

核动力的工程和科学教育

现在已有达到所需最佳标准的合作方法

Frances Mautner - Markhof

经验表明，是否有足够数量具备所需知识、能力和经验的人员，是成功引进一项核动力计划的关键条件之一。因此，引进核动力应首先对引进国的有关工业和教育/培训的基础设施的能力进行全面的评价。这就要求，必须在工程和科学方面建立或提高国家教育和培训能力，以培养实施核动力计划的任务所需的合格人员。

由于各国的教育体制不尽相同，所以制订教育计划要有灵活性。课程（如为IAEA《核动力工程和科学教育手册》编制的那些课程）显示了可使那些将要为核动力计划工作的工程师和科学家具备的必要教育条件的水平和内容，因此可以作为拟订适当教育计划的基础。但是，要描述将核技术教育引入已有的教育体系所需的各项措施和安排是很困难的。

人员的技能是绝对需要的：它与核动力的保证或安全性和可靠性是同样重要的。因此，虽然可以通过各种途径达到人员资格条件所要求的水平——正如我们从发达国家和发展中国家的各种经验所看到的那样，但是每一个已实施或开始实施核动力计划的国家都必须达到并保持类似的水平。

在制订核动力工程和科学教育计划时，必须考虑到须由各国政府或国家机构承担主要责任并且国家参与是必不可少的那些核动力计划活动。（见附表。）这些活动主要应由本国人力来完成，而不管核动力项目的合同安排如何。

一个制订有核动力计划的国家，应该提供为完成

核动力计划主要活动培养合格人员所需要的大部分基础教育和培训，以及至少一部分专门教育和培训，其中包括那些能使国家参与所需的技术转让和技术改造的教育和培训。核动力教育和培训的基础设施主要包括大学、核培训中心，核研究中心以及工业和政府机构。

为培养合格人员所投入的教育和培训费用只占该核动力项目费用的一小部分，指出这一点是很重要的。经验也表明，这些教育费用较之因缺少适当合格的电厂人员而使核电厂不得不停止运行那怕是短时间的所造成的损失要小得多。一个好的教育和培训制度不仅仅是引进核动力的必要条件，而且也是对核电厂将来的发展和其最佳运行的一项有效投资。为此，教育和培训应作为国家核动力长期规划的一个组成部分。

发展中国家的特殊需要

一般来说，在许多发展中国家，合格人员不足是技术发展的主要障碍之一，对核动力的发展更是如此。

一些发展中国家和工业化国家在核动力教育和培训要求方面的问题，主要与大学、培训机构或工业界在提供所要求的教育和培训范围及质量方面，财力和物力受到限制有关。尤其是发展中国家的中学，常常不能适当地培养学生，向学生们提供为完成大学学习所需的工程和科学方面必要的技能和知识。从一开始就应对以下几方面予以足够的重视提供充分的人力和财力：（1）教师的教育和资格审查，（2）大学及

Mautner - Markhof 女士系核动力处反应堆工程科的工作人员。

核 教 育 和 培 训

核动力计划活动

活 动	认为国家参与 是否必要*	技术难度**	人力要求**	
1	核动力计划规划和协调	是	3	1
2	动力系统规划	是	2	1
3	法律和组织框架的制订	是	1-2	1
4	国际协议和安排	是	1-2	1
5	国家参与的规划和协调	是	2	1
6	人力开发规划和实施	是	2-3	2-3
7	可行性研究	是	3	2
8	场地评价	是	2-3	1-2
9	招标规格书的准备	是	2-3	1-2
10	投标评价	是	3	2
11	签订合同	是	3	1
12	项目管理 (电力公司)	是	3	1-2
13	项目管理 (主要承包者)	否	3	2
14	电厂方案设计	否	3-4	2
15	基本设计工程	否	3-4	3
16	详细设计工程	否	2-3	4
17	设备及厂房规格书的准备和评价	否	3-4	2
18	质量保证方针的制定	是	2-3	1
19	质量控制和质量保证的实施	否	2-3	2
20	采购	否	1-2	1-2
21	安全分析报告	否	3	2
22	应急规划	是	2	1
23	对公众宣传和公共关系	是	1-2	1
24	安全保障和实物保护	是	1	2
25	设备制造	否	1-4	1-4
26	建设管理	否	2-3	2
27	场址准备	是	1	2-3
28	厂房建筑物和结构的建造	是	2	4
29	厂房设备和系统的安装	是	2-3	3
30	厂房系统和部件检验	否	2-3	2
31	临界和电厂验收检验	否	3-4	1-2
32	电厂运行和维护	是	3-4	3
33	放射防护和环境监测	是	1-2	1
34	燃料采购	是	2	1
35	铀的勘探、开采和冶炼	否	1-2	3-4
36	转化	否	1-2	1-2
37	浓缩	否	4	3
38	燃料制造	否	3	2
39	燃料管理及在场址贮存	是	2-3	1
40	燃料运输及国内离开场址贮存	是	1-2	1
41	乏燃料后处理	否	4	3
42	废物管理	是	2-3	2
43	核许可证发放和管理	是	3-4	2-3
44	核动力研究和开发	否	3-4	3

