

现代测量 数据处理 理论与方法

Theory and Method for
Geomatics Data
Processing and Analysis

陈永奇 等著



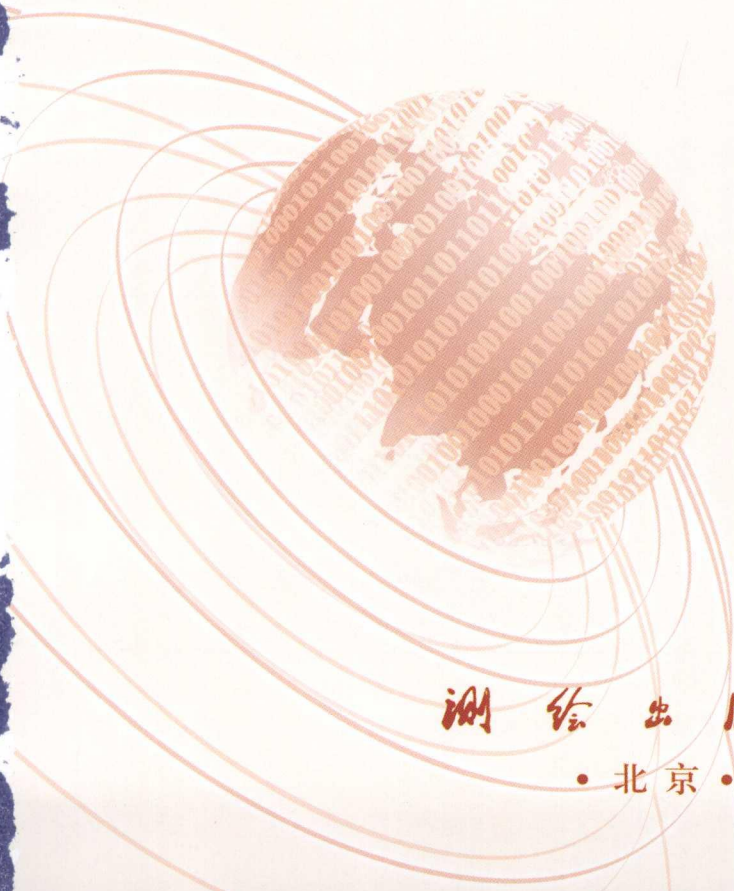
测绘出版社

现代测量 数据处理

理论与方法

Theory and Method for
Geomatics Data
Processing and Analysis

陈永奇 等著



测绘出版社

• 北京 •

内 容 提 要

本书收集了陈永奇教授在过去三十年中发表的 39 篇有代表性的论文,陈教授有意地多选择他与他的老师、同事和学生合著的论文。内容包括变形的分析、模拟和解释,误差模拟和测量方案优化设计,不同测绘数据的处理方法,以及解决测绘技术运用问题的方法。本书可供从事数据处理的研究生和研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代测量数据处理理论与方法 = Theory and Method
for Geomatics Data Processing and Analysis: 汉、
英/陈永奇等著. —北京:测绘出版社,2009.5
ISBN 978-7-5030-1920-3

I. 现… II. 陈… III. ①测量误差 - 误差理论 - 文集 -
汉、英②测量 - 数据处理 - 文集 - 汉、英 IV. O241.1 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 071529 号

责任编辑 贾晓林

装帧设计 李 伟

出版发行 测绘出版社

社 址 北京西城区复外三里河路 50 号

邮政编码 100045

电 话 010 - 68531160 63512386

网 址 www. sinomaps. com

印 刷 北京盛通印刷股份有限公司

经 销 新华书店

成品规格 184mm × 260mm

印 张 23.5

字 数 560 千字

彩色印张 0.5

版 次 2009 年 5 月第 1 版

印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷

印 数 0001 - 1000

定 价 68.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1920-3/P · 430

如有印装质量问题,请与我社发行部联系



2003年被誉为当代变形分析之父



March 12, 2009

Prof. Chen:

It was a real pleasure catching up with you, if only briefly, during my recent visit to Hong Kong.

