

绿色核能科普宣传大纲

为全面贯彻落实《全民科学素质行动计划纲要实施方案（2016—2020年）》，广泛普及核科学技术知识，宣传绿色核能发展理念，提升全民科学素质，结合核科学技术及核能应用实际，特制定《绿色核能科普宣传大纲》（以下简称《大纲》）。

一、适用范围和目的

《大纲》适用于指导各级涉核企事业单位、高校、科研院所、有关社会团体和宣传媒体组织实施绿色核能科普和新闻宣传工作。本《大纲》作为开展绿色核能科普宣传的指导性文件，其目的是提出现阶段我国绿色核能科普宣传的基本内容和要求，加强对各类核能科普宣传工作的宏观指导，促进核能科普宣传工作的有效实施，推进核安全文化建设，提高社会公众对核科学技术的科学理性认识，为促进核能安全发展及和平利用营造良好社会氛围。

二、指导原则

创新开展核能科普宣传工作。要做好顶层设计、制定科普宣传工作程序，建立政府主导、政企合力、上下贯通、统筹推进的工作模式。组织开展主题性、全民性的核科普活动，正确引导社会舆论、保持信息公开透明，增强核能科普工作的科学性、权威性和长效性，促进核能科普常态化、广覆盖。要回应社会关切，加强解疑释惑，根据不同受众的特点，抓住绿色核能热点问题，设计科普宣传形式和内容，增强绿色核能科普宣传效果。

三、科普宣传主要内容

（一）中国核工业发展历程

1. 中国核工业创建。根据前期我国核科学研究基础，结合国际局势深刻变化与国家安全发展的需要，1955年1月15日，毛泽东主席主持召开中央书记处扩大会议，作出创建中国原子能事业的战略决策。60年来，在党中央正确领导下，在全国各行各业大力协同和全国各族人民大力支持下，中国建立了世界上只有少数国家拥有的完整的核科技工业体系，打破了帝国主义国家的“核垄断”与“核讹诈”，并实现了核能大规模和平利用，缩短了我国在一些重要科技领域与发达国家的差距，为国家经济社会发展、增强国家综合实力、保障国家能源安全、提高人民生活水平作出了重要贡献。

2. 兴核强国 扬我国威

(1) “一堆一器”建成。1958年9月27日，中国第一座重水反应堆和第一台回旋加速器在原子能所建成投用。《人民日报》发表社论，报道说：“一堆一器”的建成，“标志着我国已经跨进了原子能时代”。

(2) “五厂三矿”建设。在研制“两弹一艇”的过程中，我国逐步建立了一套独立完整的核工业体系，包括铀地质矿冶、铀浓缩、燃料和元件制造、生产钚的反应堆、后处理厂、铀钚冶金与加工、核武器研制、试验基地等在内的门类齐全的核工业体系。

(3) “两弹一艇”研制。邓小平指出：“如果60年代以来中国没有原子弹、氢弹、没有发射卫星，中国就不能叫有重要影响的大国，就没有现在这样的国际地位。这些东西反映一个民族的能力，也是一个民族、一个国家兴旺发达的标志。”中国坚持“独立自主、自力更生”的方针，成功研制出原子弹、氢弹、核动力潜艇，打造了保卫国家的“核盾牌”，标志着我国进入了核大国行列，使我国的国防实力

发生质的飞跃。有效的核威慑是保证我国长治久安、避免外部侵略的压舱石。

3. 和平利用 造福于民

(1)“发展核电”为国民经济建设服务，核工业进行了艰苦卓越的第二次创业，取得了举世瞩目的成就。

(2)“秦山核电站”结束了我国大陆无核电的历史，实现了“零的突破”，是我国和平利用核能的重要里程碑，被誉为“国之光荣”。秦山核电站的建成，标志着中国核工业的发展上了一个新台阶，成为中国军转民、和平利用核能的典范，使中国成为继美国、英国、法国、前苏联、加拿大、瑞典之后世界上第7个能够自行设计、建造核电站的国家。1997年获国家科技进步奖特等奖。

(3)“大亚湾核电站”是我国大陆首座引进先进技术、设备和资金建设的百万千瓦级大型商用核电站。在人才培养、施工管理、调试运行等方面为我国百万千瓦级商用核电站自主化和国产化积累了经验，为我国高起点的建设和管理大型核电站提供了宝贵经验，为我国追赶国际先进水平、实现核电事业跨越式发展奠定了基础，是改革开放的一大成果。

(4)“秦山二期核电站”是我国自主设计、自主建造、自主运营的首座大型商用压水堆核电站。它成功地吸收、借鉴了国内外核电设计、建造的先进经验，采用了当今世界上技术成熟、安全可靠的压水堆型，以大亚湾核电站为参考，按照国际标准设计建造并取得了成功，是我国核电自主化的重大跨越。2004年获国家科技进步奖一等奖。

(5)“核电快速发展”我国大陆核电从上世纪70年代起步，在坚持自主发展的同时，积极利用国外先进技术和管理经验，促进了我

国核电技术的快速发展，截止到 2019 年 1 月 20 日，我国大陆地区投入商业运行的核电机组共 45 台，装机容量 4590 万千瓦；在建核电机组 11 台，装机容量 1218 万千瓦。核电在提升我国综合经济实力和工业技术水平、改善能源结构中正发挥着越来越重要的作用。

