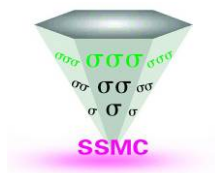


中国人民大学出版社

中国人民大学音像出版社



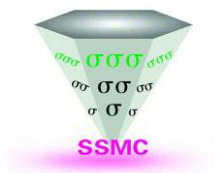
中国人民大学六西格玛质量管理研究中心

六西格玛管理培训丛书

何晓群 主编

中国人民大学出版社





六西格玛管理培训丛书 (6)

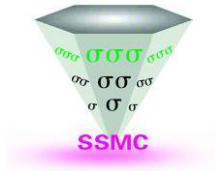
何晓群 主编

六西格玛过程改进技术

刘文卿 编著

光盘作者： 齐嘉楠 李春艳

中国人民大学出版社

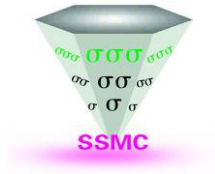


目 录

- 课程概要
- 第1章 六西格玛过程改进
- 第2章 质量管理的新工具
- 第3章 质量功能展开
- 第4章 简单的试验设计技术
- 第5章 稳健设计
- 第6章 正交设计
- 第7章 均匀设计
- 第8章 Minitab 软件的DOE技术
- 第9章 可靠性

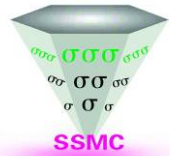
退出放映

返回目录



课程概要

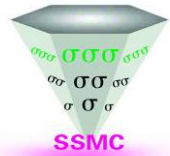
- 课程要点
- 培训对象
- 欲达目标
- 课时安排



课程要点

1. 六西格玛管理过程改进流程和工具
2. 质量改进的图表技术
3. 质量功能展开
4. 初步使用试验设计技术
5. 提高产品的稳健性
6. 用正交设计安排多因素试验
7. 均匀设计是最新的设计技术
8. 使用Minitab 中的试验设计技术
9. 生产高可靠度产品

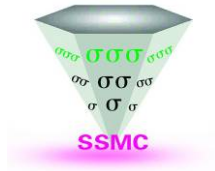




培训对象

推行六西格玛战略的各类企业
(制造业、非制造业、服务行业等)
中层以上管理人员、工程技术人员、
质量工作者，以及欲了解六西格玛过
程改进技术的人员



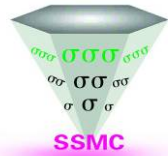


欲达目标



- 通过本课程的学习，你将
 - 了解六西格玛过程改进的意义。
 - 理解过程改进的基本概念。
 - 掌握过程改进技术和方法。
 - 树立实施过程改进的理念。
 - 在六西格玛管理中使用过程改进。

返回目录

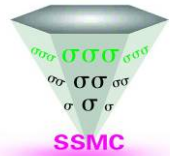


课时安排 (32课时)



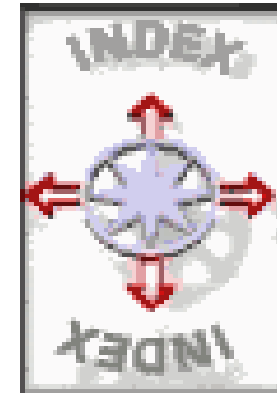
第1章 六西格玛过程改进	3课时
第2章 质量管理的新工具	4课时
第3章 质量功能展开	3课时
第4章 简单的试验设计技术	3课时
第5章 稳健设计	3课时
第6章 正交设计	4课时
第7章 均匀设计	4课时
第8章 Minitab 软件的DOE技术	4课时
第9章 可靠性	4课时

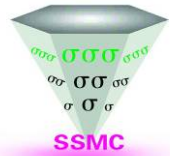




第1章 六西格玛过程改进

- 1.1 6 σ 管理是企业发展的必由之路
- 1.2 6 σ 是对TQM的继承与发展
- 1.3 6 σ 对TQM的改革
- 1.4 DMAIC改进流程
- 1.5 戴明的PDCA循环
- 小组讨论与练习

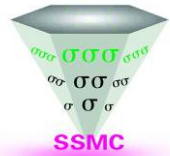




本章目标

1. 树立6 σ 过程改进的理念
2. 了解现有的质量改进方法
3. 了解6 σ 管理与TQM的异同
4. 学会运用6 σ DMAIC改进流程
5. 初步了解6 σ 改进工具

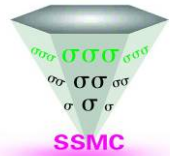




1.1 6 σ 是企业发展的必由之路

□ 摩托罗拉 6 σ 管理的特点

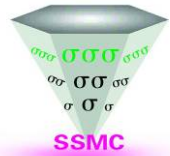
- 强调将百万机会缺陷率DPMO作为适用于任何行业的绩效度量标准。
- 组建项目团队，提供积极培训，以使组织增加利润、减少无附加值活动、缩短周期循环时间。
- 注重支持团队活动的倡导者，他们能帮助团队实施变革，获取充分的资源，使团队工作与组织的战略目标保持一致。
- 培训具有高素质的经营过程改进专家，他们运用定性和定量的改进工具来实现组织的战略目标。
- 确保在持续改进过程初期确定合理的测评标准。
- 委派有资历的过程改进专家，指导项目团队工作。



6 σ 管理是企业发展的必由之路（续1）

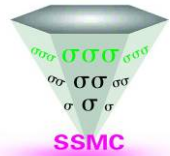
□ 通用电气6 σ 管理的特点

- 强调从顾客的关键需求出发寻求业绩突破，实现顾客和企业的双赢。
- 强调对业绩和过程的量化，通过量化提出挑战性的目标和水平对比的平台。
- 提供了过程改进方法，包括6 σ 设计DFSS流程和6 σ 过程改进DMAIC流程。
- 在实施上由“冠军champion”、“黑带大师MBB”、“黑带BB”、“绿带GB”这四级经过培训职责明确的人员作为组织保障。
- 通过确定和实施6 σ 项目，完成过程改进项目。
- 明确规定成功的标准及度量方法，以及对项目完成人员的奖励。
- 企业文化的再造与创新是其重要的组成部分。



6 σ 管理是企业发展的必由之路（续2）

摩托罗拉和通用电气公司采用6 σ 管理所获得的巨大成功，使越来越多的人对6 σ 感兴趣。优秀企业中至少有25%的企业采用6 σ 管理，其中包括福特汽车公司、花旗银行、柯达公司和杜邦公司等。2001年6月，在一次关于以过程为基础的绩效改进大会上，出席的代表们接受了他们公司是否采用了6 σ 管理的调查。在65家反馈公司中，40家公司采用了6 σ ，其余公司中大部分也打算尽快实施6 σ 。实施6 σ 管理，公司需要做很多事情。例如，福特已经训练了2500名黑带，实施了将近2000个改进项目。



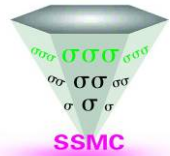
6 σ 管理是企业发展的必由之路（续3）

6 σ 管理与TQM有什么不同？

我们企业正在使用TQM，是否需要再引入6 σ 管理？

我们现在的质量管理工具是否还能继续使用？

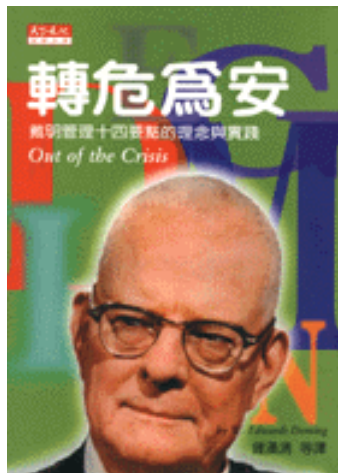




1.2 6σ 是对TQM的继承与发展

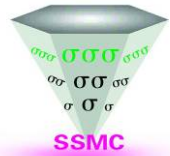
□ 戴明博士对质量管理的贡献

- 第一阶段—对美国初期推行SQC的贡献。
- 第二阶段—对日本全面推行质量管理的贡献。
- 第三阶段—对美国及全世界推行TQM的贡献。



戴明

戴明于1900年10月4日出生于美国，少时的戴明家境贫穷，养成了节俭的好习惯。1921年从怀俄明大学毕业后继续前往科罗拉多大学进修，并于1925年获得数学与物理硕士学位，最后于1928年取得耶鲁大学的物理博士学位。戴明博士在学习期间结识当时在贝尔研究所工作的W. A. 休哈特博士，并于1927年成为亦师亦友的莫逆之交。



6 σ 是对TQM的继承与发展 (续1)

戴明14条

持续不断地改进产品和服务质量。

提倡新的质量观念，不容忍劣质产品。

摆脱对大批检验的依赖性，要依靠统计质量控制技术。

要求供货者提供质量统计资料。

持之以恒地改进规划、生产和服务过程的质量。

培训全体员工。

向全体员工提供合适的、正确的工作工具和工作条件。

鼓励信息沟通。

鼓励不同部门协作解决问题。

不搞流于形式的质量运动。

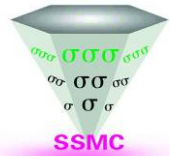
取消定量的工作任务标准，通过持之以恒地改进质量而提高劳动生产率。

消除妨碍员工工作热情的障碍，以提高工作质量。

通过不断灌输质量专业知识以适应产品、生产和工艺迅速更新的需求。

明确高层次质量管理部门对于质量的永恒义务。





6 σ 是对TQM的继承与发展 (续2)

朱兰对质量管理
的贡献

□ 质量管理三部曲

质量策划、质量控制、质量改进。

□ 在质量管理中引入二八原则

产品中80%的缺陷是由20%的原因造成的。

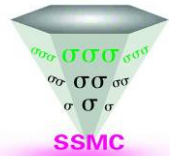
□ 朱兰“突破历程”的7个原则

□ 质量环

质量改进是螺旋式上升的。

□ 指出21世纪是质量的世纪

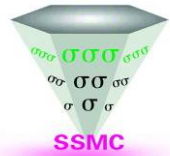




6 σ 是对TQM的继承与发展（续3）

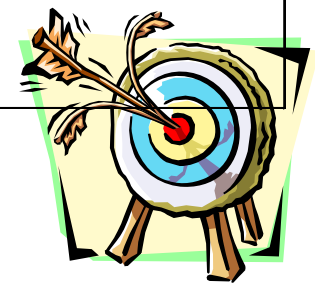
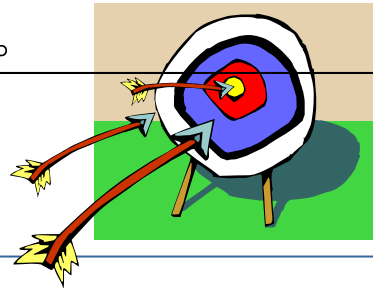
“零缺陷”的质量管理就是要把在质量管理工作中可能出现的质量缺陷或错误降低到零。这种管理方法最早是由美国人克劳斯比在1961年提出的。克劳斯比曾任马丁·马丽埃塔公司质管经理、美国ITT公司副总裁、克劳斯比公司总裁，著有《品管免费》、《质量不花钱》、《零缺点的质量管理》等著作，并在这些著作中详细阐述了“零缺陷”的观念。

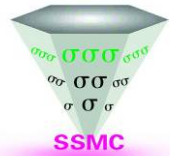




1.3 6σ对TQM的改革

TQM 的缺陷：没有明确的目标	6σ 管理的对策：明确的目标
<p>只是提出持续的质量改进口号，但是没有明确的质量改进目标。虽然也有过程能力指数这个反映过程能力的指标，但是仅适用于计量的质量特性，不适合于计件和计点的质量特性。有些企业以零缺陷为质量目标，但是这只是一个可望而不可即的良好愿望，没有人能够实现，以致所有的质量改进工作不过是五十步笑百步，使员工失去了质量改进的热情。</p>	<p>用σ水平衡量质量高低，明确提出质量目标就是达到6σ水平，也就是百万机会缺陷率为3.4。用百万机会缺陷率衡量质量水平就统一了计量、计数和计点这几种不同的质量特性水平的衡量方式。实现6σ目标可以有一个过程，在这个过程中质量经历从不足3σ到3σ、4σ、5σ，最终达到6σ的变动，6σ管理人员可以明确看到质量的提高。</p>





6σ对TQM的改革（续1）

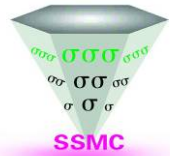
TQM的缺陷：缺乏领导层的支持

全面质量管理以 QC 小组为基本的组织形式,这些 QC 小组属于群众性的自愿组织,缺少领导层的参与,造成员工与领导的隔阂。并且在活动经费来源、部门之间的协调、活动成果的评价等方面都受到制约。例如国内某大型钢铁公司在推行 TQM 半年后,总结 TQM 的效益,由 QC 小组逐级上报,最后汇总出全公司 90%以上的效益都来自 QC 小组的活动。公司领导一怒之下停止了全公司的 TQM 活动。

6σ管理的对策：由领导层提倡

6σ管理的动力来自领导层的热情和不懈的努力,是由领导层提倡并且亲自参与的。公司的领导者认识到持续的质量改进是获得持续成功的必要因素。在组织形式上成立由领导参加的 6σ 管理团队,这些团队成员包括经过黑带和绿带培训的专业质量管理员工。由于领导直接参加,容易协调各部门之间的关系,筹集活动经费,评价质量团队的活动绩效并给予相应的奖励。

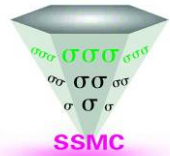




6 σ 对TQM的改革（续2）

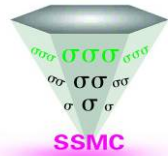
TQM 的缺陷：被动的质量工作	6 σ 管理的对策：主动的质量活动
<p>多数企业的TQM活动的主要目的是为了通过 ISO9000 质量体系认证，这决定了以一种“应试教育”的方式实施 TQM。也就是 ISO9000 质量体系中规定的就做，没有规定的就不做，只是要通过 ISO9000 的“考试”，并且是大搞形式主义。</p>	<p>实施 6σ 管理的目的是为了为了提高企业在市场的竞争力，不是为了通过某种认证，所以是一种主动的行为，而不是做表面文章。质量改进的绩效直接与企业的利润相联系，企业和员工在 6σ 管理中可以得到真实的回报，能够激励领导层和员工对 6σ 管理的热情。</p>





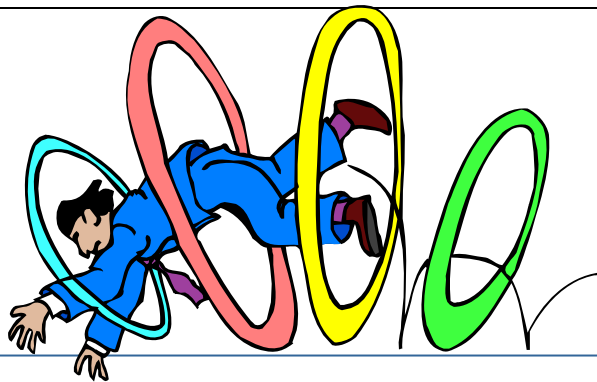
6 σ 对TQM的改革（续3）

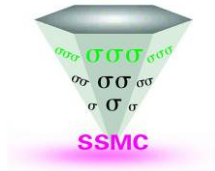
TQM 的缺陷：教条的管理模式	6 σ 管理的对策：灵活的管理方式
<p>TQM 以 ISO9000 为实施的依据，但是 ISO9000 只是促使企业达到合格水平的标准，而不是创造一流企业的模版。ISO9000 让企业只能用一套标准化的方法处理问题，按照标准做事就是正确的，偏离这个标准就被认作是错误的质量管理方式。这必然造成质量管理的教条化与官僚化，使用不正确或不必要的方式解决问题，而真正能够解决问题的方法却不能使用。</p>	<p>提供了一套管理的理念和工具，但是并不局限于这些理念和工具，提倡方法的灵活运用。6σ 管理法最健康的态度就是“用最简单最实用的方法解决问题”，而不是先去查标准，看看标准中是否允许使用这种方法。使用被实践证明了的行之有效的办法并没有错误，但是不允许使用其他方法就成为错误的根源。试想在你和所有其他的企业都使用相同的管理方法时，你又凭借什么去超越其他企业呢？</p>



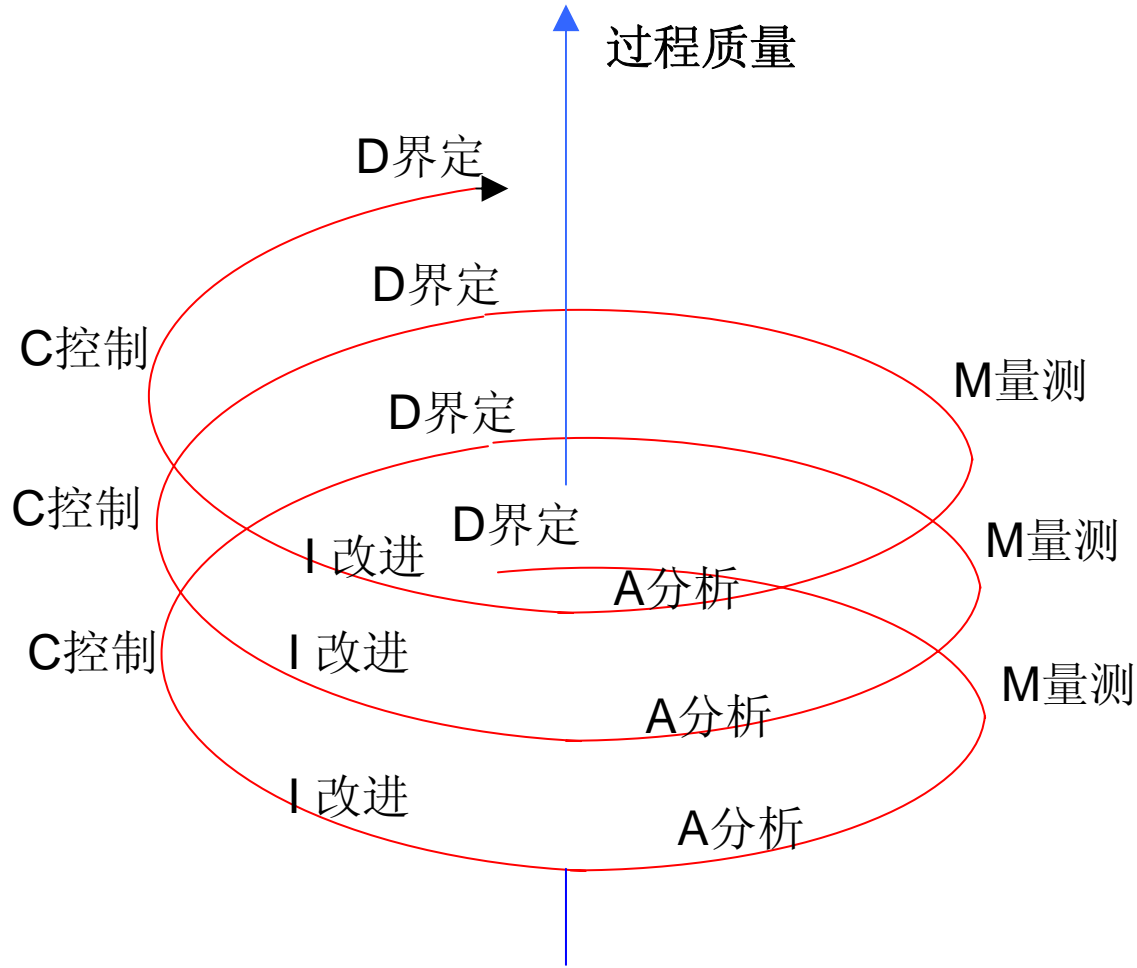
6σ对TQM的改革（续4）

TQM 的缺陷：模糊的质量概念	6σ 管理的对策：强调顾客满意
<p>TQM 认为质量的概念是全面的，既包括产品质量也包括工作质量，但是在实施上却容易成为一个空洞的质量。例如 TQM 提出“满足或超出顾客的需求”，但是却没有建立一套跟踪顾客需求的系统。在改进工作质量中也是各自为政，没有以顾客需求为总体目标。</p>	<p>以满足顾客需求为总体目标，把部门之间的相互支持放在首位。建立了一套行之有效的跟踪顾客需求的系统，使质量改进活动不是以部门为单位脱离顾客需求的独立行为，而是以顾客满意为总体目标的协调开展。质量的高低不是自己评价的，也不是用某套标准评价的，而是直接由顾客的满意度评价。</p>



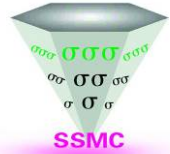


1.4 DMAIC改进流程

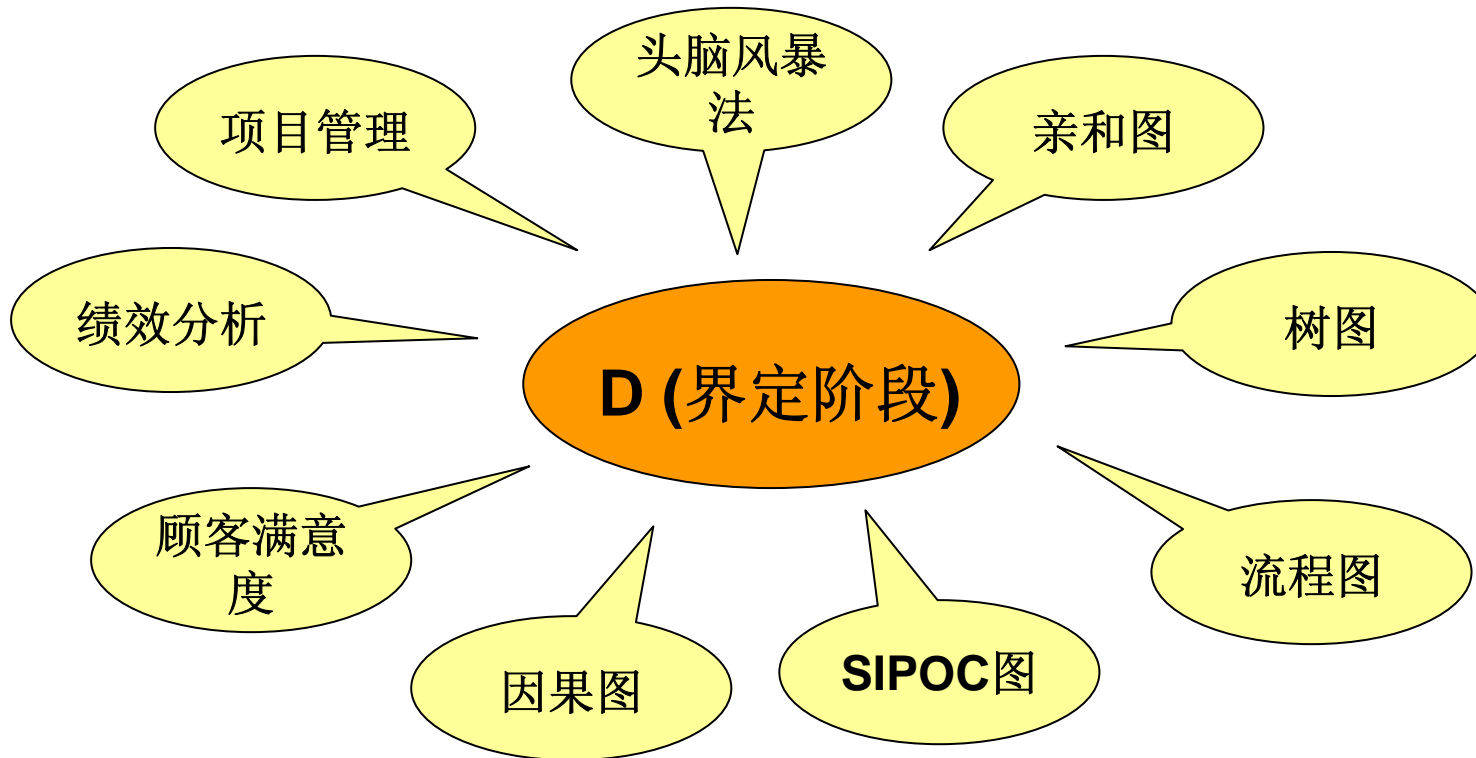


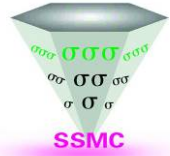
螺旋式上升的DMAIC流程



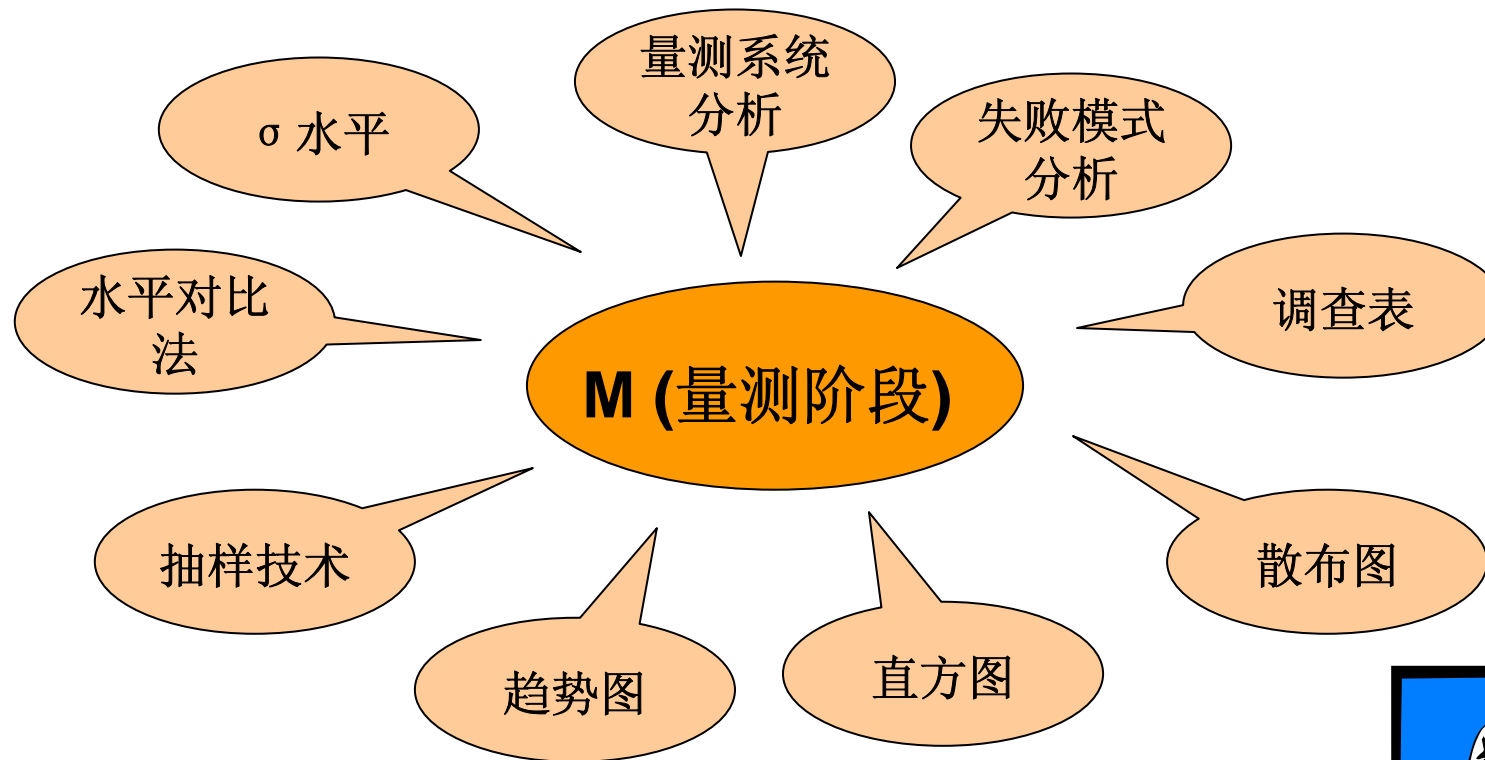


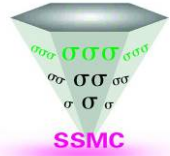
DMAIC改进流程 (续1)



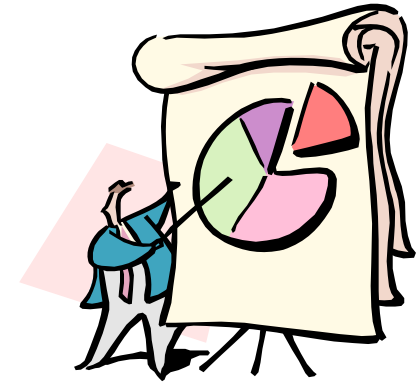
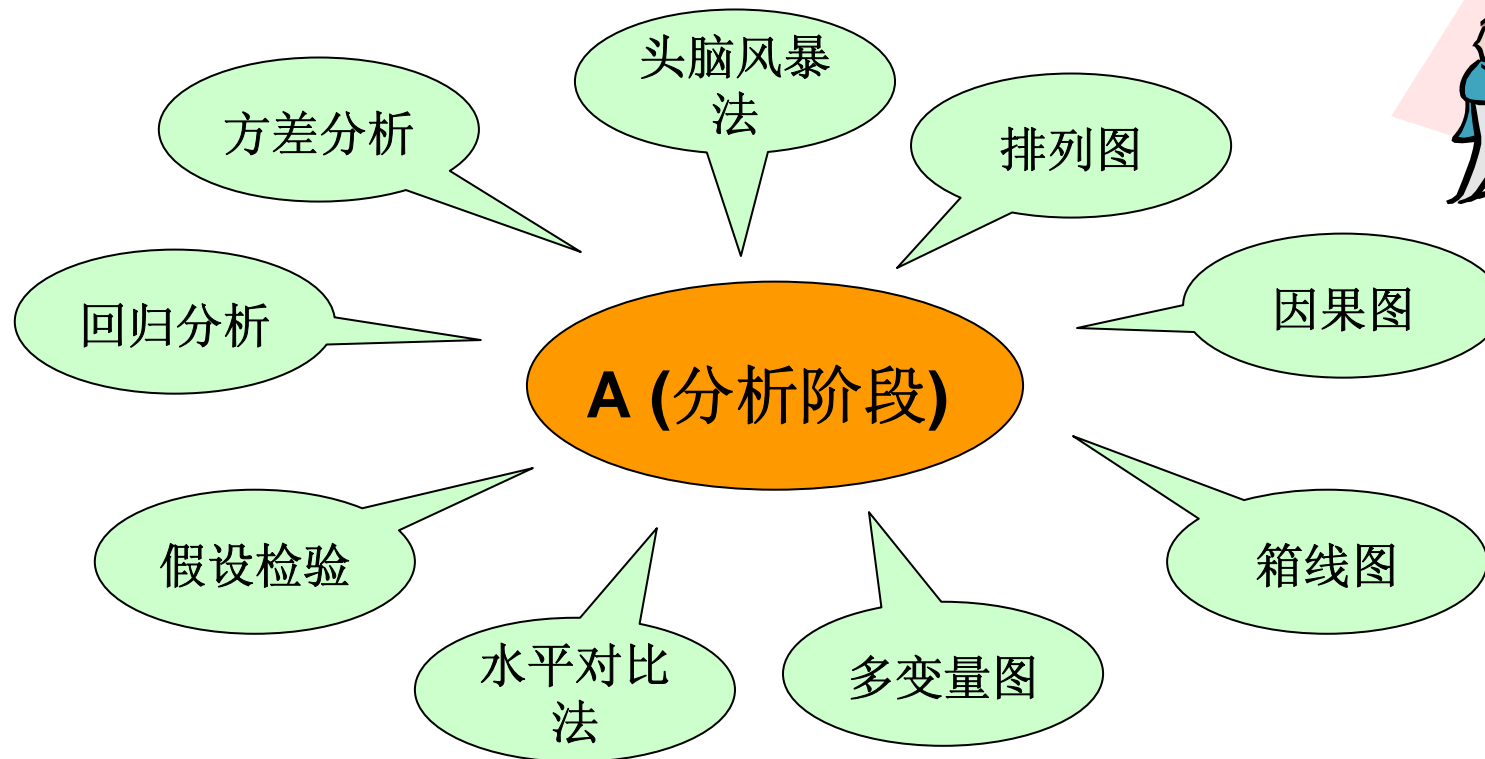


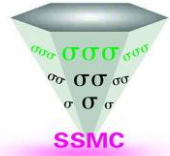
DMAIC改进流程 (续2)



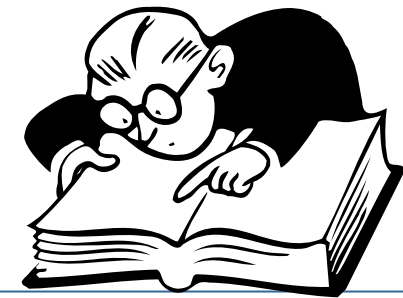
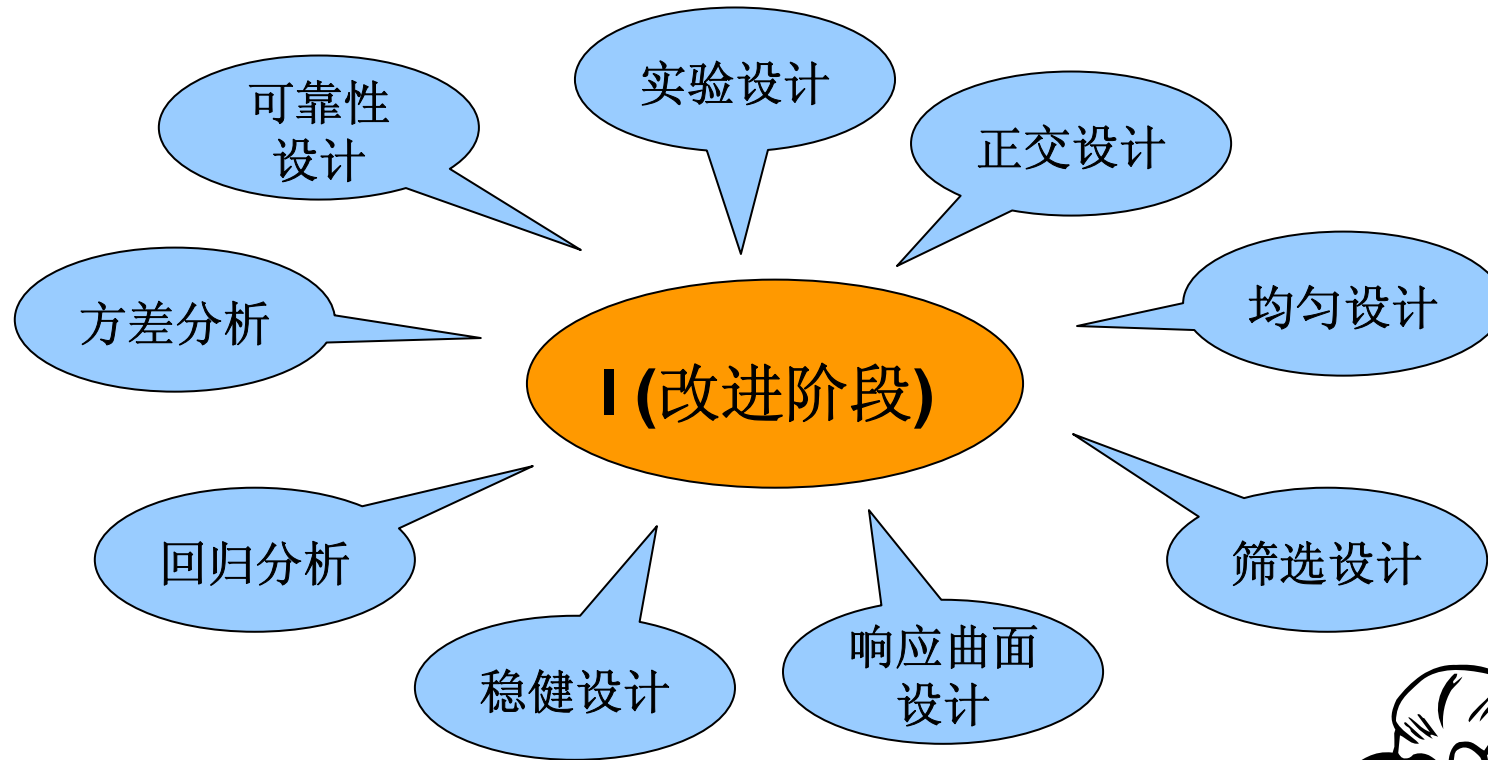


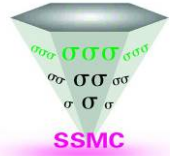
DMAIC改进流程 (续3)



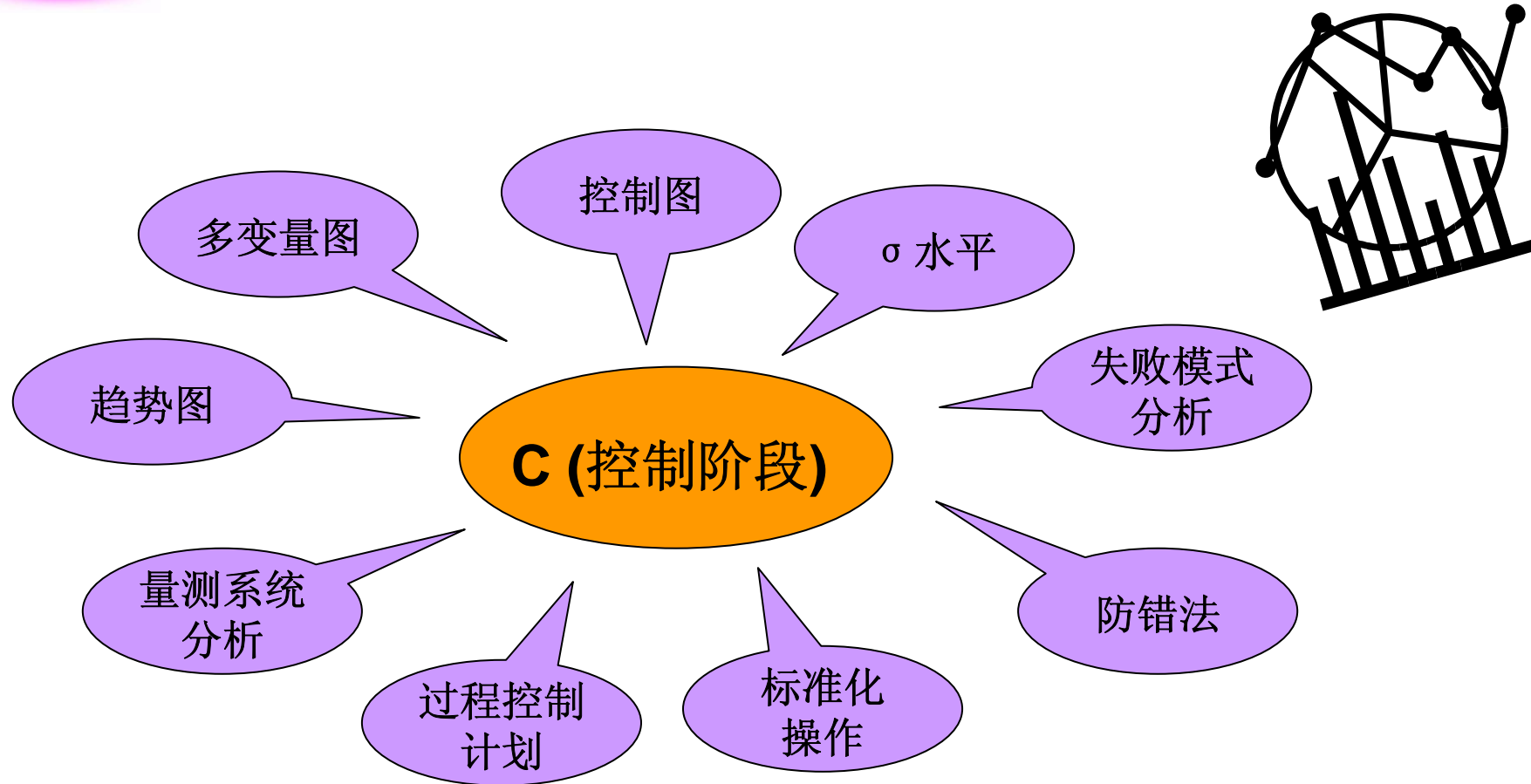


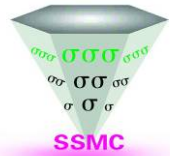
DMAIC改进流程 (续4)



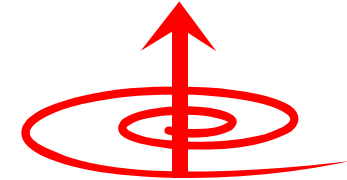


DMAIC改进流程 (续5)



