

辐射并没有想象的那么可怕

——访清华大学工程物理系辐射防护与环境保护研究室主任李君利

○ 本刊记者 黄婧



李君利

清华大学工物系辐射防护与环境保护研究室主任，教授，博士生导师。1995年毕业于清华大学工程物理系核反应堆工程及安全专业，获博士学位；1997年清华大学核研院博士后流动站出站后留校任教。曾从事核反应堆工程安全分析工作，现从事辐射防护与环境保护研究工作，研究领域包括辐射剂量学、辐射屏蔽技术、辐射安全分析与评价、蒙特卡罗方法及程序、医学辐射剂量计算与分析等。

日本大地震引发的核电站爆炸吸引了全世界的目光。有两颗原子弹以及切尔诺贝利核电站事故的阴影在前，人们对核辐射通常谈之色变，对遭受辐射的后果忧心忡忡，甚至产生恐慌。由于此次灾害性事故发生发生在邻国日本，更是格外引起大家的关注。但是，有关核辐射对人体产生危害的原理和阈值，公众可能并不了解。记者采访了清华大学工程物理系辐射防护与环境保护研究室主任李君利教授，请他对相关问题做一些说明。

记者：日常生活中存在哪些辐射？对人体健康是否有影响？

李君利：辐射是无处不在的，有人类之前自然界就存在辐射。自然界的很多放射性核素通过食物、空气等途径会进入人体。据统计，普通人每年所受自然辐射的全球平均剂量为2.4毫西弗（毫西弗是辐射剂量的基本单位之一。辐射剂量的主单位是西弗（Sv），但西弗是个

非常大的单位，因此通常使用毫西弗（mSv），1mSv=0.001Sv），这些辐射来自哪里，具体可参考下表：

天然辐射源照射世界平均辐射剂量值（UNSCEAR2000）

辐射源		年有效剂量 (mSv)	合计
外照射	宇宙辐射	直接电离辐射和光子	0.87
		中子成分	
		宇生核素	
	陆地外照射	室外	
		室内	
内照射	吸入内照射	铀、钍系列	1.55
		氡 (^{222}Rn)	
		钍 (^{222}Rn)	
	食入内照射	^{40}K	
		铀和钍系	

除天然辐射源外，人类在日常生活中也随时在接受辐射。

人类生活方式对辐射水平的影响

类型	剂量水平 (mSv)
每天看电视2小时	<0.01 mSv/a
夜光表	0.02 mSv/a
乘飞机	0.005mSv/h
吸烟每天20支	0.5~1 mSv/a
诊断X射线人均年有效剂量	0.3 mSv/a
CT人均单次有效剂量	8.6 mSv
使用火力发电厂带来的照射	0.005 mSv/a

人类不仅在辐射的环境中生存、繁衍，甚至我们身体内部也含有很多放射性核素，人体每分钟都会有几十万次的核衰变现象发生。自然界中的辐射是无处不在的，但我们在这样的环境下依然活得很好，所以不必要把稍微受一点辐射就等同于受到很大的伤害。其实人体对辐射的耐受性是很强的。

记者：辐射对人体有哪些伤害？它发生作用的渠道有哪些？

李君利：辐射影响人体的途径分为两种：外照射和内照射。外照射是指辐射源在体外，由于射线有很强的穿透力而在人体内沉积下能量，造成伤害；内照射是指放射性核素随着空气、食物

等进入人体，对特定的器官造成损伤。

辐射对人体造成的健康效应分两类，一类是确定性效应，一类是随机性效应。确定性效应，如皮肤红斑、急性放射病等，都有很高的剂量阈值，低于阈值的辐射不会对人体产生严重伤害。

例如最近网上有人引述日本辐射专家的话：“辐射剂量超过150mSv会导致男子绝育”。这话有一定的科学依据，但是并不全面，150mSv的辐射量只是导致男性暂时性地丧失生育能力，但一段时间后即可恢复。要造成终生丧失生育能力需要3.5Gy（Gy为吸收剂量单位，1kg被辐照物质吸收1焦耳的能量为1戈瑞）以上。不同种类确定性效应的剂量阈值见下表：

国家标准	器官	剂量阈值 (Gy)	效应
GBZ107-2002	睾丸	>3.5	男性绝育
GBZ107-2002	卵巢	2.5~6.0	女性绝育
GBZ95-2002	晶状体	2	放射性白内障
GBZ101-2002	甲状腺	10	放射性甲状腺功能减退
GBZ106-2002	皮肤	5	红斑

