

文章编号: 1001-0920(2001)04-0392-06

非线性 H 控制理论最新发展动态

伏玉笋, 田作华, 施颂椒

(上海交通大学 自动化研究所, 上海 200030)

摘要: 非线性 H 控制理论是非线性系统理论的一个重要方面。为此, 综述了非线性 H 控制理论研究的基本内容及其最新发展动态, 并指出了存在的不足。最后提出了非线性 H 控制理论需要进一步研究的几个问题。

关键词: 非线性 H 理论; Hamilton-Jacobi-Isacs 方程; 几乎处处扰动解耦

中图分类号: TP 273 **文献标识码:** A

A Survey of Nonlinear H Theory

Fu Yu-sun, TIAN Zuo-hua, SHI Song-jiao

(Institute of Automation, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030, China)

Abstract: The elementary content and recent developments of nonlinear H theory are surveyed. Existing problems in this area are presented, and issues of future research are suggested.

Key words: nonlinear H theory; Hamilton-Jacobi-Isacs equation; almost disturbance decoupling

1 引言

近年来, 非线性控制越来越受到人们的重视, 数学中的非线性分析、非线性泛函、物理学中的非线性动力学等, 发展都很迅速。与此同时, 非线性控制理论也得到了蓬勃的发展。事实上, 实际系统常常是非线性的, 线性仅是非线性的简化和近似。非线性控制理论的发展源自实践的需要, 特别是高技术科学对精确度的要求, 使得传统的线性近似方法难以解决问题。

在实际系统中, 被控对象往往伴随着各种各样的不确定性, 因此人们只能基于近似描述被控对象的标称数学模型来设计控制系统。所谓鲁棒性, 是指

系统预期的设计品质不因不确定项的存在而遭到破坏的特性。鲁棒控制对于非线性系统理论而言是一个重要的课题, 而非线性 H 控制理论则是解决非线性系统鲁棒控制最系统化的方法之一。

2 非线性控制方法回顾

(1) 古典方法

针对特殊系统发展了以下三种理论: 1) 主要针对二阶系统发展了“相平面方法”; 2) 针对含有一个非线性元件的高阶系统发展了“描述函数法”这一近似方法; 3) 针对含有一个非线性元件的系统, 称为“Lure 系统”, 由李亚普诺夫理论发展出绝对稳定性

收稿日期: 1999-11-04; 修回日期: 2000-01-07

作者简介: 伏玉笋(1972—), 男, 甘肃秦安人, 博士研究生, 从事鲁棒与非线性控制的研究; 施颂椒(1933—), 男, 上海崇明人, 教授, 博士生导师, 从事鲁棒控制与非线性控制的研究。

理论。

(2) 李亚普诺夫方法

这一方法是迄今最完善和最一般的非线性方法。正是由于这种一般性, 无论用来分析稳定性或用来镇定综合, 都缺乏构造性。

(3) 变结构方法

严格说, 变结构控制应称为“具有滑动模态的变结构控制”。这是 20 世纪 50 年代发展起来的一种方法, 由于滑动模态具有对干扰和摄动的不变性, 到 80 年代已逐渐受到重视。它是一种实用的非线性控制综合方法, 可以赋予系统各种良好的性能和品质。但变结构控制会产生“抖振”, 这一本质问题迄今还没有完全解决。

(4) 微分几何和微分代数方法

从 70 年代开始发展起来的微分几何和微分代数方法, 为非线性系统的控制理论找到了一种合适的工具, 从而大大促进了非线性控制理论的发展, 形成了从理论到应用的一次飞跃。近年发展起来的 Backstepping 方法等是在非线性标准形下进行的, 可以看作是几何方法的间接应用。

在经历了 1/4 世纪的发展与繁荣之后, 几何方法现在似乎进入了萧条时期, 突破性的工作明显减少, 微分几何方法的一些局限性也越来越明显地暴露出来。关于几何方法的弱点, 可参阅文献[1]。

