

遥感在水文研究中的应用*

R. W. 道兰尔德

1. 积雪

在美国,用计算机编制北美雪被图的方法,已用于编制全球和小比例尺的雪被图。这些图称为最小亮度图,是由美国海洋与大气管理局国家环境卫星处制作的。它是由计算机对每5天的资料进行扫描,把最小亮度记录在经过校正并公开出版的地图上。因此,如果5天中4天有云,那么无云的那一天的亮度值就读作为最小亮度值。这种技术可以相当有效地“滤掉”云。

然而,从事实际工作的水文学家需要的雪被资料,既不是全球的,也不是半球的,而是他进行研究的那个流域的资料。这样,他能够通过适当的模型或预报装置把数据运用在他的适时预报中。在美国,为予报洪水水位用卫星资料编制雪被图的早期尝试是海洋与大气管理局的巴克在1970年密西西比河洪水泛滥时作的。米尔(1973)、巴尼斯和博雷(1973)及威斯尼特和Mc京尼斯(1973)也用第一颗陆地卫星和诺阿卫星高分辨率的资料编制了雪被图。所有这些研究者,正朝着实际的和予见性的目标而努力。巴尼斯和博雷曾将编制卫星雪被图这一基础的开创性工作付诸实现(1968年)。威斯尼特在诺阿2号卫星飞越某流域上空之后的36小时内,就向予报中心提供该流域的雪被面积数

据。米尔利用第一颗陆地卫星的资料曾能编制272平方公里流域面积的雪被图,同时为了建立一条融雪曲线和估算融雪水量,他还把上述资料跟其它的水文资料建立了相关。

1971年春季,当美国中西部的密苏里河和密西西比河洪水泛滥处于燃眉之急的时候,位于堪萨斯城的河流予报中心很需要美国中一北部的雪被图,用以估算可能的融雪水量。需要的雪被图应是连续的、且由卫星影象编制的,同时还要显示无记录资料的融雪区。这些资料使得水文学家能对他们的径流模型进行相应的修改,从而提高予报的精度。

1973年一共编制了加利福尼亚州河流的15张雪被图,而加利福尼亚州仅有为数极少的测雪站网。图的量算工作是在首都华盛顿由计算机作的,然后由电传打字机把测量结果传输给萨克拉门托和加利福尼亚的河流予报中心作为径流模型的输入。

自1965年以来,苏联就用机载伽玛辐射仪来测量雪水当量。类似的工作不久在挪威和美国也开始了。该方法建立在这样一个事实上,即地面以上数百米内伽玛辐射信息主要来自土壤的自然辐射。雪被的存在使来自土壤的自然伽玛辐射量减小,其减少量跟传感器与土壤间的水量有关。伽玛光谱及其总读数是由安装在飞机上的一种钠碘化合物感应元件装置记录的。这

* 本文译自水文学面面观一书第二章的第四节, 鉴于篇幅所限, 原文中的图从略。

些读数还要通过测定土壤水分、大气中的氧以及飞机甲板上的伽马辐射源而予以订正。这种方法的主要局限性是要求飞机进行低空飞行(150米)。尽管如此,美国大气与海洋管理局和国家气象处的皮克和他的同事们已经发表了用这种技术所取得的鼓舞人心的结果(1972)。他们指出:在有利地形条件下,用飞机测量10—25毫米内的雪水当量是可行的。

当水文学家开始接受有关雪被方面的卫星遥感资料时,他们也了解到这种技术的局限性。尽管有迹象表明在某些情况下,雪的反射率跟雪的厚度可能有关系,但在目前,对测定雪的厚度、雪水当量及雪的密度还没有一种成熟的方法。有些人强调雷达或微波技术将会在这方面有所突破,但在目前,这些方法中还没有任何一种用于常规的工作。

曾以绘制加里福尼亚内华达山雪被图为例,比较了以传统的飞机用高度表确定雪线和用诺阿2号卫星资料绘制雪被图的成本,比较结果前者与后者之比为200:1,卫星优于飞机。鉴于遥感方法广泛地被人们所了解,以及人们对水的需要的不断增加,从事实际工作的水文学家不应忽视这种成本的对比。

