

Guide on the Construction and Management of Modern Laboratory

编著 胡 征

现代实验室 建设与管理指南

天津出版传媒集团

◆ 天津科技翻译出版有限公司

现代实验室建设与 管理指南

胡 征 编 著

天津出版传媒集团



天津科技翻译出版有限公司

图书在版编目(CIP)数据

现代实验室建设与管理指南/胡征编著. —天津:天津科技翻译出版有限公司,2014.6

ISBN 978-7-5433-3395-6

I. ①现… II. ①胡… III. ①实验室—管理—指南 IV. ①N33-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 111119 号

出 版:天津科技翻译出版有限公司

出 版 人:刘 庆

地 址:天津市南开区白堤路 244 号

邮政编码:300192

电 话:(022)87894896

传 真:(022)87895650

网 址:www.tsttpc.com

印 刷:天津泰宇印务有限公司

发 行:全国新华书店

版本记录:787×1092 16 开本 23 印张 400 千字

2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

定价:58.00 元

(如发现印装问题,可与出版社调换)

前 言

未来世界的竞争实际上就是创新力的竞争,创新是一个民族发展的不竭动力之源。创新有两个必要条件:一是人才,二是装备。实践是创新的源泉。实验室作为教育科研活动的重要场所,很多创新思想、科研的原型系统及科技成果的形成主要是依托实验室完成的,在知识创新与科技推广过程中扮演着重要角色,如著名的贝尔实验室、苹果实验室等。实验室相对于理论教学具有直观性、实践性、综合性和创新性的特点,在培养学生科学素质和创新能力方面具有明显的优势,实验室的建设方向与规模、管理机制与水平直接影响着学校的办学能力和科学研究水平,甚至决定了学校竞争能力的高低。实验室同时也是科技创新体系的重要组成部分,是组织开展高水平基础研究和应用基础研究、聚集和培养优秀高级科研人才、开展学术交流的重要基地,不仅对传统学科具有支撑作用,对新兴、交叉学科的形成和发展也有重要的催化功能。因此,实验室的建设和管理工作是促进企业、教育和科研机构提升其自主创新能力和核心竞争力的有力支撑和发展基石。

创新离不开实验室的建设和管理,然而,目前实验室无论是建设还是管理上都受很多因素的制约和影响。一来由于传统观念“重理论、轻实践”,二来实验室建设和管理人员缺乏,总览全国实验室建设工作,很多实验人员不具有跨学科的背景,实验队伍知识水平结构不尽合理,高水平人员严重缺乏。他们当中不少人不大熟悉的实证研究方法,不善于把握大量实证研究成果,对应用信息技术设计开展实验和教研更是一片空白。这不仅是由于实验室资源还不能完全满足教研和创新的需要,专家设计开发的实验室设备与一线教研工作者的实际需求存在距离,更重要的是大多数教研工作者缺乏利用和开发实验室资源的知识和技能。高、新、尖的大型仪器设备,需要既懂技术又懂管理的高级专业人才进行管理。怎样才能让实验室在企业、教育和科研机构中发挥它应有的作用是我们目前必须面对和亟需解决的问题。

目前我国还没有特别完善的国家标准对实验室的建设和管理进行规范和要求(只有个别实验室或个别行业的规定)。国内迄今为止也没有专业的实验室规划、设计、建设人员,都是其他相关专业人士在实验室建设单位工作的过程中逐渐摸索出一套适合实验室规划、设计、建设的大致统一的思想和方法,成为行业内默守的不成文的准则。

因此,重申实验室在各领域中的地位和作用,面向广大教育工作者、科研人员、企业技术人员、医务人员、公安政法系统人员、实验室建设行业人员开展实验室建设和管理方面的继续教育,学习现代实验室的建设和管理方法,介绍现代的实验装备及其发展趋势,同时针对当前实验室建设和管理的问题、存在的疑虑做出分析,实现实验室建设和管理的标准化、规范化,这对于我国各级各类机构以最少的投入、最快的速度建立和完善实验室,无疑是非常有帮助的。

本书由从事实验室建设和管理一线工作多年的实验技术人员撰写,目前在市场上还缺乏同类型的书籍,现在市面上的少数实验室建设和管理的书籍均是针对某个专业的某个部分而言(主要为化工),从未有过适用于工、商、文、理、医、农、法、师学科通用的实验室建设和管理书籍。该书不仅可供各级大、中、小学校、各级企事业单位、医疗机构、各大科研院所的从事实验室建设和管理的技术人员作为继续教育的培训教程或工具书使用,也适合于广大非专业的实验室工作人员作为参考用书。

此书的编写和出版得到了顾瑜琦教授、天津出版传媒集团和天津科技翻译出版有限公司的鼎力支持和热心帮助,在此致以最诚挚的谢意!

