

全国环境监测培训
系列教材

二噁英分析技术

中国环境监测总站 / 编

ER' E YING FENXI JISHU

中国环境出版社

全国环境监测培训系列教材

二噁英分析技术

中国环境监测总站 编

中国环境出版社·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

二噁英分析技术 / 中国环境监测总站编. —北京: 中国环境出版社, 2014.4

全国环境监测培训系列教材

ISBN 978-7-5111-1784-7

I. ①二… II. ①中… III. ①二噁英—有机污染物—环境监测—技术培训—教材 IV. ①X5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 056114 号

出版人 王新程

责任编辑 曲 婷

责任校对 尹 芳

封面设计 陈 莹

出版发行 中国环境出版社

(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.com.cn>

电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn

联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)

发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2014 年 4 月第 1 版

印 次 2014 年 4 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 6.75

字 数 154 千字

定 价 20.00 元

【版权所有。未经许可, 请勿翻印、转载, 违者必究。】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

《全国环境监测培训系列教材》

编写指导委员会

主 任：万本太

副 主 任：罗 毅 陈 斌 吴国增

技术顾问：魏复盛

委 员：（以姓氏笔画为序）

于红霞	山祖慈	王业耀	王 桥	王瑞斌	厉 青
付 强	邢 核	华 蕾	多克辛	刘 方	刘廷良
刘砚华	庄世坚	孙宗光	孙 韧	杨 凯	杨 坪
李国刚	李健军	连 兵	肖建军	何立环	汪小泉
张远航	张丽华	张建辉	张京麒	张 峰	陈传忠
曹 勤	钟流举	洪少贤	宫正宇	秦保平	徐 琳
唐静亮	海 颖	黄业茹	敬 红	蒋火华	景立新
傅德黔	谢剑锋	翟崇治	滕恩江		

《全国环境监测培训系列教材》

编审委员会

主 任：罗 毅 陈 斌 吴国增

副 主 任：张京麒 李国刚 王业耀 傅德黔 王 桥

委 员：（以姓氏笔画为序）

王瑞斌	田一平	付 强	邢 核	吕怡兵	刘 方
刘廷良	刘 京	刘砚华	孙宗光	孙 韧	杨 凯
李健军	肖建军	何立环	张建辉	张 颖	陈传忠
罗海江	赵晓军	钟流举	宫正宇	袁 懋	夏 新
徐 琳	唐桂刚	唐静亮	海 颖	敬 红	蒋火华
景立新	谢剑锋	翟崇治	滕恩江	魏恩棋	

编写统筹：徐 琳 张 霞 李林楠 马莉娟 高国伟 牛航宇

《二噁英分析技术》

编写委员会

主 编：张 颖

副 主 编：郑晓燕

编写人员：（以姓氏笔画为序）

于建钊 于海斌 刘劲松 许秀艳 李爱民

张 颖 郑晓燕 郭 丽 韩静磊 马文鹏

杨 凯 张丽华 金小伟 付建平 杨艳艳

冯桂贤 周志广

序

党的十八大把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业总体布局，提出建设美丽中国的宏伟目标。环境保护作为生态文明建设的主阵地和根本措施，迎来了难得的发展机遇。环境监测是环保事业发展的基础性工作，“基础不牢，地动山摇”。环境监测要成为探索环保新路的先锋队和排头兵，必须建设一支业务素质强、技术水平高、工作作风硬的环境监测队伍。

我国各级环境监测队伍现有人员近6万人，肩负着“三个说清”的重任，奋战在环保工作的最前沿。我部高度重视监测队伍建设和人员培训工作，先后印发了《关于加强环境监测培训工作的意见》、《国家环境监测培训三年规划（2013—2015年）》，并启动实施了环境监测大培训。

为进一步提升环境监测培训教材的水平，环境监测司会同中国环境监测总站组织全国环境监测系统的部分专家，编写了全国环境监测培训系列教材。这套教材深入总结了30多年来全国环境监测工作的理论与实践经验，紧密结合当前环境监测工作实际需要，对环境监测各业务领域的基础知识、基本技能进行了全面阐述，对法律法规、规章制度和标准规范作了系统论述，对在监测管理和技术工作中遇到的重点和难点问题进行了详细解答，具有很强的科学性、针对性和指导性。

