



中华科普
书系

核武器 科学与工程

主 编 经福谦 陈俊祥 华欣生



贵州出版集团
贵州人民出版社

中华科普
书系

核武器科学与工程

主 编 经福谦 陈俊祥 华欣生



贵州出版集团
贵州人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

核武器科学与工程 / 经福谦, 陈俊祥, 华欣生著. — 贵阳:
贵州人民出版社, 2013. 03

(中华科普书系)

ISBN 978 - 7 - 221 - 10572 - 1

I. ①核… II. ①经… ②陈… ③华… III. ①核武器
IV. ①E928

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 295507 号

核武器科学与工程

主 编 吴阶平 杨福家 吴文俊 袁隆平
孙家栋 陈清泉 刘国光 汝 信
执行主编 唐廷友 唐 洁 苏 桦 赵岩青 刘忠勤
副 主 编 单天伦 钱海峰 王建蒙 王庭槐 彭洁清
著 者 经福谦 陈俊祥 华欣生
责任编辑 钱海峰 唐 露
出版发行 贵州出版集团 贵州人民出版社
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 7.5
字 数 134 千字
版 次 2013 年 3 月第 1 版
印 次 2013 年 3 月第 1 次印刷
印 数 1 - 5000 册
印 刷 贵阳海印印刷有限公司
书 号 ISBN 978 - 7 - 221 - 10572 - 1
定 价 15.00 元

版权所有,侵权必究

总 序

吴阶平 杨福家 吴文俊 袁隆平
孙家栋 陈清泉 刘国光 汝 信

科普,是中华民族极其重大、极其艰巨、相当长期的任务之一,是促进全民族全社会进步发展的必要工作之一。中华科普书系,正是根据全民族全社会,特别是广大青少年的科学需求而策划、编著出版。这个浩大的出版工程,将以普及和提高全民族全社会科学素质为宗旨。

中华民族的不断发展,科学与经济社会的不断发展,需要全方位的科学人才,需要全方位的科学知识的普及提高。因此,中华科普书系的任务,是普及提高全民族公众,特别是广大青少年在自然科学、工程科学、社会科学各领域的“全学科”现代科学知识。中华科普书系的各书,将是某个科学领域的“成团成块”的基本科学知识的介绍;“书系”各书的联合体,将组成一张涵盖人类现有的各方面基本科学知识的大网络。

中华科普书系的读者面很广,具有初高中科学文化水平的广大青少年、学生、小学教师、社会各界公众等,皆可用其扩展、深化自己的科学文化知识,并在不断提升科学文化水平的进程中掌握基本的科学方法、提升科学思想、弘扬科学精神,并提高运用它们处理实际问题、参与公共事务的能力。

“书系”的编著出版,对于在全民族全社会进一步营造一种高度重视科学、勤奋学习科学、广泛运用科学、努力发展科学的社会环境气氛和思维活动方式,是有助益的;对于在不断学习科学的进程中,持续提升全社会求真

务实、勇于创新的科学精神,是有助益的;对于读者们在宽厚自己基本科学知识的同时,选择某个学科发展方向并坚持刻苦学习钻研,不断成长出诸多高端科学人才,是有助益的;对于通过科普不断宽厚全社会的科学基础,并以此不断托升科学高峰,较快地将世界现代科学中心迎来中华大地,是有助益的;对于通过科学知识的广泛普及运用,不断提升各领域建设者的现代劳动技能,更好地推进经济社会发展,是有助益的;对于通过努力学习科学,不断提升全社会科学文明、健康向上的思维方式、工作方式、生活方式,是有助益的。

人类当今已经掌握了基本的科学知识,需要抓紧、坚持做好科普提高工作。这是全民族全社会的一大需求。科学与经济社会高度发展以后,全体公众都进入高等科学文化水平以后,科普工作仍需做好。一则广大青少年需要通过科普宽厚科学文化知识的基础;二则全社会的重大创新科学成果将不断出现,这些科学成果都是很前沿和专业的,必须用科普形式让社会各界知晓,引发人们对重大科学问题的思考研讨,并发现其缺失及新的生长点,从而促进科学的进一步创新发展及交叉推进,同时也为这些重大创新科学成果尽快走向社会应用进行铺垫;三则全社会的学科专业众多,每个人所掌握的仅是一两个学科专业,众多学科专业之间需要通过科普形式进行沟通,以形成全社会各学科专业相互学习、启发、促进的互动互进态势。因此科普不仅是全社会当今的要务之一,也是全社会永久的要务之一。