(6) “跻身国际一流”，华龙一号成为新时代我国的一张名片，中国核电工程质量全球第一、运行业绩全球第一、运行安全记录全球第一。

(7) “先进核燃料循环体系”助力我国进入核能发展的新阶段，我国已建成较为完整的核燃料循环体系，铀矿采冶新技术成功采用，铀转化与铀浓缩技术进一步提升、产能不断扩大，核燃料元件实现国产化，核电站乏核燃料后处理取得零的突破。放射性废物管理水平不断提高。特别是以快堆为代表的第四代核能系统的发展，为核能高安全、大规模、可持续、环境友好的发展开创了新局面。先进核燃料循环体系的建立，可以把铀 238、钍 232 等高效利用，千年之内无需担心能源供给问题。

(8) “核技术应用产业”快速发展，核技术在我国工业、农业、医学、资源、环境、公共安全、国防、考古、科研等领域广泛应用，取得了显著的社会效益和经济效益，为我国国家安全、经济发展、科技进步、人们健康作出了重要贡献。

4. 安全发展 创新发展。习近平总书记在我国核工业创建六十周年时指出，核工业要坚持安全发展、创新发展，坚持和平利用核能，指明了核工业新时期的发展道路。核工业是高科技战略产业，是国家安全重要基石。当前，我国核工业正处于由大到强的关键时期。认真贯彻落实习总书记要求，全面提升核工业的核心竞争力，具有重要的

战略意义。

(1) “自主研发的科研设施”。上海同步辐射光源，中国先进研究堆(CARR)及中子科学平台，中国绵阳研究堆(CMRR)，100MeV质子回旋加速器，北京正负电子对撞机，兰州重离子加速器，中国环流器二号A装置(HL-2A)，全超导托卡马克实验装置(EAST)，中国散裂中子源，加速器驱动嬗变研究装置，核燃料后处理放化实验设施。

(2) “核能及产业链”。华龙一号，CAP1400，高温气冷堆，多用途模块化小型堆，中国实验快堆，新型地浸采铀技术，核电站关键设备研制，后处理中试厂，5兆瓦低温供热堆。

(3) “主要核科学技术研究单位”。中国原子能科学研究院，中国工程物理研究院，中国核动力研究设计院，核工业西南物理研究院，核工业北京地质研究院，核工业北京化工冶金研究院，核工业天津理化研究院，中国辐射防护研究院，上海核工程研究设计院有限公司，中广核研究院有限公司，中科院等离子研究所，中科院高能物理研究所，中科院近代物理研究所，清华大学核能研究设计院等。

(4) “主要生产基地”。中国铀业有限公司，北方核燃料元件有限公司，建中核燃料元件有限公司，兰州铀浓缩厂，乏燃料后处理厂，中低放废物处置库，天津机械公司等。

(5) “主要涉核高等院校”。清华大学，北京大学，上海交通大学，西安交通大学，哈尔滨工程大学，哈尔滨工业大学，兰州大学，四川大学，中国科技大学，南华大学，华东理工大学，核工业研究生部，中国工程物理研究院研究生部。

5. “两弹一星”精神。“热爱祖国、无私奉献，自力更生、艰苦奋斗，大力协同、勇于登攀”。“两弹一星”精神，是爱国主义、集

体主义、社会主义精神和科学精神的集中体现，其核心为科技创新精神，是中国人民在 20 世纪为中华民族创造的新的宝贵精神财富。“两弹一星”精神不仅促进了国防事业的发展，而且带动了科技事业的发展，培养了一批吃苦耐劳、勇于创新的科技队伍，极大地增强了中国人民的信心，推动了我国社会主义事业的发展。

6. “两弹一星功勋奖章”获得者。1999 年 9 月 18 日，中共中央、国务院、中央军委表彰研制“两弹一星”做出特殊贡献的科技专家。核科技工业系统受到表彰并获得“两弹一星功勋奖章”的有 11 位功臣。他们热爱祖国、无私奉献，自力更生、艰苦奋斗，大力协同、勇于登攀，在科学上取得了重大成就，在事业上为国家做出了重大贡献，他们以身许国，是中国的“核脊梁”。11 位在核科技工业系统获得“两弹一星功勋奖章”的功臣是（以姓氏笔画为序）：于敏、王淦昌、邓稼先、朱光亚、吴自良、陈能宽、周光召、钱三强、郭永怀、程开甲、彭桓武。

（二）绿色核能基本知识

1. 核科学发展重要事件

1895 年，伦琴发现 X 射线

1896 年，贝可勒尔发现天然放射性现象

1897 年，汤姆逊实验发现电子；卢瑟福和汤姆逊发现放射性的产物 α 射线和 β 射线

1898 年，居里夫妇先后发现放射性元素钋和镭

1905 年，爱因斯坦提出狭义相对论

1911 年，卢瑟福提出核原子结构模型

1916 年，爱因斯坦提出广义相对论

1919 年，卢瑟福实现人工核反应

1923 年，康普顿发现康普顿效应

1932 年，查德威克发现中子

1934 年，约里奥-居里夫妇实现核反应生产人工放射性核素

1938 年，哈恩和斯特拉斯曼发现核裂变现象

1942 年，费米启动世界第一座核反应堆

2. 什么是衰变。放射性核素是不稳定的，原子核会自发释放出粒子，并变成另一种元素，这种现象就是衰变。这些放射出的粒子统称辐射。由不稳定原子核发射出来的辐射可以是 α 粒子、 β 粒子、 γ 射线或中子。