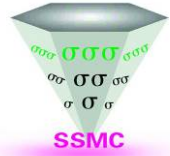


1.5 戴明的PDCA循环

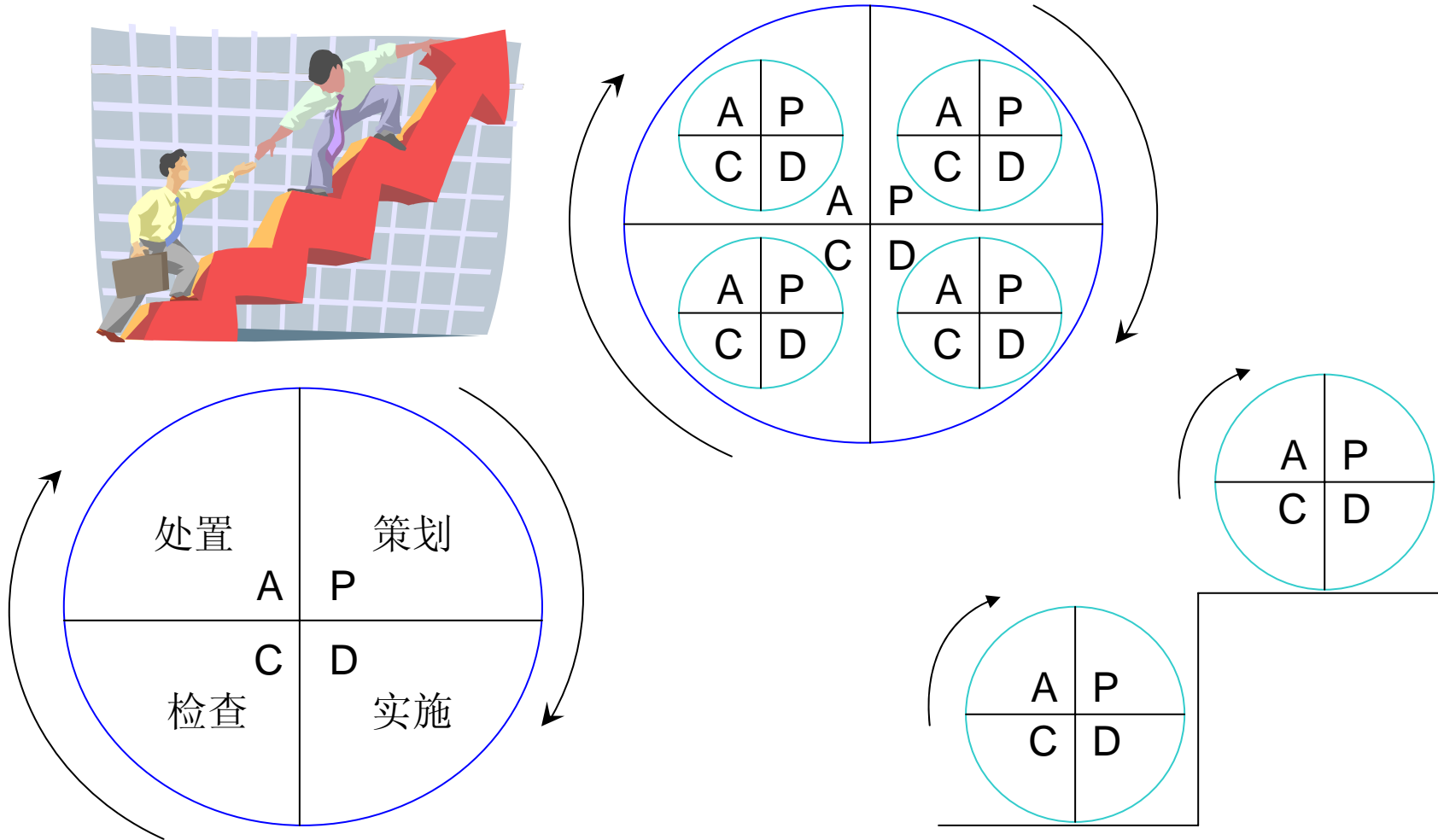


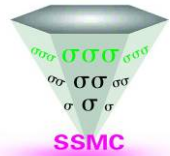
□ PDCA循环的内容

- P (plan) 计划。包括方针和目标的确定以及活动计划的制定。
- D (do) 执行。具体运作，实现计划中的内容。
- C (check) 检查。总结执行计划的结果，分清哪些对了，哪些错了，明确效果，找出问题。
- A (action) 处理。对检查的结果进行处理，对成功的经验加以肯定，并予以标准化；对于失败的教训也要总结，以免重现。对于没有解决的问题，应提交给下一个PDCA循环中去解决。



戴明的PDCA循环（续1）



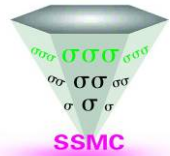


戴明的PDCA循环（续2）

□ PDCA循环的七个步骤

- ▶ 分析现状，发现问题。
- ▶ 分析质量问题中各种影响因素。
 - ▶ 找出影响质量问题的主要原因。
 - ▶ 针对主要原因，提出解决的措施并执行。
 - ▶ 检查执行结果是否达到了预定的目标。
 - ▶ 把成功的经验总结出来，制定相应的标准。
- ▶ 把没有解决或新出现的问题转入下一个PDCA循环去解决。





小组讨论与练习

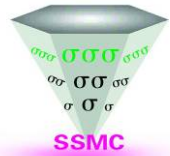
□ 思考题

1. 6σ 管理与TQM的异同点是什么？
2. 说明 6σ DMAIC改进流程。
3. 简述戴明的PDCA循环。



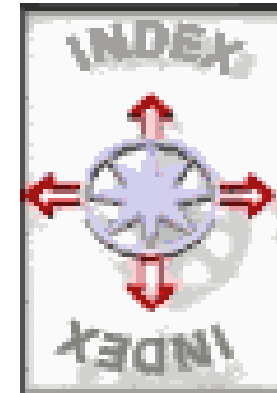
□ 练习题

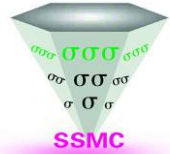
1. 回顾 6σ 过程控制中的常用工具和技术。
2. 谈谈你所知道的过程改进中的常用工具和技术。



第2章 质量管理的新工具

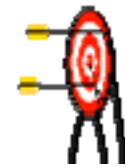
-  2.1 头脑风暴法
-  2.2 亲和图
-  2.3 树图
-  2.4 矩阵图
-  2.5 过程决策程序图
-  2.6 网络图
-  2.7 水平对比法
-  小组讨论与练习

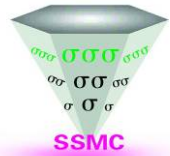




本章目标

1. 了解常用于过程改进的几种新图表技术
2. 理解本章介绍的图表技术的特点、功用
3. 学会“看图”，从图表中得到有用的信息
4. 学会根据实际需要绘制相应的图表



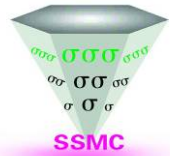


2.1 头脑风暴法 brain storming

□ 头脑风暴法的特点

- ▶ 有一个中心议题。
- ▶ 以会议的方式集体思考。
 - ▶ 掀起头脑思考风暴。
- ▶ 广开言路，无所顾忌。





头脑风暴法（续1）

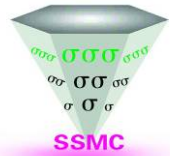
□ 实施头脑风暴法的三个步骤

➤ 准备阶段。

➤ 引发和产生创造性思维阶段。

➤ 整理阶段。



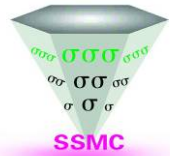


头脑风暴法（续2）

□ 整理阶段要注意的几点问题

- ▶ 所有的观点、见解都要宣读一遍。
- ▶ 相同的观点只保留一个，无关的删除。
- ▶ 所有的观点、见解要归纳分类。
- ▶ 考虑是否还有相关的议题值得讨论。





2.2 亲和图 affinity diagram

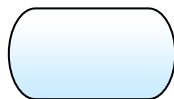
适用于亲和图的问题

问题比较复杂

有充分的时间调查

不宜找出解决办法

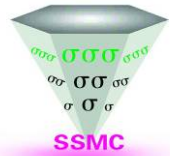
需要集体讨论、策划



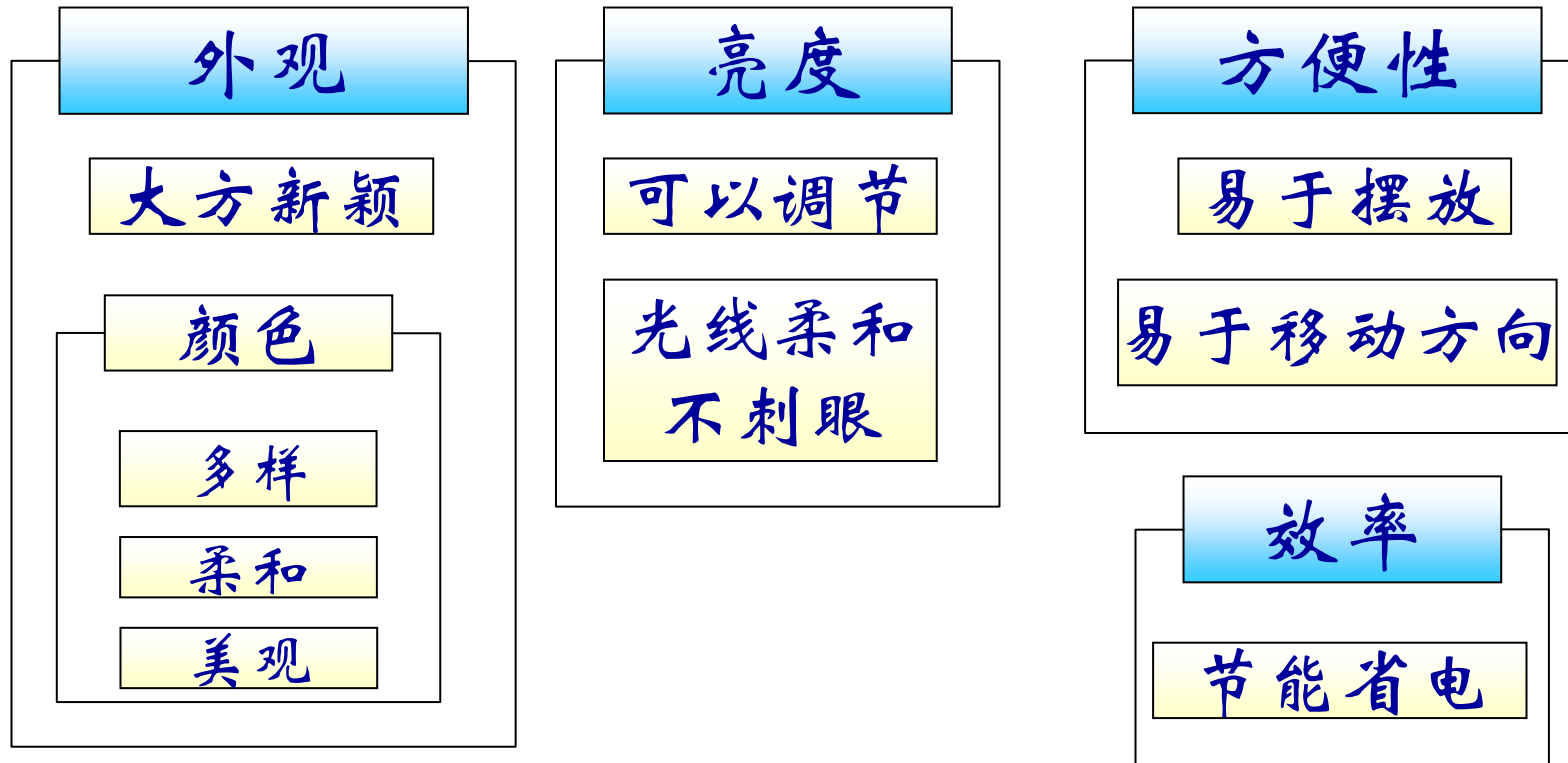
三种情况满足其一即可



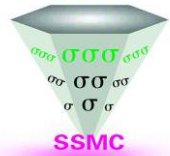
必须满足的条件



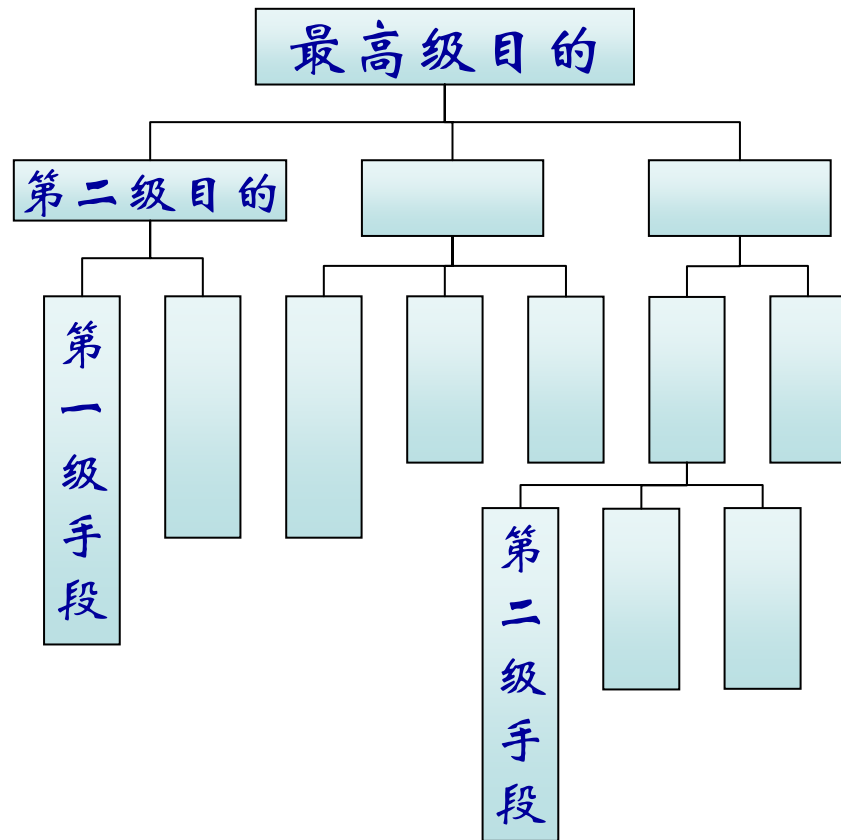
亲和图 (续1)



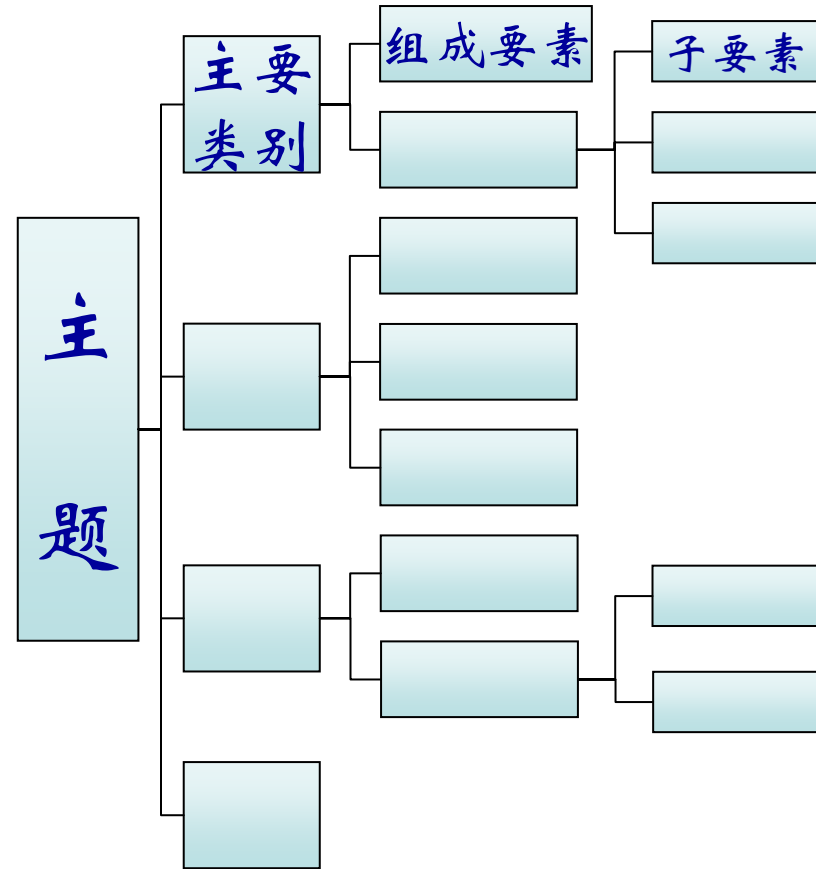
顾客对台灯需求的亲和图



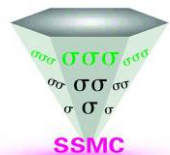
2.3 树图 tree diagram



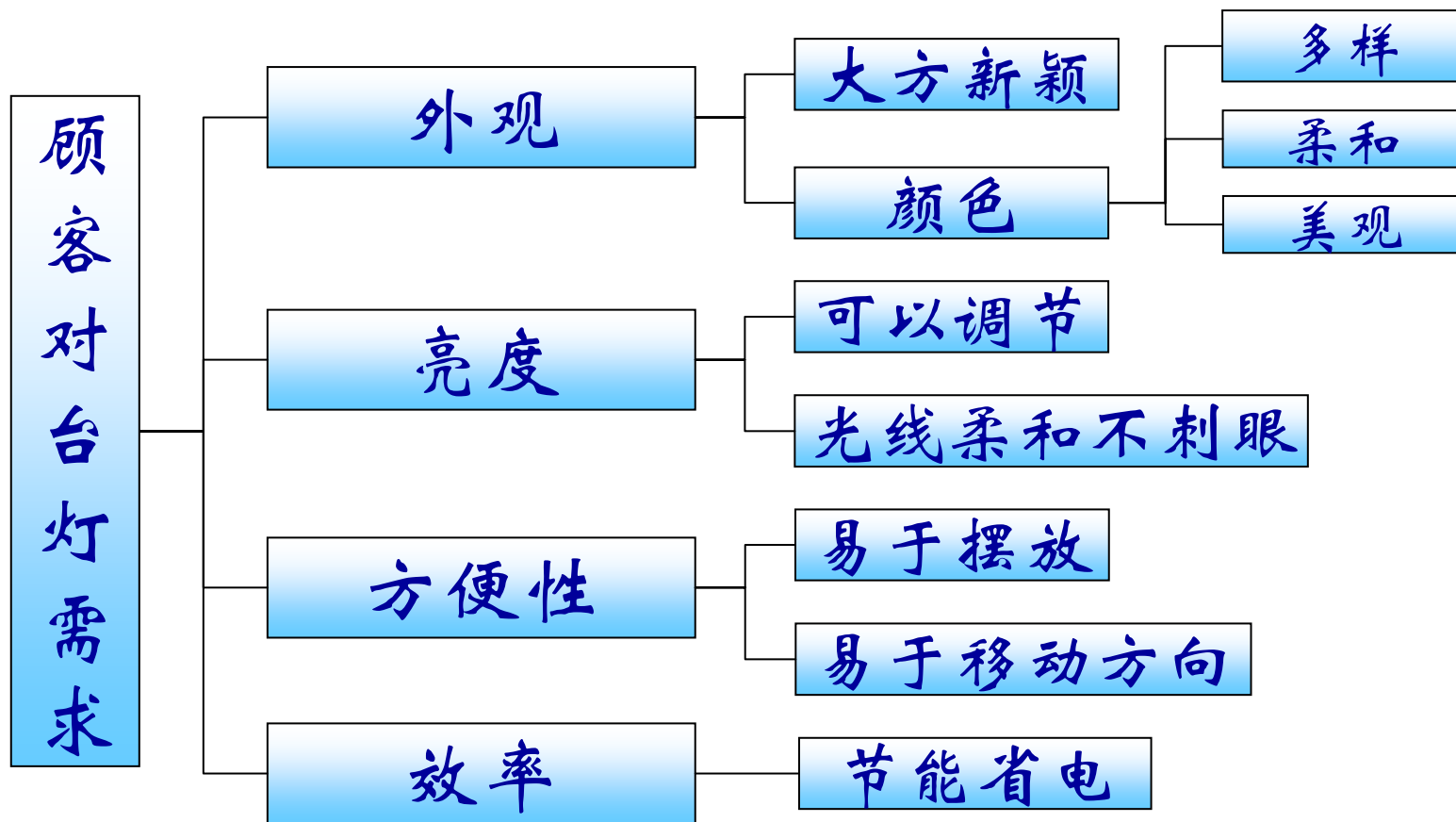
宝塔型树图(措施展开)



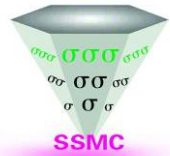
侧向型树图(因素构成)



树图 (续1)



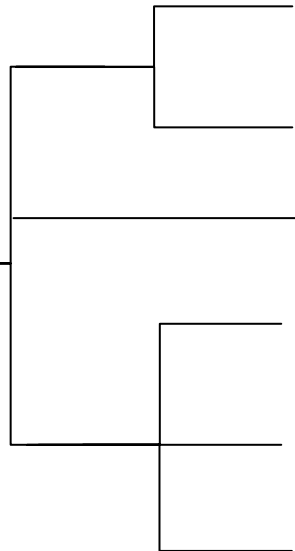
顾客对台灯需求的树图



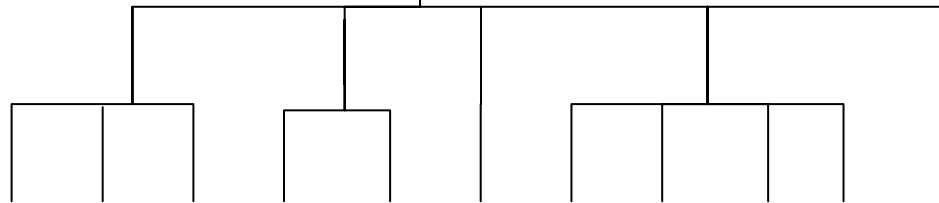
2.4 矩阵图 matrix chart

- ◎ 强相关
- 中等相关
- △ 弱相关

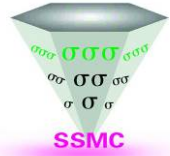
顾客需求



产品特性



	◎							○		
					○					
		△			◎					
		○			○		△			
							◎			



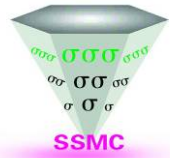
矩阵图 (续1)

因素A \ 因素B	因素A ₁	因素A ₂	因素A ₃	因素A ₄	因素A ₅	因素A ₆
因素B ₁	△			◎		
因素B ₂					○	
因素B ₃		△			◎	
因素B ₄		○				
因素B ₅			◎		○	
因素B ₆				△		

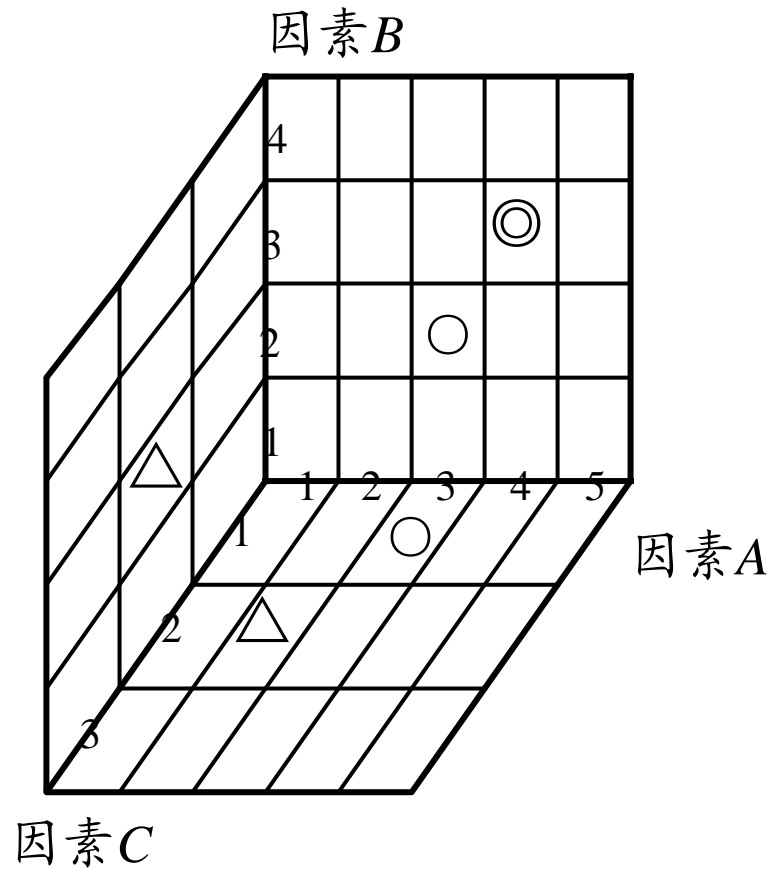
L型矩阵图

因素C ₃		○			
因素C ₂		△			◎
因素C ₁	◎				
C \ B	因素A ₁	因素A ₂	因素A ₃	因素A ₄	因素A ₅
	因素B ₁		◎		
因素B ₂	○		△		○
因素B ₃				◎	

T型矩阵图



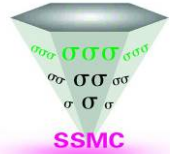
矩阵图 (续2)



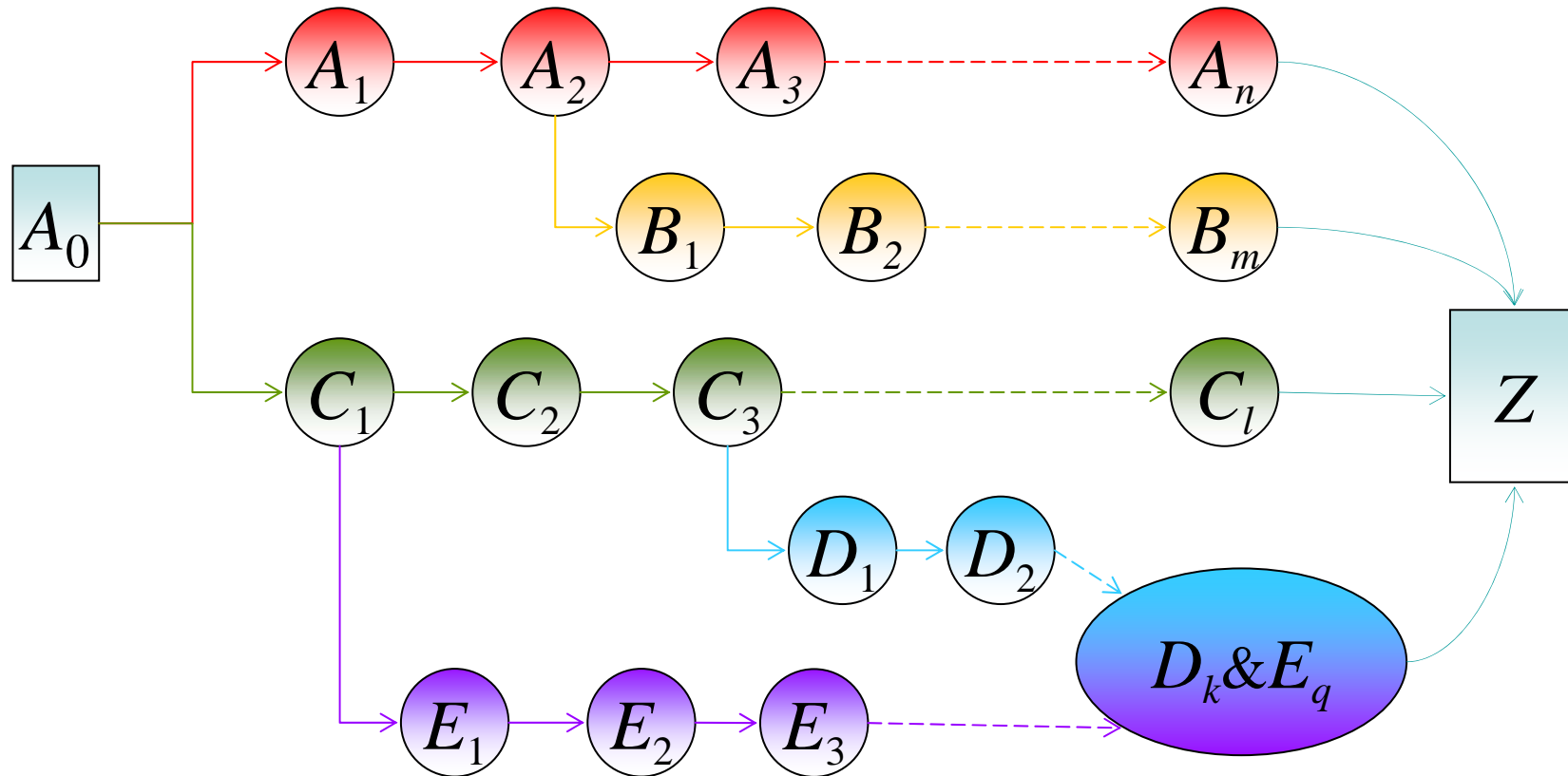
Y型矩阵图

			因素A ₃			△	
		◎	因素A ₂		△		
	○		因素A ₁				
因素D ₃	因素D ₂	因素D ₁	A D \ B C	因素B ₁	因素B ₂	因素B ₃	因素B ₄
			因素C ₁			◎	
	◎		因素C ₂	△			
			因素C ₃				

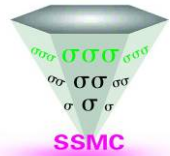
X型矩阵图



2.5 过程决策程序图 PDPC



PDPC法示意图

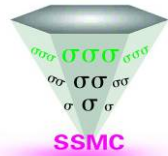


过程决策程序图（续1）

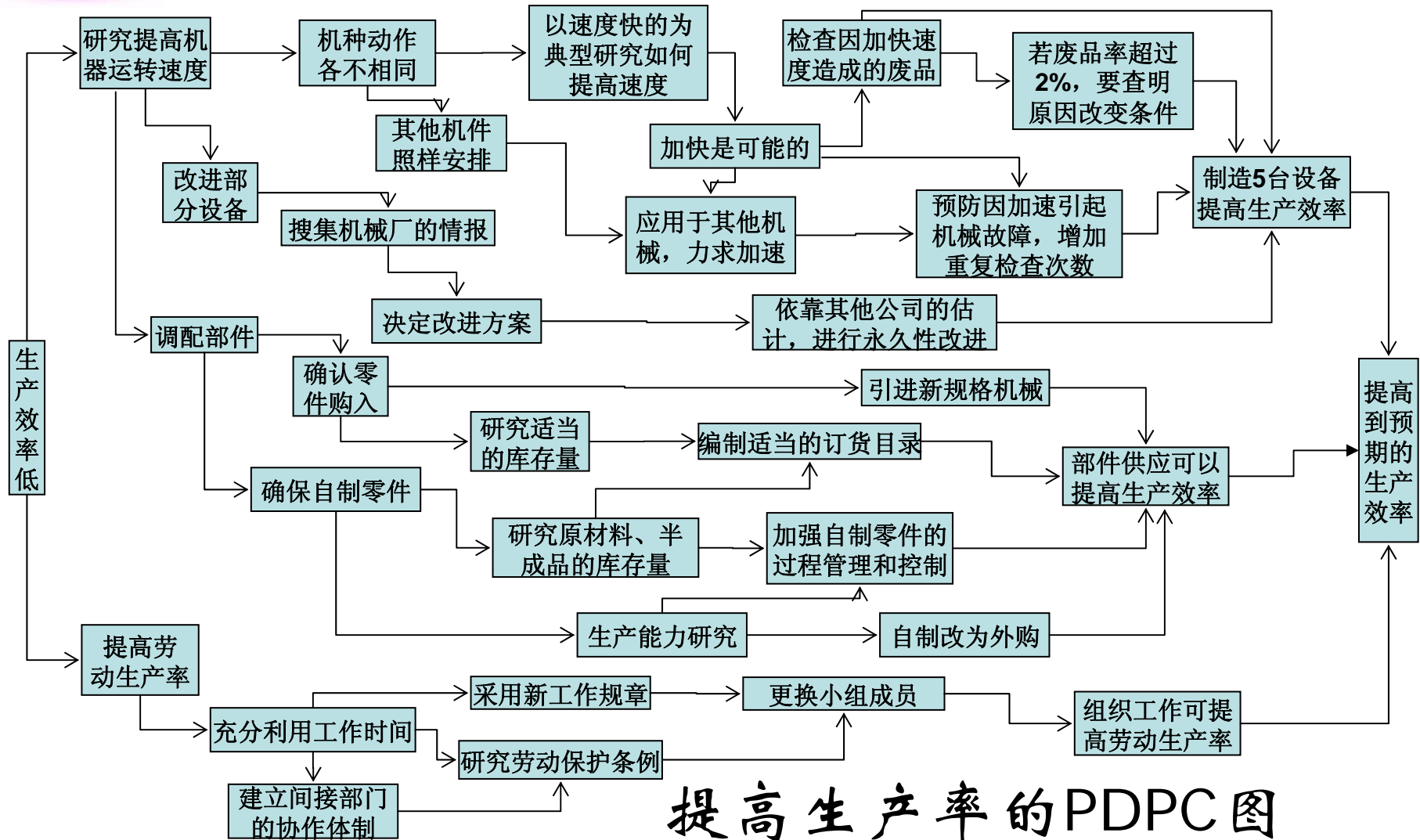
□ PDPC法具有如下特征

- ▶ 从全局、整体掌握系统的状态，作全局性判断。
- ▶ 可按时间先后顺序掌握系统的进展情况。
 - ▶ 密切注意系统进程的动向，
掌握系统输入与输出间的关系。
- ▶ 情报及时，计划措施可被不断补充、修订。

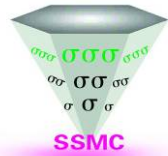




过程决策程序图 (续2)



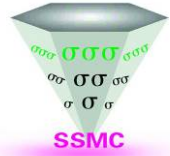
提高生产率的PDPC图



2.6 网络图 network

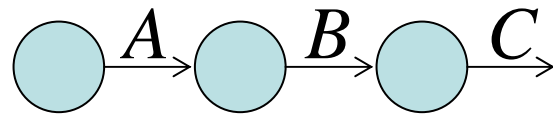
代号	工序名称	工时(天)	需要人数	进 度																										
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
A	****	4	13	13 13 13 13																										
B	****	6	12				12 12 12 12 12 12																							
C	****	2	5						5 5																					
D	****	3	3							3 3 3																				
E	****	2	3						3 3																					
F	****	4	2								2 2 2 2																			
G	****	1	8									8																		
H	****	6	3							3 3 3 3 3 3																				
I	****	2	6										6 6																	
J	****	1	7													7														
K	****	4	10																10 10 10 10											
L	****	3	11																						11 11 11					
合计		24天		13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	21	13	8	8	12	9	7	10	10	10	10	10	11	11	11

工程计划进度表 (甘特图)

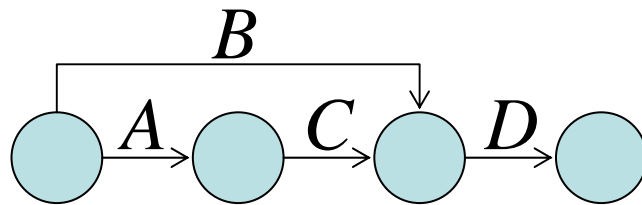


网络图 (续1)

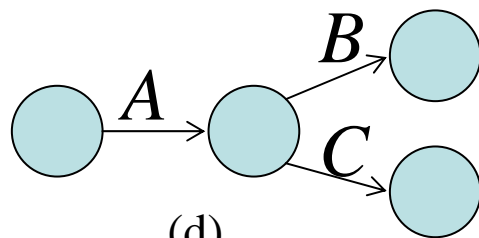
□ 使用实线箭杆的情况



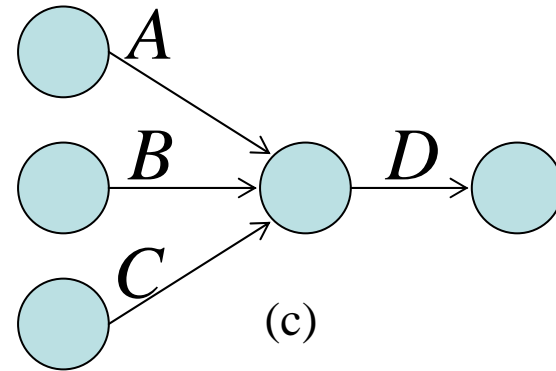
(a)



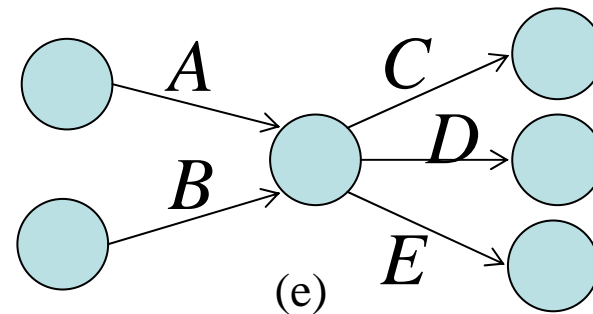
(b)



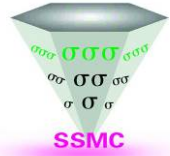
(d)



(c)

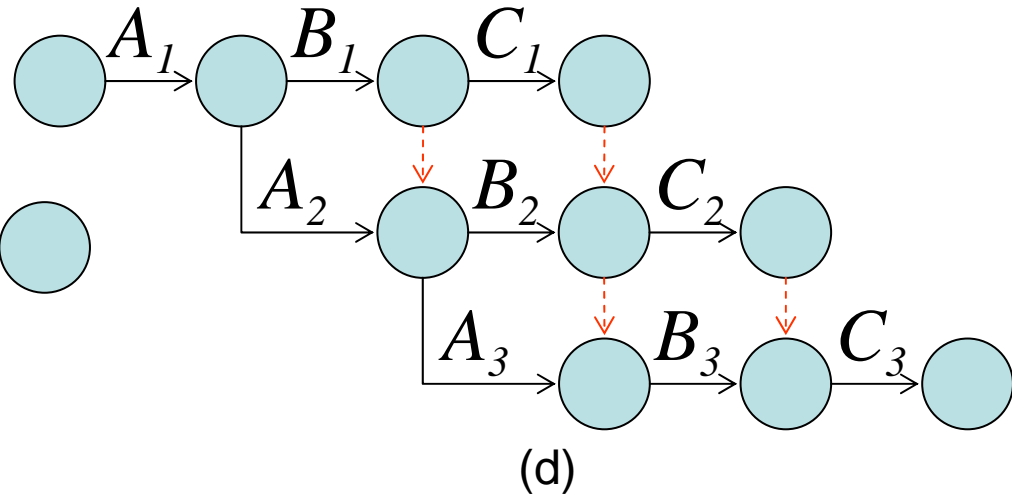
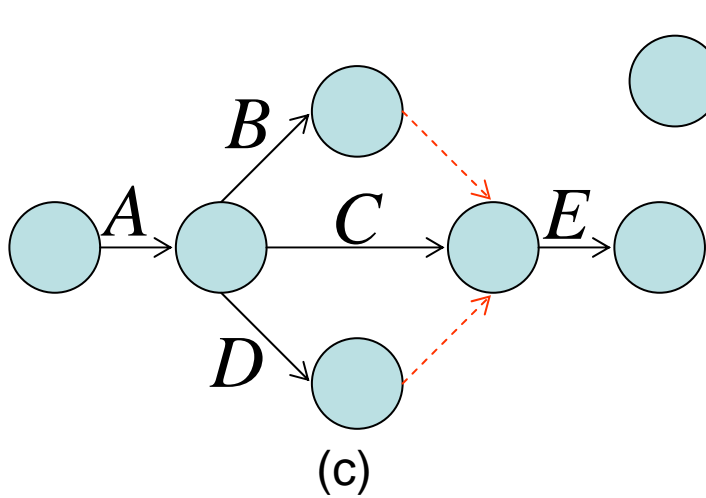
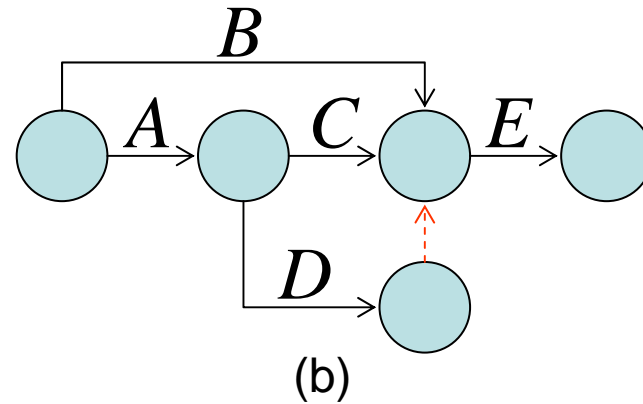
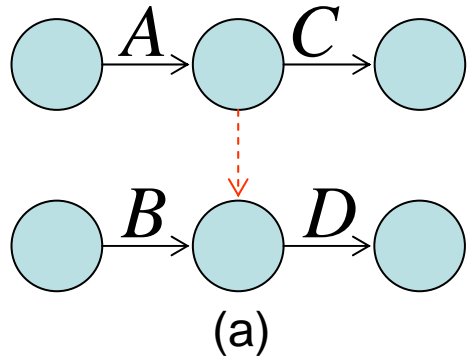


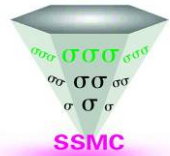
(e)



网络图 (续2)

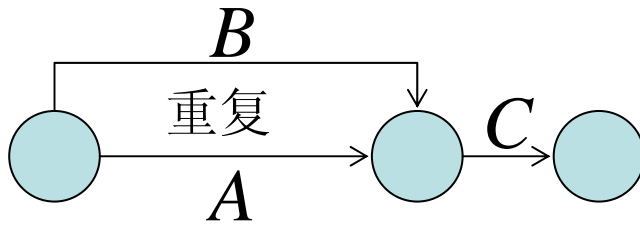
□ 使用虚线箭杆的情况



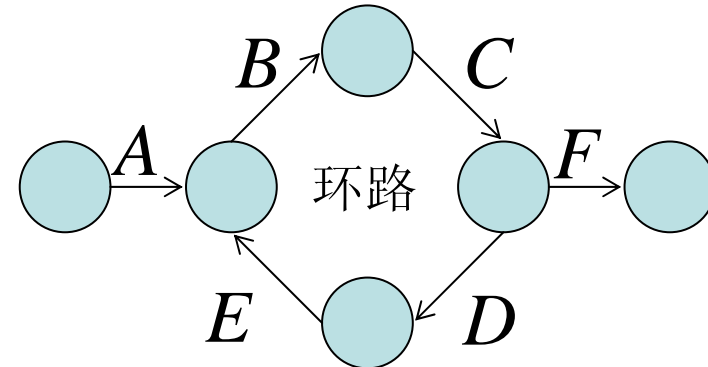


网络图 (续3)

