河海大学科技进展

河海大学
科技进展

1991—1995

ADVANCES IN SCIENCE AND TECHNOLOGY OF HOHAI UNIVERSITY

河海大学出版社

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

河海大学科技进展

1991—1995

主　编　　赵光恒

副主编　　许荫椿　商学政

河海大学出版社

责任编辑：熊水斌　马敏华
技术编辑：孙　禹

河海大学科技进展

1991－1995

赵光恒　许荫椿　商学政

出版发行　河海大学出版社
（地址　南京市西康路1号　邮编　210098）
排版　河海大学科技期刊编辑部
印刷　河海大学印刷厂
（地址　南京市西康路1号　邮编　210098）

*

开本 787×1092　1/16 · 印张 13.75 · 字数 325 千字
1995 年 10 月第 1 版　1995 年 10 月第 1 次印刷
印数：1～4000 册

ISBN 7－5630－0919－1

G · 137　　定价：20.00 元

（河海版图书如有印刷装订错误，可向承印厂调换）

加强基础研究、高新技术研究及水利软科学研究，加快科技产业的发展，为水利建设、水利经济作出更大贡献。

姜弘道

1995.9.22.

China

内 容 提 要

本书扼要论述了河海大学近五年来在水利、电力、交通、环保等方面取得的科技新成果、新进展。全书收入反映河海大学科技进展文章59篇。内容涉及河海大学的各主要学科：水文学与水资源；水力学与河流动力学；海岸工程；水工结构工程；港口与航道工程；岩土工程；水力发电工程；农田水利工程；环境水利；技术经济；电力工程；计算机应用；量测技术；新仪器、新技术等。本书涉及面广，内容新颖，是一本较为全面反映河海大学最新科技进展的论著，一定程度上也反映了我国水利、水电、水运科学技术的发展水平。本书可供从事水利、电力、交通、环保工作的科学研究、工程设计、科技管理人员及有关大专院校师生阅读参考。

TN64/69

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

前　言

在河海大学建校80周年之际，《河海大学科技进展　1991—1995》与读者见面了。她总结了近五年来河海大学科学技术的进步和发展。虽然相对于80年的校史，五年时间是短暂的，但这五年中河海大学科技工作的变化却十分显著：科技体制改革的步伐明显加快；教育和科研两个中心的建设中，科研的份量更加重了；科研在促进学科建设和高层次人才培养中的作用更加突出；科研对国民经济和科学技术进步的贡献越来越大。特别是国家教委设置"211工程"计划的强劲东风，催科研奋发，促科技茁长，河海大学的科技工作又进入了蓬勃发展的春天。

本书收入反映河海大学科技进展文章59篇，文章内容涉及河海大学的主要学科。入选的科技成果基本上是近五年内完成的，具有创新、实用的特点；大多数成果具有国内先进水平，部分成果具有国内领先或国际先进水平；大部分成果已在生产实践中得到应用和检验，在国民经济中发挥了重要作用，有的已取得了显著的社会经济效益。诸如：古洪水研究，大尺度水文模型研究，城市防洪和防洪减灾决策支持系统；紊流理论研究，工程水力学反问题研究；大坝安全监控新理论和新技术研究，核电站设备抗震试验研究，大体积混凝土温度控制设计方法研究，混凝土断裂和损伤力学研究；桩基工程研究，航道整治技术和模型试验技术研究；台风暴潮研究，河口及海岸带研究；计算机网络通信与信息技术的应用研究；大型工程MIS技术的开发应用；水稻节水控制灌溉技术，北方缺水城市地下水资源研究；电力系统分析与控制研究；机电一体化技术研究，焊接自动化技术研究；水利量测技术与测控系统研究；水污染和治理研究；社会经济与科技发展研究，工程移民经济研究等。这些科技进展，是既有河海特色，又享誉国内水利、水电、水运和环境行业的科技新成果。这些成果是河海大学科技工作发展和科技水平提高的重要标志。

本书的出版，为水利、电力、交通、环保等领域增添了新的知识，为广大生产、科研、教学人员了解和应用河海大学的科技新成果提供了方便，将会促进科技成果向生产转化，加速我国水利水电现代化建设。