3. 质能转换理论。1905 年，爱因斯坦在狭义相对论的研究基础上，导出了著名的“质能转换公式： $E=mc^2$ ”。他认为物质和能量是同一种事物的两种不同形式，物质可以转变为能量，能量也可以转变为物质。当一定量的物质消失时，就会产生一定量的能量。其定量关系是：产生的能量 E 等于消失的质量 m 乘以光速 c 的平方。由于光速很大，因此很少量的物质也能产生极大的能量。如果 1 克物质转化为能量，这些能量可以供给一只 100 瓦的灯泡点亮 35000 年。

4. 核裂变。核裂变是指由重的原子核分裂成两个或多个质量较小的原子的一种核反应形式。原子弹或核能发电厂的能量来源就是核裂变。裂变只有一些质量非常大的原子核像铀、钍和钷等才能发生核裂变。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，同时放出二个到三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，这些能量被

称为原子能。1 千克铀-238 的全部原子核的裂变将产生 20,000 兆瓦小时的能量，与燃烧至少 2000 吨煤释放的能量一样多，相当于一个 20 兆瓦的发电站运转 1,000 小时。

5. 核聚变。核聚变是由两个轻的原子核结合成一个较重的原子核的核反应过程。聚变反应会释放出巨大的能量。就单位质量而言，聚变释放的能量要比裂变释放的能量大 3~4 倍。核聚变反应是在高温、高密度与高能量约束状态下的等离子体中实现的。包括太阳在内的大多数星体释放的能量便是来源于高温氢等离子体中的高能氢核聚合成氦核（粒子）的核聚变反应。核聚变能具有能量密度高、原料储量丰富、安全环保清洁等特点，是人类未来理想的主力能源。核聚变燃料之一的氘广泛地分布在海水中，1 升海水中含的氘全部聚变反应所产生的能量与 300 升汽油完全燃烧所释放的能量相当，海水中氘的储量可供人类使用几十亿年。核聚变能是目前认识到的最终解决人类能源问题的最重要途径之一，研究核聚变、开发核聚变能具有极其重大的科学意义和战略意义。但实现聚变条件苛刻，目前聚变能的应用尚处于研发之中。

6. 核反应堆。又称为原子能反应堆，是能维持可控自持链式核裂变反应，以实现核能利用的装置。人类第一台核反应堆由美国籍意大利著名物理学家恩利克·费米领导的小组于 1942 年 12 月在美国芝加哥大学建成，命名为芝加哥一号堆（Chicago Pile-1）。该反应堆是采用铀裂变链式反应，开启了人类原子能时代，芝加哥大学也因此成为人类“原子能诞生地”。根据用途，核反应堆可以分为以下几种类型：

(1) 研究堆。将中子束用于实验或利用中子束来进行基础科学

和应用科学的研究，包括研究堆、材料实验堆等。

(2) 生产堆。利用核裂变放出来的中子来生产核燃料、核裂变物质，或者进行工业规模的辐照的反应堆。

(3) 动力堆。利用核裂变释放的能量来产生动力。主要包括用于发电的核反应堆，提供取暖、海水淡化等用的热量的核反应堆，用于推进船舶、飞机、火箭等的核反应堆等。

7. 粒子加速器。利用电场和磁场的结合，操纵粒子（比如质子）沿着一定的轨道直线或环运动，同时把它们提升到越来越高的能量水平，让这些粒子碰撞，并产生大量碰撞产物。根据爱因斯坦的质能转换公式，能量越高，产生大质量粒子的可能性越大。科学家通过设置在对撞点的探测器，寻找这些转瞬即逝的新粒子，从而使一些基础科学的推论得到验证，是核物理研究的重要工具。加速器包括直线加速器、回旋加速器、同步加速器等多种形式。加速器能够产生多种射线，射线辐射技术在工程、医药、生物学等方面有着广泛的应用，在辐射加工、无损检测、辐照育种、杀虫灭菌、医用诊疗等多个领域发挥了作用。

8. 中国科学家的贡献

(1) 吴有训与康普顿效应。吴有训是中国著名物理学家、教育家，清华大学物理系创建者之一。1923年，吴有训成为阿瑟·康普顿的研究生。同年，康普顿发现“康普顿效应”。吴有训改进了实验方法，证明了康普顿效应的普遍性。1927年，康普顿荣获诺贝尔物理学奖，康普顿晚年曾对杨振宁说，他一生最得意的学生就是吴有训。

(2) 赵忠尧与正负电子湮灭。赵忠尧是中国著名核物理学家，中国核物理研究的开拓者。1927年，赵忠尧赴美国加州理工学院留

学，师从密立根教授。他在研究“硬 γ 射线通过物质时的吸收系数”过程中，测量到反常吸收和特殊辐射现象。1932年，美国学者安德逊以发现正电子获得诺贝尔奖，安德逊谈到，正是赵忠尧的发现引起了他的极大兴趣，激发了他当时研究的计划。