I have treasured my relationship with the Polytechnic very much and am immensely proud of the success enjoyed by the Department of Land Surveying and Geo-Informatics under your leadership over the past decade. Without question, the Department is now one of the premier geomatics programmes in the world. And it would not have happened without you!

As we both move on to the next chapter in our lives, I hope that we will be able to stay in touch and perhaps get together once in a while. I am absolutely fascinated with Hong Kong, and China more generally, and hope to be able to return in the years ahead.

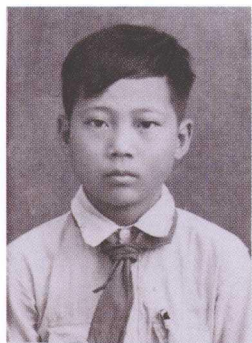
All the best!

A handwritten signature in black ink, appearing to be "J. McLaughlin".

John McLaughlin
President & Vice-Chancellor

University of New Brunswick 大学校长的信

小学毕业照



大学毕业照



1962年武汉
长江大桥留影



1982年考察
加拿大东部一地震区



1983年全家在武汉
接待导师及其夫人





1985年与太太在加拿大

1986年在多伦多
为中国竞选1990年
FIG年度大会举办权陈词



1988年照片



1996年主办第八届
国际变形观测科学
讨论会(开幕式上)



1998年在香港理工大学办公室



给香港测绘人员作报告



在科学讨论会上作报告



1994年和首届
部分本科毕业生合照



与理工大学同事讨论科研课题



2003年与系里同事访问UNB



60岁生日与导师
在深圳船上



60岁生日在深圳聚会

序

四十年风云际会,四十载风雨兼程。2009年夏天,我国著名的测绘科学家、教育家陈永奇教授从教届满40周年。陈永奇教授先后在武汉测绘科技大学和香港理工大学任教,可谓桃李满天下。在这40年的从教生涯中,他为国家和社会培养了一大批测绘高科技人才,为我国测绘事业的发展做出了十分杰出的贡献!

陈永奇教授于1961年9月至1966年9月在武汉测绘学院工程测量系本科学习,毕业后在工业部门工作,于1974年回学校任教;1980年12月至1983年5月在加拿大新不伦瑞克大学(University of New Brunswick)测量工程系学习并获博士学位,回国后任武汉测绘科技大学教授、博士生导师、工程测量系主任;1993年香港理工学院在世界范围内招聘一位讲座教授兼系主任,经过竞聘和选拔,陈永奇教授被聘为该校土地测量与地理信息学系系主任;2008年7月,任建设与地政学院副院长。在高校从事教学、科研工作之外,他还兼任国内外许多社会职务,曾先后担任国际测量师联合会(FIG)第六专业委员会副主席、主席,加拿大新不伦瑞克大学荣誉研究员,南京航空航天大学、同济大学、西南交通大学等14所国内著名大学的名誉教授或客座教授,中国嫦娥绕月探测科学应用委员会成员,《International Journal of Geoinformatics》、《Journal of Geodesy》、《GPS Solution》、《测绘学报》、《大地测量与地球动力学》等国内外核心测绘期刊的编委,以及英国皇家测量师院、英国土木工程测量师院、香港测量师院、香港科技促进会等资深成员。

陈永奇教授长期从事测绘科学与技术学科专业的教学和科研工作。在工程测量、大地测量、海洋测绘、地壳形变和地球动力学、综合导航、卫星定位、合成孔径雷达干涉测量、高分辨率卫星影像成图等方面,取得了一批高水平的学术研究成果。他提出的变形分析通用法,被国内外同行评价为最富有开创性研究和最先进的方法之一;他发展的变形物理解释的综合法,进一步揭示了变形体的变形机理。陈永奇教授先后出版了《工程测量学》、《海洋工程测量》、《Geographic data acquisition》等6部专著和教科书,在国内外核心期刊上发表了350余篇学术论文,这些都是测绘学子和测绘工程教学科研人员宝贵的教材和参考书,特别是其中的《变形观测数据处理》专著被认为是变形分析领域的经典之作。

