

环境分析化学 实验室技术 与运营管理

〔美〕解天民 著

TECHNIQUES AND
OPERATION MANAGEMENT FOR
ENVIRONMENTAL ANALYTICAL
LABORATORY

中国环境科学出版社

环境分析化学实验室 技术与运营管理

[美] 解天民 著

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

环境分析化学实验室技术与运营管理/ (美) 解天民著.
北京: 中国环境科学出版社, 2008
ISBN 978-7-80209-730-8

I. 环… II. 解… III. 环境分析化学—实验室—
管理 IV. X132-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 059866 号

策 划 顾 莉
责任编辑 丁 枚 李卫民
责任校对 扣志红
封面设计 龙文视觉·陈 莹

出版发行 中国环境科学出版社
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
联系电话: 010-67112765 (总编室)
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2008 年 9 月第 1 版
印 次 2008 年 9 月第 1 次印刷
开 本 787×960 1/16
印 张 16 插页 7
字 数 240 千字
定 价 36.00 元

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载, 侵权必究】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

前 言

《环境分析化学实验室技术与运营管理》以作者从事环境分析化学工作 20 余年及在美国环境分析化学公司担任高级管理人员 10 余年所积累的经验全面系统讲述了专门提供环境分析化学服务的现代环境分析化学实验室的运作,包括现代环境分析化学实验室的经营和生产管理及常见有机污染物的分析。

本书详细介绍了现代环境分析化学实验室所必需的组织机构、人员配备、仪器装备及实验室设施。用市场经济的理念从开拓市场、产品销售、生产管理及顾客服务方面阐述了现代环境分析化学实验室的经营管理。对环境分析化学实验室的生命线——质量保证体系及质量控制从管理系统、人员培训及技术管理方面进行了深入的讨论。介绍了实验室信息管理系统所必需的功能。讲述了包括挥发性、半挥发性有机污染物,农药,多氯联苯,多环芳烃,氯代有机酸除草剂,醛酮等在内的常见有机污染物的分析方法及原理;讨论了有机污染物分析中引起误差的各种技术因素及其控制,介绍了有机实验室常用仪器的使用注意事项及常见故障排除;讲述了标准分析方法的检索、分析方法的建立及验证程序;介绍了数据报告的制作及数据审查。为帮助学生加深对教材的理解,每章节后都列有思考题。

本书作为环境分析化学专业研究生的教材,为学生提供实用、系统、全面的现代环境分析化学实验室的运作知识,旨在培养能迅速上岗的高级环境分析化学技术人员及实验室管理人员。本书亦可作为技术参考书直接服务于环境分析化学的从业人员。环境分析化学实验室各级管理人员及分析人员均可在书中找到与自己工作相关的章节取而用之。

目 录

第 1 章 绪论.....	1
第 2 章 现代环境分析化学实验室的机构及运作.....	5
2.1 概述.....	5
2.2 实验室的组织机构, 各部门的功能及人员职责.....	5
2.3 实验室的经营管理.....	8
2.4 质量管理.....	18
2.5 实验室信息管理系统及计算机技术保障.....	40
第 3 章 有机污染物分析实验室.....	43
3.1 概述.....	43
3.2 半挥发性有机污染物样品制备室.....	44
3.3 半挥发性有机污染物仪器分析实验室.....	59
3.4 挥发性有机污染物仪器分析实验室.....	154
3.5 高效相色谱室.....	181
3.6 气体样品中挥发性有机污染物分析室.....	195
附录 1 美国国家环保局分析方法检索.....	220
附录 2 标准操作规程 (SOP) 示例.....	222
附录 3 实验室质量管理体系内部考核表.....	233

