**复旦大学首届青年论坛**

**实践报告册**

**核电的安全性思考**

**——中国核电安全与发展的博弈**



**负责人：倪玉菡**

**成员：张彦青 麻秋枫 吉玉锦 徐力骄**

**2011年7月**

**成员名单**

**项目负责人**：倪玉菡

**主要成员的基本情况：**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 姓名 | 院系 | 专业 |
| 倪玉菡 | 计算机科学与技术学院 | 10计算机 |
| 吉玉锦 | 管理学院 | 10工商管理 |
| 张彦青 | 国际关系与公共事务学院 | 09 国际政治 |
| 麻秋枫 | 外文学院 | 10日语 |
| 徐力骄 | 数学科学学院 | 09 数学系 |

**主要成员的分工情况：**

倪玉菡 项目总负责人，负责牵头联系社会调查地点，统筹成员分工

吉玉锦 社会实践采访、记录工作，调查问卷后期处理，调查报告初稿撰写

张彦青 调查问卷设计、社会实践采访，实践照片采集，调查报告初稿撰写

麻秋枫 访谈笔记整理工作，社会实践采访，实践照片采集，调查报告初稿撰写

徐力骄 报告册框架制作，答辩材料整理，社会实践采访，调查报告初期撰写



**报告目录**

**第一部分：核安全思考的背景**

日本福岛核事故对我国影响 1

核能发电的发展历史 4

核能发电的事故回放 5

国际社会对于核电发展的态度 7

**第二部分：我国核电发展现状调查**

我国的能源结构 10

各种发电方式特点比较 11

核能发电特点探究 15

现阶段我国核电发展状况 17

保障核电安全的措施 20

**第三部分：核电安全思考**

从核电安全现状看问题及改进措施及结论 24

**附录：**

1. **问卷调查**

调查问卷 26

调查问卷结果统计 28

1. **专家访谈实录**

上海核工程研究设计院质量管理部副主任申森 30

上海市辐射环境监督站总工程师戈立新 32

复旦大学现代物理研究所扬扬博士 35

1. **参考文献**

参考文献 36

**日本核事故对中国的影响**

***中国幅员辽阔，地理气候条件复杂，自然灾害频发，是世界上自然灾害最为严重的国家之一。除地震以外，洪涝、干旱、台风、滑坡泥石流、森林草场火灾等危害严重的自然灾害在我国均发生频繁。有时“天灾”引起的次生灾难比自然灾害更严重，甚至威胁到全人类的生存。我们将以本次日本地震导致的日本福岛第一核电站核泄漏事故为切入口，思考如何稳固安全建设，如何防范次生灾难的发生，对于利益和危险并存的事物如何权衡发展与安全的关系，中国的核电事业究竟将何去何从？***

***——前言***

东日本大地震的次生灾难——福岛核电站泄漏事故是一件世界瞩目的大事件。而中国与日本素来渊源颇深，因此，此次的核泄漏事故对中国造成的不只是一方面的影响，它对中国产生的影响具有多方面，多层次的特点。

首先，此次日本核事故对我国经济产生了一定影响。

这一大国际事件不仅给日本中内造成了严重的人员伤亡和巨大的经济损失，而且鉴于日本作为全球第三大经济体、全球第三大石油消费国、全球第一大经济体美国的第二大债权国，在目前世界经济“一荣俱荣，一损俱损”的全球化格局下，此次大地震势必会对中国在内的世界经济增长和产业发展产生深远和长期的影响。并且我国是日本第一大贸易伙伴，第一大出口目的地和最大的进口来源地，日本的经济于我国有千丝万缕的关系。

影响可大致分为直接影响和间接影响。直接影响包括两个方面：一是中方企业在日本地震灾区的直接财产和投资损失，但从媒体的报道上看，这部分很少甚至没有。另一方面，由于我国作为日本近邻，日本最大贸易伙伴之一，日本国内造成的基础设施毁坏、交通体系陷入混乱，汽车、钢铁、半导体等工业企业停产等，势必会对我国与日本的进出口贸易带来直接影响，进而影响到我国经济增长和产业的发展。

间接影响有两个方面：第一，地震使日本经济越发脆弱，其作为具有世界影响力的经济体和本轮货币泛滥的发动机之一，日本经济增速的下滑势必会引发外界对其拖累全球经济复苏的担忧，从而影响我国经济增长的外部环境；第二，日本为应对震后金融市场可能出现的资金不足局面而注入大量资金，不仅会进一步恶化日本财政状况，还会影响日元汇率，影响人民币汇率，增加全球金融市场不确定性因素。

其次，经历了此次日本福岛核事故，我国积极调整了能源发展思路与战略，强调以安全为重。

福岛核电站事故，从某个角度上来说，既是教训也是契机。它的超年限使用，跟不上科学发展潮流的技术以及其他各种各样的因素不断地量变，在东日本大地震的诱导下，酿成了严重的核泄漏事故。这是一个极大的教训。目前，核能在全球资源中所占比率达14%，全世界已有30个国家拥有核电站。国际原子能机构的一份报告显示，自2010年起，尚未兴建核电站的65个国家要么已经在考虑，要么已经在积极地制定核能开发计划，全世界在建的核电站中2/3位于亚洲。正因为福岛核泄漏的发生，一击惊醒正在做着核发展美梦的世界各国，对各国的核发展产生重大的影响。其中最主要的就是让各国重新重视起安全在核发展中的重要性。

中国在这次核事故中反应迅速。中国国务院3月16日连发5条措辞严厉的规定：立即组织全面安全检查；切实加强正在运行核设施的安全管理；全面审查在建核电站，不符合安全标准的要立即停止建设；严格审批新上核电项目；抓紧编制核安全规划等。严格把关核电站建设中各个环节的安全检查。确保绝对安全，强调核安全的重要性和紧迫性。

在这次核事故的影响下，中国不仅加强近期的安全措施的实施，更在长远上做出调整。核电发展战略在一夜之间发生突转：不久前刚确定的到2020年全国核电装机达到8600万千瓦的中长期目标下调；“积极发展”的方针被“安全第一”所取代。

此次日本核电危机，也给全球每一个国家都提出挑战：未来10年下一个能带动大经济体增长的产业和技术，很有可能来自新能源。受核电危机影响，全球主要国家对核能的开发将会变得更为审慎，特别是技术上都还得再上一个台阶。因此，中国所面临的不仅仅是对核能发展的调整，更是对未来新能源技术发展的一个整体的战略规划。

最后，此次日本核事故对中国社会也产生了比较大的冲击。

福岛核电站的泄漏事故，产生一个十分有趣的现象——台风眼效应(“Psychological typhoon eye”effect)，台风眼效应是指非灾区居民的担忧甚至高于全体灾区居民的平均水平。这便接近于气象学上的“台风眼”形态，即台风中心区的风力远较周边地区微弱；就如在本次事故中日本民众表现平静，相反的是它却让包括中国在内的世界各国社会出现了短暂的“冲动”。还有一点值得欣慰的是“冲动”之余，也积累了许多经验。

首先，处于灾难中心的人们对灾难有更客观和真实的直接认识；而外围的人们则通过媒体上经过筛选的镜头了解现场，并用想象力为之添油加醋。这使得当事人可以做到平静面对，反而仅受轻微影响的人却高度警惕、反应过激。同时，由于最广大的群众一般有易相信谣言的习惯，核泄漏的事故让中国民众在这几个月内有点不淡定。3月11日发生核泄漏，只短短5天就让中国社会内部谣言四起，掀起了抢购碘盐，碘片，酱油的“狂潮”；这让国人意识到：1、自身的科学知识过于薄弱，以至于对待这类谣言问题没有辨别力，只能盲目从众；2、群众的科普水平亟需提升。

再者，除了核电站的防灾应急预案之外，社会也需要制定一套切实可行的应急预案。社会动荡是由于人心不定，而这次福岛人民的表现可以得出一个结论：一套切实可行的应急预案能够迅速起到稳定局势的作用。当然，应急预案不仅仅是灾难的应急，更应该是一个对灾难未雨绸缪的长期准备与练习。由日本经验来看，应急预案才是最有效的救援措施。

综合以上几点不难看出，此次日本福岛核辐射对中国社会生活多方面产生了不同影响，也使我们深刻认识到关注核电安全、保障核电安全的重要性与必须性。本次考察活动也是基于这一现实，希望通过我们的努力，错略了解核电发展、关注核电应用现状，发现存在问题，并提出我们粗鄙的建议，以期望我国核电事业能够更加顺利的发展，核电安全得到切实保障。

**核能发电的发展历史**

上世纪50年代起，核电发展开始进入从实验起步，向核电应用发展。1951年12月美国实验增殖堆1号（EBR-1）首次实现了利用核能发电技术，1954年6月苏联建成世界上首座核电机组、奥布宁斯克核电站并投入运行，揭开了核能用于发电的序幕，也意味着核能的和平利用成为现实。

此后，核电发展经历了高速发展阶段（60年代中-80年代初）和三里岛事故与切尔诺贝利事故之后的停滞与反思阶段（80年代中-上世纪末）。1973-1974年的石油危机，将世界核电的发展推向高潮。1970-1982年，美国的核电从218亿度增加到3000亿度，增加12.8倍，其比例在电力生产中从1.3% 提高到16%；法国核电增加了0.4倍，日本增加了21.8倍。印度、巴西、阿根廷等发展中国家也建成了一批核电站。然而，1979年3月的三里岛事故及1986年5月切尔诺贝利事故引起民众对核的不信任，在这种情况下，公众和政府对核电的安全性要求不断提高，致使核电设计更复杂、政府审批时间加长、建造周期加长、建设成本上升，以致核电的经济竞争性下降，核电推广阻力重重。

