

核电将在挫折中前进

侯明东

中国科学院近代物理研究所

报告内容

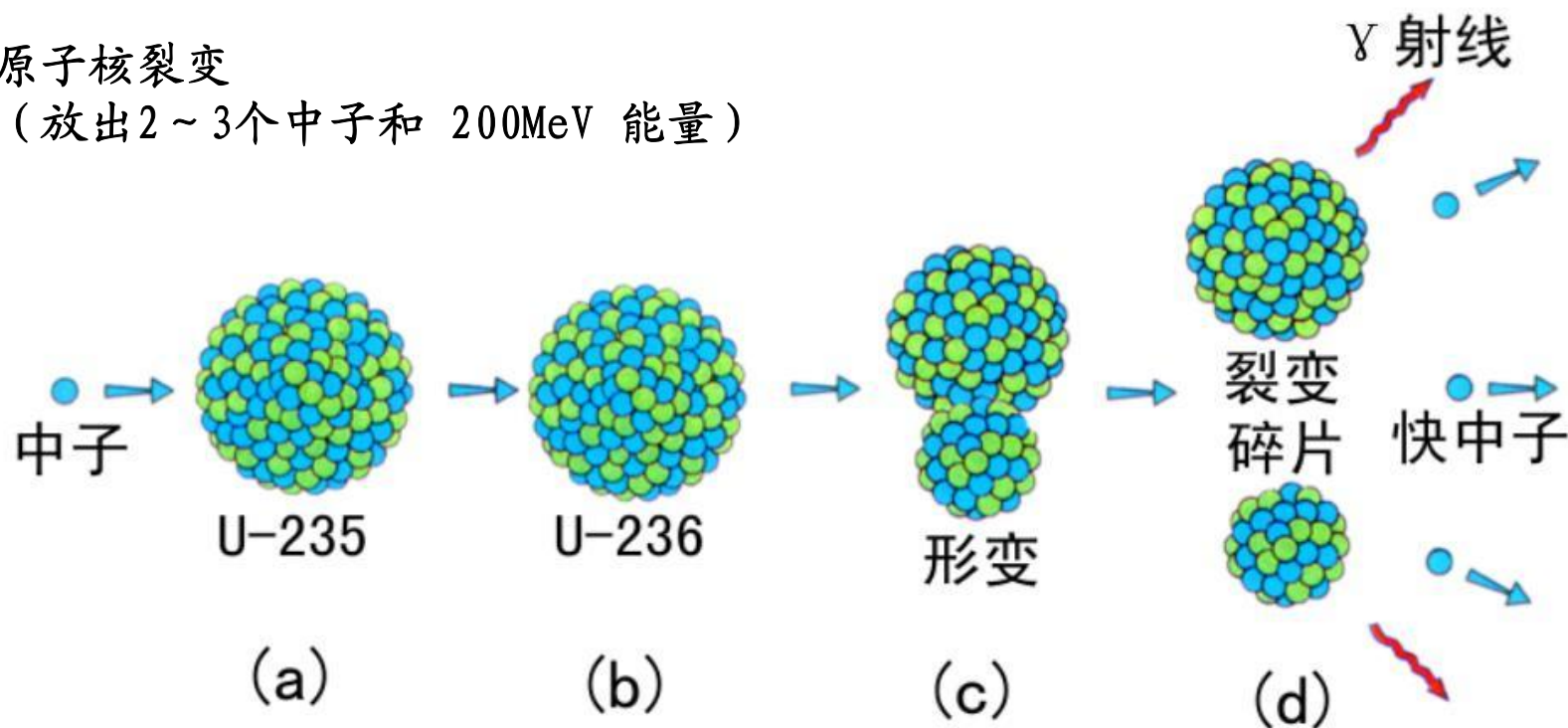
- 核能的物理基础
- 核电发展历史
- 核电站的安全性

核能的物理基础

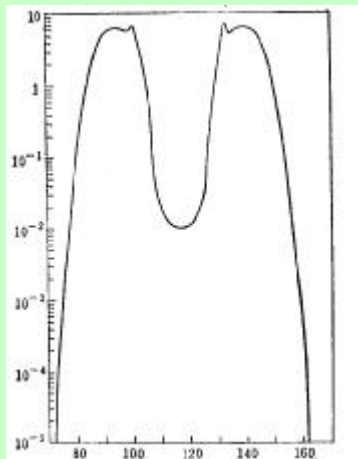
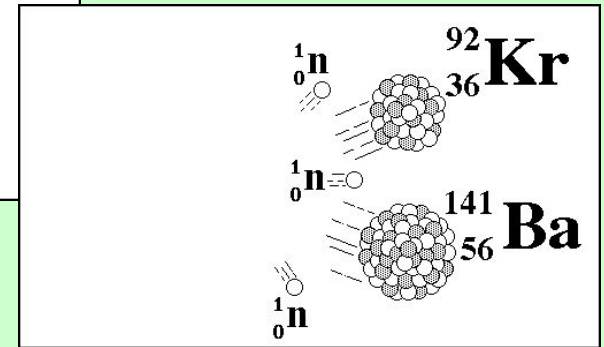
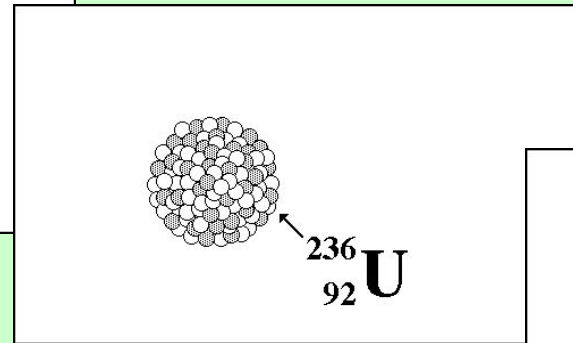
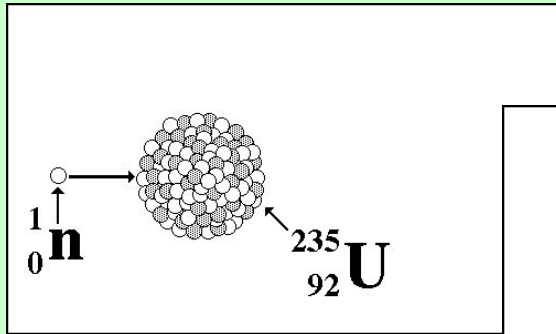
基本原理是：铀-235、钚-239等重核在中子轰击下发生裂变反应，这一过程同时放出2-3个中子和200MeV的能量(相当于 3.2×10^{11} 焦耳)。

原子核裂变

(放出2~3个中子和 200MeV 能量)



典型的裂变反应



铀235裂变碎片的质量分布，在质量数95和138附近双峰，非对称裂变。

裂变发现的曲折历史

裂变现象的发现史是一部曲折的历史，前后经历了五年的时间。许多科学家濒临发现的边缘而错过良机。

费米实际上是第一个实现铀核裂变的人，但是他没有能了解它的本质。

伊伦·居里和沙维奇已经接近了解决问题的边缘，但他们在门口犹豫徘徊。

1938年底，哈恩和斯特拉斯曼才给出了铀核裂变的确凿无疑的证据。

梅特纳和弗里希对此作出了正确的解释。

序幕 — 中子的发现



查德威克(1891-1974)
1935年诺贝尔物理学奖

1920年卢瑟福预言原子中可能存在中性粒子

1932年英国物理学家James Chadwick

用钋源中的 α 粒子轰击铍靶，产生穿透本领强的射线，用这种射线照射石蜡，发现石蜡经撞击后发射出质子来。

他发现这种射线的速率只有光速的 $1/10$ ，不可能是 γ 射线。

用弹性碰撞的理论来分析，根据碰撞过程中的能量和动量守恒，确认这种中性射线是质量很大的中性粒子。

用云雾室测定中子质量，与质子非常接近。再根据质谱仪的数据推算，得到中子的精确值为 1.0067 原子质量单位。

德国G. 博特及法国约里奥·居里夫妇先前已做过类似实验

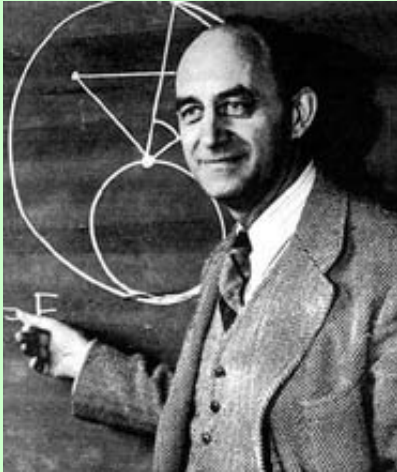
中子的发现具有深远的影响：

◆为核模型理论提供了重要的依据，海森伯和伊万宁科分别提出原子核是由质子和中子组成的理论；解释了“同位素”的存在。

◆为研究和变革原子核提供了有力的手段，中子作为炮弹有更大的威力，导致了中子核反应、核裂变现象的发现，打开了原子核的大门。

◆中子在多个领域有广泛的应用，发展形成了中子物理学。

费米的成功与遗憾

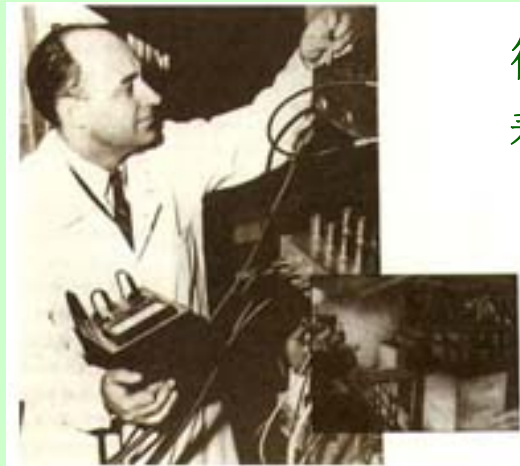


费米用镭—铍中子源的中子轰击各种元素，用盖革—弥勒计数管进行测量。在中子照射的近六十种元素中，发现有四十多种能产生放射性核素。

在中子源和银圆筒之间加石蜡或含氢物质，产额增高。

重新用热中子轰击铀核试图生成原子序数大于**92**的**93**、**94**.....一系列超铀元素。

实验结果呈现出非常复杂的辐射成分。先后共测得四种不同能量的 β 射线，得到分别为**10秒**、**40秒**、**12分**和**90分**的四种不同的半衰期。错误地认为合成了**93**号元素。



费米攝於芝加哥大學CP-1反應堆

德国年轻科学家诺达克夫妇，**1934**年曾经提出过自己的看法，他们认为铀核在中子作用下发生了核裂变反应。

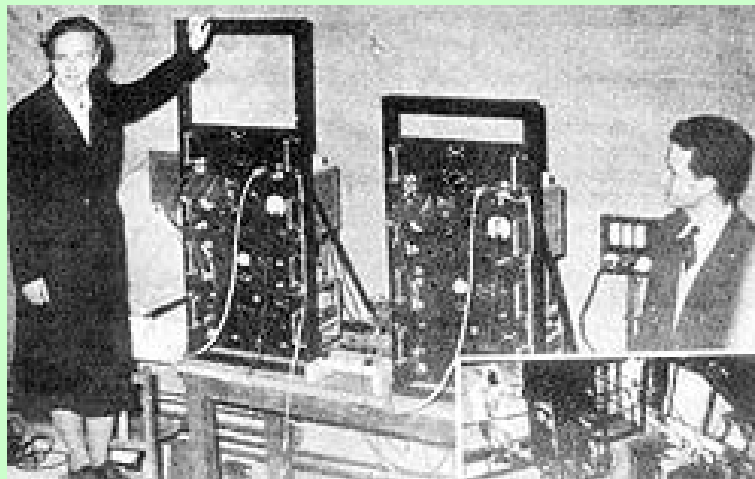
二十年后，在安葬费米时西格列说：

“上帝按照他自己的不可思议的动机，使我们当时在核分裂现象上成为盲人”。

约里奥—居里夫妇的工作

法国的约里奥·居里夫妇也在进行中子轰击铀的试验。同样他们也测得了一些被命名为“类镧”、“类钷”和“类铽”的**93**、**94**和**95**号元素。他们的实验结果也未能超越费米等人的结论。

1938年，伊伦·居里和萨维基在中子轰击的铀中，测得了一种半衰期为**3.5**小时的新的放射性核素。它的化学性质和稀土元素镧十分相似，起初假定它是铀的放射性同位素。进一步发现，这种放射性同位素可用化学方法把它和铀分离，却不能与镧分开。



约里奥-居里夫妇约摄於1934年

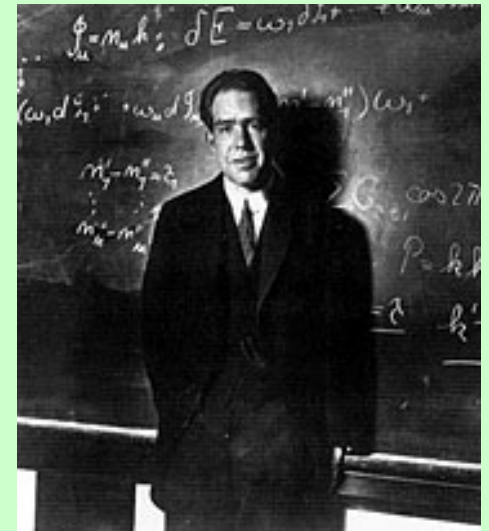
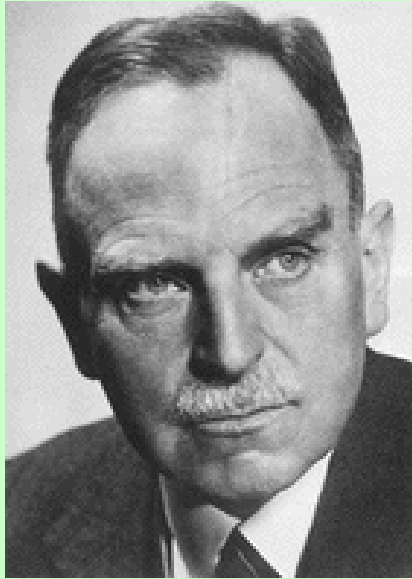
裂变现象的发现

