

发展核电与提升公众认知

潘英¹, 谭平²

1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663

2. 广州大学工程抗震研究中心, 广州 510405

摘要: 核电是安全清洁的能源。然而我国核电发展面临公众接受度的巨大挑战。核电发展对公众而言亟待科普。本文围绕发展核电与提升公众认知展开, 针对公众对核电的原始认知, 分层次多角度阐述了核电的安全和环保清洁的特性, 从而提出提升公众对核电的科学认知所需宣贯的科普框架及重点内容。

关键词: 核电科普; 公众认知; 核电安全; 核电环保清洁

Developing Nuclear Power and Enhancing Public Awareness

Abstract: Nuclear power is a safe and clean energy source. However, the development of nuclear power in china is facing enormous challenges of public acceptance. This paper focused on developing nuclear power and enhancing public awareness, analyzed the public primordial awareness of nuclear power, and illustrated the safe and environment-friendly characteristics of nuclear power in multiple aspects. This work provides the framework and key knowledge sharing points to improve public scientific awareness of nuclear Power.

Key words: public knowledge of nuclear power; public awareness; nuclear power safety; environment-friendliness of nuclear power

1 发展核电的原因

我国能源消耗量大, 而且能源需求仍在迅速增长, 是能源进口大国。2018 年我国能源供应依靠进口占 21%^[1]。从能源需求以及能源供应的关系上看, 我国面临的形势是相当严峻的。为解决能源紧张的局面, 必须多样化开发能源。而核电是一种前景广阔的新能源。2018 年中国核电站发电量占总发电量的比例为 4.22%, 远低于全球核电发电量 10% 的平均占比^[2]。相比较下, 中国核电仍然有巨大的发展空间。

除了填补资源短缺, 核电作为一种清洁能源, 将为实现我国低碳减排的能源战略目标发挥重要作用。现在中国已经超越美国成为最大的温室气体排放国^[3]。而我们都知, “温室气体排放引起全球气候急剧变化, 进而导致生态环境的恶化” 是一个全球普遍关注的敏感问题。出于保护生态环境, 以及顺应全球能源发展趋势的考虑, 中国必须着手处理排放的问题。国务院办公厅印发《能源发展战略行动计划(2014—2020 年)》明确提出, 要坚持“节约、清洁、安全” 的战略方针, 着力优化能源结构, 把发展清洁低碳能源作为调整能源结构的主攻方向^[4]。

简而言之, 核电的发展是我国实现能源可持续发展的现实需要, 也是当前环境和资源问题倒逼下的必然行动。

2 公众对核电的原始认知

核电需要发展, 却一直承受着巨大的社会压力。一般民众“谈核色变”, 对核电有着先入为主的恐惧与不信任。究其原因, 一是二次世界大战晚期美国对日本使用原子弹造成了极大的伤亡和城市摧毁, 普罗大众对核的威慑力和破坏力有所认识, 并潜意识里套用在核电风险上; 二是历史上的核电站灾难性事故, 尤其是美国三哩岛、前苏联切尔诺贝利、以及日本福岛发生的三大核电站事故, 所造成的严重社会与经济后果, 让公众望而生畏, 对核电产生“不假思索, 全盘抗拒” 的心理。

其实核电高危害、低事故率、低风险的行业。核电利用是可控的, 发展核电不能因噎废食, 应以确保安全为前提发展核能事业^[5]。目前我国核电发展面临公众接受度的巨大挑战。“核电发展对公众而言, 第一是科普, 第二是科普, 第三还是科普。”^[6]。核电项目所涉及的各级部门应高度重视和积极做好与公众沟通, 构建和谐的公共关系, 赢得群众支持。

3 提升公众对核电的科学认知

人的认识结构中最初的原始认识往往根深蒂固，包括对的和错的。在形成并提升公众对核电的科学认知的过程中，必须了解并重视公众对核电的原始认知。针对公众的原始认知中的困惑之一：核电站会像原子弹一样爆炸吗？要澄清的科学事实是：虽然核电站和原子弹都是利用原子核裂变释放能量，但能量的利用方式和目的不一样。核电站与火电厂相比，反应堆就相当于锅炉。从本质上来区分，原子弹是不可控的核裂变反应，一下释放能量；而核电站是可控下缓慢的反应，平稳地释放能量。福岛核电站的爆炸，不是原子核裂变链式反应造成的核物理反应——“核爆炸”，而是氢气与氧气混合后发生的爆炸，是一种化学反应。核爆炸需要高浓度的浓缩铀，才能在临界质量至上维持足够的链式反应来爆炸；而核电站用的燃料是低浓度铀，主要是采用其热效应来推动发电机发电，因此不会发生核爆炸^[7]。针对公众的原始认知中的困惑之二：我国核电会发生类似三哩岛、切尔诺贝利、福岛的核电站事故吗？要解释的不仅有历史上这三大核事故发生的原因、后果，更重要的是宣贯我国在广泛收集、仔细研究、总结他国经验和教训，而在核安全上采取的改进措施。前面已经谈到的“核电发展的必要性”，以及下面要谈到的“核电的安全”和“核电的环保清洁”都是核电科普应涵盖的重要内容，其框架见图1。