进入21世纪以来，由于传统能源日益缺乏，燃烧化石能源导致的的环境污染和气候变暖问题愈显严重，世界核电业界集中力量对严重事故的预防和缓解进行的研究和攻关成效良好，核电站的建设和发展重新提上议程，多国将核能利用列入国家中长期能源政策。

截止2011年1月，国际原子能机构(IAEA)的数据显示，目前全球正在运行的核电机组共442个，在建的核电机组65个，核电发电量约占全球发电总量的16%。 其中，核电机组位于美国的有104台、法国58台、日本54台、俄罗斯32台、韩国21台、印度20台、英国19台、加拿大18台、德国17台、乌克兰15台、中国13台，其它71台分布在其余国家和地区。



**核能发电的事故回放**

自1954年苏联建成第一座核电站以来，核能在提供能源的同时，核电站事故如临界事故、放射物质泄漏等灾难性事故时有发生，对临近地区造成造成不良影响，严重时全球各地都监测到泄露物质对当地造成的辐射异常。史上最严重、影响最大的三大核电站事故，分别为美国三里岛核泄漏、切尔诺贝利核电站爆炸事故、日本福岛第一核电站事故。

1. **美国三里岛事故**

1979 年3月28日：美国三里岛核反应堆因为机械故障和人为的失误而使冷却水和放射性颗粒外逸.反应堆二次回路冷凝水泵出现故障，由于两天前维修时的事故冷却系统阀门没有打开，反应堆的冷却水不断流出，压力降至正常值以下。系统自动添加高压注入冷却水，却被控制人员错误地关闭阀门，停止了向堆芯内注水。这一系列失误造成反应堆堆芯冷却水逐渐丧失，部分燃料棒锆包壳和铀燃料熔化，大量放射性物质，特别是氙、氪之类的气体与碘一道从反应堆释放出来，并有少量放射性物质随部分冷却水的泄漏而释放。所幸三里岛核电站设置了整体安全壳系统，尽管发生了堆芯融化，但是其完整的安全壳使得核物质没有大量扩散到周边环境。

事故虽未造成人员死亡，但60%铀棒损坏，反应堆最终瘫痪，民众对核电的信心受到相当大的打击，美国各大城市和正在修建核电站的地区的居民纷纷举行集会示威，要求停建或关闭核电站。美国政府最终表示，“核能应当作为最后一种可供选择的能源。”本次事故被评为七级核事故中的第五级。

1. **前苏联切尔诺贝利核泄漏**

切尔诺贝利事故是世界上影响最大的一次民用核电泄漏事故。据统计，切尔诺贝利核事故的受害者总计达900万人。而据专家估计，完全消除这场浩劫的影响最少需要800年。

1986年4月26日凌晨1时许，切尔诺贝利核电站4号核反应堆发生爆炸，其厂房屋顶被炸飞、墙壁坍塌，当场死亡2人，8吨多强辐射物质混合着炙热的石墨残片和核燃料碎片喷涌而出，释放出的辐射量相当于日本广岛原子弹爆炸量的200多倍。大量的放射性物质外泄，使周围环境的放射剂量高达200伦琴/小时，为允许指针的2万倍。10天内，放射性尘埃落到了欧洲大部分地区。

爆炸最终导致20多万平方公里的土地受到污染，离核电站30公里以内的地区被辟为隔离禁区，13.5万人被迫撤离家园。今天的乌克兰、俄罗斯和白俄罗斯受到的核污染最严重。核事故对居民的健康造成了无法弥补的灾难。此后数十年中，患甲状腺癌、白血病的发病率迅速增加，数以万计的民众死于辐射所致的癌症，新生儿生理残疾者剧增。

1. **日本福岛核事故**

早在1978年，日本福岛第一核电站就曾发生过临界事故，在1979年至1998年间，反应堆主蒸汽管流量计测得的数据先后28次被篡改。

2011年3月11日下午，日本东部海域发生里氏9.0级大地震，并引发海啸。位于日本本州岛东部沿海的福岛第一核电站紧急停堆，所有控制棒插入到了堆芯，链式核反应即刻中止，反应堆自动关闭，并启用备用的应急发电柴油机启动余热冷却系统，然而提供电力的柴油发电机不久即被海啸淹毁。此后操作人员启用了蓄电池供电，但在电池电力耗尽后没有及时找到新的电源，反应堆热量无法被带走，开始升温升压，机组发生失冷事故。1、2、3号堆燃料棒高出水位，最终堆芯受损，1、2、3、4号堆陆续发生氢气爆炸，造成核蒸汽泄漏，大量放射性物质飘散到大气层，通过风力扩散到中国沿海、美国西海岸等地。由于采用海水注入燃料棒降温的方法，降温用海水废液中含有大量碘-131，日方将污染海水陆续排放至海中，造成核电站附近海水I-131测出量超标1150倍（3月28日数据）。

2011年4月12日，日本原子能安全保安院根据国际核事件分级表将福岛核事故定为最高级7级。

核岛事故尽管告一段落，它的后续处理还远远没有完成。首先应当建立稳定的余热排除系统，用正常的冷却水取代海水，大约需要半年时间。同时，建立放射性隔离屏障，终止反应堆对外界的辐射，大约需要半年到一年。此后还需要数年时间，来进行彻底安全检查和放射性清除，以避免潜在的危险，最终拆除反应堆堆芯。

**国际社会对于核电发展的态度**

年初日本发生核泄漏事故，显现出福岛核电站在设计、管理、应急处理等多方面存在严重不足，引发了全球各国在继80年代三里岛和切尔诺贝利事故后的又一轮反核浪潮与针对核电安全性的思考。对于是否坚持核电能源计划，持续推广核能作为传统化石能源发电的替代品，还是限核停核，从根本上消除核电的危险隐患，各国给出了不一样的答卷。

**一、各国核电政策现状**

1. 弃核派

2011年5月25日，瑞士政府表示，瑞士现有5座核电站将于2019年至2034年陆续达到最高使用年限。之后，瑞士将不再重建或更新核电站。自3月核泄漏事故后，瑞士联邦政府立即宣布中止对现有５座核电站的更新改造计划，对运行的核电站进行了安全检查，并责成联邦交通、通讯和能源部对该国未来能源供应前景做出可靠判断。目前瑞士电能近四成来自核电，政府表示瑞士将大力提高能源使用效率，继续开发水电和可再生能源，并扩大能源进口，同时发展智能电网，加强能源领域的研发。

5月30日，德国环境部长宣布，德国撤销2010年关于推迟核电站废止时间至2035年的决议，改回2002年出台的“核电逐步退出”法令中确定的于2022年前关闭国内所有的核电站。德国将成为首个不再使用核能的主要工业国家。

意大利于6月12日和13日进行了全民公投，现任贝卢斯科尼政府有意恢复核能，计划从2014年开始建造4个核反应堆，以便在2020年时投产，结果显示多达90%到95%的意大利公民对重返核能等议题投了反对票，意大利将成为第三个终止核电的欧洲国家。早在24年前，意大利民众就已通过全民公投的形式，否决使用核能。

此外，澳大利亚总理吉拉德早在4月22日就能源政策表态，不考虑建设核电站。

1. 挺核派

法国领导人对发展核电的态度十分明确。在日本核事故后，法国总统萨科齐表示，法国不会放弃核电，采用核电是法国"恰当的"选择，这是确保其能源独立必不可少的条件。法国工业和能源部长贝松在接受法国新闻广播电台采访时表示，德国退出核电不会改变法国长期使用核能的选择。法国的目标是到2020年将可再生能源占总能源消耗的比例提高到23%；保持核电发展，法国将继续发展核电。

据英国广播公司6月23日报道，英国政府日前公布了下一代核电站的建造计划，即在2025年之前再建八座核电站。据悉这一计划很可能在议会获得通过，目前英国政府已经确认了8个适合建造这些核电站的地点，它们都在现有核电站附近。英国能源部长7月5日表示，无核计划将不利于整个国家的经济发展，“我认为核能对当今能源结构至关重要，今后的很多年后也依然如此。这就是为什么我们不希望只建造一座核电站，而是希望批量化建造核电站。但为了实现这点，我们需要为整个行业和投资者坚定信心，创造透明机制”。

1. 观望派

受全球愈来愈响亮的反核声音影响，部分国家如美、俄、韩国、印度、芬兰虽未收到此次事故波及，也开始慎重处理核电发展的相关问题：或对本国已投入运营的核电机组进行全面检测，或公开接受媒体公众审查，或重新审查现有核能发展计划，等等。