相信这套教材的编辑出版，将会更好地指导全国环境监测培训工作，进一步提高环境监测人员的管理和业务能力，促进全国环境监测工作整体水平的提升。希望全国环境监测战线的同志们认真学习，刻苦钻研，不断提高自身能力素质，为推进环境监测事业科学发展、建设生态文明作出新的更大的贡献！

吴晓青

2013年9月9日

前 言

《二噁英分析技术》分册是全国环境监测培训系列教材之一。二噁英类物质，包括多氯代二苯并二噁英 (PCDDs)、多氯代二苯并呋喃 (PCDFs) 和多氯联苯 (PCBs)，是典型的持久性有机污染物 (POPs)，对人类健康和生态环境危害极大。由于氯原子取代数目和位置不同，PCDDs 和 PCDFs 分别有 75 种和 135 种同类物，PCBs 有 209 种同类物。毒性明显的主要有 2,3,7,8 位取代的 7 种 PCDDs、10 种 PCDFs 以及 12 种非邻位和单邻位的共平面 PCBs。其中 2,3,7,8-TCDD 是目前已知毒性最大的物质，它的毒性是砒霜的 900 倍，有“世纪之毒”之称，万分之一甚至亿分之一克的二噁英就会给健康带来严重的危害。其对生物体的损害也是多方面的，二噁英具有致癌、免疫毒性、肝毒性、皮肤毒性、致死、内分泌干扰、生育障碍等健康威胁。2001 年 5 月在瑞士包括我国在内的 90 多个国家签署了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》。根据公约，各个缔约国一致采取行动对 12 种优先持久性有机污染物进行控制。在这 12 种优先控制的有机污染物中，毒性最强、对生态影响最大、污染控制难度最大的就是二噁英类物质。

目前，国内二噁英实验室围绕国家环境安全和食品安全的重大需求，以二噁英类持久性有机污染物为主要分析物，围绕其来源、排放途径、污染方式、传输及迁移展开了大量研究。尽管如此，我国对二噁英类的污染背景数据积累较少，尚在起步阶段。为了了解和控制二噁英类物质对人类、生物和环境的危害，为了对废物处置过程中产生的二噁英类物质实施全面监测、安全处置和科学管理，为了更好地履行《控制危险废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》和为《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》服务，急需在全国环境监测系统内展开二噁英类监测技术的培训。本教材着重对二噁英类环境监测技术进行

了阐述；另外多氯萘作为一种新型的具有二噁英毒性的 POPs，正日益引起人们的关注，在此分册中也作为独立的章节进行了较为详细的介绍。教材主要针对全国各级环境监测站的二噁英监测技术人员，同时，亦可作为大专院校和科研机构开展环境二噁英监测教学、科研的参考书籍。

二噁英类分析技术分册第一章由张颖（中国环境监测总站）、李爱民（湖北省环境监测中心站）编著；第二章由于海斌（中国环境监测总站）编著，韩静磊、付建平、杨艳艳、冯桂贤（环境保护部华南环境科学研究所）修订；第三章由于建钊（中国环境监测总站）编著，马文鹏修订；第四章由许秀艳（中国环境监测总站）编著；第五章由张颖、刘劲松（浙江省环境监测中心）编著；第六章由郑晓燕（中国环境监测总站）编著，金小伟（中国环境监测总站）周志广（国家分析测试中心）修订；第七章由郭丽（湖北省环境监测中心站）编著，张颖（中国环境监测总站）、李爱民（湖北省环境监测中心）进行修订。全书最后由张颖负责审定，张丽华（辽宁省环境保护宣传教育中心）、杨凯（中国环境监测总站）修订。郑晓燕统稿。本书涉及的有机分析方法在此系列教材的其他分册中详细论述过的，本册不再述及。

