

杨纪珂 著

科技进步 实验设计 案例精选



中国科学技术大学出版社

408405

图书在版编目(CIP)数据

内容简介

科技进步实验设计 案例精选

杨纪珂 著



204084052

中国科学技术大学出版社

1998·合肥

图书在版编目(CIP)数据

科技进步实验设计案例精选/杨纪珂 著. —合肥:

中国科学技术大学出版社, 1998 年 1 月

ISBN7-312-00991-3

I 科技进步实验设计案例精选

II 杨纪珂

III ①科学实验 ②数理统计

IV N

凡购买中国科大版图书, 如有白页、缺页、倒页, 由本社出版部负责调换。

责任编辑 夏文或 尹建琼

中国科学技术大学出版社出版发行

(安徽省合肥市金寨路 96 号, 230026)

中国科学技术大学印刷厂印刷

全国新华书店经销

开本: 787×1092 1/32

印张: 5.5 字数: 130 千

1998 年 1 月第 1 版

1998 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—2 000 册

定价: 9.00 元

ISBN7-312-00991-3/N · 14

前 言

自从中国共产党十一届三中全会以来的 19 年中, 我国的经济体制经过改革开放, 取得了举世瞩目的伟大成就。在邓小平建设有中国特色社会主义理论的指引下和以江泽民同志为核心的中国共产党中央的领导下, 全国各族人民奋发图强, 踊跃为振兴祖国贡献力量。现在, 经济发展, 政治稳定, 社会进步, 民族团结。于是生产力得以全面解放发展, 综合国力得以迅速增强, 人民生活得以大幅度提高。1997 年, 十五大的胜利召开, 香港的顺利回归, 举国欢庆。国际地位声誉日隆, 真乃我国数百年来所未有。

随着社会主义市场经济体系建设工作的大面积展开, 全国大中企业正在进行深入而广泛的经济体制改革。企业为了使其产品在国内外市场中争得一席之地, 必须认真考虑其发展战略。产品的科技进步和质量管理于是成为最重要的战略措施。

为了使产品在科技上取得进步, 领先于同行业的产品, 必须进行相应的科学技术实验。实验本身也有其经济之道。本书的内容恰恰就是应用数理统计的原理, 以科学普及法中案例介绍的方式, 为读者提供科技实

验的经济常识。有此常识,可以为从事于产品的开发和优化的企业节约科技实验的经费、时间、人力和物力。

实验设计是整个科学实验过程中一个不可缺少的环节。实验设计以数理统计为基础,是数理统计的一个分支。本书介绍的内容所侧重的是实验设计的方面。

初做科技实验工作的科技人员,往往以为数理统计这项工具只用在实验已经做好之后。但实际上,有许多科研项目在未作实验之前就得先予考虑和安排,这就是实验设计。习惯了,实验设计就会成为整个科学实验过程中的一个不可缺少的环节。实验设计是以数理统计为基础的,是数理统计的一个分支。本书所侧重的是实验设计的方面,除了介绍一些关于平均差数的标准误差的计算法外,对于其它用数理统计方法来进行数据分析的方法概予略去。因为读者可以到任何一本数理统计的书本里去找。

实验数据不用数理统计的方法予以分析,固然不科学;但是迷信数理统计,甚至错用数理统计,也同样有害。因为数理统计只能在实验数据能满足一定的条件和假定时才有效,做出的推断也只能在一定的范畴内以一定的概率说对。实验如未经审慎的设计,虽然最终也可以得出数据,也可以机械地使用数理统计方法去分析,但在不少的案例中会得出错误的推断和结论。

所以在这一点上,良好的实验设计还起一种使数理统计方法不致被错用的作用。

实验设计决不是一件死板的工作。随着实验目的的不同,可资利用的材料和环境的不同,以及人力、物力、经费、地点和时间的不同,就有难以数计的各种不同形式的实验。在本书中,只挑选了一百多个具有一定示范性的特殊案例,并加上了简单的评语。虽然每个案例并不是一个从头到尾的完整的例子,有些只是个别片段,有些还不太具体,但借每个案例可以说明一个观点或窍门。如把它们贯穿起来,就能给读者以一种印象和概念,知道实验设计究竟是怎么一回事。读者如果是一位科技工作者,从这些案例中举一反三,肯定有益于所要做的某项特殊科技实验。这类实验在本书中虽无一模一样的实例可援,但在设计的方法上,就能从书中所举的案例里找到一些可循的道路。要是正在为一家企业从事于新产品的科技开发实验,则更能从本书中得到所希望知道的多种窍门。企业的科技人员如能从本书中吸取营养,予以借鉴,必然会使所从事的科技实验工作经济合理,早出成果。