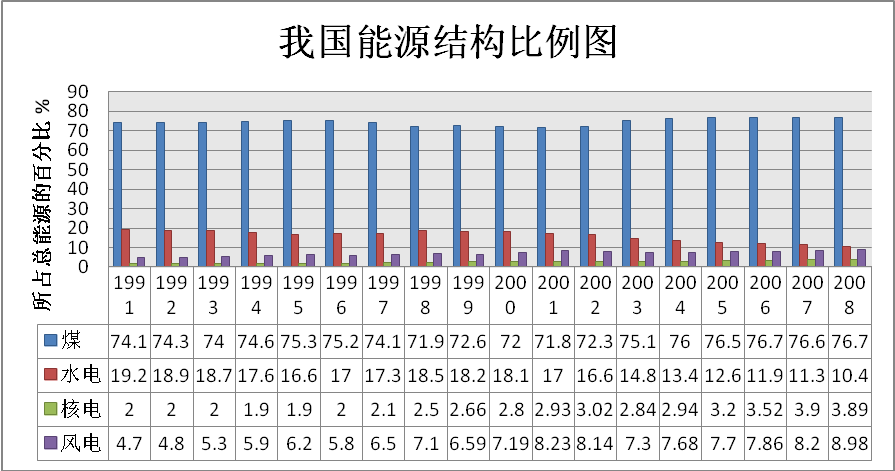
**二、促使各国作出决策的因素影响**

1、影响核电弃用的因素

* 1. 核燃料的放射性危害。核辐射作用于人体的头发、皮肤、大脑、甲状腺、心脏、血液系统、消化系统、生殖系统等，可造成恶心呕吐、严重疲劳、肤发脱落、自发性出血、口腔溃疡乃至癌变等严重不良影响，极大损害公民健康，一旦泄露后果不可估量。
  2. 民众意愿。德国民众本身对环境保护、可持续发展的重视程度非常高，对核电又有长期的不信任，此次福岛核事故刚好成了废核的契机；意大利以全民公投形式否决了核能恢复的议案，再一次充分说明公民意志的影响力。
  3. 替代能源发展充分。核电虽然低耗高效，但它安全性的短板始终存在，当有更环保、更安全的替代能源出现，其技术也发展成熟时，核能必然遭到淘汰。如澳大利亚，本身对风能、太阳能的利用技术达到了相当高的一个程度，同时矿能资源丰富，不需要再建核电站分担供电压力。
  4. 防恐力量不足。核电站承担着相当一部分供电任务，同时被破坏后的危险级数高，破坏核电站将造成电网瘫痪和大规模放射性物质泄露，对环境、经济和社会安定造成毁灭性打击，容易成为恐怖分子目标。如遭遇恐怖袭击频繁的印度不得不面对安全和发展的两难抉择；德国前外交部长费舍尔也指出：“关闭核电站的决定，不仅考虑到生态污染问题，更重要的是要保护核设施不受恐怖袭击的威胁。”
  5. 政治利益博弈需要。此前德国延长核电站使用寿命12年的决议使德国四大能源集团获益匪浅，而此次核危机爆发后，默克尔政府的能源决议备受谴责，政府公信力受到挑战，为获得更多民众支持，保障并巩固政党影响，政府不得不妥协，作出限核弃核的决议。

1. 促使继续发展核电的因素
   1. 现有核工业体系完善，安全性得到保障。以法国为例，经过50多年的发展，法国已建立起强大的核工业体系，能源供应实现了自给自足。此外，为了确保核电安全，法国建立起一套严密的制度，对核电站采取了系列化和标准化的管理，从核设施的设计到退役销毁，再到放射物的运输，都有法可循。且法国核电站一直安全运营，未发生过一起核事故。
   2. 核电经济优势突出。不同于传统火力发电每年的燃料开支不菲，核电机组自建成起，后期投入小成本低，核电站一般投入使用后十几年内即可收回投资。一般核电站设计寿命为四十至六十年，此后获得的收益基本等同于净利润，这使得核电价格低廉。据法国能源和气候总局（DGEC）公布的数据，目前法国生物质发电价格约每兆瓦时120欧元，海上风力发电电价每兆瓦时150－180欧元，太阳能电价每兆瓦时250－600欧元，而核电上网电价仅约每兆瓦时50欧元，价格优势十分明显。
   3. 降低用电缺口，节约煤油能源。核电使碳排放大大降低，如果退出核电，即使加快可再生能源发展的步伐，也不能完全满足经济发展的电力需求，而如果提高煤和燃气发电，不符合减少碳排放的要求。加上能源资源匮乏，核电重要性一目了然。

**我国的能源结构**



由上图我们可以看到中国发电目前以煤电为绝对主力，其他新型能源也在不断发展中，供电比例不断提高。

我国是煤炭大国，能源供应以煤炭为主的格局无法改变。然而，随着我国每年煤炭开采量越过30亿顿的大关，逼近了中国煤炭开采的极限，并伴随着高污染，煤炭运输压力、煤炭价格上涨，火电持续亏损等因素，给煤电再保持高速增长带来了巨大的阻力，同时也给了以核电为主的替代能源以巨大的机会。采用各种清洁、高效的方式优化利用煤炭，同时不断寻找新型替代能源将是解决能源问题、保障国家能源安全的最主要途径。

目前，我国以开发利用水电、风电及核电等新型能源。各种能源各有利弊，而核电则具有非常好的比较优势。随着国家核电发展中长期规划的落实，到2020年，核能将是各类能源中，最优的选择。

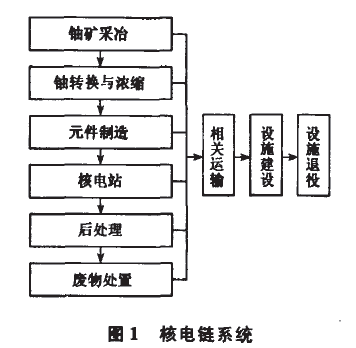
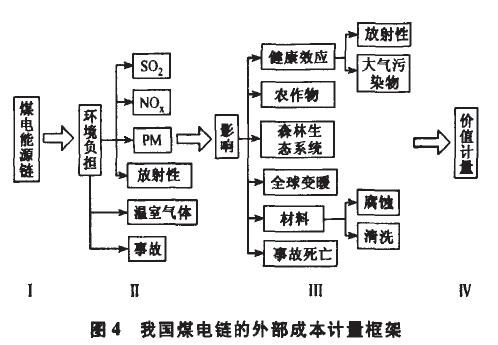
**各种发电方式特点比较**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **稳定性** | **安全性** | **经济性** | **环保性** |
| **火电** | 不受季节和气候的影响 | 易发生矿难等安全事故隐患 | 建设成本低  环境成本高  不可再生能源 | 导致酸雨、气候变暖、有毒物质对人体危害 |
| **水电** | 受季节和气候影响，电力输出不稳定 | 安全性较高 | 前期投资大  环境成本有待考量  可再生能源 | 清洁可再生能源；  对生态环境有一定破坏 |
| **风电** | 固有的不可预测性，间歇性运行 | 安全性较高 | 建设成本高  环境成本低  可再生，永不枯竭 | 高度清洁的能源技术；基本上没有污染排放 |

1. **火力发电**

火力发电是最早开始应用且应用最为广泛的发电形式，每年我国91%的电力来自火力发电。火力发电主要以煤炭、石油等化石资源作为原料，并且具有初期投资小,建设周期短,对场地要求小,不受季节和气候的影响，连续性和稳定性强等优点，这就使得我国这样的煤炭大国，形成了以煤炭为主的能源格局。然而，随着火力发电的广泛应用，其造成的严重的社会、环境问题日益凸显出来。

从由煤炭生产、煤炭运输和燃煤电厂三个环节构成的煤电能源链整体来说，煤炭向环境排放的污染物直接导致酸雨、降尘和全球变暖等环境效应，对人体健康、植被、生态系统、材料和清洗等造成明显影响。燃煤的主要污染物是SO2，NOX，CO2,以及大量的PM(烟尘)，排放到环境中引起的局部、区域和全球性的环境效应，造成酸雨、臭氧层破坏、全球变暖等对自然生态环境和人类社会产生广泛的影响。煤中含有几十种微量元素，有毒微量元素重金属及其化合物的释放会对包括大气、水以及土壤在内的生态环境产生污染，对人体健康产生危害，还有有机污染物，如二恶英和多环芳烃等，以及一些无机污染物，如氟(F)、氯化氢(HCI)等也是环境污染的重要因素。煤中的微量天然放射性核素，煤燃烧后富集在飞灰和炉渣中，通过烟气排放和固体废物转移到环境中，对公众产生辐射剂量。除燃煤电力生产过程外，在煤炭开采、煤炭运输、电厂建设和运行、煤自燃等过程中都会对环境造成影响，例如：煤炭开采中会造成地面塌陷、地下水位下降、地表水体污染、煤层气释放以及煤矿伤亡事故等；煤炭运输中会产生煤粉扬尘、噪声等；电厂建设和运行期间会产生大量扬尘、固体废物等可能对大气、地表水和地下水造成污染；煤田火破坏煤炭资源，危害煤矿安全，导致地表塌陷，释放出有害气体，也是促成一定规模的泥石流、土地荒漠化、地下水位降低等水资源破坏、草原与森林火灾等的原因之一；煤矸石堆积大量占地、破坏地表环境和生态景观，产生扬尘，释放有害气体，污染土壤和浅层地下水源，并且可能失稳引发渣石流、坍塌等重力灾害等。



通过环境影响的价值评估可以得到单位SO2和PM的直接损害成本：PM为30．70元／kg，其中健康损害23．72元／kg，清洗费用增加6．98元／kg；SO2为17．20元／kg，其中健康损害13．33元／kg，农作物减产1．72元／kg，森林材积损失1．35元／kg，材料腐蚀损伤O．81元／kg．

