

突发事件卫生应急  
培 训 教 材



# 核和辐射突发事件处置



主编 苏旭

 人民卫生出版社

TL 73  
20141

阅 览

突发事件卫生应急培训教材

# 核和辐射突发事件处置

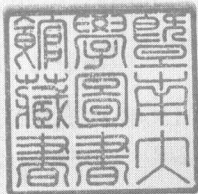
主 编 苏 旭

主 审 王作元 刘 英 叶常青 郭 勇

编 者

(以姓氏笔画为序)

邢志伟	中国医学科学院放射医学研究所 & 血液病医院
刘建香	中国疾控中心辐射安全所
问清华	广东台山核电运营有限公司
苏 旭	中国疾控中心辐射安全所
张 伟	中国疾控中心辐射安全所
张良安	中国医学科学院放射医学研究所
侯长松	中国疾控中心辐射安全所
姜恩海	中国医学科学院放射医学研究所 & 血液病医院
袁 龙	中国疾控中心辐射安全所
雷翠萍	中国疾控中心辐射安全所



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

核和辐射突发事件处置 / 苏旭主编. —北京: 人民卫生出版社, 2013

突发事件卫生应急培训教材

ISBN 978-7-117-17585-2

I. ①核… II. ①苏… III. ①核能—放射性事故—处理—职业培训—教材 IV. ①TL73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 135753 号

人卫社官网	<a href="http://www.pmph.com">www.pmph.com</a>	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	<a href="http://www.ipmph.com">www.ipmph.com</a>	医学考试辅导, 医学数据库服务, 医学教育资源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

突发事件卫生应急培训教材  
——核和辐射突发事件处置

主 编: 苏 旭

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: [pmph@pmph.com](mailto:pmph@pmph.com)

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京铭成印刷有限公司

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 16

字 数: 389 千字

版 次: 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 版第 2 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-17585-2/R · 17586

定 价: 53.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: [WQ@pmph.com](mailto:WQ@pmph.com)

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)

# 序

近年来,自然灾害、事故灾难、突发公共卫生事件和社会安全事件频繁发生,已成为世界各国关注的焦点。突发公共事件具有突发性强、破坏性大、波及范围广的特点,直接影响经济社会协调发展和广大人民群众身体健康与生命安全。卫生应急作为突发公共事件应对的重要内容,一直以来受到党中央、国务院的高度重视和社会各界的高度关切。自2003年SARS疫情之后,我国加快了卫生应急体系建设,并取得了显著成效。特别是在汶川地震、玉树地震,以及甲型H1N1流感、人感染H7N9禽流感疫情等突发公共事件的应对中,充分显示出我国卫生应急能力的长足进步。

做好突发事件卫生应急工作,要求我们必须培养造就一支高素质的人才队伍。为推进全国卫生应急培训工作规范化和标准化建设,根据《医药卫生中长期人才发展规划(2011-2020年)》、《2012-2015年全国卫生应急培训规划》、《全国卫生应急工作培训大纲(2011-2015年)》要求,我办组织卫生应急各个领域的百余名专家,结合卫生应急工作特点和近年来突发事件卫生应急应对实践,历时一年多,编制了这套突发事件卫生应急培训系列教材。全套教材由传染病突发事件处置、紧急医学救援、中毒事件处置、核和辐射突发事件处置、卫生应急物资保障、卫生应急风险沟通等6个分册组成,立足卫生应急岗位需要,突出实用性,凸显科学性,提高可操作性,对各级各类卫生应急人员培训具有很强的指导作用。

希望各级卫生行政部门和各类医疗卫生机构利用好这套教材,加大投入,完善制度,强化考核,大力开展卫生应急管理和专业技术人员的培训工作,全面提高突发事件卫生应急处置能力。

各位参与教材编写的专家在本职工作比较繁忙的情况下,查阅和收集大量资料,按时、保质、保量地完成了编写工作,付出了很多心血和智慧,同时,教材编写也得到了中美新发和再发传染病合作项目(EID)的大力支持,在此一并表示衷心感谢。

