

# 湖南省主要森林类型植被指数动态变化分析<sup>\*</sup>

马延辉, 林 辉, 孙 华

(中南林业科技大学 林业遥感信息工程研究中心, 长沙 410004)

**摘 要:** 植被指数具有明显的季节性, 能客观反映植被物候信息。利用湖南省 2006 年 MODIS/NDVI 与 MODIS/EVI 数据, 对不同森林类型的 NDVI 和 EVI 变化进行了对比与相关性分析。研究表明: (1) 常绿针叶林、常绿阔叶林、竹林及灌木林 NDVI 季节变化不明显, 曲线较平; EVI 则有明显季节性, 表现为钟形曲线。(2) 落叶阔叶林的 NDVI 与 EVI 变化趋势一致, 均呈钟形曲线。EVI 能较好地描述各森林类型在不同季节的差异, 适宜用作森林类型信息提取的基础数据。

**关键词:** 森林类型; 植被指数; 时间序列; 变化分析; 相关性分析

中图分类号: S717

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)03-0217-05

## Variation Analysis of Different Forest Types Vegetation Index in HU'nan Province

MA Yanhui, LIN Hui, SUN Hua

(Research Center of Forestry Remote Sensing & Information Engineering, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China)

**Abstract:** Vegetation index has clear seasonality, which can describe the phenology variation information of vegetation. The variation and relativity analysis of different forest types NDVI and EVI has been achieved using MODIS/NDVI and MODIS/EVI time series data in HU'nan province. The results show that (1) For evergreen needle leaf forests, evergreen broad leaf forests, bamboo grove and shrub, NDVI has no clear seasonality with a flat curve; and EVI has a clear seasonality with a bell-shaped curve. (2) For deciduous broad leaf forests, NDVI and EVI have the same trends with a bell-shaped curve. EVI can describe the vegetation changes in different seasons preferably and can be used as the foundation data of identifying forest types appropriately.

**Key words:** forest types; vegetation index; time series; variation analysis; relative analysis

遥感技术为快速获取地表覆盖类型信息提供了新的手段。MODIS 数据由于其波段丰富、时间分辨率高和中低空间分辨率的特点<sup>[1]</sup>, 使其在研究特定环境下地表类型的动态变化规律方面具有无可比拟的优越性。森林作为地球上最重要的陆地生态系统, 对陆地生物圈和其它地表过程有着重要影响<sup>[2]</sup>。因此, 采用遥感技术快速获取大区域森林类型信息有着重要的意义。

归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 是国际上使用最广泛的植被指数之一<sup>[3]</sup>, 但是 NDVI 本身存在一定的缺陷, 如

在植被高覆盖区容易饱和, 未考虑土壤背景的影响, 大气校正不彻底等<sup>[4]</sup>。在考虑了土壤背景影响与大气校正的基础上, Liu<sup>[5]</sup>等提出了增强型植被指数 (Enhanced Vegetation Index, EVI), 改进了 NDVI 的不足之处, 更能反映植被的变化特征。时间序列分析是研究地表覆盖动态变化的重要手段之一, 植被指数的时间谱数据能够反映地表植被生长的动态过程<sup>[6]</sup>, 近年来众多学者针对植被指数时间序列的应用开展了大量研究工作。于信芳等<sup>[7]</sup>采用 MODIS/NDVI 时序数据对东北森林的物候期进行监测; 索玉霞、王正兴<sup>[8]</sup>采用决策树方法和 MODIS 植

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2010-01-26

基金项目: 国家自然科学基金(30871962); 国家科技支撑计划(2006BAD23B-01); 国家科技支撑课题(2006BAC08B03); 中南林业科技大学研究生科技创新基金(2007sx15)

作者简介: 马延辉(1985-), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 研究方向: 林业遥感与地理信息系统。E-mail: ponymayanhui@163.com

被指数时间序列数据对中亚土地覆盖进行了分类。

本文利用 MOD13Q1 数据,系统地研究了亚热带不同森林类型 EVI 与 NDVI 的变化规律,旨在为研究大区域森林类型信息快速提取、植物长势、物候监测和自然灾害监测等提供基础数据,为相关部门制定政策提供决策依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

