

草地、灌木地和稀树干草原生态系统 监测手册

第二卷：设计、补充方法和指导

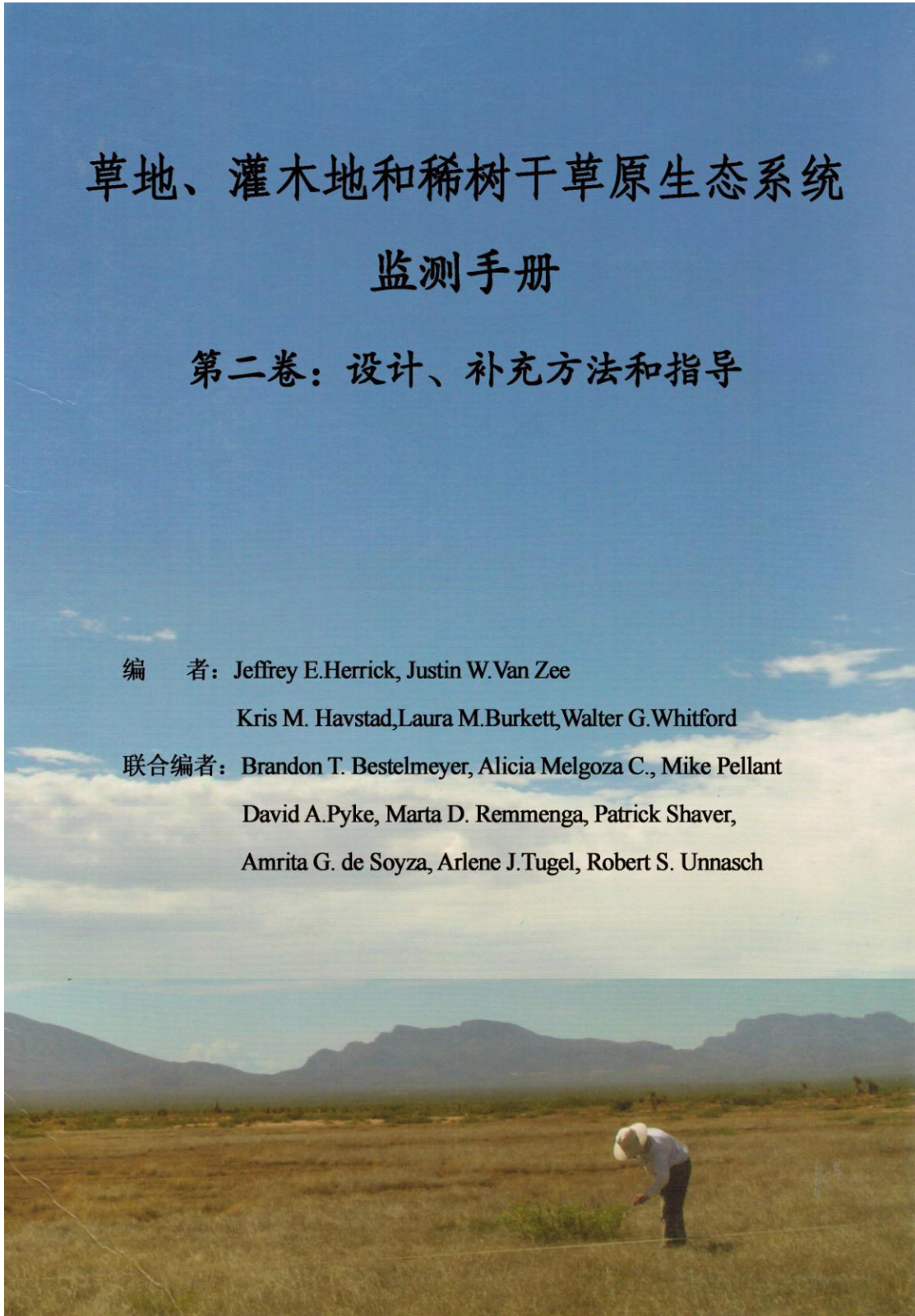
编者：Jeffrey E.Herrick, Justin W.Van Zee

Kris M. Havstad, Laura M.Burkett, Walter G. Whitford

联合编者：Brandon T. Bestelmeyer, Alicia Melgoza C., Mike Pellant

David A.Pyke, Marta D. Remmenga, Patrick Shaver,

Amrita G. de Soyza, Arlene J.Tugel, Robert S. Unnasch



草地、灌木地和稀树干草原生态系统 监测手册

(第二卷: 设计、补充方法和指导)

编者: Jeffrey E.Herrick, Justin W.Van Zee

Kris M. Havstad, Laura M.Burkett, Walter G.Whitford

联合编者: Brandon T. Bestelmeyer, Alicia Melgoza C., Mike Pellant

David A.Pyke, Marta D. Remmenga, Patrick Shaver,

Amrita G. de Soyza, Arlene J.Tugel, Robert S. Unnasch

翻译: 韩国栋 王忠武 李治国 孙云霞

校对: 赵萌莉 高翠萍 高 讷



中文版序

草地约占地球陆地表面的 50%，主要是草原、灌木地和稀树草原。草地生产力较低，而且变异很大。然而，草地是肉、奶、纤维的重要生产基地，全世界约 1/4 的人口以草地为生。

草地是产生清洁水的重要场所，植被阻止了土壤侵蚀，并降低了水库的泥沙沉积。通过增加水库周边的植被，草地有助于保证可持续的水电供应。草原植被也可以保护土壤免受风蚀，维持城镇的良好空气质量。由于草地覆盖较大面积，所以在吸收大气中的碳也具有巨大潜力。在生产力较高区域的退化草地，草地特别有潜力固持大量的碳。

当人口数量继续增长时，草地将显得更加重要，这种对生态系统服务的需求会扩展到中国，以至全世界。

这些土地的可持续管理需要有关草地如何发生变化的知识。为了改进管理和选择最好的恢复策略，需要有反映不同类型管理效应的监测数据。这个手册是国际科学家和管理人员经过十年以上的人艰苦努力而做出的成果。一些方法（如点线截距法）有一个很长的使用历史；而另外一些方法（如空斑截距法和土壤稳定性简易法）的发展是因为现存的测定生态系统退化和恢复的方法太慢、费用太高或重复不够，而且不同的研究者的结果差异太大。这些方法的目的是提供一些资料来反映土地的所有健康，并且应用于相关土地利用的所有类型。

我们很高兴内蒙古农业大学主动翻译出版这个手册，因为我们知道这个手册对中国学者和管理人员管理他们的草地有很高价值。我们希望这个中文版有更广泛的读者，使它引领中国草地知识的增长，并增进世界科学家和管理人员对这方面知识的认识，使他们有能力改进各自的草地。

Jeffrey E. Herrick, Justin W. Van Zee, Kris M. Havstad, Laura M. Burkett, Walter G. Whitford
Brandon T. Bestelmeyer, Alicia Melgoza C., Mike Pellant, David A. Pyke, Marta D. Remmenga, Patrick Shaver,
Amrita G. de Soyza, Arlene J. Tugel, Robert S. Unnasch

目 录

第二卷前言	1
第一部分 六步监测项目	4
监测项目设计清单	7
第一章 第一步：确定管理和监测目标	8
监测项目设计表 I	11
第二章 第二步：把土地分层为监测单元	12
第三章 第三步 评估现状	18
第四章 第四步 选择指标和测量的数量	21
监测项目设计表 II	26
第五章 第五步 选择监测样地位置	27
第六章 第六步 建立监测样地	30
监测样地描述表格	36
第二部分 补充方法	38
第七章 紧实度测定	39
土壤紧实度-紧实度仪数据表	45
第八章 单环渗透计（水渗透）	46
单环渗透数据表	53
第九章 植物生产力	54
植物生产力数据表	60
第十章 物种丰富度（修改的 Whittaker 方法）	61
植物物种丰富度数据表	65
第十一章 植被结构	66
植被结构数据表	69
第十二章 树的密度	70
树密度和大小数据表	73
第十三章 湿地河道植被调查	74
河道植被数据调查表	78
第十四章 河道与沟壑轮廓	79
河道剖面数据表	82
第十五章 密度、频度和线点截距替代法	83
含高度的线点截距数据表	85
第三部分 指标计算与解释	86
第十六章 指标计算	87
第十七章 结果的诠释	89
第四部分：专题	113
第十八章 河岸带	115
第十九章 家畜生产	117
第二十章 野生动物栖息地	119
第二十一章 越野车用地和其他娱乐用地的使用	121
第二十二章 火	123
第二十三章 入侵种	125
第二十四章 状态及转化模型：介绍	127
第二十五章 遥感	131
第二十六章 土壤碳	133
附录	136
附录 A 监测工具	136
附录 B 单位转换系数	146
附录 C 有多少种测量	147
附录 D 土壤质量信息单	174
附录 E 土壤质地图	175

数据表格目录

监测项目设计清单	7
监测项目设计表 I	11
监测项目设计表 II	26
监测样地描述表格	36
土壤紧实度-紧实度仪数据表	45
单环渗透数据表	53
植物生产力数据表	60
植物物种丰富度数据表	65
植被结构数据表	69
树密度和大小数据表	73
河道植被数据调查表	78
河道剖面数据表	82
含高度的线点截距数据表	85

第二卷前言

我们将草原、灌木地和热带稀疏草原生态系统的监测指南分成了两卷：快速开始（第一卷）和第二卷。这两卷文献计划用于帮助广大使用者，包括技术人员（数据收集者）、野外工作领导者、牧场主和土地所有者、土地管理者、草学专家和研究人员。

快速开始（第一卷）包括建立像点和完成四项基础测量的基本方法与说明。第二卷提供了详细的关于监测项目设计、数据分析与解释的指导，同时还包括很多补充方法。

第一部分 描述如何通过六步设计一个监测项目。

第二部分 包括八种补充监测方法和可代替线点截距方法的方法。

第三部分 描述如何管理、分析和解释监测数据。

第四部分 为解决这些监测项目涉及的以下问题提供监测项目的具体建议：

- 河岸带
- 家畜生产
- 野生动物栖息地
- 越野车使用及其它休闲地使用
- 火烧
- 入侵物种
- 状态和转化模型
- 遥感
- 土壤碳

测是我们使用数据来监测和优化管理决策的这个范围更广进程的组成部分。监测数据使得科学家和土地管理者收集到的资料能够应用于改善资源管理中。

监测的设计应该第四部分也解释了如何描述和转化模型，用以帮助你设计包括阈值易发生显著改变的监测项目，还描述了如何利用遥感改良监测效果。最后讨论了土壤碳和监测的关系。

我需要阅读全文吗？

不需要。首先将快速开始（第一卷）第一页的目录读完。这可以帮助你找出与你想了解的内容相关的章节。在多数情况下，你根本不必阅读第二卷。但是，我们建议你熟悉这一卷的第一部分（目的是提高监测项目设计的质量）和第三部分（帮助解释）。

这些手册我都需要吗？

可能。这取决于你的背景、经验和监测目的。第一卷和第二卷可以为设计和完成一个监测项目提供足够的指导。但是，我们强烈建议你参考其它信息资源并请教当地专家，以设计出最符合要求的监测项目。这一卷最后的“参考和其他资源”部分中列出了许多优秀的参考书目。

电子资料形式

附加信息和电子数据形式可在以下网址进行下载：<http://usda-ars.nmsu.edu> ,我们会继续改进内容并定期更新网上信息。

管理监测

监能够满足各种社会利益所要求的一系列不同目标（图 1 介绍中的正三角形）。这本手册中所描述的监测程序提供了有关景观和生态系统可持续性的三个关键属性的数据：土壤和样地稳定性，水文学功能和生物完整性。这些数据为评估现阶段景观管理对哪些社会目标和/或价值的满足程度提供了根据，还提供了满足具体目标管理的选择依据（图 1 介绍）。

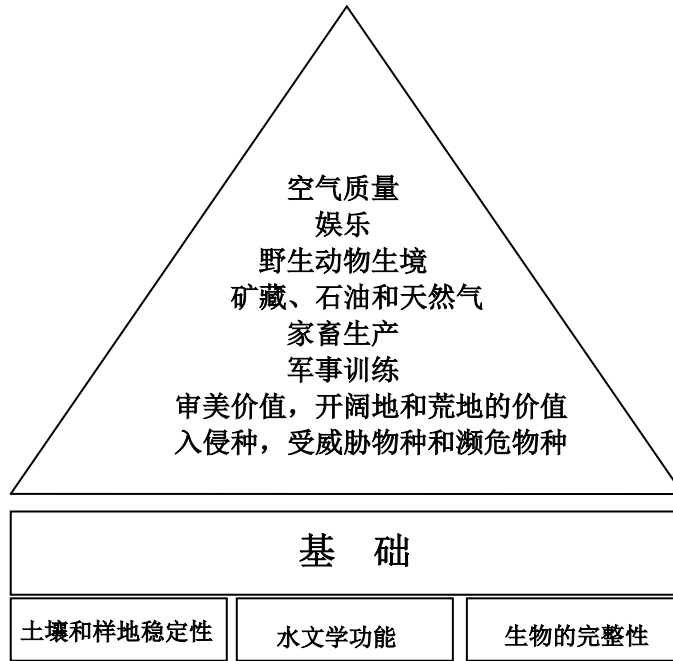


图 1.介绍： 对三大关键属性（主要监测目标）的监测是维持满足不同管理目标的生产潜力的基础。

适应性管理：通过假假设或预测进行管理。

每次当我们改变管理方法或决定继续使用相同的管理方法时，我们其实也在做预测。有时这些预测是明确的。当管理需要一个重要的经济投资（例如围栏）或者风险（例如火烧）增加时，我们认为预测应更清晰。通常预测是含蓄的，因为多数管理决策都是为提高土地状况，以及由土地（或土地和产品）所提供的商品和服务的质量和数量而设想的。

这些预测和科学假设是完全相同的，而且监测数据使我们能够准确测试我们的预测。也许我们不能像研究人员那样收集更多的数据，但是我们的数据可能对调整管理策略更加有用，因为这些数据反映了我们所管理的土地的独特特征。例如，我们可能决定维持一个放养牲畜的策略，因为我们认为这一策略不会对牧草和土壤造成损害。之后，我们的假设是基于盖度和土壤稳定性不会退化。可以用监测数据来检验这一假设。

为了准确地测试我们的预测，我们需要谨慎地选择指示指标的类型和监测地点。为了做到这一点，我们也必须考虑到草地上其它因素的影响，例如气候和土壤变化。在了解情况后，选择监测地点和重复次数是得到有用数据的关键。

附加工具

在设计监测项目、解释监测结果和将它们应用于管理时，有三类工具十分有帮助。*生态样地*通常把景观分成相似的单元以便于我们能够推知结果。*状态和转化模型*用来帮助我们评估与该地区潜力相关的状态，确定处于相对不可逆临界值危险中的地区，了解使某地区退化或恢复的因素。*定性指标*通常和状态和转化模型一起应用来评估现状并确定关键过程。

景观和生态样地。我们所管理的景观通常是千差万别的。这是因为所管理地区在不同空间尺度上存在地质、地形、土壤及气候的差别。样地的特征决定部分景观能够生长不同种类和数量的植被的潜力，并且因此根据它的潜力对管理措施的反应就可以把将要监测的区域分成若干监测单位。美国很多地区的样地特征在生态样地描述中都有说明（可以从国家资源保护部（NRCS）获取）（第2章）。生态样地（景观单元）在景观中镶嵌分布。根据现状（第3章）和管理，这些单元可被进一步分层。

状态和转化模型。在很多国家，为了描述单个生态样地或相似的景观单元，正在研发不同控制因素（例如干旱或放牧）如何引起植被和土壤变化的概念模型。这些状态和转化模型描述了那些容易改变和不易改变的群落组成的变化（即由过渡期向新阶段的转变）（第24章）。状态和转化模型可以帮助我们指示具有不易改变特征样地的潜在危险和不同管理选择的潜在效益。在一个给定的生态样地中，利用植被和土壤表面性质来确定状态和转变模型中的生态状态。确定生态状态可帮助我们确定未来的退化风险和恢复选择。每一模型中的预测都是基于那些有经验的管理者所收集的观察结果、研究数据、监测数据以及模拟模型的基础上的。

定性指标。定性指标（第3章）是十分重要的工具，它将实际中观察到的模式与状态和转变模型中描述的模式相匹配。那些不易进行定量测量的特征和过程可通过定性测量进行评估。对于出现在更大范围内的模式来说，例如评估径流地区和沉积区的空间范围以及这些地区与土壤和现有植被的关系，这一点更为受用。其它定性指标的例子有：板状结构和水平根生长作为土壤（通常不表现为板块结构的土壤）紧实的指示物，岩石和植物的基部作为土壤侵蚀的指示物。

我们必须意识到短期数据观察不能够提供完全确定的草地未来变化的信息。由于本身特点，定性指标可以引导你关注一些更广泛地区（有或没有监测）的生态过程。因此这些定性指标可与那些指示问题、潜在原因和潜在补救措施的短期数据观察是一致的。

付诸实践

在长期过程中，每一个监测单元或生态样地类型中所收集和分析的数据可以帮助我们优化生态模型及确定草原如何管理。但仅仅学习一种特定的管理策略的价值是有限的，还会导致植物和土壤的持续损失。我们应将短期和长期监测数据都利用起来，并结合定性观察，经常评估之前的假设——特别是当环境条件（例如降雨）发生改变时。如果一项管理策略开始看起来就无法达到预期的效果，那么我们应该改变策略。在监测和管理之间，成功的反馈可使土地利用更有可持续性。

第一部分 六步监测项目

这一部分描述了在景观水平上（大于 400 公顷或 1000 英亩的地区；图 0.1）如何设计和完成一项长期的基于生态系统的监测项目。该项目建立在推断监测项目的一个主要目标的基础上，来探测草原、灌木地和热带稀疏草原生态系统中三大基本属性的长期变化情况，即：土壤与样地稳定性、水文学功能和生物完整性（介绍图 1）。

六个步骤

第一阶段六步中的每一步已在流程图（图 0.2）中进行了说明并列在监测项目设计清单（第 1 部分简介的末尾中）中。对于每个步骤的描述在其所在的章节中（第 1—6 章）。这些步骤按照它们被完成的顺序进行了排列。由于没有‘单一’的方法来设计一个监测项目，回顾之前的步骤通常是有帮助的。例如，第三步所完成的评估通常会揭示一些问题，这些问题将导致新的管理和监测目标（第 1 步）的产生。如果将注意力集中在具有危险或有高恢复潜力的地区，状态和转化模型在这里也很有帮助。对第二步中所确定的特定监测单元重新确定管理和监测目标（第 1 步）也是有用的。

使用监测项目设计表 1（第 1 章）和表 2（第 4 章）来组织你的监测项目的相关信息。使用监测项目设计清单来确保你已经完成了每一步。这一系统允许最大的灵活性来处理目标和长期变化，包括对适应性管理、附加目标的监测、短期监测以及对威胁和控制因素的监测。

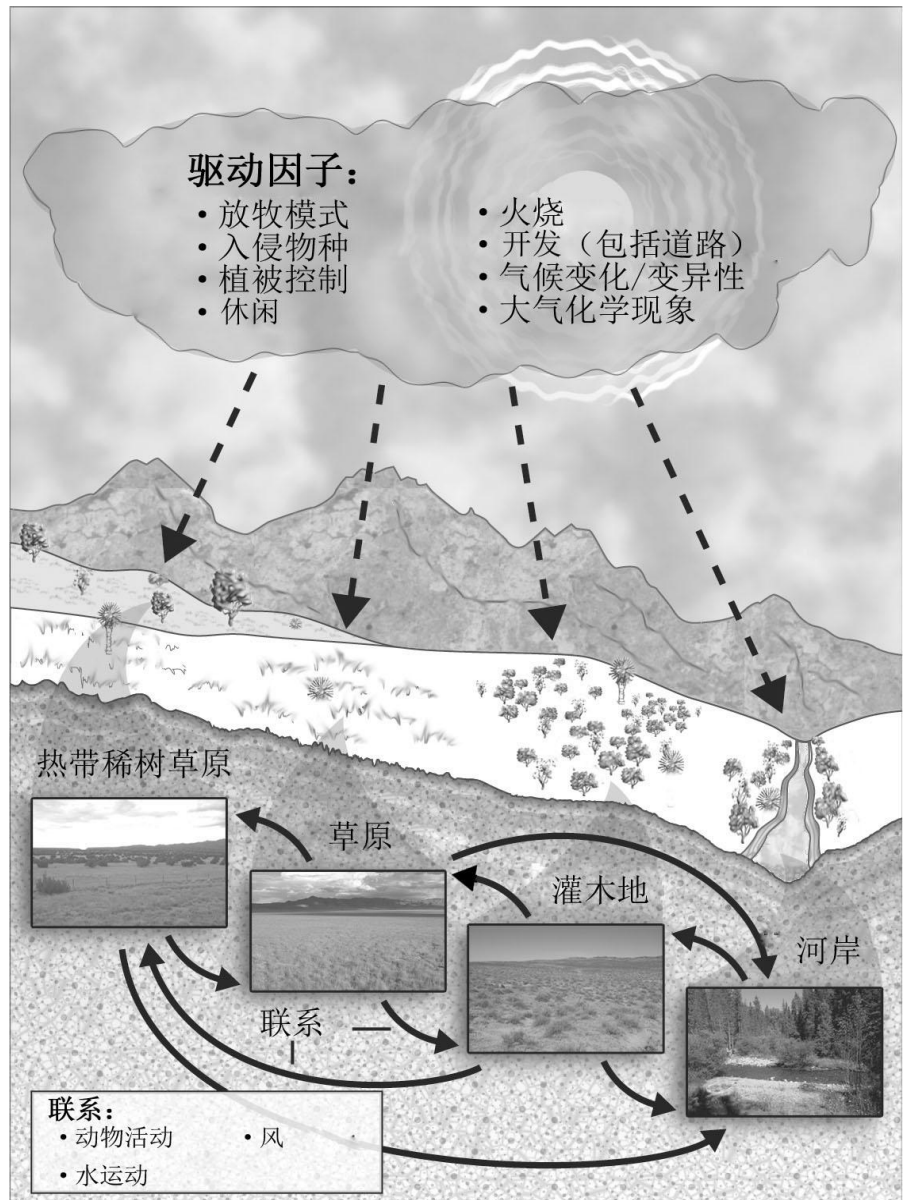


图 0.1 景观尺度下的监测项目应该能对最重要的控制因素做出反应，并对景观单元中的相互作用敏感

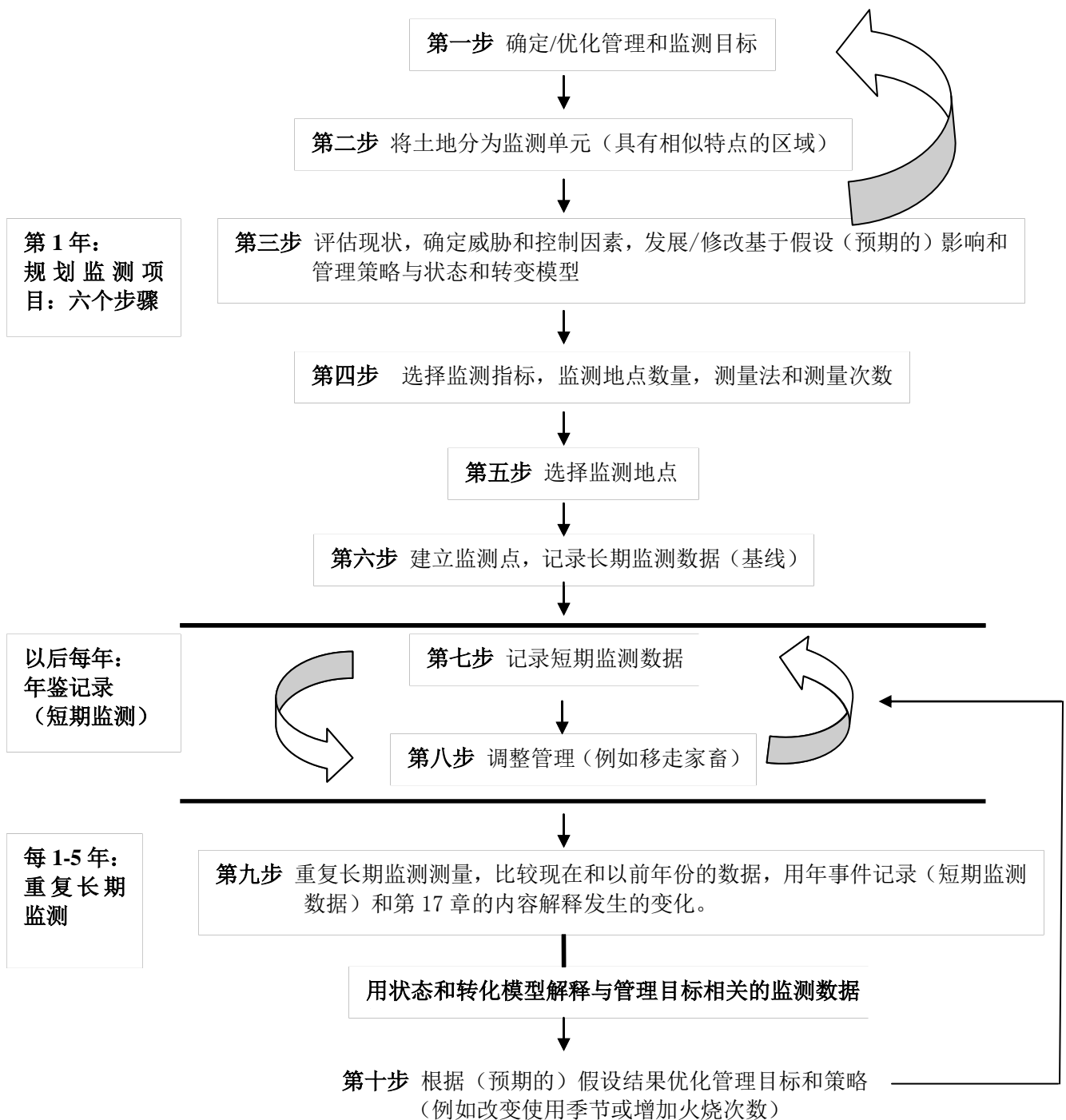


图 0.2 监测项目的设计与执行（第 1-6 步）以及与管理的结合（第 7-10 步）

适应性管理及假设管理的监测

除长期监测数据以外，适应性管理还需要三类信息：短期监测数据、潜在威胁或者控制因素的相关信息以及清楚明确的对管理结果的（清单中的第 1 步、第 3 步、第 7 步）假设（预测）。用状态和转化模型（第 24 章）结合评估、监测数据以及关于潜在管理结果的现阶段的相关信息（以管理经验、科学研究和模拟模型为基础）来进行预测。

附加目标的监测

像介绍图 1 所描述的那样，三大基本属性的监测可作为特定用途监测的基础。

基本测量法之所以部分被选用（在快速开始中进行了描述），因为它们也可用于产生与特定用途相关的指标。例如，线点截距可产生植被盖度和组成的指标，这些指示物与牧草生产的数量和质量有关。这些指标与间隙截距方法所得的空间结构指标一起，可用于评估和监测野生动植物生境的质量，以及植物群落对火烧所做出的反应。

通过轻微变动，可在相对较低成本的条件下，提高基本测量法的值（参看第 4 部分）。例如，可通过在线点截距方法中加入植物高度测量（第 15 章）或植被结构方法（第 11 章）来测量垂直植被结构。在某些情况下，如河岸监测，可能需要补充测量（第 2 部分）。第四部分也为达到特定监测目标提供了建议。

短期监测（每年使用的记录）

短期监测数据（列在快速开始的末尾）可用于获得短期管理变化（第 7、8 步）。例如，残留盖度或生物量的相关信息往往用于决定何时将家畜迁移到新的草场上。这一信息也可用于解释长期监测数据。

监测威胁和动力因素

潜在的威胁和动力因素的信息，如扩建新道路或火烧次数的改变，可用于帮助确定需要改变管理和/或监测的地区。威胁和动力因素在第 3 步中。

如果没有足够的时间怎么办？

无论什么样的监测都不如不用监测好。运用管理和监测目标来指导监测项目设计可以降低监测成本。用几天时间细致计划通常可降低 50% 或更多的成本，并可得到更有用的数据。

- 在预期变化很小的地方（参看第 24 章有关状态和转化模型描述）或只需要定性记录的地方使用像点。
- 选择在管理和监测目标中定义的对变化敏感的测量法。
- 选择能产生与多重目标相关指标的测量法。部分选用快速开始中的测量法，因为它们对三大关键属性的变化很敏感，同时可产生大量的与许多其它目标相关的指标。
- 使监测次数与预期的变化率相匹配，这一变化率是以最小的可探测的变化为基础的。如果在基盖度中你能探测到的最小变化是 5%（第 4 章），并这一变化的发生至少需要 5 年，那么多次重复测量就是浪费时间。

监测项目设计清单

步骤	任务	是否完成?
	规划监测项目	
1	确定管理和监测目标 确定管理目标.....	_____
	确定监测目标.....	_____
2	将土地分为若干监测单元（具有相似特征的地区）	_____
	收集背景信息（地图、照片、管理历史）.....	_____
	确定分类标准（如土壤、植被、管理单元）.....	_____
3	完成分类并在监测项目设计表 I 和 II 中列出监测单元（第 1 章和第 4 章）.....	_____
	评估每一个监测单元的现状；确定威胁和动力因素；优化长期管理和监测目标；发展或修改管理策略	_____
	选择评估系统（例如 Pellant 2000，报刊中）.....	_____
	核实参与人员是否具有相关资格.....	_____
	完成评估.....	_____
	确定并记录胁迫、控制因素和机遇.....	_____
4	优化长期管理和监测的目标.....	_____
	发展和修改管理策略.....	_____
	根据目标和可利用的资源，选择监测指标、监测地的数量、监测法的数量和监测次数	_____
	选择监测指标.....	_____
5	确定监测地数量.....	_____
	确定测量次数.....	_____
	估计所需时间.....	_____
6	选择监测地位置	_____
	选择和应用样地选择方法.....	_____
	选择实用“排除法”排除不合适的地点.....	_____
	建立并描述监测地，记录长期监测数据（基线）	_____
	建立并永久标记检测地.....	_____
7	描述监测地并记录 GPS 位点，包括同等级的系统、数据和地区.....	_____
8	记录长期数据.....	_____
	检查错误，复制数据，并将复制的数据保存于不同地点.....	_____
9	短期监测（所有年份）	_____
	记录短期监测数据（每年至少一次）（快速开始）	_____
	如果需要，调整管理（快速开始）。	_____
	重复长期监测（每 1—5 年）	_____
	重复长期监测测量（第 6 章），与第一年的数据进行比较并解释变化（第 17 章）	_____
10	重复长期监测测量.....	_____
	复制数据，并将复制的数据保存于不同地点.....	_____
	计算指标.....	_____
	与第一年（或之前的年份）进行比较.....	_____
	利用短期监测数据和第三部分解释变化.....	_____
	如有需要，优化管理策略	_____

除额外说明，1—6 步与 1—6 章相一致

第一章 第一步：确定管理和监测目标

目录

1.1 确定管理目标.....	_____
1.2 确定监测目标.....	_____

为什么要监测？

监测数据应用于：

- 评估以往管理的影响；
- 确定有效的管理实践；
- 确定可用于预测未来变化的趋势，据此做出管理上的调整；
- 理清多种不同因素（干旱、火烧、管理）是如何影响土地的。

最有用的监测项目通过产生相关数据来帮助管理者完成长期管理目标。因此，在设计监测项目前，清楚明确确定管理和监测目标非常必要。

当你规划你的目标时，用监测项目设计表 1（第 1 章末尾）来记录它们。你可能会发现，在确定具体的短期和长期目标前完成分类过程（第 2 章）会相对容易些。

步骤 1.1 确定管理目标

(a) 在监测项目设计表 1 的第一行列出所监测地区的总体长期管理目标。你希望土地是什么样子？你希望这片土地现在和从现在起 100 年内可以提供什么样的产品和服务？

(b) 在监测项目设计表 1 的第五栏中列出每一监测单元或每种土地类型的具体的长期管理目标（参看第 2 章有关监测单元的讨论）。设计长期监测项目来测量满足这些目标的过程。例如，具体目标可能包括维持或增加特定产品的生产（例如饲养家畜的牧草）或服务（例如在到达溪流之前缓慢移动的水）。运用状态和转化模型（第 24 章）可以帮助我们确定在不同地区可能出现的变化。

(c) 在监测项目设计表 1 同一栏（第五栏）内列出为达到每种类型监测单元的长期目标所需要的短期管理目标。运用短期监测指标可以确保短期目标的完成，并可用于解释长期监测数据。

表 1.1 列出了一些管理目标的实例。

步骤 1.2 确定监测目标

确定管理目标后应确定监测目标。在对地块评估后，可能会产生额外的监测目标（第 3 章）。在有些地方，监测目标应该是能够量化的。运用附录 C 帮助我们确定监测目标是否现实。

(a) 在监测项目设计表 I 的第二行列出所监测地区的总体长期监测目标，以总体长期管理目标为基础。监测目标总体上可分为三类：(i) 平均状态下的变化 (ii) 具有高退化风险地区的状态变化 (iii) 具有高恢复潜力地区的状态变化。以解决第一目标为主而设计的监测项目的投入与效益比是最低的，因为大量的精力都用在了变化可能性很小的监测地区。选择目标类型 (ii) 和 (iii) 的其中一种或两者都选会把资源集中在管理最有可能发挥效力的地区。有关样地选择的更多信息见第 5 章。(b) 在监测项目设计表 I 的第六栏列出每种监测单元类型的具体长期监测目标。监测单元内以及监测单元之间退化和恢复的潜力有所不同。可以用状态和转化模型（第 24 章）来帮助每种监测单元类型选择合适的监测目标。(c) 为确保管理计划按要求实施并记录管理变化，需列出所需的短期监测目标。在监测项目设计表 I 的同一栏（即第 6 栏）记录这些目标。

监测目标的相关实例列于表 1.1 中。图 1.1 和 1.2 是另外两个实例，箭头指向表示良性变化。

目标

表 1.1 以一个在蒿属灌木和多年生疏丛禾草占优势的地区，处于中度海拔的大牧场的管理和监测目标为例。在土地使用是以娱乐、开矿和（或）生物多样性保护为主的地区可产生相类似的目标。

总述

管理： 保持或增加土壤生产力以及土地使用选择的数量。使土地退化风险最小化。

监测： 将监测集中在具有高退化风险和（或）具有高恢复潜力的地区，尽可能多地提供与管理相关的信息。

监测单元类型	长期目标	短期目标
陡峭的，极易被腐蚀的向南的山坡	<p>管理：</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 土壤侵蚀最小化。(2) 增加野生动物栖息地的生物多样性。 <p>监测：</p> <p>监测地表盖度变化，尤其是禾草的基盖度和灌木的冠层盖度。监测入侵种，包括旱雀麦。</p>	<p>管理：</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 控制放牧以保持足够的地表盖度，并使侵蚀降至最低。(2) 定期放牧，促进多年生禾本科植物的繁殖和建殖，并为野生动物保持足够的蒿属灌木盖度。 <p>监测：</p> <p>监测在整个放牧时期和放牧末期中发生的变化。记录放牧的起始和结束时间。</p>
河岸带	<p>管理：</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 增加树木盖度。(2) 增加河岸稳定性。 <p>监测：</p> <p>监测沿溪边地区和整个河岸带内树木盖度大于 10% 的变化。</p> <p>监测沿溪边地区盖度大于 5% 的稳定物种的变化。</p>	<p>管理：</p> <ul style="list-style-type: none">(1) 植物处于生长季时，限制对树木的利用，直到它们高于啃牧线为止。(2) 限制家畜和交通工具对能够防止侵蚀和压实的基质的破坏，如碎石。(3) 定期放牧，促进河岸带上稳定植物种的生长。 <p>监测：</p> <p>记录完整的数据和新的控制动物分布的设施的影响（例如，围栏，加固的交叉点）。如果可能，直接记录家畜的分布（如牲畜粪便的数量）。记录每一次放牧的开始和结束时间。</p>

