

科技论文集

(一九九〇年度)



机电部设计研究院

前言

目 录

前言

1.高科技在工程设计中的应用	肖洪芳(1)
2.工厂设计是推广应用工业工程的重要领域	王家善(4)
3.地震区高层建筑结构设计几个问题的探讨	陈远椿(6)
4.关于翠微居住区规划设计的思考	费 麟(12)
5.美国卡特彼勒公司的机加工工艺	冯章汉(17)
6.高层建筑空间协同计算程序编制中若干问题探讨	邓藩荣(25)
7.PESCAD 系统成图原理	芮继东(31)
8.BAC 工业微机控制装置在方庄供热厂工程中的应用	苏振娟 李 刚 陈 璐(38)
9.施工升降机结构的有限元计算	陈昶等(47)
10.参数化设计的通用工具包 PDTOOLS	刘 炜(53)
11.一种计算机自动编程工具——SJCL 生成服务器简介	潘 康 郭晓春(59)
12.MRP II 管理思想与方法——计算机辅助企业管理的理论基础	陈启申(62)
13.我国大锻件生产发展方向的探讨	底学晋(69)
14.LF 钢包炉的搅拌功计算及吹氩搅拌脱氢的效果探讨	张树藩 王纯碧(78)
15.PC 在国内铸造机械化方面的应用	周 振(86)
16.国内外重机行业焊接工艺发展现状及趋势	冷加工焊接组(90)
17.正压气淬真空热处理炉及其应用	姬月河(98)
18.亚运会朝阳体育馆组合索网屋盖	蒋兆基等(103)
19.亚运会石景山体育馆组合双曲抛面网壳屋盖结构	顾年生等(111)
20.灵活厂房建筑体系探讨和一个新体系的设计简介	胡有特(119)
21.某市内航空货运库结构造型	王 颖 崔鼎九(125)
22.室内环境艺术的审美情趣	成湘文(132)
23.南国文化与海南建筑	曹亮功(135)
24.线、面、体与建筑形式美好的表现——朝阳体育馆设计随笔	孙宗烈(141)
25.新型体育木地板的设计与应用	蔡鹤年 张振声(145)
26.体育馆的色彩设计——石景山体育馆装修设计体会	王 君(147)
27.新型体育馆在我国的实践	蔡鹤年(149)
28.照明微电算机辅助设计(照明 CAD)	陈祖贤(152)
29.电压、电流畸变波的 CAD 高次谐波测定	陈祖贤(160)
30.小型热电厂厂用电经济性、可靠性研究	曹承亮(169)
31.让亚运之声传遍全球——石景山、朝阳体育馆弱电设计	单既来 全 岩(172)
32.建筑物防雷的安全距离计算式	林维勇(176)

33.让新光源、新设备、新技术为亚运增光添彩	莫善在(181)
34.北京重型机器厂废水再生回用水站生产实验报告	黄晓家等(190)
35.机械工业含油污泥处理的研究	黄晓家(197)
36.应用小时变化系数计算生活供水设备能耗量的计算	廖耀青(201)
37.射流送风在朝阳体育馆的运用	汤国良(208)
38.高柔型电气设备地震振动的控制	周书瑞(211)
39.高压开关设备抗震考核中的三个问题的探讨	鲍 臻(219)
40.新规范对单层工业厂房结构的抗震构造设计的规定	裘民川(224)
41.梁腹具有圆形孔洞梁的抗震性能及其设计方法	殷芝霖 李玉温(232)
42.扁梁结构的抗震性能及其设计方法	殷芝霖 曹瑞金(251)
43.多层内框架砖房的抗震设计	徐 建(264)
44.降低低频脉动气流噪声的消声装置	李芳年(269)
45.北京石油院锅炉房的噪声控制设计	张 青(274)
46.噪声方面结构的主观评价研究	傅立新等(279)
47.高大厂房吸声减噪设计与评价	汪明清 周 茜(282)
48.椭圆形三角形体育馆声学设计	周 茜(287)
49.XQW-LG 型高效旋风除尘器的研究	黄贵银 王素芳(291)
50.15t/h 电弧炼钢炉排烟净化系统	许居 鹤 李恒林(297)
51.冲天炉除尘技术概况	马炳权(304)
52.介绍几种新型水泥路面结构和施工方法	陈 丰(309)
53.水泥混凝土路面的连接、加固和维修	陈 丰(315)
54.工业锅炉除氧技术	舒世安 武 洁(321)

