

基于 TM 的草原沙漠化治理工程 治理程度等级指标的探讨

——以镶黄旗飞播造林项目为例

王秋菊^{1,2}, 吴新宏¹, 杨婷婷¹, 李 鹏¹, 道仁托娅³

(1. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010; 2. 内蒙古自治区包头市环境监测站, 内蒙古 包头 014030;
3. 内蒙古自治区锡林郭勒盟镶黄旗草原工作站, 内蒙古 锡林郭勒 013250)

摘要:草原沙漠化治理工程治理程度评价指标研究就是对草原沙漠化治理工程治理程度分等定级, 为科学治理、评价、合理利用和监测提供标准。以位于干旱半干旱区的内蒙古镶黄旗飞播造林项目为例, 结合野外调查和遥感影像解译, 以植被覆盖度为主导因素, 以风蚀积沙、生物结皮和土壤发育等作为辅助性指标, 确定了草原沙漠化治理工程治理程度等级指标。对评价我国草原沙漠化治理工程的成果和监测沙漠化草原动态具有指导作用。

关键词:草原沙漠化; 治理工程; 治理程度; 指标确定

中图分类号: S812. 8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2008)12-0030-05

^{*1} 沙漠化是当今世界重要的环境和社会经济问题之一, 威胁着人类的生存和发展。我国是世界上受沙漠化影响最严重的国家之一, 而在国土资源中沙漠化最为严重的是草原。草原沙漠化是草原退化的一种特殊类型, 是指干旱、半干旱及部分半湿润草原地区由于人地关系不协调所造成的以风沙活动为主要标志的土地退化^[1]。沙漠化草原的不断增长已严重影响了我国草原地区的生态环境建设和社会经济发展, 并且造成了极大的危害。为了有效遏制草原沙漠化的趋势, 国家、政府等启动了一系列草原沙漠化治理工程, 目的在于通过工程的建设, 使草原获得修养生息的机会, 加快草原植被的恢复和草原生产能力的提高^[2,3]。但是由于工程实施的过程是非自然的过程, 属于人类活动对草原自然状况的快速、重度干扰, 所以目前对工程的建设进展情况和工程效益还不清楚。因此草原沙漠化治理工程治理程度等级评价指标的确定就显得非常急需和必要了。

目前草原沙漠化治理工程的评价方法主要是以点代面, 而一旦区域差异较大, 该方法就会存在偏差, 并难以制定正确的后续措施。因此, 利用遥感大尺度观测的优势对草原沙漠化治理工程的效

果进行评价具有重要的意义。草原沙漠化治理工程主要是草原的恢复与重建, 其过程可以近似看成是草原退化的逆过程。近年来, 遥感在草原退化的监测与评价中取得了一定的进展^[3-7]。借鉴草原退化的遥感监测方法对草原恢复(即草原沙漠化治理工程)进行评价, 对草原沙漠化治理工程治理程度等级的划分作一探索。

1 草原沙漠化治理工程治理程度等级指标确定的指导思想和原则

1.1 指导思想 紧密结合草原沙漠化治理工程的监测调查工作, 结合实际, 科学合理, 简捷、方便、有效, 有利于野外监测人员的实地调查。

1.2 指标确定原则

1.2.1 地理区域性差异原则 我国草原沙漠化主要分布在亚湿润干旱区、半干旱区和干旱区。不同区域的植被种类和结构特征差异显著。由于受

。 收稿日期: 2008-01-01
基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(中国农业科学院草原研究所)资助项目“基于 3S 的草原沙漠化治理工程生态效益快速评价体系建立”(2006-01-08)
作者简介: 王秋菊(1982-), 女, 内蒙古包头人, 在读硕士生, 主要从事草原沙漠化监测等方面的研究。
E-mail: wqj-2005@163.com

自然环境、气候等因素和自然植被生长发育的影响,采用的工程措施有很大差异,不同区域植被恢复能力和自然植被的覆盖度亦存在显著差异,所以合理评价草原沙漠化工程治理程度指标要根据研究区域本身的具体实际情况来确定。