1938.12 Otto Hahn 和 Fritz Strassman 以精确的化学分析证实中子轰击U的产物中有 ^{139}Ba 和 ^{140}La 。

奥托·哈恩1944年诺贝尔化学奖。

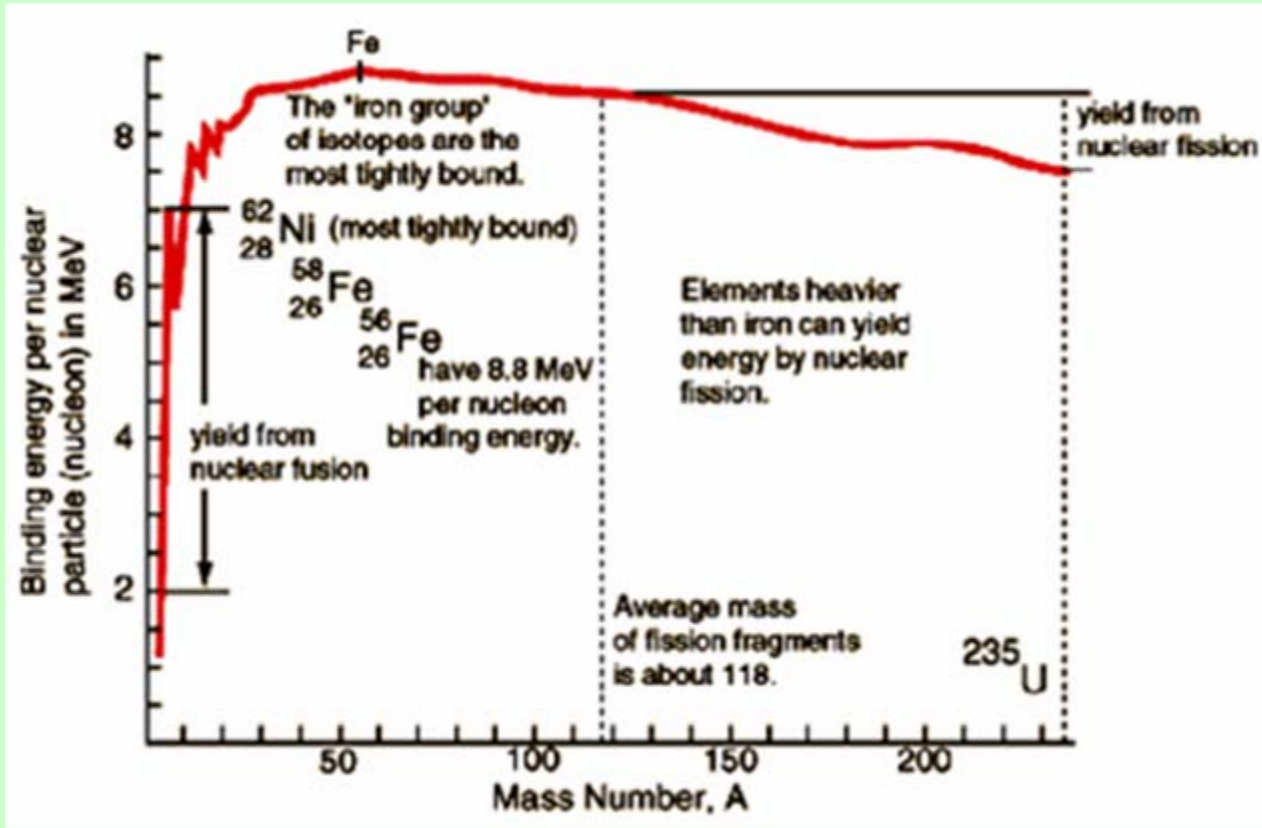
1939.1 Lise Meitner 和 Otto Frisch 用玻尔的液滴模型，解释了铀核的裂变从而得到钡和镧等元素，正式提出了“核裂变”。

波尔将发现裂变的消息带到美国



Niels Bohr, Danish physicist

原子核的结合能



若干个核子结合成原子核时释放出来的能量叫该原子核的结合能。

在中等质量数的核中，每个核子的平均结合能最大；在重的或轻的原子核中，核子的平均结合能都较小。因此，当重原子核裂变时，或轻核聚变时，会释放出大的能量。

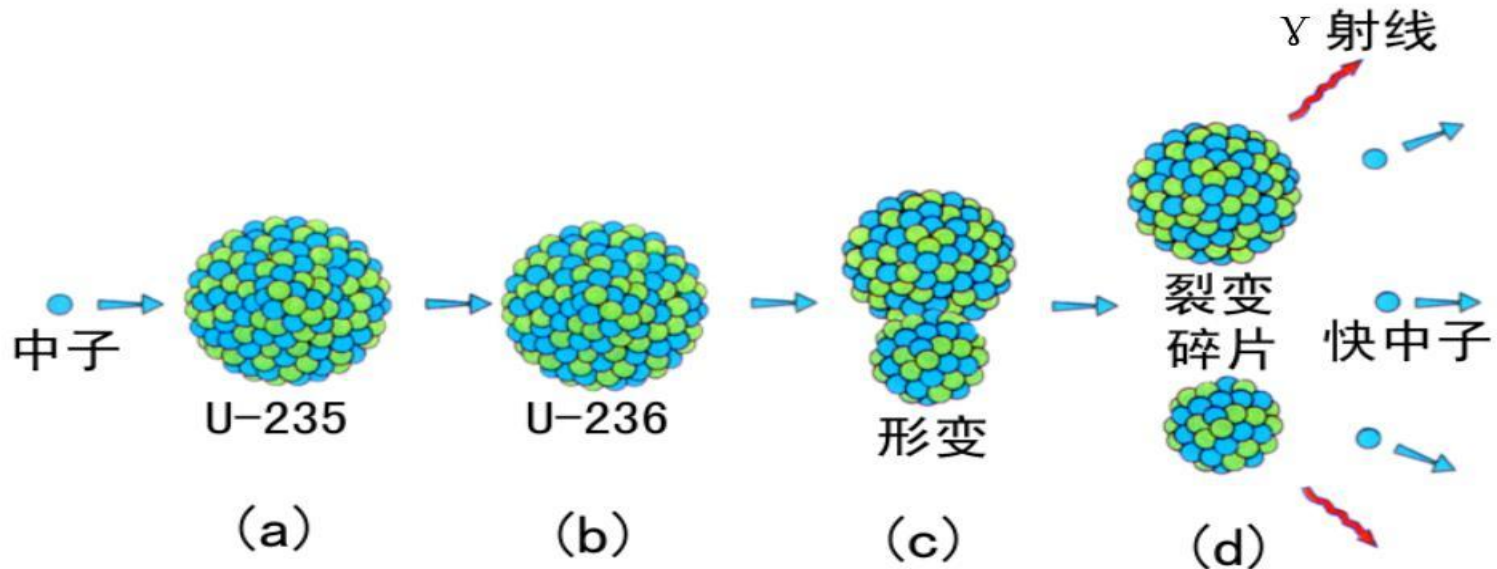
核素	氘 ² H	氚 ³ H	氦 ³ He	氦 ⁴ He	中等质量核	铀或钚
比结合能 (MeV)	1.112	2.827	2.573	7.074	≈8.5	≈7.6

爱因斯坦质能公式

$$E = mc^2$$

一个铀-235核裂变约释放200MeV

1.24克铀-235的裂变能释放1兆瓦日（MWD）的能量
相当于3000千克优质煤燃烧能



裂变链式反应

裂变放出的中子，有可能继续引起其他重核裂变。

如果每一个核裂变后能引起下一代核裂变的
中子数平均多于1个，裂变系统就会形成自持的链式裂变反应。

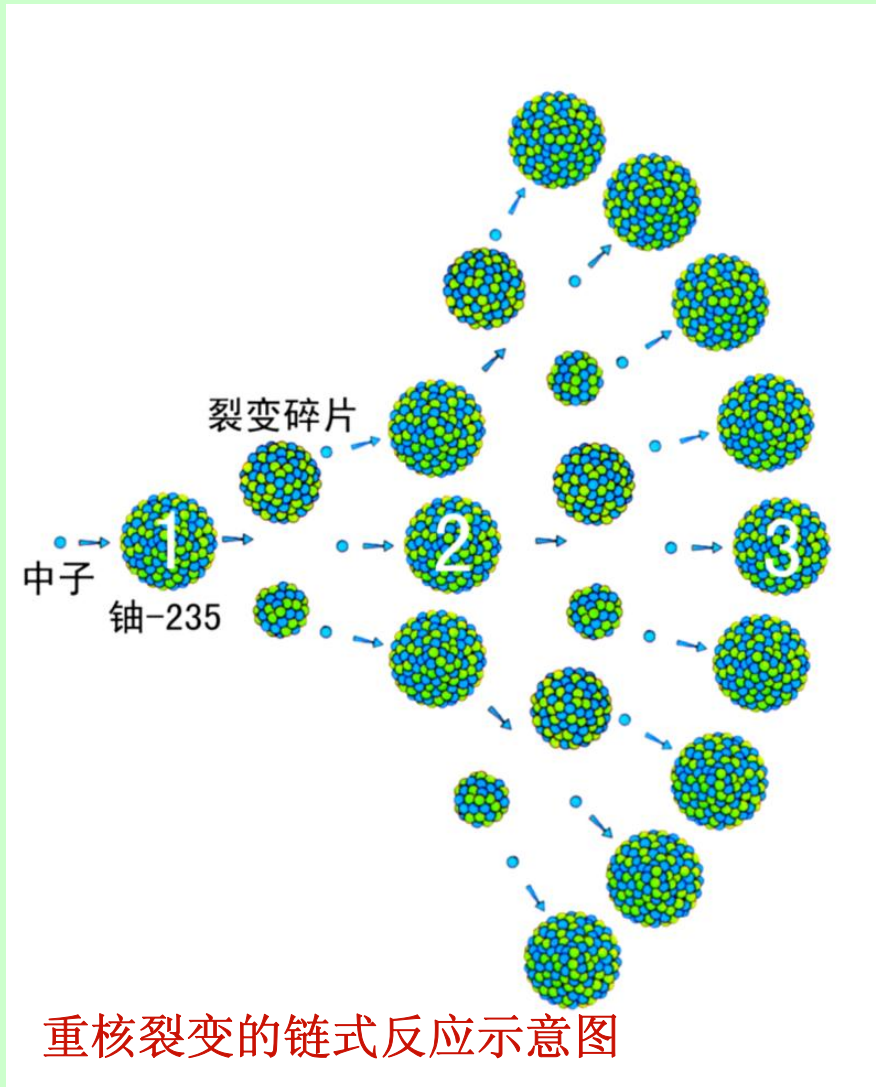
有效增殖系数

$K = \text{中子总产生率} / \text{中子总消失率}$

$K = 1$ 临界系统

$K < 1$ 次临界系统

$K > 1$ 超临界系统



重核裂变的链式反应示意图

1%为缓发中子

临界质量

重核裂变链式反应，必须在一定质量的体积中才能进行。能持续重核裂变链式反应持续进行的裂变物质的最小质量，叫做临界质量。

球形体的临界质量

	无反射层	有反射层	有反射层球体直径
U-235	56kg	15kg	11.5cm
Pu-239	11kg	5kg	8cm

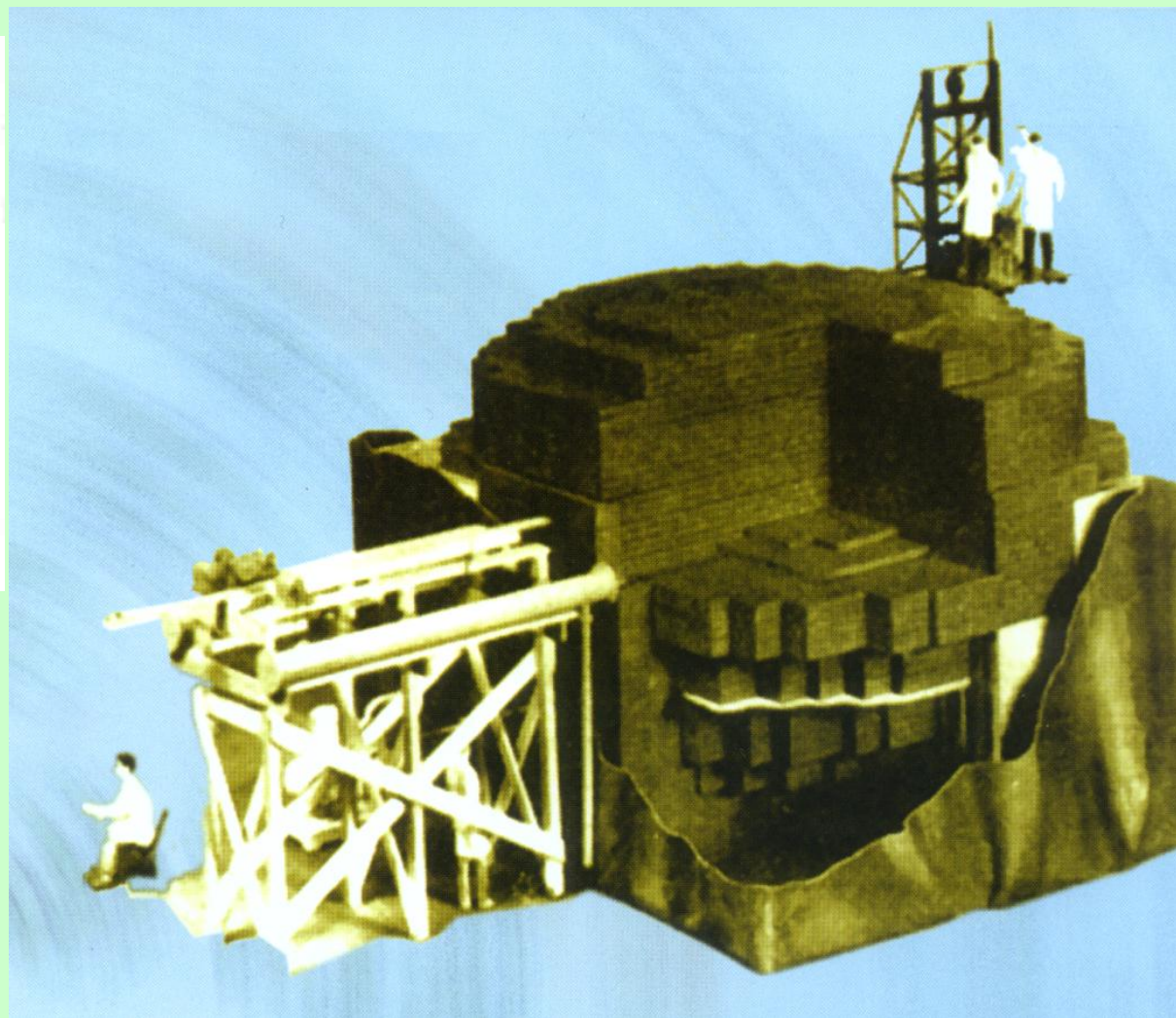
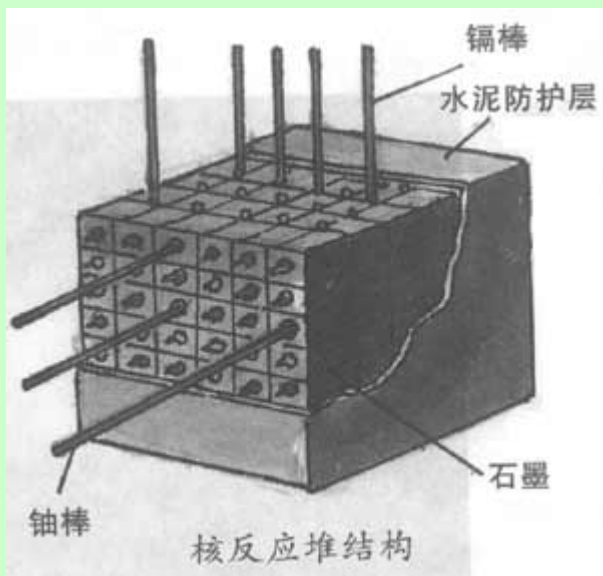
无反射层	通常密度 r_0	压缩密度 $r=2r_0$
U-235	~50kg	~12.5kg
Pu-239	~16kg	~4kg