(3) 王淦昌与“反西格玛负超子”。王淦昌是中国实验原子核物理、宇宙射线及基本粒子物理研究的主要奠基人和开拓者，“两弹一星”元勋，1930年赴德国留学，师从莉泽·迈特纳。1941年王淦昌在美国《物理评论》上发表论文，提出验证中微子存在的实验方案。1959年王淦昌发现“反西格玛负超子”，苏联《自然》杂志评价：“实验发现反西格玛负超子是在微观世界的图像上消灭了一个空白点。”

(4) 钱三强与铀三裂变。钱三强是中国著名核物理学家，中国原子能科学事业的创始人，“两弹一星”元勋。1937年，钱三强赴法国留学，导师是约里奥-居里夫妇。钱三强于1946年发现了“铀的三裂变现象”，1947年发表《论铀的三分裂的机制》，对“三裂变”进行了详细论证，引起了当时世界核物理界的高度重视。

(三) 核电的高效与安全保障

1. 核能发电基本原理。核能也称原子能，是原子核结构发生变化时释放出来的巨大能量，包括裂变能和聚变能两种主要形式。目前核能发电利用的是裂变能。以压水堆核电站为例，它以核反应堆为锅炉，以核燃料在反应堆中的核裂变产生的热量加热一回路高压水，一回路水通过蒸汽发生器加热二回路水使之变为蒸汽。蒸汽通过管路进入汽轮机，推动汽轮发电机发电，发出的电通过电网送至千家万户。整个过程的能量转换是由核能转换为热能，热能转换为机械能，机械能再转换为电能。核电站可分为两部分，一是核岛，包括反应堆厂房、辅

助厂房、核燃料厂房和应急柴油机厂房。二是常规岛，包括汽轮发电机厂房和海水泵房。我国目前核电站采用的堆型有，压水堆、重水堆、高温气冷堆和快中子堆。

2. 中国核电发展概况。核能利用是 20 世纪人类科学技术发展的重大成果之一，其中，核电的发展对促进经济社会发展、保障能源供应、减少二氧化碳等温室气体排放发挥了重要作用。我国大陆核电从上世纪 70 年代初开始起步，40 多年来，核电事业得到了长足的发展。核电在提升我国综合经济实力和工业技术水平、改善我国能源结构中正发挥着越来越重要的作用。我国在核电技术、运营及制造能力均具有突破性的进展。截止到 2019 年 1 月，我国大陆地区投入商业运行的核电机组共 45 台，装机容量 4477 万千瓦；在建核电机组 12 台，装机容量 1390 万千瓦。根据“十三五”能源规划，到 2020 年我国大陆地区将实现 5800 万千瓦投运、3000 万千瓦在建的目标。在核电建设方面，坚持热堆、快堆、聚变堆“三步走”技术路线，近期以百万千瓦级先进压水堆为主，积极发展高温气冷堆、商业快堆和小型堆等新技术。

3. 核电安全性。核电厂是利用铀原子核裂变释放出巨大能量来发电的，这些能量是可控的，所以人们不用担心核电厂会发生“核爆炸”。反应堆一般设有三道屏障，即燃料元件包壳、压力容器和安全壳。通过纵深防御和层层设防，在核电厂运行过程中产生的放射性物质被严密包裹在相应的核设备中，是难以泄漏到环境中去的。在正常运行情况下，核电厂不会对公众健康产生影响。

4. 核电清洁性

(1) 核电是清洁的能源。它在节省煤炭、石油和天然气等不可

再生能源消费的同时，减少了二氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、烟尘等对大气的污染，减少了雾霾等极端天气的发生，有效地促进了环境保护。核电属于低碳能源，一座百万千瓦电功率的核电厂和燃煤电厂相比，每年可以减少二氧化碳排放 600 多万吨、有毒重金属近 400 吨，是减排效应最大的能源之一。

(2) 核电站的废物管理。核电站在运行过程中会产生核废物，一座百万千瓦级的核电站，一年只产生 100 立方米的低、中放射性废物和 3 立方米的高放射性废物，其废物量仅为同等规模燃煤电站的十万分之一。核电站建有完善的气体、液体、固体废物处理设施。经过滞留衰变、吸附过滤、蒸发浓缩、压缩减容、固化装桶、废物库储存等措施，核废物对环境的影响是微乎其微的。

(3) 乏燃料管理与核燃料循环废物管理安全性。乏燃料后处理后处置与直接处置，都是安全的，其中虽然有长寿面放射性核素，但不会发生集中释放、瞬时释放。经过整備后再地下处置，经过安全评价与分析，对环境与公众的影响比可接受的标准低 2-3 个数量级。因此这些核废物管理是安全可靠的，不会给后代环境带来影响。

5. 核电经济高效性

(1) 核电的经济性。与火电相比，核电最大优势是运行费用很低。首先，设备可靠性高，可以连续满功率运行 12 个月以上，单位机组的利用率远远高过常规电站。其次，核电机组的燃料总费用只占发电成本的 15% 左右：而火电的燃料费用要占到发电成本的三分之二以上。随着煤炭石油等化石能源供应的紧缺，核电的价格优势就更加明显。