先进科学,是先进生产力的集中体现与主要标志。当今世界,科学自主创新能力的提升将受到格外的重视。一个民族的科学自主创新能力的强弱高低,与这个民族科学普及的宽厚程度直接相关。数十个世纪坚持科学进步与创新、不断为人类文明进步争做贡献的中华民族,定会站在时代的前列,传承民族精神,自强不息,不断加强全民族全社会的科普发展,大力提高全民族全社会的科学自主创新能力,努力推进经济社会的发展,为中华的未来非凡与人类的文明进步,不断作出更大的贡献。

2013年1月

中华当代著名科学家书系

永久编著出版委员会

主 编	吴阶平	杨福家	吴文俊	袁隆平
	孙家栋	陈清泉	刘国光	汝 信
执行主编	唐廷友	唐 洁	赵岩青	刘忠勤
	苏 桦			
副 主 编	单天伦	钱海峰	王 霞	王建蒙
	王庭槐	彭洁清		
编 委	(以姓氏笔画为序)			
	马京生	马胜云	马 越	马 兰
	马新生	山 立	王 霞	王建蒙
	王庭槐	王增藩	孙家栋	卢毓明
	汝 信	刘国光	刘忠勤	刘晓岚
	苏 桦	吴文俊	吴阶平	陈 弘
	陈清泉	张 维	李大耀	李忠效
	宋兆法	杨福家	杨照德	孟 佳
	单天伦	郑绍唐	骆 义	柳天明
	赵岩青	唐 洁	唐 露	唐廷友
	顾迈男	钱海峰	袁隆平	常甲辰
	谢长江	曾先才	曾庆瑞	彭洁清
	谭邦治	熊延岭		
书系策划	唐廷友	唐 洁	苏 桦	赵岩青
	刘忠勤	单天伦	钱海峰	王 霞
	王建蒙	王庭槐	彭洁清	

一些有关量子论、相对论和原子微观结构等必要的科学知识。为了增加读者阅读的兴趣,增进其对有关科学史的了解,同时介绍了一些科学家发明创造的实践经验和为科学奋斗的动人故事。但愿本书能为读者崇尚科学实践、增添国防意识补充一点营养。由于我们不是科普作家,加之文字修养有限,会影响本书的趣味性,虽尽力弥补,但仍难以补拙。书中错误、疏漏之处在所难免,希望读者多加批评指正。

感谢四川大学王顺金教授对本书初稿提出的修改意见和仔细审阅。

著者

2010 年 10 月 16 日

目 录

第一章 武器威力的能级	(1)
1.1 冷兵器、热兵器、核武器	(1)
1.2 炸药大王——诺贝尔	(5)
1.3 原子弹之师——爱因斯坦	(6)
1.4 圣灵逞威——广岛、长崎	(7)
1.5 原子物理预备知识	(9)
1.5.1 质量与能量	(9)
1.5.2 量子论能量公式	(11)
1.5.3 相对论质能公式	(14)
第二章 原子世界的秘密	(18)
2.1 道尔顿的难题	(18)
2.2 一丝荧光泄天机	(20)
2.3 小小原子太阳系	(23)
2.4 原子太阳的神力	(25)
2.5 造物天生结合能	(28)
第三章 核武器设计的基础知识	(31)
3.1 原子弹原理与设计技术	(31)
3.1.1 核裂变的发现	(31)
3.1.2 铀核裂变碎片	(32)
3.1.3 链式裂变反应	(34)