CONTENTS

Foreword

1. Use of High-Technology in Engineering Design Xiao Hong-Fang(1)
2. Plant Design, an Important Field for Popularizing Industrial Engineering.
..... Wang Jia-Shan(4)
3. Research of Problems into Highrise Structural Design in Seismic Region.
..... Chen Yuan-Chun(6)
4. Considerations of Planning Design for Cuiweiyuan Residential District. Fei Lin(12)
5. Processing Technologies of Caterpillar Corp. USA Feng Zhang-Han(17)
6. Research of Problems into Highrise Spatial Coordination Computation Program.
..... Deng Pan-Rong(25)
7. Principle of Graphic Creation for PESCAD System. Rui Ji-Dong(31)
8. Use of Industrial Microcomputer Control Device in Fangzhuang Thermal Station.
..... Su Zhen-Juan, Li Gang, Chen Lu(38)
9. Finite Element Calculation for constructional Elevator Structure. ... Chen Chang et al(47)
10. A General Tooling Package PDTOOLS for Parametric Design. Liu Wei(53)
11. An Auto-programmed Tool for Computer. —Introduction of Creator SJCC
..... Pan kang, Guo Xiao-Chun(59)
12. Management Thought and Method MRP II —Theoretical Basis of CAM
..... Chen Qi-Shen(62)
13. Research into Development of Domestic Heavy Forging Production.
..... Di Xue-Jin(69)
14. Calculation of Stirring Work for LF Ladle Refining Furnace and Research into the
Effect of Argon Blowing, Stirring and Dehydrogenization.
..... Zhang Shu-Fan, Wang Chun-Bi(78)
15. Use of PC in the Field of Domestic Foundry Mechanization. Zhou Zhen(86)
16. Developmental Situation and Trends of Welding Technology for Heavy Machinery
Trade at Home and Abroad. Welding Section(90)
17. Vacuum Heattreatment Furnace with Positive Pressure and Air Quenching and Its Use.
..... Ji Yue-He(98)
18. Composite-Grid Roof of Chaoyang Gymnasium for Asian Games.
..... Jiang Zhao-Ji et al(103)
19. Composite-Hyperbolic-Grid Roof Structure of Shijingshan Gym-nasium for Asian
Games. Gu Nian-Sheng et al(111)
20. Research into Flexible Plant Building System and Introduction of a New Design System.
..... Hu You-Te(119)

21. Choice of Structural Version for Air Cargo Warehouses of a Certain City.
..... Wang Ying, Cui Ding-Jiu(125)
22. The Aesthetic Interest of Indoor Environmental Arts. Cheng Xiang-Wen(132)
23. South China Civilization and Hainan Buildings Cao Liang-Gong(135)
24. Line, Surface, Body and a Good Expression of Building Style. —A Jotting for the Design
of Chaoyang Gymnasium. Sun Zhong-Lie(141)
25. Design and Use of a New Floor Board for Physical Exercise.
..... Cai He-Nian, Zhang Zhen-Sheng(145)
26. Color Scheme for Gymnasiums. —Design Experiences in Decoration of Shijingshan
Gymnasium. Wang Jun(147)
27. Practice of New Styles of Gymnasiums in China. Cai He-Nian(149)
28. Microcomputer Aided Design of Lighting (lighting CAD) Chen Zu-Xian(152)
29. High-Frequency Harmonic Measurement CAD of Distorted Waves for Potentials
and Currents. Chen Zu-Xian(160)
30. Investigation on Economical and Reliable Power Supply for Small Thermal
Power Station. Cao Cheng-Liang(169)
31. Let the Voice of Asian Games Spread over the World. Shan Ji-Lai, Jin Yan(172)
32. A Safety-Distance Computer for Lightning-Proofing of Buildings.
..... Lin Wei-Yong(176)
33. Adding Luster to Asian Games with New Lighting Sources, New Devices and New
Techniques. Mo Shan-Zai(181)
34. An Experimental Report on Waste Water Recovery Station of Beijing Heavy Machinery
Works. Huang Xiao-Jia et al(190)
35. Investigation on Oiled-Slurry Treatment for Machinery Industry.
..... Huang Xiao-Jia(197)
36. Calculation of Energy Charge for Domestic Water Supply Devices by the
use of Hour-Variation Coefficients Liao Yao-Qing(201)
37. Use of Sprayed Air-Feed in Chaoyang Gymnasium. Tang Guo-Liang(208)
38. Control of Seismic Vibration for Highly Flexible Electrical Appliances.
..... Zhou Shu-Rui(211)
39. Research of Three Problems into Anti-Seismic Examination for High Potential
Switches. Bao Zhen(219)
40. Provisions of the New Regulation of Anti-Seismic Structural Design for Single-Story
Industrial Plant Building Structure. Qiu Min-Chuan(224)
41. Anti-Seismic Properties of Beams with Circular Holes in Ribs and Its Design
Method. Yin Zhi-Lin, Li Yu-Wen(232)
42. Anti-Seismic Properties of Flat Beams and Its Design Method.
..... Yin Zhi-Lin, Cao Rui-Quan(251)
43. Anti-Seismic Design of Multi-Story Internal Frame Brick Buildings.

- Xu Jian(264)
44. Noise Elimination Device for Lowering of Low Frequency Pulsating Air-Stream
Noises Li Fang-Nian(269)
45. Noise Control Design for Boiler Station of Beijing Petroleum Institute.
..... Zhang Qing(274)
46. Investigation with Subjective Appraisal on Noise Structure. Fu Li-Xin et al(279)
47. Noise Absorption and Elimination Design of Large Plant Building and Its
Appraisal. Wang Ming-Qing, Zhou Qian(282)
48. Acoustics Design of Elliptical and Trigonometrical Gymnasiums. Zhou Qian(287)
49. Investigation on Efficient Cyclone Model XQW-LG.
..... Huang Gui-Yin, Wang Su-Fang(291)
50. Smoke Removal / Cleaning System for 15t / h Electric Arc Furnace.
..... Xu Ju-Wan, Li Heng-Lin(297)
51. General Situation of Dust Removal Technique for Cupolas. Ma Bing-Quan(304)
52. Introduction to Several Kinds of New Cement Pavement Construction and
Operational Method. Chen Feng(309)
53. Connection, Strengthening and Maintenance of Cement Concrete Pavements.
..... Chen Feng(315)
54. Deaeration Techniques for Industrial Boilers. Shu Shi-An, Wu Jie(321)

高科技在工程设计中的应用

肖洪芳

一、什么是高科技?

