

·基金管理·

## 我国土木工程中的知识系统研究 跃居国际先进水平

刘西拉

(清华大学)

由国家自然科学基金委员会会同国家教委、建设部、交通部、铁道部、冶金部、国家地震局及国家环保局等7个委、部、局联合资助的“七五”重大项目“工程建设中的智能辅助决策系统的应用研究”，经过20个单位、200余科技工作者5年的艰苦努力、联合攻关，取得了丰硕成果。这个重大项目已于1992年12月在清华大学通过了专家们的联合验收。经过严格认真的验收，评委们认为：该项目整体已达到国际先进水平，个别子项已达到国际领先水平。专家们预见，此项成果不仅有助于国家当前进行的大规模工程建设，而且无疑会对国内外建筑、环境与结构工程学科的发展产生深远的影响。

回顾5年的艰苦历程，从事这个课题的每一位科技人员都感慨万分。这个项目是以联合资助的方式，在一个传统学科里进行的高科技——知识工程的应用研究，投资强度共300万元。起初要使基金委和其他7个委、部、局下决心拨出这么一笔经费是非常不容易的。因为人们对知识工程这一人工智能发展中十分活跃的领域还不十分熟悉，当时在国际上土木工程知识系统研究方面领先的美国，也正处在一个停滞徘徊的局面，中国能否后来居上呢？这么大规模的项目，这么大的投入，领导机关很难决策。然而，问题的另一方面在于：中国的城市化人口已在迅速增加；根据统计表明，发展中国家城市人口达到总人口的30%左右时，国家的经济水平就会发生腾飞，而目前中国正迅速接近这一比例。可以肯定，我国面临大量的工程建设任务。相对于世界其他各国，中国经济正处在一个前所未有的最好发展时期。这正是一个机遇，看看我们能否在传统学科领域上勇夺技术的制高点。这个重大项目的立项，充分反映了国家自然科学基金委员会的远见和魄力。

工程建设与其他学科领域不同，其特点在于其很强的个性与综合性。一个长江三峡工程可以论证30多年，它与其他的工程交互性不大。正是这种个性与综合性决定了大量的工程建设问题是凭借专家经验解决的。这里包含了大量的不确知和不确定性的信息。正是由于这种不确知和不确定使工程建设中许多知识不完整、不一致、不严格、不可计算。在这种情况下，如何收集、表达、利用专家已有的经验是十分重要的。在我国，由于十年动乱，我们损失了整整一代科技人员。专家们的经验和知识如何继承下来变得更为突出。幸运的是，由于计算机科学的发展，人工智能领域中知识工程的出色成果给我们提供了难得的工具。把知识工程这一新兴学科引入土木工程，解决土木工程学科发展的迫切需要，这正是这个大项目立项的出发点。5年前，我们就是从这点出发开始攀登的。5年后，当我们看到西方发达国家开始提出把知识工程作为下

---

本文于1993年4月8日收到。

一世纪土木工程师必须掌握的技术后,我们不能不深感当时国家科学基金委员会决策的正确。

本项目的负责人是国家地震局工程力学研究所名誉所长、学部委员刘恢先教授和清华大学土木工程系主任刘西拉教授。参加单位除上述两个单位外还有同济大学、华中理工大学、北方交通大学、西南交通大学、上海海运学院、东南大学、中国科学院生态中心、中国科学院环化所、浙江工学院、中国建筑科学研究院、上海交通大学、冶金部冶金建筑研究总院、大连理工大学、哈尔滨建筑工程学院、原机械电子工业部电子科学研究院、四川大学、北京科技大学和中国科学院自动化所等。

工程建设是一个十分宽广的领域。本重大项目下设10个二级子课题和30个三级子课题。从城镇规划、地震危险性评估到铁路、公路、水运工程建设;从生态调控、环境评估与保护到结构设计、施工与诊断加固;从智能CAD到工程中不确定信息的处理全面展开。