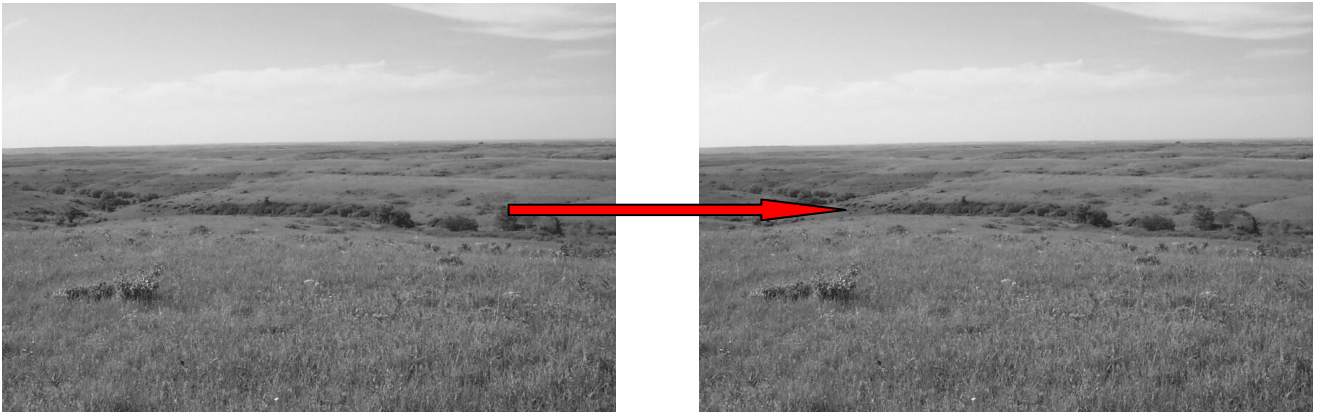


图 1.1 美国堪萨斯州的高草草原在其最高潜力下发挥功能。箭头显示随时间迁移没有重大变化。长期管理目标：维持生物多样性和生产力。长期监测目标：通过植物功能群监测植被盖度和产量的变化；监测植物物种丰富度的变化。

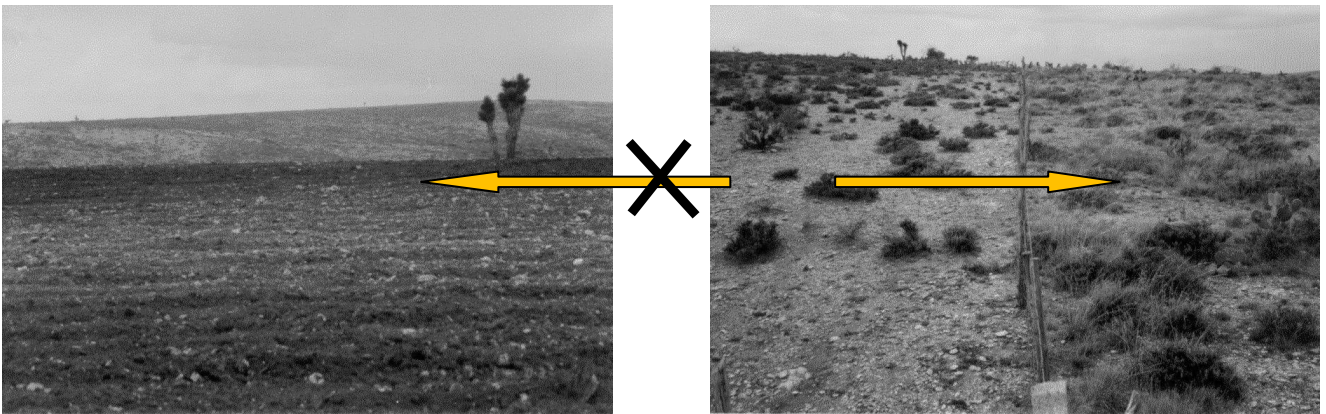


图 1.2 围栏左侧的过度放牧草地 (b) 和围栏右侧的适度放牧草地 (c)，转换成旱作农业 (a)，萨卡特卡斯，墨西哥。箭头所反映的是从长期生态可持续性角度来看的良性和恶性变化。长期管理目标：(1) 为了保证牲畜的饲草产量，增加植被盖度。(2) 避免耕种，因为这会加速土壤的退化和侵蚀，最后导致不可恢复的恶果。长期监测目标：(1) 通过植物功能群和植被空间分布监测植被盖度和产量的变化。(2) 收集足够的数据来监测裸地上 5% 的变化。

监测项目设计表 I

列出了监测单元的不同类型及每一种单元类型的监测和管理目标。

总体管理目标:							
总体监测目标:							
监测单元名称* (第 2 章)	土壤/景观位置** (第 2 章)	优势植被(第 2 章)	现状 (第 3 章)	管理目标(第 1 章) —— 长 期 —— 短期	监测目标(第 1 章) —— 长 期 —— 短期	总面积 (这一名称下的所有单元)	监测等级(第 4 章)

*把这些监测单元名称复制到监测项目设计表 2 第一栏中 (第 4 章)

**如果知道的话, 或是生态样地或其它等同物。

第二章 第二步：把土地分层为监测单元

目录：

2.1 收集背景信息（地图、照片、管理历史）	_____
2.2 确定分层标准（如土壤、植被、管理单元）	_____
2.3 完成分层并在监测项目计划表 1 和 2 中列出（第 1 和 4 章）	_____

这一章描述了如何将一个地区分为不同的监测单元以及决定监测哪些单元。如果把所关注的地区分层，那么我们可以对从个别监测点得到的数据进行更加可靠的推测，来代表更大的区域。

因为草地是最复杂的生态系统之一，所以我们不可能设计出一个能够完美地反映所有景观单元变化的监测系统。但是，通过将每一地区仔细地划分为相对一致的监测单元可以提高任何一种监测系统的准确性和精确性。

监测单元是分布在景观中特定部分的地区（例冲积盆地或山顶），在这一地区内的植被、土壤类型、管理和现状都相对一致。一个特定监测单元内的所有部分对管理中的变化和灾难性干扰（例如干旱和火烧的结合）应做出相似的反映。监测单元的范围小到少于一英亩，大到几平方英里或者更大。

同一类型的复合监测单元（如图 2.1 中山的内坡）通常会在景观中重复出现，并被其它类型的监测单元所分隔。图表 2.1 表明如何根据管理措施（放牧与禁牧）将一景观单元（冲积平原）分成两类监测单元。

并不是所有的监测单元都需要被监测（图 2.1）。例如，如果主要目标是监测退化风险或恢复（见第 1 章）的监测项目，则可以不包括高度稳定的监测单元（如基岩）在内。用监测项目设计表 1（第 1 章）和表 2（第 4 章）来跟踪记录潜在的监测单元。

如何分层

景观分层过程有三步：

2.1 收集背景信息、地图和照片

2.2 确定分层标准

2.3 将这一地区分成若干监测单元

（a）将该地区分成土壤—景观单元；

（b）把土壤—景观单元进一步分为土壤—景观—植被单元（如果需要）；

（c）以管理类型为基础，进一步将土壤—景观—植被单元分为监测单元。

将 2.3 中的每种监测单元类型记入监测项目设计表 1 和表 2 中。

步骤 2.1 收集背景信息

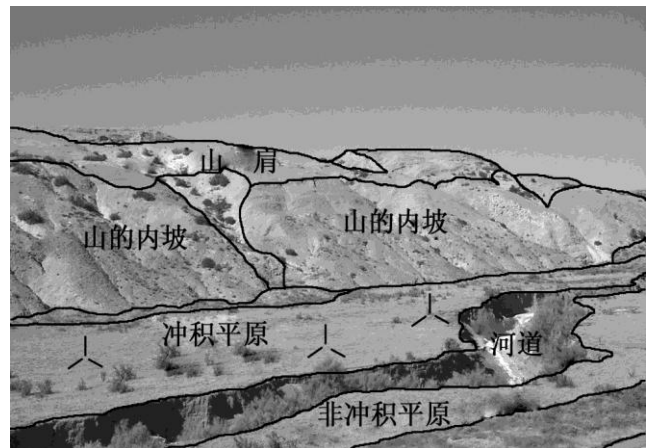


图 2.1 如何用土壤、景观、植被和管理标准来确定监测单元的实例。在这一实例中，三个监测点（图中显示为三个样线组合的设置地）位于具有高度退化和恢复潜力的夏季放牧的冲击平原监测单元中。在邻近山坡上的监测单元上没有监测点分布，因为这些监测单元没有满足包括家畜利用这一选择标准

以下资源有助于把景观分为监测单元以及需监测单元的选择。背景信息来源见表 2.1（通常点击 <http://usd-ars.nmsu.edu> 来获取最新列表）。有些资源要收取费用，但大多数资源都可从网上免费下载。可利用的新资源越来越多。

航空照片。组织信息的一个最简单的办法就是利用地图或该地区最近的航空相片，或者通过是地理信息系统（GIS）。理想的是用一张或数张标有围栏和道路的航空相片。

如果你想通过地理信息系统（GIS）和全球定位系统（GPS）单元来确定你在航片上的位置，你需要一张修改好的电子照片，该照片上的距离与地面上的距离须对应一致（直角调整）。使用最为广泛的该类型照片是美国地质勘探局的数字正射影像象限图，即 DOQQS。每一个这样的照片都覆盖了一个 7.5 分美国地质勘探局地形图的四分之一。

卫星图像。可以用高清晰度的卫星图像来分层。有关遥感在监测中应用的更多信息见第 25 章。

有记载的和口述的历史。关于历史变化的信息可用于预测景观的哪些部分在未来最可能发生变化。这些信息来源包括过去的监测记录（通常存放在当地的土地管理局（BLM）或美国国家林业局（USFS）办公室），以前的航空像片和调查记录，对以前和现在的土地管理者的访问记录是最有价值的信息来源之一。

资产（所有物）地图。把某个景观分成监测单元时，保护计划地图（可从国家自然资源保护部办公室获得）十分有用。它标明了以前和现在的房屋位置、围栏界线、畜栏、道路、饮水地点、补饲地点、播种地区、使用过除草剂的地区或是植被被移除的地区。所有这些都影响土地对未来管理所做出的反应。

物种清单。列出某一地区的常见物种是十分有用的。植被测量通常记录到种。对于所有的监测项目来说，至少应获取到潜在的入侵和外来物种列表。

生态（草地）样地描述。这些描述，特别是近期更新的描述（自 1999 年以来）可以用来帮助解释定量和定性信息，也包括部分物种和基本的土壤信息。

土壤地图。土壤地图通常会以地区土壤调查的形式获得。往往将其绘制在航空相片上。除地图之外，土壤调查还包含大量有关土壤性质和土壤对不同利用适宜性的信息。许多地区的 GIS 层次的土壤调查可以从当地的国家自然资源保护部办公室获得。

由于大多数草地景观的复杂性，草地和牧场的土壤地图很少包括以单个土系命名的地图单元（一个土系就像一个植物物种）。相反，单个地区的地图被绘制成由两个或多个的土壤地图单元组成的“复合体”或“结合体”。土壤地图单元就是土系的不同土相，通常根据对管理的重要性（例如坡度，土壤质地，土壤紧实度和盐浓度）来确定土系的土相。土壤调查（或是一位专业的土壤学家）可以帮助你确定根据监测目的对某地图单元的处理是否保持一致。

通过土壤剖面特征可区分土系。这些特征通常（但并不总是）直接与土壤功能有关。土系有助于我们利用生态样地描述和其它数据库所包含的相关信息。

表 2.1 景观分类资源。网络连接经常发生改变。有效期至 2004 年 9 月 13 日

资源	来源
航空相片*	<ul style="list-style-type: none"> • 美国地质勘探局网址: http://edcsn17.cr.usgs.gov/EarthExplorer • 出售美国地质勘探局照片的公司的网址: http://geography.usgs.gov/partners/viewon/ine.html • http://mapping.usgs.gov/esci/esci_index.html, http://ask.usgs.gov/sources.html, 或拨打美国地质勘探局的咨询电话 1-888。1996 年后的图像可从国家航空摄影计划 (GAPP) 和国家高海拔摄影 (NHAP) 所拍摄的照片中获取, 或在 Earth Explorer 网站上搜索: http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer • 美国农业部销售分局, 美国农业部美国科学家联合会 APFO, 2222 西部 2300 南部, 盐湖城, 通用时间, 84119-2020, 或者 (801) 975-3503, 或者 www.apfo.usda.gov/ordering_imagery.html
航空相片: 数字正射影像象限图	<ul style="list-style-type: none"> • 将航空相片数字化(扫描到电脑上)并进行地质调整, 使其具备地图的所有性质。当用地理信息系统对景观进行分层时, DOQQ 十分有用。 • 美国地质勘探局或其商业合作者的网址: http://geography.usgs.gov/www/partners/bpmain.html • 美国地质勘探局国家自然资源保护部网址: http://www.ncgc.nrcs.usda.gov/branch/ssb/products/dog
地形图	<ul style="list-style-type: none"> • 7.5 分美国地质勘探局地形图: http://topomaps.usgs.gov • 可从美国地质勘探局或其商业伙伴 http://geography.usgs.gov/www/partners/bpprod.html 那里购买硬盘拷贝或 CD 来获取其它的地形图
数字光栅图 (DRG)	<ul style="list-style-type: none"> • 一张经过扫描的美国地质勘探局地形图进行了数字化(扫描到电脑上并进行了地质调查), 准备应用于地理信息系统 • 美国地质勘探局或其商业伙伴: http://topomaps.usgs.gov/dry
土壤调查和地图*	<ul style="list-style-type: none"> • 访问当地的自然资源保护部办公室(在电话簿的蓝页中美国政府, 农业部, 美国农业部自然资源保护部之下查找), 或查询自然资源保护部的网址: (http://soils.usda.gov/survey) 来获取所关注地方的土地调查情况。 • 对于大多数地区, STATSGO (国家土壤地理数据库) 的地图 (1: 250, 000) 都是可利用的。SSURGO (1: 240, 000) 地图处在数字化的过程中, 可通过当地的自然资源保护部获取硬盘拷贝。 • 访问当地美国林业部办公厅获取所关注地区的陆地生态系统调查的相关情况。一些厅局可能有这类数据的数字形式。
植被调查数据*	<ul style="list-style-type: none"> • 土地管理局: 土壤植被调查方法 (SVIM) 图, 是通过野外收集的植被调查数据绘制的地图。一些厅局有这类数据的 GIS 形式。 • 私有土地: 从以下网址查找自然资源保护部的状况图和自然资源调查数据: www.nrcs.usda.gov/technical/dataresources
整体图	<ul style="list-style-type: none"> • 土地管理局土地状况图(在电话簿蓝页内的美国政府, 内务部, 土地管理局下查找)
物种清单	<ul style="list-style-type: none"> • 美国林业局, 土地管理局和国家资源部办公厅(特别是以前的监测记录) • 国家资源部植物清单: www.nrcs.usda.gov/technical/dataresources • 参看以下的生态样地描述(国家资源部) • 国家植物组合中的本地植物章节中查找 (www.nanps.org/about/frame.shtml) • 国家植物数据库 (http://plants.usda.gov)
生态(草地)样地描述	<ul style="list-style-type: none"> • 当地的自然资源部办公厅(土地局的技术指导中的描述, 或从 http://esis.sc.egov.usda.gov 进行查询)。 • 一些改动了的描述可能还没有登在网上
地质图	<ul style="list-style-type: none"> • 美国地质勘探局的地质图: http://ngmdb.usgs.gov
入侵物种列表	<ul style="list-style-type: none"> • 国家资源部 http://plants.usda.gov/cgi-bin/topics.cgi?earl=noxious.cgi

*土地所有者也可通过寻求当地保护区和国家资源部的帮助实行保护计划

步骤 2.2 确定分层标准

有很多方法可以将景观分成功能相似的监测单元。对于广泛变化的生态系统来说，有三个标准很有帮助：土壤—景观、现阶段的植被和管理。

土壤—景观标准包括地形、景观位置和土壤。这些标准决定了监测单元支持不同植物群落的潜力。合并土壤—景观标准是很重要的一步，特别是在相同植物群落占优势的地区。在这些地区，底层土壤的信息可帮助我们确定具有高度恢复潜力的地区。

在大多数系统当中，以往不同的管理和干扰使土壤—景观单元中的当前植被发生了变化。可以把以往的管理和干扰作为分层标准，也可将其用于计划现在和未来的管理。

分层听起来可能很复杂，但实际上是比较简单的。

步骤 2.3 完成分层：将某地区分为监测单元

根据分层标准的数量，我们往往把这一步分为几个部分。在下面的实例当中，使用了三项标准。切记一个单独类型的监测单元可能包含很多个分布在景观中的单个单元。

2.3 (a) 将某地区划分成土壤—景观单元（国家资源保护委员会定义的生态样地或功能相似单元，例如美国国家林业局在陆地生态系统调查中使用的单元）。景观单元是坡度，方位和母质（形成土壤的物质）都相对一致的地区。因此，它们通常具有相似的土系或土壤成分。在一个景观单元中，土系或土壤成分在功能上相似的地区被归为同一个土壤—景观单元。在相同的气候条件下，功能相似的土壤具有相对一致的潜力生产一种特定类型和数量的植被。

土壤—景观单元通常与国家资源委员会定义的“生态样地”（之前称为“草地样地”）相一致，也与美国国家林业局在陆地生态系统调查系统中所使用的单元及在新西兰、澳大利亚和其他国家应用的基于土壤—景观的土地分类系统中使用的单元相类似，尽管这些系统当中有一些也使用现在的植被（见 2.3b）。在美国的大部分地区，将功能相似的土壤归为同一生态样地已经完成，尽管在不同的州之间用来建立特殊生态样地所使用的具体标准有所不同。土壤—景观单元在景观间重复（图 2.2）。例如，在坡度为 10—15%，花岗岩基岩上有 30—50 厘米（12-20 英寸）厚土壤的南坡上的多个地区，可被归类为同一个土壤—景观单元。

2.3 (b)（如有需要），进一步将土壤—景观单元划分为土壤—景观—植被单元。植被通常与景观单元的位置和土壤类型相联系，但在历史上对土地的不同利用可以导致同一土壤—景观单元上出现不同的植物群落（图 2.3；同样也见第 24 章）。植被再划分的依据通常是能够定义群落的现行优势种植物。也可根据关键种来对植被进行再划分，例如外来植物和入侵植物，或者是根据某种动物的生境类型来划分。切记虽然土壤—景观单元是相对持久和独立使用的，但是土壤—景观—植被单元是可以迅速发生变化的。

2.3 (c) 根据管理措施再进一步将土壤—景观—植被单元划分为监测单元（土壤—景观—植被—管理单元）

监测单元是具有相同土壤类型和植物群落且对管理变化会做出相似反应的最大的相连地区。草场边界，水源距离，固定的火烧，木本植物的移除和休闲用途可以用来描述监测单元。类似的监测单元（同一类型）往往会在景观中重复出现（图 2.1 和 2.4）。图表 2.4 显示了四种监测单元类型。

步骤 2.4 在监测项目设计表 1 和 2 中记录每一监测单元的类型

每一种监测单元类型即使在景观中重复多次，也只记录一次。在监测项目设计表 2 中监测单元栏的下面留出

额外的行，以便记录更多的监测点。

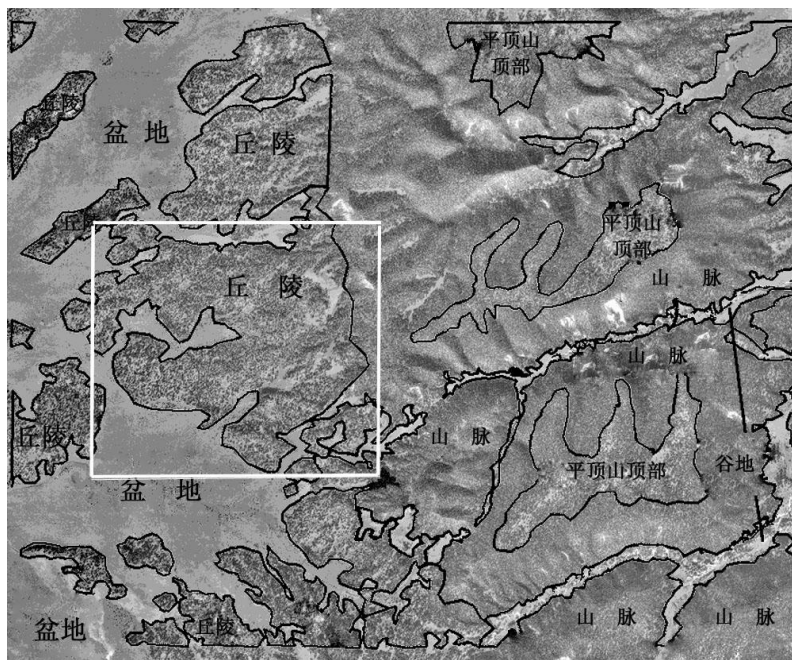


图 2.2 景观单元分层实例。这一分层类型只能与航空相片结合做出。由于缺乏土壤调查信息，进一步划分为土壤—景观单元是不可能的。利用土地调查图可使这一过程更加简单和准确。

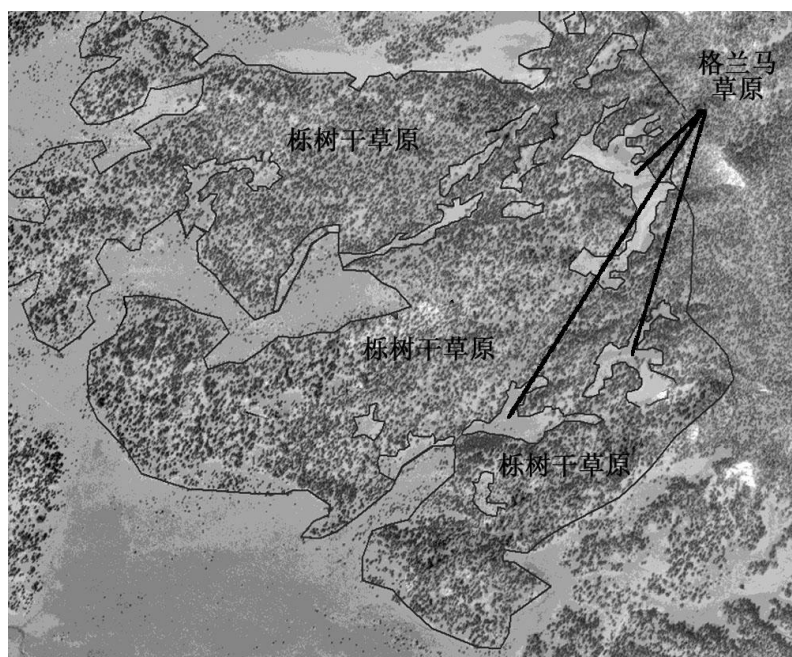


图 2.3 进一步将景观单元（图表 2.2 的方框）划分成景观—植被单元的实例。在此，一个丘陵景观单元被划分成了景观—植被单元。



图 2.4 根据管理措施将景观植被单元进一步划分成不同的监测单元类型（1—4）。在这一实例当中，根据进行或未进行指定的火烧将丘陵-矮松-矮桧稀树草原进行了进一步划分；根据是否移除木本植物将丘陵-格兰马草原进行进一步划分。

第三章 第三步 评估现状

目录

3.1 选择评估系统.....	_____
3.2 核实参与人员是否具有相关资格.....	_____
3.3 完成评估.....	_____
3.4 确定并记录胁迫、控制因素及机遇.....	_____
3.5 优化长期管理和监测目标.....	_____
3.6 发展/调整管理策略.....	_____

只要有可能，应该评估每个区域中每个监测单元（或者至少是每一种监测单元类型）的状况并在监测项目设计表 1 中记录（第一章）。这样可以帮助我们确定根据第一步中所述目标在每个监测单元中建立样线的相关实用性。

评估可以是定性的，也可以是定量的。可以利用现状，表面趋势或者基于现有监测数据上的趋势来进行评估。所有的评估都需要一些参考。利用趋势进行的评估是以之前某个时期的状况作为参考的。一般用生产潜力作为样地现状的参考，而样地潜力是由土壤和气候决定的（例如在第 2 章中讨论的国家资源部对生态样地的描述）。

步骤 3.1 选择评估系统

如今有许多方案可用于草地评估。这里描述了两种我们认为很有用的方法：高原地区草地健康的指标（IIRH）（Pellant 等人 2000，出版；Pwke 等人 2002）及评估河岸地区适宜功能条件的过程（PFC）（Prichard 等人 1998a, b）。选择这些方案是因为它们强调了与系统潜力相关的系统功能的容量。换言之，这些方案反映了相同的生态系统的基本性质，这些性质正是监测方案想要解决的。如今（2004）在美国，政府和非政府组织都在广泛地应用这些方案。IIRH 已经被翻译成西班牙语并在墨西哥应用了。

这些方案，如同所有的定性系统一样，都应该由经过培训的人员来应用，这些工作人员应对当地的生态系统有丰富的工作经验。从 <http://usda-ars.nmsu.edu> 获得这些方案和培训信息的 PDF 文件（便携式文档格式：这种格式的文件便于从网上下载，浏览和打印）。

高山地区。草地健康评价指标（Pellat 等人 2000，出版）（图 3.1）。该书描述了这样一个过程：即运用 17 个定性指标对三大属性进行评估：土壤和样地稳定性，水文学功能和生物完整性。这三个属性与本手册提出的三大生态属性相同。为每个生态样地（土壤—景观单元类型）都建立了一个标准或参考。每一指标的参考信息都总结在“参考表”中。根据指标与参考状态的相对偏差，将它们分为 5 种类型（从无到轻度，从轻度到中度，等等）。然后将这些指标结合在一起来评估每个属性。

在美国和墨西哥已经建立了关于一些生态样地的参考表。在美国，这些参考表被包括在国家资源部的生态样地中描述。最新的 IIRH 版本（4.0 版）中有关于在未开发参考表的地区开发参考表的说明。包括这个方法在内仅仅是为了帮助确定和选择潜在的监测位点（第 5 章）。其中所描述的指标并不能替代本手册中所描述的定量监测指标。有关如何应用这种方法的更多信息，请参看 IIRH 的出版物。

图 3.1 草地健康评价指标的封面

河岸带。评估适宜功能条件的过程（Prichard 等人 1998a, b）（图 3.2），描述了对河岸带的定性评估过程。

该过程也是基于 17 个指标。与高地地区的评价方案（IIRH）相比，主要有两个不同点：一是不考虑与预期生态样地的“偏差度”，而是评价某一流域是功能性的，处于危险的还是非功能性的；二是没有标准的参考。工作人员要完成评估就必须为每一个评估地区制定单独的标准。因此，组建一支由多元化的经过培训的并且有丰富知识和经验的人员组成的队伍对于完成这项工作是十分重要的。

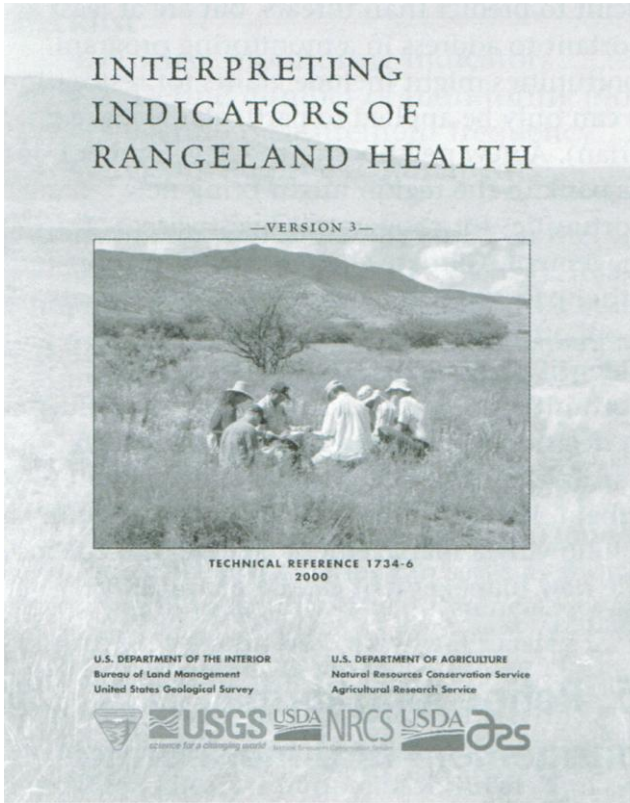


图 3.1 草地健康评价指标 Pellant 等人，2000，出版中）的封面

高山和河岸带评估系统的设计都是为了评估单个位置。记录额外样地的影响，可用来描述监测单元之间的联系。例如，某监测单元中大量的径流能够反映出坡上的监测单元的问题，或者某监测单元内入侵物种的出现可能会对临近的监测单元造成危害。

步骤 3.4 确定并记录控制、胁迫的因素及机遇

评估过程当中至关重要的一步就是确定控制因子，现今及未来的胁迫因素和机遇。两种评估方案都仅局限于对现状的评估。对于那些可能受未来活动胁迫或由未来活动带来新机遇的地方，因为它们具有变化的潜力，所以应该考虑对其进行监测。

控制因子。控制因子包括所有导致监测的性质和过程发生变化的因素。草地生态系统中典型的控制因素列于

步骤 3.2 核实参与人员是否具有相关资格

每个文件中都列出了相关评估者的资格要求。对生态系统的评估经验和长期的了解与学术资历同样重要。经过学术培训的但几乎没有田间经验的工作者会发现他们很难准确和稳定地应用评估方案。

步骤 3.3 完成评估

书写和电子形式皆可。

对哪里进行评估？对监测价值和（或）管理变化不确定的地区进行评估更为重要。如果已经知道某地区处于相对稳定的阶段，那么对该地进行完整的评估通常是没有意义的。确保通过评注和观察保证所有的评估都准确。

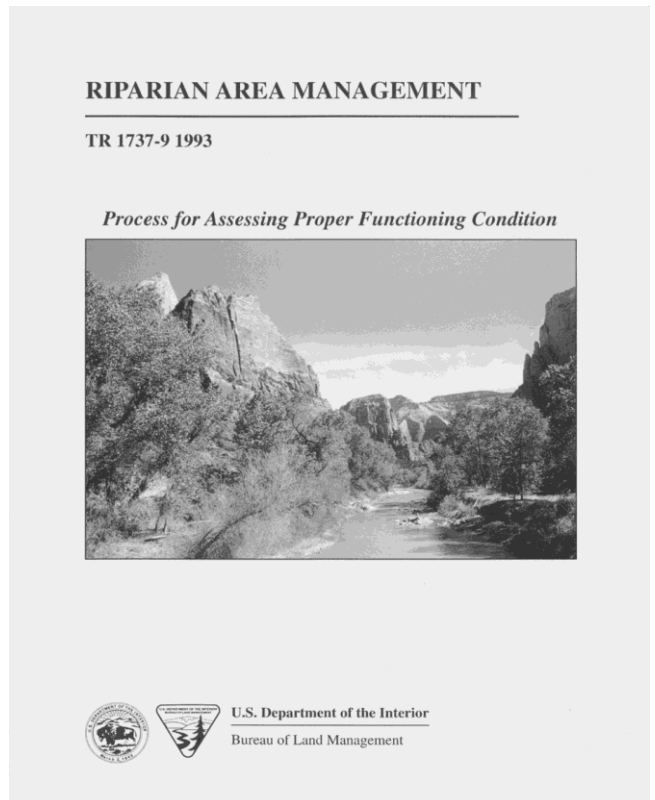


图 3.2 评估适宜功能条件过程（Prichard 等人 1998a, b）的封面

图 0.1 中，控制因素不一定是胁迫因素。

胁迫因素。胁迫因素是指那些可能对土地产生消极影响的控制因素。未来的胁迫可能包括机动车在公路之外的活动的增加、植物的入侵、耕作（图 1.2）、过度放牧及与之相应的管理上的改变，或干旱和虫害。每种胁迫的水平在不同的监测单元内有所不同。例如，机动车的活动在相对孤立的台地地区不可能成为胁迫因子，在以禾草占优势种的生态样地内虫害往往是主要的胁迫因子。溪谷的形成更有可能发生在位于下坡地区的监测单元中，因为这些地区会有径流（如与道路建设有关）的增加。

有时入侵物种会对特殊的土壤类型造成严重威胁。干扰会促进入侵物种的建植。例如，筑路机可以帮助散播芸香（*Deganum harmala*）的根茎。此外，旱雀麦（*Bromus tectorum*）的种子经常通过放牧动物进行传播。所以在设计监测项目时应该考虑所有潜在的胁迫和控制因素。

机遇。与胁迫因素相比，新机遇往往更难预测，但是在监测项目中它们是同等重要的。机遇可能包括只能应用于特定地区（如河岸带）的草原恢复的机会。某地区内一个牧草库的发展或一个新邻居的出现都可能为家畜合作经营带来新的机遇。气候变化甚至是短期的天气变化可同时被视为胁迫因素和机遇。

对于监测单元来说，确定已知的或未来潜在的机遇可能会影响对监测的决定。这些机遇所提供的信息要求灵活的管理以运用它们。如果在管理变化之前和之后收集数据，那么就可以定量估计新管理的影响。

3.5 优化长期管理和监测目标

对每个监测单元的现场评估及一系列胁迫因素和机遇的发展趋势，可以为评估提供新的信息。用这些信息可以优化管理和监测目标。在监测项目设计表 1（第 1 章）中记录这些变化。

3.6 发展/调整管理策略

在选择样地和指标前，就应确定管理计划（在可能的范围内）。由于存在冗余风险，我们再次重申，为了使监测的投入获得最大效益，管理策略必须集中在那些管理（包括消极管理）后性质和过程可能发生改变的地区。

第四章 第四步 选择指标和测量的数量

目录

4.1 选择监测指标.....	_____
4.2 确定监测样点的数量.....	_____
4.3 确定监测次数.....	_____
4.4 估算所需时间.....	_____

应根据第一步（第一章）中所确定的目标来选择指标。认真思考你需要从你的监测项目中获悉什么，数据需要多么精确，这些都很重要。

指标类型

这一手册中指出了两种基本的监测指标类型：短期和长期。有一些（例如植物盖度）可同时作为短期和长期指标。在快速开始和第 4.1 步中讨论了短期和长期指标的差别。

除了手册中所描述的短期和长期指标外，你可能想要把潜在的胁迫因素和机遇也包括在其内。这些已在第 3 章中进行了简要描述。可利用胁迫因素和机遇的相关信息来预测未来的变化并据此调整监测和管理。

降低监测成本

降低成本最有效的方法是减少监测方法的数量。选择可产生能满足多种目标的指标的测量方法可使成本最小化。例如，快速开始中所描述的点线截距法可用于产生地面盖度的指标，它们对于（1）预测侵蚀（2）植物盖度和物种组成（3）野生动物栖息地结构等指标来说都很重要。栖息地结构需要在点线截距法中添加高度测量法（第 15 章）。

快速开始中所描述的测量法能够满足大多数监测项目所需的所有指标。在很多情况中，快速开始中所产生的测量法可替代以下章节所描述的需花费较多时间的测量法。例如，单环渗透计（第 8 章）可直接测量土壤吸收水分的速度（渗透量），但是这需要花费大量时间。土壤稳定性测试（快速开始）所花费的时间较少，结合点线和间隔截距测量法所得到的指标，就可以产生与土壤渗透能力相关的信息（参看第 3 部分）。另外一个选择是把花费较多时间的测量法（通常在表 4.1 的第四级）运用到少数重点地区。

注意：第 4 步和第 5 步（第 4 章和第 5 章）通常是同时完成的。可监测的样线数量通常由它们所在的位置以及每条样线上不同测量法的数量决定。有时不同监测单元类型需要不同的监测法。我们建议在开始第 4 章所列任务前通读第五章。

监测密度（表 4.1）。在只需要变化的定性记录时，通常照片（第一级）就足够了。第二级监测密度（半定量的）适合于只需要快速开始中核心指标和数据总是由同一个人收集的情况。如果对测量方法要求不是更精确并不要求重复性时，第三级监测密度与第二级（即快速开始方法）相同。

在很多情况下，仅仅需要第二级或第三级测量方法的子方法。例如，如果主要关注的是木本灌木盖度的变化，那么当其盖度达到总盖度的 5% 或更多时，点线截距法（第三级）或步测法（第二级）通常就足够了。当关注的仅仅是对有害植物建植的早期探测或是当你想要监测的物种或功能团非常稀少（盖度小于 5%）时，

适合用样线法（第二级和第三级）。

第四级的测量法通常是用来处理基本测量法不能解决的问题。

表 4.1 监测密度级别

级别	目标	测量方法
I	植被结构变化较大的定性文件资料	标准像点的照片
II	植被组成、结构和土壤稳定性变化的半定量文件资料(与第三级相比,重复率较低)	基于基本测量法的半定量选择(见快速开始)
II	植被组成、结构和土壤稳定性变化的定量文件资料	快速开始中所描述的四种基本定量测量法的一种或多种:
IV	特定问题(例如土壤紧实度、水分渗透、植被产量或河岸稳定性)状态变化的相关定量文件资料	点线截距法、间隔截距法、土壤稳定性测试法和带状样线法 各种各样。参看 7—15 章

步骤 4.1 选择监测指标

监测指标的选择将决定所需的测量方法。选择产生多种指标或者产生可处理多种目标的指标的测量方法，可以降低成本。

表 4.2 列出了本手册上下两册里所描述的测量法，并对每一测量法的相关检测目标做了简要描述。表 4.2 也包括了一些从每种测量法中产生的指标。运用监测样地设计表 2（第 4 章末尾）和表 4.2，结合你的目标（第 1 章，监测项目设计表 1 中概括）和评估结果，来为每一监测单元选择适合的测量法。

