Please note that the information contained in the handbook reflects the status quo at the time of its publication in 2015.]

EU Commission (2021): Update of benchmark values for the years 2021-2025 of phase 4 of the EU ETS, Benchmark curves and key parameters.

EU ETS Directive (2018): Regulations. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R2066&from=EN>.

EU ETS Handbook (2015): ClimateAction. PDF download at https://ec.europa.eu/clima/document/download/8cabb4e7-19d7-45bd-8044-c0dcc1a64243_en.

EUR-Lex. Commission Implementing Regulation of 12 March 2021 determining revised benchmark values for free allocation of emission allowances for the period from 2021 to 2025, see http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2021/447/oj.

EUR-Lex. Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003, see <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2003/87/2018-04-08>.

EUROPA - Environment - Kyoto Protocol - European Union Transaction Log.” *Ec.europa.eu*, ec.europa.eu/clima/ets/oha.do.

European Union (2015): EU ETS Handbook.

European IPPC Bureau (2022): <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/>.

Frondel, M., Janßen-Timmen, R., & Ritter, N. (2013). *Die Klimavorsorgeverpflichtung der deutschen Wirtschaft: Monitoringbericht 2011 und 2012. Verifikation der Vereinbarung zwischen der Regierung der Bundesrepublik Deutschland und der deutschen Wirtschaft zur Klimavorsorge*. RWI Projektberichte.

German Ministry for the Environment (2017): Bundeseinheitliche Praxis bei der Überwachung der Emissionen (RdSchr. d. BMUB v. 23.1.2017 – IG I 2 – 45053/5)

Journal of the European Union, EUR-Lex (2022). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:02018R2066-20220101&from=EN>

KEMS-Arbeitshilfe (2018): Use of continuous Emission Measurement Systems (KEMS) for the determination of CO₂-emissions: Experiences and assessments of the German Trading Authority (DEHSt), https://www.dehst.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/Erfahrungsbericht_KEMS.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

klimaDOCK (2018): Influence of N₂O abatement on production cost of fertilizers and long term perspective of continued abatement activities, prepared for NACAG.

Model Predictive Control. *Cybernetica*. <https://cybernetica.no/technology/model-predictive-control/>

NACAG (2019): N₂O Abatement Technologies (FOR INTERNAL USE ONLY).

NEP CCC CDM/JI Pipeline Analysis and Database. (2022). *Cdmpipeline.org*, cdmpipeline.org/.

Öko Institut e.V. (2014): Options for continuing GHG abatement from CDM and JI industrial gas projects.

Söllner, F. (2002): Die Selbstverpflichtung als umweltpolitisches Instrument. *Wirtschaftsdienst*, 82(8), 478-485, <https://www.wirtschaftsdienst.eu/pdf-download/jahr/2002/heft/8/beitrag/die-selbstverpflichtung-als-umweltpolitisches-instrument.html>.

Teles, J. H. et al. (2000): Oxidation. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*, 1-103.

Umweltbundesamt (2022): Distickstoffoxid-Emissionen. <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland/distickstoffoxid-emissionen>.

UNFCCC (2012): CDM Glossary (CDM-EB07-A04-GLOS).

UNFCCC (2018): Large-scale Consolidated Methodology - N₂O abatement from nitric acid production (ACM0019).

Winiwarter, W., Höglund-Isaksson, L., Klimont, Z., Schöpp, W., & Amann, M. (2018). Technical opportunities to reduce global anthropogenic emissions of nitrous oxide. *Environmental research letters*, 13(1), 014011.