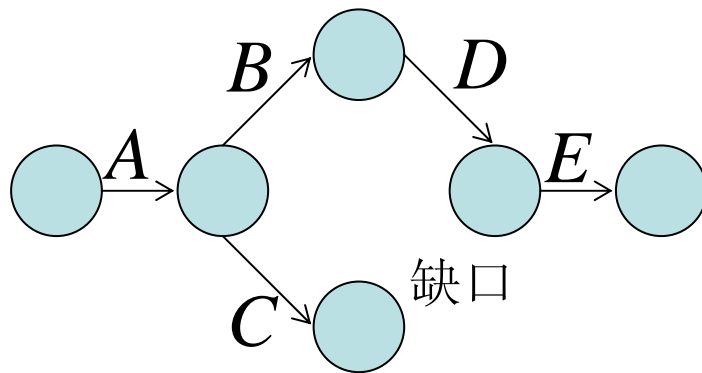
□ 几种常见的错误



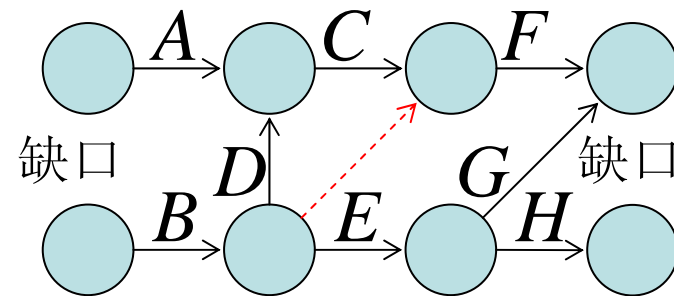
(a)



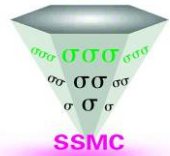
(b)



(c)



(d)

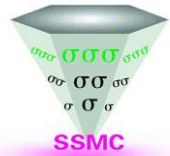


网络图 (续4)

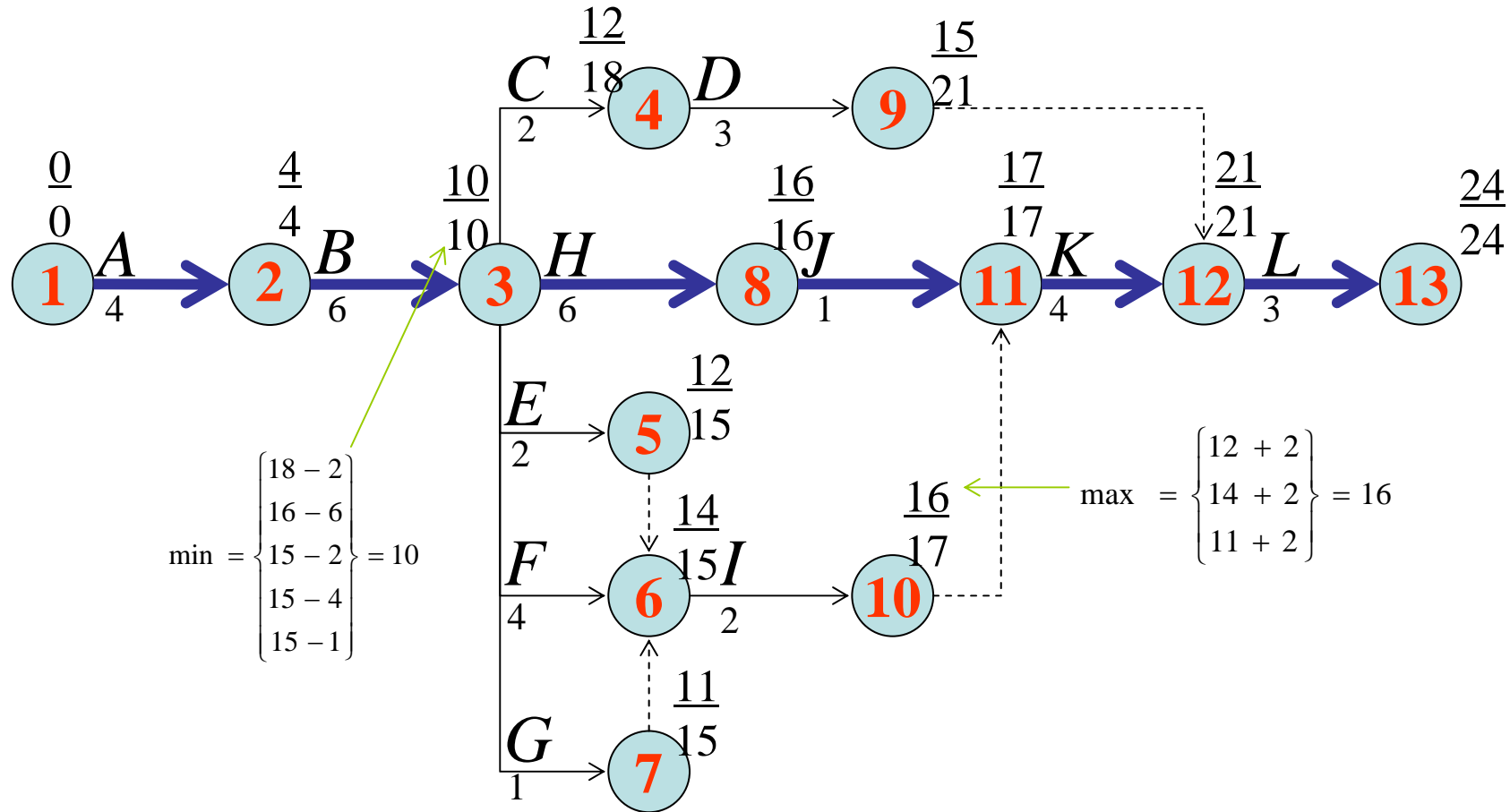
□ 网络图的应用

- ▶ 列出完成该过程的所有作业任务。
- ▶ 研究所有作业任务的关系，绘制流程图。
- ▶ 按各作业任务之间的关系绘制网络图草图。
- ▶ 确定每一作业任务所需时间，符号 $t(i, j)$ 。
- ▶ 计算节点时间参数和工序时间参数。
- ▶ 对网络草图优化处理，绘制正式网络图。
- ▶ 用网络图执行、控制和调整网络计划。

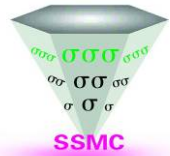




网络图 (续5)



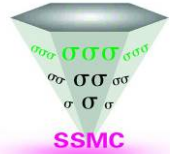
工程计划节点时间图算法



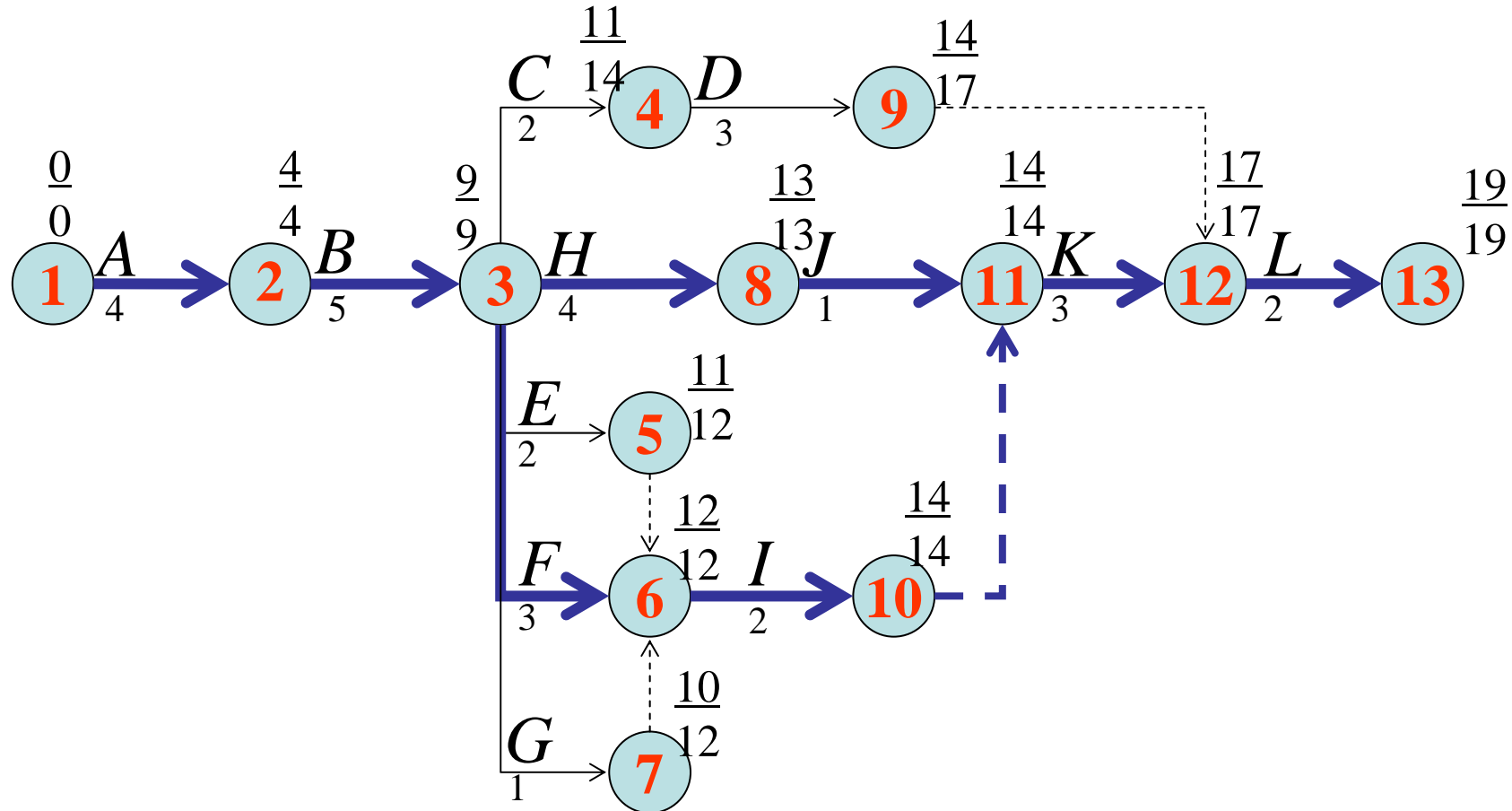
网络图 (续6)

工程计划工序时间计算表

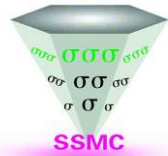
工序			最早时间		最迟时间		总时差 $\Delta t(i, j)$
代号	(i, j)	时间 $t(i, j)$	开始 $ES(i, j)$	结束 $EF(i, j)$	开始 $LS(i, j)$	结束 $LF(i, j)$	
A	(1, 2)	4	0	4	0	4	0
B	(2, 3)	6	4	10	4	10	0
C	(3, 4)	2	10	12	16	18	6
D	(4, 9)	3	12	15	18	21	6
E	(3, 6)	2	10	12	13	15	3
F	(3, 5)	4	10	14	11	15	1
G	(3, 7)	1	10	11	14	15	4
H	(3, 8)	6	10	16	10	16	0
I	(6, 10)	2	14	16	16	17	1
J	(8, 11)	1	16	17	16	17	0
K	(11, 12)	4	17	21	17	21	0
L	(12, 13)	3	21	24	21	24	0



网络图 (续7)



网络图的时间优化

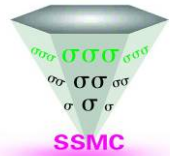


网络图 (续8)

网络图的时间—费用优化表

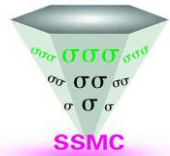
代号	正常施工		最短施工		赶工费 (元)	缩短时间 (天)				
	天数	直接费用	天数	直接费用		-1	-2	-3	-4	-5
A**	4	2000	4	2000	不能缩短	4	4	4	4	4
B**	6	1000	5	1800	800	6	6	6	6	5/+800
C	2	1800	1	1850	50	2	2	2	2	2
D	3	2000	2	2400	400	3	3	3	3	3
E*	2	1250	1	1450	200	2	2	2	2	2
F*	4	2400	3	2700	300	4	4	4	3/+300	3/+300
G	1	1900	1	1900	不能缩短	1	1	1	1	1
H**	6	3500	4	3650	150	6	5/+150	5/+150	4/+300	4/+300
I*	2	800	2	800	不能缩短	2	2	2	2	2
J**	1	1000	1	1000	不能缩短	1	1	1	1	1
K**	4	600	3	700	100	3/+100	3/+100	3/+100	3/+100	3/+100
L**	3	400	2	600	200	3	3	2/+200	2/+200	2/+200
关键路线时间	24					23	22	21	20	19
直接费用(元)		18650				20500	20650	20850	21150	21950
间接费用(元)		3500				3000	2500	2000	1500	1000
总费用(元)		22150				23500	23150	22850	22650	22950

注: **表示原关键工序, *表示经过优化后成为关键工序。



网络图（续9）

- 成本由直接费用和间接费用两部分构成，缩短工期通常会引起直接费用的增加和间接费用的减少，怎样施工可以使计划在规定时间内完成而消耗的成本最小，就是网络图时间—费用优化分析的目标。
- 仍以前面的工程网络计划为例。该计划经过时间优化可知总工期最短可以缩至19天，但是缩短工期是要通过加班或者增加作业人数来实现的，这就导致直接费用增加，同时由于工期缩短，材料的库存管理费用等间接费用也会减少。由于在19~24天内完工都符合要求，因此哪一天完工总费用能达到最小，这个工期就是时间—费用优化分析下的最佳总工期。

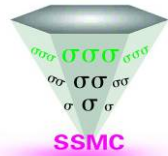


网络图（续10）

- 赶工费用率表示每缩短一个单位的作业时间所增加的直接费用，有些工序作业在不同的时段赶工费用率可能会不同。

$$\text{赶工费用率} = \frac{\text{最短时间费用} - \text{正常时间费用}}{\text{正常时间} - \text{最短时间}}$$

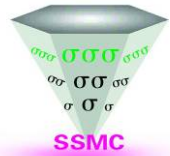
- 最先缩短赶工费用率最低的关键工序，如果由于关键路线工期缩短而产生了新的另一条关键路线，则要注意再缩短工期就需要增加两个或以上工序的赶工费，这样直至总工期缩到最短。根据每缩短一日直接费用的增加值和正常工期下的直接费用可以算出各完工时间的直接费用，再加上各自需要的间接费用，则可算出总费用。本例中，总费用最低是22650元，总工期缩短为20天最优。



网络图 (续11)

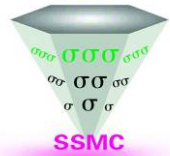
代号	工序名称	工时(天)	需要人数	进 度																						
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
A	****	4	13	<u>13 13 13 13</u>																						
B	****	6	12	<u>12 12 12 12 12 12</u>																						
C	****	2	5											<u>5 5</u>												
D	****	3	3																	<u>3 3 3</u>						
E	****	2	3											<u>3 3</u>												
F	****	3	2											<u>2 2 2</u>												
G	****	1	8											<u>8</u>												
H	****	4	3											<u>3 3 3 3</u>												
I	****	2	6																	<u>6 6</u>						
J	****	1	7																					<u>7</u>		
K	****	3	10																					<u>10 10 10</u>		
L	****	2	11																					<u>11 11</u>		
合计		20天		13	13	13	13	12	12	12	12	12	12	12	12	13	13	13	9	13	13	13	13	13	11	11

网络图的资源优化



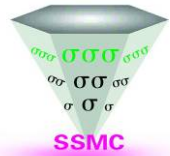
网络图（续12）

- 当一项工程或任务的总工期确定后，可画出网络图并计算出工序的最早可能开工时间、最迟必须开工时间，同时确定关键路线，根据关键路线上各关键工序的作业时间，寻找有无时间优化的可能，或者结合费用，找到时间较短而费用最小的时间—费用优化方案。之后，就要进一步对各工序所需人力、材料和设备等资源进行合理安排。如果安排不合理，可能会干扰整个过程的完成情况，打乱原有计划。
- 安排不合理的状况有资源不足或过剩，各工序间资源安排不协调等。常出现的情况就是在工期内，由于安排不合理造成电力资源时而紧张，时而过剩；或者开工人数有时很少，有时过多等等。



网络图（续13）

- 仍以前面的工程计划为例，参照本节前面的“工程计划进度表（甘特图）”，当所有的工序作业都在它的前期作业一完成时就马上进行，则每日所需的开工人数就极为不均，最多时需要21人，而最少时只需要7人，这就造成人力不足或者浪费，如果经过作甘特图，并把非关键工序的作业时间调整一下的话，总工期仍在20天，每天的开工人数却可以比较均匀地分布在9~13人之间。
- 调整时要注意保证关键工序所需的人力、材料和设备，充分利用各非关键工序的机动时间，以调整各工序的开工时间，从而保证在工期不变的情况下，各种资源得到合理的统筹安排。
- 实际情况可能要考虑多种资源，找到相对最优的方案。

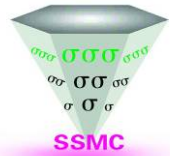


2.7 水平对比法 benchmarking

□ 水平对比法的应用程序

- ▶ 确定对比项目。
- ▶ 确定对比对象。
 - ▶ 搜集资料。
 - ▶ 资料分析。
- ▶ 进行对比。
- ▶ 制定改进工作的措施计划。



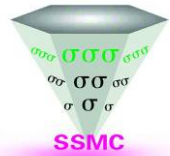


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 什么是头脑风暴法？它有什么用途？运用时应注意哪些原则？
2. 亲和图、树图和矩阵图的关系。
3. 绘制网络图的规则有哪些？可以应用网络图做哪些方面的优化？





小组讨论与练习

□ 练习题

1. 一项工程由12道工序 (A、B、...、L, 各工序后括号里的数字表示工序完成需要的时间) 组成, 它们之间的关系是:

(1) A (5) 完工后, B、C、F、G可以同时开

(2) B (7) 完工后, E、D可以同时开工;

(3) C (3)、D (6) 完工后, H才可以开工;

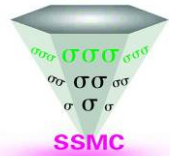
(4) G (12)、H (3) 完工后I才可以开工;

(5) F (2)、I (3) 完工后J才可以开工;

(6) J (1) 完工后K才可以开工;

(7) E (4)、K (2) 完工后L (3) 才可以开工。

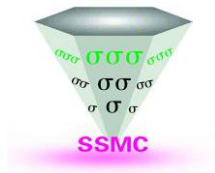
根据上述关系绘制网络图, 并根据工期计算节点和工序的时间参数。



第3章 质量功能展开

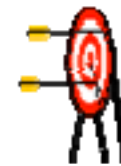
-  [3.1 质量功能展开简介](#)
-  [3.2 质量功能展开的作用](#)
-  [3.3 质量屋](#)
-  [3.4 质量功能展开的过程](#)
-  [3.5 质量功能展开的工作程序](#)
-  [3.6 质量功能展开的效果](#)
-  [3.7 质量功能展开应用案例](#)
-  [小组讨论与练习](#)

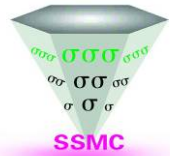




本章目标

1. 理解质量功能展开的含义
2. 了解质量功能展开的作用
3. 学会绘制质量屋
4. 掌握质量功能展开的工作程序
5. 关注质量功能展开带来的效果





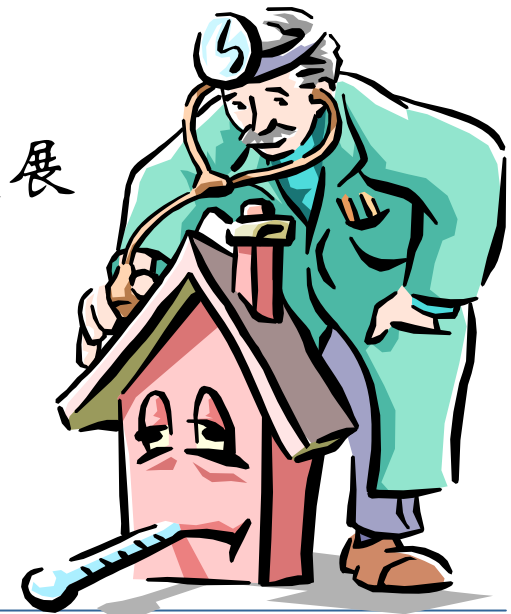
3.1 质量功能展开简介

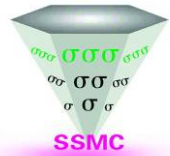
□ 质量功能展开 (Quality Function Deployment)

是一种面向顾客需求而展开的规划方法

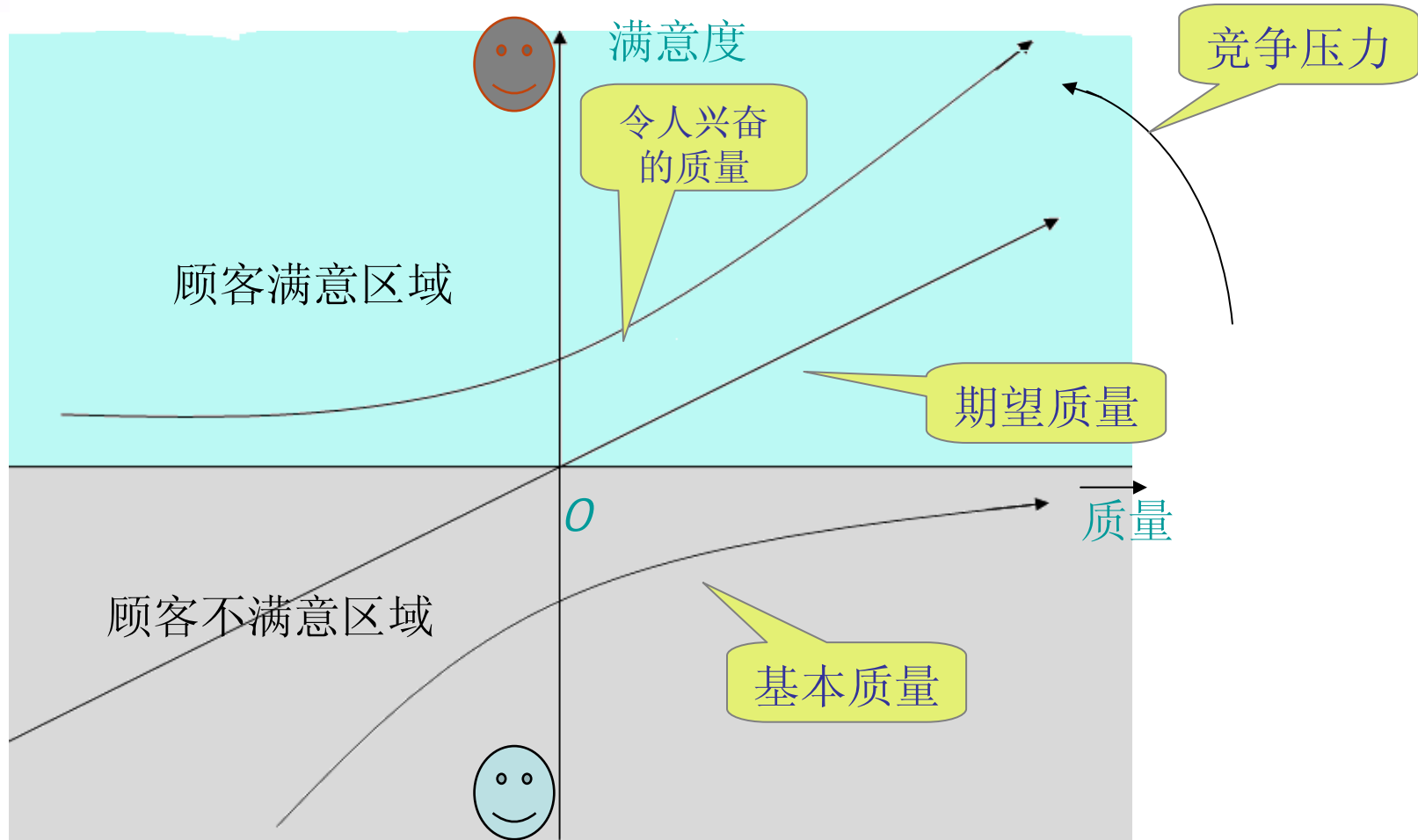
□ 产生于20世纪60年代的日本

□ 70~80年代在日、美得到完善与发展

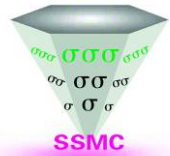




质量功能展开简介 (续1)



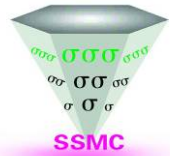
顾客满意度与质量相关图



质量功能展开简介（续2）

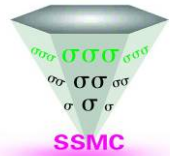
著名的卡诺（Kano）模型是由国际著名质量专家狩野纪昭先生提出的，它揭示了顾客满意与质量的关系。狩野先生认为质量分为三个层次：

- ▶ 第一层次是指产品能够满足顾客最基本的质量要求。
- ▶ 第二层次是指质量满足客户提出的要求。
- ▶ 第三层次是指通过满足消费者潜在的需求使新产品或服务达到意想不到的新质量，使顾客产生愉悦的效果。



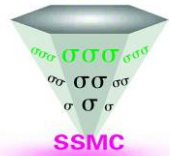
质量功能展开简介（续3）

- 卡诺模型表明，顾客对任何商品都有个基本的质量要求，他们会认为商品具备基本质量是理所当然的，就像电冰箱能够使水变成冰，移动电话能使人清晰地听到对方的祝福一样。如果这些基本质量没有达到，顾客肯定不会满意。
- “期望质量”是一条过原点的直线，代表着顾客对商品的那些明确的要求。如电冰箱要耗电低，噪音小；移动电话要待机时间长，对人体无辐射影响。模型表明顾客的满意度随着期望被满足的程度而相应地变化。期望被满足得越多，顾客的满意度越高。

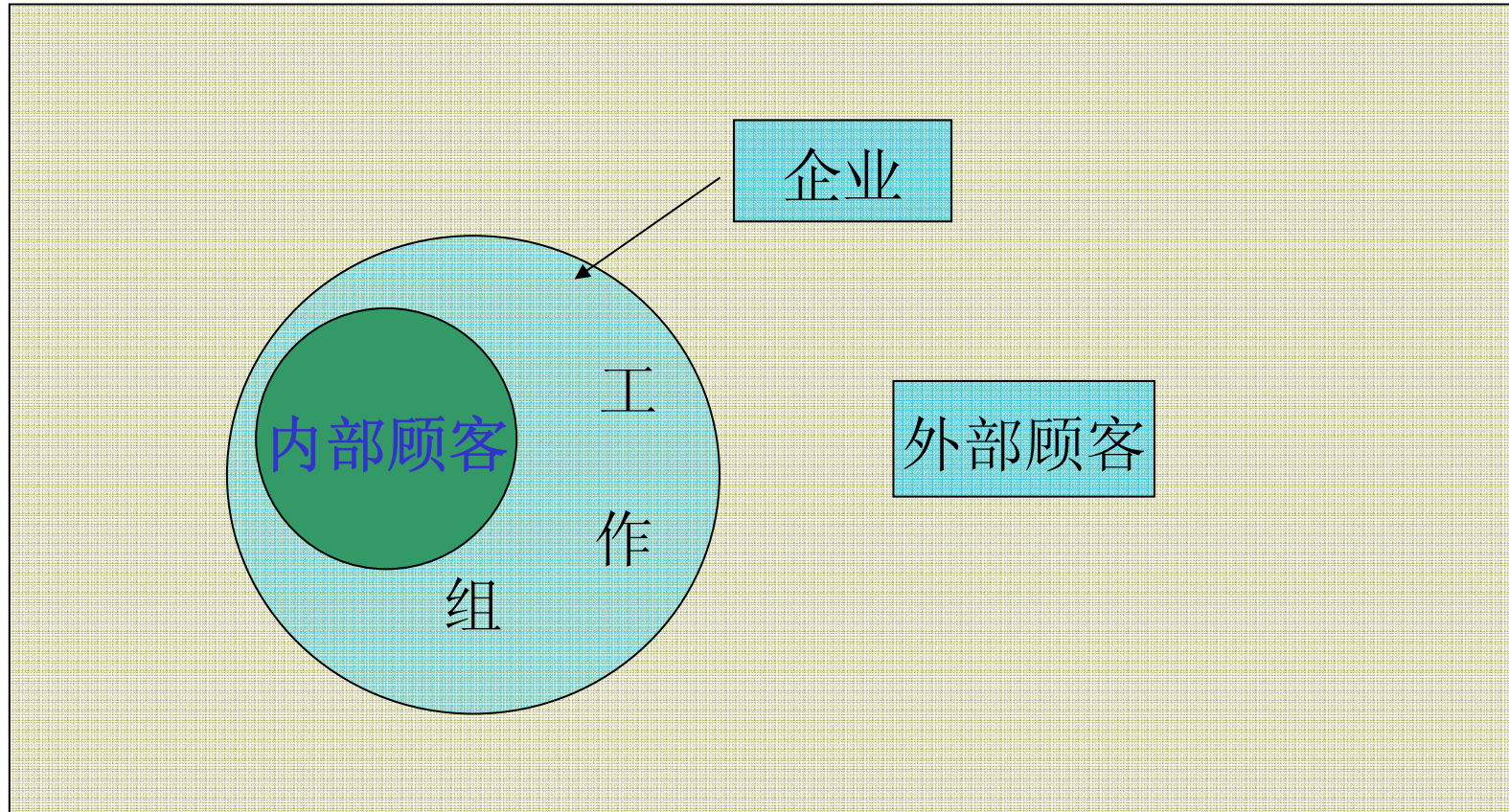


质量功能展开简介（续4）

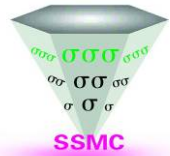
- “令人兴奋的质量”曲线处于横轴的上方，也在顾客的期望质量上方，代表着超越顾客期望的质量水平。
 - ▶ 例如10多万元的小轿车的发动机噪音与奥迪车可以媲美。
 - ▶ 在给车加油的过程中，服务员竟然给你把前窗的玻璃擦得干干净净。
- 令人兴奋的质量充分体现着以顾客为中心和创新的成果，它已经达到了魅力质量的程度。
- 今天令人兴奋的质量在明天就可能是基本质量。市场竞争的压力将促使着商家不断超越顾客日益增长的期望。



质量功能展开简介（续5）



顾客与企业关系图

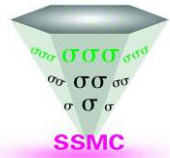


3.2 质量功能展开的作用

- 减少工程设计更改，缩短产品研发周期
- 降低产品设计成本
- 提高顾客满意程度
- 优化企业资源配置
- 增强企业竞争能力

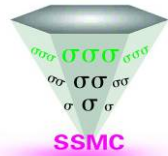


返回目录

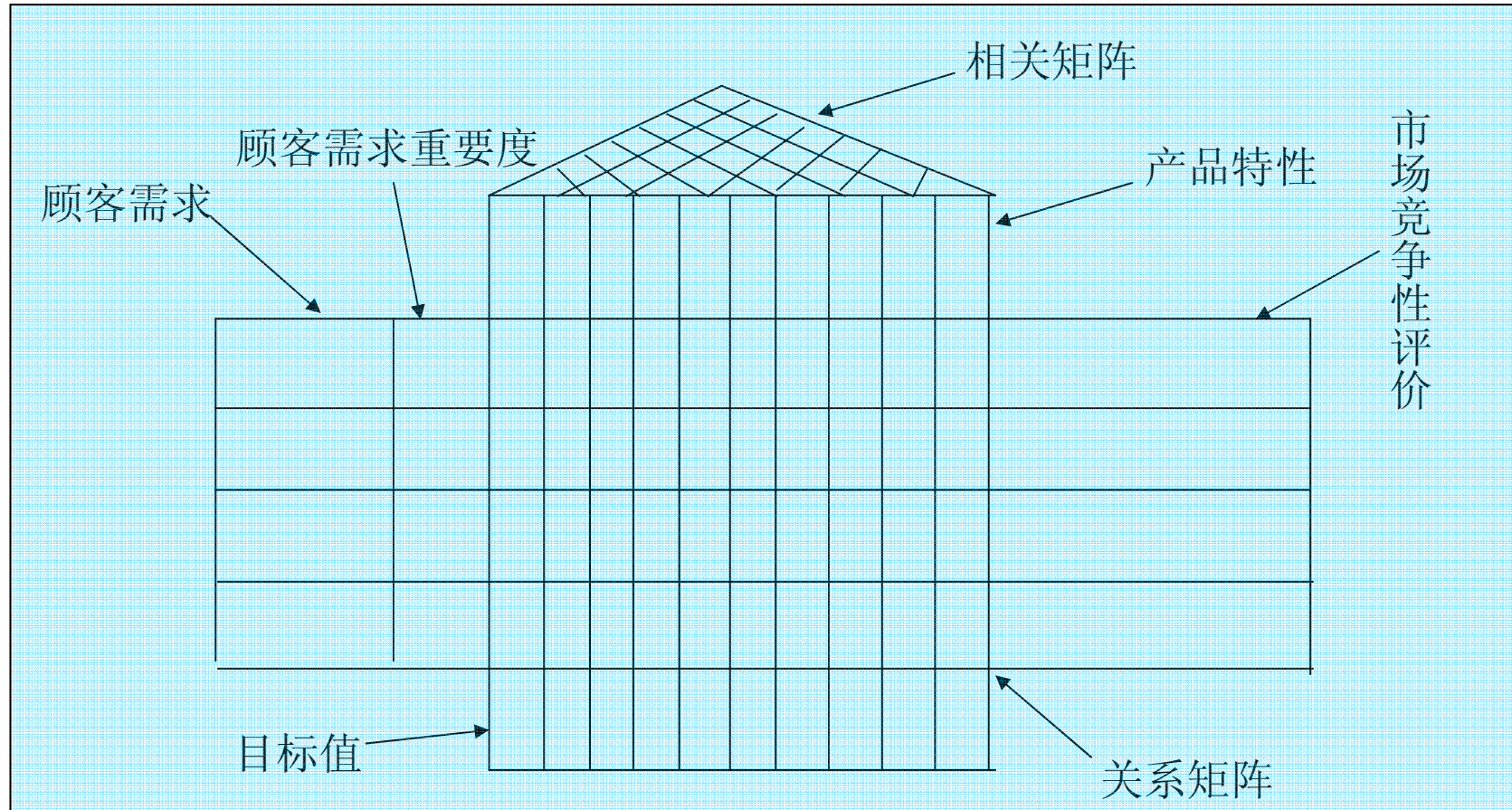


3.3 质量屋

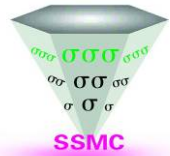




质量屋 (续1)



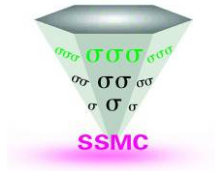
质量屋



质量屋（续2）

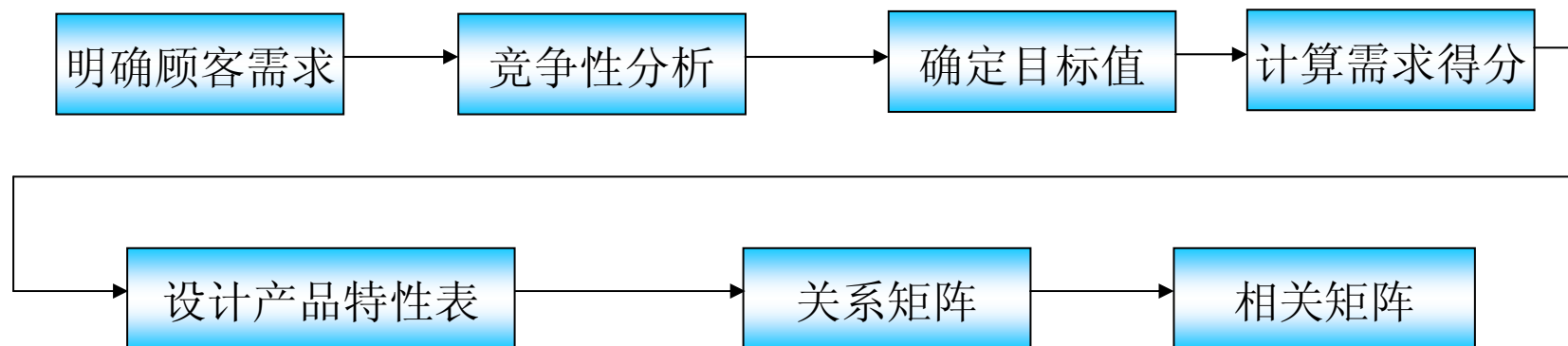
- 质量屋就是在QFD过程中为特定产品提出一个将顾客需求与工程特点相联系的矩阵。
- 这些矩阵和图表的形象很像一系列房屋，称其为质量屋。



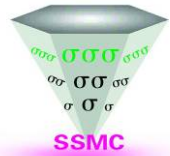


质量屋（续3）

□ 建立质量屋的流程



质量屋建立流程图



质量屋（续4）

□ 明确顾客需求

顾客需求是质量屋最基本的输入,它是通过市场调查获得。在确定顾客需求时应避免主观想象,注意全面性和真实性。

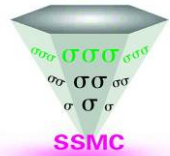
□ 竞争性分析

竞争性分析是指从顾客的角度对本公司产品和竞争者产品在满足他们需求方面的得分。它反映了市场上现有产品的优势和弱点以及产品需要改进的地方。

□ 确定目标值

它反映了将来我们打算在多大程度上满足顾客需求。





质量屋（续5）

□ 计算需求得分

需求得分由顾客需求重要性、改进率和销售点3个数值相乘而得。

➤ 顾客需求重要性分为5级：

5表示非常重要；...；1表示不重要。

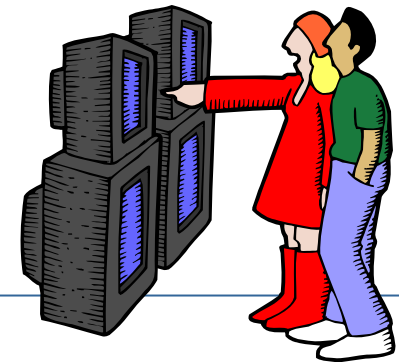
➤ 改进率=未来值/现在值，由前面竞争性分析与确定目标值阶段可得。

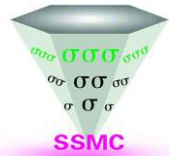
➤ 销售点用来分析产品的改进对销售量的影响，其得分明确了顾客需求的轻重缓急。

销售点1.5表示影响显著；

1.2代表中等；

1.0表示无影响。





质量屋（续6）

□ 设计产品特性表

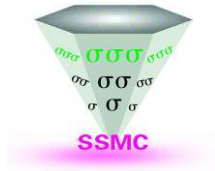
用来反映顾客关心的产品特性，并为进一步评估与顾客需求间的关系矩阵作准备。

□ 关系矩阵

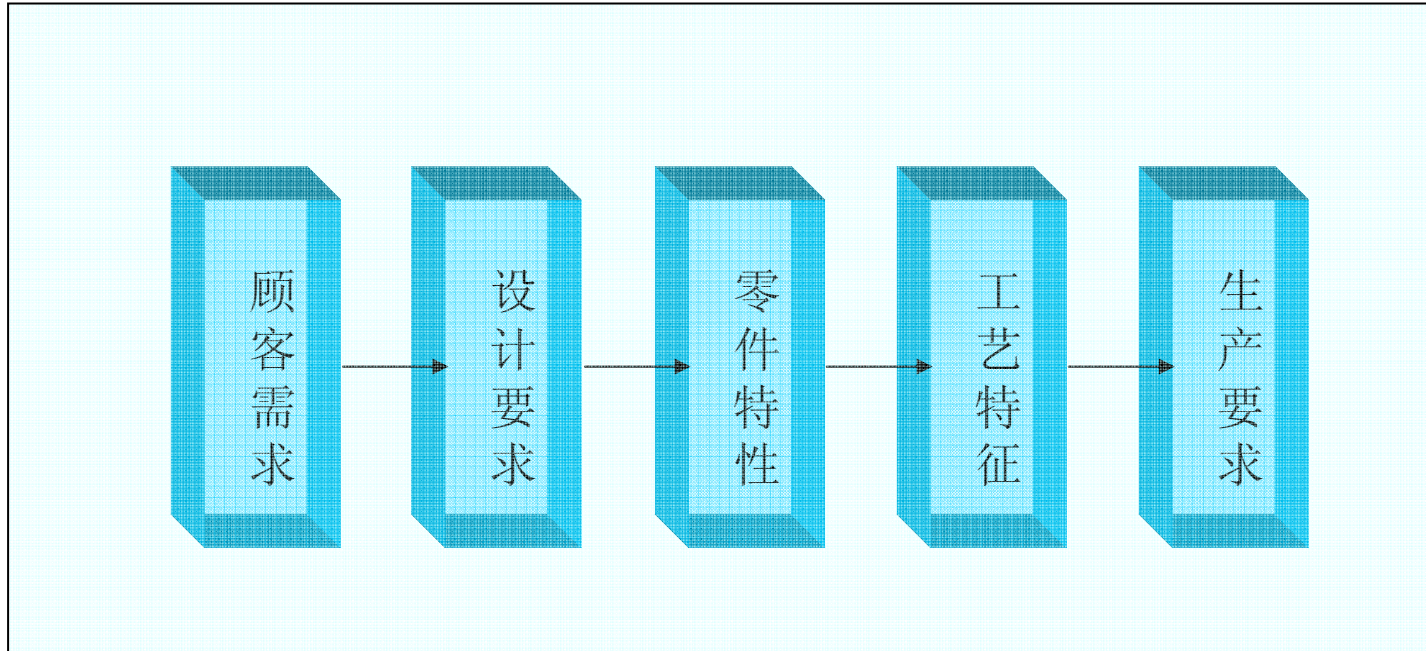
通常采用一组符号来表示顾客需求与产品特性之间的相关程度。例如，用“◎”来表示“强”关系；用“○”来表示“中等”关系；用“△”来表示“弱”关系。关系矩阵直观地说明了产品特性对满足顾客需求有多大的贡献和影响。

