

NRC 委员与先进反应堆企业 关于许可、燃料与供应链的讨论



2026 年 7 月 21 日，美国核监管委员会（NRC）召开“先进反应堆现状与展望”委员会会议。外部专家小组包括美国能源部（DOE）核能部长 Ted Garrish、加拿大核安全委员会（CNSC）先进反应堆技术司司长 Beth Vary、TerraPower 监管业务高级副总裁 George Wilson、Radiant 首席核业务官 Rita Baranwal、Westinghouse 全球监管业务副总裁 Nader Mamish、X-energy 监管业务副总裁 Jennifer Wheeler。

在外部小组陈述后，NRC 五名委员围绕燃料许可、预申请沟通、DOE 授权与 NRC 许可衔接、功率测试、废物管理、供应链、国际合作等展开问答。以下根据会议记录翻译整理，有删节。

NRC 委员 Wright：燃料许可、预申请与 DOE 试点

问 X-energy：过去五年，NRC 在燃料设施安全高效许可方面的变化？

答：我在 NRC 核材料安全与保障办公室（NMSS）相关领域工作了 26 年。多年来人员有变化，但 Part 70 大体未变。2005 年前后有一些浓缩设施许可申请，但已经过去很久。我

们的设施是 50 年来首个获得许可的新燃料设施。近年，任何首个新燃料设施申请方都面临挑战：既要准备 NRC 所需信息，也要让 NRC 恢复大规模审查的“肌肉记忆”。

我们进入这个流程时，聘请了具有燃料循环设施经验的人员。目的是确保我们准备的材料质量，满足我们曾在其他燃料循环设施与 NRC 合作时的要求。申请者与监管者仍需要共同解决一些问题，这样才有助于 NRC 提高审评效率。这次法规制定是一个机会，可以总结审评经验，并将一些设施豁免的做法固定下来，而不必重复工作。

问 TerraPower：预申请沟通对你们有多重要？

答：我们评估许可策略时，考虑的是首个钠冷快堆。NRC 对预申请阶段讨论的事项、提交的文件提出了建议。我们在此基础上扩展。

第一件事是向 NRC 提供我们电厂的基础信息，这样他们就有了提问的基础，我们会记录 NRC 的意见。如果预申请会议没有达到效果，就再安排一次，然后不断积累。

我们有超过 60 次预申请沟通，写了 15 份专题报告。我们也是第一个做能源岛与核岛分离、火山危害、容器隔震器，以及第一个使用云做安全分析案例的。预申请会议效果很好：NRC 告诉我们关切，我们处理这些关切。我们还用电子阅览室发布提交材料，方便他们查看，然后正式提交，并向公众公开问题。

我们计划在运行许可证（OL）阶段延续这种做法。经过几次预申请会议后，我们对彼此的需要有了共同理解。这些

会议非常有益，这种做法已经延续到与英国核监管办公室（ONR）的预申请沟通中。我们计划开展预申请差异评估，因为这是很好的工具。

问 TerraPower：其他设计方或潜在申请方是否询问过纵深防御的实施方案？

答：只要不涉及商业敏感信息，我们就会分享。现在行业里有很多前 NRC 人员，他们会打电话来，我们也会提供指导。我们会分享流程和图表，因为图表会很直观地展示问题出在哪里，非常便于理解

问 DOE 和 Radiant：NRC 与 DOE 关于试点项目有哪些合作进展？还需要哪些改进？

DOE 答：我认为取得了实质性进展。我们学到了更多授权流程，希望 NRC 也看到我们能在某些工作中提供帮助。重要的是，这些工作使国家实验室人员凝心聚力，组织力得到提升。而 Idaho 国家实验室在这个过程中表现突出。我希望即将返回 NRC 的人员能够更好地理解我们的工作。如我之前表达的观点：要利用已有成果，不要重复工作。我们帮助不熟悉核行业文化的企业为迎接 NRC 审查做好充分准备，为这些想进入核行业的人开展培训，让他们了解做什么，怎样做。

Radiant 补充：我们理解核文化，理解监管机构目前的需要。Radiant 非常感谢 DOE、派驻的 NRC 专家和国家实验室在我们的申请过程中表现出的耐心。这帮助 Radiant 成长，成为更稳健的公司。展望未来，我们期待继续与 NRC 和国防