由于我们工作水平有限，加之时间仓促，可能还有某些重要成果被疏漏，对此，我们深感歉意。书中一些不当之处，欢迎读者批评指正。

参加本书编审工作的还有林益才、董廷松、马敏峰、徐宏等同志，在此谨致谢意。

编　者

1995年10月

China

目　录

古洪水研究…… 詹道江(1)
大型多目标线性规划和二次规划解法研究…… 叶秉如(5)
大尺度水文模型研究…… 刘新仁(9)
防洪减灾决策支持系统研究 …… 李纪人　李致家(13)
城市防洪研究 …… 芮孝芳(17)
影响长江上中游汛期水量丰枯的物理因子研究进展 …… 钱步东　范钟秀(20)
水资源开发利用国家专业实验室建成使用 …… 胡凤彬　张亚群(23)
工程水力学反问题研究 …… 金忠青　王玲玲(27)
泄洪建筑物控制堰堰型的研究 …… 王世夏(32)
流域侵蚀产沙规律及模拟方法研究 …… 陈国祥　汤立群(39)
抽水蓄能电站水力和结构研究 …… 刘启钊　索丽生　刘德有(44)
流激振动模拟试验技术研究 …… 孙小鹏　吕家才(50)
岩土工程渗流及其控制的理论与实践 …… 速宝玉(53)
分形理论在紊流研究中的应用 …… 金忠青　汤一波(59)
超典型井流消能及其在低坝中的应用研究 …… 马法三(61)
明渠水流测量 …… 李家星　陈玉璞(64)
潜管排放力学及其应用研究 …… 严忠民　周春天　刘明明(66)
多孔浮射流的研究 …… 王　超(70)
结构参数反分析及其在安全监控中的应用 …… 姜弘道　陈国荣(73)
不连续介质非线性计算力学研究 …… 卓家寿(76)
软基上船闸计算方法及地基模型参数反分析研究
…… 苏　超　姜弘道　谭恩会　姜里波(79)
大坝安全监控的新理论和新技术 …… 顾冲时　吴中如(82)
用交集域优选法反演混凝土面板堆石坝非线性材料参数 …… 顾淦臣　沈长松(86)
大体积混凝土温度控制设计方法研究 …… 陈里红　傅作新(91)
水工大体积混凝土结构配筋设计理论研究 …… 吴胜兴　汪基伟　康清梁　周　氏(95)
混凝土断裂与损伤研究 …… 徐道远　符晓陵　朱为玄(99)
土石坝结构分析优化设计研究…… 蔡　新　王德信(105)
水工结构最优设计理论与应用研究…… 杨海霞　蔡　新　杨仲侯(108)
大坝安全监测数据处理和分析方法研究…… 蓝孝奇　华锡生(112)
三维土石坝动力分析简化方法…… 徐志英(115)
水工金属结构安全监测回顾与展望…… 李兴贵　郑圣义　钱　涛　原玉琴(121)
水工钢闸门检测计算研究…… 金雅鹤　周建方(125)
核电站设备抗震试验研究…… 张楚芳　夏颂佑(128)

China

台风暴潮数学模型研究…… 张君伦(132)
河口沉积动力分析及海岸演变数学模型…… 张东生 张长宽(135)
桩基工程研究进展…… 王惠初 王云球(138)
航道治理模型试验技术研究…… 徐金环(141)
计算机网络通信与信息技术应用研究…… 史金松 戴俊明(144)
工程 MIS 及其开发应用 …… 许卓明(147)
工程专家系统环境的实用化研究…… 倪天倪(150)
节水高产水稻控制灌溉技术研究…… 彭世彰 李寿声 俞双恩(154)
缺水城市及北方岩溶地下水资源的研究…… 曹万金 胡志荣(157)
环境地质时空信息系统的研究…… 李冬田(161)
大坝坝址环境水作用及环境工程地质问题…… 彭汉兴 宋汉周 刘建刚 施希京(164)
河网水量水质调控技术研究…… 徐 健 姚 琪(167)
底泥耗氧与释放的研究…… 徐 颖 朱加征(170)
社会经济与科技发展研究进展…… 郑垂勇(173)
工程移民研究进展…… 施国庆 荀厚平 余文学等(176)
定量流动显示技术研究…… 徐友仁(183)
水利量测技术及测控系统的研究…… 卢永生 吕国芳 经常友(186)
水文综合测量智能仪和模型水位测控仪…… 姜德保(189)
电力系统分析与控制…… 陈淮金 卫志农 陆 健(192)
农村低压供电模式、小水电上网电阶及低水头高比转速水力机械的研究 …… 季盛林(195)
用爆破膜取代水电站调压塔的过渡过程和工程措施研究
…… 胡沛成 倪福生 王巧红等(198)
IC 卡预付费电度表的研究与开发 …… 王柏林 苏建元(200)
水轮发电机组推力轴承运行参数巡回检测装置的研究…… 王学浩 林 岗等(202)
焊接自动化技术的研究…… 经士农等(204)
微机话音记录仪的研究…… 杨有为 宋依青(206)
YG027 型电子缕纱强力机 …… 路进瑞(208)

China

古洪水研究

詹道江[①]

（水资源水文系）

一、古洪水研究十年

尽管中国历史悠久，史志碑刻甚丰，洪水调查遍及全国河流，史料似已开发殆尽，而利用这些资料外延洪水频率曲线推求工程设计所需要的长重现期洪水仍感困难和不可靠。

频率分析方法所根据的是水文学中的统计规律，需要很长的水文资料，现在的水文测验及洪水调查似乎不易有为，但从第四纪地质及地层学来看，河流两岸古代的洪水还留有许多资料和信息有待开发利用。近来年代学的发展更使这种开发利用成为可能。

