



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

生物工程专业实验

(第二版)

贾士儒 主编

BIOENGINEERING EXPERIMENT
(SECOND EDITION)



中国轻工业出版社



中国轻工业出版社

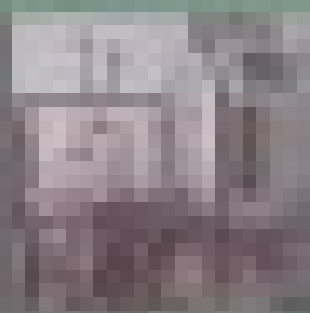
【内容特色】

生物工程专业实验

【第二版】

王洪强 主编

中国轻工业出版社
CHINA LIGHT INDUSTRY PRESS
100045 Beijing, P. R. of China



中国轻工业出版社

高等学校专业教材

生物工程专业实验

(第二版)

贾士儒 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

生物工程专业实验/贾士儒主编. —2 版. —北京:
中国轻工业出版社, 2010. 9

高等学校专业教材

ISBN 978 - 7 - 5019 - 7751 - 2

I. ①生… II. ①贾… III. ①生物工程-实验-高等
学校-教材 IV. ①Q81 - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 140796 号

策划编辑: 江 娟 责任编辑: 江 娟 责任终审: 劳国强
封面设计: 锋尚设计 版式设计: 王超男 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 9 月第 2 版第 1 次印刷

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 18.5

字 数: 427 千字

书 号: ISBN 978 - 7 - 5019 - 7751 - 2 定价: 30.00 元

邮购电话: 010 - 65241695 传真: 65128352

发行电话: 010 - 85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

090896J1X201ZBW

《生物工程专业实验》(第二版)

编委会名单

主 编 贾士儒 (天津科技大学)

副主编 高年发 (天津科技大学)

白 姝 (天津大学)

刘晓兰 (齐齐哈尔大学)

高 强 (天津科技大学)

参编人员 (按姓氏笔划排序)

马 霞 (山东轻工业学院)

毛淑红 (天津科技大学)

白 姝 (天津大学)

朱会霞 (衡水学院)

刘夫锋 (天津大学)

刘晓兰 (齐齐哈尔大学)

孙金旭 (衡水学院)

杜丽平 (天津科技大学)

李兴林 (天津科技大学)

杨洪江 (天津科技大学)

财音青格乐 (天津大学)

宋文军 (天津商业大学)

张秀清 (中国农业大学)

张翠英 (天津科技大学)

陈 野 (天津科技大学)

赵 华 (天津科技大学)

贺小贤 (陕西科技大学)

贾士儒 (天津科技大学)

殷丽君 (中国农业大学)

高年发 (天津科技大学)

曹 飞 (南京工业大学)

程殿林 (青岛大学)

谢希贤 (天津科技大学)

谭之磊 (天津科技大学)

王国良 (天津科技大学)

田英华 (齐齐哈尔大学)

江 洁 (大连民族学院)

乔长晟 (天津科技大学)

刘树中 (河北科技大学)

孙君社 (中国农业大学)

严新忠 (天津科技大学)

李 政 (天津工业大学)

李颖宪 (天津科技大学)

吴耘红 (齐齐哈尔大学)

汪建明 (天津科技大学)

张 健 (天津科技大学)

张娟琨 (天津科技大学)

张黎明 (天津科技大学)

范志华 (天津农学院)

赵树欣 (天津科技大学)

袁 毅 (天津大学)

徐庆阳 (天津科技大学)

高 强 (天津科技大学)

郭学武 (天津科技大学)

崔建东 (河北科技大学)

鲁梅芳 (天津科技大学)

管 斌 (中国海洋大学)

薛海燕 (陕西科技大学)

第二版序

《生物工程专业实验》第一版出版6年以来,受到读者的欢迎与厚爱,被国内多所高校选作相关专业的实验教材,或作为科学研究的参考书。

近年来,随着教育经费投入的加大,各校的实验设施得到极大改善。与此同时,随着生物技术与相关学科的发展,一些新的实验方法不断建立,新的检测技术不断发展,检测项目也不断增加,一些现代实验技能迅速普及为常规技术。因此,我们希望通过再版,一方面满足生物工程专业实践教学工作的需要;另一方面,能够为社会发展做出微薄贡献。

