

论控制系统的智能设计

吴 麒 高黛陵

毛剑琴

(清华大学自动化系·北京, 100084) (北京航空航天大学宇航学院, 100083)

摘要: 当前, 许多先进的控制系统设计方法和性能很好的 CADCS 软件包得不到应用. 先进的控制理论与落后的工程实践之间这种巨大的脱节正在呼唤着智能设计的诞生. 本文论述了控制系统智能设计的背景, 现状, 研究内容, 关键问题和创新性; 指出, 这一研究课题对于我国科学家既是挑战, 又是极好的机遇. 鉴于其意义之重要, 内容之多方位性, 以及工作量之显然巨大, 我国科学家应当及早着手开展研究, 争取进入世界先进行列.

关键词: 智能设计; 控制系统设计; 人工智能; 计算机辅助设计

1 理论与实践的脱节

先进的控制理论与落后的控制系统设计实践之间的巨大脱节, 正在引起控制科学家的严重不安.

这里所说的控制系统设计, 主要是指控制系统的动态设计, 即针对给定被控制对象的动态数学模型设计控制器, 使控制系统具有稳定性, 满意的静态动态性能和必要的鲁棒性, 等等. 动态设计问题是所有各行各业的控制系统设计工作的共同问题. 至于每一具体行业的控制系统设计, 还有其独有的特殊问题, 本文不讨论.

几十年来, 先进的控制系统设计理论和方法不断产生^[1~9]. 其中一些最好的成果已作为宝贵财富积淀下来. 控制理论愈来愈先进. 但是科学家们警觉地注意到, 许多工程控制系统, 包括某些高级控制系统, 却往往仍在按照 PID 规律和单通道设计加多通道校核等试凑方法设计. 许多先进的控制理论和设计方法几乎完全得不到应用.

起先人们认识到, 这是由于控制系统的设计所用到的数学工具较深, 计算量庞大所致. 于是控制系统的计算机辅助设计作为一门交叉学科应运而生, 各种辅助设计软件包相继问世. 应当承认, 这确实是一个巨大的进步.

在这方面, 中国科学家追赶国际先进水平的步伐很快, 成绩很显著. 在国家自然科学基金资助下, 由十几个单位合作研制的“中国控制系统计算机辅助设计 (CADSC) 软件系统”^[10]已于1986年完成. 它的改进版也已在1991年通过鉴定. 这是我国在这方面的第一个大型软件包.

然而, 尽管这些软件包相当完善, 它们却远未能从根本上改变控制系统设计实践的落后状况. 众所周知, 无论是中国或外国的软件包, 销路都很难令人满意. 一方面, 工程界迫切需要辅助设计手段; 另一方面, 性能很好的软件包又无法普及, 无法转化成生产力.

造成这种矛盾局面的原因,一方面固然在于各种 CAD 软件包的研制者从事工程设计的经验或有不足,所研制的软件包不甚便于第一线设计人员使用;但更重要的是:CAD 软件包收入的控制系统设计方法愈是先进新颖,就愈脱离大多数第一线设计人员的实际水平,而成为一种仅仅面向高级研究人员的软件. 这点至少可以从下面两个方面看出.

1) 每种设计方法总是比较适合于某一类控制系统的设计,而不甚适合于别类控制系统的设计. 不存在通用于一切系统的“万能”设计方法. 设计工程师必须通晓各种设计方法的长处和短处,并有足够经验,才善于针对具体设计任务选用一种最恰当的设计方法. 但绝大多数设计工程师远远达不到这样的水平. 结果是:软件包中收入的软件虽多,由于不善于选用,也设计不出好的控制系统来.

2) 每种设计方法中都有若干自由参数需要选择,例如加权矩阵,预期特性等. 设计工程师必须精通该设计方法,并有足够经验,才善于选择这些参数;否则,设计方法虽好,由于自由参数选择不当,也设计不出好的控制系统来. 事实上大多数设计工程师也达不到这样的水平.