1985～1987 年，河海大学与治淮委员会首次在响洪甸水库河段，利用第四纪地质学、地层学及年代学理论，取得距今 2700 年的洪水资料，这种方法称为古洪水研究，将这种洪水资料用于洪水频率计算中，千年洪水由外延变成内插，洪水计算精度因而明显提高。1988～1991 年，水电部指示河北省水利电力设计院与河海大学为海河支流滹沱河黄壁庄水库加固工程进行古洪水研究，取得了近 3000～8000 年的古洪水资料，使得这座以历史调查洪水著名、历经九次变动计算值的水库洪水频率曲线大为改善，节省了大量加固经费。

1987 年，水电部和三峡工程水文专家论证组建议，中国长江三峡工程开发总公司委托河海大学与长江水利委员会，合作研究三峡工程古洪水。自 1990～1994 年，课题组在三峡河段查探洪水沉积数百处，共取得古洪水沉积物样品 92 个，根据国家地震局^{14}C 实验室年代化验、河海大学水资源水文系的颗粒分析和江苏省冶金所的重矿鉴定，分析当时的水位，推算流量，取得 2500 年以来 10 万 m^3/s 以上的洪水 4 次，将最大的 1870 年洪水重现期由原定的 840 年推前到 2500 年，解决了多年来悬而未决的技术问题。三峡工程展览馆将这项成果收入馆藏，改写了洪水历史，许多报刊对此作了报导。

黄河小浪底水利枢纽工程虽有 1843 年等历史特大洪水资料，但特大值及其重现期问题仍是洪水计算中值得深入探讨的问题。为了完善小浪底工程的洪水计算，促进黄河中下游工程规划设计，河海大学与黄委设计院合作，开展三门峡至小浪底河段古洪水研究。於 1993 年起进行了为期三年的研究。三年来查勘了两岸 80 余公里代表性河段，勘探 150 个沉积剖面，对 96 个样点进行了分析测试。课题组针对黄河多沙，样品有机物含量少的特点，进行了富有创造性的研究，并在考证期论证和古洪水误差对频率成果的影响方面，做了新的探索，将古洪水信息加入小浪底、三门峡洪水频率计算，取得了可信的成果。

除上述工程单位和研究单位的合作与支持外，我们还得到国家自然科学基金的资助，并与国际同行进行多次交流。

---

① 本项科研历时 10 年。工作人员除河海大学外，尚有长委、黄委、淮委、河北水利水电设计研究院、中国三峡工程总公司先后共计百余人参加，特此说明。本文由科研课题主持人詹道江执笔。

China

十年来的古洪水研究和江、淮、河、海四大河流的实践，说明这是一个有物理实证、资料充分、完全避免靠数学术(mathmatistry)外延洪水频率曲线的洪水计算新途径。

二、古洪水研究的基本理论与进展

(一)洪水频率曲线的外延问题

古洪水水文学研究现代水文测验和历史(调查)洪水以前发生的洪水。如同现代水文测验一样也可以提供古代洪水的系统资料。

从洪水频率计算来看，历史洪水或实测的特大洪水的频率期望值公式：

$$P = \frac{M}{N+1} \tag{1}$$

式中 P 为频率；N 为调查考证期(年)；M 为排位序数。考证期是根据人类记忆、传说、碑记和史志等定出来的，一般不过几百年，除了难于求得更为稀遇的洪水及其频率外，最大的问题是如果把考证追溯得更远一些，则式(1)中的 N 值将要变动，M 值也可能发生变动。有许多文献讨论过这个问题，但其假定和数学处理，都不易把历史洪水和特大值定准，由此外延以求设计洪水，当然是可疑的。长期以来，尽管有历史洪水和特大值，但外延问题一直困扰着水文工程师和决策者。

(二)洪水平流(洪峰)沉积物——洪水留下的物证、河流两岸蕴藏的洪水资料

河段抗蚀基岩河谷中的洞穴、支沟回水末端及其它水流停滞处，如凹岸顶冲处、凸岸矶头、束狭、突宽等，每有由洪水从流域表面带来的有机漂浮物(孢子、花粉、枯枝落叶等)，洪峰平流时刻过后，漂浮物因退水而停滞或沉积下来，其后又为崩坍的泥土或坡积物① 所掩埋，得以长久保存下来，这就是洪水平流沉积物。当开挖剖面后可见其顶层有水平层理，颜色与上覆和下垫土壤相异，物理性质(颗粒大小，均匀程度，矿物成分等)也与当地土壤不同。

洪水平流沉积物在古洪水研究中有两重意义：第一，沉积物的顶层反映了洪水在当地的洪水位。例如支沟上端楔形沉积物尖端消失处或洞穴沉积物顶层就能代表洪水位，我们在实践中也曾发现过。但有些情况则只能反映洪水的最低水位，此时应在河段中多剖面探测，取最高处作为洪水位或从上下游同次洪水比降，予以修正。第二，在实验室中测定沉积物样品 ^{14}C 的比度，推算洪水事件发生的年代(距今年代 aBP)。