□ 相关矩阵

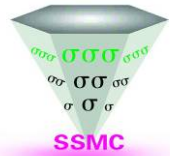
反映了产品特性间的相关关系，当某一产品特性得到改进时，另一产品特性也向好的方向变化时，这种相关关系就变得十分重要。



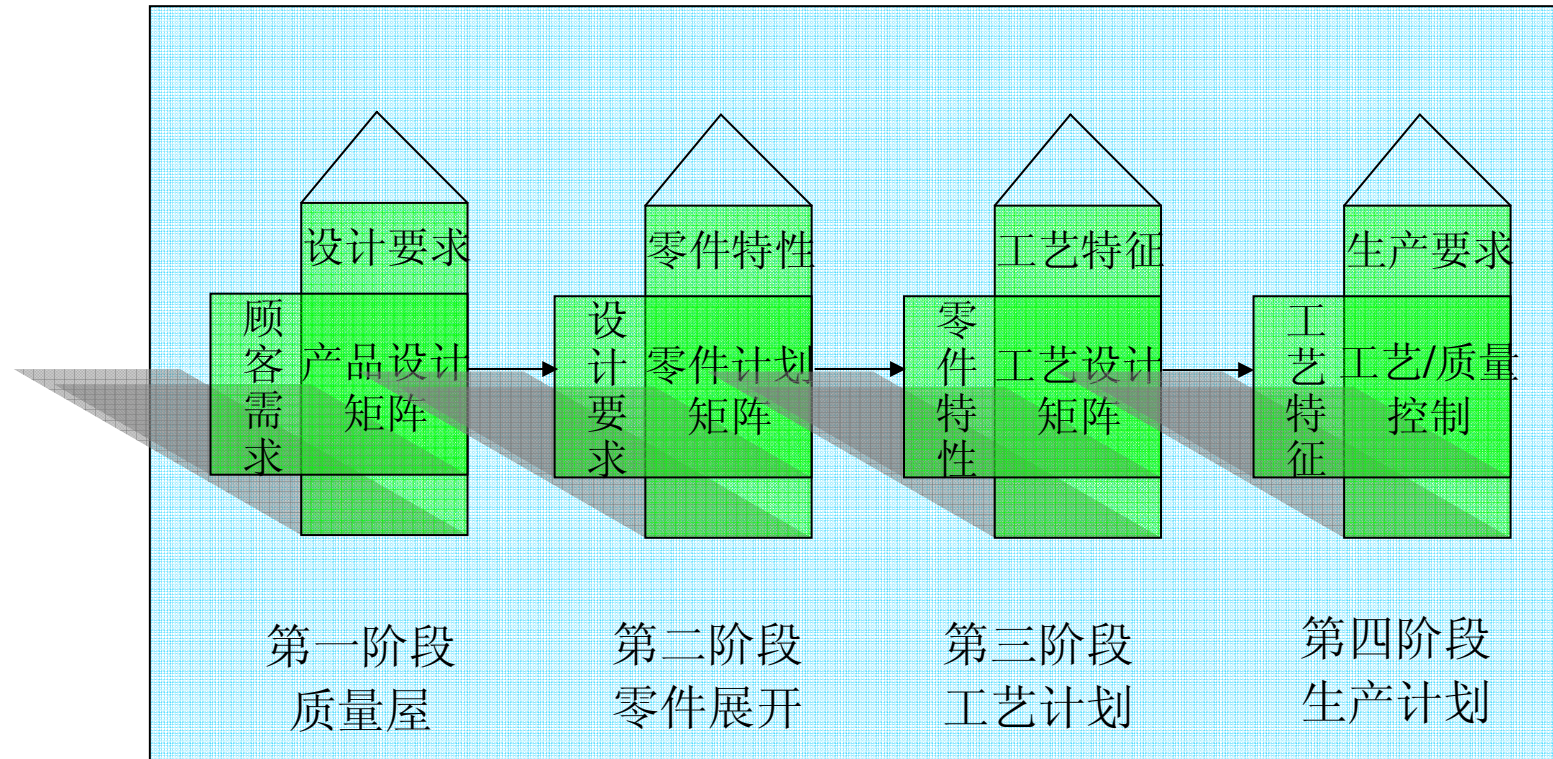
3.4 质量功能展开的过程



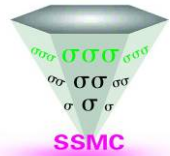
顾客需求转化图



质量功能展开的过程 (续1)

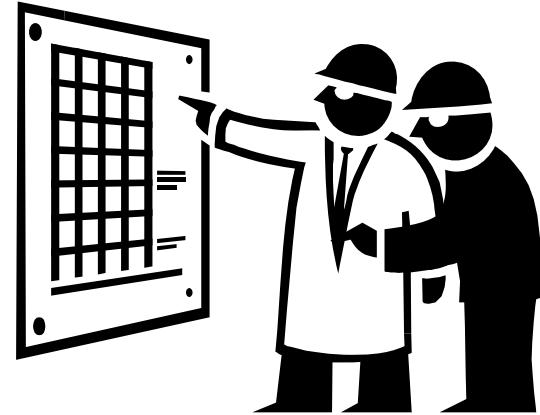


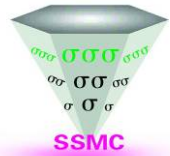
质量功能展开阶段图



3.5 质量功能展开的工作程序

- 确定展开QFD项目
- 成立QFD小组
- 顾客需求分析
- 建立四阶段的质量屋
- 对关键环节进行严格的稳定性控制
- 完善质量屋



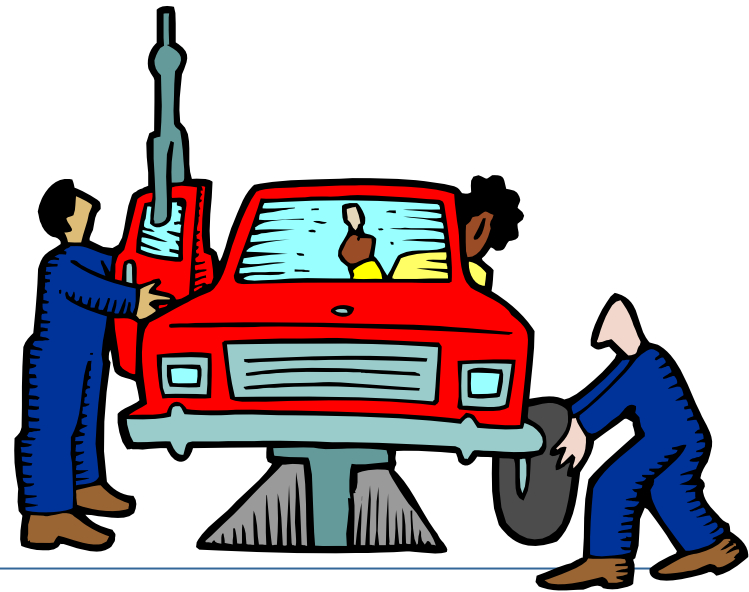


3.6 质量功能展开的效果

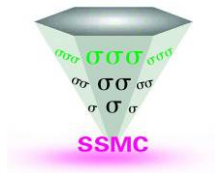
□ QFD对企业产生有形的效益

□ QFD对企业产生无形的效益

□ QFD使企业中的价值得到累积



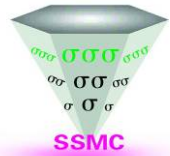
返回目录



3.7 质量功能展开应用案例



中国人民大学六西格玛质量管理研究中心



质量功能展开应用案例（续1）

□ 顾客的需求

▶ 服务优良

▶ 环境幽雅

▶ 交通便利

▶ 便于组织会议



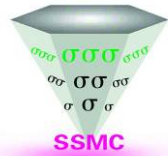
□ 设计要求

▶ 对员工进行标准化服务培训

▶ 宾馆周围遍植树木，并进行文化包装

▶ 在宾馆所在地开辟新交通线路

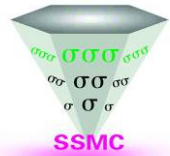
▶ 宾馆建有大、中、小型会议室若干



质量功能展开应用案例（续2）

顾客需求	产品特性	重要度	质量屋屋顶					宾馆(现在)	竞争宾馆	宾馆(目标)	得分
			标准化服务	植树	文化包装	开辟交通线路	附有会议室				
服务优良		5	◎	△	○			1	4	5	25
环境幽雅		3		◎	◎			1	3	5	15
交通便利		4				◎		1	5	4	16
便于组织会议		2				○	◎	1	4	5	10
目标值			4星级	85%	与环境相融	2条	400人	级别图例 ◎=9 ○=3 △=1			
产品特性得分			225	145	185	174	90				

宾馆规划质量屋



小组讨论与练习

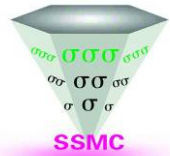
□ 思考题

1. QFD有哪些优点？
2. 什么叫质量屋？它由哪几个组成部分构成？
3. QFD同6 σ 管理方法有何联系？

□ 练习题

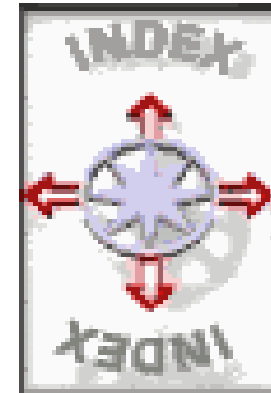
1. 通过本章内容的学习您一定对QFD产生了浓厚的兴趣，为什么不马上在您的工作中运用一下呢？也许会有使您意想不到的效果发生。

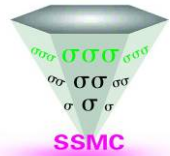




第4章 简单的试验设计技术

-  4.1 试验设计DOE
-  4.2 单因素试验设计
-  4.3 多因素试验设计
-  4.4 因素轮换法
-  4.5 随机试验法
-  小组讨论与练习

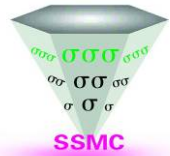




本章目标

1. 了解试验设计的思想和作用
2. 明确不同试验设计方法的适用场合
3. 掌握常用的单因素设计方法
4. 了解多因素试验设计方法的特点
5. 学会使用随机试验设计方法



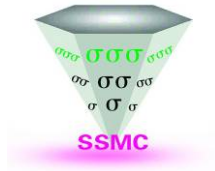


4.1 试验设计DOE

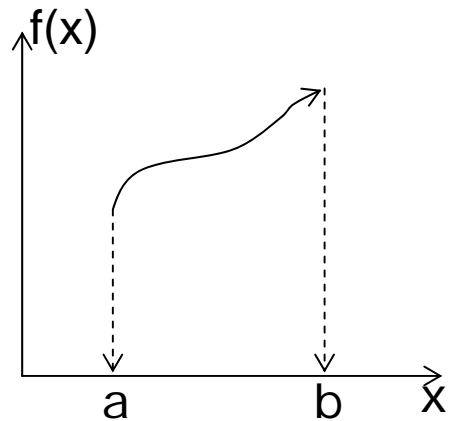


□ 试验设计的作用

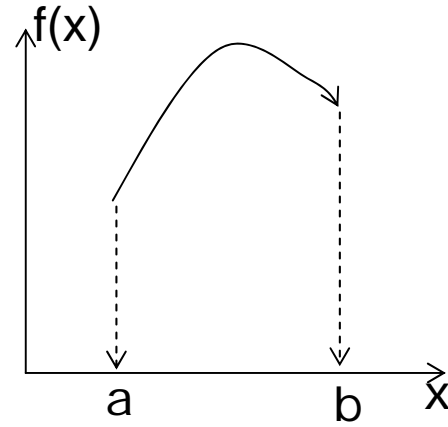
- ▶ 寻找和验证影响过程的主要因素。
- ▶ 优化因素的取值，找出因素的最佳水平搭配。
- ▶ 提高过程和产品的质量，实现6 σ 管理。
- ▶ 提高过程和产品稳定性，减少受环境的影响。
- ▶ 提高产品的可靠性，延长产品的使用寿命。
- ▶ 减少不必要的工艺和材料，降低生产成本，缩短生产周期。
- ▶ 通过提高产品的设计质量，减小对检验的依赖。



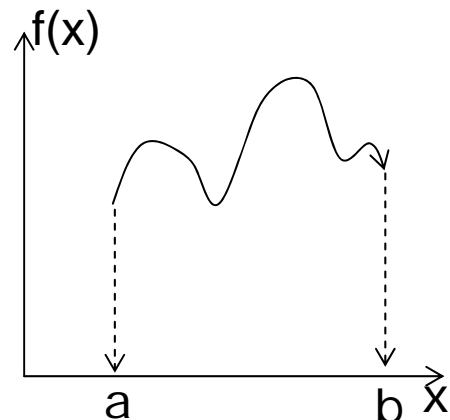
试验设计DOE (续1)



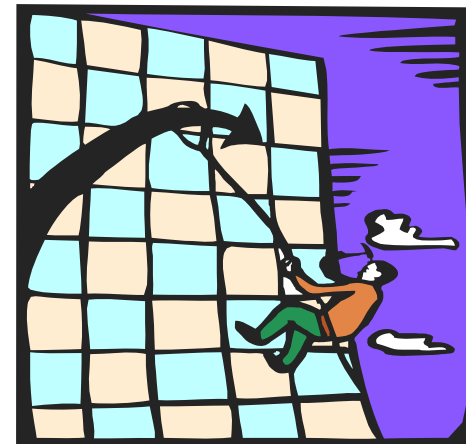
(a) 单调函数



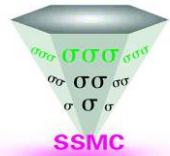
(b) 单峰函数



(c) 多峰函数



单因素目标函数图

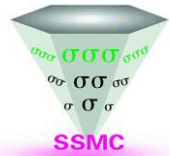


试验设计DOE (续2)

□ 试验设计流程

- 建立试验目标。
- 明确试验指标。
- 寻找对试验指标的可能的影响因素。
- 识别可控因素和噪声因素。
- 选择适用的试验设计方法安排和实施试验。
- 分析试验数据，寻找因素水平的最优组合。
- 验证和应用试验结果，评价试验绩效。



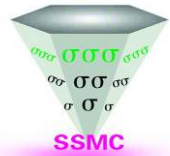


4.2 单因素试验设计

□ 均分法的特点

- ▶ 适用面广，适用于任意形式的目标函数。
- ▶ 属于整体设计，也就是在试验前就把全部试验计划制定好了，在条件允许时可以同时进行试验，这样可以极大地缩短试验的总周期。
- ▶ 均分法对单峰和单调的目标函数效率低。如果根据经验可以确定目标函数是单峰函数或单调函数，就应该使用其它效率更高的方法。



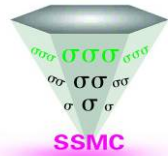


单因素试验设计（续1）

□ 等分法也称为平分法或取中法，也是单因素试验设计方法，其特点是：

- 适用于在试验范围内目标函数为单调的情况。
- 等分法的试验安排在试验范围的中心位置。
- 每次试验使试验的范围减小一半。
- 需要在每一次试验后再确定下一次试验位置，属于序贯试验设计。





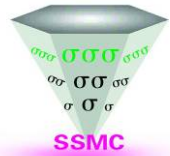
单因素试验设计（续2）

0.618法两个对称试验点的位置是：

$$\begin{cases} x_1 = a + 0.382(b - a) \\ x_2 = a + 0.618(b - a) \end{cases}$$

n 次试验后**0.618**法保留区间的长度（最初长度为**1**）

试验点	1	2	3	4	5	6	7	8
保留长度	0.618	0.382	0.236	0.146	0.090	0.056	0.034	0.021
试验点	9	10	11	12	13	14	15	16
保留长度	0.013	0.008	0.005	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000



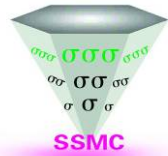
单因素试验设计（续3）

菲波那契法也称为分数法，是用菲波那契(Fibonacci)数列安排试验的方法，这个数列记为 F_n ，其数值是：

n	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, ...
F_n	1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, ...

起始的两个数都是1，从 $n \geq 2$ 起每个数都是前面两个数之和，即

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \quad (n \geq 2)$$



单因素试验设计 (续4)

菲波那契数法试验安排示例

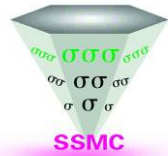
加括号表示在上一次试验中已经做过的试验点，是上一次试验的好点。

+1表示含零水平

加*号表示好点

两个点都是好点，把两侧同时去掉。

试验号	水平数目	试验范围	菲波那契数	试验点(档次)	线宽 y	试验指标 $ y-3.00 $
1	34+1	0	13	13	1.26	1.74
		34	21	21	2.35	0.65*
2	21 +1	13	8	(21)	2.35	0.65
		34	13	26	3.05	0.05*
3	13 +1	21	5	(26)	3.05	0.05*
		34	8	29	3.26	0.26
4	8 +1	21	3	24	3.05	0.05*
		29	5	(26)	2.95	0.05*
5	2 +1	24	1	25	3.01	0.01*
		26	1	(26)	2.95	0.05

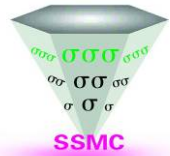


单因素试验设计（续5）

均分法属于整体设计，在试验前就把全部试验设计好。如果试验设备和其他的资源条件允许，就可以同时进行试验，这样从试验时间上来说是最节省的。如果试验可以同时进行，并且每个试验的费用很低而试验时间较长，就适合于采用均分法。

等分法、0.618法、菲波那契数法都属于序贯试验法，需要在一次试验结束后才能安排下一个试验，试验周期是每次试验的叠加，这样就必然需要较长的试验时间，适合于每个试验的时间较短但是费用比较高的场合。

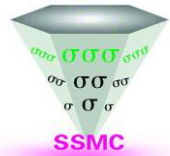
很多情况下需要综合考虑试验费用和试验时间，如果试验的费用不很高，并且试验设备和其他的资源条件允许，就可以使用分批试验法，以多做几次试验为代价而缩短试验的周期。



单因素试验设计（续6）

单因素试验设计方法特点

试验类别	试验条件与使用效率
均分法	整体设计，适用于任何形式的目标函数。试验次数多，在条件允许时可以用同时试验，试验周期短。
等分法	序贯设计，要求目标函数是单调函数。试验次数少，不能用同时试验。
0.618 法	序贯设计，要求目标函数是单峰函数。适合于因素水平取连续值。
菲波那契数法	序贯设计，要求目标函数是单峰函数。适合于因素水平取整数值。
分批试验法	综合整体设计和序贯设计的优点，兼顾试验成本和试验周期。

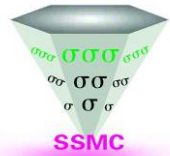


4.3 多因素试验设计

生产过程是复杂的，影响过程输出的因素往往不是单一的，需要考虑多个因素对试验指标的共同影响，这时就需要采用多因素试验设计。在多因素试验设计中，合理地选择试验因素和水平是关系到试验能否成功的关键，下列的注意事项和建议对使用多因素试验设计是重要的：

- ▶ 因素数目要适中，不要过多或过少。
- ▶ 试验的范围应当尽可能大一些。
- ▶ 因素的水平数要尽量多一些。
- ▶ 水平的间隔要适当分开。

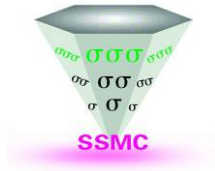




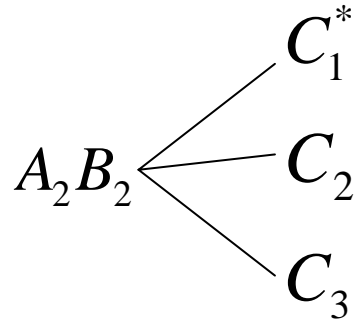
多因素试验设计（续）

多因素试验设计方法的特点

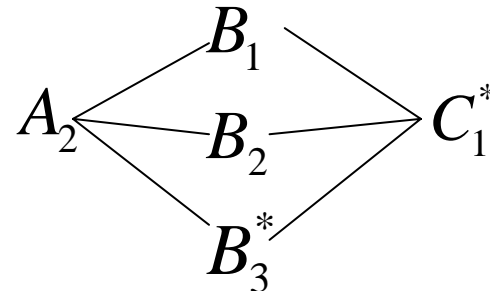
试验类别	试验条件和使用效率
因素轮换法	适用于因素间无交互作用的情况,使用效率低。
随机试验法	适用于复杂的设计,适用范围广。
正交设计	试验指标要量化,适用于水平数不超过5个的试验,适用范围比较广。
均匀设计	试验指标和因素水平都要量化,适用于因素水平数超过5个的试验,适用范围比较广。
筛选试验	用于从众多的可能影响因素中找出几个真正重要的影响因素。
中心复合设计 (响应曲面设计)	是一种特殊设计的试验,一般可以用均匀设计替代。



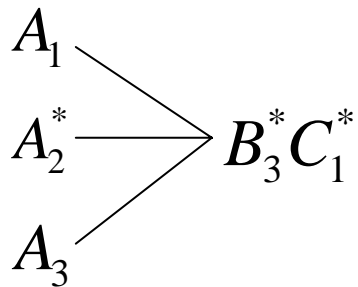
4.4 因素轮换法



(1) A、B两个因素都固定在2水平



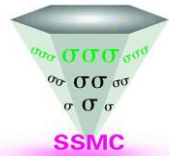
(2) A因素固定在2水平
C因素固定在1水平



(3) B因素固定在3水平
C因素固定在1水平

加*号表示是试验的好水平，试验的最优组合是 $A_2B_3C_1$

因素轮换法示意图

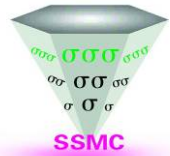


因素轮换法（续）

□ 因素轮换法的缺点

- ▶ 当因素间存在交互作用时因素轮换法的效果就会较差。
- ▶ 不利于对试验数据的深入分析。
- ▶ 属于序贯试验法，试验的周期长。
- ▶ 试验的效果往往与试验的起始点有关。



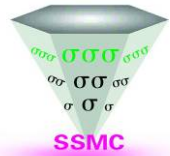


4.5 随机试验法

连续 n 次试验中包含好点的概率

试验次数	好试验点的比例 p				
	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3
10	0.096	0.401	0.651	0.893	0.972
20	0.182	0.642	0.878	0.988	0.999
30	0.260	0.785	0.958	0.999	1.000
40	0.331	0.871	0.985	1.000	1.000
50	0.395	0.923	0.995	1.000	1.000





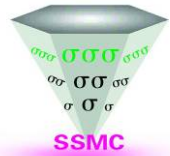
随机试验法 (续1)

三种原料的单纯形重心设计

试验号	p_1	p_2	p_3
1	1.00000	0.00000	0.00000
2	0.00000	1.00000	0.00000
3	0.00000	0.00000	1.00000
4	0.50000	0.50000	0.00000
5	0.50000	0.00000	0.50000
6	0.00000	0.50000	0.50000
7	0.33333	0.33333	0.33333
8	0.66667	0.16667	0.16667
9	0.16667	0.66667	0.16667
10	0.16667	0.16667	0.66667

6个边界点的试验





随机试验法（续2）

在配方设计中各种原料比例常有约束条件，可以表示为：

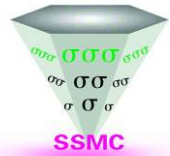
$$p_1 + p_2 + \dots + p_k = 1$$

$$a_i \leq p_i \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, k$$

$$\text{其中 } 0 \leq a_i < b_i \leq 1$$

这种有约束条件的配方设计也称为混料设计，其设计的方法很复杂，目前还没有特别的好方法。

如前所述，对这种常规方法难以解决的复杂试验设计问题，可以使用随机试验设计法。

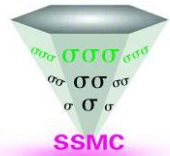


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 说明试验设计的意义和实施流程。
2. 谈谈单因素试验设计的方法。
3. 多因素试验设计的特点是什么？
4. 谈谈你对随机试验设计的认识。



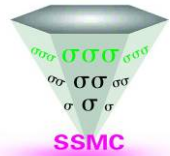


小组讨论与练习

□ 练习题

1. 在一定范围内钢的强度 y (MPa)是碳含量 x (%)的单调增加函数，光盘第4章的数据文件中给出了碳含量 x 取值在 $[0.01, 0.50]$ 范围内钢的强度数值。试验是有一定误差的，所以试验的数据并不是严格的递增数列。现在假设我们事先并不知道这些试验结果，希望用试验设计方法找到使钢的强度达到500以上的最低碳含量值。给出一种解决这个问题的试验设计方法，用光盘中给出的数据实施这项试验设计。
2. 结合自己的工作找出一项可以用单因素试验设计解决的问题。给出设计方案，并争取得到实施。

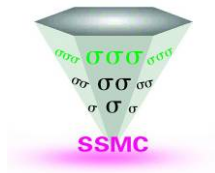




第5章 稳健设计

-  [5.1 平均水平与稳健性](#)
-  [5.2 稳健设计的思想](#)
-  [5.3 稳健设计的实施方法](#)
-  [5.4 损失函数与信噪比](#)
-  [5.5 灵敏度设计](#)
-  [5.6 多变量图](#)
-  [小组讨论与练习](#)

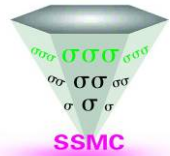




本章目标

1. 明确稳健性的意义
2. 理解稳健设计的思想
3. 了解稳健设计的基本方法
4. 了解损信噪比和灵敏度的含义和作用
5. 学会使用简单灵活的稳健设计方法





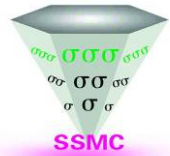
5.1 平均水平与稳健性

□ 产品质量的两个衡量标准

➤ 第一是产品的平均水平。

➤ 第二是产品的稳健性。





平均水平与稳健性（续1）

□ 稳健性（robustness）就是指产品的质量变异程度

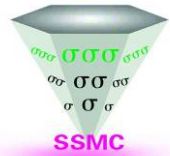
- ▶ 变异程度小的产品稳健性就高。
- ▶ 变异程度大的产品稳健性就低。



□ 引起质量变异的因素称为噪声，有三种形式

- ▶ 外部噪声。
- ▶ 零件间噪声。
- ▶ 内部噪声。





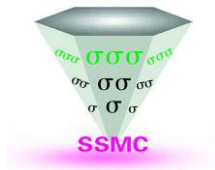
5.2 稳健设计的思想

稳健设计 (robust design) 就是用试验设计提高产品稳健性的方法, 是6 σ 管理的重要组成部分, 也是一种当今世界上发达国家深入研究和广泛应用的提高产品开发设计质量的重要新技术。

从20世纪70年代末期开始, 日本学者田口玄一 (G. Taguchi) 博士创立了以三次设计法为内容的质量工程学, 其中的主要内容就是稳健设计。

近些年来稳健设计方法不断发展和完善, 在传统的稳健设计方法中又注入了许多新的内容, 逐渐形成近代的稳健设计方法, 并在学术界和工程界引起了广泛的重视和兴趣。目前, 在美国把所有用于提高和改进产品质量的有关工程方法统称为稳健设计。

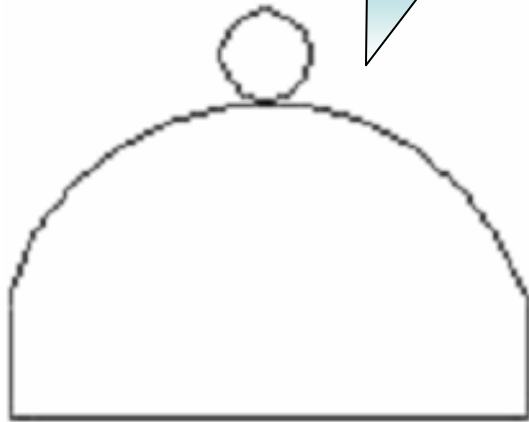
返回目录



稳健设计的思想 (续1)

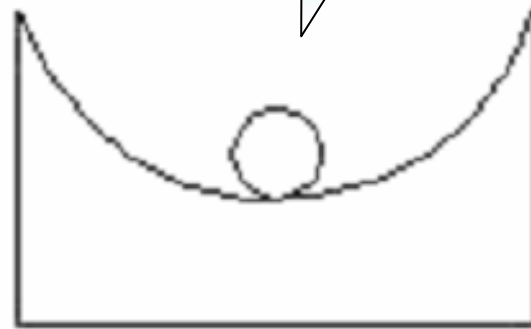


不稳定的系统



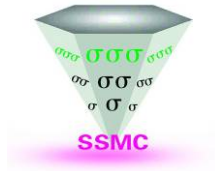
(a)

稳定的系统

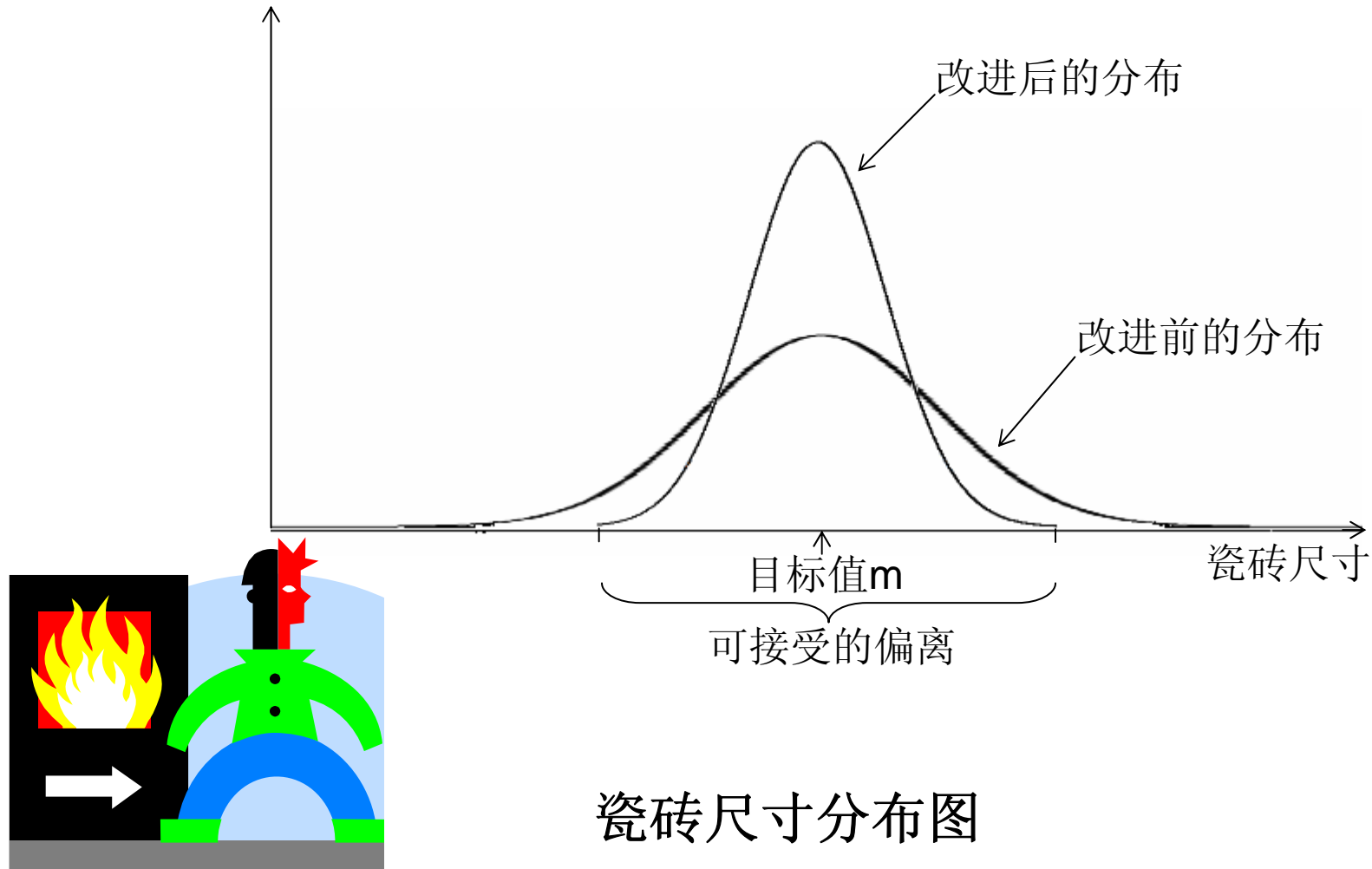


(b)

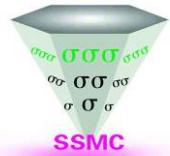
稳定性示意图



稳健设计的思想 (续2)



瓷砖尺寸分布图



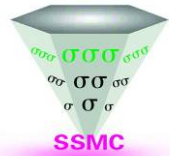
稳健设计的思想（续3）

□ 减小产品质量的变异性有两种方式

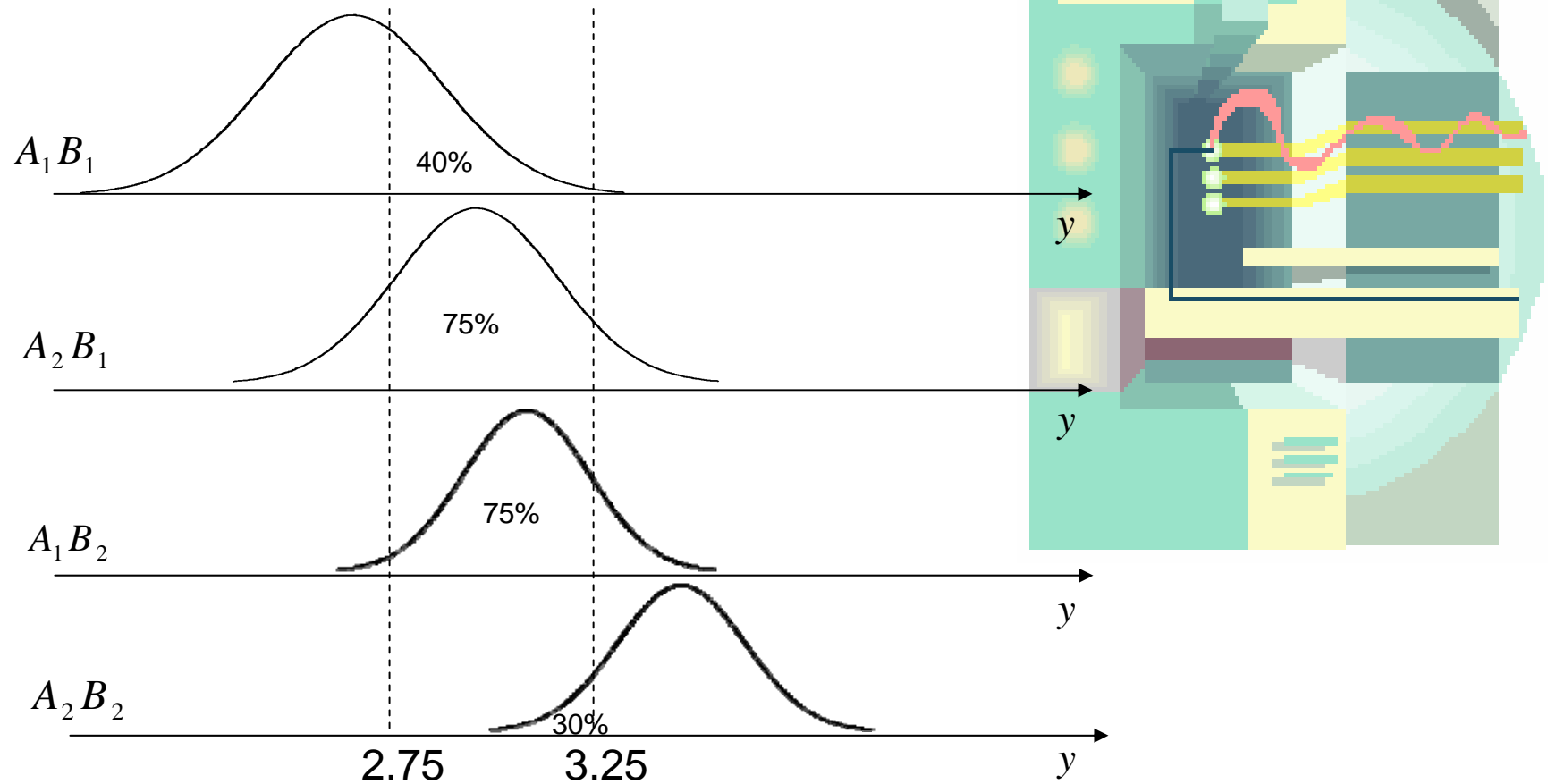
- ▶ 一种是消极的方式，也就是限制产品的使用环境，使用更高等级的元件。
- ▶ 另一种是积极的方式，就是提高产品适应外部环境变化和抵抗内部干扰的能力。

□ 稳健性设计的思想不是去控制波动源改变外在环境，而是致力于改进产品内部的结构以提高抗干扰的能力。

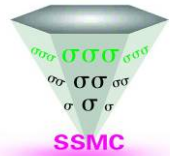




5.3 稳健设计的实施方法

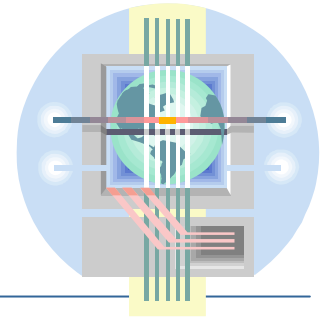


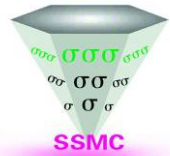
因素不同水平搭配下的线宽分布图



稳健设计的实施方法（续1）

- 稳健性设计的试验指标要尽可能选择为计量（连续）型的指标，不用或少用不合格品率等属性指标。
- 用不合格品率作为试验指标的缺点
 - 需要做大量的试验。
 - 不适合于分析试验指标和影响因素间的数量联系。
 - 容易对质量改进产生误导，导致试验失败。

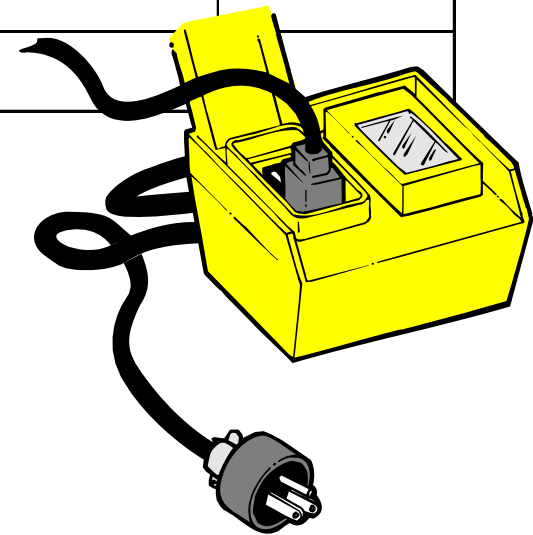


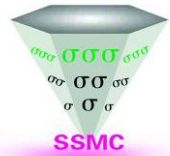


稳健设计的实施方法（续2）

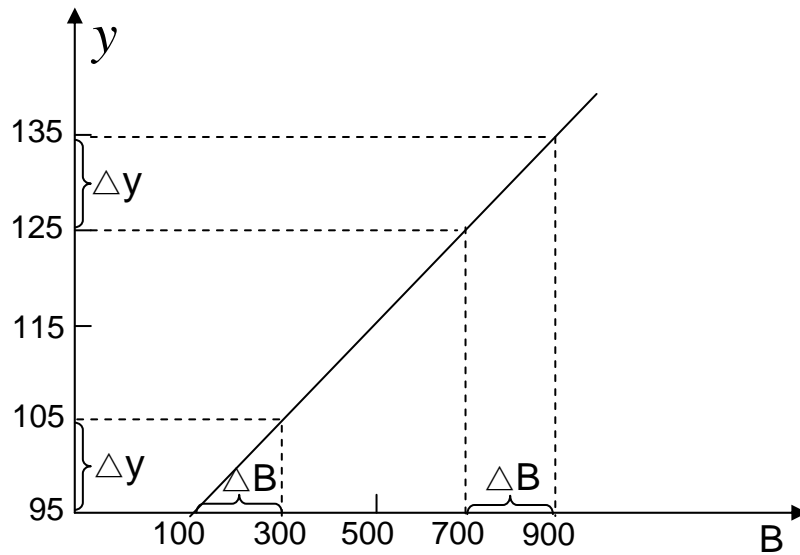
因素A与B的试验水平与试验结果表

<i>A</i> \ <i>B</i>	100	260	500	800	900
200			100	115	
250	95	103	115	130	135
300		115	125		
350			127		
400			128		

