

核电行业 2011 年日常报告

评级：持有 下调评级

行业研究

长期竞争力评级：等于行业均值

日本福岛核电站事故现状分析及影响展望

市场数据(人民币)

市场优化平均市盈率	29.70
沪深 300 指数	3203.96
上证指数	2896.26
深证成指	12705.32
中小板指数	7405.23

基本结论:

目前放射性物质泄漏有限，辐射污染仅限于核电站周边局部地区

- 需要提前说明的是，以目前福岛核电站的事故现状及已经确认的放射性物质泄漏量判断，除事故地点方圆数十公里内的地区以外，其他国家、甚至日本本土的其他地区均不会受到实质性的放射性污染。

堆芯熔化、爆炸致安全壳破裂、反应堆着火三者同时发生是可能的最坏情况

- 在福岛一号核电站已发生严重故障的 4 个反应堆中，1、3 号堆堆芯发生部分熔化，由于不得已的打开阀门释放放射性蒸汽泄压，导致氢气爆炸，但情况已得到控制；2、4 号堆则分别由于可能的安全壳破损和乏燃料池着火处于较为严峻的态势。
- 以目前的事故现状分析，福岛核电站事故可能已达 5 级，并存在进一步发展为 6 级事故的可能。
- 后文的影响分析，均基于福岛核电站事故进一步严重恶化，并导致超大剂量的放射性物质外泄（达到或接近切尔诺贝利事故的数量级）的前提假设，即：反应堆堆芯熔化，且爆炸引起反应堆安全壳严重破裂，并发生大火燃烧等。这将是该次事故所可能达到的最坏情况。

若放射性物质大规模泄漏，除日本本土外，美国西海岸恐受到最快最大影响

- 在日本福岛核电站放射性物质泄漏可能影响的国家中，虽然中国和韩国与事故发生地距离最近，但综合分析大气系统（主要途径）和洋流系统两种放射性物质的传播途径，除日本本土以外，最先受到影响的可能会是美国西海岸。
- 若反应堆同时发生熔融、爆炸、着火事故时，那么大火引发的高温将使大量泄漏出安全壳的放射性物质冲向大气层高空，在 1~2 个月内，放射性尘埃恐将波及整个北半球同纬度地区。
- 放射性物质的泄漏，除了对暴露于其中的人员造成直接辐射伤害以外，若泄漏量达到一定程度，则还将对放射性物质所达区域的生态系统造成严重破坏，日本及其周边海域内的农产品和渔产品将有可能受到严重辐射污染，从而在很长时间内无法被人类食用。

相关报告

1. 《核电行业进入业绩爆发期》，2011.2.28
2. 《反补贴调查对中国风电和核电的影响有限》，2010.10.20
3. 《“第四代核电”离我们还很遥远》，2010.9.8

行业观点与策略:

- 由于日本核泄漏不断出现新的问题，对核电安全性忧虑正在迅速放大，短期内对核电的悲观情绪不断弥漫，最终有可能影响对政策的预期。目前德国已暂停了核电厂延寿计划；美国已经有议员提议暂缓国内核电站的建设；英国目前新建 10 座核电站的计划可能也将搁置。我们认为此次核电事故对全球的心理冲击可能最终导致核电规划的“大地震”；
- 我们建议密切跟踪国际和国内政策对核电产业的基调以及规划装机目标的变化。目前从政策取向上来看，国外对核电装机规划的压制暂时无法避免，而中国对核电规划的谨慎态度可能也会被进一步加强。

张帅

分析师 SAC 执业编号：S1130210010307
(8621)61038279
zhangshuai@gjzq.com.cn

姚遥

联系人
(8621)61357595
yaoy@gjzq.com.cn

内容目录

事故核电站已发生放射性物质泄漏，且存在进一步发生大剂量泄漏的可能性	3
日本福岛核电站反应堆技术相对老旧，已接近设计使用寿命	3
1、3号堆部分熔化并发生氢气爆炸，但情况已趋稳定；2、4号堆形势严峻	3
放射性尘埃是主要辐射污染物载体，影响范围及程度取决于泄漏量	5
大气系统是放射性尘埃主要传播途径，洋流传播影响较小	5
高浓度放射性尘埃所达地区的生态系统将受到严重破坏	6
历史上的核泄漏事故回顾——福岛核电站事故可能达到 6 级	7
前苏联切尔诺贝利核电站事故（7 级）	7
美国三里岛核电站事故（5 级）	7
轻微核辐射对人体影响有限，过量辐射可致死致病	7
事故发生地周边目前的辐射水平已异常升高，但仍处于可控范围	7
辐射污染环境下的自我保护方式	8
受到过量辐射后，对人体产生的影响	8