对于我国而言，由于我国大量使用煤炭、石油等化石资源作为发电的主要原料，其带来的社会、环节影响更为严重。首先，由于小煤矿、小火电厂的大量存在，煤矿及电厂安全得不到保障，致使我国煤矿事故多发，煤矿事故死亡人数占全世界的80％；第二，当前我国CO2排放总量已接近60×108t，实际上已超过美国成为世界首位，造成了严重的大气污染和酸雨，使得我国应对气候变化和环境破坏的压力越来越大。第三，由于我国不合理的能源价格机制，在现行的发电企业成本核算体系中，没有完整地将环境成本考虑进发电成本；在现行的电价机制中，也没有合理的体现环境成本。这就造成了将煤电高昂的外部成本转嫁给社会和公众承担，这无论对于环境保护，还是能源可持续发展都是不利的。第四，煤炭、石油等皆为不可再说资源，我国虽为煤炭大国，但由于近年来大量的消耗，致使我国现有煤炭仅可供使用100年，石油50年，长期来说会产生原料不足等危险；而煤炭石油大量依靠进口，又会给国家安全带来巨大的挑战。

正是由于火力发电存在的种种社会和环境问题，使得积极寻找新能源成为了我国能源发展战略的重点工作。

1. **风力发电**

在环境日益受到重视的今天，火力发电排放大量的污染物对环境造成了十分严重的危害，为了降低污染物的排放，采用新能源发电是减小污染物排放的一个重要途径．而风力发电作为一种高度清洁的能源技术，几乎不产生污染物，比火力发电具有更高的环境价值。

我国具有丰富的风力资源，可开发利用的风能储量约10亿kW，其中，陆地上风能储量约2.53亿kW（陆地上离地10m高度资料计算），海上可开发和利用的风能储量约7.5亿kW，共计10亿kW。这为我国发展风力发电奠定了基础。

风能是非常清洁的能源，它在转换成电能的过程中，基本上没有污染排放，所以它几乎不对环境产生任何污染，以一台750 kW的风电机组为例，平均每年可以减少l179t的CO2、6.9t的SO2和4.3t的NO排放。同时，风能又是可再生的，风力发电不需要消耗宝贵的不可再生资源，它的能源可以说是取之不尽、用之不竭的，因此风力发电既环保又节能。在所有清洁能源中，风力发电技术也是最成熟的，风力机组正在向大型化发展，单机容量达数兆瓦，风电价成本也下降较快。在国外，风电成本已下降到和煤电成本相当，甚至比煤电还要低廉一些，极具市场竞争力。随着风电规模的增大以及国产化率的提高，预计成本还会进一步下降。风电与火电、水电及核电相比，建设周期短、见效快，如果不算测风周期的话，建成一个大型风电场只需要不到一年的时间，因此风电一直是世界上增长最快的清洁能源。

尽管风力发电具有上述众多优点，其缺点也比较鲜明，限制着风力发电的发展。由于风能固有的不可预测性和不稳定性，使风电具有间歇性的运行特征，无法保证稳定、持续不问断地发电，往往电网处于用电高峰时风电发不出电来，而当电网处于用电低谷时风电却可能满负荷发电，这就增加了电网调度难度，使风力发电的供给与需求很难协调起来，增加了维持电网的稳定的难度。此外，风力发电机组中的大功率电力电子器件的应用，风力发电机组频繁的并网投切，也造成了电网的谐波污染、电压波动和电压闪变。

综合以上风力发电的优缺点，可以看出。风力发电应当成为我国发展新能源的一个重点，然而解决其发电的稳定性问题应是发展并推广风力发电的突破口。

1. **水力发电**

水力发电是新能源发电的又一途径之一，是清洁无污染的能源，相对于火力发电而言具有较高的环境价值。

水电与火电相比有很多优点：它运营成本很低，一次性投资建成之后，其发电成本比火电和核电要低得多；水能资源可再生，可永续利用；无污染。除可提供廉价电力外，  水力发电 还有下列之优点:控制洪水泛滥、提供灌溉用水、改善河流航运，有关工程同时改善该地区的交通、电力供供应和经济，特别可以发展旅游业及水产养殖。美国田纳西河的综合发展计划，是首个大型的水利工程，带动整体的经济发展。

同时，水力发电具有多种缺点：第一，一次性投入特别大，尤其是大型水利枢纽的建设需要大量资金。第二， 因地形上之限制无法建造太大之容量。单机容量为300MW左右。 第三， 建厂期间长，建造费用高。 第四，建厂后不易增加容量。第五，因设于天然河川或湖沼地带易受风水之灾害，影响其他水利事业。电力输出易受天候旱雨之影响 。 第六，需筑坝移民等，基础建设投资大 。

不仅如此，随着水力发电的深入发展，其带来的生态影响越来越受到人们的关注。水电站建设及运行带来的环境问题主要是建设过程中开挖所造成的植被破坏和水土流失，下游肥沃的冲积土因冲刷而减少弃土弃碴造成的河道淤塞；筑坝对回游性水生动物的影响；河道脱水或减水对水生动植物的影响：施工及运行产生的噪声等。

因此，如何在发展水里发电的同时保护好生态环境，减少水利建设对于生态环境的影响或者破坏，是我们发展水里这种清洁能源应当着力去解决的。

**核能发电特点探究**

核能的和平利用是20世纪人类最伟大的成就之一。当前，核电已在世界多个国家广泛应用，日益成为重要的清洁能源，在能源紧张的当下为人类指出了一条发展道路。我国自1985年开始发展核电，并于1991年正式建成核电站并投入使用。目前，我国已建立包括台湾地区在内的9座核电站，并有多做核电站正在建立和规划中，核电的供应量比重不断提高，对于社会发展也起到了日渐重要的作用。

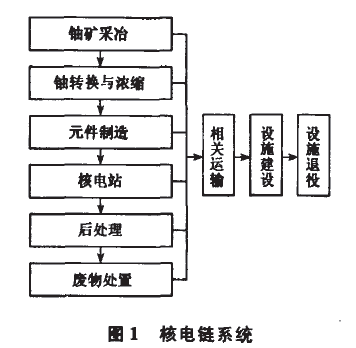
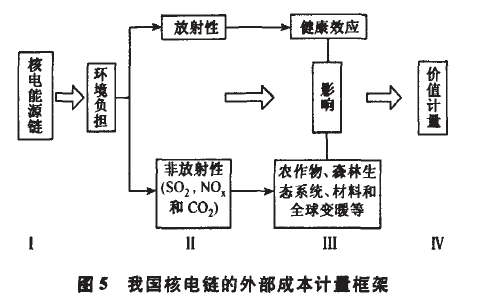
核电之所以被广泛应用是因为核电经济性、安全性、清洁环保等重要特点。

首先，核电的发展具有前期投资高，燃料成本低，一旦投入应用回报高的特点。从发展核电的经济效益上看，其投资费虽然偏高，占所发电成本约60％，但是其燃料费比重则在25％以下。这意味着，一旦投产，核电厂的发电成本不会受到过多的燃料价格波动的影响。此外，它的运行费用也很低。比如，同样是1 000 MW的电站，使用煤电所需原料240万t，需要每天专门火车往返运煤；而核电1年的供料量只需三辆载重10 t的卡车就可以完成。随着科学技术的不断进步，核电成本优势日益突出。目前，法国核电成本只有煤电成本的0．57，美国早在1962年就已经低于煤电成本。芬兰学者在2003年发布研究报告表示，在不考虑碳排放成本的条件下，核能的发电成本是23．7欧分／(kW·h)，天然气是32．2欧分／(kW·h)，煤炭是28．1欧分／(kw·h)，风能是50．1欧分／(kW·h)；但如果按20欧元／t考虑碳排放成本，核能和风能的发电成本仍是23．7欧分／(kW·h)和50．1欧分／(kW·h)，天然气和煤炭则分别提高至39．2欧分／(kW·h)和44．3欧分／(kW·h)¨J。

第二，发展核电具有较大的安全性。核安全的最终安全目标为：在核电厂内建立并维持一套有效的防护措施，以保证人员、社会及环境免遭放射性危害。放射性危害是核电站独有的，并且这一危害的后果至今还未得到确认，同时核电站也存在发生普通电站安全事故的可能性。由于核电站安全事故危害范围广、影响深，因此核电站安全不仅关系到核电站自身的发展，更关系到核电行业的整体发展。尽管一旦发生巨大的核电事故，其造成的危害是难以估量的，但事实上，核电具有很高的安全性。一方面，核电技术在不断地改进，日趋成熟，自身安全系数不断提高；另一方面，任何核电站的建立要经过严格的论证和审查，从选址、建立应急预案、正式建设，到投入使用、后期维护，直至灾害应急皆有详细而明确的规定，世界各国都对此进行了严格限制。对于核电应用安全的保障分为前期预防和灾后控制两方面，同时核电厂方和政府都起着重要的作用。前期预防方面，核电厂房主要负责完善核电技术，建立纵深防御；政府主要负责完善相关法律法规，落实日常监管，以及加强群众关于核安全知识的普及。一旦发生核事故，核电厂房主要负责启动厂房应急预案，最大限度控制灾情，减少破坏；政府主要负责时事监督灾情，公开事故信息，必要时组织群众撤离或服用碘片。有数据表明，发生核电事故的几率低于10-6，运行一年发生事故的概率约为百万分之一。