湖南省位于长江中游(24°38′–30°08′N,108°47′–114°15′E),属亚热带季风性湿润气候,冬季受西伯利亚冷气团控制,气候干燥,降水较少;夏季受低纬度海洋暖湿气团控制,高温高湿;春夏阴湿多雨。国土面积为  $2.118 \times 10^5 \text{ km}^2$ ,其中,山地面积占全省总面积的 51.2%,丘陵及岗地面积占 29.3%,平原面积占 13.1%,水面占 6.4%。其宏观地势格局表现为三面环山,向中部、北部逐渐过渡为丘陵和平地,形成从东、南、西三面向北倾斜开口的马蹄形状。湖南省在植物分区上,属泛北极植物区,中国–日本植物亚区的中国南部亚热带湿润森林植物区系,是我国南方主要林区之一,2005 年森林覆盖率达 55.0%<sup>[9]</sup>。

1.2 研究数据

较大区域地表覆盖类型信息提取多采用空间分辨率较低、时间分辨率高和光谱分辨率高的遥感数据,以便能实时获取地表覆盖信息。主要采用的遥感数据是美国 LP DAAC(Land Process Distributed Active Archive Center, USA) 免费提供的湖南省 2006 年的 MOD13Q1 数据产品。其中,MOD13Q1 为 16 d 合成的归一化植被指数 NDVI 和增强型植被指数 EVI 产品,空间分辨率为 250 m。

采用的辅助数据主要有:湖南省森林资源分布图(湖南省林业勘察设计院提供)和 2008 年野外实测 GPS 样点。

1.3 数据处理

MOD13Q1 产品是在像元水平上经 16 d 合成后消除大部分云层覆盖的像元,但局部地区受云的影响仍然存在。目前已有很多方法对植被指数时间序列数据进行去噪处理,有基于阈值的方法,如 BISE,傅立叶拟合方法,非对称高斯函数拟合、带权重的最小二乘线性回归方法。这些方法基于数学原理,计算复杂,可以得到很平滑的曲线,但是以同时改变各个时期数值为代价,缺乏合理的地学解释<sup>[8]</sup>。因此,研究采用如下方法进一步消除云的影响<sup>[10]</sup>:

- (1) 选取三个时段的植被指数影像,依次为  $t-1$ 、 $t$ 、 $t+1$ ;
- (2) 分别计算植被指数  $VI_{t-1}$  与  $VI_t$ ,  $VI_t$  与  $VI_{t+1}$  的差值;
- (3) 以 20% 的下降作为阈值来判定是否为云层覆盖<sup>[11]</sup>;
- (4) 判定为云层的像元,用相邻前后两个时段像元的平均值代替。

此方法仅对存在云层干扰的像元进行了重构,无云层干扰的像元则保持原数值,因此重构后的曲线与原曲线基本一致,但去除了大部分噪声干扰,能够正确反映不同植被类型植被指数的变化情况。去噪处理后的植被指数时间序列包括时间分辨率为 16 d、空间分辨率为 250 m 的 NDVI 和 EVI(各 23 个波段)。

1.4 数据分析

结合湖南省森林资源分布图,通过实地踏查选设样点,分析亚热带不同森林类型的 NDVI 与 EVI 的年内动态变化规律。共选设 20 个样点,森林类型涵盖了常绿针叶林、常绿阔叶林、落叶阔叶林、竹林、灌木林 5 大类。其中,常绿针叶林包括马尾松和杉木两种类型;常绿阔叶林由于树种丰富且混交现象严重,因此没有分树种设置样点,灌木林亦是如此;落叶阔叶林为杨树纯林。样点地类信息见表 1。

表 1 样点基本信息

样点号	经度/(°)	纬度/(°)	地类	样点号	经度/(°)	纬度/(°)	地类
1	110.715	29.8796	阔叶林	11	111.7273	27.4597	竹林
2	109.4973	29.1371	灌木林	12	110.5173	27.1852	杉木
3	110.4826	29.3793	阔叶林	13	113.8069	27.2096	杉木
4	110.9252	29.0401	阔叶林	14	113.0649	26.9121	竹林
5	112.5112	29.1372	杨树	15	112.1409	26.2635	杉木
6	113.9826	28.8889	马尾松	16	111.5629	25.9638	竹林
7	113.3765	28.6181	马尾松	17	110.0410	26.2737	马尾松
8	111.7277	28.5638	竹林	18	113.4131	26.0498	阔叶林
9	110.0281	28.0988	灌木林	19	113.9351	25.7907	阔叶林
10	112.2414	27.8016	马尾松	20	112.8883	24.9437	阔叶林