图表目录

图表 1: 发生事故的日本福岛一号核电站 6 座反应堆全景	3
图表 2: 沸水核反应堆结构解剖图	3
图表 3: 1 号、3 号反应堆发生氢气爆炸事故	4
图表 4: 可能已发生安全壳破裂的 2 号反应堆	4
图表 5: 北太平洋地区上空平流层气流分布	5
图表 6: 北太平洋地区洋流流向分布	6
图表 7: 福岛检测到的辐射剂量与其他辐射来源对比	7
图表 8: 日本东京地区辐射监测值	9

事故核电站已发生放射性物质泄漏，且存在进一步发生大剂量泄漏的可能性

日本福岛核电站反应堆技术相对老旧，已接近设计使用寿命

- 焦点集中的福岛第一核电站属于“沸水反应堆”，（Boiling Water Reactors），缩写 BWR。核燃料对水进行加热，水沸腾后汽化，然后蒸汽驱动汽轮机产生电流，然后蒸汽冷却后再次回到液态，然后再把这些水送回核燃料处进行加热，蒸汽压力锅内的温度通常大约是 250℃，仅有一个蒸汽回路，为第二代核电技术。
- 其中核燃料为氧化铀（熔点在 3000℃的陶瓷体），被密封在锆锡合金外壳（熔点 2200℃）中，成为燃料棒，典型的沸水堆中，64 根燃料棒组成一个燃料组件，堆芯内共有约 800 个组件，所以一个沸水堆堆芯中有上万燃料棒。堆芯被放在“压力容器”里面，设计温度几百度，可以对反应堆起到一定的保护作用。各种管道，泵，冷却水，然后被封装到“安全壳”中。这是一个完全密封的，用最坚固的钢和混凝土制成的非常厚的球体，设计和建造的目的在于当堆芯完全熔融时，将其包裹在其中。
- 发生事故的福岛第一核电站使用年限已接近其 40 年的设计寿命，原本计划再做延寿 20 年的改造工程。

