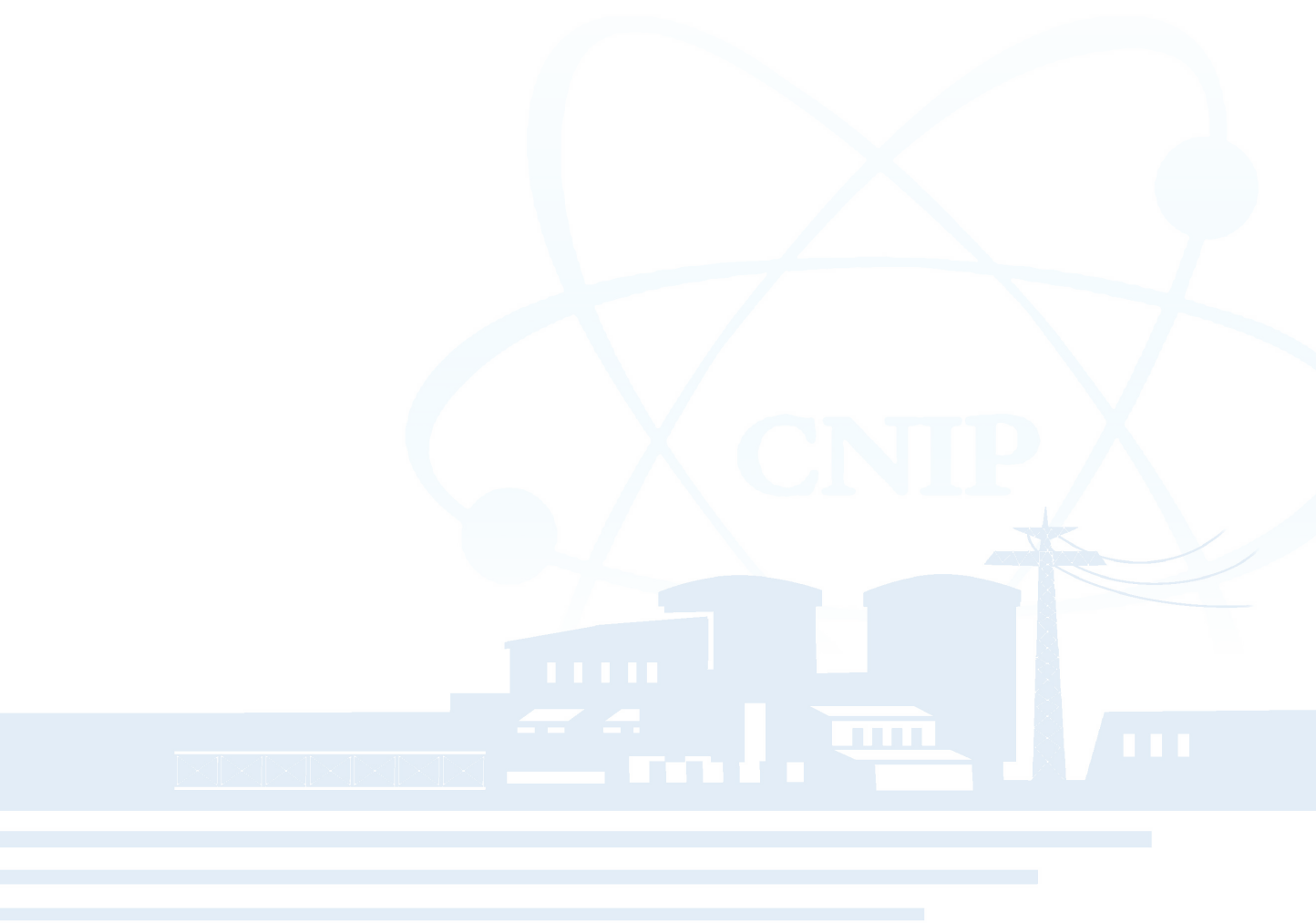
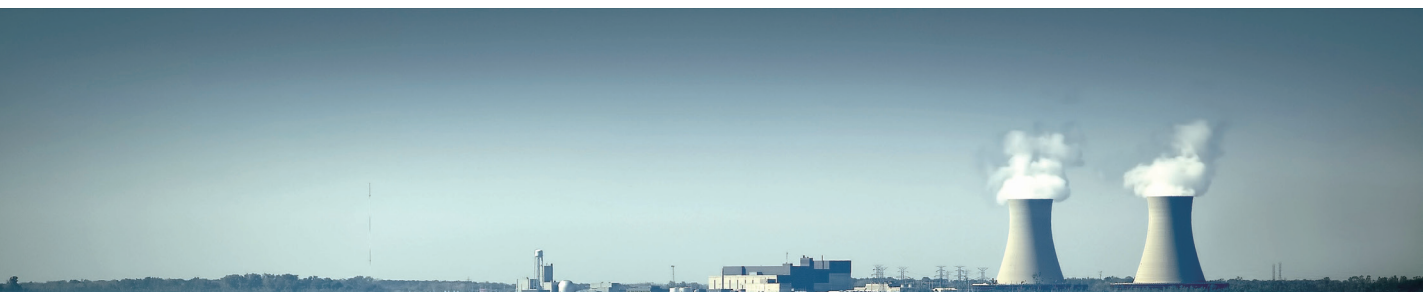


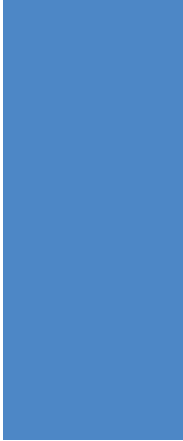
中国核保险共同体 执行机构季讯

2019 年第 2 期 总第 25 期





欢迎关注
中国核共体微信公众号



PROLOGUE 卷首语

从上世纪五十年代建成第一台用于发电的核电机组开始，人类利用核能发电的时间已经走过 60 多年。在这一甲子多的时间里，核电技术从第一代发电原型堆，到目前占发电主流的第二代核电机组，再到正在稳步发展的第三代核电，走过了不平凡的技术改革与升级道路。

与其他科学技术的发展一样，核电技术的进步也不是一帆风顺，既有能源危机下的大发展，也有核事故下的产业寒冬。在核电运行的 18000 多堆年里，发生了三哩岛、切尔诺贝利、福岛等严重核事故，这些核事故造成了严重的社会影响，直接改变了核电的发展轨迹，也造成了一定的人员伤亡。而其中关于核辐射导致人员患

癌或者白血病的争议一直存在，甚至引发了旷日持久且波及全球的核恐慌。

日本广岛和长崎原子弹爆炸后，日本和美国联合对爆炸幸存者进行了持续的研究，发现幸存人群中癌症发病率与器官受照剂量之间存在明显的线性关系，并且这种线性关系在较广范围内依然成立，该研究结果后续发展成了辐射作用的线性无阈模型（LNT）。而世界卫生组织的很多报告中关于切尔诺贝利核事故可能引发癌症和白血病人数的估计也是通过对该 LNT 模型下限外推所得到的数据计算而来。关于核事故致病问题的争议其实源自核辐射致病的特殊性。具体来说主要体现低剂量下致病效应的不确定性以及长期性。



PROLOGUE

比如广岛和长崎原子弹爆炸幸存者的研究发现，白血病的发生期一般在事故后 5—10 年，而一些癌症，比如肺癌，观察到的辐射引起死亡率增加的时间对于爆炸时 40—49 岁的年龄人群是 15 至 20 年，而对于 10 至 19 岁的人群是爆炸受照后的 30 年。正是这种长期性，修订后的核损害赔偿巴黎公约和维也纳公约中，要求核损害赔偿的追诉期长达 30 年！

总之严重核事故虽然发生概率低，但其造成的社会危害和厂外责任问题难以估计。防范和降低严重核事故造成的损失是核电厂与核保险共同关心的风险管理的核心问题。

本期特意推出多篇与核事故、核责任

相关的文章。开卷的内容是中国核共体工程师参观切尔诺贝利核事故处置现场后撰写的文章，应该是国内第一篇介绍当前切尔诺贝利核电厂内部核心区域的文章。本期专业论坛文章推出《核设施运营商核损害赔偿责任浅析》和《从切尔诺贝利核事故致亡人数看核风险的特殊性》2 篇文章与您分享。



探访切尔诺贝利核电厂现状

核共体执行机构 安江涛

因为工作的原因，最近几年每年我都要去乌克兰核电厂做风险评估，认识了很多乌克兰核电工业的朋友，也认识几位切尔诺贝利核电厂工作过的朋友。今年5月，在乌克兰朋友的帮助联系下，我有幸进入了切尔诺贝利事故的控制区，还进入事故核心区域——新建的事故反应堆屏蔽罩内。