第1章 绪论

随着人类社会的发展,人类对其赖以生存的环境认识逐渐加深。保护环境、改善环境、调整人类的社会与生产活动,使之符合生态发展的规律,从而保护人类自身的生存与发展,已成为人类社会的共识。人类对环境认识归功于环境科学的发展。在环境科学的各个领域环境监测都占有非常重要的地位,它能获得反映环境状况的各项数据,为环境科学的其他学科提供研究的基础,是各环境科学分支的“眼睛”。环境监测对与环境质量有关的各种化学的、物理的及生物的因素进行测定,并对所获得的数据进行综合处理、分析判断,据之对环境质量及其变化趋势作出评价。环境监测中的一个重要组成部分是环境分析化学,它的监测对象是环境中人类活动所产生的各种污染物。随着工业的发展,人类社会对环境释放的化学物质不断增加,而环境化学及环境医学的发展又使人类对污染物的认识不断加深,这样,列入监测对象的污染物越来越多,对检测灵敏度及数据准确度的要求也越来越高。尤其是随着环境法的不断健全,对于作为环境司法依据的分析数据提出了更高要求。这些极大地促进了环境分析化学的发展。20世纪70年代末在以美国为首的发达国家,在环保法律的驱动下,一个新兴的工业——环境分析化学工业迅速发展起来。它专门从事环境样品分析服务,为顾客提供作为环境管理决策,或环境司法的客观依据的分析数据。源于分析化学的环境分析化学工业的发展又反过来大大促进了分析化学的发展。80~90年代痕量有机分析化学的迅猛发展,包括样品前处理技术、分析方法、分析仪器、操作自动化、计算机数据处理系统、实验室网络系统、实验室质量控制系统的的发展等很多就是直接源于环境分析化学的需要。在环境分析化学工业处于国际领先地位的美国,80年代由于利润回报高,各地纷纷建立环境分析化学实验室,环境分析行业得到迅猛发展,年产值以每年百分之几十的速度增加,企业的净利润很容易就超过30%。到90年代初由于大量分析实验室的涌现导致供求的失衡,引起激烈的市场竞争,其结果是分析价格下降。下降最厉害的是原来利润最高的有机污染物的色谱分析,至90年代末,其分析价格下降到不足80年代的1/3。例如挥发性有机污染物的分析价格从250美元一个样品下降到70美元以下,而目标化合物却从最初的40几个增加至60多个。一方面价格激烈下降使得过热的环境分析行业的总产值趋于稳

定，而另一方面客户对数据质控的要求却不断升高，使得提交报告的期限不断缩短，生产成本不断增加，运转不良的实验室纷纷倒闭，1993—1997年短短的4年内关门停业的环境分析化学实验室达70%以上。美国的环境分析化学行业从此开始进入成熟的理性发展阶段。全世界环境分析行业的发展是很不平衡的，尤其是由于环境法制的滞后，发展中国家环境分析行业还远远落后于发达国家，很多甚至还没有市场需求。中国属于发展中国家，虽然近年来在环境保护方面有了长足的发展，但由于历史的原因环境法制还不够健全。尽管全国各地建立了许多拥有先进仪器设备的环境监测站，还拥有不少在国外进修过的留学人员，但由于缺乏相应的政策，没有形成环境分析化学的市场，致使同属高科技的环境分析化学行业不能像其他高科技行业那样得到迅速发展。然而经济发展有其客观的规律性，为实现可持续发展，建立健全的环境法制是必然的。这必将导致市场对环境分析化学的需求，进而会促进政策的改变，开放环境分析市场，其结果必然是环境分析化学市场的形成及环境分析化学行业的兴起。可以想象，一旦开始，它的发展速度也会异常迅猛。应当指出这一波发展不会像20世纪80年代美国那样近于无序的发展，此时无论是权威的审查单位还是数据的使用单位对数据的质控及实验室的质保体系的认识已远远不是80年代的水平，分析实验室质量管理的国际标准ISO 17025已成为考核分析试验室的准则，加入世贸组织也会使我国的环境分析市场对外开放。目前有经验的国外环境分析化学公司也看好中国这个潜在的市场，已经开始或正积极准备涉足这个市场。如何应对我国未来环境分析市场的需要、如何应对将要面临的国际竞争，关键是培养具有现代企业理念的、掌握现代环境分析化学技术的管理及技术人员。这也是本教材编写的宗旨。

一个现代环境分析化学实验室必须具备在现代环境分析市场中的竞争能力。首先它必须具备按照市场需求提供数据的能力，其次它必须能在保证盈利的情况下以比竞争对手更有吸引力的条件争得项目。