5年来,本重大项目共有32项成果通过了国家科学基金委员会或省部级鉴定,此外还有13项通过了各单位组织的鉴定。本项目提供的可运行软件达49个,收到的成果用户报告共48份。至目前为止,已有9项成果获省部级或全国性学会的奖励。例如,同济大学完成的“城镇总体规划道路系统评价专家辅助决策系统”和“城市环境噪声防治专家系统”获1992年上海市科技进步二等奖,国家地震局工程力学研究所完成的“多层砌体房屋震预测专家系统”和“城市现有房屋震害预测智能辅助决策系统”获1991年国家地震局科技进步奖,清华大学研制的“建筑工程管理软件”获1990年中国建筑学会“优秀建筑管理软件”二等奖,清华大学与四川大学等单位合作进行的“单层钢筋混凝土工业厂房破损评估专家系统方法的研究”获1990年四川省科技进步二等奖等。许多优秀成果正处在申报奖励过程中。此外个别课题成果已进入市场,直接为社会主义经济建设服务。例如哈尔滨工程力学研究所研制的多层砌体房屋震害预测专家系统(PDSMSMB-1)已开始推广使用,实现商品化。其商品化有两种形式,一是“来料加工”,即使用者按该系统的人机对话说明填好信息卡,由专门人员操作上机;二是提供软件,有偿使用。有的课题还引出一些新项目,进一步推动了我国工程建设界在这一领域的研究工作。例如西南交通大学研制的铁路桥梁承载力评估及对策专家系统(RBCAD),包括建立桥梁数据库、数据库管理系统和建立桥梁损伤等级评估及对策专家系统。其后,他们把这一整套技术又移植到广东省公路桥梁的评估及对策上,为广东省的交通运输作出了重大贡献。

本重大项目的每个子课题均向国家交出了完整的总结报告,共约100万字。绝大部分课题总结报告均附有鉴定意见和用户意见。这为国家自然科学基金委员会建立完整的科技成果档案开创了一个好的先例。本项目已有16部专著发表或即将发表。有26篇论文在国际学术杂志上发表,243篇论文在国内学术杂志上发表;此外还有92篇论文收入国际学术会议论文集,121篇论文收入国内学术论文集。本重大项目还另外通过正式出版社出版了4本论文集,共约150万字,已在全国(包括台湾、香港地区)公开发行与展出。目前大部分文集已脱销。

通过5年的研究工作,大批能够从事土木工程中知识系统研究的中青年科技工作者脱颖而出,形成了国际上在21世纪开发应用知识系统的一支不可忽视的力量。他们有扎实的基础、广阔的知识面,同时又了解中国的国情。例如四川大学数学研究所的李中夫教授,他在扎德创立的模糊集合论基础上进一步论证隶属函数的信息量提出了分级标准,对模糊数学作出了引人注目的贡献。他利用测度理论提出的不确定性推理组合公式的构造有严格的数学基础和广泛的实用性,不仅用于已有结构物综合评估中,而且已被引用到地价评估等各类综合评估中。这

种方法明显优于一般的加权法而且覆盖域广。由于从事本项目并做出出色成果而被破格提拔至高级职称的中青年就有16人。此外,本项目还培养了博士后3名、博士17名、硕士120名。

为了保证及时传递国外最新动态和各子课题进展情况,本项目专门成立了由中国科学院自动化所负责的信息中心。该中心定期出版了20期通讯,提供了约30万字的信息材料。这个信息中心的两位年长同志,不辞辛苦,协助各子课题了解动态、查询资料、撰写摘要与综述,为各子课题迅速掌握国际有关领域的发展动向做出了贡献。由于这个信息中心的存在,使分散在全国各地的30个子课题组加强了相互间的联系,形成了一个有机的整体。

上述成果表明,本项目已经超额完成了5年前预定的目标,即建立一批较完整的工程建设知识库,提供一批较高水平的理论著作及论文,完成一批有知识系统的工程建设应用软件,并培养一批优秀的青年科技人才。

本项目的大量领先成果,已引起国际同行的密切关注。世界著名的国际桥梁与结构工程学会(IABSE)最后决定取消原订在意大利召开“土木工程专家系统”的方案,把会议改在北京召开就是最好的一例。为了争办这次会议的举办权,曾发生过激烈的竞争。本项目最早通过中国土木工程学会(IABSE会员国)提出了申请,后遭到意大利方面(也是IABSE会员国)的阻拦。他们的理由是,意大利已经于1989年成功地举办过一次“土木工程专家系统”的国际会议,而且会议地点放在欧洲可以吸引更多的参会者。在意大利多方活动下,IABSE总部于1991年4月在无中方代表的情况下决定会议在意大利召开,而中国只能在意大利会议后在北京召开一个同样议题的有亚洲各国为主参加的分会议。为此,我们提出了申辩,理由是中国最早提出书面申请,中国在土木工程知识系统方面有大量的研究成果。此外,我们提请IABSE总部注意,当今世界工程建设的热区已转向东方。在这种相持状态下,IABSE邀中、意双方在俄罗斯进一步协商。1991年9月,中、意代表在彼得堡会晤时,双方都在IABSE总部成员面前递交了准备这次会议的详细报告和近期取得的大量成果。由于中国方面是200余科技人员有组织有计划的工作,无论是质量或是数量都远远超过意大利,获得了广泛的舆论支持。最后IABSE学术委员会投票的结果是:会议在北京召开;意大利只可以在北京之后召开一个小型座谈会,但不得出版论文集。IABSE总部还申明,这是最后的决定。这场竞争的胜利,中国依靠的就是有组织的“集团作战”。在中国土木工程的国际交流史上,这也是一件值得庆贺的大事,因为这次会议是IABSE第一次以它的名义在中国召开学术会议。目前从世界各国投稿中经过国际评委评定已入选的39篇论文中有11篇论文出自本重大项目。作者本人也被邀请在大会上作有关“中国发展土木工程专家系统”的特邀报告,是三位特邀报告者中唯一的中国人。除此之外,美国的学术杂志*Micro-Computers in Civil Engineering*还邀请我为他们组编两期期刊。一些国际上有影响的国际会议也邀请本项目的一些教授为副主席或学术委员会委员。