3.1.4	临界质量	(34)
3.1.5	超临界技术	(35)
3.2	爆轰与冲击压缩测量技术	(42)
3.3	氢弹原理与技术	(44)
3.3.1	太阳的启示	(44)
3.3.2	实现聚变反应的条件	(46)
3.3.3	地球上能否实现聚变核反应	(47)
3.3.4	氢弹的构形和原理	(48)
3.3.5	氢弹“现场快速装配”的重要技术环节	(50)
3.4	中子弹原理与技术	(51)
3.4.1	中子的特性	(51)
3.4.2	中子弹的作用	(52)
3.4.3	氢弹与中子弹的联系	(52)
3.4.4	中子弹设计原则	(54)
3.4.5	中子弹杀伤因素的特点	(54)
3.4.6	中子弹在战争中的实际意义	(55)
第四章	核武器工程技术	(58)
4.1	核武器系统的组成	(58)
4.2	核战斗部战术技术性能	(59)
4.2.1	核战斗部的重量、尺寸与威力	(60)
4.2.2	核战斗部的可靠性与安全性	(62)
4.2.3	寿命与可维修性	(63)
4.2.4	抗核加固工程	(63)
4.3	核武器工程	(64)
4.3.1	核武器引控系统	(64)
4.3.2	核武器投射系统	(65)
4.3.3	核武器指挥与通讯系统	(67)
4.4	核试验工程	(68)
4.4.1	核试验分类	(70)
4.4.2	核试验场	(79)

4.4.3	核爆炸毁伤效应	(80)
4.4.4	核试验测试技术	(86)
第五章	核武器发展趋势	(91)
5.1	核武器的作用	(91)
5.2	新阶段的较量	(92)
5.3	实战化的核门槛在降低	(92)
5.4	核武器技术的继续研究	(93)
5.4.1	核武器物理设计技术的改进	(93)
5.4.2	加强非核实验平台的建设	(93)
5.4.3	开展“次临界”实验	(95)
5.4.4	“核军控”与核查技术	(96)
第六章	和平利用核爆炸	(99)
6.1	核爆炸和平利用简史	(99)
6.2	核爆炸和平应用的若干实例	(102)
6.2.1	刺激石油和天然气增产	(102)
6.2.2	深部地质勘探	(102)
6.2.3	建造地下贮藏库	(103)
6.2.4	制止油气田井喷或突发性灾害	(104)
6.2.5	大型挖掘工程和开矿作业	(104)
6.2.6	销毁核武器、生化武器和危险工业废物	(105)
6.2.7	核爆聚变电站	(105)
6.2.8	拦截外星撞击	(106)
6.2.9	用于科学研究	(107)

第一章

武器威力的能级

武器的威力由武器释放的能量决定,它一般用黄色炸药(TNT)爆炸释放的能量来度量,称为“TNT 当量”。1 千克 TNT 当量就是 1 千克 TNT 爆炸释放的能量,1 吨 TNT 当量就是 1 吨 TNT 爆炸释放的能量。威力是一种习惯用语,一般都说武器的威力大小,不说武器的能量多少。威力大小与能量成正比,威力单位用 TNT 当量,能量单位用“焦耳”,1 克 TNT 当量等于 4000 焦耳,1 千克 TNT 当量等于 400 万焦耳,1 吨 TNT 当量等于 40 亿焦耳。1 焦耳能量究竟有多大,人们日常生活中没有具体印象,但对 TNT 爆炸威力的印象却很深,所以划分武器威力的能量等级用 TNT 当量为好。

武器的发展经过了冷兵器、热兵器和核武器三个大的阶段。从威力角度讲,在这三个阶段中,武器威力经历了两次巨大飞跃:第一次飞跃是从冷兵器到热兵器,威力从千克级到吨级;第二次飞跃是从热兵器到核武器,威力从吨级跃升到万吨级以致百万吨级。这后一次飞跃的增幅是特别惊人的!