术语表

此处对术语的解释或为自己的理解，或根据括号中引文的信息进行了提炼 / 调整。

认证 (Accreditation): 指的是国家级认证机构检验一个核查员满足统一标准的要求，法规 (EC) No 765/2008 中第 2 节第 9 点指出相关内涵，这一法规对核查运营者遵循法规要求的报告作出相关规定。[AVR, Art. 3(3)]

认证与核查法规 (Accreditation and Verification Regulation, AVR): 设置了欧盟内认证机构对核查者进行认证的规则 [AVR, Art. 3(3)]

被认证的独立机构 (Accredited Independent Entity, AIEs): 根据国际标准，查者被认定可在联合履约机制监督委员会 (下称 JISC) 下确定的项目范围中执业。审查者确保减排量满足京都议定书和联合履约指南中要求。对核查者更多的介绍，也可在下文中找到。

配额单位 (Assigned Amount Unit, AAU): 这是京都议定书中确定的排放权利，附件 B 中的国家可使用 AAUs 来实现京都议定书第三节第一段中规定的义务。[ETS 手册]

自动测量系统 (Automated Measuring System, AMS): 详见下文中连续排放监测的定义。

最佳可行技术 (Best Available Technology, BATs): 符合温室气体排放许可的排放预防或控制的先进技术 [欧盟碳市场指令，附件 IV, 22b]

最佳可行技术参考文件 (Best Available Techniques Reference Documents, BREF): 代表塞维利亚进程的结果，BREFs 主要覆盖特定的农业、工业活动，这样的 BREFs 被称为“行业 BREFs”。

清洁发展机制 (Clean Development Mechanism, CDM): 在京都议定书下的一个灵活机制，通过向发展中国家或新工业化国家的项目进行投资，允许国家或者企业收购核证减排量 (CER) 来实现他们的减排承诺。[ETS 手册]

主管当局 (Competent Authority)：当局负责管理排放交易机制，包括审查报告和监管市场。更广义上，主管当局的内涵还包括他在 MRV 系统中分担的责任，可参考 II.1.3.2 章节中的内容。[ETS 手册]

合规 (Compliance)：检查是否符合减排义务的体系，其中包括：如果一个国家或者一个运营者没有完成法律体系中列出的减排义务，一些要实施的措施和处罚行动。

连续排放监测系统 (Continuous Emissions Monitoring System, CEMS)：一个 CEMS 要求监测两个要素，测量点的温室气体浓度和气流量。CEMS 每小时自动记录和收集测量数据。

二氧化碳当量 (Carbon Dioxide Equivalent, CO_{2e})：对不同温室气体的全球升温潜势核算的标准测量单位。二氧化碳是测量其他温室气体时的参照气，根据 IPCC(AR4/AR5)，氧化亚氮的全球升温潜势为 265-298。[ETS 手册]

指定通讯点 (Designated Focal Point, DFP)：参见上文中主管当局定义。

排放 (Emissions)：设施中的源头将温室气体释放到大气中…附件 I 中列出了这一活动中的气体 [欧盟碳市场指令，第 3b 节]

排放限值 (Emissions Limit Values, ELVs)：基于校准和绩效检查而设置的必要参数，在一个或多个周期下，不能被超过的一个量。[欧盟碳市场指令，第 60 节]

减排单位 (Emission Reduction Unit, ERU)：用来完成联合履约项目的排放信用。[碳市场手册]

排放报告 (Emission Report)：该文件以年为单位地提供运营者温室气体排放量的信息。他需要被一家被认证的独立核查机构核查。[碳市场手册]

排放源 (Emissions sources)：设施中被分别识别的部分或设施中的一个过程，温室气体在这里被排放…… [MRR，第 3 (5) 节]

欧盟配额 (European Union Allowances, EUA)：指欧盟排放交易体系中定义的排放配额，设施运营者根据排放监测结果，交出排放配额完成相关义务。[碳市场手册]

欧盟排放交易指令 (EU ETD)：这一核心指令构建了欧盟的排放交易体系 (EU ETS)，以在欧盟范围内实现经济高效的温室气体排放目标。[碳市场手册]

欧盟排放交易体系 / 欧盟碳市场 (EU ETS)：欧盟范围内的“总量管控与交易”体系。它限制了占欧盟温室气体排放大约 50% 的设施的排放总量。这一体系允许排放配额交易，低成本的减排措施可因此被采用。[碳市场手册]

欧盟监测和报告法规 (European Union Monitoring and Reporting Regulation)：指活动排放监测方法的相关规则，其中的要素包括排放源和源流，活动数据，净热值，排放因子，成分数据，氧化系数和转化系数。[碳市场手册]