第三，在核电堆正常运行的情况下，核电清洁环保，对环境和生态几乎没有影响。核电利用的是铀原子核的核裂变能，它作为一种清洁能源，在不消耗氧气的同时，不会排放二氧化碳、烟尘、硫化物和氮氧化物，能为减少全球的碳排放做出巨大贡献，大大减轻环境压力。由下图我们可以看出，核能发电本身不产生任何大气污染物，其来源主要是在建设、运行和维护等过程中由于材料消耗和其他燃料消耗而产生的间接排放。同时，核电站的建设并不受

环境的影响，且不对环境产生影响，具有较高的生态价值。



正是由于核电具有经济性、安全性和清洁环保性等重要优势，使得核电成为新能源中的宠儿，受到世界各国的关注与大力发展。

当然，不容忽视的是，一旦发生核泄漏或诸如日本福岛此次的核电站爆炸等重大灾害性事件，其造成的破坏是持久而难以估量的，对于人类的生命财产安全，乃至后代的繁衍构成严重危害。这就要求我们重视核电使用安全，将核电安全放在首位，不断完善核电安全防御措施，加强核电安全意识，严防事故发生，和平安全的使用核电为人类造福。

**现阶段我国核电发展状况**

我国是世界上少数几个拥有比较完整核工业体系的国家之一。为推进核能的和平利用，上世纪七十年代国务院做出了发展核电的决定，经过三十多年的努力，我国核电从无到有，得到了很大的发展。自1983年确定压水堆核电技术路线以来，目前在压水堆核电站设计、设备制造、工程建设和运行管理等方面已经初步形成了一定的能力，为实现规模化发展奠定了基础。

自1991年我国第一座核电站—秦山一期并网发电以来，我国有6座核电站共11台机组906.8万千瓦先后投入商业运行，8台机组790万千瓦在建(岭澳二期、秦山二期扩建、红沿河一期)。

中国的民用核工业起步相对较晚，到2011年1月，在运行的核反应堆有441座。中国只有13座，只提供了全国电力中的2%——在所有拥有核电国家中这个比例是最低的。尽管在核领域算是后来者，或正是因后来而居上，中国在近期已经有非常惊人的修建史。在2010年，中国新完成了两个工程（是全球5个项目中的2 个）并开始9个新工程（全球14个项目中的9个）。建设新工程的速度仍将继续，在“十二五”规划中，中国预期在2015年底能够拥有430亿瓦的核电能力。



至今，我国核电站的安全、运行业绩良好，运行水平不断提高，运行特征主要参数好于世界均值；核电机组放射性废物产生量逐年下降，放射性气体和液体废物排放量远低于国家标准许可限值。秦山一期核电站已安全运行14年。大亚湾核电站近年的运行水平与核能发达国家的水平相当，运行业绩进入了世界先进行列。我国投运和在建核电项目情况见上表。

20年的核电发展初具规模的同时，中国核电也在技术研发、工程设计、设备制造、工程建设、项目管理、营运管理等方面，具备了相当的基础和实力，为加快发展积累了经验、奠定了坚实的基础。

第一，核电设计方面。我国核工业拥有一支专业配置齐全、知识和年龄结构较为合理的核电研究设计队伍,形成了设计管理和接口控制程序以及质量管理体系；掌握了一些国外核电成熟的设计技术；能自主设计建设30万千瓦和60万千瓦压水堆核电站，也具备了以我为主、中外合作设计建设百万千瓦级压水堆核电站的能力。

第二，核电技术研发方面。我国核工业建立了专业齐全的核科研体系，培养了一支水平较高的核电科研队伍，已建成了具有国际水平的大型核动力技术试验基地，各种试验台架、科研设施齐全，具备了较强的自主开发能力和消化吸收国外先进技术的能力，基本上可以满足自主设计的需要，为核电技术进步和后续发展提供了有力保证。在设计技术研究工作中，解决了核电站工程设计的许多技术难点，初步形成了较为完善的核电工程设计分析的骨干程序系统。初步形成了一套先进反应堆设计方法和试验验证手段，提高了我国先进压水堆设计开发的能力。

第三，核电工程建设管理方面。无论是国产化项目，还是中外合作的项目，都建立了规范的法人治理结构。在工程项目管理中，实行了招投标制和工程监理制，通过招标选择施工承包商和设备采购，有效降低了成本，确保了施工质量。在质量、进度、投资三大控制方面取得了较好成绩，积累了宝贵的经验。

第四，核电设备制造方面。除了主泵、数字化仪控系统等少部分设备以外，国内已经具备了设计和制造百万千瓦级压水堆核电机组大部分设备的能力。哈尔滨、上海、四川东方三大发电设备制造基地和第一、第二重型机械制造集团已经成为加工制造大型核电设备的骨干企业。

第五，核燃料保障方面。在核电建设的带动下，核燃料循环实现了较大幅度的技术进步，初步形成了包括铀矿地质勘探、铀矿采冶、铀转化、铀浓缩、元件制造以及乏燃料后处理、放射性废物管理等环节的较完整的核燃料循环工业体系，在一些关键环节实现了生产能力的扩大和工艺技术的跨越提升。

第六，建立了完善的核电安全管理、核事故应急和技术后援体系方面。我国政府特别关注核能的安全问题，已经建立了与国际接轨的安全监督管理体系和核安全法规，形成了一支独立的核安全监管技术队伍。核安全保障贯穿于核电站的设计、设备制造、建设、安装、调试、运行直到退役等各个环节。建立了从电厂、地方政府到中央政府的核事故应急体系，为保障核电站的安全和社会公共安全，积极开展了卓有成效的工作。

第七，核电站厂址资源方面。经过20多年的勘探和规划，我国已确定了相当容量的核电厂址。目前，已完成初步可行性研究的厂址绝大部分分布在沿海，可以满足2020年前再建约30台百万千瓦核电机组的需要。秦山核电基地还可以再安排2台百万千瓦机组，江苏田湾核电基地还可再安排6台百万千瓦机组，浙江三门厂址可安排6台百万千瓦机组，广东阳江、福建惠安、山东海阳都具有安排6台百万千瓦机组的条件。

第八，中国核电发展具有广阔的市场空间方面。为满足经济的持续发展，据国家发改委和国家电网公司的规划和要求，全国电力总装机容量在2010年和2020年，需要达到6亿千瓦和近10亿千瓦。

近三十年的核电发展进程中，我国经历了从无到有的核电应用阶段，核电发展取得的许多重大突破。然而，现阶段我国核电技术多依赖进口，自主技术研发有待进一步推进。同时，核电使用安全规范与标准同样需要进一步提高，以保证核电的安全利用，缓解我国能源危机，保障我国能源安全，促进我国经济发展。

**保障核电安全的措施**

核电安全的保障需要核电研发系统、核电站和政府的共同努力，双方共同努力，促进核电的和平安全发展。

**一、政府方面**

1. 政策

政府的政策体现了一个国家的治国理念，具有在大方向上进行引导的作用。任何具体的规章制度都是在政府政策的指导下制定的。在应对核安全这样有着高风险、高敏感度的问题上，政府应该出台一个具有良好的引导作用的政策，让出台相关具体规定时有章可循，从而更为有效地保证核的安全性以及其正确的发展方向。

当前中国的立场是“高度重视核安全并建立了较为完善的核安全法规体系和监督管理体系。中国是一个负责任和爱好和平的国家，主张全面禁止和彻底销毁核武器，反对任何形式的核武器扩散，积极参与国际防止核扩散与防范核恐怖主义的合作”。核安全问题事关核能和经济可持续发展，事关社会稳定和公众安全，事关国际和平与安宁。在这个立场下，中国坚定自己的和平利用核能的主张，并把它作为自己的政策来贯彻落实。

1. 法规

法规在约束、指导具体操作的运行上有着不可替代的作用。它是政府政策的延伸与执行。核安全法规的重要性就如同核反应堆的安全壳一样，不可或缺。它保证核电在运行时的秩序与严谨，也在一定程度上防止不法分子的蓄意破坏等外来人为因素的影响，是保障核电安全的重要组成部分。而国家环保总局（国家核安全局）成立以来，一直高度重视法规建设，逐步建立起涉及核设施选址、设计、运行、质量保证等方面的法规及核安全导则，建立辐射环境监管相应的法规和标准体系。如核安全导则，中华人民共和国环境保护法，中华人民共和国核材料管制条例等。随着核技术应用的发展，和对核技术的进一步探索和认知，不断地出现新问题，而核安全法规在我国核发展道路上，一直保证着监管工作的质量和效率，解决着相应的问题。

1. 应急预案

由于核电的高风险性，它在民众的心中是一个较敏感的话题，大家普遍有着恐核心理；再者，我国我核科技的知识普及水平还远远不够，民众一般不具有准确判断事实的能力，所以保证核电安全的措施，政府的应急预案是必不可少的。防患于未然才是最好的安全保障措施。