由于内容多、涉及面广,此系列教材难免出现一些错误和疏漏,请给予批评指正。

国家卫生计生委卫生应急办公室

2013年8月19日

# 前言

随着我国经济的发展和科技的进步,核和辐射技术在工业、农业、核能、医疗及科学研究等领域的应用日益广泛,极大地促进了社会进步和经济发展。然而,核和辐射技术是一把“双刃剑”,在造福人类的同时,核和辐射事故时有发生,伤害和威胁着人们的健康与安全。据不完全统计,1988~2008年间我国发生放射事故约592起。1986年前苏联切尔诺贝利核电站事故的惨痛教训依然让人们记忆犹新,2011年日本福岛核电站事故又一次给人们敲响了警钟,再次表明核能并非绝对安全。为保障我国核和辐射技术应用的可持续协调发展、保护公众生命安全和健康权益,加强核和辐射突发事件卫生应急队伍能力建设,提高应急响应能力和水平具有重要的现实意义。

应急队伍及人员的培训是应急准备的重要内容,也是提高队伍应急能力的重要途径。为规范和加强核和辐射突发事件卫生应急培训工作,原卫生部卫生应急办公室组织有关专家组成了编委会,编写了《核和辐射突发事件处置》卫生应急培训教材,内容覆盖了辐射防护基础、放射生物学基础、相关法律法规、组织体系、心理干预、媒体交流、辐射监测、剂量估算、现场救援、临床救治和案例分析等。

本教材可供各级卫生行政部门、放射防护机构、核辐射损伤救治基地、定点医院等单位及卫生应急专业队伍中的管理人员和专业技术人员培训和开展工作时使用,也可供大专院校教学参考。

参加本教材编审工作的有中国疾病预防控制中心、中国医学科学院、军事医学科学院、台山核电运营有限公司等单位和部门的专家学者。主编苏旭研究员对该教材进行了统筹规划,张良安研究员撰写了第一章和第五章,刘建香研究员撰写了第二章,袁龙和雷翠萍助理研究员撰写了第三章,侯长松研究员撰写了第四章,问清华教授撰写了第六章,姜恩海和邢志伟研究员撰写了第七章,张伟研究员撰写了第八章。该教材强化理论与实践相结合,力求实用,并提供了案例介绍。在此,编委会对参与编审的人员的严谨工作态度、忘我工作作风表示诚挚的敬意和感谢。

鉴于编写时间有限,本教材难免不尽如人意或疏漏之处,恳请广大读者提出批评指正,使本教材再版时进一步完善,更好地服务于核和辐射突发事件卫生应急工作。

编者

2013年8月

## 第一章 辐射防护基础

<b>第一节 核物理学基础</b> .....	1
一、原子物理学基础 .....	1
二、核裂变与核聚变 .....	2
三、电离辐射 .....	4
<b>第二节 放射性及其单位</b> .....	5
一、放射性衰变规律 .....	5
二、放射性活度 .....	5
三、放射性衰变 .....	5
四、其他粒子辐射 .....	8
五、天然放射性 .....	8
六、感生放射性 .....	9
<b>第三节 电离辐射与物质相互作用</b> .....	9
一、带电粒子与物质的相互作用 .....	9
二、非带电粒子与物质的相互作用 .....	11
三、核辐射的穿透能力 .....	14
<b>第四节 辐射防护中常用量和单位</b> .....	15
一、总论 .....	15
二、剂量学基本物理量 .....	15
三、辐射防护评价量 .....	17
四、辐射防护实用量 .....	20
<b>第五节 辐射防护体系</b> .....	22
一、ICRP 建议书 .....	22

二、辐射防护正当性·····	24
三、辐射防护最优化·····	25
四、剂量限值及剂量约束·····	26

## 第二章 放射生物学基础

<b>第一节 电离辐射生物效应及其影响的主要因素</b> ·····	33
一、辐射生物效应·····	33
二、影响电离辐射生物效应的主要因素·····	39
<b>第二节 生物剂量学方法</b> ·····	41
一、概述·····	41
二、生物剂量学指标和评价·····	42
三、染色体畸变分析估算生物剂量方法·····	42
四、微核分析·····	51
五、早熟凝集染色体环或断片分析·····	52
六、稳定性染色体畸变(易位)分析·····	53
七、体细胞基因突变分析·····	55

## 第三章 应急准备与响应

<b>第一节 相关法律法规</b> ·····	61
一、国际公约·····	61
二、突发事件应对法·····	62
三、放射性同位素与射线装置安全和防护条例·····	62
四、国家突发公共事件医疗卫生救援应急预案·····	62
五、国家核应急预案·····	63
六、卫生部核事故和辐射事故卫生应急预案·····	63
七、全国卫生部门卫生应急管理工作规范·····	63
<b>第二节 卫生应急准备</b> ·····	64
一、卫生应急组织体系·····	64
二、各部门职责·····	64