短期。短期指标应该反映短期管理目标。多数管理计划都不太需要短期的指标。例如，如果管理要求消除某一地区越野车辆痕迹，你需要监测的指标仅仅是车辆轨迹（改良的带状样线法，间隔截距法或简单记录下每 100 步的轨迹数量）。对于干旱和半干旱生态系统内的家畜放牧来说，残留地面盖度(步点样线)结合载畜率信息通常就足够了。典型短期指标被列于快速开始栏的末尾。

长期。长期指标应该反映景观中由管理变化、气候等引起的长期变化。运用监测目标（第 1 章），结合评估结果（第 3 章）和状态及转化模型（第 24 章）来帮助确定合适的指标。

例如，很多美国西部的土地管理者需要确定和监测禾本科牧草占优势的状态，因为这一状态有较高的侵蚀率且处于演变成灌木占优势的状态的危机。状态和转化模型确定所关注地区的状态及变化情况。评估将会帮助确定状态中潜在存在变化风险的地区。评估和状态、转化模型一样，可帮助确定与状态变化有关的指标（例如禾草成活率，减少渗透和 / 或灌丛建植）。在*草地健康评价指标*方案中包括的定量指标，可用于将注意力集中在需要被监测的过程和相关性质上（Pellant 等，2000 年，在编）。

表 4.2 测量法和指标概述。附录 C 包含了以粗体形式列出的指标估计测量需求。参看第 17 章或者专业词汇中每一指标的定义。

测量方法	包括...	指标	属性		
			土壤和样地稳定性	水文功能	生物整体性
点线截距法 (快速开始和第 15 章)	土壤侵蚀风险、水分渗透、物种组成或盖度变化 (即几乎所有的监测项目都有)	冠层 (叶) 盖度 (%) , 基盖度 (%)	×	×	×
		裸地 (%)	×	×	×
		地表盖度 (%)	×	×	×
		物种丰富度 (最小估计) (数量)		×	×
		死的林冠拦截比 (通过物种)			×
		由于功能群, 或物种对火烧的抵抗, 放牧, 交通等而产生的盖度 (%)			×
		枯落物盖度 (%)		×	×
冠层和基部的间隔截距法 (快速开始)	用于风蚀和外来植被入侵风险 (灌木层), 土壤水分侵蚀风险和水分渗透 (基部的)	冠层间隔 > 25 厘米处的土壤表面 (%)	×	×	×
		冠层间隔 > 50 厘米处的土壤表面 (%)	×	×	×
		基间距 > 50 厘米处的土壤表面 (%)	×	×	×
		基间距 > 100 厘米处的土壤表面 (%)	×	×	×
土壤稳定性测试 (快速开始)	用于土壤侵蚀风险 (两层), 有机物质循环 (亚表层) 和微生物表层发展 (表层)	表面稳定性 (级)	×	×	×
		亚表面稳定性 (级)	×	×	×
		表面比例值=6 级	×	×	×
样线法 (快速开始)	测试盖度或密度较低的物种的变化 (例如入侵物种的早期探测)	植物密度			×
		根据大小分类而得到的植物密度			×
压实测试—紧实度仪 (第 7 章)	当有土壤压实现存或成为潜在问题时	每增加深度时的生根数量	×	×	×
		间隙比率: 植物冠层下	×	×	×
			×	×	×
单环渗透计 (第 8 章)	现存或潜在由于土壤结构限制渗透的地方	渗透率 (毫米/小时)		×	
		间隙比例: 植物冠层下		×	
植物产量 (第 9 章)	载畜率估计和生态系统能量流动	总产量和植物物种及功能群的产量 (例如牧草)		×	×
		物种丰富度 (最小估计)		×	×
植物物种丰富度 (第 10 章)	物种丰富度准确估计 (参看点线截距法和植物生产)	物种丰富度			×
植被结构 (第 11 章)	栖息地盖度的标准指标 (参看点线截距法)	可视障碍			×
		叶片高度多样性			×
树木密度 (第 12 章)	广泛散布于样线的种群	植物密度			×
		根据大小分类而得到的植物密度			×
河道植被调查 (第 13 章)	河岸植被变化的描述	冠层 (叶片) 盖度 (%)	×	×	×
		功能群盖度 (例如木本的, 岸边稳定的物种等) (%)	×	×	×
河岸和溪谷剖面 (第 14 章)	河道结构预期发生改变或溪谷变深或恢复的地方	宽度和深度比例	×	×	
		河岸角度	×	×	

步骤 4.2 确定监测样地数目

确定监测样地数目是平衡需要探测的变化（益处）和可利用资源（花费）之间的一种措施。运用以下所列的因素，结合附录 C 来确定所需监测样地的数目。短期监测小区数目应与长期监测小区数目分开确定。确定时间预算（第 4.4 步）后，有必要再次查看这一步以降低成本。

短期。运用长期监测法（附录 C 中以及附录 C 下面）所列的建议作为你所需测量方法数量的总体指导。由于和长期监测方法一起，监测更多的地点（小区）通常比增加每一小区检测法的数量效果更好。

长期。所需的监测方法数量取决于四个因素

- （1）生态生境内变异性的数量（变异性越低所需监测方法越少）；
- （2）你想要监测的变化的大小（需要探测的最小化变化较大时需要较少的测量方法）；
- （3）当你认为一个变化已经发生（或还没有发生）时，你的确信度多大才是正确的（统计确信度—确信度越小，所需监测法越少）；
- （4）你是想在小区尺度上（选择小区代表土壤—景观—植被管理单元）探测变化还是想在景观尺度上（大牧场或流域层次）上探测变化。与景观尺度相比，小区尺度需要较少的测量方法来探测变化。但是，当探测景观尺度上的变化时，每一小区需要较少的测量方法，因为要使用多个小区。

附录 C 描述了三种选择，用这三种选择来判断你所需要的植被样线和土壤测量方法的数量。附录 C 中包含了一些表格，你能够根据以上所列四点因素的每一点提出独特的见解。这些表格是根据空白表格程序设计的。这些空白表格程序给予监测项目设计更多的灵活性。空白表格程序可从：<http://usda-ars.nmsu.edu> 网站下载，它可以改变样线的长度及每一样线上点的数量，并且包括可探测的最小变化和统计参数。

根据附录 C 中的选择 2，表 4.3 列出了一套有关半干旱草原监测单元的建议。以上所列的每一长期因素影响测量建议。例如，根据表 4.3 中所描述的信息，如果我们想要探测 5% 的裸地上的一个最小变化，我们需要四个小区，而对于 10% 裸地的一个变化，就只需要两个小区了。

步骤 4.3 确定测量频度

根据 4.2 步所选择的最小的可探测变化，测量频率应与预期的变化速率相匹配。如果在基部你能探测到的最小变化是 5%，而每一变化的发生至少需要五年，那么频繁的重复测量就是浪费时间。

步骤 4.4 估计时间要求

用监测项目设计表 2 来判断整体时间要求。时间要求会因四个因素中的一个或多个而不同，这取决于植被结构、物种鉴定要求、天气和观察者的经验和条件。有些人更喜欢靠自己工作，而另外一些人则更喜欢靠数据记录来工作。在第一年里，预期总共所需的时间会加倍以建立小区并描绘其特征。如果对于是第一次建立小区和完成测量的人员来说，所需的时间可以再增加一倍。

如果时间要求太高，不要放弃！再仔细回顾你所制定的有关所需的指标和统计精确性的假设。回顾你的目标。很多指标很有趣，但通常只有几个指标是必不可少的。

表 4.3 半干旱草原监测单元（景观尺度）内需要探测其变化的小区的数量。这些判断以附录 C 中的表格 C15-C-C-17（选择 2）为基础，并对每一小区的三个 50 米样线上的具匍匐茎的草地（砂质土壤）、混合根茎或匍匐茎草地以及匍匐茎草地（退化的）运用中位数（中级判断）。

测量方法（指标）	可探测的最小变化 *	样地	可探测的最小变化 *	样地
点线截距法（裸地：每条样线上设 50 个点）	5%	2,6,,4 中位数=4	10%	2,2,2 中位数=2
点线截距法（冠层（叶）盖度每一横断面 50 点）	5%	2,7,6 中位数=6	10%	2,2,2 中位数=2
冠层间隔截距法（间隔 > 50 厘米（约为 1.7 英尺））	5%	8,6,11 中位数=8	10%	2,2,3 中位数=2
土壤稳定性测试（表面稳定性：每个样地 6 种测量方法）	1 个单元	6,2,3 中位数=3	2 个单元	2,2,2 中位数=2

* $p=0.2$ ； $\alpha=0.8$ ； $\rho=0.5$ ；解释参看附录 C。

第五章 第五步 选择监测样地位置

目录

- 5.1 样地选择方法的选择和应用.....
- 5.2 选择“否决标准”，排除不合适的位置...

步骤 5.1 样地选择方法的选择和应用

选择监测样地位置的三种方法：(a) 随机选择 (b) 随机分层 (c) 主观选择。每种方法都有其优缺点。选择哪种方法取决于你的监测目标，监测地点的情况和你所能承担的监测样地的数量。多数情况下，我们推荐使用随机分层方法来规划经济的，有统计真实性的监测项目。

不论采用哪种样地选择方法，请将每一个被选择样地的信息记录在监测项目设计表 1 中（第 4 章），并在该表中记录选择样线的方法和所有的否决标准。

5.1 (a) 随机样地选择。使用任何地图或航空相片都能随机选择样地。简单绘制一个合适尺度的坐标方格并将其放置在地图或照片的上部。做法很简单，将一根格尺放在地图的底部，使其“0”端与地图的左下角对齐，再将第二根格尺沿地图左边与第一根格尺垂直放置，同样使其“0”与地图左下角对齐。在每个格尺上随机选取一个距离（如图 5.1 中的 6.1 和 10.7）并找到两线的交叉点。重复这一过程直到将所有样地位置选择完毕。确保每个样地与相邻的样地至少间隔 200 米。

如果是数字正射影像象限图或是其他的垂直矫正图像，那么可以用 UTMS 中的删格代替格尺进行这一过程。之后这些坐标值可直接输入到 GPS 单元中。

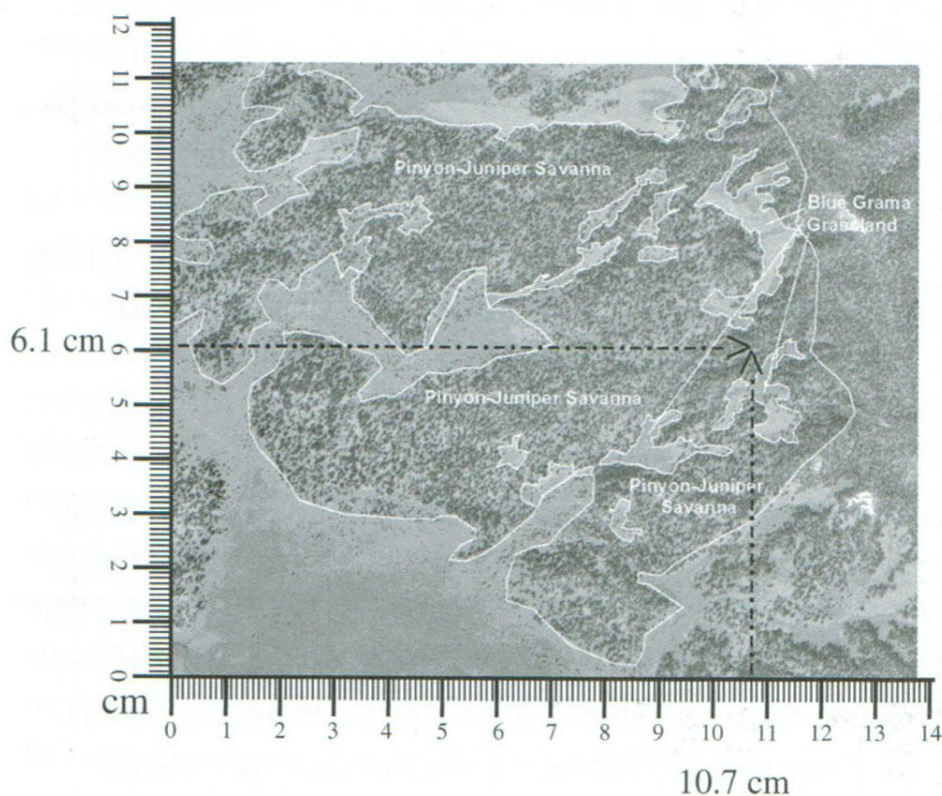


图 5.1. 采用标尺和航片随机选取监测样地（10.7 和 6.1 是随机选取的，详见文本）

优点

- 可以代表所有地区（如果样地数量足够多）
- 便于应用
- 具有统计真实性
- 并无偏倚

缺点

- 并不是很经济
- 几乎不包括敏感地区或特别关注的地区，因为它们通常只代表整个地区很小的一部分。
- 对监测退化或恢复不够敏感，除非监测单元的所有部分都发生了变化。

5.1 (b) 分层随机样地的选择

除了预先决定的监测单元中不同类型样地的数目有所不同以外，随机分层取样与随机取样完全相同。各类监测单元中样地的位置是随机选择的。这样使得监测能够集中在具有高度退化风险或恢复机会的地区。

例如，在图 5.1 中，如果主要目标是监测退化风险并主要退化过程是树木入侵，那么尽管多数监测单元是矮松-矮桧稀疏草原，但应该把多数样地设在格兰马草原上。

计算随机分层法的指标平均数比计算随机法复杂。对于随机分层法，计算每一监测单元的平均值，然后用平均值乘以该单元类型在整个监测地区所占的比例（如对某单元类型来说，0.3 表示占整个监测地区的 30%）。整个监测地区的平均值是所有乘积的总和（监测单元×所占比例）。表 5.1 中的实例说明它比听起来要简单的多。

表 5.1 计算有三种监测单元类型的流域中裸地的平均值(基于随机分层样地选择法)

单元类型	所占比例	裸地平均值	所占比例×裸地平均值
A	0.8	20%	16%
B	0.1	50%	5%
C	0.1	40%	4%
A v g .			25%

优点

- 可以代表所有地区（如果样地数量足够多，所有类型的监测单元内都有样地的分布，并且每一类型监测单元的总面积是已知的）。
- 具有统计真实性
- 经济实用
- 对于有高度变化（退化和/或恢复）潜力的地区更为敏感

缺点

- 需要预先分层（这在设计过程当中就应当完成，参看第 2 章）

5.1 (c) 主观选择样地。监测项目的设计人可以不使用栅格系统而确定样地的位置，主观选择样地包括这其中的所有方法。这种非随机的方法一直用来选择大部分现有的监测样地。大多数美国林业局和土地管理局的历史监测样线是由有经验的草原保护者利用。以下讨论的“关键地区”这一概念是主观选择出来的。

主观选择样地能够使监测项目更加敏感和更具代表性。但是，这仅仅是在有相关资质的人员对当地的土壤、植被和监测项目的设计过程十分了解的情况下才有可能实现。

优点

- 对当地的格局和土地利用敏感
- 地图和照片不是必需的
- 成本低

缺点

- 可能会出现偏差
- 很难进行推断

关键地区

关键地区是指能够代表多数地域且能反映管理变化对该地域影响的一片土地。关键地区通常用在主观选择样地上。

在世界范围内，关键地区已经被用于很多的监测项目设计中。关键地区与任何主观方法一样，如果由专业人员进行操作，效果显著。

监测家畜放牧的影响时，关键地区通常设置在能够典型的反映家畜利用的地区而不是在水源，矿物质补给点，围栏，小路或是草场上不经常去的地区附近。样地与水源的距离视地形，植被和家畜种类而定。

步骤 5.2 选择“否决标准”，排除不适合的位置

在监测项目设计表 2（第 4 章）下部的空白处列出否决标准。全面描述选择这些标准的原因。这是十分重要的，因为我们要用这些标准来帮助我们确定如何推断监测数据，而且我们选择的标准对其他人来说也许并不是合理的，甚至在多年以后我们自己的选择标准也会改变。

否决标准几乎可以以任何事物为基础。很多监测项目不包括异常地区，因为这些地区往往受到高度或轻度的干扰。否决标准的实例有：（1）样地必须设置在距离道路或水源至少 100 码的地方（为了避开不具代表性的高度干扰的地区）；（2）样地露出地表的岩体或处于山坡上的比例不能超过 50%（这些地区很可能不会受到干扰）。

由于景观位置不同，一些具体的地点也是不适合的。例如，径流量异常的地区或者是稀疏草原中不寻常的密集林木区都可能被否决，因为对多数地区来说他们不具代表性。

监测项目中通常会忽略因为超过阈值而不会发生变化的大范围地区。用来判定这些地区应该被忽略的状态和转化模型与指标应该被列出来。

谨慎选择否决标准，确保应该监测的地区没有被忽略。异常地区往往是那些最快发生变化的地区，并且这些地区可以作为景观中其它部分发生退化或恢复的早期警报指示。我们建议在可能的地方运用随机分层样地选择方法而不是单纯的排除这些异常地区。这样使异常地区被清楚的确定为监测项目的一部分并且有可能被包括在未来监测项目的扩展中。那些被关注较少的地区（如 post-threshold 地区），用几个像点进行监测即可。

强烈建议在选择和调察监测地点之前列出否决标准。进行调查后再决定一些地区是由于“看起来不适合”而要被排除会产生偏差。在第 17 章中可参考有关土地利用和景观特点的更多指导来完善对监测数据的解释。

第六章 第六步 建立监测样地

目录

6.1 建立并长期标注样点和样线.....	_____
6.2 描述监测小区并记录全球卫星定位系统所示位置，包括坐标值系统，数据和区域.....	_____
6.3 记录长期数据.....	_____
6.4 检查错误，复制数据并在不同地方保留复印件.....	_____

完成前五步后，这一步应该还是比较简单的。对每个监测样地进行详细记录和描述是很重要的，有两个原因：这样可以在需要的时候找到样地，还可以用这里的数据与那些从具有相似土壤、地形和气候（所有这些用于决定生境潜力）的样地上所收集的数据进行比较。在调查样地前，列出设备清单。

步骤 6.1 建立并长期记录样地和样线

此时你应该已选择好样地的位置（第 5 章）。将选定样地的信息再次与“否决标准”进行对比，确保选择的是合适的样地。

6.1 (a) 在高山呈轮辐状设置样地（图表 6.1）。将一固定标杆插在监测样地的中心，这个标杆也可作为相点（快速开始）。

随机选择一个方位角（指针方向：1°到 360°），沿该角度拉一条比样线长 5 米(15 英尺)的绳。在 5 米处立一标杆，把这点作为样线的 0 米端，因为样线是从距样地中心 5 米处开始的（图表 6.1）。用另一根标杆标明样线的另一端。

在样地周边绕圆周以均匀的间隔重复样线的设置。间隔取决于样线的数量。大多数应用会选择三个样条，彼此之间角度为 120°。

图 6.1 高山监测单元内三个轮辐状设置的样地。每条样线的起点与样地中心的距离为 5 米。

6.1 (b) 单样线高山样地。固定并标记样线的 0 米端。随机选择一个方位角（指针方向：1°到 360°），沿该角度拉一根绳子取样线一样的长度，用一标杆标示出样线的另一端。

6.1 (c) 单样线河岸样地。（图 6.2）固定并标记样线的 0 米端。设置 0 米端时要确保样线能够横跨河道并与河道垂直，且 0 米端要与河岸带距离 5 米。横跨河道拉一根绳子并与河道垂直，用一标杆标示出样线的另一端。

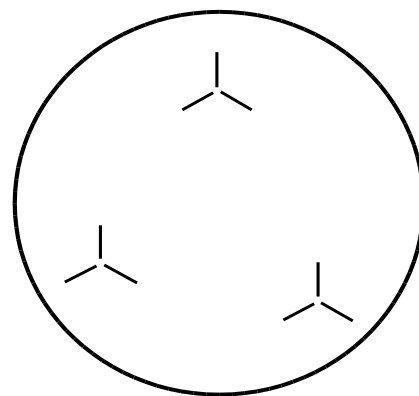


图 6.1 高山监测单元内三个轮辐状设置的样地。每条样线的起点与样地中心的距离为 5 米

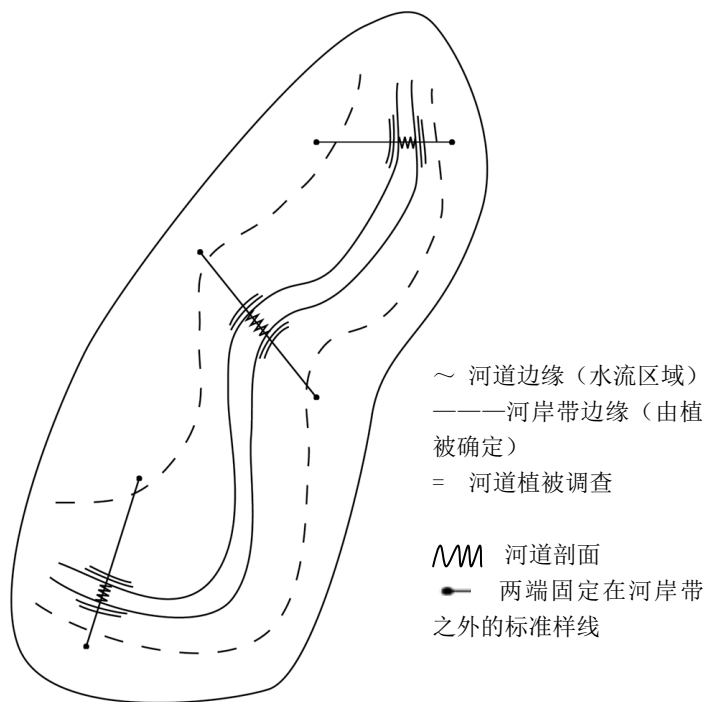


图 6.2 河岸监测单元内横跨河流的单样线样地。注意样线的两端必须固定在河岸带之外。参看第 13、14 章中关于河道植被调查和与河岸带样线相关的河道剖面测量法。高山地区也可用单样线样地。

步骤 6.2 描述监测样地并记录 GPS 位点，包括坐标系统，数据和地带。

当建立监测样地时，至少要填写监测样地描述表（见本章的末尾）中要求的部分。这将确保相同的位置总可以被监测到。

推荐部分提供了关于样地支持特定植物群落的潜力信息，从而使你能够检验监测样地是否在特定土壤和生态样地上。这部分的数据可以帮助你判断在同一生态样地中，某样地与其它样地的相似性。这里收集到的信息能够帮助你确定样地之外的潜在影响，也可以帮助你确定景观水平上推断小区的可行性。

本书的选择部分给出了样地的干扰和管理历史。这些信息对解释数据十分有价值。它们可以帮助我们确定什么是趋势的潜在原因，并且帮助我们做出重要的土地管理决定。

数据表的推荐和可选部分对于解释数据来说是非常重要的。最好在建立样地时填写这些信息，因为这两部分需要在样地上完成。但是，如果时间有限，可在第二次视察样地期间完成该步骤。

要求部分。记录监测样地所在的地点、管理单元和（或）草场的名称。某个地点、管理单元或牧场是有相同管理者和相对均一的管理或干扰体制的独特的地理单元。在同一地点、管理单元或牧场中通常分布着多个样地。

完成“要求部分”的余下部分，确保对样地和样线位置进行长期记录。在监测项目设计表 2 和监测样地描述表中记录样地位置（例如，GPS 坐标）。如果使用 GPS 坐标，一定要记录坐标系统、数据和地带，数据是否均为英制或公制。记录样地中心的地理位置和样线始末端的位置以及每条样线的角度（如有需要，记录角度的偏差）。

推荐部分。在“平均降水量”一栏下记录长期降水量的平均值，标明是英制单位还是公制单位。通过比较

土壤调查和土壤观察的数据（表格中记录）来确定土系。虽然土壤地图可用作指导，但不要完全依靠它们。在广义的地图单元中土壤是极其不同的。

在样地中心和每条样线的两端各挖一小坑。坑的深度应以达到能够观察到对植物生长产生很大影响的土壤层。如果你对一地区的土壤十分熟悉，可用土钻或土壤探测器进行探测。任何土壤信息都是有用的，所以即使你不确定如何区分土壤层，也不用担心。

如果你认为样地内不只有一种土壤类型，那么在每种土壤类型内至少设置一个这样的小坑。记录土壤深度非常重要。记录深度要直到最有可能限制水分移动或根系生长的土层。如果没有碰到限制层，记录坑的最大深度并记为“无限制层”。

记录每个主要土层的上下界（例如：23~40cm 存在“Btk horizon”或“有黏土和碳酸盐积聚的土层”（见美国农业部国家资源保护服务部 1999）。在数据表中分行记录每个土层的信息。更多指导见《土壤描述和取样的田间手册》，2.0 版（Schoeneberger 等人 2002）。

土壤调查也能提供关于土壤母质的信息。国家资源保护部已为美国的很多地区绘制了地图，这些地区可通过上网查阅土系（<http://esis.sc.egov.usda.gov>）或咨询当地国家资源保护部门的野外工作技术指导办公室，或者是登录国家资源保护部的网站进行查询。如果生态样地还没有形成，这部分空白处可以用来记录任何其它可以帮助解释数据的土壤分类信息（如美国林业局陆地生态单元）。

使用倾斜仪或其它仪器来记录坡度。面向下坡，用指南针的度数（如 108°）或者主要方向（SE）来记录山坡的方向。记录坡形是凸型（∩）、凹型（U）还是线型的（直的，不弯曲）。（Lal 2003）。

记录样地所在的景观单元。如果样地位于丘陵或山脉上，那么要选择合适的山坡剖面组成（见数据表中的清单）。如果样地位于阶地上，则需说明是在阶地陡坎上（短，陡峭，呈线型坡度，构成阶地的斜坡）还是在阶地表面上（宽阔，相对平坦的平面部分，形成阶地的顶部，往往可延伸至很大的范围）。更多信息可参考土壤学百科全书（Lal 2003），土壤描述和取样的田间手册（Schoeneberger 等人 2002），盆地和草原地区的地形（Peterson 1981），土壤景观地貌学（Wysocki 和 Zanner 2003）以及全国土地调查手册的第 629 节——地形和地质专业术语，网址为：<http://soils.usda.gov/technical/handbook/detailedtoc.html#629>（美国农业部国家资源保护部 2003）。

可选部分。记录去年和前年的天气变化模式以及任何可能对样地产生影响的干扰和管理。描述所有已知的和观察到的野生动物和家畜对样地的利用，包括利用，季节性，强度和剩余盖度。描述之前尽可能久远的管理历史。描述样地以外的影响：包括但不限于（a）来自上坡地区的异常大量的径流或侵蚀（b）管理方法（c）入侵物种的出现（d）道路等等。将其它的相关信息记录在“其它意见”一栏中。描述样地并记录所有潜在的控制因素和其它影响。

步骤 6.3 记录长期数据

4 种做法：

1. 将数据记录在从各章中影印的书面表格中
2. 将数据记录在从以下网址打印的 Excel 表格中。
3. 用便携式或台式电脑将数据直接输入下载的 Excel 表格中。

4. 把数据直接输入数据库中（未来下载地址：<http://usda-ars.nmsu.edu>）

步骤 6.4 检查错误，拷贝数据，并在不同地方保留副本

按以下步骤检查数据。应在输入数据时进行。

第 1 步。离开样地之前，为保证数据的完整性和易读性，应再次检查所有数据。如果使用数码相机拍照，查看所有照片以确保持地的信息是可视的。如果直接将数据输入电脑，请打开查看每个文件并在其他设备中进行备份。

第 2 步。从田间返回后应立即复制数据并将其保存在至少两个不同地方。如果你使用的是电子数据输入，这一点就尤为重要。除非你在电子工具有至少有一份备用文件可以保证将来这些数据是可读的（5.5 英寸软盘、穿孔卡或磁带机），然后我们建议将数据打印出来以作存档之用。确保其他人也知道复印件放在哪里。

第 3 步。再次检查数据看是否有明显的错误。例如，检查点线截距表中的每一栏是否只包含那些指定用于这一栏的编码。间隔截距不应重叠。土壤稳定性值应在 1—6 之间。见表 6.1 中紧实性测试（第 7 章）数据集的实例，这一数据集的第 3 和第 6 行中有极值，这可能就是错误。如果我们知道这个样地土壤层浅或大的岩石块儿或者近地表岩床，那么我们可以推断透度计会碰到岩石而将表中加粗的两个极值删除。如果我们十分确定是数据记错了，那么也可以删除这两个数据。但是，也有可能这两个测量是在娱乐或放牧区域做的。在这种情况下，应保留这两个数据。如有疑问，保留数据并作注释。

第 4 步。如果最初数据是记录在纸上的，那么将数据输入电脑后应再检查一遍。一种方法是一人读数据表中的值，另一个在电子表格或数据库中检查这些值。完成这些步骤后，数据就可以用于计算指标（第 16 章和各种方法所在的章节）和评估了（第 17 章）。

表 6.1 有两个极值的紧实性测试数据。这两个值可能是也可能不是彻底错误的。

样线上 的位置	累计锤击数			
	5cm	10cm	15cm	20cm
1	5	11	18	28
2	3	9	18	30
3	4	10	20	74
4	4	11	22	30
5	6	11	19	27
6	5	10	24	98
7	4	12	22	33
8	3	9	17	26
9	4	12	19	27
10	5	13	20	29

“极值”

那些明显处于预变化期范围之外的数值，如果是由于测量或记录的错误而导致的，那么可以将其忽略。在删除这些数据前应确保这些值确实是错误的。

一位著名的生态学家曾说过：“有一些数据是极值（这意味着它们处在正常的变化范围之外），然后把这些数据称为‘十足的骗子’。”所以我们在删除数据时一定要保证删除的仅仅是“十足的骗子”，其它的极值可能对确定系统的现状至关重要。

设备清单 除了那些只能在“建立样地和设备描述”列表中的设备以外，这个清单中包括所有在测量过程中需要使用的设备。如果有补充方法和附加设备增加相应的列和行。有关建立监测样地细节见第 6 章。

样地建立和设备描述	有没有?
书写板、数据表、铅笔或有数据输入软件的可在野外使用的电脑	
测角器/倾斜仪	
指南针	
能输入位点的 GPS 仪或监测样地的地图	
锤子（钉标杆用）	
所需钥匙	
通知土地管理者（如有必要）	
测绳（比样线长 5 米）——至少一根，最理想为 3 根，用于“轮辐”设计	
金属测量尺（测量土壤深度）	
3 英尺的标杆，用来标记样线两端。或其它的杆子	
铁锹	
描述土壤特征的工具	
不锈钢标杆，2-6 根（用来固定测绳）	
水（评估土壤质地时用于润湿土壤，）	
1 摩尔盐酸，用于泡腾（仅在鉴别土壤时使用土壤碳酸盐时需要） 注意：盐酸可引起灼伤。如果使用，要拿到 MSDS（物质安全数据表）并遵巡所有安全准则。	

基本工具（几乎所有数据收集都需要）	
指南针	
能输入位点的 GPS 仪或监测样地的地图	
所需钥匙	
通知土地管理者（如有必要）	
测绳（比样线长 5 米）——至少一根，最理想为 3 根，用于“轮辐”设计	
不锈钢标杆，2-6 根（用来固定测绳）	

每种测量和方法的附加设备								
设备	像点	线点截距	间隔截距	土壤稳定性测试	带状样线	其它	其它	其它
PVC 杆：1.5 米（5 英尺）长	×							
照相机	×							
白色书写板、黑板或像点 ID 卡	×							
粗的记号笔	×							
书写板、数据表、铅笔或有数据输入软件的可在野外使用的电脑/掌上电脑	×	×	×	×	×			
带小旗的大头针或其它指示物（尖端直径 < 1 毫米（1/25 英尺））		×						
1 米长的棍、桩或其它硬棍或杆			×					
测试土壤稳定性的成套工具				×				
去离子水：每次测试（18 个样品）用 1 升（32 盎司）				×				
秒表				×				
PVC 管（至少为带状样线宽度的 1/2）					×			

监测样地描述表格 (第 1 页, 共 2 页)

(必需的)

样地/管理单元/草地: _____ 日期: _____ 线长: _____ (m 或 ft)

GPS 坐标系统: _____ 数据: _____ 区域: _____ (m 或 ft)

点/线	方位角	地点: (如: 0m 结束)		地点: (如: 50m 结束)		海拔 m 或 ft
		北纬	东经	北纬	东经	

样点描述: _____

(推荐使用的)

州: _____ 县: _____ 平均降水量: _____ 生态样地: _____

土系/地图单元 (样地验证): _____ 原材料: _____

坡度: _____ % 坡向: _____

垂直坡形状: 凸面的 凹面的 直线的

水平坡形状: 凸面的 凹面的 直线的

微小坑地点	土壤深度 (cm/in)	结构	石头碎片 (%)	泡腾	颜色	结构等级	结构形状	坚固强度 (干的或湿的)

地形单元

____ 小山/山* ____ 扇形山麓 洪水平原/洪水盆地 ____ 梯田* ____ 平原

*小山坡组成: ____ 山顶 ____ 山肩 ____ 背坡 ____ 坡麓 ____ 山脚 ____ 其他: _____

**梯田组成: ____ 埂坡 ____ 梯面 ____ 其他: _____

干扰和管理历史

监测样点描述表格 第 2 页, 共 2 页

(可选的)

最近的天气: 过去 12 个月: 干燥: _____ 正常: _____ 湿润: _____

前 12 个月: 干燥: _____ 正常: _____ 湿润: _____

最近的干扰 (检查每一个):

_____ 野火 _____ 水里的土壤沉积

_____ 小啮齿动物 _____ 风中的土壤沉积

_____ 大哺乳动物 _____ 地下工程

_____ 水 _____ 空中传播线

_____ 风 _____ 其他 (描述):

描述野生动物和家畜的使用: _____

描述管理历史 (如放牧计划、指定的火、灌木控制、播种、耕作、水单元): _____

描述点外影响: _____

其他评论: _____

画出样点及周围的地形。描述点外和点上的控制因素和其他影响。



第二部分 补充方法

快速开始(第一卷) 描述了多数监测项目中的四种基本监测方法。这部分所描述的补充方法更多地强调了具体的物体或目标。除了四种基本监测方法外, 补充方法在快速开始中经常被使用。这部分也包括选择性截距法。

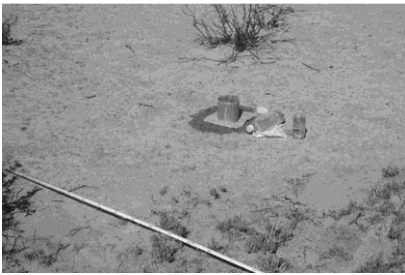
辅助方法 (第 II 部分)



紧实度测试 (第 7 章)



群落结构 (第 11 章)



渗透测定 (第 8 章)



树密度 (第 12 章)



植物生产力 (第 9 章)



河岸植被 (第 13 章)



物种丰富度 (第 10 章)



河道/冲沟剖面 (第 14 章)

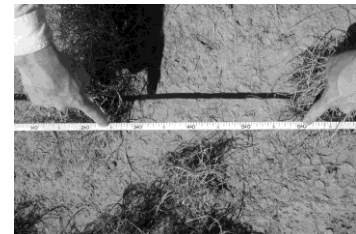
核心方法 (快速启动)



像点



线点截距 (第二卷第 15 章)



间隙截距



土壤稳定性测试



条带样线

第七章 紧实度测定

紧实度仪一般用于测定土壤紧实度（硬度）的变化，土壤紧实度的大小，会限制土壤渗透性、植物根系的生长及土壤微生物的活动。因为紧实度仪对土壤湿度较敏感，所以在每次取样期间，只有土壤含水量相同时，所有的测量数据在年度间才具有可比性。使用表 7.1 来决定是否包括在测量法之内。

表 7.1 影响紧实度仪使用表。检测了所有的项目，确定是否使用该测量方法。

卵石或石块（直径 $>7.6\text{cm}$ 或 3cm ）属于不正常*

土壤压实出现或有发生压实的危险（如越野车的使用）

紧实度正在影响或可能影响水的渗透性或植物的生长

*与传统的标准紧实度仪相比，这种类型的紧实度仪能在沙石含量更高的土壤中使用，但它不能用于表层含有岩石（ $>10\text{cm}$ ）的土壤。

如果能够获得具有相同土壤湿度的相似土壤的参考数据，紧实度仪可以测得土壤是否有压实。然而，一般认为用定性的方法（e.g., Pellant et al.2000, In Press）来有确定土壤是否被压实更可靠。如板状土壤结构及与土壤质地变化无关的根系生长方式急剧突变是暗示土壤是否发生紧实的很好的指标。

注意：

- 在埋有电力系统或铺有管道的地方不能使用这种仪器
- 使用仪器时一定要带耳塞和厚的皮手套
- 操作仪器时手远离金属板



图 7.1 滑锤升高的紧实度仪

材料:

- 样线（点线截距法和间隔截距法使用相同的样线）
- 紧实度仪（附表 A 有详述）
- 厚的皮手套
- 可夹纸的笔记本、土壤紧实度——紧实度仪数据表和铅笔

标准方法（确立规则）

1. 确定锤下降高度，并记录在表格的顶端

规则

1.1 标准的下降高度是 40cm。对于质地硬的土壤，下降的高度要增加，而疏松的土壤下降的高度要减少。

2. 确定最大深度

规则

2.1 最大的深度至少为 10 cm，包括已经定性的紧实区（如横向根的生长）

3. 随机选择计划测量的取样点

3.1 沿着样线随机选点用于点线截距和间隔截距法

3.2 在数据表格“线上位置”中记录取样点的位置

3.3 为了避免影响植被测量，在样线上选择的取样点之间间隔至少是 1 米

3.4 紧实度仪不能测量植物基部或土壤表面有岩石的地方。如果遇到岩石或植物基部，延样线移动 1m 后进行测量。

3.5 在针叶林下面，常有一些半腐烂的落叶堆或嵌入的一些枯枝落叶，这时根据土壤和枯枝落叶的特性（如：一物质中含有 80% 的含矿物质的土壤）将枯枝落叶移走，然后确定标准深度或者保留枯枝落叶，或者避开这些区域。并且取样点要避开那些有棍棒嵌入土壤的地方。

3.6 清楚地记录上面 3.5 中所提到的三个选择。

4 土壤湿度测定

规则

4.1 在一个试验区内至少选择三个不同的位置，挖一个小坑或使用土钻用手接触土壤来测定土壤湿度。

4.2 在土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中将每个深度的土壤湿度在相应的目录里画圈。

4.3 如果可能的话，土壤湿度可以通过测量土壤湿重和干重来计算，但至少应该有三个重复。土壤湿度百分比： $\frac{\text{土壤湿重} - \text{土壤干重}}{\text{土壤干重}} \times 100\%$ 或者是： $\frac{\text{土壤湿重} - \text{土壤干重}}{\text{土壤干重}} \times 100\%$

5. 在土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中的“植被等级”一列记录优势种植被盖度等级

规则

5.1 测定地区是与紧实度仪圆锥顶部相同直径的圆（看附表 A）

5.2 使用下列盖度等级之一

NG = 没有多年生禾本科草，灌木或树冠丛

G = 多年生禾草覆盖或禾草与灌木混合

F = 多年生杂类草

Sh = 灌木盖度

T = 树冠覆盖面

6. 检查重锤落下的高度

规则

6.1 测量锤底到终止圈（击锤处）的距离（图 7.2）

6.2 确保该距离与数据表上的高度是一致的。

6.3 如果必要的话调整终止项圈的位置

6.4 这个值应该是每增加一次深度重锤敲击三下的平均值。

较短的下降高度，会增加敏感性。较长的下降高度会通过减少每增加一个深度敲击的次数而提高效率。

7. 确定记录累计深度每增加 5cm 时敲击的次数

规则

7.1 建议在使用仪器时,务必带耳塞和厚的皮手套。并且当操作紧实度仪时，手要远离敲击盘。

7.2 将紧实度仪的圆锥端压入土壤中，使其与表层土壤充分接触。（图 7.3）。



图 7.3 锥形的顶部与地表齐平

7.9 如果声音有所改变，那是多石土壤对仪器的阻碍，暗示下面有石头或其他硬的东西。停止敲击并且在土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中记录为有岩石出现。

7.3 在测量时，保持紧实度仪是垂直的。意味着在有坡度的地方，紧实度仪与地面要呈锐角。

7.4 提升重锤到起点后释放（图 7.1），当释放重锤时，不要施加任何压力。

7.5 重复 7.4 直到紧实度仪插入土壤 5cm（图 7.4），这是第一层。

7.6 土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中，记录使紧实度仪进入土壤 5cm 时所敲击的次数。

7.7 如果敲击使紧实度仪进入土壤的深度超过 5cm 时，则最后一次敲击按半数记录，如：敲击 10 次，则记录 9.5 次。

7.8 重复 7.4 得到下一个深度，记录敲击的总数。



图 7.2 滑锤的高度是指滑锤到冲击板的距离



图 7.4 记录每增加 5cm 敲击的数量（拉杆上的敲击计数器记录）

8. 拔出紧实度仪

规则

8.1 垂直的向上拔出紧实度仪

8.2 如果不动，用一个橡胶木椎贴近地面轻轻的敲紧实度仪，或者以增加半径的方式旋转紧实度仪（图 7.5），但要小心避免使其弯曲，然后垂直向上提。

8.3 至少有些生产厂家（Synergy）在撞击盘下面多装了一个滑锤，以便帮助拔除。

9. 如果需要的话,拧紧圆锥头

规则

9.1 如果圆锥头松了，用 Loctite™ 或一种附合圆锥头螺纹的类似材料将其拧紧。

9.2 因为圆锥头是更坚硬的，所以比杆更脆。如果松了，它的螺口处很容易被损坏。

10 在所有样点位置要重复步骤 2 到 9

紧实度测试指标计算

这些说明是用来计算敲击次数的平均值，敲击与反弹呈直线关系。例如，敲击两次与两次反弹是相同的。由敲击转变成反弹的公式，见 Herrick 和 Jones(2002), Minasny 和 McBratney(in press)和 Herrick(in press)。在这个转变过程，需要知道重锤下降距离和锤的重量。



图 7.5 通过旋转或敲打来移动紧实度仪

1. 计算每个深度的平均敲击次数(平均敲击次数，全部)

规则

1.1 将每栏中所有的值相加，然后将“敲击总次数——全部”记录在土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中。

1.2 数一下每栏中值的个数，记录在“测量次数——全部”一行中。

1.3 在每一栏中用 1.1 中“敲击的总数和”除以 1.2 中“测量次数”得到敲击的平均值。

2. 计算没有植被覆盖时每个深度土壤平均敲击次数

规则

2.1 将每栏中没有植被覆盖条件下的值相加，然后将“敲击总次数——没有覆盖”记录在在土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中。

2.2 数一下每栏中值的个数，记录在“测量次数——没有覆盖”一行中。

2.3 在每一栏中用 2.1 中“敲击的总数和——没有覆盖”除以 2.2 中“测量次数——没有覆盖”得到敲击的平均值。

3. 计算植被覆盖下每层土壤平均敲击次数

规则

3.1 将每栏中有植被覆盖条件下的值相加，然后将“敲击总次数——有覆盖”记录在在土壤紧实-冲撞式紧实度仪数据表中。

3.2 数一下每栏中值的个数，记录在“测量次数——有覆盖”一行中。

3.3 在每一栏中用 3.1 中“敲击的总数和——有覆盖”除以 3.2 中“测量次数——有覆盖”得到敲击的平均值。

4. 计算无植被和有植被区域中敲击次数比率

规则

4.1 对于每一层土壤，用无植被样品的平均敲击次数除以有植被样品的平均敲击次数。

4.2 用例子中的数据表，5cm 深度，用 5.3 除以 4.8 得到有植被覆盖与没有植被覆盖的比值为 1.1。

第八章 单环渗透计（水渗透）

渗透率是一种测量水进入土壤的速度快慢的方法，水渗透太慢可能会导致地表形成沟壑或在斜坡上因侵蚀而形成地表径流。单环渗透计在土壤水分达到饱和的条件下提供了渗透能力的相对型指标。

在岩石、多石陡峭的斜坡或地表根系较多的地方，不能用这种方法测渗透。

材料

- 样线（点线截距法和间隙截距法可应用同一样线）
- 六个渗透环（看附表 A，直径=12.5 cm）
- 六个 25×50 cm毛巾
- 2 个 370ml（12.5 盎司）的杯子*
- 2 个 30×30 cm的塑料薄片（食品袋）
- 5 加仑的水
- 一个 15cm 长的尺子
- 秒表
- 六个装满水的渗透瓶（直径为 8.7cm）(见附表 A)
- 夹纸板，单环渗透计数据表和铅笔

*容积根据可以湿润一个直径 12.5cm,深 3cm 的圆形区域。对于其它的圆圈直径，容积等于 $9.4 \times r^2$,半径 (r) 等于 1/2 直径 (d)。

标准方法（规则设定）

1 确定测量位置

规则

- 1.1 为点线截距法和间隙截距法沿样线随机选点（图 8.1）
- 1.2 在数据表格的“线上的位置”列中记录取样点的位置。
- 1.3 如果也做植被测量，离在样线上做渗透的地方至少 1m 远，同时离测量紧实度的位置至少也是 1 米。

2.把植被等级数据记录在单环渗透计数据表“植被等级”列中。

规则

2.1 将渗透仪圈放在取样点上同时记录取样区内优势种植物盖度等级：

NC：非多年生禾草、杂类草、灌木或乔木层

G= 多年生禾草和禾草灌木的混合体

F= 多年生杂类草层

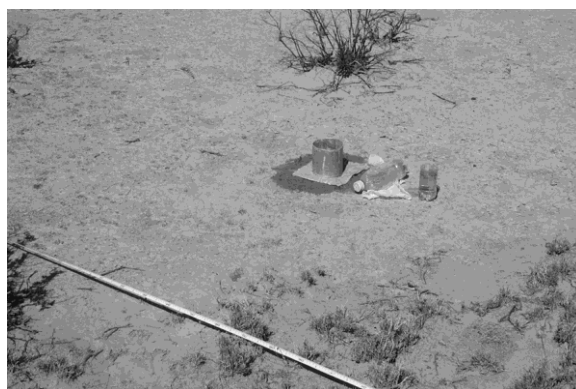


图 8.1 渗透取样位置

SH = 灌木层

T = 乔木层

2.2 如果取样点处的土壤表面有阻碍渗透仪圈插入土壤的岩石或凋落物，延样线至少移动 1m 远，选择另外一个取样点并且要记录这个移动。

3 去除地表植被

规则

3.1 如果取样点落在植物上，用锯齿状的刀在距地表 1 cm 处将植物齐地割掉。

3.2 不能扰动植物内或其周围的土壤结皮

3.3 轻轻的移除渗透圈周围疏松（不要触动嵌入土壤中的）的凋落物

3.4 在腐殖质覆盖的地区（如针叶林下面），根据土壤和凋落物的特性（如在 1 立方米的土壤中含有 80% 的矿物质）确定标准深度以便移走枯枝落叶，或者保留枯枝落叶，将环插在具有矿物质的地方，或者避开这些地方。当将环插入土壤时，如果因枯枝落叶而产生一个可见的洞，则延样线移动至少 1m 远进行再次取样，同时记录该移动。这样做是很必要的，因为这将导致环内不具有密封性。

3.5 清晰的记录在规则 3.4 中选择的三个位置。

4 预先湿润土壤至少 4 cm（1.5 英寸）（图 8.3）

规则

4.1 将弄湿的毛巾对折铺在取样点处。

4.2 用 370ml 的杯子，将水分阶段地慢慢的倒在毛巾上

4.3 每次倒水间需要等几分钟

4.4 使毛巾下面水径流最小化

4.5 继续加水，直到润湿到 4 cm 深土壤。所需要的体积会因土壤质地和结构的变化而变化，大概是 740ml（25 盎司）或 2 满杯水。



图 8.2 去除地上植被

5 渗透仪插入地下 3 cm 深处（图 8.4）。

规则

5.1 压仪器时用力要均匀。如果必要的话，压的时候可以轻轻的旋转。

5.2 轻轻的扭动仪器，测试仪器安装是否安全。如果有任何移动，按压仪器再深入地表 0.5 cm。

6 向环中加水，不要扰动土壤表层（图 8.5）

规则

6. 1 在渗透圈底部和周围圈的一端用塑料板铺上塑料薄膜。

6. 2 向薄膜上倒入足量的水，大概达到 3 cm 深，然后轻轻的抽出塑料薄膜（图 8.5）。对于直径是 12.5cm 的



图 8.3 提前湿润 4cm 深的土壤

圈，这些就应该是 370ml 的水。

7 观察渗漏 (图 8.6)

规则

7.1 观察渗透圈，看明显的渗漏。圈周围的土壤湿是正常的，但不能是持续的渗漏。

7.2 水在土壤表面不应该形成小坑或在渗透圈的周围有闪光现象 (图 8.6)。如果任何一种现象发生均说明这个圈是漏水的。

7.3 如果有漏水发生，慢慢往下再压圈 0.5cm，看漏水是否停止。

7.4 如果还是漏水，取出圈并且距此至少 1 米远处具有相同植被等级的地方重新取样 (延样线向上或向下)。同时记录该移动。

8 渗透圈中瓶子的放置 (图 8.7)

规则

8.1 将渗透滴定管一直推进瓶内

8.2 打开顶端盖，以便水瓶倒置水可以自动流出，盖子不能掉下来，但盖子要松弛。

8.3 慢慢地把渗透瓶轻轻的放入圈内，使瓶子边的硅酮突起可以卡在圈内的支撑线。

8.4 瓶子应该正好卡在渗透圈内，使瓶盖完全浸没在水中，但不能接触到土壤表面。

9 调节滴定管维持圈中的水在 3 cm 深

规则

9.1 保持圈中的水在 3 cm 处或相似的标准深度 (如 5cm) 是非常关键的。对于 3cm, 只要保持在 2.5cm 到 3.5cm 之间是允许的。在滴定管被调整后，瓶子可以自动调节水的位置。要增加深度，完成 9.2 到 9.6 中的步骤。要降低深度，完成 9.7 到 9.11 中的步骤。

9.2 增加深度时，提高滴定管的位置。

用一只手扶持瓶子，用另一只手轻轻的旋转并向上拉滴定管，直到空气泡从滴定管的底部冒出。



图 8.4 将渗透环插入土壤 3cm

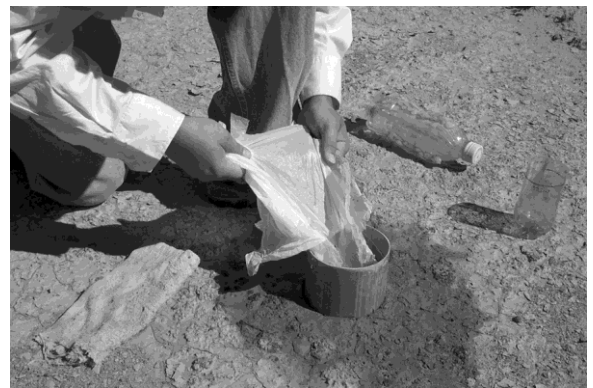


图 8.5 用塑料袋加入 370 毫升水



图 8.6 水从渗透环中渗漏



图 8.7 将瓶子悬于环内

9.3 此时，停止向上拉滴定管并开始向下推一点距离，直到气泡停止运动。一般向下推不到一毫米的距离。

9.4 气泡再次出现时等几秒钟。在 10 秒到一分钟之内，气泡应该不断均匀的出现。

9.5 如果在一分钟内没有气泡出现，慢慢向上拉滴定管并调整它的位置。

9.6 测量水的深度。如果太浅，重复 9.2 到 9.6 的过程。如果太深，接着用 9.7 到 9.10 的操作步骤。

9.7 为了减少水的深度，向下推滴定管。一只手扶住瓶子，轻轻的旋转和向下推滴定管。

注：仅抓滴定管的边上，不要把手掌放在滴定管的顶端。

9.8 等待直到气泡出现。通常需要几分钟，因为水要从渗透圈排到土壤中。



图 8.8 调整渗透滴定管

9.9 在几分钟内如果没有气泡出现，测量水的深度。如果水的深度达到要求，将滴定管向上提并按照 9.2 到 9.6 进行操作。

9.10 当有气泡出现的时候，测量水的深度。如果太浅，重复步骤 9.2 到 9.6。如果太深，按照 9.7 到 9.10 的步骤进行操作。

10. 移动橡皮筋标定水位，开始计时（小时：分：秒），把时间填在“开始时间”栏。

规则

10.1 橡皮筋应该标在与瓶子垂直线交叉的水面新月状部分的底部。

10.2 瓶底的的新月形曲线是由瓶内的水表面形成的。

10.3 记录开始时间。

10.4 在整个过程中检查漏洞（以上 7.2 步骤中说明）。

10.5 如果有漏洞，必须重新开始。

11. 等待瓶中的水渗透至少 50 毫米（2 英寸）。

规则

11.1 确保圈中的水位至少在 3 cm 处(上下 0.5cm 的范围)。

11.2 如果圈中的水位低于要求，轻轻的将水倒入圈中。必要的话，用滴定管进行调整。

12. 记录渗透水的终止时间并测量水位下降的高度

规则

12.1 同时记录渗透终止时间和水位下降的距离。

12.2 记录渗透的终止时间用小时：分：秒。

12.3 记录橡皮筋顶部和新月形部分之间渗透的距离。

12.4 仅测量瓶子直线渗透深度。使用垂直线做一个指示。

12.5 你可以随意沿瓶体向下测量，只要最后的测量深度超过 50mm，瓶内的水位不会超过瓶子的曲线部分。

无瓶渗透法（半定量选择）

预湿取样点，插入渗透圈，像进行标准单圈实验一样把水倒入塑料袋（1-6步）。小心的移走塑料袋并记录开始时间，让水开始渗透。当圈内95%的土壤表层没有闪光时，迅速插入塑料袋并倒入另一杯水。当移走塑料袋时记录开始时间。当圈内有50%的土壤表面不闪光时记录此时的时间为终止时间。起始时间和终止时间之间的差值就是3cm的水渗入土壤所需时间。

单圈渗透仪指标计算法

如果所使用的圈和瓶的尺寸符合附表A的尺寸，此时的校正系数为0.48,这样你可以直接跳到第4步。否则从第1步开始。

1. 计算瓶的交错部位面积

规则

1.1 面积的公式是：面积 = $\pi \times r^2 \approx 3.14 \times r^2$ ，面积 $\approx 3.14 \times (d/2) \times (d/2)$ ， $r = \text{半径} = d/2$, d 为直径(宽)。

1.2 如果你不知道瓶的直径，可以通过它的周长计算，周长为 c , $d \approx c \div 3.14$

1.3 将数据记录到单圈渗透仪数据表中。

2. 计算渗透圈的交错面积

规则

2.1 面积公式是：圈的面积 = $3.14 \times r^2$ 或 = $3.14 \times r \times r$ 或 = $3.14 \times (d \div 2) \times (d \div 2)$

2.2 瓶面积 = $3.14 \times r^2$

2.3 数据记录在单圈数据表

3. 计算瓶面积和圈面积差异的校正系数

规则

3.1 校正系数 = 瓶的面积 ÷ 圈的面积

3.2 将数据记录在单圈渗透仪数据表中

4. 以小时计算渗透时间

4.1 开始时间减去终止时间

4.2 记录“总时间”（分钟）

4.3 把一小时分成60分钟

4.4 记录“总时间”（小时）

4.5 例如：开始时间 = 12: 55: 01，结束时间 = 1: 04: 31。时间使用（分） = 1: 04: 31 - 12: 55: 01 = 9.5分。时间间隔（小时） = 9.5（分钟） ÷ （60分/1小时） = 0.1583小时

5. 计算瓶的渗透率的单位是毫米/时。

规则

5.1 渗透率 = 水的下降距离（mm）/下降花费的总时间（小时）

5.2 在数据表的“瓶渗透率”一栏中记录渗透率

5.3 例：下降的距离为5.1cm,转化5.1cm为mm

$$(5.1\text{cm}) \times (10\text{mm/cm}) = 51\text{mm}$$

距离比时间: $51\text{mm} \div 0.1583 \text{ 小时} = 322.17\text{mm/小时}$

6. 计算土壤渗透率（调整渗透圈与瓶子面积的不同）

规则

6.1 渗透率（第五步） \times 校正系数（第三步） $322\text{mm/小时} \times 0.42 = 135\text{mm/小时}$.

6.2 在数据表上，记录在“mm/小时”栏中.

单圈与双圈渗透仪

有时也会推荐使用双圈渗透仪，在理论和实践方面已经清楚地展示出略优于单圈渗透仪（Bouwer 1986），但测量所需时间要长一些。提高 ponded 渗透测量准确性最好的办法是增加圈的直径，也不会增加渗漏的危险（例如，在有碎石和木质枯落物的土壤中）。

第九章 植物生产力

植被年总产量是一年内所有地上植被部分生长总量，包括木质部分和受放牧影响以及动物喜食部分。

年饲草生产力是全年生产力的总数量，由饲草种类或易于被放牧动物采食的的种组成。

年生产力被分为许多不同的等级，如禾本科牧草的生产力（禾草，苔草，灯心草和杂类草）或木本植物生产力（乔木和灌木）。对于木本植物的生产力（乔木、灌木和半灌木），年生长力仅包括新生枝、叶子和果实，或这个季节的种子生产力，而不是整株植物。

年生产力是草地植被的属性，虽很难量化，但对管理是很重要的。在单个的牧场或管理区内，年生产力可能有很大的变异性。而在一年内由于植物的不同生长时期，确定什么时间量化年生产和怎样调整已经生长的或已经被移除的部分是很困难的。另外，除了管理措施外，地上全部生产量因气候的变化（特别是季节性降雨的不同）年与年之间的变化是很大的。由于这些挑战，以及收集数据的时间，多数监测项目都没有监测年生产力或牧草生产力的方法。

当需要评估年生产力时，有三种基础的方法收集数据：（1）估算法（通过重量）（2）双倍抽样法（一种包括估算法和收获法以校正估算的方法）（3）刈割法，运用刈割小区和风干收获干物质的方法，来计算干物质的生产量。推荐使用双倍抽样法，因为它兼具了估算法的高效性和收获法的准确性。在 NRCS *国家草地与草场手册*第四章，放牧资源的调查与检测，第 4-3 到 4-13 中（USDA-NRCS 1997），所有的三种方法都有详细的介绍。下面主要描述双倍抽样法。

描述的方法如下：

- 遵循标准的 USDA-NRCS 国家议定书
- 基于英制单位，为的是保持 USDA-NRCS 议定书的一致性。对于公制单位的转换，请参照附表 B。
- 包括尚未生产的物质的量和已经被移除的量的校正指数。
- 对某一年——由使用者决定，通常按照公历，的产量进行估算。

材料

- 同样的样线用于其它测量
- 1 把剪草剪刀
- 1 把剪木质化植被的剪刀
- 样方框(1.92,4.8 or 9.6ft²)
- 称样本用的纸袋
- 天平:0-60g;0-100g×1g;0-300g×2g;0-600g×5g
- 植物鉴别指南
- 生态位置的描述



图 9.1 称量刈割样品

- 夹纸板，植物产量数据表和铅笔

标准方法（规则设定）

1 建立 10 个小区

规则

- 1.1 随机布置 10 个抽样小区，这些小区也可用于设置其它测定样线。
- 1.2 小区的数量通常推荐设置 10 个。附表 C 的公式是计算小区最佳数量的方法。附加的指南将会上传在下面的网站 (<http://usda-ars.nmsu.edu>)
- 1.3 取样点间距至少 10 米 (33 英尺)。
- 1.4 在数据表“小区位置”下记录每个小区的取样位置。
- 1.5 用样方框作为一个小区，框的边缘挨着样线摆放。
- 1.6 把样方框置于样线旁，不会因做别的测量而踩到样方。
- 1.7 在 1.9, 4.8 或 9.6 平方英尺小区内测量草本和半灌木的生产力。在大多数干旱和半干旱地区，9.6 平方英尺是最佳尺寸。随着产量和植被密度的增加，小尺寸框架是最适合的。例如，9.6 平方英尺更适合于荒漠区，而 1.9 平方英尺或 4.8 平方英尺更适合于高草草原或放牧生态系统。
- 1.8 年生产力和木质化植物生产力较好的地方，将小区的面积扩大到 0.01 英亩测量乔木和灌木的生产力。0.01 英亩的小区通常是半径为 11 英尺 10 英寸的圆。然而，也可以用 21*21 的正方形 (6.4m 的边长)。
- 1.9 木质化植物的生产量比草本植物更容易变化。在需要测量木质化植物的地方，设置最低 2 个小区。

2 记录小区内的所有植物种。

规则

- 2.1 一种植物基部至少有 50% 位于小区内方可记录在内。
- 2.2 在一个小区内记录每种植物。
- 2.3 将植物种记录在植物生产力数据表中的“植物种编码”一列中，使用下面的任何一个：“PLANTS”数据库种的植物种编码 (<http://plants.usda.gov>)；基于由前两个字母分别代表属和种的四个字母组成的编码；或者常用名。
- 2.4 记录每种植物种所在小区的面积。（参看 1.7 和 1.8）

3. 记录每种植物的重量(第一个小区)或记录前面没有记录过的每种植物的重量（剩下的小区）

规则

- 3.1 在物种内，植物的重量单位是一致的，无论是植株的一部分、一整株植物或是植物群落。
- 3.2 禾本科植物和半灌木植物的重量单位用“克”。
- 3.3 乔木的单位用“磅”，灌木的单位可以是“克”或“磅”
- 3.4 测量每种植物时要选择合适的重量单位。选择一个合适的单位，易于判定、计算和记忆。注意重量单位不要太大或太小。
- 3.5 选择等量的重量单位收获植物
- 3.6 确定净重的单位

3.7 重复步骤 3.4 到 3.6，直到可以准确地估算重量单位。

3.8 把“单位重量”记录在植被产量数据表中的“Wt meas g/lb”那一栏中

3.9 在“Wt meas g/lb”栏中输入测量的单位（磅或克）

4 通过物种数评估重量单位的数量

规则

4.1 把每个小区内每个植物种的单位重量的数量输入数据表中相应的位置

4.2 如果在一个小区内只有少量植物种出现，将其记录为“T”

4.3 一种植物基部至少有 50% 位于小区内方可记录在内

5 重复过程在所有小区和扩大的小区

规则

5.1 对于所有草本植物的小区，重复步骤 2 到 4

5.2 在测木质植物扩展的小区时，重复步骤 2 到 4

6 刈割植物，最后要计算两次取样时的校正系数。

规则

6.1 在 10 个小区内至少选择两个小区，刈割每种植物并称其重量。这几个小区内应包含所有小区内的所有植物种或大部分植物种。

6.2 在数据表中在选中的小区上画圈。

6.3 将刈割植物的重量记录在“刈割植物重量”栏中。

6.4 记录在其它小区内未出现的植物种，称出它的重量。并标注这个样本收集的位置。

6.5 在“刈割小区估计重量”和“刈割小区刈割重量”中输入正确的值。

7 记录小区面积的转换系数。

规则

7.1，在“面积转换系数”一栏中记录每种植物小区的转换系数。

7.2 根据适当的转换系数将样品的重量单位转换成磅/英亩。

转换系数 = 50 ，表明小区的大小是 1.92 平方英尺，测量单位是克。

转换系数 = 20 ，表明小区的大小是 4.8 平方英尺，测量单位是克

转换系数 = 10，表明小区的大小是 9.6 平方英尺，测量单位是克

转换系数 = 0.22，表明小区的大小是 0.01 英亩，测量单位是克

转换系数 = 100，表明小区的大小是 0.01 英亩，测量单位是磅

8 输入每种植物的风干重量

规则

8.1 在“风干重校准”栏中以十进位为标准，输入恰当的风干重（ADW）的比例，。

8.2 如果可以，利用图表根据植物的不同生长阶段将植物的鲜重换算成干重。如果没有合适的图表，应先将草本植物烘干处理。

8.3 重复每种植物

9 输入家畜或野生动物出现过的地方的每种植物的利用率

规则

9.1 用十进位的形式，将利用后剩余植物的比例，记录在“利用率校准”格中。

9.2 利用率在不同的小区中是变化的，所以要计算所有小区的平均利用率。

9.3 例如：如果植物的平均利用率是 40%，未利用的为 60%，则在表格“Util adj”列中记录 0.6。

10. 输入每种植物的生长校准

规则

10.1 在“Gwth adj”一列中输入当年内每种植物生长的累积比例。

10.2 这个生长比例与这一年的预计产量具有相关性（排除气候的变异性）。植物生长的调整纠正了植物在这一年内实际生长了多少，与这一年内潜在产量相对。例如，如果在干旱年，7月1日生长调整的值是 60%，那么在较湿润的一年内，7月1日植物的校准值仍然是 60%，尽管干旱年份（7月1日）植物的生长总量比湿润年份（7月1日）少的多。

10.3 在美国，多数主要的牧草种生长曲线都很容易获得。这些生长曲线表明随日期增长生长的累积比率。这些曲线是近似值，不考虑降水量的年变异性。联系你当地的 NRCS 办公室或者推广办公室寻求进一步帮助。

11 输入每种植物的气候调节

规则

11.1 以十进位的形式将气候调节值记录在“Wthr adj”一列中。

11.2 气候调节是用于描述已经发生的或期望发生的生长条件。包括降雨量，降雨强度和降雨时间，也包括温度，以及它们之间相互联系。

11.3 输入的值在 0.1 到 2 之间。

11.4 这个调整对于不同的物种是不同的，取决于植物对湿度和温度的要求。

11.5 例如：调整值为 1 表明这个地区在植物生长时期其生长条件是正常的。如果是 1.2，则表明生长条件超出了正常水平，植物种还可增加 20%。0.75 表明在这样的生长条件下 75%的植物生长是正常的。

植物产量计算

1 将每种植物重量相加

规则

1.1 将每个小区中的植物按分种将其重量相加并记录在“总重量”一列中。

1.2 以最近似的十进制数记录重量单位。

1.3 忽略标记总数，或“T”

2.计算两次取样的校正系数。

规则

2.1 仅针对刈割小区来说，在“Clipped subplots Est Wt”一列中记录每种植物预计产量之和。

2.2 总预计重量 = 刈割小区总重量单位 × 单位重量。

2.3 输入每个刈割小区中每种植物的总刈割重量，记录在“刈割小区刈割重量”列中。

2.4 “刈割小区刈割重量”除以“刈割小区预计重量”来计算校正系数用

2.5 记录双倍抽样的校正系数在“刈割/预计 转换系数”栏中。

3 计算每种植物每英亩有多少磅。

规则

3.1 用以下公式计算风干重用，磅/英亩，这里的 s 代表小区数量

磅/英亩 = (总重量单位 × 重量单位重量 × 1/s × 小区面积转换系数 × 干重调整 × 刈割/预计转换系数) ÷ (利用调节 × 生长调节 × 天气调节)

3.2 把值记录在“总重量 磅/英亩”中。

例:

植物生产力数据表

检测样地: North Pasture
 样线: 2

检测人: Renee Smith
 日期: 9-Oct-03

记录人: Keith Crossand
 第 1 页, 共 1 页

物种编码	小区位置 (记录单位重量、地区、物种、位置)											总的 单位 重量 单元	单位 重量 的 单 位 重 量	单 位 重 量	刈割 的 单 位 重 量	小区尺 寸	尺寸 校正 系数	风干 重	利 用 后 植	当 年 生 长	天 气 状 况	亚样地的刈割		每个 植物 种的 双 重	总重																		
	10	20	30	40	50	5	15	25	35	45	每个种 的估计 重量											刈割 重量																					
PAVA2	5.5	0	0	0	0	0	0	0.75	0	0														6.35	34	g	138	9.6ft ²	10	0.6	1	1	1	212.5	138	0.65	84.12						
ERAR5	8	2	1	1	2	0	0	1	0	0															15	3	g	40	9.6ft ²	10	0.6	1	1	1	27	40	1.48	40					
CHAL7	6	0	0	0	12	0	0	10	0	0															28	1	g	15	9.6ft ²	10	0.7	1	1	1	16	15	0.94	18					
BOAR	2	0	9	7	0	0	0	4	0	0															22	4	g	22	9.6ft ²	10	0.8	1	1	1	24	22	0.92	65					
AMFI	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0															1	1	g	2.5	9.6ft ²	10	0.7	1	1	1	1	2.5	2.5	2					
HOGL2	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0															3	1	g	5	9.6ft ²	10	0.6	1	1	1	3	5	1.67	3					
CYDA	2	0	0	0	0	0	8	16	0	0															26	2	g	30	9.6ft ²	10	0.8	1	1	1	36	30	0.83	35					
MACM2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0															1	2	g	3	9.6ft ²	10	0.9	1	1	1	2	3	1.5	3					
OPEN3	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0															0.5	0.25	lbs	0.3	0.01ac	100	1	1	1	1	0.125	0.15	1.2	2					
LYEX	1.2	0	1	0	0	0	0.3	0.6	1	0.6															4.3	0.2	lbs	0.25	0.01ac	100	1	1	1	1	0.36	0.25	0.69	6					
PRVE	1	0	0	0	0	1	1.5	0	2	0.5															5.5	0.3	lbs	0.25	0.01ac	100	1	1	1	1	0.3	0.25	0.83	14					
GUSA2	2	0	2	0	0	1	1	1	0	0															6.5	0.08	lbs	0.25	0.01ac	100	1	1	1	1	0.24	0.25	1.04	5					
LATR2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0															1	0.09	lbs	0.1	0.01ac	100	1	1	1	1	0.09	0.1	1.11	1					
ACCO2	1	0	0	9	2	0	1	8	0	0															21	0.1	lbs	1	0.01ac	100	1	1	1	1	0.9	1	1.11	23					
OPVE	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0															2	0.15	lbs	0.25	0.01ac	100	1	1	1	1	0.3	0.25	0.83	3					

总产量 (lbs/acres) : 302.62

第十章 物种丰富度（修改的 Whittaker 方法）

“物种丰富度”是指一定面积内植物种的总数量。它是生物多样性的一个指标。这种物种丰富度的测定方法是根据 Stohlgren et al(1995) 和 Bull et al(1998)。物种丰富度与时间联系是非常紧密的。测定的数量可能会减小，这取决于信息要求和时间。最小范围的物种丰富度估算可以通过点线截距法的数据来计算。点线截距法估算的丰富度可以通过彻底调查整个检测地区外来种和其它物种来补充。

注释：在这章里使用精确单位转换以便于计算。

材料

- 可用于点线截距法和间隙截距法的样线
- 100 米（328 英尺）的测绳
- 用来标定样区角的金属棒标杆和锤子。
- 用于标记小区边缘至少 120 米的细绳。
- 夹纸板，植物丰富度数据表，铅笔

标准法（规则设定）

1. 建立小区

规则

1.1 设计 10×30m 的小区。

1.2 用 100m 的卷尺在小区内固定一个“a”点，与样线“0”点垂直且相距 5m（图 10.1）。

1.3 将卷尺拉出，跨过样线的 0 点，到 10m 处（点“b”）将其绕过另一个桩子（图 10.2）。



图 10.2 拉动卷尺设置物种丰富度样地

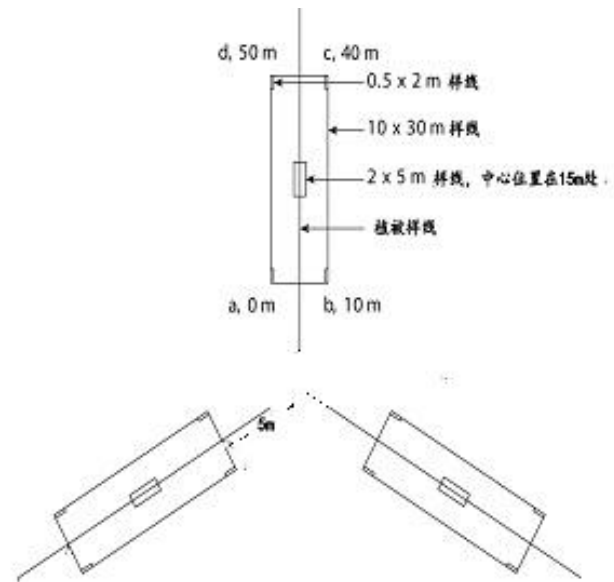


图 10.1 物种丰富度小区布局（不按比例）

1.4 继续拉卷尺，其方向与样线平行。在 30m 处插入另一个桩子（点“c”）。卷尺的读数应该是 40m。然后继续到达“d”点。

1.5 最后拉卷尺返回“a”点。

1.6 当完成时卷尺的读数是 80m。

1.7 收回卷尺，但保留标杆在固定好的地方。

1.8 在其中一根标杆上固定绳子一端，再按照卷尺之前的轨迹绕过其余标杆。

1.9 如图 10.1 所示，使用旋转法继续设置小区，如图 10.1。

1.10 在样线的 15m 处中心位置设置一个 2×5m 的小区。

1.11 在这个 10×30m 小区的角落位置，再划 4 个 0.5×2m 的小区。

1.12 如果需要的话，剩下的两条样线按照步骤 1.1 到 1.11 重复。由于取样成本较高，通常在较多的位置设置较少的样线取样（一个位置一条就够了）。

2. 记录每个小区内的物种数

规则

2.1 在一条样线上观测所有小区的物种丰富度。完成后，移到下一条样线。

2.2 每一条样线用一张记录数据表。

2.3 从最小的小区开始（0.5×2m）

2.4 在数据表相应的栏中记录每个小区内出现的所有物种。

2.5 每一种植物至少有一半在小区内方可被记录。否则不用记录。

2.6 将植物种记录在植物生产力数据表中的“植物种编码”一列中，使用下面的任何一个：“PLANTS”数据库种的植物种编码(<http://plants.usda.gov>)；基于由前两个字母分别代表属和种的四个字母组成的编码；或者常用名。

