

江苏省首届青年学术年会

论文集

(理科分册)

JIANGSU

1993

江苏省首届青年学术年会执行委员会编

中国科学技术出版社

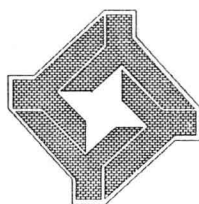
江苏省首届青年学术年会

论文集

(理科分册)

江苏省首届青年学术年会

执行委员会编



JIANGSU

1992

中国科学技术出版社

内 容 提 要

本书为江苏省首届青年学术年会论文集的理科分册,内容涉及数学、天文、物理、化学、生物、生化、地质、地理、气象等学科领域。论文反映了江苏省青年科技工作者在理科领域取得的研究成果,具有较高的学术水平,对大专院校、科研、工程技术、管理等部门科技人员有重要参考价值。

(京)新登字 175 号

江苏省首届青年学术年会论文集

(理 科 分 册)

江苏省首届青年学术年会

执行委员会 编

中国科学技术出版社出版发行(北京海淀区白石桥路 32 号)

江苏省新华印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:119 字数:2800 千字

1992 年 12 月第一版 1992 年 12 月第一次印刷

印数:1—1000 册 全套定价:134.00 元

ISBN 7-5046-0932-3/Z·88

江苏省首届青年学术年会 指导委员会名单

主 席：吴锡军
副 主 席：孙钟秀 潘 恕
秘 书 长：王世璜
副秘书长：李茂典
委 员：李庆逵 严 恺 钱钟韩 冯 端 窦国仁
 童 傅 韦 钰 高亮之 余之祥 陈家伟
 郭克礼 葛锁网 王永顺 潘宗白 陈 懿
 何立权 王臻中 叶钟音 陈荣华

江苏省首届青年学术年会 执行委员会名单

主 席：尤肖虎
副 主 席：张 荣
秘 书 长：张铁恒
副秘书长：王安宁
委 员：王兆球 王建国 沈其荣 王心如 李剑波
 梁德旺 毛罕平 姚 远 刘 平 钱海鑫
 顾晓松 郭 荣 葛世荣 裘 伟 王明秋
 杨善德 朱永官

前 言

当今时代,科学技术已成为决定生产力的首要因素,社会经济的发展更多地依赖于科学技术的进步,依赖于掌握先进科学技术的人。青年科技工作者作为跨世纪的科技生力军,必将并且正在成为我国科技队伍的骨干力量。有计划地培养和造就一支强大的、高水平的青年科技中坚力量,是一项重要的战略任务。江苏省科学技术协会主办的江苏省首届青年学术年会,旨在检阅江苏省青年科技工作者的科技成果,发现和培养优秀青年科技人才,推动全社会进一步形成关心、重视青年科技人才成长的良好环境,激励广大青年科技工作者奋发图强、建功立业。

本届年会的征文工作得到全省青年科技工作者以及海外留学生的大力支持,共收到应征论文 2000 余篇,其中来自美国、日本、英国、法国、加拿大、德国、菲律宾等国家的论文 20 余篇,内容涉及了理、工、农、医、交叉等学科领域,作者大部分为具有高、中级职称或博士、硕士学位的青年科技工作者,反映了江苏省乃至全国青年科技工作者的科技水平。应征论文经年会所聘请的专家委员会反复筛选,从中精选出 320 余篇,分理、工、农、医、交叉学科五部分汇编成论文集出版发行。由于论文集篇幅所限,许多优秀论文只好割爱。

本届年会得到了中共江苏省委、江苏省人民政府及有关部门的高度重视,得到了江苏省省级学会、各市人民政府、各市科学技术协会及所属学会、各高等院校、研究院所及有关单位的全力支持,特别是得益于南京大学、东南大学、南京农业大学、南京医学院、南京师范大学的积极协助和具体承办。论文集出版过程中承蒙中国科学技术出版社、江苏省新华印刷厂全力支持,并且有一大批热心的同志付出了辛勤劳动,籍此机会一并表示诚挚的谢意。

本书为江苏省首届青年学术年会论文集的理科分册,内容涉及数学、天文、物理、化学、生物、生化、地质、地理、气象等学科领域。年会执行委员会理科分部组织有关专家从各省级学会,各市科学技术协会,各高等院校、研究院所推荐的 150 余篇论文中,评审筛选出 68 篇论文汇

编成册。论文作者近半数具有博士学位或高级职称,具有硕士学历或中级以上职称的比例达95%。论文有较高的学术水平,不少达到了国内或国际先进水平,从一个侧面反映了江苏省青年科技工作者的科研实力。参加理科专家评审委员会的成员有吴文虬、梁昆森、刘志国、须沁华、陈洪渊、任启江、俞剑华、刘林、王苏民、吴瑞金、范克新、宋国柱、徐龙道、佟文庭、潘雪海、苏炳凯、王富葆、叶尚夫、武耀成等先生,我们在此表示衷心感谢。