原子反应堆的建造

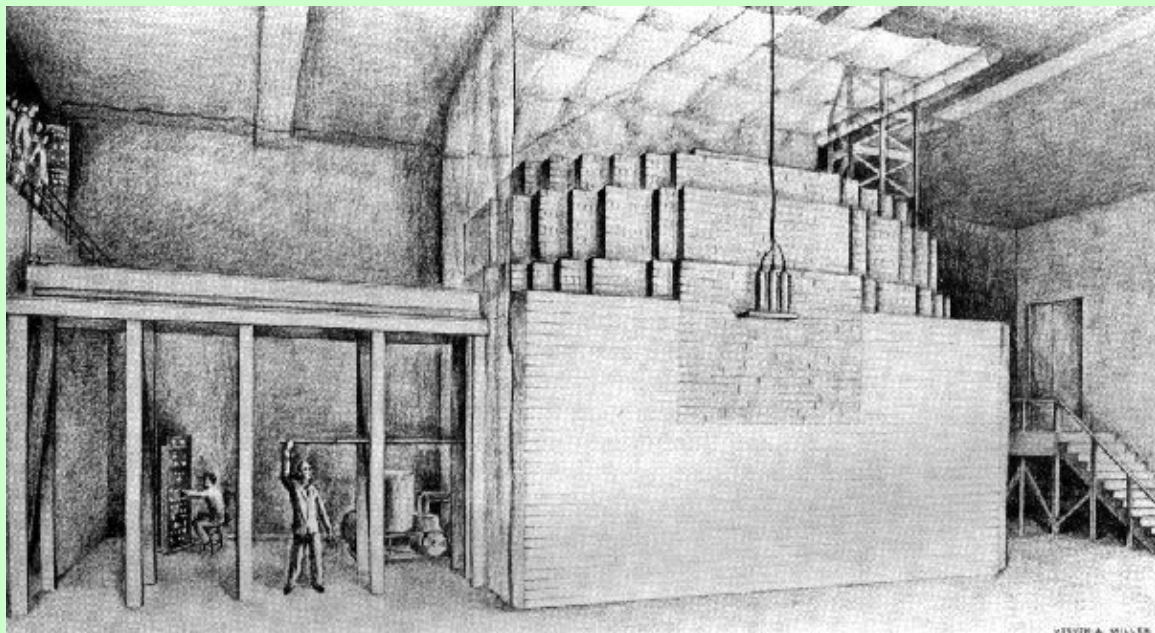
- 意大利费米领导的原子反应堆是曼哈顿计划第一个成果
- 装置长10m，宽9m，高5.6m，形状如锥，内装52吨核反应材料，其中6吨是金属铀，另46吨是氧化铀。由一层铀一层石墨堆积而成，总共有57层，中间有洞，可以插入由镉制成的控制棒，总重量达1400吨。
- 1942年12月2日，在芝加哥大学世界上第一座铀—石墨原子反应堆达到临界运行，200瓦。
- 这是人类历史上首次由人工控制的核反应，从实验上论证了链式反应理论，为原子弹的制造提供了可靠的基础。

世界第一座核反应堆

(天然铀52吨、高纯石墨1000多吨，总重1400吨)



芝加哥1号CP-1



费米攝於芝加哥大學CP-1反應堆

攻克原子反应堆的五大技术难题

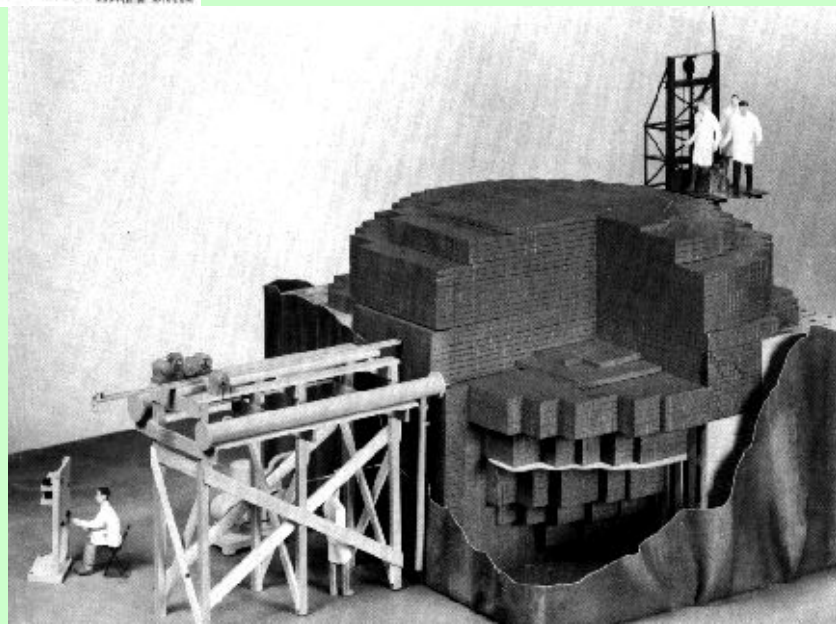
1. 纯铀的提炼:斯佩丁采用离子树脂交换法提纯铀,到**1942**年已分离纯铀二吨。

2. 核燃料的获得:尤里采用气体扩散法解决;**E.O. 劳伦斯**等人利用**U-238**俘获一个中子经过两次 β 衰变,即可得到钚-**239**,成功地制造了钚。

3. 减速剂的获得:约里奥-居里用重水(**D2O**),费米等人主要采用石墨。

4. 临界体积

5. 增殖速度的控制:费米等人采用镉棒。



CP-1 Cutaway

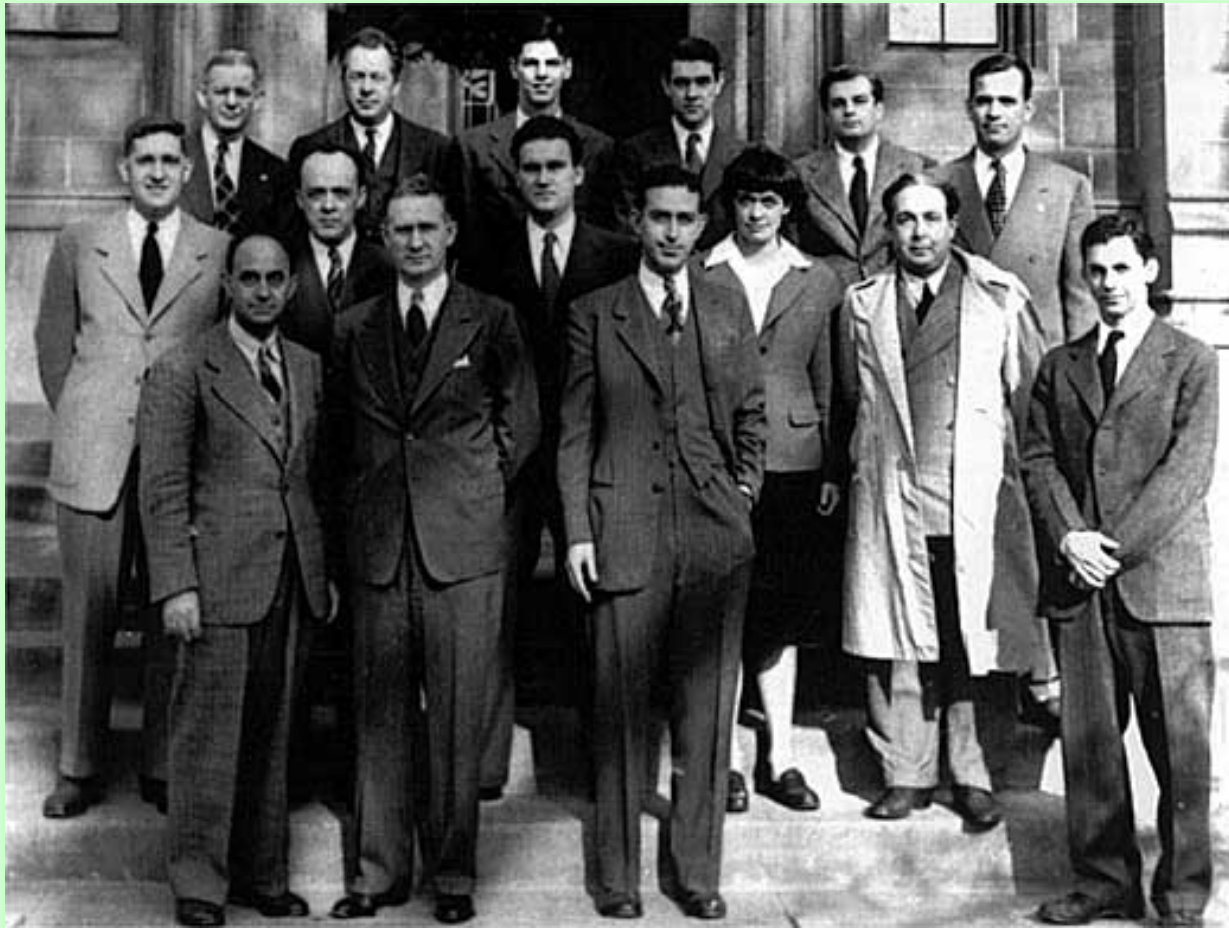
第一座反应堆成功临界运行

以小于**0.5瓦**的功率连续运行了**28分钟**

大家激动地在酒瓶的商标上签名留念，总共**42人**。

实验室负责人康普顿给华盛顿的科南特打电话。他是该工程计划的负责人，哈佛中学校长。用暗语说：“吉姆，你对于获悉这位意大利的领航员，已在新世界登陆的事一定很感兴趣的”，对方回答：“真的吗？”。电话听筒里传来那边科南特兴奋的回答，并又询问：“那些‘新世界的土著’都很友善吗？”，这是他急于想知道费米等人的下落和安全情况。“每个人都安全登陆了，并且快乐得很”。

美国人所以说又一个意大利人发现了新大陆，这是因为**1492**年意大利航海家哥伦布发现了美洲新大陆。而现在是**1942**年(中间两个数字互换了一个位置)意大利物理学家费米又登上了“核时代”的新大陆。



First pile scientists at the University of Chicago on December 2, 1946, the fourth anniversary of their success.

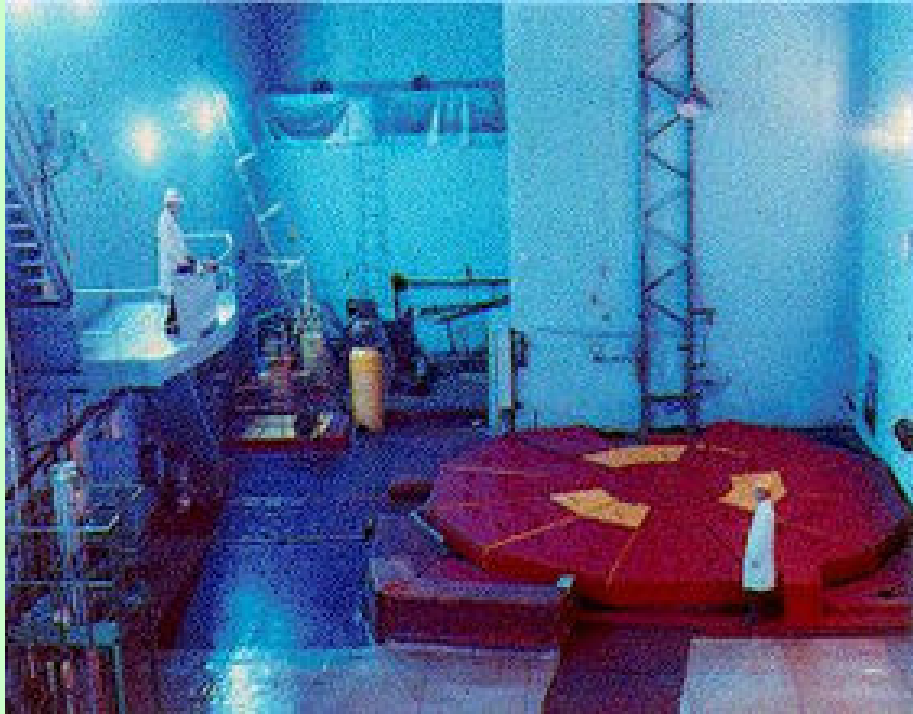
世界上第一座核电站



1954年6月27日，前苏联在卡卢加州建造的世界首座核电站——奥布宁斯克核电站开始发电，标志着核电时代的到来。

人类开始和平利用原子能。二次世界大战后，人类开始和平利用原子能发电。

世界上第一座核电站



它用石墨做减速剂，功率**5000KW**

奥布宁斯克（**APS-1**）压力管式石墨气冷堆核电厂。所用的核燃料是一种低浓缩铀，铀**235**占**5%**。慢化剂和反射层均用纯石墨砌块，反应堆内插有**128**根铀棒，铀的总装量为**550**公斤，每昼夜铀**235**的消耗量为**30**克。。



МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ,
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР -
ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ПЕРВАЯ АТОМНАЯ
ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ

世界核电站状况

2008-7-15 据日本原子能产业协会统计

全世界目前正在运行的核电站达到**435**座，总装机容量约为**3.92**亿千瓦，创历史最高纪录。

拥有核电站最多的国家是美国，**104**座，法国**59**座，日本**55**座，俄罗斯**27**座。印度已增至**17**座。

正在建设中的核电站共有**43**座。

核电占各国发电总量比重，法国为**80%**，日本为**30%**，美国为**20%**。

印度和中国虽仅为**3%**至**2%**左右。

随着新兴市场国家能源需求量的增加，以及原油价格上涨和全球气候变暖等问题的出现，各国开始重新认识到核电的重要性。

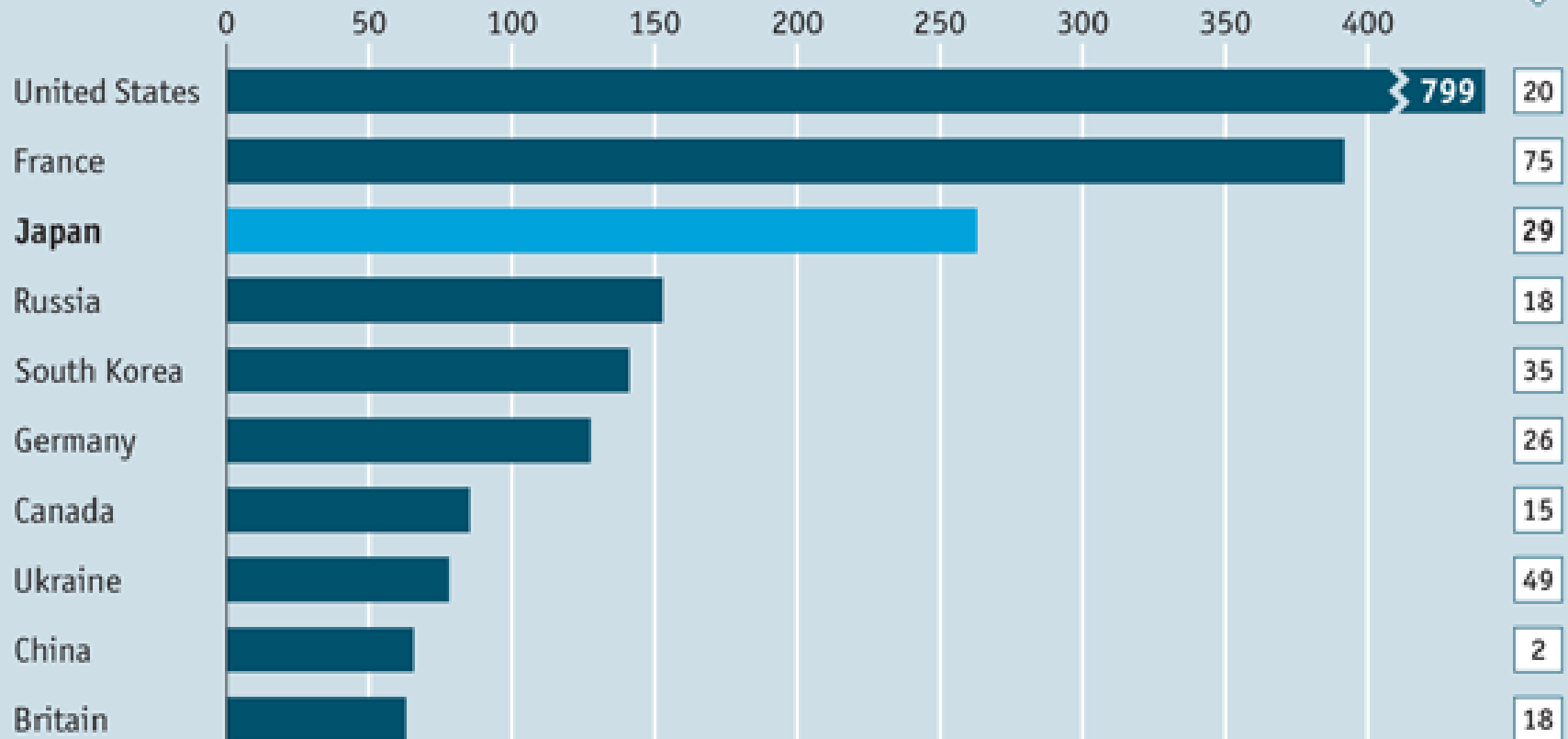
核电在各国所占的比例

Biggest nuclear-electricity producers

Terawatt hours*, 2009

万亿瓦小时

% of total domestic production



Source: World Nuclear Association

*1 terawatt hour = 1 trillion watt hours

日本核电站分布

日本核电站分布图:



我国核电发展现状（运行核电站）

秦山一期核电厂300MW

大亚湾核电厂2×900MW



1991年12月15日并网发电



1994年2月1日和5月6日

两个机组分别投入商业运行

我国核电发展现状 (运行核电站)



岭澳核电站

1、2机组分别与2002年2月26日、
2002年9月并网发电



秦山二期650MW核电站

1、2机组分别与2002年2月6日、2004年
5月并网发电

我国核电发展现状（运行核电站）



江苏田湾核电站

1、2机组分别与2006年5月12日、
2007年5月并网发电



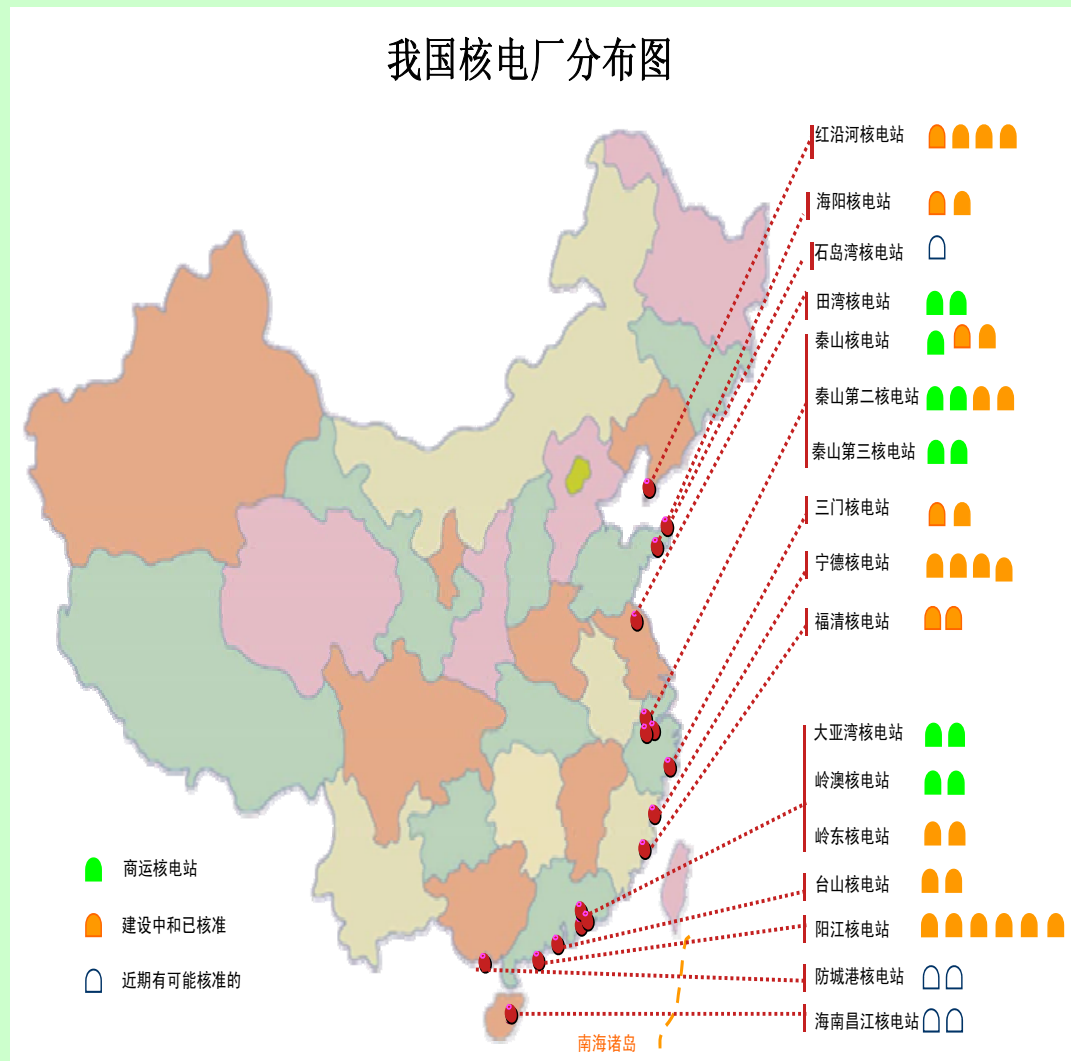
秦山三期核电站

1、2机组分别与2002年11月19日、
2003年6月并网发电

进入批量化加快发展阶段

2020年核电规划容量将达到40GW，占当时电力总容量约4%（现在世界的平均水平为16%）。核电占总电量的份额仍然较低。

近两年来，国务院陆续批准了新的核电项目，其中二代改进型的有28个机组，达到批量规模。三代的AP1000和EPR也开始建设。此外进入工程前期的还有，湖南桃花江、湖北大畈、江西彭泽，以及海南昌江核电站。中国的核电进入了加快发展的时期。



人们为什么对核电心怀恐惧



核武器在人类心灵中留下挥之不去的阴影



核电站先前发生的事故产生严重的负面影响



对核辐射缺乏科学的认识

第一颗原子弹在广岛爆炸



小男孩在广岛上空引爆，产生巨大的蘑菇云

1945.8.6,8:16“小男孩”原子弹在相生桥以东**100m**外科医院上空**580m**爆炸，爆炸地点在广岛市中心偏西北处，顷刻间产生了**30万度**的高温和时速高达**60km**的强烈冲击波。

在距离爆心投影点**2.8km**半径里，所有的建筑物完全被摧毁，在爆心投影点**4km**半径里，大部分的房屋被破坏，但相当部分可以修复。原子弹爆炸后约**30分钟**，约**13 km²**范围内，建筑物燃起熊熊大火。

广岛原子弹“小男孩”的基本参数



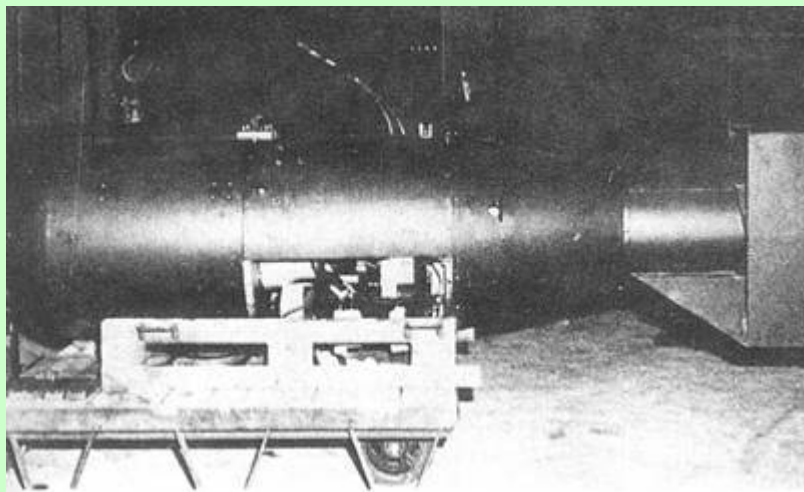
➤ 1945年8月6日美国投于日本广岛。

➤ 弹重4082 kg

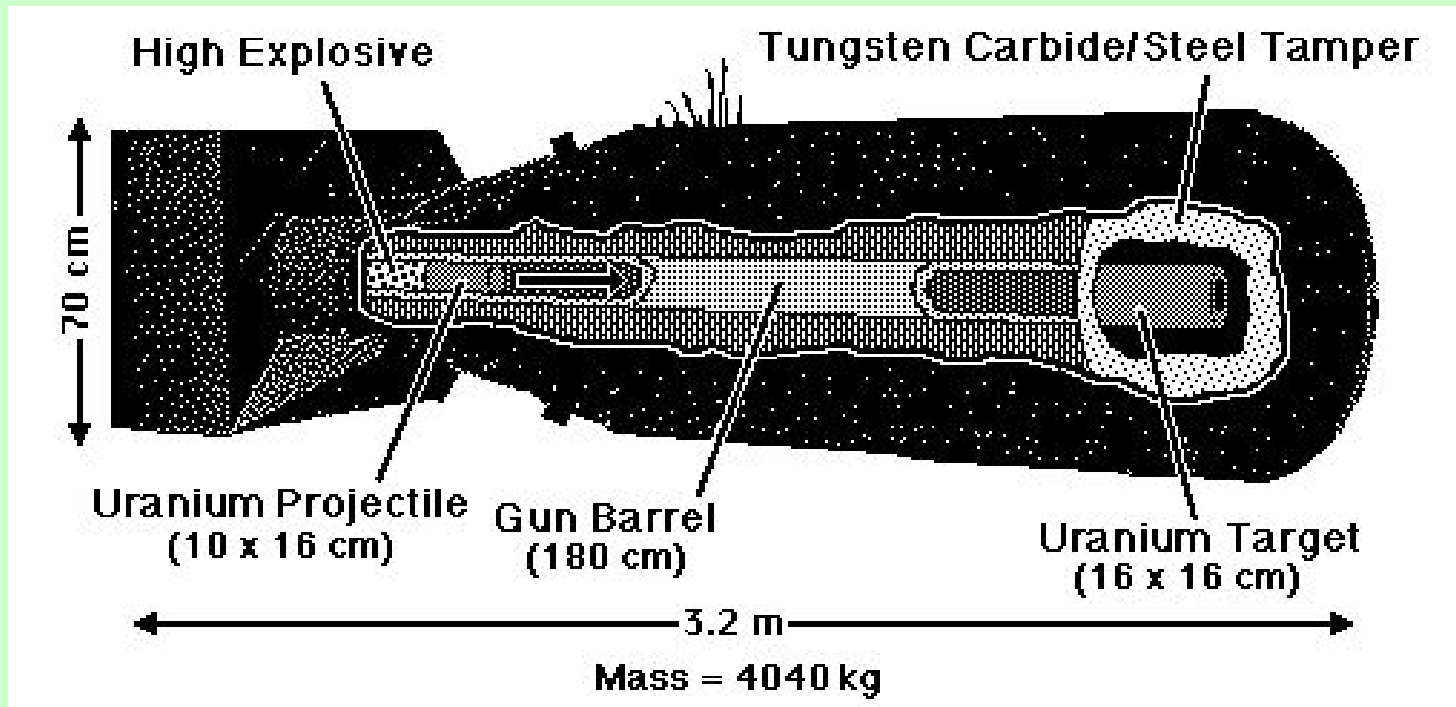
➤ 弹长3.05 m

➤ 弹径0.711 m

➤ 装料为50 kg丰度为89%的铀-235和14 kg丰度为50%的铀-235



“小男孩”的内部结构



使用枪式设计，将一块25.6 kg低于临界质量的铀-235用炸药射向三个总重为38.4kg处于低临界的环形铀-235，造成整块超临界质量的铀，引发核子链式反应。小男孩装有的铀-235，只有约1kg在爆炸中进行了核裂变，释放的能量约相等于1.25万吨的TNT烈性炸药，即大概为 5.5×10^{13} 焦耳。



从空中俯瞰原子弹爆炸后的日本广岛



倒塌的钢架结构建筑物

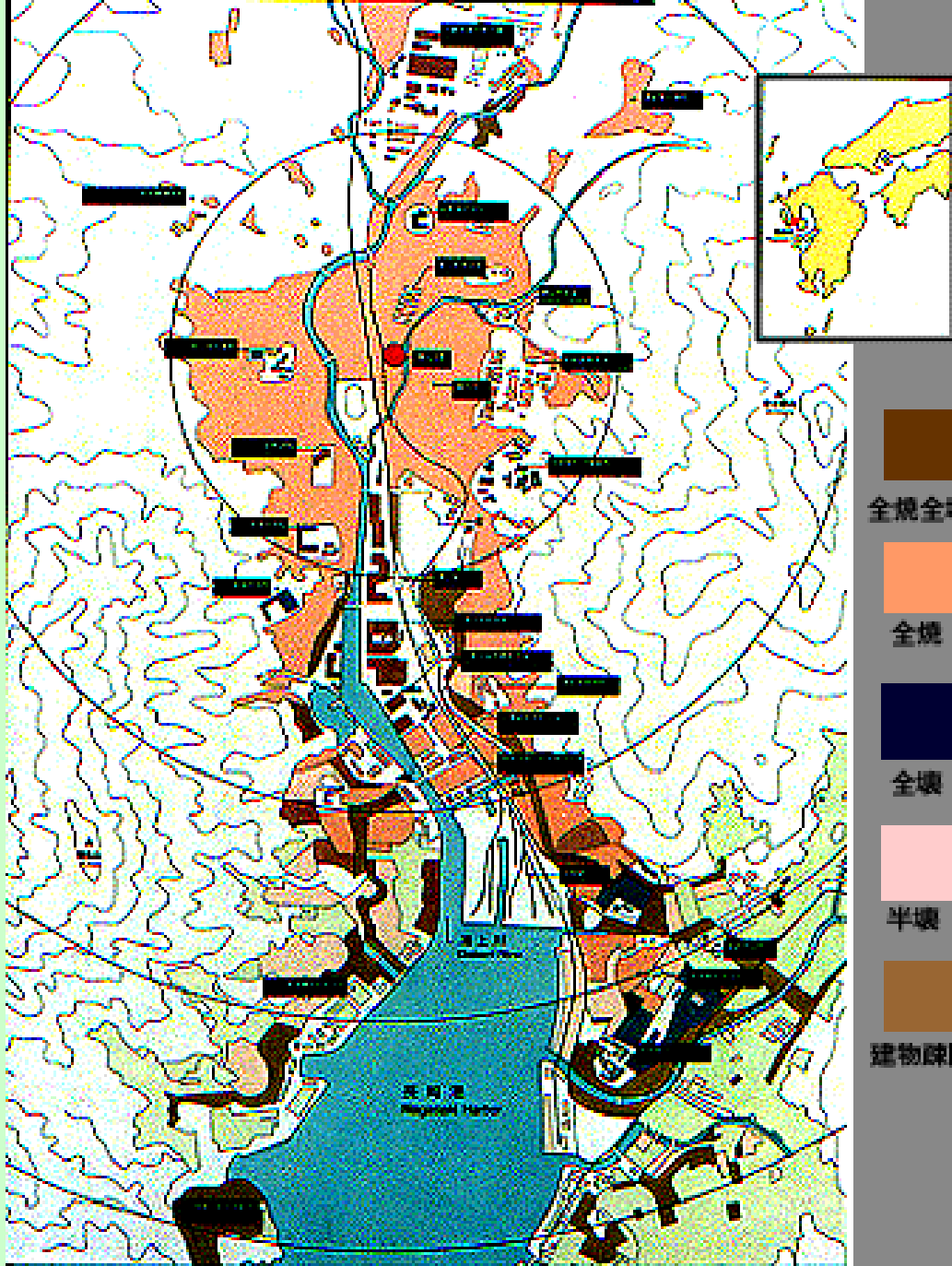


广岛原子弹爆炸后扭曲的铁轨



大多数建筑物倒塌

長崎市の原爆被害状況
Damages Caused by the Atomic Bombing



第二颗原子弹

— 长崎

长崎位于九州西北，是日本最大船舶制造和修配中心之一

1945.8.9 11:02

人口：约 240,000
原子弹引起的伤亡(估计到1945年底)