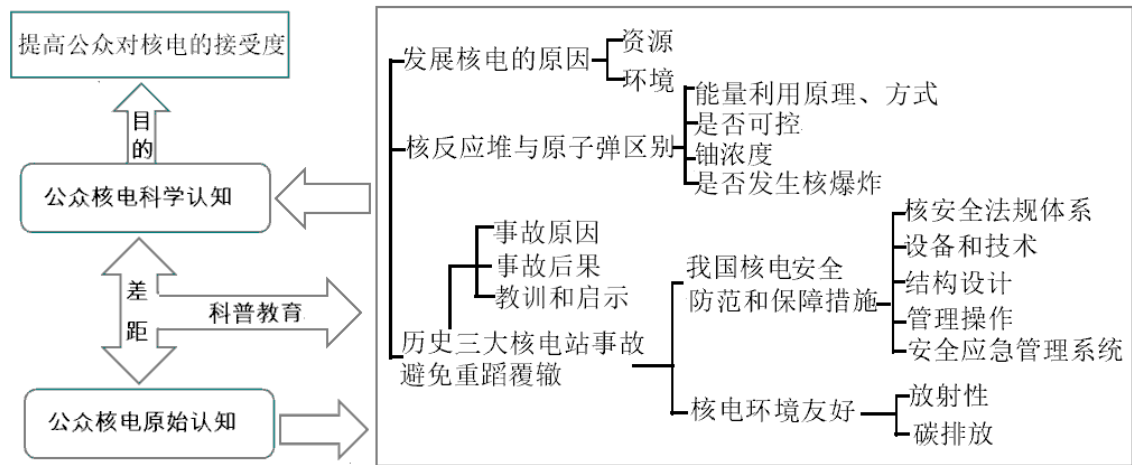


图1 核电科普框架及重点内容

3.1 核电安全

核电安全的宣贯应包含五个方面内容：核安全法规体系、设备和技术的安全、结构设计的安全、管理操作的安全、安全应急管理系统。

3.1.1 核安全法规体系

核安全法规是实现核能安全利用的制度保障。我国有着一套与国际接轨的核安全法规体系，由国家法律、国务院行政法规、国家核安全局及相关部门发布的部门规章、核安全导则、技术文件等不同层次组成^[8]。其中 2018 年 1 月 1 日起正式施行的《核安全法》是核安全领域的顶层法律^[9]是为保障核安全，预防与应对核事故，安全利用核能，保护公众和从业人员的安全与健康，保护生态环境，促进经济社会可持续发展而制定的。针对核安全公众沟通工作，《核安全法》发布的“信息公开与公众参与”，也给出了具体规定，提供了法律指导。

3.1.2 设备和技术的安全

“安全第一，质量第一”，是核电技术要求的最高级原则。2012 年 10 月，国务院常务会议讨论我国核电规划，提出：要按照全球最高安全要求新建核电项目，新建核电机组必须要符合第三代安全标准^[10]。

以 2019 年 4 月得到 1、2 号机组运行许可证的广东台山核电站为例：广东台山核电站是迄今为止中法两国在核能领域的最大合作项目，也是我国首座、全球第三座采用 EPR 三代核电技术建设的大型商用核电站。一期工程建设 2 台欧洲压水堆(EPR)核电机组，单机容量 1750MW，是目前世界上单机容量最大的核电机组。台山核电站采用欧洲先进压水堆 EPR 技术，是在目前国际上最新型反应堆的基础上开发的改进型压水堆技术，其设计充分借鉴了世界上最先进核电站的经验，采用了大量经过充分验证的成熟技术和工艺，在竞争力、安全可靠、运行条件和环境保护等方面都取得了重大进步。核岛设计供货由法国阿海珐(AREVA)