图表1：发生事故的日本福岛一号核电站6座反应堆全景



来源：国金证券研究所

图表2：沸水核反应堆结构解剖图



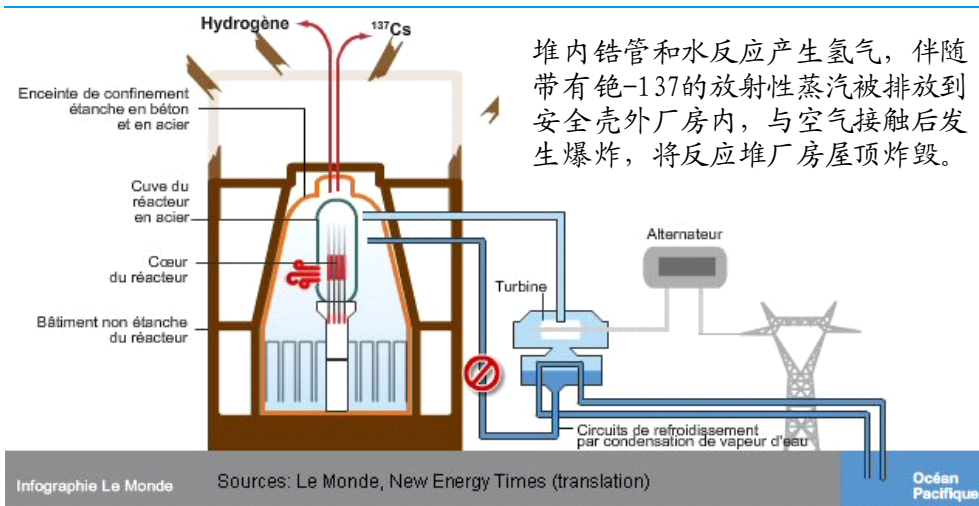
1、3号堆部分熔化并发生氢气爆炸，但情况已趋稳定；2、4号堆形势严峻

- 反应堆内的第一类放射性物质就是燃料棒中的铀元素，及放射性副产物铯和碘同位素。这些物质都在燃料棒内部。第二类放射性物质，产生于燃料棒外部。这类放射性物质就是氦气（构成大气的气体之一）的具有放射性的同位素，另外就是一些稀有气体比如氙。
- 当铀原子裂变时，会产生一个中子，但是其中的一些会离开燃料棒并撞击到水分子，或是冷却水中的空气，当不具有放射性的元素就会“捕获”这个中子，就变得有放射性，但是他们的半衰期非常短，伤害性不大。
- 日本发生地震和海啸之后，福岛核电站多座反应堆供电系统失灵，造成冷却系统失控，堆芯内部压力迅速升高，使堆内冷却水蒸发产生高压。
- 为了降低压力容器中的压力，日本采取打开阀门释放放射性蒸汽的方法。由于锆和水反应产生氢气，放出的气体（排放到安全壳外厂房内）令 1 号和 3 号反应堆厂房于 12 日和 14 日相继发生爆炸。至此，由于安全壳没有

发现受损，核安全还没有受到重大威胁，1号3号机组目前状况趋于稳定，但仍需要通过向外主动排放放射性蒸汽来减轻内部压力。

- 最早在1号反应堆放出的气体中已经检测到铯和碘同位素（随蒸汽泄漏到大气中），这表示已经有锆管融化（其熔点为2200摄氏度），事态进一步恶化。放射性铀元素是否会发生泄漏将取决于堆芯温度是否超过3000℃（氧化铀熔点）。

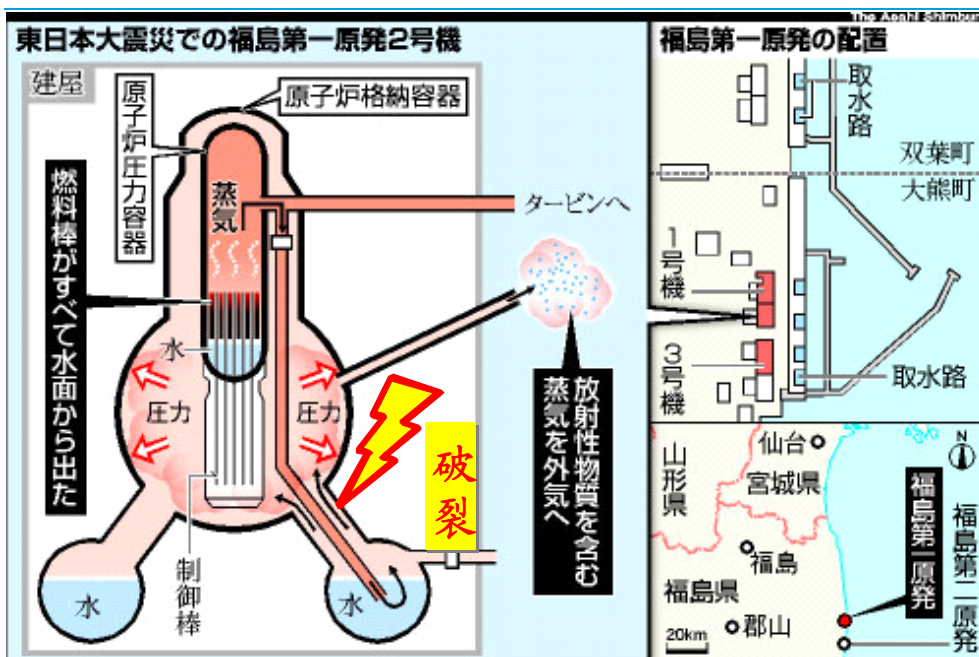
图表3：1号、3号反应堆发生氢气爆炸事故



来源：国金证券研究所

- 随后，在2号反应堆外检测到中子，堆芯经过了裸露、注入海水、再裸露的过程，存在发生熔堆的可能，15日6时左右2号堆发生爆炸，安全壳和厂房可能已遭到破坏。
- 据专家猜测，应该是压力容器连接出来的管道发生破裂（见下图），该管道直接连着堆芯，第一类放射性物质泄漏已经是事实。而现在反应堆周围辐射量过大，工人无法接近维修阀门，只能眼看反应堆燃烧。日方正商议是否采取空投水泥和铅块的处理方法。