特大洪水是稀遇的，古洪水沉积历经多次冲击，能保存下来也是不容易的。河边的沉积物有时又被冲蚀，搬运后再沉积，於是老沉积物有时又插人新沉积，因而洪水沉积剖面常含有多层沉积单元，各洪水单元之间有时又有非洪水单元，实际上的层次是很复杂的，需要地层学人员详细对照上下游剖面判断分析。

(三)古洪水流量和系列

用研究河段中多处沉积物定出水位和年代后，可以定出同次洪水的水面比降。然后用水力学模型或当地的水位流量关系推求洪水流量。在较为平直河段，各次洪水的比降大抵平

---

① 指高处基岩风化物质，由于重力作用，沿斜坡向下运动，堆积在山坡和坡脚下的堆积物。

China

行。模型的准确与否应以实测大洪水检验之。

洪水在河段中某处因未达门槛高度而未有沉积，但可能 在河段中另一处所沉积，应当利用多剖面多处沉积，定出多个同次洪水的比降，然后以测年成果和流量构成古洪水流量系列，供频率分析之用。

在推求流量时须注意古洪水系列发生期间，河槽、河床断而的冲淤变化，宜于选定冲淤变化最小的河段。残存的阶地可以估算下切速度。少量河床质的测年资料有可能帮助估计古洪水发生时的行洪断面。我们在黄河小浪底、三门峡及海河黄壁庄古洪水研究中曾作过这种改正。

由于构造地质或气候变化引起的长期加积(淤积)和减积(刷深)河段应予避免。淮河响洪甸、黄河小浪底古洪水研究河段都在均衡河段上。一般抗蚀基岩河段的冲刷并不严重(如长江三峡)，但加积作用能使水位抬高。

(四)古洪水研究在频率分析中的应用

1. 古洪水资料的选用

古洪水平流沉积水位法可以求得距今几百、几千甚至万年(全新世)的洪水资料。全新世约可分为三个时期：

距今 11000～7500 年为早全新世，气候温和稍湿，平均气温比现今约低 4～5℃，河流洪水的离差系数 C_v 大。

距今 7500～2500 年为中全新世，气候温暖湿润，是全新世雨量最为丰沛时期，河流洪水比较稳定。

距今 2500 年至现代为晚全新世，气候温凉偏干与现代相近，此期降水量减少，但很集中。

为了使古洪水资料与近代具有统计学上的一致性，我们认为宜取用晚全新世内的资料。同时古洪水的考证期也可扩展至 2500～3000 年。除了气候这一主要因素外，其它影响汇流的因素如河道变迁、植被破坏等也应予考虑。

2. 有古洪水资料的频率计算

我们曾推导有古洪水、历史洪水及实测洪水系列期望值公式：

$$E(P_k) = 1 - \prod_{i=1}^{k} \frac{N_i}{N_i + 1} \tag{2}$$

具体说来，对于 a 个古洪水

$$P_i = \frac{i}{N + 1} \qquad (i = 1,2,\cdots,a) \tag{3}$$

式中 N 为古洪水的考证期；i 为古洪水的排位序数。

对于 b 个历史洪水，

$$P_{a+j} = P_a + (1 - P_a)\frac{j}{N' + 1} \qquad (j = 1,2,\cdots,b) \tag{4}$$

式中 N' 为历史洪水的考证期；j 为历史洪水的排位序数。

对实测洪水

$$P_{a+b+m} = P_{a+b} + (1 - P_{a+b})\frac{m}{n + 1}, \qquad (m = 1,2,\cdots,n) \tag{5}$$

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com

式中　n 为实测洪水年数；m 为排位序数。

古洪水加入洪水系列后其分布线型是值得研究的新课题。我们在上述四河流有古洪水系列的频率分析中，以我国所用的 P-Ⅲ型适线，尚无不合之处。

(五)结　　语

本项研究应用第四纪地质学、水文学、年代学等学科的原理和方法，在取得河流洪水平流(洪峰)沉积物的基础上，估算出古洪水的距今年代和相应的洪峰流量，用以加入频率计算，大幅度地加长了历史洪水的考证期，提高了系列的展延精度，使频率曲线稀遇洪水部分的确定更有根据，为洪水计算开辟了一条新的途径。

本研究方法适用于抗蚀基岩峡谷河段如长江三峡和黄河三门峡、小浪底河段，对多变的河道如能找到抗蚀河段，例如，黄壁庄水库附近的抗冲力很强的红土卵石层"铜帮铁底漳沱河"段也可用本法研究古洪水。

古洪水研究取得 3000 年的洪水资料，充分了解河流的洪水情况，除提供可靠的洪水系列以供设计洪水之外，还可以论证工程安全与否，如长江三峡工程、黄河三门峡小浪底枢纽都因古洪水的研究而得到可靠的结论。古洪水研究当然影响工程规划、设计的规模，如黄壁庄古洪水研究的结果使水库加固经费节约了 8000 万元。