3 非线性 H 控制理论

非线性 H 控制是近年来十分热门的一个研究方向, 并涉及到工程控制中的扰动衰减等问题。实际上, 由于一些限制(如不确定性的种类, 控制的增益等)的影响, 使得在一些具体问题中对系统的不确定性难以实现干扰解耦, 或用匹配及其推广条件来消除干扰, 以保证系统稳定。因此, 一种现实的提法是通过控制使得所需调整的输出量尽可能对干扰信号不敏感, 这就是非线性 H 控制扰动衰减的基本思想。

考虑如下仿射非线性系统

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x) + g_1(x)\omega + g_2(x)u \\ z = h_1(x) + k_1(x)u \\ y = h_2(x) + k_2(x)\omega \end{cases} \quad (1)$$

其中, $f, g_1, g_2, h_1, h_2, k_1, k_2 \in C^1$, x 是状态变量, u 是控制变量, ω 是外界干扰, z 是控制输出变量, y 是量测输出变量。

定义 1 非线性 H 问题是对系统(1)寻找最

小的正数 $\gamma, \forall \gamma > \gamma^*$, 设计一个控制器(如果状态可测量) $u = u(x)$, 或(如果状态不能直接得到)

$$u = u(y, \xi), \quad \dot{\xi} = \eta(y, \xi) \quad (2)$$

使得:

1) 扰动衰减: 当初值为零时, 有

$$\int_0^T z^T z dt \leq \gamma^2 \int_0^T w^T w dt, \quad T > 0 \quad (3)$$

2) 内部稳定: 当 $\omega = 0$ 时, 该控制器能使相应的闭环系统渐近稳定。

Van der Schaft^[2,3] 等人对非线性系统 H 理论的发展做出了重要贡献。文献[2, 3] 运用辛几何和动态耗散理论, 给出了一种解决非线性 H 状态反馈控制的方法, 即把问题归结为 Hamilton-Jacobi 方程的可解性, 这类似于线性系统 H 理论中的 Riccati 方程。而 Hamilton-Jacobi 方程的解与 Hamilton 向量场的不变流形的存在性有关, 在 Hamilton 系统具有一定条件及双曲平衡点的假设下, 其解便与非线性系统线性化后的系统有关。

Isidori 等^[4] 提出了解决非线性 H 控制问题的微分对策框架, 指出了输出反馈控制器的存在与一对耦合的 Hamilton-Jacobi 方程的光滑正定解有关。其后, Isidori^[5] 基于对策论的框架, 给出了符合分离原理的输出反馈控制器存在的条件。上述条件为充分条件, Ball 等^[6] 和 Isidori^[7] 讨论了文献[2, 4] 情况下的必要条件。Lin 等^[8] 研究了离散非线性系统的 H 控制问题, Pavel 等^[9] 给出了实现非线性 H 控制的条件及控制器参数化的 J 耗散描述方法。

以上所引文献都是针对确定性系统而言。对于系统不确定性的描述, 通常有有界范数型、积分型、耗散型和微分包含型 4 种。Yang 等^[10] 研究了有界范数型不确定非线性系统, Nguang^[11] 研究了积分型不确定非线性系统。

下面对近年来非线性 H 控制中的一些研究分支分别加以介绍。

3.1 非线性 H 可靠控制

关于提高系统工作可靠性的理论, 一直是工程控制学科的中心研究课题之一。Veillete 等^[12] 给出了基于 Riccati 方程的线性 H 理论的设计方法, 使得当有控制元件失效时, 闭环系统仍渐近稳定且增益有限。最近, 文献[13~16] 基于非线性 H 理论, 把线性系统的结果推广到非线性系统。其中, Yang 等^[13] 研究了具有严格冗余控制元件的非线性系统的 H 可靠控制问题, 基于 Hamilton-Jacobi 不等式, 给出了输出反馈可靠控制器的设计算法。

