

日本核危机重新引发关于环境、健康和全球能源利用的争论

大卫·比艾罗*

中图分类号:R197 文献标识码:C doi: 10.3969/j.issn.1674-2982.2011.07.007

Japan's nuclear crisis renews debate over environment, health and global energy use

David Biello

从结构上来讲,坐落在海边、包括 6 个核能反应堆的福岛第一核电站在 2011 年 3 月 11 日袭击日本本州东北海岸的破坏性地震中得以幸存,但是随后海啸产生的 14 米高海浪导致其真正的毁灭。海浪冲走了为备用发电机准备的柴油,并且导致为保持反应堆温度提供冷却水的水泵断电。结果,6 个核反应堆中的 3 个核反应堆和 2 个核废料池至少部分熔化。熔化是一个通俗的术语,表示为核反应堆提供能量的铀燃料棒的熔化。在这场自 1986 年切尔诺贝利事件以来最严重的核事故中,未知数量的放射性碘、铯和钚(它们是超过 700 种的铀裂变副产品中的一部分)被排放到自然环境中。

核电站的工作人员冒着不可见的氢气火焰和放射性的水,努力恢复电力,并为遭受重创的反应堆降温。为了保证他们能够执行这项工作,日本卫生厅将辐射的法定限量提高至每年 250 毫西韦特,这个数值是美国的 5 倍。日本政府疏散了核电站 20 公里范围内的居民,此时,负责监管美国核电站的美国核管理委员会建议美国公民所在地离核电站应至少 80 公里。远在南方几百公里外的东京自来水中,以及相隔至少一个大洋和一个大陆的马萨诸塞州的雨水中均可以检测到放射性同位素。

在世界范围内,这场灾难重新引起了关于核电站安全的长久争论,并且再一次强调了在全球能源使用背后复杂的环境顽症。在一段时间内,人们不可能完全认识到核辐射对人类健康的真正影响。但

是如果拿以前的核事故作为参考,受到核辐射污染的人群中某些癌症的发病率偏高就是其影响的一个明证。

更大的问题源自比较。世界需要能源,什么形式的能源对人类健康的危害性更大?是由铀裂变产生的危害还是燃烧化石燃料产生的危害?毕竟,每年由燃烧煤、石油和其它化石燃料导致的空气污染使成百上千的人死亡,或者被哮喘等相关的疾病折磨。尽管切尔诺贝利事故导致大约 50 个人因救火和抢救熔化而死亡,导致出现了约 4 000 ~ 100 000 例癌症患者并最终死亡,但是发生在 1979 年,被认为是美国至今最严重的核事故的宾夕法尼亚三里岛核反应堆部分熔化事故,却没有人员死亡。

换句话说,如果提问变成“核能有多危险?”相对于其它形式的能源而言,其答案是“危险不是很大”。

1 风险与回报

当任何形式的辐射被人体吸收后,它的数量将以西韦特为单位测量。这个单位是以一生致力于辐射对生物影响研究的瑞典健康物理学家 Rolf Sievert (1896—1966) 的名字命名。严重的辐射病在总辐射量为 2 西韦特的情况下发生,这大概比人类平均年辐射量高 1 000 倍。病症伴随着皮肤发红或烧伤、脱发、恶心和腹泻。这些影响导致 51 个消防队员和核电站工作人员在 1986 年切尔诺贝利事故的后续处理中丧生,这依然是至今为止最严重的核事故。

* 作者简介:大卫·比艾罗(David Biello),男,《科学美国人》(Scientific American)环境与能源版自由撰稿人,副主编。

E-mail: dbiello@sciam.com

本文英文原文参见 Health Affairs, 2011, 30(5): 811-813 doi: 10.1377/hlthaff.2011.0397, 复旦大学博士研究生何达翻译。

截至2011年4月底,福岛第一核电站二号反应堆附近的辐射水平已经达到每小时1西韦特,这使得人类不可能在这一区域内对设备开展修复工作。核电站附近的海水中含有的辐射碘量比日本法定标准高4000倍,而且很可能在食物链中的海草和其它海洋生物中富集。东京电力也已经开始将超过11000吨的放射性海水倒入海中,而这将使污染情况进一步恶化。