本分册的编辑工作由年会执行委员会理科分部的王兆球、胡志宏、朱建华、沈吉、邹建平、邹亚军、徐秋香等同志集体完成。出版印刷工作得到胡晓河、刘福在、禹正瑜等同志协助。由于时间仓促及编辑水平有限,难免出现错误,希望读者予以谅解。

江苏省首届青年学术年会执行委员会理科分部

1992年10月20日

目 录

C/k/r/n:F 系统的可靠性分析	蔡 军	(1)
限维可换凝聚环	陈建龙等	(7)
关于一类算子方程	李 刚	(13)
奇异星的冷却	戴子高等	(20)
辛算法在动力天文中的应用	赵长印等	(28)
一个新的 Herbig—Haro 天体—HH140	严 俊等	(35)
联想记忆的 Hopfield 模型	马余强	(41)
氢化钾晶体的高压物态方程及相变的理论计算	裴春伟	(46)
连续状态变量的自组织临界状态中普适性的研究	童培庆	(50)
C ₆₀ /C ₇₀ 薄膜的有序相变的内耗研究	顾 民等	(56)
FeSi/Cu 多层膜的磁性和磁光效应	王 浩等	(61)
金属/LB 膜/ITO 导电玻璃夹心结构的电流—电压特性研究	朱 明等	(66)
应变弛豫 Ge _x Si _{1-x} 层的生长	韩 平等	(72)
光学超晶格 LiNbO ₃ 晶体中的二次谐波发生	陆亚林等	(77)
多层膜中磁光效应的增强	徐永兵等	(80)
离子注入硅片的调制光反射率研究	钱钟灵等	(87)
静电喷雾减轻农药环境污染的研究	郑加强	(93)
矩形波导中探针阻抗计算	朱汉清	(98)
结构振动的分散非线性控制及其试验研究	马扣根等	(106)
旋转矩形射流掺混特性	郑礼宝	(112)
分离泡结构与特征的实验研究	徐 诚	(118)
多声源工业厂房噪声场布的三维分析	朱晓天	(123)
一步法三维波动方程偏移在 PE 机上的实现及其应用效果分析	杨贵祥等	(128)
万用减振垫考虑高次非线性时随机激励作用下的减振效果分析	杜成斌	(134)
固体中脉冲激光激发超声的机理	程建春等	(139)
流体二维非线性问题	周盛青等	(145)
空气超声换能器脉冲声场的研究	王兆球	(152)
非晶硅碳膜中光学非线性的研究	徐 骏等	(159)
新型 Pt 负载分子筛芳构化催化剂的研究	胡佩贤等	(162)
An amperometric method in flow systems for determination of aluminium(III)	徐双华	(168)
稀土贮氢电极的交流阻抗及其变化规律的研究	蔡称心等	(175)
超细 Fe ₃ O ₄ 维韦尔转变温度的穆斯堡尔研究	胡 征等	(180)

统计热力学的局部组成构型分布理论.....	王仁远等	(185)
^{99m} Tc—MRP20 的研制新的脑灌注显像剂	方平等	(190)
氟戊菊酯微胶囊中试研究.....	张荣胜等	(194)
松节油的微生物转化研究.....	王飞	(197)
化学修饰型植物组织电极的研究	屠一锋	(203)
1,2,4—三甲氧基苯及其氘代衍生物的合成及质谱	邹建平	(207)
钨离子和蛋白激酶 C 对缺血海马谷氨酸堆积的调控作用	鲁友明等	(214)
卟啉化合物电化学性质研究(II)	何亚楠等	(221)
鼠脑细胞内游离 Ca^{2+} 浓度与镇痛作用的关系	谢吉民等	(228)
重组人肿瘤坏死因子的分离纯化	郭冬林等	(233)
阿魏属的萜类成分及其化学分类	刘启新等	(238)
淮安中生代断陷盆地浦口组含盐系岩相古地理分析	蔡楠松	(246)
用模糊数学法对海安凹陷局部构造含油气性的评价研究	薛冰	(252)
论中生代前海南岛与华南大陆的不相连	虞子治	(257)
东天山变质作用与板块运动的关系	朱文斌等	(263)
有机质在华南含金建造同生含金性形成中的作用	胡凯	(270)
壳源铅体系与陆壳铅同位素存留年龄	胡志宏等	(277)
吉南桦甸太古代地体中两类灰色片麻岩及其 REE 特征和金矿化上的差异法	孙晓明等	(285)
安徽省宿县夹沟花岗斑岩的结晶深度与氧同位素组成	于津海	(293)
衡阳盆地霞流市组沉积环境探讨	葛晨东	(299)
古生物分类数据的管理策略	杨群等	(304)
生命起源问题之一: 后生植物的起源及其化石证据	袁训来	(309)
On establishing global lake—level database of the last 30000 years	方金琪等	(314)
长江南京南固 2 断面单位含沙量测验可行性分析	陆俊	(323)
北极海冰赤道东太平洋海温与埃尔尼诺	钱步东等	(330)
湖泊沉积物中有机碳稳定同位素测定及其气候环境意义	沈吉	(336)
放射性核素在近代湖泊环境历史研究中的应用	项亮等	(340)
昆虫雷达应用初探	包爱东	(347)
The Spatial Relation between the Distribution of the Ostracoda and Selected Abiotic Parameters from the Mooswinkel Bay (Mondsee)	尹宇等	(353)
中尺度雨带中雨核形成的可能解释	顾伟	(362)
线性动量近似与斜压 Ekman 动量流下的锋生	何建中	(371)
南通市寒潮预报业务系统	汤德新等	(381)
北极海冰异常对我国降水影响的数值试验	郑维忠等	(388)
冬季高度场主分量与正压能量转换的关系研究	王国民等	(393)