为了便于一般读者阅读,本书尽可能避免了枯燥的数学推导、定理和公式。好在从数学推导出来的东西,有不少是可以与一般的常识相通的,因此在书中只

把实在不可少的结论写出。这当然不排除任何对数学有兴趣的读者，再深入去找其它的书来寻根究底。

书中的部分资料参考了有关专家的著作，主要部分是作者的经验和体会。因为这是一本科普性的书，所以也就不去一一列出各例的来源了。在此谨对这些资料的作者表示感谢。

杨 纪 珂

1997年11月6日

于中央社会主义学院

目 次

前 言

1 科技进步与生产发展的良性循环	1
案例 1.1 发现维生素 B ₁₂ 的经过	2
案例 1.2 经济杂交技术使大农业大发展	3
案例 1.3 作物丰产田和实验田的区别	5
案例 1.4 土壤资源的保护实验	7
案例 1.5 农林牧并举的平衡生产	8
案例 1.6 对我国水产业的调查	9
总结	12
2 科学技术实验中的比较	13
案例 2.1 在田间实验中的比较实验	13
案例 2.2 在工业中的比较实验	15
案例 2.3 在氮肥实验中的对照组	16
案例 2.4 在药物的生物鉴定法中的比较实验	17
案例 2.5 临床比较实验	17
案例 2.6 有关判据的一些例子	18
案例 2.7 在作物田间实验中的系统误差	20
案例 2.8 在高炉实验中的系统误差	21
案例 2.9 在家畜饲养实验中的系统误差	21
案例 2.10 在大家鼠实验中的系统误差	22
案例 2.11 大麦实验的推广问题	23
总结	24
3 基本的假定	25
案例 3.1 适用可加性假定的例子——施肥实验比较	25
案例 3.2 在药物生物鉴定实验中药力的度量	26

案例 3.3	在除莠剂实验中的除莠率问题	28
案例 3.4	怎样使计数数据满足方差齐性的假定	29
案例 3.5	在稀有金属提取过程实验中的原料问题	32
案例 3.6	在一项头痛药实验中的病型问题	33
案例 3.7	在工业实验中的前后牵连问题	34
案例 3.8	在乳牛饲养实验中的前后影响问题	35
总结	.....	35
4	为减低误差而作的实验设计	37
案例 4.1	污水处理的成对比较实验	37
案例 4.2	棉花施肥的随机化区组实验	39
案例 4.3	实验室家鼠的随机化区组实验	42
案例 4.4	改进工业过程的随机化区组实验	43
案例 4.5	改进工业过程的拉丁方实验	45
案例 4.6	田间作物的拉丁方实验	47
案例 4.7	乳牛饲料的拉丁方实验	48
案例 4.8	公共汽车燃料消耗的拉丁方实验	50
案例 4.9	乳牛饲料的混合拉丁方实验	51
案例 4.10	改进工业过程的希腊拉丁方实验	52
总结	.....	53
5	依靠协变量缩小误差	55
案例 5.1	在采桑实验中添加协变量	55
案例 5.2	在纺纱实验中添加协变量	58
案例 5.3	在苹果产量实验中添加协变量	58
案例 5.4	在玉米品种实验中添加协变量	61
案例 5.5	在强心剂鉴定实验中添加协变量	62
案例 5.6	在大豆品种实验中添加协变量	63
总结	.....	64
6	随机化	65
案例 6.1	在随机化区组中小区间的随机化配置法	65