在附近的土壤中已经发现了铯,其浓度与核武器试验后的浓度水平相当。在遭到破坏的日本核电站40公里以外,国际原子能组织已经发现了风和雨水中携带放射性铯,其浓度比切尔诺贝利附近的浓度更高。

东京电力为防止反应堆压力过高而排放的水蒸汽产生放射性氢——氚。氚在衰减过程中放射出低能的 β 粒子,并且很容易被人体摄取或吸入。这些放射性蒸汽也将更危险的放射性粒子带到远方,例如铯或铯-137。

这种铯的半衰期为30年,这意味着至2041年它的浓度将有一半转变为后续同位素,而其中一种同位素仍然会放射 γ 射线。由于气候的影响,这种污染可能将被限制在核电站西北部的一片长条形的土壤和海域中。由于放射性铯和其它粒子的影响,在这片长条形区域中某些地方的辐射水平可能高至每年1西韦特,而这足以引发放射性疾病。

在反应堆几百码外的核电站大门处,辐射水平降低至每小时0.1毫西韦特,这意味着这里2.5天的持续辐射量等于美国人一年的辐射量。据美国环境保护署透露,这种辐射水平也足以引起人体内血液化学成分的变化。

同样可怕的是,这种辐射物质对健康的影响依然是可见的。以往的核事故只是给我们一些潜在影响的启示。例如,通过切尔诺贝利事故,我们可以肯定暴露在放射性碘中的人以后几乎都会患甲状腺癌。与此同时,一项对日本广岛和长崎原子弹爆炸幸存者的研究从1947年持续至今。该研究发现,辐射导致患白血病、肺癌和皮肤癌的风险增加,尤其是那些遭受辐射超过100毫西韦特的人。辐射量越大,患癌症的可能性越大。但是,参加调查的20万

日本幸存者中超过40%的人仍然存活至今,其中有些人在原子弹爆炸时只是婴儿或儿童。

美国国家科学院认为,根本不存在电离辐射的安全剂量,或者说放射物都有足够的能量诱发健康问题。但是他们也认为当剂量很小时其风险也相对较小。国家辐射防护与测量委员会作为一个独立的科学机构,出于其自身立场,建议以1毫西韦特,或者以美国人每年在高空飞行和医学扫描中接受到背景辐射的1/2~1/3作为每年接受辐射的安全剂量。

大多数科学家强调,关键是避免摄取或者吸入辐射粒子。国际原子能组织发现,日本山形县毁坏的核电站的东北方土壤中放射性碘和铯可能污染绿叶蔬菜和其它农产品。美国伦斯勒理工学院的保健物理学家,研究反应堆和放射性物质及设备辐射安全的Peter Caracappa说:“你可以避开外部辐射源”,但是放射性物质会通过污染食物途径进入你体内,“它们会存留在你身体里,而你无法避开你自己”。

最大的健康风险在于仍然在核电站附近居住的那些日本人。在受创的核电站附近,放射性水被有意和无意地排入海洋中。食用在这些水中生长的鱼类或者海藻将额外带来每年0.6毫西韦特的辐射量。并且,从福岛到京都至少12个不同地区的菠菜、水果和海鲜中均发现了放射性碘和铯。

日本已经开始在核电站附近的地上喷塑料来固定这些同位素,他们试图用这种方法阻止放射性同位素进一步从受损核电站中释放。但是从热燃料棒中释放的铯将在福岛第一核电站的土壤中存留几百年,甚至上千年。这意味着这些土地将很有可能变的像切尔诺贝利一样:一片荒芜,中心是被埋在混凝土中的熔化的核燃料,周围则是一片隔离区。

2 关键辩论

在日本核事故的余波中,太平洋西北部和加利福尼亚到明尼苏达的雨水中都检测到了低量的放射性碘,这引起了美国公众的关注。尽管如此,日本的核事故看起来没有改变美国政府对核电的支持。美国能源部长Steven Chu在2011年3月15日向国会保证:“美国有严格的安全规章来保证我们的核电是安全和负责的,美国民众应该对此有充足的信