* 认为有必要的活动会稍有变化, 这取决于国家参与政策和能力, 以及对具体核动力项目的契约性安排。

** 数字: 1 = 低; 2 = 中; 3 = 高; 4 = 甚高。

工业界间的合作, 以保证提供工业的直接经验和在职培训。这包括管理大型项目的组织、合同和行政方面的问题, 因为大学对此无足够的力量。

在具有实施核动力计划所需的本国合格专业技术

人员的国家里, 特别是在具有在国外受过教育、培训或获得经验的技术人员的国家里, 一直存在着一个严重的问题。这个问题是, 由于雇用条件的差异以及人员开发计划安排与核动力计划安排相脱节, 结果造成

要么人员培训好了而没有任务，要么有了任务而人员未培训好。因此有效的人员管理对于适当和及时补充人员，以及对于实施核动力计划所需的合格条件的教育和培训来说，是十分重要的。人们普遍认为，有必要补充和培养比需要更多的人员，以便填补现有空缺或弥补培训辍学的和满足因合格人员的消耗和流动需补充人员的要求。

实际培训和经验

所有层次的常规教育和核教育中的各有关学科的实际作业和培训是非常必要的，但不能过分强调。这对所涉学生和教师来说是非常重要的，尤其是在工程教育过程中。尽管教育的这种实践大部分应由国家自己提供，但是有些亦可通过双边协定或供应合同由国外的工业机构、研究中心、高等教育机构以及政府机构提供。

因此，工程和科学教育应为学生在大学（或高等技术学院）毕业前提供在工业界或电力公司从事实际工作的机会。发展中国家尤其应该致力于加强和改善大学和工业界之间的相互关系，以防止工程教育远远脱离当前的实际和需要。除实际工程经验以外，核动力计划的各项任务要求许多具备诸如技术评价、经济学、能源规划、行政管理和公众接受问题等方面实际经验的人员。

核专业教育

教育的主要要求是要有核专业的大学毕业生计划（获得相当于科学学士学位的学位）以及达到硕士学位水平（或工程师文凭）的研究生计划。需要有硕士以上学位的研究生教育计划，以保证至少有少数受过高等院校培训（即取得哲学博士或相当于哲学博士）以及具有相当丰富经验的工程师和科学家，尤其是具有大学水平教学、研究和发展及某些管理能力的合格人员。大多数国家在开始实施他们的核动力计划时，通常没有这种核专业的教育计划。

各国普遍认为有必要开设研究生专门化课程，以补充那些毕业生的教育和培训，他们将要从事核动力计划方面的工作，但他们没有受过核专业教育，有些虽是专业人员但没有核工作经验。这些专门化课程并不意味着要代替长期需要的核专业大学生和研究生的工程和科学教育。然而，作为一种提高核学科人员水