陈永奇教授成果卓著,享誉海内外。他的那种与时俱进、渴求知识、严谨治学、不断探索的科学精神影响激励着我国广大测绘学子努力拼搏、开拓创新,为我国的测绘学科与事业的发展壮大作出新贡献。值此陈永奇教授从教40周年之际,他的学生们将在青岛为他举办“测绘科学与技术高端论坛暨陈永奇教授从教40周年庆祝会”,并收集陈永奇教授发表的有代表性的论文,出版《现代测量数据处理理论与方法》论文集。我作为陈永奇教授的挚友和老同事,很高兴地接受会议主办者的邀请,为论文集作序,借此机会,我也对陈永奇教授从教40周年致以诚挚的敬意和衷心的祝贺!

宁津生

中国工程院院士
武汉大学测绘学院教授
2009年5月12日

FOREWORD

This special volume containing 39 selected papers authored or co-authored by Professor Chen Yongqi, represents only a small fraction (about 10%) of his total published contributions to Geodesy and Geomatics. About half of the selected papers deal with the science of deformation modeling and analysis, the main field of Dr. Chen's interest in the first 20 years of his scientific career. The last 20 years have seen much diversified interest of Dr. Chen in modern approaches to the analysis and interpretation of geodetic and surveying data collected with modern geomatics techniques such as GPS, InSAR, underwater acoustic sensors, and others. His concepts and developments have been implemented worldwide in numerous engineering and geoscience projects.

I was privileged to be the supervisor of Dr. Chen's doctorate dissertation about 30 years ago. He completed his doctorate studies in a record short time of less than two years, while the average time needed to obtain the Ph. D. degree at the University of New Brunswick in Canada is 4 years. I have to confess that as a supervisor I learned more from my "student" than from anybody else in my long scientific career. The concept of Generalized Method of Geometrical Analysis of Deformations and the methodology for identification of deformation models and unstable reference points, developed by Dr. Chen in his thesis, are still fresh and exciting. Recently, at an international symposium on deformation measurements, he was announced as being a "father" of modern approaches to deformation analysis.

I am convinced that readers of this special volume will tremendously benefit from the methods and theories shared with us by Dr. Chen Yongqi, although many papers were written many years ago. We wish Dr. Chen many more productive years!

Adam Chrzanowski

April 2009

Dr. Adam Chrzanowski is Professor and Director of Canadian Centre for Geodetic Engineering and Life-time Professor Emeritus at the University of New Brunswick. He has been highly honored with his conferment of Doctor Honoris Causa at University of Warmia and at Technical University of Mining in Poland, and foreign academician of the Polish Academy of Sciences and Polish Academy of Humanities and Sciences.

在测绘专业路上的一些回忆

陈永奇

1961年9月我进入武汉测绘学院(武测,后改名为武汉测绘科技大学)工程测量系,开始了测绘专业的生涯。这是上天的安排,其实,我当年的高考成绩相当优异,由于有“海外关系”,某名牌大学的无线电专业(当时属于敏感专业)不能录取我,只能到普通大学的普通专业。但这也不是坏事,我相当轻松地完成了五年的大学学习生活,学习成绩一直是大班(每个班三个小班,每个小班30多名学生)第一名。当时系总支书记杨宏毅在一次大会上赞扬我:“顺着考是五分,倒着考也是五分”。“文革”中因这一评语我被戴上了“走白专道路苗子”的帽子,也成为杨老师被划为“走资本主义道路当权派”,鼓吹“白专”道路的罪证之一。其实我不“白”,五年大学中,我当了一年共青团总支组织委员,四年大班班长。这一评价后来在国内测绘界流传甚广。

1966年大学即将毕业时,我考上了李庆海教授的研究生(当时每个教授每年只收一名研究生)。正当我满怀激情想为祖国做一番事业时,史无前例的文化大革命开始了。我经历了跟着毛主席“闹革命”,到西安生产单位当炊事员,在湖南煤矿当工人的历程,直到1970年才当了测量技术员,湖南涟渣铁路建设指挥部测量队队长。