- 死： 73,884

- 伤： 74,909

(据1950原子弹制品保护委员会报告)

1945.8.9早11时02分由查理士·斯文尼驾驶的B-29“博士卡”在长崎上空9000米投下“胖子”，在550米高度爆炸。



长崎投下的原子弹爆炸后形成高18公里的蘑菇云— 美国空军拍摄



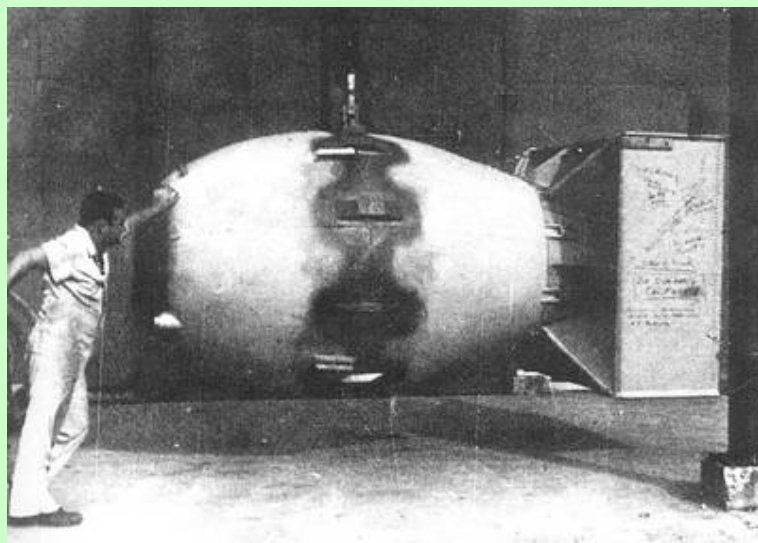
长崎上空的原子弹蘑菇云。

长崎使用的原子弹：“胖子”



“胖子”的模型

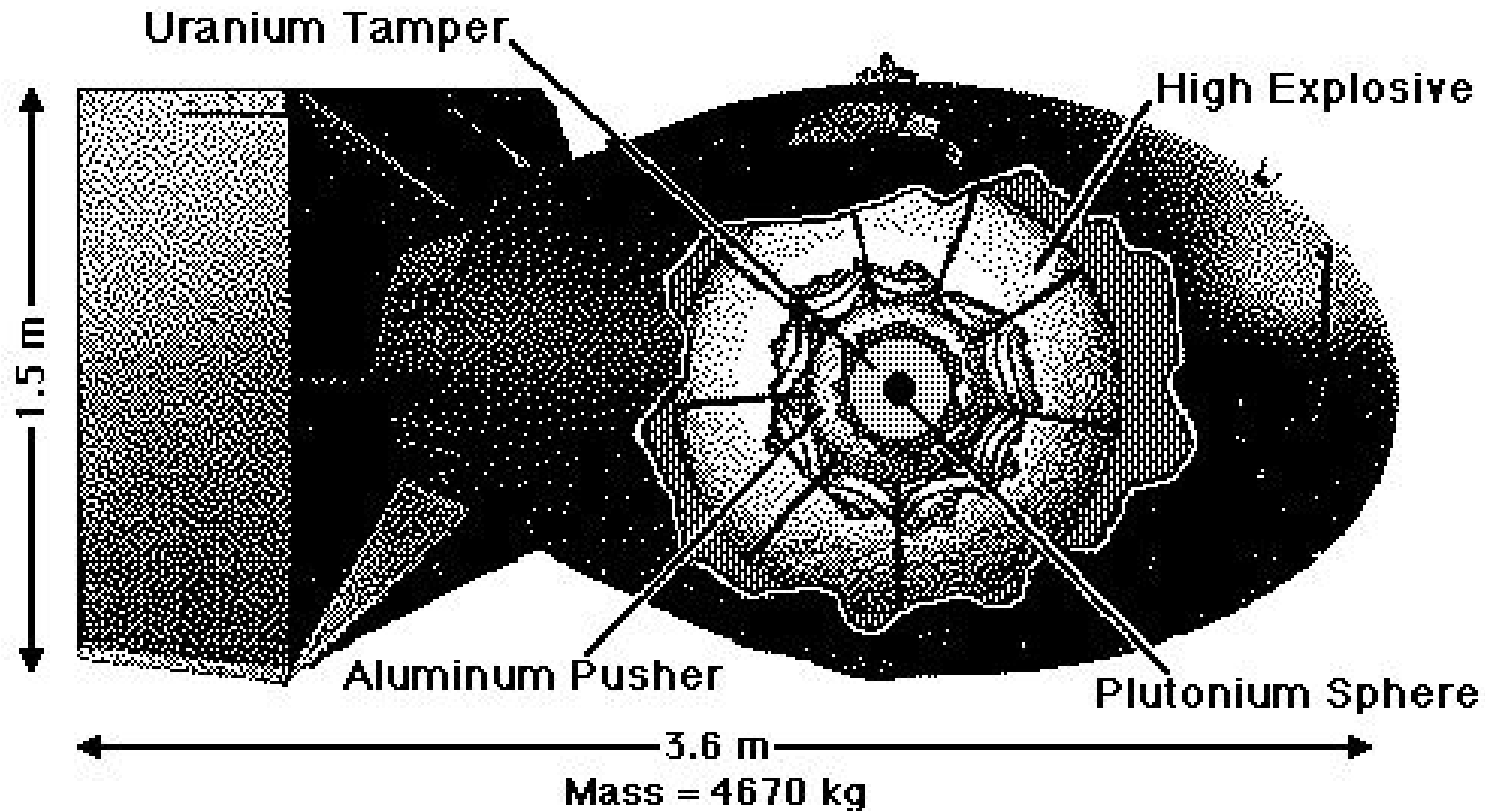
- 1945年8月9日美国投于长崎
- 装料6.2 kg 钚-239
- 弹长3.25 m
- 弹径1.52 m
- 重4545 kg
- 释放的能量约相当于2.2万吨TNT烈性炸药，约为 8.4×10^{13} 焦耳。



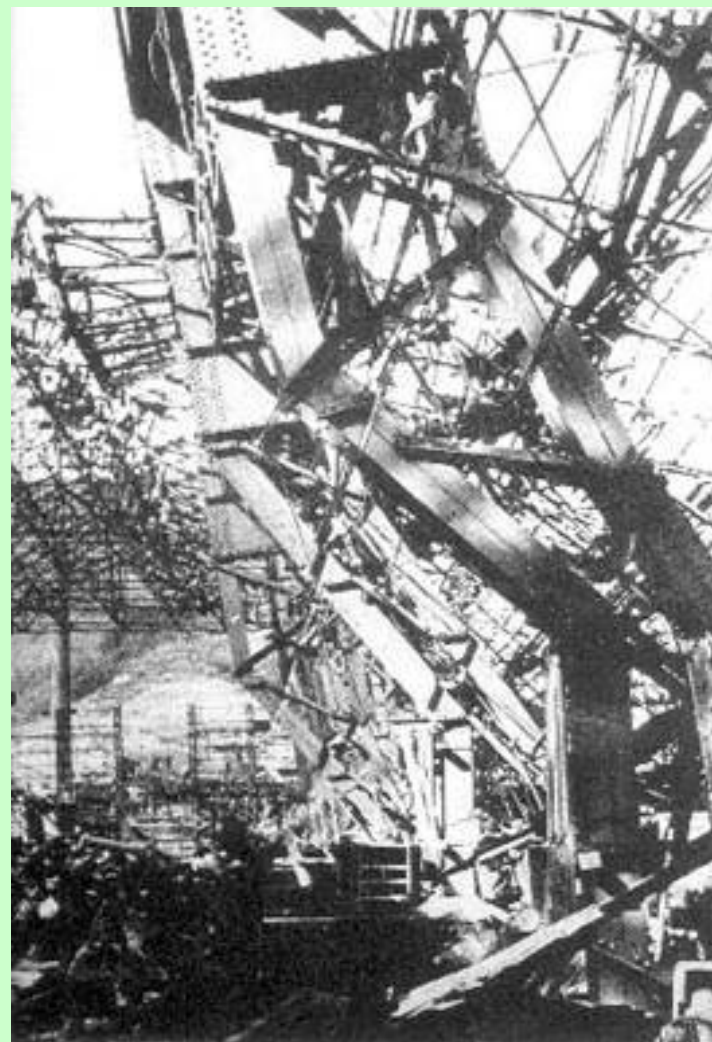
- 1986年3月美日联合成立的广岛、长崎原子弹爆炸辐射剂量重新评价委员会重新估算
- 广岛爆炸当量为1.5万吨（范围1.2至1.8万吨），广岛的爆炸高度为580±15m，比高240；
 - 长崎为2.1万吨（范围1.9至2.3万吨）爆炸高度为503±10m，比高180。

“胖子”的内部结构

内爆式钚弹是一种崭新的设计



钚的自发中子比铀多很多。如用枪式将数块钚结合，“提前起爆”会使尚未裂变的材料炸开，造成释放能量的下降。理论上要以“枪式”起爆钚弹，炸弹可能需要长达十九英尺。



被夷为平地的广岛市中心



The Hiroshima Bomb



原子弹辐射造成的伤疤



严重烧伤的学生四天后死亡。



一名遭受致命烧伤的患者



广岛爆炸中被烧坏的橙子

长崎建筑物的毁坏



核爆后的一片废墟



爆炸冲击导致的奇怪后果：水泥建筑的第一层坍塌以后，第二层和钟塔依然屹立着。



长崎爆心地区航空摄影1945. 8. 7.



三里町一带



长崎爆心地区航空摄影1945.8.12.
爆炸后的长崎地表建筑荡然无存



长崎火车站前，南—东南 2.4km



死者临死右手紧紧握住自己的脖子，似乎还想呼吸到人世间的最后一丝空气



木制瞭望塔上面的投影和调查人员用粉笔勾画的投影轮廓，记录了长崎空袭观察员生命的最后时刻：观察员踩着梯子（左）从岗位爬下来，挂起自己的佩带（右），就在他解开夹克纽扣的时候，原子弹爆炸了。

无休止的核试验



Yukon
Operation Dominic
Yield: 100 kilotons
Location: Christmas Island
Date: 8.May.1962



Yeso
Operation Dominic
Yield: 3 Megatons
Location: Christmas Island
Date: 10.Jun.1962



Umbrella
Operation Hardtack I
Yield: 8 kilotons
Location: Eniwetok
Date: 8.Jun.1958



Oak
Operation Hardtack I Yield: 8.9
Megatons
Location: Eniwetok
Date: 28.Jun.1958

Smokey

Operation Plumbbob

Yield: 44 kilotons

Location: Nevada Test Site

Date: 31.Aug.1957



Smokey



Mohawk

Mohawk

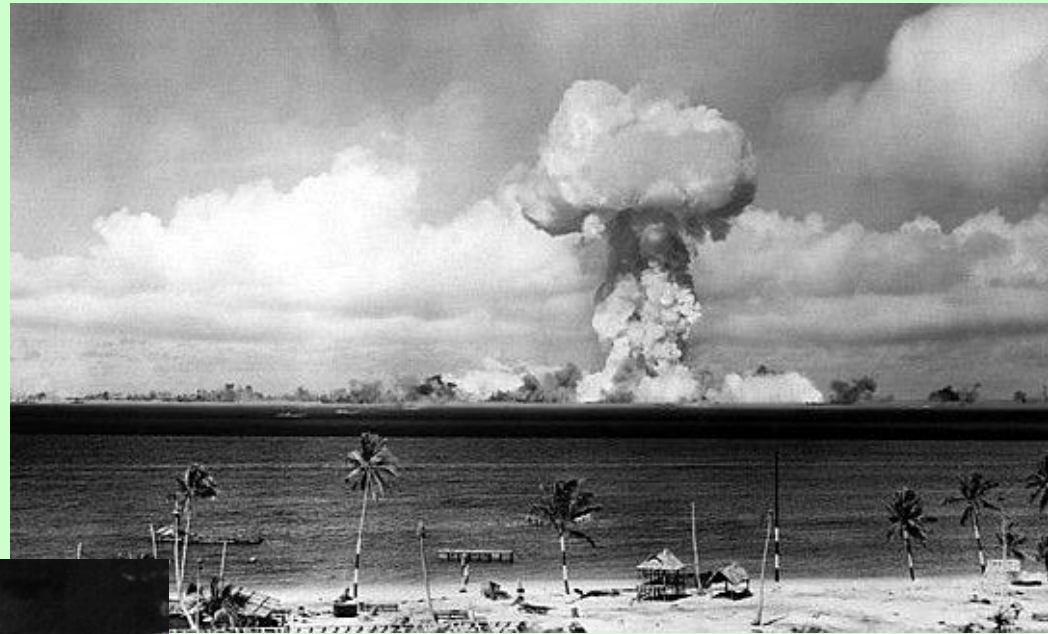
Operation Redwing

Yield: 360 kilotons

Location: Eniwetok

Date: 2.Jul.1956

Able
Operation Crossroads
Yield: 23 kilotons
Location: Bikini Atoll
Date: 30.June.1946



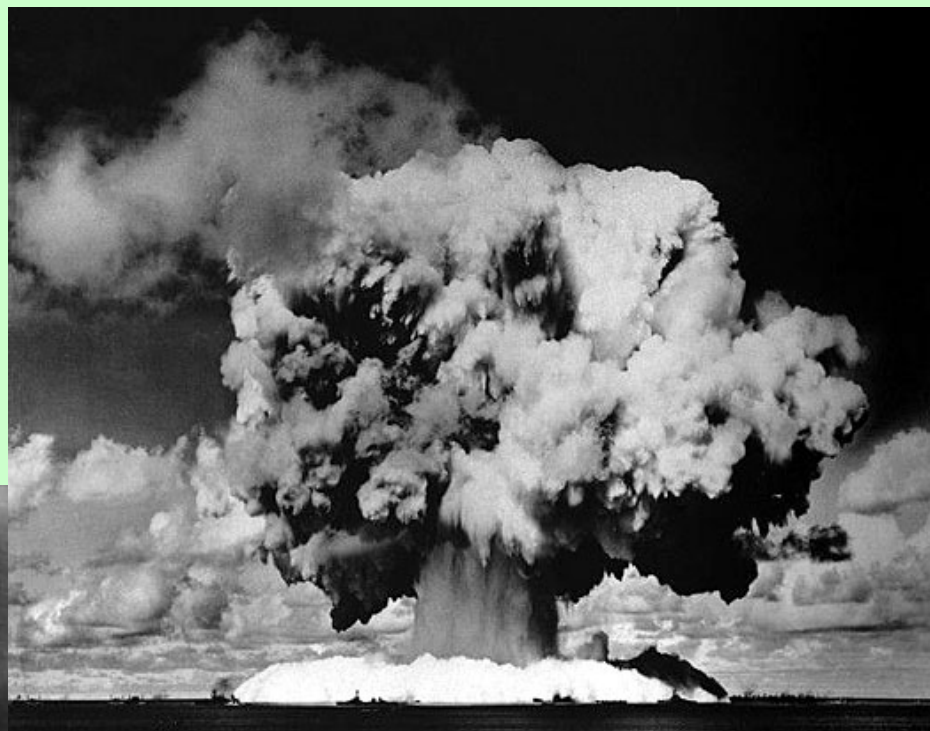
Able
Operation Crossroads
Yield: 23 kilotons
Location: Bikini Atoll
Date: 30.June.1946