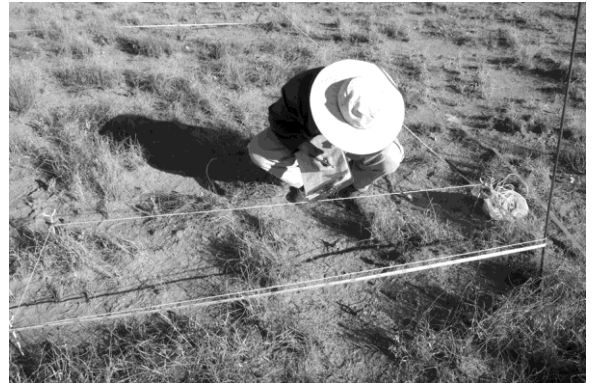


图 10.3 记录 4 个小样地的每一个样地内的每一种植物

快速选择

最简单的选择是点线截距法中的最小估计法。但是这种方法的弊端是将会丢失大部分植物种。另一种方法是直接用 10×30m 的小区，无须设置子小区。这种方法适合于不要求计算物种面积曲线的情况。

2.7 移动到下一个小区并在下一栏中记录在此小区内的所有物种。

2.8 重复步骤 2.1 到 2.7 直到将四个小区内的样品完全取完。

2.9 观察 2×5m 的小区并记录所有物种。

2.10 观察 10×30m 的小区并记录所有物种。

2.11 确保在 10×30m 的小区内观察到的物种包括在较小的小区内发现的所有物种。

植物丰富度计算

1 测量物种丰富度

规则

1.1 统计在小区内遇到的所有物种。

1.2 不管每一物种在多少个小区内出现，每一种物种仅记录一次。

2 计算物种丰富度（不包括在数据表中）

规则

2.1 这种方法只适用于了解直线回归的人来计算。它基于一种假设，即物种数和这个地区面积的对数之间的线性关系。

2.2 每个小区中物种的数量与每个小区的面积的对数用图表表示。（0, 1 和 2.5 对应的是 1, 2 和 300）

2.3 下面的公式预测了在较大的面积内物种丰富度，*这个区域相对一致并且小区具有代表性。*

$$\text{物种丰富度} = \text{截距} + (\text{常数}) \times (\text{面积的对数})$$

2.4 考虑监测的目的，强烈推荐只监测所测物种的丰富度。

第十一章 植被结构

植被结构法为野生物种提供了视觉阻碍和栖息地结构法的信息。视觉阻碍法也曾经用于植物生物量的测定。与此方法相关的各种各样的使用方法及相关的指标的文献有很多。

根据视觉阻碍法，有很多方法用于测定植被结构。但是没有标准方法也没有一套标准的指标。这里描述的植被结构测定方法与以前调查与监测使用的方法是相似的，如标杆法，地表盖度，地表植被轮廓和密度。

覆盖标杆的多维方法能够很容易的调整以适应不同的目标。

材料:

- 可用于点线截距法和间隙截距法的一条样线。
- 覆盖标杆法（看附表 A）
- 1 米 PVC 观察管
- 夹纸板，植物构造数据表，铅笔

标准法（规则设定）

开始测量前，在数据表的顶端记录覆盖标杆每一节的长度。从标杆的顶端到底端标记四部分的数字。每一部分被平分为 5 小段。一般来说,在一个 2m 长的标杆上，每一部分的长度为 0.5m,每小段的长度为 10 cm。

1. 沿着每条样线随机选择 5 个位置。

规则

- 1.1 在数据表“样线”一栏记录样线或样线号
- 1.2 在数据表“位置”一栏记录每一个位置
- 1.3 位置之间至少间隔 7 米。

2. 在第一个位置放置覆盖杆

规则

- 2.1 记录者将覆盖标杆放在取样的位置

3 收集植被结构数据

规则

- 3.1 沿着样线，观察者站在离覆盖标杆 5m 的位置。
- 3.2 使用“观察杆”保持相同的观测高度，观察者要记录是否某一小段被植被挡住。
- 3.3 覆盖标杆每一小部分至少有 25%被植被挡住，才认为这个小段被植被覆盖。
- 3.4 如果植被挡住了就记录“1”，如果没有挡住记录“0”。



图 11.1 观测人站于沿样线距盖度杆 5m (15 英尺) 处

3.5 观察者重复步骤 3.1 到 3.4，沿着样线站在覆盖标杆相反方向 5m 处

4 沿着每一条样线及所有样线上的所有取样点重复步骤 1 到 3

植被结构指标的计算

规则

1. 计算视觉阻碍百分比的平均值

1.1 将每一部分被植被阻挡住视线的每小段的数量相加。

1.2 视觉阻碍百分比 = $100\% \times (\text{被挡住的小段数量} / \text{总的小段数量})$

1.3 计算每一部分的样区平均数，将所有视觉阻碍百分比相加，然后用这个数除以视觉阻碍总数。

2 可选做。计算叶片高度多样性 (FHD, 垂直结构多样性)。注：这部分要求一个计算器或电脑，因此它不包括在数据表格中。

规则

2.1 垂直结构多样性计算公式： $FHD = \sum p_i \ln p_i$

2.2 对于每次观测中的每一部分，把被植被挡住的那些小部分数量加起来。

2.3 把整个小区中每部分中被阻挡的每小部分的数量加和。

2.4 在每一部分中被阻挡每小部分所占的比例

$P_i =$ 在第 i 部分中所出现的比例， i 是从

1 到 5

2.5 每部分所出现的比例(根据规则 2.4)再乘以其自然对数， $P \times \ln P$ 计算。

2.6 将所有 $P_i \times \ln P_i$ 加和。



图 11.2 采用实现阻隔法测定的盖度杆

例:

植被结构数据表

监测样地: 12 日期: 1-Sep-03 观测人: Heather Henshaw 记录人: Hilary Brinegar
 分段1: 0-0.5 m或英尺 分段3: 1-1.5 m或英尺 沿着样线在记录位置前观测A=5m或15英尺
 分段2: 0.5-1 m或英尺 分段4: 1.5-2 m或英尺 沿着样线在记录位置后观测B=5m或15英尺
 如果>25%的条带被植被覆盖或阻隔, 记录为1; 如果<25%的条带被植被阻隔或覆盖, 记录为0

样线: 1		位置: 5		位置: 15		位置: 25		位置: 35		位置: 45				
分段	条带	观测A	观测B	观测A	观测B	观测A	观测B	观测A	观测B	观测A	观测B			
1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1			
1	2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0			
1	3	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1			
1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1			
1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	分段数	观测数量	视线阻隔
条带数		2	1	1	3	0	0	3	1	2	1	17	50	34%
2	6	0	0	1	1	0	1	1	1	1	4			
2	7	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0			
2	8	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0			
2	9	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	分段数	观测数量	视线阻隔
2	10	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	15	50	30%
条带数		0	0	4	1	1	4	1	2	2	0			
3	11	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1			
3	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0			
3	13	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0			
3	14	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	分段数	观测数量	视线阻隔
3	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	14	50	28%
条带数		2	3	2	1	1	2	0	0	2	1			
4	16	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0			
4	17	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0			
4	18	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0			
4	19	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	分段数	观测数量	视线阻隔
4	20	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	21	50	42%
条带数		1	3	2	4	4	4	2	1	0	0			

平均视线阻隔: 34%

植被结构数据表

监测样地: _____ 日期 _____ 观测人 _____ 记录人 _____
 分段1: _____ m或英尺 分段3: _____ m或英尺 沿着样线在记录位置前观测A=5m或15英尺
 分段2: _____ m或英尺 分段4: _____ m或英尺 沿着样线在记录位置后观测B=5m或15英尺
 如果>25%的条带被植被覆盖或阻隔, 记录为1; 如果<25%的条带被植被阻隔或覆盖, 记录为0

样线:		位置:		位置:		位置:		位置:		位置:				
分段	条带	观测A	观测B	观测A	观测B	观测A	观测B	观测A	观测B	观测A	观测B			
1												视线阻隔=100%×分段数/观测数量		
1														
1														
1														
1														
条带数												分段数	观测数量	视线阻隔
2														
2														
2														
2														
2														
条带数												分段数	观测数量	视线阻隔
3														
3														
3														
3														
3														
条带数												分段数	观测数量	视线阻隔
4														
4														
4														
4														
4														
条带数												分段数	观测数量	视线阻隔

平均视线阻隔:

第十二章 树的密度

为了了解植物群落的结构多样性，量化热带稀树草原和放牧林地的密度和尺度是很重要的。一个结构多样性完整的生态位能够阻止外来种的入侵。在稀树草原和放牧草原上，增加树的密度意味着向一个重要的群落方向演变。

这里描述的方法是来自 FIA National core Field Guide Volume I:Field Data Colletion Procedure For Phase 2 Plots, Version 1.7。这份 FIA 流程包括了大量不适合我们监测目标的附加要求和指示。如果想了解更多的 FIA 信息，请浏览 <http://srs.fs.usda.gov/fia/manual/p2manual.htm>。

材料

- 适用于点线截距法和间隙截距法样线
- 扩大量的标杆
- 固定了钢钉的绳子
- 其余的绳子（用于副小区）
- 米尺或 DBH 尺
- 夹纸板，多度和尺寸数据表，铅笔

标准法（规则设定）

1.确定树和树苗测量的区域[$DBH(\text{胸径}) > 2.5\text{cm}$ 或 $DRC(\text{根茎直径})$].

规则

1.1 设定四个子小区，一个小区位于三条样线的中心，其余 3 个子小区分别在与此中心间距是 36.6m 的每条样线上。（图 12.1）

1.2 子小区的半径是 7.3m(图 12.1 副处理小区)

1.3 子小区尺寸也可以用不同的大小。如果使用不同的大小，应保证将其大小记录下来并据此指标计算方法也应做出相应的调整。

2. 确定哪个物种的使用 DRC 来取代 DBH。

规则

2.1 DRC 通常用于多茎的物种

2.2 在 FIA 流程的附表 4 中可以找到多茎物种的 USFS 等级表

3. 记录每个子小区的每棵树的种类和常用名。

规则

3.1 至少个体的 50%在样区内方可被记录。

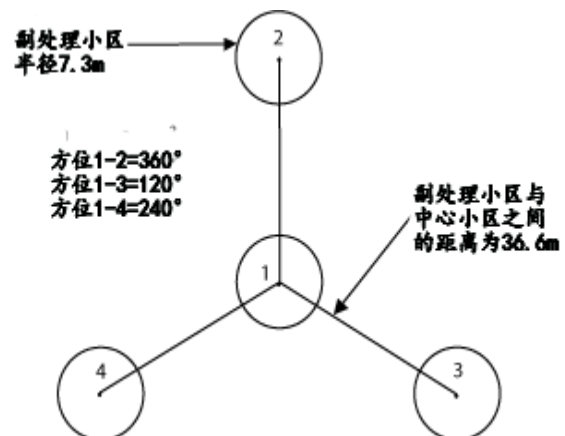


图 12.1 USFS 森林清查和分析样地图解
（摘自美国 USDA 森林服务局，2003）

3.2 使用与点线截距法相同的代码或相同的名字。

3.3 在“种类”一列中记录物种的代码。

4 在正确的栏记录 DBH 或 DRC。

规则

4.1 用直径尺在树高 1.4m 处测量胸径(DBH) (图 12.3)。

4.2 如果没有直径尺, 使用标准的测量尺然后用以下公式转换成直径 ($\pi \approx 3.14$)

$$\text{直径} = \text{周长} \div \pi$$

4.3 DRC 的测量如图 12.4。

多茎的个体树的直径(DRC) = SQRT (根茎直径平方之和)。

5.记录每株树的高度

规则

5.1 测量树的最大高度, 从树干的最底部到树冠的最高点

5.2 如果树太高而无法用标有尺码的量尺测量, 可以使用一个延长杆 (图 12. 5) 目测其高度, 或者使用一个测斜仪或直角三角仪。

5.3 在数据表“高度”一栏记录树的高度。



图 12.2 稀树或林地生态系统中树密度相对较低



图 12.3 测量胸径

树的密度计算

1. 计算样地的亩数

规则

1.1 样地面积 = $(4 \times \pi \times \text{样地半径} \times \text{样地半径}) \div \text{转化因素} (\pi \approx 3.14)$ 。

1.2 公制转换系数是 10,000 (从平方米转换成公顷)。

1.3 英制转换系数是 107,639 (从平方英尺转换成公顷)。

2. 树和树苗的总数

规则

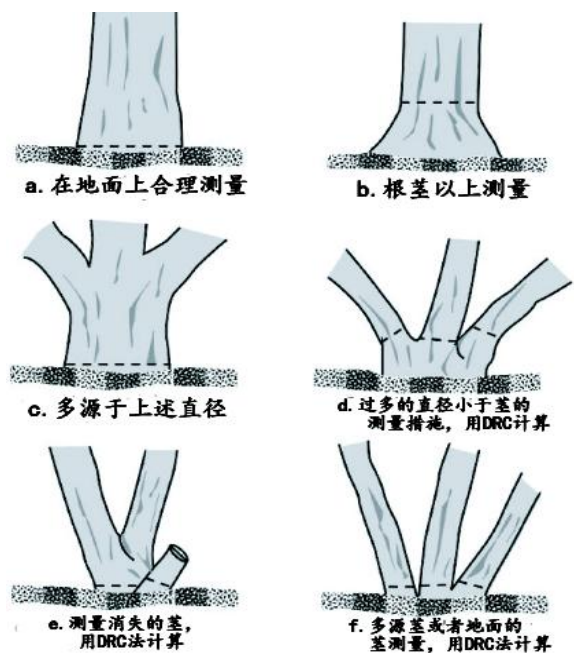


图 12.4 如何测量根颈直径
(摘自美国 USDA 森林服务局, 2003)

2.1 数出所有能查明的所有四块分样地的树的总数（树的 DBH 或 DRC ≥ 12.7cm 或 5in）。

2.2 数出所有能查明的所有四块分样地的树苗的总数（树苗 DBH 或 DRC ≥ 2.5cm 或 1in 同时 ≤ 12.7cm 或 5in）。

3. 计算密度

规则

3.1 树的密度 = (树的总数) ÷ (样地面积)

3.2 树苗密度 = (树苗的总数) ÷ (样地面积)



图 12.5 利用延长杆测量树高

例:

树密度和大小数据表

监测样地: 3 日期: 22 July 2003 样线长度: 50 (m) 或英尺
 观测人: Mark Second 记录人: Tara Third
 分样地半径: 18 (m) 或英尺 直径单位: cm 或英寸 高度单位: m 或英尺

分样地1 (样地中心)			分样地2 (样线1)			分样地3 (样线2)			分样地4 (样线3)		
物种	DBH	Ht.	物种	DBH	Ht.	物种	DBH	Ht.	物种	DBH	Ht.
POFR	40	6.5				POFR	52	11.5	POFR	4	3
									FRVE	35	10

样地总面积 (所有样地) = $4 \times 3.14 \times \frac{18}{2} \times \frac{18}{2} \div 10000 = 0.41$ hectares

样地总面积 (所有样地) = $4 \times 3.14 \times \frac{\text{英尺}}{2} \times \frac{\text{英尺}}{2} \div 107639 = \text{英尺}^2$ hectares

3 = 树的总数 (DBH ≥ 12.7cm (5英寸))

1 = 幼树的总数 (2.5cm (1英寸) < DBH < 12.7cm (5英寸))

树的密度 = $\frac{\text{树的数量}}{\text{样地面积}} = \frac{3}{0.41} = 7.32$

幼树的密度 = $\frac{\text{幼树的数量}}{\text{样地面积}} = \frac{1}{0.41} = 2.44$

第十三章 湿地河道植被调查

湿地河道植被调查对河道两岸的植被盖度和组成进行了大概估计。适用于连续带状的河岸植被群落潜力系统和河段。

这种方法是以前 Alma Winward 提出的“绿线”的方法（2000）为基础的，但不包括 Winward 提出的以确定河道上每一点的植物群落为基础的绿线方法。Winward 的方法比这里的方法优越，如果能够找到确定植物群落的专家，那么还是推荐 Winward 的方法。

温沃德对绿线的定义十分重要：“连续植被的外缘在水边形成了线性群落类型群，即为绿线”。Winward 补充道：“通常绿线位于水边或接近水边（图 13.1）。或者由于水流退去，植被在夏季继续生长和延续，绿线可能会位于沙堤或砾石上（图 13.2）。有时当河岸被侵蚀或河流冲刷成壕沟时，绿线可能位于高于水面几英尺处（图 13.3）。在这种情况下，植被中很少有喜水植物，事实上很可能是由非河岸植物组成的（Winward 2000）。”

材料

·“L”型工具或双头激光探测仪（见附录 A：建造和供应商）

·长 50m 或 100m 的测绳线

·一米（或码）的标杆

·加长测杆

·夹纸板、湿地河道植被调查数据表、铅笔

标准方法（规则设定）

注释：由于确定绿线中的困难和确定永久样线的物理因素的不可能性，现场训练对于这种方法是十分重要的。如果可能，最好由同一个人来完成所有的重复。

1.确定步长

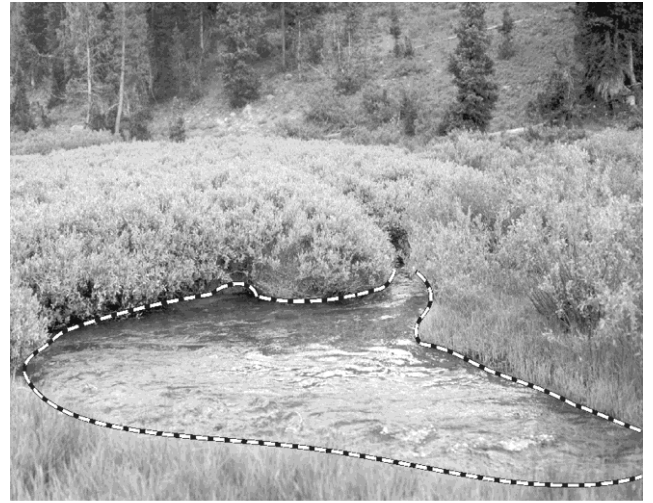


图 13.1 位于水边或接近水边的绿线（Winward 2000）

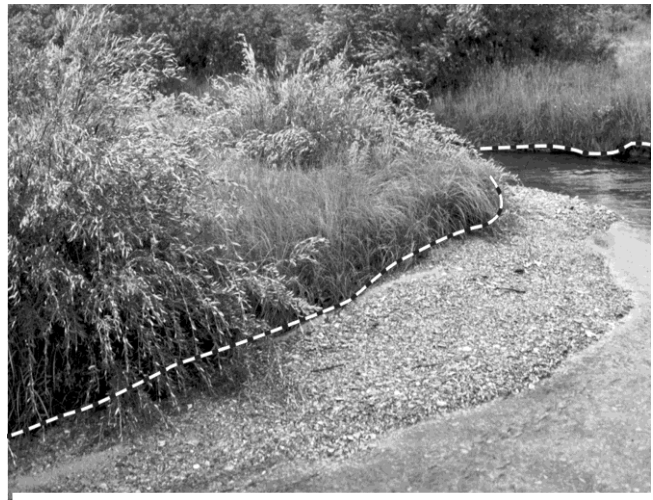


图 13.2 绿线的位置（Winward 2000）



图 13.3 被侵蚀河岸的绿线位置。根据绿线的定义，“连续植被的外缘在水边形成了线性群落类型群，即为绿线”，被侵蚀的非河岸区域的那一部分河岸也可以称作是临时的绿线（Winward 2000）

规则

1.1 为了提高这种方法的可重复性，观察者应该把步长校准为 1m 或 3 英尺。

1.2 通过沿测绳重复走来确定步长并且数出特定距离（如 100 米或 100 码）的步数。

1.3 用距离除以步数来确定步长（如： $100\text{m} \div 125 \text{步} = 0.8\text{m}[80\text{cm}]/\text{步}$ ）。

2. 测量河道植被

规则

2.1 从河道上横跨河道的线点和间隙截距的点开始。

2.2 指明“走”的方向（逆流或顺流），把河道的方位（例如：东北、西北、东南、西南）记录在河道植被调查数据表中“水流面”旁的空白处。

2.3 选择“水流面”和方向开始调查，记得保持标准步长。把“L”型工具放在沿绿线边缘的第一步（表中的“Pt”一栏），将“观测镜”指向河道中心（图 13.5）。

2.4 对于由“L”型工具观测镜的中心确定的点，在数据表中“顶部树冠”下记录最高点树冠物种的投影。

2.5 如果需要，上上下下再看看视线范围内，以保证所有的植物种都被记录了。在数据表中“低层树冠”一栏中记录额外植物种的盖度。

2.6 在数据表的最后一栏中记录相应的土壤表层代码。

2.7 在数据表的“Ht”一栏中记录最高植物截取的高度。

3. 在河道的四个边做重复测量

规则

3.1 回到起点，分别在四个边重复走，每个边分别走两次逆流的，两次顺流的，并分别重复步骤 2.2-2.7。

3.2 一个河岸的终点可能不会与对岸的终点重合，这是因为在河道每一边的蜿蜒伸展的长度不同。

河道植被调查指标的计算

参看快速启动中线点截距部分有关冠层盖度、基盖度和裸地的信息。这里提供了计算三个附加指标的说明。

基于功能群的特定样地指标对河岸地区有很高的价值。根据由美国山脉间的生物带确定的种群类型，Winward（2000）明确的提出了绿线持续状态发展指标和河岸绿线稳定性。

1. 计算稳定植物种盖度的百分比

规则



图 13.4 检查步长



图 13.5 进行河道植被调查

1.1 取得或列出河岸稳定植物种的名单。Winward(2000) 列出了美国山脉间的生物带包括的植物种。

1.2 在每个稳定植物种记录的地方，数出样点的总数。

1.3 把（1.2 中）稳定物种的样点总数乘以 2*，将“稳定植物种盖度的百分比”记录在数据表中的空白处。

2.计算稳定植物种盖度占有所有植物种总盖度**的百分比

规则

2.1 获取或列出河岸稳定植物种的名单。（见 Winward 2000）

2.2 数出稳定植物种冠层（“顶部树冠”和“低层树冠”栏中）被截取的总次数。在某一点上，如果不止一种的稳定植物被截取，把所有的植物种都算在内。把该数据作为分子或“稳定植物截取的总数”记入数据表中。

2.3 记录所有冠层截取的总次数，包括植物种和枯落物的（“顶部冠层和低层冠层”栏）。将此数据作为分母或“冠层截取总次数”。

2.4 用稳定植物截取的总数除以冠层截距的总数再乘以 100 并将其记入数据表中。

3.计算木本植物盖度的百分比

规则

3.1 获取或列出木本植物的名单。

3.2 数出每个有木本植物记录的样点的总数，记在数据表的空格处。

3.3 把（3.2 的）有木本植物的样本点总数乘以 2，并将“木本植物盖度百分比”记在数据表中。

*每条线 50 个点乘以 2。每条样线 100 个点的乘以 1；每条样线 25 个点的乘以 4。

**注意这是总的植物种的盖度，而不是总盖度，总盖度还需要记录相同物种的多重冠层截距。

例:

河道植被数据调查表

阴影部分为计算数据

第1页, 共1页

日期: 15-Sep-02

样地:

North

上游或 下游

河流哪一侧: NE

观测人:

kathi Borgman

记录人: Tim Hanks

步长: 100

cm或英寸

Pt.	顶部冠层	Ht.	低冠层			土表	Pt.	低层冠层	Ht.	低冠层			土表
			1	2	3					1	2	3	
1	FEID	40				FEID	26	ARTRT	85	L			S
2	NONE					S	27	ARTRT	155	L			ARTRT
3	NONE					R	28	ARTRT	200				S
4	NONE					R	29	COSE	105				S
5	NONE					R	30	COSE	190	ARTRT	L		S
6	POPR	10				S	31	ARTRT	170				S
7	NONE					S	32	COSE	145	FEID			S
8	NONE					R	33	ROWO	90				ROWO
9	ARTRT	180				S	34	FEID	10				S
10	NONE					R	35	FEID	5	L			S
11	ARTRT	155	L			S	36	FEID	5	L			S
12	ARTRT	220	L			ARTRT	37	COSE	120	FEID			S
13	NONE					R	38	COSE	130				S
14	NONE					R	39	NONE					S
15	NONE					R	40	COSE	210				S
16	NONE					R	41	COSE	190				COSE
17	ARTRT	205				S	42	ARTRT	160	L			S
18	NONE					R	43	ARTRT	180	L			S
19	NONE					R	44	COSE	220				S
20	ARTRT	220				S	45	ROWO	100				S
21	ARTRT	190	L			S	46	ARTRT	200				ARTRT
22	ARTRT	160	L			S	47	ARTRT	90				S
23	ARTRT	210	FEID			ARTRT	48	ARTRT	150				S
24	ARTRT	240	FEID			S	49	POER	700	ARTRT	L		S
25	ARTRT	220	FEID			ARTRT	50	POER	550	ARTRT			S

顶部冠层编号: 物种编号、普通名或者无冠层

低层冠层: 物种编号、普通名, L (草本凋落物),

W (木本凋落物, 直径>5mm (1/4英寸))

%冠层(叶层) 盖度= <u>36</u> 冠层步长(第1列) ×2= <u>72%</u>
%裸地 = <u>3</u> 步长(W/无) ×2= <u>6%</u>
%基盖度= <u>8</u> 植物基部步长(最后1列) ×2= <u>16%</u>

%稳定物种盖度= <u>8</u> 稳定物种步长 ×2= <u>16%</u>
稳定物种截距总数 <u>8</u>
×100% = <u>18.2%</u>
冠层截距总数 <u>44</u>
%木本植物盖度= <u>31</u> 木本物种步长 ×2= <u>62%</u>

未知物种编码

AF#=一年生杂类草

PF#=多年生杂类草

AG#=一年生禾草

PG#=多年生禾草

SH#=灌木

TR#=乔木

土壤表层编码(不使用凋落物):

物种编码(对基础截距)

R=岩屑(直径大于5mm, 即1/4英尺)

BR=基岩

M=苔藓

LC=在土壤上的可见地衣结皮

S=土壤, 未见其他土壤表面编码

EL=嵌入土壤的枯落物

D=残落物

当顶冠层=无, 没有低冠层(没有枯落物), 土表为仅土壤时, 样地类型定义为裸地

第十四章 河道与沟壑轮廓

河道与沟壑轮廓提供了对河道形状的描述。这种方法也可以用于记录高地地区土壤表面形状（如表面有小河或者沟壑）。

注意！

流动的水流会很危险。

只能在安全的地点和时间才可应用此方法。

材料

两个长 1.5m(5 英尺)的钢筋标杆

一卷长 100m (300 英尺) 的尼龙绳

钢锯

锤子

水平线

金属棍

100m(300 英尺)测绳

夹纸板、河道概况数据表、铅笔

标准方法

1.确定河道轮廓的位置

规则

1.1 测量线点截距或间隙截距横跨的河道的横断面。

1.2 确定河道每一边的绿线的边缘。

2.树立标杆、拉线和测绳

规则

2.1 用钢锯在每个标杆一端大约 3cm 处锯一凹槽。

2.2 在河道一边距离绿线边缘至少 2m(6 英尺)的地方固定标杆，留出 25-50cm(10-20 英寸) (图 14.1)。最后利用露出的凹槽安装。

2.3 把尼龙绳系在凹槽处，然后横跨河道拉紧。

2.4 确定另一根标杆的高度，使横跨河道的尼龙绳保持水平，然后固定。

2.5 拉紧绳子，把活动的一端系在另一根标杆的凹槽处。

2.6 安装水平线，调整每根标杆埋入的深度，直到线完全水平为止 (图 14.2)。

2.7 拉直标杆之间的测绳，使 0 末端在你看来是逆流的左侧。

3. 记录河道轮廓记录

规则 3.1 从标杆测绳的 0m 一端开始，利用米尺测量土表到尼龙绳的距离 (图 14.3)。

3.2 把沿测绳的位置和测得的河道深度分别记录到数据表中的“测绳距离”和“河道深度”下面。

3.3 每隔 50cm (1 或 2 英尺) 做一次重复。

3.4 使最后一个测量位置正好在河道另一端的标杆处。

3.5 对于河岸系统 (不是沟壑)，记录河道两边的绿线 (满岸) 的位置。

湿地河道轮廓和土表轮廓的指标的计算

注释： 由于确定河道宽度的困难，计算这些指数应该由同一个人完成。保留有原始数据以便日后再次计



图 14.1 距绿线 2 米处安装钢筋



图 14.2 将横跨河道的绳子拉水平



图 14.3 在跨越河道的测绳上每隔 50cm (1 或 2 英尺) 测量一次河道的深度

算时使用。这些数据可以用于监测相关变化。解释这些数据需要有熟悉该地的受过训练的专业人士来进行，更多信息见 17 章。

1. 用图表示河道轮廓

规则

1.1 在图的顶端画一条线代表尼龙绳，确保它是平行于 x（水平）轴的，并把它定为 0。

1.2 图的高相当于 y（垂直）轴，然后画出一个看起来像河道形状的图形。

1.3 通常是以顺流的角度来绘制轮廓图的。

1.4 每次测量作为负数，沿测绳的距离作为正数。

1.5 假如测量结果不是均匀分布或者某个测量值丢失且你使用电脑绘图时，务必确保 x 轴的正确。在 Excel 中，你必须使用“散图”（非直线）选项。

2. 计算河岸的角度

规则

2.1 在图中标出由测绳的 0 端标记的河道的那边的河岸的底部和顶部。

2.2 测量这两点之间的水平距离。

2.3 测量这两点之间的垂直距离。

2.4 用垂直距离除以直线距离。

2.5 用 2.4 的结果乘以 100 就表示当前的角度。

2.6 若用度来表示角度，则把 2.4 的结果换算成其正切值即可。Excel 和一些计算器用弧度表示角度。把弧度换算成度需要乘以 57.3。在 Excel 中的计算公式为：`=DEGREES (ATAN (2.4 的结果))`

2.7 把结果记录在数据表中“河岸角度（0 端）”的空格处，包括合适的单位（度或百分数）。

2.8 计算绳子另一端的河岸角度重复 2.1-2.7 的步骤即可，记入“河岸角度（非 0 端）”的空格处。确保你从非 0 端顶部减去基部。

3. 计算宽度和高度之比

规则 3.1 宽度是指用于计算河岸角度的每一边河岸的顶部的点之间的水平距离。

3.2 深度是指河岸顶部两点之间连接的直线与河道底部的最大垂直距离。两点之间的直线可以不用达到水平。

3.3 用宽度除以高度，记录在数据表的“宽高比”的空格处。

蜿蜒度

蜿蜒的程度是河流状态的一个极好的指标，尤其是对于坡度相对较低的系统。利用航空拍摄很容易量化蜿蜒度。蜿蜒度的一个简单的指数就是沿河床的距离和两点之间直线距离的比。

例：

河道剖面数据表

阴影部分为计算数据

日期：2002/10/5

监测样地：North

观测人：Keith Crossland

样线：1

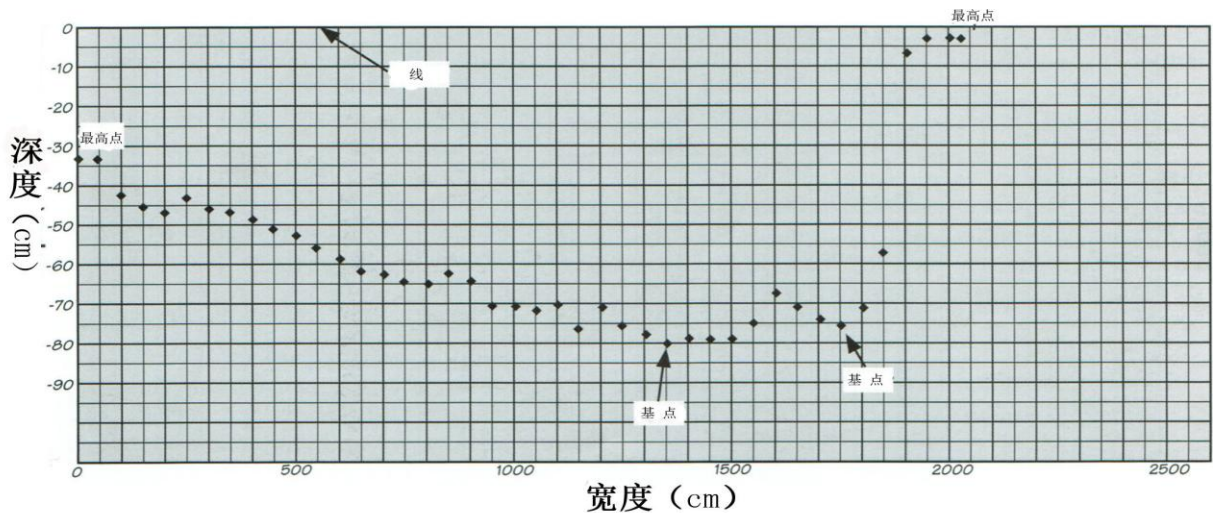
记录人：Keith Crossland

样线始于河道的那一边（东、南、西、北）：东

测绳距离总是从钢筋固定位置一端的0m开始，最后的读数是正对河道的另一端

测绳距离	河道深度 (cm)	测绳距离	河道深度 (cm)	测绳距离	河道深度 (cm)	测绳距离	河道深度 (cm)
0	33	600	58.5	1200	71.5	1800	71
50	33	650	62	1250	75.5	1850	57.5
100	42.5	700	62.5	1300	77.5	1900	7
150	45.5	750	64.5	1350	80	1950	3.5
200	46.5	800	65	1400	78.5	2000	3
250	43.5	850	62.5	1450	79	2022	3
300	46	900	64.5	1500	78.5		
350	47	950	70.5	1550	75		
400	48.5	1000	70.5	1600	67.5		
450	51	1050	72	1650	71		
500	52.5	1100	70	1700	74		
550	56	1150	76.5	1750	75.5		

垂直距离				47		
河岸角度 (0末端) =	$\frac{\text{垂直距离}}{\text{水平距离}} \times 100\%$	=			$\times 100\%$	3.6%
水平距离				1300		
垂直距离				75.5		
河岸角度 (非0末端) =	$\frac{\text{垂直距离}}{\text{水平距离}} \times 100\%$	=			$\times 100\%$	27.8%
水平距离				272		
宽度				1750		
宽深比 =	$\frac{\text{宽度}}{\text{深度}}$	=			=	21.9%
深度				80		



第十五章 密度、频度和线点截距替代法

本章简单讨论了密度法、频度法和线点截距替代法。密度法和频度法通常用于某一个别物种，但也可以用于一个地区出现的所有植物种。更多关于密度和频度的信息请参见 Elzinga 等，2001。

密度法

植株密度即单位面积内的植物个体数量。它对监测盖度随季节变化很大的植被十分有效（如包含一年生植物）。但不适合于个体不易辨清的植被（如包含许多根茎禾草）。

方法 数出一个小区或其它大小的地块（样方）中某种植物的个体数，该植物的基部至少要有 50% 处于样方中。样方应该足够大，这样可以保证在大多数样方内可以监测到每个植物种的不止一个个体。多个不相邻的样方随机或系统分布于样地中。

计算 将每个样方中的个体数相加，总和除以样方面积，得到每平方米或平方英尺内的平均密度。若要转化成每公顷的密度，则乘以 10000。若要把平方英尺密度转化成每公顷，就乘以 107,639。

频度法

植物频度是指在所有固定大小的样方中有某种植物出现的样方百分比。这是一个可以快速有效显示不同植物种空间分布的指标，适用的物种类型与密度法相同（见上）。收集频度数据有以下两种方法：快速法和集约法。前者只能得到一种植物的数据，后者则能同时收集多种植物的数据。集约法收集的数据能够显示出一些种间相互联系的细节。

快速法 确定并使用一个尺寸的样方。样方应该足够小以保证要研究的植物不会出现在所有样方中。因为如果某种植物在所有的样方中都出现，它的频度就会始终为 1.0。随机或系统地排列样方。数出所有至少有一株目标植物出现的样方数目。植物基部至少有 50% 处于样方内才能算作在该样方内出现。

集约法 确定并使用一个尺寸的样方。样方尺寸应该根据最感兴趣的植物种来选定。随机或系统地排列样方。列出全部植物种的清单。在每个样方中，记录目标植物是否出现。植物只有当其基部至少 50% 位于样方内才被记录。

为了提高速度，使用标记符号或点数法。点框由正方形四条线连接的四个点组成，中间有一个“X”。每一点和每条线表示某种植物出现的样方，每个完整的点框最多有 10 个个体。

计算 用出现某种植物的样方数除以调查的总样方数即为植物频度。

线点截距替代法

比起几乎所有其他监测方法来，线点截距法可以产生更多的指标。加入高度测量（表 15.1 选项 B）提供了关于植被结构的附加信息。选项 D 到 H 用时少，产生的指标也少。