1974年,在文化大革命中被撤销的武测要恢复重建了。在恩师章书寿的极力推荐下,以及杨宏毅老师的支持下(他当时是武测恢复重建五人小组成员之一),我回到了武测,开始了教学、科研的专业道路。这里还有一段小插曲,当我在湖南涟源火车站等车准备离开时,涟渣铁路建设指挥部主管生产的副指挥长突然知道我要走了,说“这样的人才不能走!”善意地派人要把我找回去,但迟了一点,火车已经开动了。

回到武测后,最初几年主要是和潘正风老师一起从事高精度激光准直的研究,组建工程测量(工测)研究室。当时研究条件相当艰苦,我们夜以继日地工作,研制了高精度波带板激光准直系统,并成功用于国内当时最大的刘家峡水电站的大坝变形观测。为此《人民日报》还作了专题报道。在这项研究工作中,我负责折光影响的研究以及准直探测器的研制。这些研制工作需要较好的物理和电子工程方面的知识。凭着在大学中培养的自学能力和打下的良好基础,研究进展很快,并做出了不错的成绩。

1978年,中国迎来了改革开放的春风,教育界开放的第一项工作是选派一批青年学者到国外进修。在时任系主任杨仁老师的大力推荐下,我有机会参加选拔考试。其实考试主要是英语,要通过英语考试对我来说并不容易。我从中学到大学一直学俄语,英语是在基层劳动接受“再教育”期间自学的,当时毫无目的地跟着“美国之音”学习“英语900句”,因此我的英语基础是薄弱的,尤其是听说能力。考试通过后,我被派到上海外语学院培训了半年,于1980年下半年到达加拿大 New Brunswick 大学(UNB)开始两年半的留学历程。

选择到 UNB 测量工程系,是因为当时从学术刊物上知道 Adam Chrzanowski 教授在激光准直及其应用方面做出了很出色的成绩,与我的研究方向一致。到了加拿大,一切对我都是新的,无论是环境还是学术研究,中国当时在学术上是显著落后的。到加拿大后,我才知道

Adam 已不再从事激光准直的研究,而正领导国际上一个变形观测数据分析与处理的研究工作组,他建议我参加这方面的研究。由于中国政府有明确规定,我们这批人仅是为期两年的公派访问学者,因此 Chrzanowski 教授也不敢叫我做什么具体工作。作为访问学者,可以轻松度过两年,但是我却感到负担很大,国家花了不少钱(这些费用对于 20 世纪 70 年代中国人来说是很大的数字),因此我一点都不敢怠慢,将全部时间和精力都花在学习上。经过一年的接触,Chrzanowski 教授看到了我的努力以及在学术上的潜力,极力推荐我改读博士学位,并愿意承担学费和其他费用。可是在那个年代,改变身份谈何容易,大使馆官员说“这是政府规定,不能改变”。他便请时任系主任 Hamilton 教授与中国驻加大使馆进行协商,经过多次联系最后说服了大使馆官员,同意我由访问学者改为研究生。在 UNB 测量工程系(当时在国际测绘界很出名)读博士需要先经过资格考试,我必须通过大地测量、摄影测量、数据处理和工程测量相当于硕士生水平的考试(当时通过率只有 50%)。这对我是一个很大的挑战,不仅是语言,还有专业知识。我在国内学的是工测专业,虽然大地测量和摄影测量也学了一些,但那是远远不够的。我必须在半年内通过资格考试,这半年里除了要完成导师交给的研究任务,还要准备内容广泛且有相当深度的资格考试,而且对我来讲,只能成功,不能失败。现在回想起来,这半年是我人生中压力最大、最艰难的一段历程,也为我在测绘科学的广泛领域打下了更广泛、更深厚的基础。最终我以优异的成绩通过了资格考试,在国外的环境下,证实了 18 年前那个“顺考和倒考都是五分”的评语。此后的一年多时间内,我专心于博士论文的研究和撰写,1983 年 4 月顺利通过了答辩。答辩委员会(由 UNB 测量工程系两位教授,数学系和计算器科学系各一位教授,以及美国大地测量局的一位数据分析和处理专家组成)对我的论文给予了很高的评价,认为是“该校最优秀的论文之一”,“这是一项开创性的工作,把国际上变形分析的方法综合成通用的理论和方法”。一年半完成一篇高水平的博士论文在 UNB 也流传了相当长一段时间。答辩后,导师安排了一个酒会,到会祝贺的除了该系的研究生、教授外,还有工学院院长和研究生院副院长。26 年后,回想起这一幕仍然感动不已。答辩后一个月我就回国了。本来有机会选择在国外发展,但两个因素引领我走向回国的道路:一个是我的家,我必须尽快回到他们身边;另一个是国家,必须回国报答,我是一个知恩图报的人。