胡 征

2014年4月27日

目 录

第一章 实验室基础	1
第一节 实验室概述	1
第二节 实验室建设概述	10
第三节 实验室管理概述	18
第二章 实验室立项与采购管理	25
第一节 实验室项目机会研究	25
第二节 实验室项目初步可行性研究	28
第三节 实验室项目详细可行性研究	32
第四节 实验室项目论证	36
第五节 实验室项目评估	43
第六节 实验室项目采购管理	44
第三章 实验室的规划与设计	60
第一节 实验室规划的内涵与外延	60
第二节 实验室规划的编制	63
第三节 实验室设计概述	70
第四节 实验室建筑设计	71
第五节 实验室建筑基础	76
第六节 实验室建筑布局及平面设计	82
第七节 实验室家具及设计	88
第四章 实验室的基本条件	97
第一节 实验室的基本条件——水	97
第二节 实验室用电与照明	103
第三节 实验室用气	107
第四节 实验室的安全防护设施	110
第五章 实验室系统工程与建设	133
第一节 实验室给排水系统工程与建设	134
第二节 实验室气体管路系统工程与建设	139
第三节 实验室强弱电系统工程与建设	142
第四节 实验室通风系统工程与建设	145
第五节 实验室消防系统工程与建设	149

第六节	实验室空调暖通系统工程与建设	151
第七节	实验室装修工程与建设	154
第八节	实验室工程管网工程与建设	158
第六章	现代实验室模式	161
第一节	虚拟实验室	161
第二节	绿色实验室	165
第三节	仿真实验室模式	167
第四节	现代实验室设计模式	173
第七章	实验室信息化管理	177
第一节	实验室信息化概述	177
第二节	实验室信息化管理的技术基础	181
第三节	实验室信息管理系统(LIMS)	203
第四节	现代实验室信息化管理环境配套设施	209
第八章	实验室队伍管理	217
第一节	实验室队伍管理概述	217
第二节	实验室队伍的管理与开发	222
第三节	实验室队伍管理规划	226
第四节	实验室队伍招聘与测评	237
第五节	实验室队伍绩效考评	247
第六节	实验室队伍培训与开发	251
第九章	实验室的任务管理	255
第一节	实验教学管理	255
第二节	科研实验管理	263
第三节	实验室社会服务管理	270
第四节	实验室的开放管理	273
第五节	实验室档案管理	276
第十章	实验室的技术管理	282
第一节	实验室的设备管理	282
第二节	实验室的经费管理	292
第三节	实验室的材料管理	297
第四节	实验室的安全管理	301
第五节	实验室家具的管理	309
第十一章	实验室考核评估	313
第一节	实验室考核评估概述	313
第二节	实验室考核评估指标体系	314

第三节	实验室评估	318
第四节	实验室考核评估实例	327
第十二章	实验室的质量管理	330
第一节	实验室质量管理体系概述	330
第二节	实验室质量管理体系	338
第三节	实验室全面质量管理的运行机制	340
第四节	实验室的现代质量管理	344
第十三章	实验室认可与专利管理	347
第一节	实验室认可	347
第二节	实验室知识产权	350
第三节	实验室认可及知识产权实例	355
主要参考文献		357
后记		358

第一章 实验室基础

无论是中国还是外国,特别是科学技术发达的国家,都对各级、各类实验室的建设与管理给予足够的重视。如国外的一些著名实验室:英国科学与工程研究院的卢瑟福-埃普顿实验室、剑桥大学的卡文迪什实验室;美国加州大学的劳伦斯伯克利实验室、斯坦福大学的斯坦福同步辐射实验室;以及美国企业界的贝尔实验室、通用电器公司研究实验室、杜邦实验室、微软实验室、苹果实验室等。这些实验室都有一个高效的管理系统。他们认为,寻找一个学者、教授并不难,而要找一个好的实验室建设与管理专家就如同寻找一块珍宝那样难,可见他们对实验室建设与管理工作的重视。在这些国家里,实验室的建设与管理都有一整套成熟的、先进的方法和经验。国家非常重视对实验室建设和管理人员的选聘和培养,有较完整的培训计划和教材。

我国的实验室工作者经过长期实验室工作的实践,并加以总结,使之不断完善,已逐渐形成一个新的学科——实验室管理学。

第一节 实验室概述

一、实验室的概念

学者们给实验室下了许多定义,说法不一,然而,这正反映了人们对实验室含义的认识逐步提高的过程。有些学者认为:“实验室是进行实验教学和科学研究的场所(或基地);”“实验室是开展教学实验和科研实验的场所。”显然,这两种说法都不够严密和全面,因为这两种说法没有明确规定实验场所必须具备的特定条件,而只有具备特定条件的实验场所才能称作实验室。基于上述看法,人们又定义实验室为:“实验室是设置各种设备、器材等物资,以便实验人员进行实验活动的特别建筑物。”这个定义规定了实验室必须具备的条件、作用等,但仅将实验室作为一个特别建筑物的称谓来表示是不全面的,且概念也不十分严谨。现在,较多学者认为:“实验室是根据不同的实验性质、任务和要求,设置相应的实验装置以及其他专用设施,由教学、科研人员在实验技术人员合作下,有控制地进行教学、科研、生产、技术开发等实验的场所。”这个定义从实验室目标要求、实验室运行条件和实验室内在功能方面较概括地说明了实验室的基本特征。