由于编写人员的业务水平、工作经验和涉及内容的局限，尚存在诸多不尽如人意之处，敬请有关专家和广大读者批评指正，使本书不断完善，更好地为广大读者服务。

编 者

2013 年 11 月于北京

目 录

第一章	二噁英实验室日常管理要求.....	1
第一节	一般要求	1
第二节	实验室人员设置管理要求	1
第三节	实验室环境管理要求	2
第四节	标准样品、试剂、样品、仪器管理要求	7
第五节	实验室废弃物管理要求	8
第六节	实验室记录管理要求	8
第二章	环境监测二噁英类样品的采集.....	10
第一节	环境空气样品的采集	10
第二节	废气样品的采集	13
第三节	固体废物样品（包括飞灰和灰渣类样品）	17
第四节	土壤和沉积物样品	18
第五节	水和废水样品	20
第三章	环境空气、废气、水和土壤样品的前处理技术	23
第一节	方法概述	23
第二节	样品的预处理	24
第三节	样品的萃取技术	25
第四节	样品的净化技术	26
第五节	样品的浓缩	29
第六节	实例介绍	30
第四章	仪器分析技术与方法	32
第一节	二噁英类的分析方法概述.....	32
第二节	分析方法原理及分析步骤	36
第三节	我国二噁英类的分析研究现状及展望.....	48
第五章	数据质量管理与质量控制要求	49
第一节	采样	49
第二节	前处理	52

第三节	仪器分析	52
第四节	数据处理与计算	54
第六章	生物检测技术	56
第一节	二噁英类生物学作用机理	56
第二节	体外受体配体结合法	58
第三节	基于抗体的免疫法	58
第四节	体外生物法	60
第五节	名词解释	66
第七章	多氯萘的研究进展	67
第一节	多氯萘的特性	67
第二节	PCNs 的污染来源	71
第三节	PCNs 的分析方法研究进展	74
第四节	环境中 PCNs 的污染水平	76
第五节	PCNs 的迁移转化趋势	80
第六节	我国 PCNs 的研究现状	81
第七节	研究展望	82
参考文献		84

第一章 二噁英实验室日常管理要求

二噁英类物质的采样、前处理及分析过程非常复杂，属于超痕量、多组分的分析，对特异性、选择性和灵敏度的要求极高，因此对环境本底要求非常严格；同时，检测过程中所使用的试剂、标准品等对人员健康具有直接危害。为保证实验室分析结果的准确性、可靠性和可比性，避免实验室环境对检测结果的干扰，保护实验室人员及周边环境的安全，必须对实验室进行严格的管理，构建二噁英实验室科学的日常管理体系，才能保证监测数据的准确有效及实验室正常、有序运行。

第一节 一般要求

1. 中国环境监测总站已向全国监测系统下发《国家环境二噁英监测实验室标准化建设技术指南（暂行）》，指导二噁英监测实验室的建设工作。

2. 二噁英实验室的日常管理首先应该满足本单位对实验室的一般管理要求，同时还应该做好实验室环境、安全、标准样品、废弃物、实验室记录等方面的特殊管理。

3. 二噁英实验室每年应制定能力验证计划，定期参加国际比对活动或环境保护部组织实施的各类国内比对实验。

第二节 实验室人员设置管理要求

二噁英实验室人员属于特殊岗位，对人员要求非常高，应实行专人定岗，并且经过岗位培训，经培训合格后持证上岗。

二噁英实验室人员设置至少包括总负责人、技术负责人、测试人员、仪器设备管理人员、机电设备维护管理人员、实验室安全员等。分别负责实验室管理、质量监督、现场采样、前处理、仪器分析及实验室辅助系统（通风、电气、给排水、数据传输等）运行维护、样品和材料管理等方面工作，具体职能分工如下：

1. 总负责人，由熟悉二噁英类分析技术，具有实验室管理经验的人员担任。负责二噁英实验室的全面管理。

2. 技术负责人，由具有环境介质二噁英类的分析技术及丰富的经验，熟悉二噁英类分析测试工作流程的人员担任。负责对测试人员的业务进行技术指导，审核并确认测试人员的测试记录；负责环境介质中二噁英类分析测试全过程中的质量保证与质量控制，负责制定能力验证计划并组织实施。

3. 测试人员，由接受过环境介质中二噁英类采样、前处理、净化及分析测试技术原

理及实际操作培训，熟悉标准操作规程（SOP）并经考核合格的人员担任。

4. 仪器设备管理员，熟悉仪器设备的原理，负责实验室设备维护计划的编制，仪器设备操作规程的编写规范使用及日常维护；负责收集整理仪器设备的相关技术资料，做好仪器设备台账的登记与编录工作。