当时切尔诺贝利4号机反应堆厂房内的火灾从1986年4月26日持续到了5月10号。为了扑灭火灾和控制堆芯反应性，灭火材料和放射吸收材料通过直升机等方式被倾倒覆盖在反应堆厂房上。各种材料共用去5000吨，其中包括40吨硼化物、2400吨铅、1800吨沙土、600吨白云石以及其他物质。事故后，前苏联政府为反应堆建造了一座“石棺”以尽可能屏蔽其放射性。但由于工程仓促，当时的“石棺”并不具备较强的抗震性和长期服役能力。后续苏联解体后，乌克兰政府也无力独立建造更新、更好的屏蔽罩。考虑到该“石棺”一旦出现问题，整个欧洲都将受到影响。1997年欧洲复兴开发银行成立了切尔诺贝利屏蔽罩基金。该基金主要是为了帮助乌克兰政府建设新的事故屏蔽罩，以便确保切尔诺贝利事故堆芯放射性物质在意外情况下不会再次释放到大气中，并为今后堆芯的处置创造一个良好的工作环境。



图1 新建屏蔽罩的外部



图2 切尔诺贝利新屏蔽罩内部

图1 为新建屏蔽罩的外观。新屏蔽罩总建设费用 15 亿欧元，设计使用寿命 100 年，是有史以来人类建设的最大可移动陆基结构，跨度为 257 米，长 162 米，高 108 米，总重量超过 36,000 吨。配备有起重机系统和先进的结构力学监测、放射性气体监测系统，以确保极端外部条件下屏蔽罩结构的安全和良好屏蔽性。

图2 中最右边的是我，我右手边两位朋友依次是 Surgey、Artem。Surgey 大叔已经退休，他当年曾经是切尔诺贝利核电厂的工作人员，还是事故发生当晚第一批到达现场的应急工作人员。Surgey 大叔告诉我们，当时他在现场发现事故很严重，所以有意识的远离了放射性高的区域。但后续很快抵达的消防员，由于一方面不认识堆芯石墨块，不知道其高放射性，另一方面当时靠近 4 号机反应堆厂房的共用常规岛屋顶已经起火，且屋顶采用可燃的沥青做防水材料，如果不及时扑灭火灾，其他机组的安全可能也会失去控制（切尔诺贝利 1、2、3、4 号机组的 8 台汽轮机共用一个常规岛厂房）。所以消防员也是不得不救，最终导致多名消防员因为遭受过量辐射而死亡或受伤。Artem 是中国核共体多次工作合作的朋友，曾经长时间在切尔诺贝利核电工作，近几年一直在参与切尔诺贝利新屏蔽罩的建设工作。

我们正后方就是发生核事故的切尔诺贝利核电厂4号机反应堆厂房“石棺”。石棺一旁像脚手架的巨大结构就是为了稳固石棺侧墙所建的支撑结构。我们站立的位置距离切尔诺贝利核电厂出事故的4号机组反应堆不到30米。这个距离已经是我们外部参观人员所能达到的最深位置，从当时站立的位置向左走向右走都是放射性比较高的区域，有些区域即使对于从事放射性工作的人员来说每次停留的时间也不能超过1分钟。这里所说的最长停留时间不超过1分钟，并不是意味着超过1分钟会导致人员死亡，而是该处位置的辐射剂量不允许工作时间超过1分钟，否则会给工作人员的健康可能带来风险。

虽然我们不用穿着特殊的辐射屏蔽服，但必须佩戴口罩，出入前还要进行严格的剂量测量。现在切尔诺贝利事故堆芯已经稳定，石棺附近的辐射剂量虽然还是有些高，但短时间的停留没有什么风险。我们在屏蔽罩内部参观讨论了约20分钟，离开时我的剂量表显示读数是0.004mSv，全球人均每天受到的天然辐射剂量大约是0.006mSv。

现在切尔诺贝利核电厂周围30公里为事故控制区，其核心的10公里内为严格控制区。部分区域剂量依然较高，严格禁止人员长期居留。距离电厂最近的城市普里皮亚季已经被森林重新占领。现在切尔诺贝利厂区外围的大部分隔离区早



图3 已经废弃的普里皮亚季城入口



图 4 废弃的儿童游乐场与摩天轮

已经开放为工业旅游区，游客可以在指定导游的带领下，在规定区域内游览，感受切尔诺贝利核事故对周围城市、村庄和自然环境的影响。

图 4 中是 1986 年修建完成的儿童游乐场，本来计划当年五一劳动节时正式开放使用。但 4 月 26 日核事故就发生了。

其实我第一次接触新闻之外的切尔诺贝利还是在 2015 年乌克兰检验的飞机上。当时我正好与认识不久的乌克兰核共体工程师阿列克谢坐在一起。无意中问他，切尔诺贝利核事故发生时他在干什么，怎么看这个事故。没想到，他的答复是，当时他就在切尔诺贝利工作，事故后还第一时间回去控制机组状态。他还花了很长时间给我介绍当时他们如何利用周围的废水来冷却堆芯。但他介绍时给我印象最深刻的是 2 个细节：

1. 当时他所在的 3 号机组主控制室内的辐射剂量值已经超出允许剂量的 5 倍，工作人员佩戴的计量表一直在响。他们的主管领导郑重告诉在场工作人员，“现在事态很严重，控制室内剂量已经超标，所以如果想休假离开的，现在就批准，如果留下来继续工作的话，三倍工资”。当时没有一个人离开，所有人都是将剂量计仍在一旁，继续工作。

2. 阿列克谢在介绍完他们终于成功将机组安全控制后，突然意味深长的说了一句：“当时西方的媒体报道说我们很多人死了，但其实我们没死”。我直到



图5 撤离村庄的纪念碑，每一个牌子代表着一个永远回不来的村庄。



图6 切尔诺贝利电厂附近的土壤中放射性水平依然很高

几年以后才明白他为什么当时会说这样的话。

看过美剧《切尔诺贝利》的人可能还记得，事故初步稳定后，专家发现了一个重大隐患，就是在反应堆正下方有个存水的水池，如果堆芯融穿其正下方的水泥地板坠落到水池中，将发生更大的蒸汽爆炸，比之前的爆炸火灾会释放出更多倍的放射性物质，苏联大部分区

域和整个欧洲将遭受更严重的核污染。而当时水池的阀门已经无法远程打开，必须由熟悉阀门位置和系统情况的电厂工作人员，穿着潜水服进入高放射性的水中，找到这个阀门，打开它，然后用抽水泵，将水池的水抽空。电视剧中专家还特意请示戈尔巴乔夫批准他们找三个人去执行这个工作。因为他们判断执行任务的三个人必死无疑。在当时看来，这几乎是一个送命的任务，但也是一个拯救苏联、拯救欧洲的任务。阿列克谢就是其中主动站出来执行任务的英雄之一。我们与他认识多年，即使在谈切尔诺贝利核事故的时候，他也从来不说自己做过这件了不起的事。我们也是直到2018年当时的乌克兰总统波罗申科为其在事故中的英雄行为授予奖章时才知道。

上图中间的就是阿列克谢，他看起来状态不好，并不是因为当年任务引发的疾病，而是因为 2017 年阿列克谢经历了一次严重车祸，所幸大难不死，图中的他还在恢复中。车祸导致阿列克谢大脑受伤，很多事已经记不清楚，但据朋友说，他对切尔诺贝利事故的记忆依然清晰。在此之前，他的身体非常好。



图 7 前乌克兰总统波罗申科为阿列克谢授予奖章

记得那天聊到最后，我问他作为切尔诺贝利核事故的亲历者怎么看现在很多国家弃核，不再发展核电。他直接回答了一句“stupid”。他解释道，首先核事故的危害没有媒体宣传的那么严重，其次核电作为先进的一种能源形式，其优点不能被忽略，况且任何事务发展过程中都不会是一帆风顺的，我们不能因为害怕风险而停止发展。事实也很有趣，德国、意大利、法国等没有遭受过严重核事故的国家决定不再建设核电或者降低核电比例，但受切尔诺贝利核事故影响最严重的乌克兰、俄罗斯、白俄罗斯却从没有放弃发展核电。自 2001 年至今，俄罗斯一直是全球第一大核电出口国，第二大核电建设国（第一是我国），白俄罗斯新建的国内首台核电机组即将装料（之前没有核电），乌克兰虽然没有再新建核电机组（主要是没钱），但其核电占国内发电量一直在 50% 以上（我国目前只有 4%）。

在参观切尔诺贝利之前，和乌克兰的朋友吃饭是正好聊到当时正在热播的美剧《切尔诺贝利》。我问 Artem，作为当事人如何看这部电视剧。他说，自己只看了一段预告，但他不会去看全剧。我问为什么。他说：“虽然电视剧特技效果很好，毕竟美国 HBO 公司大手笔制作，但就像观看一个战争片，观影的人可能看着其中殊死搏斗的场景很刺激，但作为电影中真正拼杀的人来说，这并不愉快”。所以在参观切尔诺贝利核电厂隔离区时，虽然重新被森林占领的小镇以及庞大先进的新建事故屏蔽罩让人印象深刻，但更让我受触动的是 Sergey 大叔、Artem、阿列克谢以及那些被迫撤离家园的人被切尔诺贝利核事故所改变的生活和命运。