神话中的大力士是雷公,形容最大的雷击莫过于“雷霆万钧”。一钧合 15 万克,“雷霆万钧”也就是 150 万吨的力,比一颗氢弹爆炸的威力小多了。因为早期的一颗氢弹爆炸的威力是几百万吨 TNT 当量,1 吨 TNT 当量威力的破坏作用比 1 吨力的破坏作用不知大多少倍。实际上自然界中的雷击不到一万钧,我们见到过雷击打死人畜、劈掉建筑物等等,都是大电流的烧毁作用,并没有 150 万吨力。“雷霆万钧”是人们夸大雷公的神威而已。由此可见,原子弹、氢弹威力之大,即使在神话中也没有想到过的。

1.1 冷兵器、热兵器、核武器

人类社会的生存和发展,开始是与自然作斗争,工具是石块、木棒。后来出现了人

与人争夺猎物,以致发展到这个部落与那个部落的战争。打仗时是兵对兵、将对将,把个人能使用的工具改成适合打仗的需要,如弓箭、长矛、大刀,就叫兵器。这种兵器是利用尖锋利刃的冲击力杀伤敌人,攻击面小、杀伤距离短,只能接触杀伤,称为冷兵器。冷兵器时代打仗全靠勇气和武艺,所谓“一夫把关,万人莫过”。中国的冷兵器时代很长,从夏商到汉唐几千年,基本上都是靠冷兵器作战。

我们的祖先发明火药很早,但是迟迟未能用于军事。中国人早在公元6世纪的唐朝就发明了火药,到11世纪的宋朝才把火药用到军事上来。利用火药释放的能量来产生杀伤力,这种兵器称为热兵器。热兵器的能量比冷兵器的能量要大几百倍。这是兵器杀伤力发展的第一次飞跃。到了13世纪的元朝,中国的热兵器曾经称雄一世。据说成吉思汗用弯弓强弩发射火药包,敌人闻风丧胆,不攻自溃。热兵器还可以产生大面积的毁伤作用,比起冷兵器的点杀伤厉害得多。

火药的能量为什么比木材大?我们的祖先只留下一句话:火药配方是“一硝二磺三木炭”。为什么一、二、三的配比,燃烧的能量就大了?当时不知其所以然。说也奇怪,木材先烧成炭,再混合点像“石头”的东西硝石和硫磺,却比木材燃烧的威力还要厉害?这里面的道理需要化学家才能解释清楚。可是中国的封建社会不提倡科学探索,学堂里只读“四书五经”;而且社会文化风俗推崇“祖传秘方,不得变样”。因此几千年只知道“一硝二磺三木炭”,只用来放焰火。就是由于这种传统文化的束缚,使得我们长期在科学技术的发展方面落后了。

欧洲国家地盘小,生存竞争激烈,民主思想发展快,很快冲破了封建社会的束缚,进入了资本主义社会。资本主义社会竞争激烈,哪种产品赚钱就拼命搞哪种产品。这种激励机制极大地推动了社会的创新发明。化学工业是专门生产新物质、新材料、新产品的,所以化学科学技术比物理科学技术先发展起来。从火药到炸药释放的都是化学能,但是炸药兵器比火药兵器的能量又要大几十倍。由于热兵器的威力大,种类多,已超出了单兵使用的范围,所以兵器一词就改为武器,包括各种枪支、弹药,各类火炮、炸弹,以及各式各样的喷射剂、燃烧剂等等。现在把这些武器统称为化学能武器或常规武器,以区别于后来出现的原子能武器和高技术武器。对于热兵器威力的跃升,主要是发明了“TNT”这种新物质。在下一节中我们要特别介绍黄色“TNT”的发明者——诺贝尔的杰出贡献。

20世纪发现了原子能。由于军事需求的牵引,原子能工业得到了快速发展,到1945年出现了原子弹。原子弹释放的是原子核中的能量,称为核能。原子核的释能密度比化学能的释能密度要大几千万倍,是武器威力发展的又一次划时代的飞跃。从

冷兵器到热兵器是第一次飞跃,第一次飞跃从刀剑砍杀到炸药爆炸,武器的攻击力提高了几千倍;第二次飞跃从化学能武器到原子能武器,提高的不是几千倍而是几千万倍。1 千克原子核裂变的能量相当于两千万千克 TNT 爆炸的能量。从威力大小的角度来说,原子弹出世以后有“终极武器”之称,因为它的威力可以达到毁灭人类的地步。猛一听这些数字,很难使人理解,但是科学实验已经证明,原子能确实是一种“神奇”的力量。发现这个“神奇”力量的科学家是爱因斯坦,我们将在第三节中介绍爱因斯坦的伟大发现。下图是三个阶段的武器能级示意图,竖坐标每格提高了一个量级(10 倍)。由图可见,不同能量来源的武器威力跃升跨越之大:从大刀到氢弹,三大步跨越了 12 个数量级。

