

XiHeFusion（羲和启明）来了！大模型助力核聚变科学传播！

核聚变，被誉为人类获取无限能源的终极梦想。它不仅是清洁能源的希望之光，更是解决全球能源危机、实现碳中和目标的关键技术。然而，核聚变技术的复杂性和高度专业性，让许多人对其望而却步。从等离子体的高温高压控制，到磁约束装置的精密设计，再到反应堆材料的极限挑战，每一项技术都充满了极高的门槛。如何让更多人了解核聚变、参与核聚变研究，成为加速这一技术落地的关键。

近期，在国家自然科学基金区域创新发展联合基金的支持下，来自中国科学院等离子体物理研究所、安徽大学、清华大学三方的研究团队通力合作，重磅推出 **XiHeFusion**——首个专注于核聚变科普的对话大模型！它不仅是核聚变领域的 AI 助手，更是科学传播的桥梁。通过 XiHeFusion，希望用 AI 的力量，让核聚变知识变得触手可及，让更多人了解这项改变人类未来的技术。

➤ XiHeFusion 是什么？

想象一下，有一个 AI 助手，不仅能回答你关于核聚变的所有问题，还能用清晰的逻辑和通俗的语言，把复杂的科学原理讲得明明白白。这就是 XiHeFusion——首个专注于核聚变领域的大语言模型！

XiHeFusion 的诞生，标志着核聚变科学传播迈入了一个全新的时代。它不仅是核聚变领域的 AI 专家，更是科学传播的桥梁，致力于让更多人了解这项改变人类未来的技术。

➤ XiHeFusion 的五大亮点

1. 首个核聚变领域大模型 XiHeFusion 是专为核聚变任务设计的大语言模型，能够有效支持核聚变科学传播，帮助公众深入了解这一领域。
2. 开源与双语对话基于开源大模型 Qwen2-14B，XiHeFusion 支持中英双语对话，无论是科研人员还是普通爱好者，都能轻松使用。
3. 核聚变知识增强训练为了让模型能够提供更专业的回答，该项目收集了多源的大规模训练语料（包括 Common Crawl、电子书、arXiv 论文、学位论文等），用于模型的训练和优化。
4. 逻辑推理能力通过思维链（Chain-of-Thought, CoT）技术，XiHeFusion 能够提供更详细、逻辑性更强的回答，让科学传播更加清晰易懂。
5. 全新测试问卷研究团队开发了一份包含 180+问题的核聚变科普测试问卷，从多角度评估模型对核聚变知识的掌握程度。实验结果表明，XiHeFusion 在核聚变科普问答任务中表现出色！

➤ 开源共享，助力核聚变未来

为了让更多人受益，XiHeFusion 的预训练模型已正式开源，发布在 GitHub 上。无论你是科研人员、教育工作者，还是对核聚变感兴趣的普通用户，都可以免费体验 XiHeFusion 的强大功能！