部合作，避免不必要的重复。我们已经在与三个机构合作，Radiant 可以向行业证明这确实可以做到，而不只是行政令里的文字。

委员 Crowell：临界意义、DOE 与 NRC 差异、废物与国际监管

问 DOE：临界在四个反应堆开发商的里程碑中意义？

答：虽然这次规模很小，但这确实是完整运行的第一步关键节点。从临界开始才是应用。所以，这实际上就是反应堆的完整运行。

问 DOE：如何比较 DOE 的初步安全分析（PDSA）和全分析（DSA）与 NRC 许可里程碑？

答：它们不同，也不如 NRC 完整。这些是测试、是研究，不是 300 兆瓦或 1000 兆瓦反应堆的完整运行。我们是在初步确定这些反应堆有足够安全性，可以向前推进。临界虽然重要，但启动的这些反应堆规模相对较小。有时，我们会降低功率，以最小的功率安全地验证问题。然后还有一系列测试，随着我们对反应堆更有信心，再进入更大规模。

问 DOE：如何确保没有抄近路、所有法规都适当应用？

答：反应堆部门人员住在 Idaho，他们知道现场的确切情况，并向我团队报告。有时我会听到这些反应堆公司抱怨我们的建议和要求太多。这表明他们在独立思考。我对我的现场人员非常有信心，他们不会因为某个反应堆公司想做就做什么。因为是他们现场判断反应堆安全，我必须依靠我的现场人员并充分相信他们。

问 Radiant: 你们提到现场不留废物。项目的废物概况如何? 废物去哪里? 请介绍后端燃料循环。

答: 我们目前的模式是大约每五年换料一次。反应堆返回田纳西州橡树岭的设施后, 进行换料。用过的燃料贮存在该设施的干桶中。

Crowell 追问: 所以乏燃料保持装在反应堆中的状态返回橡树岭, 然后在那边装入干桶?

答: 正确。

问: 与传统大型轻水堆废物相比, 废物概况如何?

答: 按体积, 小得多。我们是 1 兆瓦。

问: 放射性呢?

答: 我目前没有准备分享这一点。

Crowell 评论: 总的来说, 我认为这是一个需要 NRC、DOE 或其他方面做更多工作的领域, 研究先进反应堆的废物概况。

问 TerraPower 和 Westinghouse: 除加拿大和英国外, 与国际监管机构的合作如何? 他们如何看待美国 NRC 或 DOE 的改革和现代化?

TerraPower 答: 我们正在与韩国监管机构合作, 试图与韩国监管机构和 NRC 建立联系。这对我们公司的国际化部署至关重要。他们对一些新方法不完全理解, 比如 NEI-1804, 因此培训和合作非常必要, 让其他监管机构充分理解流程和 NRC 改革的方向。他们想了解是否存在放松监管的情况? 具体体现在哪里? 我们计划以 NRC 许可、建造许可证为基础,

向韩方提供对比培训，然后将其延伸至运行许可证。如同与加拿大和英国的合作一样，与韩国的合作也非常重要。

Westinghouse 补充：我们通过波兰客户 PEJ 与波兰监管机构 PAA 合作，并为 PAA 进行了 AP1000 安全特性培训。针对波方关注的 NRC 法规变化，我们帮助其理解。

委员 Marzano：Part 50/53/57、建造经验与国会法案

问 TerraPower：Part 50 许可是两步流程，NRC 使其更技术中立，移除大型轻水堆的规定性要求，以更好服务先进反应堆。从 Part 50 到 Part 57，当前监管框架如何支持首堆设计演化？

答：我们评估了许多法规，不只是 Part 57，结论是不能采用 Part 57 路径。我们不仅分析法规利弊，也分析法规的监管基础。我们现正在评估 Part 53，做利弊分析。

NRC 工作人员边学边做，这是新流程。所有监管文件、导则还没准备好。所以关键是要做经验教训总结，然后吸收，使其更高效、更有效。这就是我们与 NRC 工作人员分享经验教训的原因，希望他们将其吸纳到导则中。

比如 Part 53 虽然涉及化学危害，但还没有导则，我们必须自己摸索。所以我们评估这些法规，能否部分采纳现有法规路径？还是整体切换到 Part 53 更合理？

我们也对 Part 51 进行了评估。因为 TerraPower 的目标是全球部署，所以我们不能仅考虑美国部署的法规适用性。有些法规变化可能对全球部署不利，那这种情况下，需要保留现有做法，因为我们希望 NRC 的基础审查也适用于其他

国家。

问 Radiant: 如何看待 Part 57?