温室气体 (Greenhouse Gases, GHG) : 在附件 II 中列出的气体和大气中的其他气体成分, 可以吸收并再反射紫外线, 包括自然的和人工的气体。[碳市场指令, 第 3c 节]

设施 (Installation) : 指固定的技术单元, 一个或多个附件 I 中的活动在此进行, 以及任何其他与此处进行的活动直接关联的活动, 并且这些活动会对排放和污染产生影响。[碳市场指令, 第 3e 节]

联合履约监督委员会 (Joint Implementation Supervisory Committee, JISC) : 监督轨道 2 的运营操作, 并处于京都议定书缔约方大会的监管和领导之下。它确定了联合履约指南之外的流程规则, 为项目文档、对 MRV 指南的关注和独立机构认证提供了模板。(详见上文)

联合履约 (Joint Implementation, JI) : 联合履约是京都议定书下的一个灵活机制, 允许国家或企业收购减排项目中产生的减排单位 (ERUs), 从而抵消自身排放。联合履约项目是由在京都议定书下许下减排承诺的国家来落实。[碳市场手册]

京都议定书 (Kyoto Protocol) : 于 1997 年通过, 它要求, 从 2008 年到 2012 年间的第一个承诺期内, 39 个工业化国家要使对气候有害的气体排放比 1990 年的水平降低 5%。议定书于 2005 年 2 月 16 日生效。在它的第一个承诺期, 欧盟必须要在 2008 年到 2012 年间比 1990 年的排放水平降低 8%。[碳市场手册]

不当陈述 (Misstatements) : 报告排放数据中的错误、疏漏和错误表达。

监测, 报告与核查 (Monitoring, Reporting and Verification, MRV) : 完整、连续、精确且透明的监测、报告和认证系统, 对于为排放交易系统构建信任是十分重要的。

运营者 (Operator) : 任何操作或者控制设施的人, 或者在国家立法规定的情况下, 设施技术运营的决定性经济权力下放的对象 [碳市场指令, 第 3f 节]。对于运营者更多的解释, 也包括他们在 MRV 系统中扮演的角色和承担的责任, 请参考 II.1.3.2 部分。

项目边界 (Project boundary) : 对于 CDM 或者 JI 项目活动, 遵循 CDM/JI 规则和要求, 在项目参与者的控制之下, 来自排放源典型的人为温室气体排放, 并可合理追溯到项目活动中。[CDM 执行董事会术语表]

源流 (Source stream) : 指使用特定的燃料类型、原材料或产品后, 导致一个或多个排放源的温室气体排放升高, 或者燃料类型、原材料或产品中含有碳或者包含在根据质量平衡法的温室气体排放计算中。[MRR, 第 3 (4) 节]

项目活动 (Project activity) : 指一个或多个附件 I 中缔约方批准的项目活动, 这些活动遵循京都议定书中第 6 节或第 12 节的内容, 以及根据 UNFCCC 或者京都议定书被采纳的决议。[碳市场指令, 第 3 i 节]

核查者 (Verifier) : 指实施核查活动的法人或其他法律实体, 这些机构通过认证系统认证。对于核查者的更多解释, 包括他们在 MRV 系统中扮演的角色和分担的责任, 请参考 II.1.3.2 部分。