辐射的随机性效应，即指大家担心的致癌、遗传效应等问题。随机性效应在高剂量区（辐射剂量>100mSv）已经有明确结论：辐射会以一定概率致癌，而且概率大小与进入人体的有效剂量呈正比。在低剂量区（辐射剂量<100mSv），辐射是否会致癌，以及是否存在剂量阈值，科学界目前还存在争议。从理论上讲，辐射粒子可以打断DNA链，导致细胞变异，因此存在致癌的可能性。但考虑到人体本身有很强的修复能力，再加上正常的新陈代谢可以淘汰一部分变异细胞，所以低剂量辐射致癌的概率就很小了，具体是多少需要做大范围人群的流行病学调查才能得出结论。目前，在低剂量区使用的随机效应的标称危险系数是从高剂量区外推的结果，是个理论值。

而且，在近年来报道的许多辐射高本底地区的人群调查中，并未发现低水平辐射会增加癌症发生率。与此相反，却发现癌症发病率有所降低。例如，中国阳江是辐射高本底地区，在此地所做的人群健康调查持续36年，累积了20万人口以上的资料，结果发现2倍于对照地区的辐射水平未引起癌症几率增高，甚至有所降低；印度天然辐射高本底地区克拉拉邦，其年辐射水平高达16mSv，但癌症发生率却低于对照组。许多调查都给出了类似的结果。

关于小剂量辐射致癌是否存在阈值这一问题也有争论。美国电离辐射生物效应委员会（BEIR）认为，小剂量辐射致癌没有阈值，即任何微小剂量的辐射均可增加癌症发生几率；而法国科学院在1995年的报告中则认为存在阈值。现在的共识是当辐射剂量在100mSv以下时，没有证据表明大人群的癌症发病率会升高。

目前国际放射防护委员会（ICRP）坚持线性无阈假设（LNT），即低剂量电离辐射致癌并无阈值。这一理论是基于辐射防护管理方便而作的保守管理假设，和我们上述观点并不矛盾。但因为这一理论流传甚广，使部分民众产生误解，感觉平时多受一点辐射剂量都是很可怕的事。大家要明白，这只是为了保守管理而作的假设。

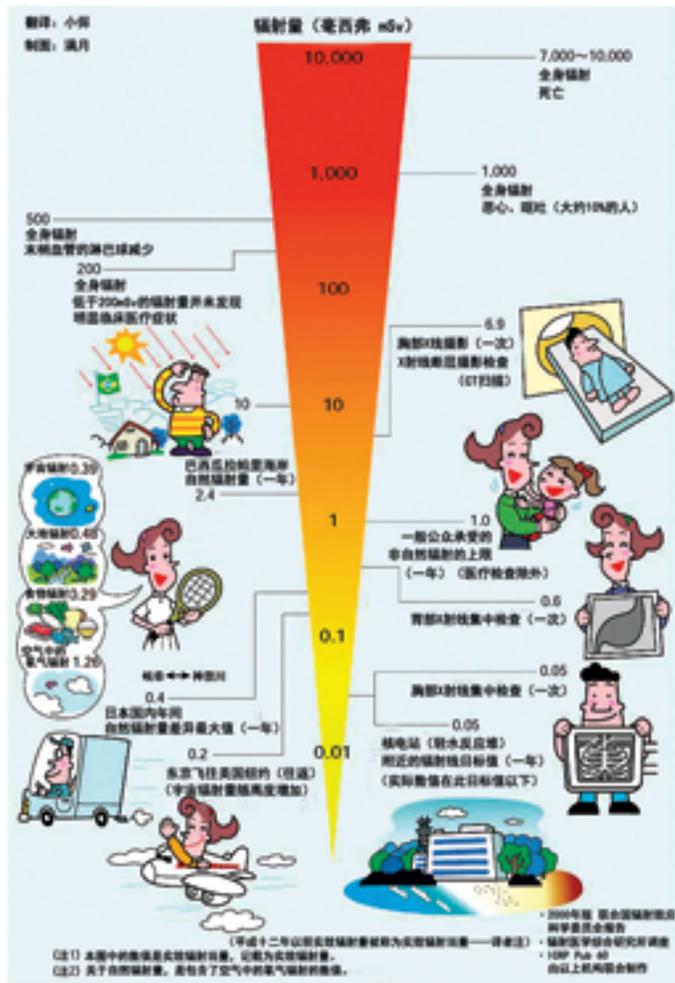
另外，辐射致癌实际是个风险问题。我们生活中很多事也都是有风险的。大家开车会有出重大交通事故的风险、做手术会存在麻醉的风险、吃饭会存在食品安全的风险，各种职业也都存在各自的职业风险。但我们很少因为这些生活中的风险产生恐惧，是由于我们觉得这些风险是可接受的。辐射致癌的风险其实与其它生活中的风险没有什么不同。通过控制住人体的有效剂量，就完全可以把它降低到我们可接受的范围内。这就是国家标准中规定个人年剂量限值的目的。一般来讲，小剂量照射带来的风险已被淹没在人们生活方式的改变所带来的风险涨落之中了。

