

21世纪

学术研究文库

第二十届中国控制会议

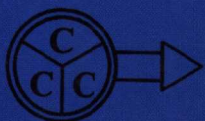
Proceedings of the 20th Chinese Control Conference

Volume 1 of 2

论文

集

(上)



中国·大连 2001年8月10-12日
August 10-12, 2001, Dalian, China



大连理工大学出版社

第二十届中国控制会议论文集

Proceedings of the 20th Chinese Control Conference
Volume 1 of 2

中国·大连 2001年8月10-12日

August 10-12, 2001, Dalian, China

(上)

主 编：秦化淑 王 伟
副主编：郭 雷 霍 伟 郑大钟
郭纪峰 邵 诚 刘智敏

主 办：中国自动化学会控制理论专业委员会
承 办：大连理工大学信息与控制研究中心

大连理工大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

第二十届中国控制会议论文集/秦化淑,王伟主编. —大连:
大连理工大学出版社, 2001. 8
(21 世纪学术研究文库)
ISBN 7-5611-1912-7

I. 第… I. 秦… III. 控制论-学术会议-文集 IV. O231-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 037504 号

大连理工大学出版社出版发行
大连市凌水河 邮政编码 116024
电话:0411-4708842 传真:0411-4701466
E-mail: dutp@mail. dlptt. ln. cn
URL: <http://www.dutp.com.cn>
大连理工大学印刷厂印刷

开本: 850 毫米×1168 毫米 1/16 字数: 870 千字 印张: 29.5
印数: 1—1000 册

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

责任编辑: 王君仁 责任校对: 习 文
封面设计: 王福刚

定价: 196.00 元(上册 98.00 元)

前 言

中国控制会议由中国自动化学会控制理论专业委员会每年举办一次。其宗旨是为系统控制领域的专家、学者、研究生及控制系统的设计人员提供一个学术交流的机会,以便推动我国控制科学的发展。第20届中国控制会议于2001年8月10日—12日在大连召开。会议由大连理工大学信息与控制研究中心承办。参加会议的有来自美国、日本、英国、澳大利亚、新西兰、中国大陆和香港的150余位专家学者。

本届年会邀请了6位著名学者做大会报告,他们分别是 Prof. Tzyh-Jong Tran (Washington University), Prof. Bijoy K Ghosh (Washington University), 柴天佑教授(东北大学), Prof. Shinji Hara (Tokyo Institute of Technology), Prof. Yuan Wang (Florida Atlantic University), Prof. Hua Wang (Duke University, 华中科技大学)。

本次会议共收到投稿论文230篇,经中国自动化学会控制理论专业委员会组织评审,论文集共收录论文170篇,作为第20届中国控制会议发表的论文。论文内容包括线性系统、 H_2 控制、鲁棒控制、非线性控制、分布参数控制、最优估计与预测控制、系统建模与辨识、自适应控制、离散事件动态系统、智能控制与专家系统、神经网络在控制中的应用、系统理论与系统分析、机器人控制、模糊控制、控制算法研究、可靠性与容错控制等理论研究成果,以及控制理论在机器人、航空航天、工业生产、过程控制、能源环境、生物和社会经济系统等领域的应用研究成果。本论文集可供从事自动控制理论及其应用研究的高等院校教师和研究生、科研单位的研究人员以及工业部门的工程技术人员参考。

由于编入本论文集的论文清样均来自论文作者,编辑只能对个别论文的某些局部进行编辑方面的校正,所以书中的欠缺之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

第二届中国控制会议论文集
编辑委员会

2001年8月

目 录

上 册

大会报告

1. Progress in Quantum Computing and Its Impact on Research and Education Tzyh-Jong Tarn 1
2. 基于 ERP/MES/PCS 三级结构的金矿企业现代化集成制造系统 柴天佑 5
3. Super Mechano-Systems: The Fusion of Mechanical and Control Engineering Shinji Hara 17
4. The Stability and Detectability Notions in the ISS Framework Yuan Wang 19
5. A Nonlinear Perspective to Intelligent and Complex Systems Hua Wang 25

一、线性系统

1. Quantifier Elimination Based Method for Stabilization of N-dimensional Systems Jiang Qian Ying 26
2. 线性奇异系统的输出调节问题 张彩霞, 朱建栋 31
3. 线性时滞系统时滞相关状态反馈控制 姜偕富, 费树岷, 冯纯伯 37
4. 反馈综合设计 — 干扰解耦问题的若干讨论 周渊 41
5. 关于控制器正反作用方向判定方法的研究 林敏, 邵诚 44
6. 随机 LCT 系统基于采样数据的 LQ 最优控制 姚莉丽, 张纪峰 50
7. Extended Argument Principle and Integral Design Constraints-Part II: New Integral Relations Gang Chen, Jie Chen, Li Qiu 56
8. Inner-Outer Factorization for Strictly Proper Transfer Matrices Guoxiang Gu 62

二、非线性系统、变结构控制

1. 利用相互作用可以消除系统的混沌状态 周平, 杨晓松 68
2. 一类非线性系统的迭代学习控制 任佳, 王向东, 徐进学 71
3. A Note on Edward Ott's Paper "Controlling Chaos" Bo Zhang, Zhong Li, Zongyuan Mao 76
4. The Fuzzy Modeling of a Chaotic System of Permanent Magnet Synchronous Motor Bo Zhang, Zhong Li, Zongyuan Mao 78
5. 一类含奇异摄动不确定系统的高增益控制器设计 武玉强, 宗广灯 83
6. 基于滞后测量的一类非线性系统输出反馈滑动模控制 朱瑞军, 潘学军, 王伟, 邵诚 88
7. 一类非匹配不确定非线性相似组合系统的动态输出反馈镇定 张严心, 张嗣瀛 92
8. 一种直接自适应非线性飞行控制系统设计方案研究 苏丙未, 曹云峰, 陈欣, 杨一栋 97
9. 多变量系统非线性控制器的设计 王划一, 李继成 103
10. 具有非线性滑动模态的变结构控制 王颖, 王晓磊, 吴宏鑫, 李智斌 107
11. The General Design Method of Switching Surface for Variable Structure Control Yanhong Xiao, Mincai Zheng, Yongjin Peng, James C. Hung 113
12. 变结构控制在倒立摆系统中的仿真研究 黄南晨, 吴刚, 程俊, 卿志远, 孙德敏 117
13. Robust Stability Analysis for Uncertain Systems with Delayed Perturbations Zhenyi Chen, Hongye Su, Jian Chu 122
14. 混沌 Colpitts 振荡器系统的输入 - 输出线性化 温香彩 127
15. 基于滑模和后推法的自适应轨迹跟踪 晁红敏, 胡跃明, 徐建闽 132
16. 多滞后中立型线性系统的近似变结构控制 高存臣, 孙涛 136