二、实验室的演进

古代时期,希腊、埃及、中国的科学家们就做了大量的科学实验。广义地说,他们当时进行实验的场所,如中国古代东汉时期(公元25~220年)人们炼金、炼丹的场所,唐朝(公元618~907年)炼丹家用硫黄、雄黄和硝石密闭加热引起爆炸并由此发明火药的场所等,就是实验室的雏形;他们所使用的工具、物品就是实验仪器或称为技术装备。但那时,人们对科学实验的重要性还缺乏足够认识,科学实验也缺乏十分明确的目的,实验条件和场所也十分简陋。

13世纪,英国牛津大学著名学者罗吉尔·培根(Roger Bacon)提出:“过去那种靠有名无实的权威和传统的习惯来发表自己意见的人,算不得真正的学者,他们只能靠空洞争辩来掩盖自

己的愚昧无知;真正的学者应当靠实验来弄清自然科学、医学、炼金术和天上地下的一切事物。”他第一次把科学实验提到了这样重要的地位。在培根的影响下,他的朋友皮埃尔·德·马里古特(Pierre de Maricourt)做了不少磁学实验。他于1269年写了一本小册子,描述了他在磁学中的发现,其中最著名的就是磁球实验。这个实验,后来英国人吉尔伯特(Gilbert, 1544~1603)又重做过,并提出了“地球就是磁石”的理论,但是由于教会的反对和对科学的迫害,刚刚兴起的实验风气又被压了下去。

真正的实验科学是从伽利略(Galileo, 1564~1642)开始的。他不仅是实验科学的开拓者,也是经典力学的奠基者,在科学发展的历史上做出了杰出的贡献。他第一个用自制的望远镜观察太阳、月亮和星星,取得了大量的科学成果。为了验证自由落体与物体重量无关,他把数学引入物理实验,通过间接量的测量来测定加速度,并做了著名的“斜面实验”,得到了在斜面上运动的物体,其路程与时间的平方成正比的重要结论。他还做过许多重要的实验,例如碰撞实验、光速测定、单摆实验等,得出了许多重要的结论。他不仅把实验作为科学研究的一种最重要的手段,而且为实验提供了一些重要的方法。

随着科学研究的迅速发展,实验室的建立开始从个别科学家发展为科学团体组织。如意大利1657年建立的齐曼托学社,德国1672年创办的实验研究学会。最重要的,也是在科学研究中有重大贡献的,是1666年法国建立的官方科学机构——巴黎科学院。这些实验室主要是进行科学研究的环境,尚未引入学校作为教学基地。

19世纪初期,由格拉斯哥大学化学系教授托马斯·汤姆生建立了第一个供教学实验用的化学实验室。后来,威廉·汤姆生(William Thomson, 1824~1907)教授又在该校建立了第一个用于教学的物理实验室。著名的剑桥大学的卡文迪什实验室也于同时期建立。各国著名的大学都相继成立了实验室。这些世界知名的实验室有一个十分突出的特点,它们的主持人都是著名的科学家,它的工作人员也多半是优秀的科学家。所以,近200年来,许多重大的科技发现都来自这些古老的实验室。现在,实验室已成为理、工、农、医、师等院校的重要支柱。很多文科学院校(如文、史、政、经、法等)也逐步建立了实验室,充分利用现代科学技术开展研究和教学,并把研究成果建立在科学实验的可靠的基础之上。

综观实验室的发展历史,我们发现,实验室在社会发展中具有重要的地位和作用。首先,实验室是开展实验研究的重要基地;其次,实验室是进行实验教学、培养创新人才的基本场所;再次,实验室是进行科学技术创新开发的前沿阵地;最后,实验室是培养严谨求实的科学态度和认真负责的工作作风的重要场所。

三、实验室的任务

各级、各类的实验室是从事教学、科研、生产和技术开发的实验活动的技术部门,承担着建设社会主义物质文明和精神文明的任务。这个任务就是在国家及其主管部门的统筹下,为社会培养出高质量的人才,研究出高水平的成果,提供优质的科技服务,为国家的科技事业和经济发展做出贡献。不同类型的实验室,其任务的内容和范围是不同的。例如:高等院校的实验室首要任务是承担教学实验、培养人才,其次是科学研究(包括基础研究与应用研究)、技术开发;科学研究机构的实验室是以科学研究(包括基础研究与应用研究)为主,培养人才为辅,并承担科技开发的任务;企业办研究院(所、室)及其实验室,主要任务是技术开发,应用研究为辅;企业各类检验室、中心分析室、理化实验室、实验中心等的主要任务是产品原材料检验、分析和成品或半成品的质量检查及其技术参数的测试等。

四、实验室的分类

随着科学技术的进步与发展以及实验手段与设备的不断更新和精确化,实验室的种类越来越多。为加深对实验室的认识与理解,更好地推动实验室建设与管理,我们有必要对实验室进行分类。

1. 按实验室承担的主要任务分类

根据任务定位不同,分为教学型实验室、科研型实验室、科研教学型实验室、教学科研型实验室和综合服务型实验室。

(1)教学型实验室。教学型实验室专门从事现代人才的培养,其特点是以培养现代化应用型人才为目标和任务,有一定的实验教学任务和专门化的实验教学资源,能为进入实验室的学员提供相应专业的实验环境和学习资源,包括构造实验教学环境,提供实验教学教师、实验教学软件、教学实验项目和网上教学资源。单纯的教学型实验室一般设置在具有专门人才培养特色和基础的高等学院、专科层次和职业培训类院校以及部分大中型企业中。