图表4：可能已发生安全壳破裂的2号反应堆



来源：国金证券研究所

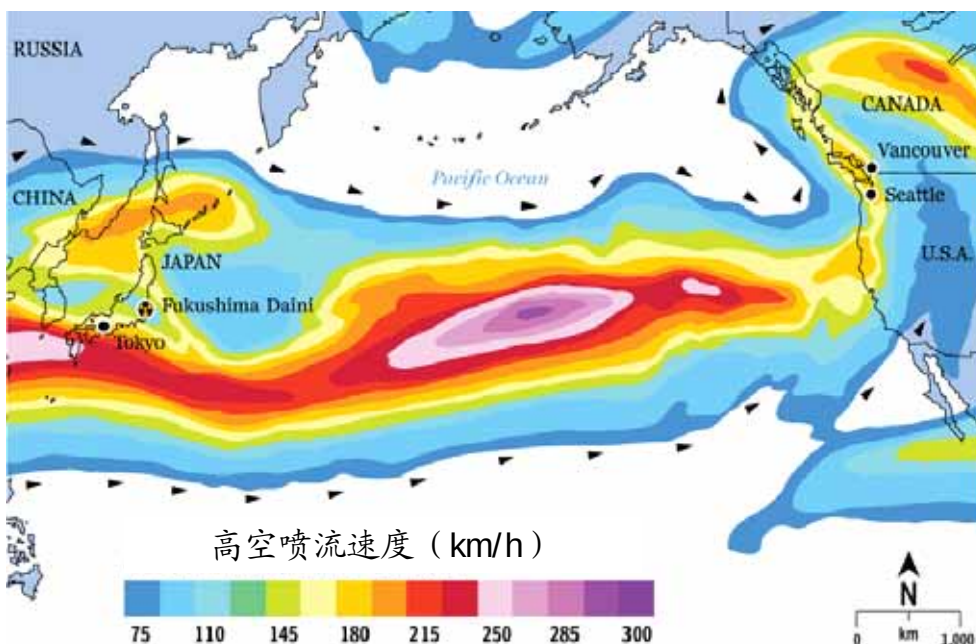
- 随后，4号反应堆乏燃料池起火，放射性物质已经进入大气，核电站现场辐射剂量达到每小时400毫希伏。根据日本共同社报道，目前乏燃料池可能已经沸腾，如果情况持续，水量继续减少，事态将更加严重。
- 乏燃料如果没有冷却，随时会燃烧，且没有压力容器保护。东京电力最新消息称目前无法向4号机组的核废料存储池注水，也没能掌握水温和水位，如果核废料无法冷却，那么可能导致放射性物质大量外泄，东京电力已决定16日采用直升机从上空注水的方式为乏燃料池降温。
- 15日傍晚，经济产业大臣海江田万里今天对东京电力方面说：“一定要全力阻止第一核电站4号机组出现不断发生核裂变的再临界状态”。这是地震后，官方首次在公开场合提到核裂变和临界反应的可能性。

放射性尘埃是主要辐射污染物载体，影响范围及程度取决于泄漏量

大气系统是放射性尘埃主要传播途径，洋流传播影响较小

- **大气系统：**福岛核电站处于典型的北半球季风气候地区，但该地区目前正处于冬季风和夏季风之间的“空窗期”，放射性尘埃通过大气系统的传播将主要受到高空喷流和来自俄罗斯东部的间歇性冷气流影响，主要运动方向是向东，最先受到影响的将是美国 and 加拿大西海岸地区，但若泄漏出的放射性物质较多，数月后可能散布到整个北半球同纬度地区。
- 高空喷流通常处于海拔15000米以上的平流层下部，受到对流层顶部的西风带影响，几乎全年都吹着西风，但水平风速非常高（见图）。
- 1986年切尔诺贝利事故发生后的2个月内，放射性尘埃就几乎散布到整个北半球的大部分地区（但经过大气层的稀释，除事故周边国家外，其他地区的放射性尘埃浓度已非常低）。