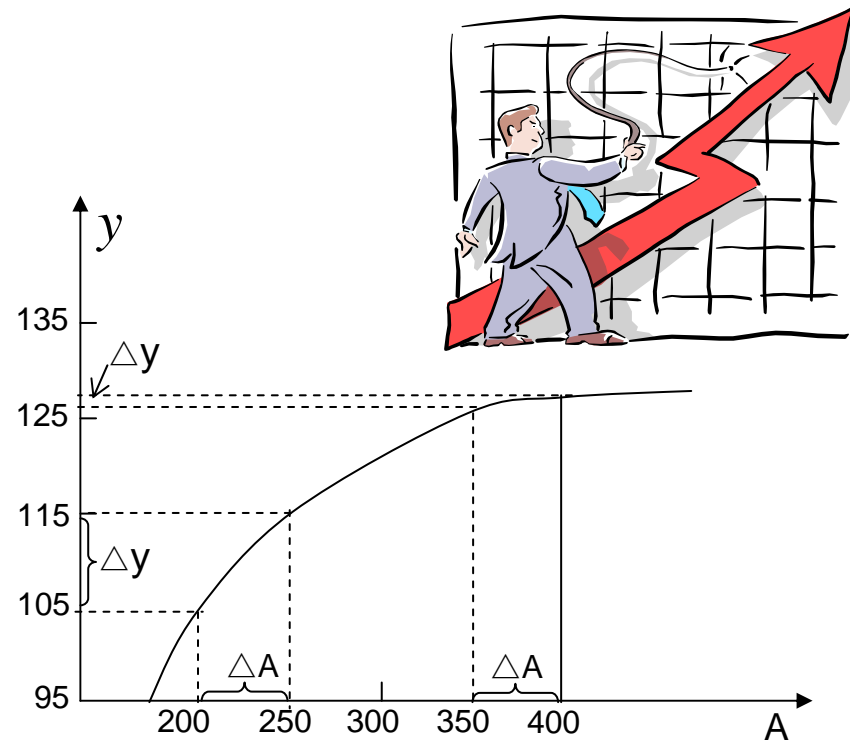




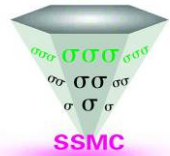
稳健设计的实施方法 (续3)



图(a) A固定时y是B的线性函数



图(b) B固定时y是A的非线性函数



5.4 损失函数与信噪比

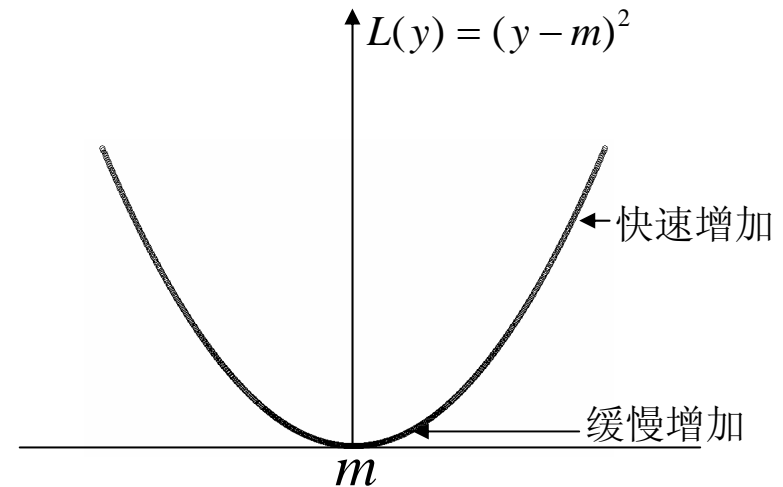
假如产品的质量目标值为 m ，产品质量特性的实际值记为 y ，当 $y \neq m$ 时就认为会对社会造成损失，两者的差异越大损失也就越大。常用平方损失函数表示这种损失关系：

$$L(y) = (y - m)^2$$

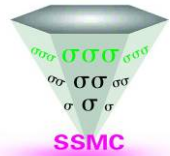
平均损失为：

$$E(L) = \sigma^2 + \delta^2$$

其中 $\delta = Ey - m$ 为生产漂移量



平方损失函数图

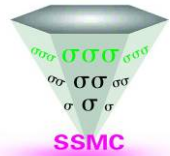


损失函数与信噪比 (续1)

信噪比 **SN** 的计算公式

质量特性	理论值	样本值	工程变换值
望目特性	$\frac{\mu^2}{\sigma^2}$ 极大化	$\frac{\bar{y}^2}{S^2} - \frac{1}{n}$ 极大化	$10\lg\left(\frac{\bar{y}^2}{S^2} - \frac{1}{n}\right)$ 极大化
望小特性	$\sigma^2 + \mu^2$ 极小化	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2$ 极小化	$-10\lg\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i^2\right)$ 极大化
望大特性	$\frac{\mu^2 + \sigma^2}{\mu^4}$ 极小化	$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}$ 极小化	$-10\lg\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right)$ 极大化

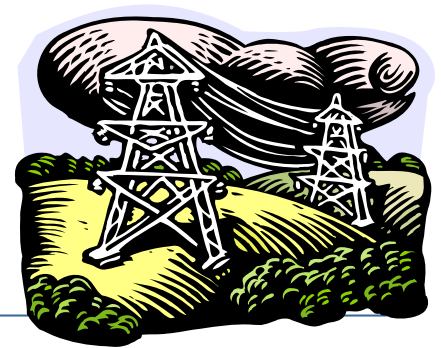


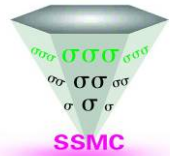


损失函数与信噪比 (续2)

□ 用内外表做稳健设计的方法和步骤

- ▶ 选择生产中的可控因子。
 - ▶ 安排可控因子的水平搭配, 称为内表。
 - ▶ 确定可控因子的噪声水平。
 - ▶ 适当选择不可控因素, 确定其噪声水平。
 - ▶ 对内表的每一种搭配, 用噪声水平做外表试验。
 - ▶ 计算内表每一种搭配的信噪比。
 - ▶ 信噪比最大的搭配就是最稳健的搭配。





损失函数与信噪比 (续3)

三种搭配方式的噪声试验

搭配方式 I

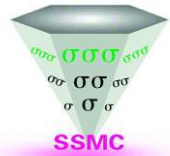
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>y</i>
1	180	400	84
2	180	800	104
3	180	1200	124
4	200	400	95
5	200	800	115
6	200	1200	135
7	220	400	102
8	220	800	122
9	220	1200	142

搭配方式 II

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>y</i>
1	225	250	96
2	225	500	109
3	225	750	121
4	250	250	102
5	250	500	115
6	250	750	128
7	275	250	108
8	275	500	121
9	275	750	133

搭配方式 III

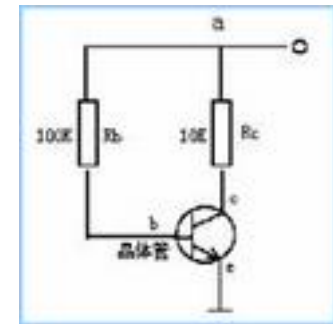
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>y</i>
1	800	400	108
2	180	800	115
3	180	1200	121
4	200	400	108
5	200	800	115
6	200	1200	121
7	220	400	108
8	220	800	115
9	220	1200	122

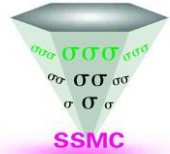


5.5 灵敏度设计

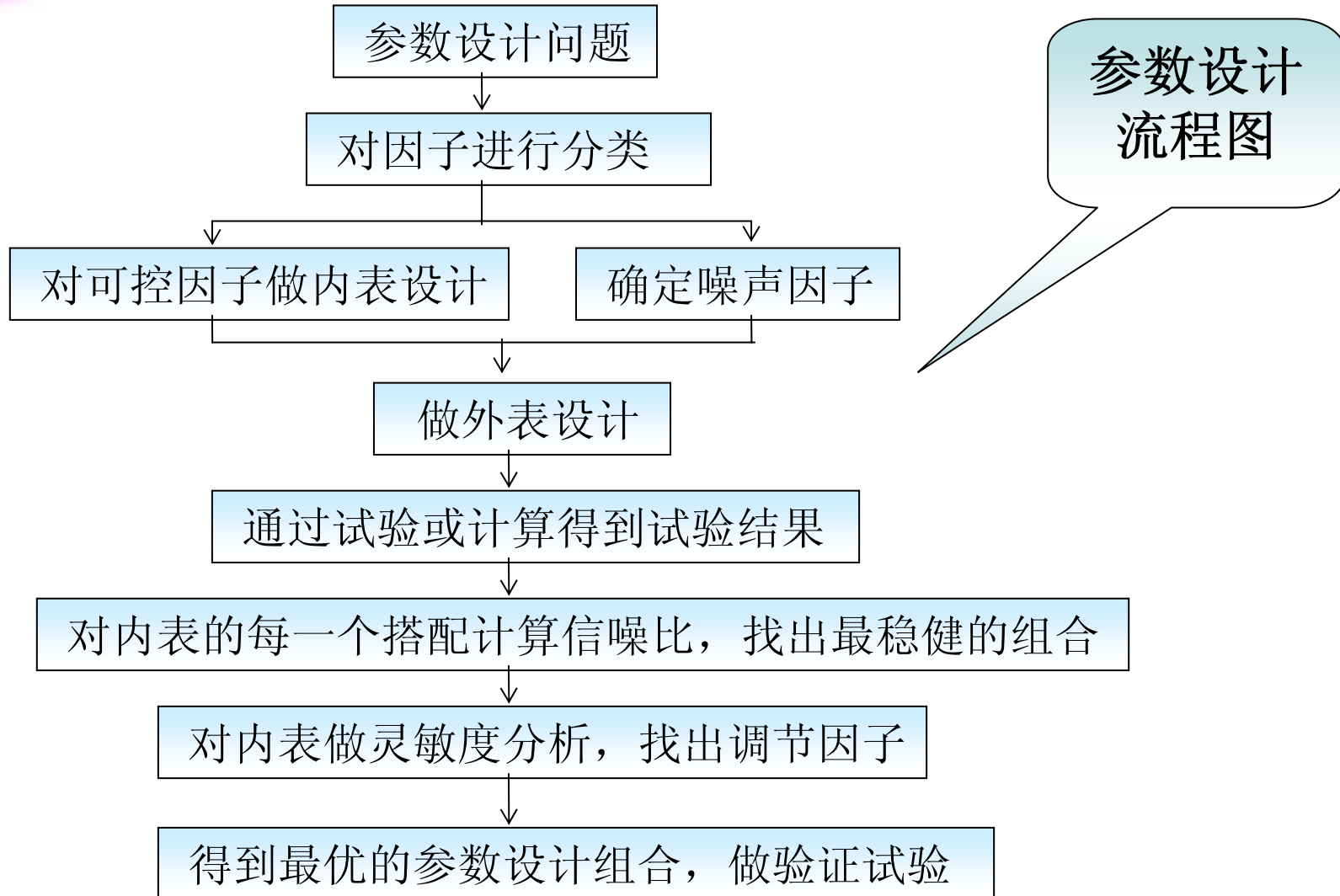
在一般情况下，尤其是对不可计算项目，参数设计要分两步走：

- 第一步是稳健设计，找出最稳健的因素水平搭配，这时允许试验指标与目标值间有一定的差异。
- 第二步是灵敏度设计，寻找调节因子，通过调整调节因子的取值，在不增加或尽量小地增加变异程度的情况下，把试验指标调整到目标值。

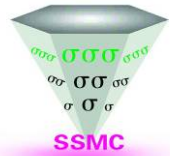




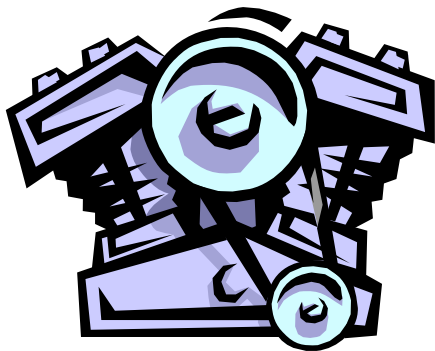
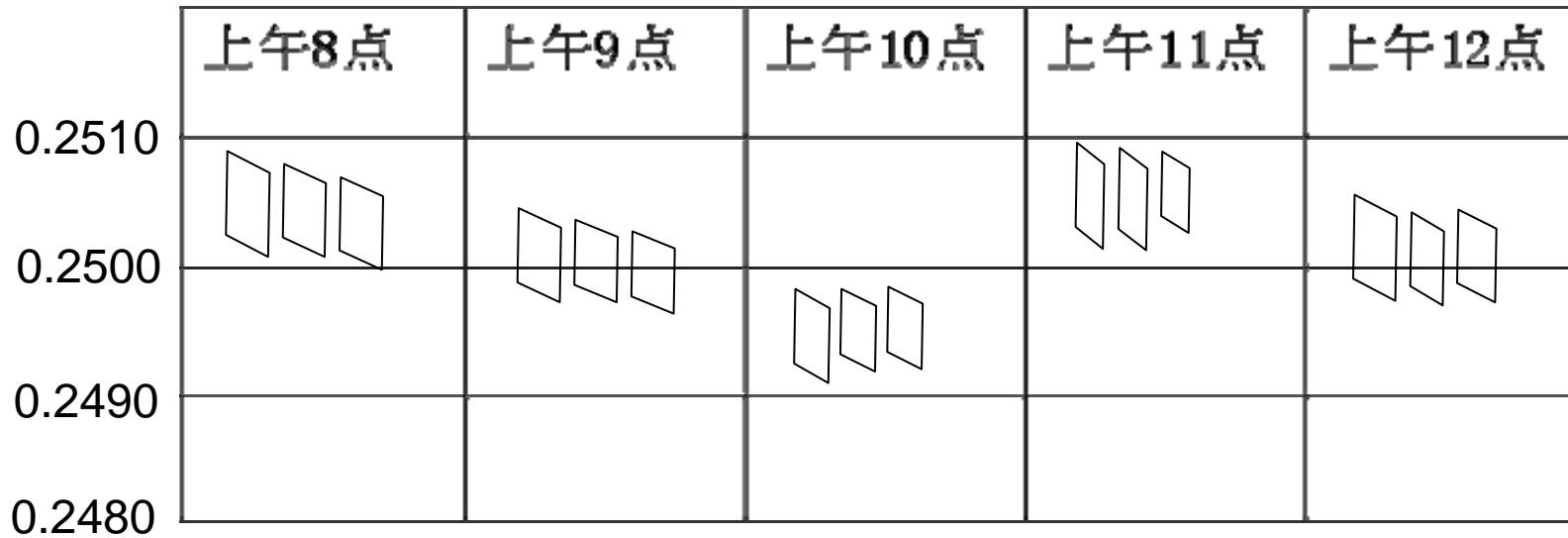
灵敏度设计 (续1)



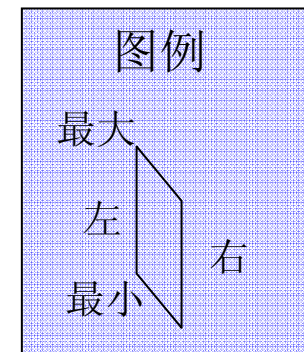
返回目录

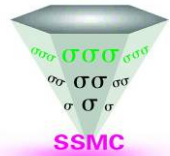


5.6 多变量图



多变量图



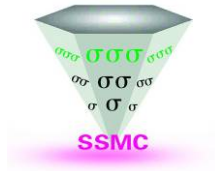


多变量图 (续1)

□ 多变量图的适用场合和特点

- ▶ 产品的质量用多个相关的指标衡量。
- ▶ 用于发现质量随时间、位置等因素的变化。
 - ▶ 在不同的时间或位置抽取产品检测。
 - ▶ 可以在生产现场抽样检测。
- ▶ 只需要较小的样本量。



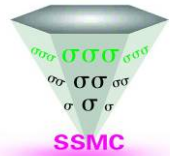


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 解释稳健性的概念，说明稳健设计的思想和意义。
2. 谈谈稳健设计的方法。
3. 结合你对稳健设计的了解，谈谈稳健的作用。

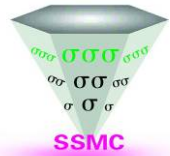













小组讨论与练习

□ 练习题

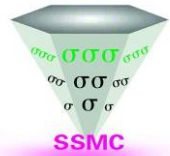
1. 一种电器的功率与电路电压和电器阻值的关系是 $P=U^2/R$,功率 P 的目标值是0.5 W, 电路的电压 U 有1.5、3.0、4.5、6.0 (V) 这4种水平选择。为了达到功率的目标值是0.5W, 电压 U 和电阻 R (单位 Ω) 之间可以有4种搭配方式 (1.5, 4.5), (3.0, 18.0), (4.5, 40.5), (6.0, 72.0)。在电压 U 的1.5、3.0、4.5、6.0 (V) 这四种水平下分别会有 ± 0.1 、 ± 0.14 、 ± 0.17 、 ± 0.20 (V) 的波动, 在电阻 R 的每种水平下实际会有10%的波动。问应该选择电压 U 和电阻 R 的哪一种搭配方式才能使电器的功率最稳定。
2. 结合你的工作找出一个稳健设计的问题, 用所学的方法解决这个问题。



第6章 正交设计

-  [6.1 正交设计的发展](#)
-  [6.2 正交表](#)
-  [6.3 用正交表安排试验](#)
-  [6.4 试验结果的直观分析](#)
-  [6.5 试验结果的方差分析](#)
-  [6.6 有交互作用的正交设计](#)
-  [6.7 混合水平的正交设计](#)
-  [6.8 正交设计的应用成果](#)
-  [小组讨论与练习](#)

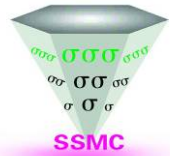




本章目标

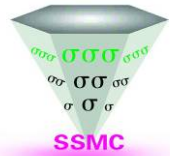
1. 了解正交设计的基本思想
2. 明确正交设计的适用场合
3. 学会使用正交设计表
4. 会用直观分析方法分析试验结果
5. 会用方差分析方法分析试验结果
6. 能够正确设计和分析有交互作用的正交试验





6.1 正交设计的发展

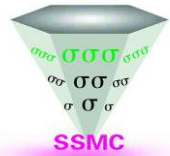
- 20世纪30年代，费希尔在试验设计方面做出了一系列先驱性的贡献。
- 20世纪上半叶，正交设计方法已经在数学界中提出。
- 到40年代后期，日本统计学家田口玄一博士首次将正交设计方法应用到日本的电话机试验上。
- 到1970年，日本已经成功使用正交设计方法100万次以上。
- 20世纪70年代以来，我国应用正交设计取得一大批优秀成果。



正交设计的发展 (续1)

- 田口博士在推广正交设计的基础上创立了质量工程学，也称为田口方法。
- 田口方法包括三方面内容，即系统设计、参数设计、容差设计，合称为三次设计。



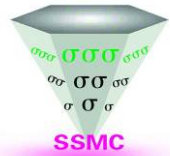


正交设计的发展 (续2)

因素与水平表

水平	因素		
	A 反应温度 ($^{\circ}\text{C}$)	B 加碱量 (公斤)	C 催化剂
1	$A_1=80$	$B_1=35$	$C_1=$ 甲种
2	$A_2=85$	$B_2=48$	$C_2=$ 乙种
3	$A_3=90$	$B_3=55$	$C_3=$ 丙种

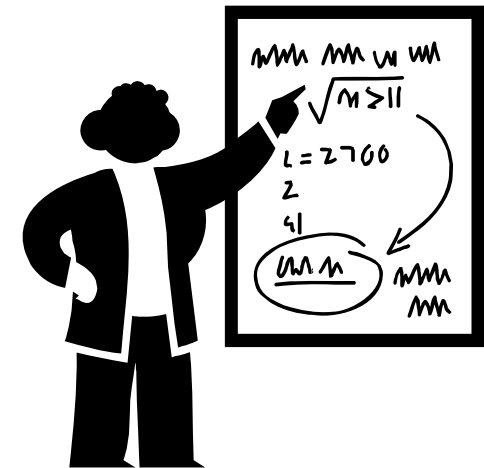


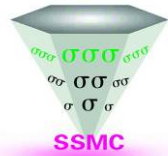


6.2 正交表

$L_9(3^4)$ 正交表

试验号	因素			
	1	2	3	4
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1





正交表 (续1)

试验设计

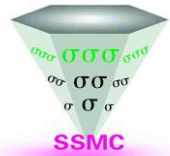
田口方法 (正交设计)

生成正交表

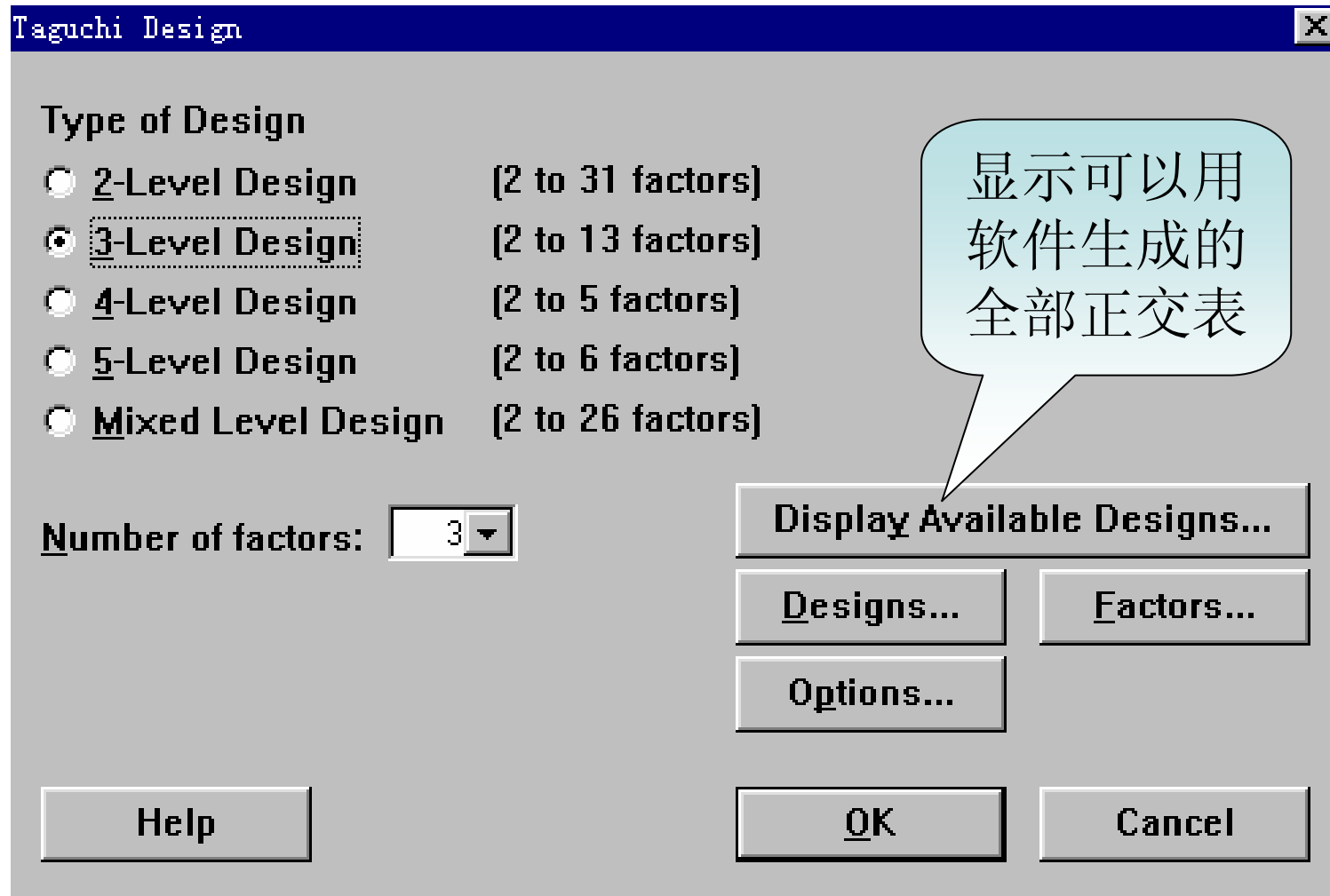
- Basic Statistics
- Regression
- ANOVA
- DOE**
- Control Charts
- Quality Tools
- Reliability/Survival
- Multivariate
- Time Series
- Tables
- Nonparametrics
- EDA
- Power and Sample Size

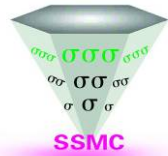
- Factorial
- Response Surface
- Mixture
- Taguchi**
- Modify Design...
- Display Design...

- Create Taguchi Design...**
- Define Custom Taguchi Design...
- Analyze Taguchi Design...
- Predict Taguchi Results...



正交表 (续2)





正交表 (续3)

Taguchi Design - Available Designs

Available Taguchi Designs (with Number of Factors)

Single-level designs

Designs	2 level	3 level	4 level	5 level
L4	2-3			
L8	2-7			
L9		2-4		
L12	2-11			
L16	2-15			
L16			2-5	
L25				2-6
L27		2-13		
L32	2-31			

Mixed 2-3 level designs

Designs	2 level	3 level
L18	1	1-7
L36	1-11	2-12
L36	1-3	13
L54	1	3-25

Mixed 2-4 level designs

Designs	2 level	4 level
L8	1-4	1
L16	2-12	1
L16	1-9	2
L16	1-6	3
L16	1-3	4
L32	1	2-9

Mixed 2-8 level designs

Designs	2 level	8 level
L16	1-8	1

Mixed 3-6 level designs

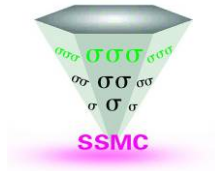
Designs	3 level	6 level
L18	1-6	1

Help OK

单一水平正交表

3水平正交表

混合水平正交表

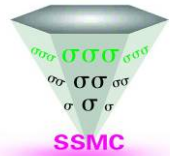


6.3 用正交表安排试验

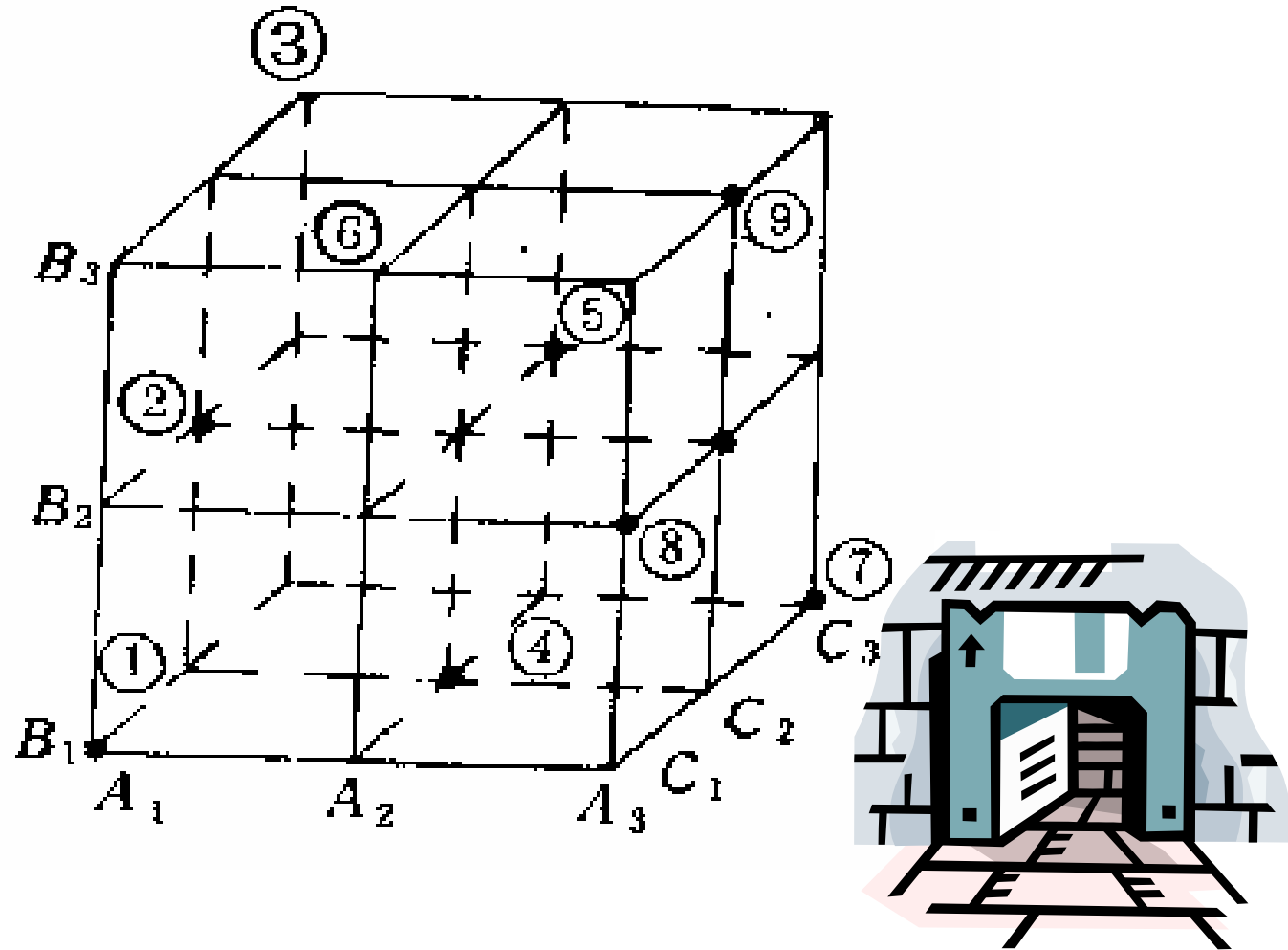


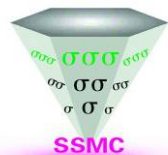
采收率正交试验方案表

试验号	因素		
	A 反应温度 (°C)	B 加碱量 (kg)	C 催化剂
1	1 (80)	1 (35)	1 (甲)
2	1 (80)	2 (48)	2 (乙)
3	1 (80)	3 (55)	3 (丙)
4	2 (85)	1 (35)	2 (乙)
5	2 (85)	2 (48)	3 (丙)
6	2 (85)	3 (55)	1 (甲)
7	3 (90)	1 (35)	3 (丙)
8	3 (90)	2 (48)	1 (甲)
9	3 (90)	3 (55)	2 (乙)



用正交表安排试验 (续1)

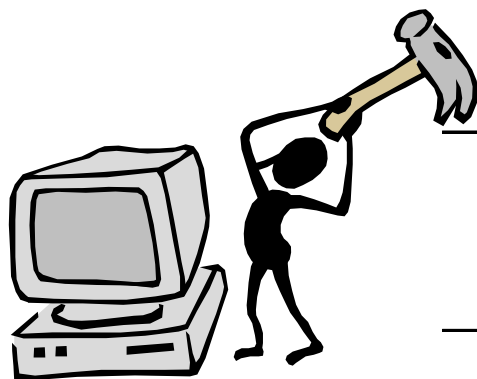


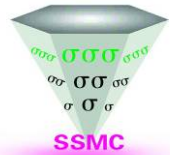


6.4 试验结果的直观分析

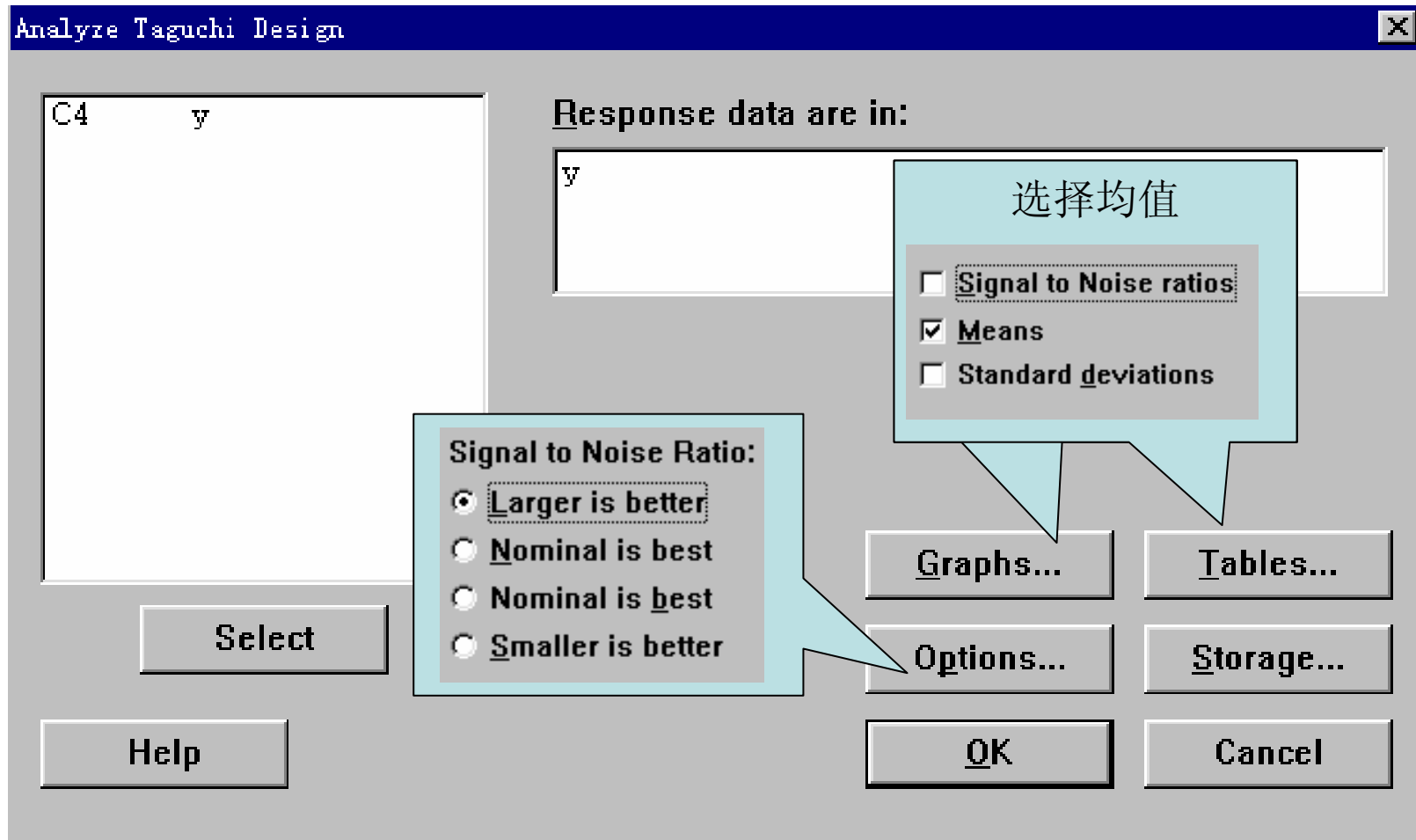
试验结果
直观分析
表

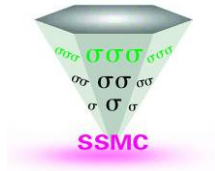
因素	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	试验结果 <i>y</i>
试验号	反应温度(°C)	加碱量 (kg)	催化剂种类	采收率 (%)
1	1 (80)	1 (35)	1 (甲)	51
2	1	2 (48)	2 (乙)	71
3	1	3 (55)	3 (丙)	58
4	2 (85)	1	2	82
5	2	2	3	69
6	2	3	1	59
7	3 (90)	1	3	77
8	3	2	1	85
9	3	3	2	84
T_1	180	210	195	—
T_2	210	225	237	—
T_3	246	201	204	—
\bar{T}_1	60	70	65	—
\bar{T}_2	70	75	79	—
\bar{T}_3	82	67	68	—
<i>R</i>	22	8	14	—





试验结果的直观分析 (续1)



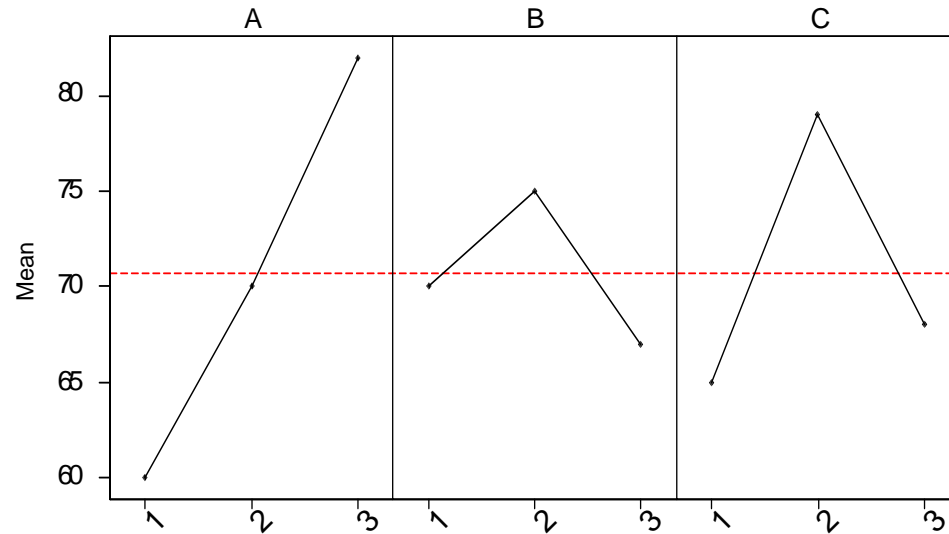


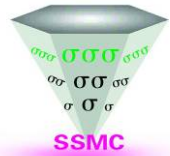
试验结果的直观分析 (续2)

Main Effects Plot for Means

Response Table for Means

Level	A	B	C
1	60	70	65
2	70	75	79
3	82	67	68
Delta	22	8	14
Rank	1	3	2





6.5 试验结果的方差分析

总离差平方和

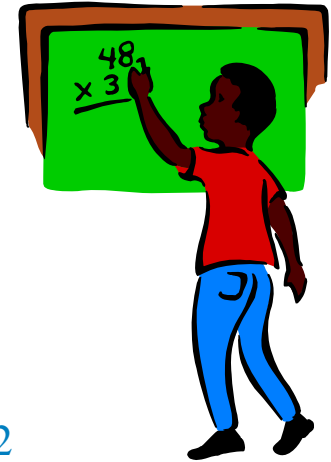
$$S_T = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$$

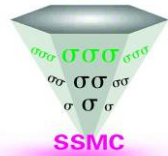
因素 A 离差平方和

$$S_A = \sum_{i=1}^3 3(\bar{T}_i - \bar{y})^2$$

误差平方和

$$S_e = S_T - S_A - S_B - S_C$$





试验结果的方差分析 (续1)

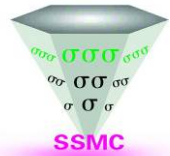
The screenshot shows the Minitab software interface with the 'Stat' menu open. The 'ANOVA' option is selected, and its sub-menu is displayed. The 'General Linear Model...' option is highlighted in the sub-menu. Two callout boxes provide additional context: one points to the 'ANOVA' menu item, and another points to the 'General Linear Model...' option.