5. 机电设备维护管理人员，负责暖通系统的维护，保证实验室温度、压力和湿度达到要求。

6. 实验室安全员，负责实验室安全和相关实验区域的卫生。实验室发生异常时，首先向总负责人通报情况，并采取适当的处理措施。

以上所有人员必须经过培训，经过考试合格，拿到上岗证书，方可从事二噁英实验室的工作，培训内容除监测方面相关专业基础知识外，至少还应该包含：

- (1) 二噁英实验室组成、功能及技术指标；
- (2) 二噁英实验室通风、电气、给排水等系统的控制；
- (3) 实验室消防及安全；
- (4) 实验室管理制度。

第三节 实验室环境管理要求

一、二噁英实验室组成、功能

二噁英分析实验室建筑面积至少需要 500 m²，使用面积约 350 m²。实验室内应设有更衣室、样品存放间、采样设备间、天平室、低浓度样品处理室、高浓度样品处理室、仪器分析室、数据解析室、缓冲间、废弃物存放间及廊道等。

1. 样品存放间用于对采集的样品进行分类登记，对沉积物、土壤等固体样品风干、过筛、测量水分含量。
2. 采样设备间用于采样仪器设备的存放和整理，方便采样时对采样设备的获取。
3. 天平间用于放置天平，应可防尘、防振、防风、防阳光直射。十万分之一的高精密天平要保证恒温、恒湿和防震。
4. 低浓度样品处理室用于对环境样品的前处理。该处理室配有萃取、浓缩、净化用的设备、水样固相萃取专用设备、纯水装置、固定式通风柜等。
5. 高浓度样品处理室用于污染源等高浓度样品前处理。主要设备与低浓度样品处理室相同。
6. 仪器分析室配有 GC/MS、HRGC/HRMS 等设备，用于样品测定，并要求温度、湿度满足相关要求。
7. 数据解析室设有 GC/MS、HRGC/HRMS 等工作站，可进行谱图解析等操作，并设有对室内温度、湿度、压力进行监控的监视系统，配图书柜。
- 各房间设置及组成可根据各单位实际情况酌情进行布局，具体参数见表 1.1 和表 1.2。
8. 废弃物存放间用于暂时存放实验室产生的废有机溶剂、净化填料或采样物质等。

表 1.1 二噁英实验室各分区房间及功能

序号	房间名称	面积/m ²	功 能
1	配电室、空调机房	≥35	供配电 空气处理
2	采样设备间		采样仪器存放及准备
3	样品存放间		样品存放
4	废弃物存放间		废弃物存放
5	天平室		称量
6	固体样品处理间		玻璃器皿、样品干燥
7	试剂存放间		试剂存放
8	标样存放间		存放标准品
9	高浓度前处理室	≥35	污染源样品前处理
10	低浓度前处理室	≥30	环境样品前处理
11	GC/MS 室	≥25	仪器分析
12	HRGC/HRMS 室	≥30	仪器分析
13	缓冲间 (二更)		气流隔断 脱、穿洁净服
14	廊道		洁廊 普廊
15	一更		脱、穿普通衣服
16	办公室/数据解析室		数据处理, 报告编写
17	卫生间		实验人员如厕
18	合计	≥500	

表 1.2 二噁英实验室配套设施

序号	房 间	配套设施	门窗要求
1	配电、 空调机房	动力配电柜、照明配电柜、大型仪器供电备用电池柜、恒温恒湿空调机内机、空气处理机组、空调机组、主仪器内散热器、防火阀门、消声设施	全钢防盗门、 自动闭门装置
2	采样 准备间	仪器存放柜（架），工作台，洗手池，文件柜，压力、温湿度传感器	普通门
3	样品 存放间	样品存放柜（架），工作台，化学通风柜，冰柜，监控器探头，压力、温湿度传感器	密闭门、自动闭门装置
4	废弃物 存放间	工作台，容器柜，化学通风柜，监控器探头，压力、温湿度传感器	
5	分析 准备间	工作台、水池（带有废水过滤装置）、器皿柜（架）、监控器探头	
6	试剂 存放间	具有通风功能的试剂药品柜，监控器探头，压力、温湿度传感器	
7	标样 存放间	工作台，监控器探头，压力、温湿度传感器	
8	天平室	工作台，监控器探头，压力、温湿度传感器	密闭门、自动闭门装置