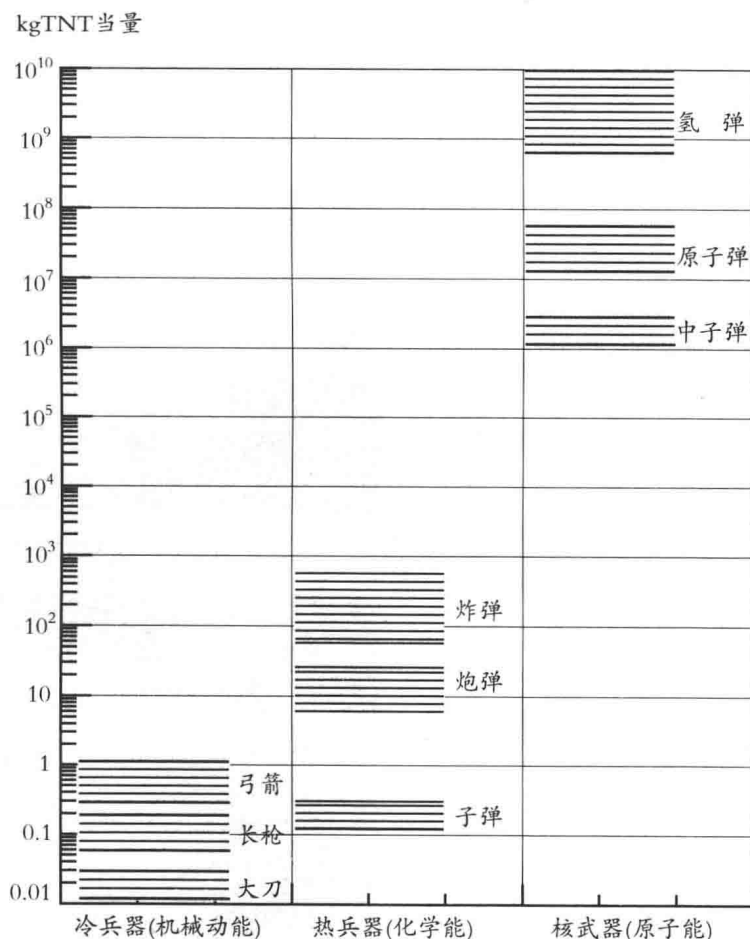


图 1-1 武器威力的能级

再看看冷兵器、热兵器和核武器等三种武器的作战形式及其破坏力的比较(见图 1-2),可以想象出三个阶段武器威力的毁伤作用是有天壤之别。

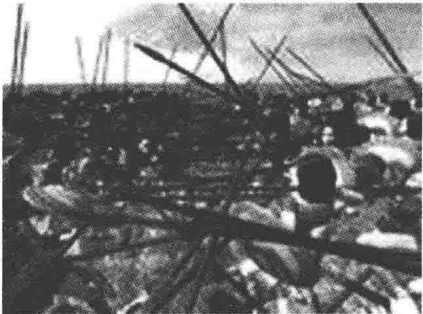
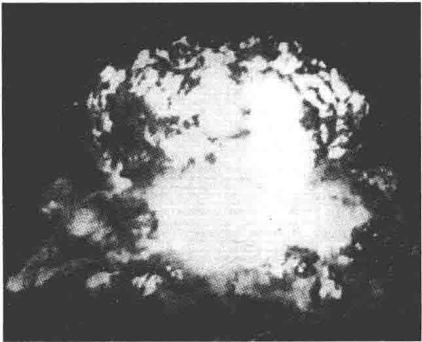
作战形式及当量	毁伤形象
长矛对阵冲杀 相当于 1 千克 TNT 当量	
常规炸弹爆炸 相当于 1 吨 TNT 当量	
原子弹爆炸 相当于 2 万吨 TNT 当量	