1.2.2 主导因素原则 由于影响草原沙漠化治理工程治理程度指标的因素诸多,所以在确定具体指标时,选择能够表达沙漠化草原治理程度的核心因素作为主导性指标。所谓的核心因素就是指控制草原地面风蚀、风沙流形成以及地表裸露的因素。根据多年的研究成果和实际评价应用的情况,能够直观反映治理程度的主导因素是植被变化,其中以植被覆盖度变化最为敏感。草原沙漠化是植被破坏和地表裸露的结果,所以无论从野外实地调查或影像判读,植被覆盖度均具有明显的视觉优势。而且近年来植被覆盖度在大尺度测量中取得了较大的进展,在大面积草原退化的监测与评价中也得到了广泛的应用^[8-10]。将植被覆盖度作为治理程度等级的主导指标具有极强的操作性,可以广泛应用于实地人工调查和影像解译。

1.2.3 具体指标的可操作性原则 草原沙漠化治理工程治理程度等级指标应能全面系统地反映出草原沙漠化治理程度。参评的指标应具有易获取、处理简便等特点。原始数据应具有:1)容易通过调查、统计、遥感等手段获得;2)易定量计算;3)现实意义明确。

1.2.4 具体指标的不可替代性原则 评价草原沙漠化治理工程治理程度的指标因素很多,多数指标具有一定的相关性,有相互传递的作用,因此,在确定具体指标时一定要避免因主导因素引起的相关指标。确定的指标对工程的建设效果能因地制宜地做出科学合理的评价,并且各指标间具有不可替代性。

1.2.5 跨尺度性原则 随着遥感以及地理信息系统、GPS技术的发展与应用,一方面极大拓宽了人们的研究视野,另外也给以往地面调查为主的工作程式提出了一定的挑战。由于地面工作与借鉴遥感、地理信息系统、GPS手段的工作流程与要求不一样,因此当同时介入草原沙漠化治理工程治理程度的评价工作时,极有可能出现不同的

研究结论。为避免同样的研究内容、相同的研究地区,仅仅因为研究手段的不同而出现互相矛盾的结果,所以在选取评价指标时,应尽量选择那些可以为不同的研究手段所兼容的跨尺度性指标。

2 草原沙漠化治理工程治理程度等级指标的确定及其含义

50多年来,我国的防沙治沙工作取得了巨大的成绩,有效地控制了草原沙漠化的进程。按照我国防沙治沙研究的诸多成果,参照前人提出的草原沙漠化分级指标^[11-13],结合草原沙漠化治理工程的实际特点,通过大量的野外调查,依据草原生长最高峰时期的植被覆盖度、地表覆沙面积等,将沙漠化草原治理程度化分为4级,即未治理、初步治理、基本治理、完全治理。

未治理:指植被覆盖度 $\leq 10\%$,地表沙质常处于流动状态的沙丘和沙地,风蚀与堆积特征明显。主要是流动沙地。

初步治理:指植被覆盖度为 $10\% \sim 30\%$,且分布比较均匀,风沙流活动受阻,局部有风蚀现象,但地表风力作用的流沙纹理仍普遍存在于沙丘和沙地。

基本治理:指植被覆盖度在 $30\% \sim 60\%$,风沙活动不明显,地表沙质稳定或基本稳定,基本无风蚀痕迹,地表初步形成结皮层和枯枝落叶层,一般为乔木、灌木、草地混交的固定沙丘、沙地。

完全治理:指植被覆盖度 $\geq 60\%$,采取工程措施后,完全控制了地表风蚀,植被及其生存环境逐步恢复,土壤形成明显的腐殖质层或成土过程中的剖面层次发育明显。