(2) 核电的高效性。火电站利用化石燃料的燃烧所释放出的化学能来发电，核电站则利用核燃料的核裂变反应所释放的核能来发电。

一座百万千瓦级的核电厂，每年只需要补充 30 吨核燃料，而同样规模的火电厂每年则需要烧煤 300 万吨，30 吨核燃料一辆重型卡车即可拉走，而 300 万吨原煤，则需每天要有一列 40 节车厢的火车拉煤。可见，核电相对煤电而言其高效性是明显的。

（四）核燃料循环。核燃料循环包括放射性矿产资源勘查、开采冶炼、纯化转化、同位素分离、燃料元件制造、乏燃料后处理和放射性废物处理处置等环节。

1. 铀矿勘探开采。铀矿勘探是对已具有工业价值的矿床或经详查圈出的勘探区，针对不同成因类型矿床的成矿特征，相应开展地质、物探、化探、开采技术条件等工作，对铀矿床做全面的工业评价，编写矿床储量报告等。

2. 铀同位素分离。天然铀中铀 235 的含量仅为 0.72%。铀同位素分离是由铀 235 含量较低的铀同位素混合物，获得铀 235 含量较高的铀同位素混合物的同位素分离技术。铀同位素分离在核燃料循环中占极重要的地位。铀 235 含量大于天然含量的铀称为浓缩铀。浓缩铀可用作反应堆的燃料（通常含量在 5%以下），还可用作核武器的装料（含量在 90%以上）和舰艇的核动力燃料（含量在 20%左右）。分离铀同位素的方法主要有气体扩散法、离心法、喷嘴法、激光法、化学交换法、等离子体法等。具有工业价值的是气体扩散法和离心法，激光法的工业应用已经取得重大进展。

3. 核燃料元件制造。核燃料元件泛指核反应堆内具有独立结构的燃料使用单元，通常指由燃料芯体和包壳组成。核裂变释放的热通过燃料元件导出，并传给载热介质。核裂变产生的带有强放射性的裂变产物阻留在燃料元件内避免释放出来。不同类型反应堆由于物理、热

工特性不同，因而燃料元件的形状、结构，核燃料的组分和形式各不相同。燃料元件一般由燃料芯块和包壳及其结构件组成。多数反应堆采用棒状燃料元件，再将许多根棒状燃料元件组装起来成为燃料组件。燃料元件的制造工艺繁杂，包括冶金、热处理、机械加工、表面处理、理化分析、无损检测等。

4. 乏燃料后处理。也称核燃料后处理。核燃料在反应堆“燃烧”后卸出称之为乏燃料。后处理是从乏(核)燃料中提取未用完的铀和新生成的钚以及其他有用物质的复杂化学化工过程。经过后处理可以回收 99%以上的铀和钚，以及其他有用的放射性同位素加以利用。回收的铀钚可以复用，实现铀资源的充分利用。后处理过程一般包括乏燃料冷却、首端处理、化学分离、铀钚尾端以及放射性废物管理等过程。

5. 放射性废物处理处置。放射性废物是指含有放射性核素的物质，其放射性浓度或活度水平超过国家规定限值的气、液、固态废弃物，主要来自核燃料循环生产科研过程、核电站运行。放射性废物处理是对放射性废物进行最终处置的过程，包括：收集、分类、浓缩、焚烧、压缩、去污、固化、包装、运输和储存等。废物处理的目标是尽量减少放射性废物的体积，以减少储存、运输和处置的费用；并尽可能回收或复用，减少向环境的释放。释放的放射性总量和浓度必须符合有关规定。废物的管理必须遵守相关法律法规及标准的要求。

(五) 核技术应用

1. 核技术应用的基础和手段。核应用技术是利用同位素和电离辐射与物质相互作用所产生的物理、化学及生物效应，来进行应用研究与开发的技术。同位素与辐射技术的应用，深化了农业的绿色革命，

促进了工业的技术改造，提高了人类征服疾病的能力，推动了环保事业的发展。

每种元素的原子核中的质子数是固定不变的，但中子数却往往不同，这种具有相同质子数、不同中子数的核素叫做同位素。大多数同位素的原子核都是不稳定的，会自发的放出电磁辐射或粒子，而转变成另一种原子核，或过渡到另一种状态。能自发地放出射线的同位素，叫做放射性同位素。利用射线与物质的相互作用，放射性同位素在国计民生中得到广泛的应用，在核技术应用中占有重要的地位。

电离辐射种类繁多，常见的类型有电离辐射、带电粒子射线、以及不带电粒子射线。核技术应用就是利用各种电离射线与物质的相互作用来进行研究和生产等活动。

2. 核医学诊断与治疗。核医学是放射性同位素在医学领域的应用，利用放射性同位素产生的电离辐射来进行诊断和治疗。它集合了核技术、电子技术、计算机技术、化学、物理和生物学等现代科学技术，是放射诊疗的重要组成部分。核医学诊疗方法还是重要的医学研究手段，通常新药在试用于临床之前，都要用放射性同位素加以标记，以研究药物代谢的规律。

(1) 核医学诊断。应用核医学检查，不仅能无创伤性地显示机体内不同器官组织的形态结构，而且同时可以分析组织的生理及代谢变化，对器官组织的功能做出判断，具有安全、可靠、快速、灵敏等优点。主要包括：体外放射免疫分析、正电子发射计算机断层显像(PET-CT)、单光子发射计算机断层显像(SPECT)等。