摘 要 部 分

模糊积分评价与模糊分类模型	宋晓秋	(399)
动态力学及介电法研究蓖麻油丙烯酸脂共聚物网络悬挂链的弛豫运动	顾 民等	(399)
$\text{Pb}(\text{S}_{\text{cl}/2}\text{Nb}_{1/2})\text{O}_3$ 晶格象的图象处理关于有序结构的研究	郑建国等	(400)
测量与预测二维不可压湍流附面层分离	尹军非	(400)
超声波作用下 NaBH_4 —[4]—PEG400—THF 体系对酯的还原	刘 华等	(400)
增量型非对称弹性力学的能量原理与广义变分原理	陈建康	(401)
动力边界单元法中的强奇异积分问题	陈国强	(401)
球形芽孢杆菌 BS—1012 杀蚊幼乳剂的试生产	毛海兵等	(401)
酸性溶液中溴离子对铁阳极钝化膜的影响	王 超等	(402)
O/W 型微乳液介质中 $\text{Cu}(\text{II})$ —CAS 的分类光度测定	朱霞石等	(402)
云南褐家鼠和黄胸鼠染色体比较研究	庞 宏等	(402)

C/k/r/n: F 系统的可靠性分析^①

蔡 军

(扬州师范学院数学系)

摘要 本文研究了 C/k/r/n: F 系统的可靠度, 首次给出了该系统可靠度非平凡的上界和下界, 由此导出了该系统的可靠度的极限表达式, 推出了由寿命服从 Weibull 分布的元件组成的 C/k/r/n: F 系统寿命的极限分布。这些结果为工程实际应用提供了具体的设计高可靠度 C/k/r/n: F 系统的方法以及估计系统可靠度的公式。另外, 作为本文结果的直接推论, 我们得到了 C/k/n: F 系统的相应结果。最后给出一个应用的实例。

1 引言和假设

C/k/r/n: F 系统由几个线性排列的有序元件组成, 该系统失效当且仅当此序列中存在 r 个连续的元件, 使得其中至少有 k 个元件失效。C/k/r/n: F 系统是一种广泛应用于工程实际的关联系统, 如应用于质量控制、检验流程、雷达探测、通讯和管道运输系统、大规模集成电路等问题中 (例子可见[6]、[9]、[10]等), 并且数学上, 它是常用的 C/k/n: F 系统 (r=k) 和 k/n: F 系统 (r=n) 的一般化。但是, 由于 C/k/r/n: F 系统的复杂性以及其可靠度计算是一个 N-P 问题, 因此众多的文献仅讨论 C/k/n: F 系统 (如[2]~[5]、[8]~[10]等), 而且这些方法均不能用来解决 C/k/r/n: F 系统的可靠性设计和可靠度估计这些重要的可靠性理论和应用问题。

本文利用相协随机变量的性质, 首次给出了由相互独立的不同元件组成的 C/k/r/n: F 系统可靠度非平凡的上界和下界, 由此导出了该系统可靠度的极限表达式, 推出了由寿命服从 Weibull 分布的元件组成的 C/k/r/n: F 系统寿命的极限分布。这些结果为工程实际应用提供了具体的设计高可靠度 C/k/r/n: F 系统的方法以及估计系统可靠度的公式。另外, 作为本文结果的推论, 我们得到了 C/k/n: F 系统的相应结果, 这些推论包含且改进了文献[2]、[3]、[4]和[8]中的所有主要结果。最后通过例子说明了应用的方法。

在本文中我们假定每个元件、子系统及系统均只有工作或者失效两种状态且所有 n 个元件相互独立。设 C/k/r/n: F 系统中的 n 个有序元件依次为元件 1, 元件 2, ..., 元件 n。元件 i 的可靠度为 P_{in} , 失效概率 $q_{in} = 1 - P_{in}$, 令 F_i , $\bar{F}_i$ 分别表示元件 i 失效和工作二个事件, $i = 1, \dots, n$ 。 A_i , $\bar{A}_i$ 分别表示由元件 1, 2, ..., i 组成的 C/k/n: F 子系统工作和失效二个事件, $i = r, \dots, n$ 。 $B_l(i, j)$, $B_l^*(i, j)$ 分别表示元件 i, i+1, ..., j 中恰有和至少有 l 个失效二个事件, 记 $h_l(i, j) = P(B_l^*(i, j))$, $H_l(i, j) = P(B_l(i, j))$ 。

^①江苏省教委自然科学基金资助课题

$R(n; r, k)$, $R_k(n)$ 分别表示 $C/k/r/n$: F 系统和 $C/k/n$: F 系统的可靠度, 即 $R(n; r, k) = P(A_n)$, $R_k(n) = R(n; k, k)$.