3 植被覆盖度分析

植被覆盖度是指在一定范围内植被的垂直投影与地表面积的百分比,是反映地表信息的主要参数。目前,植被覆盖度的测量方法主要有地面实地测量和遥感反演2种常用的方法。由于植被覆盖度具有时空动态差异特性,而遥感数据能及时、科学地反映地表信息时空变化,遥感数据的反演已成为估算植被覆盖度的主要技术手段。总结学者们的具体思路,可将遥感测量植被覆盖度的各种方法归结为3种:植被指数法、回归模型法与像元分解模型法^[8]。本文以镶黄旗2004年风沙

源治理工程——飞播造林为例,使用植被指数法对工程实施后的盖度进行反演,并通过实地调查进行了精度验证。

植被指数作为反映地表植被信息的最重要信息源,已广泛用来定性和定量评价植被覆盖度。计算植被覆盖度时,通过建立根据光谱信息计算出的植被指数与植被覆盖度之间的关系来实现。归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI),又称标准化植被指数,定义为近红外波段 NIR(0.7 1.1 μm)与可见光红波段 R(0.40.7 μm)数值之差和这两个波段数值之和的比值,即

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

它是遥感估算植被覆盖度最常用的植被指数^[14]。采用 NDVI 指数建立植被覆盖度模型^[8]。

$$C = (NDVI - NDVI_s) / (NDVI_v - NDVI_s)$$

式中,NDVI_s和 NDVI_v分别为纯土壤与纯植被的植被指数;NDVI为被求像元点的植被指数;C为植被覆盖度。其关键是要准确确定 NDVI_s和 NDVI_v,可以通过地面调查点定位方式来确定纯植被与纯土壤的对应点植被指数。

4 研究区概况

2004年风沙源治理工程飞播造林工程位于镶黄旗北部浑善达克沙地境内的文贡乌拉苏木。飞播造林区地貌特征是坑丘相间,由3种沙地类型镶嵌组成。植被种类主要有小叶锦鸡儿 *Caragana microphylla*、沙米 *Agriophyllum squarrosum*、沙鞭 *Polytrias amaura*、沙蒿 *Artemisia intramongolica*、沙葱 *Allium mongolicum*、紫茜草 *Radix rubiae*等,由于水分条件的限制,植被盖度仅为12%左右。该地区属中温带干旱大陆性气候,年降水量230mm左右,年平均气温4.3℃,无霜期116d。全年盛行西风和西北风,以4、5月最盛,最大风速24m/s,多年平均8级以上大风时间60d。

5 研究方法

通过路线调查,获取植被状况等数据,利用手持终端作为辅助工具进行地面调查点的定位以及地面控制点的测量。结合 TM 遥感数据,获取植

被盖度、生产力变化等信息,实现对草原沙漠化治理工程全面、系统的监测。

5.1 地面调查内容与方法 地面调查时间为2007年8月下旬,与 TM 遥感数据的获取时间相匹配。地面路线调查主要包括记录样地草原类型,用 GPS 接收机测定样方点经纬度、海拔高度、记录土壤类型、地形地貌、样方点在工程区位置、工程类型、实施年限及实施情况,记录样方内主要植物的名称、盖度、高度、地上生物量等信息,灌木和高大草本植物要测定其丛幅,并测定其地上生物量。灌木样方测定面积为10m×10m,草本样方测定面积为1m×1m,在灌木区,草本测定样方的选择仍然依据代表性和随机性原则。样地主要选择在草原植被比较均一、能够反映较大区域的典型地段,每个样选取3个样方进行测定,作为3次重复。如果样地内部群落植物分布均一性较差,将适当增加样方个数。

5.2 数据预处理与数据分析 考虑到卫星影像的覆盖范围、时段、可得到的数据的质量以及现有资料等因素,选择了2000年7月7日和2007年8月14日镶黄旗北部沙地的 Landsat-7ETM⁺和 Landsat-5TM 影像资料,轨道号为125-30,空间分辨率30m。结合以前校正过的 TM 遥感图像作为校正参考,将校正模型的标准均方误差(Root Means Squared Error, RMSE)控制在0.5个像元以内。结合各波段方差,考虑到沙漠化信息易于辨别,选用 TM5/TM4/TM3 波段组合进行解译与分类。用区域行政区划图提取研究区的 TM 遥感数据。