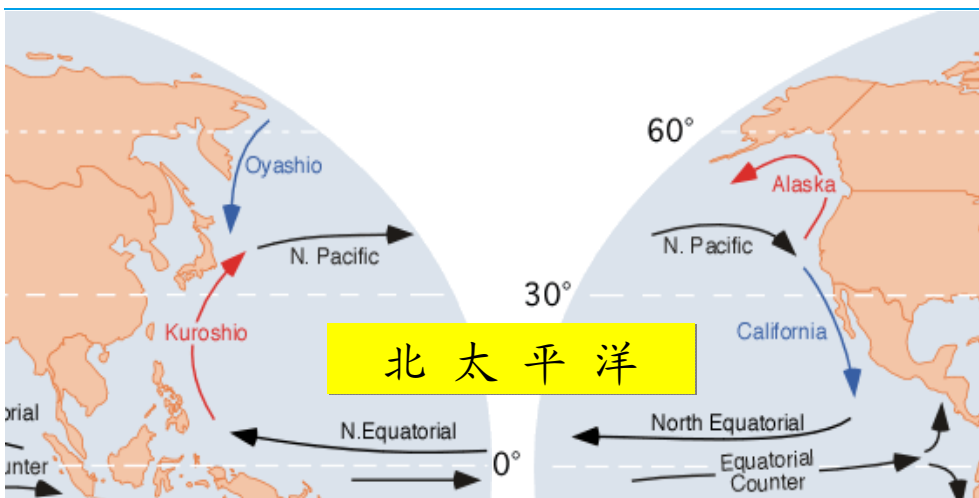
图表5：北太平洋地区上空平流层气流分布



来源：国金证券研究所

- **洋流系统：**福岛核电站事故所泄漏的放射性物质若进入海洋，则将主要通过太平洋洋流进行传播，最先也是最有可能收到影响同样是北美洲的西海岸地区。但考虑到**进入海洋水体的放射性物质通常远少于进入大气的放射性尘埃**，且**海洋具有更强的自净化能力**，因此其影响将大大小于放射性物质通过大气系统传播所带来的影响。
- 发源于白令海峡的千岛寒流(Oyashio)和起源于菲律宾东部海域的黑潮暖流(Kuroshio)在东日本海地区汇合，形成北太平洋洋流，该洋流在抵达北美洲西海岸后又分为北向的阿拉斯加暖流和加利福尼亚寒流（详见下图）。
- 洋流主要收到大气运动和行星风系、密度差异、流体的连续性形成的补偿作用、陆地的形状和地球自转产生的地转偏向力影响而形成。其中，盛行风是形成洋流的主要动力，但是，在地转偏向力的作用下，风海流的流向并不与风向完全一致。

图表6：北太平洋地区洋流流向分布



来源：国金证券研究所

高浓度放射性尘埃所达地区的生态系统将受到严重破坏

- 放射性物质的泄漏，除了对暴露于其中的人员造成直接辐射伤害以外，若泄漏量达到一定程度，则还将对放射性物质所达区域的生态系统造成严重影响，日本及其周边海域内的农产品和渔产品将有可能受到严重辐射污染，从而在很长时间内无法被人类食用。
- 切尔诺贝利事故发生后，周边国家和地区农牧作物普遍受到显著辐射污染，各国纷纷出台限制法令：
 - 1986年4月，一些欧洲国家开始强制实行食物限制法令，特别是菌类和牛奶（易富集重金属和放射性物质）。在灾难过后20年，主要限制制造、运输、消费过程中来自切尔诺贝利放射性尘埃的食物污染，尤其是对铯-137指标的控制，以防止它们进入人类的食物链。
 - 在德国，奥地利，意大利，瑞典，芬兰，立陶宛和波兰的某些地区，野味、野生蘑菇、浆果以及食肉鱼类的铯-137含量达到每千克几千贝克。在德国一些野生蘑菇的铯-137含量甚至达到了40,000贝克/千克。按照2006年TORCH报告，这些地区的平均水平约为6,800贝克/千克，是欧盟规定的600贝克/千克的10倍以上。
 - 意大利规定部份农作物禁止人们食用，例如蘑菇。在被辐射污染的地区里，有许多儿童遭受辐射剂量高达50戈雷(Gray)。这是因为他们在喝牛奶的过程中吸收了在当地生产而被辐射污染的牛奶，当地牛奶是被碘-131所污染，碘-131的半衰期为8天。许多研究发现白俄罗斯、乌克兰及俄罗斯的小孩罹患甲状腺癌比例快速增加。