三、卫生应急准备·····	66
<b>第三节 卫生应急救援队伍建设·····</b>	<b>67</b>
一、队伍的职责和任务·····	67
二、队伍的组成和人员分工·····	68
三、队伍的培训和演习·····	70
四、队伍装备准备·····	70
<b>第四节 紧急情况威胁类型·····</b>	<b>71</b>
一、威胁分类·····	72
二、应急状态的分级·····	82
三、辐射源及其分类·····	83
<b>第五节 事件分级·····</b>	<b>84</b>
<b>第六节 卫生应急响应·····</b>	<b>88</b>
一、核事故卫生应急响应·····	88
二、辐射事故卫生应急响应·····	90

## 第四章 应急干预与辐射防护

<b>第一节 干预的概念与基本原则·····</b>	<b>96</b>
一、干预的概念·····	96
二、干预的基本原则·····	96
<b>第二节 应急防护措施·····</b>	<b>97</b>
一、隐蔽·····	97
二、服用稳定性碘·····	98
三、撤离·····	99
四、个人防护·····	100
五、控制进出口通路·····	100
六、临时避迁·····	101
七、永久性再定居·····	101
八、消除放射性污染·····	101
九、干预水平·····	102



十、食品和水污染干预·····	104
十一、对人员的医学处理·····	105
<b>第三节 心理干预</b> ·····	105
一、核和辐射突发事件的心理特点·····	105
二、出现心理反应的信号·····	106
三、核事故情况下的心理干预·····	106
<b>第四节 媒体交流</b> ·····	107
一、核和辐射突发事件导致公众心理恐慌的原因分析·····	107
二、媒体交流与信息发布·····	108
三、媒体交流常见失策之处·····	108

## 第五章 辐射监测与剂量估算

<b>第一节 应急照射的剂量学量及其应用</b> ·····	110
<b>第二节 应急照射的个人监测和评价</b> ·····	112
一、个人监测量·····	112
二、监测类型·····	112
三、监测方法·····	113
四、剂量评价方法·····	116
<b>第三节 应急照射的场所监测</b> ·····	126
一、源监测·····	127
二、环境监测·····	130
<b>第四节 食品和饮用水监测</b> ·····	135
一、样品的采集·····	135
二、样品的运输和储存·····	138
三、样品的预处理·····	138
四、分析方法·····	140
<b>第五节 数据处理及质量控制</b> ·····	143
一、回收率测定·····	143

二、标准差计算·····	143
三、测量分析能力的判断量·····	144
四、不确定度评估·····	145
五、结果表示·····	145
六、分析的质量控制·····	146
<b>第六节 外照射剂量估算</b> ·····	<b>147</b>
一、X、 $\gamma$ 外照射剂量估算·····	147
二、中子外照射剂量估算·····	151
三、电子外照射剂量估算·····	151
四、基于核事故现场检测数据的剂量估算·····	152
<b>第七节 内照射剂量估算</b> ·····	<b>152</b>
一、用个人监测数据估算剂量·····	152
二、用食品和水的监测数据估算剂量·····	152
三、核事故下摄入量的估算·····	153

## 第六章 核和辐射事故现场救援

<b>第一节 现场救援概述</b> ·····	<b>156</b>
一、现场救援的目的·····	156
二、现场救援的基本原则·····	156
三、现场救援的基本任务·····	156
<b>第二节 现场救援准备和响应</b> ·····	<b>157</b>
一、现场救援队员集结·····	157
二、出发前的准备·····	157
三、救援队现场待命·····	158
四、现场搜寻伤员·····	158
五、现场抢救·····	159
六、临时处置站的救援行动·····	159
<b>第三节 伤员分类</b> ·····	<b>159</b>
一、伤员分类概述·····	159