记者：怎样预测分析核辐射扩散的程度，它的扩散受到哪些因素影响？

李君利：预测核辐射的扩散程度，关键是要明确有多少放射性核素被释放出来，它们又是怎样扩散的。在本次福岛核泄漏事件中，具体有多少放射性核素被释放，我们没有第一手资料，只能根据媒体的描述进行估算。而且不同的放射性元素存在不同特性，因此很难得出放射性核素释放量的准确数值，即源项有很大的不确定性。

核辐射在扩散过程中主要通过几种途径对人体发生伤害：地面给人的外照射、空气浸没对人的外照射、皮肤沾染产生的外照射以及放射性核素随呼吸进入人体产生的内照射等。怎样评价核辐射对较远地区的影响？一般包括三个模块：事故源项模块，即有多少放射性元素被释放；大气扩散模块，即当地的气象条件；剂量分析模块。因为放射性元素在大气中扩散时会不停发生沉

■ 日常生活与核辐射



降，具体有多少到达目标区域需要经过计算。在预测核辐射的扩散时，首先要结合气象部门的风场预测，计算扩散的方向、速度和范围，最后根据核素的浓度完成剂量模型。在这个过程中，最大的不确定因素是放射性核素的释放量和大气扩散的参数。

前些天我和几位老师采用简单的大气扩散模型，取一般沸水堆的堆芯放射性核素产生量，再按福岛核电站功率进行修正，释放比例取切尔诺贝利事故的值，做了简单的估算，结论是此次日本核泄漏不会对中国造成影响。很多人担心由于风向的原因会使美加西海岸受到影响，更有甚者担心随着风的转向，会对中国造成影响。这一担心是完全没有必要的。

记者：其它气象因素，如降水是否会加重辐射对人们的伤害？

李君利：降水是需要注意的现象，无论发生在哪个地区都要引起当地政府的重视。近期日本的降雨、降雪迫使大气中飘散的放射性核素随雨雪沉降在大地上，对当地不是件好事，但在很大程度上减少了放射性核素向远方的扩散。

记者：如果含有核辐射的物质进入海水，是否会对我环渤海湾地区造成影响？海产品是否会受到污染？

李君利：辐射对海洋的影响取决于洋流流向，在不清楚源项时，最有效的做法是加强监测措施。我国的环保部、海洋局都有很强的监测能力，用测量数据说话，对照国家标准采取相应措施，就能够将核辐射带来的影响降到最低。辐射可能会对日本附近的海产品造成污染，因此国家要把好进口关，依旧是需要做好监测。

但其他海域不用过于担心，因为海洋是非常辽阔的，完全可以把这些元素稀释并沉降掉。

记者：如果遭遇核辐射，请您介绍一下相关的防范措施。

李君利：在国家标准中有两个防护措施：隐蔽和撤离。这些措施是和剂量对应的，在一定的剂量值时采取既定的措施。对民众来说，如果遭遇核辐射，要尽量躲在室内，减少外照射的辐射量。同时减少空气流动，关闭门窗和空调的空气交换系统。如果必须出门，应戴好帽子、口罩，并着长袖长裤，避免皮肤直接暴露在空气中。在环境污染较大时，可以在进入室内前脱下被污染的衣物，集中存放，尤其要注意的，在室外行走的鞋子不要穿入室内，避免鞋底携带的沉降物质污染室内环境。

总而言之，辐射并不像人们想象的那么可怕。现实中，很多人心中已经形成了根深蒂固的谈“核”色变的观念，这就对专业人员提出了更高的要求。因此我认为，对中国来说，福岛核电站事故未必全是坏事。它让全国人民来了场核安全与辐射防护知识的大普及，也让从事核科学与技术行业的管理者对公众的“核恐惧”心理有了更真切的感觉，这些是有积极意义的。同时，福岛核电站事故必然会对中国核能事业的未来带来重大影响，真心希望从事核能发展战略研究的专家能为中国核能事业的可持续发展提出新的见解和看法。