图 1-2 武器毁伤效应的形象

1.2 炸药大王——诺贝尔

1846 年化学家已经知道有一种叫“硝化甘油”的化学制剂,它的爆炸力比中国人发明的黑火药大几十倍。但是由于它太敏感了,一碰就爆,所以谁也不敢用它来制造炸药。“硝化甘油”发明 20 年之后,爆发了历史上有名的克里米亚战争,俄国与英、法、土耳其作战,军火生产供不应求。当时瑞典出生的诺贝尔一家住在俄国的彼得堡,父亲开工厂,为俄国军方生产地雷和水雷。有一天突然来了两位教授,请求制造新炸药。教授小心翼翼地取出一个小瓶,倒出一滴稠乎乎的液体,火柴一点,

“轰”的一声冒起一团大火。教授介绍说,这是“硝化甘油”,英法等国正在研制新炸药,但他们还没有一家敢从这里入手,不知你们敢不敢接受这个任务?老诺贝尔满口答应接了下来。谁知不久战争就结束了,工厂没人订货,接着又出了爆炸事故,诺贝尔一家成了穷光蛋,不得不搬回瑞典。可是研制“硝化甘油”炸药的事一直压在诺贝尔父子的心里,他们勤俭节约紧巴巴地搞了个实验室,成天在那里搞爆炸,经常出事故,不仅自己炸得鲜血淋漓,还危及邻居的安全,甚至炸毁了别人的玻璃窗。这就引起了许多人的愤怒,大门上被刷上一行大字:“专门制造恐怖和死亡

的人家!”警察局出面干涉,给予严厉警告,不准在家做实验。如此穷愁潦倒、尴尬不堪的惨状,并未动摇诺贝尔研制强力炸药的决心,他悄悄地买了一条旧船,到一个森林环抱人烟稀少的湖中,开始了新的实验。诺贝尔抛家离口,整天和死神厮混。有一天他突然想到,将液体甘油变成固体不就好运输好保存了吗?于是他试验各种添加剂,锯木面、煤粉、炭灰等等,都失败了。



图 1-4 诺贝尔野外实验室

失败乃成功之母,老天不负有心人,后来他终于找到了一种叫“硅藻土”的东西。这种物质有许多小孔,重量很轻,拌上“硝化甘油”就像揉面样子,捏成什么形状都可以。这种炸药不仅爆炸力强,而且很安全,摔不响,砸不爆,这就是黄色炸药“TNT”,从此结束了几百年“黑火药”的历史。诺贝尔从一个科学家变成了一个企业家,他在全世界到处建立炸药工厂,成了一个真正的炸药大王。可惜诺贝尔积劳成疾,身体很差,



图 1-3 诺贝尔



图 1-5 黄色炸药 TNT

到老还是孤独一人。他想到自己没有一个亲人,千万财富有什么用呢!还是让这些由科学发明得来的财富,去鼓励和帮助那些新的发明家吧。于是他亲笔写下一份永垂青史的遗嘱:“请把我的全部财产作为基金,以其利息作为奖金。把奖金分为五等份,作为下列五种奖的奖金,奖给那些每年为人类作出了最卓著贡献的人。……”1896 年诺贝尔与世长辞了,他只活了 63 岁。他不但将数百项发明留给了后人,还留下

了一个科学家最可贵的无私的献身精神。

自从有了黄色炸药“TNT”,热兵器的能量大多了,品种也多了,枪弹、炮弹、炸弹、手雷、地雷、水雷,肩扛的炮、车拉的炮、阵列排炮、喀秋莎等等,都发展起来了。这时用兵器这个词已经包括不了这些内容,于是就统称为武器。

无论是黑色火药还是黄色炸药,它们都是利用由化学反应释放出的能量。黄色炸药比黑色火药的爆炸力大 10 多倍,后来的研究又出现了一些新品种,如黑索金、奥托金等高能炸药,但它们的威力并没有大的变化,最好的奥托金也只有 TNT 的 1.5 倍。因此可以说,是诺贝尔的发明把化学能武器的威力推到了一个新的顶峰。

1.3 原子弹之师——爱因斯坦

人类认识世界,从钻木取火到释放炸药的能量,都属于化学反应放出的能量。化学反应中物质的原子没有变,只是组成物质的分子的结构发生了变化。除了化学反应,还有其他什么变化能放出更大的能量呢?