闭环系统是 H 可靠的,是指不仅当所有的执行机构和传感器均正常工作时,而且当有执行机构或传感器失效时,闭环系统仍渐近稳定且 L_2 增益有限。文献[13]的缺点是只能有一个控制元件失效,优点是无须知道失效域。Liu等^[15]研究了不确定非线性系统的可靠控制问题,所提供的方法可以有多个控制元件失效,但是必须知道失效域。Liu等^[16]基于复制控制元件,研究了非线性系统的可靠控制问题,该方法的优点是可以有多个控制元件失效而无须知道失效域。

3.2 非线性 H 控制器的参数化

通常在设计控制系统时,除了强调系统内部稳定和扰动衰减外,还有其它设计目标需要满足。解决这些复杂控制问题的方法之一是寻找控制器的集合,使得除能解决非线性 H 控制问题外,还能满足其它设计目标,因此控制器的参数化便引起人们的关注。

Isidori等^[4]给出了一簇状态反馈控制器,但事实上需要全信息(既有状态,又有扰动)。Yung等^[17]推广了文献[4]的结果,基于输出反馈提供了一簇非线性 H 控制器。Lu等^[18]和Astolfi^[19]得到了一簇非线性 H 输出反馈控制器。Lu等对这一问题的处理用到了类似于线性情形^[20]的思想。Astolfi提供的方法没有给出需满足的两个输出 injection-gain 阵的明确表示,并且Hamilton-Jacobi方程中涉及 $2n$ 个独立变量,是状态的二倍。Yung等^[21]推广了文献[17]的结果,在两个需要满足的Hamilton-Jacobi不等式中只有 n 个独立变量,通过与渐近稳定且 L_2 增益有限的中央控制器相联系而得到一簇控制器,证明也显得较为简单。Yang等^[22]进一步研究了状态反馈控制器的参数化问题,在该方法中不需要全信息。

3.3 非标准非线性 H 控制

奇异非线性 H 控制通常是指系统(1)中 $k_1(x), k_2(x)$ 不满秩时的控制。Astolfi^[23]研究了 $k_1(x)$ 不满秩的情况,运用微分同胚变换得到一个几乎处处解耦问题,进而得到实现非线性 H 控制的充分条件。Lee等^[24]研究了 $k_1(x), k_2(x)$ 不满秩的情况,并将通常要求Hamilton-Jacobi方程有正定解减弱为有半正定解。Baramov^[25]用无损分解技术研究了 $k_2(x)$ 不满秩的情况及控制器的降阶问题。Lin^[26]研究了非线性系统的 H_2/H 混合控制问题。

3.4 Hamilton-Jacobi-Issacs 方程的求解

3.4.1 能级法

上述文献都涉及到Hamilton-Jacobi-Issacs方程(HJI)的求解,关于解HJI的方法已有多种,但最有用的也许是能级法^[3,27]。

Van der Schaft^[28]测想:非线性反馈控制器总是导致比线性化控制器更大的有效域。Yazdanpanah等^[29]用李亚普诺夫技术证明了这一推测,并且发现:有效域的估计与控制器的近似阶数成一定比例,扰动衰减系数 γ 越大,HJI不等式的有效域越大;反之, γ 越小,HJI不等式的有效域越小。该方法仅是一个粗糙的估计,并非精确的变化关系。就作者阅读的范围,还没看到有关能级法严格的近似程度分析的文献,这也许是能级法不够完善的原因之一。

3.4.2 粘性解法

众所周知,HJI是不易求解的。为了求解此问题,通常不得不假定光滑函数 V 是存在的,这在某些情况下可能影响控制器的设计性能。为了给Hamilton-Jacobi-Bellman方程建立严格的数学基础,人们引入了粘性解的概念^[30],并把它运用到非线性(随机)最优控制中^[31],最近又运用到非线性 H 控制中。由现有的理论可知,当HJI没有光滑解时(比如 L_2 增益 γ 小到一定时),其粘性解可能还是存在的,并且粘性解的应用可以扩大解的有效范围。而若只在光滑意义下,有时就不得不用多个工作点去做局部小范围设计。粘性解的采用不仅具有理论意义,而且具有较强的实际意义。