17. 非线性系统平稳分歧解的控制	陈彭年, 秦化淑	142
18. Output Stabilization of Uncertain Nonlinear Second-Order Systems with Hybrid Feedback	 Suiping Zhou	147
19. 不确定非完整动力学系统的鲁棒指数镇定	霍伟, 贾英民	153
20. Adaptive NN Controller Design for General Nonlinear Systems	 J. Wang, S. S. Ge, T. H. Lee	157
21. Generalized Hamiltonian Realization of Nonlinear Systems	Yuzhen Wang, Daizhan Cheng	163
22. A Complete Solution of Output Regulation of Singular Nonlinear Systems by Normal Output Feedback	Zhiyong Chen, Jie Huang	167
三、最优控制、优化方法		
1. 工业锅炉在线燃烧优化	薛美盛, 孙德敏, 吴刚, 张志刚	173
2. 遗传算法在捷联惯导初始对准中的应用研究	刘瑞华, 刘建业	177
3. 连续分片线性函数的优化	王伟, 王书宁, 高林	181
4. 一种新的优化技术 — 混沌	王凌, 郑大钟, 唐芳	185
5. 缺乏 Cesari 条件时最优控制的存在性	楼红卫	190
6. 用改进的遗传算法求解流水车间作业排序问题	迟彬, 行飞, 叶庆凯	196
7. Suboptimal Constrained Nonlinear Quadratic Regulator ...	Yadong Li, Shaoyuan Li, Yugeng Xi	202
8. 一种优化算法在图像配准中的应用	付宇光, 唐焕文, 唐一源	207
9. 变焦加速进化遗传算法	何大阔, 王福利	213
四、鲁棒控制、H_∞ 控制		
1. 最优 H_∞ 范数及 Hamiltonian 微分方程边值问题特征值计算 (I)	钟万镠, 吴志刚	217
2. 最优 H_∞ 范数及 Hamiltonian 微分方程边值问题特征值计算 (II)	吴志刚, 钟万镠	223
3. An LMI Approach to Robust Observer-based H_∞ Controller Design for a Class of Nonlinear Uncertain Time-delay Systems	Dejin Wang, Miaoxin Wang	228
4. 中立型时滞系统具指定衰减度的鲁棒控制	罗小元, 关新平, 龙承念, 段广仁	233
5. 不确定性关联系统基于观测器的分散鲁棒镇定	陈宁, 桂卫华, 吴敏	238
6. 基于 H_∞ 优化的模型跟踪鲁棒控制器设计	王兴成, 任英	243
7. 一类广义非线性系统的鲁棒性分析	张凌波, 吴敏, 余中	248
8. 一种有效的鲁棒递推辨识方法	魏瑞轩, 薛建平, 韩崇昭	252
9. PID Control Tuning via H_∞ Approach	C M Xiao, S K Nguang	256
10. Robust Control Problems under Both Plant and Controller Perturbations	Zhisheng Duan	262
11. Stabilization of a Class of Nonlinear Time-varying Uncertain Systems with Multiplicative Unmodelled Dynamics	Yi-Sheng Zhong	268
12. 离散时间系统混合 l_1/H_∞ — 控制问题	郝飞, 楚天广, 黄琳	274
13. An LMI-Based Criterion for Robust Absolute Stability of Uncertain Nonlinear Systems	 Ying Yang, Lin Huang	280
14. Robustness Analysis of Multirate Control Systems	Cishen Zhang, Jingxin Zhang	286
15. Robust Absolute Stability for Lurie Indirect System with Two Nonlinearities	 Peiguang Wang, Xiaojun Guo, Zuoxin Gan	292
16. Pneumatic Servo System Design via QFT and Feedback Linearization	 Qing-Jun Yang, Gang Bao, Bo-Xun Nie, Zu-Wen Wang	296
17. 鲁棒 2-DOF 内模控制器设计及其在电力系统中的应用	王钊, 李树荣	302