编写过程中,在尽可能保持第一版风格的基础上,压缩了非实验部分,将第一版第一至第三章合并为第一章;第四章与第八章合并为第三章;酿造工程实验一章扩展为食品生物技术;第七章酶工程与第十章细胞工程实验合并为第五章酶与细胞工程技术;第十一章针对具体的研究目标重新改写为第七章现代生物技术;删除了第一版的最后一章环境工程技术实验。另外,增加了部分新的实验,实验总数达到94项。

再版过程中,除天津大学、中国农业大学、齐齐哈尔大学、河北科技大学、青岛大学、山东轻工业学院和天津科技大学等原有参编学校外,新增了中国海洋大学、陕西科技大学、南京工业大学、天津工业大学、天津商业大学、天津农学院、大连民族学院和衡水学院。编写过程中天津科技大学张凯瑞审阅了第一、二章;天津科技大学高年发审阅了第三、四章;齐齐哈尔大学刘晓兰审阅了第五章,天津大学白姝审阅了第六章,天津科技大学高强审阅了第七章。博士生王国良协助进行了文字核对和附录整理编辑工作。

编写过程中参考了同行专家、学者的研究成果或著作,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,编写过程中难免有不妥之处,衷心希望读者指正。

编者

2010年4月10日

第一版前言

生物技术是一门多学科、综合性的科学技术。生物工业是生物技术领域中的重要分支之一，是以在受控条件下利用生命过程本身作为产品的生产和加工的手段，由此产生数以千万计的产品，形成新的现代工业。与之相对应的生物工程专业学生在学习过程中，往往由于缺乏相关的实验技能方面的教科书，使之对于相关知识的学习非常困难。没有理论的实践是盲目的，没有实践的理论则是无意义的，而以理论为基础的实践才会有真正的进步。由于实践机会的不足，生物工程专业的学生往往在毕业时感到动手能力和实际专业技能知识的缺乏。出版《生物工程专业实验》一书，正是为与生物工程专业教学相配合，通过实践教学，培养学生的理论联系实际、实事求是的学风和分析、解决问题的能力，掌握基本的专业实验技术和操作技能，提高自学能力、独立思考和创新能力。

本书是天津市教育委员会批准的“十五”重点教材之一，是在本人主编的《生物工艺与工程实验技术》教材的基础上，由天津大学、中国农业大学、齐齐哈尔大学、河北科技大学、山东轻工业学院、大连轻工业学院和天津科技大学等单位的专业教师共同完成。

全书分三部分：专业实验基础、专业实验和附录。专业实验基础部分简要叙述了实验室的安全和环保、实验方案的确定与实施、实验技术与设备以及实验数据的处理与分析，这部分内容可采取自学的方式进行，或结合实验一同学习，也可利用较短时间（如4~6学时）重点讲述主要内容。专业实验部分是本书的核心内容，包括过程参数的检测技术，生物培养技术，生物过程控制，酶工程实验，生物物质的分离、提取和精制实验及生物工业三废的处理实验等内容。考虑到分子生物学对生物工业的渗透，书中安排了部分现代生物技术实验。本书采用了针对一个问题设计一个实验的方法，共有73个实验。考虑到各院校实际情况不同，可从这些实验选取部分实验使用。也可根据需要，按照工艺过程或单元的形式组成大的生物工程实验，例如，将糖化酶发酵、提取、糖化酶的固定化和利用固定化糖化酶生产葡萄糖等实验组成一个大实验，这对于有些院校采取集中时间进行专业实验时很有必要。

由于本书是第一本关于生物工程专业实验技能方面的教材，在编写过程中注意强调实验研究过程的多种能力和素质的培养与训练、增强创新意识。在实验内容上涉及的面比较宽，从层次上强调了实验预习，对实验过程进行了较为细致的叙述。实验报告部分注意了思考题的提出，以便于学生学习。另外，为扩大学生的视野，在部分实验的后边增加了一些补充内容。附录部分为生物工艺与工程方面的常用数据，以便于实验中查找。