按照市场需求提供数据的能力表现于三个方面：

(1) 分析能力。即拥有必要的技术人员及仪器设备，能进行环境样品（水、土、气及生物组织）中常见污染物的分析，其中包括：金属元素分析；半挥发性有机污染物分析；挥发性有机污染物分析等。为应对市场需要，它也能提供常规化学分析服务，如阴离子及水质监测项目中的COD、BOD、氮、磷、硫等项目。

(2) 保证数据质量达到所需要的标准，如准确度、精密度、检出限、数据报告等。质量标准取决于数据的用途，反映了数据使用者对数据科学性 & 法律可辩护性的要求。只有具备完善的质量管理体系的环境分析实验室才能做到这点。

(3) 能按照顾客的要求及时完成分析项目, 并提交与合同要求相符的数据报告。数据报告的格式与内涵也是与数据的用途紧密相关的。在现代环境分析中客户除了要求提供打印结果外, 一般还要求提供电子数据报告, 这对于用户核证数据、建立数据库、对数据进行进一步的分析研究至关重要。对于要求具有法律可辩护性的数据, 一切与数据产生有关的文件都必须包括在报告中。这些没有计算机控制的网络系统是很难完成的。

具备以上三方面能力的环境分析实验室并不能保证它在市场化的环境分析化学行业中能够成功。它还必须能应对市场的激烈竞争, 以优质、快速、价廉的服务赢得市场, 并且能保证企业的利润。要做到这点实验室必须在行政上及技术上同时具有一个高效、完善、能适应市场规律的组织管理系统。同时, 现代环境分析化学实验室还必须具备一个符合国家规定的安全保证体系, 能够保障样品及数据不受外来干扰, 能够妥善地处理与化学品有关的一切废弃物, 并能够保障生产人员的健康、安全。

作为环境分析化学的专业教材, 本书将对现代环境分析化学实验室的经营管理、技术管理各个方面进行较详细的论述。其中包括实验室的结构, 各部门的功能及人员职责, 实验室的生产管理、质量管理及信息系统管理; 以专业分析室为单位详细讲述了常见污染物的分析方法, 有关的故障排除; 介绍了标准方法的检索、方法建立及验证。本书内容系根据以美国为首的环境法制健全的工业化国家业已成熟的环境分析化学行业的状况而编写。相对中国环境分析化学的现状, 本书部分内容似有超前之嫌。但根据中国工业化迅猛发展的状况及中国国内市场国际化的发展趋势, 并考虑到人才的培养需要一定的时间, 我们认为这种超前的教育是必要的。

本书各章节后列有思考题以帮助学生理解本章要点。本书还安排有若干实验课时, 使学生有机会具体实践一些重要的分析方法。作为实验课的总结学生将被要求独立完成分析方法的检索、建立及认证。

通过本课程的学习应对现代环境分析化学实验室的经营管理、生产管理和技术管理有较为全面、深入的了解。具体如下:

- (1) 了解现代环境分析化学实验室的结构、各部门的运营。
- (2) 了解质量保证体系的建立及运行。
- (3) 了解实验室信息网络系统。
- (4) 了解环境常见污染物的分析及常见故障的处理方法, 了解分析方法质量控制要点。
- (5) 掌握污染物标准分析方法的检索、分析方法的建立及验证。

(6) 了解数据报告的制作及审查。

思考题

1. 作为现代环境分析实验室需具备哪些条件？它的宗旨是什么？
2. 本课程的学习目的是什么？

第2章 现代环境分析化学实验室的机构及运作

2.1 概述

以提供环境样品分析服务为核心的现代环境分析化学实验室是一个现代化的企业单位，而不是一个单纯的学术单位。作为一个企业单位它必须有生产能力，有市场的竞争能力。它的生产能力是对环境样品的分析能力，包括分析项目及日分析量，它的产品就是分析数据报告。产品的优劣是靠数据的质量及完成报告所需要的时间长短决定的。由于数据往往用作决策或司法的依据，数据质量便成了环境分析的核心。因此环境分析化学实验室必须具备完善的质量保证系统。作为企业，它必须具有市场的经营销售能力，能适应市场竞争，获得项目。它像一个来料加工厂，顾客送样品来，它分析、报数据，没有样品就停产。它必须与顾客密切沟通，为他们提供最佳的服务。顾客永远希望获得高质、廉价、快速的服务，提供这样的服务便是环境分析化学公司成功的关键。由于环境分析实验室的生产是季节性的，生产需求不稳定，闲时需求大大低于生产力，而忙时需求会大大高于生产力，这就需要有一套强有力的管理体系，组织安排好生产，协调好各部门的关系。环境分析化学服务具有很高的技术含量，如何能正确理解顾客的需求，提供最佳的服务，必须要有一个很强的技术管理体系。从接收样品到提交报告要经历许多步骤，为便于管理、提高效率，还必须要有一个先进的实验室信息管理系统。任何一个先进的管理系统都是靠人来操作的，高素质的管理人才和技术人才是分析公司成功的关键。