直到 20 世纪初叶,爱因斯坦的相对论和普朗克的量子论问世后,人们才逐渐认识到还有一种比化学能大千万倍的原子能。经过半个世纪科学技术发展的实践,人们利用原子核释放能量造出的炸弹,比化学能炸弹威力不是大 10 倍 20 倍,而是大几万倍。这叫什么弹呢?“热弹”?“光弹”?都不够意思,只好起个新名词——“原子弹”。后来又出现了氢弹、中子弹。无论是原子弹、氢弹或中子弹,它们爆炸的能量都是从原子核里放出来的,所以现在把这些弹统称为“核弹”。

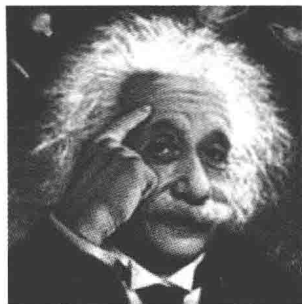


图 1-6 爱因斯坦

二次世界大战的元凶希特勒,想造原子弹但没有造成就完蛋了。因为他侵略好战,不得人心,科学家不服他。希特勒迫害犹太人,把爱因斯坦等一批著名科学家赶到了美国。这批科学家就上书美国总统罗斯福,建议赶快搞原子弹,要不然希特勒这个疯子搞出原子弹全世界就遭殃了。罗斯福总统接受了这个建议,集中力量研究原子弹,终于在1945年搞出来了。这时同盟国敦促日本军国主义政府无条件投降,日本却拒不投降,坚持战争继续顽抗。为了迫使日本投降,早日结束战争,当时的美国总统杜鲁门决定对日本使用原子弹。第一颗原子弹投向广岛,整个城市都毁灭了;但是日本首相铃木贯太郎毫不顾及,仍然叫嚣“继续作战”。第二颗原子弹轰炸长崎,长崎又遭毁灭,战争贩子再也招架不住了,日本天皇裕仁宣布立即投降。日本人民不幸遭受第一次原子弹轰炸的浩劫,这是日本军国主义好战分子对人类犯下的滔天罪行,他们将永远受到人类历史的审判。

1945年8月6日,美国总统杜鲁门下令向日本投掷了一颗原子弹之后,一位《纽约时报》的青年记者访问爱因斯坦说:“爱因斯坦先生,您还不知道吧,今天早晨9点15分,一架飞机在广岛投下了那颗炸弹。”爱因斯坦瞪大了眼睛,有几秒钟不说话。他那根根银丝都像是受了惊似的竖立起来,半天后才说了一句:“……我不知道什么武器将会用于第三次世界大战,但我知道什么武器将会用于第四次世界大战——石头。”爱因斯坦呼吁和平,认为第三次世界大战使用核武器将会毁灭人类,再下一次大战将是原始人类用石头打仗了。从此之后,爱因斯坦亲自组织“帕格瓦斯”(Pugwash,是加拿大的一个渔村)和平运动,号召全世界科学家团结起来,抵制原子武器的研制和反对使用核武器。

以上是爱因斯坦从建议制造原子弹到反对使用原子弹的经过。关于他对原子能的发现,将在1.5节(核武器的准备知识)中介绍。

1.4 圣灵逞威——广岛、长崎

广岛在日本太田河三角洲,是一个繁华的中等城市。在第二次世界大战后期,日本的一些大城市都遭到美国飞机的轮番轰炸,但广岛从来没有遭受过这种战争灾难。于是广岛人产生了一种幸运感,他们认为有大量广岛移民到了美国,几千个家庭与美国有亲戚关系;还说杜鲁门的母亲曾在广岛住过,杜鲁门还有个姑妈在广岛。还有人想到,说不定战争结束后美国人还要来广岛居住,所以美国飞机不会轰炸广岛。尽管战争期间疏散了一半人口,也有防空部队和防空洞,但他们的防空意识很薄弱,把防空警报仅仅看成是一条“狼来了”的消息。