附录

附录一 -1a- 关于在国家清单中使用排放交易计划数据

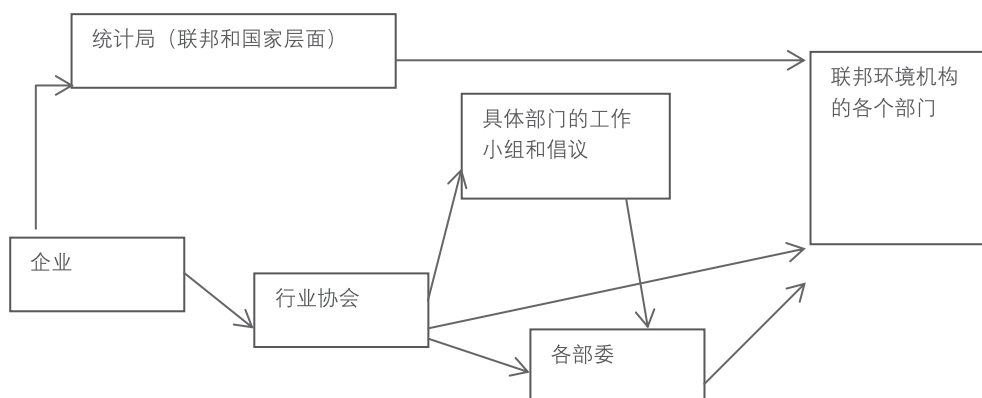
作为《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)的缔约国,德国自1994年以来必须保持一份全面的国家排放清单,并编制一份年度报告(NIR——国家清单报告)。这份清单是各国跟踪长期排放的关键工具,而且自《京都议定书》以来,它还能说明相对于气候目标的排放状况。国家清单报告不仅应介绍清单的结果,还应载有关于编制温室气体清单整个过程的详细和完整的信息,包括方法和来源、质量保证、不确定性估计以及对前几年和基准年(1990/1995年)数据的回溯计算。

编制国家GHG清单最重要的方法基础是2006年IPCC国家温室气体清单指南和IPCC良好做法指南。德国建立了一个全面复杂的程序和机构系统,能够每年更新国家清单,以及及时和可靠的方式发布统一的报告和所需的数据。这一国家系统在2007年至2011年的过程中已经制度化,包括相关部委的国务秘书与联邦机构、行业协会和个别公司之间的协议。

这种系统的关键挑战显然是可用于排放量计算的数据的可用性。根据IPCC指南,排放量计算基于以下原则:

$$\text{活动数据} * \text{排放系数} = \text{排放量}$$

活动数据和排放数据在适用的情况下(来自自己的计算/测量、ETS监控和报告)通过不同的途径从公司到达主管部门(联邦环境署)(示例性图表):



在欧盟排放交易体系下,企业也每年向德国排放交易局(也是联邦环境署的一个部门)报告排放量。然而,作为国家清单数据收集过程的一部分,尚未建立起其与排放交易系统数据的直接或自动链接。排放交易计划数据更多地被用作维护国家清单相关质量保证程序的一部分。主管部门之间建立了一致的工作流程,以便利用排放交易系统数据对清单数据进行年度核查。²⁸

28 详见德国 NIR 2020 的 1.3.3.1.8 章节

就一氧化二氮排放而言，硝酸和己二酸工厂的运营者向相关行业协会提供个人数据（产量和排放系数），行业协会汇总这些数据，并以匿名形式转发给联邦环境署。在某些情况下，公司根据一致的协议直接向机构报告。这样，就达到了 IPCC 指南的第三级高标准。德国没有报告两个己内酰胺工厂的氧化亚氮排放量，因为它们被认为是不相关的。²⁹

附件 I-1b- 联合履约（2008-2012）简介

《京都议定书》下的联合履约：联合履约是《京都议定书》下两个基于项目的抵消机制之一。它允许一个在《京都议定书》下作出减排或限制承诺的国家（附件 B 缔约方）从另一个附件 B 缔约方的减排项目中赚取减排单位，每个单位相当于一吨二氧化碳，可用于实现其京都目标。因此，联合履约应该为各国提供一种灵活和具有成本效益的方式来履行其京都承诺的一部分，同时东道国从外国投资和技术转让中受益。

配额单位对应的排减单位：在《京都议定书》之下，作出承诺的国家（附件 B 缔约方）接受了限制或减少排放的目标。这些目标表示为 2008-2012 年承诺期的允许排放水平或“分配数量”。允许排放量分为“配额单位”（AAU）。对于每一个发放的 ERU，东道国必须取消一个配额单位。因此，如果一个联合履约项目被高估或不是额外的，东道国将不得不弥补差额并参与更多的减排行动。