本书由天津科技大学贾士儒主编，白姝、刘晓兰任副主编，范志华、张凯瑞协助审阅了部分稿件。各章节的编写人员如下：第1章刘树中、贾士儒，第2章刘晓兰、刘树中、贾士儒，第3章江洁、贾士儒，第4章孙君社、贾士儒，第5章高年发、宋文军、肖冬光、刘晓兰、江洁、赵树欣、李政，第6章程殿林、高年发、赵华、李颖宪，第7章江洁、赵树欣、马霞、贾士儒、白姝、刘晓兰、徐旭、阮南，第8章贾士儒、严新忠，第9

章殷丽君、白姝、贾士儒，第10章张秀清、苏建宇，第11章宋文军；第12章肖本益、孙玉梅、贾士儒，附录范志华。

徐旭还帮助进行了部分文字核对与插图的打印工作。在此，对本书给予热心帮助和支持的同志表示衷心感谢。本书在编写过程中还参考了国内外同行、专家和学者的科研成果与著作，在此一并表示感谢。

本书中很多内容源自作者的教学实践和科研工作，衷心地希望读者给予指教，使之日臻完善。

编者

目 录

第一章 实验室与实验的一般规则	1
第一节 实验室一般规则	1
一、实验室规则要点	1
二、实验室基本设施的使用	2
三、实验室的安全防护	2
四、实验室的环保知识	5
五、生物安全性	5
第二节 实验方案的确定	6
一、确定实验方案的原则	6
二、实验内容的确定	7
三、实验设计	8
第三节 实验的实施	9
一、发酵过程	9
二、分离与精制过程	10
三、测试设备及其使用	11
四、辅助设备及其使用	14
第四节 数据处理与分析	15
一、数据的误差分析	15
二、实验数据的处理	18
三、实验报告的撰写	22
第五节 实验文献与网络资源	23
一、实验室常备工具书	23
二、生物科学与工程部分主要期刊	24
三、生物科学与工程网络资源	26
第二章 生物过程参数检测与控制	31
第一节 生物过程参数检测	31
实验1 微生物菌体量的测定	31
实验2 微生物菌体密度的测定	37
实验3 亚硫酸盐法测定容积氧传递系数	39
实验4 动态法测定容积氧传递系数	42
实验5 发酵液黏度的测定	45
实验6 搅拌功率的测定	49
实验7 混合特性参数的测定	52
第二节 生物过程控制	55
实验8 不同类型发酵罐的使用方法	55
实验9 过程动态特性及温度控制	61

实验 10	发酵过程溶解氧浓度的控制	66
实验 11	微生物发酵过程的实时预估控制	69
实验 12	神经网络技术在发酵过程中的应用	74
实验 13	酶促反应的连续操作技术	79
实验 14	溶胶-凝胶法制备纳米生物传感器	82
第三章	发酵工程技术	85
第一节	原料制备技术	85
实验 15	去离子水制备	85
实验 16	淀粉水解糖的制备	86
实验 17	糖蜜原料处理技术	88
第二节	氨基酸发酵	89
实验 18	代谢工程实验——抗结构类似物突变株的选育	89
实验 19	鸟苷的发酵与提取	92
实验 20	L-谷氨酸的发酵与提取	95
实验 21	L-缬氨酸的发酵与提取	97
第三节	有机酸发酵	100
实验 22	L-乳酸发酵	100
实验 23	丙酮酸发酵	102
实验 24	柠檬酸发酵	104
第四节	能源生产	106
实验 25	酒精发酵	106
实验 26	秸秆厌氧发酵制备生物燃气	109
第五节	生物制药技术	110
实验 27	阿维拉霉素发酵	110
实验 28	四环素发酵	113
实验 29	纳他霉素发酵	115
实验 30	土霉素的发酵与提取	118
实验 31	灰黄霉素的发酵与提取	121
实验 32	醋酸泼尼松的生物转化	123
第六节	其他发酵技术	126
实验 33	苏云金芽孢杆菌伴孢晶体的制备及热致死动力学参数的测定	126
实验 34	裂褶菌发酵及其多糖的提取	128
实验 35	细菌纤维素发酵	131
实验 36	木糖发酵生产 2,3-丁二醇	132
实验 37	发状念珠蓝细菌细胞的光照生物反应器培养	134
第四章	食品生物技术	137
第一节	传统酿造技术	137
实验 38	食醋酿造	131
实验 39	酱油酿造	140
实验 40	黄豆酱酿造	143
第二节	食品生物技术	146
实验 41	啤酒酿造	146