本项研究在工作中所提出的一致性年代、有古洪水资料系列的频率计算公式、恢复古洪水的行洪断面概念在古洪水研究中均属首创。四条河流的古洪水研究成果，除黄河三门峡、小浪底古洪水研究成果尚待评审外，长江三峡及黄壁庄古洪水研究成果已通过水利部组织的鉴定，鉴定认为，研究成果达到国际先进水平。

三、主要成果目录

1　河海大学、治淮委员会，西淝河响洪甸水库古洪水及频率分析研究报告，1987 年

2　河海大学、河北水利水电勘测设计院，岗南黄壁庄水库古洪水研究报告(附录像)，1992 年 6 月

3　河海大学、长江水利委员会，长江三峡工程古洪水研究报告(附录像)，1993 年 12 月

4　詹道江、谢悦波、杨玉荣，长江三峡工程古洪水研究，见：三峡工程科研文集(第六卷)，中国长江三峡工程开发总公司，1994 年

5　河海大学、黄河水利委员会，黄河三门峡、小浪底枢纽古洪水研究报告(附录像)，1995 年 5 月

6　河北省水利水电设计研究院，岗南黄壁庄水库设计洪水复核报告，1994 年 4 月

7　Zhan Daojiang，Qian tie，Extreme flood calculation frequency analysis with paleoflood，In：Proceedings of the International Conference on Channel Flow and Catchment Runoff，1989，

8　詹道江等，洪水计算的新途径，河海大学学报，1988 年第 3 期

9　詹道江，可能最大降水与古洪水研究，水科学进展，1991 年第 3 期

10　三峡工程展览史料：三峡古洪水部分，三峡工程展览馆

11　谢悦波、李致家，频率计算加入古洪水资料后对设计洪水的作用，河海大学学报，1994 年第 4 期

China

大型多目标线性规划和二次规划解法研究

叶秉如等

（水资源水文系）

一、研究概况

从1990年以来的五年时间内，我们完成或承担的大系统和多目标水资源系统优化规划方面的课题主要有三个：①三峡水库多目标优化规划和调度研究(1986～1990)，国家重点科研项目，研究成果中提出了多目标规划的一些新的解法；②大系统分解规划及多目标优化问题的研究(1987～1990)，国家教委博士点基金资助项目，取得了几项重要成果；③水资源优化规划理论和方法研究(1991～1994)，国家教委博士点基金资助项目，已完成多项子课题，包括大型多目标线性规划新解法的研究成果。

这些课题都是通过分析资料和理论探讨，运用数学模型和电算完成的。其中理论方法部分主要是：对多目标线性和二次规划非劣解生成的研究，提出一些新概念和新的理论方法，并进行了实例应用。

二、研究成果

前述三课题的主要研究成果是对大型多目标线性规划(MOLP)和二次规划(MOQP)的求解——主要是非劣解集的理论生成，获得了包含新概念、新观点的求解途径和相应的求解方法，具有理论和应用上的普遍性意义。

多目标规划是近二十多年来，由于许多规划管理问题的多目标性质而逐渐发展起来的运筹学的新兴分支学科。其求解研究着重在非劣解集的生成和最佳协调解的推求，而前者尤为基本。对于多目标LP问题，现行一些方法或带有局限性，不够严密(如权重法)，或计算工作量大，应用不便(如多目标单纯形法)。我们提出的多维MOLP问题非劣解生成的“最小减优率法”，具有理论上的严格性和解的完整性。计算工作量亦相对不大。因此可以用作与其它现行方法进行对比和检验的手段。

对于多目标二次规划问题，首先提出了非劣解集乃是各两目标函数曲线互切点的轨迹，或两目标函数曲线与约束集相应边界共交点的轨迹的重要概念。并由此导出了非劣解集的一般解析式或普遍性求法。这使多目标QP整个非劣解集的推求严格而方便。还研究了一个综合利用水库参数优选的应用实例。

多目标规划解的研究，在理论上以往一般都基于库恩-塔克的最优性条件，或“非劣”的朴素定义，而从未从几何物理概念等别的途径来作进一步的阐述。我们提出的对多目标LP和QP的两种新概念和方法，丰富了多目标规划的理论概念和求解途径。下面分别对其具体内容作简要介绍。

China

(一)多维多目标线性规划(MMOLP)的解法研究

首先,作为理论基础,对多维多目标线性规划解的基本特性和规律,以两目标 Z_1, Z_2 问题为例,归纳如下。

(1)非劣解集的端点和边线特性。非劣解集必以两个单目标最优解为端点(设为 M_1, M_2,或 Z_1^*, Z_2^*),且由联结此两端点并靠近两目标函数超平面共交线 I(即常说的理想点/线)一侧约束凸集的那部分边线或边平面所组成的连续折线。此 n 维空间之连续折线(或折带)也就是下节将提到的两目标函数平面与某些约束平面"共交点"的轨迹。

(2)非劣边线的最小减优率,或最大交换比特性。上述非劣连续折线可由任一单目标最优角点(例如 M_1)开始,由通过 M_1 点的诸(一般有 n 个)有效约束平面,求出下面将述的、具最小减优率的约束边线,即为第一段非劣解折线。然后求出此折线另一端之角点坐标。再仿上述同理求得下一段非劣解边线。如此继续直至求出非劣折线的最后端点 M_2;并可以此作为求解无误的校验。