1983 年 5 月我回国了,是武测 1956 年建校后第一个在国外学成归来的博士,受到了院领导的重视,不少报纸也作了报道。但我是一个有自知之明的人,待人处事尽量低调。学成归来后的 10 年中,我积极参加学科的建设:在校内第一次开设了“海洋测量”课程,修订全国通用教材《工程测量学》,建立了工程测量专业博士点,积极推进武测与国际的交流与合作,1986 年为中国成功取得 1991 年 FIG 年度大会举办权(在当时环境中要说服各国能支持中国不是件很容易的事);1990 年代表中国竞选国际测量师联合会(FIG)第六专业委员会(工程测量)副主席成功,而后担任主席直到 1998 年。1986 年我被评为教授,是当时湖北省最年轻的教授,1990 年被国务院学位委员会评为博士生导师,1991 年获国务院有特殊贡献专家称号和特殊津贴。1991 年起担任工程测量系系主任。回国后的 10 年中,每年暑假,我都作为访问教授到 UNB 进行合作科研,1985 年获聘为 UNB 的名誉研究员,两次得到加拿大科学技术基金会“国际科学家”基金。

我事业的另一次转折是在 1993 年。那年春天,香港理工学院(1994 年后改为理工大学)邓康伟老师邀我到深圳讨论学术问题,并告诉我们系正在国际上招聘一位讲座教授兼

系主任,动员我申请,我感谢他给我的信息和鼓励。我抱着试试看的心态递交了申请书。当年6月初,按计划我要到加拿大从事合作科研。7月中旬接到理工学院的电话,邀我到香港面试,我从加拿大办签证到香港参加面试,并被录用,成为港英时代第一个担任最高学术职务的内地学者。时任武测党委书记张世文和校长宁津生非常开明,同意我接受聘任,我感谢他们。回想起来,这也是上天的安排。我如果当时在国内,就不可能获发签证来香港面试,从而失去这次机会。1994年1月6日我正式就任香港理工大学土地测量与地理信息学系讲座教授兼系主任。我在这个位置上一干就是15年。2008年7月,我从系主任位置退下来,之后又担任了香港理工大学建设与地政学院副院长(主管科研)。

我珍惜上天给我的机会,这15年中,我兢兢业业,尽职尽责。这里没有学科“领土”的限制,因此我可以按我的兴趣从事研究。十多年中我的研究领域覆盖了测绘学科的很多领域,除了继续我的变形观测数据处理、优化设计和变形物理解释研究外,还有海洋测量,地壳变形观测的反演、GPS技术及其应用、综合导航、局部大地水平面的精密确定、GPS气象、高分辨率卫星影像在成图和土地利用监测方面的应用等。作为学科带头人和系主任,我花了大部分时间和精力在学科的建设,以及开拓新的研究方向和组织研究队伍上面。例如,为了扩展本科生的就业面和学科领域,增加了空间信息科技专门化,并与计算机系合办了双学位,最近又增加了地下设施探测与管理专门化;当香港政府把课程式硕士改为自费办学后,为了扩展生源,我是校内第一个提出混合办学模式(全日制与兼读制结合)的人,以便招收内地学生;当智能交通兴起时,我向校长申请一笔科研经费,组织系里测量与GIS方面的力量研究交通信息系统,奠定了学系在该领域中的地位。经过十几年的努力,把一个年轻学系变成在国际上声望很高的学系,国际上专家认为我们是世界上少有的优秀学系之一。最近的统计表明,在过去几年中,我们人均发表的SCI文章和国际引用次数,在国际同类学系中名列前茅。当然这是全系同仁努力的结果,我也奉献了全部心血,正如最近UNB大学校长John McLaughlin(测绘专家,加拿大工程院院士,前院长)在寄给我的卡片上写到“I am immensely proud of the success enjoyed by the Department of Land Surveying and Geo-Informatics under your leadership over the past decade. Without question, the Department is now one of the premier geomatics programmes in the world. And it would not have happened without you!”在学系蓬勃发展之际,我退下来了,心里踏实多了。我热爱这个学系,因为她是我和全体同事多年奋斗的结果。