(2)科研型实验室。科研型实验室专门从事科学研究,其特点是以支持科研项目的申报、研究、开发为目标和任务,为进入实验室的科研项目和研究开发人员提供仪器设备、智力资源、技术资源和知识系统的支持,包括构造科学实验环境,提供配套的专业化科学实验仪器设备、专业计算机软件系统、专业数据库、专门方法库和专题文献库等。单纯的科研型实验室一般设置于科研院所中。

(3)科研教学型实验室。科研教学型实验室以科研为主,兼顾人才培养,其特点是以支持科研项目的申报、研究、开发为主要目标和任务,同时承担一定实验教学任务。该类实验室能为进入实验室的科研项目和研究开发人员提供仪器设备、智力资源、技术资源和知识系统的支持,包括构造科学实验环境,提供配套的专业化科学实验仪器设备、专业计算机软件系统、专业数据库、专门方法库和专题文献库等,同时可作为实验教学的场所。科研教学型实验室一般设置于研究力量较强、以研究生教育为主的高等学校中。

(4)教学科研型实验室。教学科研型实验室以人才培养为主,兼顾科学研究,其特点是以现代化人才培养为主要目标和任务,有大量实验教学任务和实验教学资源,同时还肩负一定的科研任务。该类实验室除了必须具备教学型实验室的基本功能外,还要提供特定学科、专业问题研究的研究环境和智力资源组织保障机制。教学科研型实验室一般设置在以应用型、复合型人才培养为目标的一般的高等学院和综合性大学中。

(5)综合服务型实验室。综合服务型实验室承担的主要任务是为校内外提供实验教学、科学研究、分析测试和开发服务,具有多种功能。为提高仪器设备的使用率,避免小而全、重复购置而造成不必要的浪费而建立这类实验室,如计算机中心、分析测试中心、显微镜使用中心、电教中心等。这类实验室的特点是:配置多种技术装备,规模较大、实验能力较强;实验内容除兼有教学、科研实验室的某些性质外,还具有水平高、难度大和手段新的特点。

2. 根据建设与管理主体不同划分

根据建设与管理主体不同,分为国家级实验室、省市部委级实验室、学校实验室、科研机构实验室、企业实验室与实验实践社会化服务中心。

(1)国家级实验室。国家级实验室是国家拨专款,根据国家重大战略需求,以国家现代化建设和社会发展的重大需求为导向,开展基础性、前瞻性、战略性科技创新研究和社会公益研究,承担国家重大科研任务,产生具有原始创新和自主知识产权的重大科研成果,为经济建设、社会发展和国家安全提供科技支撑的研究型实验室。管理上直接或间接接受国家主管部门的

指导和控制。

(2)省市部委级实验室。省市部委级实验室一般为省市部委级重点建设的实验室,多面向行业的应用型研究而设置,承担行业中大中型科研项目的研究和技术开发工作,同时还承担培养国家高级研究人员的任务。管理上直接或间接接受省市部委部门的领导。

(3)学校实验室。学校实验室是指各级、各类学校建设与管理的实验室。根据隶属关系不同,学校实验室又可以细分为校级实验中心、院(系)级中心实验室、教研室或课程级实验室。校级实验中心是一个院(系)级建制管理水平、直属学校领导、针对全校多个专业院(系)提供实验环境和资源的公共实验室。校级实验中心的特点是跨学科、跨专业、集中管理、资源共享。校级实验中心的优点是容易得到校级领导的理解和支持,便于全校发动和整体推进,在发展力度和达成共识方面较好;规范化、专业化程度和效益较高;地位超脱,有利于资源协调调度;对多学科之间的类比、启发、协同和融合有益。院(系)级中心实验室是一个教研室建制管理水平、隶属一个院(系)领导、针对一个专业院(系)或相关专业院(系)提供实验环境和资源的公用实验室。院(系)级中心实验室的特点与校级实验中心大体相似。教研室或课程级实验室是附属于教研室、发展管理水平较低的专用实验室。教研室或课程级实验室的特点是规模较小,一般承担一门课程或几门课程的实验教学任务。教研室或课程级实验室的优点是教师的教学环境一般比较宽松,但由于一个教研室能开出有特色实验课程的专业教师数量有限,可能存在教师的视野不宽,不便于形成实验教学集体教研力量,实验室的发展和管理也更容易受到人员、资金、政策和氛围的限制。