2.2 实验室的组织机构，各部门的功能及人员职责

现代环境分析化学实验室为适应市场竞争的需要，应具有一个由上而下、集中管理、分工负责、相互协作的组织体系。它包括总经理（即法人代表）、实

验室主任、技术总监（通常由实验室主任兼任）、质量保证部门、顾客服务部门、信息管理部门及实验室。通常实验室的结构是按照它所提供的服务进行划分的。一般分为无机实验室及有机实验室两大部分。无机实验室又分为金属分析实验室及常规化学分析实验室。有机实验室又分为有机样品制备室、半挥发性有机污染物仪器分析室及挥发性有机污染物仪器分析室。也有的公司把挥发性及半挥发性有机污染物仪器分析室通通纳入仪器分析室。根据实验室的大小及其在业务上的侧重，其组织管理体系可有不同的形式。图 2.2-1 是一个典型的环境分析化学实验室结构图。

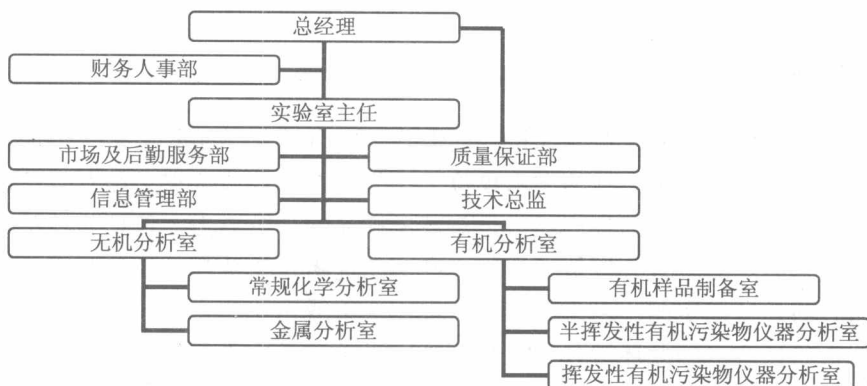


图 2.2-1 典型的环境分析化学实验室结构图

总经理是公司的法人，负责整个公司的决策。像一般企业一样，总经理要密切注意公司的财务状况，确保公司良性的资金周转，最有效地利用资金及实验室的资源为公司创造利润。他对公司的近期及长期的发展要有明确的规划，而且对市场需求要有敏锐的目光。环境分析有其特殊性，它的产品质量，即分析数据的质量是不直观的，而数据往往作为决策及法律的依据，其质量是极其重要的。作为总经理必须清楚实验室的法律责任，对数据的质量给予最高的重视。绝不容许有一时之小利而危及数据质量的事情发生。要密切注意数据的质量，要直接关心实验室内部及外部质量认证、考核的结果，要定期对职工进行数据质量及严守职业道德标准的教育。总经理对数据质量的微小疏忽往往会给公司带来灾难性的后果。

财务人事部负责公司财务管理、发送账单、采购；人员的聘用、考核等。要及时向总经理汇报收支及账面的平衡情况，当好总经理的财务参谋。

实验室主任负责实验室的日常运作管理，各部门间的协调，生产安排、计划，

使与生产数据有关的各部门得以正常运行，从而保证按时向顾客提交符合合同规定的报告。实验室主任由具有环境化学分析经验的、有管理能力的技术人员担任。他必须熟悉公司所提供的分析服务项目，清楚由接收样品、样品制备、仪器分析到提交报告各步骤所需要的时间及它们之间的关联。他必须了解公司的分析能力、人员设备状况，他还必须掌握项目及顾客的整体状况，在生产计划不能按时完成或数据质量控制没达到合同要求时及时做出决断。实验室主任要对最终的数据报告负责，要签署数据报告说明，要代表公司对顾客的技术问题作出最终的回答。他要根据公司的技术力量、生产能力协助市场营销人员决定是否接受新项目，并制定合理的价位。