典型应用 线点截距法（图 15.1: A-E）应当用于要求结果精确度高重复性好的试验测量中。在植物组成改变不是很显著（如禾草变为灌木，一年生植物变成多年生植物）的地方，选项 D-E 可以节约时间。方法 D 最适合于记载植物抗侵蚀力变化的实验。



图 15.1 含高度选择的线点截距法

步点截距法（图 15.1: F-H）因为不需要测绳，需要的时间较短。如果用大头针代替脚趾，这种方法会更加准确。用脚趾标记会明显高估植物的盖度，因为植物会被踩倒，这就人为的增加了盖度数据。

样方一点截距法 样方（或小区）沿一条线放置（如用于监测密度和频度），样方的四个顶点如果距离够远的话可以用来代替样线上的四个点。最短距离随植物群落不同而变化。为了确定这种方法是否合适，随机选择六条样线，比较每种方法的均值和变率。例如，一条 50m 的样线，共 100 个点，每隔 50cm 设一点，与每隔 2m 设一样方，共 25 个样方这两种方法之间的比较。

表 15.1 线-点截距替代法比较 以下为样方-点截距替代法

标准选择及修改（选择 A=快速开始）					-----指标-----				
选项	方法	栏目	时间	精确度与重复性	冠层 / 基部	组成	结构	高度	
-----线-点截距法-----									
A	标准（快速开始）	无	无	中等，长	高	是/是	是	是	否
B	标准+高度	至少每 10 个点增加最长截距的高度	增加“高”度栏目	长	高	是/是	是	是	是
C	标准+死亡	每种仅记录一次，但如果截点出现死亡植株，在“死亡”一栏中标记	B 中的“高度”改为“死亡”	中等，长	高	是/是	是	是	否
D	总体，冠层，基盖度	记录第一个截点+截点上的植物	删除低冠层	中等，短	高	是/是	否	否	否
E	总盖度	仅记录第一个截点（冠层，枯落物，岩石等）	删除低冠层和土壤表层	短	高	是/否	否	否	否
-----大头针步-点截距法-----									
F	标准（快速开始“半定量选择”）	在脚趾前 15cm（或 6in）放置大头针	无	中等	中等，低	是/是	是	是	否
G	总体，冠层，基盖度（没记录的物种）	见 D 和 F	见 D	短	中等，低	是/是	否	否	否
H	总盖度（没记录的物种）	见 E 和 F	见 E	非常短	中等，低	是/否	否	否	否

含高度的线点截距数据表

第_____页, 共_____页

阴影部分为计算部分

样地_____ 样线号: _____ 观察者: _____ 记录者: _____

方向: _____ 日期: _____ 截点间距=_____ cm (_____ in)

Pt	顶冠层	高度	低冠层			土表	Pt	顶冠层	高度	低冠层			土表
			1	2	3								
1							26						
2							27						
3							28						
4							29						
5							30						
6							31						
7							32						
8							33						
9							34						
10							35						
11							36						
12							37						
13							38						
14							39						
15							40						
16							41						
17							42						
18							43						
19							44						
20							45						
21							46						
22							47						
23							48						
24							49						
25							50						

叶盖度%=_____冠层步长(第1列)×2= _____%

裸地%=_____步长(w/无)×2= _____%

基盖度%=_____植物基部步长(最后1列)×2= _____%

未知物种代码

AF#=一年生杂草
 PF#=多年生杂草
 AG#=一年生禾草
 PG#=多年生禾草
 SH#=灌木
 TR#=乔木

土表代码: (无枯落层)

物种代码 (基部截距)
 R=碎石(粒径>5mm)
 BR=基岩
 M=苔藓
 LC=土表可见的地衣结皮
 S=仅土壤
 EL=嵌入土壤的枯落物
 D=残落物

顶冠层代码: 物种代码、名称或无 (没有冠层)

低冠层: 物种代码、名称

L (草本枯物), W (木本枯落物, 直径>5mm)

当顶冠层=无, 没有低冠层 (没有枯落物), 土表为仅土壤时, 样地类型定义为裸地

第三部分 指标计算与解释

第三部分解释了如何计算监测指标以及如何解释监测结果，包括两章。

第十六章讨论了计算指标的三种方法：使用计算器手工计算；用有自动计算功能的微软 Excel 数据表计算；用微软 Access 数据库计算。还介绍了基础统计学，来检测随着时间推移数据的变化。

第十七章概述了如何解释监测指标，将监测指标与三个生态属性联系：土壤与样地的稳定性、水文功能及生物完整性。第 17 章回顾了每个方法，一些可计算的指标，以及三大生态属性如何与这些指标相联系，如何与重要的生态系统过程联系。每种方法都提供了相关文献及附加资源。最后介绍了如何将推断监测数据应用到监控单元或景观尺度中。



第十六章 指标计算

这个指南（卷 I 的快速启动和卷 II）包括了关于每次测量中的基础指标计算的说明。所有测量都可以产生许多附加指标。其中一些列于表 4.2 中，并在第 17 章进行了讨论。基础指标计算的三种方法见下。关于如何将多个小区的结果结合起来进行推断，参见 17 章最后的“推断”部分。

方法 1：手工或计算器计算

数据表格是为了方便野外指标快速计算而设计的，这在每章都提供了说明。虽然这是效率最低的方法，但在数据需要立即进行野外评价（如为了提高定性评估的质量，可以使用第 3 章描述的几个系统中的一个）而没有计算机时，就要用到这种方法。但它也最容易出错，因为只能通过数据重新输入或人工再次计算来核对。

方法 2：数据表

每种数据表格的 Microsoft Spreadsheet 版本可以从 <http://usda-ars.nmsu.edu> 下载。需要 Excel 2000 及以上或其他兼容程序支持运行。数据表会自动计算位于底部的基础指标。这种方法的优点是输入数据后可以重新检查。计算多个样地的指标只需要把空白的数据表拷贝到新的页面或者新的数据表上即可。

注意 公式只针对特定的线长、测量的数目和单位（英制对十进制）。有些变量可以修改，有些则不能。在输入数据前请再确认一下表格顶部黄色格子里的数值。也可以通过与你自己的最佳估计值对比来检查计算的指标。

方法 3：数据库

Microsoft Access 数据库可以从 <http://usda-ars.nmsu.edu> 下载。该数据库是为平板电脑、便携式电脑和台式电脑输入野外数据而设计的。它可以通过选定的方法来计算基础指标。以后的版本会包括更多的指标选择和补充方法。数据库对用户来说是很好的，不需要成为数据库专家也可以操作。但是花几个小时来学习什么是数据库以及它如何工作可以帮助你更好地利用它额外的功能，比如自己设定查询条件来提取不同的信息。

数据的输入与 Spreadsheet 类似，除了它有很多改进，比如选择目录，可以提高数据输入的速度和准确性。数据库的最大优点是可以对每个样地进行多重访问，并且自动存储和组织来自多个样地的数据，而且它还允许数据通过许多不同的方法进行组合和比较。

注意 数据库中的公式同 Spreadsheet 中的一样，是基于特定的线长和测量次数上的。数据库已经在允许的地方中加入了自动检查功能。但是数据库本身的灵活性使它极易受到某些错误的破坏。例如样线长度为 25m，但错误输入的是 50m，则间隙指标将会减小一到两个因子。

建议 不论使用什么软件，我们强烈建议当第一次使用这些公式时，将结果与手工计算的指标或你自己的最佳估计相比较。如果结果并不相符，从固定变数开始检查（如样线长和测量次数），然后是数据，最后是公式。

如何记录每一项指标的平均值、中位数、范围或标准偏差

根据你想要回答的问题，你可以记录样地、生境、牧场、监测单元、管理单元等指标的统计数据。这些统计数据是根据同一年内收集的数据计算出来的，而不是多年收集的数据。它们用于监测随时间出现的变化。

平均值 (\bar{X}) 是最常用的统计数据。所有数据的总和除以数据个数即为平均值。它对于一般性描述是有效的，但是当数据并不是正态分布（贝尔曲线）或存在阈值时，它将会带来极大的误导。计算平均值的公式是：

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

中位数就是中间的值。也就是说有等量的数值大于或低于中位数。在描述非正态分布的代表值时，它比平均值更有效，特别是存在极值时。例如，有四块 10% 裸地的样地和有一块 85% 裸地的样地的平均裸地面积是 25%，但中值是 10%。中值更具有代表性。然而，在大多数样地（五块样地中的四块）有较高的盖度，另一些样地（如一块样地）盖度极低的情况下，平均值和中值都不能反映出真实情况。而这些地区通常又是管理的重点。因此，最好记录最大值和最小值来确定数值范围（如 10%-85%）。

除了数值范围，标准偏差 (s) 常用来描述数据的变化程度。标准偏差还用于确定两个数值之间是否存在显著差异。标准偏差的计算公式：

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n}}$$

监测变化

使用统计程序或附录 C、选项 3 中列出的公式对年度之间的数据进行统计比较。第一次用这些进行检查时最好先咨询有统计学专业背景的人。许多文章都提供了相关指导，包括 Bonham(1989)和 Elziga 等 (2001)。

监测技术支持

监测网页 (<http://usda-ars.nmsu.edu>) 上有常见问题 (FAQs) 的解答。您也可以发表评论或给出建议。我们会在条件允许的情况下竭力改善这些工具。但遗憾的是我们没有足够的资金来给您提供直接的技术支持。

第十七章 结果的诠释

如果还没有进行结果诠释，请先用相关计算方法章节后的数据表计算你的指标，或用 Excel 数据表、Access 数据库来直接获得结果（见第 16 章）。然后再重新回顾本章的五个部分。

首先是**指标结合**。解释计算后指标的方法在第二部分有描述（**解释方法**）。

第三部分（**属性**）描述了三个生态属性（土壤与样地的稳定性，水文功能及生物完整性）。提供了指标与每个属性相联系的背景信息，允许使用者可以监测每个属性的状况。

第四部分对每次测量及其相关指标（**测量和指标**）逐一进行了讨论。与每次测量得到的具体指标相关的出版物和技术文献列在每一种方法的后面。

最后一部分（**推广应用**）阐述了如何根据样地在景观中的位置来解释数据，并解释了如何根据现有结果，推断出更大范围的情况。

结合指标

我们建议如果不具备广泛的系统学专业知识，或者索引有足够的灵活性可以合并阈值，最好不要把指标复合成索引。

国家数据库使用索引是因为那是整合大容量数据的唯一方法。而在这种情况下使用索引的危险要大于诠释数据带来的好处。

在复杂生态系统中应用简单指数（如平均数）产生的问题是它们会使数据均质化。表示一个系统将要达到阈值（如某种外来植物的一个个体的出现）的关键指标在其它指标稳定时很容易被忽视。因此我们建议对三大生态属性（土壤和样地的稳定性，水文功能及生物完整性）应用**迹象优势**。这种方法中，每个属性的各个指标都被分别考虑，而且根据每个指标与特定系统的机能相联系的情况来调整评价。

如果一个关键预警指标显示系统有退化的趋势，即使其它指标没有对系统状态的改变作出反应，也必须考虑改变管理。另一方面，某些指标，如某植被退化区域上出现异乎寻常高密度的一年生植物，也暗示着当地急需进行植被恢复。更多关于迹象优势的讨论见 Pellant 等(2002)。

解释方法

有三种解释结果的方法，选用哪种方法取决于你的目的和所掌握的监测单元数据。

选择 1：趋势

趋势即指标的改变方向：分为正向、负向或稳定。

适用范围 可以通过观察指标变化趋势来确定一个地区是否发生变化。趋势可以用于确定基于变化的方向和速度而需要更加仔细管理的地区。仔细检查正在变化的指标可以发现最有可能发挥效用的管理措施的变化。趋势分析不能提供足够的预测信息，来决定改变管理方式是否有效。

信息要求 解释趋势大多数必要的信息包括在“属性”、“测量和指标”部分。在很多情况下，需要更多的生态系统的知识来确定一个指标的改变是否已经大到可以代表生态系统功能的显著变化。

选择 2：与标准比较

这涉及到指标值与最佳值的比较。土地管理机构所用的相似指数就是这样一个例子，它将景观单元的物种组成与另一个接近或处于其生态潜力的景观单元相比较。

适当应用 与选择 1 相同，选择 2 也可以用于确定趋势。偏离标准的数量偏差可以用来确定优先实施管理干预的区域，以及更准确地确定有效改进。与选择 1 不同的是，选择 2 可以在单个点测量中及时产生一个评估值。但是，和选择 1 一样，选择 2 也不能用来决定是否改变管理是有效的。

信息要求 除了“属性”、“测量和指标”部分所提供的资料，还必须为每个指标确定一个最优值范围。每个生境或监测单元的最优值是不同的。

选择 3：与状态和过渡模型比较

与状态和过度模型中的参考状态相关的指标值或指标范围通常被用作参考（第 24 章）。此外，与阈值相关的指标相比较也可行。

生态状态之间的阈值是通过大量相互作用的属性或过程界定的。所以对一个具体的指标来说，没有独一无二的阈值存在。一个指标的下降可以通过在另一指标上升来补偿。例如在水文功能中，水浸透土壤时间的增加，可以通过植物基部距离的减少来补偿。植物基部距离的下降可以增加水分被滞留的时间，也就增加了水分入渗的时间。

理想的情况下，应该为每一个生态样地或同等的功能单位的状态或阈值的关键指标确定一个范围。使用阈值范围的地方，确立阈值范围时，当指标接近阈值的时候需要附加的信息来完成评价。例如，容易受到风力侵蚀的干旱草原冠层间隙典型阈值范围是 50-75 厘米，它是假定空隙中的土壤已经被扰动的前提下确定的。在有砾石或地衣覆盖的地表上，阈值范围要更大或根本不存在。这种类型的定量信息越来越多地被纳入 NRCS 生态用地说明（Glossary）及相关 IIRH 参考表中（见第四章）。

选择并使用参考样地作为标准的说明

- 选择与监测区域地理位置接近、景观位置相似、土壤类型相同的样地。在有不同径流及日光照射的地区景观位置至关重要。
- 家畜与野生动物围地实际上相当于一个小岛，因此不代表大区域的典型过程。使用它们作为参考样地时应十分小心。
- 道旁一般有额外的径流与养分，而且土壤在道路建设过程中已经被扰动。不建议作为参考样地。
- 理想的参考场地应选在远离道路或/和河流而、人类扰动相对较少的地方

NRCS、TNC、BLM 和其他组织从 2001 年开始研究和出版状态与转化模型，目前这项工作仍在继续。这些模型可能有助于确定可能的阈值和合适的指标。

适当应用 选择 3（与状态转化模型相比较）对大多数生态系统和目标来说是理想的方法。它对确定处于退化危险（例如阈值拐点）中的地区十分有效。在得到证实后，管理者可以通过加强管理来避免可能出现的危险。选择 3 同样可以让土地管理者避免在超过生态阈值的区域出现资源浪费现象，因此就不会对特别的管理投入做出反应。

信息要求 这种方法需要为每一项指标、每个生境或同等的功能单位确定一个阈值范围。就像选择 2 描述的那样，该方法对确定指标最优和最差的可能范围也会有帮助。关于状态与转化模型的更多信息，请参阅第 24 章。

定性指标怎么能起作用？

除了协助选址外，定性指标还可以极大地帮助解释定量指标。它们还可以根据对现有数据的计算确定额外的量化指标。例如，如果基部裸露或细沟增加很明显，最好更细致的调查一下植物冠层与基部的间隙截距数据。这样的评估可能需要计算附加指标（例如被冠隙大于 75cm 所覆盖的样线百分比）。

属性

三大属性（土壤和样地的稳定性、水文功能和生物完整性）界定了大多数陆地生态系统的基础。人类几乎所有基于草原、灌丛和稀树草原生态系统的价值依赖于最大限度地减少水土流失、控制水流量、维护生物恢复过程。本节包括每个属性的简要定义和概述，并讨论影响每个属性的因子类型。除了以下信息，请参阅草原健康指标指南（Pellant 等 2000）中列出的每个属性的简易观测指标详单。牧场土壤质地信息记录表提供了有关指标和 3 个属性更多的资料（见附录 D 或登陆 <http://soils.usda.gov/sqi/soil-quality/land-management/range.html>）。监测河岸带植被资源（Winward 2000）包含与河岸生态系统属性相似的数量指标。

1. 土壤与样地的稳定性

土壤与样地稳定性是指土壤自身限制水或风对其造成损失（包括养分和有机物）与再分配的能力。草原、灌丛和稀树草原生态系统都会受到风和水的侵蚀。

该怎么断定是否产生了侵蚀？ 调查侵蚀类型最好的办法是在暴雨天或大风天观察在某区域内不同类型的侵蚀。观察不同的土壤表面类型（植被覆盖下或植被之间，干扰过的和未被干扰过的）是否发生了侵蚀。

确定某个地方哪种侵蚀（风蚀或水蚀）最重要往往比较困难。例如，从美国西南部到墨西哥北部，从草原渐变为豆科灌丛沙丘的过程中，风蚀起了明显的主导作用。水蚀在土壤流失与再分配过程中也扮演了重要角色，但其影响被后来风的再分配所掩盖。

幸运的是，监测不同地点抵抗退化的能力变化时不需要确定哪种侵蚀更重要。通过四个基本测量计算得到的大多数核心指标反映了对风蚀与水蚀的抵抗力。一些指标与风蚀水蚀都相关，另一些只与其中之一有关系。

影响侵蚀的因素有哪些？某地对风蚀和水蚀的敏感性取决于静态和动态因子。**静态因子**通常与管理无关，如坡度和土壤母质就是静态因子。**动态因子**会在相对较短的时间内发生变化并且通常受管理的影响。植被盖度和土壤团聚体稳定性是动态因子。

我们往往把指标集中于动态因子，因为它们会受到管理的影响。但是，了解静态因子如何影响这些指标很重要，因为这些内在因素最终决定在某地区内管理可控制的侵蚀的程度。



图 17.1 奇瓦瓦沙漠上以灌木为优势种的群落中的径流和侵蚀

水蚀：静态因子。管理不能控制的影响侵蚀的因素包括：坡度、坡向、土壤深度、土壤母质和气候。

坡度：从陡峭的山坡上流下来的水，具有更多可以冲散和携带土壤颗粒到达河流湖泊的能量。地势较低部分和较长山坡更容易形成溪流和冲沟侵蚀，因为径流集中于下坡。

坡向：在北半球的干旱与半干旱地区，与北坡相比，南坡的植被盖度更低。这是因为南坡暴露在更加强烈的阳光下，蒸腾量和温度更高，南半球则与此相反。

土壤深度：在降雨量大的地区，浅层土壤特别是基岩上的土壤往往更易受到侵蚀。因为这些土壤水分很快就会饱和。不能被土壤吸收的水分蒸发或流失掉，并带走了表层的土壤颗粒。

土壤母质：土壤母质和土壤年龄影响土壤侵蚀，主要是因为它们影响不同深度土壤剖面上的土壤质地。土壤年龄是很重要的，因为土壤随时间会发生变化：土壤颗粒变得更小，土层垂直分层加剧。通常（但并不总是）质地粗糙的土壤渗透更快，例如沙地。土壤质地也会影响土壤的侵蚀度，或者影响土壤颗粒脱离土壤表面的难易程度。团粒结构较差的土壤，如那些含有大量沙子且有机质含量低的土壤，受到降雨的影响就很容易分散。土壤有机质将土壤颗粒粘合在一起，形成了可吸收和保持水分的多孔隙土壤，因此可以抵抗侵蚀。

气候：气候是另一个管理无法控制但影响侵蚀的因素，它会发生临时性的变化。三个最重要的气候因素是降雨量、降雨强度和侵蚀性。降雨量决定了有多少水分可以引起侵蚀或增加植被盖度（限制侵蚀）。

降雨强度是指雨水到达地面的速度。当降雨强度超过土壤吸收水分的速率时，就产生了径流。降雨强度通常是以英寸/小时或毫米/小时为单位的，且通常应在每 5 分钟内做一次报告。这是因为径流往往在非常短而密集的暴雨中产生。

降雨的侵蚀性与强度有关，这是因为它是降雨能量的度量。无疑，降雨强度越大，能量就越高。但

是，雨点大小也很重要，因为大雨点比小雨点溅起的土壤更多。

与盖度相关的降雨时间也很重要。在低盖度时发生强暴雨比在盖度高时更易造成严重的侵蚀。

水蚀：动态因子。受管理措施控制而影响侵蚀的因素：包括总盖度、植物基盖度、植物基部的空间分布、土壤结构和土壤干扰。

总盖度是影响水蚀的唯一最重要的因素。有植被、枯落物、苔藓和地衣覆盖的土壤可以保护自己免受雨水冲击。为了发挥效用，这些物质与土壤表面相对接近。树冠上滴下来的水滴落在裸露的土表上会溅起土壤，这与雨水直接冲击到土壤上效果是相同的。

植被基盖度，与其他阻碍水流的障碍物的数量和类型一样，可以影响水蚀。水分在土壤表面停留的时间越久，其浸入土壤中的时间就越充足。任何能够延长水流到达坡底时间的因素（如水流路径的长度）都会增加水分停留的时间。植物基部也通过减慢水的速度而降低了水的能量。另外，在植物基部周围，水分渗入土壤的速率通常较高，这是因为植物根的生长以及土壤生物的活动增加了土壤中的微孔隙和大孔隙。

植被基部的空间分布和其他障碍物也很重要。在土壤表面均匀或随机分布的障碍物，与集群分布的障碍物相比，往往对减少水蚀有积极的效果（图 17.3 和图 17.4 的对比）。但有一个例外：干旱环境中当植被盖度太低，以至于减慢水流和聚集植物生长所需的水的唯一方法是，植被沿等高线聚集呈带状集中分布。这类型的植被带在澳大利亚的广大地区以及北美和非洲的部分地区较为普遍（图 17.5）。

土壤结构影响土壤对侵蚀的敏感性。土壤有机质能将土壤颗粒粘合在一起，从而减少土壤侵蚀度。粘合剂包括枯落物的副产品和根系的分解物以及分解者——微生物自身（图 17.6）。在干旱生态系统中，生活在土壤表层的几毫米中的地衣和光合藻青菌，对土壤稳定性有很重要的作用。当它们的密集度达到肉眼可见的水平时，就会形成土壤生物结皮。

关于其它土壤微生物群系在形成土壤结构、参与营养循环和增加渗透等方面所起的作用的信息，见 Tugel 等（2000）。更多关于土壤微生物结皮，包括苔藓、地衣和藻青菌的信息可登陆 www.soilcrust.org 查看。

土壤结构也很重要，因为它会影响水分渗透的速度。结构好的土壤具有更稳定的土壤表面，可以抑制土壤松散、紧实和形成物理结皮。而且，结构好的土壤有更多的连续的空隙，这些空隙可以引导水分

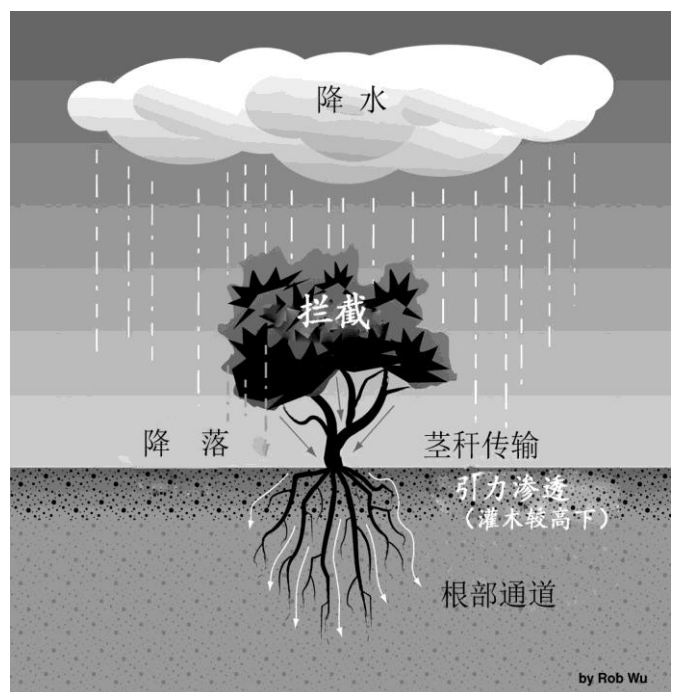


图 17.2 植被结构对水分渗透的影响(根据 Martinea-Meza 和 Whitford (1996) 的图改编)

渗入土壤，从而限制了径流。



图 17.3 相对均一分布的植被



图 17.4 集群分布的植被

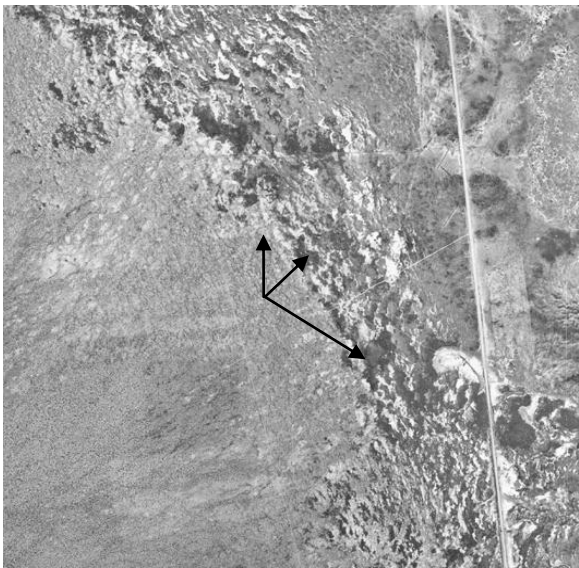


图 17.5 新墨西哥州荒漠地带实验区的植被带

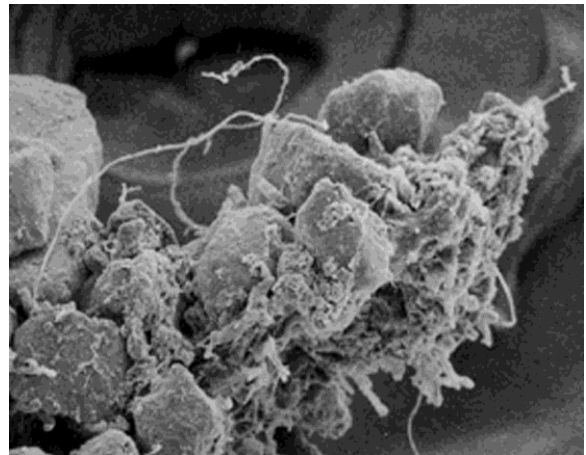


图 17.6 土壤颗粒中的真菌菌丝缠结土壤颗粒

土壤干扰 是另一个对土壤和样地稳定性有重大影响的因素。土表的干扰破坏了土壤粘粒，使土表下易被侵蚀的土壤更多地暴露在外。几乎所有的研究都证明了土表干扰在一段时期内，会加剧土壤侵蚀，特别是那些没有植物冠层和枯落物保护的土壤。

风蚀：静态因子。 土壤流失量或被风吹过后的重新分布是土壤侵蚀性与土表风速的函数（图 17.7）。风对土壤的侵蚀度和水的不同。对于水来说，侵蚀度是土壤颗粒粘合的紧固程度与它们抵挡水的分离作用的函数。土壤颗粒被风搬运的难易取决于它们的粒径、形状和密度。

土壤侵蚀度： 总体来说，纯沙粒比例高的土壤是最易受风蚀的。这是因为一方面这样的土壤中土壤颗粒很轻，容易被风带走，另一方面颗粒较大，不能像粘粒一样与大颗粒的土壤粘结起来。含有很多碎石或小石子的土壤更能抵抗风的侵蚀，尤其是在已经发生过某种侵蚀后（风蚀带走了土壤表面轻的颗粒，较重的颗粒集中在了土表）。

风速： 在表面不平坦的景观上，土表风速会降低（例如，砾石和狭窄的沟壑）。但是，复杂地形会导

致局部风蚀的增加，使气流集中在突起物和孤立的阻碍物附近。

风蚀：动态因子。受管理影响并可以影响风蚀的因子包括：植物盖度、植物密度、土壤结构和土壤干扰。

植被盖度：同水蚀一样，对风蚀影响最大的因素就是盖度。但与水蚀不同的是，相同的植被空间分布情况下，高的植被通常比低矮植被能提供给土壤更好的保护作用。植被直接保护着其下的土表，并通过降低地表风速来保护周围的土壤表面。



图 17.7 被风积土壤掩埋的植物

植被盖度：在植被广泛分布的地方，以及设有风障的地区，植被密度也是很重要的。过密的植被带会引起气流的增加，从而导致背风面风蚀的加剧。

土壤结构：通过增加土表粗糙度和降低侵蚀度来影响风蚀。结构越好的土壤表面就越粗糙。但物理结皮除外。质地良好的土壤的退化会导致密集的物理结皮（抵抗风蚀）的形成（图 17.8）。具有物理结皮的土壤，其抗风蚀能力主要是由于土壤干旱时形成了很强的物理连接体。虽然这些连接体在土壤再次湿润时被破坏（使土壤十分容易受到水蚀），但在土壤干燥和未受干扰时它们有效的抑制了土壤的流失。

不幸的是，相对于没有物理结皮的土壤来说，有物理结皮的土壤减少了水分的渗透。这样会导致植被产量的下降。低植被产量（低植被盖度）使得地表粗糙度降低，并增加了土表的风速。物理结皮对土壤抗侵蚀性的积极影响被加剧的土表水蚀所抵消。因此，从长远来看，物理结皮最终还是加剧了风蚀和水蚀。



图 17.8 犹他州大盐湖区具有含盐物理结皮的干涸河床（盐湖 playa）

土壤干扰 对于风蚀来说是一个非常重要的因素。尤其是在植被盖度低或者有较大块裸地的地方。（图 17.9）。发生在风大季节的干扰会造成更严重的风蚀，特别是在植被盖度低的地区。

遍及美国西部的研究表明，在受到干扰的裸地上发生侵蚀是不可避免的。有物理结皮（质地结构好的土壤）和生物结皮（所有土壤）保护的土壤，风蚀明显减小，上风向没有松散的土壤。后一点是非常重要的，但在对单个小块土地进行评价的时候常常被忽略。被风吹起的松散的沙粒可以轻易的划破即使是抗侵蚀性最强的物理结皮，并覆盖在生物结皮上（从而杀死生物结皮）。

2 水文功能

水文功能是指某地在遇到降雨、径流和冰雪融化时能够获得、储存水分以及安全排水的能力。这一

定义通过尺度的上移和下移适合任何的空间层面，从一个植物个体到密苏里河流域都适用。一个适当的功能系统在水分的渗透、蒸发和缓慢移动（穿过土表或在土壤中横向移动）过程中能够获取尽可能多的水量并且控制排放。在大多数适当的功能系统中，深层渗透可以补充地下水位。快速径流会产生表面闪光的间歇流和大量的沉积。大量的沉积物会降低溪水的质量，并且会使湖或蓄水池很快被沉积物填满。

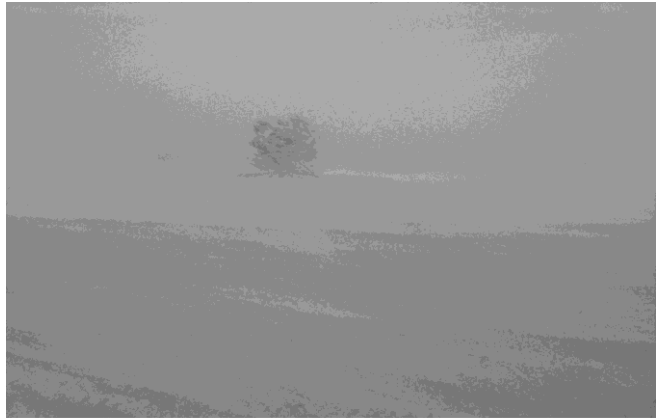


图 17.9 莫哈韦沙漠上的风蚀

影响水文功能的因素

系统获取水分的能力主要取决于（1）到达地面的水量（降雨、冰雪融化以及从较高地势流下来的水）；（2）降水速度；（3）降水时间；（4）水分浸透的速度。系统的蓄水能力取决于土壤深度和其它一些土壤性质；排放那些未渗入土壤的水分的能力则取决于植被和土表特性；排放那些已渗入地下的水分的能力取决于土壤和地下物质的性质（如果水分通过潜流进入地下水或地下河流），也依赖于植物根系、土壤有机质以及土壤理化性质之间复杂的相互作用（如果水是通过蒸发或蒸散被释放的）。

影响系统获取水分和排放未渗入土壤水分的能力的因素在本章“土壤及样地稳定性”中有详细的讨论。这一部分剩下的内容集中讨论了渗入土壤的水分的储存与排放。

相对静态的因子。土壤蓄水量取决于土壤的质地、结构和深度。土壤质地和深度都是土壤固有的特性，但易受到侵蚀的影响。土壤结构受土壤质地的强烈影响。沙质土壤的持水量最低，因为沙粒间的空隙太大而且结构性差。土壤剖面中的岩石，石块和砾石同样会减少土壤的持水量。

上述因素与坡度以及土壤下层的物质一起影响地表水垂直向下运送到地下水或横向汇入小溪或小河中。水分在土壤中垂直向下移动直至碰到不透水层（如未破碎的岩床），然后顺着斜坡横向移动，最后在潜流渗漏、小溪或小河中再次出现。即使是在相对干旱的环境中，暴雨过后，这些看不见的水源可以维持暂时性的溪流长达几周时间。在没有不透水层的地区，储存不住的水分会继续渗入土壤，最后到达地下水层。地下水也会横向流动，最后会在坡底以地表水的形式出现。

相对动态因子

土壤结构和植被都对渗透（见本章中关于土壤及样地稳定性的阐述）产生很大影响。土壤蓄水和排水的能力也依赖于土壤结构和植被。

土壤结构：大的孔隙（0.003~5mm）运输水分，小的孔隙储存水分。最小的孔隙（<0.005mm）中的水分无法被大多数植物吸收利用（Brady and Weil 2002）。最小孔隙的蓄水能力主要取决于土壤中的粘土的含量，且受管理的影响较小。

土壤中含有可被植物吸收利用的水分的孔隙数量取决于土壤的结构。植被和土壤生物区系与湿-干-

冻-融的循环共同作用，会重新排列土壤微粒并将它们粘合在一起，形成持水孔隙。因此，植物根系和土壤生物区系的类型及分布（水平和垂直）会随时间影响土壤结构。

植被对吸入土壤后又排放到地表和地下的水量有更直接的影响。植物及其枯落物遮住了土壤，从而限制了蒸发。绿色植物也相当于管道，把水分从土壤深处输送至大气中。植物对某地总蒸发量的影响取决于其根系吸水的深度、一年当中能进行光合作用的时间以及水分从其叶片散失的难易程度。这三个条件在不同的物种之间，在生长在不同环境下的同种植物之间，甚至在同一流域的不同微观环境中的同种植物之间都有很大的区别。总的来说，在干旱环境中，扎根深、叶幅大的植物种，如乔木和灌木，一年中输送到大气中的水分比浅根系的禾草或杂类草要多。

空间模式：本手册关注的是在景观尺度上影响获取和保留水分的因素。一个流域的水文功能取决于这些地点自身的因素，以及流域中的生态样地是如何被干扰的。如果所关注的问题是地表水的质量和数量，那么就要考虑流域中景观单元的空间分布和每个单元的状态了。我们常常通过对河岸带和周围地区的仔细管理来限制退化流域对溪流水质的影响。一个流域的长期可持续性也依赖于对河岸地区和丘陵地区的认真管理。

3.生物完整性

生物完整性“反映某地在正常的可变性背景下支持特有功能和结构群落的能力；抵抗因干扰引起的功能和结构丧失的能力；以及在受到干扰后恢复的能力”（Pellant 等 2000 年，印刷中）。第三个属性更强调系统的长期可持续性，前两个属性更关注现阶段的功能。抵抗力和适应力的相对重要性在不同生态系统中有很大差别，取决于压力或干扰的类型（图 17.10）。例如，格兰马草草原对牛的过牧具有很强的抵抗能力。在重度放牧下，格兰马草把大部分的生物量和生长点集中在靠近地面的地方以最大程度的保护自己。但是，它们不像一年生草地那样有很强的恢复能力。抵抗力和恢复力都是相对而言的：存在一个任何系统都不能抵抗或恢复退化的阈值。总而言之，生态系统对那些与其演化过程中相似的干扰有较强的抵抗力和恢复力。

抵抗力和恢复力的机制是非常复杂的，并且对不同干扰集团的反应也有差别。这点解释了为什么很难确定生物完整性的普遍性指标。

除了抵抗力和恢复力，生物完整性还反映了“在正常的可变性背景下支持特定功能和结构群落的能力”（Pellant 等 2000 年，印刷中）。在某地植物功能群的出现就是一个明显的指标。但是，没有这些功能群并不意味着这个地点现在不能支持这些特定功能和结构群落。在某些情况下它们是因为用化学方法（除草剂）、机械方法或过度放牧而被清除了，但是这个地点仍能支持它们。相反的，一些多年生植物种在已退化的地点仍能坚持很长时间，尽管该地已经退化到如果没有大面积干预，新个体就不可能建植的程度。在这种情况下，功能群的存在便是一个错误的生物完整性指标。在状态及转换模型的术语中，这个地点已经跨越阈值进入了一个新的状态（第 24 章）。