答: 我们热切期待 Part 57 成为最终法规。我告诉过几位委员,我们认为 Part 57 拟议法规中很多语言直接来自 Radiant 的意见。非常感谢在法规拟议中采纳了我们的反馈。非常感谢 Part 57 为低剂量后果反应堆以及可移动、可运输反应堆提供了不同的法规路径。我认为这将使整个微堆行业受益。会议结束后,我们马上开始预申请对话,期待最终法规。

问 CNSC:Darlington 项目进展如何? 建造效率讨论有何更新?

答: Darlington 新项目正在推进。我们已经释放了三个 H 点(停工待检点)中的第一个,施工继续。第一个 H 点允许反应堆厂房基座安装和后续安全壳建造。NRC 委员下周要去现场,可以看到最新进展。我们将继续验证后续 H 点是否已做好释放的准备。

追问: H 点审查中有哪些意外情况? 有哪些具体挑战?

答: 对我们来说可能有点不同的方面是,建造时间安排和进度有调整。

问 X-energy: 燃料试点设施将成为 NRC 许可设施。基于你们的建设经验,反应堆公司应提前考虑哪些方面?

答: 我们要提高强化承包商监督的重要性,这是很严肃的教训。承包商有他们的工作,承担最终责任的还是许可证持有者: 确保我们满足许可过程中的承诺、满足设计要求、完成所需检查、记录所有内容、准备好 NRC 来检查并满足要

求。

Marzano 评论：国会两党早就认识到美国核能方式的结构性差距。《核能创新能力法案》和《核能创新现代化法案》的通过为美国核能复兴奠定了基础。试点项目以及 NRC 与 DOE 的合作把愿景变成现实，并在短时间内取得如此非凡的成就。但我也担心，NRC 人员离开 DOE 会出现利益冲突管理的问题。为了避免重复性工作，我们需要关注测试、数据、试验验证等支撑性分析。我希望 DOE 与 NRC 能继续 X-energy 燃料线试点项目合作模式，类似我们派人支持审查，且以更充分的方式合作。

委员 Weaver：功率测试、国际合作、安全文化与供应链
问 Radiant 和 DOE：功率测试在向商业运行过渡中的作用和重要性？

Radiant 答：Radiant 的计划一直是在 DOME（先进微型反应堆试验设施）中全功率、全温度测试，我们想充分利用 DOME。公司必须在商业化前进行设施测试。我们将在 Buckley 太空基地部署，他们收到的反应堆必须经过稳健测试。向 DOE 领导、整个 DOE 团队、Idaho 国家实验室和派驻的 NRC 团队致敬。我们正在 DOME 中测试原型燃料、原型冷却剂、原型功率，能够向客户证明交付的原型反应堆的稳健性非常重要。

追问：在向 NRC 提交许可申请之前？

Radiant 答：是的。

DOE 补充：我完全同意 Radiant 的说法。DOME 是我们

拥有的关键设施之一。Radiant 将进行测试，然后向其他反应堆开放。对这些较小反应堆的全功率测试非常重要。

Weaver 评论：我认为测试功率很重要。肯定会从中学到一些东西，有可能在向 NRC 提交申请前必须调整设计。

问 CNSC：美加监管机构的合作前景如何？

答：展望未来，我们是全生命周期监管机构，所以预见与 NRC 的国际合作将持续整个电厂生命周期。潜力很大，因为我们现在拥有建造检查经验。我们将很快与合作协议团队分享。很难说未来合作的具体走向。目前，未来合作包括建造检查，以及可能在备选场址许可申请中的其他技术。我们三个备选场址许可申请尚未选择技术。一旦选定，我们可能会提议与 NRC 更多合作。

问 TerraPower：如何发展和维持强大的核安全文化？供应商检查发现了哪些问题？供应链状况如何？

答：安全文化从 CEO 或董事会开始推动。让员工愿意提出问题、提出评论，进入纠正行动程序。TerraPower 设有员工关切项目和安全意识工作环境项目，这些项目实际上由一些前 NRC 人员运行。我们评估所有状态报告，设定筛选标准，观察变化趋势。由员工以匿名方式提出关切，然后我们处理。