(4)科研机构实验室。科研机构实验室是指由各级、各类科研机构建设与管理的实验室。科研机构实验室是进行科研实验活动的场所,其主要任务是提供科学实验方法及条件,客观地实施实验观察,准确地提供实验数据。科研机构实验室的建设目标应当是构筑科研技术平台,其工作水平主要体现为科研能力,其商品是科研实验服务。为了保证科研数据科学、真实、准确和具有可重复性,科研机构实验室建设的基本原则是标准化。科研机构实验室的规范化、标准化建设是科研机构科研支撑条件建设最基本的环节。不同的科研机构实验室应当有不同的标准,但不论哪一类科研机构实验室,都应当达到实验室最基本的标准,包括硬件条件(房屋外环境、面积、温度、湿度、洁净度等)、仪器设备(种类、数量、型号、准确度、灵敏度等)、人员配备(知识结构、年龄结构、学历职称、上岗条件等)、实验方法(模型、操作规程等)、管理制度(人员管理、设备管理、经费管理、资料管理)等。

(5)企业实验室。企业实验室是指由各级、各类企业建设与管理的实验室。随着经济的发展以及市场竞争的加剧,企业实验室将在企业工作中发挥越来越重要的作用。企业实验室必须达到以下条件:实验项目要满足企业的实验要求;实验流程要确保实验的可靠性;实验人员要具有较强的实验实践能力。企业实验室主要用于企业员工培训,其次用于企业应用研究。企业实验室的当前特点是规模较小,容易受到人员、资金、政策和氛围的限制。

(6)实验实践社会化服务中心。实验实践社会化服务中心是指具有独立地位,不附属于任何学校、科研机构以及企业,创造社会化实验实践条件并有偿提供社会化实验实践服务的单位。为了节省社会资源,实现资源共享,可在学校、科研机构或企业比较集中的地方选择适当地点,建立综合性的、提供开放式有偿服务的实验实践社会化服务中心。

3. 按照实验室相对应的学科性质分类

按照相对应的学科(课程)性质分为基础实验室、专业基础实验室和专业实验室三大类型。

(1)基础实验室。基础实验室对应的学科(课程)性质为各专业公共的基础性学科(课程),

如物理实验室、化学实验室等。

(2) 专业基础实验室。专业基础实验室对应的学科(课程)性质为专业内的基础性学科(课程),如计算机基础实验室、电气工程基础实验室等。

(3) 专业实验室。专业实验室对应的学科(课程)性质为专业内的特定学科(课程),如经济管理实验室、检测技术实验室等。

五、世界著名实验室简介

实验室是科学的摇篮,是科学研究的基地,对科技发展起着十分重要的作用。在国际上享有盛誉的著名实验室更被喻为科研领域的圣殿,是科技工作者向往和追随的地方。这些实验室往往代表了世界前沿基础研究的最高水平,诞生了一大批诺贝尔奖获得者和具有划时代意义的科技创新成果,是开展高层次学术交流的重要场所。下面选取一些具有代表性的实验室,分类加以介绍。

第一类是建立在大学里面,附属于大学或者是由大学代管的实验室。例如:英国剑桥大学的卡文迪什实验室,莫斯科大学的物理实验室,荷兰莱顿大学的低温实验室,英国曼彻斯特大学的物理实验室等。美国很多一流的研究型大学都为政府代管国家实验室,这些设在大学里的国家实验室作为原始性创新基地,在国家基础研究、技术开发和科技攻关中承担着重要使命。

1. 加州大学伯克利分校的劳伦斯伯克利国家实验室(Lawrence Berkeley National Laboratory, 简称 LBNL)

劳伦斯伯克利国家实验室位于美国加州大学伯克利分校,占地 81 公顷,毗邻旧金山湾。它隶属于美国能源部,由伯克利分校代管。劳伦斯伯克利实验室是 1939 年诺贝尔物理学奖得主欧内斯特·奥兰多·劳伦斯先生于 1931 年建立的,早期关注高能物理领域的研究,建起了第一批电子直线加速器,发现了一系列超重元素,开辟了放射性同位素、重离子科学等研究方向,成为美国乃至世界核物理学的圣地。它是美国一系列著名实验室: Livermore, Los Alamos, Brookhaven 等实验室的先驱,也是世界上成百所加速器实验室的楷模。劳伦斯伯克利国家实验室现在研究的领域非常宽泛,下设 18 个研究所和研究中心,涵盖了高能物理、地球科学、环境科学、计算机科学、能源科学、材料科学等多个学科。劳伦斯伯克利实验室建立以来,共培养了 5 位诺贝尔物理学奖得主和 4 位诺贝尔化学奖得主。劳伦斯伯克利国家实验室现有 3800 名雇员,其中相当一部分是伯克利分校的老师和学生,2004 年的财政预算超过 5 亿美元。特别值得提出的是,目前实验室的主任是朱棣文先生,他是极少数担任美国国家学术机构领导的华人之一。

2. 麻省理工学院的林肯实验室(Lincoln Laboratory)

MIT 于 1951 年在麻省的列克辛顿(Lexington)创建了林肯实验室。其前身是研制出雷达的辐射实验室。该实验室是联邦政府投资的研究中心,其基本使命是把高科技应用到国家安全的危急问题上。它很快在防空系统的高级电子学研究中赢得了声誉,其研究范围又迅速扩展到空间监控、导弹防御、战场监控、空中交通管制等领域,是美国大学第一个大规模、跨学科、多功能的技术研究开发实验室。