由此可见,除非设计工程师有很丰富的控制理论知识,通晓已有的和不断发明出来的各种设计理论和方法,善于针对具体的设计任务选择最佳的设计方法(或把几种方法巧妙地结合起来),又善于选择各种自由参数,才能得心应手地使用辅助设计软件包,设计出优良的控制系统. 否则,即使软件包很出色,也难以发挥威力,恰如把先进的喷气飞机交给训练不足的飞行员一样.

显然,对第一线的设计工程师提出这样高的要求,是不适当的,也是很现实的.

可以这样说:先进的控制理论,先进的软件包,都已经有了.“瓶颈”是第一线设计工程师的知识和经验.

2 控制系统的智能设计

出路在哪里?

出路在于实现控制系统的智能设计(intelligent design),即把人工智能技术引进控制系统的设计过程,特别是多变量控制系统的设计过程.

智能设计的实质,是建立一个智能环境,并利用高级专家设计控制系统的知识和经验,以人工智能技术改造现有的设计方法,提高设计的自动化程度. 简言之,就是以高级专家的专门知识指导和武装一般设计工程师,设计出优良的控制系统来.

前文所说的正确选择控制系统设计方法的知识,正确选择有关的自由参数的知识,以及与设计工作有关的许多其他知识,都是宝贵的专门领域知识. 但在通常情况下它们又是只属于少数高级专家的经验知识. 把先进的领域知识和专家经验,正确的推理策略,与大量的高效率的设计算法程序有机地结合成智能设计软件,使之成为广大设计工程师容易利用的共同财富,控制系统的计算机辅助设计就上升到智能设计的水平. 依靠智能设计,具备基本素养的普通设计人员也能设计出高水平的控制系统.

只有在这时,历史上创造和积淀的控制理论知识才充分地转化为社会生产力.

智能设计软件与常规的计算机辅助设计软件还有一点原则性的区别,就是前者具有学习功能. 常规的 CAD 软件一旦设计完成,就凝固成为不可改动的文件,无法根据实际设计中取得的经验加以调整,更谈不上补充新的设计方法. 智能设计软件却因具有学

习功能而可以不断总结设计经验,进行自我改善.不但如此,它还允许在使用过程中补充新发明的设计方法,动态地跟上控制理论的发展和进步.因此,它比常规的 CAD 软件包生命力更强,也更合乎工程实用.

当前,专家们愈来愈认识到,智能设计软件是新一代的计算机辅助设计软件,是使辅助设计软件发挥社会生产力的有效工具.研究和发展智能设计,无论在中国或国外,都是在实践中推广控制系统的各种先进设计方法,普及高级专家的知识财富,提高控制系统质量的有力手段和必由之路.

3 智能设计的现状与趋势

控制系统的计算机辅助设计,在最初阶段只是指个别的分散的计算程序.70年代已发展到第二代,即集设计全过程的所有算法于一体的 CADCS 软件包.某些最先进的软件包甚至收入了许多种分析方法,设计方法和仿真方法,供用户选择使用.“中国控制系统计算机辅助设计(CADCSC)软件系统”^[10]就是这样的软件包.这种大型软件包不但功能强,可靠性高,而且有可扩充性,是工程设计人员的得力工具.

但正如前面所指出,这一代的软件包的功能只限于计算.诸如选择最合适的设计方法,选择最佳的自由参数等这类多少需要凭借设计者的知识和经验来完成的工作,这一代软件包是无能为力的.其结果是,这一代软件包只有高水平的用户才会使用.它们在一般水平的设计工程师手中往往很难发挥其威力.因而它们的市场一直很有限,一直很难转化成生产力.

从80年代中期以来,开始出现了把人工智能引进设计工作的努力,这标志着控制系统计算机辅助设计已进入第三代,即智能设计.