最小减优率边线的求定:以第一段为例,由于 M_1 点系第一个目标函数 Z_1 的单目标最优解点,故最优 Z_1^* 值必为整个约束凸集内各点 Z_1 值中的唯一最大者。因此由 M_1 点沿任何一条边线移动时,Z_1 值都必然是减少的。如果把某条由 M_1 点引出的边线(设为 l_1)的原交面式方程,换写为射影式方程并代入目标函数式 Z_1,就可得到 $Z_1 \sim x_i$ 的线性关系式:$Z_1 = f_1(x_i)$,式中 x_i 为射影轴,将此式对 x_i 求导,可知此导数式必为负,即必有

$$\left.\frac{\partial Z_1}{\partial x_i}\right|_{l_1} = a_1 < 0 \tag{1}$$

对另一目标函数 Z_2 亦作同样处理得 $Z_2 = f_2(x_i)$,并同样求导,其导数值设为 a_2,于是有以下规则:

规则一:过单目标最优解角点 M_1 的诸边线中,只有当对某射影轴 x_i 的两导数式 $\left.\frac{\partial Z_1}{\partial x_i}\right|_{l_1}$ 和 $\left.\frac{\partial Z_2}{\partial x_i}\right|_{l_1}$ 的值异号时,才可能是非劣边界线。这是第一个非劣边线条件。

下面再研究非劣边线的第二个条件。用式(1)去除与其类似的 Z_2 的导数式,将得到 Z_1, Z_2 间的增减关系即交换比式(或增优率)如下:

$$\left.\frac{\partial Z_2}{\partial Z_1}\right|_{l_1} = \left.\frac{\partial Z_2/\partial x_i}{\partial Z_1/\partial x_i}\right|_{l_1} = \frac{a_2}{a_1} = \lambda_1 < 0 \tag{2}$$

式中"交换比"λ_1 的值必为负,这从规则一中可知。此 λ_1 代表沿 l_1 线 Z_1^* 值减小一个单位时,Z_2 的增加数。

对过 M_1 点的 n 条有效约束边线都作如上的运算,剔去那些不合规则一的非异号的边线,然后比较诸 λ_j 值($j=1,\cdots,\leqslant n$)中绝对值最大者:

$$\mathrm{Max}\{|\lambda_j|\} = |\lambda_k| \tag{3}$$

则 l_k 边线即为第一段非劣解折线。推广言之有下列规则:

规则二:设 $\left.\frac{\partial Z_2}{\partial Z_1}\right|_{l_j} = \lambda_j$ 代表沿 l_j 边线两目标的交换比,或第二目标 Z_2 的单位增优率,则对求最大化问题之两目标面言,$|\lambda_j|$ 最大的边线为非劣解边线。这是第二个必要(充要)条件。

China

对于求最小化的问题，规则一、二仍同。

对于射影方程和射影轴 x_i 的选取方法见本文成果目录 3，该处还举出了应用于水资源优化分配的一个三维二目标的算例。

方法的推广——混合法：研究了既保持解的严密性，又考虑决策者的偏好意见的以理论生成和权重法相结合的混合对话法。

目标空间的非劣解，可由已求得的 $M_1 \sim M_2$ 连续折线各角点坐标代入两目标函数式得一组 Z_1, Z_2 值点绘即得。最后用协调规划可求最佳协调解。

(二)多维多目标二次规划(MMOQP)非劣解集的理论生成和求协调解

水资源系统优化规划和管理问题中，目标函数不少时候非为线性。对于一个各目标都能以二次曲线方程表达，而约束条件则为线性时，就是多目标二次规划问题。其一般形式，以两目标二维问题为例，如下：

求
$$\min(\max)Z_1 = A_1X_1^2 + B_1X_1X_2 + C_1X_2^2 + D_1X_1 + E_1X_2 \tag{4}$$
$$\min(\max)Z_2 = A_2X_1^2 + B_2X_1X_2 + C_2X_2^2 + D_2X_1 + E_2X_2 \tag{5}$$

约束于：
$$a_{1i}X_1 + a_{2i}X_2 \leqslant b_i, \quad i = 1,2,\cdots,m \tag{6}$$
$$X_1, X_2 \geqslant 0 \tag{7}$$

式(4)、(5)分别表示 X_1X_2 平面上的二条圆锥曲线。式(6)则表示 m 个线性约束条件，它们构成在 X_1X_2 坐标平面上的线性约束集。

上述 MOQP 的解可分为求 min 和求 max 两种情况。对于求 min 问题，由于式(4)、(5)代表 Z_1, Z_2 为参数的两圆锥曲线族，故同时满足式(4)、(5)的非劣解，即原始的理论非劣解集，乃是两目标函数曲线"互切点"的轨迹，并位于单目标最优解的两端点之间。此轨迹线的解析式可由目标函数式(4)、(5)的两切线方程，根据系同一切线和切点的特定条件导出其解析式如下：

$$\begin{aligned}&2(A_1B_2 - A_2B_1)X_1^2 + 2(B_1C_2 - B_2C_1)X_2^2 + 4(A_1C_2 - A_2C_1)X_1X_2\\&+ (B_2D_1 + 2A_1E_2 - B_1D_2 - 2A_2E_1)X_1 + (B_1E_2 + 2C_2D_1 - B_2E_1 - 2C_1D_2)X_2\\&+ (D_1E - D_2E_1) = 0\end{aligned} \tag{8}$$