心”。^[1]而且即使福岛反应堆的设计和现在仍在运行的 23 个核反应堆相同或相似,美国官员相信他们通过采取适当的安全措施可以保证反应堆安全运行,当然他们无疑也将从日本事故中吸取教训。

从根本上说,核电站的安全不仅仅取决于技术,更重要的是能够拥有并实施这种技术的人员。任何一个民用核电事故都因人为失误而恶化,这种失误可能属于监管、管理或者操作层面上。例如,在三里岛事故中,操作员认为反应堆核心的水量过多,而实际上却是里面的水量过少,从而导致了部分熔化。切尔诺贝利的燃烧是因为一个有缺陷的安全试验。奥巴马总统在 2011 年 3 月 31 日的一次演讲中发表声明,他已经要求核管理委员会进行一次充分的安全检查,这次安全检查应该可以重新唤起核电站运营者和操作者的警觉。^[2]

同样是在这次演讲中,奥巴马总统指出了一个关键的能源权衡。核能发电排放的二氧化碳远低于化石能源,而且它对健康产生的副作用可能相对较少,例如空气污染。事实上,由核电产生的空气污染仅限于制造它的铀、燃料棒、水泥和钢等部件时需要的能量。

的确,核能发电导致的灾难性熔化风险虽然小但确实存在。全球范围内,民用核电已经有将近 55 年的历史,在这期间至少发生了 3 次熔化事故。美国核工业的目标是将每 10 万年发生严重事故的次数限定在 1 次以内。

相比之下,燃烧化石能源会日复一日地产生健康问题。利用控制铀原子裂变来发电是一个相对清洁的方式,因为它不会每天都对健康产生影响。但是一旦发生熔化事故,大量致命的辐射物将被释放到环境中,将会影响很多人的健康。

可是根据国际原子能机构统计,至今为止,全球的核电站每发 1 000 万兆瓦时的电仅会导致 0.2 ~ 1.2 人死亡。另一方面,以燃煤的方式每发 1 000 万

兆瓦时的电则会导致 2.8 ~ 32.7 人死亡。

毫无疑问,由燃煤导致的死亡包括从地底挖掘煤矿的矿工的死亡,以及燃煤产生的空气污染导致的死亡。净化空气任务组织指出,在美国仅燃煤产生的细小悬浮颗粒就导致每年 13 200 人死亡。而且这只是 Health Affairs 杂志对死亡人数的保守估计,悬浮颗粒和其它形式的空气污染还会导致其它形式的危险。与该问题相关的文献显示,空气污染影响贫困地区学生的学业^[3],而细微颗粒的释放与更高层次的健康问题——例如因吸入这些细微颗粒而患有毛细支气管炎的婴儿的住院治疗费用,直接相关。^[4]

当然,还有潜在危害更小的能源:可再生能源,如风能和太阳能。除非这种可再生能源能够完全满足地球的需要,否则我们将一直面对这种可怕的选择:使用可能带来大范围疾病和死亡的化石能源,还是偶然熔化导致放射物传播威胁的核反应堆。

参 考 文 献

- [1] Chu S. Statement of Secretary of Energy Steven Chu [EB/OL]. (2011-03-15) [2011-04-20]. http://www.eere.energy.gov/office_eere/m/testimony_chu_031511.html.
- [2] White House. Remarks by the president on America's energy security [EB/OL]. (2011-03-30) [2011-04-20]. <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2011/03/30/remarks-president-americas-energy-security>.
- [3] Mohai P, Kweon B S, Lee S, et al. Air pollution around schools is linked to poorer student health and academic performance [J]. Health Affairs, 2011, 30(5): 852-862.
- [4] Sheffield P, Roy A, Wong K, et al. Fine particulate matter pollution linked to respiratory hospital costs [J]. Health Affairs, 2011, 30(5): 871-878.

[收稿日期:2011-05-15 修回日期:2011-06-18]

(编辑 刘 博)