在这方面,美国的 J. H. Taylor 是作出实际贡献的第一人.他研制了设计单变量控制系统的专家系统“CACE-Ⅱ”.他首先实现了以规则集表示控制系统设计知识,并用框架结构描述控制问题.他还对专家系统的结构形式和管理问题提出了重要的意见^[11,12].其后, J. R. James, T. L. Trankle, J. D. Birdwell, D. R. Lewin, K. J. Astrom 等都曾研制出用于不同类型控制系统设计的专家系统^[13~18].

1987年 G. K. H. Pang 研制了一个收入不同难度的3种设计方法的多变量控制系统设计专家系统“MAID”.这是第一个关于控制系统设计的多方法专家系统^[19].

在中国,西北工业大学,北京信息与控制研究所,清华大学和北京航空航天大学等曾在专家系统支持的控制系统计算机辅助设计方面做过有益的工作.本文作者也曾在这方面做过多年研究工作,并分别研制成功几种控制系统设计和辨识的专家系统^[20~27].

应当指出,控制系统的智能设计,无论在国内或国外,当前都还处在开始阶段.中外专家虽然从理论上和实践上对这一学科做了许多宝贵贡献,并研制成功了几种很好的专家系统,但是控制系统的智能设计问题,特别是多变量控制系统的智能设计问题,总的来说还远未得到系统的研究和解决.这种态势,对我国科学家来说,既是挑战,也是极好的机遇.我们应当抓紧研究和解决一些关键问题,推动智能设计的发展.比如:1)现有的多种专家系统,大都仅面向某一类型的对象,某一特定的设计方法,和某一指定的数据输入输出方式,过于局限.2)有的专家系统,虽然有专家系统的结构形式,但所备的专家知识还不够丰富和全面,因而功能有限.3)在专家系统设计与用户自主设计二

者的关系上,有的专家系统过于独断,致使高水平的用户难以干预和改进设计工作;相反,另一些专家系统则过多地向用户提问和请示,致使经验不多的用户难以应付. 4) 鲁棒控制系统的设计问题愈来愈重要,目前也已有了的一些可用的设计方法,但在多数专家系统中尚未得到足够的重视和反映,等等. 凡此种种,都是应当在今后的专家系统中注意防止和克服的,也是可以防止和克服的. 国外有人指出^[28],当前和今后在专家系统的研制中,应当特别注意推理过程的智能控制,和问题求解策略的规划. 这对于专家系统支持的控制系统智能设计软件,显然也是很有参考价值的.

4 研究的内容和目标

根据上述,可以为控制系统的智能设计提出如下的研究内容和目标:为单变量和特别是多变量控制系统建立一种智能设计的理论——统筹设计理论;相应地,研制一种由专家系统支持的控制系统智能设计软件,并接受工程检验.

4.1 建立控制系统的统筹设计理论

控制系统设计,特别是多变量控制系统的设计,是一个全方位的问题:不但被控制对象的类型很多,而且要兼顾多方面的技术要求. 现有的任何一种设计方法都不可能兼顾一切类型的对象和一切方面的技术要求. 因此,控制系统的智能设计既包括大量数值计算又包括多层次逻辑推理. 这与常规的计算机辅助设计概念有很大区别. 正如计算机科学曾给控制系统设计带来巨大变革一样,人工智能科学的引入势必给控制系统的设计带来全新的思维,促成新的设计理论——统筹设计理论的诞生.

统筹设计理论应当:

1) 正确阐明现有各种(频率域的和时间域的)设计方法的特长和局限,特别应当指出每种方法最适合的和不适合的设计任务的类型.

2) 针对现有各种设计方法均不甚适合的特殊类型的设计任务,提出新的设计方法加以补充.

3) 建立一种按照被控制对象的特性和控制的目标统筹地选择最佳设计方法的逻辑流程.

4) 为各种设计方法建立选择有关的自由参数的指导原则和算法.

不难理解,统筹设计理论的建立必定是一个渐进的甚至曲折的过程,不可能一蹴而就,而需要在较长的工程实践中不断充实完善. 因此专家系统显然是建立统筹设计理论的适当的和有力的工具.