实验 42	葡萄酒酿造	149
实验 43	纳豆制作及其抗菌性试验	155
实验 44	酸乳制作	158
实验 45	农家干酪制作	160
实验 46	新型豆奶酸乳制作	163
第三节	食品添加剂技术	164
实验 47	酵母流加培养实验	164
实验 48	黄原胶发酵	167
实验 49	普鲁兰多糖的发酵与提取	168
实验 50	乳酸链球菌素的发酵与提取	170
实验 51	以鸡骨架为原料制备热反应肉味香基	172
实验 52	脉孢菌固体发酵生产 β -胡萝卜素	175
实验 53	产 γ -氨基丁酸菌株的筛选与发酵	178
实验 54	发酵生产壳聚糖	180
实验 55	谷胱甘肽发酵	182
第五章	酶工程与细胞工程技术	186
第一节	酶工程技术	186
实验 56	α -淀粉酶发酵	186
实验 57	糖化酶的发酵与提取	187
实验 58	果胶酶发酵	190
实验 59	发酵法生产溶菌酶	193
实验 60	马铃薯多酚氧化酶的提取及其特性分析	195
实验 61	蛋清溶菌酶的分离纯化	198
实验 62	酸性磷酸酯酶酶促反应动力学参数的测定	200
实验 63	糖化酶的固定化	202
实验 64	固定化葡萄糖异构酶生产果葡糖浆	206
实验 65	固定化微生物细胞生产 α -半乳糖苷酶	209
实验 66	应用固定化糖化酶生产葡萄糖	211
实验 67	酶法生产 L-苯丙氨酸及其提取	214
实验 68	反应-分离耦合法制备 L-丙氨酸	217
实验 69	酶催化法制备生物柴油	219
第二节	细胞工程技术	220
实验 70	甘草细胞悬浮培养	220
实验 71	螺旋藻自养和混养培养	222
实验 72	枯草杆菌原生质体融合	224
实验 73	小鼠骨骼肌细胞的培养	226
实验 74	植物(胡萝卜)的组织培养	227
第六章	生物产品分离纯化技术	230
实验 75	大肠杆菌细胞的超声波破碎	230
实验 76	错流微滤法回收酶	231
实验 77	膜分离法精制浓缩酶	234
实验 78	层析法分离蛋白质	237

实验 79	血浆中脂蛋白的超速离心分离和总脂蛋白量、LDL、HDL 的测定	241
实验 80	磷钨酸盐试剂盒测定血浆中高密度脂蛋白	243
实验 81	肝素沉淀法分离测定血浆中低密度脂蛋白胆固醇	245
实验 82	山药多糖的分离提取	247
实验 83	发菜多糖分离提取	249
实验 84	钙盐-离子交换法提取 (分离提纯) 柠檬酸	252
实验 85	有机溶剂萃取红霉素	255
第七章	现代生物技术	258
第一节	染色体文库法克隆细菌纤维素酶基因	258
实验 86	基因组 DNA 的制备	258
实验 87	载体质粒 DNA 的提取	259
实验 88	细菌染色体基因文库的构建	261
实验 89	纤维素酶基因阳性克隆的筛选与鉴定	262
实验 90	纤维素酶基因在大肠杆菌中的表达	264
第二节	PCR 方法克隆黑曲霉纤维素酶基因	265
实验 91	黑曲霉基因组 DNA 的制备	265
实验 92	PCR 方法克隆纤维素酶 <i>cbhB</i> 基因	267
实验 93	纤维素酶基因在毕氏酵母中的克隆与表达	268
实验 94	重组纤维素酶在毕氏酵母中表达的发酵工艺研究	271
附录		275
附录一	常见元素的相对原子质量表	275
附录二	化学试剂的规格	276
附录三	法定计量单位和单位换算	276
附录四	生物工程单元操作实验中常用数据表	277