市场及后勤服务部主要负责如下工作：① 市场营销，包括投标竞标、争取项目；② 顾客服务，包括为顾客解答问题、提供咨询意见、负责样品的接收及样品管理、制定任务单；③ 完成最终报告，经质检部门及有关人员审查后将报告发送并存档；④ 实验室废弃物的处理。市场服务部的工作人员必须清楚项目合同细则，如分析内容、质控要求、送样计划、报告形式及提交日期等，这样才能按照顾客的要求编制任务单。任务单经有关项目经理或实验室主任审查后下达分析室，分析室按任务单进行样品分析。

质量保证部负责监督执行质量保证计划中所阐明的各项措施，包括监督各标准操作程序（SOP）的执行，内部质量审查及考核，数据审查，批准、启动错误更正程序，文件保管及对员工的质保教育等。

技术总监负责解决分析中的技术问题，审定实验室的标准操作程序，制定新分析方法的研究发展方案，为是否接受新项目提出参考意见并制订完成新项目的技术方案，审查数据。规模较小的实验室技术总监通常由实验室主任兼任。

信息管理部负责保证实验室网络系统及计算机的正常运行。信息网络系统对于现代环境分析化学实验室系统的高效率运营是至关重要的。它也是质量保证体系中的一个重要组成部分。完善的信息网络系统应具备两个功能：一是生产管理以及对样品的追踪功能，二是制作数据报告的功能（详见实验室管理中信息管理部分）。在现代环境分析化学实验室中几乎所有的仪器都是通过计算机控制的，几乎所有的数据都通过计算机产生的。由于对计算机的极度依赖，任何计算机的故障都可能给生产带来巨大的影响。一般实验室的人均计算机数超过一台，这样为数众多的计算机其维修工作量，包括硬件及软件，是相当大的。因此现代环境分析化学实验室必须配置熟悉计算机软、硬件的技术支持人员。

分析实验室分为无机分析及有机分析两个部分。前者按照分析项目又分为常规化学分析（阴离子、氮、磷、氰化物、COD、BOD、TOC 等分析）及金属

分析（样品消解、原子吸收光谱、等离子发射光谱等）两个部分；后者按功能分为样品制备室（萃取、净化等），半挥发性有机污染物（semi-volatile organic compound, SVOC）仪器分析室（气相色谱、气相色谱-质谱分析半挥发性有机物、农药等），及挥发性有机污染物（volatile organic compound, VOC）仪器分析室（气相色谱、气相色谱-质谱分析挥发性有机物）。高效液相色谱可根据分析项目设置于 SVOC 或 VOC 仪器分析室。为避免实验室干扰，VOC 分析室要尽可能远离有机样品制备室及 SVOC 分析室，并且要置于后两者的上风头。因为后两者所使用的溶剂是 VOC 分析中的目标化合物。无机及有机各设经理一名，下属各室分设主任。各室经理、主任必须熟悉本室分析项目，熟悉本公司质量保证程序计划书，明确掌握各分析项目的质控标准，负责安排生产，处理分析中的技术问题，进行仪器故障排除，审查数据，起草本室的标准操作程序（SOP），启动错误更正措施。各室分析人员负责样品分析，审查原始数据，仪器维护。分析人员必须熟悉本岗位 SOP，熟悉与本岗位有关的质量保证体系，明确本岗位各分析项目的质量控制标准。

2.3 实验室的经营管理

如前所述，为顾客提供优质、快速、低价的分析服务是分析实验室成功的关键，这也正是实验室经营管理的目的。它是通过对实验室的生产管理、市场营销、资源管理、质量管理及信息管理来实现的。其中质量管理及信息管理由于其特殊性将分别叙述。