Baker

**Operation Crossroads Yield:
23 kilotons**

**Location: Bikini Atoll, Sub-
surface burst, Depth -90 ft**

Date: 24.July.1946



Baker

Operation Crossroads

Yield: 23 kilotons

**Location: Bikini Atoll, Sub-
surface burst, Depth -90 ft**

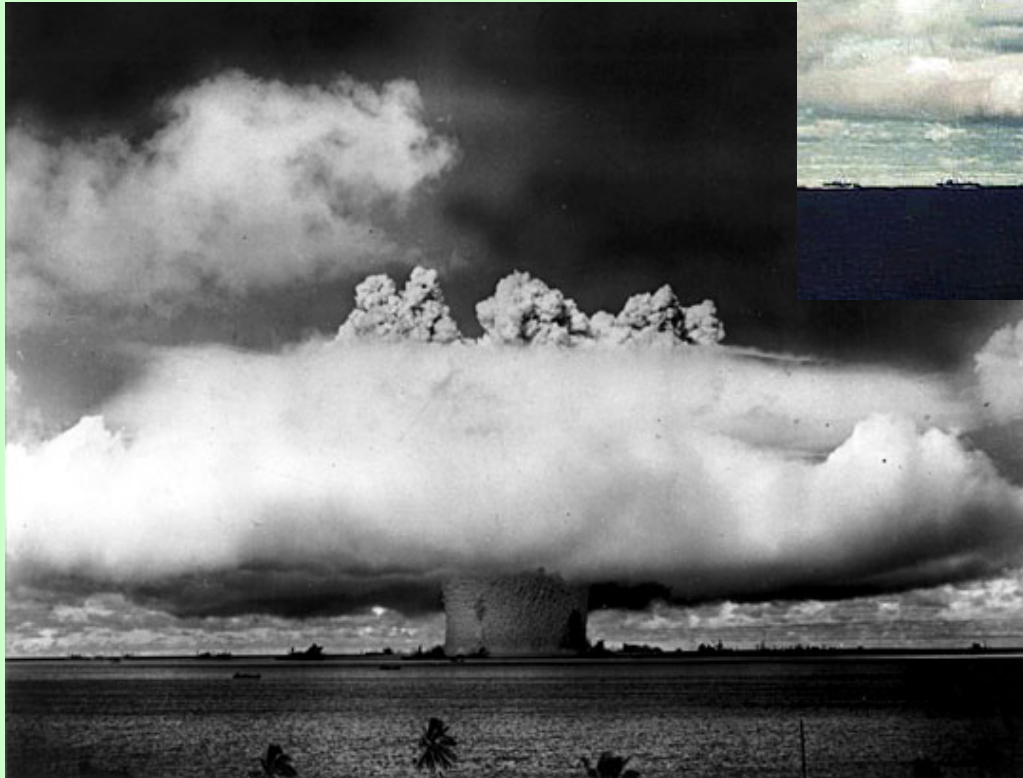
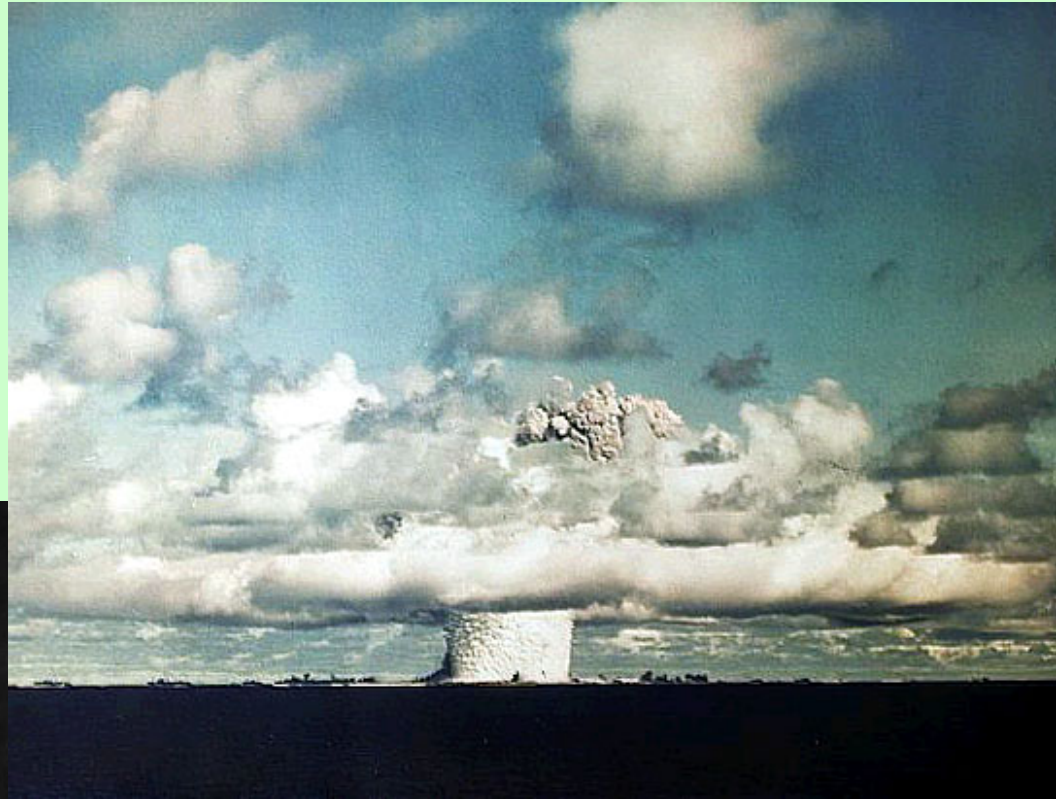
Date: 24.July.1946

Baker

**Operation Crossroads Yield:
23 kilotons**

**Location: Bikini Atoll, Sub-
surface burst, Depth -90 ft**

Date: 24.July.1946



Baker

**Operation Crossroads Yield:
23 kilotons**

**Location: Bikini Atoll, Sub-
surface burst, Depth -90 ft**

Date: 24.July.1946

George

**Operation Greenhouse Yield:
225 kilotons**

Location: Nevada Test Site

Date: 8 May 1951



Charlie

**Operation Buster-Jangle Yield:
14 kilotons**

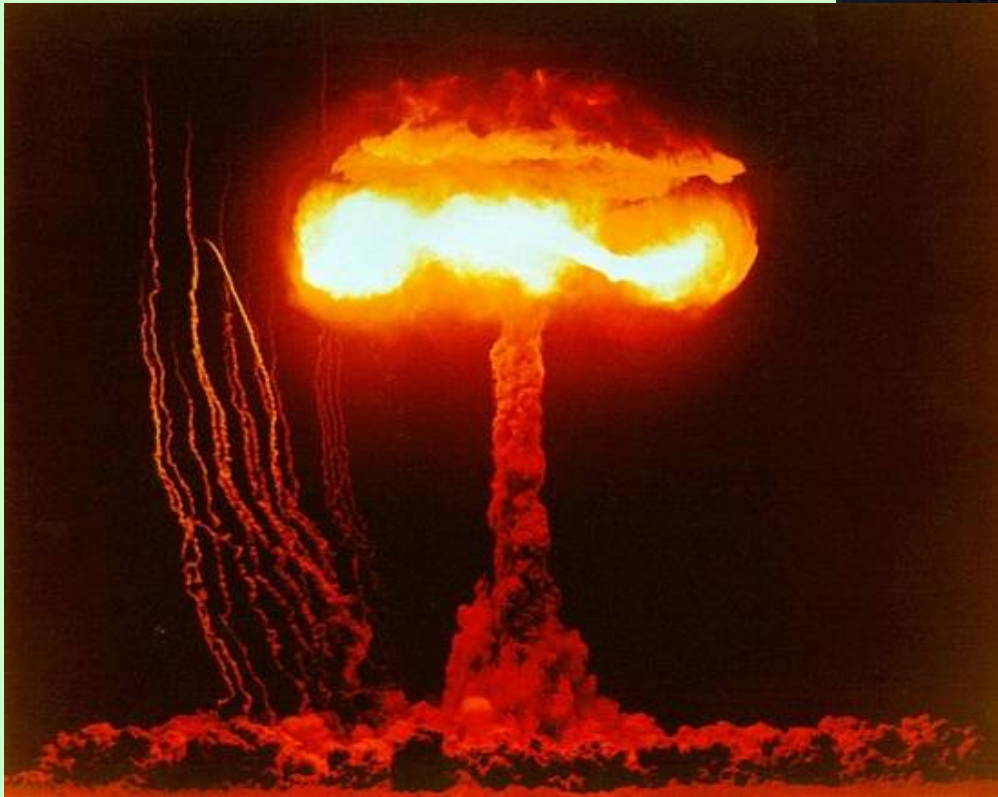
Location: Nevada Test Site

Date: 30.Oct.1951





海岛核爆炸试验



沙漠核爆炸试验

历史上四次主要的核电站事故

1957年 英国温德斯凯勒核电站

1979年3月28日美国三哩岛核电站

1986年契尔诺贝利核电站**4号**机组-最悲剧性的事故

2011年3月11日日本福岛核电站

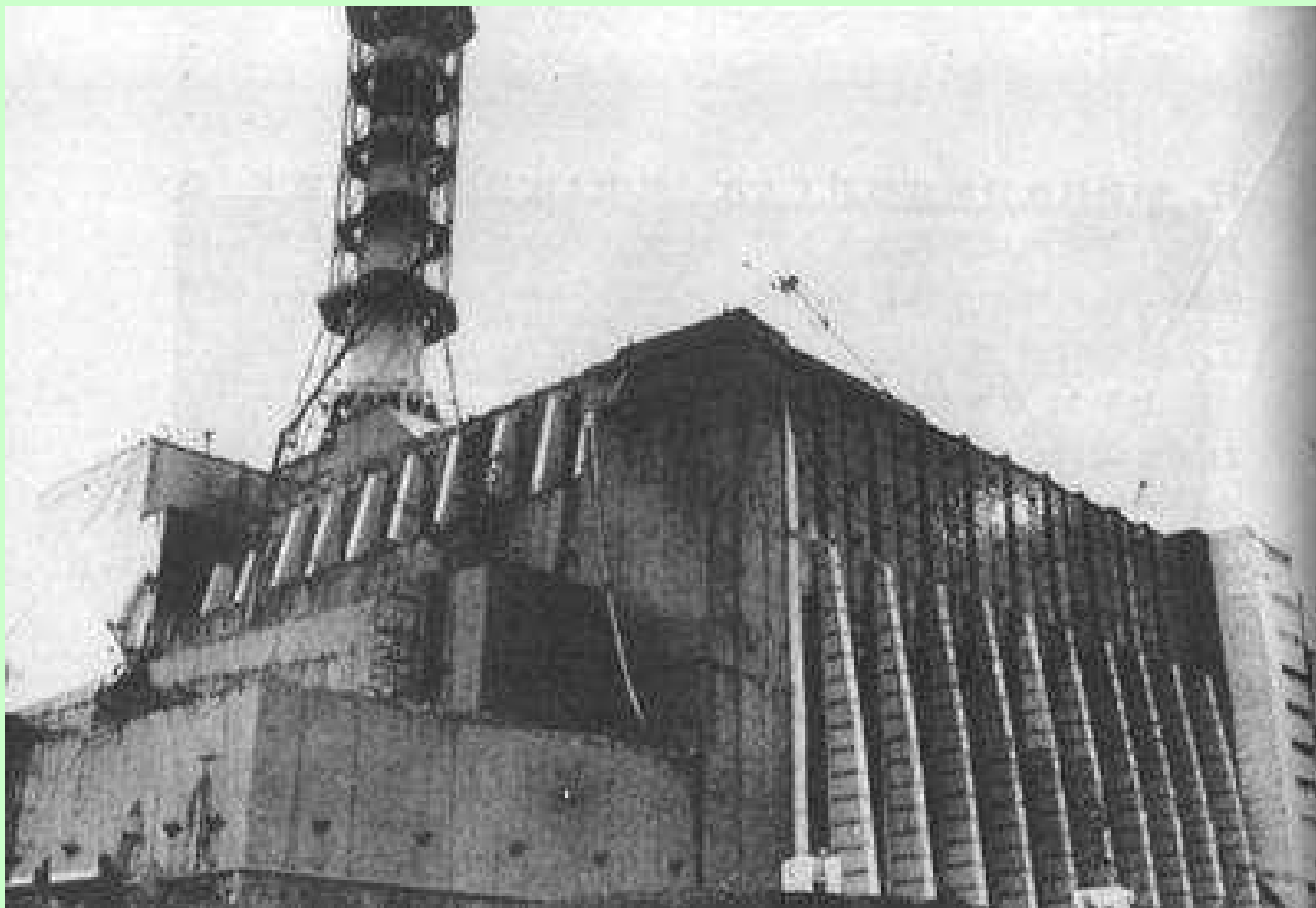
这**4次**核电站事故给人们以深刻的教训，改变了核电站的设计和运行标准

三里岛核电站事故



1979. 3. 28美国宾夕法尼亚州的三里岛核电站，大量放射性物质溢出。整个过程只用了120秒。6天以后，堆心温度才开始下降。100吨铀燃料虽然没有熔化，但有60%的铀棒受到损坏，反应堆最终陷于瘫痪。此事故为核事故的第五级。

切尔诺贝利核电站事故

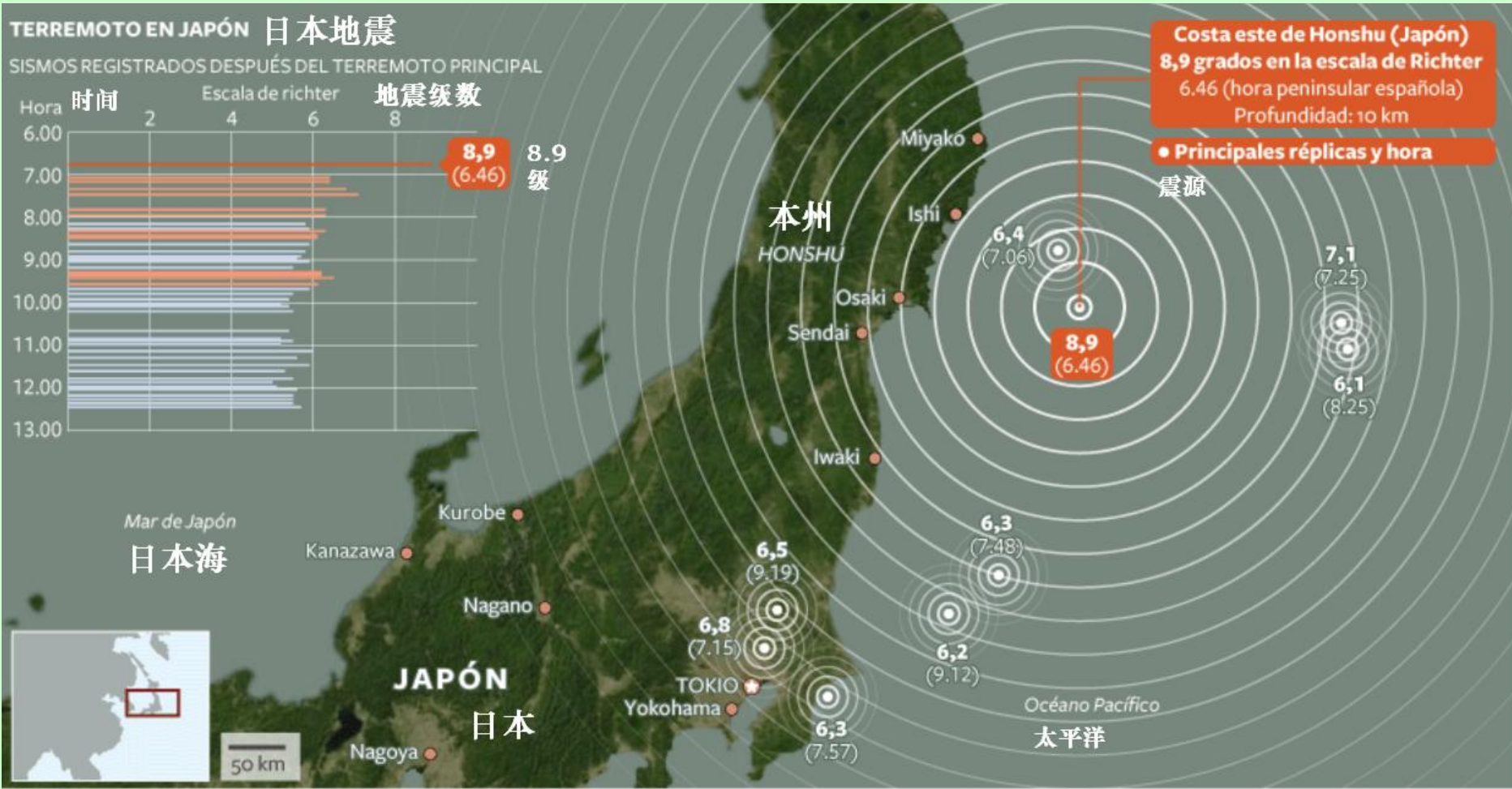


1986年4月26日，世界上最严重的核事故在苏联切尔诺贝利核电站发生。核事故的第七个级。

25年后依然触目惊心



2011. 3. 11 日本发生9.0级特大地震



日本地震引起海啸





中新網
ChinaNews.com

向四号机组反应堆注水降温



2011年3月22日，日本福岛第一核电站四号机组，红色的吊臂向反应堆注水降温

第一核电站三号机组破坏严重



直升机拍摄的三号反应堆受损近照



福岛第一核电站4个机组最新险情

当地时间

3月15日氢气爆炸

15日 反应堆建筑
上方出现白色蒸汽

3月14日中午氢气爆炸

3月15日上午传出爆炸声

3月12日下午氢气爆炸



新华网

WWW.NEWS.CN



崔莹 高微 编制 新华社发

3. 16公布的3号与4号反应堆图片



福岛核电站的反应堆属于“沸水反应堆”