根据地面调查样点的经纬度,将其转换成和遥感影像相同的投影,准确定位到经过几何校正后的遥感影像上,然后通过 ERDAS IMAGINE 软件求得工程区内各点的植被指数。通过地面调查,选取纯植被和裸沙进行定位,然后提取该点对应像元的植被指数,得到纯植被和纯土壤的植被指数,然后代入公式求得各点的植被盖度。最后通过地面调查的数据进行精度验证,发现该方法精度较高,效果较理想,尤其是对于基本治理区域的盖度估测。此方法适用于大面积的植被盖度估测。

5.3 草原沙漠化治理工程治理程度解译标志的建立 根据研究区 TM 图像的形成、大小、位置、色调、颜色、纹理、阴影,对遥感图像进行初

判,然后通过实地调查,核对、修正和补充解译结果,并参考植被覆盖度建立准确、完整的草原沙漠化治理工程治理程度解译标志(图 1,表 1)。

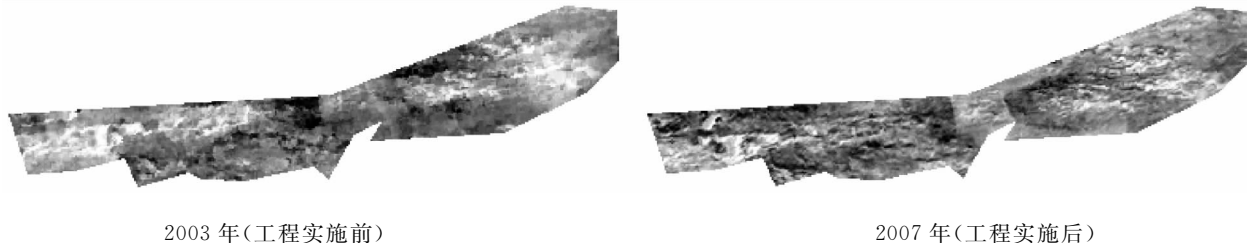


图 1 工程实施前后的 TM5/TM4/TM3 组合

表 1 治理程度的 TM 图像解译标志

治理程度	图像特征 (TM5/TM4/TM3)	特征描述
完全治理		色调为相对均一的亮绿色, 多为斑状、条状
基本治理		绿色或褐色, 其间分布有少量沙斑
初步治理		浅褐色, 其间夹杂大量沙斑
未治理		呈白色或淡红色, 色调不匀, 间有稀疏植被

6 草原沙漠化治理工程治理程度等级指标

将确定的草原沙漠化治理工程治理程度类型及其分类指标与 TM 影像解译的草原沙漠化治理工程治理程度解译标志结合,建立草原沙漠化治理工程治理程度等级类型及其分类的临界指标见表 2。沙化土地植被覆盖度等级的划分多依据植被防风固沙效果,一般地,按植被覆盖度的大小可

以把沙地划分为流动沙地(盖度 0~10%)、半固定沙地(盖度 10%~30%)和固定沙地(盖度 30%~100%)3 种类型。这种划分比较准确地概括了沙漠化过程中植被的量变和质变规律,本文的植被覆盖度等级划分也采用该标准。由表中的主导指标把草原沙漠化治理工程治理程度划分为未治理、初步治理、基本治理、完全治理 4 个等级。

表 2 草原沙漠化治理工程治理程度等级分类指标

治理程度	沙地类型	主导指标	图像特征 (TM5/TM4/TM3)	辅助指标	
		植被覆盖度		风蚀积沙	土壤发育
完全治理	草地	≥60%		无	成土明显
基本治理	固定沙地	30%~60%		弱	结皮层
初步治理	半固定沙地	10%~30%		有	地表沙纹
未治理	流动沙地	≤10%		明显	沙丘移动