James等^[32]讨论了耗散不等式的一些粘性解性质,结果表明储存函数不必是可微的,并且基于粘性解的观点给出了非线性系统的正实引理。Soravia^[33]从粘性解的角度研究了非线性 H 可解的充分和必要条件,并证明了在输入集是紧的情形下充分条件就是必要条件。该文中讨论的系统要满足类似于Lipschitz条件,并且利用动态规划及值函数研究了 V 解的结构和性质。洪奕光等^[34]的研究结果表明,粘性解意义下的非线性 H 控制器设计与光滑情形类似;并在文献[35]中进一步给出了基于粘性解的近似逼近求解方法。即用一簇系统去逼近待求系统,然后用这簇系统的解去逼近待求系统的解,自然将系统的解取得简单易求。可以用多项式系统族的解(通过能级法求解)来逼近原系统关于非线性 H 的解;也可以利用神经网络极强的逼近能力来完成近似算法的构造^[36];还可依据粘性消去法的思想,用可微的古典解去逼近粘性解。

3.5 非线性 H 几乎处处扰动解耦

Hamilton-Jacobi方程的求解是非常困难的,目

前还没有比较好的方法, 因此人们一直在寻找避开求解 Hamilton-Jacobi 方程的方法。近年来, 人们已将 Backstepping 方法^[37] 和 Forwarding 方法^[38] 应用到非线性系统控制中。Backstepping 方法适用的系统须具有下三角结构, Forwarding 方法适用的系统须具有上三角结构。对于可明显地分为上三角子块和下三角子块的非线性系统, 可以先 Backstepping 后 Forwarding, 或先 Forwarding 后 Backstepping。事实上, 这两种方法的核心都是构造 Lyapunov 函数。Backstepping 方法和 Forwarding 方法给出了系统化的构造 Lyapunov 函数和设计控制器的方法。对于较一般形式的非线性系统, 在满足一定的几何条件下, 通过微分同胚变化而转化成具有三角结构的系统, 然后再进行递推设计, 如 Marino^[39] 方法。

定义 2 对于系统 (1), 如果存在控制器

$$u = u(x, k), \quad u(0, k) = 0, \quad \forall k \in R^+ \quad (4)$$

使得

$$\int_0^t y(\tau)^2 d\tau \leq \frac{1}{k} \int_0^t \omega(\tau)^T \omega(\tau) d\tau \quad \forall t, 0 \leq t \leq T \quad (5)$$

成立, 且当扰动为零时, 原点是全局渐近稳定的, 则说 H_∞ 几乎处处扰动解耦问题可解。

可以看出, 定义 1 和定义 2 的主要区别在于: 后者的扰动衰减系数可以取任意正数。

Isidori^[40] 考察了 H_∞ 几乎处处扰动解耦的条件, 将该条件中系统的零动态与扰动无关弱化为“增长”条件。零动态全局渐近稳定的系统也称最小相位系统。Isidori^[41] 运用输入到状态稳定这一概念^[42], 给出了非最小相位系统 H_∞ 几乎处处扰动解耦的充分条件, 但是假定零动态不受扰动影响。Lin^[43] 研究了零动态受扰动影响时的 H_∞ 几乎处处扰动解耦问题。

上面所引的文献都是关于确定性系统的。Xie 等^[44] 研究了含不确定参数最小相位系统, Su 等^[45] 采用类似于文献[41]的方法, 研究了含不确定参数的非最小相位系统的 H_∞ 几乎处处扰动解耦。但是这种递推方法设计的控制器结构复杂, 增益较高。

4 需要进一步研究的几个问题

非线性系统缺乏叠加原理这样一类线性性质, 其复杂性远远超过线性系统的复杂性。线性系统研究中的一些一般性结论对非线性系统来说是不存在的, 因此非线性系统的研究只能针对其自身特点寻求解决方法, 才有可能得出一些具有共同性质的结