二、伤员分类的目的和意义	161
三、伤员分类原则	162
四、伤员分类	162
五、检伤方法	165
六、伤员分类标签	167
七、现场分类实施	167
<b>第四节 过量照射人员的现场处置</b>	<b>171</b>
一、一般概念	171
二、现场救援的基本要求	172
三、过量照射人员的现场处置	172
<b>第五节 放射性核素内污染人员的现场处理</b>	<b>173</b>
一、一般概念	173
二、放射性核素内污染医学处理原则	174
三、减少放射性核素的吸收	174
四、加速排出体内的放射性核素	174
五、放射性核素内污染现场处置的基本要求	175
六、放射性核素内污染的现场处置行动	175
七、常用放射性核素阻吸收和加速排除药品及其用法	176
<b>第六节 放射性核素体表污染的现场处置</b>	<b>180</b>
一、一般概念	180
二、放射性核素体表污染现场处置的基本要求	180
三、伤口放射性核素污染的现场处置行动	181
<b>第七节 生物样品采集</b>	<b>182</b>
一、一般概念	182
二、血液样品的采集	183
三、身体局部受照时的样本采集	184
四、人员可能受到外污染时的样本采集与处理	184
五、人员可能受到内污染时的样本采集与处理	184
六、现场样品采集的基本要求	185
七、现场样品的采集实施	185
八、现场样品的处置	185

<b>第八节 伤员转运和救援终止</b> .....	185
一、一般概念 .....	185
二、伤员转送的基本要求 .....	186
三、伤员转送的实施 .....	186
四、伤员运输途中的注意事项 .....	186
五、现场救援终止条件 .....	187
六、现场撤离 .....	187
七、现场救援终止后的行动 .....	187

## 第七章 放射损伤的临床救治

<b>第一节 外照射急性放射病</b> .....	189
一、定义 .....	189
二、病因 .....	189
三、临床表现 .....	189
四、诊断与鉴别诊断 .....	191
五、治疗 .....	194
六、转归及预后 .....	196
<b>第二节 放射复合伤</b> .....	196
一、定义 .....	196
二、病因 .....	196
三、临床表现 .....	197
四、诊断 .....	198
五、处理 .....	199
六、预后 .....	200
<b>第三节 放射性皮肤疾病</b> .....	200
一、定义 .....	200
二、病因 .....	201
三、临床表现 .....	201
四、诊断与鉴别诊断 .....	202
五、处理原则 .....	203

六、预后	203
<b>第四节 内照射损伤临床救治</b>	204
一、概述	204
二、放射性核素在人体的代谢基础	205
三、临床表现	206
四、实验室检查	207
五、诊断	207
六、治疗	208

## 第八章 核和辐射事故案例分析

<b>第一节 概述</b>	211
<b>第二节 日本福岛核事故</b>	215
一、概况	215
二、事故经过	215
三、事故后果	216
四、导致核事故事态更加严重的原因	217
五、日本政府的公众宣传和媒体应对	218
六、国际组织的应对	218
七、中国的应对	219
八、中国的卫生应急响应与应对	219
<b>第三节 前苏联切尔诺贝利核事故</b>	220
一、概况	220
二、事故经过	220
三、事故后果	221
四、事故原因	222
五、切尔诺贝利核电站的现状	223
<b>第四节 美国三哩岛核事故</b>	223
一、概况	223
二、事故经过	223

三、事故后果·····	224
四、经验与教训·····	224
<b>第五节 巴西戈亚尼亚铯源事故·····</b>	<b>225</b>
一、事故经过·····	225
二、事故后果·····	226
三、放射性污染去污工作·····	226
四、经验与教训·····	226
<b>第六节 山西忻州辐射事故·····</b>	<b>226</b>
一、事故经过·····	226
二、事故原因·····	228
三、事故后果·····	228
四、经验与教训·····	229
<b>第七节 山东济宁<sup>60</sup>Co辐射事故·····</b>	<b>229</b>
一、事故经过·····	229
二、事故处理·····	230
三、经验与教训·····	231
<b>第八节 河南新乡“4.26”<sup>60</sup>Co源辐射事故·····</b>	<b>232</b>
一、事故经过·····	232
二、事故处理·····	232
三、事故经验·····	233
<b>第九节 河南杞县放射源卡源事件·····</b>	<b>233</b>
一、事件经过·····	233
二、事件原因·····	234
三、经验和教训·····	235

# 第一章

## 辐射防护基础

### 第一节 核物理学基础

#### 一、原子物理学基础

##### (一) 物质和元素

物质为构成宇宙万物的实物、场等客观事物，是能量的一种聚集形式。

一种元素是一种物质，用普通的化学方法不能将它分解成更简单的一些物质。到 2007 年为止，总共有 118 种元素被发现，其中有 94 种存在于地球上。拥有原子序数大于 82 的元素（即铋及之后的元素）都是不稳定，并会进行放射衰变。