序号	房 间	配套设施	门窗要求
9	高浓度前处理室	化学通风柜，工作台，水池（带有废水过滤装置），洗眼器，紧急冲淋设施，不锈钢废液桶，固废桶，监控器探头，压力、温湿度传感器	
10	低浓度前处理室	化学通风柜，工作台，水池（带有废水过滤装置），洗眼器，紧急冲淋设施，不锈钢废液桶，固废桶，监控器探头，压力、温湿度传感器	
11	GC/MS 室	仪器台，工作台，仪器配件柜，资料柜，电话，监控器探头，压力、温湿度传感器	
12	HRGC/H RMS 室	仪器台，工作台，仪器配件柜，资料柜，电话，监控器探头，压力、温湿度传感器	
13	缓冲间（二更）	衣柜，鞋柜，监控器探头，压力、温湿度传感器	
14	廊 洁廊	压力、温湿度传感器，监控器探头	普通门
	道 普廊		
15	一更	衣柜、鞋柜	密闭门、自动闭门装置
16	办公室/数据解析室	电脑桌、办公桌椅、文件资料柜	普通门
17	卫生间	卫生设施	普通门

二、环境管理指标

二噁英为超痕量分析，为防止室外空气污染，整个实验室有独立的供排气结构和设备。实验室内的进气全部经过膜和活性炭两级处理，出气经过活性炭处理后排入大气。实验室的一般性排水须经过下水口处的活性炭处理后，再排到市政管网。具体环境管理指标如下。

1. 对空气净化系统设置粗、中、高三级空气过滤。
第一级为粗过滤器，对于 $\geq 5\text{ }\mu\text{m}$ 大气尘的计数效率不低于 50%；第二级过滤器为中效过滤器，设置在空气处理机组的正压段；第三级为高效过滤器，设置在系统的末端。送、排风系统中的高效过滤器应采用一次抛弃型。
2. 实验室排风与送风连锁，排风先于送风开启，后于送风关闭。实验室排风必须经过活性炭过滤器过滤后排放，活性炭处理机组的设计排风通过活性炭的风速不宜大于 0.3 m/s。同时具有能够调节排风以维持室内压力和压差梯度稳定的措施。
3. 实验室设置备用排风机组，并可自动切换。
4. 实验室应按空气净化级别与压力梯度进行合理分区，原则上包括动力设备机房、采样准备间、样品存放间、试剂存放间、样品处理间、废弃物存放间、分析准备间、天平室、标样存放间、高浓度处理室、低浓度处理室、各仪器室、洁净走廊、缓冲间的区域。其中后八个区域应设置在实验室洁净区内，动力设备机房采样设备间和废弃物存放间可设置在常规区，其他几个区域可酌情考虑。洁净区洁净度至少达到 7 级水平，与室外方向上

相邻相通房间的压差保持在 10~15 Pa；各种设备的位置应有利于气流由“清洁”空间向“污染”空间流动，最大限度减少室内回流与涡流；兼顾水、电、气管路 and 控制系统；避免交叉污染；节约能源，方便工作，保证安全。

5. 为保证实验室仪器设备的长期正常运转，实验室温度、湿度应予以控制。每天应检查监控室的空调控制系统显示的实验室系统温湿度与设置是否相符合。一般实验室房间温度控制在 18~27℃，HRGC/HRMS 室温度控制在 20~25℃。HRGC/HRMS 室相对湿度控制应小于 65%，当天气湿度大时，HRGC/HRMS 室加开除湿机，使室内的湿度小于 65%。