上式就是决策平面上二目标非劣解集理论曲线的表达式，显然它仍是一条圆锥曲线。根据此理论，非劣解曲线与约束集式(6)、(7)间的相互位置关系，又可分下列三种情况：

(1)如果互切点轨迹线式(8)全部位于约束集之外，则非劣解集为两单目标最优解作端点的、靠近式(8)曲线一侧的那段或那数段约束边界线。

(2)如果两单目标最优解均位于约束集内(如域内圆或椭圆时)，式(8)即为非劣解集。

(3)如果互切点轨迹线穿越约束凸集，则非劣解集将一部分为两单目标最优解间的约束边线，另一部分为式(8)穿越约束集的那一段(参见图 1 之加点线段)。

对于求 max 问题，非劣解集乃是两目标函数曲线与某约束边界的"共交点"的轨迹，并位于两单目标最优解点间。前节 MMOLP 的解亦属此类。

具体解法是：在得出两单目标最优解角点后，求过此两点的两目标函数曲线的交点，令其为 I(即通常所谓的理想点，参见图 2)。过上述两端点各再作另一目标的函数曲线。如果它们相交，可令其为 I^-(即通常所谓的负理想点)。于是根据 I, I^- 两点与约束集间的相互位置，可判断非劣解集的几种情况。由于 I 点必在约束集的外面，因此也就只要看 I^- 的位置是

China

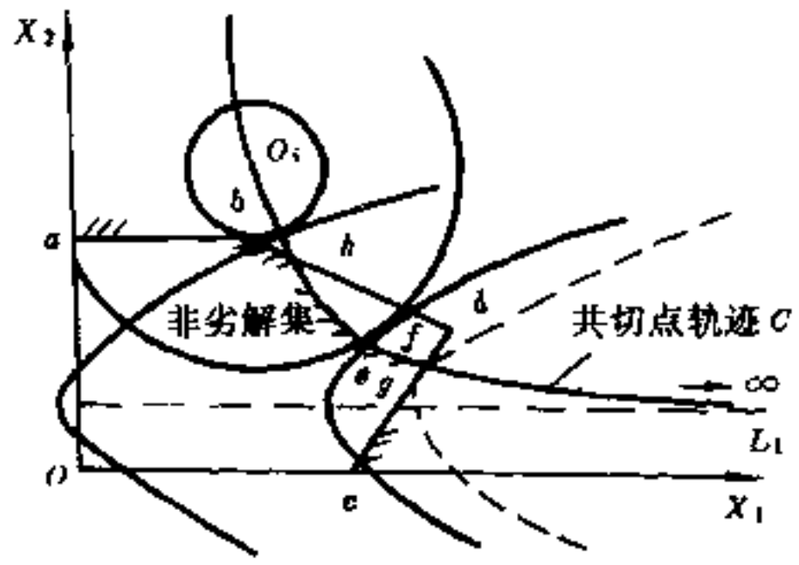


图 1　圆和抛物线目标函数时之非劣解集(求 min 问题)

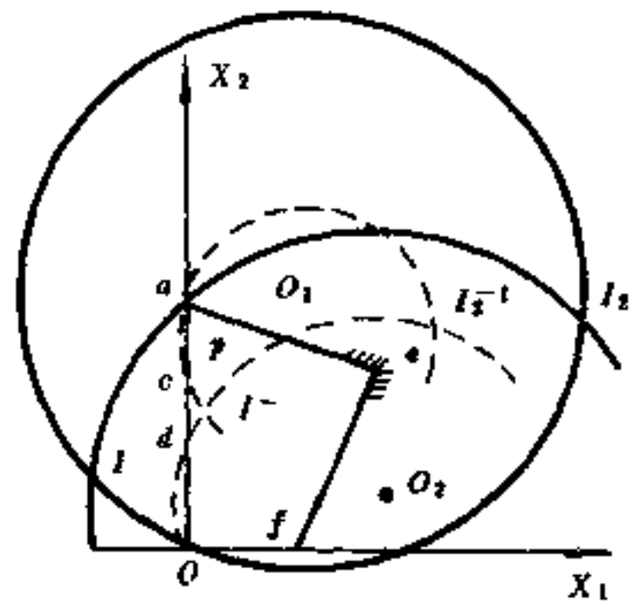


图 2　求 max 问题时之非劣解情况

在约束集之外、之内抑恰在边上而有下列三种情况：

(1)如 I^- 在约束集内(包括 I^- 不存在，此时可设想它在 I 的另一侧甚远处)，则非劣解集为整段约束边线或 I^- 点之两曲线与 I 点间所围的那段约束边界，加上两端点。图 2 所示即此类，即非劣解为 a，o 两点及 cd 线段。

