

环境影响评价中实验室项目废气源强核算方法的探讨

李向亭¹ 王景²

1 中环慧博（北京）国际工程技术咨询有限公司

2 中环联新（北京）环境保护有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i1.2443

[摘要] 实验室项目环境影响评价中,废气源强核算是关键环节,但因其原辅料种类多、用量小、操作流程复杂等特点,核算方法的选择面临诸多挑战。本文基于《污染源源强核算技术指南准则》(HJ884-2018),结合实验室废气排放特征,系统分析了物料衡算法、产污系数法、排污系数法及类比分析法的适用性及局限性。通过案例数据统计与对比研究,提出实验室废气挥发比例建议范围为1%~10%,并推荐优先采用类比分析法。研究结果为环评工作者提供了方法选择依据及实践参考。

[关键词] 实验室项目; 环境影响评价; 废气源强核算; 物料衡算; 类比分析

中图分类号: TU993.3 文献标识码: A

Discussion on the strong accounting method of waste gas source of laboratory project in environmental Impact Assessment

Xiangting Li¹ Jing Wang²

1 Zhonghuan Huibo (Beijing) International Engineering and Technology Consulting Co.,Ltd.

2 Zhonghuan Lianxin(Beijing) Environmental Protection Co.,LTD.

[Abstract] In the environmental impact assessment of laboratory projects, the strong accounting of waste gas source is the key link, but due to the many types of raw materials, small dosage and complex operation process, the selection of accounting methods faces many challenges. Based on the technical Guidelines for Strong Accounting of Pollution sources (HJ 884-2018), combined with the characteristics of laboratory waste gas emission, this paper systematically analyzes the applicability and limitations of material scale algorithm, pollution production coefficient method, pollution discharge coefficient method and analogy analysis method. Through the statistical and comparative study, the proposed range of the volatile ratio of laboratory waste gas is 1%~10%, and the analogy analysis method is preferred. The research results provide the basis for the method selection and the practical reference for the eia workers.

[Key words] laboratory project; environmental impact assessment; strong accounting of waste gas source; material balance; analogy analysis

引言

随着科研活动的快速发展,实验室项目数量激增,其产生的废气、废水和危险废物对环境的潜在影响不容忽视。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021年版)》,涉及实验废气排放的实验室需开展环境影响评价。然而,实验室废气具有污染物种类多、浓度低、排放分散等特点,导致源强核算方法的选择成为环评工作的难点。

目前,污染源源强核算方法包括实测法、物料衡算法、产污系数法、排污系数法及类比分析法等。由于实验室项目多为预评价,实测法与实验法难以实施,因此本文重点探讨其余四类方法的适用场景,并通过案例分析提出优化建议,以期为行业提供科学依据。

1 实验室废气排放特点

随着“十四五”环保规划的实施和碳中和目标的推进,实验室污染物精细化管控成为环境管理重点。截至2024年底,全国登记在册的科研实验室已超12万家,年VOCs排放量达3.2万吨,约占城市面源的5.7%(生态环境部《2024年污染源普查公报》)。然而,实验室废气存在以下核算难点:

多源异构性: 单项目常涉及生化、化学、材料等多学科交叉,污染物种类涵盖VOCs、酸性气体(HCl、NOx)、颗粒物等8大类200余种;

时空波动性: 试剂使用呈间歇性,如高校实验室寒暑假排放量下降60%~80%;

治理技术差异性：活性炭吸附、光催化氧化等工艺去除效率波动大(20%~90%)，需动态修正排污系数。

现有研究多聚焦工业源强核算，对实验室场景适配不足。本文结合最新政策和技术进展，构建适用于实验室废气特性的核算框架。实验室废气产生有以下特征：

实验室研究通常涉及多种化学试剂，但每种试剂的使用量相对较少。这种特点导致实验室废气中污染物种类繁多，但单一污染物浓度通常较低；

实验室研究通常涉及多个操作步骤，如称量、溶解、反应、分离、纯化等。每个步骤都可能产生不同类型的废气。单次实验试剂用量少，但多步骤操作叠加可能导致累积排放；

实验室研究涉及的操作条件，温度、压力、敞露时间等参数影响挥发速率，如加热环节显著增加废气产生量。不同的操作条件可能导致不同的废气产生机制和排放特征。

2 污染源源强核算可采用的方法

2.1 物料衡算法

物料衡算法指根据质量守恒定律，利用物料数量或元素数量在输入端与输出端之间的平衡关系，计算确定污染物单位时间产生量或排放量的方法^[1]。

此方法需要掌握挥发性物料每一次进入下一环节的流失量，但通常在实验室项目中，在器皿之间转移时，器皿的挂壁量难以计量，同时最终的研发品可能只占到原辅料的极小部分，大部分的物料都进入了废水、废气和危险废物，但在各废物中的比例，却难以估量。因此通常情况下，物料衡算法在实验室废气源强核算中采用的是另一个相似的方法，即采用公式计算。