第一章 实验室与实验的一般规则

第一节 实验室一般规则

一、实验室规则要点

为保证实验教学顺利进行，培养学生良好的工作作风，要求学生遵守以下实验规则。

(1) 备齐实验记录本及与实验有关的其他用品。

(2) 实验前认真预习实验内容，明确实验目的和要求，掌握实验原理，写好实验预习报告。

(3) 实验时自觉遵守实验室纪律，保持安静，不大声说笑和喧哗。

(4) 实验过程中要听从教师安排，按照实验步骤和操作规程进行实验。若想改进和设计新的实验方法，需经教师同意。认真进行实验记录，实验完毕及时整理数据，按时上交实验报告。

(5) 实验台面、称量台、药品架、水池以及各种实验仪器内外都必须保持清洁整齐。药品称完后立即盖好瓶盖放回药品架，严禁瓶盖及药勺混杂，切勿使药品撒落在天平和实验台面上，毛刷用后必须立即挂好，各种器皿不得丢弃在水池内。

(6) 配制试剂和用去离子水要注意节省，按实验实际使用量配制，多余的重要试剂要按要求回收，昂贵、可重复使用的，如 Sephadex、Sephadex 凝胶和 DEAE 纤维素等，用后应及时回收，不得丢弃。

(7) 配制的试剂和实验过程中的样品，容器外必须贴上标签，写上品名、浓度、日期和配制人姓名等，放在冰箱中的易挥发溶液和酸性溶液必须严密封口。

(8) 配制和使用洗液要极为小心，废强酸强碱必须倒入废液桶。电泳后的凝胶和各种废物不准倒入水池，只能倒入废物桶。

(9) 使用贵重精密仪器应严格遵守操作规程。使用分光光度计时不得将溶液洒在仪器内外和地面上。使用高速冷冻离心机和 HPLC 等大型仪器必须经过考核。仪器发生故障应立即报告教师，未经许可不得自己随意检修。

(10) 实验室内严禁吸烟、饮水和进食。严禁用嘴吸移液管和虹吸管。易燃液体不得接近明火和电炉。凡产生烟雾、有害气体和不良气味的实验，均应在通风条件下进行。

(11) 实验完毕必须及时洗净并放好各种玻璃仪器，保持实验台面和实验柜内的整洁。

(12) 每组的仪器和玻璃器皿要编号，严禁拿其他组仪器，不得将器皿遗弃在分光光度计内和其他实验台面上。

(13) 每位学生要熟悉实验室内电闸的位置，烘箱和电炉用毕必须立即断电，不得过夜使用，要严格遵守实验室安全用电规则和其他安全规则。

(14) 每日实验完毕，值日生要认真做好实验室的卫生值日工作。最后离开实验室的

实验人员，必须检查并关好水、电、门、窗。

二、实验室基本设施的使用

为保证实验室基本设施的长期安全运行，应对实验室基本设施有一个基本认识。

(1) 排水系统 目前，国家已明令禁止使用铸铁排水管件，主要采用的是硬质聚氯乙烯(PVC)管件，其耐受工作温度只有80℃左右，且长期接触极性有机溶剂后会产生开裂破坏。因此，实验室液体排放必须做到：温度低于80℃，有机溶剂集中回收处理。

(2) 实验台面 目前，日趋流行的耐腐蚀理化板通常是基于玻璃纤维布增强的酚醛树脂，其实际耐热等级只有140℃左右，远低于以前使用的水泥台面。因此，必须禁止将电炉等较高温度物体直接置于耐腐蚀理化板上使用，以免造成台面难以修复的损伤。

三、实验室的安全防护

实验室潜在各种危害因素，这些危害因素可能引发出各种事故，造成环境污染和人体伤害，甚至危及人的生命安全。因此，我们不仅要学习实验室安全技术和环境保护方面的知识，而且应该在实验中以应用，防患于未然。