论。当前非线性 H_∞ 理论应在以下几个问题上开展深入研究:

1) Hamilton-Jacobi 方程已有一些近似解法, 但还非常粗糙, 如算法复杂, 没有给出近似程度的严格分析。

2) 在 H_∞ 几乎处处扰动解耦设计中, 控制器的设计虽然具有构造性, 但这种设计方法导致增益较高, 结构复杂。

3) 非线性 H_∞ 可靠控制器的参数化是一个复杂的控制问题, 也是需要深入研究的实际问题。

4) 在一些非线性 H_∞ 控制方法中, 大都需要满足一定的光滑性条件, 且控制无约束。在实际工程中, 许多系统是非光滑的, 且控制是有约束的。在这种情况下, 应研究如何进行非线性 H_∞ 控制。

5) 寻求避开目前非线性 H_∞ 控制存在的缺陷, 研究全新的非线性 H_∞ 控制方法。

参考文献:

- [1] 程代展, 洪奕光, 陈翰馥, 等. 非线性系统的层次化与机械化——关于新方向的探索[J]. 控制理论与应用, 1997, 14(5): 617-622
- [2] Van der Schaft A J. On a state space approach to nonlinear H_∞ control[J]. Syst and Contr Lett, 1991, 16(1): 1-8
- [3] Van der Schaft A J. L_2 -gain analysis of nonlinear systems and nonlinear H_∞ control[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1992, 37(6): 770-784
- [4] Isidori A, Astolfi A. Disturbance attenuation and H_∞ control via measurement feedback in nonlinear systems[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1992, 37(9): 1283-1293
- [5] Isidori A. H_∞ control via measurement feedback for affine nonlinear systems[J]. Int J Rob and Nonl Contr, 1994, 4(4): 553-574
- [6] Ball J, Helton J W, Walker M L. H_∞ control for nonlinear systems via output feedback[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1993, 38(4): 546-559
- [7] Isidori A. A necessary condition for nonlinear H_∞ control via measurement feedback[J]. Syst and Contr Lett, 1994, 23(3): 169-177.
- [8] Lin W, Byrnes C I. H_∞ control of discrete-time nonlinear systems[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1996, 41(4): 494-510
- [9] Pavel L, Faiman F W. Nonlinear H_∞ control: A J-dissipative approach[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1997, 42(12): 1636-1653