2.3.1 生产管理

生产管理的核心是合理地安排、使用公司的人力及仪器资源，制订生产计划，监督、执行生产计划，根据项目情况及时调整生产计划。其实质是有效地利用本实验室的资源，在满足顾客需求并保证公司赢利的条件下，为顾客提供更多的服务，即分析更多的样品，增加产值。为此实验室管理人员必须清楚本实验室的生产能力，即单位时间内，各实验室对每个分析项目所能完成的样品数，及制作相应的最终数据报告的能力。

2.3.1.1 生产能力估算

计算实验室每个分析项目的分析能力首先应计算理论生产力。以 GC-MS 分析半挥发性有机污染物为例，若每次进样间隔是 35 min，由于每 12 h 必须检查

一次仪器工作状态,故以 12 h 为一班计算生产力。进行一次仪器性能检查样分析需 20 min,故一班时间仪器可分析 $(12 \times 60 - 20) / 35 = 20$ 个样品。由于每班在样品分析前还必须进行一次标准曲线的验证,所以实际可分析 19 个样品。考虑到在样品制备时每批样品(不多于 20 个)必须要有实验室空白及实验室空白加标作为最起码的质量控制样品,故理论上每班最多只能分析 $19 - 19 \times 2 / 20 = 18.1$ 个样品。应当指出这是在其他质控样品,如取样器淋洗空白、样品加标、重复样品等也作为正式样品看待时的计算结果。有时根据合同,这些质控样品不算正式样品,即顾客不为这些质量控制样品付款,在此情况下每班每台仪器理论上可分析的样品量还需重新计算。按前面的计算结果,每周 5 个工作日,则每台仪器的生产量是 90 个样品。为了充分利用仪器资源,一般分析公司设两班制,分析人员上白班和中班,两班之间有一个小时的交接时间,白班的人应在上午使仪器开始自动进样分析,而中班的分析人员应在下班前使仪器开始自动进样分析。这样一台 GC-MS 仪器每日就可以分析两批样品,每周每台仪器的理论分析能力就是 180 个样品。

应当注意的是为了便于安排生产,应对临时来的紧急样品,实验室一般将两班的休息日错开。这样虽然每周每台仪器的理论生产不变,但实际每日的生产量是不同的,每周七天中有四天只生产一班。这样算出的生产力是理想状况下的生产力。实际上每班每台 GC-MS 平均需要 20 min 的维修时间,平均大约需要分析 1.5 个仪器检查样品(+10 min),平均需要分析 1.5 个标准曲线检查样(+17.5 min),平均需要 15 min 检查质控数据。这样一共多消耗 62.5 min,即损失大约 9%的生产率。由于通常半挥发性有机污染物分析大约有 25%的样品因质控指标出格或被检物浓度超出标准曲线上限需要重新分析,或稀释再分析,这又将损失 25%的生产力。

GC-MS 还需要故障排除及定期维护,如换玻璃衬管、清洗进样器、换色谱柱、检漏、清离子源、换电子倍增器、换真空泵油等,以及计算机维护。根据作者的经验,在一个繁忙的、全额运转的实验室里这些故障排除及维护大约要占据 20%的仪器时间,另外建立及重建标准曲线大约占 10%的仪器时间,这样算每班 GC-MS 的实际样品生产力只有其理论生产力的 36%。即两班倒的实验室每台 GC-MS 每周大约可分析 65 个样品。应当注意,分析人员由于技术熟练程度及经验的不同,在生产效率上会有较大差别。因而在计算实际生产率时不可忽略人员因素。

实验室管理人员应当首先根据自己的经验计算出每台仪器对各分析项目的生产能力。再根据实验室分析人员的配置及其技术熟练水平计算出实验室在该分析

项目上的实际生产力。例如一个熟练的分析人员可以操作两台 GC-MS 分析半挥发性有机污染物, 包括检查及打印原始数据, 而该实验室拥有两台分析半挥发性有机污染物的 GC-MS、两名熟练的分析人员, 并且执行两班倒的作业制度, 这个实验室半挥发性有机污染物的生产能力就等于其仪器的实际生产力。应当指出这样得到的仪器生产力是平均生产力。

