复杂变形监测数据处理自动化

——似单差法的理论与方法

余学祥 徐绍铨 吕伟才 著

中国矿业大学出版社

内容简介

本书重点研究了获取 [illegible]变形监测信息的似单差方法（[illegible]方法）、周期性重复观测方法中的数据处理与软件开发等方面的内容。在分析 [illegible]变形监测信息获取方法现状的基础上，根据高精度 [illegible]变形监测的特点，系统地论述了从监测时段的观测值中单历元直接解算监测点变形信息的似单差方法（[illegible]方法）。本书从 [illegible]方法的数学模型的建立、主要误差来源的分析和采取的相应克服措施、[illegible]方法的实施三方面，对 [illegible]方法进行了详细的讨论。对于周期性重复监测网，本书主要从监测网的质量评价、基准点位移的判别和观测粗差的剔除、静态和动态抗差数据处理方法等方面来保证变形分析成果的可靠性和正确性。根据本书中的理论开发研制了 [illegible]（监测）网数据处理软件包 [illegible]，对其六个主要软件模块的功能特点进行了较详细的介绍。

本书可以作为从事 [illegible]变形监测的工程技术人员、高等院校教师和研究生的参考用书。

[illegible]图书在版编目（[illegible]）数据

[illegible]变形监测数据处理自动化 [illegible]余学祥，徐绍铨，吕伟才著[illegible]—徐州：中国矿业大学出版社，[illegible]
[illegible]
[illegible]

[illegible]Ⅰ[illegible]…Ⅱ[illegible]余…②徐…③吕…Ⅲ[illegible]全球定位系统
（[illegible]）原变形观测 原数据处理 原自动化Ⅳ[illegible]

[illegible]中国版本图书馆[illegible]数据核字（[illegible]第[illegible]号

书[illegible]名[illegible]变形监测数据处理自动化
著[illegible]者[illegible]余学祥[illegible]徐绍铨[illegible]吕伟才
责任编辑[illegible]朱明华
责任校对[illegible]周俊平
出版发行[illegible]中国矿业大学出版社
（江苏省徐州市中国矿业大学内[illegible]邮编[illegible]）
网[illegible]址[illegible]
排[illegible]版[illegible]中国矿业大学出版社排版中心
印[illegible]刷[illegible]中国矿业大学出版社印刷厂
经[illegible]销[illegible]新华书店
开[illegible]本[illegible]印张[illegible]字数[illegible]千字
版次印次[illegible]年[illegible]月第[illegible]版[illegible]年[illegible]月第[illegible]次印刷
定[illegible]价[illegible]元
[illegible]（图书出现印装质量问题，本社负责调换）

前摇摇言

在我们生活的地球上,存在着大量的自然和人为的变形体,这些在平时看来相对稳定的建构物,往往隐含着潜在的危险,在一定条件下会导致灾害性事件的发生,给人民的生命财产造成不可估量的损失。为了安全需要,必须对这些局部变形进行监测。这是本书的主要研究对象。

自 员怨愿怨年 圆月 圆圆日第一颗 则阿斯试验卫星发射成功,目前 则阿斯技术在变形监测领域中得到了广泛的应用,如监测大坝、桥梁、高层建筑等的变形。与常规的测量方法相比,则阿斯技术不仅可以满足变形监测工作的精度要求,而且有助于监测工作的自动化与实时化。

本书内容共 苑章,第 员章重点介绍了 则阿斯技术在变形监测领域中的应用及数据处理的方法和现状,提出单历元直接解算变形信息的基本思路及本文要研究的主要内容。第 圆章至第 源章为本书的主要部分之一,重点讨论单历元直接解算变形信息的似单差方法。第 圆章根据 则阿斯定位的基本原理和高精度 则阿斯变形监测的特点,建立了单历元直接解算变形信息的似单差模型及其相应的算法,定性分析了模型的主要误差来源,利用实测数据对模型的正确性进行了初步检核。第 猿章主要讨论削弱各种误差的方法和措施,重点分析了大气延迟误差、接收机钟差和天线相位中心偏差和模型近似替代误差的改正方法,并利用计算结果对改正方法的正确性进行验证。第 源章主要讨论采用似单差法进行变形监测的监测方案,如对起算数据的精度要求、对变形量的要求、对同步观测卫星数的要求、对采样率的要求等,为似单差法用于变形监测提供参考标准。第 缘章至第 远章主要介绍周期性重复监测网的数据处理问题。第 缘章主要介绍周期性重复监测网的质量评价,采用静态数据处理方法时观测粗差和基准点位移的抗差估计方法。第 远章主要介绍 运灌葬卡滤波理论在变形监测数据处理中的应用,建立了周期性重复监测网的标准 运灌葬卡滤波模型,为克服观测粗差对滤波成果的影响建立了抗差 运灌葬卡滤波模型。对于采用似单差法解算的监测点的变形量序列,建立了 运灌葬卡滤波平滑算法,改善了变形信息序列的可靠性和稳定性。第 苑章介绍了 则阿斯(监测) 网数据处理软件包 (则酝阿斯) 的功能特点,重点介绍了

其中的两个核心软件：“贓豫单历元直接解算变形信息软件”和“贓豫(监测)网数据处理软件”。该软件包既吸收了较为常用的数据处理方法，又具有本书中提出的新算法、新模型等特点，既可应用于生产，又可用于科研。

本书由安徽理工大学余学祥、武汉大学徐绍铨、安徽理工大学吕伟才共同完成。第圆章、第猿章、第远章的远缘节和远缘节、第苑章由余学祥执笔，第员章和第源章由徐绍铨执笔，第缘章和第远章的远缘节、远缘节由吕伟才执笔。

本书的出版得到国土资源部“直接提取变形量的高精度快速贓豫解算软件的研制”(编号：圆圆圆

目摇摇录

员摇引论 …… 员
员摇员摇全球定位系统 (员阿尔法) 应用现状 …… 员
摇摇员摇员摇全球定位系统 (员阿尔法) 简介 …… 员
摇摇员摇圆摇全球定位系统 (员阿尔法) 应用 …… 猿
摇摇员摇猿摇全球定位系统 (员阿尔法) 在变形监测中的应用 …… 愿
员摇圆摇员阿尔法变形监测信息获取方法的现状 …… 员园
摇摇员摇员摇变形监测模式 …… 员园
摇摇员摇圆摇员阿尔法数据处理方法简介 …… 员园
摇摇员摇猿摇变形监测数据处理方法简介 …… 员员
员摇猿摇本书研究的主要内容 …… 员愿
摇摇员摇猿摇员直接解算变形信息的似单差方法研究 …… 员怨
摇摇员摇猿摇圆周期性重复监测网数据处理方法研究 …… 员怨
摇摇员摇猿摇猿阿尔法软件包的研制 …… 圆园

圆摇单历元解算 员阿尔法变形监测信息的似单差方法 …… 圆员
圆摇员摇员阿尔法定位的基本观测方程 …… 圆员
摇摇圆摇员摇伪距测量的基本观测方程 …… 圆员
摇摇圆摇圆摇载波相位测量的基本观测方程 …… 圆猿
圆摇圆摇载波相位双差观测方程 …… 圆缘
摇摇圆摇猿摇载波相位单差观测方程 …… 圆缘
摇摇圆摇猿摇圆载波相位双差观测方程 …… 圆远
摇摇圆摇猿摇猿载波相位双差观测方程的线性化 …… 圆苑
圆摇猿摇员阿尔法变形监测信息单历元解算的似单差模型 …… 圆愿
摇摇圆摇猿摇圆高精度 员阿尔法变形监测的特点 …… 圆愿
摇摇圆摇猿摇猿阿尔法变形监测信息单历元解算的似单差模型 …… 圆怨
圆摇猿摇圆阿尔法变形监测信息单历元解算的似单差模型的算法 …… 猿猿
员

摇摇圆猿源源摇双差模糊度的约束解……猿缘
摇摇圆猿源缘摇变形信息的解算……猿愿
圆猿摇测试算例与基本结论……猿苑
摇摇圆猿猿源摇简单试验数据……猿苑
摇摇圆猿猿缘摇基本结论……猿苑
摇摇圆猿猿愿摇似单差法的特点……猿怨

猿摇误差改正模型及质量评价……源园
猿源摇误差改正模型……源园
摇摇猿源源源摇与卫星有关的误差……源员
摇摇猿源源缘摇与传播路径有关的误差……源源
摇摇猿源源愿摇与接收设备有关的误差……缘苑
摇摇猿源猿源摇其他误差……远园
猿缘摇模型误差的分析与改善……远缘
猿猿摇单历元解算变形信息的质量评价……远苑
猿猿源摇小结……远苑

源摇监测方案的研究……远愿
源源摇对起算数据的精度要求……远愿
摇摇源源源缘摇监测工程本身的要求……远愿
摇摇源源源愿摇模型本身的要求……苑园
源缘摇对变形量的要求……苑源
源猿摇采样率的选择……苑缘
源猿源摇对同步观测卫星数的探讨……苑怨
源猿缘摇小结……愿员

缘摇贩卖监测网质量评价与抗差估计……愿园
缘源摇外业观测成果检核……愿缘
摇摇缘源源缘摇同步边观测数据的检核……愿缘
摇摇缘源缘源摇重复边观测的检核……愿缘
摇摇缘源猿源摇同步环闭合差的检核……愿源
摇摇缘源猿缘摇异步环闭合差的检核……愿缘
缘缘摇贩卖网空间无约束平差的质量评价……愿苑
摇摇缘缘源缘摇贩卖网空间无约束平差模型……愿愿

摇摇缘援猿援猿摇摇则阵杂网精确度评价 …… 愿愁
摇摇缘援猿援源摇摇则阵杂网可靠性评价 …… 愁园
摇摇缘援猿援缘摇摇则阵杂网置信度评价 …… 愁源
缘援源摇抗差估计基本原理 …… 愁缘
摇摇缘援源援猿摇抗差估计的必要性 …… 愁缘
摇摇缘援源援源摇抗差估计的特点 …… 愁远
摇摇缘援源援缘摇抗差估计基本原理 …… 愁苑
缘援缘摇基于标准化残差的相关观测抗差估计模型 …… 愁愁
摇摇缘援缘援猿摇观测误差对参数 缮鉴估计的影响 …… 愁愁
摇摇缘援缘援源摇相关观测抗差估计模型 …… 员园员
摇摇缘援缘援缘摇基于抗差估计的 则阵杂网精确度计算公式 …… 员园园
缘援远摇则阵杂自由网平差成果的转换 …… 员园源
摇摇缘援远援猿摇经典自由网平差成果转换为秩亏平差成果 …… 员园源
摇摇缘援远援源摇经典自由网平差成果转换为拟稳平差成果 …… 员园远
缘援苑摇则阵杂监测网基准点位移及观测粗差的抗差估计方法 …… 员园源
摇摇缘援苑援猿摇基准点位移和观测粗差联合影响的误差方程 …… 员园愁
摇摇缘援苑援源摇基准点位移和观测粗差联合影响的抗差估计模型 …… 员员园
摇摇缘援苑援缘摇算例与分析 …… 员员员
缘援愿摇小结 …… 员员源

远摇则阵杂监测网动态数据处理方法 …… 员员苑
远援猿摇则阵杂监测网动态数据处理 运宰灶增卡滤波模型 …… 员员苑
摇摇远援猿援猿摇运宰灶增卡滤波的状态方程和观测方程 …… 员员苑
摇摇远援猿援源摇标准 运宰灶增卡滤波模型 …… 员员园
摇摇远援猿援缘摇则阵杂监测网形变分析 …… 员员猿
远援源摇则阵杂监测网动态数据处理抗差 运宰灶增卡滤波模型 …… 员员源
摇摇远援源援猿摇观测粗差对状态向量的影响 …… 员员源
摇摇远援源援源摇抗差 运宰灶增卡滤波模型 …… 员员缘
摇摇远援源援缘摇算例与分析 …… 员员苑
远援缘摇单历元变形信息序列的 运宰灶增卡滤波算法 …… 员员愁
摇摇远援缘援猿摇单历元变形信息序列的 运宰灶增卡滤波方程 …… 员圆园
摇摇远援缘援源摇单历元变形信息序列的 运宰灶增卡滤波算法 …… 员圆员
摇摇远援缘援缘摇算例与分析 …… 员圆猿
远援远摇小结 …… 员圆缘

第4章 顾及变形监测数据处理自动化软件包的研制 …… 第63页
4.1 顾及变形监测数据处理自动化单历元直接解算变形信息软件简介 …… 第63页
4.2 顾及变形监测数据处理自动化单历元直接解算变形信息软件的主要功能与特点 …… 第63页
4.3 顾及变形监测数据处理自动化单历元直接解算变形信息软件系统流程 …… 第64页
4.4 顾及变形监测数据处理自动化单历元直接解算变形信息软件运行基本过程 …… 第65页
4.5 顾及变形监测数据处理自动化(监测)网数据处理软件简介 …… 第66页
4.6 顾及变形监测数据处理自动化(监测)网数据处理软件的主要功能与特点 …… 第66页
4.7 顾及变形监测数据处理自动化(监测)网数据处理主要功能软件简介 …… 第63页
4.8 GPS测量相关软件简介 …… 第67页
4.9 顾及变形监测数据处理自动化常规平面(监测)网数据处理软件简介 …… 第67页
4.10 顾及变形监测数据处理自动化水准(监测)网数据处理软件简介 …… 第68页
4.11 顾及变形监测数据处理自动化网平面坐标系统转换软件简介 …… 第66页
4.12 顾及变形监测数据处理自动化网高程系统转换软件简介 …… 第69页
4.13 本章小结 …… 第70页

结束语 …… 第70页

参考文献 …… 第71页

员摇引摇摇论

员猿摇全球定位系统 (员阅杂) 应用现状

员猿员摇全球定位系统 (员阅杂) 简介

员猿员缘员摇空间定位技术的发展

圆园世纪上半叶,大地测量处于低潮,它的复苏始于 圆园世纪 缘园年代。使大地测量走出低谷的最初冲击,来自第二次世界大战期间及其以后电子学的发展。缘园年代末,人造卫星的出现,为大地测量带来了崭新的面貌。卫星大地测量方法刚一出现,就显示出了非凡的能力。首先是由短期的观测数据求定了精确的地球扁率,接着推证了南北半球的不对称性。苑园年代,卫星多普勒技术得到了广泛的应用,使得大地测量定位发生了巨大的变革 ;海洋卫星测高 (杂遭 技术,为大地测量应用于海洋学研究开辟了道路 ;激光对卫星测距 (杂蕴晕 技术,不仅可用于高精度定位,还可以测定地球自转参数和板块运动,推动了地球动力学的发展。进入 愿园年代,全球定位系统 (员阅杂) 得到了全面发展,由于它具有用途广泛、定位精度高、观测简便及经济效益显著等特点,使大地测量发生了一场深刻的技术革命。以上这些卫星测量技术,形成了大地测量学的一个新的分支学科——卫星大地测量学。

圆园世纪 还园年代出现的甚长基线干涉测量 (灾蕴月) 技术,同 杂蕴晕 技术一样,它可以测定地球自转参数和板块运动,但更为重要的是,它能提供高精确度地球监测网与协议天球参考框架的联系。

卫星大地测量和 灾蕴月 是应用于大地测量的空间定位技术,因此人们又提出了空间大地测量学 (杂责葬糟藻 郧藻燥凿藻泽赠) 这一术语,其内容是卫星大地测量学与 灾蕴月 的结合,其主体是卫星大地测量学。

大地测量领域中出现的空间大地测量技术,使经典大地测量学进入了空间大地测量学的新时代。空间大地测量技术,无论从测量精度上和作用范围上,都大大超过了经典大地测量技术。空间大地测量学的兴起,丰富了大地测量学的内容,并展示了新的发展方向。它不仅为测量学科的理论、技术和方法注入了新的内容,而且拓宽了大地测量的用途。它密切了与地球物理学、地质学和天文学的联系,并相互渗透,形成了地球外部与深部、区域与全球、时间与空间相结合的

新科学。

作为空间定位技术主体的卫星定位和跟踪技术,可分为两大类:一是利用无线电波,二是利用激光。卫星无线电波定位和跟踪系统,可分为单向和双向两类。其中,单向系统又分为两类:一是发射机在卫星上的空基系统,二是发射机在地面的地基系统。前者如美国的海军导航卫星系统([illegible]),后者如美国的全球定位系统(贓紊),前苏联的全球导航卫星系统([illegible])和[illegible]——贓紊;以及在建的欧盟[illegible]卫星导航定位系统等。[illegible]系统的主要特点是多载频、多服务、多用户,它除具有与贓紊系统相同的导航定位功能外,还具有全球搜索救援的功能。全球定位系统从其开始研制到整个系统的建成,历时圆园年,目前已在军事和民用部门得到了极为广泛的应用。

员源源源摇全球定位系统(贓紊)简介

员怨愿园年员圆月,美国国防部批准陆海空三军联合研制一种新的军用卫星导航系统——[illegible](贓紊),其英文全称为[illegible](贓紊),我们称为贓紊卫星全球定位系统,简称贓紊系统。它是一种被动式卫星导航定位系统。贓紊系统是一种以空间卫星为基础的无线电导航与定位系统,能为世界上任何地方,包括空中、陆地、海洋甚至于外层空间的用户,全天候、全时间、连续地提供精确的三维位置、三维速度及时间信息,具有实时性的导航、定位和授时功能。

员怨愿园年 圆月 圆园日,第一颗贓紊实验卫星的发射成功标志着工程研制阶段的开始;员怨怨猿年 圆月 员源日,第一颗贓紊工作卫星的发射成功,宣告贓紊系统进入了生产作业阶段;员怨怨源年 员圆月 愿日,美国国防部长阿斯平正式通知美国运输部:“贓紊卫星星座已达到了初始工作能力([illegible]),我们所完成的整个贓紊星座部署是这个长达圆园年计划中的一个重要的和长期等待的里程碑。”,从而正式宣布贓紊整个系统已正式建成并开通使用。

贓紊系统由贓紊卫星星座(空间部分)、地面监控系统(地面控制部分)和贓紊信号接收机(用户设备部分)等三部分组成。

贓紊卫星星座由员源颗工作卫星和猿颗在轨备用卫星组成,这员愿颗卫星均匀分布在远个轨道平面上。卫星轨道平面相对地球赤道平面的倾角约为缘缘毅,各轨道平面升交点的赤经相差远园毅,在相邻轨道上,卫星的升交距角相差猿园毅,轨道平均高度约为[illegible],卫星运行周期为员员小时缘愿分。这一分布方式,保证了地面上任何时间、任何地点至少可同时观测到源颗卫星。贓紊卫星的作用是接收和播发由地面监控系统提供的卫星星历。

地面监控系统由主控站、注入站和监测站三部分组成。它们主要负责编算

则阅杂卫星星历并将其发射到 则阅杂卫星上,监测和控制 则阅杂卫星的“健康”状态,保持各颗卫星处于同一时间标准,即处于 则阅杂时间系统。

则阅杂信号接收机的主要任务是接收 则阅杂卫星发射的信号,以获取必要的导航定位信息,并经数据处理而完成导航定位工作。当 则阅杂卫星在用户视界时,接收机能捕获到按一定卫星高度截止角所选择的待测卫星,并能跟踪这些卫星的运行 对所接收到的 则阅杂信号,具有变换、放大和处理的功能,以便测量出 则阅杂信号从卫星到接收机天线的传播时间,解译出 则阅杂卫星所发射的导航电文,实时地计算出测站的三维坐标位置,甚至三维速度和时间。

则阅杂卫星的核心是一个高质量的震荡器,它产生两个相关的波段,即 蕴频段的 蕴员猿(员575.42MHz)和 蕴圆(员227.60MHz)远则扎。则阅杂的信号是由相位调制技术加载在上述两个频段上发射的。由于 则阅杂与美国的国防现代化发展密切相关,为了保障美国的利益与安全,限制非经美国特许的用户利用 则阅杂定位的精度,该系统除在设计阶段采取了许多保密措施外,在系统运行中还采取了其他一些措施,来限制用户进行 则阅杂测量的精度。这些措施有:对不同用户提供不同的服务方式(孕则阅杂服务和 杂则阅杂服务);实施 杂赠政策;加密精密测距码。圆园园园年 缘月 员日,杂赠政策被取消,这使得一般用户的单点实时定位精度约为 猿园皂。

员怨愿园年美国副总统戈尔提出了 则阅杂现代化这一概念,其实质是要加强 则阅杂对美军现代化战争的支撑和保持全球民用导航领域中的领导地位。则阅杂现代化包括军事和民用两部分。则阅杂现代化的军事部分包括 源项措施:增加 则阅杂卫星发射的信号强度,以增强抗电子干扰能力;增加具有更好的保密性和安全性的新的军用码(酝码),并与民用码分开;军用接收设备比民用的有更好的保护装置,特别是抗干扰能力和快速初始化能力;创造新的技术,以阻止或阻扰敌方使用 则阅杂。则阅杂现代化的民用部分包括 猿项措施:在一年一度的评估基础上,决定是否将 杂赠信号强度降为零(已于 圆园园园年 缘月 员日零点取消了 杂赠);在 蕴圆频道上增加第二民用码(即 悦蕴码),这样有利于提高定位精度和进行电离层改正;增加 蕴员民用频率,这有利于提高民用实时定位的精度和导航的安全性。

员灾灾遥全球定位系统(则阅杂)应用

由于 则阅杂技术具有定位精度高、经济效益好、操作简便及布网自由度大等特点,在国内外的军事、民用等部门得到了极为广泛的应用。

员灾灾灾遥则阅杂在精细农业中的应用

在现代农业生产中,随着社会的进步人们对农业生产环境的能力要求不断提高,农业生产正由传统的依赖性农业向现代的意志性农业转变。由于信息技术的快速发展,农业生产过程中的许多复杂性问题,如环境信息的采集、分析与

传递,生物效应反馈与环境控制等研究与实施,已进入可操作过程,实现农业生产过程数字化和可控制化成为可能。[illegible]世纪[illegible]年代以来,以[illegible]和[illegible]技术为支撑的精细农业技术研究付诸于实践,使农业生产数字化和可控制化进入一个崭新的阶段。

精细农业即国际上通用的"[illegible]"或"[illegible]"技术名词的中译,国内科技界尚有"精确农业"、"精细农业"和"精细农作"的不同译名。它是基于信息和知识的现代农业管理系统。精细农业是运用[illegible]和[illegible]技术,对农业生产过程从宏观到微观、从空中到地面的实时定位检测,在时间和空间尺度获取农作物生长发育、病虫草害、水肥条件等众多信息,运用智能技术和优化模拟技术进行诊断和决策。以尽可能小的尺度水平制定出田间作业措施,并运用智能控制农业机械,最大限度地合理利用农业资源,优化组合、合理分配各种生产要素,以达到提高效益,减少环境污染和资源浪费的目的。

精细农业技术的早期研究与实践,在发达国家始于[illegible]世纪[illegible]年代初期。从事作物栽培、土壤肥力、作物病虫草害管理的农学家,在进行作物生长的模拟模型、栽培管理、测土配方施肥与植保专家系统应用研究与实践中,进一步揭示出农田内小区作物产量和生长环境条件的明显时空性差异,从而提出对作物栽培管理实施定位。在农业工程领域,自[illegible]世纪[illegible]年代中期,微电子技术的迅速实用化,推动了农业机械的机电一体化、监控技术的智能化,为精细农业技术体系的形成准备了条件。[illegible]技术的民用化,为精细农业技术体系的广泛实践提供了必要的前提条件。近[illegible]年来,基于信息技术支持的作物科学、农艺学、土壤学、植保科学、资源环保科学和智能化农业装备与田间信息采集技术、系统优化决策支持技术等,在[illegible]、[illegible]等空间信息科技支持下组装集成起来,形成和完善了一个新的精细农作技术体系。

精细农业的技术思想的核心,是获取农田小区作物产量和影响作物生长的环境因素(如土壤结构、地形、植物营养、含水量、病虫草害等)实际存在的空间和时间差异信息,分析影响小区产量差异的原因,采取技术上可行、经济上有效的调控措施,按需实施定位调控,即"处方农作"。

精细农业需要差分[illegible]定位系统([illegible])、地理信息系统([illegible])、遥感技术([illegible])、作物决策支持系统、田间信息采集系统、智能化农机系统为技术支撑。精细农业的真正实施,首先需要农业实现高度的现代化,这样许多操作才可以自动地完成,包括自动播种施肥、实时土壤分析、智能决策等,通过[illegible]技术进行土壤精确划分及导航定位是实现这一目标的基本。[illegible]技术在精细农业中的作用主要有三点:其一,用于获取田间地块土壤信息采样点的位置坐标;其二,用于农业机械在田间作业时的导航定位;其三,用于田间工作的管理。

美国、日本、巴西和欧洲的一些国家,及我国的北京、上海、新疆等地区,已将 员阅杂应用于精细农业中。

员援援援援遥员阅杂在气象学研究中的应用

员阅杂在定位、导航和授时等领域中的应用,通常总是将大气的影响作为噪声予以改正和消除。圆园世纪 怨园年代起,随着 员阅杂应用和测量精度的提高,这个噪声已成为探测可降水量的有用信号,由此形成了一门新兴的学科 :员阅杂气象学。地面 员阅杂探测大气是 粤贼缸燥蚤糟等于 员怨怨园年提出的,他们将大气湿延迟和可降水汽量联系起来,推导出了它们之间的关系。到 怨园年代,该技术才得以迅速发展,成为目前 员阅杂前沿研究课题之一。

地面 员阅杂探测大气是通过获得天顶湿延迟 在窑阅,将其转化为可降水汽量 孕窑灾,对它进行研究来探测大气中水汽含量的变化。由于水汽的时变性和空间分布的不均匀性,它不能用地面气象资料较精确地估计,但可以利用 员阅杂观测的分段参数估计或随机模型而得到较好的估计。天顶湿延迟几乎正比于水汽的垂直积分,而水汽的垂直积分等价于气象学上的可降水量。在气象学上,它有着重要的作用 :它所代表的大气潜热总量与水的相变有直接的关系,因而对天气预报特别是恶劣天气的预报有着重要的作用。

地面 员阅杂探测大气的方法就是利用 员阅杂相位观测资料减去卫星到接收机距离的理论值,用双频消除电离层延迟,用理论模型模拟对流层干延迟,再用两站的单差消除卫星钟误差,最后将相位模糊度的组合、接收机钟误差和天顶湿延迟 (在窑阅) 作为参数,通过最小二乘参数估计或卡尔曼滤波得出 在窑阅的时间序列 ;然后利用气象学中可降水汽量 (孕窑灾) 和 在窑阅的关系求出 孕窑灾的时间序列,从而进行天气预报。

在上海地区建立的综合 员阅杂应用服务网,把 员阅杂技术综合应用于上海地区的气象服务、大地测量、工程测量、监测地壳形变和地面沉降以及城市地理信息系统 (员阅杂) 等领域。该综合服务网下设的 员阅杂气象网,由 员源个 员阅杂基准站组成,以上海为中心,覆盖了整个长江三角洲地区,将为上海地区提供高精度、高时空分辨率,全天候、近实时的几乎连续的可降水汽量变化序列,并由此形成一个新的上海地区灾害性天气监测预报系统,将大大提高监视和预报上海地区中小尺度灾害性天气的能力。

员愿愿愿遥员阅杂在公共安全中的应用

公共安全是社会发展的重要保证,员阅杂技术在公共安全中的应用是其重要应用之一,而车辆监控系统又是实现公共安全的重要手段之一。在当今的信息社会,如何最大限度地应用信息技术,特别是在一些紧急救援部门,与人民的生命财产安全汲汲相关。例如,在公安警察部门、医疗急救部门、消防火警部门等,

在千钧一发之际,几秒之差会造成迥然不同的结果。

[illegible]在公共安全中的作用,是通过对移动目标进行监控来实现的,其作用表现在:

(员 建立快速反应系统,有效处置突发事件

在治安巡逻车、警务指挥车、交通及消防业务车以及武警特种部队用车上,安装 [illegible]装置,建立卫星定位监控系统,完善动态环境下的治安防控,将大大提高对城市灾害和其他突发事件的应急能力。监控系统与公安 [illegible]报警服务中心相连,就可形成一个快速的信息系统和指挥系统,确保重大警情接警后,就近准确、迅速地调动警力。

(圆 建立安防体系,挽回不必要的损失

在金融银行系统的运钞车、押运公司贵重物品的押运车、运输公司的大型高档出租车、出租公司的出租车、甚至私人专车上安装 [illegible]装置,并形成监控系统,若车辆在运行过程中遇抢、遇盗或者出现故障事故,可立即向监控中心报警、求助,以便迅速得到控制和处理,挽回不必要的损失。

(猿 实现 [illegible]报警定位,对侦控目标进行监控

目前 [illegible]报警,无论是用固定有线电话还是移动手机报警,都需要通过查询或者报警人员说清楚警情地点。近年来,正在研究用类似 [illegible]定位的方法,确定报警位置,接警中心就可一目了然,缩短宝贵时间,迅速出警。利用确定移动手机报警位置的方法,还可帮助公安侦察部门掌握侦察目标的行踪,实施更有效的侦控。

例如,利用车辆监控系统实现防盗反窃功能。从全国来看,近年来被盗抢汽车案以每年 [illegible]的速度上升,每天发案达 [illegible]余起,给国家和人民的生命财产带来了巨大的损失。深圳市公安局自开通了以地面信标物定位、以有线电话联网的“地网”和以 [illegible]定位、以 [illegible]转无线网络联网的“天网”的两套高科技网络化汽车定位、跟踪联网报警系统以来,在短时间内截获了 [illegible]余辆被盗抢车辆,其中,一部分是在犯罪分子驾车逃跑途中,利用 [illegible]技术断电断油,将被盗车辆截获,直接挽回经济损失数千万元。

[illegible]在地球动力学中的应用

地球动力学的研究对象包括大到全球板块运动,小到局部活动断裂的运动。它研究地壳、地体、断裂带等现实的运动规律,揭示地球整体或局部的演化规律,预测其运动演化趋势,进而作出地质灾害预报,直接服务于社会生活。因此,地球动力学的研究作为一项基础研究,一直受到世界地学界的关注。随着观测手段的不断现代化,获取的数据越来越多,数据的时效性越来越现时,数据处理手段越来越先进,使得这一研究领域得到了飞速的发展。

以 陨阅杂为代表的空间大地测量,以其高精度、全天候、低成本和机动性强等特点,成为监测地壳运动及进行地球动力学研究的有力手段。自 员怨怨园年以来,在国家攀登项目“现代地壳运动和地球动力学的研究”的支持下,我国建立了完全以 陨阅杂技术为支撑的、定期复测的中国地壳运动监测网。该网由 圆缘个 陨阅杂点组成,员怨怨源年、员怨怨远年和 员怨怨愿年进行了三期观测。自 员怨怨远年以来,在国家重大科学工程“中国地壳运动观测网络”的支持下,又建立了以 陨阅杂技术为主、以灾藻耘阅陨藻和重力测量为辅的中国地壳运动观测网络。该网络由 圆缘个基准站、缘远个基本站和 员愿园个主要分布在主要地震带上的区域站组成。部分基准站有灾藻耘阅陨藻观测,其中有的是 陨阅站。基准站进行 陨阅杂连续观测,通过其中的 陨阅站与全球 陨阅杂连续观测网相连,从而将我国的 陨阅杂观测系统与全球坐标地心坐标系统相连,得到这些点在全球地壳运动模型中的位移及位移速率,为网络作精密定位、获取中国大陆地壳运动的时空变化总体趋势建立 陨藻灾精密地心坐标。基本站作定期 陨阅杂观测,获取中国大陆主要块体的运动状况,同时传递精密地心坐标。区域站根据震情作不定期 陨阅杂观测,可获得中国大陆各区域地壳运动的详细情况,直接服务于地震预报。中国地壳运动观测网络同时服务于大地测量、经济建设、国防和其他科学研究,是目前我国将空间技术应用于地学研究精度最高、规模最大的科学工程。网络中的 圆缘个基准站和 缘远个基本站于员怨怨愿年 愿月 圆远日至 怨月 远日期间完成首次 陨阅杂联测,圆园园园年 远月完成第二次联测。员怨怨怨年 猿月下旬起,圆缘个基准站开始连续观测。区域站于 员怨怨怨年 猿月员远日至 员苑月 怨日进行首次 陨阅杂联测。通过区域站的联测,将中国地壳运动监测网与中国地壳运动观测网络联系起来了。

中国地壳运动监测网与中国地壳运动观测网络的建立,极大地推动了现代中国地壳运动的研究,在我国科学工作者的努力下取得了丰硕的成果。

自 圆园世纪 怨园年代以来,世界各国 (如日本、加拿大、埃及、澳大利亚、菲律宾等) 纷纷采用 陨阅杂建立地壳运动监测网,以预报地震,研究板块运动、地球动力学、地壳形变等。如 粤阅阅藻灾和 匀藻糟灾利用 源年的 陨阅杂观测资料,建立了全球 远大主要板块 (北美板块、欧亚板块、太平洋板块、澳大利亚板块和非洲板块) 的运动模型,蕴藻糟噪等利用 缘年的 陨阅杂观测资料建立了 愿个主要板块 (北美板块、欧亚板块、太平洋板块、澳大利亚板块、非洲板块、南极洲板块、纳兹卡板块、南美板块) 的运动模型,杂藻藻噪利用 猿源个 陨阅杂站的 缘愿条基线变化建立了五个主要板块间的相对运动模型。

此外 陨阅杂在大地控制测量、海平面监测、时间和频率传输、农田水利、差分定位、导航 (飞机、船舶、车辆等)、军事 (导弹制导、战炮定向等)、航空摄影测量 (如实现无地面控制的航空摄影测量、航线导航、航摄仪姿态参数测定等)、物探

测量、施工放样等领域中也得到了极为广泛的应用，正如业内人士所言：“贼陨杂应用只受到人们想像力的限制”。例如，国家 粤级和 月级 贼陨杂大地控制网分别于 员怨怨远年和 员怨怨苑年建成并先后交付使用。粤级网由 猿园个点组成，平均边长为 迈缘园噪皂，水平方向重复精度优于 圆伊员园原皂，垂直方向不低于 苑伊员园原皂，绝对精度（相对于地心）不低于 依园皂。月级网由 愿园个点组成，平均边长为 员缘园噪皂，水平方向重复精度优于 源伊员园原皂，垂直方向不低于 愿伊员园原皂，绝对精度（相对于地心）不低于 依员皂。国家 粤级和 月级 贼陨杂大地控制网的建成，标志着我国具有分米级绝对精度的三维大地坐标系统已基本建成，它将为我国空间技术和空间基础数据、实时动态定位等技术提供一个精确可靠的参照系。

员灾遭遭遥全球定位系统（贼陨杂）在变形监测中的应用

在我们生活的地球上，存在大量的自然和人为的变形体，这些在平时看来相对稳定的建构物，往往隐含着潜在的危险，在一定条件下会导致灾害性事件的发生，给人民的生命财产造成不可估量的损失。为了安全需要，必须对这些局部变形进行监测。贼陨杂与其他许多经典的测量方法均在该领域发挥过重要的作用，但与常规的测量方法相比，贼陨杂技术不仅可以满足变形监测工作的精度要求，而且有助于监测工作的自动化与实时化。

员员遭遭员遥贼陨杂在滑坡监测中的应用

为了更好地开展长江三峡库区地质灾害的监测和防治、完善监测手段、形成高水平的立体综合监测网、推动动态监测、建立地质灾害现代化监测网络创造条件，原武汉测绘科技大学，于 员怨怨怨年 圆月～苑月，在三峡库区新滩至巴东段的 怒个崩滑体和 猿处斜坡上进行了 贼陨杂监测试验，进行了多方面的试验与研究。结果表明：在三峡库区进行变形监测，完全可以用 贼陨杂来代替常规的外观观测方法，且在精度、速度、时效性、效益等方面都优于常规方法。

圆园园园年 愿月 怨日至 圆园园员年 员园月 员园日，武汉大学采用 贼陨杂技术对长江三峡的 缘个滑坡体进行了周期为 员缘天的 缘期变形监测，证明了这些滑坡体都存在不同程度的变形，其中有的滑坡体上个别点存在高达 园援园园皂的变形。

员圆遭遭遥贼陨杂在大坝监测中的应用

隔河岩水库大坝位于长阳土家族自治县境内，是湖北清江三个梯级水利枢纽工程之一，其总装机容量为 员员园万 噪宰，年发电量为 猿援园亿 噪宰，是华中电网调峰调频骨干电站。隔河岩水库大坝为三圆心变截面重力拱坝，外圆弧半径为 猿园皂，最大坝高 员缘园皂，坝顶弧线全长 迈缘园皂，坝顶高 圆园园皂。高程 员缘园皂以下为拱坝，员缘园皂以上为重力坝。坝址凹向河谷，基础为厚 员园缘～员园园皂的寒武纪石龙洞组灰岩，岩溶发育，地质条件比较复杂。坝区地壳稳定，地震基本烈度为 Ⅵ

度。

隔河岩水库大坝和水电站是一项具有独特特点的大型水电工程，它的安全至关重要。为全面了解大坝各时期的变化，有效地掌握大坝的运行状态，确保大坝和电站的安全，原武汉测绘科技大学建立了清江隔河岩水库大坝外观变形 [illegible] 自动化监测系统。该系统由 圆个基准点和 缘个监测点组成，于 [illegible] 年开始安装调试，[illegible] 年 猿月开始试运行。该系统是一个全自动化系统，由数据采集、数据传输、数据处理与分析等子系统构成，其 远澡 [illegible] 监测数据解算的监测点水平方向精度为 依园缘皂，高程方向精度为 依员援园皂 ~ 员~ 圆澡 [illegible] 监测数据解算的监测点水平方向精度为 依员援园皂，高程方向精度为 依员援缘皂。该系统的建立，为我国大坝外观监测技术的现代化、高科技化和自动化奠定了基础，处于世界同行业的领先水平。该系统在 [illegible] 年的抗洪抢险中发挥了巨大的作用，取得了显著的社会效益和经济效益。

[illegible] 在桥梁监测中的应用

虎门大桥位于广东市东南约 [illegible] 的珠江入海口附近，是广深珠高速公路网的主要组成部分，也是连接珠江两岸，沟通深圳和珠海两个经济特区、港澳及广东沿海地区的重要交通枢纽。虎门大桥工程由跨越珠江水面的虎门大桥及东西两岸引道和配套工程组成。线路全长为 [illegible]，双向 远个车道，含各种桥梁 [illegible] 座。其中，虎门大桥长 [illegible]，桥面净宽 [illegible]，跨越在主航道上的主跨是 [illegible] 的悬索桥，跨越辅航道 [illegible] 的是预应力混凝土连续钢构桥及引桥，另外还有三座隧道。悬索桥在风荷载下，设计水平最大位移为 [illegible]，垂直最大位移为 [illegible]，大桥各点基振频率集中在 [illegible] 之间。虎门大桥于 [illegible] 年 [illegible] 月开工，[illegible] 年 [illegible] 月正式建成通车。

由于该桥处于热带风暴多发地区，大桥的安全性就显得特别重要。[illegible] 年，清华大学采用 [illegible] 技术建立了虎门大桥的实时监测系统。为确保大桥的安全，自 [illegible] 年 缘月 [illegible] 日起，采用 [illegible] 技术对其进行 [illegible] 的无人值守自动监测。观测系统由 圆个基准站（分布在桥的两头）、[illegible] 个监测点（对称分布在桥的两侧）组成，数据采样率为 缘[illegible]。虎门大桥的实时监测系统由基准站、监测站、光缆通信链路和 [illegible] 监测中心等 [illegible] 部分组成。

[illegible] 在高层建筑监测中的应用

深圳地王大厦位于深圳市市中心，解放路、宝安南路和深南中路交汇处的黄金地段。大厦由 [illegible] 层办公大厦（主楼）和公寓副楼及下部裙楼组成。主楼高 [illegible]，副楼高 [illegible]，裙楼高 [illegible]。主楼由一个矩形和两个半圆形组合而成。半圆位于矩形两端，在楼顶变为直径 [illegible] 的两个圆柱，内装集中空调机。圆柱再往上是直径为 [illegible] 的小圆柱，内装小擦窗机。小圆柱上分别安装 [illegible]