

马昕 薛秋红 贾俊涛 主编

实验室功能设计、 建设和改造

工作指南



 中国标准出版社



实验室功能设计、建设和改造工作指南



责任编辑：杨 玮
曹锐金
封面设计：徐东彦
版式设计：李 玲
责任校对：张秀玲
责任印制：程 刚

销售分类建议：工程建设

ISBN 978-7-5066-5141-7



9 787506 651417 >

定价：35.00 元

实验室功能设计、 建设和改造 工作指南

马昕 薛秋红 贾俊涛 主编

中国标准出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

实验室功能设计、建设和改造工作指南/马昕, 薛秋红, 贾俊涛主编. —北京: 中国标准出版社, 2009
ISBN 978-7-5066-5141-7

I. 实… II. ①马…②薛…③贾… III. 实验室—建筑设计—指南 IV. TU244.5-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 005200 号

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码: 100045

网址 www.spc.net.cn

电话: 68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

各地新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 14.75 字数 320 千字

2009 年 2 月第一版 2009 年 2 月第一次印刷

*

定价 35.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话: (010) 68533533

编 委 会

主 编	马 昕	薛秋红	贾俊涛
编写人员	丁玉龙	李 静	王境堂
	陈建峰	王凤艳	邱 钧
	张爱民	傅余强	金 红
审核人员	昃向君	刘心同	杜恒清
	蔡 发	梁成珠	

序

改革开放以来，我国出入境检验检疫检测手段和能力不断提高，在促进进出口贸易发展、严把国门方面发挥了重要作用。出入境检验检疫的实验室因为始终处在对外贸易的前沿，可以在第一时间内获得国外最新要求的信息，第一时间内研究掌握进出口最新产品的检验检疫技术，第一时间内根据国际贸易的最新需要购置最先进的检测仪器设备，因此占有信息优势、人才与技术优势、设备优势，一直处于全国领先水平。

山东出入境检验检疫局一直非常重视实验室建设，以争创一流为发展要求，锐意进取，不断探索实验室建设新思路，从组织机构整合、仪器设备配备、基础设施改造等方面着手，切实达到“配合资源、创新机制、开拓市场、增强实力”的目的，实施构建“大中心”工程，合力打造山东出入境检验检疫局实验室品牌。做法一是利用国家质量监督检验检疫总局倾斜政策，加大对重点实验室的投入，配备了一批高、精、尖设备，使实验室技术装备上了一个新台阶。二是完善了“以省局技术中心为核心，分中心和重点实验室为基础，常规检测实验室为补充”的实验室网络体系，2006年2月10日成立了山东出入境检验检疫局检验检疫技术中心，从而确定了山东检验检疫执法技术保障的核心。三是大手笔、高起点，将建筑面积16700 m²的原山东出入境检验检疫局办公大楼全部改造成实验室，并于2007年10月15日正式启用。该实验室大楼的设计规划采纳国际实验室先进设计思想，体现了统一规划、功能性强、以人为本的专业设计理念。国家质量监督检验检疫总局领导多次视察该实验室大楼，并给予了高度评价：“国内领先、国际一流、装备精良、管理规范、气势很大、实力不凡”。

本书的编者是长期从事实验室管理和检测工作的山东出入境检验检疫局检验检疫技术中心工作人员。在参与实验室改造工程过程中，为了不辜负领导和同志们的重托，他们广泛调研，查阅大量的标准资料，从实验室流程布局、实验室家具规划到电、气、水、风等专业设计，发扬啃硬骨头的精神，一个难题一个难题地克服，从最初完全的茫然到逐步清晰，经历了比较艰苦的过程，最终圆满地实现了预定目标。这本书是他们工作经验教训的总结梳



理，填补了国内实验室设计规划的空白。希望本书能给将来参与实验室设计和建设的人们以启发，也希望能有更多的专家和实验室工作人员关注实验室设计和建设，为进一步提升我国实验室整体水平做出努力和贡献。