为了结果表达的方便, 我们令 $a_m = b_m = H_k(1, r)$; $FKa_{in} = H_{k-1}(i-r+1, i-1)q_{in}$, $b_{in} = h_{k-1}(i-r+1, i-1)q_{in}$, $i = r+1, \dots, n$. 若 $i \leq 0$, 令 $p_{in} = 1$. 记 $\exp\{-\infty\} = 0$.

2 结果及其证明

引理 1 设对所有的 n 及 $1 \leq i \leq n$, $0 < \mu_{in} < 1$, $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n \mu_{in} = \mu$ ($0 \leq \mu \leq \infty$), 若存在一序列 $\{\mu_n\}$, 使得对任何 $i = 1, \dots, n$, $\mu_{in} \leq \mu_n$ 且 $\lim_{n \rightarrow \infty} \mu_n = 0$, 那么,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \prod_{i=1}^n (1 - \mu_{in}) = e^{-\mu} \quad (2.1)$$

证明: 由 $\prod_{i=1}^n (1 - \mu_{in}) = \exp\{\sum_{i=1}^n \log(1 - \mu_{in})\}$ 以及 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{-\log(1-x)}{x} = 1$, 利用证明级数收敛的方法不难证得 (2.1) 式.

定理 1 设 $1 \leq k \leq r \leq n$, 那么

$$\prod_{i=r}^n (1 - a_{in}) \leq R(n; r, k) \leq \prod_{i=r}^n (1 - b_{in} \prod_{j=i-2r+k}^{i-r} p_{jn}) \quad (2.2)$$

证明: 由 § 1 中的假设和记号知, $P(\bar{A}_r) = H_k(1, r)$; 对 $i = 1, \dots, r-1$, $P(\bar{A}_i) = 0$, 即 $P(A_i) = 1$; 若 $i \leq 0$, $P(A_i) = 1$. 并且有下述包含关系:

$$A_r \supset A_{r+1} \supset \dots \supset A_n \quad (2.3)$$

由 (2.3) 可知

$$\begin{aligned} R(n; r, k) &= P(A_n) = P(A_r) \prod_{i=r+1}^n P(A_i | A_{i-1}) \\ &= P(A_r) \prod_{i=r+1}^n \{1 - P(A_{i-1} \bar{A}_i) / P(A_{i-1})\} \end{aligned} \quad (2.4)$$

由 § 1 的假设和有关定义知, 对 $i = r+1, \dots, n$

$$\begin{aligned} P(A_{i-1} \bar{A}_i) &= P\{A_{i-1} B_{k-1}(i-r+1, i-1) F_i\} \\ &\leq P\{A_{i-1} B_{k-1}^*(i-r+1, i-1)\} q_{in} \\ &\leq P\{A_{i-1}\} P\{B_{k-1}^*(i-r+1, i-1)\} q_{in} \\ &= P(A_{i-1}) H_{k-1}(i-r+1, i-1) q_{in} \end{aligned} \quad (2.5)$$

其中第一个不等式成立是因为 $B_{k-1}(i-r+1, i-1) \subset B_{k-1}^*(i-r+1, i-1)$ 以及元件的独立性, 第二个不等式成立由 [1] 中 P30 页中的性质即可得到. 由 (2.4) 和 (2.5) 两式以及 a_{in} 的定义我们得到

$$R(n; r, k) \geq \prod_{i=r}^n (1 - a_{in})$$

另一方面, 对 $i=r, r+1, \dots, 2r-k$, 显然有

$$\begin{aligned} \frac{P(A_{i-1} \bar{A}_i)}{P(A_{i-1})} &\geq \frac{P(\bar{F}_1 \cdots \bar{F}_{i-r} B_{k-1} (i-r+1, i-1) F_i)}{P(A_{i-1})} \\ &\geq \prod_{j=1}^{i-r} p_{jn} P\{B_{k-1} (i-r+1, i-1)\} q_{in} \\ &= \prod_{j=1}^{i-r} p_{jn} h_{k-1} (i-r+1, i-1) q_{in} \end{aligned} \quad (2.6)$$

对于 $i=2r-k+1, \dots, n$, 由有关的定义和 $P(A_i) > P(A_j) (i < j)$ (此不等式由 (2.3) 推出) 知

$$\begin{aligned} \frac{P(A_{i-1} \bar{A}_i)}{P(A_{i-1})} &\geq P\{A_{i-2r+k-1} \bar{F}_{i-2r+k} \cdots \bar{F}_{i-r} B_{k-1} (i-r+1, i-1) F_i\} / P(A_{i-1}) \\ &= \frac{P(A_{i-2r+k-1})}{P(A_{i-1})} \prod_{j=i-2r+k}^{i-r} p_{jn} h_{k-1} (i-r+1, i-1) q_{in} \\ &\geq \prod_{j=i-2r+k}^{i-r} p_{jn} h_{k-1} (i-r+1, i-1) q_{in} \end{aligned} \quad (2.7)$$