在实际生产中, 某一时期的生产力可能会随样品来源的变化而高于或低于平均生产力。生产不繁忙的季节, 分析人员可以在项目开始前充分维护好仪器, 从而大大减少项目进行中的仪器维修或重建标准曲线的时间; 分析清洁样品, 例如饮用水, 样品对仪器的影响很小, 仪器维修时间亦大大缩短, 这将使仪器生产力高于平均生产力。相反, 在生产繁忙的季节, 项目开始前分析人员没有机会充分维护好仪器; 或分析严重污染样品, 样品对仪器影响很大, 使仪器维护时间增加, 结果仪器生产力将小于平均生产力。因此计算仪器生产力时必须考虑当时的实际情况。

在计算生产力时还要考虑到相关部门间的衔接。再以半挥发性有机污染物的分析为例, GC-MS 分析的是样品的萃取液, 而萃取液是在样品制备室通过萃取、分离、净化、浓缩等步骤获得的。除半挥发性有机污染物外, 样品制备室还负责有机氯杀虫剂、多氯联苯、除草剂、碳氢化合物等其他分析项目的样品制备。在其他项目同时进行的特定情况下, 样品制备室对半挥发性有机污染物的生产能力是多大? 它能否达到仪器的生产能力? 这是实验室的管理人员必须弄清的问题。由于涉及多方面因素, 它不像仪器室那样简单明了, 而且还会随着公司所接受的项目的变化而变化。

数据报告能力也是生产力中的不可忽略的部分。人们在估算生产力时往往只着重于样品的分析能力而忽视了制作报告的能力。数据并不是最终产品, 数据报告才是最终产品。只有将数据报告提交给顾客后才能要求他们付款。不同的顾客、不同的项目, 根据数据的用途而对报告的形式、内容、复印件的数量有不同的要求。最简单的报告只需要结果总表, 而最复杂的报告则包括各类质控数据分类表、全部原始数据及一切涉及数据生产过程的原始文件(关于数据报告详见质量保证部分)。一份复杂的 20 个样品的分析报告, 有时可多达数百页。先进的实验室信息网络软件都具有制作报告的能力, 可直接读取原始数据, 制作最终报告, 从而大大减少了人工, 不再需要输入数据的专职人员, 然而对于各个项目, 报告的装配、复印, 尤其是最终审查的工作量仍然需要认真计算。

实验室的生产力是接受项目、计划生产的基础依据。低估了生产力会造成资源的浪费、降低产值, 而高估了生产力会因接收了过多的样品, 使数据不能按时

报出, 不仅得罪客户, 有时甚至导致样品失效引起赔款等法律责任, 给公司带来巨大经济损失。

2.3.1.2 实验室样品贮存量管理

生产管理中的关键工作是样品贮存量管理。样品贮存量是指实验室最终报告还没有完成的样品总量, 它包括正在或将要进行分析的样品, 也包括已经分析完毕但最终报告尚未完成的样品。样品贮存量管理为市场营销及公司的财务管理提供依据, 最终目的是充分利用实验室的生产资源, 创造最高产值及利润。

样品贮存量管理根据实验室的生产力及样品状况落实到每个分析项目。再以 SVOC 的分析为例, 从前面的计算得知, 一个拥有两台 GC-MS、两班倒的实验室, 其分析能力是每周 $65 \times 2 = 130$ 个样品。每四周的生产力就是 520 个样品。如果考虑到分析人员的假期及公休日, 实际月生产日为四周, 这样实际仪器月生产能力为 520 个样品。假设实验室现有 200 个样品在等待分析, 即 $200/130 = 1.5$ 周后 GC-MS 仪器的工作就完成了, 此时如果再无新样品进来就将造成仪器及人员的闲置。因此市场营销人员应尽快争取新项目。在最终确定 SVOC 样品需求量时还得考虑有机制备室的生产状况及生产能力。对于一个具有 4 名操作人员、两班倒的有机制备室, 其生产力大约是每周 100 个水样及 66 个土样。由于设备的限制, 如果只进行一种基质样品的萃取, 其生产力大约是每周 150 个水样或 100 个土样。假设此时实验室这 200 个待分析的样品都是水样, 显然此时决定生产力的环节在 GC-MS 仪器室。按照其生产能力进样将不会给有机制备室造成困难。应当指出, 这里所举的例子是一种最简单的假设情况, 实际的生产情况要复杂得多。在进行样品贮存量管理时必须综合考虑各环节的贮存量, 以及各环节贮存量之间的关系。例如, 要考虑到, 有机制备室还得承担 GC 及 HPLC 分析的样品制备, 而 SVOC 仪器分析室的样品贮存量相对于制备室的贮存量有一个滞后。对于制备室来讲, 手中的样品处理完毕, 其贮存量就等于零, 无样可加工了; 而对于 SVOC 仪器室, 除手中待分析的萃取液样品外, 正在制备室加工或将要加工的原始样品也应考虑在贮存量里。