山东出入境检验检疫局局长

2008年8月

目前国内实验室的改造建设，普遍存在基建设计与实验室功能设计相脱节的问题。特别是国内缺乏专业的实验室设计或项目实施机构和人员，导致许多实验室工作人员临时参与到实验室建设工作中，并在实验室功能设计过程中发挥着重要的作用，但适合实验室工作人员阅读的有关实验室设计的资料非常少，许多实验室的改造基本上都是在摸索中前进。

许多综合性实验室由于承担的检测项目较多，配备的各种仪器设备不仅数量多，技术含量高，而且对使用环境的要求各不相同，导致实验室结构建设和维护费用都比较高，所以对实验室的功能设计、建设和改造就是所有相关事务中的最大挑战。在实验室功能设计、建设或改造期间，需要做成百上千个决策，这些决策将决定实验室在建设、改造完成后，如何成功有效地发挥设施的功能，如何在一投入使用的时候就能顺利运转和维护。许多决策必须由实验室人员和管理者做出，但他们在项目开始时对专业实验室功能设计、建设和改造的知识非常匮乏，因此要做出每个决策无疑充满了挑战和困难。决策者通常表现是茫然，不知如何提出使用需求，或者提出了需求不知如何去督促保证落实该需求，等整个项目改造、建设完成后才基本明白，但为时已晚。每一项实验室改造、建设项目刚刚完毕时，参与者总是有很多的经验教训，等时过境迁，这些焦头烂额中积累的经验教训被参与者慢慢淡忘，没有留下任何信息供后来者参考。

本书主要目的是为了让实验室的使用者在短时间内迅速掌握关键环节，从而能结合实际情况进行针对性、操作性强的规划设计，并能密切关注关键环节，保证基本符合实验室的需求。

本书分为六章。第一章介绍了实验室建设规划的基本程序和实验室功能设计的一般要求；重点阐述了各种常用的废水排放管材特点以及在实验室中的应用，说明了实验室接地设计的重要性和要求；同时介绍了实验室安全的关键环节——实验室通风系统。第二章详细介绍了实验室气流设计的基本要求、设计原则，以及各种气流组织形式的特点和发展过程；重点阐述了实验室压力控制系统及其特点，以及面风速作为衡量实验室通风系



统性能的重要意义。集中供气系统和中央纯水系统作为实验室辅助功能，已经成为实验室设计的重要部分，第三章详细叙述了集中供气系统的组成，实验室气体管路设计和安装规范，以及验收标准和方法；实验室水质的状况直接影响到实验室的检测结果。第四章结合实验室的应用特点，详细说明了各种纯水技术、集中纯水系统的特点和方案。第五章重点介绍了生物安全柜的定义、分类和应用特点，重点介绍了各种生物安全柜的工作原理。第六章从生物安全的概念、生物实验室分级入手，详细叙述了实验室的设计、施工、检测验收等各个环节。此外，本书附录收集并整理了国内外实验室相关的法规、设计和检验规范，为实验室的功能设计提供有益的借鉴。

本书在编写和出版过程中，得到了山东出入境检验检疫局各级领导和实验室相关设计单位的大力支持和帮助，其中深圳市美芝实验室系统设计工程有限公司为第一章（实验室建设规划及功能设计）提出了宝贵的修改意见，第二章（实验室通风控制系统）得到了深圳朗飞气流控制公司的大力协助，南京诚创科技系统有限公司参与了第三章（实验室集中供气系统）的编写，密理博（中国）有限公司为第四章（实验室中央纯水系统）提供了部分技术资料，在此一并表示衷心感谢。