(2) 放射治疗。肿瘤的放射治疗是目前临床上较为理想的治疗手段。放射治疗是使用放射源或将放射性核素引入体内，利用其发出

的射线的电离作用破坏病变组织或改变组织代谢，杀伤病变细胞而达到治疗的目的。其特点是患者无痛苦，安全、简便、疗效好、并发症少，对许多疾病的治疗有着不可替代的作用。主要包括：放射性核素治疗，质子、重离子、中子治疗等。

3. 辐射育种、辐射防治虫害与食品保鲜。农业核技术是现代农业科技发展的重点领域之一，我国早在 20 世纪 50 年代就开展同位素与辐射技术应用于作物育种、土壤肥料、病虫害防治、畜牧、水产、农业和环境保护等领域的研究，对农业科学技术进步和农业生产的发展生了深刻影响，取得了显著的经济效益和社会效益。

(1) 利用辐射诱变技术选育农作物新品种，利用放射性同位素放出的 α 、 β 、 γ 和中子射线及加速器产生的电子束，照射农作物的种子、花粉、植株或枝条等，引起农作物内部的遗传基因的改变，从而产生各种各样的变异甚至是自然界没有的变异。辐照过的种子、植株，经过人工几代选择和培育，便可获得新的优良品种。

(2) 昆虫辐射不育技术，是一项无公害的生物防治新技术。它利用放射性同位素钴-60，铯-137 放出的 γ 射线或加速器产生的电子束，对害虫的虫蛹或成虫进行一定剂量的照射，使其雄虫失去生殖机能，从而断子绝孙，它既可灭绝害虫又不产生公害。

(3) 食品辐照加工技术，应用 γ 射线或电子束杀死食品中的寄生虫和致病菌，提高食品的卫生质量和延长食品保藏期，而不影响食品的品质。它是继食品罐藏加热、冷冻保藏技术之后的一种食品加工新技术。

4. 辐射加工。辐射加工是采用电离辐射对材料进行加工处理的一种工艺过程。其主要优点在于：加工温升小，有利于热敏材料的加工；

电离辐射的穿透性可对包装好的物品进行处理，或实现固体物质的反应与改性；加工体系内不需催化剂和化学添加剂，产品纯净、无化学残留；加工过程控制方便而且高效快速，易于实现规模化连续生产。主要应用于生产辐射交联的电线电缆、热缩材料、印染助剂发泡材料，进行辐射固化、新材料制备等。

5. 同位素示踪。放射性同位素示踪技术是同位素技术应用的一个重要方面。利用放射性同位素作为示踪剂，可以了解人们看不见、摸不着的一些物理变化和化学变化，在化工、石油、冶金、机械、水利等众多领域发挥了重要作用。

6. 核探测技术应用。同位素与辐射技术在打击走私和恐怖主义活动、保障人民生命安全和健康方面发挥了重要作用。如：放射性物质及爆炸物检查系统、反恐核侦查车、杀灭炭疽菌的自屏蔽式电子束辐射灭菌加速器、打击走私犯罪的集装箱检查系统等。

7. 环境保护。随着世界经济的高速发展和人口的增长，人类在创造丰富的物质财富的同时，也给地球造成了严重污染。为了改善人类生存环境、保护人类赖以生存的地球和节约资源，推动社会、经济的可持续发展，世界各国已普遍重视并联合行动对环境进行治理。采用辐射技术可处理城市和工业的废气、废水和固体废弃物。

8. 空间核动力。空间核动力指将核能转换成电能并供给航天器或电推力火箭使用的设备总称。它具有重量轻、体积小、抗辐射能力强、寿命长及窗口利用率高等特点，可在远离太阳的星际航行中应用。空间核动力技术融核能、航天、材料、信息、控制、环境等科学为一体，是一门综合性的前沿科学技术，是国家战略核心技术。它的研发和应用将对国防军事、民生经济、科学探索以及拓展人类生存空间、

开发宇宙资源、增进人民福祉、推动社会进步产生重大影响。

(1) 核电池。放射性同位素电池是二十世纪 60 年代迅速发展起来的一种电池。它是把放射性核素的衰变能转换成电能的一种发电装置，与其它电源相比，放射性同位素电池具有寿命长、体积小、工作可靠和不受周围环境的影响等优点。其功率一般在瓦级到数百瓦级之间。其常用的核素有钷-238、钚-210 等。

(2) 空间核反应堆电源。空间核反应堆电源把核反应堆的裂变热能转换成电能，为航天器供电或作为航天器的推进动力。根据任务需求空间核反应堆电源的功率范围可以从几千瓦到几兆瓦甚至几十兆瓦。空间堆的特殊要求是：重量要轻，寿命要长，可靠性要高，还要有足够大的功率。现在空间核反应堆电源已经逐渐成为深空探测不可替代的空间电源。

9. 核能供热。核能供热以核裂变产生的能量为热源的城市集中供热方式。它是解决城市能源供应，减轻运输压力和消除烧煤造成的环境污染的一种新途径。我国北方地区取暖季近年受雾霾困扰严重，利用核能开展清洁供暖成为我国调整能源结构、治理雾霾等突出环境问题的现实选择。目前主要有两种核能供热方式：

