

核电站真的危险吗？

陈悦 欧广志 中核工程咨询有限公司

摘要：

最近，有一部豆瓣高分神剧《切尔诺贝利》进入了人们的视野，剧中真实的记录了核爆炸后的场景，从政府隐瞒到居民撤离，再到用一条条真实的生命去清理现场，那些曾经如此灿烂的笑容不在了，那些曾经碧草蓝天的土地也不在了。剧情让观众触目惊心，对核电站多少抱有避之不及的态度。在前两年，国内也有一篇名叫《核电将毁灭中国》的网文在民众里广为流传，甚至不少人都被洗脑。该文作者咆哮模式全开，煞有其事言之凿凿，但文中无论是整体逻辑框架还是对核电行业的现状阐述，都经不起推敲。本文则通过理性地分析造成福岛和切尔诺贝利核事故的原因，比较国内已建成的压水堆堆型和自主第三代核电“华龙一号”的安全性设计、国内严格的核电运行管理制度、信息的强制公开以及核废料的处理和核电站的退役等方面，来说明我国核电站的高度安全性和先进性。

关键词：核电站安全 压水堆 退役 核废料

说到核电站，大家首先想到的一定是福岛和切尔诺贝利核电站的爆炸，但是很少有人去研究过他们真实的后果是怎么样的。当年切尔诺贝利核电站爆炸之后，乌克兰政府把周边大概 1000 多平方公里土地都划成了核生态自然保护区，开展核生态研究，传说中现在这个地方已经变成了一座死城，被核辐射的老鼠，长的像猪那么大，蚊子都跟鸟似的，叮你一口就可以跪了。方圆几百里的地方都是残垣断壁，寸草不生，在河里面喝口水，马上口吐白沫中毒身亡，妥妥的世界末日的景象。但事实上，如果你关注过事件后续的发展，就会发现，其实今天切尔诺贝利生态恢复的还不错，有很多野生动物也已经经过了几代繁衍生息的过程，也很正常，并没有变异，更别说像猪那么大的老鼠。所以说，我个人的观点，切尔诺贝利核事故的后果，对人类和生态有没有危害？当然有，而且还不小，但是客观来看，其实未必有咱们原本想象的那么大。当然了，这不是说既然核事故之后生态是可以恢复的，那核武器用用是不是也没事啊，当然不是，核电站跟核武器根本就不是一回事，核电站根本不会发生核爆炸，因为它用的燃料浓度根本不够高，核弹对于原料的要求可是非常高的，铀 235 的浓度必须达到 90%以上，才是一枚合格的核弹。但是核电站里边的核燃料，只需要浓度在 5%以下的铀就可以了，它根本不能够发生核爆炸，举个例子：你用火柴能点着白酒，但是却点不着啤酒，为啥呢，因为一样的道理，酒精纯度不够。所以说，核电站是不会发生核爆炸的，那么福岛和切尔诺贝利是怎么回事呢，其实它们都不是核爆炸，福岛是自然灾害以后，反应堆不能够及时降温，导致的氢气爆炸，切尔诺贝利是反应堆堆芯过热导致冷却水变成蒸汽，最后堆芯承受不了压力，发生的蒸汽爆炸，最后才导致核辐射物质泄漏。这种爆炸和核爆炸比起来，那瞬间破坏力可是要小上很多倍的，发生这种爆炸瞬间死亡的概率，如果不是在距离反应堆很近的地方，几乎是没的。但原子弹真要爆炸了，那瞬间波及的范围就相当可怕了。像在核电站升起蘑菇云这种事根本就不会发生，但不可否认，这两起事故仍然产生了比较严重的后果，给我们造成了比较大的心理阴影。

那么像这样的事故，今天究竟有没有可能在你家门口的核电站重现？从技术角度来说，核电站按照冷却剂堆型分为：压水堆、沸水堆、重水堆、高温气冷堆、钠冷快堆。现在堆型比较成熟的一个是压水堆另外一个沸水堆，现全世界有一大半核电站都选用了压水堆，我们中国大陆已建的反应堆，也都是采用的压水堆。核电的原理其实不难，就是“烧水”，利用堆芯反应产生的热量，烧水产生蒸汽，再用蒸汽带动汽轮机去发电，那么要保证反应堆的