挥发性废气的产生可采用《环境统计手册》(四川科技出版社)的有害物质散发量公式计算，见式1^[2]。

$$G_s = (5.38 + 4.1V) P_H \cdot F \cdot M^{0.5} \quad (式1)$$

式中：G_s——有害物质的散发量，g/h；

V——车间或室内风速，m/s；

P_H——有害物质在室温时的饱和蒸汽压力，mmHg；

F——有害物质的敞露面积；

M——有害物质的分子量。

酸性废气产生量可采用《环境统计手册》(四川科学技术出版社，1985年)中的酸液蒸发量公式计算，见式2。

$$G_z = M(0.000352 + 0.000786V) P \cdot F \quad (式2)$$

其中：G_z——液体蒸发量，kg/h；

V——液蒸发液体表面上的空气流速，m/s；0.5。

P——相应于液体温度下的空气中的蒸气分压力，mmHg。

F——液体蒸发表面积，m²；

M——液体的分子量。

此方法需要详细掌握每个实验流程过程中每种试剂使用时对应的器皿的尺寸、敞开操作时间等，并且实验过程中通常是几种物质混合形成溶液或水溶液，其饱和蒸气压数据难以获取。此方法数据处理工作量较大，作者认为其采用优先级不高。

2.2 产污系数法与排污系数法

产物系数法指根据不同的原辅料及燃料、产品、工艺、规模，选取相关行业污染源强核算技术指南给定的产污系数，依据单位时间产品产量计算出污染物产生量，并结合所采用治理措施情况，核算污染物单位时间排放量的方法。

实际操作中可根据不同的原辅料及燃料、产品、工艺、规模和治理措施，选取相关行业污染源强核算技术指南给定的排污系数，结合单位时间产品产量直接计算确定污染物单位时间排放量的方法^[3]。

工业生产一般采用目前行业内基本相同的工艺、设备、原辅料，因此其废气的产生和排放较为一致，在调查国内大量的企业后，形成的《排放源统计调查产排污核算方法和系数手册》可供生产项目环境影响评价参考使用。然而实验室研究的方向虽然通常为某一确切的行业，但操作过程用到的器具与该行业的生产过程用到的设备却完全不同，并不能采用工业生产的产污系数与排污系数。

因此实验室项目还可从另一个思路来获取废气污染物的产污系数。比如可参考美国国家环保局编写的《工业污染源调查与研究》等相关资料，有机试剂挥发量基本在原料量的1%~4%之间^[4]。

此外，作者还收集了若干实验室项目的原辅料使用信息和废气排放信息，整理分析出实验室废气排污系数区间，见表1。

表1 若干实验室废气排污系数分析表

| 项目名称 | 实验室类型 | 挥发性原辅料种类 | 挥发性原辅料用量kg | 处理措施 | 年排放量kg | 处理后的挥发比例% |
|----------------|-------|---------------------|------------|-------|--------|-----------|
| 某制药有限公司实验室 | 药物研发 | 甲醇、乙腈、乙酸、异丙醇等 | 1062.761 | 活性炭吸附 | 10.47 | 1 |
| 某生物技术有限公司实验室项目 | 药物研发 | 甲醇、乙腈、乙醇 | 46 | 活性炭吸附 | 0.83 | 1.8 |
| 上海某纺织实验室 | 织物检测 | 乙酸、丙酮、甲醇、二氯甲烷、乙腈等 | 958 | 活性炭吸附 | 33.06 | 3.5 |
| | | 37%盐酸 | 100 | 活性炭吸附 | 4.36 | 4.4 |
| 北京某大学实验室 | 学校 | 甲苯乙醇、甲醇、冰乙酸、丙酮、异丙醇等 | 100.59 | 活性炭吸附 | 13.49 | 13.4 |
| 某研发实验室 | 诊断试剂 | 甲醇、乙腈、乙酸、异丙醇等 | 108.33 | 活性炭吸附 | 12.35 | 11.4 |
| 某病理检测实验室 | 病理检测 | 二甲苯、乙醇 | 580.65 | 活性炭吸附 | 44.45 | 7.7 |
| 某公司化学合成实验室 | 药物研发 | 甲醇、乙腈、乙酸、异丙醇等 | 1365000 | 活性炭吸附 | 5638.8 | 0.4 |
| 某公司制剂研发实验室 | 药物研发 | 丙酮、甲醇、二氯甲烷、乙腈、四氢呋喃等 | 1120 | 活性炭吸附 | 57.2 | 5.1 |
| 某公司生物实验室 | 药物研发 | 甲醇、乙腈等 | 396000 | 活性炭吸附 | 3973.2 | 1 |