##### (二) 原子

原子是构成化学元素的基本单元和化学变化中的最小微粒，即不能用普通的化学变化再分的微粒。

##### (三) 原子结构

不同元素的原子具有不同的性质，但它们的结构是十分相似的。原子由带正电的原子核和带负电的核外电子组成，原子核非常小，它的体积约为整个原子体积的几千万亿分之一，但原子质量的 99.95% 以上都集中在原子核内。

一个原子的中子和质子构成了核心，即原子核，电子在不同的轨道上围绕着原子核旋转，最靠近原子核的轨道最多只能容纳 2 个电子，而第二层轨道能达到 8 个电子，……依此类推直到外层轨道。内层轨道称为 K 轨道（或 K 壳层）。第二层轨道为 L 壳层，第三层轨道为 M 壳层等，K、L、M、N 壳层最多能够容纳的电子数分别是 2、8、18、32。例如，图 1-1 表示的锌的原子结构中有 30 个电子，排列在 4 层壳层中。

每一个原子的质子数通常与电子数相同。这就是说原子核里的正电荷总数等于原子电子负电荷的总数，因而原子通常是电中性的。原子核外的电子按照轨道绕核运行。在某一轨道上的电子具有一定的能量，电子可以吸收外来的能量从能量较低的轨道跃迁到能量较高的轨道，这种现象叫做原子的激发。如果外来的能量较大，使得轨道上的电子脱离原子核的束缚力而自由运

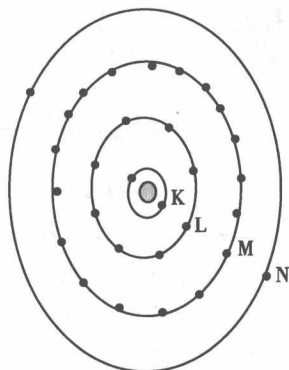


图 1-1 锌原子的原子结构

动,则叫原子的电离。当电子从能量较高的外层轨道跃迁到能量较低的内层轨道时,电子将多余的能量以电磁波的形式辐射出来。

原子核是由质子和中子组成的,质子带正电荷,其所带正电荷与电子所带的负电荷数目相等,所以原子中的电子数与原子核内的质子数是相等的。中子是不带电的中性粒子。原子核内的质子和中子数的总和叫做原子质量数。

#### (四) 质量数

如果原子中电子的微小质量可以忽略的话,原子的质量就可以用质子和中子的数目来确定。质子数加上中子数的和称为质量数,用符号  $A$  表示:

$$\text{质量数}(A) = \text{质子数} + \text{中子数}$$

#### (五) 原子序数

原子中质子的数目称为原子序数,用符号  $Z$  表示:

$$\text{原子序数}(Z) = \text{质子数}$$

质子数也就是原子序数,它确定了原子的化学特性,因而也确定了元素。因此:

原子序数为 1 的所有原子是氢原子;原子序数为 2 的所有原子是氦原子;原子序数为 3 的所有原子是锂原子;原子序数为 4 的所有原子是铍原子;原子序数为 5 的所有原子是硼原子;原子序数为 6 的所有原子是碳原子;原子序数为 30 的所有原子是锌原子等,自然界中存在的元素最重的是铀,铀的原子序数是 92。近年来,大约有 12 种高原子序数的元素可以由人工生产出来。

#### (六) 同位素

虽然某种特定元素的所有原子都含有相同数目的质子,但是有可能具有不同数目的中子,这意味着一种元素可以有几种类型的原子。这些不同类型的原子称为该元素的同位素。例如: $^{32}_{15}\text{P}$  是磷的同位素。

因为元素的化学特性取决于这种元素的原子序数,所以重要的是要记住:一种给定元素的所有同位素在化学性质上是相同的。

天然存在的同位素大多是以同位素混合物状态出现,其他同位素可以用核粒子轰击(例如,在核反应堆中用中子轰击)天然同位素来产生。这些人工生产的同位素是不稳定的,最终将以放出次级粒子或  $\gamma$  射线的方式进行衰变。