👍 立即访问 GitHub，探索 XiHeFusion: <https://github.com/Event-AHU/XiHeFusion>

➤ XiHeFusion 的背后：大模型如何为核聚变而生？

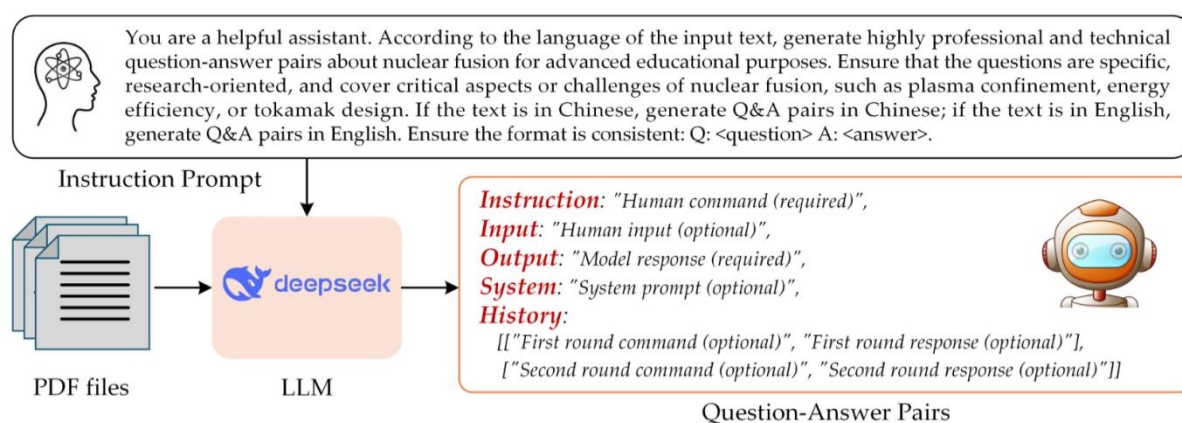
XiHeFusion 的诞生并非一蹴而就，而是经过了一系列精心的微调和优化。下面，让我们一起揭开 XiHeFusion 的“成长历程”，看看它是如何从通用大模型蜕变为核聚变领域的专属 AI 助手的！

1. 数据收集：构建核聚变知识库

为了让 XiHeFusion 掌握核聚变领域的专业知识，研发团队构建了一个大规模的核聚变语料数据集，包含 **120 万条高质量的问答对**。这些数据通过多种渠道收集，确保了数据集的多样性和高质量：

- 73%来自通用网页爬取：通过爬取互联网上的公开数据，获取了大量与核聚变相关的科普内容和技术资料。
- 24%来自学术论文数据库：从 arXiv 等学术平台收集了最新的核聚变研究成果和技术进展。
- 3%来自电子图书馆：包括核聚变领域的经典著作、教材和学位论文。

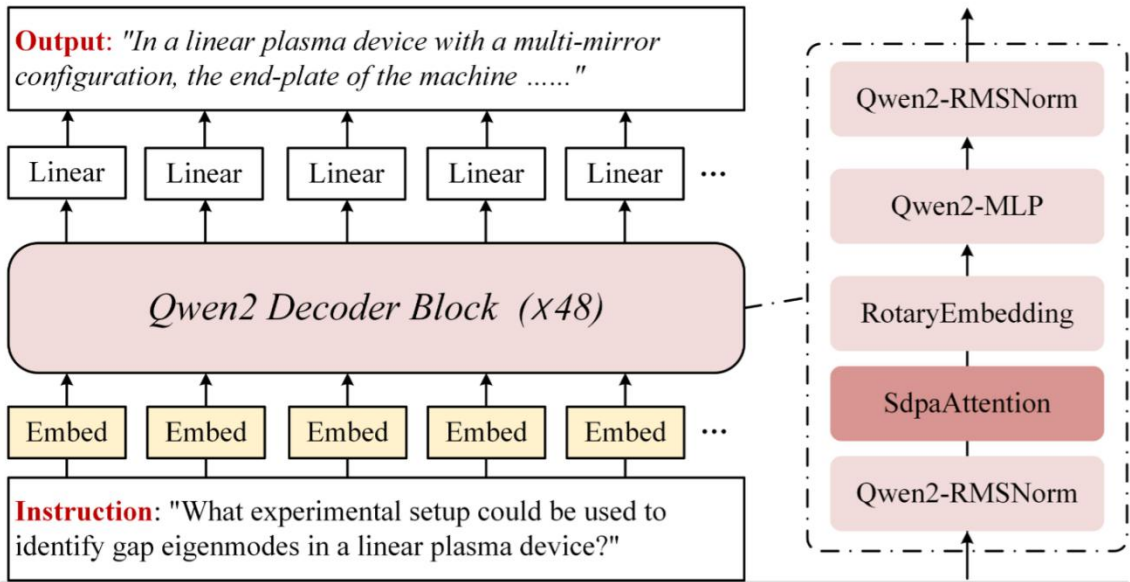
在数据收集过程中，XiHeFusion 研发团队对每一份资料都进行了严格的筛选和预处理，确保数据的准确性和专业性。随后，将这些数据输入大语言模型（基于 DeepSeek V3），自动生成符合核聚变领域特点的问答对。