(1) 城市集中供热专用低温供热堆。深池式低温供热堆的固有安全性高，具有“零堆熔（无严重事故）、零排放、易退役”的特点。该堆可以在常压低温下运行，更适于建在靠近城市的居民区；系统简单，可以降低建造成本，方便运行、维护。并且还可以考虑其它的应用，如夏天用于致冷、开发利用其中的中子的核技术应用等。

(2) 核电厂核能供热。采用热电联供方式，回收既有核电厂的余热，在发电的同时对周边区域进行供热。在研究利用核电余热参与

供热的基础上，实现热电协同运行，满足供热需求的提升。

10. 考古分析。在考古学、法医学中运用铀-238 自发裂变径迹法、碳-14 测定法和中子活化分析测定远古时代动植物遗体的年代和巨大地质变化、破解历史人物死因，获得准确的结论。

（六）辐射与防护

1. 什么是辐射。辐射是指能量以电磁波或粒子（如 α 粒子、 β 粒子等）的形式向外传送。自然界中的一切物体，只要温度在绝对零度（相当于 -273.15°C ）以上，都会产生辐射，将能量向所有方向直线放射。万物生长所必需的阳光，其本质也是一种辐射，是太阳向我们传递热量的方式。辐射一般可依其能量的高低及电离物质的能力分类为电离辐射与非电离辐射。

电离辐射是指波长短且频率和能量皆高的射线，它们可以从原子或分子里面至少电离出一个电子，从而改变其结构和物理化学性质，我们常说的“核辐射”就属于电离辐射。电离辐射主要包括 α 、 β 、X、 γ 辐射及中子辐射等。

非电离辐射则是低能电磁波，它的能量较电离辐射弱，不能从原子或分子里面电离出电子。只有波长比紫外线波更短的电磁波才具有较高的能量，我们日常生活中的无线电波、微波、红外线、可见光以及紫外线等都属于非电离辐射。

2. 生活中的核辐射。在现实生活中，天然辐射无处不在，我们吃的食物、住的房屋、天空大地、山川草木，乃至人的身体内都存在着辐射。可以说，人类就是在天然辐射的环境中繁衍生息，每时每刻都会受到各种射线的辐射。

（1）天然辐射的第一个来源是宇宙射线。宇宙射线包括外层空

间来的初级宇宙射线以及它与大气层中物质相互作用产生的次级宇宙射线，生活在地球上的人都要受到这种宇宙射线的辐射。

(2) 天然辐射的第二个来源是土壤、岩石和饮水中的放射性元素。如钾-40、钍、铀、镭和氡等，我们住的房屋、走的路、喝的水、吃的食物、呼吸的空气，都可能含有微量的天然放射性核素。

(3) 天然辐射的第三个来源是人体内部本身就含有的放射性核素钾-40。人体是由细胞构成的，细胞是由碳、氢、氧、氮、钠、钾、钙、镁、硫、磷、铁、钼等许许多多的元素组成的。一个成人体内约有 100 克钾元素，其中万分之一是放射性同位素钾-40。钾-40 放出的射线约一半被人体组织吸收了，另一半辐射出体外。

由这些天然辐射造成的对人体的辐射叫做天然本底照射。世界平均天然本底照射剂量为 2.42 毫希/(人·年)，有些高本底的地区可以达到 10 毫希/(人·年)。其中 40%为体外照射，60%为食入、吸入后所引起的体内照射。

(4) 还有一种照射是人为照射，称为人工辐射。常见的有做 X 光检查、用放射性同位素治病、吸烟等，都会受到天然本底以外的额外照射。例如，一次胸部透视，剂量为 0.02 毫希；一次 CT 检查的剂量更高，可以达到 1~10 毫希。一个人坐飞机往返北京—欧洲一次，受到的宇宙射线照射剂量约 0.02 毫希。而核电站周围的公众每人每年接受的辐射剂量约为 0.01 毫希，远远低于天然本底照射的照射剂量。

3. 电离辐射对人体的危害。辐射和放射性核素的应用已有百年的历史，在给人类带来巨大利益的同时过量电离辐射照射也可能对人体的健康造成一定程度的影响和危害，但只要控制好受照剂量的大小，

电离辐射对人体的危害十分有限。在电离辐射作用下，机体的反应程度取决于电离辐射的种类、剂量、照射条件及机体的敏感性。电离辐射可引起放射病，它是机体的全身性反应，几乎所有器官、系统均发生病理改变，但其中以神经系统、造血器官和消化系统的改变最为明显。电离辐射对机体的损伤可分为急性放射损伤和慢性放射性损伤。短时间内接受大剂量的照射，可引起机体的急性损伤。而较长时间内分散接受一定剂量的照射，可引起慢性放射性损伤，如皮肤损伤、造血障碍，白细胞减少、生育力受损等。另外，过量的辐射还可以致癌和引起胎儿的死亡和畸形。社会公众正常情况下所接受的射线包括天然放射性（宇宙射线，土壤、岩石、饮水中的放射性元素，人体内的放射性核素等）、人工放射性照射（X光检查、吸烟、核电厂周边等）都在安全范围内，不会对公众健康产生影响。