18. Robust Guaranteed Cost Control for Discrete-time Delay Uncertain Systems	Chengnian Long, Xinping Guan, Yichang Liu	308
19. 控制器与对象同时摄动时摄动界之间关系的研究	汤文澜, 伍清河	314
20. 主动悬架系统的鲁棒干扰抑制: 一种多目标控制方法	陈虹, 马彦, 赵桂军, 孙鹏远, 郭孔辉	319
五、预测控制、过程控制		
1. 广义智能预测控制在智能大厦中的应用研究	陈希平, 张舫	325
2. 非线性系统神经自适应预估控制器及其应用	彭力, 娄国焕, 侯国强	329
3. 非线性预测优化解耦补偿器的研究设计	黄道平, 朱学峰	333
4. Stochastic Scheduling to Minimize Weighted Variance of Completion Times	T. S. Chen, F. S. Tu, X. Cai	337
5. pH 中和过程的多模型预测控制	李柠, 李少远, 席裕庚	343
6. 一类非线性系统的随机闭环自适应预测控制	谭明皓, 柴天佑, 袁德成	349
7. 模糊神经元 Smith 预测控制及其应用	田杰, 陈杰, 任雪梅	355
六、随机控制		
1. Mean-Variance Hedging for Pricing Contingent Claims with Transaction Costs	Daobai Liu	360
2. 多输入多输出线性系统的盲辨识	张俊玉	366
七、自适应控制		
1. 离散时间系统多模型自适应控制	李晓理, 王伟, 王书宁	372
2. 多变量变结构模型参考自适应控制	徐敦忠, 林岩, 毛剑琴	378
3. Fuzzy Adaptive Tracing Control Using Backstepping Design	Bin Liu, Fude Jin, Siying Zhang	382
4. Prediction-Based Adaptive Control of Nonlinear Discrete-Time Systems	Chen Wei, Zongji Chen	387
5. 管道及局部空间有源降噪系统几种算法的比较及其 DSP 实现	张志永, 韩秀苓, 李传光	391
6. 异步电动机非线性自适应观测器的设计	邵鹏, 王江, 王先来	396
7. 基于多模型的随机自适应切换控制	张艳霞, 郭雷	401
八、系统建模与辨识		
1. 混沌系统的神经网络建模研究	李翔, 陈增强, 袁著祉	407
2. The Systems Based on the AFS Fuzzy Logic	Xiaodong Liu, Qingling Zhang, Hua Wei	413
3. On the Validation of a LFT Perturbed Model Set Through Frequency Domain Data	Tong Zhou	418
4. A Back Propagation Estimator for Non-Linear Rational Models	Q. M. Zhu	424
5. 基于图形整体拓扑结构的地图线对象智能化识别	江崇礼, 阿荣, 董明	429
6. 辨识对象的正规互质因子频域响应最大似然估计方法分析	赵习为, 慕春棣	434
7. 船用辅锅炉模拟器的研制开发	汪思源, 赵志斌, 吕权息, 张翔	440
8. Algorithm for Restoring Degraded Convex Images and Applications to Quasicrystal	Lequan Min, Xiaodan Zhang	446
9. 有色噪声驱动信道的盲系统辨识	陈磊, 伍清河, 安森建	452
10. 不用外来激励信号的 ARMAX 系统的辨识	曹显兵, 陈翰馥	456

Progress in Quantum Computing and Its Impact on Research and Education

Tzyh-Jong Tarn

One Brookings Drive, Campus Box 1040

Washington University

St. Louis, Missouri, 63130 USA

Tel: (314) 935-6037, Fax: (314) 935-6121, e-mail: tarn@wurobot.wustl.edu

Abstract: In the last few decades, a silent revolution is taking place. The exponential growth in microelectronic processing power has been achieved by ever decreasing the size of integrated circuits. These circuits which integrate electrical, mechanical, and sometimes optical devices, have evolved from silicon revolution. It replaced big complex, costly systems with small, affordable, high performance microsystems. Microsystems are expected to further enable silicon chips to sense, "think", act, and communicate. In essence, to become intelligent machines.

Structures of current microsystems are approaching fundamental limits and the next generation of devices might show unexpected properties due to quantum effects and fluctuations. A new research field is developing in which we pursue understanding of basic physics associated with such quantum structures, explore their controllability, and propose new devices.

This talk will begin with a summary of engineering problem solving and proceed to discuss the impact of technology on the development of newly emerging discipline of soft computing and computational intelligence. Following an introduction of the historical development of the optical communication system-the photo phone, the evolution of quantum computing will be discussed. The difference between quantum mechanical systems and classical systems will be pointed out and the impact on the future engineering research and education will be discussed.

Outline:

We give below the outline of the presentation:

- Design of intelligent systems is intimately connected to the availability of high technology
- Engineering problem solving:
 - Three kinds of engineering problems
 1. Analysis: given an input and a system, to find the output.
 2. Synthesis: given an input and an output, to find the systems.
 3. Control: given a system and an output, to find the input.

To solve the above problems, we assume-select-derive a model: a description of a causal chain linking inputs to outputs.

- Classical problem solving entails improving the model until the inputs are satisfactorily mapped to the outputs.
- In the process the engineers gain a better understanding or insight into the way the system works.

- But this approach fails when the system is very complex, nonlinear or insufficiently known or understood.
- New approaches to engineering problem solving make do **WITHOUT CAUSAL MODELS**. They use “black magic” instead.
 - These methods (paradigms) substitute intensive computations for insight into how the system works.
 - They provide solutions in the form of “black box” algorithms, and they work very well in many instances.
 - These approaches arose separately and were long shunned by classical system and control theorists, but now they are widely respected.
- The newly-emerging discipline of **SOFT COMPUTING COMPUTATIONAL INTELLIGENCE**

unifies and provides an umbrella for these and similar revolutionary methods

- **MAJOR SUCCESSES:**
 - Fuzzy Systems: Automatic Control
 - Artificial Neural Nets: Analysis — Pattern Recognition
 - Genetic Algorithms: Synthesis— Optimization
- **INFLUENCE OF TECHNOLOGY ON PROBLEM SOLVING**
 - **Pre-1950 No automatic computers**
 1. Semiconductor technology and the field of optoelectronics
 2. Theory on generalized observables— positive operator-valued measures
 - In particular:
 1. The first laser was operated by Theodore Maiman in 1960 at the Hughes Aircraft Company.

Analytical Solutions using linearized models

- **Post-1950 Increasingly powerful analog & digital computers**

Numerical solutions using nonlinear models

- **Post-1970 On-line digital computers**

Interactive computing

- **Post-1980 Sharp reduction in cost of memory**

Artificial intelligence

Logic programming

- **Post-1990 Sharp reduction in cost of cycles**

Soft computing

- **Post 2000 Teraflop Computers Molecular – Quantum – Computing**

Where do we go from here ???