应该说是尖端科技或先导科技,至今没有明确的统一的定义以及应包括那些内容。美国《商业周刊》认为高科技包括信息处理、通信、半导体、机器人和生物工程等。而日本《机械工业海外情报杂志》则认为,高科技是处于当今科学技术最前端的技术群,以这类技术为核心,正在形成新的工业。日本把核聚变、宇宙开发、海洋开发、生命科学、极限科学技术、材料科学技术、信息电子技术作为今后的七大先导及基础科学技术,归纳来说就是三种,即微电子、生物工程以及新材料、新能源。

这三类高科技已经使当今世化经济生活起了根本的变化。处在两个层次经济发展(2000年国民生产总值翻两翻以及21世纪中期人均国民生产总值达到中等发达国家水平)中的中国人民,必须充分发展和应用这些高科技,才能保证建设的高速度,才能迅速建成一个四个现代化的社会主义强国。

由于高科技涉及整个经济领域,本文仅能局限于机械电子工业建设及其工程设计范围作一些探讨。

二、国外高科技在机械电子工业建设中的应用。

国外很重视高科技的开发和应用。在机械电子工业则最突出的还是电子技术,计算机及应用软件。机电制造业已从相互分离的计算机辅助设计、辅助制造、计算机管理、检测技术等向综合系统发展。在加工上,从单体数控机床、柔性制造系统向自动化工厂进展。

汽车制造厂过去是典型的少品种、大量生产的工业,主要使用专用机床、流水线生产。使用电子、计算机等新科技后,已变成多品种生产了。如日本日产汽车公司在60年代初只生产3种车型。到了80年代用了新科技,可有14个车型及很多变型,加起来可生产1000以上个样式。一个月生产的汽车中,完全相同的顶多10台。靠新科技建立高效的信息网络(LAN),就实现了零库存的准时生产制度(JIT),减少了仓库,加快了流动资金周转。

现在还应用人工智能、专家系统等新科技,实现了更高的生产自动化,夜间无人运转。例如美国G.E.公司机车厂是一个有75年历史的工厂。经过现代化改造,建立了综合计算机系统,成为一个“无纸工厂”,生产的一切信息都通过计算机系统传输。该厂采用柔性加工系统生产电机壳,不需调整就可加工10种机壳,加工一件或100件,成本没有差别。日本

的森精机工业公司生产两种系列 252 个变型的数控车床, 使用数万个另件, 在两个工厂内生产。他们以计算机为中心, 将仓储、物流、生产结合成一个自动化整体, 最大限度地提高了各生产单元的能力, 在夜间实行了无人管理的自动化生产。

三、高科技在我国机械电子工业工程设计中的应用。

高科技范围很广, 并且有不同层次。对于产业部门之一的机械电子工业, 尤其缩小到设计系统来说, 主要是偏重于高科技的具体应用, 而且在应用范围上主要在某些高科技。诸如, 微电子技术方面用得更多一些, 而对于新材料、新能源以及生物工程则用得较少, 甚至还没有开始。但是就是已开始应用较多的方面, 总的说来也还处于起步阶段, 虽然已对工程设计技术起了很大的促进。展望今后新科技的进一步的推广应用, 定会对设计技术有根本性的转变。

微电子技术是目前工程设计中主要应用的高科技, 解决了很多过去靠普通科技解决不了的问题。例如: 结构计算, 过去有些复杂计算, 长时间也算不出来, 用计算机就可以很快算出来。多数则是提高了效率, 实现自动化。

目前, 微电子技术在机电工程设计中已经有了多方面的应用, 向机电仪一体化方面发展, 主要有:

- 中小批量的生产和复杂零件的机械加工, 采用自动化控制或局部自动控制, 用得非常普遍。从采用单台数控机床, 一直到加工中心,

并开始进入柔性加工系统的应用。

- 在产品质量要求很高和劳动条件恶劣、危害人身健康的作业中, 如显象管玻壳生产、焊接、油漆和产品装配作业中, 已采用机器人代替人工劳动。

- 电视机生产中线路板的插装和线路板的多层印刷技术, 只有应用高技术才能实现。

- 工业锅炉房已经开始采用微机控制操作, 使运行最佳化。制氧过程采用微机控制, 根据出率自动调节, 减少排空损失, 可以节约能耗 4~14%。空调设备采用计算机控制, 也可起到节约能耗的作用。

- 另外, 还有运用计算机进行生产参数的遥测和遥控, 防火、防盗的报警系统等。

- 在企业现代化管理方面, 包括成组技术的应用, 计算机辅助制造, 生产管理方面, 也开始发展。

在设计单位自身的设计工作和管理工作方面, 应用计算机的范围也在逐步扩大, 主要有:

- 运用计算机进行科学运算和数据分析, 代替了一部分手算的方法, 如建筑结构计算、概预算编制, 科研试验数据的处理分析等。

- 计算机辅助设计和制图。许多设计方案比较、物流动态模拟、三维模型、多向投影等已经借助计算机实现。设计单位用计算机绘图的比例正在逐步提高, 有的已达到制图总数的 20%。