4. 辐射防护基本方法。辐射防护是研究人类免受或少受电离辐射危害的一门综合性学科。其基本任务是保护从事放射性工作的人员、公众及其后代的健康与安全，保护环境，促进核能与核技术利用事业的发展。辐射防护分为外照射的防护和内照射的防护两类。（1）外照射的防护。外照射是辐射源在人体外对人体形成的照射。对于外照射的防护，可采用距离防护、时间防护和屏蔽防护三种方法，即增大与辐射源间的距离，控制受照射的时间和采用屏蔽来对辐射进行防护。

（2）内照射的防护。内照射是放射性物质通过呼吸食入等途径进入人体内，在体内对人体形成持续的照射。内照射的防护关键在于防止和减少放射性物质进入体内。就个人防护而言，我们需及时监测、甄别和了解有内照射风险的区域，尽量避免进入。若确需进入进行工作和操作时，我们需正确使用各类个人防护用具，如工作服、口罩、手

套、呼吸保护装置等，并严格遵守规章制度。

（七）核与辐射应急

1. **什么是核与辐射应急。**核事故应急是控制、减轻核辐射事故可能造成的人身伤害、财产损失及环境破坏的有效措施，最大程度地控制、缓解或消除事故，保护公众，保护环境，维护社会秩序，保障人民安全和国家安全。也是有效处理处置核恐怖袭击事件、保障公共安全的重要方面。做好核与辐射应急工作不仅是确保我国核事业可持续发展的重要环节，也是政府和有关企事业单位必须承担的社会责任。

2. **核与辐射事件的分级。**为了以统一方式及时向公众通报有关核事件和放射事件的安全重要性，国际原子能机构和经济合作与发展组织核能署共同制订了国际核事件分级表，将核事件分为7个级别：1级到7级的严重性逐级递增，1级至3级称为“事件”，4级至7级称为“事故”。

3. **核事故防护措施。**防护措施是指用于防护公众免受或少受辐射照射而采取的带有强制性的保护措施。目前，主要防护措施包括：隐蔽、服用稳定碘、撤离、食物和饮水控制、人员去污、个人呼吸道和体表防护、通道控制、地区去污和医学处理等。

4. **国家核应急体系。**国家核应急体系是国家为应对核事故而建立的指挥、技术支持、救援等各方面于一体的应急准备系统。在党和政府的高度重视下，近30年来，我国逐步建立健全了核应急的综合体系。主要有五个体系：一是法规制度体系；二是核应急预案体系；三是组织指挥体系；四是技术支持体系；五是救援处置体系。

（八）核安全监管

1. **我国核安全基本状况。**中国核安全为核能造福社会经济发展、

人民群众幸福生活保驾护航。一是核安全保障体系渐趋完善，二是核安全水平不断提高，三是放射性污染防治稳步推进。半个多世纪以来，我国核能与核技术利用事业稳步发展。目前，我国已经形成较为完整的核工业体系，核能在优化能源结构、保障能源安全、促进污染减排和应对气候变化等方面发挥了重要作用；核技术在工业、农业、国防、医疗和科研等领域得到广泛应用，有力地推动了经济社会发展。核安全是核能与核技术利用事业发展的生命线。我国核能与核技术利用始终坚持“安全第一、质量第一”的根本方针，贯彻纵深防御等安全理念，采取有效措施，保障了核安全。核安全与放射性污染防治取得积极进展。

2. 核安全法律、法规。制定核安全法律和法规的主要目的可概括为六个方面：确立国家对核安全监管的法律基础；建立核安全监管机构并授予制定核安全法规及独立监管等职责和权力；确立核安全许可证制度和营运单位安全责任制；为核事故应急、核损害赔偿等提供法律依据；确立核安全目标和基本要求；为达到上述要求提供指导。我国目前在核安全领域已有《放射性污染防治法》和《核安全法》2部、行政法规7部、部门规章27部以及核安全导则89部。这些法律和法规文件基本上覆盖了核安全监管的各个方面，在内容上与国际接轨，从而奠定了依法监管核与辐射安全的基础。

3. 我国核安全监管体制。目前，我国的核安全监督管理体制：由生态环境部（国家核安全局）作为核安全监督管理部门负责核安全的监督管理，工业和信息化部归口管理的国防科工局作为国务院核工业主管部门、国家发展和改革委员会归口管理的国家能源局作为能源主管部门，由公安、交通运输、卫生、环境保护等主管部门在各自职责

范围内负责有关的核安全管理工作。我国的核安全实行独立监管，核安全监管机构独立作出安全决定，不受其他任何组织机构的干涉，当出现涉及核安全与核技术相关的重大风险时，其他利益相关者必须服从核安全监管机构独立和专业的判断。

（九）热点问题解答

针对公众关心的热点问题进行解答，包括“中国的核电站会不会发生类似福岛那样的事故？”、“切尔诺贝利事故真相”、辐射对健康的影响、核电站运行期间有放射性排放吗？内陆核电与沿海核电相比有什么特殊性等相关问题，对于一些突发性的涉核相关问题的及时专业解读等；世界核能、核技术发展情况及热点问题分析等。

（审稿专家：王乃彦、叶奇蓁、叶国安、张东辉、柴国旱、苏罡）