历史上的核泄漏事故回顾——福岛核电站事故可能达到 6 级

- 国际原子能机构将核事故的严重程度分为 7 个等级，1 级为发生“异常情况”，7 级为发生“重大事故”。6 级和 7 级均指发生完全熔毁事故，核燃料或者反应堆芯因温度过高熔化。具体是 6 级还是 7 级由随后产生的不受控制的核辐射泄露规模决定。在部分熔毁事故中，核燃料遭到破坏，核事故的严重程度被定为 4 级或者 5 级。我们预计本次日本福岛核电站事故严重性可能超过美国三里岛事故，被确定为 5 级甚至 6 级事故。

前苏联切尔诺贝利核电站事故（7 级）

- 1986 年，前苏联的切尔诺贝利核电站发生重大事故，直接死亡人数 56 人，另有数千人死于辐射导致的癌症或者其他疾病。这场核灾难是迄今为止唯一一场被定为 7 级的核事故。
- 俄国科学家报告指出，切尔诺贝利 4 号机反应炉总共有 180 至 190 吨的二氧化铀以及核反应产生的核废料，估计这些物质大约有 5%-30% 发生外泄，其辐射量相当于 500 颗美国投在日本广岛的原子弹。

美国三里岛核电站事故（5 级）

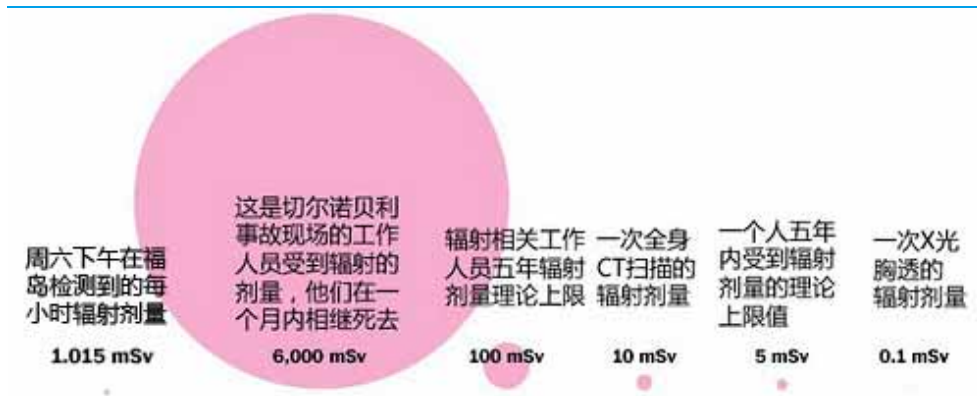
- 1979 年美国宾西法尼亚州哈里斯堡附近的三里岛核事故，被定为 5 级，是美国历史上最为严重的核事故。由于负责降低反应堆压力的一个阀门无法关闭，冷凝水外流，导致反应堆芯温度过高，进而引发机器和监视反应堆的操作人员出现一系列错误，这场事故差点引发全部熔毁，100 吨铀燃料约 45% 熔化，60% 的铀棒受到损坏，约 20 吨的熔融后的二氧化铀流出核燃料包壳及燃料棒封装，堆积在压力容器底部，绝大部分放射性物质（主要是流出来的冷却水）被包裹在安全壳内。
- 三里岛事故后，周围 80km 范围内，个人剂量平均增加值为 15 微希，不到一年内天然本底辐射的百分之一，最大有效剂量为 850 微希，对环境的附近居民的实际影响不大。

轻微核辐射对人体影响有限，过量辐射可致死致病

事故发生地周边目前的辐射水平已异常升高，但仍处于可控范围

- 东京在 15 日 10 点左右辐射量达到 0.809 微希伏/小时，为平日的 20 倍，而过去 4 年最大值为 0.079 微希伏/小时。东京的辐射量指标虽有反复，但总体趋于回落，事故所导致的辐射污染仍在可控范围内（文末附表）。
- 作为类比，我们举一些生活中的例子：照一次 x 光片受辐射在 0.1~0.2 毫希伏之间，一次长途飞机受辐射约为 0.01 毫希伏，而吸一支烟的辐射量也在 0.01 毫希伏左右。