核共体工作简讯

< 交流 · 合作 >

与来访的英国核共体进行工作交流

4 月，英国核共体总经理 Mark Popplewell 来访中国核共体执行机构，就中英核共体战略合作协议落地工作计划等议题进行了交流。

参加国际核共体体系工程师年会

5 月，核共体执行机构工程师赴法国参加国际核共体体系工程师年会，会议期间与英国核共体就落实技术合作协议进行会谈。

参加国际核共体体系总经理年会

6 月，核共体执行机构刘玉波总经理带队赴西班牙参加国际核共体体系总经理年会，并做关于核·星区块链业务管理平台的主题演讲。中国核共体是首个将区块链技术融入核保险应用领域的核共体，利用本次契机，中国核共体在国际核保险市场充分展示了我方的核心凝聚力与科技创新力，得到了国际核共体体系的一致认可与赞赏。

组织召开风险管理工作组会议

6月，执行机构组织召开风险管理工作组会议，就研究中国核保险共同体成员公司2018年年度经营状况、核定2019年核保险承保能力正式限额等议题进行商议。

协同核电客户开展海外路演工作

6月，核共体执行机构派员协同海南核电业主及中国核电、中核财务公司代表赴德国核共体和北欧核共体开展项目路演和海外交流活动，太保产险作为该项目首席出单公司，共同派员参加路演准备和协调等工作。本次海外路演工作达到了预期效果，充分展示了国内核电客户的优秀运行水平，增进了客户与国际核共体的相互了解，有利于未来合作的顺利开展。

< 业务 · 服务 >

顺利完成秦山核电基地、三门核电厂、海阳核电厂业务续转

二季度，核共体执行机构顺利完成秦山核电基地、三门核电厂和海阳核电厂运营期核保险业务续转工作，其中三门核电厂和海阳核电厂在本次续转中增加投保放射性雇主责任保险。

新承保台山核电厂2号机组、阳江核电厂6号机组

二季度，核共体执行机构为台山核电厂2号机组、阳江核电厂6号机组等两台新装料机组提供了运营期核保险保障，自此中国核共体承保的中广核集团核电保险标的数量增加至24台机组。



顺利完成台山核电厂 1 号机组保单展期

根据中广核集团保险统筹安排的需求，顺利完成台山核电 1 号机组保单展期工作，此外台山核电业主在本次展期阶段增加投保放射性雇主责任保险。

完成境外业务 2019 年第二季度续转

2019 年 2 季度共完成来自欧洲、亚洲、非洲、南美洲等 12 个国家和地区的临分业务续转，同境外核共体达成了更加紧密的战略合作关系，为我们今后开展更深层次的合作奠定了基础。

组织中国核共体成员公司年度培训

4 月，核共体执行机构组织中国核共体成员公司年度培训，就福岛核事故 8 周年灾后现状及区块链核星系统操作事务等议题进行介绍及交流，增进了各成员公司对核保险巨灾风险管理及业务账务操作领域的了解。

参加境外核电厂核保险风险检验活动

5 月，执行机构工程师应邀参加乌克兰扎波罗热核电厂风险检验工作。检验后还对切尔诺贝利核电厂事故核心区域进行了参观交流。

顺利完成红沿河、大亚湾基地、秦山 II 期、阳江、台山、防城港、宁德等核电厂核保险例行年度检验

核共体执行机构工程师团队于 5 月、6 月顺利完成红沿河、大亚湾岭澳 I 期、秦山 II 期、阳江、台山、防城港、宁德等核电厂核保险例行年度检验。整体看国内核电机组逐步进入精细化管理，现场管理水平和状态保持良好或持续提升。设备状态稳定，工程师经验丰富和水平逐步提高。



核电行业信息

国内产业动态

国内在建、运行机组状态

-- 华龙一号全球首堆建设进展顺利 --

4月27日，华龙一号全球首堆福清核电5号机组一回路水压试验正式启动。这标志着该机组提前计划50天启动冷态功能试验，由安装阶段全面转入调试阶段。

冷态功能试验是核电厂大型综合专项调试试验，主要目的是验证一回路系统和设备及其辅助管道在高压下的各项性能，并在各个压力平台下进行主系统和辅助系统的相关试验，是对整个反应堆性能的第一次全面考验。（信息来源：中核集团）

7月14日，福清核电5号机组外穹顶封顶混凝土浇筑完成，核岛高度达到73.98米，成为福清核电现场“新地标”。这为该机组热试、装料奠定了坚实基础。（信息来源：福清核电）



-- 台山核电 2 号机组成功并网发电 --

6 月 23 日，台山核电 2 号机组首次并网发电成功，为机组后续商运奠定了基础。台山核电厂是中法两国能源领域的最大合作项目，也是世界上单机容量最大的核电机组。

台山核电厂规划建设六台压水堆核电机组，一期工程引进第三代核电 EPR 技术，建设两台单机容量为 175 万千瓦的核电机组。1 号机组于 2009 年开工建设，2 号机组于 2010 年开工建设，分别是全球第三、四台开工建设的 EPR 三代压水堆核电机组。其中台山核电 1 号机组于 2018 年 12 月 13 日成功具备商运条件，成为全球首台具备商运条件的 EPR 三代核电机组。（信息来源：中新网）

-- 徐大堡 3、4 号机组进入全面实施阶段 --

当地时间 6 月 5 日，在中国国家主席习近平与俄罗斯总统普京共同见证下，中核集团董事长余剑锋与俄罗斯国家原子能公司总经理利哈乔夫在莫斯科交换了签署的《徐大堡 3、4 号机组总合同》文本，这是两大集团积极响应“一带一路”倡议，促进区域开放包容合作，助力两国关系大踏步迈入新时代的具体举措。

根据合同，徐大堡核电厂 3、4 号机组计划分别在 2021 年 10 月和 2022 年 8 月开工，单台机组建设工期 69 个月（其中 4 个月为冬季施工间歇期），两台机组建设间隔 10 个月。合同金额为 17.02 亿美元。（信息来源：中核集团）

-- 三代核电首批 3 个项目试行上网电价获批 --

3 与 20 日，国家发改委发布了关于三代核电首批项目试行上网电价的通知，广东台山一期核电项目试行价格按照每千瓦时 0.4350 元执行；浙江三门一期核电项目试行价格按照每千瓦时 0.4203 元执行；山东海阳一期核电项目试行价格按照每千瓦时 0.4151 元执行。试行价格从项目投产之日起至 2021 年底止。（信息来源：国家发改委）

-- 从 30 万到 35 万千瓦我国大陆首座核电厂再创国之光荣 --

4 月，我国大陆首座核电厂——秦山核电厂以 35 万千瓦功率，最大连续安全稳定运行 168 小时考核试验圆满完成。这意味中核集团通过自主创新，成功将秦山核电厂功率从 30 万千瓦提升到 35 万千瓦，对后续电站功率提升具有重要的借鉴意义，对国内运行核电厂的寿命管理工作起到良好的示范作用。（信息来源：中核集团）

--2019 年 1-6 月全国核电运行情况--

截至 2019 年 6 月 30 日，我国运行核电机组共 47 台，装机容量为 48731.16MWe（额定装机容量）。2019 年 1—6 月全国累计发电量为 33672.80 亿千瓦时，运行核电机组累计发电量为 1600.14 亿千瓦时，约占全国累计发电量的 4.75%。

2019 年 1—6 月，47 台运行核电机组继续保持安全稳定运行。核能累计发电量为 1600.14 亿千瓦时，比 2018 年同期上升了 23.09%。累计上网电量为 1497.75 亿千瓦时，比 2018 年同期上升了 22.82%。核电设备利用小时数为 3480.65 小时，核电设备利用率为 80.13%。（信息来源：中国核能行业协会）

核电“走出去”

-- 中罗两国公司就成立核电项目合资公司签署相关协议 --

5月8日，中国广核集团有限公司与罗马尼亚国家核电公司签署《关于切尔纳沃德核电厂3、4号机组成立合资公司的初步投资者协议》，标志着双方就该核电项目的合作迈出实质性的重要一步。

位于罗东南部的切尔纳沃德核电厂1、2号机组分别于1996年和2007年投产。中广核2010年9月开始推进该电站3、4号机组的市场开发工作。2013年11月，中广核和罗马尼亚国家核电公司签订相关意向书，并于2015年11月签署谅解备忘录。（信息来源：新华网）

-- 华龙一号海外首堆工程外层安全壳穹顶吊装成功 --

当地时间6月17日，华龙一号海外首堆工程——巴基斯坦卡拉奇核电K-2机组外层安全壳穹顶成功吊装。外层安全壳穹顶成功吊装标志着核电厂主体结构工程结束，为后续安全壳整体试验和热试创造了有利条件。

目前，中核集团华龙一号国内外4台示范工程进展有序，各关键工程节点均按期或提前实现，是全球唯一按照计划进度建设的三代压水堆核电工程。（信息来源：中核集团）



国际核电行业动态

国际核电运行与建设

-- 韩国启动第二个 APR-1400 先进压水堆核电机组 --

4月22日，韩国水电与核电有限公司（KHNP）的新古里4号机组首次并网发电。KHNP计划在全球建造至少10个APR-1400机组，新古里4号机组是第二个并网发电的APR-1400机组。