2010年4月“校庆年”启动时全面升级，中文版和八种语言的国际版合计九个网站同时上线发布。



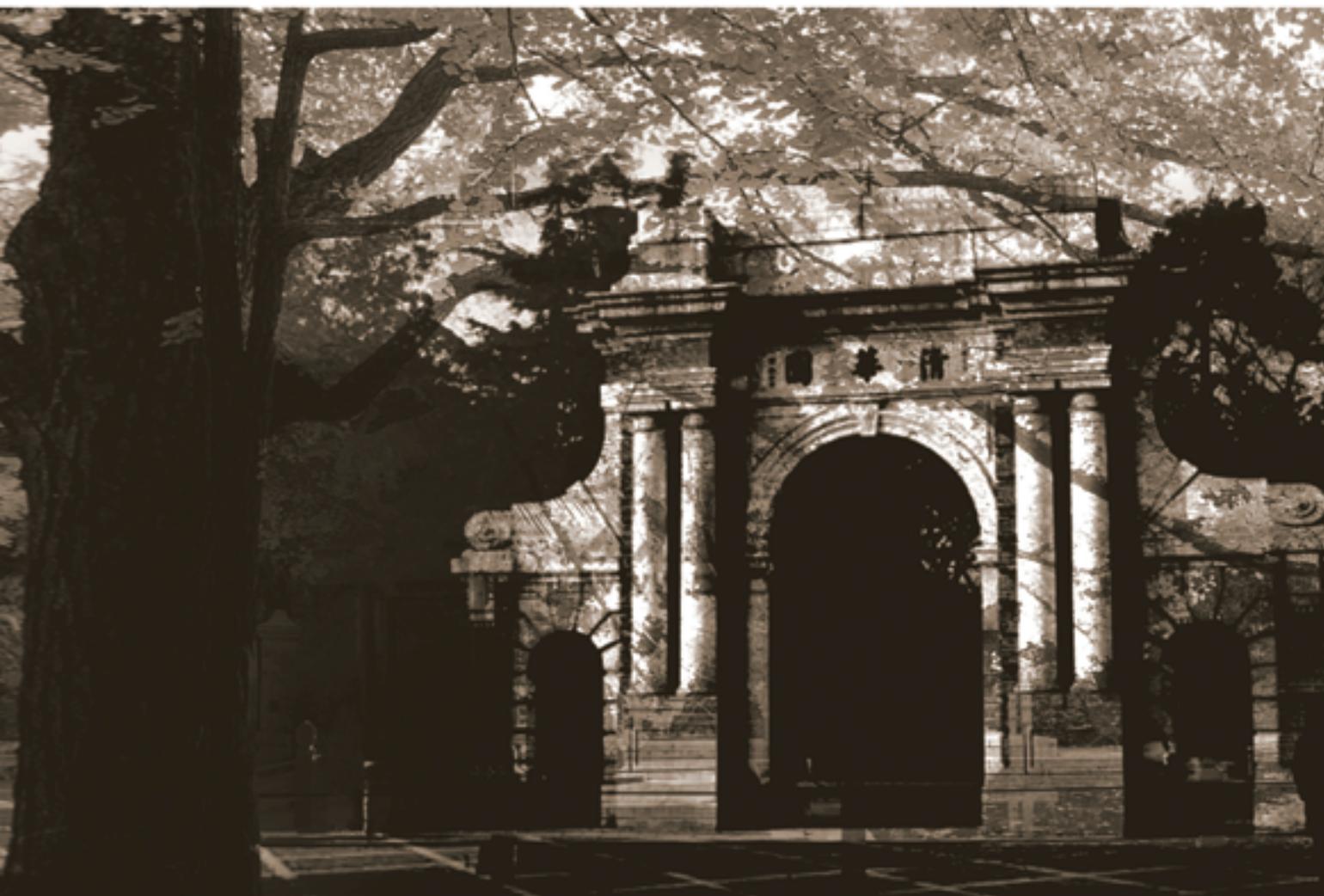
清华大学百年校庆
TSINGHUA UNIVERSITY
CENTENARY CELEBRATION

清华大学百年校庆专题网站 100.tsinghua.edu.cn

百年校庆网站栏目设置：

- ▲ 新闻速递
- ▲ 聚焦2011
- ▲ 校庆珍藏
- ▲ 校庆捐赠
- ▲ 祝福清华
- ▲ 学校文化
- ▲ 资料中心
- ▲ 联系我们

以 跻 身 世 界 一 流 大 学 为 目 标 ， 以 奉 献 国 家 服 务 社 会 为 己 任



清华大学百年校庆专题网站由清华大学百年校庆组织委员会办公室主办，清华大学教育技术研究所和清华校友总会共同维护。