各分区房间压力、温湿度及其他参数等环境管理技术指标见表 1.3，表中数据仅供各实验室参考。

表 1.3 二噁英实验室各分区房间环境管理技术指标

序号	房间名称	压力/Pa	洁净度级别	温度/℃	相对湿度/%	最低照度/lx
1	配电室、 空调机房	常压	—	18~27		150
2	会客收样间	常压		18~27		200
3	采样设备间	常压		18~27		200
4	样品存放间	与室外方向上 相邻相通房间 的最小负压差 10~15 Pa	7	18~27		200
5	废弃物存放间			18~27		200
6	天平室			18~27		300
7	固体样品处理间			18~27		200
8	试剂存放间			18~27		200
9	标样存放间			18~27		200
10	高浓度前处理室			18~27		300
11	低浓度前处理室			18~27		300
12	GC/MS 室			18~27		300
13	HRGC/HRMS 室			20~25	45~65	300
14	缓冲间（二更）	15	—			150
15	廊道	-10				150
		常压				150
16	一更	—	—			150
17	办公室/数据解析室	常压	—			200
18	合计					

三、环境管理要求

1. 二噁英实验室应有专人负责通风空调系统的运行维护。非通风系统负责人员不得随意操作空调控制系统，以免设置出现问题，造成通风系统异常。

2. 通风系统负责人员，应严格按操作规程进行操作，对因工作不慎、操作不当造成

不良后果人员，要追究其责任。

3. 专门负责实验室通风空调系统运行维护的技术人员应当每天对实验室的通风空调系统进行一次例行检查，确保系统处于正常运转状态。检查的内容至少包括：

(1) 中控系统，查看实验室压力梯度控制、温湿度控制曲线有无异常，若有异常变化或者报警，应查明故障地点和原因，对故障进行处理，不能处理的将相关情况报告实验室技术负责人。对检查情况做好记录。

(2) 机房，实地查看空调、通风、水冷机组是否运转正常，并做好记录。

4. 通风空调系统的启动和停机会造成实验室内外压差的变化，因此在系统的启动和停机过程中应采取措施防止内外压差超出实验室围护结构以及有关设备的安全范围。

5. 通风空调系统的启动和停机应由实验室专人负责操作，在此期间，其操作人员不得离开实验室。

6. 在通风空调系统未运行时，送排风管上的气密阀应处于常闭状态。因此在通风空调系统停机期间，实验室通风空调系统运行维护人员应对此做一次检查，并做好相应记录。

7. 应定期检查备用排风机组是否能够正常工作。通风空调系统运行维护人员应对机组的运行合理调配，各机组交替运行。

8. 通风系统应定期进行检查、维护及检修。一般以 15 天为周期将水泵轮换使用，并进行维护；通风系统初效过滤网，应至少每间隔 10 天进行一次清洗。

9. 空调控温系统应按照节能环保原则制定运行方案，根据实际实验操作需要合理设置温度；如果各实验区域能够进行独立控制，则根据需要开启或关闭通风空调系统。

10. HRGC/HRMS 室对温湿度的要求较高，HRGC/HRMS 配套水冷设备宜临近 HRGC/HRMS 室，以减少能量损失。HRGC/HRMS 室机电设备维护管理人员应每天对水冷机组、实验室温湿度控制进行检查，并根据情况决定是否增加其他控温除湿装置。

11. 每隔两个星期，检测二噁英实验室区域内所有实验室的室内空气洁净度。保证二噁英实验室内洁净度不超过 7 级。记录测定结果，确认数值没有剧烈的波动。如果发现波动比较大或者超过容许值时，应及时清理实验室的卫生，重新测定清洁度。

12. 任何人进入实验室前须换工作鞋或穿戴鞋套，工作鞋不得穿出实验室。

13. 实验室人员必须维护本实验室的环境，保持实验台、地面的整洁，保证仪器设备始终处于洁净的工作环境。实验所用器皿必须当天使用当天清洗，不得过夜；实验产生的废液、废渣及时清理到废物间，不得在实验区停留。

14. 实验室人员应在实验开始前，检查本实验室的通风空调系统，在确认实验室通风空调系统处于正常运行状态后方可开始实验，并对检查的过程和检查结果做好相应记录。

15. 实验室自采样品或者委托送样，应及时按照规范存放于样品间。除实验需要及根据实际要求留样的，过量样品按有关规定及时清理，不得随意摆放，更不能堆放在实验区，避免不必要的交叉污染。

16. 注意实验过程中水、气、电的安全使用，发现问题应及时反映、处理。实验结束后，注意检查水、电、气、设备电源是否关闭，在保证一切正常后方可离开。对需要昼夜运行的机器，应定期检查其运行状态及安全装置，特殊情况应留有专人值班。