-- 美国沃格特勒核电厂3号机组设备开始运转 --

佐治亚电力公司5月7日宣布，沃格特勒核电厂3号机组的各个电气元件现已永久供电。随着美国核项目从建造转向系统运行，完成初步供电，代表着一个重要的里程碑。

佐治亚电力公司表示，两座AP1000机组的项目现已完成约77%。第一季度的所有计划都已完成，包括安装4号机组压力容器和3号机组安全壳上封头。这意味着所有模块和大型组件都已装入机组内。

佐治亚电力公司4月30日确认，项目仍按进度进行，预计在监管部门批准的时间表内运行，即3号机组于2021年11月、4号机组于2022年11月投入运行。项目总建造费用预测不变，仍为84亿美元。



-- 英国欣克利角 C 项目按期完成 1 号核岛筏基混凝土施工 --

6 月 21 日英国当地时间 9:08，随着现场最后一台混凝土罐车完成作业，英国欣克利角 C 项目按期完成 1 号核岛筏基混凝土施工，实现项目开工以来最大的里程碑。

英国欣克利角 C 项目 (HPC 项目) 1 号机组是在继芬兰 Olkiluoto 3 号机组，法国 Flamanville 3 号机组，台山 1、2 号机组后的世界第五台 EPR 机组。

-- 俄罗斯库尔斯克第二核电厂 2 号机组开始浇筑混凝土 --

俄罗斯库尔斯克第二核电厂 2 号机组的主要建造工作已提前两周开始。该核电厂位于俄罗斯西部，是首个采用 VVER-TOI 的核电厂。

俄罗斯 Rosenergoatom 核电公司总经理表示，1255 MWe VVER-TOI 反应堆可以称为俄罗斯最先进的现代核反应堆，采用了 VVER-1200 项目的技术成果，是一种三代+的核电机组。Rosenergoatom 表示，该设计提供了改进的安全措施，包括增加了极端影响的安全裕量和抗震能力，并配备了现代控制系统和诊断系统。

该核电厂还将成为俄罗斯首个拥有数字自动化系统的核电厂，用于管理建造过程中的成本和进度。它的建造时间和成本以及运行成本预计将“显著减少”。

-- 俄罗斯将开始建造 Brest 铅冷快堆 --

3 月 25 日，俄罗斯 TVEL 燃料公司总经理尼基佩洛娃表示，该公司下属西伯利亚化学联合公司计划于 2019 年夏季开始建造铅冷快堆 Brest-OD-300，预计将于 2026 年建成。

-- 俄完成世界首座浮动核电厂核能装置试验 --

4月24日，俄罗斯国家原子能公司发布消息称，该公司已完成对“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电厂核能装置试验。

据介绍，俄罗斯国家原子能公司对“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电厂核能装置进行了整体测试，以确保核能装置工艺参数完全达标并可投入运营。

“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电厂1号和2号机组反应堆顺利完成满功率运行试验，核电厂主设备、辅助设备以及自动化工艺过程控制系统都可稳定运行。目前，有关方面已对浮动核电厂核能装置的系统和设备进行了全面检查。

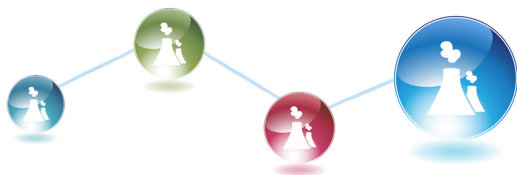
“罗蒙诺索夫院士”号浮动核电厂是世界首座浮动核电厂，这座浮动核电厂由一艘长144米、宽30米的驳船，以及驳船上搭载的两座35兆瓦核反应堆组成。

-- 加拿大首个小型模块堆申请许可证 --

4月2日，加拿大核安全委员会收到首个小型模块堆的许可证申请，全球第一电力公司申请在安大略省乔克河建造一个微型模块堆发电厂。

2月，全球第一电力公司的提议成为首个推进到加拿大核实验室四步审查过程第三阶段的方案，这意味着加拿大核实验室已邀请的合作伙伴将参加有关土地安排、项目风险管理和合同条款的初步非排他性讨论。

此微型模块堆是一个热功率15MWt、发电功率5MWe的高温气冷堆。据称，该反应堆使用的燃料是棱柱状石墨块，堆芯是密封的，可运输。微型模块堆技术将成为加拿大未来小型模块堆离网实际应用的模型，为位置偏远的行业和北方社区提供低碳电力和热量。



福岛核事故新进展

-- 福岛第一核电站首次搬出燃料棒作业环境得到改善 --

据日本共同社报道，当地时间4月23日，东京电力公司透露，装载了7根燃料棒的运送容器已运至福岛第一核电站厂区内的共用池。据悉，这是东电首次从福岛第一核电站发生堆芯熔化的1至3号机组燃料池内搬出核燃料，预计将有效改善报废作业环境。

据报道，此次搬出作业始于4月15日，对象为7根未使用燃料棒。7根燃料棒搬出后，3号机组内仍留有乏燃料和未使用燃料棒合计559根。由于共用池需接受法定检查，搬出作业将暂停，最快于2019年7月重启。据悉，东电公司计划在2020年度内将所有燃料棒转移至共用池内。

-- 福岛第一核电站2号机组首次完全停止向反应堆注水 --

当地时间5月13日，日本东京电力公司暂停向福岛第一核电站2号机组正在冷却的熔落核燃料（燃料碎片）反应堆注水。据悉，这是核事故发生后首次完全停止计划性注水，目的在于调查升温是否符合预测。

报道称，虽然燃料碎片在事故发生8年后仍持续发热，但比以前稳定。东电称将分析调查结果，将其调整到应对措施等工作中去。

据东电称，注水作业于13日上午10点40分停止，将停止约7个小时。目前，2号机组通常每小时注水约3吨。反应堆安全壳底部的温度约为24.5度。东电预测，即使停止注水7小时，温度也最多升高4度。

国际核能行业事件

-- 乌克兰官员证实核电厂失火后辐射水平正常 --

4月29日，乌克兰罗夫诺核电厂3号机组一个变压器起火，火灾在一小时内被扑灭。乌克兰多名官员30日证实，火灾发生后核电厂辐射水平正常。目前，起火原因正在调查。

里夫涅核电厂位于乌克兰西部，距离首都基辅大约300公里，共有4台核电机组。

-- 瑞士核电厂的一个反应堆自动停堆 --

当地时间5月12日凌晨，瑞士莱布施塔特核电厂因压力监测故障而自动停止停堆。停堆后，反应堆处于稳定状态，放射性水平没有增加。5月14日凌晨2点35分，反应堆已恢复运行。

4月24日，该机组曾发生过类似的自动停堆情况。这两次自动停堆，均是由于压力测量错误引起。此前，业主试图通过更换有缺陷的板卡解决问题。5月12日，问题再次出现后，业主更换了整个变送器。

莱布施塔特核电厂建于1984年，是瑞士功率最大的核电厂，发电量约占瑞士净用电量的14%（2014年），计划在2034年退役。



保险行业动态

核共体执行机构

中国核保险共同体放射性雇主责任险简介

中国核共体承保的险种主要包括：核物质损失险、核第三者责任险、运输核责任险以及放射性雇主责任险等，保障覆盖民用核活动的各个环节。“放射性雇主责任险”作为专为从事核与辐射工作的职业人群定向设计的保险，自 2016 年底向市场推广以来，收到非常积极的反馈。目前已为境内 14 个核电厂和 1 个燃料循环设施提供专业保险保障，年累计保障一线工作人员接近 20000 人；同时还有多家从事核与辐射相关工作的企业对该险种表达了投保意向，正在进行投保前的材料收集工作。

>> 险种开发背景

1. 放射性损害的特点：危害性、隐蔽性、长期性

放射性损害对人体危害巨大，当较高剂量的放射性射线集中照射时，会产生烧伤、严重烧伤至截肢、内脏器官衰竭、中枢神经损坏至死亡等。2011 年—2018 年，在福岛核事故发生后的救援工作中，共有六名从业人员由于福岛核电厂事故罹患白血病、甲状腺癌等重大疾病，且被日本政府认定为工伤。特别注意的是，由于核损害具有潜伏性和长期性的特点，直到 2015 年，即灾后第四年，日本才确认了首例与灾区核辐射暴露危险工作有关的癌症病例。英国的一项研究发现，长期接触低水平辐射也会提高罹患癌症的风险。这一结论是在分析美国、法国、英国超过 30.8 万名核行业从业者数据的基础上得出的。研究结果表明，在 1.9 万个癌症死亡案例中，约 209 例与长期接受低水平辐射有关。