另一方面,在开始研究统筹设计时,应当先把研究目标定得低一些,例如限于研究线性定常对象的鲁棒控制系统的设计问题. 然后在此基础上逐步扩大研究范围,逐步扩大统筹设计的覆盖面.

4.2 研制控制系统的智能设计软件

控制系统的智能设计软件除应完整地收入多种现有的设计方法外,还应实现按照统筹设计理论建立的选择最佳设计方法的逻辑流程. 这样的智能设计软件实际上是一个用于多变量控制系统设计的专家系统. 它不同于常规的计算机辅助设计软件包:常规软件包是设计方法的集合,而智能设计软件则是设计知识的集合,并且是高级设计知识的有机结合;软件包替工程师作计算,有如计算员,而智能设计软件则以设计知识武装工程

师并指导工程师作设计(也包括替工程师作计算),有如合作设计师甚至指导教师。

设想中的智能设计软件应有能力分析被控制对象的特性和对控制系统的技术要求。在此基础上,在不同难度层次和学术流派的多种设计方法中选择最佳设计方法,自主地选择有关自由参数和处理各种技术性细节并最终完成设计。因此,它必须备有多种设计方法的算法程序,既能按时间域(状态空间描述)方法设计,又能按多变量频率域方法(如逆 Nyquist 阵列法,正规矩阵法, H_{∞} 范数法等)设计控制系统。此外,它还应具有系统辨识,对象数学模型变换,非线性控制系统仿真等功能。

不言而喻,智能设计软件应当经过工程检验,以证明其可用性和效果。

5 应当解决的关键问题

为实现以上想法,作者认为,首先应当着力研究和解决下列各个关键性的科学技术问题。

1) 应当对现有的几种主要设计方法加以研究分析,分别弄清每种设计方法较适合的和不适合的设计问题的类型。

这里所说的设计问题的类型,主要是指: a) 被控制对象的主要特征; b) 对所设计的控制系统的主要技术要求。

有的设计方法可能比较适合于具有某些特征的被控制对象,而不适合或不甚适合于具有另一些特征的对象。例如,有些设计方法可能适合于输入量输出量数目不相等的(“非方形的”)对象,另一些设计方法则不适合。有些设计方法可能适合于开环不稳定的对象,另一些方法则不适合,等等。

另一方面,有的设计方法比较适合于设计实现某些技术要求的系统,而不适合或不甚适合于设计实现另一些技术要求的系统。例如,有些设计方法可能适合于设计快速动态跟踪系统,但不甚适合于设计抗扰动的恒值调节系统,另一些设计方法却相反。有些设计方法可能适合于设计对鲁棒性要求不高的系统,另一些设计方法则适合于设计鲁棒性较好(但其他性能却未必好)的系统,等等。

如果弄清几种主要的设计方法较适合的和不适合的设计问题的类型,则在使用智能设计软件进行设计时,在选择设计方法上就有了基本依据,可以较快地选出应当优先考虑的设计方法。

不难想到,要弄清上述问题,恐怕离不开对相当数量的工程设计实例进行具体比较和分析。

2) 应当研究和建立一种评估设计质量的指标和方法。

控制系统设计的质量有多方面的内容。例如控制信号作用下的跟踪精度和动态品质,抗扰动能力,鲁棒稳定性乃至个别通道故障时的故障稳定性(亦称“整体性”),各通道之间的交连强度,控制器的简单性,等等。对于同一个设计问题做出的几项不同的设计方案,在上述这些质量方面,往往互见高低。这样,如何评价每个具体设计方案,就是有重要实际意义的课题。这是因为,第一,前述的弄清各种设计方法所适合的设计问题类型那个课题,只有有了恰当的评价方法才能解决;第二,只有对已完成的一项设计方案作出正确评价,才能进而考虑能否加以改进以及如何改进。