- 勘察设计单位的计划、经营、人事、财务、资料等管理比较普遍地应用了计算机。

新材料新能源:

在这方面, 机电工业勘察系统设计系统刚开始应用, 应用面较之微电子就少得多, 例如:

①在第二汽车厂的电气系统中，已经开始应用光导纤维电缆，总长虽然只有几公里，可能是机电行业使用光纤材料的第一家。

②在各种工业炉窑中，已较普遍地采用硅酸铝耐热纤维代替部分炉窑砌体。这样的代用就使工业炉窑升温快，效率高，造价低，燃料省，体积小，加上工业炉窑已开始采用微电子作自动控制，使工业炉窑的面貌一新。

③用于材料及重型零件的检验，开始采用电子直线加速器的高能量射线探伤检验，这样就提高了检验速度及准确性。而且检测厚度有了突破。

④激光的应用在机电行业也有一定推广。诸如激光切割、激光焊接以及激光热处理等等。

等离子体的应用也有类似情况，也较普遍地用于高合金的切割、焊接等工艺上。

关于生物工程方面，目前在机械电子工业范围内，尚未发现有应用的实例，但从环保工程中，诸如污水处理就是一个生化过程，将来有可能利用生物工程的成果加以应用，还会有一定的发展前途。

四、当前开展高科技在工程设计中应用的问题。

高科技的应用，一般都能大大提高质量、效率及效益，但是在开始推广时，还会出现不少问题。最常见的有四个方面：

①高科技的应用，一般都存在着需要一定的资金及较长的开发周期，尤其在应用初期，常常在经济效益上并不显著，甚至没有效益。象数控机床、加工中心、柔性生产线在国外已较普遍。但对我国目前体制，生产很不集中，生产规模较小，需要资金很大（某重机厂进口一台数控龙门铣化了百万美元）的这类技术就很难采用。同时当前设计体制容易助长短期行为，对开发高科技的应用是一大障碍。

②高科技的来源，不仅要靠独立自主、自力更生，靠自身开发，但显然是不够的。这样效率低，见效慢。更重要的是靠吸收世界上的高科技成果，在实际生产中推广应用，而这些高科技成果常常伴随着国外技术引进而来。目前设计体制是设计人员很少有机会参与引进全过程，工厂又存在严重的技术封锁，互不通气，也是推广应用高科技的障碍。

③现在工厂勘察设计市场是买方市场，竞争激烈。而对技术有决定权的是买主，是建设单位。一般买主都不希望他的项目中采用目前尚未完全有把握的新技术，强调的是既要先进，又要落实，设计单位又缺乏试验手段（有些大项目也难以试验）来证实效果，取得把握。这样，又何来勇气把一般都处于创试阶段的高科技用到要求“百年大计、质量第一”的工程建设中去呢？

④高科技用到工业生产中去，还会碰到一些困难，尤其对于那些具有复杂精密装备的高科技，更难以解决，常常不会维护、修理，容易发生不应有的事故。

五、今后在工程设计中应用高科技建议注意的问题。

1、在工程设计中推广高科技的应用，必须从实际出发，从国情出发，要讲究实效。不要为高科技而高科技，而是要提高工业产品质量，提高工业生产水平，提高工业企业效益。

例如我们机电工业配备各种电子计算机数量不少，但往往由于选用时目标不明，没有可行性研究，带有盲目性，加以配套软件的开发没有相应跟上，因此电子计算机应用比例很小，同发挥应有的作用距离太大。倒是有很多的机电设备采用了微电子的最简单的单板机反而起到了很好的作用。现在我国不少工厂都利用微电子技术配到原有的机电设备上来改造原有的机电设备，一般效果都很好，看来这是符合我国国情的。

2、在推广高科技应用同时，必须注意常规工艺技术的提高。

高科技应和常规科技相辅相成。高科技是要立足于常规工艺技术的，柔性加工也是以常规机床，工具为基础。否则也不可能发挥高科技的作用和效益。为了推广高科技的应用，对现在日常的常规工艺技术必须有规划有步骤地加以研究提高，为高科技的应用打下一个坚实的基础。

高科技在我国的应用，尤其在机械电子工业方面的应用，从总体来说，还处于一个起步阶段。只要我们从中国国情出发，依据国家的技术政策统一规划，逐步实施，高科技在我国机械电子工业工程设计中的应用，必然会迅速发展起来，对国家的建设事业起到非常重要的作用。

工厂设计是推广应用工业工程的重要领域

王家善

今年6月，中国机械工程学会召开了我国第一次工业工程学术会议，并成立了工业工程研究会。这是我国推行和发展工业工程的良好开端。

工业工程(IE)创始于美国，发源于机械工程，是根据泰勒等人所进行的研究以及所建立的科学体系发展而成的，至今已有近百年的历史。第二次大战后，新技术、新观念、新方法不断出现，特别是统计学、运筹学、电子计算机的发展，使工业工程得到了快速的发展。据认为，工业工程是工程学术领域中成长最快，而且也是变化最快的一门学科。