平或提供新的或现代理论知识和实际技能的手段，专门化课程在国家教育和培训制度中起着重要作用。（见附图。）

一般情况下，为了向核工业界和政府机构的具有传统工程学科基础的工作人员提供所需理论基础和实际工作经验，通常在核动力计划开始实施时就采用核动力工程和科学的教育专门化计划。随着核动力计划的执行和对人员条件要求的提高，核动力教育势必要与现有教育基础设施相结合。然而即便是上述趋势成为核动力教育的主要形式，对于进修教育来说，专门化教育仍将是需要的，以便同最新发展保持一致（例如新技术、新规范），提高专业和核领域的知识水平和工作能力，以及为诸如值班管理人员、保健物理人员和其他专家等类型的人员提供培训。

各国的教育/培训和工业基础设施不尽相同，各国核动力计划的性质及目的也不相同，例如国家参与程度上的差异。因此，虽然已有示范性课程，但是要为核专门化教育计划拟出详细的课程安排还是很困难的。^{*}因此，专门化课程应能提供可作为这一专门化培训重要基础的所有有关的核知识和实际技术。

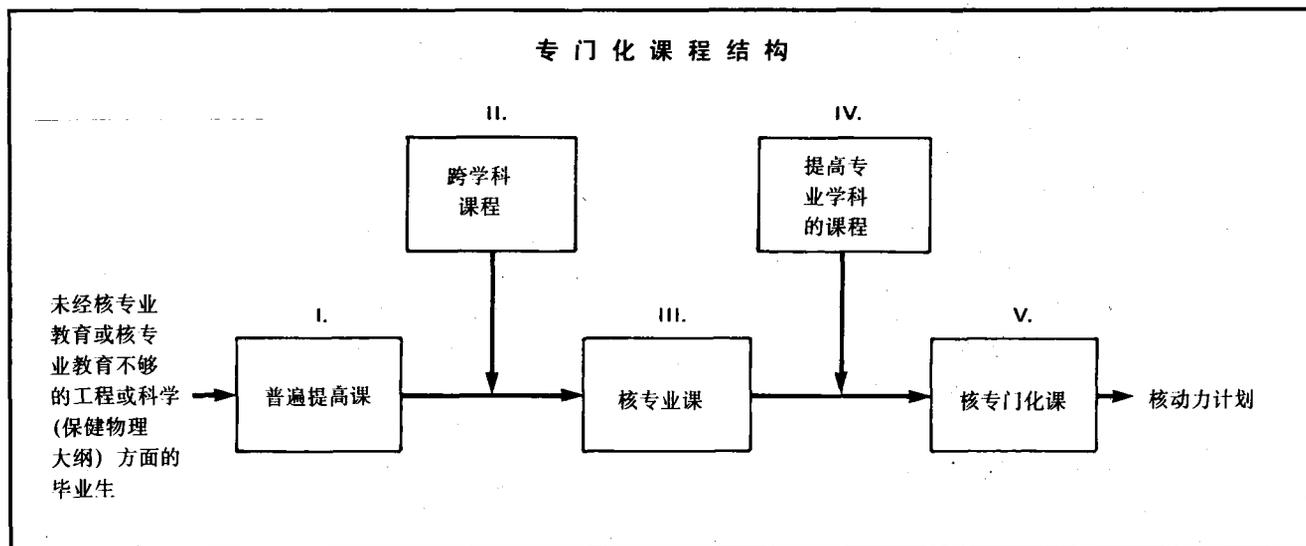
专门化教育计划应不同于常规的研究生学位教育计划，因为它对核动力计划的实际需要有更大的针对性，并且包括较之该国所能提供的大学生教育计划更深程度的高标准的传统工程学。它还提供具体核学科方面的教育和实际工作机会，例如辐射效应和反应堆工艺学。很希望一些大学能参与这类计划。这些大学在提高为满足更高标准所需的大学生和毕业生计划的课程、才能和设备方面，会更加受到鼓励。无论是常规领域还是核领域，这种高标准是核动力计划和国家参与计划所需要的。

尤其重要的是，要为那些将要成为本国专门化课程教师的人员安排此类培训。对于这类课程来说，知识渊博和经验丰富的教师是必不可少的，并建议应对他们的教育和培训（包括有效的教学实践在内）的所有方面予以特别注意。

核动力的进修教育

为确保专业技术人员能获得、保持、提高和更新符合教育和培训合格条件所需的知识和实际技能，以

^{*} 核动力工程和科学教育手册，IAEA Vienna (1986) pp.17-40.