1. 化学药品的正确使用和安全防护

化工类专业实验室可能会遇到的易燃、易爆性物质及有毒物质如下：

可燃气体，如氢气、甲烷、乙烯、煤气、液化石油气、一氧化碳等；

可燃液体，如乙醚、丙酮、汽油、苯、乙醇等；

可燃性固体，如木材、油漆、石蜡、合成纤维等，化学药品有五硫化磷、三硫化磷等；

爆炸性物质，如过氧化物、氮的卤化物、硝基或亚硝基化合物、乙炔类化合物等；

自燃物质，如磁带、胶片、油布、油纸等；

遇水燃烧物质，如活泼金属钾、钠、锂及其氢化物等；

混合危险性物质，如强氧化剂（重铬酸盐、氧、发烟硫酸等），还原剂（苯胺、醇类、有机酸、油脂、醛类等）；

有毒物品，如窒息性毒物（氮、氢、一氧化碳等）、刺激性毒物（酸类蒸气、氯气等）、麻醉性或神经毒物（芳香类化合物、醇类化合物、苯胺等）；

其他无机及有机毒物（如菌种诱变剂亚硝基胍等）和不能归入上述类型的有毒物质。

(1) 防毒 大多数化学药品都有不同程度的毒性。化学试剂有相对无毒、中度毒性和剧毒之分，在处理剧毒药物时要特别谨慎、小心。国际上常用某些标志表明不同类型的实验化学药品。生物危险品或放射性物质存放和操作的实验室也要有指定的标志（图1）。

表1给出了几种常用的有毒物质在空气中的最高允许浓度。为防止毒物侵入人体，关键要把握好皮肤、消化道、呼吸道三条可能直接与毒物接触的途径。使用有毒物时，首先要了解所用药品的毒性、性能和防护措施。使用有毒气体应在通风橱中进行操作。水银温度计、气量计等含汞金属设备破损时，必须立即采取措施回收汞，并在污染处撒上一层硫磺粉以防汞蒸气中毒；苯、四氯化碳、乙醚、硝基苯等蒸气经常吸入会使人嗅觉减弱，必须高度警惕；剧毒药品如汞盐、镉盐、铅盐等应妥善保管，并按实验室的规定办理审批手续后领取，并妥善保管；实验室内严禁吃东西，离开实验室应洗手，特别应注意对可能

被污染的面部或身体进行认真清洗。采用通风、排毒、隔离等安全防范措施。尽可能用无毒或低毒物质替代高毒物质。实验装置尽可能密闭，防止冲、溢、跑、冒事故发生。凡是某种物质侵入人体而引起局部或整个机体发生障碍，即发生中毒事件时，应在现场做一些必要处理，同时应尽快送医院或请医生来诊治。

(2) 防火与防爆 防火防爆措施应针对易燃物和易爆物的用量和蒸气浓度进行有效控制。对易燃易爆物品的使用，要做到用多少领多少，不用的要存放在安全地方。使用过程中加强通风，目的在于有效控制易燃易爆物质在空气中的浓度。同时注意设备的密闭性，防止泄漏。另外，应管理好明火及高温表面，在有易燃易爆物质的场所，严禁明火（如，电热板、开式电炉、电烘箱、马弗炉、煤气灯等）及白炽灯照明。严禁在实验室内吸烟。避免摩擦和冲击。严禁各类电气火花，包括高压电火花放电、弧光放电、电接点微弱火花等。



图1 实验室警告标志和危险化学药品分类标志

表1 几种常用的有毒物质在空气中的最高允许浓度 单位: mg/m³

物质名称	最高允许浓度	物质名称	最高允许浓度
一氧化碳	30	酚	5
氯	2	乙醇	1500
氨	30	甲醇	50
氯化氢及盐酸	150	苯乙烯	40
硫酸及硫酸酐	10	甲醛	5
苯	500	四氯化碳	5
二甲苯	100	溶剂汽油	350
丙酮	400	汞	0.1
乙醚	500	二硫化碳	10