方差的分析
Analysis of Variance

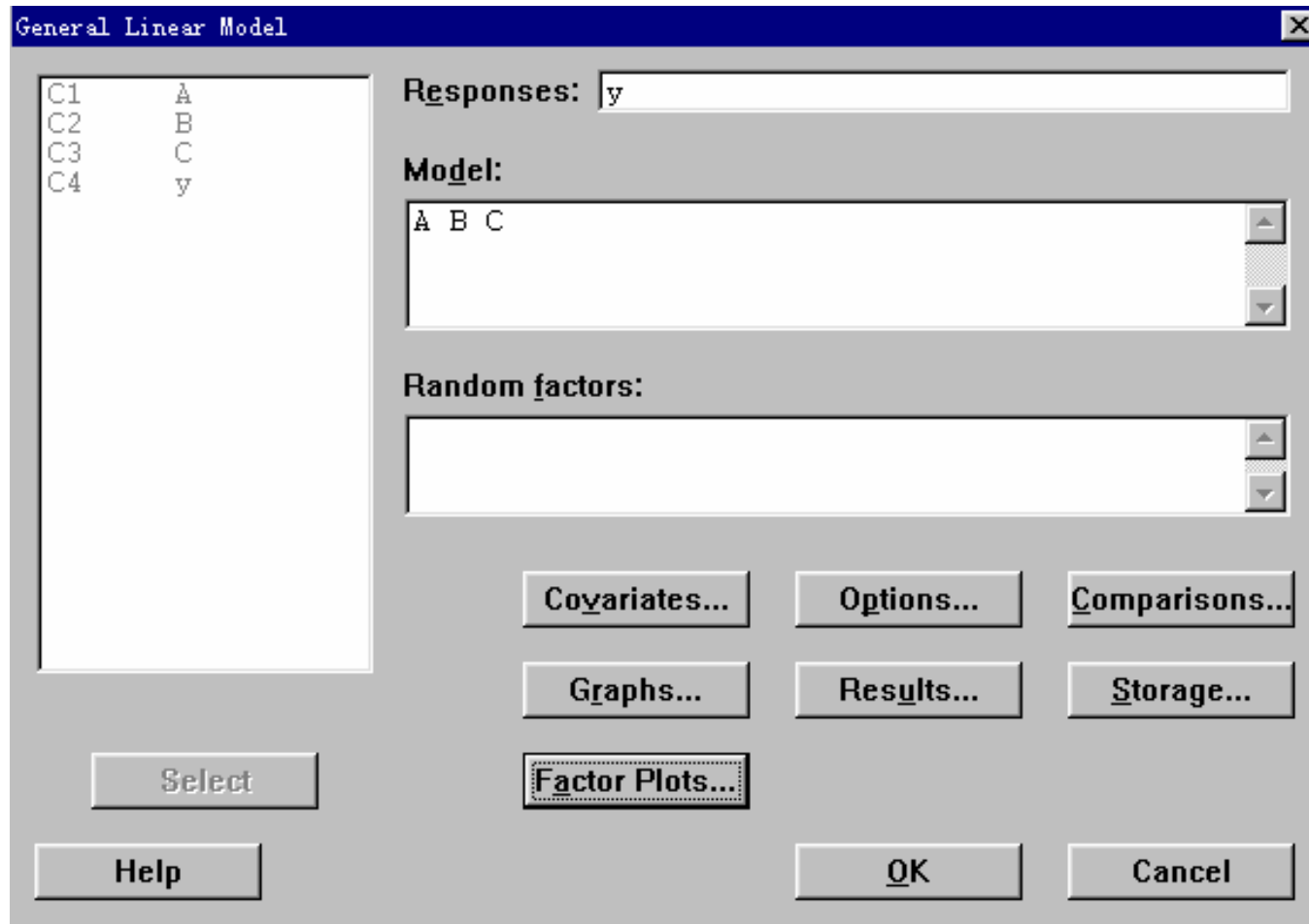
广义线性模型
General Linear Model

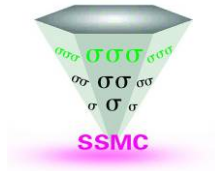
Session
03-10-14 10:
Welcome to Minitab,
Retrieving project :

返回目录



试验结果的方差分析 (续2)



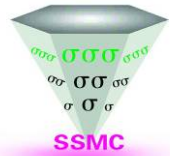


试验结果的方差分析 (续3)

方差分析输出结果

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	728.00	728.00	364.00	8.47	0.106
B	2	98.00	98.00	49.00	1.14	0.467
C	2	326.00	326.00	163.00	3.79	0.209
Error	2	86.00	86.00	43.00		
Total	8	1238.00				

B因素不显著，对试验结果没有影响



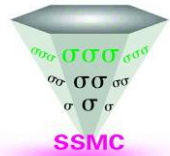
试验结果的方差分析 (续4)

去除因素B后的方差分析表

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	728.00	728.00	364.00	7.91	0.041
C	2	326.00	326.00	163.00	3.54	0.130
Error	4	184.00	184.00	46.00		
Total	8	1238.00				

A因素显著，
是重要因素

C因素有显著
性，对试验
结果有影响



6.6 有交互作用的正交设计

施肥量与产量 (kg/亩)

P \ N	0	5 (kg)
	150	170
0	180	200
5		

(a) 无交互作用

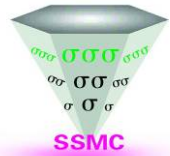
P \ N	0	5 (kg)
	150	170
0	180	230
5		

(b) 有正交互作用

P \ N	0	5 (kg)
	150	170
0	180	170
5		

(c) 有负交互作用





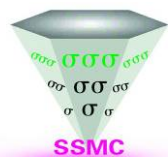
有交互作用的正交设计 (续1)



$L_8(2^7)$ 二列间交互作用表

列号 \ 列号	1	2	3	4	5	6	7
1		3	2	5	4	7	6
2			1	6	7	4	5
3				7	6	5	4
4					1	2	3
5						3	2
6							6

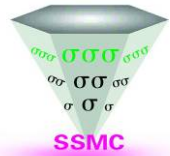
表头设计	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>A</i> × <i>B</i>	<i>C</i>	<i>A</i> × <i>C</i>	<i>D</i>
列号	1	2	3	4	5	6 7



有交互作用的正交设计 (续2)

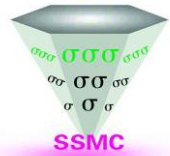
试验结果直观分析表

表头设计	A	B	A×B	C	A×C	D		y
列号	1	2	3	4	5	6	7	
试验号								
1	1	1	1	1	1	1	1	82
2	1	1	1	2	2	2	2	78
3	1	2	2	1	1	2	2	76
4	1	2	2	2	2	1	1	85
5	2	1	2	1	2	1	2	92
6	2	1	2	2	1	2	1	79
7	2	2	1	1	2	2	1	83
8	2	2	1	2	1	1	2	86
T_1	321	331	329	333	323	345	329	
T_2	340	330	332	328	338	316	332	
R	4.75	0.25	0.75	1.25	3.75	7.25	0.75	



有交互作用的正交设计 (续3)

把交互作用也作为因子选入

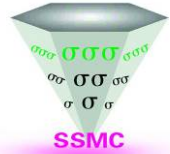


有交互作用的正交设计 (续4)

方差分析输出结果 (1)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	45.125	45.125	45.125	40.11	0.100
B	1	0.125	0.125	0.125	0.11	0.795
A*B	1	1.125	1.125	1.125	1.00	0.500
C	1	3.125	3.125	3.125	2.78	0.344
A*C	1	28.125	28.125	28.125	25.00	0.126
D	1	105.125	105.125	105.125	93.44	0.066
Error	1	1.125	1.125	1.125		
Total	7	183.875				

B因素不显著，对试验结果没有影响

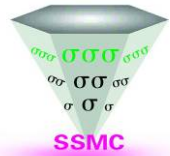


有交互作用的正交设计 (续5)

方差分析输出结果 (2)

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	1	45.125	45.125	45.125	72.20	0.014
A*B	1	1.125	1.125	1.125	1.80	0.312
C	1	3.125	3.125	3.125	5.00	0.155
A*C	1	28.125	28.125	28.125	45.00	0.022
D	1	105.125	105.125	105.125	168.20	0.006
Error	2	1.250	1.250	0.625		
Total	7	183.875				



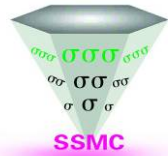


6.7 混合水平的正交设计

化油器设计因素水平表

因素	一水平	二水平	三水平
A: 大喉管直径 (ϕ)	32	34	36
B: 中喉管直径 (ϕ)	22	21	20
C: 小喉管直径 (ϕ)	10	9	8
D: 空气量孔直径 (ϕ)	1.2	1.0	0.8
E: 天气	高压	低气压	

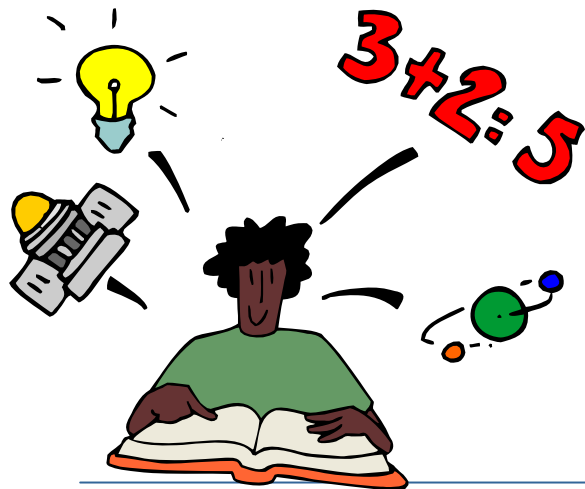




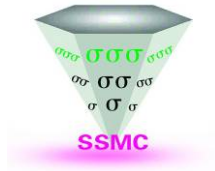
混合水平的正交设计 (续1)

混合水平正交设计 和试验结果分析

因素	E A B C D								试验结果
试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	y
1	1	1	1	1	1	1	1	1	240.7
2	1	1	2	2	2	2	2	2	230.1
3	1	1	3	3	3	3	3	3	236.5
4	1	2	1	1	2	2	3	3	217.1
5	1	2	2	2	3	3	1	1	210.5
6	1	2	3	3	1	1	2	2	306.8
7	1	3	1	2	1	3	2	3	247.1
8	1	3	2	3	2	1	3	1	228.3
9	1	3	3	1	3	2	1	2	237.7
10	2	1	1	3	3	2	2	1	208.4
11	2	1	2	1	1	3	3	2	253.3
12	2	1	3	2	2	1	1	3	232.0
13	2	2	1	2	3	1	3	2	209.2
14	2	2	2	3	1	2	1	3	245.1
15	2	2	3	1	2	3	2	1	234.1
16	2	3	1	3	2	3	1	2	217.7
17	2	3	2	1	3	1	2	3	209.7
18	2	3	3	2	1	2	3	1	339.8
T_1	2155		1340	1393	1633	1427			—
T_2	2149		1377	1469	1359	1478			—
T_3			1587	1443	1312	1399			—
S	1.7	5904	499	9997	536				19770



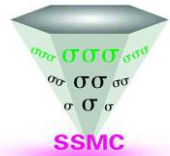
返回目录



混合水平的正交设计 (续2)

混合水平方差分析输出结果 (1)

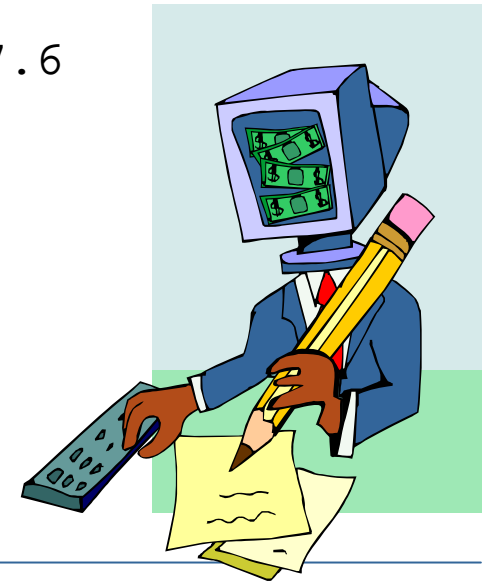
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
E	1	1.7	1.7	1.7	0.00	0.947
A	2	5904.1	5904.1	2952.0	8.34	0.011
B	2	499.0	499.0	249.5	0.70	0.523
C	2	9997.3	9997.3	4998.7	14.12	0.002
D	2	536.1	536.1	268.0	0.76	0.500
Error	8	2832.4	2832.4	354.0		
Total	17	19770.5				

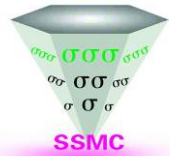


混合水平的正交设计 (续3)

混合水平方差分析输出结果 (2)

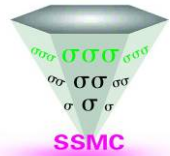
Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
A	2	5904.1	5904.1	2952.0	9.92	0.002
C	2	9997.3	9997.3	4998.7	16.80	0.000
Error	13	3869.1	3869.1	297.6		
Total	17	19770.5				





6.8 正交设计的应用成果

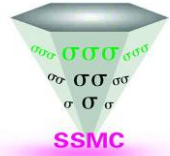
中国现场统计研究会本着“面向生产、普及提高、注重实效、勤俭办会”的方针，采用多种形式把数理统计与管理科学等方法 and 知识推广应用到工业、农业、科技、经济等领域。20年来取得了大量的应用成果，经济效益和社会效益都十分显著。其中正交设计推广应用所产生的作用和影响尤其显著，其应用成果有十几万项，经济效益几十亿元（保守估计约为50亿元）。有许多项目获得了国家级和省部级的奖励。这方面工作曾得到中央领导的赞许，并批示应当大力推广正交试验法。



正交设计的应用成果（续1）

□ 正交试验设计方法在公路建设中的应用

为了试验一种土壤固化剂NN对某种土的固化稳定作用，我们拟对该种土按不同配比掺加水泥、石灰和固化剂NN，其中水泥的掺加量为3%、5%、7%，石灰(指消解灰)的掺加量为0、10%、12%，NN固化剂的掺加量分别为0、0.5%、1%。试验的目的是：第一，通过制取各种配比的试验并测定其7天浸水抗压强度试验来确定影响稳定土的强度的主要因素，便于扩大配比选择范围，做出进一步研究试验，找出更佳的配比；第二，确定使用各种稳定剂的合理掺加量。

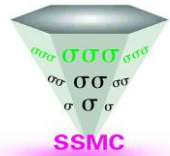


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 解释正交表的正交性，说明整体设计和随机化试验的概念和意义。
2. 谈谈用正交表安排试验的方法。
3. 结合你对正交设计的了解，谈谈正交设计应用的广泛性。



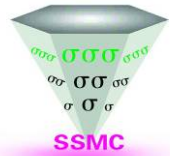


小组讨论与练习









□ 练习题

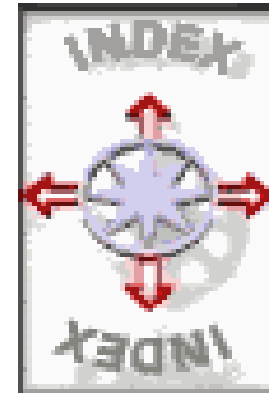
1. 针对6.8节（续1）所介绍的公路建设中正交设计应用案例，其试验安排和试验结果见下表，分别用直观分析方法和方差分析方法分析试验结果。

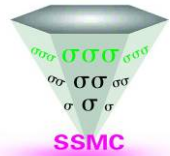
试验号	水泥 (%) A	石灰 (%) B	NN 固化物 (%) C	7天浸水抗压 强度 (Mpa)
1	3	0	0.0	0.510
2	3	10	0.5	1.366
3	3	12	1.0	1.418
4	5	0	0.5	0.815
5	5	10	1.0	1.783
6	5	12	0.0	1.838
7	7	0	1.0	1.201
8	7	10	0.0	1.994
9	7	12	0.5	2.198



第7章 均匀设计

-  [7.1 均匀设计的创立](#)
-  [7.2 均匀设计的特点](#)
-  [7.3 均匀设计示例一](#)
-  [7.4 均匀设计示例二](#)
-  [7.5 舰船尾板均匀设计应用](#)
-  [7.6 中国石化均匀设计应用](#)
-  [7.7 留学加拿大随笔](#)
-  [小组讨论与练习](#)

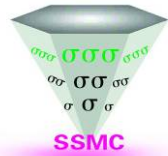




本章目标

1. 了解均匀设计的基本思想
2. 明确均匀设计的适用场合
3. 学会使用均匀设计表
4. 会用回归分析方法分析试验结果
5. 了解均匀设计的部分应用成果





7.1 均匀设计的创立

人 工 报

1993年11月29日 星期一 第三版

本报讯 据中国科学报报道：中国科学院应用数学所研究员方开泰和中国科学院学部委员三元将数论与多元统计相结合创立的一种全新试验设计方法——“均匀设计法”，12年来已在国内诸多领域得到应用，取得了丰硕的成果和巨大的效益，并得到了国际数学界的高度评价。

在工农业生产和科学研究中，经常需要做试验。70年代以来，我国广为流传和普遍使用的“优选法”和“正交设计”，都是科学的试验设计方法。然而在一些课题中，需要考察的因素较多，且每个因素变化的范围较大，从而要求每个因素有较多的水平（在安排试验时，每个因素要选择一个试验范围，然后在试验范围内挑出几个有

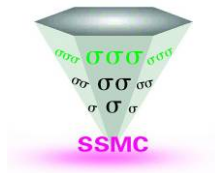
应用开发路遥识马力 基础研究

「均匀设计法」应用十

中得到验证。1981年，由方开泰、三元合写的《均匀设计》一文在《科学通报》上正式发表。

十余年来，“均匀设计法”在无任何国家机构组织推广的情况下，已广泛应用于我国军事工程、医药工业、化学工业、纺织工业、冶金工业、电子工业等诸多领域，取得了显著的成效。80年代，几项航天工程的设计由于采用“均匀设计法”和其他高技术，取得了空前的好成绩，先后荣获国家科技进步二等奖、三等奖和特等奖。北京的一家公司采用“均匀设计法”，对花200万美元引进的“可溶塑料”生产技术中的专利配方进行成功的修改。现在该公司年产可溶塑料产品1500吨，每吨售价2000美元，全部出口，一年便

返回目录



均匀设计的创立 (续1)

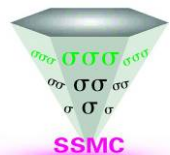
《均匀设计与均匀设计表》前言

均匀设计是1978年王元教授和我共同提出的，
10多年来，均匀设计在理论上有了不少新的发展

.....



方开泰
中国科学院应用数学研究所
香港浸会大学
1994年2月



7.2 均匀设计的特点

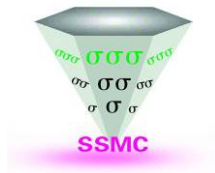
7水平均匀设计表 $U_7(7^4)$

	1	2	3	4
1	1	2	3	6
2	2	4	6	5
3	3	6	2	4
4	4	1	5	3
5	5	3	1	2
6	6	5	4	1
7	7	7	7	7



$U_7(7^4)$ 的使用表

S	列号				D
2	1	3			0.2398
3	1	2	3		0.3721
4	1	2	3	4	0.4760



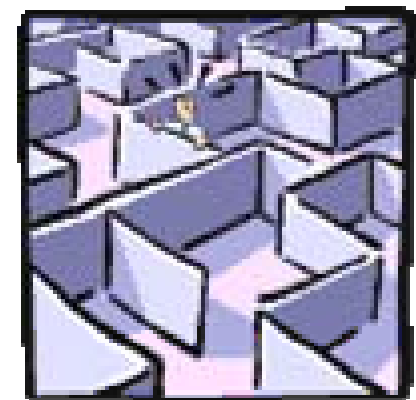
均匀设计的特点 (续1)

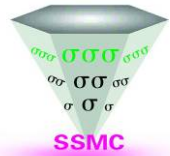
7水平均匀设计表 $U_7^*(7^4)$

	1	2	3	4
1	1	3	5	7
2	2	6	2	6
3	3	1	7	5
4	4	4	4	4
5	5	7	1	3
6	6	2	6	2
7	7	5	3	1

$U_7^*(7^4)$ 的使用表

S	列号			D
2	1	3		0.1582
3	1	2	3	0.2132



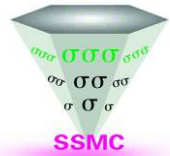


7.3 均匀设计示例一

因素水平表

因素	水平							
	1	2	3	4	5	6	7	8
X_1	20	30	40	50	60	70	80	90
X_2	7	7	8	8	8.5	8.5	9	9
X_3	10	10	15	15	20	20	25	25
X_4	25	25	30	30	40	40	50	50

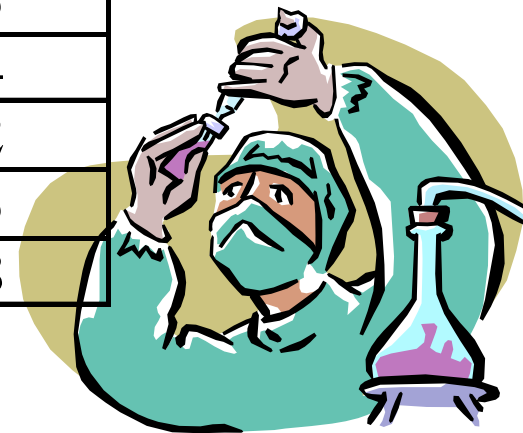




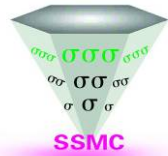
均匀设计示例一（续1）

试验设计与结果表

试验号	因 素				试验结果
	X_1	X_2	X_3	X_4	得率 (%)
1	20	7	15	50	41.8
2	30	8	25	50	45.3
3	40	8.5	15	40	57.7
4	50	9	25	40	61.3
5	60	7	10	30	77.4
6	70	8	20	30	81.2
7	80	8.5	10	25	91.3
8	90	9	20	25	94.8



返回目录

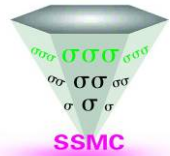


均匀设计示例一（续2）

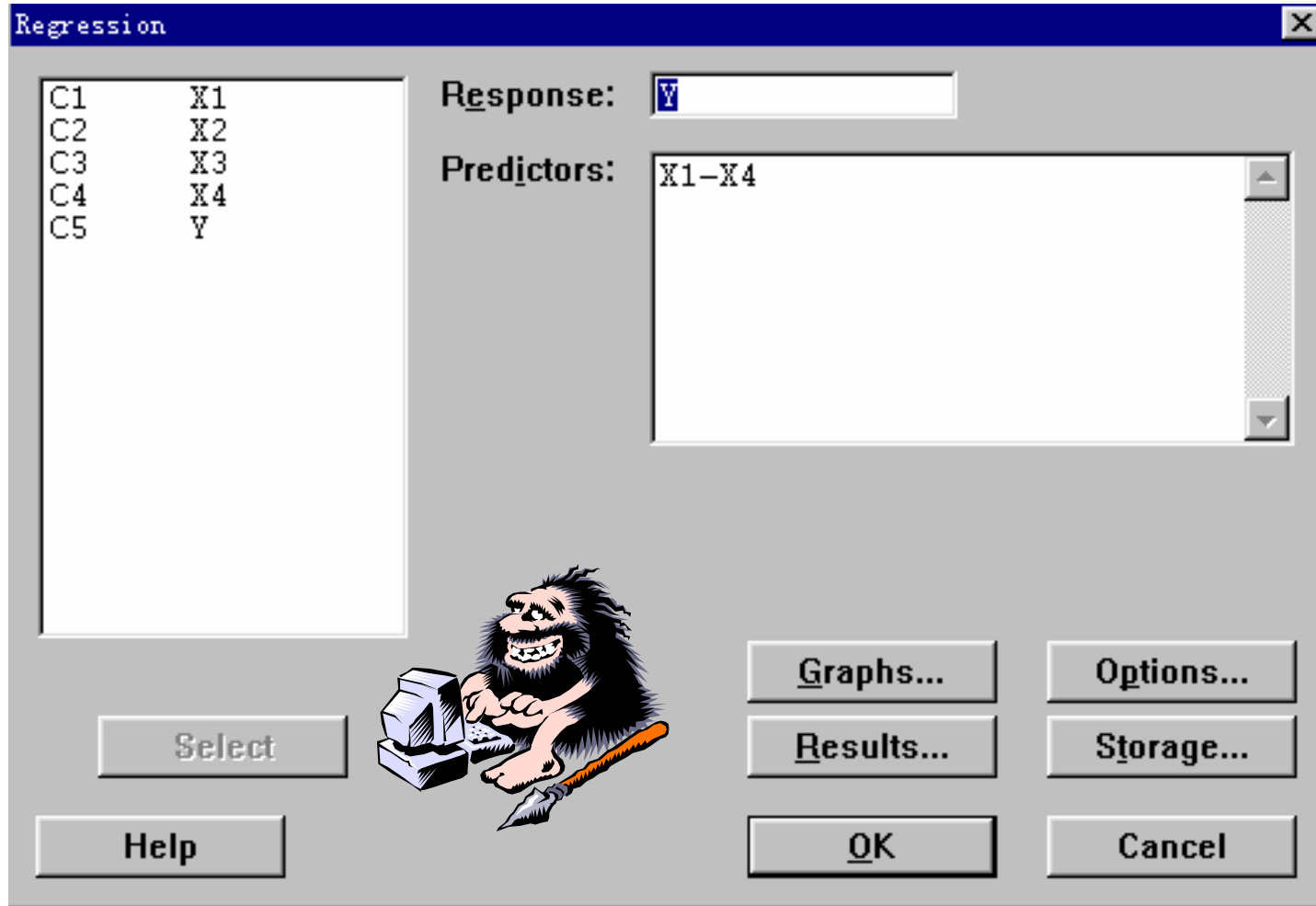
The screenshot shows the Minitab software interface. The 'Stat' menu is open, and the 'Regression' option is selected. The 'Worksheet 1 ***' window is visible at the bottom, containing a data table with columns C1-C9 and rows 1-3.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
	X1	X2	X3	X4	Y				
1	20	7.0	15	50	41.8				
2	30	8.0	25	50	45.3				
3	40	8.5	15	40	57.7				

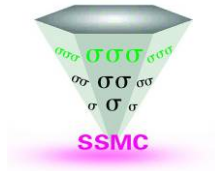
返回目录



均匀设计示例一 (续3)



返回目录



均匀设计示例一 (续4)

The regression equation is

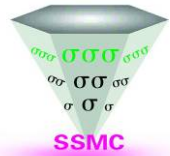
$$Y = 61.6 + 0.645 X_1 - 1.05 X_2 - 0.208 X_3 - 0.443 X_4$$

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	61.588	4.070	15.13	0.001
X1	0.64550	0.03134	20.60	0.000
X2	-1.0495	0.1977	-5.31	0.013
X3	-0.20839	0.03752	-5.55	0.012
X4	-0.44320	0.07884	-5.62	0.011

S = 0.2788

R-Sq = 100.0%

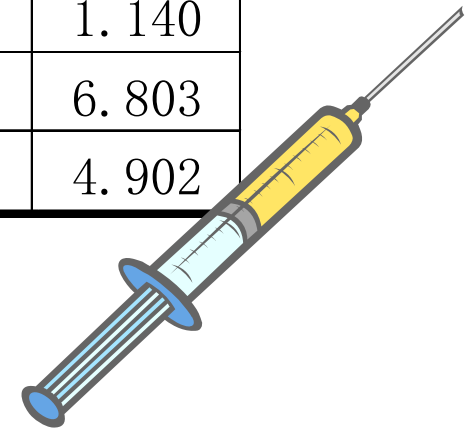
R-Sq(adj) = 100.0%

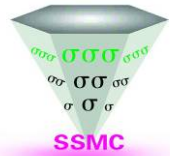


7.4 均匀设计示例二

维生素C注射液抗变色试验表 $U_7(7^3)$

试验号	EDTA X_1 (g)	无水碳酸钠 X_2 (g)	焦亚硫酸钠 X_3 (g)	吸收度 Y	$1/Y$
1	0.00	30	0.6	1.160	0.862
2	0.02	38	1.2	0.312	3.205
3	0.04	46	0.4	0.306	3.263
4	0.06	26	1.0	1.318	0.759
5	0.08	34	0.2	0.877	1.140
6	0.10	42	0.8	0.147	6.803
7	0.12	50	1.4	0.204	4.902





均匀设计示例二（续1）

含有 m 个自变量的二次多项式回归模型是：

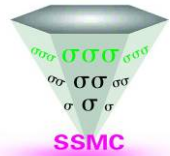
$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_i X_i + \sum_{i=1}^m \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i<j} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$$

除了常数项 β_0 以外，方程共有 $m(m+3)/2$ 个未知参数，具体数值为：

m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
参数	2	5	9	14	20	27	35	44	54	65

若使回归系数的估计有可能，必要条件为 $n > 1 + m(m+3)/2$ 。

返回目录



均匀设计示例二（续2）

Stepwise Regression

C1	X1
C2	X2
C3	X3
C4	X11
C5	X22
C6	X33
C7	X12
C8	X13
C9	X23
C10	Y

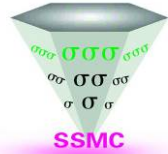
Response: Y

Predictors: X1-X23

Predictors to include in every model:

Select Methods... Options...

Help OK Cancel



均匀设计示例二 (续3)

Alpha-to-Enter: 0.15 Alpha-to-Remove: 0.15

Step	1	2	3
Constant	2.579	5.957	7.311
X2	-0.052	-0.238	-0.303
T-Value	-4.97	-2.72	-4.49
P-Value	0.004	0.053	0.021
X22		0.00245	0.00336
T-Value		2.14	3.75
P-Value		0.100	0.033
X3			-0.29
T-Value			-2.28
P-Value			0.107
S	0.220	0.168	0.117
R-Sq	83.14	92.12	97.11
R-Sq(adj)	79.77	88.18	94.23

默认值

Alpha to enter:

0.15

Alpha to remove:

0.15

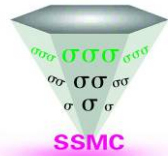
Alpha to enter:

0.30

Alpha to remove:

0.30

增大为



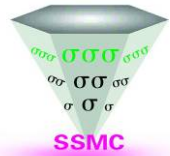
均匀设计示例二 (续4)

重要
变量

次要
变量

Alpha-to-Enter: 0.3 Alpha-to-Remove: 0.3

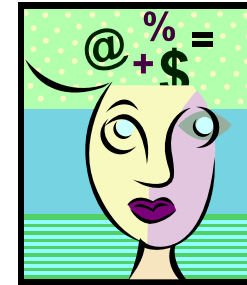
Step	1	2	3	4	5
Constant	2.579	5.957	7.311	7.873	9.165
X2	-0.0516	-0.2376	-0.3034	-0.3126	-0.3788
P-Value	0.004	0.053	0.021	0.030	0.016
X22		0.00245	0.00336	0.00323	0.00406
P-Value		0.100	0.033	0.048	0.019
X3			-0.292	-1.115	-1.430
P-Value			0.107	0.168	0.033
X23				0.0206	0.0317
P-Value				0.251	0.039
X13					-2.33
P-Value					0.058
R-Sq	83.14	92.12	97.11	98.73	99.99
R-Sq(adj)	79.77	88.18	94.23	96.19	99.94



均匀设计示例二（续5）

第四个回归方程：

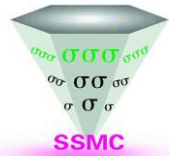
$$Y = 7.873 - 0.3126X_2 + 0.00323X_2^2 - 1.115X_3 + 0.0206X_2X_3$$



第五个回归方程：

$$Y = 9.16 - 0.379X_2 + 0.00406X_2^2 - 1.43X_3 + 0.0317X_2X_3 - 2.33X_1X_3$$

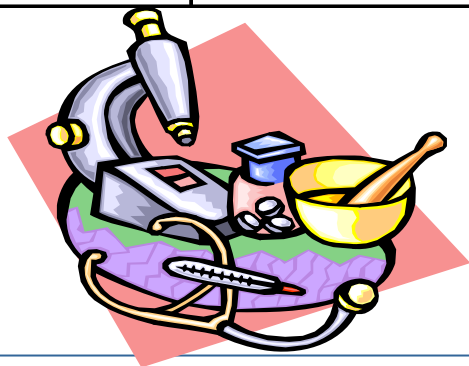


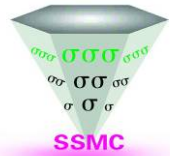


均匀设计示例二（续6）

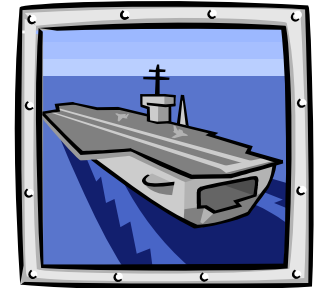
吸收度的最优试验条件

回归模型	最优搭配			最优预测值
	X_1 (g)	X_2 (g)	X_3 (g)	
二	0.00	48	0.0	0.197
三	0.00	45	1.4	0.074
四	0.00	44	1.4	0.080
五	0.12	41	1.4	0.000



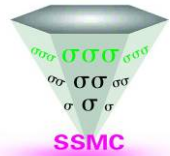


7.5 舰船尾板均匀设计应用



均匀设计在尾板设计中的应用

摘要 舰船节能问题已日益受到人们的关注。因为在和平时期，作战舰船大多是以巡航速度运行的。而大型的作战舰船，一般都是排水型的。笔者利用均匀设计法设计了一个尾板系列，并从中优化出一个优化方案，解决了排水型船加装尾板在巡航速度附近减阻的问题，减阻效果达裸船体阻力的4%以上。同时，笔者又对尾板在排水型船上减阻的机理进行了初步的分析，得到船后体压力场变化是尾板对主船体减阻的主要原因这一结论。



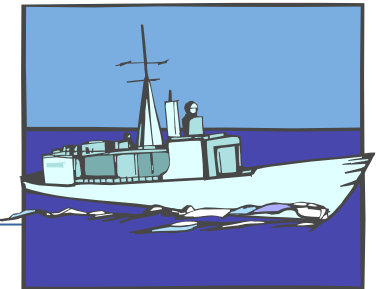
舰船尾板均匀设计应用（续1）

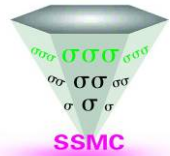
要顺利进行尾板设计，必须要解决两个关键问题：

(1) 以前尾板仅用于高速艇上，那么，它对于相对航速较低的排水型船是否适用？减阻的机理是否相同？

(2) 以前在高速艇上安装尾板后，在付汝德数较大时能起到显著的减阻效果，但如果付汝德数小于0.4，则尾板都是增阻的，而本方案巡航速度时的付汝德数远小于0.4。

根据以上情况，决定采用尾板的系列试验进行研究，其目的是分析尾板在排水型船上的减阻机理，并解决尾板的设计问题，以满足工程上提高巡航速度的需求。



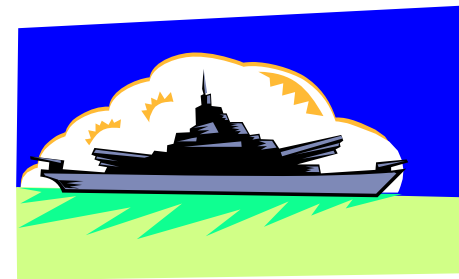


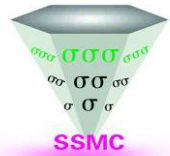
舰船尾板均匀设计应用（续2）

笔者采用了先进的“均匀设计”方法，进行尾板方案及试验设计，只进行了7次试验就基本上获得过去需做27次试验才能得到的结果，并且从回归方程中得到的优化方案，减阻效果比系列中任一方案都要优秀，所以说，利用“均匀设计”所作的试验安排是完全成功的。而且，利用本次试验结果使我们基本上掌握了尾板设计技术，从而为在高速排水型船上推广这一成果作好了准备。

（资料来源：均匀设计论文集《第一集》

程明道，中国船舶科学研究中心）





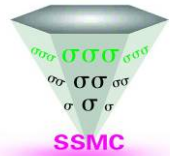
7.6 中国石化均匀设计应用

均匀设计为科研开发添翼

该法已在总公司系统20多家企业中推广应用

本报讯 在前不久召开的总公司第二届均匀设计应用技术交流暨论文报告会上，与会代表欣喜地看到，近年来，石化总公司系统已有20多家企业在数十项科研项目中应用均匀设计法，成效显著。今年中国均匀设计协会评选优秀论文，总公司系统就有18篇论文入选。1994年7月总公司在沈阳举办均匀设计法应用培训班，开始了均匀设计法在总公司的推广工作。

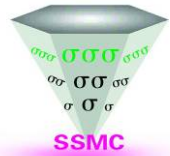
(资料来源：《中国石化报》，1997-11-27。)



中国石化均匀设计应用（续1）

为促进均匀设计在石化行业的应用，中国石化总公司从1994年起先后在沈阳、上海和北京等地举办了均匀设计培训班，很多单位已经受让了东药研制的均匀设计软件包（简称东药UST技术），并有组织地进行了应用。

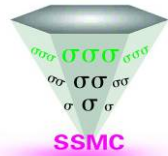
中国石化总公司发展部于1995年9月5日至6日在北京召开了均匀设计应用技术研讨会。出席会议的有燕山石化公司、抚顺石化院、上海石化院等10个单位，23名代表，宣读研讨论文10篇，涉及14个专题。



中国石化均匀设计应用（续2）

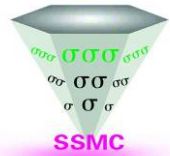
东北制药总厂与中国石化总公司合作推广均匀设计和参数优化技术，抚顺石油化工研究院、上海石油化工研究院、燕山石化公司、齐鲁石化公司等单位试用均匀设计初见成效，中国石化总公司在北京召开推广研讨会，在行业内迅速推广，大幅度地提高了石化行业的科研开发能力。

1997年，中国均匀设计学会收到三十余篇论文，其中石化行业有17篇论文，出版了均匀设计石化应用的第一本专集，促进了均匀设计在更大的范围应用推广。目前，中国石化行业有几十家企业都在推广应用东药UST新技术。



7.7 留学加拿大随笔

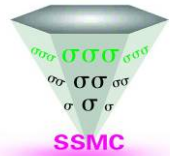
我于1996年受国家教委公派去加拿大滑铁卢大学化工系做访问学者，从事重油乳液的现场制氢破乳—加氢改质课题研究工作。加拿大有很多重油，开采过程中严重乳化；加拿大又有全世界最大的沥青砂开采工业，沥青砂在开采和水蒸气抽提过程中也产生大量的沥青乳液。这些乳状液不仅破乳困难，而且破乳脱水后还需再加氢处理才能作为合成原油出售。指导教想在乳液中通入一氧化碳，在催化剂的作用下使一氧化碳和乳液中的水反应生成氢，氢再与重油或沥青中的含杂原子化合物反应，起到一步过程既破乳脱水，又对重油或沥青加氢处理的作用。这无疑是个好想法。在我去之前的10年中，陆续已有好几个研究生、博士后和访问学者在这个实验室做过这个课题了。



留学加拿大随笔（续1）

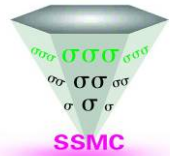
他们的研究方法是用含硫模型化合物和溶剂与水混合，然后在高压反应釜中通一氧化碳反应，考察脱硫效果。由于重点放在考察脱硫上，他们并没有用真正意义上的乳状液做过重过试验。听说我研究过沥青乳液，教授给我的任务就是制备出稳定的含模型化合物的甲苯——水乳液。我以前并没有研究过轻油的乳化，当时心里一点底也没有，但我仍信心十足地答应了下来。

我一面订购乳化剂，一面把从国内带去的“均匀设计与统计调优软件包”安装在实验室的微机里，当然在安装之前要经过系里的电脑管理员对我的软件进行查毒，并把试验方案设计好。由于心里没底，我计划从5种乳化剂中筛选乳化配方，加上油和水的比例，一共是6个自变量。同时我又设计出一种快速评价乳液稳定性的方法，将稳定性试验结果作为考察变量。订的乳化剂来了以后，我就开始了紧张的试验和评价工作。



留学加拿大随笔（续2）

第一轮试验安排做12个样，评价以后进行回归处理，从中剔除两个对乳化影响不大的乳化剂，再安排第二轮7次试验。在第二轮试验中就出现了稳定性较好的样品。第三轮试验下来，整个稳定区间就出来了。将乳化剂加入量少而又能得到稳定乳状液的配方算出，验证之，又存放两天观察，得到了看起来像雪花膏一样的雪白的含苯并噻吩的甲苯—水乳化液。又按对水含量变化的要求，制备出从10%~25%不同含水量的稳定乳液。做完这些以后，我又观察三天，确信乳液稳定后，将乳化条件、配方变化和稳定性变化关系图整理出来，然后向指导教授汇报。

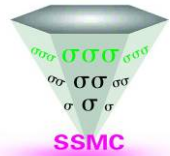


留学加拿大随笔（续3）

指导教授看到我在两个星期内就拿出了雪白又细腻均匀的乳液样品，而且还有配方变化后的稳定区间图，简直不敢相信这是事实。当得知我的“秘密武器”后，又让我给详细介绍和解释软件的使用方法和功能以及均匀设计的数学依据。由于我不能用英语将均匀设计的数学原理讲明白，他又派题目组内一位曾在数学院修过三门研究生课程的数学功底很深的博士生专门去数学院的统计和优化系请教。尽管他们没能在数学院得到满意的解释，但由于亲眼见到均匀设计和统计调优能快速解决问题，还是对它产生了极大的兴趣。

接下来又让我用需要加氢脱硫的直馏柴油做成乳化液，由于不需要新订乳化剂，又有了甲苯的经验，一个星期我就拿出了稳定的乳液样品和配方数据。这样，到滑铁卢的第一个月，我就得到了同事风趣相送的“Double E”（Emulsion Expert）的外号。

（本节资料来自互联网：黎元生 留学加拿大随笔 1997年6月）

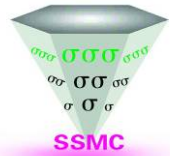


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 比较均匀设计与正交设计的异同点。两者各自的适用条件是什么？
2. 如何分析均匀设计的试验结果？
3. 结合你对均匀设计的了解，谈谈均匀设计应用的广泛性。





小组讨论与练习

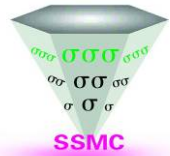
□ 练习题

1. 在阿魏酸的合成工艺考察中，为了提高产量，选取了原料配比(A)、吡啶量(B)和反应时间(C)三个因素，它们各取了7个水平，根据因素和水平，选取均匀设计表。试验安排和收率(Y)列于下表中。用回归分析分析方法寻找最优的工艺条件。

制备阿魏酸的试验方案 $U_7^*(7^3)$ 和结果

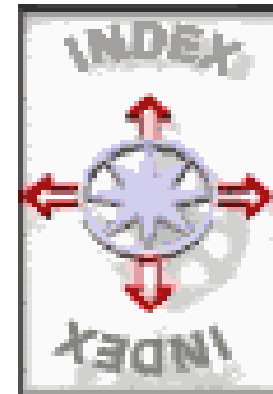
No.	配比 (A)	吡啶量 (B)	反应时间 (C)	收率 (Y)
1	1.0(1)	13(2)	1.5(3)	0.330
2	1.4(2)	19(4)	3.0(6)	0.336
3	1.8(6)	25(6)	1.0(2)	0.294
4	2.2(1)	10(1)	2.5(5)	0.476
5	2.6(5)	16(3)	0.5(1)	0.209
6	3.0(6)	22(5)	2.0(4)	0.451
7	3.4(7)	28(7)	3.5(7)	0.482

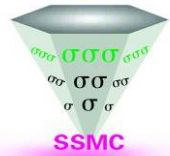
2. 对例7.2的数据，取吸收度的倒数为因变量，用回归分析方法寻找最优的工艺条件。



第8章 Minitab 软件的DOE技术

-  [8.1 全因子设计](#)
-  [8.2 部分因子设计](#)
-  [8.3 筛选试验](#)
-  [8.4 响应曲面设计](#)
-  [8.5 中心组合设计](#)
-  [8.6 试验数据分析](#)
-  [小组讨论与练习](#)

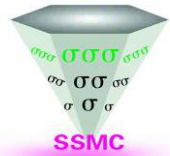




本章目标

1. 了解Minitab软件提供的试验设计方法
2. 能够正确设计因素的交互作用
3. 学会使用Minitab软件设计试验
4. 掌握用多项式回归分析数据的方法
5. 会用Minitab软件分析试验结果