这样由 (2.6)、(2.7) (2.4) 以及 b_{in} 的定义知 ($p_{jn}=1$, 若 $j < 0$)

$$R(n; r, k) \leq \prod_{i=r}^n (1 - b_{in} \prod_{j=i-2r+k}^{i-r} p_{jn})$$

因此定理 1 得证。

当 $r=k$ 时, 由 $H_l(i, j)$ 以及 $h_l(i, j)$ 的定义, 显然 $a_{in} = b_{in} = \prod_{j=i-k+1}^i q_{jn}$, 这样由

定理 1 立即得估计 $C/k/n$: F 系统可靠度的上界和下界。

推论 1 设 $1 < k < n$, 那么

$$\prod_{i=k}^n (1 - \prod_{j=i-k+1}^i q_{jn}) \leq R_k(n) \leq \prod_{i=k}^n (1 - P_{i-k, n} \prod_{j=i-k+1}^i q_{jn}) \quad (2.8)$$

注记 1 (2.8) 中的下界为[4]中的下界, 另外在假设 $q_{in} < p_{in}$ 的条件下, Fu[4]证明了

$$R_k(n) \leq \prod_{i=k}^n [1 - (1 - \frac{q_{i-k, n}}{p_{i-k, n}}) \prod_{j=i-k+1}^i q_{jn}] \quad (2.9)$$

因为 $P_{i-k, n} + q_{i-k, n} / P_{i-k, n} > P_{i-k, n} + q_{i-k, n} = 1$, 故 (2.8) 的上界总小于 (2.9) 的上界且无限制条件。即推论 1 中的上界优于 Fu[4]的结果。

如果系统由相同的元件组成, 即各元件的失效概率、可靠度相等, 不妨设 $q_{in} = q_n$, $p_{in} = p_n$, $i=1, \dots, n$, 那么由定义可知

$$a_{rn} = b_{rn} = \sum_{l=k}^r c_r^l q_n^l p_n^{r-l} = a_n^* \quad (2.10)$$

对 $i=r+1, \dots, n$

$$a_{in} = \sum_{l=k-1}^{r-1} c_{r-1}^l q_n^l p_n^{r-1-l} q_n = \sum_{l=k}^r c_{r-1}^{l-1} q_n^l p_n^{r-l} = a_n \quad (2.11)$$

$$b_{in} = c_{r-1}^{k-1} q_n^k p_n^{r-k} = b_n \quad (2.12)$$

$$\prod_{j=i-2r+k}^{i-r} p_{jn} = p_n^{\min(i-r, i-k+1)} = p_{jn}^* \quad (2.13)$$

这样由定理 1 和推论 1, 我们立即得到由相同元件组成的 $C/k/r/n: F$ 系统和 $C/k/n: F$ 系统的可靠度的上、下界。

定理 2 设 $1 < k < r < n$, $q_{in} = q_n$, $p_{in} = p_n$, $i = 1, \dots, n$, 那么

$$(1 - a_n^*) (1 - a_n)^{n-r} \leq R(n; r, k) \leq (1 - a_n^*) \prod_{i=r+1}^n (1 - b_n p_{in}^*) \quad (2.14)$$

$$(1 - q_n^k)^{n-k+1} \leq R_k(n) \leq (1 - q_n^k) (1 - p_n q_n^k)^{n-k} \quad (2.15)$$

由引理 1 分别利用定理 1、推论 1 和定理 2 的 (2.14) 式以及证明极限的“两边夹”方法, 我们可推出 $C/k/r/n: F$ 系统和 $C/k/n: F$ 系统可靠度的极限表达式, 即下述的定理 3、推论 2 和定理 4。限于篇幅, 我们省略详细的极限证明过程。

定理 3 设 $1 < k < r$, $\lim_{n \rightarrow \infty} b_{in} = \theta$ ($0 \leq \theta \leq \infty$), 如果存在序列 $\{d_n\}$ 使得对所有的 $i = 1, \dots, n$, 有 $0 < q_{in} < d_n$ 且 $\lim_{n \rightarrow \infty} n d_n^{k+1} = 0$, 那么

$$\lim_{n \rightarrow \infty} R(n; r, k) = \exp\{-\theta\} \quad (2.16)$$

推论 2 设 $k > 1$, $\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=k}^n \prod_{j=i-k+1}^i q_{jn} = \mu$ ($0 \leq \mu \leq \infty$), 如果存在序列 $\{h_n\}$ 使得对所有的 $i = 1, \dots, n$, 有 $0 < q_{in} < h_n$ 且 $\lim_{n \rightarrow \infty} h_n = 0$, 那么

$$\lim_{n \rightarrow \infty} R_k(n) = \exp\{-\mu\} \quad (2.17)$$

定理 4 设 $1 < k < r$, $q_{in} = \lambda n^{-\alpha/k}$, $i = 1, \dots, n$, 其中 $0 < \lambda < 1$, $\alpha > 0$, 那么

$$\lim_{n \rightarrow \infty} R(n; r, k) = \begin{cases} 0, & 0 \leq \alpha \leq 1 \\ \exp\{-\lambda^k C_{r-1}^{k-1}\}, & \alpha = 1 \\ 1, & \alpha > 1 \end{cases} \quad (2.18)$$

