

GPS 快速 RTK 技术在水土保持动态监测中的应用与研究

赵 钢¹, 王冬梅¹, 钱惠康², 卜兆宏³

(1 江苏省水利科学研究所, 江苏 南京 210017; 2 江苏省水利厅,
江苏 南京 210029; 3 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210018)

摘 要: 介绍了 GPS 快速 RTK 技术的原理, 将其应用于水土保持监测中地类界和地形的更新, 并与遥感影像、地形图的叠加分析, 了解水土流失面积及分布情况, 计算水土流失量, 进行灾害预防和评估。

关键词: GPS; RTK; 水土保持

中图分类号: TP79; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)01-0071-03

Application of GPS RTK to Soil and Water Conservation

ZHAO Gang¹, WANG Dongmei¹, QIAN Hui-kang², BU Zhao-hong³

(1. Institute of Jiangsu Provincial Water Resource, Nanjing 210017, China; 2. Jiangsu Water Resource Office, Nanjing 210029, China; 3. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210018, China)

Abstract: The basic principle and application of GPS RTK to dynamic inspecting of water and soil conservation are described. The area and distributing circumstances of water and soil loss can be known through integrating the GPS-RTK renovated map with the remote sensing images and the relief maps.

Key words: GPS; RTK; water and soil conservation

1 概 述

随着空间信息科学、数字图像处理技术及计算机软硬件技术的飞速发展, 遥感与地图学的着重点从数据获取一端向信息深加工一端转换转移, 作为其技术支撑的 3S 技术的综合运用也正走向其高级阶段——集成。3S 集成技术是将遥感技术与全球定位技术作为快速获取和更新地理信息的手段, 将地理信息系统作为存储、管理和分析空间信息和数据的基础平台, 以这 3 项技术为核心而形成的技术体系。

传统的水土保持监测的方法多是利用不同年份的卫星遥感影像进行对比分析来计算水土流失面积和水土流失量, 进而采取保护措施。这种方法成本较高, 更新速度较慢, 且计算的结果精度较低, 不能有效地实现对重点区域进行重点监控。GPS (特别是快速 RTK 技术的实现) 为获取野外第一手资料的手段, 将以其快速、准确、不受地理位置限制、成图容易的优势进入 21 世纪的水保动态监测工作中。随着 GIS 在水土保持工作中得到广泛运用, 水土保持管理工作也正在由定性描述、不定位逐步走向量化、定位管理。但是, 采集信息以生成 GIS 基础数据是一件艰巨且耗资巨大的工作, 而且水土保持治理工作每年是变化的, 如何将地面的变化情况输入 GIS 就成为水土保持动态监测和管理的关键。利用 GPS

快速 RTK 技术就可以将地面变化部分的数据在野外采集到, 并通过计算机处理输入 GIS, 使得利用 GIS 管理水土保持工作成为可能, 且利用 GPS 采集数据比原来更简单、更准确、更经济。本试验将在此方面进行有益尝试。

2 实时动态测量(RTK)技术

GPS RTK 技术是一种全天候、全方位的新型测量系统。其工作原理为在已知坐标的基准点上设置 GPS 基准站, 此基准站对每颗在一定高度截止角上可观测的卫星进行伪距测量, 计算出未经改正的三维 GPS 坐标, 利用基准点的已知坐标及每颗锁定卫星的定位, 基准站可精确计算出基点的真实距离。基准站附近的接收机与基准站接收机有相同的误差来源, 这些差分实时值的传送到接收机, 应用差分对观测距离进行差分改正, 从而达到更精确的定位。在实际操作中, 基准站系统采集来自可用卫星的原始数据, 该原始数据经包装后, 由串行端口送往待命的无线电发射机。发射机对包装后的原始数据进行广播, 任何接收机都可以接收。这就是 RTK 系统中基准站接收机的工作原理。流动站电台接收机接收基准站发来的, 包含基准站接收 GPS 原始数据的信息。电台将收到的基准站原始数据经由串口转往流动站接收机。与此同时, 流动站 GPS 接收机会在其当前位置采集本机的

原始数据。来自基准站 GPS 接收机与流动站 GPS 接收机的原始数据汇集在流动站接收机中处理,以计算出两个接收机之间精确到厘米级的基线向量。最后,流动站接收机利用已知基准站位置和基线向量来计算流动站位置坐标。这就是 RTK 系统中流动站接收机的工作原理。

RTK 技术涉及载波相位模糊度的求解,其质量的好坏取决于三个主要因素:精度、可靠性及求得固定解的时间。在 PDOP 值小于 5,以 L_1 和 L_2 频率跟踪 6 颗或更多的卫星,基线长小于 7 km 以及测点附近无明显多路经效应反射物的条件下,快速-RTK 能在 5 s 之内获得 99.9% 置信度的整周模糊度解。