- **Evolution of Quantum Computing**

- A. G. Bell invented the photophone in 1880.
- In 1921, Bell said “The Ohotophone was even more important than the invention for which he is best remembered, the telephone”.
- Since 1960, the following advances have been made:
 2. In 1968, K. C. Kao of Standard Telecommunications Laboratories in Britain found low loss fiber glass.
 3. E. B. Davies and J. T. Lewis, “An operational approach to quantum probability”, 1970.
- April 28, 1998, NY Times
“Quantum Computing Is Becoming More Than Just a Good Idea”
- April 30, 1998, Herald Tribune
“Quantum Computing Takes a Quantum Leap”

- IBM, MIT, UC Berkeley, U. Oxford

Succeeded in building the first working computers based on the

"Principles of Quantum Mechanics"

- "The Processor consisted of atoms of hydrogen and chlorine in the chloroform, and used it to sort an unordered list of items".
- July 14, 1999, USA Today

"Beyond the PC: Atomic QC Quantum Computers could be a billion times faster than Pentium III."

• Modelling of Quantum Control Systems: Enabling Technology

• Classical Mechanics

Determine the position of a particle at any time, $x(t)$ — a trajectory. To determine $x(t)$, using Newton's second law.

• Quantum Mechanics:

Looking for a wave function of a particle by solving the Schrödinger Equation. The solution gives the probability amplitude of finding a particle in space.

• Control: Discrete Bond States and Continuum States

• Sensing: Quantum Nondemolition Measurement

• Directions for Future Research

• Conclusion

• References

1. A. G. Bell, "On the Production and Reproduction of Sound by Light", Proceedings of the American Association for the Advancement of Science, Vol. 29, 1880.
2. Cave, Thorne and others, "On the measurement of a weak classical force", Review of Modern Physics, Vol. 52, No. 2, 1980.
3. Braginsky and others, "Quantum Nondemolition Measurements", Science, Vol. 209, 1980.
4. Belavkin and Khalili, "Quantum Measurement", Cambridge University Press, 1995.
5. "Invertibility of Quantum-Mechanical Control Systems", Mathematical Systems Theory, Vol. 17, pp. 335-350, November, 1984. Co-authors: C. K. Ong, G. M. Huang and J. W. Clark.
6. "Quantum Nondemolition Filtering", Mathematical Systems Theory, Vol. 18, pp. 33-55, June 1985. Co-authors: J. W. Clark, C. K. Ong and G. M. Huang.
7. C. W. Helstrom, Quantum Detection and Estimation Theory, Academic Press, 1976.
8. C. W. Helstrom, R. S. Kennedy, Noncommuting Observables in Quantum Detection and Estimation Theory, IEEE Trans. Inform. Theory, Jan. 1974.
9. C. W. Helstrom, et. al., Quantum Communication Theory, Proc. IEEE, Oct. 1970.
10. A. S. Holevo, Statistical Decision Theory for Quantum Systems, J. of Multivariate Analysis, 1973.
11. J. Baras, et. al., Quantum-Mechanical Linear Filtering of Random Signal Sequences, IEEE Trans. Inform. Theory, Jan. 1976.
12. J. Baras, R. O. Hargar, Quantum-Mechanical Filtering of Vector-Signal Processes, IEEE Trans. Inform. Theory, Nov. 1977.
13. Ilic, D., Simultaneous Quantum Mechanical Observations and Nonlinear Quantum Stochastic Filter, D.Sc. Thesis, Washington Univ. (St. Louis) 1978.
14. Ilic, D. and T. J. Tarn, Nonlinear Quantum Stochastic Filter for Discrete Time Systems, Proc. of the International Symposium on Mathematical Theory of Networks and Systems, Delft University of Technology, July 3-6, 1979.
15. E. B. Davies, Quantum Communication Systems, IEEE Trans. Inform. Theory, July 1977.
16. G. M. Huang, T. J. Tarn, J. W. Clark, J. Math. Phys. 24(11), 2608-2618 (1983).
17. A. Blaquiere, S. Diner, G. Lochak, eds., "Information Complexity and Control in Quantum Physics" (Springer-Verlag, New York, 1987). This volume constitutes the Proceedings of the 4th International Seminar on Mathematical Theory of Dynamical Systems and Microphysics, Udine, September 4-13, 1987, and contains

- multiple references to work in quantum control theory before 1985.
18. A. Blaquiére, "Modeling and Control of Systems in Engineering, Quantum Mechanics, Economics and Biosciences" (Springer-Verlag, New York, 1989). This volume constitutes the Proceedings of the Bellman Continuum Workshop, Sophia Antipolis, June 13-14, 1988.
 19. A. G. Butkovskiy, Yu.I. Samoilenko, "Control of Quantum-Mechanical Processes and Systems" (Kluwer Academic, Dordrecht, 1990).
 20. H. Ezawa, Y. Murayama, eds., "Quantum Control and Measurement" (North-Holland, Amsterdam, 1993). Proceedings of the ISQM Satellite Workshop ARL, Hitachi, Hatoyama, Saitama, August 28-29, 1992.
 21. A. Peirce, M. Dahleh, H. Rabitz, *Phys. Rev. A* **37**, 4950 (1988); *ibid* **42**, 1065 (1990); R. S. Judson, H. Rabitz *Phys. Rev. Lett.* **68**, 1500 (1992); W. S. Warren, H. Rabitz, M. Dahleh, *Science* **259**, 1581 (1993); V. Ramakrishna, M. V. Salapaka, M. Dahleh, H. Rabitz, A. Peirce, *Phys. Rev. A* **51**, 960 (1995).
 22. H. M. Wiseman, G. J. Milburn, *Phys. Rev. Lett.* **70**, 548-551 (1993); H. M. Wiseman, G. J. Milburn, *Phys. Rev. A* **49**, 1350-1366 (1994); H. M. Wiseman, *Phys. Rev. A* **49**, 2133-2150 (1994).
 23. M. Keller, G. Mahler, *J. Mod. Opt.* **41**, 2537-2555 (1994).
 24. J. Schlienz and G. Mahler, Description of Entanglement, *Phys. Rev. A* **52**, 4396-4404 (1995).
 25. Robert J. Gordon and Stuart A. Rice, "Active Control of the Dynamics of Atoms and Molecules", Annual Review of Physical Chemistry, Vol. 48, pp. 601-641, 1997.
 26. A. G. Butkovskiy and Yu.I. Samoilenko, Control of Quantum-Mechanical Processes and Systems, Kluwer, Boston, 1990.
 27. S. V. Prants, Automation and Remote Control, Vol. 57, No. 2, 204, 1996.
 28. Quantum Mechanics, Arno Böhm, Springer-Verlag, 1979.
 29. Quantum Mechanics, Vol. I, II, Claude Cohen-Tannoudji, and others, John Wiley, 1977.
 30. Principles of Quantum Mechanics, Hans c. Ohanian, Prentice Hall, 1990.
 31. Quantum Mechanics, Franz Schwabl, Springer-Verlag, 1998.
 32. Quantum Mechanics, Amit Giswanu 2nd Edition, Wm. C. Brown Publishers, 1997.
 33. Quantum Mechanics: An Introduction, Walter Greiner, 3rd Edition, Springer-Verlag, 1994.
 34. Quantum Mechanics Symmetries, Walter Greiner and Berndt Müller, 2nd Edition, Springer-Verlag, 1994.