由于编者不是专业的实验室设计人员，水平有限，加之时间仓促，书中不妥之处在所难免，敬请广大读者以及专家指正。

编者

2008年8月于青岛

目 录

第一章 实验室建设规划及功能设计

第一节	实验室建设规划	1
	一、实验室建设规划的主要内容	1
	二、实验室建设设计的基本程序	2
第二节	实验室功能设计的基本要求	3
	一、实验室总体功能划分	3
	二、实验室功能设计的一般要求	4
第三节	实验室常用隔墙及地面	5
	一、隔墙	5
	二、地面	7
第四节	实验室排水以及管材的性质	8
	一、实验室排水系统的特点	8
	二、实验室废液的处理方法	8
	三、排水管材的选择	9
第五节	实验室用电问题	12
	一、供配电	12
	二、实验室照明	13
	三、接地	15
第六节	实验室建设或改造项目的关键因素和环节	18
	一、实验室建设或改造项目的关键因素	18
	二、实验室建设或改造项目的关键环节	20



第二章 实验室通风控制系统

第一节	实验室气流控制	22
一、	实验室的气流组织设计原则	22
二、	实验室的气流控制目标	22
三、	实验室的气流控制形式	23
四、	实验室气流控制设计的适应性控制 解决方案	25
五、	气流控制系统的应用	29
六、	变风量气流控制及控制设备	31
七、	实验室气流控制系统的独特要求	36
第二节	实验室的压力控制系统	40
一、	实验室压力控制方法	40
二、	控制系统对实验室压力的影响	42
第三节	实验室各种控制方法的特点和比较	43
一、	定风量控制实验室	43
二、	双稳态控制实验室	45
三、	变风量控制实验室	46
四、	没有通风柜的变风量实验室	48
五、	适应性控制实验室	48
第四节	实验室排风柜及其他排风设施	50
一、	排风柜的基本类型及其特点	50
二、	实验室其他形式的排风设备	53
第五节	通风柜面风速的控制	54
一、	控制变风量排风柜罩面风速的意义	55
二、	变风量排风柜罩面风速控制原理	56
三、	排风柜罩面风速的控制方法	57
四、	通风柜性能测试	58
第六节	实验室通风系统设计关键环节	60
一、	危险性评估	61

	二、空调系统的负荷计算	61
	三、送排风系统设计	61
	四、通风系统静音设计	63
	第七节 通风控制系统与楼宇自控的集成	63
	一、系统集成的优点	63
	二、系统控制模式	64
	第八节 VAV 系统在 P3 实验室中的应用	66
	一、P3 实验室静压环境的技术要求	66
	二、P3 实验室环境控制系统设计	67
	三、控制策略	68
	第三章 实验室集中供气系统	70
	第一节 实验室气体概况	70
	一、实验室气体的种类以及用途	70
	二、高纯气体纯度保证措施	70
	三、实验室气体使用模式现状	72
	四、实验室集中供气技术可行性分析	73
	五、实验室集中供气系统方案	73
	第二节 科学实验室气体管路设计规范	77
	一、一般规定	77
	二、切换系统及阀门要求	78
	三、气体管路要求	78
	第三节 工程验收标准及方法	79
	一、压强及气密性测试	79
	二、管道清洗	79
	三、管道纯净度测试	79
	四、色标	80
	第四节 工程安装规范	80
	一、洁净设施准备	80
	二、焊接人员资格认定	81



	三、施工流程	81
	四、施工重要环节	81
	第五节 工程设计图例	92
第四章	实验室中央纯水系统	
第一节	实验室中央纯水系统的基本概念	97
第二节	集中纯水系统的特点	98
	一、模块化设计, 自动化程度高	98
	二、紫外消毒, 水质稳定	99
	三、EDI 取代离子交换技术, 减少维护成本 同时保证水质稳定	99
第三节	集中纯水系统设计方案	102
	一、用水需求分析	102
	二、方案设计	104
	三、工程预算分析	105
	四、日常运行费用分析	105
第四节	纯水技术	106
	一、过滤技术	106
	二、反渗透技术	107
	三、电渗析	108
第五节	实验室管道工程	110
	一、工程设计	110
	二、安装及注意事项	111
第五章	实验室家具、化学通风柜及生物安全柜	
第一节	实验室家具的基本要求	113
	一、材质要求	113