这里所说的应急预案包括两个部分，一方面是针对事故发生前或事故发生时稳定社会态势的应急预案；这样的状况对预案的要求比较高，不仅有资源调配，各种危急情况的处理，还有核事故准备和响应工作及核事故时能准确地掌握情况、分析评价和决策，并能按事故状态及时采取必要和适当地行动；因此国家核安全局编制了《国家环保总局核事故应急预案》。另一方面是针对核电站内部的技术性应急预案；现政府出台的应急预案就有许多种，涵盖了所有可能发生事故的方面：如包含较广的中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例，核设施的安全监管等；针对性较强的放射性废物安全监督管理规定，核电厂营运单位的应急装备和应急响应；核电厂厂址选择中的地震问题，核电厂堆芯的安全设计等；对民用核设施进行管理的中华人民共和国民用核设施安全监督管理条例，民用核承压设备安全监督管理规定等。

二、**核电站**

核电的生产和运营厂商的主体是核电站，是保证核安全的重要组成部分之一。

1. 核安全规章制度

核电站的生产&运营必须严格遵循一系列的规章制度来进行精密操作。核电站内的生产&运营过程通常易成为事故发生的原因。历史上为数不多的几次核电站事故，因为人为操作失误而酿成的惨剧却是占了大部分，三里岛事故源于操作人员对冷却堆芯的注水系统阀门的误关闭，切尔诺贝利核事故起因的两个官方解释之一也是将责任归于核电站操作员。所幸，人类在核电发展的进程中也在不断吸取经验和教训。我国核电发展短短几十年，为了核电的安全而出台的规章制度林林总总就有近百份。核电站的安全生产与运营必须依照流程来精密操作。所以，一系列的核安全规章制度必须得到彻底的遵循与落实。

1. 环境要素

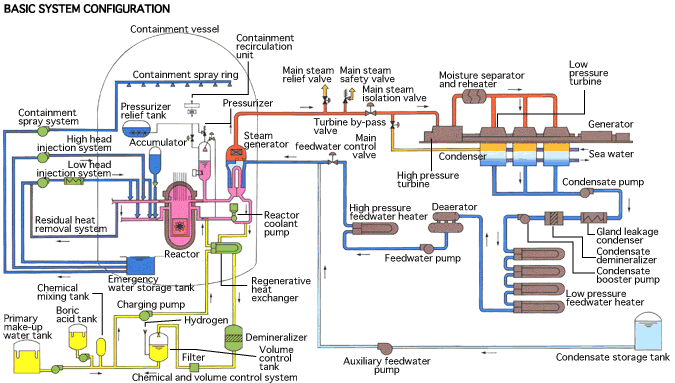
核电站的环境要求十分高，周围的自然环境、人文环境都是有一定的标准。核电安全不仅是指在生产&运营时的操作精密，也指核辐射对周围人、环境的影响，是一个双向的概念。

自然环境。主要在建站前发挥作用。目的是要规避严重的自然灾害如地震、海啸、台风、洪水等带来的对核电站的破坏作用及要有充足的作为冷却剂的水源。如之前的福岛核泄漏事故就是因为日本本是一个地震多发国，不适宜建立核电站，但为了经济发展不得不建，最后酿成的灾难。自然环境的精细勘察在整个核电站的建立过程中的作用举足轻重。

人文环境。这主要是为了排除对居民可能存在的不利影响。《核电厂环境辐射防护规定》规定，核电厂周围应设置非居住区和规划限制区，非居住区的半径不小于500m；规划限制区的半径一般不小于5km，规划限制区内必须限制人口的机械增长，对该区域内的新建和扩建项目加以引导或限制，以保证在事故情况下能够有效地采取适当的防护措施。同时，核电厂应尽量建在人口密度相对较低、地区平均人口密度相对较小的地点，核电厂距10万人口的城镇和距100万人口以上大城市，应分别保持适当的距离。这也是防灾的重要环节。

**三，核能发电体系**

核电事故的事后治理耗时弥久，并且收效甚微，事倍功半，性价比远不如事前防护，因此，一个安全系数高、容错性好的核电站设计方案至关重要。



1. 安全和辅助系统

安全辅助系统采用多种方式对反应堆的反应速率、反应堆温度、辐射状况监测及控制，严格保证堆芯的反应温度保持在一个可控制的范围。辅助调节按照功能大体上可以分为三类： 牵涉到核安全的安全系统，安全注入系统、安全壳喷淋系统、辅助给水系统和安全壳隔离系统；保证反应堆和压力回路启动、运行和停堆的核辅助系统，化学和容积控制系统、硼和水补给系统、余热排出系统、反应堆和乏燃料水池冷却和处理系统、设备冷却水系统、核岛应急生水系统、蒸汽发生器排污系统、硼回收系统、核取样系统、核岛排气及疏水系统、核岛冷却水系统； 回收和处理放射性废物以保护和监视环境的系统，废液处理系统、废气处理系统和固体废物处理系统。

1. 非能动安全系统

普通安全辅助系统强烈依赖电能等外部能源驱动，当发生紧急状况电能供给停止，常规的冷却措施如辅助给水系统泵压冷却水进入反应堆带走热量就无法实行，时间一长温度升高，堆芯就有熔融的危险。一种针对紧急无电力情况、不需要外部能动的系统就应用而生。

所谓“非能动化安全系统”就是利用自然物理现象（蒸发、冷凝、自然循环、自然对流等）以及气体蓄能等来驱动流体流动，带走堆芯衰变热和安全壳中的热量，而不需要外部能源。这些优点可完全克服这次日本福岛核电厂事故中暴露出第二代核电厂设计缺陷。以新型AP1000技术为例，事故时依靠钢安全壳外壁气流通道的空气对流和冷却水蒸发，带走安全壳内的热量，防止安全壳内超温超压。冷却水的水箱设在安全壳头顶上，水依靠重力下流。同时安全壳内的热蒸汽被钢安全壳冷却时会凝结成水，这些水通过预设水槽自然地收集起来，然后又可回到堆芯，冷却燃料元件，形成自然循环系统。AP1000技术被用于09年3月开工的浙江三门核电站及2009年9月开工的山东海阳核电站，由此，中国核电站的安全性将踏上一个新的台阶。

**从核电安全现状看问题及改进措施及结论**

国家自83年起，颁发了一系列针对核电厂的规定和安全导则，内容涵盖选址时的城市距离、地质、抗震、洪水灾害、大气弥散，以及设计、运行、监督的全方面内容。核电厂有专门的事故应急预案，每年会占用较多时间演习，并且中国核电站建厂晚，采用技术是当时最先进或较为先进的因此中国核电站是相当安全的。日本处于地震带，并不适合发展核电，但是为了本国的发展却不得不做，这是种冒险行为。而在我国的话，核电站的选址是有严格规定的，我国并不允许在地震带搞核电站，选址是考虑所处地势环境、对周围的生态环境影响等种种因素综合考虑的。

核电能源是个相对的清洁能源。虽然在初期投入核电站的建设比较大，但是在投入运行，踏上运行轨道之后，后期的投入比较少，核电站发电的功率较大，跟风能、水力、太阳能发电相比，不受自然影响。同时，与水力发电对生态影响较大相比，核电站对生态基本并无影响，当然这是在核电站正常运行，并未发生核泄漏的情况之下。同时我们要认识到的是，一旦发生核泄漏，它的后期处理远远比其他几种方式麻烦。因此这就需要我们发展核电的时候，防患于未然。日本福岛核电站采用的是沸水堆，虽然便宜，但是安全性很低。相比较而言，我们国家的堆芯主要是以压水堆为主，少量的重水堆，保障了核电发展的安全系数。

总的来说，核电站的安全率还是比较高的，目前发生核事故的概率相对很低，在10^-6概率，即运行一年核电站，发生核事故的概率仅有百万分之一。因此，对于核电站的管理至关重要。按照国际核电发展的通行惯例，对于核电站的日常管理采取纵深管理的方式，往往采取六道关口甚至更多，一旦发生核泄漏等事故，只要控制住其中一道关口，就可以有效遏制核事故的大规模扩散。

同时，可以借鉴国外的优秀技术。比如法国，百分之七十的能源都是靠核能提供，却鲜有重大核事故发生。他们通过自己的运行经验，发展了一套有本国特色的核电技术。法国安全又成功的核电经验应当要借鉴，比如我国的大亚湾核电站就是引入的法国核电技术。于此同时，我国又同时引进核弹安全文化，由于国际上拥有相对成熟的核电经验、对于预防控制核事故有着更完善的制度，引入很有必要。但同时，我们也要进行自身发展，从技术本身的设计上提高固有安全性，发展有关的知识产权。在运行管理制度上、人员培训上配备更高的安全理念。无论是从技术上还是思想上都从源头将核灾害的危险控制住。

对于我们国家而言，需要大量能源，尤其是化石能源缺口较大，更多的依赖进口，这严重威胁着国家安全，因此发展有效的能源对于我国未来的发展至关重要。从这个出发点来看，开发核电站、应用核电技术是相对的较优之选。为了迈向世界强国，中国必须坚定地发展核电。

**附录：**

1. **问卷调查**

调查问卷

**关于中国核电发展和市民对核电发展的态度调查**

编号：

您好：

我们是复旦大学大二学生。从日本大地震后，福岛核电站核泄漏造成东亚地区严重核恐慌，也重新引起了我们对于国家核发展安全问题的讨论。为了更好地了解市民大众对于核电发展的态度，我们设计了此份问卷。以下问题没有正确和错误之分，我们也保证此问卷仅用于本次调研活动。**请您在答案中选择最符合你情况的答案上打“√”。**

谢谢您的支持与合作！

**基本信息：**

1. 性别：□男 □女
2. 年龄：□20岁以下 □20-29岁 □30-39岁 □40-49岁 □50岁以上
3. 学历：□大学本科/专科及以上 □高中学历 □初中学历 □小学学历及以下
4. 平时通过何种渠道了解信息（多选）：□日常交往 □报纸 □电视媒体 □网络

**调研内容**

1. 您知道核能发电的效果远甚于常规发电吗？

□知道 □不知道

1. 你是否赞成国家开始大规模利用核能发电?