基于 ERP / MES / PCS 三级结构的金矿企业现代化集成制造系统

柴天佑

(东北大学自动化研究中心, 沈阳, 110004)

摘 要: 率先将 ERP/MES/PCS 三级集成框架结构应用于金矿企业, 提出了金矿企业现代集成制造系统, 该系统将先进的采、选、冶工艺技术, 现代管理技术和以先进控制技术为代表的信息技术相结合, 将金矿企业的经营管理, 采、选、冶生产过程的控制、运行和管理作为一个整体进行控制与管理, 实现企业的优化控制、优化运行和优化管理, 从而提高企业的竞争力。本文将该系统应用于辽宁省排山楼金矿, 建成了现代集成制造系统, 显著降低了黄金生产成本, 提高了黄金回收率, 取得了显著的应用成效。

关键词: 现代集成制造系统 选矿 磨矿

The Contemporary Integrated Manufacturing System of Gold Mine Enterprise Based on the ERP/MES/PCS Frame

CHAI Tianyou

(Research Center of Automation, Northeastern University, Shenyang, 110004)

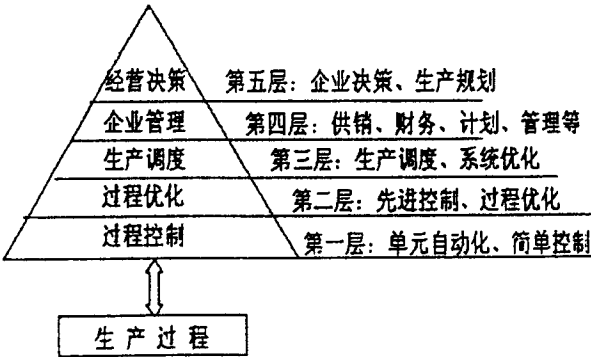
ABSTRACT: By introducing the three level architecture of Enterprise Resource Planning/Manufacturing Executive System/Process Control System of three level in stead of the Purdue model of five level, the Liaoning Paishanlou Gold Mine CIMS is designed and successfully implemented. The information current, material current and value current in the gold mine enterprise has been optimally integrated and the process in production and management has been optimally controlled and supervised.

KEYWORDS: CIMS; ore dressing processes; grinding circuit

1. 前言

流程工业 CIMS 技术受到发达国家的高度重视, 被列入这些国家的重点高技术发展计划。国际上著名的钢铁企业日本的新日铁、石化企业美国的埃克森公司已经实现了全厂 CIMS 并获得了显著的经济效益。流程工业 CIMS 采用如图 1 所示的 Purdue 模型 [3,4,5,8,12], 将流程工业 CIMS 体系结构分为过程控制、过程优化、生产调度、企业管理和经济决策五个层次, 将生产过程的控制与管理明显分开, 忽视了生产过程中间的物耗、能耗及设备的实时控制与管理, 层次多, 结构复杂, 实现 CIMS 成本高, 不便形成平台技术, 不利于推广; 此外, 目前在过程控制中运行的控制系统以控制性能为指标, 没有将产品质量或工艺

要求作为指标进行优化控制, 因而产品质量差, 产品收率低, 生产成本低, 特别是国际黄金价格一再下调, 如何降低黄金生产成本成为黄金企业必须解决的关键问题。



五层体系结构

图 1 五层体系结构的 Purdue 模型

本文结合我国黄金生产行业的实际，率先将如图 2 所示的企业资源计划管理系统（ERP）/生产执行系统（MES）/过程控制系统（PCS）三级集成结构[2,6,7]应用于金矿企业，提出现代集成制造系统，并成功应用于辽宁省排山楼金矿，取

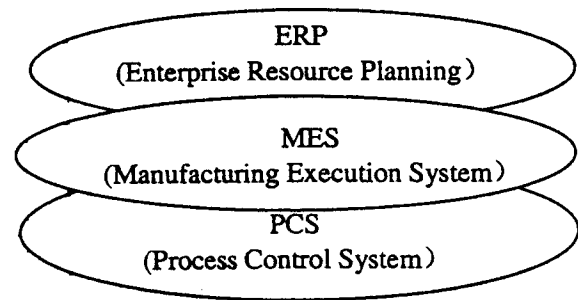


图 2 三级框架结构

得显著应用成效。

2. 金矿企业特点

2.1 生产过程

金矿的生产过程由采矿和选矿组成，采矿过程采用机械化铲运系统，选矿过程采用全泥氰化—炭浆法提金工艺，主要由碎矿、磨矿、浓密、浸出吸附以及提金工序组成。其中破碎工序采用三段破碎—闭路流程，磨矿工序采用两段磨矿两闭路流程，提金工序采用全泥氰化—炭浆法提金，经过高压解吸、电解得到高品位金泥送往炼金室冶炼。主要工艺流程如图 3 所示。