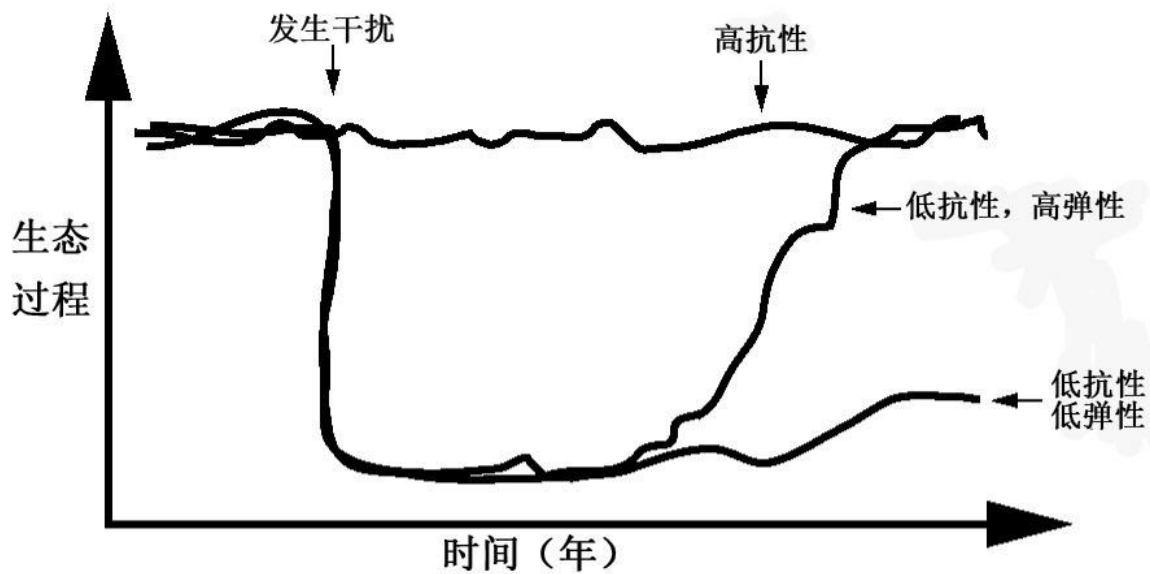


图 17.10 抵抗力是指一个系统对长期干扰的抵抗。恢复力是指系统在受到干扰后的反弹（改编自 Seybold 等人，1999）

我们建立这个监测系统的目标一直是想找到能产生可用于不同指标的数据的测量方法。我们已经选择了一些对许多生态系统和各式的干扰体制都很有用的指标。我们还考虑一些其他可以计算和在特殊情况下应用的一般类型指标。在所有情况下，在搜集尽可能多的当地信息背景下，详细说明这些指标是很重要的。

测量方法和指标

这一部分包括对一些基本指标的论述，还包括选择一些可以从数据中计算出来的附加指标。

选择这些指标是因为它们提供了大量关于生态系统三大基本属性状况的信息：土壤和样地稳定性、水文功能以及生物完整性。我们鼓励使用该手册的人创造性地发展附加指标，并能够与很多正在实施、能产生一系列国内和国际都认可的指标的项目进行咨询。（如：美国可持续草地圆桌会议）。

像点

照片非常重要，它可以提供发生变化地方的可视资料，并且能够对定量数据显示的变化进行独立的检查。但它们通常不能代替定量数据。除非在条件可控制的情况下，否则通过照片生成可靠的定量数据是很难的。

参考文献

Coulloudon 等 1999a

Hall 2002a

Hall 2002b

线点截距法

线点截距法测量土壤表面被不同种维管植物、石块、枯落物、苔藓和地衣等覆盖的比例。

*总盖度*是被维管植物的部分、枯落物、直径大于 5 毫米的石块、苔藓和地衣覆盖的土壤表面的比例。总盖度与土壤和样地稳定性及水文功能呈正相关。它保护土表免受雨水的冲击，从而抑制了地表土壤颗粒的分离和物理结皮的形成。另外，高盖度通常意味着对地表水流有更多的阻碍。

*基盖度和冠层（叶的）盖度*是生物完整性更加敏感的指标。它们与生产、能量流动和营养物质循环联系更加密切，不像总盖度，它们不包括石块的盖度。*基盖度*就是被植物基部覆盖的地区。相比冠层盖度而言，它通常是更可靠的长期指标，因为它很少受生长季节、干旱、放牧或其他短期干扰等因素的影响。

解释总的 *基盖度* 的变化时，要以植物种类组成变化为背景。在有多年生草生产潜力的地区，由一个物种组成变化引起的 *基盖度* 的增加，往往（但不总是）指示出生物完整性的改善。这是因为多年生禾草比灌木的 *基盖度* 更大。

有时 *基盖度* 的增加会改善土壤和样地稳定性，却同时降低了生物完整性。例如，冷季丛生型格兰马草群落被以格兰马草为优势种的群落（物种丰富度减少，优势功能/结构群的变化）代替。格兰马草的 *基盖度* 很高，因而增加了土壤和样地稳定性。它对某些类型的干扰也有很强的抵抗力，如放牧，放牧可以保持或改善生物完整性。另一方面，冷季丛生禾草通过繁殖策略的多样性来增加抵抗力和恢复力（它们更容易用种子来繁殖）。它们还会通过扩大群落适应气候状况的范围来增加抵抗力和恢复力（在低温时更有效）。

冠层（叶的）盖度 通常被用来作为植物群落组成变化的指标。但是由于它的可变性较大，所以在采用冠层盖度数据时应该考虑每年的气候变化，进行年度间的比较。为了进行这些比较，必须保证每次使用的是同一种方法。在这里，仅适用于被植物部分（叶子、茎、花等）自然盖住的地方。

从线点截距法的数据中可以计算出无数个额外的指标。物种丰富度的最小估计、或者某地出现的所有植物种的数量，或许是最有用的数据之一。不过，应用它们时要很小心。线点截距法往往产生的是物种丰富度的最小估计。线点截距通常只探测那些在总盖度中占较高比例的物种。一般某地盖度小于 5% 的植物通常不会被使用线点截距法检测到，或者会被低估。为了更准确的估计物种丰富度，应该用固定地点方法，如第 10 章中描述的修改了的 Whittaker 方法。

被能够抵抗灾难性干扰的植物种覆盖的地区是在土壤和样地稳定性以及生物完整性方面很有用的指标。它提供了一些系统将如何回应潜在的退化的估计。这个指标会对变化（如恢复力）很敏感，特别是当它以 *基盖度* 为基础的时候。因此确定某地可能出现的具体的干扰类型是很重要的。

死亡的和枯萎的植株为土壤表面的冠层（叶的）盖度做出了积极贡献。但是，立枯物盖度的过度增

加则是死亡率升高或分解减少的信号。它也反映了火的频率的减少，或者放牧频度和强度的降低。因此，它与生物完整性有关。死亡植物冠层盖度的比例是某种植物死亡和枯萎数量的指示指标。

入侵种盖度是许多生态系统变化的一个非常重要的指标，并一向与生物完整性的下降有关。外来物种的侵入常导致土壤和样地稳定性以及水文功能的下降。这些影响会与其它的指标一同记录，如木本植物盖度。木本植物盖度的增加通常是由入侵种增加引起的。

参考文献

Anderson 1974

Benkobi 等 1993

Blackburn 1975

Blackburn 和 Pierson 1994

Cerda 1999

Gutierrez 和 Hernandez 1996

Huenneke 1995a,b

Johnson 和 Gordon 1988

Morgan 1986

Pierson 等 1994

Smith 和 Wischmeier 1962

Thurow 等 1988a,b

Wiltz 等 2001

Whitford 1988

间隙截距法

植被的空间格局与土壤和样地稳定性、水文功能以及生物完整性有关。冠层间隙截距法并不是直接衡量空间格局，而是提供了植物盖度集合（形成了一些大的间隙）或分散（形成许多小的空隙）范围的指示。总植物冠层盖度的降低通常（但并不总是）会增加较大间隙包含的区域。当植物更加密集和基盖度下降（如当灌木替代禾草）时，植物基部的距离（基部空隙）会增加。

被冠层间隙覆盖的样线的比例超过指定长度，通常是一个有用的指示。冠层间隙影响土壤侵蚀、水文功能以及生物完整性。大间隙存在的地区往往会发生极大的变化。这个指标甚至在总冠层盖度（用线-点截距方法测量）相同的地点也会发生变化，取决于植被是怎样分布的（见图 17.11 和 17.12）。

受到干扰的土壤对风蚀的敏感度取决于土壤表面的风速。大间隙中的风速比小间隙中的更高，因为植被会降低风速。研究表明，在典型的荒漠草原上，当间隙的直径（植被间间隙）大约超过 50cm（20in）时，受到干扰的土壤表面上的土粒会在风的作用下重新分布。平均一下，这大约等于 39cm（15 in）的间

隙截距。

能发生风蚀的最小间隙的直径是不同的，这受其它因素的影响。在植被较高或植被高度变化大的地方，风蚀最小间隙直径较大。植被高度的巨大变化会使地表粗糙程度增加，降低了近地面风速。

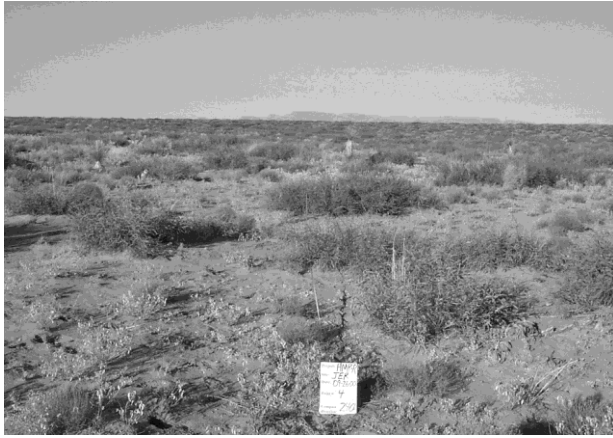


图 17.11 大的冠层间隙



图 17.12 小的冠层间隙

大间隙通常表明土壤有机质的输入（从植被上可进一步得到的有机物质降低）有较大的空间变异。这意味着大间隙内的土壤结构明显比小间隙内的差。因此大间隙内的土壤更易受到风和水的侵蚀。水蚀在有大间隙的地区会进一步增加，因为这些间隙更易彼此相连（水流有更少的植被阻碍）。意味着一旦土壤颗粒被分开，将没有能够阻止它随水流向下坡移动的阻碍物。

大间隙对于水文功能有相似的影响：水的移动更加迅速，因此没有足够的时间渗入土壤。但是，至少有两个例外。一是在有较多植被斑块的地区，生态样地的渗透水平会增加，这通常发生在降雨量极低（相对于植物对水分的要求）的地区。从相对较大区域来的水分往往被集中以便为植物生长提供足够的水量。相反，植物形成板块后使土壤中的有机物含量增加，进而会促进土壤的渗透能力的增大。这些土壤有机物保护土壤表面免受雨滴影响并提供了一个活跃的土壤生物群落。在某些地区，这些斑块最终会形成横跨山坡的植被带（图 17.13）。这种格局有效的增加了水分拦截量，提高了入渗率。

另一个例外是：有密集的近地面根系的禾草，如格兰马草，代替了丛生禾草但并未改变间隙大小。通过这些根部垫状物，入渗能够减慢，特别是暴雨开始的时候，因为垫状物可以抵制水。可以想象在这种情况下增大间隙，可以看到在景观水平上入渗速率的提高（经过格兰马草根系的入渗比通过间隙的更慢）。

斑块性同样也与生物完整性高度相关。现存植被间的开放间隙，外来物种往往容易入侵，而且由于土壤和

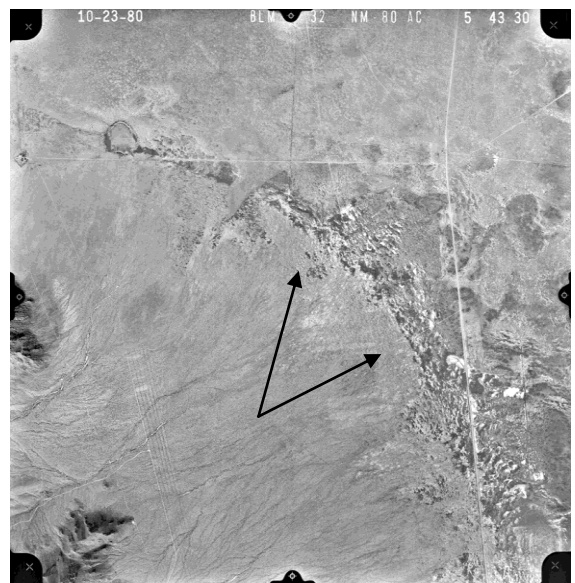


图 17.13 航片上显示的有斑块的植被带之间的大间隙。

微气候的变化，现存物种受到干扰后，在植物间较大间隙中重建的能力通常会下降。

有基部间隙覆盖的样线的比例超过指定长度（例如，有基部间隙覆盖的样线比例超过 50 厘米）。基部间隙和生态系统三大基本属性之间的关系与冠层盖度和它们之间的关系相似。主要区别是基部间隙对短期干扰的反应变化较小（见线点截距法中有关基盖度的讨论）。另一个不同是基部间隙与生态系统三大属性的关系更紧密。风蚀对冠层间隙大小的变化更敏感，但水蚀和水文功能与基部间隙尺寸的变化密切相关。关于基部间隙和冠层间隙对外来植物入侵以及对受到干扰后的恢复的影响的比较目前研究的还很少。目前很少有针对冠层间隙的研究。

标准间隙的尺寸是 25—50cm, 51—100cm, 101—200cm 和 >200cm。由其它尺寸间隙覆盖的样线的比例也能计算出来。另外，了解与大间隙相关的植物种是很有意思的。例如，所有的大间隙都是出现在入侵灌木种周围的吗？可结合间隙截距数据和线点截距的数据形成相关的指标。

与草原和其它高冠层盖度系统的联系。冠层和基部间隙指标对高盖度植物群落，如很少出现间隙的湿草甸的变化敏感性较差。但是，对这些系统的测量是值得的，因为只需很少时间（少于 5 分钟），并且可能检测到一般观察所忽略的变化。在这种情况下，你可能想将最小间隙截距从 20 或 30 厘米（8 到 12 英寸）降低到 10 厘米（4 英寸），特别是如果入侵物种与间隙大小增加有关的时候。

参考文献

Kuehl 等 2001

Schlesinger 等 1990

Tongway 和 Ludwig 1997

Tongway 1994

Whitford 等 1998

土壤稳定性测试

土壤稳定性测试是一个相对简单的测试，它对物理、化学和生物过程中的复杂变化是敏感的。这些过程是把土壤微粒粘合在一起的过程。

从这个测试计算两个核心的指示值：平均表面稳定性值和平均次表面稳定值。土壤表面被测试样本的百分比等于 6（非常稳定）是另一个有用的指标，并且它很容易计算。这两个指标都与三个生态系统性质有关。较高的稳定性直接表明侵蚀的降低。当土壤稳定值增加，意味着单个土壤颗粒分离将会更困难。

比较稳定的土壤不太容易形成使渗透减慢的物理结皮。因此，水文功能对于有高稳定性值的土壤将会更好。然而，也有这样一种情况，在有微生物结皮的稳定的土壤表面（高稳定值）实际上比没有结皮且相似的土壤的入渗速率低。当土壤变的不易被水浸湿或者“害怕水”时，入渗速率也会降低。这至少会在

两种情况下发生：一种是在极端大火之后，例如在森林区域。另一种是在真菌密度高的区域。在这两种情况下，土壤相对稳定，因为水不能渗入到土壤里（因此水不能移动土壤颗粒），但是随着坡度增加，径流聚集并且小河和溪谷会形成。

土壤稳定值通常与生物完整性呈正相关，因为生命活动要求土壤颗粒粘合在一起。最小的土壤颗粒通过物理和化学作用同很久时间以前形成的土壤有机质连接在一起。这些微团聚体彼此粘结进而形成更大的沙砾大小的颗粒，如果形成的团聚体过大则不能通过土壤稳定测试用的筛子。粘合这些较大的团聚体的主要是近期产生的活的和死的土壤有机物质。这种有机物质包括真菌类、以腐烂的根和植物枯落物为食的细菌、根分泌液（由根产生的物质），以及以真菌、细菌和根系分泌液为食的土壤生物的粪便。这些混合物在土壤中降解的相对较快，因此高稳定值可作为生物恢复机制发挥作用的指示。

土壤在不同深度和不同植被类型条件下的稳定性可以反映有机物质循环的变化。

等级系统的变化

等级系统在不同生态系统中是比较随意的，并且可以通过适当的调整增加它的敏感性。例如，在有高团聚体稳定性的区域，基于存留在筛子上的物质的量，5 和 6 级可以被分成几个级别。然而，在可能的时候，应该遵循原始等级系统以方便对不同的数据表进行比较。

参考文献

Blackburn 和 Pierson 1994

Herrick 1999

Herrick 等 2001

Seybold 和 Herrick 2001

Warren 2001

Whitford 1996

条带样线(木本植物和入侵植物)

在许多地区，木本植物和入侵植物的密度（每公顷植物的数量）是生物完整性的一个非常敏感的指示。特别是当系统处于以本土的禾草为优势的系统变化到由灌木、树木、外来禾草或者杂草为优势的系统的危险中时。有些情况下，木本 / 入侵的植物的大小也是很重要的，特别是在火只能烧死较小个体的地方。在这种情况下，应该给每个尺寸等级（植物尺寸等级的密度）计算个体指标。较大的地块上遇到木本 / 入侵的植物的可能性会更高。如果入侵物种成为威胁，并且在某一地区很少或没有被找到，应该对更大的地区进行系统的搜索。

参考文献

Bonhan 1998

Sheley 等 1999

紧实度测定（紧实度仪）

利用紧实度仪来检测土壤紧实度的变化。当土壤变的更密，或者板结时，铁锤击打标尺进入土壤剖面需要的击打数量会增加。这个方法只用于当紧实问题已经存在，或者管理措施的改变以及植被盖度导致土壤密度变化时。

压实是存在于所有生态系统中的一个自然现象。恢复过程中压实成为一个问题，包括冰冻—解冻，根系扩张和土壤生物群作用下土壤的迁移，不可控制地由交通工具、家畜、野生动物以及其它因素带来的土壤压实的影响。

土壤板结影响水文功能，因为它降低了土壤空隙大小，使水通过板结层比通过非板结层更慢。板结能够减少渗入土壤的水量并且增加径流量。因此，它能间接地降低土壤和样地稳定性。板结使根系很难接近水分，主要是因为土壤中用来补充根系周围消耗的水分移动的很慢，另外还由于根系很难穿过土壤板结层吸收水分。板结抑制了土壤有机体的移动，所以限制了植物养分的释放。

板结也影响土壤的蓄水量。在大多数发生板结的土壤中，蓄水能力都会降低，但是在极其粗糙的土壤中，蓄水能力是增加的。

紧实度仪达到一定深度其铁锤击打的次数可以作为土壤紧实度十分敏感和精确的指标。不断产生这种指标比直接测量土壤密度更容易。由于土壤对渗透的抗力能够引起其它因素的变化，因此必须谨慎地分析结果。最重要的因素就是土壤湿度。紧实度仪穿过潮湿的土壤比穿过干土需要更少的能量（较少的击打数）。所以，紧实度仪适宜用在干土上做重复比较，而用来比较不同的土壤，或者是不同湿度的土壤时效果并不是很好。至少要经常记录土壤水分含量，如果可能，要对评估的每个深度进行测量。

另一个重要的因素是土壤质地。通常穿透高粘土含量的土壤更加困难。

比率可以用来帮助确定土壤是否存在板结层，并且能够监测紧实度的变化。为了做类似的比较，在各个土壤监测深度，必须有一致的质地和水分含量。在大多数情况下，这意味着必须是干燥的土壤，因为土壤水分随着深度和植物盖度的变化而变化。

紧实度仪在植物间隙敲击次数与植物冠层下的敲击次数的比例也是非常有用的。然而，在进行整体对比分析时，植物间隙间的土壤紧实度往往比较大，但这并不意味着紧实对根系生长或者入渗有负面影响。定性指标常常用来评价土壤紧实度对植物根系生长的影响。渗透仪（第 8 章以及接下来的部分）可以用来评价土壤紧实对入渗的影响。

参考文献

Blake 和 Hartge 1986

Bradford 1986

Csmpeill 和 Hunter 1986

Herrick Jones 2002

Larson Pierce 1993

Thuroe 等 1995

Warren 等 1986

Webb Wilshire 1983

Willat 和 Pullar 1983

单环渗透计（水分渗透）

在圆柱体中的水的入渗率是监测暴雨过程中水分渗入土壤快慢的指标。需明确的一点是，单环渗透仪试验测定的水分入渗率仅是一个相对的指标，并不能准确的测定出暴风雨和雪融水的入渗率。单环试验的入渗率明显高于自然入渗率（有时会高达十倍），这主要是由于在这个试验过程中，水分进入土壤后既可以水平运动，也可以垂直运动。因此，当此试验对土壤表面的改变十分敏感时，其对地表以下紧实度的监测就不是很敏感了，除非把圆柱体插入土壤紧实层中。但要注意，如果把圆柱体插入土壤越深，达到入渗平衡的需水量和时间就越长，因为此时要使圆柱体底部一定位置下的土壤变得饱和。

单环渗透仪和自然降雨渗透还有两个不同之处。其一，该试验不包括雨滴对土壤的影响。雨滴能够使裸露的土壤颗粒重排并帮助形成土壤的物理结皮，因此降低了水分的入渗率。其二，使用单环渗透仪水分就不能从渗透率较低的区域（如植物间隙区域）重新分配到入渗率高的区域，如树冠以下。

在有深层嵌入凋落物或下层落叶层的区域，单环渗透仪的数据应做仔细分析。通常是先把这些物质放入一个标准的深度再开始测量，或是将环插入足够深度以保证底部触及矿化土壤。嵌入凋落物或不嵌入凋落物都是疏水的。通过移动水分，他们开始减少水分的入渗。然而，当潮湿了以后他们的多孔性能够显著减少径流量。渗透环能够人工地减少未经碰触的嵌入凋落物或下层落叶层的疏水性，最后导致对入渗率的过高估计。如果事先移除凋落物进行测定，通常会对入渗率估计不足。

尽管有这些限制，单环渗透仪记录的入渗率仍然是土壤表面水文特征变化非常有价值的指标。

参考文献

References

Abu-Awaad 1997

Bouwer 1986

Morin and Van Winkel 1996

Pierson et al.1994

Thurow et al.1988a,b

Thurow et al.1995

Warren et al.1986

Webb and Wilshire 1983

植物生产力

总的植物生产力是生命完整性的重要指标之一，因为植物反映资源有效利用的变化，包括水和营养，也因为它们能对干扰做出快速的反应。植物同样也反映草食动物能量潜在利用的数量。特定物种或特定功能群的年生产力通常用于估计家畜和野生动物的载畜量。在所有生产小区内记录的物种数量可以用作物种丰富度的最小估计。

植物生产力通常受多种因素限定。数据的准确性和精确性都偏低、变动性很大并且很难去确定。不同个体之间变异非常大，因此其生物量变异也很大。双重取样可以缓解这种限制（估计的重量和实际刈割测定的重量相比较）。刈割小区的数据有助于草本植物种数据的标准化，但是对于木本植物却不甚有效。另一个易发生错误的地方是为有些已经被移除或还没有生产出来的植物估计校正系数。不同个体选择校正系数的变化很大。精确估计校正因素取决于能否准确预测未来天气和植物的生长情况以及其他条件。

生产力数据通常用于计算相似指数。这需要个标准，如一个或更多个植物群落处于参考状态下。大多数点线截距法所讨论的指标同样可以用生产力来代替盖度进行计算。

参考文献

USDA-NRCS 1997

植物物种丰富度（改进的 Whittaker 方法）

物种丰富度简单的说是指某一区域中的物种数量。它是生物多样性的指标之一。没有一种方法是能够检测到所有物种的。物种丰富度的最小估计可以通过直接数出点线截距法数据表中记载的物种数量得到。第十章中描述的改进的 Whittaker 巢状小区法比其他测量物种丰富度的方法更有效。物种丰富度可以预测某地植物种的最大数量。这个可以通过绘制出每个次级小区发现的植物种数量，之后将数据点连接成线，通过这条线可以推测植物种的最大数量。（图 17.14）。

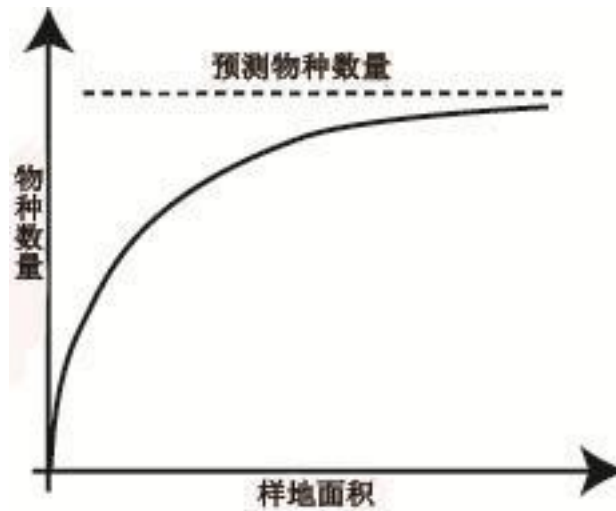


图 17.14 种面积曲线

关于更多 Whittaker 改进方法的信息，请查阅 Tom Stohlgren 近期的出版物及以下所列的参考文献。

参考文献

Huenneke et al.2002

Stohlgren et al 1995

.Stohlgren et al 1997

植被结构

覆盖测杆可以量化植被结构的改变。较高的垂直结构指标值是由很多高度不同的植被出现所产生的（即不一致的植被高度）。垂直结构与野生动物栖息的质量和近地表面风速的减小有关。它还影响地形的美观。垂直结构通常能判断休闲活动最可能发生的区域。

植被结构指标通常与植被生物量和野生动物栖息地质量相关。这里包括两个指标：视线阻碍（Robel 1966）和叶高多样性(FHD;MacArthur 和 MacArthur 1961)，均与各种野生动物栖息地质量有关。

一项在新墨西哥州未公布的研究表明盖度测杆指标与树（叶）冠层覆盖度和高度，以及间隙截距指标相关。

参考文献

Benkobi et al.2000

MacArthur and MacArthur 1961

Mills et al.1991

Nudds 1975

Robel 1966

Robel et al.1970

树种密度

树种密度是热带稀树草原和林地植物种群生命完整性的有效指标。树种密度的改变通常与土壤侵蚀的改变有关。这是因为它影响土壤表面的风速和草本植物、凋落物的分布。由于带状横断面的存在，树种密度估计的准确性对小区面积的大小很敏感。如果这是个重要的指标，并且树种密度较低，那么就需要较大的小区面积。

除了总的密度，用这种方法收集的数据可以用来计算植物种密度和大小等级。大小等级是以树高/或直径为基础的。潜在的木材收获量也可以利用特定物种转换表来估计（Wenger 1984）。

参考文献

USDA Forest Service 2003

Bonham 1989

Wenger 1984

特定河岸环境的测定

当调查河岸区域时，应增加河道植被调查和河道、集水沟剖面分析等基本补充方法。加大水边监督力度（例如，追踪加强恢复工作），或溪流自身的特点具有利益性，补充方法是应该包括在内的。其他测量方法的信息包括在本部分的结尾。

评价河岸区域数据是很复杂的，因为河岸区域的潜在生产力取决于很多不容易测定的因素，包括水域和河道自身的地质情况。在试图评价这些指标之前，有必要参加一些河岸区域评估课程。日常积累的信息是描述这些指标的基础，且能够使描述更成熟更准确。

河道植被调查

河岸植被调查可以提供与点线截距方法相同类型的信息。有相同的基础指标可以用来计算，请查阅本章介绍的点线截距法部分。

一些附加指标可以用来确定植物群落保护河岸免受侵蚀方面的相对实效性。有些指标可以增加至监测木本植物盖度的变化中。木本植物可以营造陆生和水生物种更有利的生存条件。这种调查可以用高度测量来使植物群落结构特征化。

稳定物种盖度是水文功能和生命完整性的重要指标。稳定物种通常有范围广、较深的纤维质根系，这使得它们能够固着土壤，抵抗溪流的侵蚀以及增加曲折度。以草本植物占优势的河岸区域，相同的指标可以用基盖度来计算。

稳定物种作为总物种盖度中的一部分与河岸稳定物种相对优势度有关。当每个点上有多个物种共同

存在时特别有用。当稳定的物种在某个截点上占有较高比例时，该地区的价值则较高。

对生产力和生物量的测定有助于对相对优势度的准确估计。相同物种的多重截距记录也有助于使相对优势度更精确。

另一个指标是木本盖度。在很多区域，木本植物的出现，特别是树木的出现，是河岸系统健康的指示。为了更有效的评价这个与水文功能相关的指标，了解一些能提供木本盖度的物种是十分重要的。年龄分布对生命完整性的估计是十分重要的。幼龄树木是重建发生的重要指标。然而，一些入侵树种对水文功能、生命完整性的消极影响远远超过积极影响。

参考文献

Briggs 1996

Prichard et al.1998a

Prichard et al.1998b

Winward 2000

河道和集水沟剖面

河道和集水沟剖面用以描述河道形状的改变。它同样可以用于监测排水沟恢复（或加深）。有一些指标能够计算。其中最常见两种如下：需要依据具体情况评价这些指标。关于如何评价，应该与熟悉当地土壤、水文和植被并且有经验的专家商讨。

河岸的角度和坡度等级是指河岸的坡度。在河岸系统中，溪流功能中的最适河岸角度取决于地形发生学和土壤。对集水沟来说，角度的减缓是系统恢复的标志。

宽—深比的改变指示溪流稳定性的改变。理想的宽—深比取决于一系列的样地特征。除有缺口或曲折度减小的情况下，状况良好的溪流通常有较低的宽—深比。如果这些指标有显著变化，请咨询当地溪流水文知识丰富的专家。需注意的是，从河道剖面方法中计算出来的宽深比不必与满岸方法计算得出的一致。满岸是基于典型高降水事件的水位来定义的。由满岸法得出的宽—深比与河岸系统功能是最相关的。这两种宽—深比是有一定联系的。

集水沟宽—深比的减小通常是断流活动的信号，同时集水沟宽—深比的增加是通过排水沟边缘沉积作用或稳定化而实现恢复的标志。然而，集水沟在形态上的改变也同样是上坡过程（沉积物资源）和下表层属性（如，土壤的多碎石或易腐蚀层）的变化而引起的。

参考文献

Briggs 1996

Prichard et al.1998a

外推法

对单个测定的结果进行仔细的推理是很重要的。推理使评估的结果可以用于比监测小区更广的区域。

通常有三种推理的方法：（1）非空间；（2）隐式空间；（3）明确空间（Peter 等 2004）。非空间推理法用于随机选取的试验样地。隐式空间和明确空间推理方法使用分层选取的样地。如果试验样地是后来分层的，那这两种方法都可用来随机选取试验样地。第三种明确空间推理法需要知道监测样地与其它监测单元类型的相关之处。

来自非随机选取的监测样地（关键区域和其他非客观的系统）的信息是不能量化推理的。然而，专业知识可用来通过来自关键区域中非客观选择的监测样地的数据，对其他更大的区域进行定性的推断。

非空间推理法

非空间推理法是最简单的方法。在此你只需平均各测验地的数值，并用这个值代表整个区域样地。它通常只适合于同质的地块而且只有一种类型监测单元的样地。换句话说，在整个监测区域上土壤性质、气候、地形、植被和管理措施都相似，并且它与毗连的区域相互作用不显著（或变异不大）。

隐式空间推理法

在这种方法中，同种类型的检测单元中所有样地平均值用于反映整个单元的典型条件。这种方法同样也很简单，并且可以通过标准统计方法很容易地算出与每个指标评估相关的确定性水平（见附录 C）。

明确空间推理法

在明确空间推理法中，对每个监测样地的评估都根据毗连的监测样地的属性进行了修改。在风蚀的例子中，根据树冠间隙数据确定易受风蚀影响的区域，由于周围被严密的林地包围，减小了风速，可能会重新被归为中度风蚀敏感区。反过来，如果它位于沙地的下风位置，比如近期植被被清除的区域，也许可能会被归为重度风蚀敏感区。这是因为移动的沙粒穿透地表的结皮侵蚀土壤，即使没有车辆或动物干扰。

明确空间推理法通常需要一些模型，或者至少一套明确的规则。

空间背景

虽然空间背景仅在明确空间推理法中应用，但在所有的监测数据中也应该考虑到，即使并没有计划使用明确空间推理法。样地景观位置的信息能够用于提高样地和景观尺度上数据评估的质量和价值。

为了确定以下信息，空间背景必须考虑：（1）样地采集的数据是否真实反映被选（任意或主观选择）样地的状态，（2）在样地尺度上测量的指标是否能够充分反映被选样的情况。

异常样地

样地的相对静态属性的细微差别（如坡度和土壤质地）和样地的景观位置常会混淆推理。

土壤性质显著影响植物生产潜能和土壤侵蚀度。在景观中，气候也是多变的。例如，通常情况下，南坡比北坡有较高的蒸发率和较浅的土壤深度。即使是在一些接近生产潜力的样地，蒸发率高和较浅的土壤深度也会导致南坡土壤水分可利用性降低，增加裸地和水沟形成的可能。

景观中（下坡的）处于较低位置的生态样地在强降雨或融雪时可接收大量的径流水分。如果额外的水保留在样地上而且可为植物生长(凹形微型样地)所利用，那么这种径流量的增加所产生影响就是有利的。但径流量的增加也有负面影响，例如它导致大量侵蚀（凸形微型样地）发生。除了在生长季节大雪持续积压会出现限制植物生长的情况之外，很多时候，风积雪压过的地方比没有积雪地方的生产潜力更高。有时，这些微地型的差异在不同的生态样地中表现不同，但是许多生态样地都包括生产潜力变化范围较大的微型样地。

我们建议尽量避免选择异常的样地。使用随机或分层方法选择样地能够显著地减小这些样地对评估的影响。如果你不能避免异常样地，就需增加重复水平，至少要超过所推荐的最低限度。这些异常样地对平均价的影响随着样地数量的增加而下降。请看第 5 章关于在样地选择过程中如何处理潜在异常样地的讨论。

样地尺度充足的指标

确定样地范围内监测的指标是否足够反映目前该区域的状态是十分困难的。大范围的模式及过程和可能会影响代表性样地的邻近地区的状态都必须考虑。

在尝试使用小样地监测城市-荒地交接区域时大范围样地模式及过程的重要性就显现出来了。在样地范围内监测的较高的植物结构多样性是很多物种栖息条件良好的指标。然而，作为一个指标，如果样地位于 1-5 英亩且（例如，栖息地结构多样性是适宜的，但栖息地面积太小而不能用于）植被参差不齐的小区域的中间，那么它的价值就会降低。

当考虑到监测样地上的径流量和土壤侵蚀度影响时，临近地区的状况是很重要的。高覆盖度和土壤表面稳定通常是土壤抗侵蚀的良好指标。然而，高覆盖度和土壤表面稳定性不足以去防止由于临近陆地上的道路上汇集的径流而形成的集水沟。即使无法获得景观水平的指标，但是关于周围地区的定性信息也能用在这两种情况中以完善对指标的评价。

临时背景

临时背景也很重要，尤其在使用这些数据去决定管理措施时。在干旱和半干旱的环境中，像降雨时间、降雨量和强度一样，放牧持续时间也在很大程度上影响指标。特别是植物冠层盖度和生产力会存在

很大的差异，但是所有指标对这些因子都很敏感。

长期的历史记录会有相当大的帮助。当评估等级和发展趋势时，历史利用状况和经营信息都能有所帮助。

把这些堆在一起形成一张大图

如第 24 章中所描述的，状态和转化模型可能是评价监测数据最有用的工具。这些用于帮助确定每个监测样地相对于潜在阈值的现状，并确定将来驱动其变化的潜在因素。

附加读物

关于这里所介绍的三种空间推理方法，请参看 Peters 等(2004)的相关材料。Ludwing 等(1997)在著作中讨论了很多对于确定景观背景十分重要的相关问题。如何使用航空图片辨别历史管理和利用状况在 Rango 等(2002)的著作中有描述。

第四部分：专题



河岸 (第 18 章)



家畜生产 (第 19 章)



野生动物栖息地 (第 20 章)