我们将会把所有纠正行动程序连接起来，这样相互反馈经验教训。过去曾出现一些建造项目间的纠正行动程序没有相互沟通，最终导致 NRC 采取执法行动。

TerraPower 制定了安全文化指导原则，由我和安全委员

会倡导，向下贯彻到整个公司。我们也在建造中倡导安全文化，分包商也必须遵守。我们还会开展回头看行动，主动检查、主动访谈，采纳经验教训和反馈。如果看到问题，我们会坐下来与团队讨论，确保团队能够提出关切。

刚进行了一些供应商检查。其目标之一是确保我们的检查比 NRC 更严格。这样才可以发现问题，而后进行纠正并修改程序。同样，我希望建造监督检查也能够更加严格。事实上，我们大多数建造监督员是 70 年代和 80 年代的前 NRC 监督员，他们做过很多建造监督检查。我们开展非常深入的检查，发现了一些被遗漏的问题，开展了一些培训，提高了产品质量。我们在一家合作了很久的供应商那里，发现了一些问题，而那家供应商已经接受过很多次监督检查。我认为这说明我们确实提高了质量和安全。

问 Westinghouse：Westinghouse 在改善供应链，AP1000 产能如何？不因供应链受限能建多少？

答：客户想让我们建多少，我们就能建多少。显然我们速度在加快。我们一直非常努力地与 NRC 人员合作。我对公司的先进反应堆团队表示赞赏。他们提出了一些安全增强举措，将其放在专题报告中。这样客户可以选择他们想要的内容。而我们则可以为许可尽可能多的反应堆做好准备。我们希望将设计变更维持最小化，同时为客户提供灵活性，并精简 NRC 工作人员的许可审查。

主席 Nieh：INPO 角色、多边许可与 AP1000 申请时间

问 DOE：INPO（美国核动力运行研究所）对新成员群体

能发挥什么作用？

答：INPO 显然是一个优秀组织，能够在安全方面以身作则。他们帮助行业提前了解 NRC。他们可以为新成员提供研讨活动，可以提供一些自愿培训。我很乐意 INPO 能够更多地参与。

问 TerraPower 和 Radiant：对 INPO 角色的看法？

TerraPower 答：我们一开始是 INPO 的供应商，现在即将成为正式成员。这会为我们带来很多好处，尤其是同行评议。INPO 评估过 Vogtle 项目启动，也评估过一些中国公司的核电项目启动。虽然我们的反应堆不同，但他们可以为我们提供经验，提示更高效、更可靠的方法。INPO 正在与先进反应堆和新反应堆社区合作，提供“菜单式”服务。

问 CNSC：国际合作为实现真正的多边许可——一国设计批准，排除厂址特定环境、国家安全和应急准备要求，需要什么？

答：从我们与 NRC 的合作看，关键因素是理解彼此监管框架，了解差异和相似之处。目前加拿大还没有对是否采纳 NRC 标准电厂批准做出决定，但我们拥有利用其中部分内容的经验。我们的监管框架有差异，需要理解这些差异如何影响更广泛的批准。例如，不同国家的设计基准事故准则不同，需要满足不同国家的法律要求。这是障碍之一。

追问：障碍有多大？法律要求差距有多大？

答：我们最近对加拿大监管框架需要证明的关键方面进行了整理。清单不长，只包括少量关键方面，比如设计基准

事故准则。但如果我们想利用 NRC 标准电厂批准，这些是我们需要重点关注的领域。我们可以对申请的不同方面分类。有些方面可以依赖和利用 NRC 批准，有些需要更多审查，关键方面需要重点审查。所以我们会从风险指引角度聚焦这些领域。

问 Westinghouse：175 亿美元长周期组件用于 AP1000，NRC 应该考虑什么时间框架？申请何时来？

答：随着与潜在客户的讨论和谈判继续，Westinghouse 继续与 NRC 工作人员合作，精简未来许可。未来反应堆许可主要由客户驱动，Westinghouse 正在非常努力，让客户和 NRC 尽可能容易地许可未来反应堆。我想说，今年年底、明年第一季度，NRC 应该会看到几个申请。

国际交流合作部 余少青 供稿

编译自美国核监管委员会官网

文章内容不代表本公众观点