3 GPS 快速 RTK 技术在水土保持监测中的应用
试验

随着经济的发展,水土保持监测中地类界和地形的变化是非常明显和迅速的。如使用传统的方法利用不同年份的卫星遥感影像进行对比分析来计算水土流失面积和水土流失量,则在卫星遥感影像的更新率和精度方面是很难满足现在水土保持的要求。如何利用 GPS 快速 RTK 技术对地类界和地形进行更简单、更准确、更经济的更新,是本次试验的目的。

3.1 测试地点和内容

浮山小流域位于方便水库旁,面积大约 9 km^2 。其中一部分是句容和溧水的交界处,并且地形复杂属于丘陵地带。近年来,随着经济的发展,毁林开荒的现象比较普遍,林地面积锐减。且该地区地处长江中下游,年降雨量大,每逢暴雨,极可能发生山体滑坡甚至泥石流,水土流失严重,对当地居民的生命和财产安全构成了严重威胁。

主要工作内容是对陈家棚子至桥头小流域段的地类界和有明显变化的地形进行更新。通过本次 GPS 快速 RTK 实测试验,以求探索快速准确更新影响水土流失监测的土地利用类界变化的方法,以推广应用于全省。小流域示意图见图 1。

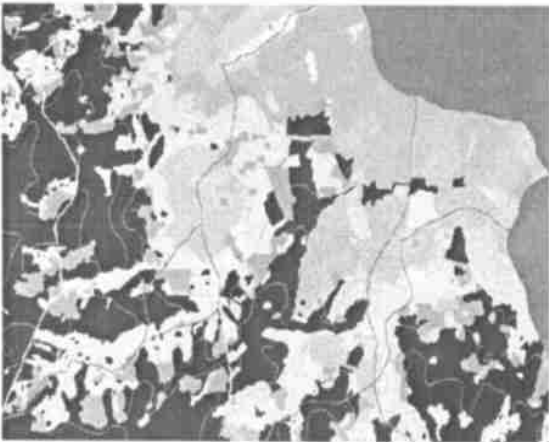


图 1 小流域段示意图



图 2 成果图与遥感图像、土地利用图、地形图叠加

3.2 快速 RTK 的外业作业

在外业观测中,所使用的 Z- X 双频 GPS 是目前国际上最先进的 GPS 仪器之一,从静态测量到动态实时 RTK,都可以方便的实现,并能在树木丛生、建筑物干扰的恶劣环境下仍可进行快速 RTK 测量。

在浮山、柏岗两个控制点(坐标见表 1)同时架设两台 GPS 接收机,历元间隔为 5 s,连续观测 0.5 h 进行基线联测,提高测点的点位精度,以求得高精度的坐标转换参数。为了快捷、准确的施测和更优化的控制整个小流域段,在测区内均匀的布置了四个基准站,其位置为荆山、朝阳洞水库、新龙山水库、桥头。GPS 观测过程中满足以下几个条件:

- (1) 观测要求:卫星高度角 10° ;有效观测卫星个数 5, GDOP 4, PDOP 4。
- (2) 为了确保观测精度,采样均在得到固定解和平面精度、高程精度均达到毫米级精度进行。

表 1 控制点坐标(1954 北京坐标系)

控制点	X 坐标	Y 坐标	高程
浮山	3511513.22	706916.12	209.11
柏岗	3514295.50	710326.90	39.32

表 2 转换参数值

转换参数	参数值
尺度参数	1.00094235086462
旋转参数	0.01994025472460
X 平移参数	-9092.95190834557
Y 平移参数	19274979.6622537
A 0	-19.4325574511876

表 3 地类界属性标识码

地类界	D	地类界	D
旱作水平梯田	27	水库水塘	04
旱作坡地	20	水田	11
果园	21	坟地	17
茶园	22	公路	18
砖厂	28	居民地	15
林草地	30	土路	19
裸岩地	35	树林	34
竹园	37		

3 3 内业处理

经 GPS 接收机获得的成果(W GS- 84 坐标),不能直接用于成图。要将W GS- 84 坐标转换为北京 1954 坐标系坐标。坐标转换采用 EZ- Office 软件提供的坐标转换功能,将W GS- 84 坐标转换到所需的坐标系内,坐标转换参数见表 2。根据当地地类界的主要特点,对地类界的属性进行标注,地类界的属性标识码见表 3。

然后用 GIS 软件 ArcView 成图,并与前期的 2002 年的遥感图像、土地利用图、地形图等进行叠加分析(如图 2),计算水土流失量和水土流失面积。

4 结 论

GPS 仪器体积小,野外操作简单,不受天气状况的影响,可以全天候作业,具有传统的测量仪器和测量方法不可比拟的优点。根据测量范围和时间的需要可采用一台基准站和多台流动站的工作模式,可大大提高地类界、地形更新的效率和降低成本。利用 GPS 快速 RTK 技术与遥感、地理信息系统技术相结合,即 3S 技术,可实现快速、准确地更新地类界及地形,计算水土流失量,为水土保持工作提供了一种快速、高效、实时地监测手段。