在进行样品贮存量管理时要考虑到样品及萃取液(或消解液)的有效贮存期。样品有效贮存期是指从采样日至样品制备(萃取或消解)日所能允许的最长时期; 萃取液(或消解液)有效贮存期是指从样品制备日至进仪器分析日所能允许的最长时期。超出此期限所获得的分析数据无效。对于不同的分析项目, 样品贮存期是不同的。例如对于半挥发性有机污染物及农药分析来说, 水样的有效贮存期是自采样日起 7 天, 土样是 14 天; 而萃取液从萃取日至进仪器分析

时最长可贮存 40 天。由于管理不当，超出样品有效贮存期而导致样品失效，将使公司蒙受巨大经济损失。分析公司必须为样品失效给顾客造成的损失承担全部法律责任，还可能会永久性地失去受伤害的顾客。在接受样品订单时，要特别注意不能使同一时间进入的样品超出制备室的生产能力，以免造成样品失效。因此，一定要与取样单位周密计划好取样日程。而对于仪器室由于有效贮存期长，积压样品萃取液造成样品失效的几率要小得多。在进行样品贮存管理时要注意的另一个问题是提交报告的日期。对于许多项目提交数据报告的日期是十分重要的。环境分析数据是许多工程单位的重要参考资料，顾客等到分析结果出来以后才能决定下步工程行动，不能按时交报告往往给对方造成不必要的经济损失。应当指出的是，在实验室的日常运行中，由于市场的原因及季节的原因很难实现理想的样品贮存，有时贮存量过高，有时过低。环境分析行业是一个季节性很强的行业，工程单位很少将取样工作安排在严冬进行，造成分析公司在冬季样品量不足；为了过好节日，工程单位往往在节前突击完成取样工作，使得大量样品在节前突然集中进入分析公司。为应对市场变化，在贮存量过高时可以相应提高价格，并安排加班；而在样品贮存量低时应适当降低价格，争取更多的订单。管理样品贮存量的一个重要手段是提高公司雇员的岗位适应性，也就是说在实验室不忙、样品贮存量低的时期进行职工换岗培训。这种培训首先在相互有联系的岗位间进行，如有机制备室与仪器分析室。这种培训加强了彼此间的了解，有利于协作，尤其是在一个岗位过于繁忙、样品有效贮存期有失控危险时，可及时从其他单位抽调人员给予支持。与顾客密切合作，使其采样节奏适合于本公司的生产力是管理好样品贮存量的另一手段。为做到这点，与顾客，尤其是大的顾客建立好良好的关系是至关重要的。

在环境分析公司的生产实践中，管理人员是通过样品贮存量一览表帮助进行样品贮存量管理的。表 2.3.1-1 显示某日样品贮存量一览表中的一部分。表中包括当前实验室的各个项目的代号 (Project ID)；顾客及分析项目 (Client/Analysis)；样品数量 (#Samples)；进样日期 (Date in)，到期日期 (Date out)；制备室已萃取样品数 (Preparation lab Extracted)，样品萃取液送出数 (Preparation lab Transferred)；GC 室已分析样品数 (GC Run)，GC 室数据处理完毕样品数 (GC Completed)；BNA 室已分析样品数 (BNA Run)，BNA 室数据已处理完毕样品数 (BNA Completed)；VOC 室已分析样品数 (VOC Run)，VOC 室数据已处理完毕样品数 (VOC Completed)；金属室等离子光谱分析已制备样品数 (Metals ICP Run)，金属室等离子光谱室数据已处理完毕样品数 (Metals ICP Completed)；金属室石墨炉原子吸收光谱分析已制备样品数 (Metals GFAA Run)，金属室石墨炉原子吸收光谱分析数据