什么是工业工程？美国工业工程师学会(AIIE)的定义是：“工业工程是对于由人、物料、信息、设备和能源所组成的集成系统进行设计、改进和设置的一门学科，它综合运用数学、物理学和社会科学的专门知识和技能，以及工程分析和设计的原理和方法，对这种系统所获得的结果进行确定、预测和评估”。

从这个定义看，工业工程是对一个系统的各种相关条件和要求进行综合权衡寻求最优解的技术。它属于工程学的范畴，与一般工程技术同样需要进行观察、实验、测定、分析、设计等等。但一般的工程学科(如机械工程、土木工程)，彼此比较独立，专业面较窄，在研究上追求深度。而工业工程的特点是涉及的学科多，范围广，系统性、综合性比较强，而且更多地具有管理的特征。工业工程又不同于一般的管理，它不是研究在一定生产环境中具体的某项生产管理活动，而是关于分析、设计生产系统使之有效运营的技术。因此，国外一些

高等院校的工业工程专业都设置在工程院系。我国的高等院校目前还没有工业工程的专业，但在一些理工院校已经开设了一些工业工程的课程。

根据美国《工业工程手册》的介绍，最公认的工业工程的范围有以下几项：设施规划与设计；方法工程；作业系统设计；生产工程；管理信息与控制系统；组织分析与设计；经济分析；运筹学；工作测定；工资管理；质量保证。

可见，“设施规划与设计”是工业工程的一个重要组成部分，也可以说是工业工程的一个重要分支。“设施设计”是工厂设计对象向非工业设施的延伸，是由工厂设计发展形成的，所以工厂设计的发展与工业工程的发展密切相关。据介绍，国外传统的工厂设计主要包括三项活动，即操作法工程（包括动作研究等）、工厂布置和物料搬运。1982年版美国《工业工程手册》中，“设施设计”的内容则包括：场址选择、物料搬运、仓储、能源管理、办公室布置。国外的设计咨询公司都有工业工程师运用工业工程的技术。我国工厂设计单位所实际从事的工厂设计范围，除上述内容外，还包含了工业工程的其它领域，如作业系统设计、生产工程、管理信息与控制系统、经济分析等。该手册所列举的32种管理技术（见附表），大部分可以在我国工厂设计中应用。

附表 32种管理技术的普及程度

名次	技术名称	经常采用的公司比例(%)	名次	技术名称	经常采用的公司比例(%)
1	方法研究	87	17	计算机程序	26
2	工作测定(直接劳动)	79	18	项目网络技术	26
3	奖励	71	19	计划网络技术	25
4	工厂布置	66	20	办公室工作测定	23
5	表格设计	66	21	动作研究的经济效果	21
6	物料搬运	58	22	目标管理	21
7	信息系统开发	58	23	价值分析	19
8	成本与利润分析	56	24	资源分配网络技术	15
9	工作测定(间接劳动)	51	25	功效学	12
10	物料搬运设备选用	46	26	成组技术	12
11	组织研究	43	27	事故与可操作性分析	12
12	职务评估	42	28	模拟技术	12
13	办公设备选择	41	29	照相与影片摄制	7
14	管理的发展	38	30	线性规划	7
15	系统分析	33	31	排队论	6
16	库存控制与分析	31	32	投资风险分析	6

我国的工厂设计，起初是学习苏联的模式，但实际上已经包含有早期工业工程的方法，如厂址选择、工艺分析、工时定额、技术经济论证等。改革开放以来，工厂设计单位陆续引进了一些现代工业工程的技术，如物料搬运分析、系统布置设计、成组技术、计算机辅助设

计、可行性分析、企业管理信息系统等，并得到了一定程度的应用。也先后派出一些设计人员去国外学习工业工程。但从总体上说，我国的工厂设计还是以传统的设计方法为主体，在观念、方法、组织上还没有形成工业工程的体系。多数设计人员还不知道“工业工程”这一学科名称。当前，我国的工业企业劳动生产率低，经济效益不高，潜力很大。工厂设计的目标就是要寻求企业建设或改造的总体优化方案，用较少的投入，达到好的经济效益。这正是工业工程追求的目标。工业工程的技术在工厂设计中是大有作为的。

要在我国工厂设计中推行工业工程，要从我国的实际出发，做许多艰苦的工作。首先要宣传和普及工业工程，使各级领导和管理人员了解工业工程，认识工厂设计在推广应用工业工程中的地位，理解工业工程对提高设计水平的作用。目前，一些管理部门甚至一些领导同志，把工厂设计仅仅看成是“盖房子”，这实在是一个误解。工厂设计对最佳地运用人力、物料、设备、能源，提高经济效益和社会效益的作用是不容忽视的。

其次，要培训工业工程的技术人才。除了在高等院校正规培训工业工程的预备人才外，对在职的设计人员进行继续教育是重要的途径。尤其是设计单位的项目主任工程师和工艺、总图运输、技术经济人员，学习若干门工业工程的课程或接受短期培训，学以致用，将取得显著的效果。设计单位的工艺设计人员，掌握工艺技术的深度总是比不上工厂的技术人员，真正的优势在于系统设计的方法，这正是工业工程的精髓。工厂企业对设计单位的要求也往往在这一方面。

发展工业工程，贵在实践。希望领导部门能够确定一批课题和项目，在资金和装备上给以一定支持，为设计单位应用工业工程创造条件。也希望工厂企业欢迎工厂设计单位的合作和帮助，用工业工程技术改造生产和管理系统。这样，在我国推广应用工业工程是有着非常广阔的前景的。