图表7：福岛检测到的辐射剂量与其他辐射来源对比



来源：国金证券研究所

辐射污染环境下的自我保护方式

- 放射性物质、或者核辐射，一般的情况下对人体的影响按放射性辐照的方式不同而分为两种：一是，放射性辐照从人体表面开始，即**外照射**；二是，放射性物质经口摄入体内而使得人体内部遭受辐照损伤，即**内照射**。另外，需要指出的是，自然界本身就存在着放射性。对于自然界中原来就存在的射线照射，我们称之为**天然本底**，或者**天然辐射**。正常本底辐射地区天然辐射源致人体年有效剂量当量约为 **2.4mSv**，相当于约 **0.3 微希伏/小时**。
- 如果人体所受的放射性物质的照射剂量超出一定的范围，就会对人体健康造成不同程度的影响。
- 针对外照射形式存在的放射性物质源，我们一般遵循**减少时间、加大距离、和使用屏蔽的三原则**，尽量减少人体所受射线的影响，保护人体的健康。而对于一旦放射性物质通过呼吸吸入，皮肤伤口及消化道吸收进入体内，引起内照射，此时的污染消除将会变得很困难，因而人体也将遭受更长期的射线照射损伤。而进入人体内的放射性元素，也因为其不同的种类和化学结构，表现得各不相同。
 - 比如：碘-131 一般容易积聚在甲状腺中；而铯-90 则因为可以与骨骼中的钙进行置换而累积，等等。人们可以通过采取远离污染区域、少出门、体表尽量少暴露，外出回来后立即淋浴、外出衣物用塑料袋单独收纳、还有就是放射性污染可能区域内绝对禁止饮食或吸烟，等等来保护自己。

受到过量辐射后，对人体产生的影响

- **一种是确定性影响**。比如，某种程度的过量放射线照射之后，人体皮肤、粘膜受损，以及骨髓的功能会减退（即造血细胞减少、白血球和红细胞减少等），甚至会直接导致人的死亡。
 - 这些影响一般都有一个相应的阈值，也就是说当所受剂量远低于这个值时，发生病变的可能性基本可以忽略不计。**一般认为，这个阈值在 10 万微希伏（100mSv）。**
- **另一种则是概率性影响**。这主要是指，由于射线照射人体组织细胞而导致的突然变异，比如，癌症、白血病等，这些病变并不存在一个明确的阈值，由它所引发的突变的风险随着照射剂量的提高而概率增大，但即使是少量的照射也依然存在突变的风险。
- 在核能利用过程中，人们普遍采用 **ALARA（As Low As Reasonably Achievable）**，即所谓合理可行尽量低原则。这意味着，一般人员所受剂量，对于确定性影响而言保证处于不发生病变的区间，对概率性影响而言保证所受风险决不超出可以接受的水准，另外，在保证这两个前提之下，通过一切合理手段可以实现的最低剂量水准。

图表8：日本东京地区辐射监测值

检测日期	检测时间	最大值 ($\mu\text{Gy/h}$)	最小值 ($\mu\text{Gy/h}$)	平均值 ($\mu\text{Gy/h}$)
2011-3-16	00:00 ~ 00:59	0.056	0.051	0.054
2011-3-15	23:00 ~ 23:59	0.060	0.053	0.056
2011-3-15	22:00 ~ 22:59	0.076	0.058	0.066
2011-3-15	21:00 ~ 21:59	0.098	0.076	0.089
2011-3-15	20:00 ~ 20:59	0.168	0.096	0.123
2011-3-15	19:00 ~ 19:59	0.458	0.165	0.361
2011-3-15	18:00 ~ 18:59	0.320	0.113	0.200
2011-3-15	17:00 ~ 17:59	0.157	0.067	0.094
2011-3-15	16:00 ~ 16:59	0.075	0.065	0.068
2011-3-15	15:00 ~ 15:59	0.072	0.065	0.068
2011-3-15	14:00 ~ 14:59	0.075	0.068	0.072
2011-3-15	13:00 ~ 13:59	0.072	0.062	0.066
2011-3-15	12:00 ~ 12:59	0.078	0.066	0.071
2011-3-15	11:00 ~ 11:59	0.151	0.078	0.106
2011-3-15	10:00 ~ 10:59	0.809	0.160	0.496
2011-3-15	09:00 ~ 09:59	0.465	0.122	0.202
2011-3-15	08:00 ~ 08:59	0.123	0.040	0.057
2011-3-15	07:00 ~ 07:59	0.051	0.041	0.045
2011-3-15	06:00 ~ 06:59	0.058	0.044	0.050
2011-3-15	05:00 ~ 05:59	0.112	0.056	0.088
2011-3-15	04:00 ~ 04:59	0.147	0.036	0.100
2011-3-15	03:00 ~ 03:59	0.038	0.032	0.035
2011-3-15	02:00 ~ 02:59	0.037	0.032	0.035
2011-3-15	01:00 ~ 01:59	0.037	0.033	0.035