显然 Chao 和 Lin[2], Fu[3] 中的结果是定理 4 中 $\alpha = 1$ 且 $r = k$ 时的特例。

注记 2 因为当 $n \rightarrow \infty$ 时, $1 - \exp\{-\lambda n^{-\alpha/k}\} \approx \lambda n^{-\alpha/k}$, 故类似地不难证明, 当 $q_{in} = 1 - \exp\{-\lambda n^{-\alpha/k}\}$ ($\lambda > 0$, $\alpha > 0$) 时, 定理 4 仍成立。

最后利用定理 4 和注记 2, 我们可获得由寿命服从 Weibull 分布的元件组成的 $C/k/r/n: F$ 系统寿命的极限分布。

定理 5 设一个 $C/k/r/n: F$ 系统由几个相互独立同分布的元件组成, 每个元件的寿命服从 Weibull 分布 $\text{Weif}(\lambda t, \beta)$, T_n 和 $F_n(t)$ 分别表示该系统的寿命和寿命分布函数, 那么 $n^{1/k\beta} T_n$ 的极限分布为 $\text{Weif}(\lambda t (C_{r-1}^{k-1})^{1/k\beta}; k\beta)$, 即对任何 $t > 0$,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(n^{1/k\beta} T_n \leq t) = \text{Weif}(\lambda t (C_{r-1}^{k-1})^{1/k\beta}, k\beta)$$

或当 n 充分大时,

$$F_n(t) \approx \text{Wcif}(\lambda t (nC_{r-1}^{k-1})^{1/k\beta}; k\beta) \quad (2.19)$$

证明: 因为 $P(n^{1/k\beta}T_n \leq t) = 1 - P(T_n > tn^{-1/k\beta})$, 而 $P(T_n > tn^{-1/k\beta})$ 是元件可靠度为 $\text{Wcif}(\lambda tn^{-1/k\beta}; \beta) = 1 - \exp\{- (\lambda t)^{\beta} n^{-1/k}\}$ 时, $C/k/r/n$: F 系统的可靠度, 因此由定理 4 及注记 2, 我们得到,

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(T_n > tn^{-1/k\beta}) = \exp\{- (\lambda t)^{k\beta} C_{r-1}^{k-1}\}$$

因此,

$$\begin{aligned} \lim_{n \rightarrow \infty} P(n^{1/k\beta}T_n \leq t) &= 1 - \exp\{- (\lambda t)^{k\beta} C_{r-1}^{k-1}\} \\ &= \text{Wcif}(\lambda t (C_{r-1}^{k-1})^{1/k\beta}; k\beta). \end{aligned}$$

这样, 当 n 充大时,

$$\begin{aligned} F_n(t) &= P(T_n \leq t) = P(n^{1/k\beta}T_n \leq tn^{1/k\beta}) \\ &\approx \text{Wcif}(\lambda t (nC_{r-1}^{k-1})^{1/k\beta}; k\beta) \end{aligned}$$

显然, 当 $r=k$ 时, 我们得到 Papastavridis 和 Chrysaphinou[8]的结果。

3 应用说明

在工程实际中, 产前的系统 (或产品) 可靠性设计有着很重要的意义, 它是提高系统可靠度 (或产品的质量) 的很重要的前提, 且可使我们去采取比较经济的设计方案。§ 2 中我们首次得到了 $C/k/r/n$: F 系统可靠度的上、下界及其极限表达式, 这些结果为我们可靠性工程中提供了具体的可靠性设计方法和估计可靠度的公式, 对此我们简略地举例说明。