事实表明,通过该项目的完成,我国在土建知识系统研究方面,从理论到应用,从单项到整体实力,已达到国际先进水平。在这里,认真总结一下成功的原因是十分必要的。

成功的原因首先是由于国家自然科学基金委会同其他7个委、部、局采取了联合资助的形式。他们在很短的时间里,经过专家的充分论证,迅速地在全国范围内组织了有各方知名专家参加的集体攻坚。这在国际范围内是很难见到的。当本项目开始时,我国土木工程方面的知识系统寥寥无几,比国外先进国家落后7至8年,甚至比国内其他领域也落后3至4年。仅仅5年之后,我们已经赶上了国际先进水平,这不能不说是一种高效率。应该肯定,在我国人力、财力

都不太富裕的条件下,采取联合资助的集体攻坚形式是一个十分有效的办法。当然,联合资助并不能保证一定成功,在这里,正确的技术路线和严格的科学管理是十分重要的。

本重大项目成功的原因还在于技术路线的正确。立项之前,我们已经充分研究了当时在土木工程专家系统方面最领先的美国。我们不仅掌握了他们近期的详细调研报告的文本,而且还通过与他们合作研究,掌握了他们的思路、科研组成和部分软件细节。通过分析,我们发现美国在1985年以后进展不大的原因在于以下两点:一是他们过高地估计了知识工程在表达人类知识方面的能力,没有充分看到当今人工智能方面存在的困境。二是他们多半还是停留在高等学府中作文章,过多地依靠了知识工程方面的专家,忽视了领域专家的重要性。这样,他们在知识的收集和表达这个关口面前,仍然困难重重。我们在立项时,严格地要求研究队伍必须包括:领域专家、知识工程专家和软件专家,而且一定要领域专家主要负责。我们用各种方式鼓励领域专家学习一些知识工程的基本概念,甚至鼓励领域专家自己总结自己的经验。这样,课题的目标和导向自始至终在领域专家的指导下十分清楚。在课题进展的后期,我们特别强调实际应用,要求各个子课题要有鉴定意见和用户报告。在研制过程中,我们曾经考虑过是否要引进国外的一些工具软件以加速我们的开发。最后,我们还是提倡自己编制软件。其原因在于:一是目前的各类知识系统尚在萌芽阶段,在不同程度上都存在着一定的局限性;二是工程建设项目的个性很强,在没有充分研究各种个性之前,共性的提炼尚缺乏基础;三是自己编制软件有利于锻炼队伍,这从战略上看,不一定慢。我们不主张按常规的“瀑布模型”来发展软件,即从计划、需求分析开始,经过设计、编码、测试,直至运行维护。我们希望是一种“喷泉模型”,即先搞演示原型系统,再根据应用要求逐步发展到试用原型系统,最后达到商品化原型系统。既使商品化了,也还需要根据用户的要求进一步发展,所以还叫原型系统。总之,在整个项目完成过程中都十分重视“应用研究”这个中心环节。在一些基本的哲学观点上,如实践第一性、共性寓于个性等问题上始终保持清醒的头脑。我们目前研制的知识系统一般说来还不可能比专家高明,但完全可以帮助技术人员避免一些不必要的错误。目前的系统也不可能代替专家,但是可以在没有专家的前提下提供最好的咨询服务。仅此水平,在我国的工程建设中就可以发挥很大的作用。