1957 年该实验室建成全固态、可编程数字计算机控制的雷达系统(Millstone Hill radar),实现了对空间目标的实时跟踪,既能跟踪苏联卫星的活动,也能监控卡那维拉尔角的火箭发射。后来,该系统又发展成弹道导弹战略防御系统,其中关键性的技术是数字信号处理和模式识别。在 20 世纪 60 年代初期,林肯实验室开发了卫星通信系统,参与了 8 颗实验通信卫星的发射。

在 20 世纪 70 年代初期,实验室开始研究民航交通管制,强调雷达监控,进行恶劣气象的检测,开发了航空器的自动化控制装置。在 20 世纪 80 年代,实验室为克服大气紊流的影响,开发了大功率激光雷达系统。20 世纪 90 年代,为美国国家航空航天局等开发了传感器。现在,林肯实验室则在开发陆地图像处理设备。

为了支持庞大的创新研究,林肯实验室一直保持了在基础研究上的领先地位,例如表面物理、固态物理以及有关材料的优势。它完成了开发半导体激光器的早期研究,设计了红外激光雷达,并开发了高精度卫星定位与跟踪系统。

林肯实验室在计算机图形学、数字信号处理理论以及设计与建造高速数字信号处理计算机等方面做出了很大的贡献。信号处理毕竟是实验室许多项目的核心技术,包括高吞吐率的通用信号处理器。它在语音编码与识别方面也有许多出色的工作,为自动翻译开拓了道路。

林肯实验室现有雇员 2432 人,它在 2003 财政年度的经费是 5.226 亿美元,其中 91.6% 即 4.787 亿美元来自美国国防部,这就不难理解 MIT 林肯实验室事实上是美国军事电子系统的大本营。

3. 加州大学的洛斯阿拉莫斯国家实验室(Los Alamos National Laboratory,简称 LANL)

洛斯阿拉莫斯国家实验室位于美国新墨西哥州首府圣塔菲西北 56 千米处,成立于 1943 年,以研制出世界上第一颗原子弹而闻名于世。

洛斯阿拉莫斯是一个当之无愧的科学城和高科技辐射源。实验室在二战期间由罗斯福总统倡议建立,是曼哈顿工程的一部分。物理学家奥本海默是实验室的第一任主任。

该实验室是一个由能源部与加利福尼亚大学联合管理的多计划研究机构。其研究工作分两大类:武器研究,包括开发满足目前军事需要的核弹头、设计试验先进技术方案,以及通过相关科学技术领域的实验与理论研究,维持一项创新性武器研究计划;非武器研究,包括核裂变、核聚变、中等物理加速、超导、计算机科学、生物医学、地球科学、非核能及基础能源科学等。

这里云集了大批世界顶尖科学家,目前共有 1.2 万名雇员,每年经费预算高达 21 亿美元。

4. 布鲁克海文国家实验室(Brookhaven National Laboratory,简称 BNL)

布鲁克海文国家实验室位于纽约长岛萨福尔克县(Suffolk County)中部,原址为第一、第二次世界大战时的美国陆军厄普顿兵营。该实验室成立于 1948 年,现隶属于美国能源部,由石溪大学和 BATTELLE 成立的布鲁克海文科学学会负责管理。

布鲁克海文国家实验室拥有开展研究用的反应堆和同步辐射光源、强场核磁共振仪、投射电子显微镜、扫描电子显微镜、正电子断层成像仪、回旋加速器等一大批大型仪器和设备。除开创了核技术、高能物理、纳米技术等多个领域的研究外,该实验室还在生物、化学、医学、材料科学、环境科学、能源科学和技术等多学科开展研究。大科学装置群的强大支撑能力和多学科交叉的环境,使布鲁克海文国家实验室在发展新型、边缘科学和突破重大新技术方面具有强大的能力,取得多项令世界瞩目的重大成果,并数次获得诺贝尔奖,成为著名的大型综合性科学研究基地。

布鲁克海文实验室拥有 3000 名雇员,每年还接待全球超过 4000 名科学家的访问。布鲁克海文的年度研究经费超过 4 亿美元。

5. 加州理工学院的喷气推进实验室(Jet Propulsion Laboratory,简称 JPL)

喷气推进实验室是位于加利福尼亚州帕萨迪那美国国家航空航天局(NASA)的一个下属机构,负责为美国国家航空航天局开发和管理无人空间探测任务,行政上属于加州理工学院管理,前身是由航空大师西奥多·冯·卡门于 1936 年牵头成立的喷气动力研究所。在国际科技

界,加州理工学院的喷气推进实验室如雷贯耳,它在美国导弹和航天发展史上起到了空前的作用,尤其是1958年“探险者1号”进入轨道,确立了其作为“太空开发计划之母”的地位。目前,加州理工学院的喷气推进实验室共进行着45个项目的研发,各种无人探测器升空后的控制工作大都由其负责。它还担负着对地球准确测量的任务,控制着全球的深空探测网络。这里汇集了太空研究领域一流的科学家和工程师,员工总数超过5200人,年度研究经费达13亿美元。

6. 橡树岭国家实验室(Oak Ridge National Laboratory,简称 ORNL)