□赞成，核电是清洁能源 □不赞成，一旦出现事故后果不堪设想 □无所谓

1. 在日本大地震之前是否知道我国的核发电工程的情况？

□知道 □不知道

1. 您能罗列2个中国的核电站吗？

1. 您知道上海附近是否有核电站？

□知道 □不知道

1. 你是否曾因为日本福岛核泄漏而恐慌？

□是 □否

1. (1)您是否也参与到抢盐、抢酱油和碘片的浪潮之中？

□有 □没有

(2)简单阐明下抢购原因？

□害怕被核泄漏波及，听说这些可以防辐射就买了 □日常需要

□不清楚怎么回事，这么多人买我就也买了 □其他

1. (1)您认为政府在这次核恐慌系列事件中发挥到政府职能了吗？

□有，政府快速反应颁布措施制止恐慌 □没有 □不清楚

(2)印象最深刻的是什么举措？

1. 如果您有一天面对核危机，你知道该怎么做吗？

□知道，我能有条不紊的完成计划 □有大致的想法，但没仔细思考过 □不清楚

1. 您认为是否有进行核电发展的必要？

□ 有 □没有

1. 您认为中国的核电事业应该以发展为重还是安全为重？

□ 发展 □安全 □ 无所谓

1. 谈谈你对核发展的安全建议

调查问卷结果统计

**关于中国核电发展和市民对核电发展的态度调查结果**

共发放问卷100份，收回有效问卷86份。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1. 您知道核能发电的效果远甚于常规发电吗？ | | |
| 知道 | 72 | 84% |
| 不知道 | 14 | 16% |
| 1. 你是否赞成国家开始大规模利用核能发电 | | |
| 赞成，核电是清洁能源 | 53 | 62% |
| 不赞成，一旦出现事故后果不堪设想 | 26 | 30% |
| 无所谓 | 7 | 8% |
| 1. 在日本大地震之前是否知道我国的核发电工程的情况？ | | |
| 知道 | 30 | 35% |
| 不知道 | 56 | 65% |
| 1. 您能罗列出2个中国的核电站吗？ | | |
| 能罗列出两个 | 32 | 37% |
| 能罗列出一个 | 18 | 21% |
| 不能罗列出任何一个 | 36 | 42% |
| 1. 您是否知道上海附近有核电站？ | | |
| 知道 | 22 | 26% |
| 不知道 | 64 | 74% |
| 1. 您是否曾因为日本福岛核泄漏而恐慌？ | | |
| 是 | 34 | 40% |
| 否 | 52 | 60% |
| 7．（1）您是否也参与到抢盐、抢酱油和碘片的浪潮之中？ | | |
| 有 | 8 | 9% |
| 没有 | 78 | 91% |
| 8.（1）您认为政府在这次核恐慌系列事件中发挥到政府职能了吗？ | | |
| 有，政府快速反应颁布措施制止恐慌 | 60 | 70% |
| 没有 | 9 | 10% |
| 不清楚 | 17 | 20% |
| 9. 如果您有一天面对核危机，你知道该怎么做吗？ | | |
| 知道，我能有条不紊的完成计划 | 10 | 12% |
| 有大致的想法，但没仔细思考过 | 57 | 66% |
| 不清楚 | 29 | 34% |
| 10. 您认为是否有进行核电发展的必要？ | | |
| 有 | 72 | 84% |
| 没有 | 14 | 16% |
| 11. 您认为中国的核电事业应该以发展为重还是安全为重？ | | |
| 发展 | 7 | 8% |
| 安全 | 76 | 89% |
| 无所谓 | 3 | 3% |
|  |  |  |

7.（2）参与抢购盐、醋的八人中：4人表示为日常使用；2人表示为因害怕被核泄漏波及，听说这些可以防辐射就买了；1人表示不清楚怎么回事，这么多人买我就也买了；1人表示代家人购买。

8.（2）对于政府在此次核恐慌事件中采取的一系列举措中，群众印象最深刻的举措为：

5人表示政府能及时公布信息，做到信息透明，澄清事件；4人表示政府能给予正面的舆论引导，减少恐慌；1人表示政府能提供充足的盐，减轻哄抢给人民生活带来的影响。

12.群众对核发展安全的建议：

1. 健全应急措施，安全第一，兼顾效率

严格选址，充分考虑核电站建立地区的地质情况、人口分布

1. **专家访谈实录**

**上海核工程研究设计院质量管理部副主任申森**

**时间：2011-7-14**

**地点：上海核工程研究设计院**

**采访对象：上海核工程研究设计院质量管理部副主任、上海市核学会理事、研究员级高级工程师 申森**

**整理：倪玉菡**

采访内容：（学：采访学生；申：申森）

学：您好，请问日本本次核事故的原因有哪些？

申：首先，在79年三里岛事故和84年切尔诺贝利事故后建造的核电站在设计时充分参考了前两次事故的原因，并就安全防护方面进行了改进，而日本福岛核电站建设时间早，没有进行相应的加强；其次，福岛核电站设计初考虑可承受浪高不足，而本次地震引发的海啸最高浪高达14米，远超设计标准；再次，福岛没有相应的应急反应预案，没有及时抢险。

学：福岛核电站接连出现氢气爆炸，如果出现氢气过多，应当如何处理？

申：三种方法，一是采用能动式消氢，点火燃烧氢气，需要在电力系统操作下进行；二是使用非能动氢气消氢系统，如栅板式氢气复合器，催化氢气转化消氢，这种方法效果稳定但效率较低。

学：当前两种方法不足以跟上氢气生成速度，有什么应急方式？

申：在核安全壳上打洞放出过量气体，虽然有放射性物释放到环境，但危害小于爆炸后辐射，如本次福岛5、6号堆，最后就采用了打洞的方法防止过压爆炸。

学：中国当前核电厂对事故的预防？

申：国家自83年起，颁发了一系列针对核电厂的规定和安全导则，内容涵盖选址时的城市距离、地质、抗震、洪水灾害、大气弥散，以及设计、运行、监督的全方面内容。

学：以上是国家层面的政策法规，到运营层面的执行情况？

申：核电厂有专门的事故应急预案，每年会占用较多时间演习（追问：较多是什么概念？答：不清楚）；此外电厂常备辐射防护服，避免了像日本初期供给消防人员防护用具不足的尴尬状况。

学：您能简要谈谈中国核电厂的应急预案吗？

申：在遇到一般故障时，处理流程是操作控制系统，停堆、冷却，最后考虑避免或降低污染；当发生严重事故出现失温，还要根据仪表数据判断放射程度，监测堆温判断是否生成氢气。

学：您多次提到要依赖操作系统，是能动式的应急，当无法正常供电时，对于堆冷却、反应堆温度的监测、消氢的控制应怎么办？

申：一是采用备用发电系统，核电站常备两台备用柴油发电机（追问：如本次福岛柴油发电机被损坏？），还备有蓄电池可提供一定电力（追问：蓄电池可维持系统多长时间运行？），大约能使用一个小时；此外，还要依靠工作人员的经验对事故进行状况作出判断。

学：能动式应急对电力依赖较大，有改进吗？

申：最新采用的AP1000非能动核电技术，利用自然物理现象如重力、自然循环(蒸发、冷凝和密度差）以及气体蓄能驱动流体流动，带走堆芯余热和安全壳的热量，不需要外部能源，大大降低对电力的依赖，新在建的三门和海阳核电站，就采用了AP1000技术，大大提高安全性能。

学：中国电厂设计先进性？

申：1、中国核电站建厂晚，采用技术是当时最先进或较为先进的；2、采用混凝土安全壳，厚度达1米，对压力的耐受大于日本事故核电站钢制安全壳的70kg/cm^2；3、最重要的一点，完善的应急预案和处理机制。

**上海市辐射环境监督站总工程师戈立新**

**时间：2011-7-14**

**地点：上海市辐射环境监督站**

**采访对象：戈立新总工程师**

**整理：张彦青**

1、简单介绍上海辖区及周边的核电情况

在上海辖区内，没有核电站等设施，仅有的是和技术利用单位，利用放射源、放射线装置，大多是用于生产、医疗用途。因此，环保局的监控仅限于核技术利用单位。由于在上海辖区内并没有直接的核电设施，因此就没有投入大量精力。

在上海周边主要分布的有以下几个核电站：距离上海38公里的秦山核电群、距上海北400公里的连云港核电站、距上海2000公里的广东大亚湾核电站。

同时也有一批正在兴建的核电站，分布山东、浙江山门、福建福清等县。

国家核电发展规划指出——根据保障能源供应安全，优化电源结构的需要，统筹考虑我国技术力量、建设周期、设备制造与自主化、核燃料供应等条件，到2020年，核电要大规模、有序地发展。但是同时，核电站的建立是有着严格的审批程序的。