2 研究结果

根据样点选取各森林类型的代表像元, 部分样

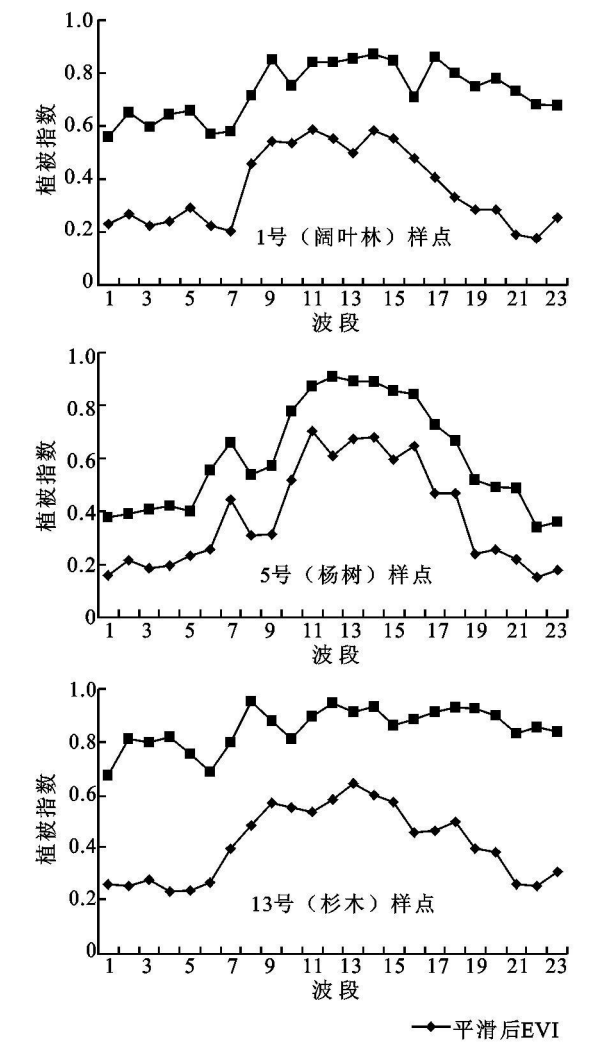


图 1 各样点 EVI 与 NDVI 变化情况

表 2 样点 NDVI 与 EVI 线性相关关系

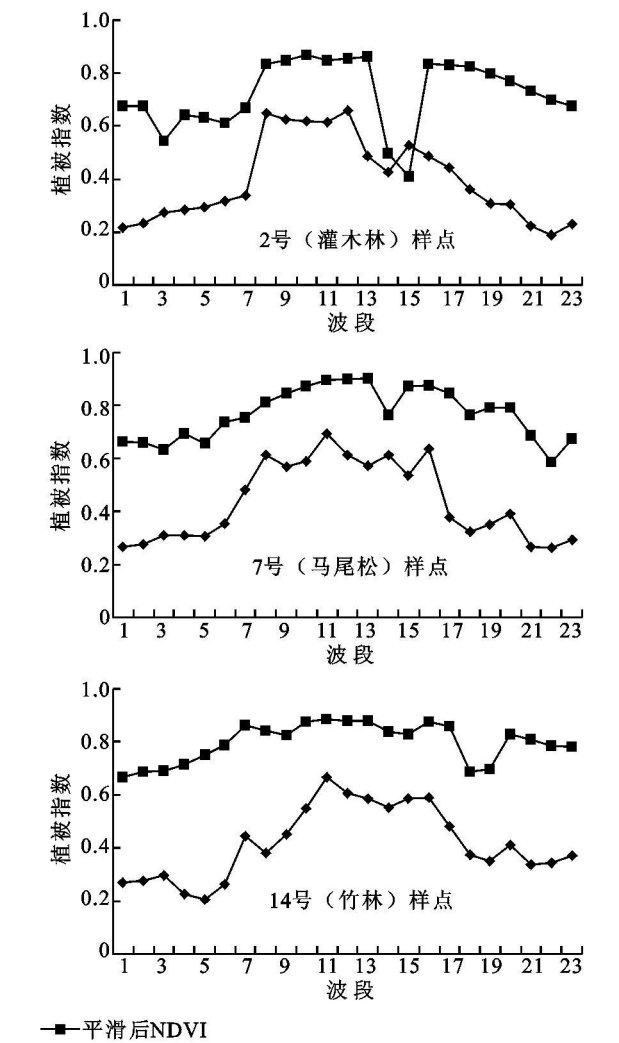
样点号			样点号		
相关关系			相关关系		
1	$y = 0.5467x + 0.5318$	$R^2 = 0.6074$	11	$y = 0.4725x + 0.5454$	$R^2 = 0.4541$
2	$y = 0.3615x + 0.5802$	$R^2 = 0.1952$	12	$y = 0.4382x + 0.5914$	$R^2 = 0.3872$
3	$y = 0.3728x + 0.5660$	$R^2 = 0.1645$	13	$y = 0.3701x + 0.6294$	$R^2 = 0.4511$
4	$y = 0.4271x + 0.5531$	$R^2 = 0.3452$	14	$y = 0.4358x + 0.6152$	$R^2 = 0.6451$
5	$y = 1.0077x + 0.224$	$R^2 = 0.9609$	15	$y = 0.5285x + 0.5517$	$R^2 = 0.7321$
6	$y = 0.8576x + 0.4183$	$R^2 = 0.5640$	16	$y = 0.4236x + 0.5986$	$R^2 = 0.5180$
7	$y = 0.5524x + 0.5283$	$R^2 = 0.7093$	17	$y = 0.7822x + 0.3245$	$R^2 = 0.6791$
8	$y = 0.6299x + 0.5150$	$R^2 = 0.6596$	18	$y = 0.3435x + 0.5967$	$R^2 = 0.2391$
9	$y = 0.8802x + 0.3416$	$R^2 = 0.7908$	19	$y = 0.1139x + 0.7613$	$R^2 = 0.0867$
10	$y = 0.4274x + 0.6106$	$R^2 = 0.3681$	20	$y = 0.2864x + 0.6897$	$R^2 = 0.3644$