橡树岭国家实验室是美国能源部所属最大的科学和能源研究实验室,成立于1943年,原称克林顿实验室,是曼哈顿秘密计划的一部分,现由田纳西大学和 Battelle 纪念研究所共同管理。

20世纪50年代和20世纪60年代期间,橡树岭国家实验室主要从事核能、物理及生命科学的相关研究。20世纪70年代成立了能源部后,使得橡树岭国家实验室的研究计划扩展到能源产生、传输和保存等领域。

目前,橡树岭国家实验室的任务是开展基础和应用的研究与开发,提供科学知识和技术上解决复杂问题的创新方法,增强美国在主要科学领域里的领先地位;提高洁净大量能源的利用率;恢复和保护环境以及为国家安全做贡献。

橡树岭国家实验室的许多科学领域在国际上处于领先地位。它主要从事6个方面的研究,包括中子科学、能源、高性能计算、复杂生物系统、先进材料和国家安全。

橡树岭国家实验室现有雇员3800多人和客座研究人员大约3000人,年度经费超过10亿美元。

7. 阿贡国家实验室(Argonne National Laboratory,简称 ANL)

阿贡国家实验室是美国政府最老和最大的科学与工程研究实验室之一——在美国中西部为最大。阿贡是1946年特许成立的美国第一个国家实验室,也是美国能源部所属最大的研究中心之一。过去半个世纪中,芝加哥大学为美国能源部及其前身监管阿贡国家实验室的运行。

阿贡国家实验室是从二次世界大战曼哈顿工程的一部分,芝加哥大学的冶金实验室的基础上发展起来的。战后,阿贡国家实验室接受开发和平利用原子反应堆的任务。数年来,阿贡国家实验室的研究不断扩大,包括了基础科学、科学设施、能源资源计划、环境管理、国家安全、工业技术开发等许多领域。阿贡国家实验室有两个场所:位于伊利诺伊州的东场所,占地607公顷,是美国能源部芝加哥工作办公室所在地;位于爱达荷州的西场所,占地约360公顷,是阿贡国家实验室多数主要核反应堆研究设施的所在地。

阿贡国家实验室的雇员超过3500名,运行经费约为4.75亿美元,支持200多个研究项目,从原子核研究到全球气候变化研究。1990年以来,阿贡国家实验室曾与600多家公司、无数的联邦政府部门以及其他组织一道工作。

第二类实验室属于国家机构,有的甚至是国际机构,由多个国家联合承办。它们大多从事于基本计量,高精尖项目,超大型的研究课题和国防军事任务。例如:

1. 德国的联邦技术物理研究所(Physikalisch-Technische Bundesanstalt,简称 PTB)

建于1884年,原名帝国技术物理研究所(Physikalisch Technische Reichsanstalt,简称 PTR),相当于德国的国家计量局,以精密测量热辐射著称。19世纪末该研究所的研究人员致力于黑体辐射的研究,导致普朗克发现了基本作用量子。可以说这个实验室是量子论的发源地。

谈到该实验室就须介绍物理学史上两位重要的人物。

第一个是1911年诺贝尔物理学奖获得者维恩 Wilhelm Wien(1864~1928),他曾是该实验室的理论带头人,在这里工作长达近十年的时间。他的主要贡献是发现了几个重要的热辐射

定律。

第二位是1918年诺贝尔物理学奖得主普朗克,他发现的能量级对物理学的进展做出了重大贡献。他是继维恩后曾在该实验室工作的一位重要的学术带头人。

2. 英国的国家物理实验室(National Physical Laboratory,简称NPL)

英国的国家物理实验室是英国历史悠久的计量基准研究中心,创建于1900年。

1981年分6个部:即电气科学、材料应用、力学与光学计量、数值分析与计算机科学、量子计量、辐射科学与声学。

作为高度工业化国家的计量中心,与全国工业、政府各部门、商业机构有着广泛的日常联系,对外则作为国家代表机构,与各国国际组织、各国计量中心联系。它还在环境保护,例如噪声、电磁辐射、大气污染等方面向政府提供建议。英国国家物理实验室共有科技人员约1000人,1969年最高达1800人。

3. 欧洲核子研究中心(European Organization for Nuclear Research,简称CERN)

欧洲核子研究中心创立于1954年,是规模最大的一个国际性的实验组织。它的创建、方针、组织、选题、经费和研究计划的执行,都很有特点。1983年在这里发现 W^+ 和 Z^0 粒子,次年该中心两位物理学家鲁比亚和范德梅尔获诺贝尔物理奖。

欧洲核子研究中心是在联合国教科文组织的倡导下,由欧洲11个国家从1951年开始筹划并建立的,现已有26个成员国。经费由各成员国分摊,所长由理事会任命,任期5年。下设管理委员会、研究委员会和实验委员会,组织精干,管理完善。研究人员共达9000人,多为招聘制。这是一个旨在探索“宇宙开始时最基本的东西是什么”等问题的纯科学的物理研究机构,也是当今世界上规模最大的科学实验室之一。来自包括中国在内的世界80多个国家的6000多名物理学家曾在此工作过。