完成核动力计划的任务，有必要尤其在工程方面提供广泛而灵活的进修教育的可能性。对从事实际工作的专业人员和教师，应提供所需的进修教育，而且应将它列为国家人员开发计划和教育 / 培训基础设施的一个主要和正式的组成部分。进修教育应利用大学、工业界、电力公司、核培训和研究中心以及其他有关机构之间的合作活动，并成为其中的一部分。专业团体对促进某些类型的进修教育可以起有益作用。进修教育还可以要求在国外进行，尤其是那些涉及最新技术发展和高技术的领域。国际合作对于提供教师和教材的交流，以及也许对于地区性进修教育中心的建立，也将是极重要的。

确保教育和培训质量的主要要求，是制定、坚持和实施合理标准，以便对使之获得核工程和科学学位的大学计划进行外部审查、评价和鉴定，以及确立和坚持合格条件的最低标准。同时，为大学和其他研究机构（诸如电力公司、工业机构、国家实验室及核培训中心）的无学位核专业和其他进修教育计划进行鉴定也是很重要的。

政府的作用

核动力计划中有些活动必须由国家机构承担全部责任，并主要由政府人员来执行，而不管合同的安排如何。这些活动被认为是国家参与的“重要”活动。在那些目前正在制订或实施核动力计划的国家里，对核动力计划的规划、协调、管理和国家参与计

划，以及人员的全面开发计划，从根本上说，都是政府的职责。政府可将许多有关的任务和职能委托它的下属专门机构去实施，但是政府必须保留担负最后责任以及制定方针与战略和做出最后决定的职能。

通常情况下，各国政府通过一些负责部门，缔结核合作及核供应和培训的双边及多边协定。双边协定包括专门机构的旨在发展包括人员开发计划和管理职能等基础设施的科学交流协议。一般来说，国家核能委员会或核能管理局（其性质取决于国家的核能政策和计划）已构成了在规划和实施核动力计划和人员开发计划方面履行其职责和职能的政府基本设施和机构。

政府所能采取的提高国家核动力工程和科学教育能力的措施包括：

- 确立审查学术和非学术计划和能力的必要标准，确立工程和其它专业资历和 / 或发放有关许可证的合适标准；

- 通过适当标准、支助和鼓励来提高有关工程和科学计划中课程、研究人员和大学教师的质量。这些可以通过政府（和工业界）支助，提供进修金、定期生活津贴、培训设施和研究合同，以及提供为改善课程和实验室 / 计算机设施及研究和发展所需的适当资助来完成。对研究和教学人员可能需要改善雇佣条件（包括较高薪金），以便阻止他们转向工业部门；

- 通过适当的考试、资格要求和奖励措施，增加选择学习并完成有关核工程和科学课程的大学生和毕

业生的数量并提高他们的质量。

- 不断加强和利用工业界在提供必要的教育实践和培训工作（以及所需的经验）方面所起的作用，特别是通过法规以及财务奖励和合同，增加实际教育、培训和经验的机会；

- 调查提供或利用国家之间技术合作的可能性和优越性。

教育的基础设施和能力

IAEA 以多种形式援助其成员国开发核动力工程和科学教育的基础设施和提高这些方面的能力。IAEA 对成员国提供援助的方式包括：

- 提供有关制订或改进核动力工程和科学的学术和非学术教育计划方面的情报（其依据为机构《核动

力工程和科学教育手册》中推荐的课程）

- 在建立或改进实验室及其他教学设施方面提供专家援助；为开设和教授核工程和核科学课程，提供合格教员；向成员国派遣专家工作组，以评价该国在核专业教育和培训方面的需求；提供大学生进修金。机构的进修金也可用来培训教师。

- 评价成员国及其研究机构 / 组织在国家之间特别是发展中国家间在工程和科学教育方面进行技术合作的能力和兴趣，以及这种合作的可行性和效益。这将涉及到 IAEA 和成员国合作对经过挑选的研究机构进行评价，以及如有必要协助它们提高能力，这些研究机构具有核工程和核科学教育这一重要领域方面的专门知识。

- 编写和安排各成员国的核专门化课程（例如，辐射防护）。