2. 放射性损害治疗恢复费用高昂

放射性疾病后期需要高额的治疗和康复费用，这有可能为放射性职业从业人员和放射性企业带来沉重的经济负担。由于对进口药物及国际先进治疗手段的需求性大，同时涉及重大疾病医疗赔偿，因此医疗费用的支出可以达到常规人身伤害医疗费用支出的十几倍乃至几十倍。在我国，仅做一次放射性疾病全身检查至少需要一个月，检查几十项，费用至少 2 万元。以南京“放射源铯-192 丢失”事故为例，受害者贴身接触Ⅱ类放射源 3 个小时后产生相关病灶导致其永久丧失劳动能力，截至目前该伤者后期治疗费用已超 200 万元。此外，根据中国核共体掌握的其它案例，即使不能证明病症与放射性工作环境有关，受害者也往往会向相关雇主企业提出法律诉讼，虽然诉讼结果不一定能够支持病患的立场，但旷日持久的法律诉讼往往会给雇主企业带来不必要的时间和人力投入，也会给企业的正常经营带来干扰。

3. 现有社保及商业保险体系保障不足

目前，一般商业保险市场尚无法为放射性职业从业人员提供专业的放射性损害人身伤害保险保障，该类人员的放射性损害只能通过工伤保险获得部分保障。而工伤保险属普适性社会保障体系，其普适性的特点也决定了其保障范围及金额很难满足放射性疾病的治疗及赔付需求。因此，无论从从业人员自身角度出发还是从放射性相关企业满足事故后对雇员的赔偿责任角度出发，均需要一款符合放射性疾病治疗特点的商业保险来分散风险。

>> 放射性雇主责任险保险主险及附加险保障范围

1. 放射性雇主责任保险主险

在保险期间内，因工伤情形导致保险合同列明的雇员产生放射性疾病、伤残、死亡，依法应由被保险人承担的经济赔偿责任，保险人按照本保险合同约定负责赔偿。其中，赔偿限额包括每人伤亡赔偿限额，通常设置在 100 万元以上；每人医疗费用赔偿限额，通常为 30 万元-50 万元；以及相应的法律诉讼费用限额。

2. 受照剂量异常附加险

在保险期间内，被保险人的雇员在其雇佣期间在工作中意外受到放射性核素污染、事故照射或参与事故救援受到应急照射，剂量接近或超过国家法规、标准限值，但经诊断、鉴定未导致放射性疾病、伤残、死亡，依法由被保险人承担的医疗费用赔偿责任。

3. 职业性放射性疾病附加险

在保险期间内，被保险人的雇员首次被诊断、鉴定为患职业性放射性疾病，依法应由被保险人承担的经济赔偿责任，保险人按照本附加险合同约定负责赔偿。

>> 放射性雇主责任险的特点

在上述背景下，“放射性雇主责任险”应运而生。相比于工伤保险与一般商业保险，本险种具有低费率、宽保障、高保额、针对性强等特点：

1. 竞争性的费率

本险种根据放射性从业人员工作性质与内容的不同划分多个种类，针对不同种类的人员提供不同的风险对价。虽然放射性事故发生后赔付金额巨大，但由于放射性事故发生概率较低，本险种的平均人身伤害保障费率仅为常规商业保险费率的五分之一；医疗保障费率为常规商业保险费率的四分之一。

2. 较长的索赔期限

满足在核损害发生后数年间发生病变的索赔需要。相对于常规商业保险只有两年的诉讼时效而言，本险种可以在事故发生后的 10 年内提出索赔请求。

3. 高保额

高额度的医疗费用赔偿限额以及不限于医保赔偿范围的医疗给付：用以满足发生辐射病后充分使用先进治疗手段的需要。

4. 针对性的扩展保障

鉴于放射性疾病潜伏性较强、员工遭受超剂量照射后大部分不会出现较明显的疾病表征等特点，本险种扩展提供在未发生疾病或死亡情形下，从业人员受到超剂量照射后的体检及其他检查费用支出的赔偿。

目前已有包括秦山核电基地在内的 14 家核电厂和 1 家核燃料循环设施投保此业务，年累计保障一线工作人员近 20000 人。预计 2019 年实现“放射性雇主责任险”核电厂全覆盖。

此外，中国核共体将会针对该险种提供一系列优质的服务支持，包括：为客户提供专业的放射性疾病防护与治疗培训；一对一知名医学专家咨询；协调医院提供 VIP 通道等。



专业论坛

王 倩
核共体执行机构

核设施运营商核损害赔偿 responsibility 浅析

—— 从第三方责任与非第三方责任角度出发

核损害赔偿 responsibility 这一话题在行业内已被广泛探讨，但目前的研究或讨论多集中在第三方核损害赔偿 responsibility 方面，实际上，核设施运营商面临的核损害赔偿 responsibility 除了包含其对第三方的核损害赔偿 responsibility 外，还应包含对非第三方（通常理解为核设施雇员及承包商）的核损害赔偿 responsibility，而这一部分责任往往被忽视或与第三方赔偿 responsibility 相混淆。由于核损害赔偿 responsibility 是舶来品，本文从国际社会在核损害赔偿 responsibility 方面的立法和实践出发，结合国内法制实践，对核损害赔偿 responsibility 及对象进行梳理，为核电业主管理核损害赔偿 responsibility 风险提供决策参考。

>> 核损害赔偿 responsibility 国际实践

（一）第三方核损害赔偿 responsibility 的起源

自人类对核能进行开发以来，核能的利弊便成为讨论的焦点，但由于当时核能活动多以军事目的为主，与普通公众缺乏直接的关

联，因此并未形成相应的核损害责任规范。全球首部核损害赔偿法是与民用核电厂同步发展起来的。1957 年全球第一台民用核电厂希平港核电厂建成装料之际，由于意识到发生严重反应堆事故将给周边公众带来大范围的核损害，依照当时的法律规定，事故责任人将无法承担相应的损害赔偿赔偿责任，进而面临破产等问题。核电厂运营商表示在核损害赔偿的问题未获得明确解决之前将不会装载核燃料并开始运行。对这个问题的研究和解决，直接催生了全球第一部第三方核损害赔偿法——美国普莱森－安德森法（《Price-Anderson Act》）。普莱森－安德森法是一项核能行业特殊法和专门法，主要实现两个立法目的：一是消除核能营运单位无法承担核损害赔偿责任的担忧，吸引投资者投资核能产业；二是保护了核辐射受害公众能获得经济赔偿的权益。围绕这个双重目的，普莱森－安德森法建立了唯一责任、绝对责任、有限责任、强制财务保证责任、国家干预责任、唯一司法管辖等一系列的特殊原则。普莱森－安德森法开创的第三方核损害赔偿体系不仅在后续各个国家的立法中得到反映，在关于核损害赔偿的国际公约中也有所体现。

（二）第三方核损害赔偿责任的特殊性

核能行业是高度危险行业（航空运输等行业也属于此类），即便是行为人采取了谨慎的操作，依旧无法完全避免产生重大事故后果的可能性，但考虑到发展该行业对整体社会的重要意义，需要进行特殊考虑。核能行业的重大事故后果具有影响范围大、涉及人群广、赔偿金额巨大、事故处理难度极高的特点。基于上述特点，各国通常认为核损害赔偿法具有公法属性，以保护国家（公共）利益为目的的法律，主要解决核电厂周围公众（即第三方）在受到核损害后的赔偿问题，基本不涉及到核电厂自身雇员及内部承包商在工作中所受到的核损害赔偿。

（三）非第三方核损害赔偿责任

对于非第三方赔偿责任即对在事故现场从事雇佣工作雇员的核损害赔偿，世界各国主要依据其国内法律体系以社会保险的形式予以覆盖。例如，日本东海村后处理厂的 IAEA IV 级核事故，该厂的 3 名雇员在现场受到严重辐射，其中 2 人在事故后相继死亡。依照日本国内《工人事故赔偿保险法》，对于在事故中受到核损害雇员的死亡赔偿金以及相关医疗费用等均由日本政府提供赔偿。

>> 我国对核损害赔偿责任的立法规范

我国关于核损害赔偿责任的立法规范主要集中体现在国务院于 1986 年和 2007 年出台的两份关于核事故导致核损害的赔偿责任批复和今年 9 月 1 日全国人大颁布的《核安全法》第 90 条，此外在《侵权责任法》、《劳动保护法》等民事及社会保障法律法规中也有涉及，上述规范共同构成了我国现有的核损害赔偿责任体系。

（一）第三方核损害赔偿责任

1、第三方核损害赔偿相关的法律法规

我国目前尚未加入任何公约且未出台核损害赔偿专门法，在今年 9 月 1 日之前，仅有国务院向国家原子能机构对于核损害赔偿责任问题的批复性文件（以下简称国函 44 号文 /64 号文）作为国内核能行业开展核损害赔偿制度研究及安排强制保险工作的依据。国函 44 号文与 64 号文是我国首次引进法国压水堆技术以及三代核电技术的过程中，应境外核材料、核技术等转让方的要求而出台的临时性规范性文件。这两项规范性文件的出台背景与国际核损害赔偿法的建立初衷类似，主要参考了当时国际核能应用领域关于第三方赔偿责任的法律及公约的国际操作惯例。2017 年 9 月 1 日颁布的《核安全法》将于 2018 年 1 月 1 日实施，该法未对核损害赔偿进行完整的描述与规定，整体未对 64 号文有原则性突破。