集团与中广核工程公司、中广核设计公司组成的联合体承担；汽轮发电机组由中国东方电气集团与法国阿尔斯通公司（ALSTOM）提供。

3.1.3 结构设计的安全

核电站设计要求在任何情况下能确保反应堆安全停堆^[11]，因此在设计上会充分考虑台风、地震、海啸、飞机撞击等自然灾害和极限事故的影响。核电站建筑主要分为核岛、常规岛和外围辅助设施（BOP）三个部分。核岛建筑中的反应堆厂房，是核电站的核心建筑，又称安全壳。常规岛建筑主要是汽机房，还包括一些配套厂房。BOP可以理解为核电站中核岛和常规岛之外的配套建筑物。结构设计考虑上，根据核电站建筑与核安全的相关性加以分类，而区分对待。例如在抗震设防上，按类别，采用不同抗震设防标准，要求核电站，当遭受到 500 年一遇的“运行安全地震”时，应能正常运行；当遭受到 10000 年一遇的“安全停堆地震”时，能确保反应堆安全停堆，并维持停堆状态，从堆芯排出热量，且放射性物质的外逸不超过国家规定值^[12]。以广东台山核电站为例：台山核电站的设计使用年限为 60 年。本工程场地的抗震设防烈度为 7 度。抗震设计中，从严、从高标准要求，即使对常规岛汽机房的结构设计，也采用了两阶段设计考虑：按运行安全地震下的进行弹性阶段地震作用计算，并补充进行极限安全地震下的弹塑性变形验算，以保证结构在极限安全地震下不会倒塌，避免危及到相邻的核岛厂房^[13]。而且台山核电站设计的风压设计取值，也远高于国家荷载标准。在 2018 年 9 月 16 日，强“山竹”掠过台山核电站时，阵风实测时速达到 17 级，台山核电安然无恙^[14]。

3.1.4 管理操作的安全

核电站事故中绝大部分不是因设备故障，而是人员失误直接或间接导致的。三哩岛和切尔诺贝利核电站事故都是由于操作人员对核安全缺乏足够的理解和敏感的人为因素造成。而福岛核事故以及事故的扩大则是由于灾前和灾后忽视安全隐患和疏于管理则造成^[15]。这些教训使得人们意识到从设计到运行再到组织管理，核电站相关的每一个成员对核安全的重要性。2017年，国家核安全局充分借鉴国际原子能机构（IAEA）、世界核电营运者协会（WANO）以及核电发达国家的相关文件，全面吸收我国核安全文化建设30年实践经验，以核电站实践为基础，编写发布了《核安全文化特征》^[16]。而后通过的《核安全法》强调了核安全文化建设^[9]，要求将核安全文化融入生产、经营、科研和管理的各个环节，要求从事所有个人及组织，任何时候都要把核安全放在第一位。

3.1.5 安全应急管理系统

核事故应急响应是核安全纵深防御的最后一道屏障。为了依法科学统一、及时有效应对处置核事故，最大程度控制、减轻或消除事故及其造成的人员伤亡和财产损失，保护环境，维护社会正常秩序，中国政府于 2013 年 6 月 30 日批准颁布了《国家核应急预案》^[17]，对建立功能齐全、反应灵敏、运转高效的核与辐射事故应急管理系统做出了规定，为中国稳妥推进核电发展构筑安全防线。2018 年通过的《核安全法》明确了设立核事故应急协调委员会、制定核事故应急预案、建立核事故应急准备金制度、发生核事故时的应急响应和救援、对核事故应急信息的发布和通报、核事故后的调查评估等内容。

3.2 核电环保清洁

核电环保清洁的宣贯至少应包含如下两个公众关心的内容：放射性和碳排放。

3.2.1 放射性

减少核电厂放射性，我国核电站废气、废液、固体废物的处理设施严格执行国家的环境评价制度，并与主体工程同时设计，同时施工，同时投入使用，三废处理的原则是“合理可能尽量低”。放射性活度较大的液体废物转化成固体废物，不排放。核电站内固体废物完全不向环境排放，进行贮存处置^[18]。根据《核动力厂环境辐射防护规定》的规定，核电站向环境释放的放射性物质对公众中任何个人造成的有效剂量，每年必须小于 0.25 mSv^[19]。运行的核电站，都有国家环境监测部门对周边环境的放射性进行实时监测。例如广东省环境辐射监测中心就承担大亚湾核电站厂外辐射环境监视性监测。根据多年监测结果，核电站周边公众受辐射剂量远小于国家标准规定的限值：在核电站周边生活一年仅会受到约 0.01mSv，与全世界平均每人一年受到的天然辐射剂量（2.4 mSv）相比基本可以小到忽略。