7 草原沙漠化治理工程治理程度辅助指标说明

我国沙漠化草地分布的地理区域差异显著。由于受降水、气候、自然植被生长发育等因素的影响,不同区域植被恢复能力和自然植被的覆盖度存在显著的差异,所以科学合理地评价草原沙漠化治理工程的建设效果和治理程度应该因地制宜、根据实际情况确定治理指标。表 2 主要是以

干旱半干旱区为例,对于非干旱区半干旱区还需具体区域具体分析。如果采用表 2 中的主导指标和影像解译标志对草原沙漠化治理工程治理程度分类有困难,还可以采用其它辅助指标。例如根据植被分布是否有规律、植被种类及生活型、建群种平均株高等进一步确定草原沙漠化治理工程治理程度等级指标。

参考文献

- [1] 董永平, 吴新宏, 戎郁萍, 等. 草原遥感监测技术 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [2] 张苏琼, 阎万贵. 中国西部草原生态环境问题及其控制措施[J]. 草业学报, 2006, 15(5): 11-18.
- [3] 王艳荣, 雍世鹏. 利用多时相近地面反射波谱特征对不同退化等级草地的鉴别研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(3): 406-413.
- [4] Davidson A, Csillag F. A comparison of three approaches for predicting C₄ species cover of northern mixed grass prairie[J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 86: 70-82.
- [5] 全川, 杨景荣, 雍伟义, 等. 锡林河流域草原植被退化空间格局分析[J]. 自然资源学报, 2002, 17(5): 571-578.
- [6] Tong C, Wu J, Yong S, *et al.* A landscape-scale assessment of steppe degradation in the Xilin River Basin, Inner Mongolia, China[J]. Journal of Arid Environments, 2004, 59: 133-149.
- [7] 唐川江, 周俗, 张绪校, 等. 基于“3S”技术的阿坝县退牧还草工程效益监测[J]. 草业科学, 2006, 23(6): 55-62.
- [8] Tucker C J, Dregne H E, Newcomb W W. Expansion and contraction of the Sahara desert from 1980 to 1990[J]. Science, 1991, 253: 299-301.
- [9] Tucker C J, Newcomb W W, Los S O, *et al.* Mean and inter-annual variation of growing season normalized difference vegetation index for the Sahel 1981-1989[J]. International Journal of Remote Sensing, 1991, 12: 1133-1135.
- [10] Prince S D, Brown de Colstoun E, Kravitz L. Evidence from rain use efficiencies does not support extensive Sahelian desertification [J]. Global Change Biology, 1998, (4): 359-374.
- [11] 高尚武, 王葆芳, 朱灵益, 等. 中国沙质荒漠化土地监测评价指标体系[J]. 林业科学, 1998, 34(2): 1-10.
- [12] 王葆芳. 国内外沙漠化监测评价指标体系概述[J]. 林业科技通讯, 1997, (7): 4-8.
- [13] GB 19377-2003. 天然草地退化、沙化、盐渍化的分级指标[S].
- [14] 高飞, 邢文渊, 李大平, 等. 和静草地覆盖度变化遥感监测及分析[J]. 草业科学, 2007, 24(4): 27-30.

Discussion on grading index of grassland desertification control base on TM Data

——A case study of aerial seeding in Xianghuang Banner

WANG Qiu-ju^{1,2}, WU Xin-hong¹, YANG Ting-ting¹, LI Peng¹, Daorentuoya³

(1. Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot 010010, China;

2. Baotou city Environmental Monitoring station, Baotou 014030, China;

3. Grassland Working Station of Xianghuang Banner, Xilinguole 013250, China)

Abstract: Studying grading index of grassland desertification control aims to determine the degree of grassland desertification control level, and to provide the indices for scientific desertification control and evaluation, rational utilization and supervision. This paper took Xianghuang Banner's aerial seeding project in arid and semiarid region for an example, using vegetation coverage as dominant factor, wind and sand erosion as well as the biological soil crust and soil development as supplementary indexes, set up standard grading of grassland desertification control based on the field investigation and remote sensing image interpreter, providing reference to evaluate grassland desertification control effects and desertification grassland dynamics.

Key words: grassland desertification; control projects; control degree; index determination