安全，最核心的问题就是要控制好堆芯产生的热量，冷却剂就是核心和关键，压水堆和沸水堆的冷却剂都是水，压水堆却比沸水堆多一个回路，在沸水堆里冷却水通过堆芯，变成蒸汽以后，直接被引入到汽轮机，这些蒸汽是带有放射性的，但是在压水堆里，流过堆芯的冷却水，都被约束在一个密封的管子里，这就是第一个回路，再用这个管子去烧水，把水变成蒸汽，驱动汽轮机，所以说带有放射性的水，都被约束在一回路里了，学名叫“一回路压力边界”，一回路的管子可不是普通的管子，它是全密封特种钢管子，能承受两百多公斤的压力。而整个二回路不管是水还是蒸汽就是干净的了，不再带有放射性，这样就直接减少了泄漏风险也方便检修。压水堆和沸水堆两者比起来的话，压水堆从技术上说，确实更容易做得安全，当年福岛出事的反应堆就是沸水堆。而对比我们国内，“华龙一号”在安全方面更是取得了创新的突破：第一，在反应堆上方放置了一个高位水箱，在水箱内注满了硼酸水，这样当机组堆芯工作产生极大的热量，而主泵不能及时给它供水，排出大量热量时，此时就可以通过重力作用，将高位水箱中的硼酸水注入到堆芯当中去，带走其余热量使其降温，这是一个能动技术与非能动技术的结合。第二，反应堆采用了一个双层安全壳的设计，它可以抵御一架商用大型飞机的撞击，加强了抗撞击和防震的能力。第三，“华龙一号”还采用了单堆的厂房布置，一台机组为一个电站，一个辅助厂房，这样也有效避免了人因失效风险，避免了两台机组之间不利的相互影响。从技术层面讲，通过各种安全的冗余设计来预防，那么剩下下来的事故就是人因事故，人靠不住就得靠制度来约束，如今核电站的制度是非常严格的，采取各种区域授权制，必须通过几轮严格的考核。核电站最早的一批操作员号称“黄金人”，国家花在他们身上的培训费要是换成金子的话，和他们的体重是一样的。但是在核电站里的制度，是非常严格甚至奇葩的：举个例子，在主控室里面，下达每一个指令都要经过两个人口头确认避免一个人因为有其他意外而造成误操作。所以久而久之，核电站的操作员就会形成一种职业病，平时跟别人聊天的时候，别人说一句，他必须得重复一句，所以他们的职业病和他们的工作习惯息息相关。要防止人因事故，光靠制度可能还远远不够，毕竟人都有惰性，所以对于核电站来说，信息公开是非常必要的，如果说外边有十几亿双眼睛盯着你，你犯错的概率肯定就小很多。但是在中国有一个很诡异的问题，就是信息越公开，人们反而就越容易恐慌，国际核事故分级按照严重程度分成七级，零级则是指在安全上无重要意义，比如说每次核电站一出现零级事件对外通报的时候，马上就能引起网络上舆论的轩然大波，好像世界末日马上就要来了似的。其实零级事件学名叫“非等级核电站运行事件”，是用于报告和经验反馈的，对核安全没有任何影响，比如一堆灭火器里边只要有一个启动器没有设定在开启状态，不能遥控启动，其他都正常，就得上报，所以零级事件就跟你被蚊子叮了一口似的，根本就不算什么事。但无论怎么解释，大家都不信，“我就是觉得出大事儿了”，真是跳进黄河都洗不清。我觉得原因主要有两个：首先，它是一种信任的悲剧，或者说，是我们中国人历史上造成的一种惯性，古代帝王制的时候，都是上头说了算，也没平民什么事，信息不对称习惯了，真有人公开了，大家反而不信了，真有点悲哀，但我觉得这种情况以后会发生改变。第二，就是核电作为一种人造（需要人类处理和加工的）能源，跟传统的火电，水电不一样，它有一种神秘色彩，它本身就带有一种（新闻属性），所以一旦有点什么事儿，立刻就会引发讨论，比如说就在三里岛事故当天，印度一个水电站（曼珠水库），发生了大坝开裂事故，造成了几千人死亡，是核电站历史上所有事故直接伤亡人数的数十倍，但媒体上对它的讨论，远远没有三里岛多，也不会有人因为觉得说这事儿发生了，就把水电给废了吧。所以这事儿，也挺无奈的。

为了保证正常的运行，核电站的反应堆会定期进行大修，除了检修以外，还要把进行核反应所需要的原料进行重新装填，这就是传说中的“核电站换料”，在真实的换料过程当中，都是由机器来操纵的，换下来的废料就是“乏燃料”。为了方便处理，我们一般把放射性废料分为两种，一种叫做中低放废料，比如说像核电站，医院废弃的仪器设备，它们的放射性

比较低，废料处理就比较简单，先包装，再掩埋。如果是液体的话，就要经过一个固化的步骤，把废液跟玻璃或者陶瓷掺到一块，然后用混凝土给它加一个壳子，再把他们送到专门的中低放核废料处置场进行掩埋。核废料处理厂对选址要求非常高，绝对不能靠近地下水源，选择降水量少的地方或者直接在地下做一个巨大的水泥箱子，把这些中低放废料的危害降到最小，它的半衰期也比较短，可能在地下放个几年甚至几十年，半衰期就到头，就没有放射性了。让人最担心的其实是第二种，就是从堆芯拿出来的乏燃料，它的主要来源就是核电站反应剩下的废渣，之所以说它危险，是因为乏燃料当中，有极小的一部分元素，它的半衰期非常长，可能会达到几十万年，也就是说，它的放射性会持续几十万年。这些乏燃料主要有三个去处，第一还是埋，深埋储存，把它用特殊材料包装好，埋到地下五公里深的地方，隔绝所有生态圈，万一真的在地下泄露了，放射性物质要穿透达到地球的表面，至少也要几万年的时间，到那时候放射性也已大大衰减，人类可能也都搬到火星上去住了。第二，乏燃料的回收再利用，回收后剩下的废渣，再深埋地下。第三种，叫做嬗变处理，人工对一些半衰期长的元素进行转化，把它的半衰期由几十万年缩短到几百年。嬗变处理主要有两个步骤，首先把里面还能用的部分提取出来，甚至作为核弹制造的原料，核废料可以说还是一种战略资源，像《核电将毁灭中国》文章里提到的大国会把核废料运到很多贫穷的国家去掩埋，害人，把这种战略资源拱手相让，大国难道都傻吗。当这一步提取完成之后，大部分有用的东西都拿走了，剩下一些半衰期比较长的元素，再经过一波嬗变处理，把它变成半衰期从几十万年到几百年的废料，然后再掩埋到地下的地方，可以说，到这一步，它的安全性已经非常高了。所以说，所谓的一座核电站产生的核废料就能让人类死亡二十遍，这种废话，纯属是无稽之谈，大家千万不要信以为真。