本重大项目的管理是成功的。在项目实施之前,通过国家自然科学基金委与各有关委、部、局协商成立了一个有威信的核心领导小组,制定了一整套成文的“动态管理法”和各子课题的进度及成果要求。五年中,我们严格执行这些文本,不讲情面。五年来的实践证明,这种办法是正确的。特别是,采用“动态管理”,按成果完成情况决定下一年拨款是一项成功的经验。它既激发了各子课题之间的相互竞争评比,又利用了经济“杠杆”检查督促各子课题的实施。目前这套管理方法已为国家科委、基金委的许多其他重大项目所采用。

为了使每个参与课题的研究人员真正具有一种主动的精神而积极地投入,必须在整个课题组形成一种良好的学术风气。这就是科学民主,真理面前人人平等。在每年学术交流时,在认真、严格的答辩和讨论中,无论是年长的学部委员还是年轻的硕士研究生,大家都在一种平等的环境中追求真理。本项目中一些全国知名的专家、老教授从不以势压人,他们都是用自己第一线的辛勤劳动成果获得年青人的敬佩和尊重的。例如中国建筑科学研究院的原总工程师何广乾教授,他亲自用模糊评判的方法总结自己在高层建筑设计中的经验,受到应用界的好评。课题组中的年轻人也是用他们实实在在的出色成果受到老专家的高度评价。例如大连理

工大学青年的副教授陈勤在设计思维方法的描述中提出的2+3模型，曾勇博士提出的递归模型都很有特色，引起了国际上的重视。五年的合作，使整个课题组形成一个老、中、青三结合的团结、勤奋、向上的集体，这正是我们成功的保证。

以上是这个项目的成绩和经验。它在国际上的影响将在1993年5月 IABSE 北京国际学术会议上充分显示，它在国内的影响已经开始在各种工程建设实践中得到证实。更重要的是：它证明在今后激烈的国际竞争中我们的体制也有相当的优势。在借鉴外国先进经验的同时，不要忘了我们自身的优势。

知识工程已作为下一世纪土建工程师必须掌握的技术之一，从这个要求看，我们仍需努力工作。

## THE CHINA' S STUDY ON KNOWLEDGE BASE SYSTEMS IN CIVIL ENGINEERING NOW REACHES THE WORLD ADVANCED LEVEL

Liu Xila

(Tsinghua University)

·信息·

### 华东地区召开第三届科学基金管理研讨会

华东地区第三届科学基金管理研讨会于1993年5月30日至6月3日在山东省青岛海洋大学召开。出席这次会议的有来自6省1市的高校、科研单位、地方基金会、地方教委以及科委等有关单位代表。

会议期间，国家自然科学基金委综合计划局局长、中国科学基金研究会副理事长袁海波同志到会作了“在建立和发展社会主义市场经济过程中，基础研究和科学基金面临的形势和任务”的报告，复旦大学管理学院副院长高汝熹教授以及华东理工大学校长陈敏恒教授作了“市场经济与中国自然科学基金制”和“市场经济体制下如何稳定基础性研究队伍，如何培养青年学科带头人”的专题讲座。与会代表认为：在市场经济大潮中，基础性研究面临新的挑战 and 困难，在目前国家对科技的投入经费紧缺情况下，为适应新形势需要更应进一步解放思想，大胆探索，做好结构调整，人才分流，使基础性研究队伍精干化。

代表们认为“没有今日的基础科学，就没有明日的科技应用”，基础性研究是我国目前科技工作的三个层次之一，是推动未来科技发展和经济发展的源泉。国家设立自然科学基金是我国基础性研究得以稳定和发展的主要经费渠道之一，“八五”期间虽然国务院已同意每年递增对国家自然科学基金的资助，但与我国当前经济建设发展的速度和要求相比，特别与发达国家相比，国家对 R&D 经费的投入仍甚少。代表们指出，市场经济的建立为基础研究提出了更为紧迫的要求，要“稳定一头”就一定要建立国家对科技投入的立法规章，切实持续加强对 R&D 的经费投入，这样我们才能在世界科技竞争中进步较快。

会议代表们认为：基金会7来的工作是有成效的，取得了大量的可喜成果。但是，基金项目的后期管理还是一个薄弱环节，如管理方面前紧后松，建议基金会加强后期管理。与会代表一致表示：为不断完善和发展具有中国特色的科学基金制，一定要认清基础研究和科学基金面临的形势和任务，不断提高自身的管理素质，在研究会这一良好的组织形式下，努力钻研科技管理的理论知识和工作方法。发扬成绩，加强交流，在探索基础性研究管理的新路上不断做出应有的贡献。

(综合计划局 刘喜珍供稿)