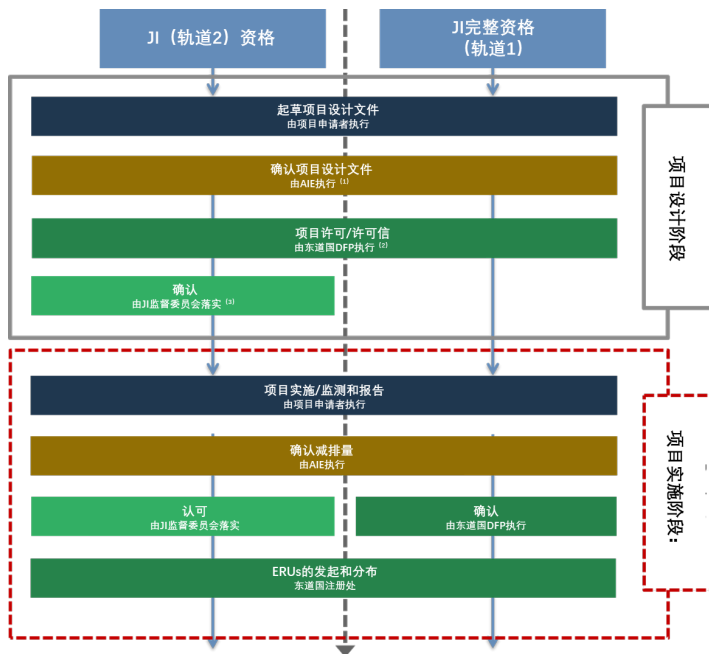
轨道 1 联合履约：联合履约项目可以在两个不同的轨道下实施。所谓的轨道 1 程序通常被称为“简化的”联合履约程序，实际上是缔约方在起草联合履约指南时设想的原始标准模式。它允许缔约方在没有国际监督的情况下，为批准项目和发放排减单位制定自己的规则。原则上，轨道 1 可用于符合联合履约指南所列所有资格要求的任何特定联合履约东道国。除此之外，这种完全合格的地位只给予满足要求的缔约方，他们要提交了所要求的最新排放清单并对配量单位进行了准确核算。迄今为止，97% 的排减单位是在轨道 1 体系下发放的，包括德国己二酸和硝酸厂联合履约项目的排减单位。

29 详见德国 NIR 2020 的 4.3.4.2 章节

Figure A1: 主要联合履约特点

欧盟和德国实施的联合履约（此处：轨道 1）具有以下特点：

- 对现有的 CDM 方法和新的项目特定方法开放。
- 《京都议定书》下的抵消机制（基线和入计型）——促进附件 A 缔约方的履约。
- 基于自下而上的项目开发流程。
- 东道国根据国家政策条件、优先事项和利益调整履约（联合履约轨道 1）。
- 为东道国的长期和短期减排合规 / 排放状况带来潜在净收益。