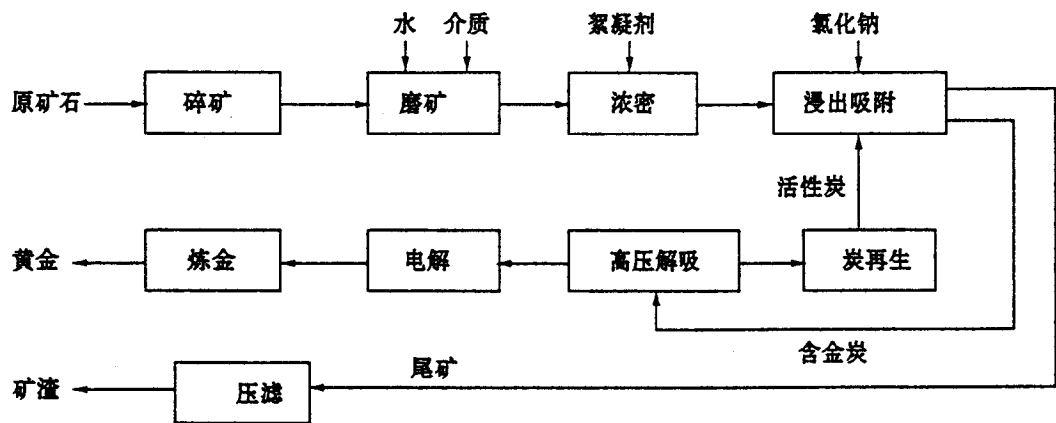


图 3 选矿工艺流程图

2.2 企业经营管理过程

目前国内的大部分金矿由于其组织机构基本上还采用传统的分立管理单元而且主要还是采用手工为主的工作方式，因此不利于提高金矿的信息综合处理水平及管理效率，企业的管理与决策对人的依赖性强，信息的收集、统计工作量大，数据的准确率不高，由下至上报送报表造成信息的传输滞后及失真，这些都不利于领导的正确决策与生产计划的制订与实施，不利于企业人、财、物资源的合理配置，不利于生产成本的分析、核

算与控制，从而不能保证金矿生产的稳定高效运行。

金矿主要业务部门的管理职能基本划分为：矿领导是企业管理的决策层，其主要职能是进行决策审核，批准矿生产年度、季度和月生产计划，为此，需要提供有综合信息查询等功能。生产计划处兼有生产计划、调度和档案管理的职能。生产计划处是全矿生产管理的指挥中心，行使计划、指挥、协调、控制等职能，为此需要快速准确地编制生产计划和物资需求计划、生产任务下达、

生产监控、生产统计等功能。供应库存处管理企业的供应、仓库、设备动力；负责全矿原材料、设备、备品备件的供应和保管，需要有建立设备台帐、设备状态监控、设备统计、编制设备维修计划、编制物资需求和采购计划、供应合同和供应商管理、物资供应统计及库存管理等职能。经营处主要负责全矿的资金及其它经济指标的管理，需要有帐务处理、成本核算、固定资产、财

务分析及财务监督等功能。

3 金矿企业现代集成制造系统结构

3.1 总体结构

采用 ERP/MES/PCS 三层框架，结合金矿企业实际，将信息技术与现代管理技术、先进的黄金生产工艺技术相结合，提出了如图 4 所示的现代集成制造系统的体系结构。