应当强调的是:正如上述,设计质量有多方面的内容,所以对于设计的评价也应当

是全面的,应当对一个控制系统各方面的质量分别作出独立的评价,不宜简单地用一个加权总分来表示。

3) 应当研究一种适宜于控制系统智能设计的知识表示方法。

知识是一切智能软件的一个主要组成部分。控制系统的设计过程所需要的知识是多种多样的。每种设计方法的各个步骤的组成和各个步骤之间的过渡条件,每个步骤中用到的算法,每个算法中的自由参数的选择,……,都是知识。容易看出,这些知识未必能统一地用现有的某一种知识表示方法来表示。为了研究控制系统的智能设计软件,就应当或者是分别采用不同的知识表示方法表示这些不同的知识,并设法使它们在软件中兼容,或者是创造出能够统一地表示各类知识的新的知识表示方法。

这里特别值得一提的是关于选择自由参数的知识。

控制系统的任何一种设计方法总是含有若干需要由设计人选择的自由参数。它们的选择往往与设计质量的优劣密切相关。可以说,对于任何一种设计方法而言,正确选择有关的自由参数,正是这种设计方法的关键和精华。除此以外的所有步骤,都无非是不受设计人左右的数字计算而已。高级专家的高明之处往往就在于在选择这些自由参数方面经验丰富。由此可见,这些自由参数的选择方法是设计控制系统的高级领域知识。能否找到合适的知识表示方法将这些知识写入智能设计软件,恐怕是影响智能设计软件的水平的一个重要因素。

除上述三个关键问题外,应当研究和解决的科技问题还有不少。例如研究设计鲁棒控制系统的新方法,研究控制系统的设计过程的动态规划问题,研究开发智能设计软件的合适的环境和工具,研究并行计算技术和人工神经网络技术等新技术的应用的可能性,等等。本文就不一一叙述了。

6 研究工作的创新点

从以上所述不难看出,控制系统的智能设计这一研究课题必然具有以下特色和创新点。

1) 这一课题的研究工作绝不是单纯的软件编写,而首先应是对控制系统的各种现有设计方法的优选,淘汰与补充,特别要分析和优选近年来在控制系统设计方法方面取得的新的研究成果。以设计鲁棒系统的正规矩阵方法^[9]为例,它在鲁棒性上能达到与 H_{∞} 方法同样的水平,而所设计的控制器却简单得多,而且还能兼顾系统的动态性能。这一显然有很高价值的设计方法就应收入所研制的智能设计软件。而某些经实践证明功能较差的设计方法则应被淘汰。

2) 所研制的智能设计软件不但应备有多变量控制系统的多种设计方法,而且在统筹设计理论的指导下有能力根据被控制对象的特性和控制的目标自动地选择或指导用户选择最适宜的设计方法,还可以按照用户意图,和根据储存的专家知识,实现设计方法的变更和升级。

3) 一方面,智能设计软件本身能独立地完成控制系统设计的全过程,自主地处理设计过程中的各种技术性细节,如有关自由参数的选取,另一方面,又应保证用户意志优先,做到:

1° 设计过程对用户透明。

- 2° 用户可以灵活地打断和改变设计步骤.
- 3° 在某些设计步骤上, 用户可以修改软件所选取的自由参数.
- 4° 用户认为必要时, 可以改选另一种设计方法.
- 5° 设计结果不唯一, 由用户作最终选择.

4) 鉴于控制系统的设计是一个多方位的问题, 需要多方面的源知识, 这种智能设计软件可能不是一个单一的专家系统, 而是由多个分专家系统组成的专家系统系统. 每个分专家系统体现一个知识源. 为此, 智能软件中应采用有特点的知识表示方法, 以求最好地利用知识并选择最佳的问题求解策略.

5) 鉴于控制系统设计理论本身在发展中, 因此智能设计软件中应备有适合于获取控制系统设计知识的辅助工具, 使专家系统能接受专家对所作的设计作出的评价, 在某些情况下并能自主地作出评价, 进行归纳学习, 以不断更新和完善知识库, 提高智能设计的水平.