说明：FutureCamp 2022/2016

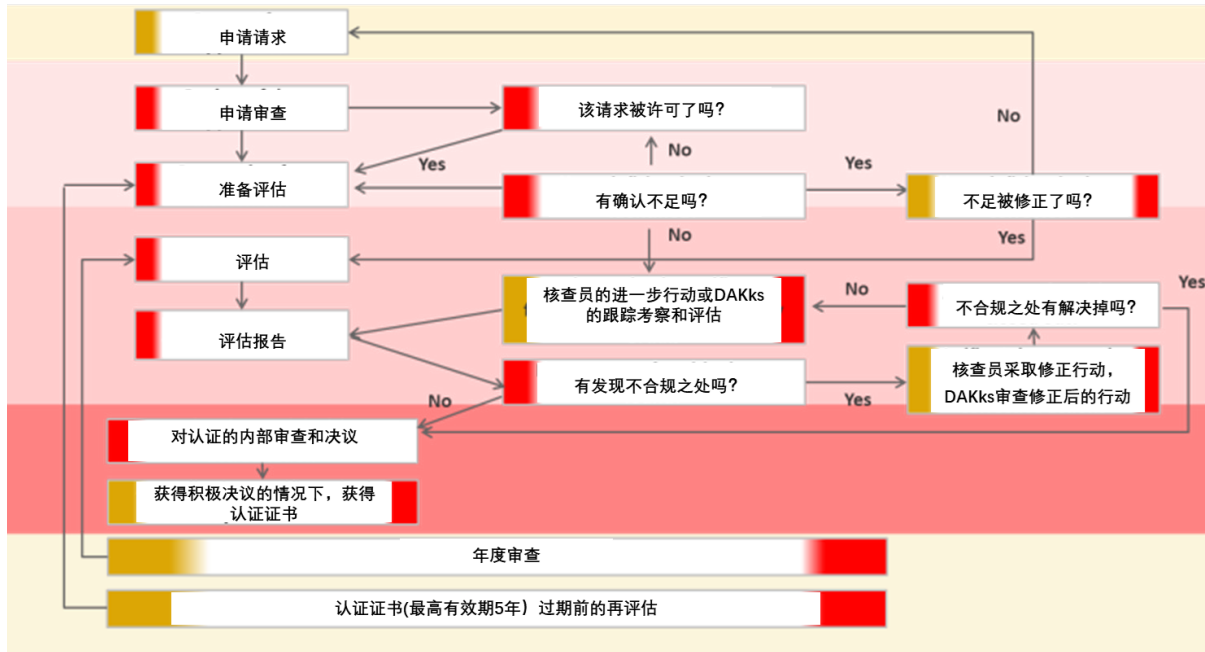
附录二 -4 - 评审制度简述

在监管方面，欧盟排放交易计划使用一个综合系统，由经认证的核查人员执行核查工作，由国家认证机构（在德国：DAKks）管理认证和核查的持续质量保证，由主管部门进行监管。在这套 ⇒ 分担的责任中 [II. 1.3.2]，认证本身发挥着重要作用。

通过认证，核查人员的公正性、技术能力、对适用法规的了解以及保持适当的内部决策程序都得到了检验和监督。定期的重新评估也遵循同样的规则。标准的年度监督过程通常包括见证审计，DAKks 的审计员在工作执行过程中陪同被认可的核查员，并在核查员的场所检查内部管理系统。此外，可能会有特殊的评估，DAKks 的审核员会根据对核查员的投诉等情况进行调查。下图说明了 DAKks 实施的持续认证流程。

图 AII.4a: 认证程序

首次认证过程通常需要 6 至 12 个月。它从一个核查员的申请开始，直到最终被 DAKks 认证。



- 核查员在出具核查报告时必须得到认证。
- 对具有类似复杂性、行业类型和技术特点的活动给予认证。例如，对于 CEMS 的监测，审核员团队必须能够利用相关的专家知识，如 II.4 节所示。
- 如果核查人员不能满足适用规则规定的监管要求，DAKks 必须采取行动，即暂时中止、永久撤销其证书或减少其认证范围。

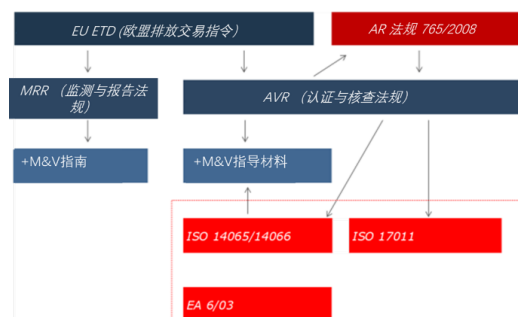
来源：改编自《反倾销法解释指南》（EGD I）中的图 8。

规定认证的法律框架是各种法规和标准的相互关联。下图说明了这一点。

图 AII.4b: 认证的法律基础

认证和核查的主要法规包括作为 MRR 和 AVR 法律基础的 EU ETS 指令。欧盟对 MRR 和 AVR 的指导文件促进了解释。该图解释了进一步的 AV 标准（红色）及其与法律框架的相关性。

- AVR 将 ISO 14065 作为审定和核查机构工作的核心标准。
- AR 765/2008 规定了对认证的要求、认证工作和认证机构的组成。AVR 中的一些要求是针对 ETS 的（例如，关于 DAK 人员的能力）。
- DAKks 在其工作中遵循 AVR 和 AR 765/2008 的要求，以及 ISO 17011（合格评定 - 对认证机构的要求 [...]）中的要求。由欧盟认证合作组织（EA）制定的 EA 6/03 规定了认证机构必须遵循的进一步准则和程序。
- AVR 和 ISO 14065 以及 AVR 和 ISO 17011 之间的相互关系在两份具体的欧盟指导文件（KGD II.8/KGD II.9）中进行了解释。