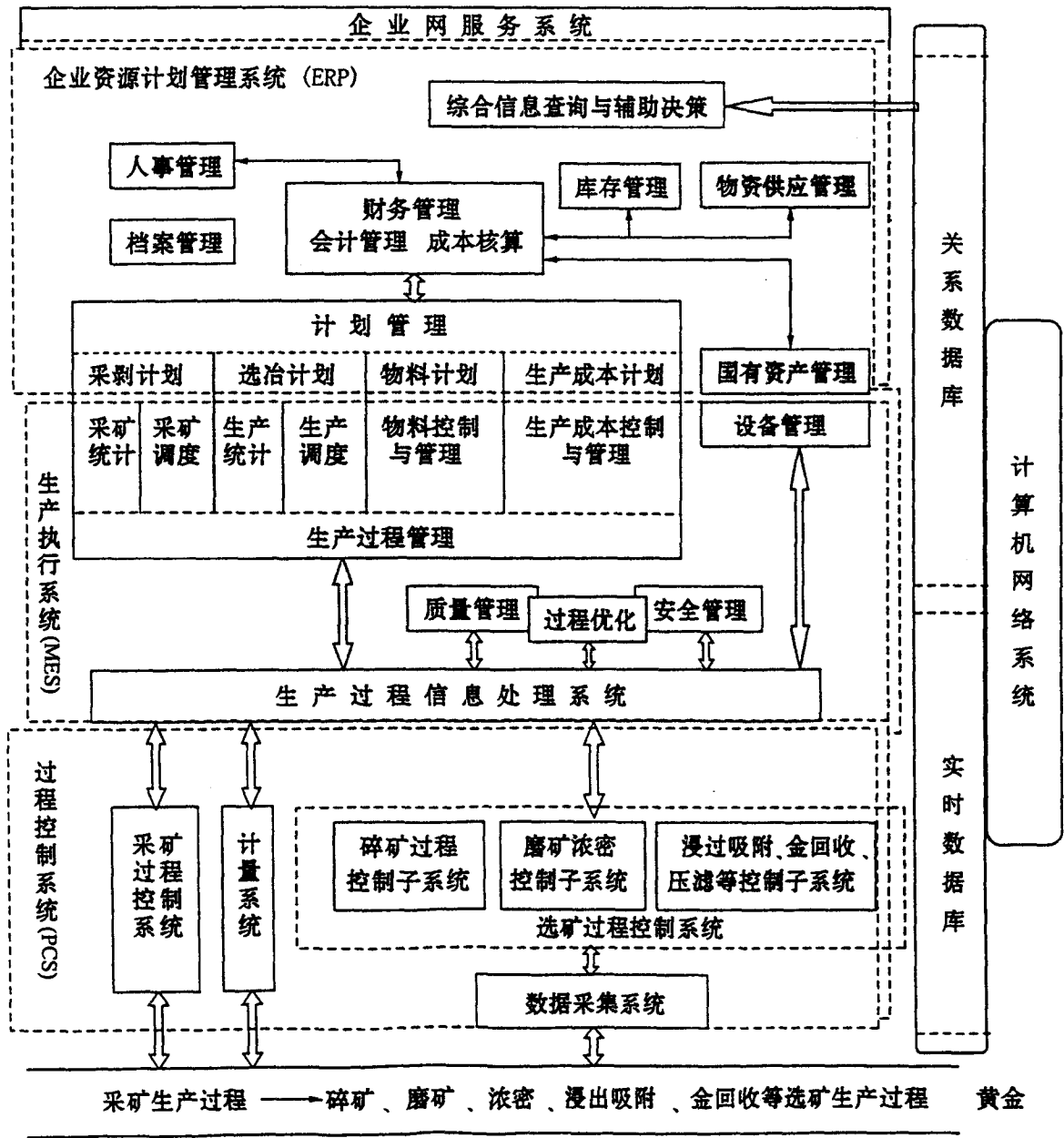


图 4 金矿现代集成制造系统体系结构

该系统由下列分系统组成：

企业资源计划管理系统 ERP 采用以财务分析决策为核心的整体资源优化技术，具有下列计划管理（采购计划、选冶计划、物料需求计划、成本计划管理等），财务管理（会计管理、成本核算）、人事管理、档案管理、固定资产管理、库存管理、物资供应管理和综合信息查询与辅助决策等子系统。

生产执行系统 MES 采用综合生产指标为目标的生产过程优化运行、优化控制与优化管理技术，具有下列以生产调度与生产过程数据统计与分析、物料平衡、生产过程成本核算与控制、地测采信息管理、过程优化、安全管理、设备管理、质量管理（化验）等子系统。

过程控制系统 PCS 采用先进控制技术和以产品质量和工艺要求为目标的智能优化控制技术包括采矿、碎矿、磨矿、浓密、浸出吸附、高压解吸电解、尾矿压滤等过程控制子系统与金矿生产过程多媒体监控系统；主要完成选矿生产过程的逻辑控制、顺序控制和回路控制功能，并为操作人员提供友好的人机交互监控功能，并对过程控制回路进行优化设定，以保证产品质量和工艺要求。

企业网服务系统、计算机网络和数据库组成的计算机支撑系统，通过 MES 和支撑系统实现了上述各个分系统以及电子商务系统的总体信息集成，以获得企业的总体效益。

3.2 功能描述

3.2.1 PCS 功能

将先进控制与以综合生产指标为目标的智能控制优化方法与金矿采用的先进金矿生产工

艺技术，如碎矿生产采用多碎少磨技术，选矿生产工艺采用全泥氰化—炭浆提金、高效浓密、高压无氰解吸电解、化学法金泥提纯、尾矿压滤干式堆存实现污染的零排放等相结合，提出了磨矿过程优化设定控制技术，磨矿粒度与负荷、氰根离子的软测量与推理控制技术，浓密过程的智能解耦控制技术，选矿过程中给矿量、磨矿浓度、溢流浓度、泵池矿浆PH值、浓密机界面高度、底流浓度等控制回路的自适应自整定PI控制技术，金矿生产过程多媒体监控技术，故障诊断、操作指导专家系统技术，EIC（电气、仪表、计算机）三电一体化计算机集散控制系统集成设计技术等，以此为基础研发金矿PCS。

PCS 主要以选厂计算机集散控制系统为基础，还包括电气与仪表系统及多媒体监控系统。通过工业控制网和实时数据库实现了碎矿、磨矿、浓密、浸出吸附、高压解吸电解、尾矿压滤等工序过程控制子系统的集成，主要完成选矿生产过程的逻辑控制、顺序控制（如主要电气设备的启动、停止、连锁、调速控制、设备状态报警等功能）和回路控制（如浓度、液位、料位、流量、压力、温度、pH 值等工艺参数的采集、工艺调节、报警等功能），并为操作人员提供友好的人机交互界面，将人与计算机结合起来，实现人对过程的干预和人与计算机的集成。

采用智能控制技术设计了过程监控与管理专家系统，实现过程监控与管理功能。管理功能由工况辨识模块、故障诊断模块和决策模块来完成。由工况辨识模块在线辨识各种运行工况，根据变化的工况，由决策模块通过过程优化子系统和回路控制系统改变控制策略，通过故障诊断模块迅速查明故障原因和异常工况，

通过运行操作指导专家系统，能够正确处理工况变化及异常工况，使系统具有强的自适应能力，在大范围内适应工况变化，保证系统安全、可靠、优化运行。

3.2.2 ERP 与 MES 功能

根据金矿的生产经营管理流程和组织机构特点，采用以财务分析决策为核心的整体资源优化技术研发金矿企业 ERP，保证企业的资源配置具有较强的动态性能。运用企业效益最大化资源配置优化与智能决策支持技术，ERP 的计划管理子系统以保证金矿企业利润指标为目标，进行有限能力计划，以使企业在可接受的成本条件下组织生产。主要包括：主生产计划、物料需求计划、能力计划、采购计划、销售执行计划、利润计划、财务预算和人力资源计划等。对企业的人、财、物各种资源和产、供、销各个环节实行有效的、合理的计划、组织、控制和调整，使它们在生产经营中协调有序地充分发挥作用。通过成本核算与控制实现了对计划、原料供应、产品销售、库存管理等的集成，达到既要连续、均衡地生产，又要最大限度地降低各种原料的仓储投资，提高企业整体效益。