3.2.2 碳排放

正如本论文开篇在“发展核电的原因”中已经论述的：气候变化是全球可持续发展所面临的一个最重要的威胁。气候变化与二氧化碳排放存在显著的相关关系。能源电力行业是碳排放大户，电力发展受到制约。然而核电不但不排放氮氧化物、二氧化硫等酸雨物质，而且在运行过程中实现了二氧化碳零排放，环保效益显著。根据比标准煤的碳排放，由于避免燃烧煤产生碳，每 10 兆瓦时的核电，就能减排 10 吨二

氧化碳^[20]。安全发展核电，增加核电在能源消费结构的比重，即顺应了保护地球的生态安全的世界潮流，又促进了我国能源电力的可持续发展。

4 结语

核电是安全清洁的能源。核电的发展是我国实现能源可持续发展的现实需要，是当前环境和资源问题倒逼下的必然行动。公众由于对原子弹爆炸和其他国家历史上的核电站事故的关注，形成对核电先入为主的原始认知，对核电产生“不假思索，全盘抗拒”的心理。核电的科学认知将帮助公众消除无谓的恐惧，提高公众对核电的接受度，从而有利于核电可持续发展。为了提升公众对核电的科学认知，需要针对公众原始认知中的困惑和误解，进行科普宣传。本文就此提出了核电科普框架及重点内容：

- 1) 从资源和环境的角度，分析我国发展核电的原因。核电的发展是我国实现能源可持续发展的现实需要，也是当前环境和资源问题倒逼下的必然行动；
- 2) 针对公众把核反应堆与原子弹混为一谈的原始认知误区，分析两者的本质区别，解释“链式反应，原子弹不可控，核电站可控”，核电站燃料是低浓度铀，不会发生核爆炸；
- 3) 基于公众对历史上三大核电站事故的关注和对核电事故的担忧，从我国核安全法规体系、设备和技术、结构设计、管理操作、安全应急管理体系的五个方面宣贯我国目前核电安全防范和保障措施；从放射性和碳排放两个方面宣贯核电是环境友好产业。

参考文献：

- [1] 中国能源发展报告 2018，电力规划设计总院，2019.
- [2] 中国核能发展报告 2019，中国核能行业协会，2019.
- [3] International Energy Agency (IEA), World Energy Outlook, 2006.
- [4] 能源发展战略行动计划（2014—2020 年），国办发〔2014〕31 号，国务院办公厅，2014.
- [5] 习近平. 坚持理性、协调、并进的核安全观. 第三届核安全峰会（荷兰海牙），2014.
- [6] 关注中国核电发展：仍需科普，科普，再科普. 硅谷，2012，5(14).
- [7] 原子弹和核电站有什么区别？核电站会爆炸吗？中国核电，2019，12(01).
- [8] 核与辐射安全法规状态报告，国家核安全局，2014.
- [9] 中华人民共和国核安全法，2017 年 9 月 1 日第十二届全国人民代表大会常务委员会第二十九次会议，2017. 中国人大网 <http://www.noc.gov.cn>
- [10] 核电安全规划（2011—2020 年），国家发展和改革委员会，2012.
- [11] 核电厂设计安全规定，国家核安全局第 1 号令，国家核安全局，1991.
- [12] 核电厂抗震设计规范：GB50267-97，中华人民共和国国家标准，1997.
- [13] 台山核电常规岛结构设计总说明，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，2009.
- [14] 破坏王“山竹”作乱广东，台山核电挺过 17 级台风，第一财经新闻，2018-09-16.
- [15] 历史上三次核事故，三哩岛核事故与切尔诺贝利核事故、福岛核事故有什么区别？我国会发生类似的核事故吗？中国核电，2019，12(01).
- [16] 核安全文化特征，国家核安全局，NNSA-HAJ-1001-2017，2017.
- [17] 国家核应急预案，国务院新闻办公室发布，2013.
- [18] 2017 全国辐射环境质量报告，中华人民共和国生态环境部，2018. 6.
- [19] 核动力厂环境辐射防护规定：GB6249-2011，中华人民共和国国家标准，2011.
- [20] 潘英. 能源战略下能源电力发展的方向和低碳排放. 南方能源建设，2019，6(03).

作者简介：

潘英，女，美国能源与环境设计先锋认证专家，美国纽约城市大学博士，中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司，广东省广州市科学城天丰路 1 号，510663。高级工程师，主要从事能源和电力研究和咨询工作。联系电话：15818889622。e-mail: panying@gedi.com.cn。

谭平，男，广州大学，广东省广州市广园中路 248 号广州大学工程抗震研究中心，510405。研究员，博导，主要从事结构工程研究。联系电话：13342886639。e-mail: tanping2000@hotmail.com