最外层：厂房结构

反应堆最外层是常规结构的厂房，这也是在爆炸中被毁坏的部分。

氢气爆炸

最内层：压力容器

这是核热能与工质进行热交换的地方。

高压热水

汽轮机
热水热能转化为动能，动能转化为电能发电的地方

初步结论：

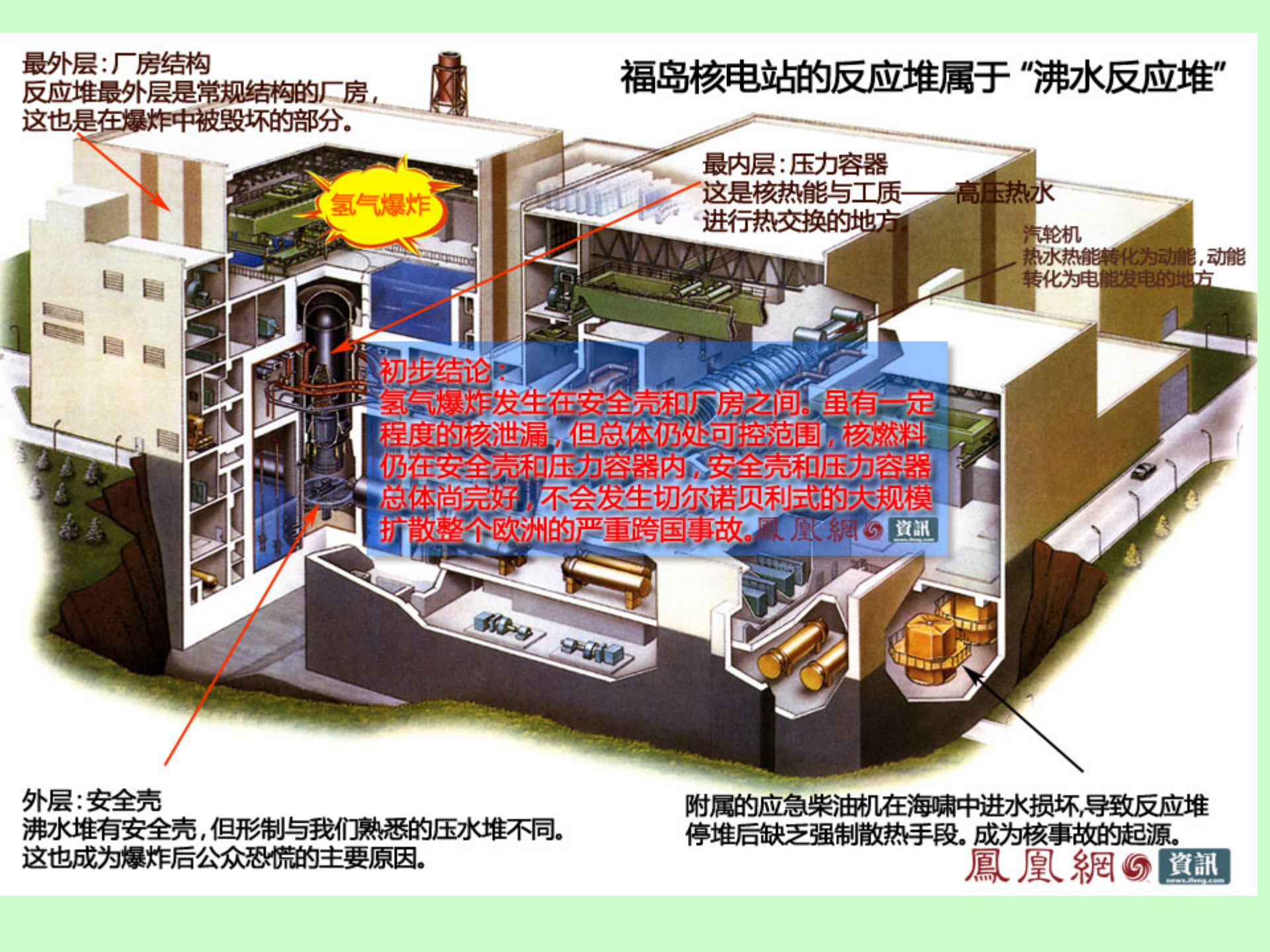
氢气爆炸发生在安全壳和厂房之间。虽有一定程度的核泄漏，但总体仍处可控范围，核燃料仍在安全壳和压力容器内，安全壳和压力容器总体尚完好，不会发生切尔诺贝利式的大规模扩散整个欧洲的严重跨国事故。鳳凰網 資訊

外层：安全壳

沸水堆有安全壳，但形制与我们熟悉的压水堆不同。这也成为爆炸后公众恐慌的主要原因。

附属的应急柴油机在海啸中进水损坏，导致反应堆停堆后缺乏强制散热手段。成为核事故的起源。

鳳凰網 資訊



事故发展

- 反应堆及乏燃料水池余热冷却失效
- 造成反应堆温度及压力升高
- 冷却剂不断丧失，燃料元件露出水面
- 露裸的燃料元件因高温损坏
- 高温下锆水反应，生成氢气
- 氢气在反应堆厂房浓集，引起氢爆

3月12日 15:36 1#机组厂房爆炸

3月14日 11:01 3#机组厂房爆炸

3月15日 06:10 2#机组厂房爆炸

福岛第一核电站放射物扩散示意图



核恐慌蔓延东京居民撤离



受绍兴等地食盐急购影响，杭州也出现了食盐急购现象。浙江省盐业集团紧急辟谣。目前杭州食盐库存量在两千吨左右，符合常规库存标准，完全可以保证市民的生活。

美国洛杉矶抢购碘片



当地时间2011年3月16日，美国洛杉矶，日本核泄漏引发核恐慌，药店货架上的碘片被抢购一空。

世界规模的反核示威活动



3月26日，德国多座城市爆发大规模反核示威活动，共有约20万人参加

3月31日在东京部分民众游行示威。



对核电站的某些误解

▶核电站是“受控的原子弹”

核燃料是铀—235，利用核裂变反应，释放裂变能

核燃料浓度不同，内部结构差别极大，外壳强度差别很大

▶核电站不安全

放射性物质会泄露出来，危害居民

多道屏障，纵深设防。

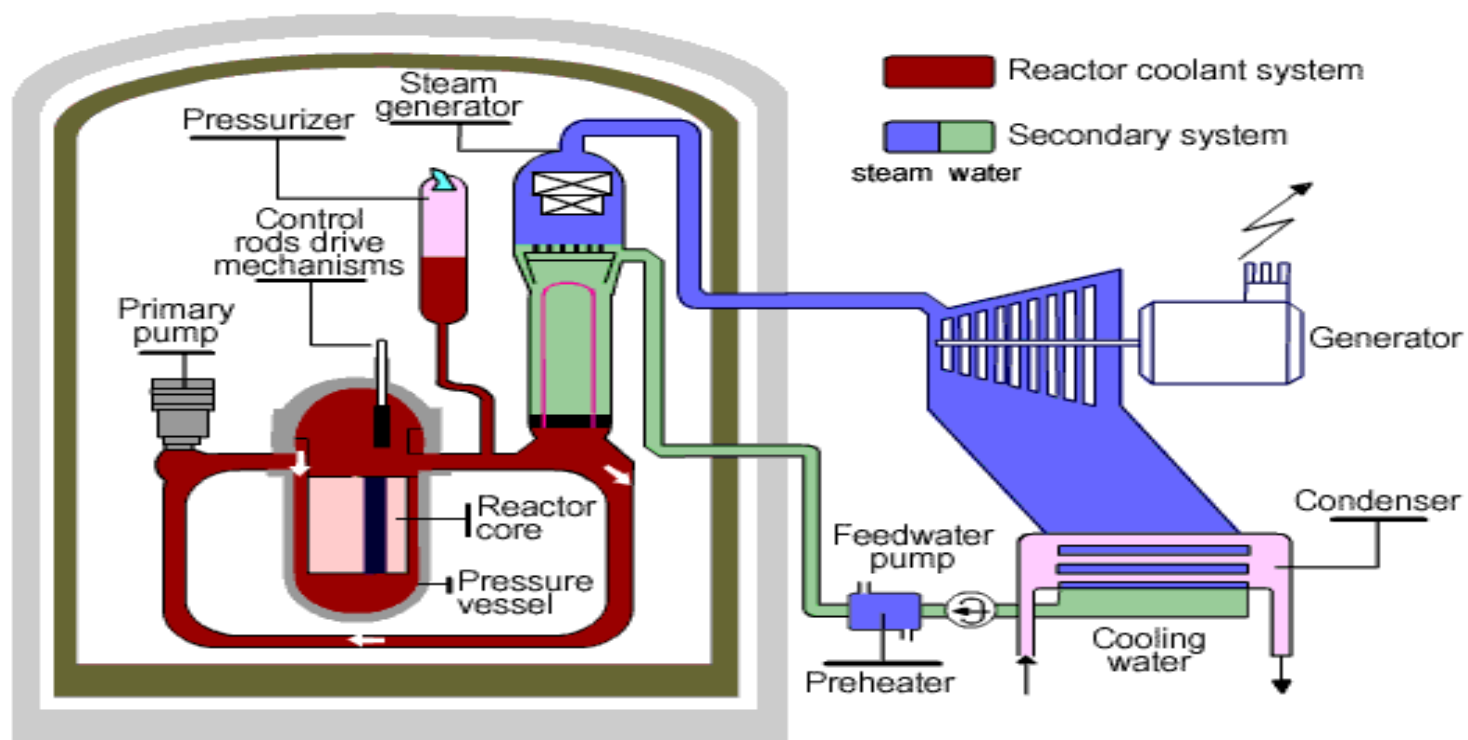
▶核能是肮脏的能源

污染排放放射性物质，污染环境

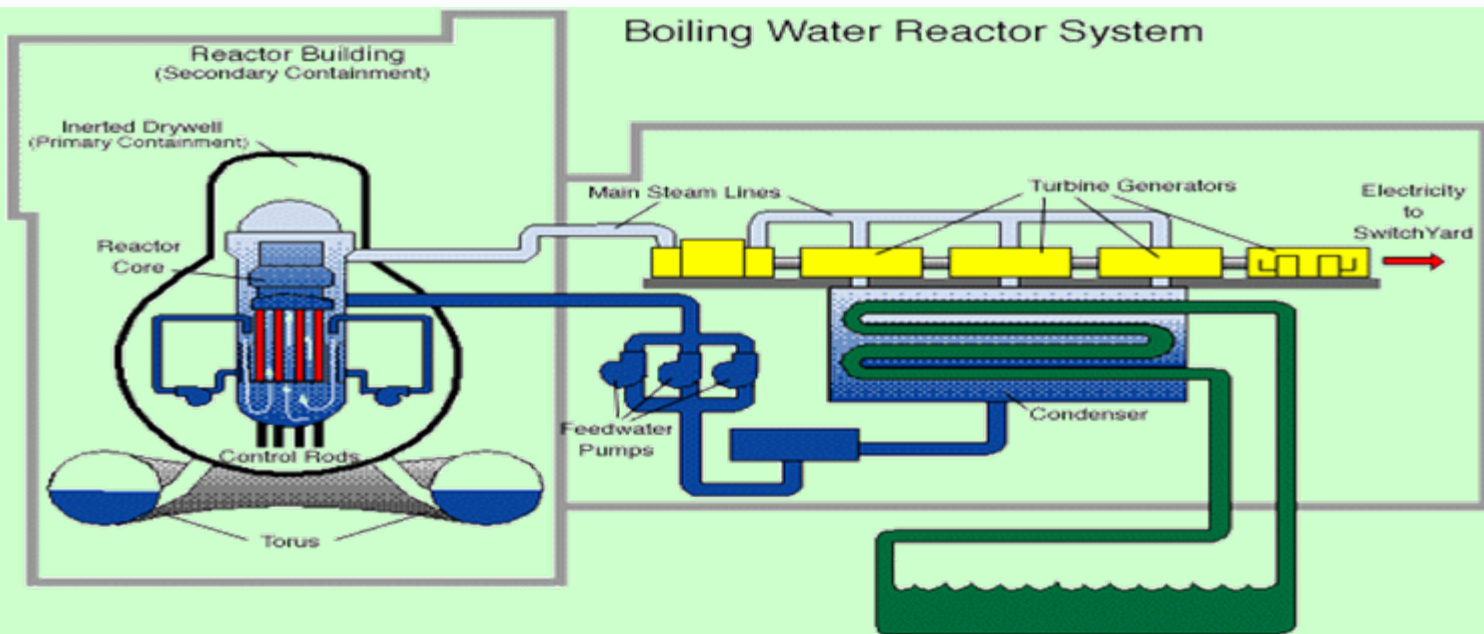
人受天然照射比人工辐射多，核电站的放射性照射只占人工辐射极小比例。煤电站对环境的污染比核电站严重得多