2.1 常绿针叶林 EVI 与 NDVI 动态变化

2.1.1 马尾松 EVI 与 NDVI 动态变化

(1) 6 号样点。NDVI 与 EVI 变化趋势基本一致, 但是 NDVI 在达到 0.8 以后开始出现饱和现象, Day129 到 Day257 保持在高值区 0.8 左右, NDVI

点 EVI 与 NDVI 时间变化曲线如图 1 所示, NDVI 与 EVI 的线性关系列于表 2 中,  $y$  表示 NDVI,  $x$  表示 EVI。



变化范围为 0.54~ 0.85, EVI 变化范围为 0.20~ 0.48,  $R^2$  为 0.564。

(2) 7 号样点。NDVI 从 Day65 开始逐渐变大, Day193 时达到最大值, 全年 NDVI 保持在相对高值区, 季节变化不明显; EVI 则随季节变化明显, 呈现

钟形曲线, NDVI 变化范围为 0.58~ 0.90, EVI 变化范围为 0.26~ 0.69,  $R^2$  为 0.709 3。

(3) 10 号样点。NDVI 从 Day49 开始变大, Day113 时达到最大值, 曲线较平, 变化范围为 0.60~ 0.93, EVI 则基本反映了马尾松的生长过程, 变化范围为 0.18~ 0.58,  $R^2$  为 0.368 1。

(4) 17 号样点。NDVI 变化范围为 0.36~ 0.83, EVI 变化范围为 0.14~ 0.72,  $R^2$  为 0.679 1。

#### 2.1.2 杉木 EVI 与 NDVI 动态变化

(1) 12 号样点。NDVI 从 Day113 开始出现饱和现象, 维持在高值区, EVI 则季节变化明显, NDVI 变化范围为 0.58~ 0.87, EVI 变化范围为 0.22~ 0.63,  $R^2$  为 0.387 2。

(2) 13 号样点。EVI 具有较强的季节性, 呈现钟形曲线, NDVI 变化范围为 0.60~ 0.86, EVI 变化范围为 0.21~ 0.58,  $R^2$  为 0.451 1。

(3) 15 号样点。NDVI 在 Day161 后趋于饱和, NDVI 变化范围为 0.58~ 0.86, EVI 变化范围为 0.15~ 0.57,  $R^2$  为 0.731 2。

### 2.2 阔叶林 EVI 与 NDVI 动态变化

2.2.1 常绿阔叶林 EVI 与 NDVI 动态变化 湖南省属亚热带季风气候, 常绿阔叶林在湖南全境有广泛的分布。研究选设 6 个(1, 3, 4, 18, 19, 20)阔叶林样点。

(1) 1 号样点。NDVI 变化范围为 0.56~ 0.87, EVI 变化范围为 0.18~ 0.59,  $R^2$  为 0.607 4, 说明二者之间曲线走势较相似, 但从图 1 可以发现, NDVI 变化没有 EVI 变化明显, 并易受云层干扰。