6) 为适合第一线设计工程师的需要, 智能设计软件应有高度友好的用户界面. 原始数据可以用多种形式输入和转换, 中间结果及最终结果可以以数表或图像的形式显示, 打印, 绘图或存储于磁盘. 还备有高效率的解释系统, 以回答用户的提问.

7) 以控制系统智能设计为中心构成一个整体设计环境, 即专家系统环境. 它便于知识更新和方法的剪裁, 以适应工程应用的需要.

8) 吸收符号处理技术, 以提高软件的效能和精度.

7 结束语

本文提出并论述了控制系统的智能设计这一拟议中的研究课题. 这一想法在本文作者和许多同行的头脑中事实上已经酝酿多年. 时至今日, 考虑到国内外的态势, 应当把它明确地提出来了. 宋健同志在为自动化学会成立 30 周年题词时强调要“大力发展智能化科学技术”. 作者认为, 控制系统的智能设计正是这一命题的一个方面. 应当强调指出, 这是一项开创性的研究课题. 如果说, 控制系统的计算机辅助设计在 20 世纪的后半取得了巨大的成功, 那么, 21 世纪的到来必定标志着控制系统智能设计的成熟与普及. 这是毫无疑问的. 鉴于这项课题意义之重要, 内容之多方位性, 以及工作量之显然巨大, 我国科学家亟应放大胆子, 加快步子, 及早着手开展这方面的研究, 才能争取在本世纪末跻身世界先进行列.

参 考 文 献

- [1] Wonham, W. M.. On Pole Assignment in Multi-Input Controllable Linear Systems. IEEE Trans. Automat. Contr., 1967, AC-12:660—665
- [2] Anderson, B. D. O. and Moore, J. B.. Linear Optimal Control. Prentice-Hall, 1971
- [3] MacFarlane, A. G. J. and Bellettruti, J. J.. The Characteristic Locus Design Method. Automatica, 1973, 9:575—588
- [4] Rosenbrock, H. H.. Computer-Aided Control System Design. Academic Press, 1974
- [5] Hung, Y. S. and MacFarlane, A. G. J.. Multivariable Feedback; A Quasi-Classical Approach. Springer-Verlag, 1982
- [6] Zames, G.. Feedback and Optimal Sensitivity; Model Reference Transformations, Multiplicative Seminorms, and Approx-