地震区高层建筑结构设计几个问题的探讨

陈远椿

摘要 本文是笔者对在近年来接触到的高层建筑设计中的几个问题的粗浅看法。这些问题是如何处理地基土震动的卓越周期与结构自振周期的关系，以避免地震时发生类共振现象，加剧震害；关于过渡层做法的一个设想；以及关于复杂平面形状建筑的处理方法。这些看法也许不全面甚至错误，笔者所希望的是起到抛砖引玉的作用。错误之处，不吝指教。

一、如何处理好土震动卓越周期与结构自振周期的关系

Seed 与 Alonso 在 1967 年的加拉加斯 (Caracas) 地震中断定，建筑物本身与其下面的土壤之间的准共振，对观察到一些困惑不解的破坏方式提供了最好的解说。

日本的地震工程学家金井清教授在分析了日本的许多震害后，也认为当地震的卓越周期与结构的固有周期相近时，就发生类似共振的现象，因而使震害加剧。关东大地震时，东京近郊场地是硬土，卓越周期为 0.3~0.4 秒，四层建筑物的固有周期也是 0.3~0.4 秒，破坏最为严重；而市区，场地土较软，卓越周期为 0.5~1.0 秒，固有周期为 0.6~0.9 秒的八至十层建筑物破坏最为严重。

1985 年墨西哥城的地震，也观察到地震动卓越周期与房屋结构固有的周期接近引起共振现象，使一批 6 层以上的钢筋混凝土框架房屋严重破坏。

1976 年我国的唐山地震中，天津附近的塘沽地区 4~5 层混合结构住宅震害很轻微，而 6~10 层框架结构破坏却相当严重，原因也是场地土的卓越周期为 0.8~1.2 秒，正好与 10 层左右的框架的自振周期接近，比多层砖混结构的自振周期 0.2~0.3 秒长的多。

这些震害的现象，提醒我们在地震区的结构设计中，要尽量避免结构的自振周期与场地土的卓越周期相接近，以免引起共振，加剧震害。

从概念上讲，似乎只要在短周期的场地上建造长周期的建筑（柔性建筑），在长周期的场地土上建造短周期建筑（刚性建筑），就可以解决共振问题。实际工程中，事情往往复杂得多。采用什么样的结构，往往不是结构师一个人说了算。由于建筑功能与造型的需要，有时不得不在硬地基上建造刚性建筑，在软地基上建造柔性的建筑。其结果就可能出现结构的自振周期与场地土的卓越周期相接近的现象。如何处理好结构自振周期与土震动卓越周期的关系，就成了地震区高层建筑结构设计的一个重要课题。

一般地说，工程中可能碰到四种情况：

刚性建筑建在硬地基上；

刚性建筑建在软地基上；

柔性建筑建在硬地基上；

柔性建筑建在软地基上；

对于第二、三情况，一般不会发生共振现象；第四情况也比较好处理，因为增大柔性建筑的刚度比较容易。但是，需要指出的是，由于一些非结构件（如填充墙等）的影响，柔性建筑的周期实际上要短的多。英国的 D.J.Dowrick 认为填充墙对框架结构的基本周期影响很大，有一个实例，考虑填充墙后，周期从 1.92 秒降到 1.2 秒，减少了 40%。美国的 Lamar 和 Fortoul 则认为框架填充墙后，周期可小 3~4 倍。因此，对于建造在硬地基或软地基上的柔性建筑，尽管比较容易处理，但在调整其刚度时，也还是要仔细地对待，特别要注意填充墙的影响。

比较难处理的是建造在硬地基的刚性建筑。理想的办法是削弱刚性建筑的刚度。削弱刚度的办法不外有三种：一是把刚性建筑改成柔性建筑，这受抗震要求和建筑功能的限制，不易做到；其二是在满足抗震要求下，去掉一些刚性构件（如减少剪力墙），这有时也要受到建筑功能的限制，不是所有情况下都能做到的；其三是设法削弱建筑一些刚性构件的刚度（如在剪力墙上开洞）以达到削弱整个建筑物刚度的目的。但究竟能否达到预期目的，要具体情况具体分析了。

我们设计了一栋十三层 44 米高的建筑，场地上的卓越周期为 0.539 秒。本来做框架结构是很合适的。但建筑功能上的要求，下面三层是要求有较大空间的公共活动场所，上面十层是公寓，由于房间平面布置的要求，建筑不希望有柱子。所以采用了框支剪力墙结构。由