综上所述，前述几份文件中对于核损害赔偿内容的表述较为模糊。尤其是对赔偿权利人范围的规定，64 号文中表述为“自然人、法人及其他组织”，《核安全法》中的赔偿权利人为“他人”，管辖范围均未明确为社会公众，这可能导致对赔偿权利人范围的解读存在争议，同时使得核损害赔偿的第三方责任与非第三方责任产生混淆。但从前述法规的出台背景及借鉴的国际核损害赔偿准则可以看出，其调节的矛盾主体应是运营商与第三方公众。

2、侵权责任法

侵权责任法是我国民法体系中的一个重要组成部分，是我国公民人身伤亡民事侵权行为赔偿的最主要依据，对侵权责任法中关于核损害赔偿章节的解读有利于理顺第三方与非第三方核损害赔偿责任的关系。

根据侵权责任法，被侵害人有权请求侵权人承担侵权责任，包括生命权、健康权、所有权等人身、财产权益。普通侵权责任的形成有四个基本要件，包括加害行为、损害事实、因果关系及行为人主观上有过错。任何一个条件没有满足，将无法被认定为普通侵权行为。随着社会生产力的发展，科学技术的广泛运用，各种新的损害形式不断出现，损害后果极其严重，如果拘泥于侵权行为的一般规定，适用于侵权行为的赔偿原则，受害人就会得不到赔偿。例如，当核事故并非由核设施运营商人为主观造成时，这种行为理论上并不符合普通侵权责任的构成要件。特殊侵权行为责任应运而生。在民法通则和 2007 年国务院批复 64 号文的基础上，全国人大在侵权责任法高度危险责任一章中写入了以下内容：“民用核设施发生核事故造成他人损害的，民用核设施的经营者应当承担侵权责任，但能够证明损害是因战争等情形或者受害人故意造成的，不承担责任。”所谓高度危险责任的特殊侵权行为是指高度危险行为人实施高度危险活动或者管理高度危险物，造成他人人身损害或者财产损失，应当承担损害赔偿责任的特殊侵权责任。即在没有明确加害行为及主观过错时，只要有损害事实，受害人就可以此为基础提出索赔。这是考虑到公众在面对高度危险责任时可能面临的举证困难以及在面对高度危险行业风险时的弱势地位而形成的特殊规则，无需受害人举证而只要确实因核事故而导致人身伤害或者财产损失时即可以特殊侵权请求运营商的赔偿。

以上法律、法规调整的均是核电运营商对第三方（公众）的核损害赔偿关系，不应将其与非第三方（雇员等）核损害赔偿混为一谈，否则，将与我国乃至国际社会制定核损害赔偿责任的背景和目标相违背，同时也与侵权责任法及社会保险法对雇员受害的赔偿相冲突，更不利于工伤事故下的雇员获得更可靠、更全面的保障。

（二）非第三方核损害赔偿

核设施运营商的非第三方核损害赔偿主要指核设施运营商对雇员或承包商雇员在参与核设施运行过程中所遭受工伤性质的核损害赔偿。这一责任关系主要应由社会保险法、工伤保险条例等社会保障法进行调整与保障。

我国普通工伤事故赔偿责任体系经历了从民事侵权责任到劳工补偿再到社会保障的过程，目前工伤事故责任已从侵权责任法中分离，由民法体系转变为社会保障法体系。工伤事件逐

渐独立于普通侵权责任，无需雇员进行举证，只要符合工伤认定标准，即可获得相应工伤保险标准体系内的赔付，类似于特殊侵权责任的构成要件。但工伤事故的特殊侵权应与高度危险责任中对第三方的特殊侵权予以明确区分，正如《最高人民法院关于审理人身损害赔偿案件适用法律若干问题的解释》第十一条及第十二条所述“雇员在从事雇佣活动中遭受人身损害，雇主应当承担赔偿责任。属于《工伤保险条例》调整的劳动关系和工伤保险范围的，不适用本条规定。”、“依法应当参加工伤保险统筹的用人单位的劳动者，因工伤事故遭受人身损害，劳动者或者其近亲属向人民法院起诉请求用人单位承担民事赔偿责任的，告知其按《工伤保险条例》的规定处理。”

因此，对于雇员在从事雇佣活动过程中受到的人身伤害，应依据《工伤保险条例》的相关规定获得认定与赔偿，且这种赔偿不因雇员从事行业性质的不同而产生差异。当核设施内发生工伤事故时，且该事故不是雇主或第三方故意侵害而导致的，那么受到工伤伤害的雇员可依据社会保险法及工伤保险条例请求赔偿，而不存在工伤保险赔偿与侵权责任赔偿竞合的情形。

（三）第三方核损害赔偿与非第三方核损害赔偿的异同

虽然第三方核损害赔偿与非第三方核损害赔偿分别依据不同的法律基础，但是二者对受害人进行人身伤亡给付性赔偿方面基本保持了一致的标准。例如，侵权责任法中对人身伤亡的最高赔偿标准为受诉法院所在地上一年度城镇居民人均可支配收入或者农村居民人均纯收入标准，按二十年计算；工伤保险条例中对于人身伤亡的最高赔偿标准为上一年度全国城镇居民人均可支配收入的二十倍；虽然适用标准略有差异，但总体原则方面保持了一致。在赔偿性赔偿方面，二者仍存在一定的差异性。例如，侵权责任法适用填平原则，对于医疗费用的赔偿标准不限定在医保范围之内，即有合理支出，便可据此提出索赔申请。而工伤保险条例出于其满足基本医疗保障的目的，对于伤者医疗费用的赔偿，则限定在医保范围之内。通常情况下，雇主对于雇员工伤性质的赔偿会通过购买其他商业保险予以补充。



>> 对我国核损害赔偿实践问题的思考

核能行业作为高度危险责任的特殊侵权责任以及核损害赔偿需要单独立法的主要原因在于核事故的高度危险性，虽然事故发生概率极低，但一旦发生将产生难以估计的影响。相比发生对第三方有严重影响的核事故，在核设施内发生人员沾污、超剂量照射等常规工伤事故，后者的影响程度无法与前者相提并论。核能行业涉核工伤事故的损害程度与其他非核能行业的以及核能行业中非核损害的工伤并无差异，同样会导致个体的疾病、伤残与死亡，理论上核能行业的从业性质不具有特殊性，也不应该在工伤事故索赔时与其他行业存在差异，否则将有失公平正义。因此，我们认为对于我国核设施运营商应承担的核损害赔偿赔偿责任应从以下两个角度进行解读：

（一）核设施运营商对普通民众的第三方核损害赔偿赔偿责任

根据对国际核损害赔偿立法以及国内民法体系内相关法律法规的实践，64号文及《核安全法》中的赔偿对象应指所有受到核损害的普通民众，包括在核设施周边居住的普通百姓以及原本在核设施内工作但核事故发生时处于非工作状态的雇员。

同时，核事故导致的对普通民众的核损害赔偿赔偿责任属于特殊侵权责任，受害人可基于侵权责任法向运营商请求赔偿。处于非工作状态的雇员（下班期间），其性质与普通公众无异，

应属于核损害赔偿保障的对象。在发生涉及厂外应急的核事故情况下，事故发生前仍处于工作状态的非应急人员，启动应急程序后，该部分雇员将离开工作岗位，随普通民众一起被疏散至应急疏散点。前述人员在疏散过程中以及被疏散后，如果遭受到核损害的，应以特殊侵权责任请求核设施运营商予以赔偿。

（二）核设施运营商对雇员的非第三方核损害赔偿赔偿责任

本部分的赔偿责任与其他行业雇主对雇员的赔偿责任完全一致，核设施雇员在工作期间发生涉及核损害的工伤事故，且该事故并非由雇主或任何第三方故意造成的，那么该雇员仅能基于工伤保险条例的赔偿标准获得赔偿。前述分析同时适用于在核设施现场工作的承包商对其雇员的工伤核损害赔偿赔偿责任（商务合同中对运营商与承包商权利义务另有约定的除外）。

在发生重大核事故的情况下，核设施内的应急人员在事故发生后仍需留在工作岗位上参与事故控制与缓解，继续履行工作职责或为了国家及公共安全从事更加危险的工作，在此期间若受到核损害的，同样应依法认定为工伤，适用工伤保险条例的赔偿标准。同时，不排除国家或运营商额外给予津贴的可能，但这已经超过了雇主对雇员应承担的法律赔偿责任范畴。在这里需要特别指出，如果核事故被认定为重大安全生产事故或存在雇员罹患职业病的情形，那么根据《中华人民共和国安全生产法》与《职业病防治法》，如果该受到核损害的雇员依照有关民事法律尚有获得赔偿的权利的，还可向运营商请求民事赔偿责任。