实验室管理人员应了解基本的消防措施，掌握灭火器材的存放地点和使用方法。当出现火灾时，必须根据火灾的大小，燃烧物的类别及其环境情况选用合适的灭火器材，灭火器材适用情况见表2。通常实验室发生火灾时按下述顺序选用灭火器材：二氧化碳灭火器、干粉灭火器、泡沫灭火器。当电器发生火灾时，应立即切断电源，并进行灭火。在特殊情况下不能切断电源时，不能用水来灭火，以防二次事故发生，应立即报火警，并说明情况。

由于设备漏、冲、冒等原因使可燃、可爆物质逸散在室内时，不可随意切断电源（包括仪器设备上的电源开关）。有时因通风设备没打开，一旦发生上述事故，就想加强通风而推上电源开关等，这是非常危险的。某些电器设备是非防爆型的，启动开关瞬间发生的微弱火花将引发出一场原可避免的重大事故。应该打开门窗进行自然通风，切断相邻室内的火源，及时疏散人员，有条件可用惰性气体冲淡室内气体，同时立即报告消防队进行处理。

表 2 实验室常用的灭火器材

灭 火 剂			一般火灾	可燃液体火灾	带电设备起火
液体	水	直射	√	×	×
		喷雾	√	√	√
	泡沫		√	√	×
气体	CO ₂		√	√	√
固体	干粉(磷酸盐类等)		√	√	√

注：√表示适用，×表示禁用。

(3) 防灼伤 除高温以外，液氮、强酸、强碱、强氧化剂、溴、磷、钠、钾、苯酚、醋酸等物质都会灼伤皮肤；应注意不要让皮肤与之接触，尤其应防止溅入眼中。

2. 水、电、汽的正确使用

生物工程实验室中不论是培养基制备与杀菌，还是生物制品发酵与提取过程，一刻也离不开水。实验中除了应注意节约用水外，也应注意正确地使用水，应根据不同的用途，选择自来水、蒸馏水、纯净水或重蒸水。实验室供水压力会因使用设备的不同，有不同要求。小型发酵罐的供水压力在 0.1MPa，而中试规模发酵罐的供水压力在 0.5MPa。另外，生物实验中会产生大量废水，冷却水可以直接排放，有毒废水应按照有关规定进行处理后排放。

电的不正确使用会造成较大的伤害，甚至危及生命。为防止触电，应做到：电气设备要接地线，要安装漏电保护装置，严禁用潮湿的手接触电器按钮。修理或安装电器时，应先切断电源，不带电操作，在特殊情况下带电操作时，必须穿上绝缘胶鞋及戴橡皮手套等防护用具；不能用试电笔去试高压电；不应用双手同时触及电器，防止触电时电流通过心脏；实验室内严禁随意拖拉电线。使用马弗炉等电热设备时，应由专人负责，不得离开现场。

当发生触电事故时，应迅速切断电源，如不能及时切断电源，应立即用绝缘的东西使触电者脱离电源。在将触电者移至适当地方后，及时解开衣服，使全身舒展，并立即找医生进行处理。如触电者已处于休克状态等危急情况下，应立即实施人工呼吸及心脏按摩，直至救护医生到现场。

另外，一切仪器设备应按说明书连接适当的电源，需要接地的一定要接地；若是直流电器设备，应注意电源的正负极，不要接错；若电源为三相，则三相电源的中性点要接地，这样万一触电时可降低接触电压；接三相电动机时要注意正转方向是否符合，否则，要切断电源，对调相线；接线时应注意接头要牢，并根据电器的额定电流选用适当的连接导线；接好电路后应仔细检查无误后，方可通电使用；仪器发生故障时应及时切断电源。

实验室中使用蒸汽的地方主要有原位自控发酵罐的杀菌、培养基的高压蒸汽灭菌和大型发酵罐的温度控制等。如果实验室位于发酵工厂附近，可以向工厂购买配套装置。实验室内的蒸汽管路系统应具有防护套，外封套最好以镀锌套覆盖以使其美观、易于清洗并防止套封材料变湿。