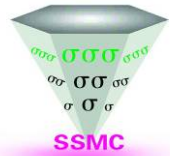


8.1 全因子设计

四个因素交互作用表

名称	变量	项数	累积项数
主效应	A, B, C, D	4	4
二阶交互效应	$A \times B, A \times C, A \times D, B \times C, B \times D, C \times D$	6	10
三阶交互效应	$A \times B \times C, A \times B \times D, A \times C \times D, B \times C \times D$	4	14
四阶交互效应	$A \times B \times C \times D$	1	15

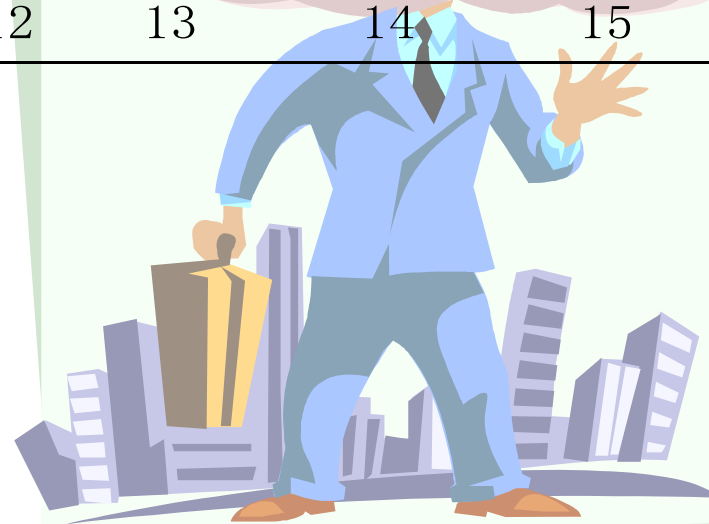


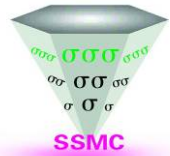


全因子设计 (续1)

$L_{16}(2^{15})$ 全因子表头设计

表头设计	A	B	$A \times B$	C	$A \times C$	$B \times C$	$A \times B \times C$	D
列号	1	2	3	4	5	6	7	8
表头设计	$A \times D$	$B \times D$	$A \times B \times D$	$C \times D$	$A \times C \times D$	$B \times C \times D$	$A \times B \times C \times D$	
列号	9	10	11	12	13	14	15	

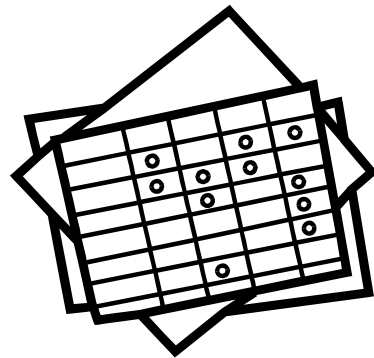


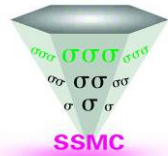


全因子设计 (续2)

$L_{16}(2^{15})$ 交互作用表

列号 \ 列号	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	3	2	5	4	7	6	9	8	11	10	13	12	15	14
2		1	6	7	4	5	10	11	8	9	14	15	12	13
3			7	6	5	4	11	10	9	8	15	14	13	12
4				1	2	3	12	13	14	15	8	9	10	11
5					3	2	13	12	15	14	9	8	11	10
6						1	14	15	12	13	10	11	8	9
7							15	14	13	12	11	10	9	8
8								1	2	3	4	5	6	7
9									3	2	5	4	7	6
10										1	6	7	4	5
11											7	6	5	4
12												1	2	3
13													3	2
14														1

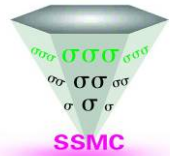




全因子设计 (续3)

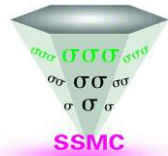
$L_{16}(2^{15})$ 正交表

试验号	列号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2		1	1	1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
3		1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1
4		1	1	1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1
5		1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1
6		1	-1	-1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1
7		1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1
8		1	-1	-1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	-1	-1
9		-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1
10		-1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
11		-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1
12		-1	1	-1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1
13		-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1
14		-1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1
15		-1	-1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	-1
16		-1	-1	1	-1	1	1	-1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	1



8.2 部分因子设计

根据所研究问题的需要，我们可以分析任意几个因素间的交互作用，这只需要选择适当大小的正交表。但是需要分析的交互作用越多，所需要的正交表就越大，所以我们经常根据专业知识只假设其中的一部分因素间存在交互作用，称为**部分因子设计**。通常只假设存在一部分两因素的交互作用，而不存在多因素间的交互作用。

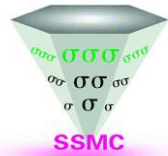


部分因子设计 (续1)

部分试验的分辨率表

试验分辨率	特点
分辨率 = III	只保证各因素之间不混杂，也就是每个因素安排在不同的列。
分辨率 = IV	保证各因素之间不混杂，每个因素与其他两因素间的交互效应也不混杂。
分辨率 = V	保证各因素和每个两因素间的交互效应不混杂。





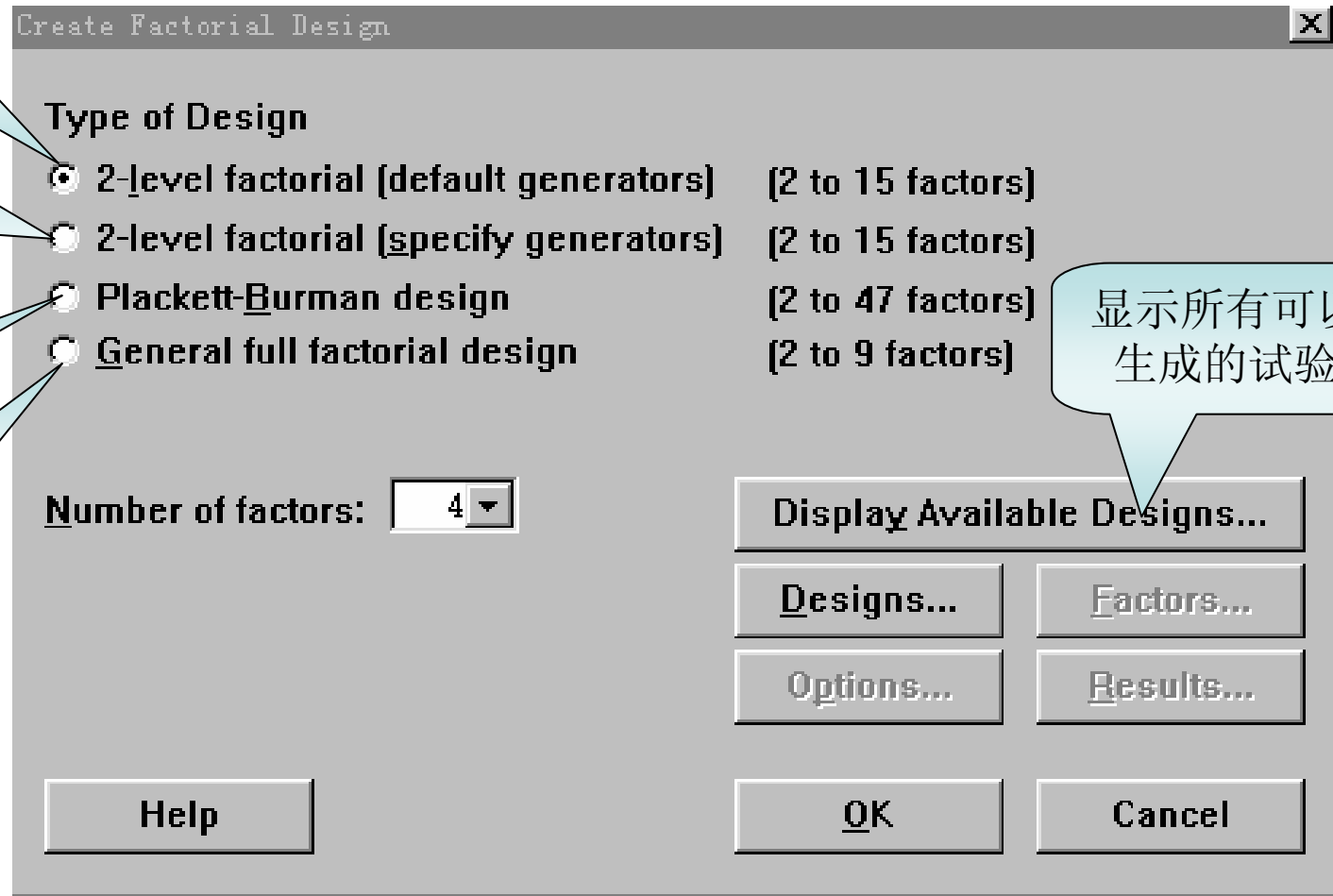
部分因子设计 (续2)

二水平部分
因子设计,
默认的基准

二水平部分
因子设计,
自选的基准

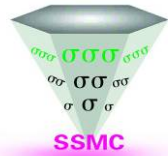
筛选试验

全因子试验



显示所有可以
生成的试验

返回目录



部分因子设计 (续3)

4个因素
有两个适
合的试验

Design - Display Available Designs

Available Factorial Designs (with Resolution)

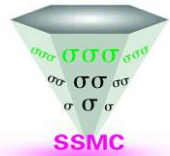
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	Full	III												
8		Full	IV	III	III	III								
16			Full	V	IV	IV	IV	III	III	III	III	III	III	III
32				Full	VI	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
64					Full	VII	V	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV
128						Full	VIII	VI	V	V	IV	IV	IV	IV

Available Resolution III Plackett-Burman

Factors	Runs	Factors	Runs	Factors	Runs
2-7	8,12,16,20,...,48	20-23	24,28,32,36,...,48	36-39	40,44,48
8-11	12,16,20,24,...,48	24-27	28,32,36,40,44,48	40-43	44,48
12-15	16,20,24,28,...,48	28-31	32,36,40,44,48	44-47	48
16-19	20,24,28,32,...,48	32-35	36,40,44,48		

Help OK

返回目录



部分因子设计 (续4)

默认值：
中心点数目为0
(无中心点)；
重复次数为1
(不重复)；
区组块数为1
(无区组块)。

Create Factorial Design - Designs

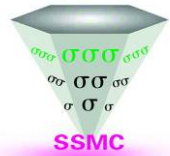
Designs	Runs	Resolution	2^{k-p}
1/2 fraction	8	IV	2^{4-1}
Full factorial	16	Full	2^4

Number of center points: 0 (per block)

Number of replicates: 1 (for corner points only)

Number of blocks: 1

Help OK Cancel



部分因子设计（续5）

输出结果：部分因子设计参数表

Fractional Factorial Design（部分因子设计）

Factors（因素）：4；Resolution（分辨率）：IV

Runs（试验次数）：8；Replicates（重复次数）：1 Fraction: 1/2

Blocks（区组块）：none；Center pts (total)（中心试验次数）：0

Design Generators（试验基准）：D = ABC

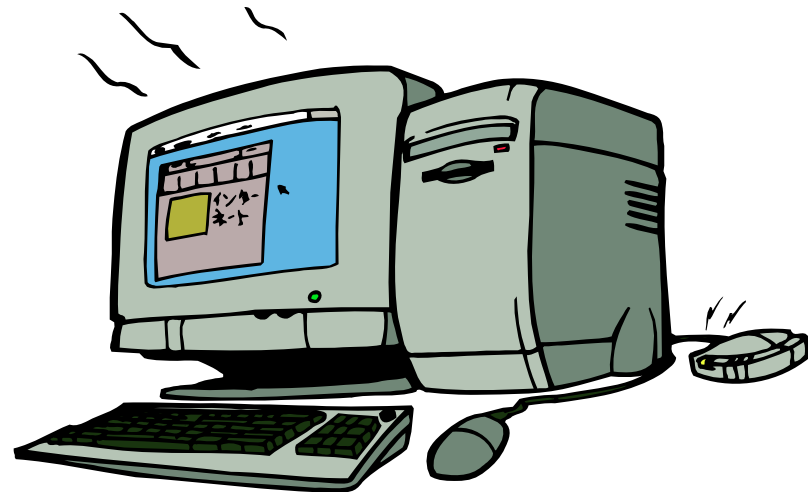
Alias Structure（混杂结构）：

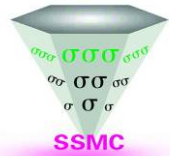
A + BCD AB + CD

B + ACD AC + BD

C + ABD AD + BC

D + ABC I + ABCD





部分因子设计 (续6)

输出结果：部分因子设计表

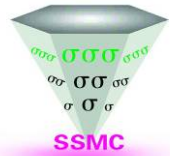
标准
表格顺序

随机化
试验顺序

1不是中心
点,
0是中心点

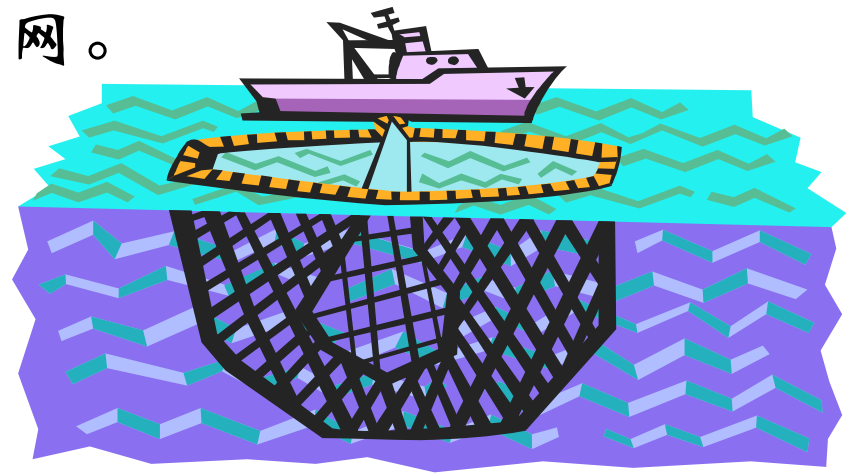
区组块
编号

+	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	StdOrder	RunOrder	CenterPt	Blocks	A	B	C	D
1	7	1	1	1	-1	1	1	-1
2	1	2	1	1	-1	-1	-1	-1
3	6	3	1	1	1	-1	1	-1
4	8	4	1	1	1	1	1	1
5	2	5	1	1	1	-1	-1	1
6	3	6	1	1	-1	1	-1	1
7	4	7	1	1	1	1	-1	-1
8	5	8	1	1	-1	-1	1	1

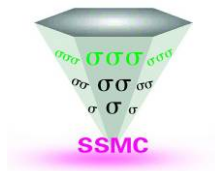


8.3 筛选试验

在一些试验中，仅根据专业知识并不能确定出少数几个对试验指标起决定作用的因素，这时会提出许多影响试验指标的因素，但是真正的影响因素可能并不多。这时就需要先对试验的众多的可能影响因素做初步筛选，找出真正对试验有影响的因素，这种试验设计方法称为筛选试验。在正交设计中也称为撒粗网。



返回目录

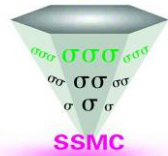


筛选试验 (续1)



无交互作用正交表 $L_8(2^7)$

列号 试验号	1	2	3	4	5	6	7
1	1	1	1	-1	-1	1	-1
2	-1	1	-1	1	1	1	-1
3	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
4	-1	1	1	1	-1	-1	1
5	1	1	-1	-1	1	-1	1
6	1	-1	-1	1	-1	1	1
7	-1	-1	1	-1	1	1	1
8	1	-1	1	1	1	-1	-1

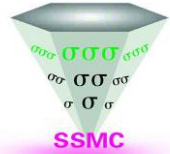


筛选试验 (续2)

筛选试验安排和试验结果

因素		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	y
试验号	列号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
	1		1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1
2		1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	26.5
3		-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	18.7
4		-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	16.1
5		1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	10.5
6		1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	23.2
7		1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	17.2
8		-1	-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	12.3
9		-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	1	1	28.4
10		1	1	-1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	22.9
11		-1	1	1	1	-1	1	1	-1	1	-1	-1	16.5
12		-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	18.4





筛选试验 (续3)

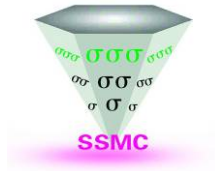
输出结果: 方差分析表 (1)

Analysis of Variance for y, using Sequential SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Seq MS	F	P
A	1	0.101	0.101	0.101	**	
B	1	2.521	2.521	2.521	**	
C	1	28.521	28.521	28.521	**	
D	1	9.901	9.901	9.901	**	
E	1	119.701	119.701	119.701	**	
F	1	35.021	35.021	35.021	**	
G	1	1.541	1.541	1.541	**	
H	1	4.201	4.201	4.201	**	
I	1	4.441	4.441	4.441	**	
J	1	147.701	147.701	147.701	**	
K	1	17.041	17.041	17.041	**	
Error	0	0.000	0.000	0.000		
Total	11	370.689				



返回目录



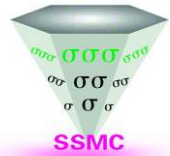
筛选试验 (续4)



输出结果: 方差分析表 (2)

Analysis of Variance for y, using Sequential SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Seq MS	F	P
C	1	28.521	28.521	28.521	11.14	0.021
D	1	9.901	9.901	9.901	3.87	0.106
E	1	119.701	119.701	119.701	46.74	0.001
F	1	35.021	35.021	35.021	13.68	0.014
J	1	147.701	147.701	147.701	57.68	0.001
K	1	17.041	17.041	17.041	6.65	0.049
Error	5	12.804	12.804	2.561		
Total	11	370.689				



8.4 响应曲面设计

回归模型:

$$y = f(z_1, z_2, \dots, z_p) + \varepsilon$$

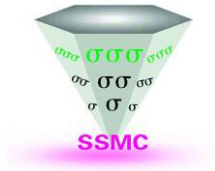
一次多项式 (线性) 回归方程:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 z_1 + b_2 z_2 + \dots + b_p z_p$$

二次多项式回归方程:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^p b_i z_i + \sum_{i=1}^p b_{ii} z_i^2 + \sum_{i < j} b_{ij} z_i z_j$$





响应曲面设计（续1）

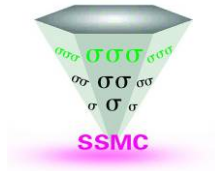
正交表的正交性保证每两列的相关系数为0。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

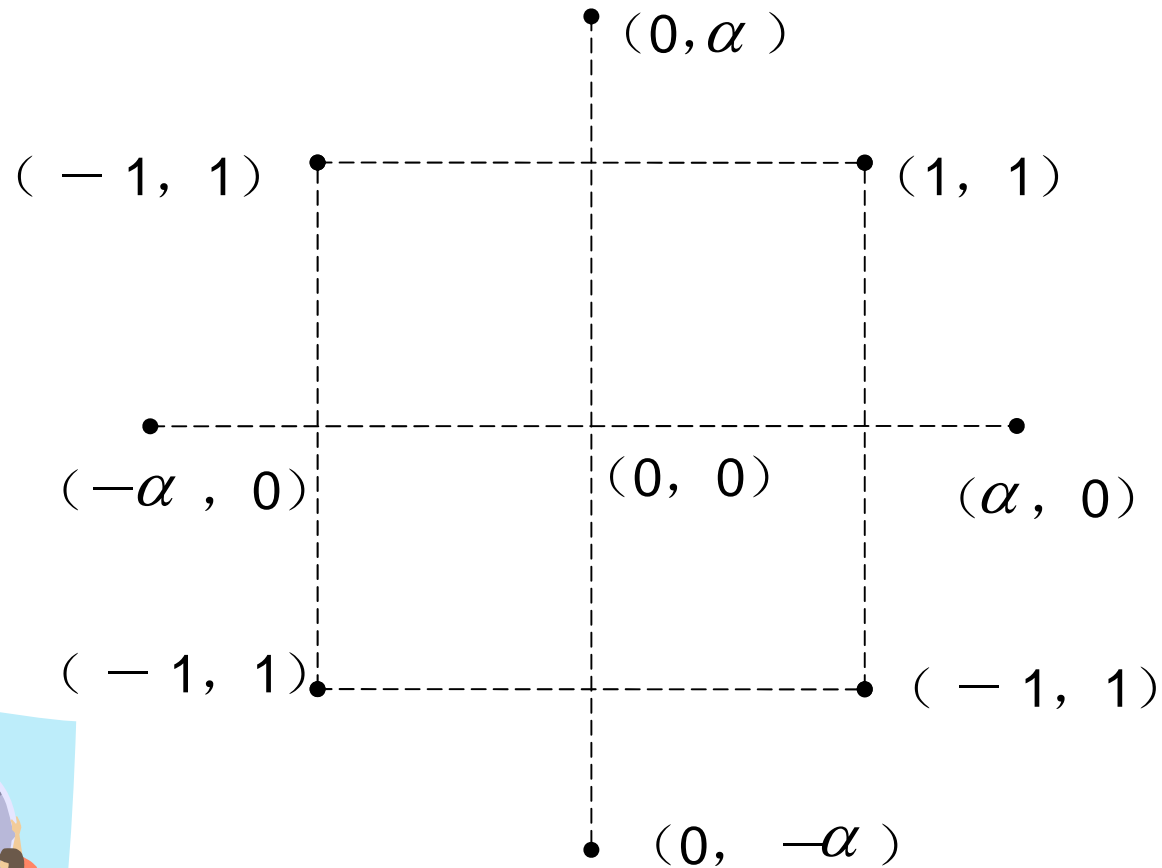
零水平： $z_0 = (z_1 + z_{-1}) / 2$

变化半径： $z_0 = (z_1 - z_{-1}) / 2$

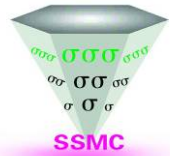
返回目录



8.5 中心组合设计



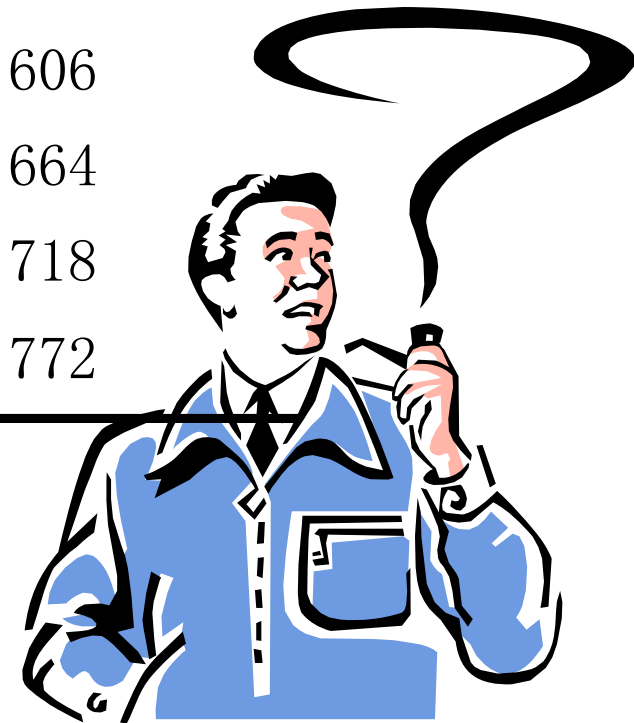
两因素中心组合示意图



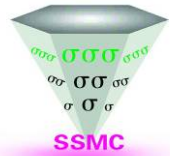
中心组合设计 (续1)

二次回归正交设计的轴向参数 α 值表

m_0	$p = 2$	$p = 3$	$p = 4$	$p = 5$ (1/2 实施)
1	1.000	1.215	1.414	1.546
2	1.077	1.285	1.483	1.606
3	1.148	1.353	1.546	1.664
4	1.214	1.414	1.606	1.718
5	1.267	1.417	1.664	1.772

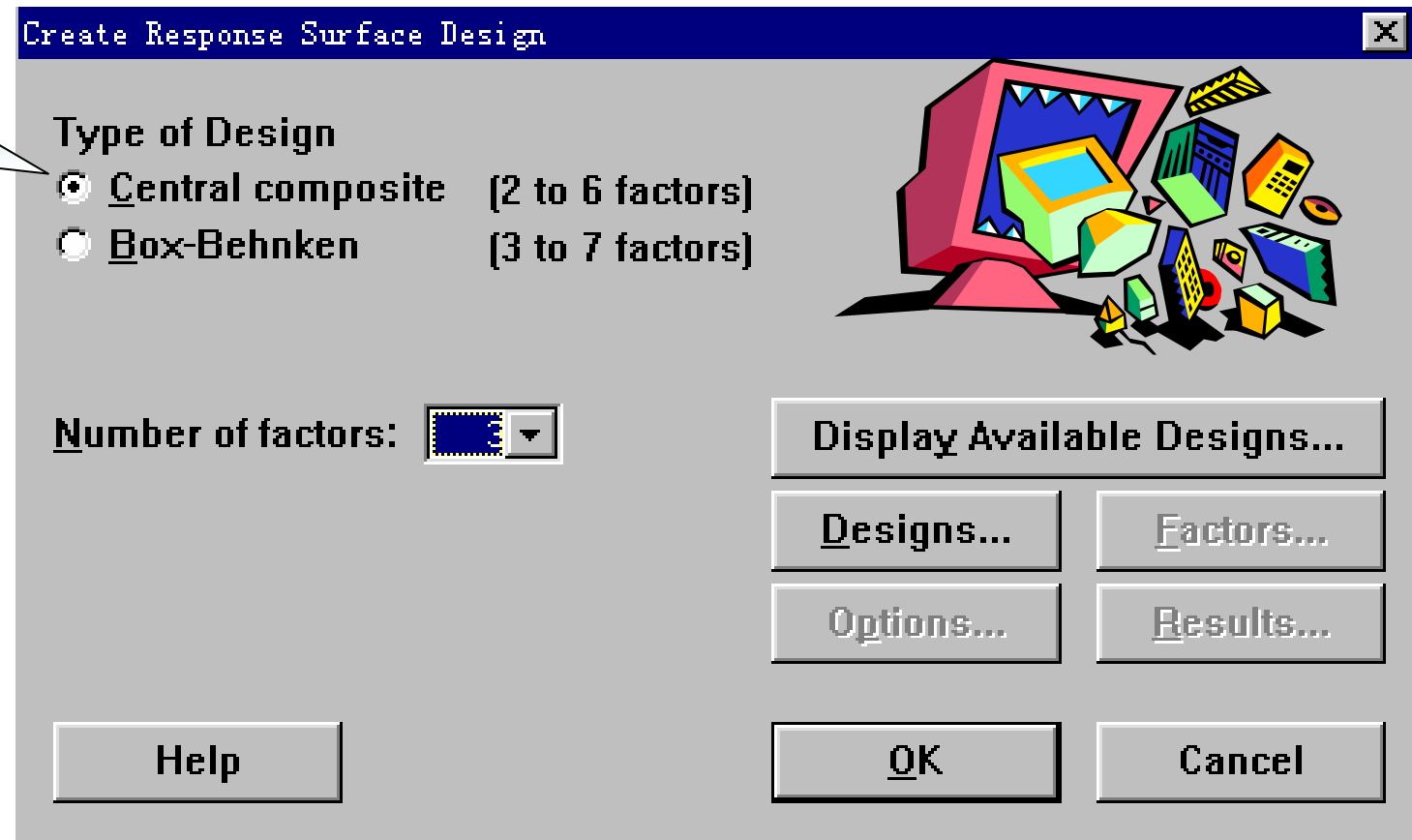


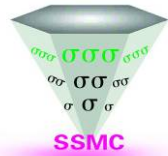
返回目录



中心组合设计 (续2)

中心组合
试验





中心组合设计 (续3)

Create Response Surface Design - Display Available Designs

Available Response Surface Designs (with Number of Runs)

Design	Factors					
	2	3	4	5	6	7
Central composite full (unblocked)	13	20	31	52	90	
(blocked)	14	20	30	54	90	
Central composite half (unblocked)				32	53	
(blocked)				33	54	
Box-Behnken (unblocked)		15	27	46	54	62
(blocked)			27	46	54	62

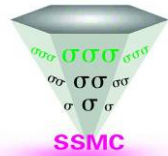
试验因素数

试验总次数

全因子中心组合试验 (无区组)

1/2实施中心组合试验 (无区组)

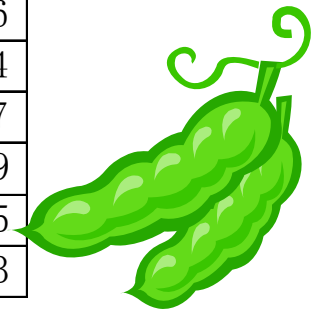
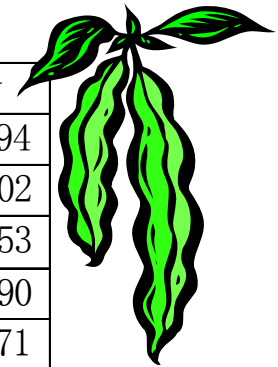
返回目录

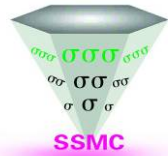


大豆产量
试验设计
与结果表

中心组合设计 (续4)

StdOrder	RunOrder	Blocks	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>y</i>
5	1	1	-1.00000	-1.00000	1.00000	8.94
20	2	1	0.00000	0.00000	0.00000	11.02
19	3	1	0.00000	0.00000	0.00000	11.53
6	4	1	1.00000	-1.00000	1.00000	10.90
4	5	1	1.00000	1.00000	-1.00000	7.71
16	6	1	0.00000	0.00000	0.00000	10.22
15	7	1	0.00000	0.00000	0.00000	10.14
1	8	1	-1.00000	-1.00000	-1.00000	11.28
18	9	1	0.00000	0.00000	0.00000	9.50
8	10	1	1.00000	1.00000	1.00000	11.03
13	11	1	0.00000	0.00000	-1.68179	7.98
14	12	1	0.00000	0.00000	1.68179	10.43
11	13	1	0.00000	-1.68179	0.00000	12.08
12	14	1	0.00000	1.68179	0.00000	11.06
9	15	1	-1.68179	0.00000	0.00000	8.26
2	16	1	1.00000	-1.00000	-1.00000	8.44
10	17	1	1.68179	0.00000	0.00000	7.87
3	18	1	-1.00000	1.00000	-1.00000	13.19
7	19	1	-1.00000	1.00000	1.00000	11.85
17	20	1	0.00000	0.00000	0.00000	10.53





中心组合设计 (续5)

Define Custom Response Surface Design

C1 StdOrder
C2 RunOrder
C3 Blocks
C4 A
C5 B
C6 C
C7 y

Factors:
A B C

Select

Help

Define Custom Response Surface Design - Low/High

Factor	Name	Low	High
A	A	2.03	5.21
B	B	1.07	2.49
C	C	1.35	3.49

Worksheet Data Are
 Coded
 Uncoded

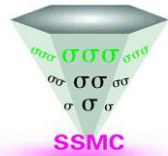
Help OK Cancel

Low/High... Designs...
OK Cancel

输入高低水平的实际数值

工作表数据是编码值

选入A、B、C三个因素



中心组合设计 (续6)

Analyze Response Surface Design - Terms

Include the following terms: **Linear**

Available Terms:
AA
BB
CC
AB
AC
BC

Selected Terms:
A:A
B:B
C:C

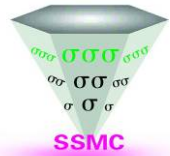
Responses:
y

Analyze data using:
 Coded units
 Uncoded units

Include blocks in the model

Buttons: Select, Graphs..., Results..., Storage..., Help, OK, Cancel

Callouts:
- 选择线性回归 (points to 'Linear' dropdown)
- 选择编码值 (points to 'Coded units' radio button)



8.6 试验数据分析

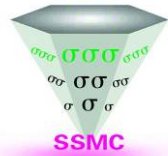
输出结果：线性回归方差分析表

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	3	7.789	7.789	2.5962	1.08	0.387
Linear	3	7.789	7.789	2.5962	1.08	0.387
Residual Error	16	38.597	38.597	2.4123		
Lack-of-Fit	11	36.057	36.057	3.2779	6.45	0.026
Pure Error	5	2.540	2.540	0.5079		
Total	19	46.385				
S = 1.553			R-Sq = 16.8%			
						R-Sq(adj) = 1.2%

此值大于0.05时表示回归的效果不显著

此值很小说明线性回归效果不好

此值小于0.05时表示线性回归模型不正确



试验数据分析 (续1)

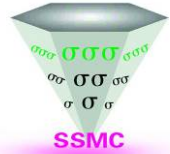
输出结果：二次多项式回归方差分析表

此值小于0.05的项显著有效，回归的整体、二次项和交叉乘积项都显著有效，但是一次项的效果不显著。

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Regression	9	36.465	36.465	4.0517	4.08	0.019
Linear	3	7.789	7.789	2.5962	2.62	0.109
Square	3	13.386	13.386	4.4619	4.50	0.030
Interaction	3	15.291	15.291	5.0970	5.14	0.021
Residual Error	10	9.920	9.920	0.9920		
Lack-of-Fit	5	7.380	7.380	1.4760	2.91	0.133
Pure Error	5	2.540	2.540	0.5079		
Total	19	46.385				
S = 0.9960			R-Sq = 78.6%		R-Sq(adj) = 59.4%	

此值较大，说明二次多项式回归效果比较好。

此值大于0.05，表示二次多项式回归模型正确。



试验数据分析 (续2)

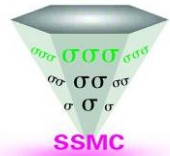
输出结果：二次多项式回归系数及显著性检验

对编码值的
回归系数

P值大的
项不显著

对因素实际值的
回归系数

Term	Coef(coded)	SE Coef	T	P	Coef(uncoded)
Constant	10.4623	0.4062	25.756	0.000	12.4512
A	-0.5738	0.2695	-2.129	0.059	0.9626
B	0.1834	0.2695	0.680	0.512	-2.2841
C	0.4555	0.2695	1.690	0.122	-1.4794
A*A	-0.6764	0.2624	-2.578	0.027	-0.2676
B*B	0.5628	0.2624	2.145	0.058	1.1164
C*C	-0.2734	0.2624	-1.042	0.322	-0.2388
A*B	-0.6775	0.3521	-1.924	0.083	-0.6001
A*C	1.1825	0.3521	3.358	0.007	0.6951
B*C	0.2325	0.3521	0.660	0.524	0.3060

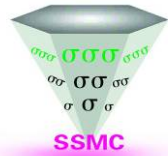


试验数据分析（续3）

输出结果：剔除 $C \times C$ 和 $B \times C$ 后二次多项式回归系数及显著性检验

Term	Coef (coded)	SE Coef	T	P	Coef (uncoded)
Constant	10.2386	0.3379	30.303	0.000	12.6189
A	-0.5738	0.2641	-2.173	0.051	0.8848
B	0.1834	0.2641	0.694	0.501	-1.7352
C	0.4555	0.2641	1.725	0.110	-2.0904
A*A	-0.6493	0.2558	-2.538	0.026	-0.2568
B*B	0.5899	0.2558	2.306	0.040	1.1702
A*B	-0.6775	0.3450	-1.964	0.073	-0.6001
A*C	1.1825	0.3450	3.427	0.005	0.6951

这两个二次项回归系数有很小的改变，这是由于旋转设计只具有近似正交性



试验数据分析 (续4)

Response Optimizer - Setup

Response	Goal	Lower	Target	Upper	Weight	Importance
C4 y	Maximize	10	20		1	1

目标是最大值

下限设为10

目标值设为20

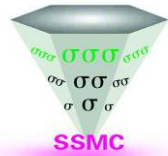
Desirability functions for different goals - how Weights affect their shapes

Minimize the Response

Hit a target value

Maximize the Response

Help OK Cancel

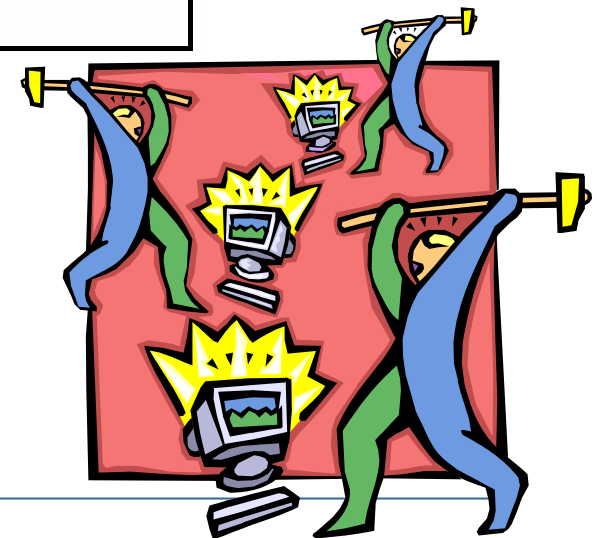


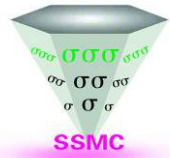
试验数据分析 (续5)

Optimal D 0.58388	Hi Cur Lo	A 1.6818 [-1.6818] -1.6818	B 1.6818 [1.6818] -1.6818	C 1.6818 [-1.6818] -1.6818
y Maximum y = 15.8388 d = 0.58388				

因子最优
水平值

最优预
测值



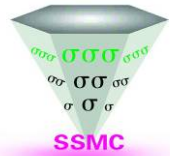


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 解释全因子设计、部分因子设计、中心组合设计的概念。
2. 谈谈用正交表安排因素间交互作用的方法。
3. 比较中心复合设计和均匀设计在设计试验和数据分析方面的异同。





小组讨论与练习

□ 练习题

1. 为考察稼溶液的电导率 y 与温度 (z_1)、稼的浓度、苛性碱的浓度的关系，采用中心组合设计安排试验，轴向点的编码值是 ± 1.6818 ，各因素在轴向点的实际取值与编码值的对应关系为：

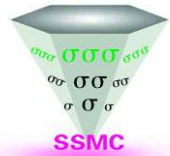
z_1 : 30 (-1.6818) , 80 (1.6818) ;

z_2 : 20 (-1.6818) , 120 (1.6818) ;

z_3 : 0 (-1.6818) , 300 (1.6818) 。

试验设计与试验结果数据见光盘。建立电导率 y 与三个因素的二次多项式回归方程，分析各因素对电导率的影响。

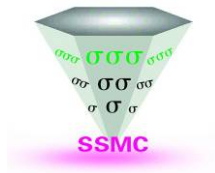




第9章 可靠性

-  9.1 什么是可靠性
-  9.2 可靠性的度量
-  9.3 浴盆曲线
-  9.4 可靠性设计
-  9.5 可靠性试验
-  9.6 可靠性管理
-  小组讨论与练习

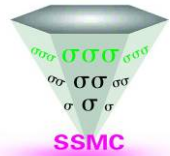




本章目标

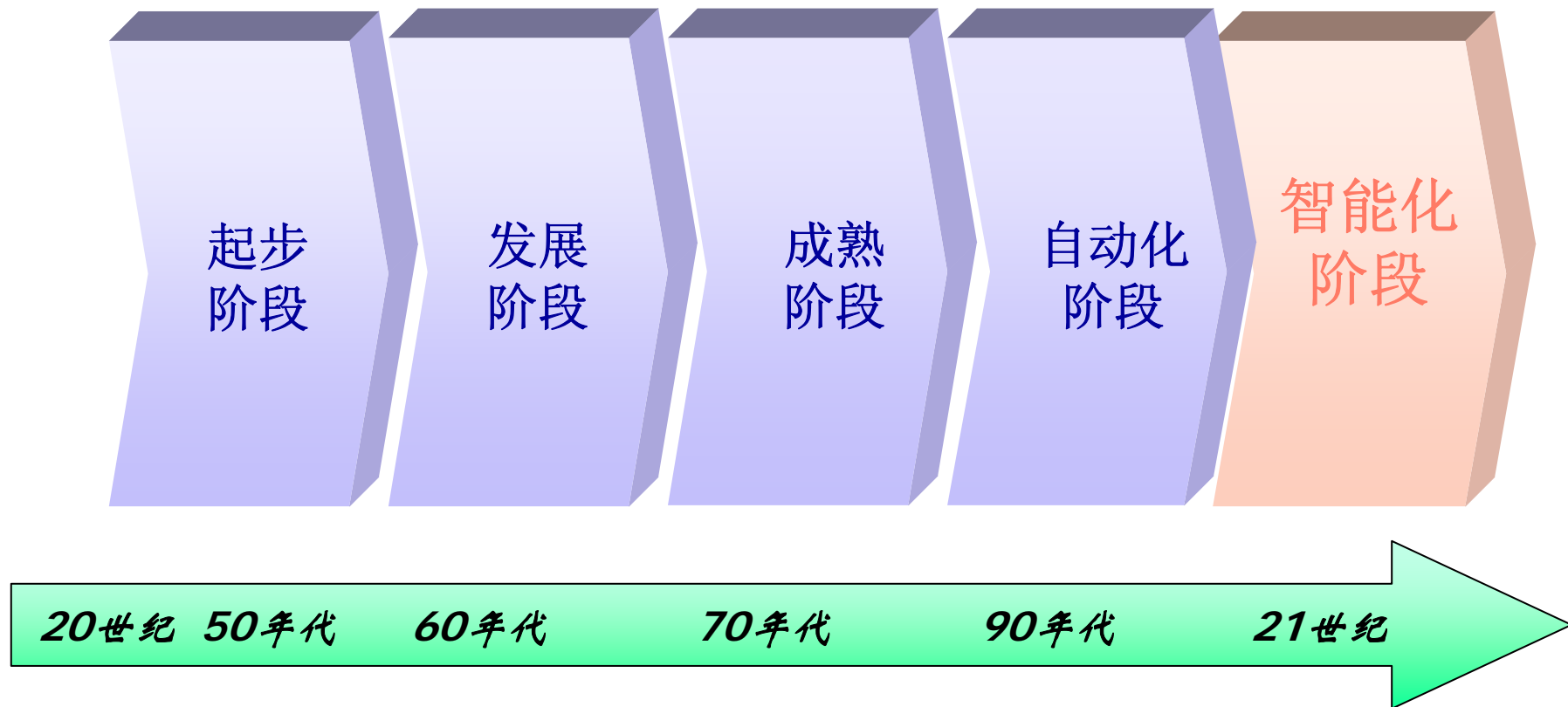
1. 了解可靠性的概念
2. 掌握可靠性的度量方法
3. 了解可靠性设计
4. 学会对寿命试验数据的分析
5. 明确可靠性管理的重要意义