2. 融雪

斯特朗和他的同事,在遥感中获得一个很有益的发现。他们发现雨云3号卫星在波长为0.7—1.2微米的近红外影象上,阿尔卑斯山区有时就根本没有雪的显示,但在同时获得的可见光波段影象上却显示出相当数量的积雪。这种现象是发生在春季融雪的时候,且在不同的山地积雪场和湖泊上都可以观察到。这是因为在融雪时,雪的表面或表面附近形成一层水的薄膜,这层水膜强烈吸收近红外波段的辐射,于是近红外辐射的反射就大大减少。

后来,很多科学家也都注意到这种现象。

3. 冰

冰川在多山的地区,如阿尔卑斯、冰岛、阿拉斯加东南海岸、喜马拉雅这些地区的水循环中起重要作用。自十八世纪路易·阿加西斯开始观测阿尔卑斯冰川以来,冰川学家一直在努力寻找即安全又可靠的制图、测量、了解和预报冰川动态的方法。

在冰岛和阿拉斯加,由于冰坝的骤然融化而发生对下游地区毁灭性的洪水。因此人们希望通过第一颗陆地卫星来监视冰坝活动的情况。

美国地质调查所的米尔用第一颗陆地卫星的影象探测了阿拉斯加强烈活动的冰川。用第一颗陆地卫星每十八天所提供的影象,对冰川进退情况进行监视是完全可能的,而冰川的进退则是地方性气候变化趋势的灵敏指示器。

4. 降雨

二次世界大战以后,气象工作者开始利用军用雷达站通过雷达天线测试雨滴反回的信号来绘制降雨图。很多科学家一直在从事雷达测雨的研究工作,而且一些科学家把它看作是日前可能测量地方性降雨最现实的方法。但是,用这种遥感方法,单站只能控制大约30—50英里直径的范围。当气象学家和水文学家得到早期的美国和苏联的气象卫星影象时,一种全新的世界云图资料正展现在他们的前面。于是,试图建立降雨和云量相关的尝试在谨慎而缓慢的进行。当空间观测变得越来越熟悉时,一些大的对流暴雨单体,特别在热带地区的对流单体就变得容易识别了。对锋面雨和台风雨也是如此。很快人们试图建立这些暴雨和降雨量之间的统计相关。由于卫星传感器在分辨率和可靠性方面的

改进,很快就弄清楚了最白的地方是最浓密的云,而最冷的云(由热红外图象识别)是巨大的积雨云顶。目前,尽管还存在一些问题,但编制对流暴雨图已常规化,用它们来估算降雨的效果也是比较好的。

用卫星资料确定降雨区域比除地面雷达以外的任何地面资料都好。有趣的是,格腊伯在他的计算中的一组参数里通过使用卫星资料能够消除对风场和温度场资料的需要。

发展中国家或发达国家的边远地区从这样的降雨资料中受益不浅。福兰斯比替赞比亚共和国拟了一个简单而有效的计划。利用卫星影象和一个基本的雨量系数公式并整理为24小时的雨量而不是月平均雨量,以估算降雨量并作为已建立的洪水予报模型的输入资料。

其它工作者也已证明在红外资料和可能降雨、不同大气层温度的平均值以及空气柱中可能沉降的水之间具有较好的统计相关。尽管福兰斯比的报告是个简单的摘要,然而却是很出色的。

5. 土壤水分

土壤水分的单点采样测试方法是传统的方法,用这种技术,包括离子探针,除非不惜代价,否则不可能对某一地区土壤水分进行同步复盖的采样测试。单点采样测试方法也不可能提供指定土壤类型的土壤水分如何渗透和迁移的情况。刚下过雨地区的航空照片能够揭示土壤水分的情况,因为湿土壤的反射率总是比较低的(土壤色调比较暗)。通常是用红外黑白片和红外彩色片来编绘土壤水分变化图。然而航测也不可能满足对土壤水分资料的需要,因为土壤水分的动态变化太大,如果用飞机测试,那就得用很多昂贵的飞机。轨道卫星能够天天提供信息,是取得整个地区