采用物料控制与管理、生产过程成本控制与管理、设备监控与管理、生产调度和生产统计与分析等现代管理技术与金矿的生产过程管理流程和特点相结合，研发金矿 MES。以经济指标为目标的生产过程三优即优化运行、优化控制与优化管理技术是 MES 级的核心技术，以实现在线成本的预测、控制和反馈校正，以形成生产成本控制中心，保证生产过程的优化运行；以实施生产全过程的优化调度、统一指挥，以形成生产指挥中心，保证生产过程的优化控制；

以实现生产过程的质量跟踪、安全监控，以形成质量管理体系和设备健康保障体系，保证生产过程的优化管理。MES 的地测采信息管理系统通过地测采数据建立三维矿床模型，优化确定开采境界和剥采比，实现模拟开采，设计穿孔爆破方案和铲运调度方案，指导调度采矿生产，提高采矿生产效率，降低采矿成本。MES 通过金矿生产过程管理信息，对生产统计、生产调度、物料平衡、生产成本、设备、质量等进行实时管理。

3.3 集成功能

采用以企业目标为主导，以知识链为依托的 ERP/MES/PCS 三级结构的流程工业现代集成制造系统的集成技术将 ERP 分系统、MES 分系统和 PCS 分系统，通过网络和数据库分系统实现经营决策、生产管理、过程控制的现代集成，从而“强化管理”，提升管控一体化水平，提高企业生产效率，三层结构集成具体表现在：

1.提高生产计划、生产调度、生产统计、生产过程信息系统的生产指挥一条线的信息处理与信息反馈能力，实现生产组织（属于 ERP）、生产管理（属于 MES）、生产现场（属于 PCS）的三级生产信息的信息集成，提高生产计划制订水平，提高生产作业计划的效率，监控生产流水线的状态，通过生产数据统计管理，实现生产信息的反馈，为生产提供强大的数据支持。

2.财务计划、生产成本计划与生产成本动态控制系统以及生产过程信息系统实现集成，提高生产成本控制力度，通过目标成本的分解、落实、实际数据获取，建立生产成本动态反馈控制机制，监视成本各项指标的变化趋势，缩短成本指标的计算周期，强化成本的计划与控制。

3.设备管理一条线的信息集成,将设备的静态管理、价值管理、动态管理、设备检修、备件管理、DCS 提供的过程状态进行信息集成,加强设备大系统的优化运行、优化控制和优化管理,安全高效运行,为生产提供强有力的设备保障;

4.以信息编码为信息交换基础,实现各级数据库的协同存储交换,并建立以全局数据库为核心的全厂生产经营信息综合查询与信息交换机制,为领导决策分析提供企业数据支持平台,向生产决策与生产管理数据化、基于知识的模型化过渡,从而全面提升企业的生产经营管理与决策的能力与效果。

5.建立以千兆光纤骨干网络和企业级服务器为主要标志的计算机系统及网络系统,实现三层结构的物理集成,提供信息集成与功能集成的支撑平台,实现信息的汇集与干线传递,更好地进行办公自动化和企业网络服务,支持生产经营信息的有序流动与决策支持的信息收集与发布。

将 ERP/MES/PCS 三级框架结构应用于金矿现代集成制造系统,通过 MES 承上启下作用和计算机网络与数据库支撑系统,实现 ERP、MES、PCS、企业网服务系统的集成。MES 将生产过程控制有关信息、经营管理信息以及生产管理信息进行传递、存储和加工处理。实现了 ERP 的生产计划、MES 的生产调度、生产统计与分析、PCS 的生产过程数据实时采集的集成;ERP 的生产过程成本计划、MES 的生产过程成本核算与控制、PCS 的生产过程的物料、能源消耗数据实时采集的集成;ERP 的物料需求计划、MES 的生产过程物料平衡、PCS 的生产过程物料进、消、存数据实时采集的集成;ERP 的固定资产管理、MES 的设备管理、PCS 的设

备监控的集成;ERP 的采矿生产计划、MES 的采矿生产调度(穿孔爆破、铲运调度)、开采境界和剥采比的优化确定、PCS 的地测采数据实时采集的集成。这样通过人机交互方式,可以对生产经营过程的物料、生产过程成本、设备、生产计划进行实时的反馈控制,大大降低了生产成本,提高了生产与管理效率。

计算机支撑系统的计算机网络包括管理网与实时控制网;通过管理网实现 ERP 的各个子系统之间的信息集成;通过实时控制网实现 PCS 内各过程控制子系统的集成;管理网与实时控制网的互联就实现了 PCS 和 ERP 的物理集成。采用光纤做主干网,通过交换机实现 100M 高速以太交换网,各子网内通过交换机实现 10M 以太交换网,具有较强的可扩展性。管理网与实时控制网均选用 Windows NT 作为网络操作系统。

数据库系统包括实时数据库和关系型数据库,选用 SQL Server 作为主体数据库管理系统,用于构建客户/服务器的应用模式。通过采用开放数据库互连技术,实现了异构数据库的数据库级共享透明访问。

采用了基于 Browser/Web Server/DB Server 三层结构的最新的 Internet/Intranet 技术和服务,建立了金矿企业网服务系统,旨在提升企业信息服务和业务处理水平。企业网服务系统不仅在企业内部形成了完整的信息共享网络服务体系,而且使企业与外部世界连成一体,随着电子商务的蓬勃发展,EDI 系统的完善,金矿将能通过 Internet 进行网上销售和采购设备、物资等商业活动,提高企业运作效率,为企业创造更大的效益。