通过这一过程，生成了大量高质量的问答对，涵盖核聚变领域的核心问题和关键技术，例如等离子体约束、能量效率和托卡马克设计等。这些数据为 XiHeFusion 的训练奠定了坚实基础，使其能够提供专业、准确的核聚变知识问答服务。

2. 监督微调：从通用到专业

XiHeFusion 基于开源大模型 Qwen2-14B 开发，采用了 Transformer 解码器架构，包含 48 层 Transformer（每层 40 个注意力头）。为了使其在核聚变领域表现出色，研发团队进行了有监督微调（Supervised Fine-Tuning, SFT），并集成了多项先进技术。



首先，针对核聚变领域的长文本需求，研究团队开发了专用数据集，并结合反向翻译技术生成高质量的问答对，确保语义和逻辑的一致性。同时，为了增强模型在数学和物理公式推导方面的能力，研发团队引入了 Qwen2.5-Math 推理链数据，模拟逐步推理过程，显著提升了模型在公式相关任务中的表现。在逻辑推理方面，研究团队构建了涵盖演绎、归纳、类比、因果和统计推理的数据集，使 XiHeFusion 能够系统化地处理复杂的逻辑推理任务。为了进一步提升性能，XiHeFusion 集成了多项先进技术，包括 Grouped Query Attention (GQA) 以提升 KV 缓存利用率和计算效率，SwiGLU 激活函数以增强非线性建模能力，Rotary Position Encoding (RoPE) 以提高模型对不同长度序列的

适应性，以及 QKV 偏置和 RMSNorm（预归一化）以增强上下文信息捕捉能力并稳定梯度流动。

通过这些优化策略，XiHeFusion 在长文本生成、领域知识表示、逻辑推理和多语言能力方面取得了显著提升，为核聚变和等离子体研究任务提供了强有力的支持。

3. 思维链增强：让逻辑更清晰

为了让 XiHeFusion 的回答更具逻辑性和条理性，研究团队引入了思维链（**Chain-of-Thought, CoT**）技术。这一技术通过模拟人类的推理过程，使模型能够逐步分析问题，并提供详细且结构化的答案。

具体来说，XiHeFusion 在回答问题时，会从以下几个方面展开：

- 背景介绍：**首先对问题的背景进行简要说明，帮助用户理解问题的上下文。
- 术语定义与案例分析：**对问题中的关键术语进行解释，并结合实际案例进行分析。
- 多角度推理与替代方案探索：**从不同角度对问题进行深入分析，并探讨可能的解决方案。
- 实际案例验证与应用：**结合真实世界的案例，验证推理的合理性，并展示其实际应用价值。
- 总结与互动引导：**最后对回答进行总结，并提供进一步的互动引导，帮助用户更深入地理解问题。

此外，研究团队还提供了八个示例问答对作为提示，指导模型生成高质量的答案。通过这些优化，XiHeFusion 的逻辑推理能力得到了显著提升，能够提供更加详细、条理清晰的回答，让科学传播更加直观易懂。

为了让读者更直观地了解 XiHeFusion 的能力，以下是几个实际问答示例，体现了模型在核聚变领域的专业性和逻辑性：

➤ **Question: AI 在托卡马克领域有哪些应用？**

人工智能（AI）在托卡马克领域有多种应用，包括优化等离子体控制、故障诊断、实验数据分析和实时监控。以下是 AI 在托卡马克领域的几个关键应用：

1. ****等离子体控制优化****:

- ****反馈控制****: AI 技术（如强化学习和神经网络）用于开发先进的等离子体控制算法，以实时调整磁场配置、加热功率和电流驱动，从而保持等离子体的稳定性和性能。