这个研究中心建有两个国际研究所,供世界著名的科学家小组研究亚原子核的结构及其理论。第一研究所装有6亿电子伏的同步回旋加速器,280亿电子伏的质子同步加速器等。第二研究所在第一研究所旁边,它装有一台周长约7千米的新质子同步加速器。

研究中心除有许多先进而价格昂贵的试验设备外,还有图书资料室,并出版《欧洲核研究组织信使》(月刊)和科学报告等。由于中心的设备齐全,服务优良,加上科学家们的勤奋努力,欧洲核子研究中心在粒子物理研究领域已经取得了一些举世瞩目的成果,从而成为名副其实的核子研究中心。

数十年来,该研究中心先后建成质子同步回旋加速器、质子同步加速器、交叉储存环(ISR)、超质子同步加速器(SPS)、大型正负电子对撞机(LEP),并拥有世界上最大的氢气泡室(BEBL)。

4. 瑞士保罗谢勒研究所(Paul Scherrer Institute,简称PSI)

瑞士保罗谢勒研究所是瑞士科学和技术的多学科研究中心。在与国内外大学、其他研究机构和工业界的合作中,PSI在固态物理、材料科学、基本粒子物理、生命科学、核与非核能研究及与能源有关的生态学的研究中非常活跃。

PSI是瑞士最大的国家研究所,有雇员1200人,是瑞士唯一这种类型的研究所。

PSI研究的重点放在基础研究和应用研究,特别是与可持续发展有关的领域和对教育和培训具有重要意义,但超出大学单个系能力的领域。

PSI研制和运行需要特别高标准的技术诀窍、经验和专业的复杂研究设施,拥有散裂中子源、瑞士光源(SLS)等大科学装置,是世界科学界主要的用户实验室之一。通过它开展的研究,PSI获得新的基础知识,并积极促进其在工业上的应用。

第三类实验室直接归属于工业企业部门,为工业技术的开发与研究服务。其中最著名的有贝尔实验室和 IBM 研究实验室。

1. 贝尔实验室(Bell Laboratories)

贝尔实验室原名贝尔电话实验室,始建于 1925 年,总部在美国纽约(后迁至新泽西州的墨里黑尔)。它是一个在全球享有极高声誉的研究开发机构,主要宗旨是进行通讯科学的研究,有研究人员 20 000 人,下属 6 个研究部,共 14 个分部,56 个实验室,每年经费达 22 亿美元,其中 10% 用于基础研究。除了无线电电子学以外,在固体物理学(其中包括磁学、半导体、表面物理学)、天体物理学、量子物理学和核物理学等方面都有很高水平。

贝尔实验室自成立以来,共获专利 26 000 多项(平均每天一项),其中重大科研成果 50 多项,如有声电影、晶体管、信息论、激光理论、3K 宇宙背景辐射、可视电话、磁泡器件、光通信、数字计算机等,对我们的生活产生了重要的影响。在这里每年都要发表上千篇学术论文,造就了一大批优秀科学家。几十年来获得诺贝尔物理奖的先后有:发明电子衍射的戴维森,发明晶体管的肖克利、巴丁和布拉坦,发明激光器的汤斯和肖洛,理论物理学家安德逊,射电天文学家彭齐亚斯和威尔逊。正是由于贝尔实验室产生了许多科学研究的突出成就,人们把它看作世界上最具权威性的研究机构之一。

2. IBM 研究实验室(IBM Research)

IBM 是 International Business Machines Corporation(美国国际商用机器公司)的简称,创建于 1911 年,现已发展成为跨国公司,在计算机生产与革新中居世界领先地位。

IBM 研究实验室也叫 IBM 研究部,共有研究人员 3500 人,还吸收许多博士后和访问学者参加工作。它专门从事基础科学研究,并探索与产品有关的技术,其特点是将这两者结合在一起。科学家在这里工作,一方面推进基础科学,一方面提出对实际应用有益的科学新思想。研究部下属四个研究中心:

(1)位于美国纽约的 Thomas J. Watson 研究中心。从事计算机科学、输入/输出技术、生产性研究数学、物理学、记忆和逻辑等方面的研究。其中物理学包括:凝聚态物理、超微结构、材料科学、显微技术、表面物理、激光物理,以及天文学和基本粒子。

(2)位于美国加州的 Almaden 研究中心。除了计算机科学以外,还进行高温超导、等离子体、扫描隧道显微镜和同步辐射等研究。

(3)瑞士 Zurich 研究中心。重点是激光科学与技术,特别是半导体激光器、光学储存、光电材料、分子束外延、高温超导、超显微技术等方面,还进行信息处理等计算机科学研究。

(4)日本东京研究中心。内分计算机科学研究所、新技术研究所和东京科学中心,主要是结合计算机的生产和革新进行研究。

进入 20 世纪 80 年代,IBM 研究中心成绩斐然,两届诺贝尔物理奖都被它的成员夺得:一是因发明扫描隧道显微镜,宾尼格(G. K. Binnig)与罗勒尔(H. Rohrer)共获 1986 年诺贝尔物理奖的一半;二是因发现金属氧化物的高温超导电性,柏诺兹(J. G. Bednorz)和缪勒(K. A. Müller)共获 1987 年奖。