从切尔诺贝利核事故致亡人数看核风险的特殊性

1986年4月26日凌晨1点多，切尔诺贝利核电厂4号机组正在进行一项模拟机组突然失电的试验。由于RBMK堆型的固有设计问题和人为操作失误，导致试验过程中反应堆失去控制，功率急速升高。在堆芯发生二次爆炸后，反应堆厂房被毁，高温的堆芯石墨块与空气接触发生火灾（也有研究称石墨并没有燃烧，只是被高温堆芯加热，看起来似乎是点着了）。事故造成的放射性烟云散布到了整个北半球，包括前苏联和欧洲其他大片区域，导致土地、水体和生物群遭受放射性污染，引发全球恐慌。事故发生后，电厂工作人员和消防队第一时间对事故进行了处理，但事故的严重性大大超过了当时电厂工作人员和管理人员的想象。在事故处理初期，由于对严重程度的错判、实际剂量大大超出可用剂量计的量程、消防员不了解反应堆情况等原因，大量工作人员和消防员遭受过量放射性照射。后期在扑灭火灾、封闭堆芯和清理周围受到辐射污染的地表工作中，几十万清理人员也受到不小的辐射剂量。

切尔诺贝利核事故——人类核电发展史上最严重的核事故，是第一起INES 7级核事故，也是人类社会至今影响最大、知名度最高的一次工业安全事故。事故造成几十万人撤离家园，大面积国土成为隔离区，几百万人的健康受到核辐射威胁，经济损失无法估计，社会影响持续至今。今年HBO推出的一部新剧《切尔诺贝利》火遍网络，很多观众对其中受到大量辐射的受伤人员的惨状印象深刻。在很多媒体报道中，切尔诺贝利核事故导致成千上万人的死亡，切尔诺贝利核电厂及其附近更应该是无人敢接近的鬼区。比如大众认可度较高的百度百科关于切尔诺贝利事故的词条中有这样的内容和数字：“事故后3个月内有31人死亡，之后15年内有6-8万人死亡，13.4万人遭受各种程度的辐射疾病折磨”、“到2006年，

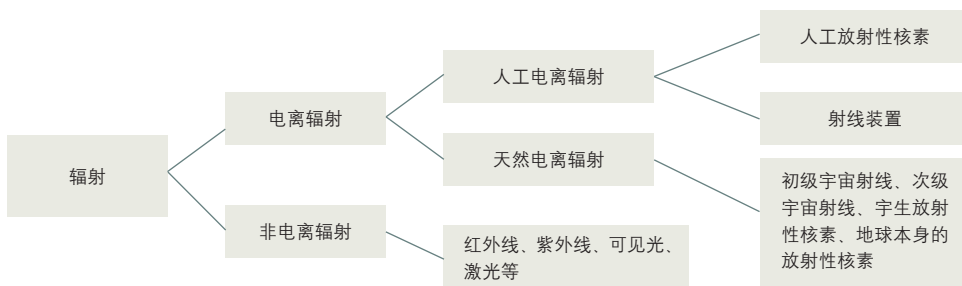


图1 辐射与电离辐射

官方的统计结果是，从事发到目前共有 4000 多人死亡。但是绿色和平组织，基于白俄罗斯国家科学院的数据研究发现，在过去 20 年间，切尔诺贝利核事故受害者总计达 9 万多人，随时可能死亡”。事实真的是这样吗？

1. 电离辐射对人体的影响

辐射可以分为电离辐射和非电离辐射。我们生活的地球本身就是一个存在电离辐射的环境。甚至全球不同地区，其天然电离辐射剂量水平也差异很大，很多区域在 5mSv/ 年以下，有些区域却能达到 100mSv/ 年。在我国，天然辐射造成的居民平均年有效剂量大约是 2.3mSv。在进行医疗照射时，也会有些剂量，比如一次胸部 X 光的剂量大概是 0.1mSv，而一次胸部 CT 的剂量大概是 7mSv。

当电离辐射作用于机体生物活性分子时，可以使其发生电离、激发或化学键的断裂等，引起功能和代谢障碍。不同电离辐射剂量对人体造成影响，就像猎人向一片大树林随意开枪打鸟一样，当猎人开枪次数少时，能打中鸟的概率微乎其微，但如果猎人数量很多，十分密集开枪的话，打到鸟的概率就很大，甚至足够密集的情况下，肯定可以打到鸟，只是打到多少而已。并且人体不同器官对电离辐射的敏感性也不同，就像树林有些区域可能鸟多一下，打中的概率就大些。在低剂量下，电离辐射对人体机能的影响具有一定随机性，但一旦超过一定阈值，则肯定会造成明显的影响，比如皮肤损伤，白内障等。切尔诺贝利事故中确诊的急性放射性病就是属于这种确定性效应。此外电离辐射对人体健康的影响，还有较长时间的潜伏性和遗传性。简单来说就是，电离辐射可能会导致人体某些分子发生变异，但这种变异

带来的影响可能要等几十年之后才能体现出来，甚至也会通过遗传物质遗传到后代。当然在自然环境下，人体细胞本身就会发生一些变异，其核心问题还是一个数量的问题。

2. 受事故影响人群的实际有效剂量

在切尔诺贝利事故初期，专家们根据环境监测到的放射性剂量做了很多模型来估算人群可能受到的辐射剂量，然后根据人群受到的剂量估计了可能致病和致死人数。在事故初期，根据这些模型的计算，可能导致的几十万甚至百万人员致病或者死亡，当年一些新闻报道中的惊人数据基本来源于此。但经过实际测量发现高放射性污染并不等同于人群肯定会遭受高辐射剂量。以至于后续联合国相关报告中也不得不说当初的预测模型严重高估了事故后果，今后将不再使用这些预估模型（初期的严重高估一方面来自于当时研究水平和经验所限，另一方面当时苏联和欧美还处于冷战时期，有些欧美学者和媒体有意或者无意夸大了严重性）。下表是后续实际测量估算得到的主要受影响人群所受到的电离辐射有效剂量。

人 群	人 数	累计有效剂量 (mSv)
清理者 (1986-1987)	240 000	100
在 1986 年撤离的民众	116 000	33
居住在被放射性核素污染的民众 (1986-2005)		
铯 -137 沉积密度 >555kBq/m ²	270 000	50
铯 -137 沉积密度 >37kBq/m ²	5 200 000	10
世界平均天然本地辐射 (1986-2005)		48

注：源自联合国报告《Chernobyl look back and go forward》

从上表可以看出，1986 年至 1987 年直接参与后续事故清理的人群，其遭受的剂量平均值最高，在 100mSv 左右（部分人群超过了 500mSv）。其次是高污染区域居住的民众。1986 年撤离的民众，由于时间短，其平均剂量并不高。在印度、伊朗、巴西和中国的某些地区，20 年年累积本底辐射累计剂量就可高达 100~200mSv。

3. 官方报告中的口水战

关于事故最终致死致伤人数，即使仔细阅读完近 30 年来国际原子能机构、世界卫生组织、世界核能协会等机构的报告，可能你依然找不到一个确定的答案。因为不同国际机构的报告

结论不一样，甚至同一机构报告中的数字在几年后也会发生变化。

比如世界原子能机构（IAEA）和世界核能协会（WNA）官网和相关报告中写到：事故导致 2 名工作人员因为爆炸当场死亡，134 名电厂工作人员和消防应急人员确诊患上急性放射性疾病，其中 28 人在随后的几个月内不治身亡，事故合计直接死亡 30 人。除发现青少年人群中甲状腺癌发病率有明显增加外，其他没有证据表明切尔诺贝利事故会引发电离辐射有关的重大公共卫生影响。未观察到可能与辐射暴露相关的总体癌症发病率或死亡率的增加。即使被认为是对辐射较为敏感的白血病，在事故清理工作者或儿童中，其发病率也未发现有可察觉的增加。也没有科学证据证明与电离辐射有关的其他非恶性疾病有所增加。

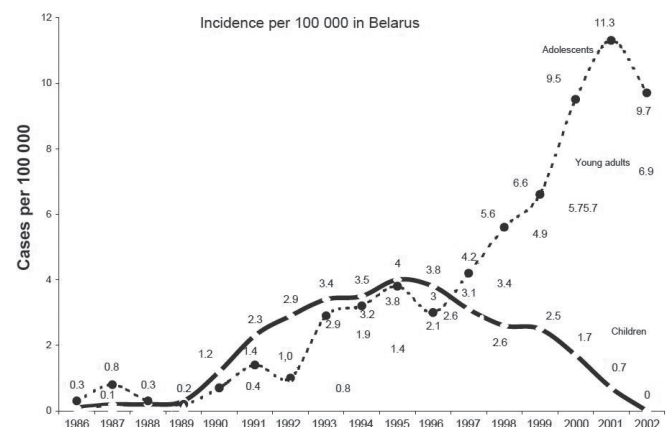


FIG. 1. Annual incidence of childhood, adolescent and adult thyroid cancer in Belarus among those who were children (below 15 years of age) at the time of the Chernobyl accident (courtesy of Yu. E. Demidchik).