(2) 3 号样点。NDVI 变化范围为 0.50~ 0.85, EVI 变化范围为 0.22~ 0.58,  $R^2$  为 0.164 5, 二者之间相关性较弱, EVI 变化规律则符合植被生长过程。

(3) 4 号样点。NDVI 随季节变化不明显, EVI 随季节变化明显, NDVI 动态变化范围为 0.59~ 0.89, EVI 动态变化范围为 0.19~ 0.65,  $R^2$  为 0.345 2。

(4) 18 号样点。NDVI 变化范围为 0.48~ 0.97, EVI 动态变化范围为 0.14~ 0.66,  $R^2$  为 0.239 1。

(5) 19 号样点。NDVI 变化范围为 0.70~ 0.93, EVI 变化范围为 0.25~ 0.61,  $R^2$  为 0.086 7, 说明二者之间相关性极低, EVI 与 NDVI 曲线形状有显著差异。

(6) 20 号样点。NDVI 随季节变化不明显, EVI 随季节变化明显, NDVI 动态变化范围为 0.64~ 0.91, EVI 动态变化范围为 0.20~ 0.73,  $R^2$  为 0.364 4。

2.2.2 杨树 EVI 与 NDVI 动态变化 5 号样点。杨树为落叶阔叶树种, 在洞庭湖周围广泛种植, 有明显的生长季。两种植被指数都很好地反映了杨树的生长特征, NDVI 与 EVI 表现出一致的变化趋势, 均呈现钟形曲线。NDVI 变化范围为 0.34~ 0.91, EVI 变化范围为 0.15~ 0.70,  $R^2$  为 0.960 9, 说明两种植被指数之间相关性显著。

### 2.3 竹林 EVI 与 NDVI 动态变化

竹林在湖南有着广泛的分布, 研究选设 4 个竹林样点(8, 11, 14, 16)。

(1) 8 号样点。NDVI 在 Day1~ Day97 基本无变化, 呈现出直线状, 值在 0.7 附近, 从 Day97 开始 NDVI 值开始上升并在 Day113 开始趋于稳定, 持续到 Day305。NDVI 变化范围为 0.65~ 0.90, EVI 变化范围为 0.25~ 0.58,  $R^2$  为 0.659 6。

(2) 11 号样点。NDVI 表现为全年高值, 变化范围为 0.61~ 0.82; EVI 有明显季节变化, 变化范围为 0.25~ 0.51,  $R^2$  为 0.454 1。

(3) 14 号样点。NDVI 曲线波动较小, 变化范围为 0.66~ 0.89; EVI 有明显季节变化, 变化范围为 0.21~ 0.67,  $R^2$  为 0.645 1。

(4) 16 号样点。NDVI 变化范围为 0.60~ 0.87; EVI 在 Day193 出现一个高峰, 季节变化明显, 呈现明显钟形曲线, 变化范围为 0.15~ 0.66,  $R^2$  为 0.518。

### 2.4 灌木林 EVI 与 NDVI 动态变化

(1) 2 号样点。除了 Day209 与 Day225 两处云层干扰外, NDVI 全年都表现出较高水平, 季节变化不明显, 变化范围为 0.54~ 0.87; EVI 则具有明显的季节变化特征, 呈现出钟形曲线, 变化范围为 0.19~ 0.66,  $R^2$  为 0.195 2。

(2) 9 号样点。NDVI 与 EVI 变化趋势基本一致, 均表现出明显的季节性。NDVI 变化范围为 0.44~ 0.89, EVI 变化范围为 0.17~ 0.64,  $R^2$  为 0.790 8。

## 3 结 论

(1) 常绿针叶林 NDVI 全年变化不明显, 曲线较平, EVI 则有明显季节变化性。

(2) 常绿阔叶林 NDVI 全年保持在高值区, 并且易于出现饱和趋势, 随季节变化不明显; EVI 则表现出较强的季节变化性, 呈现钟形曲线。

(3) 落叶阔叶林 NDVI 与 EVI 表现出一致的变化趋势, 二者之间有较显著的相关性, 均能很好反映落叶阔叶林的生长季节性。

(4) 竹林 NDVI 全年变化不明显, 曲线高且平,

EVI 则有明显季节变化性。

(5) 灌木林在 2 号样点, 除了两处云层干扰外, NDVI 全年均保持高值, 而 EVI 则随季节变化明显呈现钟形曲线。在 9 号样点, NDVI 与 EVI 变化趋势基本一致, 均表现出明显的季节性。