来源：Tokyo-eiken，国金证券研究所

长期竞争力评级的说明:

长期竞争力评级着重于企业基本面，评判未来两年后公司综合竞争力与所属行业上市公司均值比较结果。

公司投资评级的说明:

强买：预期未来 6 - 12 个月内上涨幅度在 20% 以上；

买入：预期未来 6 - 12 个月内上涨幅度在 10% - 20%；

持有：预期未来 6 - 12 个月内变动幅度在 -10% - 10%；

减持：预期未来 6 - 12 个月内下跌幅度在 10% - 20%；

卖出：预期未来 6 - 12 个月内下跌幅度在 20% 以上。

行业投资评级的说明:

增持：预期未来 3 - 6 个月内该行业上涨幅度超过大盘在 5% 以上；

持有：预期未来 3 - 6 个月内该行业变动幅度相对大盘在 -5% - 5%；

减持：预期未来 3 - 6 个月内该行业下跌幅度超过大盘在 5% 以上。

特别声明:

本报告版权归“国金证券股份有限公司”（以下简称“国金证券”）所有，未经事先书面授权，本报告的任何部分均不得以任何方式制作任何形式的拷贝、复印件或复制品，或再次分发给任何其他人，或以任何侵犯本公司版权的其他方式使用。经过书面授权的引用、刊发，需注明出处为“国金证券股份有限公司”，且不得对本报告进行任何有悖原意的删节和修改。

本报告的产生基于国金证券及其研究人员认为可信的公开资料或实地调研资料，但国金证券及其研究人员对这些信息的准确性和完整性不作任何保证，对由于该等问题产生的一切责任，国金证券不作出任何担保。且本报告中的资料、意见、预测均反映报告初次公开发布时的判断，在不作事先通知的情况下，可能会随时调整。

客户应当考虑到国金证券存在可能影响本报告客观性的利益冲突，而不应视本报告为作出投资决策的惟一因素。本报告亦非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向任何人作出邀请。国金证券未有采取行动以确保于此报告中所指的证券适合个别的投资者。国金证券建议客户应考虑本报告的任何意见或建议是否符合其特定状况，以及（若有必要）咨询独立投资顾问。报告本身、报告中的信息或所表达意见也不构成投资、法律、会计或税务的最终操作建议，国金证券不就报告中的内容对最终操作建议做出任何担保。

在法律允许的情况下，国金证券的关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能为这些公司正在提供或争取提供多种金融服务。国金证券及其关联机构或个人可能在本报告公开发布之前已经使用或了解其中的信息、所载资料或意见。

本报告反映编写分析员的不同设想、见解及分析方法，故本报告所载的观点并不代表国金证券的立场，且收件人亦不会因为收到本报告而成为国金证券的客户。

上海

电话: (8621)-61356534

传真: (8621)-61038200

邮箱: researchsh@gjzq.com.cn

邮编: 201204

地址: 上海浦东新区芳甸路 1088 号紫竹
国际大厦 7 楼**北京**

电话: (8610)-66215599-8792

传真: (8610)-61038200

邮箱: researchbj@gjzq.com.cn

邮编: 100032

地址: 中国北京西城区金融街 27 号
投资广场 B 座 4 层**深圳**

电话: (86755)-33089915

传真: (86755)-61038200

邮箱: researchsz@gjzq.com.cn

邮编: 518000

地址: 中国深圳福田区金田路 3037 号
金中环商务大厦 921 室