在理工大学的15年中也不是一帆风顺的。在工作层面上,20世纪90年代末期亚洲金融风暴,使学校的经济陷入困境,加上香港政府有意去掉大专课程(当时占系里资源40%),为了节省开支,学校领导层打算将我们系合并到土木工程系中。经过极力争取,最终保存下来,学系的科研成果是当时力争的筹码。在个人层面上,也经历了几次风波。1993年被理工大学录用后,本可以从加拿大直接到香港报到,但考虑到我当时是武测系主任,应当先回国去交代工作,没想到此举却带来了不少麻烦。由于内地学者到港英管治下的香港任职,在国内尚属首例,因此,最初是不同意的,经过多方努力最后以“公派”名义来到香港。这样的安排使得我每一次签证都要先得到国内有关部门的同意,给我增加了不少困难。特别到第六年,再延长几乎不可能,因为按照香港的法律,连续在港工作7年就可以成为永久居民,当时理工大学潘宗光校长也很着急,在一次特首董建华访问理工大学时,当着我的面向董特首谈及此问题,希望能帮忙解决。但在香港的政治架构中,解决这个问题花了一年的时间,后来特区政府推出了引进专才的政策。可我当时的情况已不能等了,通过内地文和等朋友的帮

助,在“政策”下达前半年问题得到暂时解决。一年后,更困难的事情来了。2001年初,我获得香港永久居民的资格,但由于我是“公派”身份,拿不到“回乡证”,这就意味着我不能回到内地,那时我80岁的老母亲住在武汉。这件事情困扰我大半年,在港区人大代表刘佩琼教授(理工大学管理系)和内地文和等朋友的帮助下,才解决了这一问题。

在香港工作的15年得到了香港测绘界和工业部门的大力支持,特别要提及陈德祥,从我到香港的那一年起,他带我认识了香港社会,联系工业部门和专业团体,他真诚的相待消除了我不少烦恼。

回顾走过的路程,在每一个关键时刻,都有贵人相助,这是上天的安排。在测绘事业的路上,我没有太大的野心,一切顺其自然,但是一直是兢兢业业地学习、工作,争取每件事都做得最好。对待朋友和周围任何人,我都是真诚的。

光阴似箭,转眼我已到了退休年龄,这本小册子收集了我在测绘专业路上的一些学术文章,有意地多选择合著的,它是我和朋友愉快共事的记录。这本小册子能出版,是在“测绘科学技术高端学术论坛”组委会的鼓励和支持下实现的。他们都是我的朋友,自发自愿,没有任何官方色彩,这是我最为高兴的地方,对他们表示万分感谢!也要感谢帮助过我的所有人,对你们的任何帮助我都会终生铭记!

借此机会,我感谢我的母亲,在极其艰难的环境下养育了我,在她身上,我看到了什么叫坚强。我感谢我的太太,她是我大学同学,相夫教子,她是成功的。她陪伴我走过了40多年的路程,一起跨过沟沟坎坎。正像我女儿在给我们的银婚贺卡中所写的:“时间是一把漏斗,它漏掉了琐事,留下了真情。”我感谢我的一双儿女,他们孝顺,知道在自己事业上努力,不用我操心,这也是我最开心的。