由表1可知，收集的实验室类型涉及多种行业，经活性炭吸附处理后，排放的废气占挥发性原辅料的比去除掉一组最高值和一组最低值后，范围为1%~11.4%，活性炭吸附效率一般在30%，则其废气产生占挥发性原辅料的比1.4%~16.3%。比《工业污染源调查与研究》中的挥发比例范围更宽。作者认为，实验室废气的挥发一般情况下可采用1%~4%的比例进行源强核算，当工艺

流程较长或者有加热环节等会显著增加试剂的挥发时,可取10%予以核算废气源强。

2.3 类比分析法

类比分析法指对比分析在原辅料及燃料成分、产品、工艺、规模、污染控制措施、管理水平等方面具有相同或类似特征的污染源,利用其相关资料,确定污染物浓度、废气量等相关参数进而核算污染物单位时间产生量或排放量,或者直接确定污染物单位时间产生量或排放量的方法。

采用类比分析法进行污染源核算时,应重点关注现有项目与拟建项目之间的可类比性及由类比分析得到的污染物排放系数的分析过程是否可行。可类比性主要关注以下两点:

第一,工程特征的可类比性。主要包括:建设项目的性质、建设规模、实验室组成、工艺路线、生产方法、原辅料使用情况、燃料来源及成分和设备情况等相关信息。

第二,污染物排放特征的可类比性。主要包括:污染物的排放类型、浓度、强度与数量,排放方式与去向等。

操作过程中,要尽可能收集在工艺、规模、设备、原料等方面相似的已建项目。确保类比对象的监测数据完整、可靠,获取类比项目的运行参数,如产能、运行时间等。

得益于竣工环境保护验收文件的公开制度,收集同类实验室变得较为容易。此方法是实际工作中较为常用的方法,也是作者较为推荐的方法。

2.4 污染源核算方法对比

经过以上介绍,作者将各种污染源核算方法进行对比,总结其优缺点和适用情景。

表2 核算方法对比

| 方法 | 使用关键 | 优点 | 缺点 | 推荐适用场景 |
|----------|---------------|-------------|------------------|-----------------|
| 物料衡算法 | 质量守恒定律,详细物料数据 | 理论严谨,结果精确 | 数据需求量大,复杂混合物处理困难 | 数据完整、流程简单的实验室项目 |
| 产污/排污系数法 | 行业产污系数,单位产量 | 操作简便,快速估算 | 实验室与工业差异大,系数不适用 | 类似工业生产的实验室项目 |
| 类比分析法 | 相似项目数据,可比性 | 基于实际数据,可靠性高 | 可比项目难寻,数据获取受限 | 有可类比竣工项目的实验室 |

由表2可知,根据各核算方法对比结果,物料衡算法适用于数据完整、操作流程标准化的实验室项目,但其对复杂混合物的

处理能力有限,需依赖高精度参数输入;产污系数法与排污系数法虽操作简便,但受限于实验室与工业生产间的工艺差异,仅建议在具备相似工业背景的实验室(如中试车间)中谨慎使用;类比分析法基于实际监测数据,结果可靠性高,是当前实验室废气源强核算的首选方法,但需依赖可类比项目的公开数据支持。

3 结论

实验室废气源强核算需结合项目特征灵活选择方法,其中类比分析法因基于实际监测数据而可靠性较高,推荐作为优先方法,但其应用需依赖可类比项目的公开数据支持;物料衡算法虽理论严谨,但需高精度数据支撑,适用于原辅料记录完备、操作流程标准化的实验室;产污/排污系数法因实验室与工业生产的工艺差异显著,仅建议在具备相似工业背景的场景中谨慎使用。通过案例分析表明,常规实验室废气挥发比例建议取1%~4%,若涉及加热或长流程操作时可提升至10%。为优化核算结果,需加强实验室原辅料使用台账管理,推动竣工环保数据共享以完善类比数据库,并采用多方法交叉验证提升准确性。未来研究应聚焦实验室动态排放模型的开发与智能化核算工具的引入,以应对复杂多变的实验场景,同时需强化操作标准化,为数据驱动的核算方法提供全面支撑。

[参考文献]

- [1]生态环境部.污染源核算技术指南准则(HJ884-2018)[S].北京:中国环境科学出版社,2018.
- [2]国家环境保护总局.环境统计手册[M].成都:四川科学技术出版社,1985.
- [3]关于印发《建设项目主要污染物排放总量指标审核及管理暂行办法》的通知[J].环保工作资料选,2016,0(2):24-25.
- [4]美国国家环保局.工业污染源调查与研究[R].Washington:EPA,2005.

作者简介:

李向亭(1990--),男,汉族,河北张家口人,本科,中级,研究方向:环境影响评价。

王景(1991--),女,汉族,河北邯郸人,本科,研究方向:环境影响评价。