沸水堆与压水堆比较

压水堆



沸水堆



压水堆核电站四道屏障

一、二氧化铀芯块能包容98%的裂变碎片及其衰变产物；

二、锆合金包壳管把核燃料和裂变产物封闭起来；

三、压力边界能包容带有放射性的高温高压冷却剂；

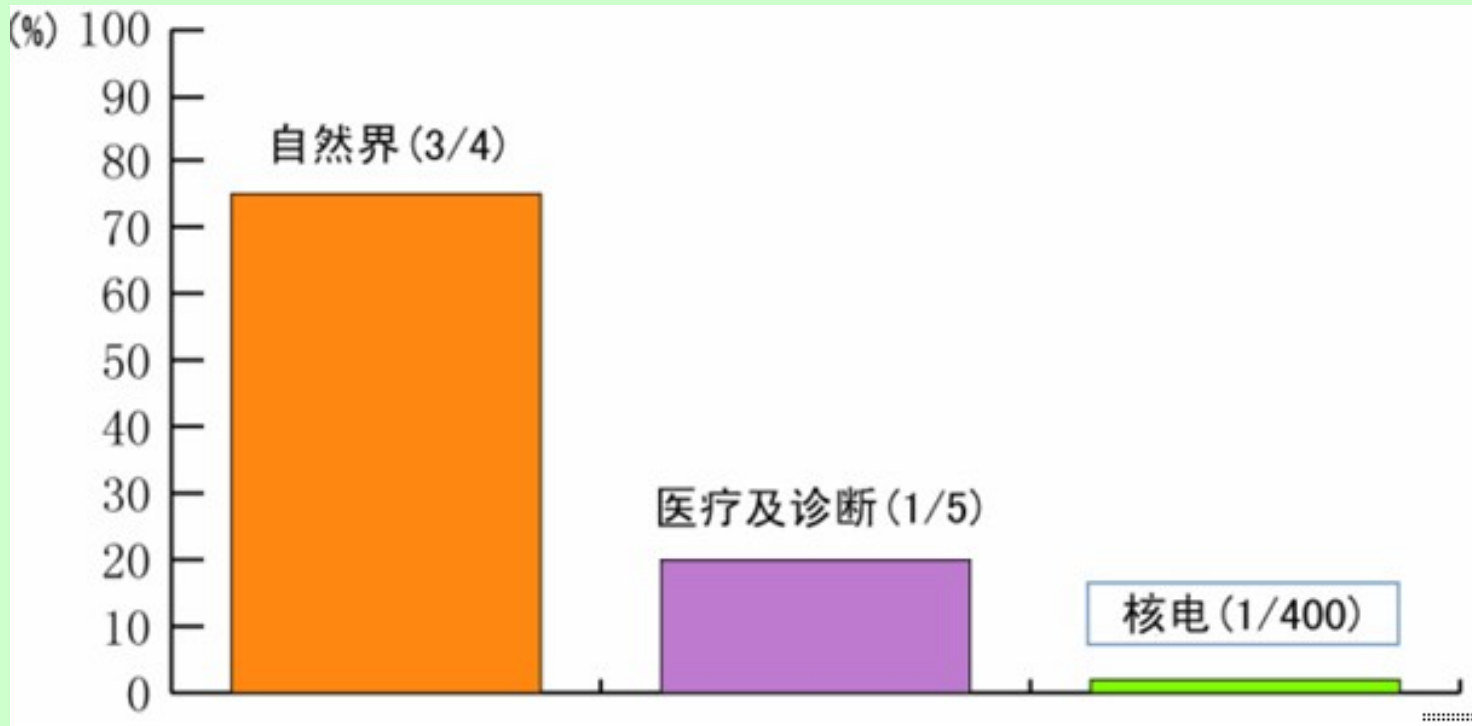
四、安全壳能抵御外部破坏，如龙卷风、飞机撞击等，还能在严重事故下防止放射性外泄。



保证核电站及环境安全的 三项基本要求

- 反应堆安全停闭
- 确保反应堆余热导出
- 放射性安全壳内包容

核电站对公众产生的辐射影响



国家核安全法规要求核电站在正常运行工况下对周围居民产生的年辐射剂量不得超过0.25毫希，而核电站实际产生的辐射剂量远远低于这个限值。

核电站与火电厂对环境影响的比较

	周围居民受到辐射剂量 (豪希/年)	需要燃料 (/年)	采矿面积 (亩/年)	二氧化硫排放量 (万吨/年)	氮氧化物排放量 (万吨/年)	烟灰 (吨/年)	二氧化碳排放量 (万吨/年)
100万千瓦燃煤发电厂	0.048	300万吨煤	1210	2.6	1.4	3500	600
100万千瓦核电站	0.018	30吨核燃料	30-42	0	0	0	0

以秦山二期为例

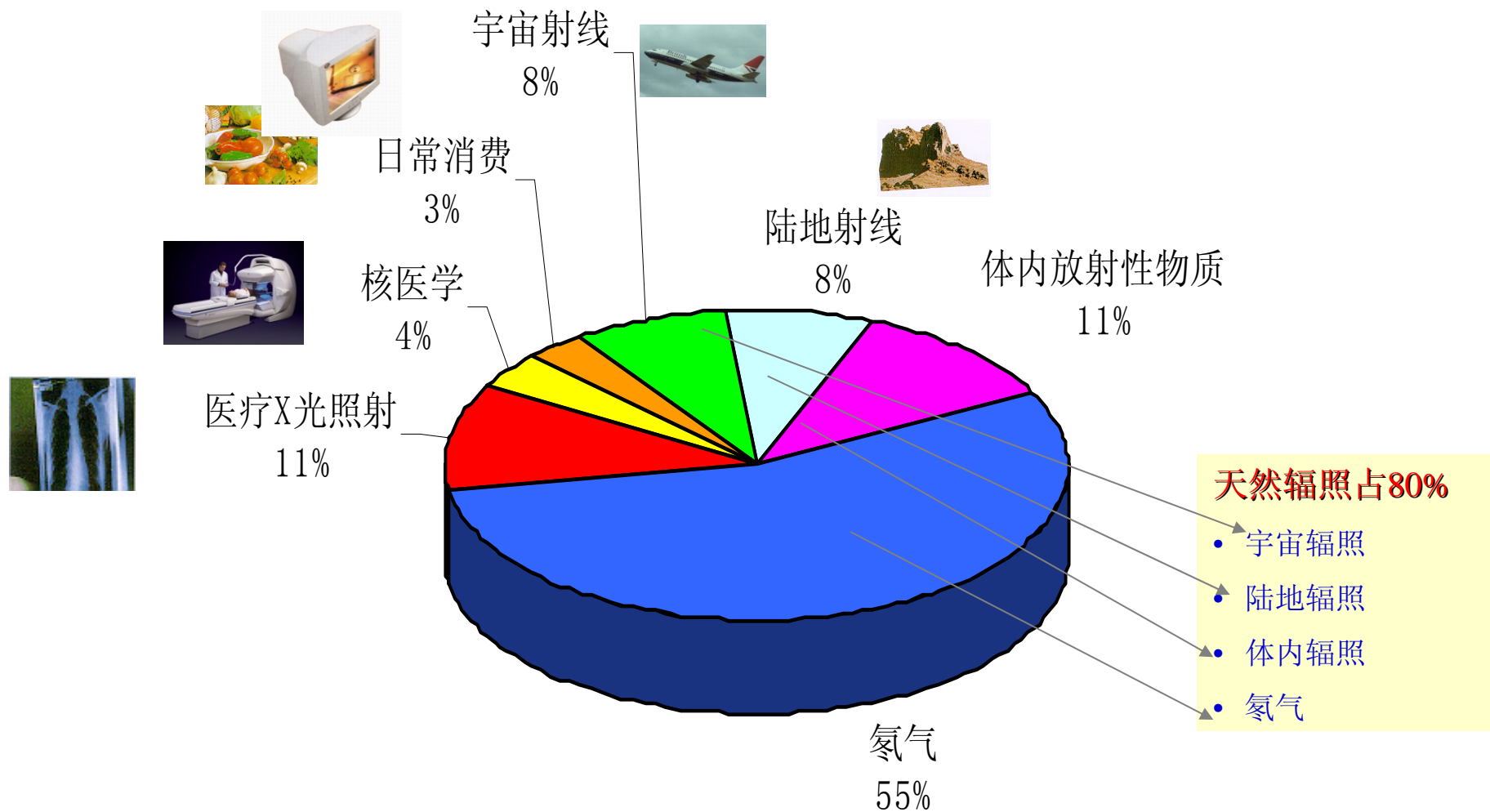
废气： 比国家标准低二个数量级

废水： 氡低一个数量级

其它： 低二个数量级

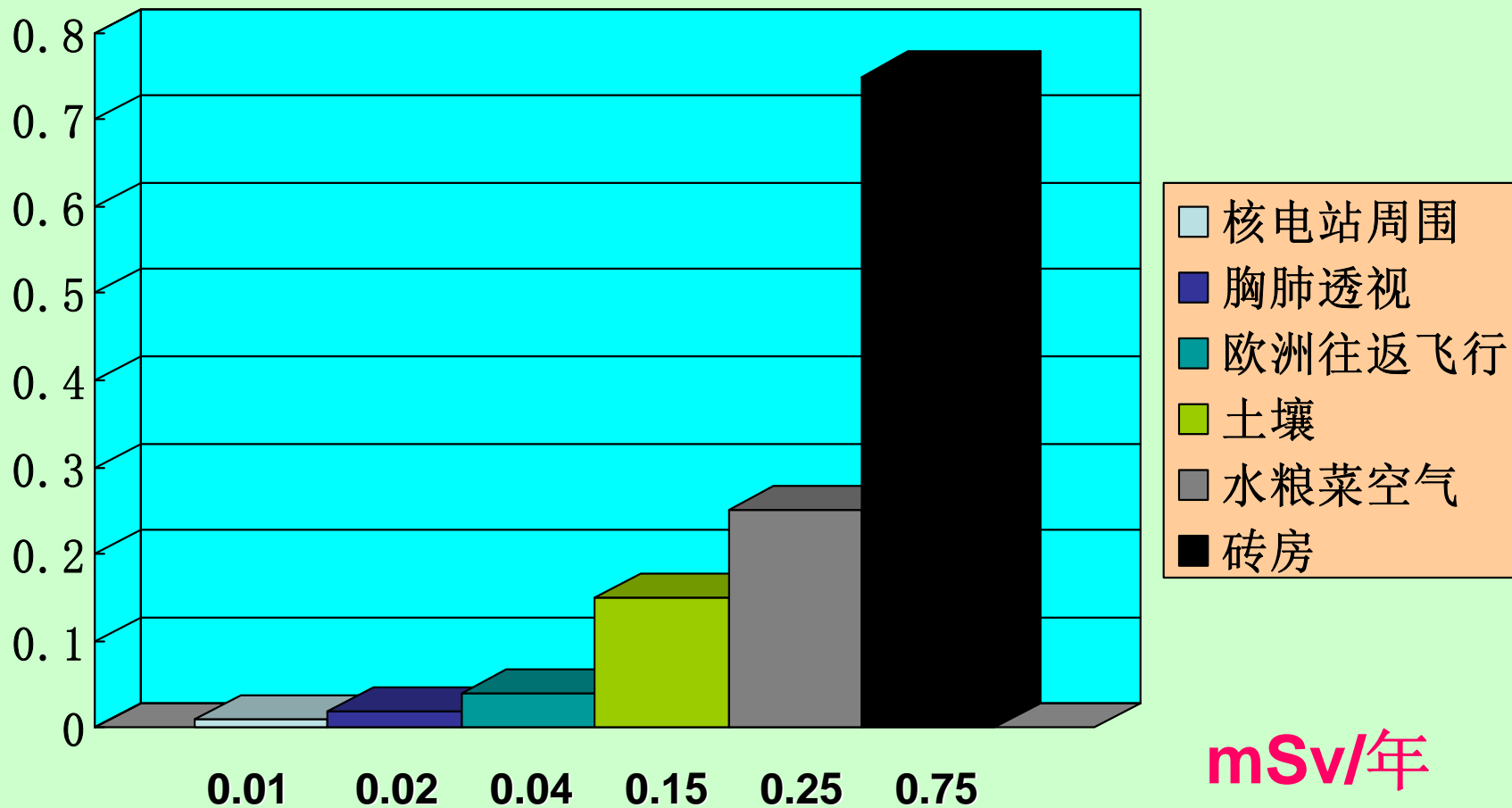
工作人员照射低于国家标准四倍

生活中的辐射：无处不在

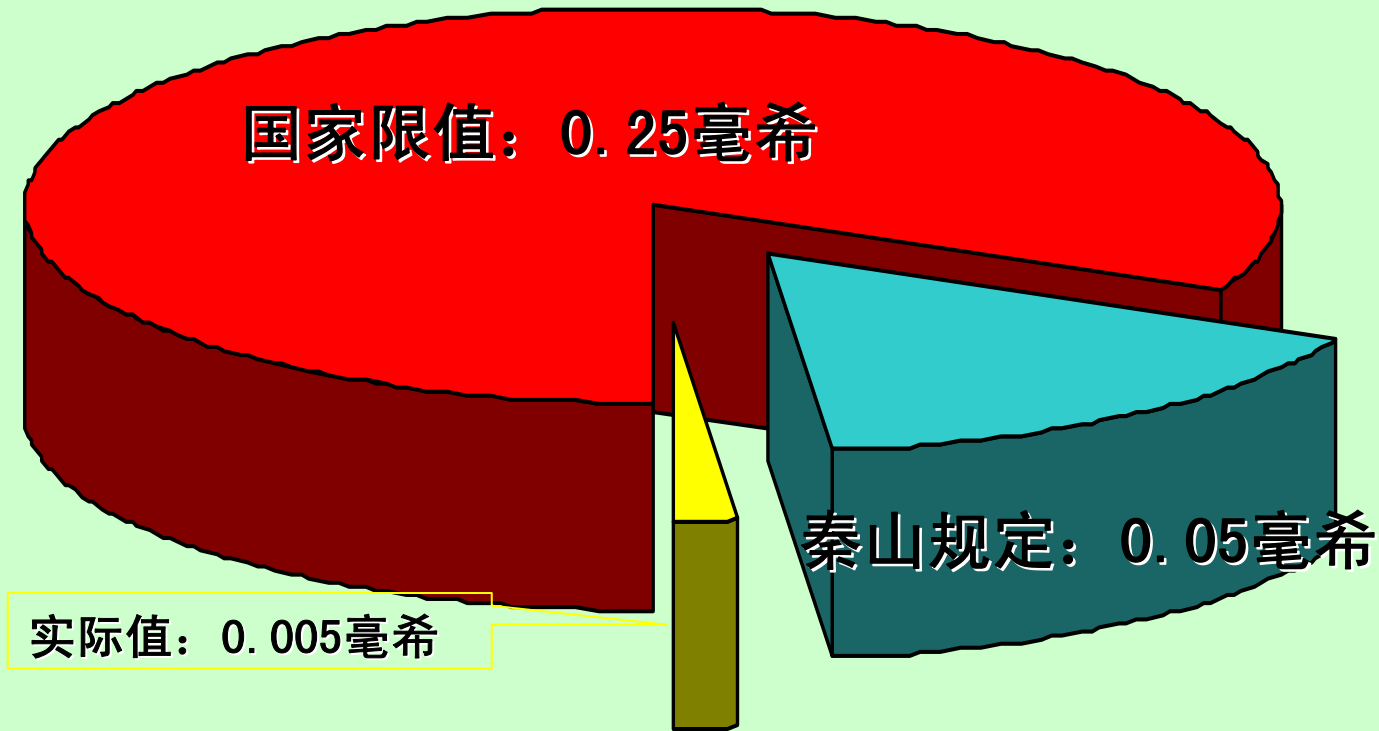


公众的电离辐射照射量

居民生活中受到的天然辐射剂量



核电站造成的辐射：忽略不计



秦山核电基地环境辐射情况

核电站造成的辐射：忽略不计

秦山核电基地排放造成的公众最大个人剂量
(三个电厂共五台机组)

	2003	2004	2005
公众个人最大受照剂量 (毫希/年)	0.0016	0.0028	0.0047

0.001毫希 ≈ 一支香烟

相当于多吸了5支香烟而已!



警 示

世纪强震让地处日本东北的福岛县“一震成名”。福岛第一核电站的核事故留给外界的印象最为深刻，已经在日本乃至全世界引起了对于核电安全的大讨论，

安全性是第一位的。核电带来巨大能量，但也带来极大风险。

核辐射没有国界，核安全不仅是一个国家的“家事”。

核安全、环境安全永远优先于经济和政治利益的追求。

核安全合作是紧迫议题。

核安全要靠技术的进步，还要靠科学的管理。

核电的发展任重道远

核电利用将在挫折中前进

谢谢各位