于是建在硬地基上的刚性建筑，我们试图采取在剪力墙上开洞的办法，来削弱建筑的刚度。计算结果如表 1 所示。

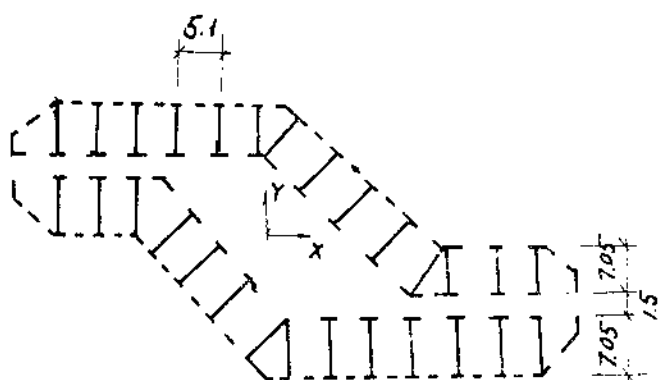


图 1 某框支剪力墙结构平面

表 1

	Tx	Ty
横墙不开洞	0.38	0.49
横墙开 3 * 2.0m 洞	0.4	0.52
横墙开 5 * 2m 洞	0.61	0.75

三种情况的转角和位移都差不多，只是配筋不同。从计算结果看，开 5m 大洞以后，Tx 增加了 0.21 秒，Ty 增加了 0.26 秒，似乎有些效果，但 Tx 还是接近卓越周期。开 3m 洞 Tx 较不开洞增加 0.02 秒，Ty 增加 0.03 秒，没有多大差别。总的看来效果不大。

此外，剪力墙开洞还会带来其它一些问题。

首先，开洞墙还得填上，这样刚度又增大了，其周期可能又接近没开洞的。其次，由于回填材料的膨胀系数与混凝土不尽相同，洞口四周会形成收缩裂缝，洞开得越较大，越严重。这给房屋的使用带来许多问题，建筑师是很反对的。最后，墙体开洞给设计与施工都带来不少麻烦。在这种情况下，不如顺其自然，加大其刚度，缩小其自振周期，以与卓越周期保持一定距离。考虑到计算的结构自振周期较实际的要小，另外硬地基对地震反应的放大应用远不如软地基，刚性建筑的自振周期与硬地基的卓越周期有 0.1 秒以上的差别就可以了。当然，高层建筑结构的抗震设计是十分复杂的工作，每一个环节都要仔细推敲，这里谈的只是其中一个比较重要的环节。

二、一种过渡层方案的设想

过渡层的刚度直接影响底层大空间剪力墙结构的变形，并影响框支柱与落地剪力墙的内力分配与位移。常见的过渡层做法，不外是厚板结构和梁板结构。厚板结构过渡层楼面内刚度较梁板结构大，对均匀地传递上层传来的剪力墙有益，框支柱受的剪力，不会因楼板变形过大而增加过多。但是厚板结构费料较多，也多占了一些空间，国内设计的一些工程用的少。梁板结构用料较省，但是从受力及构造上看有以下一些问题：

1. 平面内刚度差，强震下楼板变形显著，楼板在框支柱区段内位移增大，从而使得框支柱的剪力比计算值大几倍。

2. 这类结构上层剪力墙下的托梁是一个关键的构件，受力很大，梁的高度都较大，在许多情况下，特别是下层层高不变时，框支柱很难避免不出现短柱问题，国内已建在的一些工

程,有些就有这个问题,尽管可以采取一些构造上的措施,毕竟其地震破坏危险性较一般柱子大得多,梁高给建筑空间布置也带来一些问题。

3.托梁与框支柱形成的框架,由于梁很强,处理不好有可能出现“强梁弱柱”的现象,设计与构造都很复杂。

下面提出的设想方案,其基本构思是将框支结构上面整个楼层作为过渡层,这个过渡层是一个“箱形结构”。显然这种“箱形结构”的平面内外的刚度都较单层的梁板结构大得多,对上下楼层的剪力的重分配以及垂直荷载的均匀分布都极有好处,同时又可以约束水平荷载作用下的变形,对高层建筑结构十分有利。这种“箱形结构”的过渡层,是利用原有的上下层楼板和剪力墙组成的,因而并不多费材料。由于取消了托梁,免除了上面所说的一些问题,构造上也简单得多。

这只是一个设想方案,有条件应通过试验的验证。设计中,“箱形过渡层”可以参照箱形基础的一些做法,壁厚不小于 250mm,底板厚不小于 300mm,顶板不小于 150mm,为保证与下层的柱子及落地剪力墙起整体作用,柱中的钢筋和落地剪力墙的纵向钢筋要伸入箱形结构的相应壁内。有条件可以把框支柱延长到箱形过渡层的顶部,也可以在有框支柱的地方,在“箱形过渡层”加劲壁(剪力墙)的四周加强配筋,形成一个“暗框”。计算中要把这个“箱形过渡层”当作一个无限刚度的楼板来处理。

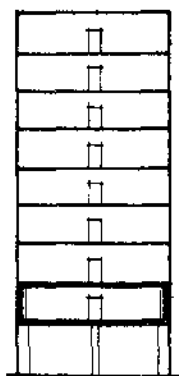


图 2

三、复杂平面的处理方法

高层建筑各结构单元的平面形状应当力求简单,这是抗震设计基本原则。但是简单的建筑平面和外形已不能适应日益增长的使用功能上的需要和人们对美感的要求,实际生活中,建筑设计的平面越来越复杂(图 3)。从结构设计的角度考虑,复杂的平面最好用抗震缝划分成规则面简单的单元。这样做,由于有了缝,给建筑处理带来困难。因此,近年来结构工