案例 6.2	完全随机实验设计的随机配置法	66
案例 6.3	拉丁方的随机化方法	68
案例 6.4	希腊拉丁方的随机化方法	69
案例 6.5	拉丁方的正交划分法	70
案例 6.6	作物实验用系统化配置法的缺点	71
案例 6.7	一种化学分析实验的系统化配置	72
案例 6.8	小学生营养实验主观配置问题	73
案例 6.9	在临床实验中随机化的作用	74
案例 6.10	含氟化物牙膏实验随机化的作用	75
案例 6.11	耐磨合金钢热处理实验的设计问题	75
案例 6.12	随机化配置遇到系统化的问题	77
总结	.....	78
7 析因实验	.....	79
案例 7.1	在肥料析因实验中的不同处理	79
案例 7.2	在牛精稀释剂实验中的因素	80
案例 7.3	在炼铁过程实验中的因素	80
案例 7.4	电炉熔钢析因实验的完全随机化	81
案例 7.5	催化剂浓度实验所得的响应线	83
案例 7.6	在球磨机磨碎实验中的响应面	85
案例 7.7	化学分析的析因实验	86
总结	.....	88
8 简单的析因实验设计	.....	89
案例 8.1	小家鼠寄生虫实验因素的选择	89
案例 8.2	在青霉素生产实验中因素的选择	90
案例 8.3	作物品种比较实验的地和时因素	91
案例 8.4	防治桃蛀螟实验各因素的水准	91
案例 8.5	在度量因素中选定极端水准	92
案例 8.6	用两阶段实验来选定极端水准	94
案例 8.7	度量水准的区间间距	94

案例 8.8	在度量因素中水准的数目	96
案例 8.9	肥料析因实验的随机化区组配置	97
案例 8.10	续例 8.9 的田间实验设计	98
案例 8.11	高炉炼铁实验的 5 点和 9 点设计	99
案例 8.12	小鼠的生化实验	100
案例 8.13	牧场实验中的裂区实验设计	102
案例 8.14	氧气炼钢钢锭质量实验	104
总结	.....	105
9	该取多少观测数据	106
案例 9.1	家畜饲料的比较实验设计	106
案例 9.2	为探索误差项均方作的两阶段实验法	108
案例 9.3	两种计数数据均方的估计	109
案例 9.4	钢筋混凝土预制构件应力实验的单元数	110
案例 9.5	粒度测定仪比较实验所需数据数目	112
案例 9.6	红血球检验法比较实验的单元数	113
案例 9.7	大豆品种随机化区组田间实验的区组数	114
案例 9.8	完全随机实验与随机化区组实验设计	115
案例 9.9	拉丁方田间实验的处理数	116
案例 9.10	牧草行间距实验各水准的实验单元数目	117
案例 9.11	土壤分析实验的设计	118
案例 9.12	支气管痉挛症疗法的序贯实验法	120
总结	.....	122
10	几种特殊的拉丁方设计	123
案例 10.1	检查纺锭缺陷的多因素拉丁方实验设计	123
案例 10.2	为选择均匀的实验单元用的拉丁方	124
案例 10.3	错用拉丁方实验设计的案例一	125
案例 10.4	错用拉丁方实验设计的案例二	126
总结	.....	126
11	不完全设计	128

案例 11.1	平衡不完全区组实验设计	128
案例 11.2	比较几种去污粉的 BIB 设计	130
案例 11.3	比较检查牛结核病试剂的 BIB 设计	131
案例 11.4	比较核桃树品种的 BIB 设计与分析	132
案例 11.5	消除烟草镶嵌病毒用的尤登方设计	134
案例 11.6	红苜蓿抗锈病的平衡格子方设计	135
案例 11.7	成对实验的不完全区组设计	137
总结		138
12 其它实验设计		140
案例 12.1	混杂掉高次交互作用的析因实验设计	140
案例 12.2	在一项气体合成实验中使用混杂设计	142
案例 12.3	土壤对豆箕效应的部分混杂实验设计	143
案例 12.4	在乳牛饲养法研究中的时序实验设计	144
案例 12.5	在 6 个不同地区作的马铃薯施肥实验	146
案例 12.6	打纸浆过程的时序拉丁方实验设计	147
案例 12.7	计数微粒的最优单元体积	148
案例 12.8	小鼠对某种细菌起反应的概率	149
案例 12.9	在过程工程中探索最优条件的实验设计	151
总结		153
附表 I	数字 1 到 9 的随机排列表	155
附表 II	2 000 个随机数字表	157
附表 III	几种常用的平衡不完全区组实验(BIB)设计	159
附表 IV	处理数 a 在 10 以内的可能的 BIB 设计	161
附表 V	几种尤登方实验设计	162