来源：改编自《反倾销法解释指南》（EGD I）中的图 2。

在机构层面上，DAKks 已经获得了正式认可，并被德国政府授权执行认证任务。不过，认证工作也可以由公共机构直接操作。最终，德国政府会检查 DAKks 的能力和表现。

该框架中的相关行为者之间也有较大的相互作用。在信息共享方面，DAKks 必须通知 CA 关于暂停核查员的情况。CA 则必须通知 DAKks 关于核查员在其核查工作中不公正地遗漏识别的重大错误。这种信息交流对于促进顺利和有效的核查和认证体系非常重要。

附录三 - 己内酰胺附录

本附录简要总结了有关己内酰胺生产厂家减排措施的信息。它基于一般文献研究和两次对德国经验丰富的产业代表的采访。

从氧化亚氮的形成来看，己内酰胺和硝酸的生产过程是相似的。它由氨氧化生成，并获得一氧化氮或氧化亚氮以进行进一步处理。因此，氧化亚氮排放是所有己内酰胺生产过程的一部分。

在查看减排选项时，我们看到己内酰胺设施的技术解决方案与硝酸和己二酸生产设施所讨论的技术解决方案相同。在考虑总体减排方案时，以下三个因素仍然很重要：首先，己内酰胺装置的废气远多于硝酸的生产。其次，废气中氧化亚氮的浓度也低得多；第三，己内酰胺生产中的废气温度也较低。综合起来，对于三级减排，这些因素意味着需要更多的能量输入才能有效地减排氧化亚氮。

德国和欧洲的实施案例清楚地表明，这些特殊情况并不妨碍三级减排技术的应用。在德国，这两家生产商多年来都使用额外设计的三级减排技术。高温分解后，只剩下非常少量的残留排放物。这些残留排放量非常小，以至于德国决定将己内酰胺设施从其根据《京都议定书》提交给 UNFCCC 的国家清单报告中排除。³⁰



最近的一个创新减排案例是在比利时安特卫普的朗盛（LANXESS）安装了一个节能的集成两步废气处理装置。

表 A-3-1: LANXESS 安特卫普实施案例

LANXESS 己内酰胺工厂通过再生热氧化净化废气，生产己内酰胺作为塑料生产的中间体。	
两步纯化工艺	氧化亚氮首先在 1000 °C 时分解成氮气和氧气。在第二步中，用氨作为还原剂将氮氧化物 (NO _x) 进一步分解为氨和水。后一步骤在 250 至 450 °C 之间的较低温度下进行。
在对外交流中，LANXESS 指出了其创新技术的商业案例。	“[...] 该工厂的热效率很高，这是由专门开发的陶瓷热交换器保证的。它们捕获并储存热氧化过程中使用的热量，以及氧化亚氮和其他氮氧化物分解过程中产生的热量。当热交换器储存了来自清洁气体的热量时，工艺流程改变方向，热交换器则预热进入的废气。这种方向改变随后反复发生。这意味着必须提供的保持过程运行的外部能量大幅减少。” ³¹
投资	一千万欧元
减排量	500 t N ₂ O/ 年

朗盛计划在 2023 年启动第二个设施，每年额外减少 30 万吨二氧化碳当量的排放。在欧洲其他地方也可以找到类似的实施案例，例如在荷兰的 Fibrant。该公司使用来自奥地利格拉茨的技术提供商 CTP 的技术。

30 德国环境署 (2020 年) - 《联合国气候变化框架公约》- 提交: 1990-2018 年德国温室气体清单的国家清单报告, 第 319 页起。

31 LANXESS (2021) “LANXESS inaugurates nitrous oxide reduction plant in Antwerp”, https://lanxess.com/-/media/Project/Lanxess/Corporate-Internet/Media/Press-Releases/2021/02/LANXESS_inaugurates_Nitrous_Oxide_Reduction_Plant_in_Antwerp_EN.pdf