例如考察一个由 100 个同型号的油泵组成的输油管道系统, 要求该输油系统失效当且仅当在连续的 5 个油泵中至少有 4 个失效, 即为一个 $C/4/5/100$: F 系统, $k=4$, $r=5$, $n=100$ 。要设计出具有较高可靠度的该输油系统, 应采用多大可靠度的油泵较为适宜? 由定理 4 我们可知, 只要取可靠度为 $1 - \lambda n^{-\alpha/k}$ ($\alpha > 1$) 的油泵, 即可获得较高可靠度的输油系统。比如取 $\lambda=0.4$, $\alpha=1$, 则 $1 - \lambda n^{-\alpha/k} = 0.87$, $R(100; 5, 4) \approx \exp\{-\lambda^k C_{r-1}^{k-1}\} = 0.903$, 即采用可靠为 0.87 的油泵, 就可设计出可靠度约为 0.903 这一较高可靠度的输油系统; 如取 $\alpha=2$, 则 $1 - \lambda n^{-\alpha/k} = 0.96$, 由定理 4 知此时 $R(100; 5, 4) \approx 1$, 即采用可靠度为 0.96 的油泵, 可获得具有极高可靠度的输油系统, 实际上由定理 2 的 (2.14) 式, 我们可估计这两种情形下输油系统可靠度的精确值 $R(100; 5, 4)$ 的范围, 特别当可靠度分别为 0.87 和 0.96 时, 我们算出 $R(100; 5, 4)$ 的范围分别为 $0.902 < R(100; 5, 4) < 0.929$ 和 $0.999 < R(100; 5, 4) < 0.9991$ 。由此也可知, 采用可靠度为 0.87 的油泵, 设计出的输油系统可靠度不低于 90.2%; 采用可靠为 0.96 的油泵, 设计出的系统可靠度不低于 99.9%。如果 90% 的可靠度就满足要求, 那么我们不妨采用较低可靠度 (即 0.87) 的油泵, 因为低可靠度元件生产成本较低, 这种设计方案是很经济的, 即由一般质量的零件, 设计出高质量的产品。

参考文献

- 1 Barlow R.E. and Proschan.F., Statistical Theory of reliability and Life Testing, Silver Spring, MD, (1981).
- 2 Chao M. T. and Lin, G. D. , Economical design of large consecutive-k-out-of-n:F systems, IEEE Trans.Reliability, 33, 411, 413(1984).
- 3 Fu J.C., Reliability of a large consecutive-k-out-of-n:F system, IEEE Trans.Reliability, 34, 127-130(1985).
- 4 Fu J.C., Bounds for reliability of large consecutive-k-out-of-n:F systems with unqual component reliability, IEEE Trans.Reliability.35, 316-319(1986).
- 5 Griffith W.S., Reliability and Quality Control, Elsevier (North-Hdland), (1986).
- 6 Nelson J.B., Minimal-order models for false-alarm calculations on sliding windows, IEEE Trans.Aerospace Electronic Systems, 14, 351-363(1987).
- 7 Papastavridis S. G. and Sfakianakis M. E. , Optimal-arrangment and importance of the components in a consecutive-k-out-of-r-from-n:F system, IEEE Trans.Reliability, 40, 277-279(1991).
- 8 Papastavridis S.G. and Chrysaphinou O., An approximation for large consecutive-k-out-of-n:F systems, 37, 386-387(1988).
- 9 Saperstein B., On the occurrence of n successes with N bernoulli trials, Technometrics, 15, 809-818(1973).
- 10 Saperstein B., Note on a Chistering problem, J.Applied probability, 12, 629-632(1975).

作者简介 蔡军, 1962年1月生。1982年毕业于扬州师范学院数学系数学专业, 1987年毕业于上海交通大学应用数学系概率统计专业, 获硕士学位。现为扬州师范学院数学系应用数学教研室讲师, 主要从事概率统计的教学和科研工作。最近被评为江苏省优秀青年骨干教师。

有限维可换凝聚环

陈建龙

(南京农业大学数学教研室)

丁南庆

(南京大学数学系)

摘要 设 R 为可换凝聚环, 整数 $n \geq 2$, 则下述各点等价:

- (a) R 的弱维数 $\text{wD}(R) \leq n$;
- (b) 对任一 (FP-) 内射 R -模 G 及任一 R -模 M , $\text{FP-id} M \otimes G \leq n-2$;
- (c) 对任一 (FP-) 内射 R -模 G 及任一 R -模 M , $\text{fd Hom}(G, M) \leq n-2$;
- (d) 对任一平坦 R -模 G 及任一 R -模 M , $\text{fd Hom}(M, G) \leq n-2$.

1 引言

1990 年 Jenda^[8]证明了: 若 R 是可换诺特环, 整数 $n \geq 2$, 则 R 的整体维数 $\text{gl.dim} R \leq n$ 当且仅当对任一内射 R -模 G 及任一 R -模 M 有 $\text{fd Hom}(G, M) \leq n-2$ 当且仅当对任一内射 R -模 G 及任一 R -模 M 有 $\text{id} M \otimes G \leq n-2$. 本文旨在将上述结果推广到可换凝聚环上.

为后文需要, 本节介绍几个已知定义.

定义 1. 设 M 为 R -模, 若对任何有限表现 R -模 N , 有 $\text{Ext}^1(N, M) = 0$, 则称 M 为 FP-内射 R -模 (参见[12]).

定义 2. 设 M 为 R -模, 定义

$\text{FP-id} M = \inf \{n | \text{Ext}^{n+1}(N, M) = 0, \forall \text{ 有限表现 } R\text{-模 } N\}$. 若无上述 n 存在, 则令 $\text{FP-id} M = \infty$, 称 $\text{FP-id} M$ 为 M 的 FP-内射维数 (参见[12]).

定义 3. 设 M 为 R -模, 若存在平坦 R -模 F 及同态 $f: M \rightarrow F$ 使得对任一平坦 R -模 F' 及任一同态 $g: M \rightarrow F'$ 都存在同态 $h: F \rightarrow F'$ 满足 $hf = g$. 则称 f 的 M 的一个平坦预包络.