	二、功能柱	115
	三、实验室家具的检验	116
	第二节 通风柜	116
	一、通风柜材质和结构	116
	二、通风柜内衬材料	117
	三、台面要求	117
	四、配件要求	117
	第三节 生物安全柜	117
	一、生物安全柜	117
	二、生物安全柜的性能评价	122
	三、生物安全柜的应用	124
	四、生物安全柜的特点	128
	五、生物安全柜的正确安装和使用	135
	六、生物危害溢出和清理步骤	138
第六章	生物安全实验室的建设	
	第一节 生物安全概论	140
	一、生物安全的基本概念和相关术语	142
	二、国内外实验室生物安全规定	143
	第二节 生物安全实验室分级和建设要求	147
	一、微生物的危害等级	147
	二、生物安全实验室分级	148
	三、生物安全实验室建设要求	149
	第三节 生物安全实验室建设的前期工作	155
	一、项目计划	155
	二、生物安全实验室设计	156
	第四节 生物安全实验室的施工	190
	一、建筑装饰	190



二、空调净化	193
三、生物安全柜的安装	194
第五节 生物安全实验室的检测和验收	194
一、工程检测	194
二、生物安全柜的现场检测	195
三、工程验收	196
第六节 生物安全实验室建设注意事项	198
一、计划充分	198
二、责任明确	198
三、设计周密	199
四、沟通及时	200
五、施工可靠	201
附录 1 仪器设备接地方式——铜板掩埋法	203
附录 2 仪器设备接地方式——铁桩掩埋法	204
附录 3 美国实验室通风设计相关标准与指导摘要	205
附录 4 实验室通风相关机构和组织要求	208
附录 5 实验室家具——实验台性能测试方法及要求	215
参考文献	221

实验室的建设,不论是新建、扩建或改建项目,它不单纯是选购合理的仪器设备,还要综合考虑实验室的总体规划、合理布局和平面设计,以及供电、供水、供气、通风、空气净化、安全措施、环境保护等基础设施和基本条件,因此实验室的建设是一项复杂的系统工程。在现代化的实验室里,先进的仪器设备和功能完善的实验室配备是提升现代科技水平、促进科研成果增长的必备条件。“以人为本”已成为人们高度关注的课题,安全、高效、舒适是理想实验环境的三大要素,也是实验室建设的宗旨。

第一节 实验室建设规划

建设现代化的实验室,首先要制定和提出实验室的总体规划,确定实验室建设项目的性质、目的、任务、依据和规模,确定各类实验室功能和工艺条件以及规模大小;同时要做好建设设计的资料收集工作,调查研究,吸纳国内外同种性质、同等规模实验室建设的经验,根据实验室的工艺条件及相关资料,编制好计划任务书;在各方面工作准备就绪后,做好实验室建筑设计工作,综合建筑设计各专业的基本要求,结合实际,符合规划要求,绘制出建筑蓝图,为实验室施工建设提供可靠的依据。

一、实验室建设规划的主要内容

这一部分一般不需实验室工作人员重点考虑,因为通常实验室从组织结构上隶属于某个政府机关、企事业单位,会有专门的基建部门来负责此事;从功能上,实验室是为某一部门、行业管理或企业生产进行服务。但是实验室人员应该了解相关内容,这有助于更加合理地参与到实验室功能规划设计中来。实验室建设规划的准备工作包括:

1. 需要确定建设单位(如某研究所、某学院、某工厂或某实验室)、建设项目(如某实验楼或某研究楼)、建设性质(新建、扩建或改建)、建设地点及用地、工程项目的具体位置、公害处理(废气、废水、废物、噪声、辐射、振动等)的技术处理措施。

2. 需要考虑的项目:

- (1) 总体布局中各栋建筑物的相互关系以及生活区的解决方式;
- (2) 各类实验楼的工艺布局及工艺流程;
- (3) 平面组合的几种可能性,建设实验楼的层数;
- (4) 选择合适的模数(包括开间、进深、层高以及走道尺寸);
- (5) 主要仪器设备的布置方式以及实验台、通风柜等的位置;