另外还有一个误解，就是关于核电站退役的问题，切尔诺贝利核电站出事以后，为了阻隔放射性，战斗民族修了一个水泥石棺，把它给罩起来，所以很多人认为，所有退役的核电站，都得罩一层厚厚的水泥石棺，到最后半个地球可能都成水泥棺材了，而且还幻想着里边的反应堆发生各种事故。核电站退役是指在商业运行结束后，进行去污与拆除，最后这块土地是可以随便使用的，学名叫“无限制使用”。以今天的技术其实完全可以做到了，比如苏联的奥布林斯克核电站，现在是一座核电博物馆。所以说不管是核废料的处理还是核电站的退役，其实都已经有了比较成熟的解决方案，现在我们要做的，不是害怕和放弃，而是继续去努力，去优化提升现有的方案，人类的科技进步从来都是从不断挑战和创新当中去产生和向前发展的，你不能躺在那等着天上掉馅饼。

现在的核电站安全性已经很高了，而且核废料处理和核电站退役也完全不是什么问题，但可能还是会有人担心，其实如果退一万步来说，就算是这样，那没有核电行不行？如果现在停掉世界上所有的核电站，会出现什么后果？最简单，就会直接导致电不够用，经济退步，科技发展就会停滞，生产力也就会下降，还有个挺讽刺的事，福岛核事故之后，德国宣布弃核，后来电不够用，只能跑法国去买，结果买的还是人家用核电站发出来的电，所以这个事情就根本躲不开。像《核电将毁灭中国》这篇文章中写的，作者其实也没想出什么好办法，最后没招了就说人类唯一的出路就是退回农耕时代。而且，还有个更可怕的事，就算我们都愿意，人类真的有可能和平地退回农耕时代吗？有句话叫由俭入奢易，由奢入俭难。今天地球上养的活七十五亿人口，以后可能还得养九十亿，一百亿，那是因为我们的生产力水平空前发达所决定的。如果要搞人为科技退步，生产力大大下降，生存资源不够用了，养不活这么多人了那怎么办？靠战争来削减人口就是最简单的解决办法，但是你愿意吗？所以说，在科技这条路上，人类发展到今天，是没有退路的，从这个角度上看，核电，不是一定要搞，而是不能不搞。

只想享受科技带来的成果，却不想承担它带来的任何风险，比如说核电危险，火电污染，水电破坏生态，那没电怎么办呢？我不管，反正你就是不能断我的电。要不你试试，能不能

用爱去发电。总结一下：第一，无论是从技术和制度角度上去看，切尔诺贝利和福岛的事件都不会在今天重现。第二，中国核电很厉害，妥妥的世界先进水平，当然不是一开始就厉害，它和高铁一样，也用了一点中国人独有的智慧。第三，核废料的处理和核电站的退役问题，目前都有了比较成熟的技术去解决，我们要做的就是不断优化现有技术，而不是因为危险而放弃。因噎废食不是前进的动力，世界上没有什么绝对安全的，守着传统并不能改善我们的生存条件。在科技进步这条道路上，人类是没有退路的。

参考文献：

- [1]李晖，核电站的安全性与做好核应急准备的必要性[J]. 北京：国防. 2002（9）
- [2]张仲孝，核电的生存与发展[J]. 国际电力. 2005，9（4）
- [3]庾晋，核电站安全发展市场策论[J]. 电器工业. 2008（1）
- [4]佚名，核反应堆之沸水堆与压水堆与沸水堆[J]. 哈尔滨工程大学. 2014（1）
- [5]周涛，李兵等，非能动与能动技术结合度研究[J]. 工业安全与环保. 2018, 44（9）
- [6]毛喜道，魏峰等，“华龙一号”设计管理及创新[C]. 北京. 1647-1617. 2017

作者简介：陈悦（1995—），男，福建莆田人，监理工程师，本科毕业，于中核工程咨询有限公司工作，现主要从事核电站建设过程质量、安全管理工作。联系地址：福建省宁德市霞浦县松港街道桥头村建兴路 46 号 邮编：355199 电话：18229213665 邮箱：chenyue@cncc.top。