纵观各森林类型样点植被指数变化情况, NDVI 在常绿针叶林、常绿阔叶林、竹林及灌木林森林类型上, 表现出较弱的季节变化性; EVI 则随季节变化明显, 呈现出钟形曲线, 能较好地描述各森林类型在不同季节的差异, 适宜用作森林类型信息提取的基础数据。

参考文献:

- [1] 刘闯, 葛成辉. 美国对地观测系统(EOS)中分辨率成像光谱仪(MODIS)遥感数据的特点和应用[J]. 遥感信息, 2000(3): 45-48.
- [2] 何红艳, 郭志华, 肖文发, 等. 遥感在森林地上生物量估算中的应用[J]. 生态学杂志, 2007, 26(8): 1317-1322.
- [3] 王正兴, 刘闯, 陈文波, 等. MODIS 增强型植被指数 EVI 与 NDVI 初步比较[J]. 武汉大学学报: 信息科学版, 2006, 31(5): 407-410.
- [4] Waring R H, Coops N C, Fan W, et al. MODIS enhanced vegetation index predicts tree species richness across forested ecoregions in the contiguous USA[J].

Remote Sensing of Environment, 2006, 103: 218-226.

- [5] Liu Huiqing, Huete A R. A Feedback Based Modification of the NDVI to Minimize Canopy Background and Atmospheric Noise[J]. IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing, 1995, 33: 457-465.
- [6] 左丽君, 张增祥, 董婷婷, 等. MODIS/NDVI 和 MODIS/EVI 在耕地信息提取中的应用及对比分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(3): 167-172.
- [7] 于信芳, 庄大方. 基于 MODIS/NDVI 数据的东北森林物候期监测[J]. 资源科学, 2006, 28(4): 111-117.
- [8] 索玉霞, 王正兴. 基于决策树和 MODIS 植被指数时间序列的中亚土地覆盖分类[J]. 地理研究, 2008, 17(3): 126-130.
- [9] 林辉, 熊育久, 万玲凤, 等. 湖南省 MODIS 遥感植被指数的时空变化[J]. 应用生态学报, 2007, 18(3): 581-585.
- [10] Xiao Xiangming, Stephen B, Liu Jiyan, et al. Characterization of forest types in Northeastern China, using multi temporal SPOT-4 VEGETATION sensor data[J]. Remote Sensing of Environment, 2002, 82: 335-348.
- [11] McFeeters S K. The use of normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17(7): 1425-1432.

## 欢迎订阅 2011 年《水土保持通报》

《水土保持通报》创刊于 1981 年, 双月刊, 中文版, 属环境科学类期刊, 连续 5 届被认定为我国中文核心期刊。主管单位为中国科学院, 由中国科学院水利部水土保持研究所与水利部水土保持监测中心联合主办。为《中国科技论文统计源期刊》, 《中国科学引文数据库统计源期刊》, 以及日本《科学技术文献速报(JF-CST)》, 《中国期刊精品荟萃》等收编。本刊为 A4 开本, 240 页/期。刊号为: ISSN 1000-288X, CN 61-1094/X。国内邮发代号: 52-167, 国外发行代号: 4721BM, 定价: 25.0 元/册。

**办刊宗旨:** 紧密跟踪水土保持学科的发展动向, 及时报道本学科前沿领域科学理论、技术创新及其实际应用研究最新成果, 积极引导和推动水土保持学科和水土保持实践的发展与繁荣。

**报道内容:** 土壤侵蚀、旱涝、滑坡、泥石流、风蚀等水土流失灾害的现状与发展动态; 水土流失规律研究、监测预报技术研发成就与监测预报结果; 水土流失治理措施与效益分析; 水土流失地区生态环境建设与社会经济可持续发展研究; 计算机、遥感工程、生物工程等边缘学科新技术、新理论、新方法在水土保持科研及其实践中的应用; 国外水土流失现状及水土保持研究新动态等。

**读者对象:** 从事水保科学技术研究、教学与推广的科教工作者及有关行政管理人员; 国内外环境科学、地质、农业、林业、水利等相关学科科教人员及大专院校师生。

地址: 陕西省杨凌区西农路 26 号 中国科学院水利部水土保持研究所《水土保持通报》编辑部

邮编: 712100

电话: (029) 87018442

E-mail: bulletin@ms.iswc.ac.cn

http://www.iswc.ac.cn