1 科技进步与生产发展的良性循环

在社会主义市场经济体系的建设过程中,生产力的解放和发展成为必然的趋势。由于在企业间产生了竞争的机制,企业为了生存和发展,必然想尽办法努力改进它们生产发展的后劲实力。为此而采取的主要手段,就是通过科学实验从事科技进步的不断探索。其方式为:设想→实践(实验或调查)→研究→认识→设想→实践→……如此周而复始,不妨称之为“科技进步与生产发展的良性循环”。全世界几乎所有的跨国大企业无不重视这一良性循环的发展。

邓小平同志对判断是否走社会主义道路的标准有句名言:**“应该主要看是否有利于发展社会主义社会的生产力,是否有利于增强社会主义国家的综合国力,是否有利于提高人民的生活水平。”**(引自《邓小平文选》第三卷。人民出版社,1993年。第372页。)其中以有利于生产力的发展为首要。因此,在邓小平建设有中国特色社会主义理论的指引下,所有农业和工矿企业,都必须从有创造和想象力的设想出发,通过科学实验和调查研究的实践,在提高了客观的认识后,有所发明、有所发现和有所创造,使生产力得到进一步的解放和进一步的发展。

现在请大家一起来看一看在本章中所举的几个通过科学实验取得科技进步和生产发展的案例。

案例 1.1 发现维生素 B₁₂的经过

多年前,澳大利亚的绵羊得了一种蔓延很快的贫血症。科学家们认为是营养问题。但对牧草分析,一般的营养并不缺乏。由于血红蛋白中含有铁,联想补铁可能治此贫血。经对比试验果然发现加饲了粗制含铁化合物的羊不生此病。但当他们深入地用纯铁化合物做对比试验时,却不见疗效。他们于是前进了一步,认识到致病的原因不是缺少铁质,而是缺乏某种未知的元素。

他们于是对粗铁盐进行了化学分析,发现其中还含锰、钴、钙、镁、镍、钼等其它元素,但都是微量的。于是就对每一种元素进行饲养对比试验。结果真相大白,起关键作用的是钴。正是在饲料中缺乏微量的钴,使绵羊消瘦贫血,甚至死亡。

进一步实验的结果,发现需要量很少,每头羊每天只需添饲含钴万分之一克的钴盐就可防止绵羊生这种疾病。

但科学家们不以此为满足。他们在注射法和口服法之间做了对比试验,发现注射法无效,只口服有效。他们于是进一步去调查绵羊的消化系统。结果发现其中存在一种细菌,它具有能利用钴合成维生素 B₁₂的功能。绵羊如果缺少维生素 B₁₂,就要得此恶性贫血症。

科学家们又进一步弄清楚了维生素 B₁₂的分子是一种络合物,而且在每一个分子里都必然包含一个钴原子。钴在里面份量虽微,作用却很大。

于是,维生素 B₁₂成为药品工业中一种有巨大经济效益的重要产品。

案例 1.2 经济杂交技术使大农业大发展

所有科学技术都必须一代胜过一代地内部深化。一个典型的案例就是经济杂交技术对农业、林业、牧业和渔业,对人类所作出的巨大贡献。

经济杂交肇始于 19 世纪后期。有位科学家比尔通过对比实验对玉米纯系间杂交所产杂种具有杂种优势的发现和 30 年代几位遗传学家在此基础上对玉米杂交育种技术的发明。据估计,全世界在改种了杂交玉米之后,每年所增产的玉米的价值在 100 亿美元以上。单单这一项的遗传育种技术的发明和进步所产生的经济效益就足以支付全世界历来全部农业实验工作站的基建和一切开支费用而有余。

在此基础上,遗传学家们对自花授粉的高粱在发现了雄性不育的植株后,发明了不育系、保持系和恢复系三系经济杂交的方法,也取得了很大的经济效益。此法由徐冠仁教授引进我国,使华北和东北高粱大面积增产。