图 2 白俄罗斯儿童甲状腺癌发病率

表 2 事故后白俄罗斯、俄罗斯、乌克兰受影响区域青少年中甲状腺癌数量

事故发生时年龄		白俄罗斯	俄罗斯	乌克兰	总数
0—14	甲状腺癌病人数量	1711	349	1762	3822
	死亡人数	8	1	6	15
15—18	甲状腺癌病人数量	299	134	582	1015
		2010	483	2344	4837

注：统计时间 1986-2000

而由世界卫生组织提供的相关报告和研究中，基于其他研究成果，提出了对切尔诺贝利事故可能引发的其他癌症和恶性疾病死亡人数的估计。比如 1996 年由欧盟、国际原子能机构和世界卫生组织联合召开的切尔诺贝利 10 周年论坛官方报告中，结论部分有如下表述：根据预测模型（基于日本广岛和长崎原子弹爆炸中幸存者的研究数据），在 710 万居住于被污染区域的居民，预期将死于放射性引发的白血病人数量大概为 470 人，但这一数据与这一群体中自然引发白血病死亡的总人数 25000 相比，难以区分 / 察觉。而对于参与初期清理的 20 万“清理者”，预测其中由此事故引发白血病死亡人数约 200 人，正常情况下 20 万人的白血病死亡人数约为 800 人。总之，目前除甲状腺癌外，没有发现白血病或者其他恶性肿瘤的发病率在观察人群中明显增加。同时对于生活在污染区域的 710 万居民，预测估算其在后续 85 年因此事故放射性而引发恶性肿瘤死亡的人数约为 6600，相对的是自然情况下该 710 万居民恶性肿瘤死亡人数约会是 87 万。总之，除了甲状腺癌之外，即使有大量精心设计的长期流行病学研究，所有癌症的自然发病率在未来的增加将难以察觉。

2006 年世界卫生组织癌症研究中心的专家 E.Cardis 的报告也指出：“由于验证资料的不足，没有证据表明癌症发病率增加并不意味着现实情况中就真的没有发生。根据日本长崎和广岛原子弹爆炸幸存者的研究结果看，切尔诺贝利核事故是会导致癌症发病率小幅度增加的。但是由于缺乏大规模的流行病调查和个人剂量评价，这一预测难以证实。考虑到本次事故受影响的庞大人群，及时小幅度的发病率增加，也会意味着不小的绝对人群数量。目前的预测只能依靠之前类似核事故的经验。考虑到事故背景条件的不同，这种预测具有不确定性。但这种预测至少提供了一个可能受影响的人员的数量级的概念。目前预测，在本次事故遭受较严重放射性暴露的 600 万人群中，可能有 9000 到 10000 人会由于放射性引发的癌症或者白血病而死亡。”

综合国际原子能机构的结论和世界卫生组织的相关报告，可以看出，各机构对事故造成的急性放射性疾病死亡和受伤人数都没有异议，因为这些病例都有现实的人证物证可查。对受事故影响的儿童和青少年中甲状腺癌发病率的增加也基本认可。主要的争议在于辐射可能引发的白血病和其他癌症导致的死亡人数。而关于这一人数的估计主要存在两种态度：一种

是认为经过多年大规模的登记调查和研究后，结果显示并没有证据表明受切尔诺贝利核事故影响的人群中有可察觉的白血病或者癌症等重症发病率的增加，因此不能根据一些未证实的模型来估算甚至确定事故导致的重疾死亡的人数，这会增加社会恐慌，引发社会心理问题；另一种是认为虽然调查数据没能表明白血病、癌症等重大疾病发病率的增加，但并不意味着就真的没有发生，根据广岛和长崎原子弹爆炸幸存者的长期跟踪研究成果（线性无阈模型）表明，即使低剂量的电离辐射增加也是可能引发白血病等疾病概率的增加，考虑到事故影响的巨大人口基数，即使微小的患病概率增加，其后果也是十分严重的。

4. 核事故后致病确诊的难度

关于事故致病致死人数的争议其实源自核辐射致病的特殊性。具体来说主要体现在事故导致的个人剂量的不准确性、致病致死效应的不确定性以及辐射疾病的长期潜伏性。

人体不同器官组织的放射敏感性是不同的，比如淋巴组织、胸腺、骨髓、性腺、胚胎是高敏感，而肌肉、软骨和骨组织对放射性几乎不敏感。而且不同人群对放射性的敏感度也不一样，孕妇和青少年就属于较敏感人群。要确认一个人的疾病是否是由于电离辐射引发的，需要较为准确的重构个人各器官组织所遭受的辐射剂量，并且追踪其多年的生活饮食习惯，综合判断其患病原因。

关于长期性，广岛和长崎原子弹爆炸幸存者的研究发现，白血病的发生期一般在事故后5—10年，而一些癌症，比如肺癌，观察到的辐射引起死亡率增加的时间对于爆炸时40—49岁的年龄人群是15至20年，而对于10至19岁的人群是爆炸受照后的30年。正是这种长期性，修订后的核损害赔偿巴黎公约和维也纳公约中规定核损害赔偿的追诉期长达30年！

总之想要确认切尔诺贝利核事故最终可能导致的患病人数和死亡人数，需要对受影响的几百万人进行较为准确的剂量重构，并对受影响人群进行长期的流行性病学研究。无论从现在还是当时看，这种规模的调查研究基本是不可能的。

5. 怎么看，怎么办？

核能，从能量密度看，是人类科技发展至今掌握的最先进能源形式。即使发生了切尔诺贝利、福岛等严重核事故，欧美发达国家都没有放弃核电。美国近几年重新开始大力发展核

能技术的研发。英国和加拿大一直在积极开发小型模块堆。即使受切尔诺贝利核事故影响最严重的乌克兰、俄罗斯、白俄罗斯也从并没有放弃发展核电。自 2001 年至今，俄罗斯一直是全球第一大核电出口国，第二大核电建设国（第一是我国），白俄罗斯新建的国内首台核电机组即将装料，乌克兰虽然没有再新建核电机组（主要是没钱），但其核电占国内发电量一直在 50% 以上（我国目前只有 4%）。个人认为，如果深入分析长期致病率的话，环境污染，比如空气污染（前几年北京雾霾之严重依然历历在目）、水污染，对人体健康的影响其实远大于切尔诺贝利核事故。比如有的研究表明，生活在被切尔诺贝利核事故污染区域人群所受的平均寿命影响还没有在基辅这种大城市受空气污染影响大。

目前我国核电在运核电机组 47 台，数量位居世界第三。在建机组规模世界第一。预计未来核电机组总数在全球保二争一。我国在运核电机组都是更新、更先进的压水堆，与切尔诺贝利具有设计缺陷的老式 RBMK 堆型，在安全方面不可同日而语。我国核电机组至今已经安全运行超过 330 多堆 年，没有发生过一起 INES 2 级及以上核事件 / 核事故。核电行业其实一直是坚定践行安全第一，并不断改进的行业，即使运行良好的核电机组每年也都会开展很多项安全改进或者改造，就是为了让核电厂更安全。

我们不能因为一些技术发展中的事故和失败就停止发展核电。但切尔诺贝利和福岛核事故所造成的严重后果，也告诉我们要时刻保持对核风险的关注，坚守核安全的发展底线。

[1] 原子弹爆炸辐射效应概要

[2] 辐射危害的线性无阈 (LNT) 模型研究及评价

[3] 日美关于原子弹爆炸剂量再评价的讨论和今后动向

[4] Chernobyl Accident 1986, World Nuclear Association

[5] Chernobyl Disaster, Wikipedia

[6] CHERNOBYL: Looking Back to Go Forward, Proceeding of an international conference, Vienna 2005

[7] 1986—2016: CHERNOBYL at 30, World Health Organization

[8] INSAG-7 The Chernobyl Accident: Updating of INSAG-1, IAEA 1992

[9] ONE DECADE AFTER CHERNOBYL, Summing up the Consequences of the Accident, Proceedings of an International Conference, Vienna 1996

- [10] The Human Consequences of the Chernobyl Nuclear Accident, A Report Commissioned by UNDP and UNICEF with the support of UN-OCHA and WHO, 2002
- [11] THE INTERNATIONAL CHERNOBYL PROJECT, AN OVERVIEW, Reported by an International Advisory Committee, IAEA 1991
- [12] SOURCES AND EFFECTS OF IONIZING RADIATION, UNITED NATIONS, New York, 2000
- [13] Health Effects of the Chernobyl Accident and Special Health Care Programmes, Report of the UN Chernobyl Forum Expert Group "Health", WHO 2006
- [14] Chernobyl Nuclear Power Plant Accident, UNITED STATES, NUCLEAR REGULATION COMMISSION
- [15] Chernobyl, 30 years on: Interview of Dr A. Kesminiene on the research and health impact of the Chernobyl disaster
- [16] Lan Chen, safety of Nuclear Energy: Analysis of Events at Commercial Nuclear Power Plants, Master Thesis

主 办：中国核保险共同体执行机构
编 辑：安江涛 梁松博 姜 萍 杨尊毅
联系电话：010-66576671
联系邮箱：anjt@chinare.com.cn

本刊部分图片来自网络，因无法联系到作者，如本刊使用了您的作品，请主动联系本刊编辑。