(2)如 I^- 点亦在约束集外与 I 同侧，则非劣解集仅为两单目标最优解的两端点，即 a，o 两点。

(3)如 I^- 恰在约束边界上(设为 c 点，见图 2)，则非劣解集为两单目标最优解的端点加 c 点。

目标平面的非劣解集。由于它是决策平面的非劣解集通过目标函数式(4)、(5)的非线性变换或映射而得，而后者前面已求知无非为直线段或二次曲线式(8)，故目标平面非劣解集的解析式亦不难求出。由此并可求最佳协调解，例如用协调规划法等。

当问题为多维时，可仿 MMOLP 之法，对求 min 问题，用最小减优率理论，及利用射影式方程表达边线和求导数等，从单目标解 M_1 出发来分段求边线非劣集解。而式(8)则亦化为多维形式。对求 max 问题则先求出两 QP 曲线之"交线"I 和 I^-；其余仍同。

上述非劣解析解法可简便地用于综合利用水库参数的多目标优选，例如对丹江口水库二期扩建的汛期限制水位和死水位的多目标优选，优选结果可见本文成果目录 1。

本研究成果在国内外属首创，并提出了一些新概念和新方法，如第一部分所述。成果的第二种 MMOQP，已被收入水电部规划总院委托北京水利科学研究院编辑的"系统工程在水资源领域应用"的新论文集，将向全国介绍、推荐。因课题都是属基础性研究，经济和社会效果目前还难以明确判定。

三、主要成果目录

1　叶秉如、余里红，多目标二次规划非劣解集的理论生成及应用，水电能源科学，1991 年第 2 期

2　Ye Bingru, Yu Lihong, Generating noninferior set of a multobjective Quadratic programming & its application of water resources problem, Proc. of Intern. conf. on Environ, Sound Water Resources Utilization, Bangkok, Thailand, Nov. 1993

3　叶秉如、方道南，大型多目标线性规划(MOLP)解法研究，水科学进展，1995

China

大尺度水文模型研究

刘新仁

（水资源水文系）

一、研究概况

全球气候变化及其带来的深远影响，自80年代以来，逐步在世界范围内受到重视。以联合国世界气象组织为首，开展了全球气候研究。80年代后期，设立一项“全球水和能循环实验”项目，即Globle Energy and Water Cycle Experiment，简称GEWEX，这些研究也激发了全球尺度水文规律及模拟的研究。笔者自1987年来注意到了这一动向，于1988年开始，酝酿并着手申请大尺度水文模型研究课题，1990年向国家自然科学基金提交了“洪涝预测的大气-水文模型研究”的重点项目建议书，经专家评审认为大尺度水文研究有重要意义，可先开展预研究，以便探索途径，积累经验。于是1991年申请到国家自然科学基金一般项目“大尺度水文模型研究”，于1994年12月完成。与此同时，还参加了国家“八五”攻关课题85-913-03“气候变化对社会经济与自然资源的影响及对策研究”中“气候变化对水文水资源的影响及对策研究”专题的研究工作，负责其中“淮河流域大尺度水文模型研究”子专题。

这三年的工作是大尺度陆面水文过程模拟模型的前期预研究，在模型研究方面的主要内容有：①现有的中尺度概念性流域水文模型应用于大尺度上所需的结构改造；②控制水循环垂向通量的要素在微观尺度上的特性与宏观综合特性间的关系；③模型参数与地形、地质、土壤及植被等因素间的关系和估计方法；④遥感信息在参数估计上的应用；⑤流域水系与地理网格的叠合方法；⑥模型复杂程度、精度与资料可获取度间的协调。在模拟试验方面是运用所建立的模型进行两方面的试验：①水文对气候变化敏感性试验；②对若干种全球气候模型(Globel Climate Model，GCM)预测的气候变化，作相应的水文变化模拟试验。采用的研究方法为：①选择空间尺度在10^5km^2以上的研究流域；②将所选择的流域按水系和网格双重体系描述并叠合；③分析率定的模型参数与地理信息间的关系；④设计若干种假想气候，用所建模型计算其水文响应，并分析水文对气候变化的敏感性；⑤用所建模型计算GCM给出的气候变化所引起的水文水资源变化。

二、研究成果

主要取得以下研究成果：

(1)建立了淮河流域蚌埠以上12万km^2基本水文气象资料及地理信息数据库；

(2)建立了淮河流域蚌埠以上分布式流域水文模型；

(3)研究并初步建成了以新安江流域水文模型为基础的多重尺度系列化水文模型；

(4)研究并初步建立了一种用于评价气候变化对水资源影响的降水、蒸发随机模型；

(5)运用上述成果对淮河流域进行了气候变化对水资源影响的分析计算。

China 需要全本请访问 www.ertongbook.com