综上所述,同位素的定义是:具有相同原子序数即相同核电荷数的所有原子属于同一种元素,我们把原子序数相同而质量数不同的各元素统称为某元素的同位素。它们在元素周期表上占有同一位置,它们的化学性质相同。

## 二、核裂变与核聚变

### (一) 核裂变

核裂变(nuclear fission)又称核分裂是一个原子核分裂成几个原子核的变化。只有一些质量非常大的原子核像铀、钚等才能发生核裂变。这些原子的原子核在吸收一个中子以后会分裂成两个或更多个质量较小的原子核同时放出 2~3 个中子和很大的能量又能使别的原子核接着发生核裂变……使过程持续进行下去这种过程称作链式反应。原子核在发生核裂变时释放出巨大的能量称为原子核能俗称原子能。1 吨铀-235 的全部核的裂变将产生



20 000 兆瓦小时的能量(足以让 20 兆瓦的发电站运转 1000 小时)与燃烧 300 万吨煤释放的能量一样多。

铀裂变在核电厂最常见加热后铀原子放出 2~4 个中子,中子再去撞击其他原子从而形成链式反应而自发裂变。撞击时除放出中子还会放出热再加快撞击,但如果温度太高反应炉会熔掉而演变成反应炉熔毁造成严重灾害,因此通常会放控制棒(硼制成)去吸收中子以降低分裂速度。

按分裂的方式裂变可分为自发裂变和感生裂变。自发裂变是没有外部作用时的裂变类似于放射性衰变,是重核不稳定性的一种表现,感生裂变是在外来粒子,最常见的是中子轰击下产生的裂变。

核裂变是在 1938 年发现的,由于当时第二次世界大战的需要,核裂变被首先用于制造威力巨大的原子武器——原子弹。原子弹的巨大威力就是来自核裂变产生的巨大能量。目前人们除了将核裂变用于制造原子弹外,更努力研究利用核裂变产生的巨大能量为人类造福,让核裂变始终在人们的控制下进行,核电站就是这样的装置。

不稳定的重核比如铀-235 的核可以自发裂变。快速运动的中子撞击不稳定核时也能触发裂变。由于裂变本身释放分裂的核内中子所以如果将足够数量的放射性物质(如铀-235)堆在一起那么一个核的自发裂变将触发近旁两个或更多核的裂变其中每一个至少又触发另外两个核的裂变依此类推而发生所谓的链式反应。这就是称之为原子弹(实际上是核弹)和用于发电的核反应堆(通过受控的缓慢方式)的能量释放过程。对于核弹链式反应是失控的爆炸,因为每个核的裂变引起另外好几个核的裂变。对于核反应堆反应进行的速率用插入铀(或其他放射性物质)堆的可吸收部分中子的物质来控制使得平均起来每个核的裂变正好引发另外一个核的裂变。

核裂变所释放的高能量中子移动速度极高(快中子),因此必须通过减速以增加其撞击原子的机会同时引发更多核裂变。一般商用核反应堆多使用慢化剂将高能量中子速度减慢变成低能量的中子(热中子)。商营核反应堆普遍采用普通水、石墨和较昂贵的重水作为慢化剂。

## (二) 核聚变

核聚变,又称核融合,是指由质量小的原子,比方说氘和氚,在一定条件下(如超高温和高压),发生原子核互相聚合作用,生成中子和氦-4,并伴随着巨大的能量释放的一种核反应形式。原子核中蕴藏巨大的能量。根据质能方程  $E=mc^2$ ,原子核之静质量变化(质量亏损)造成能量的释放。

核聚变反应是当前很有前途的新能源。参与核反应的氢原子核如氢气、氘、氚、锂等从热运动获得必要的动能而引起的聚变反应见核聚变。热核反应是氢弹爆炸的基础可在瞬间产生大量热能但目前尚无法加以利用。如能使热核反应在一定约束区域内根据人们的意图有控制地产生与进行即可实现受控热核反应。这正是目前在进行试验研究的重大课题。受控热核反应是聚变反应堆的基础。相比核裂变,核聚变的放射性污染等环境问题少很多。如氘和氚之核聚变反应,其原料可直接取自海水,来源几乎取之不尽,因而是比较理想的能源取得方式。

太阳的能量来自它中心的热核聚变,如超高温和高压发生原子核互相聚合作用生成新的质量更重的原子核并伴随着巨大的能量释放的一种核反应形式。如果是由轻的原子核变