土壤水分资料最合适的手段。第一颗陆地卫星已经取得可供分析的高质量多光谱扫描图象。

尽管有第一颗陆地卫星的优质资料,但由于某些问题尚未解决,用卫星测试土壤水分的道路还未打开。用卫星测试土壤水分的潜力是存在的,但对植物带来的复杂性怎么办呢?在很多情况下,植被的光谱反应遮掩了土壤的光谱反应。要使卫星能够精确地和日常地探测土壤水分,需要解决很多识别上的困难,如区分新耕作的土壤和湿的未耕作土壤、从种植区区分未开垦地以及清查土壤类型在地区上的变化。

作为土壤水分测试技术,被动和主动微波以及热红外技术是很有潜力的。在温度和土壤水分明显有关系的地方,只要植被复盖稀疏,则热红外技术是非常有效的。植物和不规则表面的散射因素也是使用被动和主动微波探测中难以解决的问题。然而,这种探测器不分白天黑夜和全天候工作的能力,使它在水文应用方面具有很大的吸引力。必须看到被动微波探测的地面分辨率取决于高度,而侧视雷达的地面分辨率则几乎与高度无关。因此,侧视雷达作为卫星探测器是很理想的,因为它能提供更好的地面分辨。但侧视雷达大功率的要求和天线方面需要考虑的问题限制了它在卫星上的使用。尽管如此,但相信在今后十年内,某种类型的成象雷达在轨道上以一种适当的方法为科学家提供从一地区上空测定土壤水分的资料是完全可能的。

在遥测土壤水分方面有很大前途的另一种装置是航空伽玛射线测试。这种技术局限于低高度飞行的飞机,而且这种技术还处于试验阶段。一些研究人员相信:航空伽玛射线测试可作为一种中间的、概略的遥感土壤水分的工具,只要同时使用被动微波和伽玛射线测试装置进行测试,那

么伽玛射线测试装置可以帮助恢复被微波辐射的畸变。

6. 湖泊

正像温度在人体中所起的作用一样，湖泊的温度在决定它的健康状况中起着突出的作用。由于几乎所有流入湖中的污染物的温度和它周围的水温是不一样的，因而这些污染物可以通过热红外扫描器来探测。事实上，扫描器也常被用来研究河流流入湖泊的羽状流。

加拿大环境部门，近年来已用机载热红外仪探测绘制了五大湖的热红外图象。然后再用热红外图象确定那些没有气象资料湖泊的蒸发量。

诺阿 2 号卫星对五大湖保证每天一次可见光波段和两次红外波段的成象，而第一颗陆地卫星则是每 18 天成象一次。湖泊的冰情可以从图象比较中得到了解。沉积物和污染物可以从许多湖的第一颗陆地卫星的资料中清楚地观察到，佛蒙特州根据第一颗陆地卫星图象上所显示的流入恰普莱因湖的羽状流，对一家造纸厂和纽约州进行了起诉。此外，第一颗陆地卫星的多光谱扫描系统还探测到了很小的犹他湖中的水藻花。上述例子充分说明，为进行生物

和水文监测的卫星和飞机的侦察能力是相当令人惊异的。在今天的世界上，污染物是很容易探测到的，尽管污染物容易识别，但除非污染物具有特殊的光谱标记，否则污染物本身的性质还是不能从空中确定的。

7. 河流和洪水

在洪泛区进行航空摄影已不算是新事物了，但 1973 年密西西比河流域洪水泛滥时的卫星影象（第一颗陆地卫星多光谱图象）还是首创。通过卫星图象可以精确地编绘泛滥地区 1:24 万比例尺的图。在第一颗陆地卫星每 18 天提供一次资料的时候，诺阿 2 号曾记录了无云情况下每天的洪水情况。

沿海地区的暴雨往往对这里的城市具有破坏性。诺阿 2 号的扫描辐射仪和高分辨率的辐射仪，始终作为“台风搜索者”在发现和跟踪大西洋和太平洋的热带暴雨。每年通过卫星资料可能作出的准确暴雨预报，在挽救人民生命财产方面的利益将补偿了研制和发射卫星所消耗的费用。

刘振声摘译自《Facets
of hydrology》，1976

凌美华 校