- [10] Yang G H, Lam J, Wang J L. Robust control of uncertain nonlinear systems[A]. Proc of the 35th Conf on Decis and Contr[C]. Kobe, 1996 823-828
- [11] Nguang S K. Robust nonlinear H_∞ output feedback control[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1996, 41(7): 1003-1007.
- [12] Veilleter R J, Medanic J V, Perkins W R. Design of reliable control systems[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1992, 37(3): 293-304
- [13] Yang G H, Wang J, Soh C B. Reliable nonlinear control systems design using strictly redundant control elements[J]. Int J Contr, 1998, 69(2): 315-328
- [14] Yang G H, Lam J, Wang J L. Reliable H_∞ control for affine nonlinear systems[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1998, 43(8): 1112-1117.
- [15] Liu Y Q, Wang J L, Yang G H. Reliable control of uncertain nonlinear systems[J]. Automatica, 1998, 34(7): 875-879.
- [16] Liu Y Q, Wang J L, Yang G H *et al.* Reliable nonlinear control system design using duplicated control elements[J]. Int J Rob Nonl Contr, 1997, 7(12): 1103-1122
- [17] Yung C F, Yeh F B. Nonlinear H_∞ output feedback control problem [A]. Proc of the 32nd Conf on Decis and Contr[C]. San Antonio, 1993 2197-2198
- [18] Lu W M, Doyle J C. H_∞ control of nonlinear systems via output feedback: Controller parameterization [J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1989, 34(8): 831-846
- [19] Astolfi A. Parameterization of output feedback controllers that satisfy an H_∞ norm bound[A]. Proc of Europ Contr Conf[C]. Groningen, 1993 74-78
- [20] Doyle J C, Glover K, Khargonekar P P *et al.* State-space solutions to standard H_2 and H_∞ control problems [J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1994, 39(12): 2517-2521.
- [21] Yung C F, Lin Y P, Yeh F B. A family of nonlinear H_∞ output feedback controllers[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1996, 41(2): 232-236
- [22] Yung C F, Wu J L, Lee T T. Parameterization of nonlinear H_∞ state-feedback controllers[J]. Automatica, 1997, 33(8): 1587-1590
- [23] Astolfi A. Singular H_∞ control for nonlinear systems [J]. Int J Rob and Nonl Contr, 1997, 7(7): 727-740
- [24] Lee T C, Chen B S, Lee T S. Singular H_∞ control in nonlinear systems: Positive semidefinite storage functions and separation principle [J]. Int J Rob and Nonl Contr, 1997, 7(4): 881-897.
- [25] Baramov L. Solutions to a class of nonstandard nonlinear H_∞ control problems[A]. Proc of the 36th Conf on Decis and Contr[C]. San Diego, 1997. 4629-4634
- [26] Lin W. Mixed H_2/H_∞ control via state feedback for nonlinear systems[J]. Int J Control, 1996, 64(5): 899-922
- [27] Isidori A, Kang W. H_∞ control via measurement feedback for general nonlinear systems [J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1995, 40(3): 466-472
- [28] Van der Schaft A J. Nonlinear H_∞ state space control theory [R]. Essays on Control: Perspectives in the Theory and Its Applications 1993 153-190
- [29] Yazdanpanah M J, Khorasani K, Patel R V. On the estimate of the domain of validity of nonlinear H_∞ control[J]. Int J Contr, 1999, 72(12): 1097-1105
- [30] Cranndall M, Evans L, Lions P L. Some properties of viscosity solutions of Hamilton-Jacobi equations [J]. IEEE Trans on AM S, 1984, 282(2): 487-502
- [31] Lions P L, Souganidis P E. Differential games, optimal control and directional derivatives of viscosity solutions of Bellman's and Issac's equations[J]. SIAM J Contr Optim, 1985, 23(2): 566-583
- [32] James M R. A partial differential inequality for dissipative nonlinear systems[J]. Syst and Contr Lett, 1993, 21(4): 315-320
- [33] Soravia P. H_∞ control of nonlinear systems: Differential games and viscosity solutions[J]. SIAM J Contr Optim, 1996, 34(3): 1071-1097.
- [34] 洪奕光, 翁绍鹏, 梅生伟, 等. 非线性 H_∞ 控制的粘性解方法[J]. 科学通报, 1997, 42(7): 673-675
- [35] 洪奕光, 梅生伟, 秦化淑, 等. 非线性 H_∞ 控制的粘性解及近似逼近分析[J]. 自动化学报, 1998, 24(4): 447-453
- [36] Dong S J, Zhou W B, Lee P L. Exponential tracking with disturbance attenuation (EDTA) and its numerical solution[J]. Int J Contr, 1998, 69(4): 561-575
- [37] Krstic M, Kanellakopoulos I, Kokotovic P V. Nonlinear and adaptive control design [M]. New York: Wiley, 1995
- [38] Jankovic M, Sepulchre R, Kokotovic P V. Constructive Lyapunov stabilization of nonlinear cascade systems [J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1996, 41(12): 1723-1735
- [39] Marino R, Respondek W, Van der Schaft A J *et al.* Nonlinear H_∞ almost disturbance decoupling [J]. Syst and Contr Lett, 1994, 23(3): 159-168
- [40] Isidori A. A note on almost disturbance decoupling for nonlinear minimum phase systems[J]. Syst and Contr