玉米和高粱的经济杂交法在作物、林木、果蔬、花卉各种经济植物中纷纷取得良好的效益。其中最为突出的是水稻杂交的发明。自从湖南袁隆平同志借用高粱的三系杂交法创立水稻经济杂交体系以来,全国水稻的产量增加何止几千万吨!现在这项技术正在全世界开花结果,被誉为当代世界上农业技术最为重大的技术进步。

由于遗传育种原理在动植物中的普遍意义,经济杂交方法引用到动物的育种工作中来。在家蚕、卵用鸡、肉用鸡、淡水鱼、猪中,也先后取得极大的成功,大大提高了它们的经济生产能力,成为这些动物品种育种中的主要方法。美国依靠此法,使所

生产的肉用鸡几乎占领了世界市场的一半。在我国，“公猪洋种纯种化，母猪本地纯种化，肥猪杂交一代化”的经济杂交技术已经取得很好的经济效益，为广大农民所欢迎，应继续予以大力提倡。

我国淡水鱼的养殖业是我国的传统行业，位居世界第一。鱼类品种改良主要也是利用杂交一代的优势，走经济杂交的道路。安徽合肥水产良种场所推广的两个杂交种，由源江鲤与荷包红鲤杂交所产杂交一代荷源鲤，和由散鳞镜鲤与兴国红鲤杂交所产杂交一代芙蓉鲤，都有生长快、含肉率高、抗病力强等优点，当年可长到1千克多，最大的可达2千克，应进一步予以推广。濉溪化家湖渔场用镜鲤作母本、野鲤作父本，杂交一代鲤也具有生长快，肉多味美的经济效益。

令人惊奇的是我国早有个祖辈传下来的经济杂交品种，那就是在封建王朝中作为贡品的砀山梨。这种在世界所有梨的品种中名列前茅的优良品种原来是雄性不育的母本，它必须用其它品种的父本梨的花粉进行异花授粉才能结果。由于花粉基因的杂合，使所结的果子在当地有所谓“公梨”和“母梨”两种。在安徽省砀山县，每年当梨花盛开之时，果农们不论男女老少，都一齐上阵，把从父本黄梨的树上采取得来的花粉人工授到母本砀山梨的花蕊中去。本地的人手还不够，邻县的农民都来帮忙，非常热闹。想不到目前在全世界大农业中贡献最大的经济杂交技术早在1000多年前就已由我国祖辈劳动人民所发现并取得成果，一直流传到现在。现在砀山县努力保护环境，所产的砀山梨已经贴上“绿色食品”标签，成为该县的拳头产品，进入全国各大城市市场，使广大群众得尝佳果。

案例 1.3 作物丰产田和实验田的区别

在 70 年代中,湖南桃源县出现一位劳动模范李光庆,他的种田丰产经验很是了不起。在他所种的丰产田里,一年双季水稻和一季小麦亩产高达 1 500 多千克,为桃源县的农田可能发挥其潜力的最高境界提供了一个实证。说明当地的耕地只要在条件上达到与这块丰产田相仿的水平,再采用李劳模的田间管理技术,就有达到亩产 1 500 余千克的可能。这为大家提供了榜样、希望和奔头。

但是,以目前其它大田的客观条件而论,还远不能达到与这丰产田相仿水平。在此情况下,这块丰产田的高产结果,虽然经过湖南省各级政府多年积极宣传、提倡和推广,收效甚微。全国的丰产田与此大同小异,基本上都推广不了。试问其故何在呢?

从科学角度分析,这类丰产田推广不了的原因有 3 个:

①由于大田的土、肥、水等条件比起丰产田来差得很多,农民思想上感到反正达不到这么高的产量,学习劳模田间管理方法的劲头也就松懈下来了;

②在推广“稻、稻、麦”后,起初增高了产量,但由于不种紫云英一类的豆科绿肥,土壤肥力的消耗因得不到补充而逐年下降,后几年反而减产,还不如种“稻、稻、肥”或“稻、稻、豆”的传统茬口安排来得好;

③作物在遗传与环境之间有交互作用,例如耐旱品种在较干旱地区的收成远超过那些本来在水、肥充沛的条件下应该是最佳品种的收成,因此在丰产田中选出的优良品种推广到大田起不到所期望的效果。其它的条件也与品种相仿,从丰产田所得结果推广起来其效果不如预期的好。