用 GPS 快速 RTK 技术可为水土保持治理工作提供大量可靠信息和依据,并且可将外业测得数据经计算机处理成图放到土地利用图和数据库中。为流域水土保持管理信息系统提供科学数据,为水土流失治理效益评价、土壤侵蚀预测、工矿开发及修路弃土量、水土保持措施验收、管理、决策提供科学依据。

用 GPS 快速 RTK 技术可为水土保持治理工作提供大量可靠信息和依据,并且可将外业测得数据经计算机处理成图放到土地利用图和数据库中。为流域水土保持管理信息系统提供科学数据,为水土流失治理效益评价、土壤侵蚀预测、工矿开发及修路弃土量、水土保持措施验收、管理、决策提供科学依据。

参考文献:

[1] 林永贤 全球定位系统及其在水土保持中的应用[J]. 福建水土保持, 2000, 12(1): 54- 57.
[2] 李征,何良华,吴北平. 全球定位系统技术的最新进展[J]. 测绘信息与工程, 2002, 27(2): 22- 25.
[3] 李雅素 GPS 功能及其在水土保持中的应用[J]. 陕西林业科技, 2001, 20(3): 59- 62

(上接第 52 页)

变化范围却是诸因子中最大的。本研究中植被覆盖因子(C)根据 E lwell H. A. 和 Stocking M. A. (1975) 及 Lang R. D. (1979) 推导出的侵蚀比与季节植被覆盖度的非线性关系图^[3],求得 C 值为 0.24。由于基本无水保措施, P 值取 1.0。坡长和坡度因工程建设前后有所不同。建设前,坡长取舜湖流域平均值 655.8 m,坡度取流域平均坡度 24.61%;建设后,由于谷地地面硬化,无土可蚀,只计算山地 3.97 km² 范围的土壤流失量,取平均坡长 450.0 m、平均坡度 31.00%。

表 5 舜湖典型流域多年平均水土流失量比较

时段	地表径流量	地下水补给量	土壤流失量
	/10 ⁴ m ³	/10 ⁴ m ³	/(t·a ⁻¹)
工程建设前	72.22	84.74	1270.13
工程建设后	118.91	62.94	776.76
工程前后差值	46.69	- 21.80	- 493.37

3 2 3 水土流失影响的综合分析

通过上述比较发现,城市规模扩展及其变化对水土流失影响明显。城市规模扩大增加了不透水层,耕地和植被的减少改变了下垫面的自然性状,造成地表径流的明显增加,流失严重,大大减少了泉域地下水入渗补给量。石灰岩山区谷地是地表水集中汇流区,也是地下岩溶水的重要补给区。在山区谷地进行工程开发建设,不仅会带来某些可能的环境问题,而且还会造成山区的水土流失。舜湖流域面积不足 5.35 km²,该区石灰岩山地原来状态下,为轻度水土流失区。社

区工程建设后,水土流失造成的影响主要表现在两个方面,一是地表径流量增加,减少了降水入渗补给地下水量。舜湖社区建成以后,流域地表径流量变为原来的 1.65 倍,增加了 46.69 万 m³,而地下水补给量则减少为原来的 74.27%,减少了 21.80 万 m³,如不采取地表集流和促渗措施,将对济南泉水补给造成一定的影响;工程建成后运行期,由于谷地变为住宅区,可蚀面积减少,土壤流失量减少。二是地表径流量的增加,将使下游谷地的径流侵蚀作用增强,加剧沟状侵蚀,流域出口产沙量增大,加大下游谷地的淤积和排洪压力。

4 结 语

济南市南部城区扩展范围较大,而这里的山区是泉域的重要补给区,野外调查发现,南部山区森林覆盖率偏低,尚未形成稳定的生态系统。而且树种结构单一,林相稳定性差,原有的疏林、残林面积较大,加之新植幼林较多,林木生长不良;荒山面积比例较大,防护效能较差,成为本区主要的未利用土地。植被的截流、蓄流、根系固土作用对涵养水源、保持水土起着非常重要的作用,城市规模扩大不可避免地占用大量耕地和其它自然状态的土壤,加上经济利益的驱动使得林地、草地破坏明显,土地利用变化较大。南部山区采石场、荒山、荒坡现象随处可见,地表景观生态破坏严重,不少地区由于长期水土流失,土层瘠薄,几乎无植被覆盖,形成大片裸露岩石,生态环境恢复和重建率非常低。

参考文献:

[1] 李福林,王玉太,张宝祥,等. 石灰岩山区工程建设对水土流失的影响研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(5): 16- 18.
[2] 孙希华. 基于遥感和 GIS 的山东山丘区土壤侵蚀调查研究[J]. 山东师大学报(自然), 2001, 16(2): 168- 172.
[3] 李璧成. 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京: 科学出版社, 1995