- ****模式识别****: AI 系统能够识别等离子体中的不稳定性模式（如锯齿不稳定性、边缘局部模式 ELMs），并提前预测其发生，从而采取预防措施。

- ****优化算法****: 通过 AI 优化算法，研究人员能够找到最佳的等离子体运行参数组合，以实现更高的能量增益和更长的约束时间。

2. ****故障诊断与预测****:

- ****故障检测****: AI 算法可以分析托卡马克运行中的大量数据，识别潜在的故障模式，并提前发出警报，防止设备损坏。

- ****异常检测****: AI 系统能够识别等离子体行为中的异常，从而及时调整运行参数，避免事故的发生。

3. ****实验数据分析****:

- ****数据处理****: AI 技术能够处理和分析大量的实验数据，从中提取有用的信息，帮助研究人员理解等离子体的行为和演化。

- **模式识别**：AI 系统能够识别等离子体中的模式和趋势，为未来的实验设计提供参考。

4. **实时监控与诊断**：

- **传感器数据融合**：AI 技术能够融合来自多个传感器的数据，实时监控等离子体的状态，并提供实时诊断信息。

- **图像处理**：AI 系统能够分析托卡马克中的图像数据，识别等离子体边缘的行为和不稳定性，从而优化控制策略。

5. **虚拟仿真实验**：

- **模拟与预测**：AI 技术能够模拟等离子体的行为，预测实验结果，并为未来的实验设计提供指导。

- **优化实验方案**：通过 AI 优化算法，研究人员能够设计出更有效的实验方案，以最大限度地提高实验的成功率和数据质量。

6. **数据分析与挖掘**：

- **数据挖掘**：AI 技术能够挖掘等离子体实验中的隐藏信息，帮助研究人员发现新的物理现象和规律。

- **数据可视化**：AI 系统能够将复杂的数据转化为易于理解的可视化图表，帮助研究人员更好地理解 and 解释实验结果。

这些应用不仅提高了托卡马克实验的效率和准确性，还为未来的聚变能源开发提供了重要的技术支持。AI 技术在托卡马克领域的应用前景广阔，未来的研究将继续探索更多创新的解决方案，以推动聚变技术的发展。

通过 AI 技术，托卡马克领域的研究者能够更好地理解和控制等离子体的行为，从而实现更高效的核聚变反应。如果您对 AI 在托卡马克领域的具体应用有任何疑问或需要进一步的信息，请随时提问。

➤ **Question: 什么是弹丸注入加料?**

弹丸注入加料 (Pellet Injection) 是一种在核聚变装置中向等离子体中引入燃料 (如氘或氚) 的常用方法。这种方法通过将固体燃料弹丸以高速注入等离子体中，使其在等离子体中迅速蒸发，从而为等离子体提供额外的燃料。弹丸注入加料的主要目的是提高等离子体的密度，确保核聚变反应的持续进行，并维持等离子体的稳定性。

弹丸注入加料的关键步骤包括：

1. ****弹丸制造****：弹丸通常由固态氘或氚制成，其形状和尺寸经过精确控制，以确保注入过程中能够有效蒸发。
2. ****弹丸加速****：弹丸通过高速气流或电磁力加速，使其达到足够的速度，以便穿透等离子体的边界层。
3. ****弹丸注入****：弹丸通过专门设计的注入器注入到等离子体中，注入器需要精确控制弹丸的注入位置和速度，以确保弹丸能够均匀分布并蒸发在等离子体中。
4. ****弹丸蒸发****：弹丸在等离子体中迅速蒸发，释放出燃料分子，增加等离子体的密度，从而提高聚变反应的效率。

弹丸注入加料在核聚变装置中的作用：

1. ****提高等离子体密度****：弹丸注入可以显著提高等离子体的密度，确保聚变反应的持续进行。
2. ****维持等离子体稳定性****：通过定期注入燃料，可以防止等离子体密度下降，从而维持等离子体的稳定性。