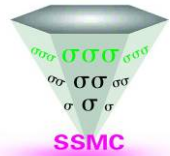




9.1 什么是可靠性

□ 可靠性工程的发展阶段

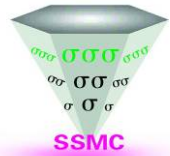




什么是可靠性（续1）

- 产品在规定的条件和规定的时间内，完成规定功能的能力称为可靠性。
- 可靠性概念的核心是三个规定：
 - 规定的条件
 - 规定的时间
 - 规定的功能

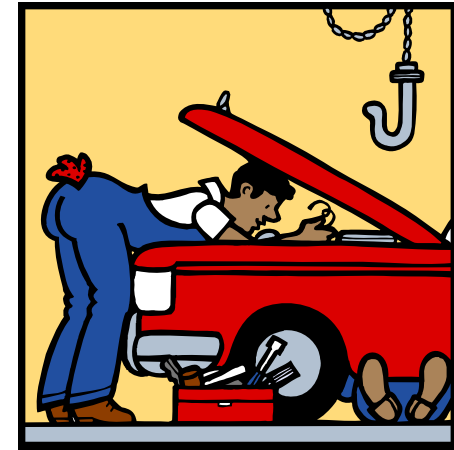




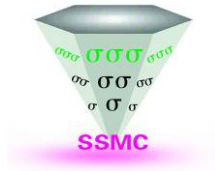
9.2 可靠性的度量

□ 用于度量产品可靠性的几个主要指标

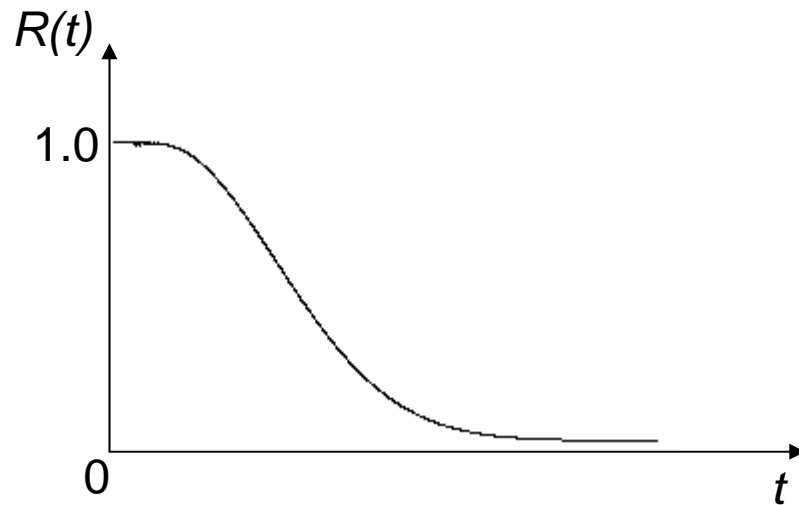
- ▶ 可靠度和累积故障分布函数。
- ▶ 故障（失效）率。
 - ▶ 平均寿命（MTTF）。
 - ▶ 平均故障间隔时间（MTBF）。
 - ▶ 储存寿命。
- ▶ 平均修复时间（MTTR）。



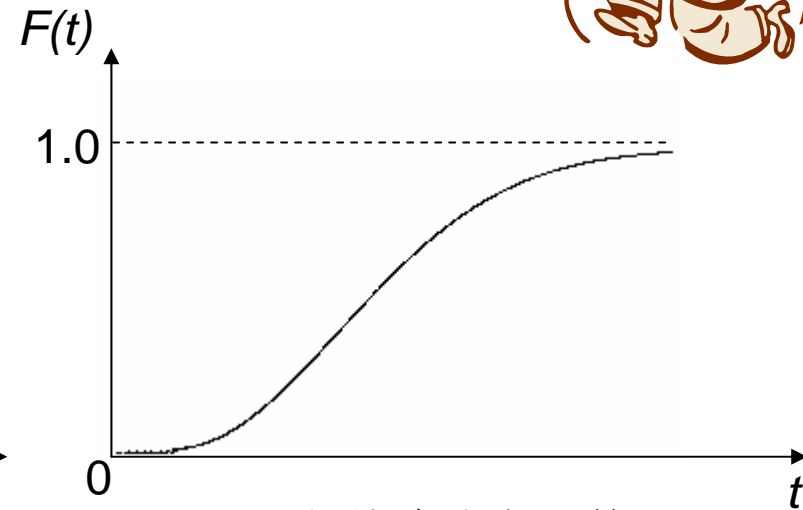
返回目录



可靠性的度量 (续1)

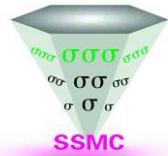


可靠度函数



累积故障分布函数

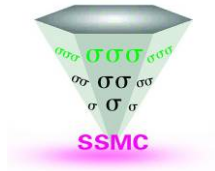




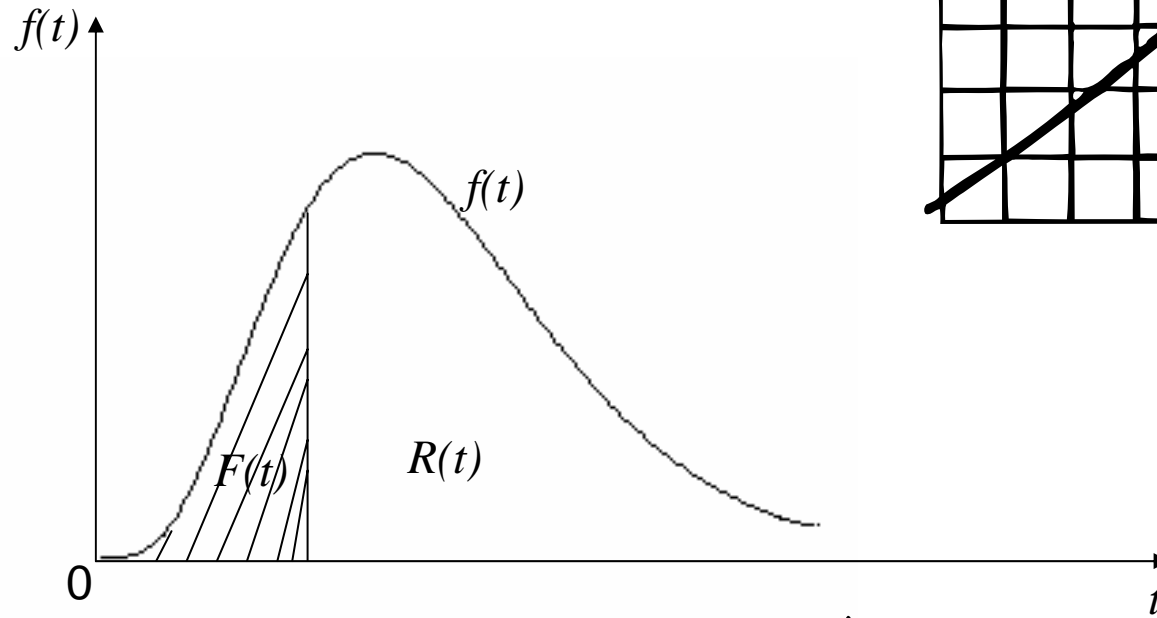
可靠性的度量 (续2)

常用寿命分布表

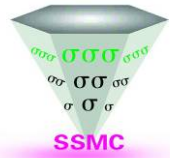
分布名称	概率密度函数 $f(t)$	可靠度 $R(t)$	平均寿命 MTTB
指数分布	$\lambda e^{-\lambda t}, t > 0$	$e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\lambda}$
正态分布	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ $-\infty < t < +\infty$	$1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$	μ
对数正态分布	$\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma t} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}}$ $0 < t < +\infty$	$1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)$	$e^{\mu + \frac{1}{2}\sigma^2}$
威布尔分布	$\alpha \lambda t^{\alpha-1} e^{-\lambda t^\alpha}, t > 0$	$e^{-(\lambda t)^\alpha}$	$\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right) \lambda^{-\frac{1}{\alpha}}$



可靠性的度量 (续3)



$F(t)$ 、 $R(t)$ 和 $f(t)$ 的关系

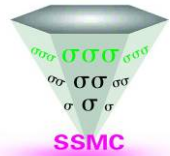


可靠性的度量 (续4)

工作到某时刻尚未发生故障（失效）的产品，在该时刻后单位时间发生故障（失效）的概率称为产品的故障（失效）率，也称瞬时故障（失效）率，用函数 $\lambda(t)$ 表示，其计算公式为：

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{F'(t)}{1-F(t)}$$

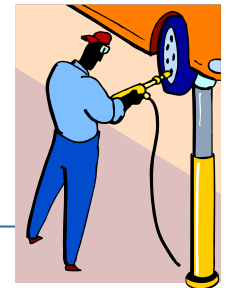


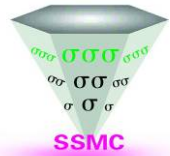


可靠性的度量 (续5)

平均寿命也称为平均失效前时间 (mean time to failure)，简记为MTTF，表示产品从投入使用到发生故障前正常运行时间的平均值，通常用于不可修复产品，也用于某些长寿命产品，例如电冰箱。

对于可修复产品，也可以用平均故障间隔时间 (mean time between failure)，简记为MTBF，表示产品的平均寿命，它表示两次故障间隔的平均时间。



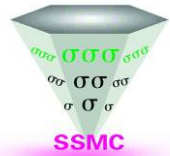


9.3 浴盆曲线

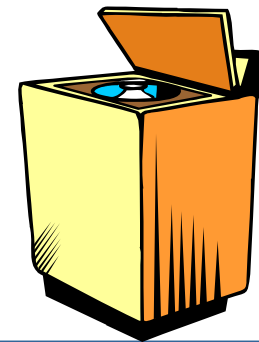
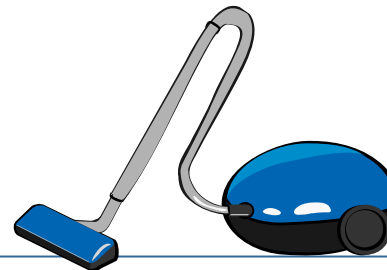
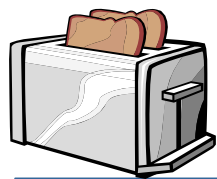
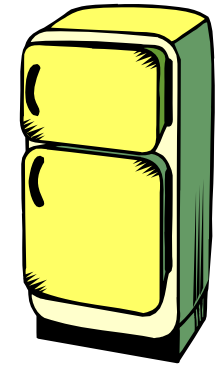
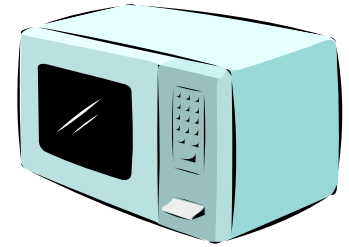
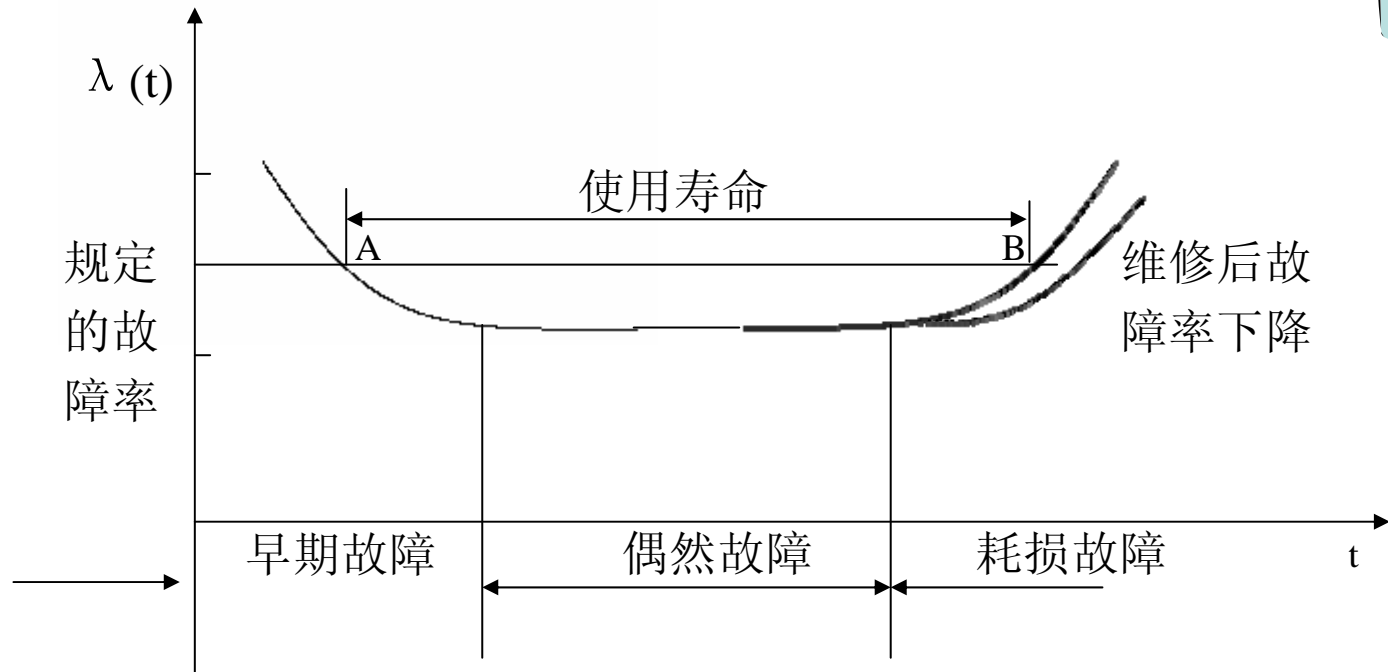
□ 不同产品的故障机理虽然不同，但是产品的故障率随时间的变化大致可以分为三个阶段，对应产品使用的三个不同时期：

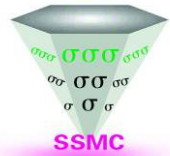
- 早期故障期
- 偶然故障期
- 耗损故障期





浴盆曲线 (续1)

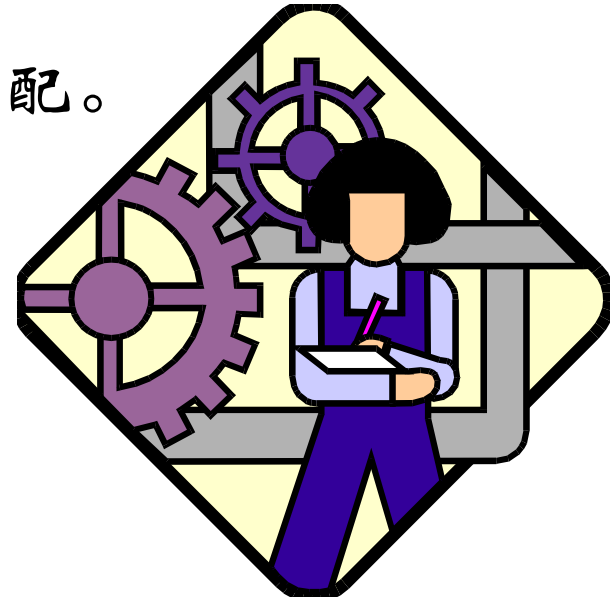


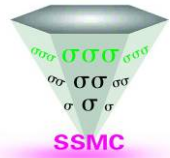


9.4 可靠性设计

□ 可靠性设计的主要内容

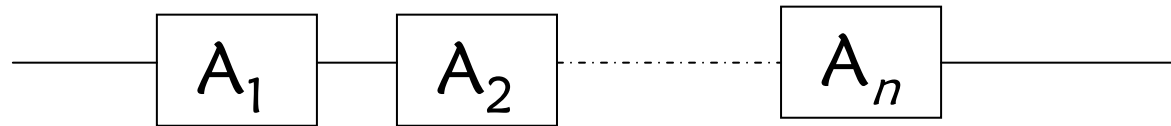
- ▶ 规定定性和定量的可靠性要求。
- ▶ 建立可靠性模型。
 - ▶ 进行合理的可靠性分配。
 - ▶ 可靠性预计。
 - ▶ 可靠性分析。
- ▶ 维修性设计。





可靠性设计（续1）

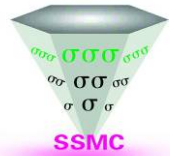
一个系统由 n 个单元 A_1, A_2, \dots, A_n 构成，假如每个单元都正常工作时系统才能正常工作，或者说系统中任一单元出现故障就导致整个系统故障，这样的系统称为串联系统，表示为：



假如这 n 个元件工作状态相互独立，则串联系统的可靠度为：

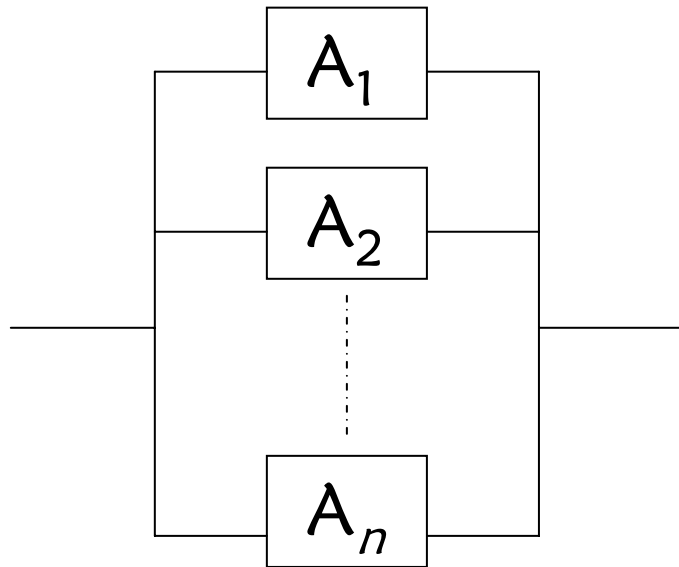
$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$





可靠性设计（续2）

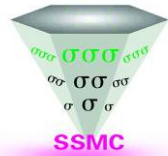
一个系统由n个单元 A_1, A_2, \dots, A_n 构成，只要有一个单元能正常工作整个系统就能正常工作，或者说只要有一个单元不发生故障整个系统就不发生故障，这样的系统称为并联系统，表示为：



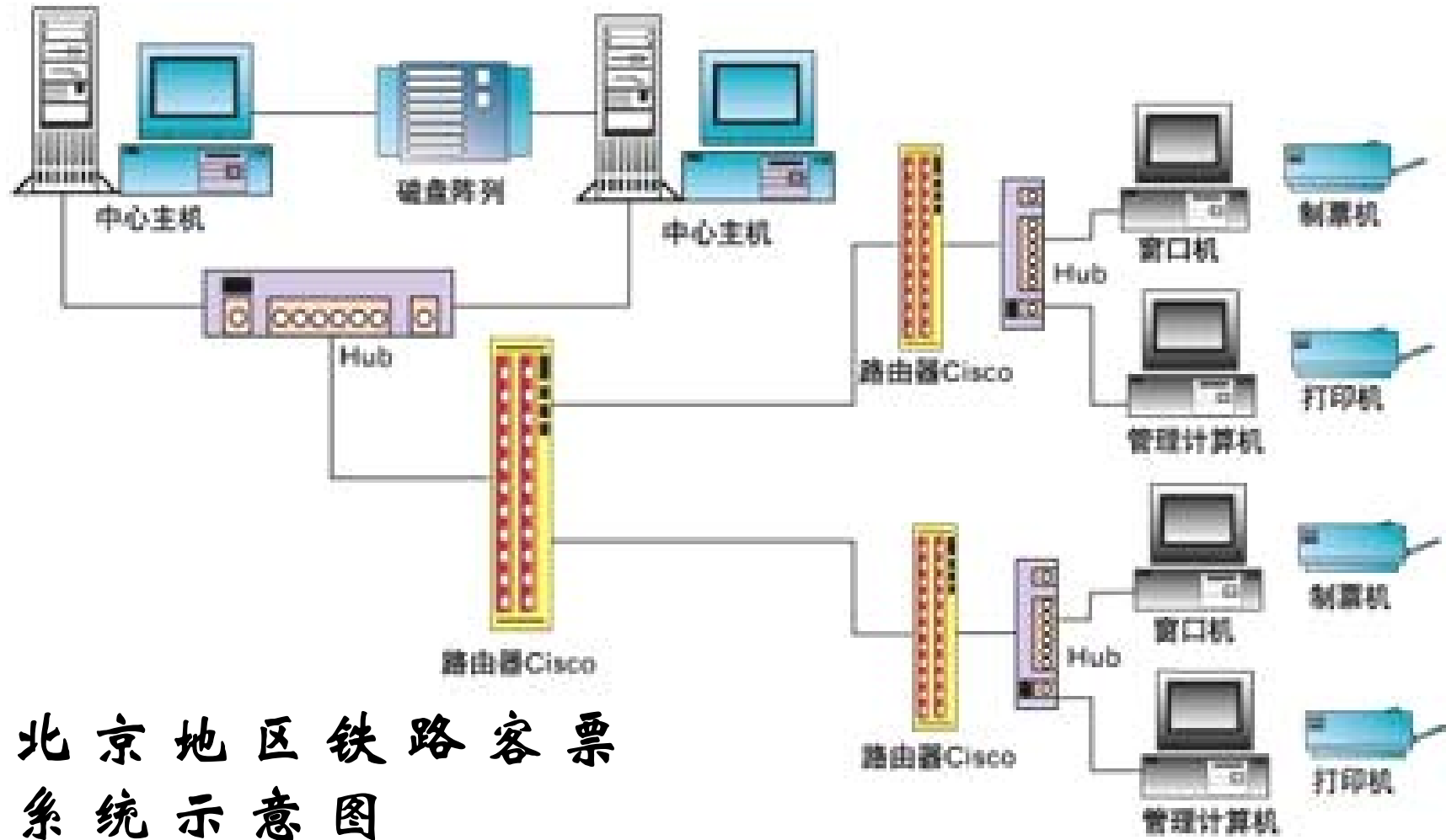
假如这n个元件工作状态相互独立，则并联系统的可靠度为：

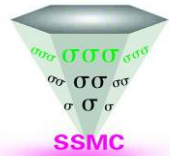
$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t))$$

返回目录

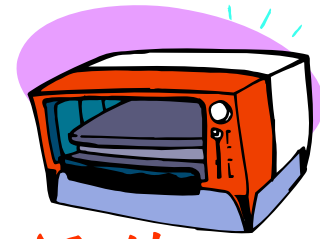


可靠性设计 (续3)





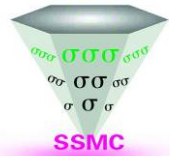
可靠性设计（续4）



台式电脑电子系统的驱动器可靠性评估

——来自美国希捷公司

美国希捷公司评价一台驱动器的平均故障间隔时间（MTBF），是把每年的上电时间分成第一年的年失效率（AFR）。对于小的失效率来说这是一个适当的近似值，把它表征为“第一年”MTBF。驱动器的年失效率来源于可靠性演示测试（RDT）期间搜集的记时失效数据。工厂里的可靠性演示测试（FRDT）是类似的，但在驱动器上的执行是从大量的生产线上采集来的。

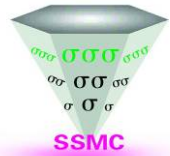


9.5 可靠性试验

可靠性试验是对产品的可靠性进行调查、分析和评价的一种手段，可以分为不同种类的试验。可靠性试验的一个作用是发现产品各方面的缺陷，以便采取有效的纠正措施，使产品的有效性增强；另外一个作用是用试验数据分析故障的数量规律，鉴定产品的可靠性。

按试验目的的不同，可靠性试验可以分为工程试验和统计试验。

按试验场所划分，可靠性试验可以分为现场试验和模拟试验。

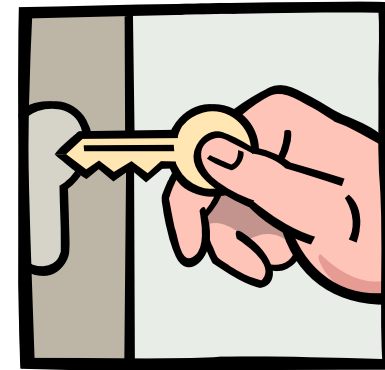


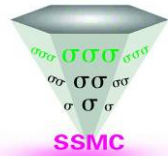
可靠性试验（续1）

把 n 个试验样品投入试验直到全部出现故障（或失效）才停止的试验称为完全寿命试验，所获得的 n 个故障时间数据称为完全样本。

如果产品的寿命很长，进行完全寿命试验是不可行的，所以缩短寿命时间是可靠性试验中的一个重要课题，可以采用两种方式缩短寿命试验时间：

- 第一种是截尾寿命试验。
- 第二种是加速寿命试验。





可靠性试验 (续2)

Distribution ID Plot right-censored data

Distribution Overview Plot right-censored data

Parametric Distribution Analysis right-censored data

Nonparametric Distribution Analysis right censored data

右侧删
失数据

Distribution ID Plot arbitrarily-censored data

Distribution Overview Plot arbitrarily-censored data

Parametric Distribution Analysis arbitrarily censored data

Nonparametric Distribution Analysis arbitrarily censored data

区间删
失数据

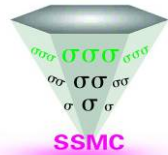
Accelerated Life Testing

Regression with Life Data

Probit Analysis

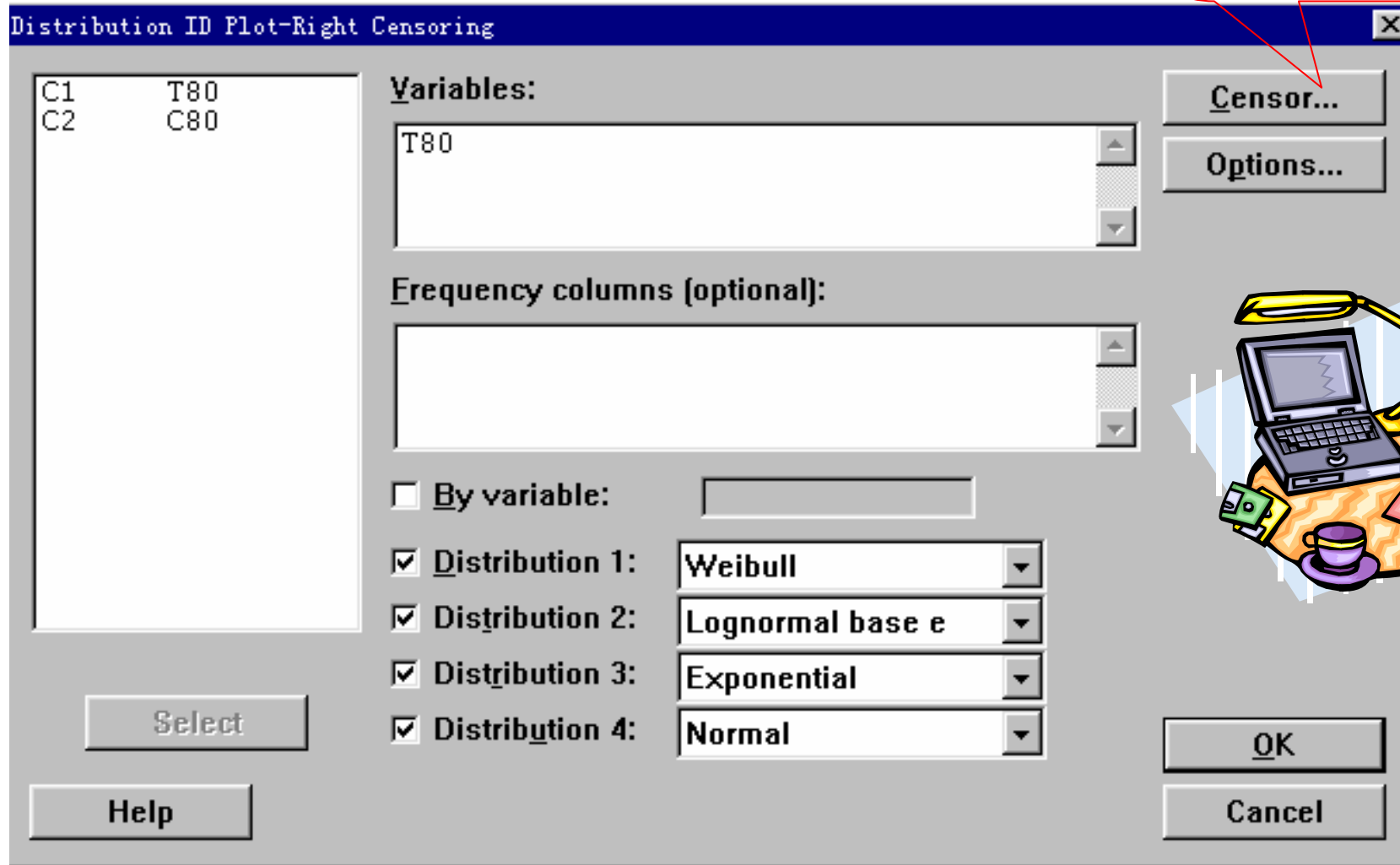
加速寿命
试验

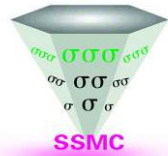
返回目录



可靠性试验 (续3)

点击进入，选择删失指示变量C80

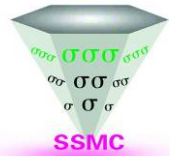




可靠性试验（续4）

下面结合软件所附带的一组右侧删失数据简要介绍寿命试验数据分析方法。

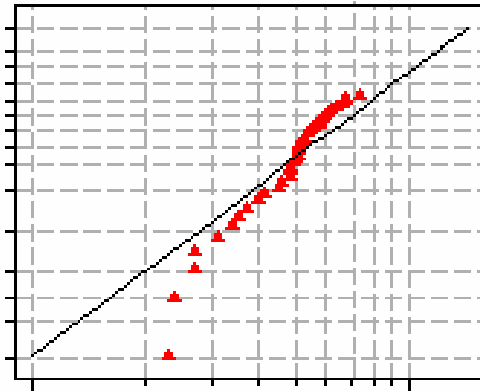
例9.3： 某公司生产装配在涡轮机上的绕组，绕组在高温条件下高速运转时可能会分解，公司想知道在 80°C 的高温下累计1%的绕组出现故障所需要经历的时间。为此，公司在 80°C 的温度下试验了50个绕组，由于试验时间很长，这个试验是有右侧删失数据的试验，一些绕组在中途退出试验。在数据文件中，变量T80表示绕组出现故障或删失的时间（单位：月），变量C80指明T80中的数据是真实失效时间（取值1）还是删失的时间（取值0）。



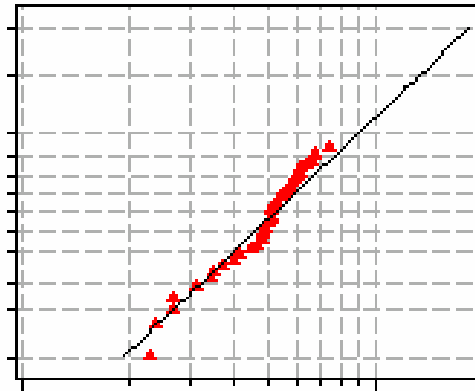
可靠性试验 (续5)

Four-way Probability Plot for T80

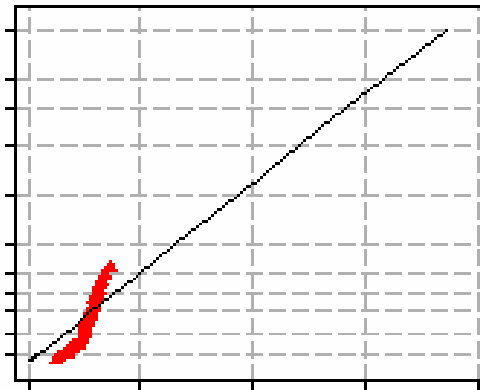
Weibull 67.64



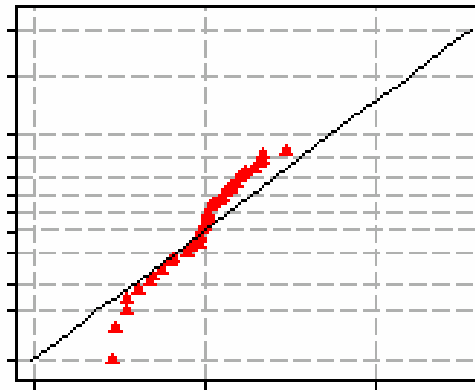
Lognormal base e 67.22



Exponential 70.33

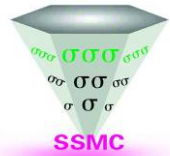


Normal 67.73



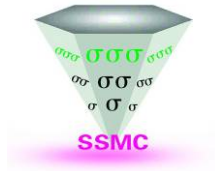
对数正态分布的拟合效果最好





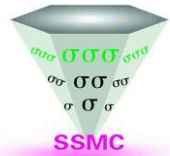
可靠性试验（续6）

依次点选 Stat > Reliability/Survival > Distribution ID Plot—Right Cens.. 进入分布识别对话框，软件中提供了四种默认的备选寿命分布，分别是威布尔分布（Weibull）、对数正态分布、指数分布和正态分布。点击[Censor]按钮指定删失指示变量C80，返回主对话框点击[OK]运行，输出结果见上页的四个图。其中的每个图是对应分布的概率坐标，将样本点描在每个分布的概率坐标图中，如果样本点在某个图中接近直线，就说明样本点来自对应的分布。从图形看到对数正态分布的样本点接近于一条直线，所以认为绕组数据服从对数正态分布。另外，每个分布名称后面的数据是表示拟合效果的数值，数值越小表示拟合效果越好。对数正态分布的拟合数值是67.22，在四个数值中最小，这与图形的直观结果是一致的。



可靠性试验 (续7)

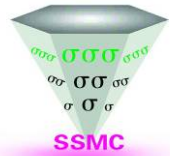
Percent	Percentile		Estimate
1	19.3281		
2	22.0674		
3	24.0034	Mean (MTTF)	67.4153
4	25.5709	Standard Deviation	34.8145
5	26.9212	Median	59.8995
6	28.1265	First Quartile (Q1)	43.1516
7	29.2276	Third Quartile (Q3)	83.1475
8	30.2501	Interquartile Range (IQR)	39.9959
9	31.2110		
10	32.1225		



可靠性试验（续8）

然后依次点选Stat > Reliability/Survival > Parametric Dist Analysis—Right Cens进入参数统计分析对话框，选择对数正态分布，部分输出结果列在上页的图表中。从表中看到，对于公司所关心的80℃的高温下累计1%的绕组出现故障所需要经历的时间问题，其答案是19.3（月）。另外还可以看到一些其它重要的数据，例如绕组的平均寿命是67.4个月，寿命的中值约是60个月，使用43.2个月后将有25%的绕组失效，使用83.1个月后将有75%的绕组失效。

限于篇幅，本书对Minitab软件中寿命试验的方法就不做一一介绍了。



9.6 可靠性管理

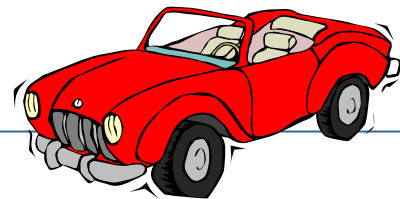
现代成为美国人喜爱汽车 可靠性排在宝马前

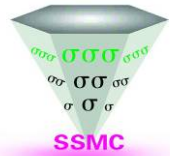
刚刚出版的2003年第四期美国《消费者之声》杂志“汽车专刊”对美国市场上销售的丰田、大众、现代等汽车的可靠性所做的综合评价表明，现代汽车成为2002年最受美国消费者喜爱的汽车之一。

在美国市场上销售的现代汽车主要有索纳塔等三款车型。该杂志在对汽车所做的可靠性评估中，这三款现代汽车的可靠性指标均高于平均值，索纳塔的可靠性指标甚至超过平均值的20%。

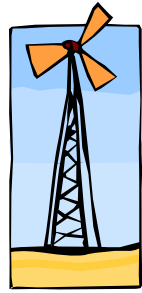
另据该杂志报道，现代汽车在二手车市场也有突出表现。该杂志2002年度进行的一项涉及48万个汽车用户的调查表明，索纳塔汽车的发动机、传动系统、动力系统均有很高的可靠性，其故障之少甚至排在了宝马之前。

(资料来源：《北京娱乐信报》 2003-03-31 编辑：崔伟)





可靠性管理（续1）



中国电力投资集团公司发电设备可靠性管理办法（节选）

第一章 总则

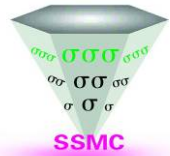
第一条 为加强中国电力投资集团公司(以下简称“集团公司”)的设备管理水平,根据国家经贸委发布的《电力可靠性管理暂行办法》,结合集团公司的实际情况,特制定本办法。

第二条 发电设备可靠性管理工作的主要任务:

- (一)统计、分析发电设备可靠性数据;
- (二)用可靠性指标统计分析结果指导发电厂的设计、制造、安装、调试、运行、维护、检修及改造等工作;
- (三)用可靠性指标分析和评价电力生产过程的可靠性水平。

第三条 发电设备是指发电主机、辅助设备及输变电设备等。

第四条 本办法适用于集团公司所属发电企业。



可靠性管理（续2）

第二章 管理机构与工作职能

第五条 发电设备可靠性管理工作实行三级管理，第一级为集团公司，第二级为分公司（二级公司），第三级为发电厂（公司）。

第六条 集团公司成立可靠性管理工作领导小组，由主管生产的总工程师任组长。集团公司安全监督与生产部是发电设备可靠性管理工作的归口管理部门，并设立可靠性兼职人员。

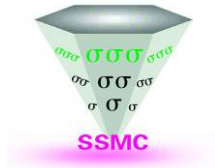
第七条 各分公司（二级公司）成立可靠性管理工作领导小组，由主管生产的副总经理或总工程师任组长，成员为各有关职能部门的负责人。日常工作由生产技术部门负责，并设可靠性兼职工程师。

第八条 各发电厂（公司）成立可靠性管理工作领导小组，建立电厂、部门和班组三级管理网络，并在生产技术部门设专职或兼职人员。

第九条 集团公司可靠性管理工作中的主要职能：（略）

第十条 分公司（二级公司）在可靠性管理工作中的主要职能：（略）

第十一条 发电厂（公司）在可靠性管理工作中的主要职能：（略）



可靠性管理（续3）

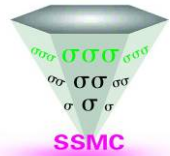
第三章 可靠性管理专职工程师的任职条件

第十二条 大专及以上学历，具有较强的责任心，具备3—5年及以上现场实践工作经历，熟悉相关计算机应用软件的使用。

第十三条 需参加可靠性专业培训，并取得任职资格证书。

第十四条 需熟练掌握发电设备主机、辅助设备及输变电设施三大类可靠性统计评价规程，熟悉现场设备和生产管理。

第十五条 可靠性管理工程师的职称、岗位均属技术系列，与其他相应职称、岗位的专业技术人员待遇相同。



可靠性管理（续4）

第四章 可靠性数据的统计与分析

第十六条 要按可靠性评价规程和有关办法对可靠性数据进行统计和报送，并做到及时、准确、完整。

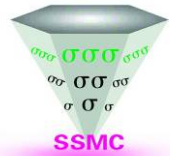
第十七条 可靠性统计中的设备注册要与实际设备一致。

第十八条 应以统计数据为基础编制月度可靠性指标分析报告。内容主要应包括：主要可靠性指标月度和年累计完成情况、与上年同期对比情况、与目标值的偏差分析；对事件类别、原因和损失等的分析，并提出相应的措施和建议。

第十九条 可靠性指标分析报告应在主管领导审阅后，下发有关职能部门，成为指导考核生产管理工作的一项依据。

第二十条 新机组从投产之日进行可靠性统计，投入商业化运营后进行考核。

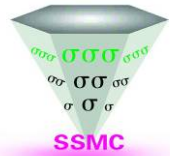
（以下略）



可靠性管理（续5）

美国国防部正在修订系统可靠性、可用性和维修性手册

美国国防部手册DoD3235.1-H“系统可靠性、可用性和维修性（RAM）：入门”最后一版于1982年发布，该手册现已取消。美国可靠性分析中心（RAC）负责主持编写新的手册来取代DoD3235.1-H。这项工作是在2002年6月举行的国家研究委员会关于防务系统可靠性问题讨论会上提出的建议之一。讨论会的参加者相信DoD3235.1-H的修订将有利于改善防务系统可靠性管理人员与统计技术研究人员之间的沟通。

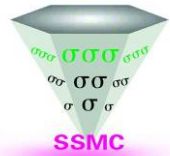


小组讨论与练习

□ 思考题

1. 什么是产品的可靠性？如何度量产品的可靠性？
2. 根据浴盆曲线说明故障率的变化规律。
3. 说明可靠性管理的重要性。





小组讨论与练习

□ 练习题

1. 对绕组在 100°C 时的寿命试验数据（数据见光盘），用Minitab软件做数据分析，估计在 100°C 的高温下累计1%的绕组出现故障所需要经历的时间。
2. 结合自己工作或生活中有关产品的寿命问题，收集数据并做定量分析。



中国人民大学出版社

中国人民大学音像出版社

地址：中国北京市中关村大街31号（100080）

电话：（010）62510566

网址：www.crup.cn