- Lett, 1996, 27(3): 191-194
- [41] A Isidori Global almost disturbance decoupling with stability for non minimum phase single-output single-input nonlinear systems [J]. Syst and Contr Lett, 1996, 28(3): 115-122
- [42] Song E D. Smooth stabilization implies coprime factorization[J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1989, 34(4): 435-443
- [43] Lin Z L. Almost disturbance decoupling with global asymptotic stability for nonlinear systems with disturbance-affected unstable zero dynamics [J]. Syst and Contr Lett, 1998, 33(3): 163-169
- [44] Xie L H, Su W Z Robust H control for a class of cascaded nonlinear systems [J]. IEEE Trans on Autom Contr, 1997, 42(10): 1465-1469
- [45] Su W Z, Xie L H, De Souza C E Global robust disturbance attenuation and almost disturbance decoupling for uncertain cascaded nonlinear systems [J]. Automatica, 1999, 35(4): 697-707

第 13 届中国控制与决策学术年会在西安召开

本刊讯 2001 中国控制与决策学术年会 (13th CDC), 于 2001 年 5 月 21 日至 24 日在陕西省西安市召开。本届年会由《控制与决策》编委会、中国航空学会自动控制分会、中国自动化学会应用专业委员会、中国运筹学会决策理论及应用专业委员会、中国兵工学会自动控制专业委员会联合主办, 空军工程大学电讯工程学院具体承办。

5 月 21 日上午举行了大会开幕式。参加会议的有来自全国各地的专家和代表, 有西安地区的有关领导和专家, 也有军事院校的领导和代表, 到会人数 150 多人。中国科学院院士、CDC 年会程序委员会主任委员张嗣瀛教授首先致开幕辞, 他回顾了 CDC 年会创办 13 年来的发展过程和取得的成绩, 并且分析了本届年会的几个特点, 认为在西安召开学术年会, 对于响应党中央提出的“西部大开发”的战略具有现实意义; 由军事院校承办年会, 对于加强军民共建、实现国防现代化具有特殊意义。CDC 年会组织委员会主任委员、空军工程大学电讯工程学院李荣常院长代表主办单位致欢迎辞。

大会开幕式后, 举行了大会学术报告会。本届年会邀请了 6 位著名专家学者做专题学术报告, 报告人及报告题目依次是: 西北工业大学校长戴冠中教授: 网络入侵检测; 南京理工大学的郭治教授: 现代控制理论的困扰与出路探析; 西安交通大学的韩崇昭教授: 信息融合理论与方法; 空军指挥学院的苏恩泽少将: 信息战理论与实践; 黑龙江大学的韩志刚教

授: 无模型控制器一般形式及应用; 东北大学的张嗣瀛教授: 复杂系统、复杂科学、相似性结构。大会报告的内容涉及控制科学、系统科学、信息科学、军事科学等许多领域。报告人系统地介绍了新的学科、发展趋势和最新研究成果, 受到与会者的普遍欢迎。

在分组交流中, 代表们宣读了各自的论文, 介绍了具体工作情况, 并且回答了其他代表提出的问题。交流中讨论的问题十分广泛, 有的是对某一理论、观点的深入探讨, 有的是对某一方法、手段的切磋, 有的是对研究工作的经验介绍。对于不同的学术观点, 大家也都开诚布公地发表了自己的见解。整个交流活动进行得热烈而有序, 充满了浓厚的学术气氛。

本届年会首次开展优秀论文评选活动。经过民主评选、专题组专家评议和评优领导小组审核, 共评选出 9 篇优秀论文。评选的优秀论文作者代表是: 东南大学的费树岷教授; 燕山大学的关新平教授; 青岛海洋大学的唐功友教授; 北京航空航天大学岳玉芳博士生; 上海交通大学的李少远教授; 南京理工大学的钱龙军副教授; 沈阳大学的赵中奇副教授; 济南路军学院的高峰记副教授; 北京系统工程研究所的李智毅助研。

第 13 届中国控制与决策学术年会在有关单位的大力支持下, 在全体代表的积极参与下, 已经胜利结束。同往届年会相比, 本届年会到会人数最多, 年会论文集印刷质量也更好。可以说, 本届年会达到了预期的目的, 取得了圆满成功。