3. **优化能量增益**：弹丸注入可以优化等离子体的能量增益，提高核聚变反应的效率。

4. **控制等离子体杂质**：弹丸注入可以减少等离子体中的杂质，提高等离子体的纯净度，从而减少对聚变反应的负面影响。

弹丸注入加料技术是核聚变研究中的一个重要工具，它能够有效解决等离子体燃料补充的问题，提高核聚变装置的性能和稳定性。目前，许多核聚变实验装置，如 EAST 和 JET，都在广泛使用弹丸注入加料技术来优化等离子体的燃料供应和反应性能。

➤ Question: 简述波在等离子体中的截止和共振现象

在等离子体中，波的传播受到多种物理现象的影响，包括截止和共振现象。这些现象对于理解和控制等离子体的行为至关重要，尤其是在核聚变装置中。以下是对这些现象的简要说明：

截止现象

截止现象指的是在特定频率下，波的传播会因为等离子体的密度或温度梯度而被抑制。在等离子体中，电磁波的传播会受到等离子体频率和热能的影响，从而产生截止频率。例如，当波的频率接近或低于等离子体的朗道阻尼频率时，波的传播会受到抑制，导致能量无法有效地传递到等离子体中。

共振现象

共振现象指的是波与等离子体中的粒子相互作用，导致能量在波和粒子之间发生交换。这种交换可以导致等离子体中粒子的能量分布发生变化，从而影响等离子体的稳定性。例如，在等离子体中，当波的频率与粒子的回旋频率匹配时，波的能量会被粒子吸收，导致共振现象的发生。

实际案例与应用验证

在托卡马克装置中，如 EAST，研究人员通过实验验证了这些现象。例如，通过使用射频加热技术，研究人员发现波的传播在特定频率下会被抑制，从而导致能量传输效率的降低。此外，通过调节等离子体的密度和温度梯度，研究人员能够控制截止现象的发生，从而优化能量传输效率。共振现象在托卡马克中的应用更为广泛，通过调整波的频率，可以实现等离子体中粒子能量的有效传递，从而提高等离子体的约束性能。

总结与互动式引导

通过优化波的传播特性，研究人员能够更好地控制等离子体的行为，从而提高核聚变反应的效率。未来的研究将继续探索如何通过精确控制波的传播，进一步优化等离子体的能量传输和约束性能。如果您对这些现象有更多问题，欢迎随时提问，我将很乐意为您提供更深入的解答。

➤ 大模型的未来：XiHeFusion 的无限可能

XiHeFusion 的发布，不仅是核聚变领域的一次技术突破，更是人工智能助力科学传播的重要里程碑。作为全球首个专注于核聚变任务的大模型，XiHeFusion 展现了 AI 在复杂科学领域中的巨大潜力。

核聚变是人类获取无限清洁能源的终极梦想，而 XiHeFusion 正是这一梦想的重要推动者。我们相信，随着技术的不断进步，XiHeFusion 将在核聚变科学传播和能源研究中发挥越来越重要的作用，为人类实现可持续能源的未来贡献力量。

欢迎加入核聚变科普大模型的研发团队，一起推动核聚变事业的发展！

- 技术报告：<https://arxiv.org/abs/2502.05615>
- 模型开源：<https://github.com/Event-AHU/XiHeFusion>

- 视频展示：

Bilibili: 【 XiHeFusion （ 羲 和 启 明 ） 对 话 大 语 言 模 型 】

https://www.bilibili.com/video/BV1c2Nae8E5A/?share_source=copy_web

Youtube: <https://youtu.be/5ZCDq0DjklA?si=b1AKKzEtugBfapVk>

- 邮箱联系: xiaowang@ahu.edu.cn （王道，安徽大学）

yangqq@ipp.ac.cn （杨清泉，中国科学院等离子体物理研究所）