由[3]可知, 若 R 是凝聚环, 则对每个 R -模 M , 我们可以构造一个复形

$$0 \rightarrow M \rightarrow F^0 \rightarrow F^1 \rightarrow \dots$$

使得 $M \rightarrow F^0$, $\text{Cok}(M \rightarrow F^0) \rightarrow F^1$ 及 $\text{Cok}(F^{i-2} \rightarrow F^{i-1}) \rightarrow F^i$ ($i \geq 2$) 均为平坦预包络, 称这样的复形为 M 的一个平坦预解式. 若令

$$L^0 = M, \quad L^1 = \text{Cok}(M \rightarrow F^0), \quad L^i = \text{Cok}(F^{i-2} \rightarrow F^{i-1}) \quad (i \geq 2)$$

则称 L^n ($n \geq 0$) 为 M 的一个 n 次 F -上合冲, $L^n \rightarrow F^n$ 则表示 L^n 的一个平坦预包络 (参见[3, 8])。

文中 R 指有单位元可换环, 所有 R -模都是酉模。对 R -模 M , $\text{pd}M$ 及 $\text{fd}M$ 分别表示 M 的投射和平坦维数。 $E(M)$ 指 M 的内射包络, 而 M^* 表示 M 的对偶模。若 M, N 为两个 R -模, $\text{Hom}(M, N)$ 表示 $\text{Hom}_R(M, N)$, 同理 $M \otimes N$ 表示 $M \otimes_R N$ 。

2 主要定理

为证主要定理, 需先给出四个引理。

引理 1. 设 R 为凝聚环, N 为 R -模, n 为非负整数, 则 $\text{fd}N \leq n \iff$ 对每个有限表现 R -模的任一 n 次 F -上合冲 L^n , 有正合列 $\text{Hom}(F^n, N) \rightarrow \text{Hom}(L^n, N) \rightarrow 0$ 。

证: 用归纳法。当 $n=0$ 时, 必要性是显然的。下证充分性。设 M 为任一有限表现 R -模, $M \rightarrow F^0$ 为 M 的一个平坦预包络。因 R 为凝聚环, 由[4, 例题 3, 4]可知, 我们可以假定 F^0 是有限生成投射 R -模。对 R -模 N , 存在平坦模 F 使得

$$0 \rightarrow K \rightarrow F \rightarrow N \rightarrow 0$$

是正合列。由此我们得到下述可换图:

$$\begin{array}{ccc} \text{Hom}(F^0, F) & \rightarrow & \text{Hom}(F^0, N) \rightarrow 0 \\ \downarrow & & \downarrow \\ \text{Hom}(M, F) & \rightarrow & \text{Hom}(M, N) \\ \downarrow & & \\ 0 & & \end{array} \quad (*)$$

因为 F^0 是投射的, 所以 $(*)$ 中上面一行正合, 又因 $M \rightarrow F^0$ 是 M 的平坦预包络, 故 $(*)$ 中左边一列正合。而由假设知, $\text{Hom}(F^0, N) \rightarrow \text{Hom}(M, N) \rightarrow 0$ 是正合列 (注意 $L^0 = M$), 于是 $\text{Hom}(M, F) \rightarrow \text{Hom}(M, N) \rightarrow 0$ 正合, 这就表明 K 是 F 的纯子模。而 F 为平坦模, 故 N 亦为平坦模, 即 $\text{fd}N \leq 0$, 充分性得证。

当 $n \geq 1$ 时, 仿照[8]中引理 2.2 的证明即知结论成立。引理 1 证毕。

引理 2. 设 $0 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow 0$ 是 R -模正合列, 整数 $n \geq 2$, 若 $\text{fd}D \leq n$, $\text{fd}C \leq n-1$, $\text{fd}B \leq n-2$, 则 $\text{fd}A \leq n-2$ 。

证: 设 $K = \text{Im}(B \rightarrow C)$, 则有正合列

$$0 \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow K \rightarrow 0$$

$$\text{及} \quad 0 \rightarrow K \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow 0$$

从而, 对任一 R -模 X ,

$$\text{Tor}_{n+1}(D, X) \rightarrow \text{Tor}_n(K, X) \rightarrow \text{Tor}_n(C, X)$$

是正合列。因为 $\text{fd}D \leq n$, $\text{fd}C \leq n-1$, 故上式首尾两项为 0, 于是 $\text{Tor}_n(K, X) = 0$ 。另一方面,

$$\text{Tor}_n(K, X) \rightarrow \text{Tor}_{n-1}(A, X) \rightarrow \text{Tor}_{n-1}(B, X)$$

是正合的, 而 $\text{fd}B \leq n-2$, 故 $\text{Tor}_{n-1}(B, X) = 0$ 。于是 $\text{Tor}_{n-1}(A, X) = 0$ 。这就是说 $\text{fd}A \leq n-2$ 。

引理 3. 设 R 为环, 则下述各点等价: