

遥感遥测 及计算机应用



· 中国科学院地理研究所新技术室编 ·

地质出版社

前 言

地理学要加强定量化、实验化的研究是不以人们意志为转移的发展方向。遥感遥测及计算机应用是实现这个目标的重要手段。随着科学的发展,它们已在或正在地理学生根、发芽、开花、结果。

遥感技术及其应用从70—80年代仅10多年时间,就在我国很多领域得到突飞猛进的发展。遥感信息以其快速、大范围、二维连续面采集的特点,对传统的以点代面的采集方法作了突破性的发展,大大促进了地理学专业要素的区域性规律的研究。然而,遥感技术并非万能,遥感信息是地球表面的电磁波信息,不是直接的专业应用信息。从遥感信息转化到应用信息,必须有转换模型,这是遥感应用的关键步骤之一。为此本书的作者们,较早地建立遥感试验场,在模拟的遥感平台上,采集模拟于航天、航空遥感信息,并以此信息和常规方法采集的专业信息进行对比、分析。根据地表热量平衡方程、扩散方程、热传导方程、运动方程、连续方程等理论,作出解释与演绎,旨在定量地揭示遥感信息的应用规律。这种研究思路很可能开拓遥感应用的新途径。

事实表明,在本书中收集的遥感研究成果,仅是他们所开展的实验遥感研究的一部分内容,然而已反映出这一研究途径是有效的。例如,在有植被覆盖下的作物缺水指标估算模型、无植被覆盖下土壤水分含量的热惯量遥感模型以及作物反射光谱、热红外信息的复合估产模型等,均是具有新意的研究成果。在实际应用中,提高了遥感作物估产与土壤估水的精度。

这种研究思路不仅对遥感在地理学中的应用有效,而且对遥感在其他领域中的应用也有借鉴作用。在此,他们也只是沿着这条思路作抛砖引玉的尝试。

遥测是另一种信息采集技术。它是在一定的区域内,布置数十或数百个直接与被测物接触的传感器,将其测量的信号经过编码发报输送到计算机中心。因而遥测可以与遥感起到互相补偿的作用。遥测可以提供遥感测量不到的地面上空及地表以下的信息,遥感信息则可填补遥测采集的空间间隙。遥感与遥测的紧密结合,将对地理学要素的采集与研究推向新的阶段。

目前,他们研制出来的全微机信息采集和传输系统,尽可能以软件代替硬件。大大简化了系统结构,缩小了体积,提高了可靠性,降低了设备的费用。因而这个系统已在全国范围内的铁路、化工、石油、城市供排水等40多个有关部门得到广泛的应用,取得良好的经济效益。

计算机在地理学中的应用是多方面的。就遥感遥测技术而言,是与计算机紧密相连的。本书收集的计算机应用是其中有关地理要素制图及三维立体制图等方面的成果,以供有关读者参考。

在中国科学院地理研究所成立五十周年之际,新技术室提供遥感、遥测及计算机应用三个方面近30篇论文的研究成果,以此作为他们献给地理学的一份礼品!也借此机会与广大的读者与同行们进行一次学术交流。

本书中的研究成果大部分已在《中国科学》、《科学通报》、《地理学报》、《地理研究》等学术刊物上发表过。但由于作者的水平有限,难免会有错误与不周之处,请读者指正。

房大康

目 录

卫星陆地表面气候研究的发展.....	左大康 张仁华 (1)
信息的采集与传输.....	胡贤洪 (11)
以红外辐射信息为基础的估算作物缺水状况的新模式.....	张仁华 (18)
三维空间投影变换与计算机编制地貌轴测投影立体图方法.....	刘书楼等 (27)
电报信息分离在自动制图中的应用.....	关 理 (35)
土壤属性的数值分类初探.....	马芬荣等 (43)
表面温度的红外测量技术.....	张仁华 (48)
自动面积量测仪的原理和应用.....	胡贤洪 关 理 (62)
常温物体比辐射率的测量.....	张仁华等 (68)
室内人工模拟降雨冲刷实验水沙自动取样称重装置系统介绍.....	张盛元等 (72)
比辐射率的非封闭测定法初步探讨.....	张仁华 (77)
利用CO ₂ 激光较远距离测量物体比辐射率.....	张仁华 (81)
TRS—80微型机在遥测中的应用	胡贤洪等 (86)
野外光谱仪低消耗采集系统的特点及其应用效果.....	张仁华等 (90)
微机无线传输信息采集和处理系统.....	胡贤洪等 (99)
黄淮海地区主要农作物的光谱结构与时相分析方法.....	张仁华 (106)
热红外遥感作物估产模式的理论分析及最佳遥感条件的选择.....	张仁华 (115)
河床地貌演变研究的计算机方法——河床冲淤计算和地形图绘制.....	刘书楼等 (122)
近、远红外波段遥感裸地土壤水分.....	张仁华 (131)
热惯量的遥感与普遍干燥边界条件.....	张仁华 秦朝宇 (141)
农业生态系统结构的线性规划选优探讨.....	马芬荣等 (148)
以航空多光谱信息定量确定地表净辐射通量及其初步应用.....	张仁华 (155)
我国晴天太阳总辐射分布特征——计算机在太阳辐射研究中的应用.....	
.....	刘书楼等 (161)
遥感作物估产的一个改进模式.....	张仁华 (172)
热红外信息在作物估产中作用分析.....	张仁华 (176)
地理数字模型与计算机编图.....	刘书楼等 (180)
以胶林热红外辐射研究寒害机制及林缘效应.....	张仁华 (187)
以作物光谱与热红外信息为基础的复合估产模式.....	张仁华 (202)

卫星陆地表面气候研究的发展

左大康 张仁华

研究由地球表面自然环境参数的变化所引起的气候变化,是地表能量物质交换规律中的一个重要分支。80年代兴起的国际卫星陆地表面气候研究,就是以卫星遥感的陆面信息为基本信息源,演绎推算地球陆地表面的各种参数,结合气候模式,表达、推断、预报气候及地理环境的变化。这是在文献(1)的基础上的发展。

目前,卫星陆地表面气候研究发展迅速,并且从卫星到地表各高度平台的国际联合试验已经开展。卫星遥感不能直接测量气候模式中所需要的陆地表面参数,必须结合地面“锚站”(anchor station)的观测资料,建立信息转换模式(算法)。因此将卫星遥感信息转换为陆地表面参数的研究,是该课题的主要研究内容。

本文将综述国际卫星陆地表面气候研究的基本思路,表面参数的推算原理,现状及问题和介绍目前国际上开展这项研究的国际联合试验。

一、基本思路

研究卫星陆地表面气候首先要建立可靠实用的信息源。这包括信息采集、信息转换模式研究和信息库三方面工作:遥感信息采集是以卫星为主,飞机、气球、高塔、遥感车为辅。而地面实况,即常规的气候、水文、土壤、植被等要素是十分重要的对照信息。所以必须在有气候代表性的地区或气候敏感地区建立地面“锚站”(图1)。

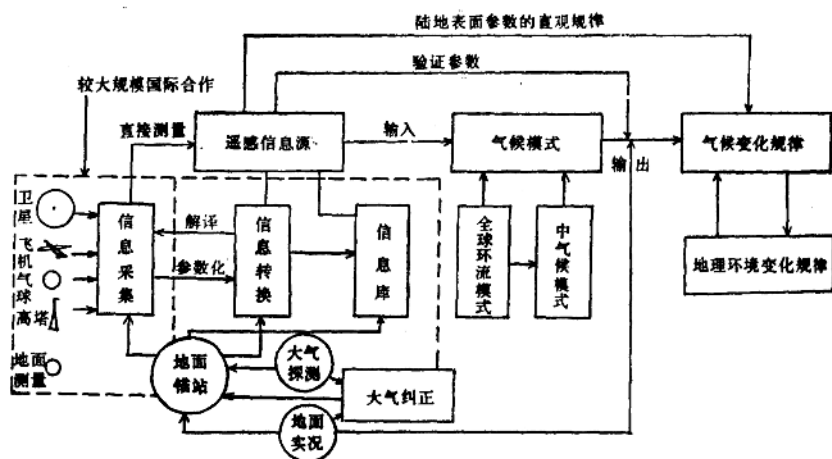


图1 卫星陆地表面气候学研究思路框图

遥感信息的转换模式(算法)研究应该在锚站进行,这样便于将遥感信息和对照信息及

时比较, 对转换模式及时检验修正。通常信息转换有经验统计法, 实验模拟法及理论演绎法。

建立信息库应有科学的管理办法, 并研究建立资料时间序列和空间分布方面有代表性信息的方法。

气候模式有全球环流模式、中气候模式、能量平衡模式、辐射对流模式、二维统计动力模式等等。在陆地表面气候研究中主要是前两种模式。

在遥感信息源中建立的各种表面参数信息必须和气候模式中要求输入的信息匹配, 达到

表 1 全球环流模式的监测与验证

	陆 面 参 数	空 间 尺 度	时 间 尺 度	周 期	准 确 度	精 度	注
监 测	植 被	250km×250km	3 个月	1 年	±0.05		主要陆地覆盖率及类型
	干土反射率	250km×250km	年平均	3 年	±0.05	±0.02	从干土反射率预报其他土壤反射率
	总表面反射率	250km×250km	月	1—3年	±0.05	±0.02	
	地面发射辐射	250km×250km	年平均		±0.02	±0.01	可能随着主要陆地覆盖而变化
验 证	白天与夜间(8h)表面温度	250km×250km	月	1 年	±1℃		也需要日振幅温度
	中午地表面的太阳辐射强度	250km×250km	月	1 年	±25W/m ²	±10W/m ²	
	陆面土壤湿度	250km×250km	月	1 年			
	降雨指标	250km×250km					
	雪被面积深度	250km×250km	月/周	1 年			利用微波辐射计
	中午净辐射及蒸发	250km×250km	日/周	1 年	±10W/m ² ±10—20%		

表 2 中气候模式监测与验证

	陆 面 参 数	空 间 尺 度	时 间 尺 度	周 期	准 确 度	精 度
监 测	地形(高度/斜率)	10—30km	固 定	日→周	±5—10%	±0.02
	主要陆地覆盖率及类型	10—30km	周/日	日→周	±10%	
	植被覆盖	10—30km	周/日	日→周	±10%	
	同一粗糙度范围	10—30km	周/日	日→周	±10%	
	反射率(总)	10—30km	周/日	日→周	±0.01—±0.03	
	植被高度	10—30km	周/日	日→周	±5—10%	
	叶面积指数	10—30km	周/日	日→周	±0.5%	
	比辐射率	10—30km	周/日	日→周	±0.02—±0.01	
	土壤结构	10—30km	季 节		±10%	
验 证	表面温度	5 km×5 km	月	1 个月/1 年	±0.5℃	
	蒸 发	5 km×5 km	月	1 个月/1 年	±10—20%	
	净辐射	5 km×5 km	月	1 个月/1 年	±10W/m ²	
	降 雨	5 km×5 km	日	1 个月/1 年	0.1mm/日	
	土壤湿度	5 km×5 km	周	1 个月/1 年	±10%	

最佳效果。表面参数的最佳空间尺度与最佳时间尺度的选择应在气候模式的试验中获得，而不是凭经验推测。表1和表2为两种气候模式对陆面参数的空间尺度、时间尺度、时间周期、准确度、精度的要求。中气候模式的输入可从全球环流模式的输出值推出。高分辨的空间信息对高分辨气候模式的论证是非常有用的。

在遥感方法和其他方法的对比验证中，空间尺度往往是不相同的。以蒸发测定为例：有如图2中的1.器测法、2.生物学法、3.热量平衡法、4.涡度相关法、5.水量平衡法等不同的测量尺度。而遥感法的尺度是随着象元素大小而变化。在对比时可以利用各种方法的尺度重叠部分进行比较（图2）。

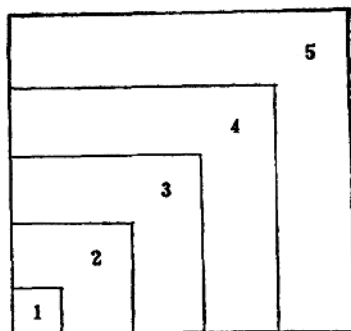


图2 重叠对比示意图

三、从卫星遥感信息推算陆面参数的原理、现状及存在的问题

（一）陆面反射率

首先测量大气顶部的双向反射率，此反射率的波长是探测器的响应波段。要得到地表反射率必须对大气顶部的反射率进行大气纠正并从仪器响应的窄光谱转化到整个太阳光谱。雨云卫星（nimbus）7的地球辐射平衡试验（ERBE）表明，双向反射方法是可以实现。但因缺乏实时大气资料，大气纠正存在很大困难，有些研究者只得根据气候平均资料作大气纠正。

TIROS高分辨红外辐射计及ERBE中窄视场辐射计也可测定大气顶部的反射率。

卫星传感器的标定对确定反射率很重要。

观测误差主要来源于观测角的变化，反射率的光谱变化，大气纠正，薄云层。至今还没有可靠的误差统计方法。因此选择特定（地表均匀）区域进行航空遥感试验，对误差分析有作用〔2〕。

（二）陆地太阳辐射通量

从卫星测量到的太阳辐射推算到达地面的太阳辐射通量需进行两种订正：一是大气中的气体、水汽和气溶胶的吸收，散射效应的订正。依此订正，转换成晴天地面太阳辐射。目前用诺瓦卫星与地面观测的日射进行回归计算。在水汽和气溶胶不变的条件下，晴天的日射强度仅取决于太阳高度角。另一是云的订正，通常用辐射混合转换模式或用地面日射资料与卫星观测的日射资料进行回归计算。利用GOES同步卫星资料，每8小时1次，推算值精度为92—95%，必要时由诺瓦甚高分辨辐射计辅助，判断云状与云量。

推算中主要误差来自两个方面，一是在雪被区，云与雪被难以区别。另一是地面资料是点状小面积范围。从点外推到大面积，会引起较大误差。因此要建立一个合理分布的地面观测网。

利用无线电探空资料或TIROS卫星的温湿垂直廓线探测资料，求出大气中可降水量和气

溶胶的光学厚度。然后再对卫星上观测到的日射进行订正,比单用回归方法要好。当然探空资料也有一个以点代面的误差问题⁽²⁾。

(三) 陆面长波辐射通量

由于大气的吸收,从陆面向上的长波辐射通量的整个光谱覆盖(3—100 μm)不能被观测到。如果能够设定重要光谱区(5—40 μm)的比辐射率,向上长波辐射通量可用表面温度计算。晴天可以用11 μm 窗口通道估算表面温度及向上长波辐射通量,在气溶胶影响较大时,误差高达4 $^{\circ}\text{C}$,向上长波辐射通量的误差达30 W/m^2 。有云天误差就更高。

向下到达地表的长波辐射通量取决于大气温湿度廓线和云量、云底高度。有两种方法推断向下长波辐射:①利用多个光谱通道的辐射,例如诺瓦卫星的TIROS垂直廓线探测仪和甚高分辨率辐射仪,求出大气的温湿廓线,从这些廓线资料计算向下辐射。②利用不同光谱辐射和向下长波辐射进行多元回归计算。

这两种方法只有少数理论研究和应用工作和已有的地面站资料作过对比分析,利用多元回归比较适合于计算净辐射通量。

在复杂的天空复盖下,还没有求得地表温度的办法。改善表面温度和比辐射率的估算方法,对气溶胶和水汽影响的深入理解,对长波辐射通量的估算是肯定有价值的。在日常观测中增加平流层的气溶胶观测会提高计算精度。云底高度的不确定性会给计算向下长波辐射带来困难⁽²⁾。

(四) 陆面净辐射通量

虽然陆面净辐射通量可以由进入的和反射的太阳辐射及进入的和射出的长波辐射计算,但由于用卫星资料推算长波辐射通量难以得到可靠结果,仍希望由卫星直接测量。目前从卫星观测值推算到达地面的净辐射通量的有效方法仍是回归计算法。美国和加拿大锚站的研究表明:到达地面的净辐射值和大气顶部的净辐射值高度相关,白昼全天相关系数达0.93,每小时相关系数达0.77。这些估计方法还可进一步改善⁽²⁾。

为了提高地面净辐射通量的计算精度,必须提高大气顶部净辐射通量测量的准确度。利用GOES同步卫星资料监测每天白昼的情况,可以找到一个有代表性时刻的资料。可见光和红外螺旋扫描辐射计(VISSR)的标定也必须解决。

(五) 陆面温度与陆面比辐射率

射出宇宙空间的辐射与大气热状况、云、气溶胶、地表温度、比辐射率、大气吸收性质、观测仪器的光谱波段等因素有关。其中表面温度与比辐射率原则上可从窗口的光谱辐射观测值求得。在窗口的大气衰减是非常小的,为了达到需要的精度,衰减程度也应确定。卫星观测的两个窗口(8—12 μm , 3.5—4.0 μm)不是完全透明的,大气纠正仍需要进行。8—12 μm 波段的纠正包括水、稀有气体和云的衰减,3.5—4.0 μm 波段水吸收非常小,而云的影响相当重要。太阳反射辐射在此波段有影响。

目前,确定陆面温度有两个途径:

(1) 利用诺瓦卫星的甚高分辨辐射计,辅以同步卫星单红外通道辐射计作高分辨率测量(1 $\text{km} \times 1\text{km}$, 8 $\text{km} \times 8\text{km}$)采集晴天的资料,它有可见光及4 μm 、12 μm 几个窗口通道,根据这些窗口资料可估算水和其他稀有气体的吸收。当陆面比辐射率给出后,利用类似计算海面温度的回归方法,可计算陆面温度。气溶胶的不均匀分布可能造成较大误差。

(2) 利用高分辨红外探测器(HIRS)及微波探测器(MSU)作中等分辨率测量(20 $\text{km} \times 20\text{km}$, 200 $\text{km} \times 200\text{km}$),可获得全球覆盖资料。并利用滤波技术,清除云的影响

(85%浑浊度的云除外)。这两个探测器的光谱范围分别为 $3.5\mu\text{m}$ 、 $15\mu\text{m}$ 及 50GHz 在分析资料时也必须考虑水和其他衰减作用,陆面温度和比辐射率可以通过解 $8-12\mu\text{m}$ 中两个通道或 $3.5-4.0\mu\text{m}$ 中两个通道的两个方程组得到。

这种方法提供了许多陆地表面的定量资料,例如陆面温度、表面比辐射率、雪和冰覆盖、昼夜温差等。

在最近10年,甚高分辨率辐射计、高分辨率红外辐射计及微波探测器将连续提供资料。同时,“高级温湿探测器”(AMTS)已计划首次试验,它有28个光谱通道,在 $3.5-4.0\mu\text{m}$ 中有3个,在 $8-12\mu\text{m}$ 中有2个。这5个通道对水和臭氧是最透明的,其他通道考虑了大气、云、气溶胶的效应。

(六) 植被指标

描述植被覆盖有许多参数:植被覆盖率、植被类型、植被高度、叶面积指数、生长期长度等。这些参数对监测小的气候敏感区很有价值。在以遥感信息推算蒸发量的计算中,上述参数对推算粗糙度及空气阻力有用处。

由植物光谱信息推算植物指标,在理论及实践方面均有较深入的研究。

G. H. Suits提出的作物连续冠层(包括有行距影响的情况)反射模式⁽³⁾,定量表达了作物双向反射辐射和作物几何结构、生物量之间的关系。N. G. Goel又在此基础上,提出以四组不同观测角所组成的方程组,解出作物生态、几何结构等9个参数。这些进展是令人鼓舞的。但目前卫星遥感不能对同一目标作四个不同观测角度的测量,因此这些成果尚未得到应用。

项月琴、周允华利用植物冠层的直接太阳辐射、总辐射的透过率可以推算植物冠层的几何结构参数⁽⁴⁾。如果作物冠层的吸收率能知道,就可找出作物反射率和几何结构的关系,可在遥感中得到应用。

李小文提出森林的几何光学模式,仅用可见光波段和部分地面测量参数,就可分析森林的几何结构⁽⁵⁾。以后他又提出不连续植物层空隙概率的计算模式。

根据禹城遥感试验场的光谱资料,作物生态参数的信息主要蕴藏在近红外和红光波段的反射辐射的差值与比值之中。笔者提出的适合黄淮海地区的绿色模式⁽⁶⁾在鉴别作物类型中得到应用。

利用陆地卫星MSS及TM的各波段可以组合许多植物指标。Richardson等提出二维*垂直植物指标(PVI),Kauth等以陆地卫星多光谱波段(MSS)作线性组合,得出亮度(BR)、绿色度(GN)、黄度(YE)和干扰度(NS)等指标,这些指标除表达植物生态状态外,还可表达大气状况。利用这些指标的多时相资料,得出穗帽(tasseled cap)鉴别指标,是遥感鉴别作物种类的最有效途径。

Jackson提出由 n 个波段组合的 n 维植物指标,经地面光谱试验表明,由陆地卫星TM 7个波段组成绿色的动态范围(dynamic range)比诺瓦卫星两个波段组成的要高出一倍⁽⁷⁾。

对于全球变化,诺瓦卫星的甚高分辨率双波段辐射计的资料比较适合。虽然没有像陆地卫星那样高空间分辨率和多波段,但时相要多得多。资料比较廉价。因此研究更多的二维植物指标是有价值的。目前通常利用“标准差”(NVI)作植物指标。大气效应中的气溶胶的散射,雷利散射和云的干扰,均增加可见光的辐射,从而使植物指标值变小。在高扫描角的

*这里的维数是指光谱通道组合的变量数。

情况下,变小的最厉害。因为缺乏气溶胶资料,大面积的大气订正是困难的。

在计算中,为了消除瞬时视场出现的云,特别是白天中午小对流云,通常利用多时相同一地点的影象图,因为在这些图中植被覆盖不变,而云出现的位置有变化,从而获得该区的最大覆盖率。

在少于30%植被覆盖区,“标准差”指标的作用不肯定,因为有阴影的影响及背景土壤的干扰。K. Blumel⁽⁸⁾提出一个能消去大部分大气影响、几何角度影响与土壤背景干扰的新“标准差”植物指标。

这领域的研究正在不断进展。在地面锚站建立更有应用价值的植物指标,发展标准化大气纠正的方法,建立具有稳定均一地表反射率的靶区作为卫星资料标定点等等。这些都是在发展陆地表面气候研究中建立植被定量遥感模式所应该做的内容。

(七) 降水

通常,降水信息是从卫星的可见、红外成像辐射计及被动微波、主动微波辐射计的测量中获得的。对于全球尺度的气候学估计方法有:

1. 可见红外成像辐射计观测法

根据云的性质判断是否有降水的方法大都是经验统计法。有根据降水云和不降水云在可见光、红外的发射辐射、反射辐射的差异⁽¹⁾,有根据降水云的温度和降水概率之间的关系⁽¹⁾,也有根据云的亮度及地面反射率的变化等等,作出降水估计和预报。这些方法都有局限性,没有一个能适用于所有类型的降水,也不适合所有气候区域。在日常业务中广泛采用云指标化法和云寿命法。云指标化就是在卫星云图上把云的类型、云量和降水估计作指标化处理,这方法已用于 $20 \times 20\text{km}$ 的范围。云寿命法是以同步卫星资料从对流云生长消失中分析降水的可能性。资料时间间隔需要3分钟到1小时,用于暴雨监测和洪水预报。

2. 微波法

众所周知,液体水的颗粒对微波有吸收效应,据此判断降水可能性。这是今后要大力发展的直接测量法。然而目前利用微波辐射计去估计大面积降水还没有可靠的方法。因为表面发射系数不确定。如果能提出新的算法,可利用雨云卫星5,6,7号过去的被动微波资料来验证这些算法。国防气象卫星微波成像光谱仪(DMSPSSMI)的资料对发展微波测雨有价值。

(八) 土壤水分含量

卫星遥感估算土壤水分含量有三种方法:主动微波法、被动微波法及热红外法。

1. 被动微波法

该法利用了土壤湿度对土壤介电常数和发射系数有影响的原理。微波的大气效应很小而且易于纠正。对于平整的裸地,土壤水分含量每增加1%(典型的土壤水分含量范围是0—40%)则土壤亮度温度降低 3°K 。这种灵敏度随着表面粗糙度及植被的增加而减小。在低频区这种降低较小,而且可以穿透较深的土壤。当微波探测器天线尺寸固定时,其空间分辨率随频率降低而降低,最佳的频率认为是1—3GHz,而大多数研究者都用1.4GHz(L波段)。过去几十年已经在理论模式、地面基础试验和航空试验方面论证了平整的2cm厚土壤层的土壤湿度与亮度温度的关系。主要遗留问题是土壤粗糙度和植被的定量化问题。利用卫星微波资料推算土壤水分含量的应用研究也有少量报道。雨云卫星5的电扫描微波辐射计,雨云卫星7的多通道微波扫描辐射计的试验表明,可以得到有价值的土壤湿度信息。

2. 主动微波法

主动微波探测器——微波雷达，是通过发生的微波对介电常数及背向散射系数的变化而提取土壤湿度信息的。这种效应受表面粗糙度、观测角的影响。植被覆盖会降低探测灵敏度。由于雷达标定困难，限制了它对土壤湿度的精确测量。利用合成孔径雷达可以获得优于30m的空间分辨率。在航天遥感平台上微波雷达测量结果表明无植被高湿区在雷达影像图上呈现暗黑色图形。

3. 热红外法

在裸露土壤或植被稀疏地区，采用热惯量原理。Kahle等提出理论热惯量模式⁽⁹⁾，Price提出了可以应用卫星资料计算表观热惯量模式⁽¹⁰⁾。美国的热惯量卫星(HCMM)可以一日两次飞过同一地方，利用该资料可推算土壤热惯量。美国宇航局已用这种资料推算裸地土壤水分含量，其精度达79%。中国科学院地理研究所禹城遥感实验场提出的相对热惯量模式，以航空热红外资料验证，其精度达85%⁽¹¹⁾。而后又在多年试验基础上提出了一个具有理论基础的可利用遥感资料计算的表观热惯量模式*。该模式覆盖了Price模式，并考虑了显热、潜热通量的影响。

还有一种思路是利用凌晨表面温度升高的速率，结合气象参数求得土壤水分含量。Abdellau⁽¹²⁾提出利用表面温度的时间变化过程作富里叶分析，用诺瓦气象卫星资料解出热惯量，从而推算土壤水分含量。

在浓密植物覆盖区，通过热红外遥感测量植物由于土壤水分亏缺造成的受胁迫程度(stress)，推算土壤水分含量。Jackson、Idso、Reginato提出的SDD模式和CWSI模式^(13,14)，已在热红外遥感中得到应用。文献(15)提出了一个可以估算作物根系层土壤水分含量的计算模式。它的物理概念明确，易于计算。同时也沟通了Jackson的热量平衡模式和Idso的图解法模式。在整个小麦生长期，计算出的模式指数与实测的土壤水分含量的相关系数达0.90以上。

上述三种方法，微波法的优点是全天候，受大气影响小。缺点是受粗糙度和植被覆盖影响大，探测深度较浅(与微波波长相当)，常小于10cm。热红外法受天气和云的影响较大，但空间分辨率较被动微波法要高。无论在裸地和植被覆盖处均可探测。探测深度可达5—100cm。因此，三种方法应该取长补短同时发展。

(九) 陆面潜热通量

陆面潜热通量是气候变化研究及模式建立中的关键因子，对作物产量预报和地理环境中自然生态系统的稳定度估计均有重要作用。

区域尺度潜热通量是一个重要的物理量，但用常规的方法又难以获得。在近十多年发展了许多以遥感信息为基础的计算模式和算法。

1. 经验模式

这种模式(Seguin, Jackson)要以遥感信息推算陆面温度 T_0 及净辐射通量 R_n ，并要测量有区域代表性的气温 T_a 。潜热通量 LE 可通过公式 $LE = R_n - B(T_0 - T_a)$ ⁽¹⁶⁾计算而得。 B 是待定系数，由地面测量的有代表性的潜热通量值代入上式，反求出 B 值。此法简单，适用于大面积绝对均匀一致的区域，在复杂的下垫面，不易取得精确结果。

2. 热量平衡余项模式

此法与经验模式类似，不同之处是确定显热交换系数时不用经验的地面标定，而是发展

* 张仁华：一种新热惯量模式，中国科学院禹城试验站文集。

更精确的计算方法。很多研究集中在如何确定空气动力学阻力 γ_a ，及其影响 γ_a 的稳定度方面。利用红外测温仪进行这项研究有：Brown和Rosenberg，Stone和Horton，Heilman和Kanemasu，Seguin和Petit，Hatfield⁽¹⁷⁾，Blad和Rosenberg等等，利用航空红外扫描仪进行研究的有Heilman，Bland和Rosenberg。利用卫星热红外影像图研究的有Seguin⁽¹⁸⁾和Petit等。

这类方法中下垫面粗糙度、风速和稳定度等参数是系键因子。风速和稳定度还不能用遥感信息获得精确值。因而即使有锚站的测量值，也还存在代表性问题。下垫面粗糙度有希望根据倾斜光谱测定，提出计算方法。

3. 分析近似模式

这种模式是利用热红外遥感的多时相信息获得不同时刻（白天与夜晚）的表面温度，从而求得土壤热惯量（Watson，Pratt，Price...）以此表达土壤湿度状况，结合净辐射，间接表达地表潜热通量。只要遥感土壤水分含量及净辐射通量有足够的精度，利用这种模式来推算大面积潜热通量是有发展前途的。

4. 地-气联合模拟模式

这模式包括Myrup和Sasamori的一维诊断模式，Blackadar的一维和三维数值模式⁽¹⁹⁾。这些模式都要以遥感信息作为边界条件。

值得提及的是Rozema，Dejace，Carlson模式⁽²⁰⁾的反演计算方法：即利用遥感获得两个时刻的表面温度作为比较值，调整模式中的潜热通量及热惯量，使其输出的表面温度和比较表面温度的差值达到最小，这时的潜热通量就是我们所需要的值。

根据HCMM卫星资料提出的一种计算模式也与上述反演算法类似。

然而这些模式尚存在不少问题，有概念上的误差，经验参数化的误差，假设条件限制造成的误差以及测量上的误差。因此离开实际应用还有距离。

如上所述，不论哪种模式，有些问题是共同的：即由卫星资料推算表面温度，净辐射必须进行大气纠正；在卫星象元点上建立的显热交换系统与覆盖率、类型、地形间的关系问题；时间积分（瞬间测量与日总量系统）问题；在有云条件下计算方法的应用问题；空气温度及风速的代表性问题。因此，遥感潜热通量的研究还不成熟。今后应加强利用相同资料，对不同模式进行比较研究。

三、国际联合试验

目前在国际上，选择有条件的区域开展综合试验是一个趋势。在法国开展的水文大气引导试验（HAPEX），在美国开展的国际卫星陆地表面气候计划的第一次野外试验（FIFE），以及今年在苏联开展的库尔斯克试验都有类似的目的。在澳大利亚的塔斯马尼亚、利比亚沙漠、荷兰、马里等地也开展了单项蒸发联合试验。其中以在美国开展的FIFE试验最有代表性，现简介它的目标计划。

FIFE试验的主要目标⁽²¹⁾

（1）进行地面、航空、卫星的同步观测：①卫星资料有诺瓦气象卫星9—10资料，法国Spot卫星资料，美国陆地卫星资料，地球同步卫星资料。②航空辐射资料：在卫星飞过试验场时，组织航空辐射同步试验。③近地面/地表通量观测：测量陆地表面潜热、显热通量、二氧化碳及动量通量。④地表面与近地面状况观测、大气光学和气象条件观测、陆地表面光

学性质、热性质、生物性质的观测和土壤水分观测。

(2) 对控制能量、物质交换过程的深入研究, 以及论证辐射资料分辨能力的研究。为了达到这一目标, 应进行在一个区域尺度范围内资料的采集工作。这些资料可以把小尺度上已综合理解的过程(如光合有效辐射、蒸腾、叶子对光的散射等等)推广到各种卫星象元点的尺度上去。为此采集方针是: ①辐射资料应采集一系列不同特征尺度的辐射资料: 叶子是 $(\text{cm})^2$ 量级, 冠层是 $(\text{m})^2$ 量级, 通量状态是 $(10\text{m})^2$ — $(100\text{m})^2$ 量级, 卫星分辨率是 $(10\text{m})^2$, $(30\text{m})^2$, $(100\text{m})^2$, $(1000\text{m})^2$, $(8000\text{m})^2$ 量级。②通量资料: 这些资料也要在叶子、冠层、试验场、和整个试验区 $(10-20\text{km}^2)$ 的各种不同尺度上采集。要利用各种参数的测量仪: 闭合通量计、波文比测量装置、地面和航空涡度相关测量仪以及雷达设备等仪器。在试验场、试验区的尺度范围内主要测量热通量、水汽通量和 CO_2 通量。③生物物理学资料: 包括植物的生理、物理和光学性质, 土壤物理性质、土壤湿度等等。

以上这些资料将检验各种模式及陆面过程, 对比它们的趋势是否正确。

(3) 观测日期。1987年, 观测分四个阶段: 绿峰前期(5月26日到6月6日), 绿峰期(6月25日到7月15日), 绿峰后期(8月10日到8月21日), 成熟期(10月5日到10月16日)。

(4) 抽样观测安排: 设置了若干观测站, 如上这些地面实况观测被分配在这些有限的微气象站, 这试验共有16个自动气象观测站(站内有波文观测点), 6个涡度相关观测站。

国际卫星陆地表面气候研究是正在发展中的学科。由卫星遥感信息转化为陆面参数的演绎和推算方法尚处于不成熟阶段, 急需发展和深化。今后, 应该重视地面锚站工作, 在我国的气候敏感区(例如华北、西北)应建立地面锚站。重视地面实况采集、重视标定与对比、重视方法的误差分析。积极创造条件开展各种方法、各种仪器的联合试验。

参 考 文 献

- [1] Barrett E. C., Satellite Climatology, 1974.
- [2] Bolle, H. J. and S. I. Rasool, Development of the Implementation Plan for the International Satellite land Surface Climatology Project, WMO/TD-NO, 46, WCP-94 1985.
- [3] Suits, G. H., Extension of a Uniform Canopy Reflectance Model to Include Row Effects, *Remote Sensing of Environment* 13:113—129, 1983.
- [4] 项月琴、周允华, 从透过率推算植冠层几何结构参数(I)、(II), 农田生态系统能量物质交换文集, 气象出版社, 1987年。
- [5] Xiaowen Li and A. H. Strahler, Geometric Optical Modeling of a Conifer Forest Canopy, *TEEE, Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. GE-23, No. 5, 1985.
- [6] 张仁华, 黄淮海地区主要农作物的光谱结构与时相分析法, 地理研究, 3(2), 1984年。
- [7] Jackson, R. D., Spectral Indices in N-Space, *Remote Sensing of Environment*, 14:160—166, 1984.
- [8] Blumel, K. et. al., Satellite-Derived Vegetation Index over EUROPE, The Proceedings of ISLSCP Conference, Rome, 1986.
- [9] Kahle, A. B., A Simple Thermal Model of the Earth Surface for Geological Mapping by Remote Sensing, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 82, Nollari, 1673—1680, 1977.
- [10] Price, J. C., Thermal Inertia mapping, A New View of the Earth, *Journal of Geographical Research*, pp 2582—2590, 1982.
- [11] Zhang Renhua, Investigation of Soil Moisture of Remote Sensing, The Proceedi-

- ngs of 14th International Symposium on Remote Sensing of Environment, Vol. 1, 1980.
- [12] Abdellaou, A., Use of Meteosat for Mapping Thermal Inertia and Evapotranspiration over a Limited Region of Mali, *Journal of Climate and Applied Meteorology* Vol. 25 No. 11, 1986.
 - [13] Jackson, R. D., S. B. Idso, R. J. Reginato and P. J. Pinter, Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator, *Water Resource Research*, Vol. 17 No. 4, 1133-1138, 1981.
 - [14] Reginato, R. J. Field Quantification of Crop Water Stress, *Transaction of ASAE*. No. 10, 1984.
 - [15] 张仁华, 以红外辐射信息为基础的估计作物缺水状况的新模式, *中国科学*, 第7期, 1986.
 - [16] Seguin, B. et al., Estimation of Regional Evaporation Using Midday Surface Temperature from Satellite Thermal IR Data, *The Proceedings of ISLSCP Conference*, Rome, 1986.
 - [17] Hatfield, J. L., R. J. Reginato and S. B. Idso, Evaluation of Canopy Temperature Evapotranspiration Models over Various Crops, *Agric. For. Meteorol.* 32:41-5, 1984.
 - [18] Seguin, B. and B. Itier, Using Midday Surface Temperature to Estimate Daily Evaporation from Satellite Thermal IR Data. *Int. J. Remote Sensing*, 4, No. 2, 371-383, 1983.
 - [19] Blackadar, A. L., High Resolution model of the Planetary Boundary Layer, *An Advances in Environmental Science and Engineering*, Vol. Fundamentals, New York, 1985.
 - [20] Carlson, T. N., Regional-Scale Estimate of Surface Moisture Availability and Thermal Inertia Using Remote Sensing Measurements, *Remote Sensing Reviews*, 1985.
 - [21] First International Satellite Land Surface Climatology Project Field Experiment Plan, May, 1987.

信息的采集与传输

胡 贤 洪

数据通信和计算机网络正在不断地渗透到各学科的实验室、教室、商业系统以及各种信息中心。廉价通信设备和计算机元件的增长,使各部门、各实验室与大型信息中心交换信息,共享信息资源成为可能和现实。这些相互通信系统的应用包括信息存贮和检索、文字和文件的处理、电子邮件以及应用于安全和节能的控制设备。

信息的采集与传输是增强人类感官性能的一种科学技术手段。这种手段一般分为三大部分:测量端(或称敏感端),信息介质和接收端。它的信息源来自与被测介质直接接触的敏感元件。信息采集与传输技术是传感器技术、信息采集与量化技术、信息传递技术和信息处理、显示、存贮技术的综合。

地理信息(野外)对象往往面广量大,比较分散。在采集、量化和处理过程中,要求有较好的相关性,因此首先要解决采集的同步性。以前的时分制、码分制等各种信息采集系统都不可能较好的解决信息采集同步性;只有采用计算机才能使信息的数据处理、分析及建立数据库成为可能。也只有使用计算机使局部的各学科专业数据与大信息网和信息系统联结起来成为可能。例如采集系统主机可与小型机和大、中型机组成有线网络,使局部的采集系统成为大信息网的一部分,提高信息的利用率和信息的使用价值。

一、微计算机在信息采集中的应用现状

70年代末至今,中、小型计算机趋向微型化,数字电路功能块走向集成化、小型化,因而出现了全数字系统和微型计算机相结合的新一代的信息采集系统。由于微型计算机的出现,给数据自动化处理带来新的途径,给信息采集的数据处理带来新的途径,开始由集中式中心站向分散式的小型数据处理站发展,从而增添了数据处理的实时性。

全数字化信息采集加上计算机处理、以多功能的软件为后盾,具有小型化、通用性、灵活性、经济性等特点。

近两年来开始研制出全微机化的信息采集和传输系统,几乎代替了除超高频发射以外的全部硬设备,充分发挥微计算机的高速采集、高速传输、数据预处理和存取以及应用软件来代替硬件的调制——解调等等优越性,大大简化了系统的结构,缩小了体积,提高了可靠性、降低了设备的费用。

在国外,已经有单纯应用微型计算机组成信息采集系统进到根据数据信息采集要求研制专用微型计算机。例如美国爱德华基地的实时数据采集和重复系统,英国马可尼公司的CMM系统,能将大量的测点的参数集中处理,每台可测600点,多台分布式设置,总测点数可达6000点以上,中心处理机为PDP11/23。这类系统应用微计算机后具有如下特点:①功能灵活,改写软件就能适合多功能要求。②采用智能前端,可以实现前端信息采集无人管理。③易于实现闭环系统,使信息采集和控制合一,提高信息系统的自动化水平。④和数字通信相结合,

大大增加信息采集的范围。由于微型计算机的出现,使信息采集和采集系统的面貌为之一新。

二、全微机化的信息采集系统

我国70年代末计算机在信息采集中的应用主要是进行数据处理。而且往往是与信息采集系统脱机工作的,信息采集系统所采集的信息,往往要通过穿孔纸带或磁带的形式才能输入计算机进行数据处理。

数据进入计算机后,可进行如下处理:

- (1) 数据平滑 剔除错误数据后作插值计算。
- (2) 单位换算 根据传感器的变换曲线,将数据编码换算为工程单位。
- (3) 数据压缩 对于一些连续采集的信息往往有一定的多余度,可采用零阶预测压缩法或浮动窗口零阶压缩法解决。在压缩后发送非多余信息时还必须把信息在原来帧格式中的位置一起发送,以利于数据恢复。
- (4) 显示、打印或绘图。

上述微计算机与信息采集系统的结合方法,毕竟不够完善,而且采用纸带作信息输入介质,不仅速度慢、效率低,而且易出错,存放较麻烦。在此基础上,研制微型计算机与信息采集系统直接联结,互为系统的一部分,这样必须研制专用数据接口,该接口要完成下列任务:

(1) 将串行遥测信息转换为并行信息进入计算机。如果遥测信息是模拟量,先进行A/D转换再转为并行数码。

(2) 剔除错误。可根据信息采集中差错监督码状态,或根据信息中帧同步码错误状态进行判别。

(3) 码速率匹配。当信息采集系统输出码速率与计算机允许接受的码速率不一致时,可进行挑点输入,在参数变化慢的情况下可挑选特征点,例如阶跃参数变化的瞬间。

(4) 插入时间码,信息采集系统所采集的信息不包括绝对时间轴,也不包含相对时间轴,这在某些数据处理及故障插入和报警是非常有意义的。

(5) 将信息采集系统所采集的信息按一定的格式重新编排,以便作综合分析处理。

近几年,开始出现全微机化信息采集系统,即微型计算机构成信息采集前端和接收端。

1. 采用微型计算机作为信息采集系统前端(或称发送端)

前端有两方面的任务:一方面是数据采集;另一方面是格式控制和数据管理。由于前端采用了微型计算机,从而显示了很大的优越性。

(1) 数据采集和格式控制,数据管理可以高速进行,又可增添灵活性,只要改变软件就可实现上述各功能的变化,而无需改变硬设备及增加投资。

(2) 可以实现数据的预处理,如单位换算、超限判断、故障告警等。

(3) 可以实现多点的同步采集。在地理研究和工程上、工业生产中往往要分析多个测点参数的相关性,所以实现同步采集是很重要的。

信息采集前端(发送端)可分为两种工作方式:

1) 软件寻址方式(简称 SATC 方式) 这种方式是将工作程序存放在 EPROM 中,用软件将 EPROM 中储存的地址去控制多路采集器,被测的量经采样、量化后,量化数据由

CPU编排和作进一步的综合分析,加工判断和处理。

2) 自动寻址方式(简称 AATC 方式) 这种方式的本质是利用微计算机的 DMA (直接存储器存取)方式。一旦初始化之后,口地址的寻址是自动的,和前者相比,速度快,提高了微机软件能力。

对信息采集前端采用微型计算机已由以单板机为主体进入到单片机阶段,应用8031芯片等十块组件,即能组成功能与前述相同的前端信息采集。

2. 使用计算机组成信息采集接收端

微计算机都有为用户设置串行或并行的I/O接口,所以很容易实现与信息采集接收机等外部设备的联接,接收端的计算机(或称中心机)它的主要功能如下:

(1) 由计算机对信息采集设备(例如远程前端)的状态进行设置。

(2) 由计算机对数据输入输出通道的状态进行设置,例如允许一个或几个数据流进入缓冲存储器,并指定缓冲区大小。

(3) 实现实时数据的采集、缓冲存储和控制。

(4) 对存入的数据作显示、处理或输出,并随着新数据的输入而作处理、显示或输出的更新。完成数据的其他运算。

(5) 根据不同需要将数据存入外存(磁带机、软磁盘或硬盘)以作重新调用和处理。

根据目前情况,对于定位站而且具有一定信息采集量和数据处理要求的信息采集网络选用IBM-PC/XT机或同类兼容机,具有较好的性能价格比。而对于半定位站或移动式信息采集网选用STM微计算机较为合适,这种微计算机系统具有丰富的外部接口,可以直接利用电话线进行信息采集和传输报文,实现微机之间的通信,即随时可将信息直接传输到几十公里甚至几百公里的地理信息库或信息系统。该机全重只有8kg,可用直流供电,便于携带,可随野外考察车进行随机信息采集。

三、微计算机在信息传输中的应用

信息采集的目的在于应用,它总是为一个特定要求服务的,要利用各种信息就必然会有信息传输问题。目前各种类似的微型计算机均设置了串行和并行接口。从传输的距离和速度来看,并行接口多用于近距离,通常只有几米到几十米,多用于微机与外部设备和一次仪表的联结,而不宜作长距离传输信息之用。远程传输信息多采用串行方式,串行数据传输距离通常可达几公里到几千公里。例如通过调制解调器和电话线使广州和北京的微机互相通信,共享软件和信息资源。但从传输速度来看,并行数据传输显然较高,因为同时可以传送多个比特,微型计算机所支持的数据速率可达每秒几百万比特,而串行数据传送速率则不超过每秒二百万比特,不论并行或串行的数据传送速率都与距离成反比。

在信息采集系统中,数据传送方向可分为单向、半双向、双向数据通路等三种方式。单向数据通路仅支持一个方向的数据传送,例如A设备向B设备发送数据,A仅作为发送器,B只作为接收器,这在只有一个信息采集站的简单系统中往往采用此结构。半双向数据通路,它支持设备A和B之间交替传送数据,例如信息采集前端可以向接收端传送数据,接收端也可以向信息采集前端传送数据,但这些传输绝不能同时进行,在某一个瞬间只向一个方向传送。为控制线路换向,这种半双向通路设备必须有协调及收发转换控制逻辑和功能。双向数据通路,设备A和B可同时进行数据发送和接收,即各自有独立的收发数据通路。例如信息

采集前端到接收端的数据通路必须完全与从接收端到信息采集前端的数据通路分开, 这样当 A 向 B 发送, B 向 A 发送时, 实际上使两个逻辑上完全独立的单向通路。

不论近距离还是远程传输信息, 都必须有基本条件(设备)。首先必须有通信接口, 远程的信息传输分为有线和无线两种, 有线远程传输还必须有调制解调器和双线传输介质, 无线传输则必须有无线数传机(或电台)。

(1) 通信接口 接口的目的是将数据传递给处理器, 待CPU对此数据进行适当处理之后通过接口所提供的方法, 将结果传递出去。任何数据的传送都涉及源、终点。数据本身以及控制传送的方法。在计算机世界中, 有两种数据传送方式: 串行传送和并行传送。本文只讨论串行传送, ELA标准RS-232-C是国际通用的串行传送接口, 这种接口有下列几部分组成: ①并行—串行转换, 把发送的并行数据串行化, 把接收到的数据反转换成并行数据。②相互同步问题, 发送器和接收器必须很好地协调工作, 以确保所发送的位的正确采样和读出。③状态检测。对数据终端及发送设备工作状态的检测。④控制电路, 特别是对单向及半双向收发状态的控制。

串行传输又分异步和同步方式两种, 在异步串行传输中, 每个字符都要进行一次再同步, 通过使用起始比特和停止比特来实现再同步, 起始比特代表从源到终点的信号, 实际上该比特后面就是数据字节。所以起始比特和停止比特都要加到每个字符中, 即每个字符包括起始比特、数据比特和停止比特。在RS-232-C标准中, 起始比特为1位, 数据比特为5—8位, 停止比特可选1或2位, 由使用者自己选择。同步传输中数据字节配有一个单独的时钟信号, 在本地传输中, 该时钟信号可在分开的物理线路上便携; 对长距离传输, 该时钟信号在发送源与数据一起编码, 在终点从数据中恢复, 并用来提供源和终点间所需的协调, 以实现数据传送。除单独的时钟外, 必须将成帧比特加到原始的数据比特上, 以便鉴别数据块的开始和结束。

就计算机内部的数据传送而言, TTL电平是理想的, 它们的相关功率要求和热耗散都较低, 并可直接同集成电路接口而无须花费较大的线路驱动器和接收器电路。但不同的数字设备, 及计算机之间的信息传输若采用TTL电平则易受外部感应噪声的影响, 降低所传信号电平的线路损耗也较显著。因为损耗几伏也会使逻辑0和1的差别模糊不清。因此RS-232采用了负逻辑, 逻辑1, 驱动器必须输出-5V到-15V之间的电压, 逻辑0, 驱动器必须输出+5V到+15V间的电位。

1973年美国电气协会EIA认为RS-232标准存在下列缺点:

数据传输速率局限于20kbps。

传速距离局限于50ft。

未充分规定连接器, 有时缺乏兼容性。

两个传输方向的信道仅一个信号回路(地)。

各信号成分间产生可观的串扰。

为了克服以上缺点EIA又制定了RS-422, RS-423, RS-449等标准通信接口, 目的是为了支持较高的数据传输速率, 支持较远的传输距离, 提供平衡电路改进接口的电气特性。这三种标准接口的重要改进是使用了差分输入, 消除了由于不同信号地压差所造成的故障策源地, 消除了电缆穿过能改变线路上的电压的电磁场而感应出较大的电压。逻辑零可能变反, 反过来逻辑1也可能变反, 使用差分电路可能显著减小这些影响。它测量两个输入间的电压差, 一个是信号输入端, 另一个是发送器的信号地, 通过差分电路使不平衡状态迅速趋于平