空气在生物实验室中具有多种用途，除用于向发酵罐通风外，还用于气体分析仪器的校准等。

3. 高压容器的正确使用

高压容器一般可分成固定式和移动式两大类。常用的固定式容器有高压反应釜、超临界提取装置等。移动式压力容器主要是压缩气瓶及液化气瓶等。工作压力大于 0.1 MPa, 小于 1.6 MPa 的容器称为低压容器; 大于 1.6 MPa, 小于 10 MPa 的容器称为中压容器; 大于 10 MPa, 小于 100 MPa 的容器称为高压容器; 大于 100 MPa 的容器称为超高压容器。

气瓶一般由无缝碳素钢或合金钢制成, 适用装介质压力在 15 MPa 以下的气体或常温下与饱和蒸气压相平衡的液化气体。由于介质流动性大, 因此容易引发事故。各类钢瓶按所充气体不同, 涂有不同的标记, 例如氧气瓶瓶身为天蓝色; 氢气瓶瓶身为深绿色; 氮气瓶瓶身为黑色; 二氧化碳瓶瓶身为银白色等。氧气瓶、可燃气体瓶应避免日晒, 不准靠近热源, 离配电源至少 5 m, 室内严禁明火, 氧气瓶阀门及减压阀严禁粘附油脂。钢瓶直立放置并加固。搬运钢瓶应套好防护帽, 不得摔倒和撞击, 防止撞断阀门引发事故。氢、氧减压阀由于结构不同, 丝扣相反, 不准改用。开启钢瓶时, 操作者应侧对气体出口处, 在减压阀与钢瓶接口处无漏情况下, 应首先打开钢瓶阀, 然后调节减压阀。关气应先关闭钢瓶阀, 放尽减压阀中余气, 再松开减压阀螺杆。钢瓶内气体(液体)不得用尽, 低压液化气瓶余压在 0.3 ~ 0.5 MPa 内, 高压液化气瓶余压在 0.5 MPa 左右, 防止其他气体倒灌。领用高压液化气瓶(尤其是可燃、有毒的气体)应先通过感官和异味来检查是否泄漏, 对有毒气体可用皂液(氧气瓶不可用此方法)及其他方法检查钢瓶是否泄漏。使用时如发生泄漏, 应关紧钢瓶阀, 注明漏点, 并由专业人员处理。

四、实验室的环保知识

生物工程实验室的废液、废气和废渣必须经过处理才能排放, 以防污染环境。为建立环保意识, 应从使用的源头抓起。实验室一切药品及中间产品必须贴上标签, 防止误用或处理不当引发事故。处理有毒或带有刺激性的物质时, 必须在通风橱内进行, 防止这些物质散逸在室内。实验室的废液应根据性质的不同分别集中在废液桶内, 并贴上明显的标签。在集中废液时要注意, 有些废液是不可以混合的, 如过氧化物和有机物、盐酸等挥发性酸与不挥发性酸、铵盐及挥发性胺与碱等。接触过有毒物质的器皿、滤纸、容器等要分类收集后集中处理。废弃的培养基集中后, 先经过高压灭菌再另行处理。一般的酸碱处理, 必须在进行中和进行后用水大量稀释, 才能排放到下水槽。

五、生物安全性

生物安全是指生物技术从研究、开发、生产到实际应用整个过程中的安全性问题。这一问题的提出, 是由于基因技术的出现, 使人们有可能利用该技术创造许多前所未见的新性状的产品或新的物种, 这就有可能出现目前的知识水平还不能预见的情况。

生物安全性评价和控制, 通常根据所设计的生物安全等级设定不同的生物安全水平。我国于 1993 年正式颁布了“基因工程安全管理办法”, 该办法按照潜在危险程度, 将基因工程工作分为四个安全等级: 安全等级 I, 该类基因工程工作对人类健康和生态环境尚不存在危险; 安全等级 II, 该类基因工程工作对人类健康和生态环境具有低度危险; 安全等级 III, 该类基因工程工作对人类健康和生态环境具有中度危险; 安全等级 IV, 该类基因工程工作对人类健康和生态环境具有高度危险。同时, 阐明了基因工程从实验室研究、中试到工业化生产不同工作阶段的安全性评价要点。