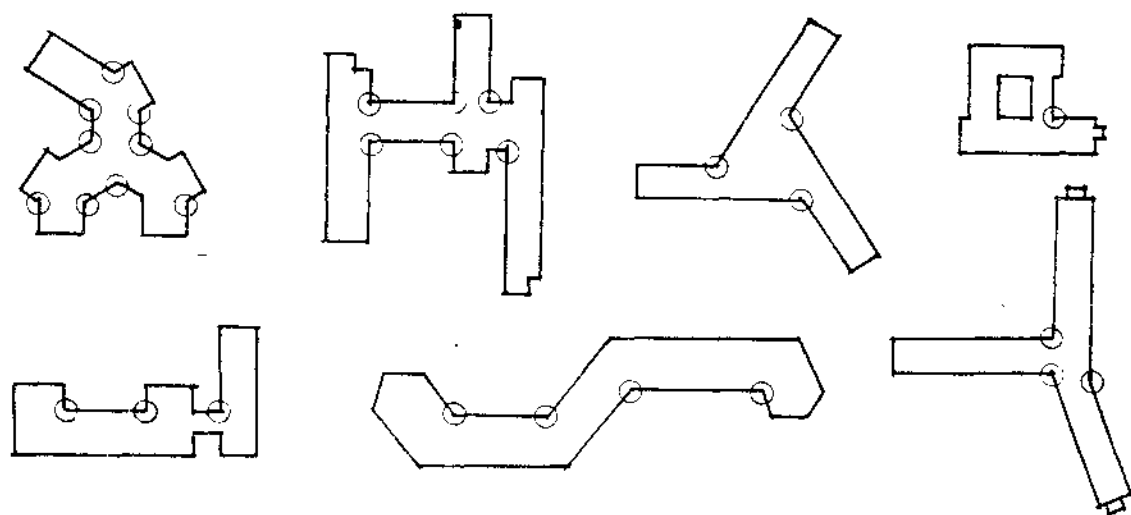


图 3 复杂的建筑平面

工程师们都在探讨不设缝的可能性。图3所示的复杂平面都没有做缝，其中一些建筑，各翼的伸臂都很长，超过了规范允许的限值。

这类型式的建筑结构至少有以下两个问题：

1. 建筑的不同部分，地震时产生差异运动，从而在凹角处（图中带圈部位）产生局部应力；

2. 由于地震方向是随意的，而这种结构的质心与刚心不重合，因而产生扭转，这对凹角处的受力状况十分不利。

这两个问题，可以形象地用图4表示。

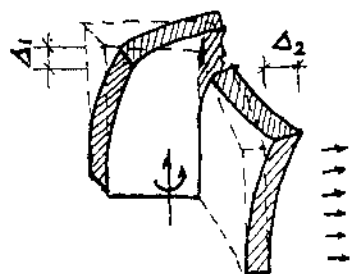


图4

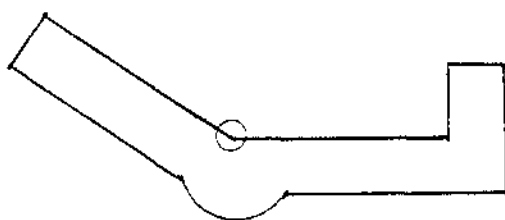


图5 阿拉期加某中学平面

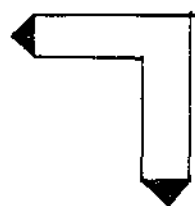


图6

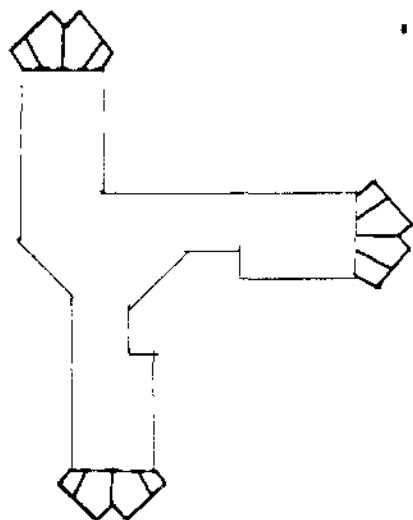


图7 长城饭店

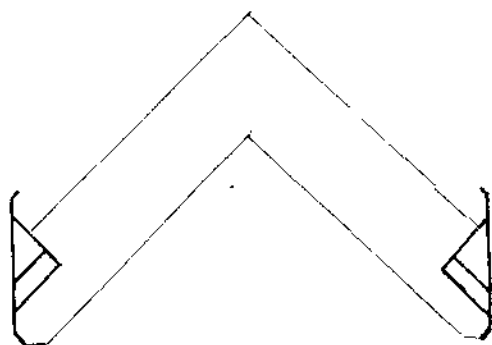


图8 华侨大酒店

这种分析和实际震害十分相似。美国的阿拉斯加州有栋4层楼中学，平面如图5所示。1964年地震时，这所中学损坏严重，据当时参加调查的专家和目击者说，破坏是从两翼交接处（凹角处）顶部的屋面板内开始的。“屋盖预制板好似在呼啸，并稍稍隆起，而后当它下落时，所有第二层楼的柱子都裂了”。显然，是由于屋盖脱开后，两翼成了二片独立建筑，剪力发生重分配，有的柱子或墙承受不了这种突如其来的荷载而损坏。

这些不利位置的应力无法通过计算予以确定。只能从构造上采取措施，一是加强各翼的联系；一是重视各翼刚度的平衡。

从图4可以看出，如果减少 Δ_1 或 Δ_2 的值，凹角处的应力会减小，震害要轻多了。一