2、老师认为，日本福岛核电站之所以影响如此严重，是因为日本当局并未采取及时措施。

一般，当核泄漏灾害发生之后，按照国际惯例和国家规定，会划分出一块方圆30公里的应急相应区，在这块区域中，核电厂本身应该要采取控制措施，而在应急相应区外，视情况而定，不一定会采取措施。

每一个核电厂都应该有自己的应急预案，同时政府也要发挥一定作用。首先，对于核电厂的监管，如核电厂的日常运行情况，周围的检测措施等等。其次，政府要制定事先的应急预案，发生核泄漏后，应该如何面对民众、应对危机。

总的来说，核电厂的主要职能是为了不让核泄漏发生，或在发生事故后减轻影响。政府的主要职能则是进行核技术监控，同时减轻核灾害对于民众的影响，比如有效地组织民众撤离灾害发生地，发放民众碘片等措施。

总的而言，老师说我们国家的应急响应预案制定的较为完备，若有核泄漏发生，会响应的很快。这一点也是与日本互相推耸责任所不同的一点。

3、中国政府的核监控措施

常态监控主要是以对于辐射剂量率的测定。比如γ辐射剂量率的指标是每时每刻都在检测的。在日本福岛核电站泄露事件发生之后，辐射监督站的核监测数据是每日上报给国家环境部门，并及时在国家环境部网站、省市环境部网站上时时公布。在核泄漏风波过去之后，这些数据仍在监测，只是开始转变为定期上报。

在应急预案上，分为短放射期和长放射期预案。面对放射性元素周期较短的，政府往往采取封锁核泄漏区域，等待放射性元素的半衰期过去，自然而然地消除核辐射的影响。而对于长放射期元素的话，便开始了积极有效的人工控制，但这一控制，会在不同程度上受到人力、财力的限制。

对于民众而言，其本身是不具有应对核辐射的能力，也就是说相对的，民众基本上是没有办法的。因此需要政府在前期广泛地进行科普宣传，比如核辐射发生后的应对措施，避免造成如3月份核恐慌后的抢盐事件出现。在灾害发生以后，政府的监控举措要公开、时时监测也要积极公布，在关键时刻，面对并没有有效控制方法的核泄漏，政府强有力的举措才能给民众一颗定心丸。

4、关于核电发展的悖论——效率为重还是安全为重。

核电发展首先需要考虑的是地理因素。日本处于地震带，并不适合发展核电，但是为了本国的发展却不得不做，这是种冒险行为。

而在我国的话，核电站的选址是有严格规定的，我国并不允许在地震带搞核电站，选址是考虑所处地势环境、对周围的生态环境影响等种种因素综合考虑的。

对于我们国家而言，需要大量能源，尤其是化石能源缺口较大，更多的依赖进口，这严重威胁着国家安全，因此发展有效的能源对于我国未来的发展至关重要。从这个出发点来看，开发核电站、应用核电技术是相对的较优之选。

核电能源是个相对的清洁能源。虽然在初期投入核电站的建设比较大，但是在投入运行，踏上运行轨道之后，后期的投入比较少，核电站发电的功率较大，跟风能、水力、太阳能发电相比，不受自然影响。同时，与水力发电对生态影响较大相比，核电站对生态基本并无影响，当然这是在核电站正常运行，并未发生核泄漏的情况之下。同时我们要认识到的是，一旦发生核泄漏，它的后期处理远远比其他几种方式麻烦。因此这就需要我们发展核电的时候，防患于未然。

而对于核电站的堆芯选择也是保障其安全至关重要的一点。日本福岛核电站采用的是沸水堆，虽然便宜，但是安全性很低。相比较而言，我们国家的堆芯主要是以压水堆为主，少量的重水堆，保障了核电发展的安全系数。

总的来说，核电站的安全率还是比较高的，目前发生核事故的概率相对很低，在10^-6概率，即运行一年核电站，发生核事故的概率仅有百万分之一。因此，对于核电站的管理至关重要。按照国际核电发展的通行惯例，对于核电站的日常管理采取纵深管理的方式，往往采取六道关口甚至更多，一旦发生核泄漏等事故，只要控制住其中一道关口，就可以有效遏制核事故的大规模扩散。

同时，可以借鉴国外的优秀技术。比如法国，百分之七十的能源都是靠核能提供，却鲜有重大核事故发生。他们通过自己的运行经验，发展了一套有本国特色的核电技术。法国安全又成功的核电经验应当要借鉴，比如我国的大亚湾核电站就是引入的法国核电技术。于此同时，我国又同时引进核弹安全文化，由于国际上拥有相对成熟的核电经验、对于预防控制核事故有着更完善的制度，引入很有必要。但同时，我们也要进行自身发展，从技术本身的设计上提高固有安全性，发展有关的知识产权。在运行管理制度上、人员培训上配备更高的安全理念。无论是从技术上还是思想上都从源头将核灾害的危险控制住。

**复旦大学现代物理研究所扬扬博士**

**时间：2011-7-14**

**地点：复旦大学现代物理研究所**

**采访对象：扬扬博士**

**整理：徐力骄**

采访内容采访内容：（学：采访学生；扬：扬扬博士）

学：核电站的工作原理？

扬：核反应分为裂变和聚变。由于核聚变的控制技术上存在难题，现在大都用裂变反应的能量发电。

学：具体的呢？

扬：不同的核电站不一样，但一般都是分为两部分：一部分把核能转化为热能，另一部分把热能转化为电能。

学：能具体说说核电站有哪些类吗？

扬：主流的就是分轻水和重水两种。中国主要用的是轻水和重水反应堆。轻水又分为沸水和压水两种。再具体的我也不清楚。

学：各自的好坏和优劣？

扬：简单的说，轻水的成本较低也较安全，但对燃料要求较高。重水则相反。

学：安全呢？

扬：非常好。只要不出现人工失误，基本没有问题。核电站的安全措施是相当好的。历史上的核电站问题都是人的问题。

学：对于中国发生类似日本核泄漏的看法？

扬：基本不会。中央政府对于这一类事情还是比较重视的。而且万一有了事情，地方上一般不会像日本那样隐瞒。

1. **参考文献**

[1] 缪学勤. 采用纵深防御体系架构,确保核电可靠安全 [J]. 自动化仪表, 2011, 32 (2) .  
[2] 鲁志强,熊贤良. 对我国核电产业发展战略和政策的建议 [J]. 核动力工程, 2000, 21 (1) \_5 .  
[3] 樊明武. 发展核电保护环境 [J]. 太原理工大学学报, 2010, 41 (5) .  
[4] 高良润. 发展我国风力发电 [J]. 排灌机械, 2009, 27 (2) \_3 .  
[5] 俞海淼,周海珠,裴晓梅等. 风力发电的环境价值与经济性分析 [J]. 同济大学学报（自然科学版）, 2009, 37 (5) \_5 .  
[6] 雷亚洲,Gordon Lightbody. 风力发电与电力市场 [J]. 电力系统自动化, 2005, 29 (10) \_5 .  
[7] 张爱华. 高峰:核电安全标准应是"万无一失" [J]. 社会观察, 2011, (4) \_1 .  
[8] 段志勇,赵凤娟,黄海涛等. 国际核电发展动态及我国核电发展的思考 [J]. 黑龙江电力, 2009, 31 (3) \_3 .  
[9] 欧阳予,汪达升. 国际核能应用及其前景展望与我国核电的发展 [J]. 华北电力大学学报, 2007, 34 (5) \_10 .  
[10] 李静,陈军. 核电安全分析 [J]. 湖北电力, 2009, 33 (3) \_3 .  
[11] 金杰坤. 核电发展与环境保护 [J]. 湘潭师范学院学报(自然科学版), 2008, 30 (3) \_2 .  
[12] 马文军. 核电准入——安全之"槛" [J]. 中国核工业, 2010, (4) .  
[13] 刘磊,奚树人. 核事故应急中的决策方法 [J]. 核动力工程, 2001, 22 (3) \_5 .  
[14] 石海松. 建设期间核电企业安全文化培育的实践与探索 [J]. 中国电力教育, 2010, (10) .   
[15] 汤鑫华. 论水力发电对生态环境的影响 [J]. 水电与新能源, 2010, (5) .  
[16] 刘晓林. 漫谈风力发电 [J]. 电气应用, 2009, 28 (3) \_4 .  
[17] 姜子英. 我国核电与煤电环境影响的外部成本比较 [J]. 环境科学研究, 2010, 23 (8) .  
[18] 姜子英,程建平,刘森林等. 我国煤电的外部成本初步研究 [J]. 煤炭学报, 2008, 33 (11) \_4 .  
[19] 王芷. 中国的核电发展 [J]. 科技导报, 2010, 28 (11) .

[20]骆邦其 陈巧艳 唐文忠 60万千瓦核电站严重事故情况下安全壳内的氢气浓度分布与消氢系统初步分析[J]. 核工程研究与设计 2005.01:1-6  
[21]邹树梁 世界核电发展的历史、现状与新趋势[J]. 南华大学学报 2005.12:38-42  
李静 陈军 核电安全分析[J]. 湖北电力 2009.06:64-68  
[22]袁明豪 周拥辉 于雪良 翁方俭 CPR1000与AP1000核电站蒸汽发生器传热管破裂事故分析研究[A]. 中国核科学技术进展报告——中国核学会2009年学术年会论文集（第一卷·第3册）2009