mate Inverses. IEEE Trans. Automat. Contr., 1981, AC-26:301—320

- [7] 张霖. 设计多变量鲁棒控制器的两种新方法及应用. 清华大学硕士学位论文, 1989
- [8] 范玉顺. H_∞范数设计理论及工程应用. 清华大学博士学位论文, 1990
- [9] 张霖. 设计多变量鲁棒控制器的正规矩阵方法, 清华大学博士学位论文, 1992
- [10] 韩京清等. 中国控制系统计算机辅助设计(CADCSC)软件系统. 1991
- [11] Taylor, J. H., et al.. An Expert System Scenario for Computer-Aided Control Engineering. Proc. ACC, 1984, 1:120—128
- [12] Taylor, J. H.. Expert-Aided Environments for CAD of Control Systems. In 4-th IFAC Symposium on Computer Aided Design in Control Systems Preprints, Beijing, 1988, 7—16
- [13] Astrom, K. J., et al.. System Representations. In Proc. IEEE Control Society 3rd Symposium on Computer-Aided Control System Design (CACSD), 1986, 13—18
- [14] Birdwell, J. D., et al.. Domains of Artificial Intelligence Relevant to Systems. Proc., ACC, 1986, 2:1153—1158
- [15] James, J. R., et al.. The Use of Expert Systems Programming Techniques for the Design of Lead-Lag Compensators. Proc. IEE Symp. Control 85, 1985, 1:180—185
- [16] Lewin D. R.. and Morari, M.. An Expert System for Robust Control Design. Proc. ACC, 1987, 2:1374—1379
- [17] Trankle, T. L., et al.. An Expert System for Control System Design. Proc. IEE Symp. Control 85, 1985, 2:495—499
- [18] Trankle, T. L., et al.. Expert System Architecture for Control System Design. Proc. ACC, 1986, 2:1163—1169
- [19] Pang, G. K. H. and MacFarlane, A. G. J.. An Expert Systems Approach to Computer-Aided Design of Multivariable Systems. Springer-Verlag, 1987
- [20] Mao, J. Q.. Exploration of an Expert System for Solving Least Square Problems. Asia-Pacific Conf. on Measurement and Control, Guangzhou, 1991, 493—497
- [21] 郭建军. MULTIPLEX, 多变量控制系统设计的专家系统. 清华大学硕士学位论文, 1989
- [22] 刘继忠. 利用专家工具对区间系统设计的定量反馈方法. 北京航空航天大学硕士学位论文, 1991
- [23] 毛剑琴. 最小二乘问题求解专家系统的探讨. 全国控制理论及其应用年会, 杭州, 1990
- [24] 毛剑琴. 论 CADCS 代数基础库中关于实数或零的相等判断. 全国控制理论及其应用年会, 威海, 1991
- [25] 石永辉. 参数辨识的专家系统. 北京航空航天大学硕士学位论文, 1990
- [26] 谭柳湘. 一种用于设计控制系统的专家系统的研制. 清华大学硕士学位论文, 1991
- [27] 杨玮. 多变量系统设计的专家系统“MULTEX”的研制. 清华大学硕士学位论文, 1991
- [28] Kobayashi, S.. The Present and Future in Expert Systems Technology. Control—Theory and Advanced Technology, 1986, 2:329—344

On Intelligent Design of Control Systems

Chi Wu and GAO Dailin

(Department of Automation, Tsinghua University • Beijing, 100084, PRC)

MAO Jianqin

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics • Beijing, 100083, PRC)

Abstract: At present, quite a number of new techniques of control system design and many high quality CADCS packages are wanting in application. The tremendous gap between advanced control theory and relatively clumsy engineering design practice calls for the emergence of intelligent design. This article discusses the historical background and the status of intelligent design of control systems as well as its objectives, key problems and origi-

nality. It is pointed out that intelligent design of control systems is not only a challenge but also a rare chance to scientists of this country. In view of the extreme importance, great complexity and obviously huge amount of work of the study on intelligent design, the authors appeal to their compatriot colleagues for timely and systematic effort in this area so as to join the vanguard in the world.

Key words: Intelligent design; control system design; artificial intelligence; computer-aided design

本文作者简介

吴 麒 1930 年生, 教授, 博士生导师. 1952 年毕业于清华大学电机系. 1959 年获原苏联技术科学副博士学位. 长期从事控制理论教学和科研工作. 近十年来一直从事多变量频率域控制理论, 控制系统的计算机辅助设计和专家系统的教学和科研工作. 指导博士研究生和博士后.

高竊陵 1937 年生, 副教授. 1961 年毕业于清华大学自动控制系. 曾多年从事核反应堆控制工程和理论的科研和教学工作, 计算机科学的教学和科研工作. 近十年来一直从事多变量频率域控制理论, 控制系统的计算机辅助设计, 人工智能及其应用的教学和科研工作. 指导硕士研究生, 担任博士研究生的副导师.

毛剑琴 1940 年生, 教授. 宇航学院副院长. 1964 年毕业于北京大学数学力学系. 1985 年获工学博士学位. 曾多年从事国防科研工作, 控制系统计算机辅助设计和专家系统的科研和教学工作, 人工神经网络应用的科研工作, 指导研究生. 曾赴英国, 美国和比利时访问和讲学. 发表论著三十余篇.

本刊被评为

1992 年度国家教委直属高校优秀科技期刊