目 录

第一部分 变形的分析、模拟和解释

PART I Deformation Analysis, Modeling, and Interpretation

- On the Strain Analysis of Tectonic Movements Using Fault Crossing Geodetic Surveys. Tectonophysics, 1983, 97: 297-315 *Chrzanowski A, Chen Yongqi, Secord J M* (3)
- 地壳形变分析中几个问题的讨论. 武汉测绘科技大学学报, 1986, 25(3): 37-44
..... 陈永奇 (19)
- Integration of Geodetic and Geotechnical Deformation Surveys in the Geosciences. Tectonophysics, 1986, 130: 369-383 *Chrzanowski A, Chen Yongqi, Romero P, Secord J M* (25)
- Integrated Analysis of Deformation Surveys at Mactaquac. Water Power & Dam construction, August 1989: 17-22 *Chrzanowski A, Chen Yongqi, Secord J M, Szostak-Chrzanowski A, Hayward D G, Thompson G A, Wroblewicz Z* (37)
- Identification of Deformation Models in Space and Time Domain. Survey Review, 1996, 33(262): 518-528 *Chen Yongqi, Chrzanowski A* (46)
- Combining the Geodetic Models of Vertical Crustal Deformation. Journal of Geodesy, 1998, 72: 673-683 *Liu Quanwei, Chen Yongqi* (55)
- The Estimation of Crustal Deformation in the Shanxi Area, China, from the 1996 and 1997 GPS Observations. Survey Review, 2000, 35(275): 349-355
..... *Liu Quanwei, Chen Yongqi, Li Yanxin* (72)
- The Current Strain Distribution in the North China Basin of Eastern China by Least-squares Collocation. Journal of Geodynamics, 2006, 41: 462-470
..... *Wu Jichang, Tang Conrad, Chen Yongqi, Li Yanxin* (78)
- Inverse Analysis of Deformation Surveys. Geomatica, 1996, 50(2): 183-189
..... *Chen Yongqi, Yang Xizhong* (88)

- Inverse Analysis of Deformation Mechanism by Geodetic Surveys—a Case Study. *Journal of Geodynamics*, 1999, 27(4-5): 553-565 *Wu Jichang, Chen Yongqi* (96)
- Inversion of GPS Measurements for a Layer of Negative Dislocation Distribution in North China. *Journal of Geophysical Research*, 2003, 108(B10, 2481): 10. 1-10. 8
..... *Wu Jichang, Tang Conrad, Chen Yongqi, Li Yanxin* (107)

第二部分 误差模拟和测量方案优化设计

PART II Modeling of Measurement Errors, and Criteria for the Optimum Design of Survey Schemes

- 模拟水准测量误差的一种方法. *武汉测绘科技大学学报*, 1986, 25(1): 1-9
..... 陈永奇, A. 契尔赞诺夫斯基 (121)
- Assessment of Observations Using Minimum Norm Quadratic Unbiased Estimation (MINQUE). *CISM Journal ACSGC*, 1990, 44(4): 39-46 *Chen Yongqi, Chrzanowski A, Kavouras M* (129)
- GPS 相对定位中系统误差的影响. *武汉测绘科技大学学报*, 1990, 16(2): 1-9 ... 陈永奇 (139)
- Modeling of GPS Systematic Errors in Monitoring and Control Surveys. *ASCE Journal of Surveying Engineering*, 1994, 120(4): 145-155 *Chrzanowski A, Chen Yongqi* (147)
- Correction for the Seabed Distortion Caused by the Angular Beamwidth of Echo Sounders. *The Hydrographic Journal*, 1997, (84): 15-19 *Chen Yongqi, Liu Yanchun* (157)
- A Strategy for Detection of Outlying Observations in Measurements of High Precision. *The Canadian Surveyor*, 1987, 41(4): 529-540 *Chen Yongqi, Kavouras M, Chrzanowski A* (166)
- Outlier Detection and Reliability Measures for Singular Adjustment Models. *Geomatics Research Australasia*, 1999(71): 57-72 *Wang Jinling, Chen Yongqi* (176)
- Reliability Measures for Correlated Observations. *Zeitsch f Vermess*, 1996, 121(5): 211-219
..... *Chen Yongqi, Wang Jinling* (186)
- An Approach to Separability of Deformation Models. *Zeitsch f Vermess*, 1994, 119(2): 96-103
..... *Chen Yongqi, Chrzanowski A* (194)