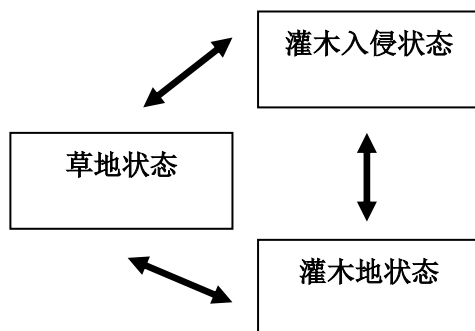
汽车/休闲 (第 21 章)



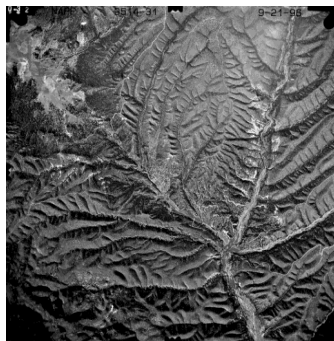
火 (第 22 章)



入侵种 (第 23 章)



状态转化模型 (第 24 章)



遥感 (第 25 章)



土壤碳 (第 26 章)

之所以选择这本手册的前几章之中介绍的监测方法，是因为它们产生的指标与三个主要属性相关：土壤和样地的稳定性、水文学功能和生物完整性。这些属性几乎代表包括家畜产品、野生生物栖息地、休闲和涵养水源保护区的每种土地管理的基础。该手册前六章和第九章为如何应用这些工具来确定更加具体的管理措施和监测目标提供了额外的指导。

每一章节都分为四个部分：介绍、概略表、方法注释和附加资源。注释只描述需要修改的方法或那些没有在方法章节中描述过的附加指标(第 2 部分，第 7 至 15 章)。附加资源部分介绍了印刷版本或是在线的资源。如果可以，尤其是在复杂的系统中具有多个目标的项目方面上应当咨询当地的专家 (NRCS、USFS、推广部门等等)。

每一章节都介绍了三个策略。第一个也是最简单的策略是从快速启动描述的核心测量中计算附加指标(Vol.1)。在这个指南中之所以分别选择了很多监测部分，是因为他们容易产生很多指标。例如，选择线点截距代替植被频率或密度，是因为它是可以产生盖度和种类组成的指标，同时提供了例如岩石和地衣盖度等关于土壤表面特征的信息。不同于 Daubenmire 样方，线点截距数据很容易产生植被结构指标。线点截距也可以量化植物冠层间隙的地表盖度。

第二策略包括对核心测量指标进行相对简单的修改或增加指标，例如线点截距监测中加入高度指标。

第三条也是花费最多的策略，是合并补充监测。

每一策略都会增加监测的成本。前六章和第九章的第 4 部分，包括具体应用确定每个监测相对优先权的表格。这些表格可以与快速启动中的时间评估一起使用，用来比较根据特殊管理或监测目标的每项监测的相对成本和收益。由于每种情况都是独特的，这些等级次序仅作为选择监测的粗略指南。

附加资源列表并不是很全面的。现在有数百个可利用的监测指南，并且在互联网上可以找到更多。大多数是针对特殊用途或价值的，而且有很多都可与这里所描述的灵活的监控系统相适应和整合。

请注意，在这些专题之间存在重叠的可能性。第一个(河岸带)是一种土地类型。接下来三个(家畜产品、野生生物栖息地和越野车)普遍认为是土地利用方式或使用价值。第五个(火)经常作为管理工具应用，但是它像第六个(入侵种)一样，也可能被认为是一种威胁。这六个专题需要同时进行已经渐渐成为共识。例如，火用来控制河岸带区域中侵入的物种，同时也在家畜、野生生物、休闲和碳固定方面起到管理作用。使用整合系统的好处是数据与所有六个专题都是相关的。对每个监测分配的时间可能不同，这取决于每个专题的相对重要性，但基本的结构是保持恒定的。

第 24 和 25 章提供了状态及转换模型和遥感的简要介绍。这两个工具在监测项目设计和数据评估上是非常有用的。

第十八章 河岸带

多数河岸带系统涉及到的重要指标是植物群落的组成和结构。监测这些指标可以使用以下单个或更多组合的方法：线点截距、河岸两侧植被调查、条带样线和树的密度。附加的长期监测方法可以提供关于植被变化与河道地形学之间关系的更加完整的信息。



图 18.1 新墨西哥州沿着 Rio Penasco 的河岸带植被

表 18.1 河岸带系统检测方法应用指南

快速开始	修改	附加指标	典型优先
像点	包括河道照片	不适用	高度
线点截距（垂直于河道）*	包括高度	有	高度
间隙截距	无	无	中度
土壤稳定性测试	无	无	中度
条带样线	无	无	中度
补充方法			
紧实度测试	无	无	低
单圈渗透仪	无	无	低
植物生产力*	无	无	低
物种丰富度	无	无	低
植被结构	无	无	中
树的密度	无	无	中
湿地河道植被调查	无	无	高
河道与沟壑轮廓	无	无	高

*请见下面注释

河岸带注释

线点截距 采用线点截距方法可以有效地监测河岸区域植物盖度和组成上的变化。每个地区至少需要设置三个垂直于水道的样线。样线的两端应向最大的潜在河岸区域之外至少要延伸出 5 米（15 英尺）。样线延伸的区域应比河岸带预计扩展的区域更大。对于特别宽的河岸带区域，可以减少沿样线的测量频率。在每个点上增加高度测量可以提供关于植被结构有用的信息。使用线点截距和第 15 章的高度数据表格记录高度测量。

除以上标准指标外，还要计算样线被河岸带木本植物覆盖的比例和平均株高。在每点上记录的高度测量值的标准偏差和植物种的平均数量是评价结构多样性的有利指标。监测河岸带区域宽度的变化可以通过监测沿样线河岸带植被的起止位置来实现。也可以通过线点截距数据来监测，但是往往会低估河岸

带区域宽度。

土壤稳定性测试 土壤稳定性测试是土壤结构发生变化有用的指标，但是这个结果在河岸带系统中往往是很难评估的。数据的评估受到限制，是因为在一个河岸带区域之内土壤质地经常有很大变化。土壤质地也会因洪水所堆积的新物质而发生改变。沉积物的积淀也许导致土壤平均的稳定性在洪水之后发生消极的变化。然而，由洪水引起的沉积物积淀经常作为河岸带区域恢复的积极指标，虽然它最初的稳定性较差。

条带样线和树密度 通过监测树木的径级，条带样线法和树密度法任何一种都可以用来对木本植物密度进行监测。条带样线更适合监测新增的个体，而树密度方法更适合监测一些高度分散的个体。条带样线可以沿着绿色带（水道边缘）应用或在横跨水道的线点截距样线上使用。

紧实度和渗透 高频率的休闲活动或放牧，特别是在潮湿或较湿的土壤上，可能会导致土壤结构的退化，包括土壤压实。由于土壤板结导致渗透减少的地方可以使用渗透计和硬度计来监测土壤。对入渗的监测通常是次要的，因为他们相对比较费时（成本收益比率高）。土壤紧实度的测量则相对较快，但是数据比较难评估，除非在每年土壤含水量相同的条件下进行监测。在干旱生态系统中，在一段无降水时期之后进行测量，其准确性相对较大。

植物种类丰富度 植物种类丰富度对河岸带的恢复和退化来说是很有用的指标。当生物多样性作为管理目标时，植物丰富度是很有用的。当丰富度的最小化估计可以通过线点截距和河岸带植被调查来计算时，测量物种丰富度的方法显得不是很重要，另外，此方法也相当费时，在多数情况下会增加测量费用。

附加资源

目前，已经开发出很多针对终年不断的河流的河岸带监控系统，其中，很多系统重视河流某些具体的特征，包括水温和化学物质，这些特征对鱼类的生存很重要。在 Winward 所描述的方法就是应用最为广泛的河岸带植被方法之一(2000)。像河岸带河道植被调查一样，这个方法取决于对绿线的确认。研究者们仍致力于针对间歇性河流、冲刷和干涸的河床等绿线很难识别的地方开发合适的监测的方法。用航片和航空录像的方法进行监测也越来越普遍，特别是那些因植被密集很难进行地面测量的地方（普理查德等，1996）。

第十九章 家畜生产

山区家畜产品的长期可持续性取决于三个关键的生态系统属性：土壤和样地稳定性、水文作用和生物完整性。快速启动监测方法足以监测这些属性，除了在有特殊问题的地方，例如发生土壤紧实或者出于生物多样性(种类丰富度)的考虑。在载畜率或放牧模式发生短期变化(通过流动水、盐砖或者补充饲料)的地方，宜实行短期监测(快速启动)。



图 19.1 奇瓦瓦沙漠的放牧牛群

表 19.1 家畜生产占主要地位的地区监测方法应用指南。

快速开始	修改	附加指标	典型优先
像点	无	不适用	高度
线点截距	无	有	高度
间隙截距	无	无	高度
土壤稳定性测试	无	无	高度
条带样线	无	无	高度
补充方法			
紧实度测试	无	无	低
单圈渗透仪	无	无	低
植物生产力*	无	无	高
物种丰富度	无	无	低
植被结构	无	无	低
树的密度	无	无	低
湿地河道植被调查	无	无	低**
河道与沟壑轮廓	无	无	低

*请见下面注释

**河岸区域不包括在内，河岸地区的优先度要高些

家畜生产注释

植物生产 年产草量有时也被认为是家畜管理中最重要指标之一。这个指标通常是作为总植物产量的一部分来计算的。它也可以用来指导每年的适宜载畜率，并且也是土地状况变化的长期指标。植物生产量是最难测定且成本较高的指标之一，特别是在干旱和半干旱生态系统中。它也很难解释清楚，尤其在降雨量变化较大的区域。

不同牧草的地上生物量是一个有效的短期指标，可用于确定牧场某一特殊时期可供养动物的数量。可以用植物产量数据来计算，数据搜集很简单，设置利用为 0，成长调节因素为 1.0 (第 9 章的规则 9 和 10)。植物残体的(直立的)生物量（像残留物的盖度）也是确定何时从牧场赶走家畜的很好的短期指标。

附加资源

美国联邦政府机构使用的大多数监测系统都是为监测家畜放牧对植物群落和较小范围的草产量的影响程度而设计的。一般包括短期(例如立枯物高度和预计应用)和长期的混合指标(例如与假定的历史植物群落的相似性)。自然资源保护部(NRCS)和土地管理局(BLM) 当前都将 NRCS 的全国草地和牧场手册 (USDA-NRCS 1997)作为监测指导。然而，在州和地方级别上都有相当大的可变性。美国林业局(USFS) 在很多地区都使用帕克三步法，即使其他的方法用得越来越多，帕克的著作(1951)中描述了基本方法。应该咨询相关机构当地办公室来精确地找出这种方法在每块森林地区以前的使用状况是怎样的，同时还要知道目前应用的情况。除了联邦政府的手册，很多州的推广部门开发并出版了牧场监测指南。需要明确的一点是，这些指南通常集中于家畜放牧的影响，包括长期和短期复合指标。请与您的地方推广办公室或当地大学联系来索取最新版本。

第二十章 野生动物栖息地

野生生物管理的重要特征是植被种类组成和结构，这些可以采用扩大版本的线点截距和条带样线方法进行监测，此外，还可增加盖度杆或盖度板测量(植被结构)。

每个物种都有独特的栖息地要求。这些要求也许很难理解，也有可能是在逐年改变。所以，请阅读下面关于野生动物栖息地的注释部分，以确定哪个组合方法最适合您的需要。



图 20.1 长耳鹿栖息地

表 20.1 当野生动物栖息地是主要管理目标时检测方法应用指南

快速开始	修改	附加指标	典型优先
像点	无	不适用	高度
线点截距	包括高度	有	高度
间隙截距*	可以包括高度要求	有	中度
土壤稳定性测试	无	无	低度
条带样线	无	无	高度
补充方法			
紧实度测试	无	无	低
单圈渗透仪	无	无	低
植物生产力*	无	无	中
物种丰富度*	无	无	低
植被结构	无	无	高
树的密度	无	无	高
湿地河道植被调查	无	无	低**
河道与沟壑轮廓	无	无	低

*请见下面注释

**河岸区域不包括在内，河岸地区的优先度要高些

野生动物栖息地注释

线点截距 线点截距法可用于植物组成的评估。但是，在稀树草原和其他稀树系统，应该用条带样线法和/或者树密度方法作为线点截距法的补充。

如果测量垂直植被结构，至少每五个点应该包括对高度的估计。使用第 15 章有高度数据表的线点截距法。线点截距（和高度）应该与冠层间隙截距法结合施用，以便更好地了解植被结构。

除标准指标之外，还需要计算被木本植物覆盖的样线的比例和平均高度。每点上记录的高度测量值的标准差和种类的平均数量对结构多样性来说是非常有用的指标。沿样线的植物种分布可以与同一样线

上的间隙截距一起用来描绘单个植被斑块的特征。

间隙截距 在说明与野生动物有关的水平植被结构上，冠层间隙截距通常比基部间隙截距更有效。冠层间隙截距应与线点截距（与高度）结合，这样可以更好地了解植被结构。在冠层盖度极端不稳定的系统中，也会使用基部间隙截距来代替。标准间隙截距指标可用来估计使某种动物暴露于捕食者面前的区域面积比例或阳光直射区域的面积比例。标准指标等级(25-50cm, 51-100cm 等等)是根据侵蚀标准来选择的。大片裸露土地(即 >500cm, 大约 15ft)的比例可以用来调查植被聚集或分散的程度。

通过设置最小高度或记录冠层截距的两个彼此分离的间隙类型改进间隙截距法，用来调查高丛植被间的(大于 X cm 和小于 Xcm 的高度)间隙。指标计算和数据表与标准技术完全一致。

土壤稳定性测试 虽然土壤稳定性与多数野生动物栖息地没有直接的关系，但它是支持系统可持续性的重要因素。它也是土壤过程完整性的重要指标，包括进行根和凋落物分解的土壤动物的活动。

条带样线 条带样线法可用来评估包括散生树在内的群落结构中的植物组成。附属的大小分级可以包含于对植物种的测量中，它与条带样线结合来可以更好地估计植被垂直结构(参见如下谈及的植被结构方法)。

植物生产 请看第十九章“家畜生产注释”中的讨论。

植物种类丰富度 请看在第十八章关于“河岸带”的论述。

植被结构(盖度杆) 盖度杆和盖度板是描述栖息地结构特征的用途最广泛的工具之一。从某一特定距离观察时，在每个高度增量中植被遮住杆的比例就代表了在此距离动物被遮住的比例。

附加资源

尽管针对个体种有上百种可用的方法，但我们没发现监测野生生物栖息地的普遍的方法。许多文献都没有介绍植被结构与野生动物栖息地、鸟类多样性、视觉阻碍和生产等之间的联系(Robel 1970; Robel 等 1970; Harrell 和 Fuhlendorf 2002)。

如果涉及到特殊种类或种类群体，只能设法与地方野生生物学家联系或在互联网上查找。对网上搜索有帮助的关键词包括：叶子高度变化(FHD)，植被结构、垂直结构多样性、野生动物栖息地结构、盖度杆、盖度板和 Robel 杆。 Krebs (1998)列出了直接测量动物种群的许多方法。《植物和动物种群的测量和监测》(Elzinga 等 2001)中也有动物种群监测的信息，但是主要集中在植被监测方面。《野生动物及其习性的研究及管理》(1994)为野生动物栖息地的研究方法提供了另一资源。

第二十一章 越野车用地和其他娱乐用地的使用

受越野车和其他娱乐用途的土地利用方式影响的区域通常以线性表面干扰为特征。虽然这些干扰只涉及到景观中的一小部分，但他们对生态系统功能的影响将特别显著，尤其是在陡峭、倾斜的地形和河岸带地区。最近的研究(Herrick 等未出版的数据)表明，仅仅是一辆小车的行驶行道也可能使一些土壤变得紧实，且在今后相当长的一段时期内，水分的渗透率和土壤的稳定性会显著地降低。为了在汽车压痕区域采集足够的的数据，有必要将土壤事先分为压痕区域和没有压痕区域。在汽车压痕区和没有压痕区域随机选取相同数量的土壤测试点(土壤稳定性、紧实度和渗透率测试)。如果使用这种方法，在线点截距或间隙截距数据表中记录轨道样线是必要的，这样可以计算每一个土壤指标的加权平均数。



图 21.1 盐湖城北部越野车压过的土地痕迹

表 21.1 越野车用地和其他娱乐用地使用的检测方法应用指南

快速开始	修改	附加指标	典型优先
像点	无	不适用	高度
线点截距*	加“压痕”作为最后一栏	无	高度
间隙截距*	加“压痕”作为第三类间隙	有	高度
土壤稳定性测试	被道上/道外压痕分层	有	高度
条带样线*	无	无	高度
补充方法			
紧实度测试	被道上/道外压痕分层	无	高
单圈渗透仪	被道上/道外压痕分层	无	中
植物生产力	无	无	低
物种丰富度*	无	无	低
植被结构	无	无	低
树的密度	无	无	低
湿地河道植被调查	无	无	低**
河道与沟壑轮廓	无	无	低

* 请见下面注释

**河岸区域不包括在内，河岸地区的优先度要高些

娱乐活动注释

线点截距 在汽车压痕相对明显的地方，压痕覆盖的区域可以通过记录的线点截距的点的数量来量化。用有高度数据表的线点截距表，把“高度”栏改成“车压痕”(或增加另一栏)。车压痕盖度估计不如其他盖度估计精确，例如在裸地上，因为很难确定是什么构成车的压痕。观察者能力的差别以及车辙痕迹在一天中的早晨和晚上都有很大的不同。有些土壤类型，可以确定一个需要被记录的车痕的最小深度。

间隙截距 间隙截距方法也可用于量化车辙痕迹覆盖区域的比例。这种方法特别是在车辙痕迹横跨样线区域不太频繁时(少于样线的百分之五)效果更佳。在间隙截距数据表中只需用“基盖度间隙截距”页面的最后几栏，记录沿样线的每道车辙痕迹或临近的一组车辙的起止点。

条带样线 条带样线法和其他用来监测入侵种的方法应该受到足够重视(参见“入侵种”第 23 章)，因为交通工具会将入侵种从相对较远的地方带回。培训农田工人根据土壤和气候要求，辨认一个地点潜在的所有入侵种很重要，无论入侵种是否已经在此区域存在。

植物种类丰富度 请看第 18 章“河岸带注释”的论述。

附加资源

USFS 落矶山脉森林和草地实验站的 David Cole 写了很多关于监测休闲活动影响的文章。可以在 USFS 网站找到(<http://sirsi.fs.fed.us/uhtbiin/webcat>、<http://www.srs.fs.fed.us/Pubs/index.jsp> <http://leopold.wilderness.net/pubs.cfm>)。这些文献多数关注徒步旅行者、露营者和骑山地自行车的人的影响。科罗拉多州立大学的 Richard Knight 和其他一些人在监测休闲活动的影响方面也出版了大量的文献。然而，令人遗憾的是并没有监测越野车影响的相关报告。

第二十二章 火

火的监测一般有两种类型：火灾风险监测和大火后的恢复监测。火灾风险监测是基于对燃料的可利用性、燃料的垂直和水平的连续性、湿度和天气情况进行估计的一种相对完善的技术。本章内容不涉及火的风险监测。

火的恢复监测通常是在大火之后进行的。在可能的情况下(如指定的烧毁)，大火之前的基线数据收集应该与火烧后的监测同期进行。在一年当中，火烧之前和之后的同期监测数据比火烧后立即采集数据更重要。



图 22.1 指定火烧一片须芒草、垂穗草、小须芒草和蓝莓杜松草地

表 22.1 火后恢复监测方法应用指南

快速启动监测	修改	附加指标	典型优先
像点	无	不适用	高度
线点截距	无	有	高度
间隙截距*	可以包括粗木渣和/或嵌入枯物	无	高度
土壤稳定性测试*	分类为“疏水的”	无	高度
条带样线	无	无	高度
补充方法			
紧实度测试*	无	无	低
单圈渗透仪	无	无	低
植物生产力*	无	无	低
物种丰富度*	无	无	低
植被结构*	无	无	中
树的密度*	无	无	低-高
湿地河道植被调查	无	无	低**
河道与沟壑轮廓	无	无	低

*请见下面注释

**除了在河岸地区的优先度高些

火烧后和火烧恢复监测最应该考虑的是径流、侵蚀和植物群落再生。直接测量径流和侵蚀费用较高。快速启动法和一些指标反映了植物群落的变化以及发生径流和侵蚀的风险。因此，只需对基本监测方法做适当调整便可用于火烧后的恢复监测。

该方法是基于矮松树、杜松、橡木和美国黄松入侵新墨西哥州北部草原的经验所提出的。当应用于其他生态系统时，可能需做一定的修改。

火之注释

线点截距 线点截距法稍作修改即可应用。对于热带稀树草原和含大量粗木质残体的疏林地来说，细化树木径级(线点截距数据表的 WL)也许是可行的。这需要估计短期死亡率，包含高度数据表(15 章)的线点截距表中的高度栏可以改成“是否死亡”并作为复选框使用。但是，使用条带样线法监测死亡率也许更精确，特别是对木本植物。正常情况下，不建议区分草本植物的死株与活株，因为这些评估的不确定性非常高。另外，次年裸地的增加和植被盖度的降低能更加精确地反应植物的死亡率。

间隙截距 间隙截距是监测火烧恢复最有效的方法之一。该方法可以将某一地区发生的是均一的恢复还是在密集的植被斑块中的集中恢复区分开来。一些组织修改了间隙截距方法，加入了嵌入的枯枝落叶，因为它们具有减缓径流的作用。嵌入的枯枝落叶通常被认为和植株基部一样，对径流有减缓作用。当枯枝落叶通过菌类作用稳定的嵌入土壤系统中时，就可能会有减缓径流的作用，但不是在所有情况下都适用。当粗木质残体直接与土壤表面接触时，其作用和植株基部相当。

土壤稳定性测试：火烧在短时期内很难影响到土壤的稳定性。火烧后，若植被恢复的较慢，土壤稳定性会逐渐下降，这主要是由于根、真菌和枯枝落叶等形成土壤团粒结构的主要部分减少造成的。

土壤表面大量的易燃物剧烈燃烧使土壤不易吸水，从而使土壤稳定性增加。但不幸的是，由于地表的防水作用会加剧径流，导致下坡位置发生侵蚀。另外，高密度的真菌层也可导致地表不透水。不透水性可以通过记录漂浮在水中的土壤稳定性样本的数量来量化分析。

条带样线和树密度：条带样线和树密度法可以通过在不同的栏中简单记录个体存活数、个体死亡数及新幼苗的数量来量化死亡率和补充量。条带样线方法还可用来对建植后的侵入种的数量进行监测。(参见 23 章的侵入种)。

土壤紧实度：火不会引起土壤的板结。但是，灭火行为通常会导致土壤紧实度增加，尤其是当汽车不在公路上行驶时。另外也应该考虑将燃烧区域自身、防火带和为防火人员设置的通道等包括在燃烧后对恢复的监测中。若时间允许，还应该测量渗透。

植物生产：参见 19 章中“家畜生产注释”中的讨论。

植物种类丰富度：请参见 18 章中“河岸带注释”中的讨论。

植被结构：植被结构指标可以用来做稀树草原上“梯式燃料”出现的指标。草本植物较高的部分和矮的树杈使地面上的火更容易移动到树的顶端。

附加资源：在过去，对火烧后的恢复监测仅局限于照片和偶尔的样方或样线监测。很少在重复测量、开发和检验试验报告等方面投入大量的资金。随着人们对大面积燃烧后的区域兴趣的增加，一大批的监测系统也随之发展起来，其中有些还可以在互联网上找到。这些系统当中包括一些监测不同目标（径流、侵蚀、野生动物和植被等）的独立的方法。如果可能，这些方法应适当结合起来使用，以减少过多的测量方法带来的浪费。

第二十三章 入侵种

入侵种是最重要的、最具生态敏感性并且在很多地区都是最有利的一项监测要素。通过对新种群的早期监测可以节省大量资金，其数额往往会超过土地的现有价值。但遗憾的是，远距离勘测是很难进行的，每年对每一块土地都调查到的可能性很小。下述试验方案可以用来在增强早期勘测的可能性的同时降低成本。这个方案是基于对具有高侵入风险区域的非永久地块的快速评估。

本手册中提到的方法可用来提出两个与入侵种相关的目标。

- (1) 监测已建植的入侵种的变化（条带样线法用于低盖度，线点截距法用于高盖度）。
- (2) 监测具有较高的种子散布风险，或入侵种早已存在于种子库中的地区受侵入的敏感度的变化。

这一章的结尾部分的“入侵种监测方案”是为对样地已建植的入侵种进行早期监测而设计的。



图 23.1 具灌木的旱雀麦草地

表 23.1 入侵种检测方法的应用指南

快速开始	修改	附加指标	典型优先
像点	无	无	中度
线点截距*	可能加入干扰土壤作为土表	无	中度
间隙截距*	无	无	中度
土壤稳定性测试	无	无	低度
条带样线*	增加搜索区域	无	高度
补充方法			
紧实度测试	无	无	低
单圈渗透仪	无	无	低
植物生产力*	无	无	中
物种丰富度*	无	无	低
植被结构	无	无	低
树的密度	无	无	低
湿地河道植被调查	无	无	低
河道与沟壑轮廓	无	无	低

*请见下面注释

入侵种的注释

线点截距：线点截距方法可用来量化作为植物群落中的重要组成部分的入侵种的盖度变化的（一般要求

盖度大于 5%)。线点截距盖度和组成指标通常也可反映一个地区对入侵种建植的抵抗能力。

植物群落通过与入侵种竞争来影响其抵抗能力。植物群落还通过对食草动物种群和土壤微生物群落的影响间接影响抵抗能力。另外，植物群落也可以通过影响干扰活动的时间、频率和强度，改变入侵种和本地种的建植条件，间接影响抵抗入侵种的能力。涉及到的指标主要是样地的具体情况、可能包含的裸地的百分数或某一特定功能群的盖度百分数。

间隙截距：在测定冠层盖度或基盖度时，被间隙所覆盖的土地比例的大小通过影响竞争和土壤稳定性而直接影响入侵种的建植，它还会通过影响草食动物的活动以及大尺度的干扰作用（例如火烧）而间接影响入侵种的建植。不需要新的指标，但是间隙的大小随着植物种类的变化而变化。

条带样线：有些入侵种在入侵土地上的盖度太低（盖度通常小于 5%），以至于采用线点截距法很难监测其动态，在这种情况下，条带样线法就是监测其变化的最快的方法之一。该方法也可用于在种子库中已存在入侵种或有高侵入风险的区域内，对幼苗的出现进行量化监测。

植物生产：请参见 19 章中的“家畜生产注释”中的讨论。

物种丰富度：请参见 18 章“河岸带注释”中的讨论。

侵入种监测方法

1) 利用现有的信息以土壤和气候条件为基础，将某一地区分成对每个种具有不同内在风险等级的区域。

生态样地描述（第二章）经常会列出一些潜在的入侵种，或提供一些有关入侵种的非常有价值的信息。航片和其他一些遥感手段也常被用于基于风险级的地貌等级细分。

2) 在高风险的监测单元，确定最易受到入侵的地区。

这一分析基于种子的散布风险（即入侵种的种子被带入的风险）和入侵种成功建植的风险（侵入的种子会在适宜的地区生长的风险）。例如，对入侵来说，植物蔓生是很敏感的。植物蔓生会增加侵入风险是因为从远处的植物群落来的种子具有较高的散布概率。植物蔓生也有风险，因为蔓延的边缘通常会被干扰，降低它对侵入种的竞争力。

3) 鉴别每年额外的高风险区域。

例如，新建好的野营地、道路或采矿场都会增加入侵种建植的风险。还有，航片和其他遥感工具在这一过程中并不适用。

4) 基于以上三条风险分析，随机选取地点进行土地基况调查。

5) 调查每一地点并进行快速评估，评估内容如下：

估计并记录入侵种的频率、数量及大小。

根据样地特征，气候和扰动机制，预测遇到的所有入侵种种群大小增加的程度。

评价未来侵入的风险，包括在确定的一段时间内恢复到原有区域状态的需要。

记录入侵种及其种群在 GPS 上的坐标。

6) 根据实地的观测修正风险分析(从 1-3 步)。

第二十四章 状态及转化模型：介绍

状态及转化模型（表 24.1 和 24.2）阐明了植物群落和土壤特性及它们之间相互作用的可能的变化。状态转化模型可与现状评价相结合，确定监测最可能发生变化的地方，也可用来确定监测哪些指标，因为它们经常能提供一些先于状态的变化的土壤和植被变化的信息。状态可通过转化来辨别，这一转化是相对不可逆的，它反映了还原回原始状态所需能量的显著增加。

每个生态样地都有自己的状态及转化模型。生态样地是这样定义的：在一定的土壤和气候条件下，具有相似的潜力、支持特定范围植物种群的土地。每一生态样地对于不同类型的干扰、气候和管理模式做出相似的反应。

状态及转化模型一般包括两种状态，每一种状态至少含有一个至多个植物群落。一种状态下的植物群落在植物组成上相似。同一种状态内的植物群落一般在水土保持、水循环、植被生物量等功能方面上具有相似的能力。放牧管理制度（放牧生态系统）的简单变化或者不稳定的气候状况下，同一状态内的植物群落的变化是可逆的。状态及转化图（图 24.1）展示了不同状态间可能的相互转化。图中还显示了增加变化发生可能性的因素。状态间的转化一般只有在通过例如灌木刈割或土壤扰动这种强烈而昂贵的实践中才是可逆的。

NRCS、土地管理局、自然资源保护局和其他的组织现在都在开发状态及转化模型，还有类似的一些模型，在 NRCS 可以找到很多。如果想要获得关于你的生态样地的状态及转化模型，可以通过与你所在地区的 NRCS 土地办公室联系或登陆 NRCS 的网站。本手册中描述的所有指标可用来数量化定义状态以及转化发生的可能性。关于这些模型发展的更多信息请参见 Bestelmeyer 等人（2003）和 Stringham 等人（2001）发表的成果。

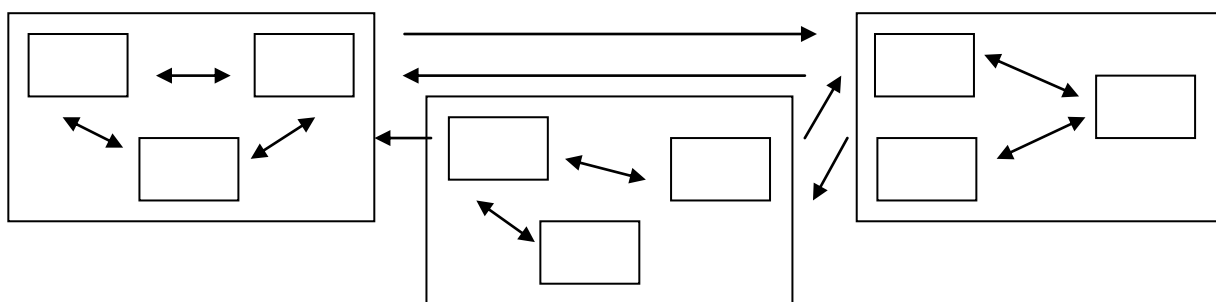


图 24.1 典型的状况及转化模型结构（根据 Bestelmeyer 等 2003 和 Stringham 等 2001）。大方块是相对不可恢复转化的状态。在状态中的小方块表示植物群落。虚线表示是相对可逆的转化。在没有确认阈值的情况下，单一状态系统是可能发生的。

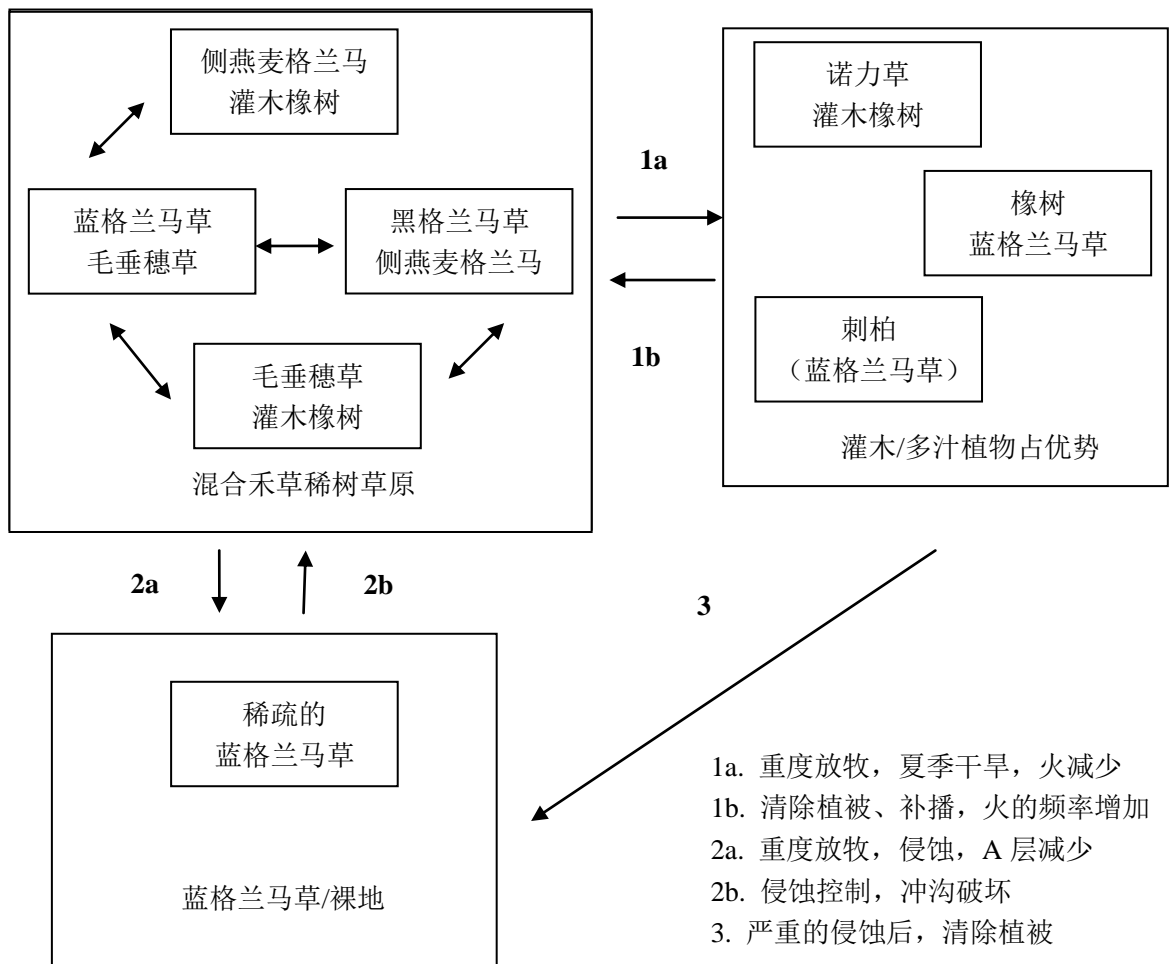


图 24.2 新墨西哥洲中西部地区，“突变”的生态样地的状态转化概念模型。大体结构在 Bestelmeyer 等(2003) 和 Stringham 等(2001, 2003)中。请参看下一页的具体描述

对新墨西哥州中西部一个生态样地的状态转化模型描述。

概况:

Breaks 样地位于从山地向壤土样地过渡的地带，就像由窄到宽的排水道一样。历史上的植物群落是以黑格兰马草(*Boutelous eriopoda*)和垂穗草(*Bouteloua curtipendula*)或格兰马草为建群种，这与土壤的类型和坡面有关。在重度放牧压力下，特别是在陡峭的斜坡和粘土层，土壤侵蚀会导致植被的不断减少，野火的发生频率也减少，亦或区域性的冬季降雨增加，或者是放牧增大，可能会导致木质植物和包括 *sacahuista* (*Nolina microcarpa*)在内的肉质植物，shrub liveoak (*Quercus* spp.)，或单种子刺柏(*Juniperus monosperma*) 丰富度的增加。这些已建植的木本植物会与禾草竞争并导致禾草丰富度的持续下降。在 **Breaks** 样地没有对群落、状态和转化进行系统的研究。

状态、群落路径和转化概况

热带稀树混合草原: 群落的特征取决于其所处的坡面与土壤状况。在南(阳)坡上，黑格兰马草更占优势，其中可能也有一些垂穗草；在北(阴)坡上，垂穗草占优势，格兰马草和 hairy grama(*Bouteloua hirsuta*)占次要地位，而黑格兰马草只有少数。特殊情况下(特别是在西部的 Silver 城)，*sacahuista* (*Nolina microcarpa*)生长非常密集，一度被认为是亚优势种。榭树、*sacahuista* 和刺柏的密度较低，表现出稀树草原的外貌。放牧和干旱引发的死亡可能导致黑格兰马草、sideoats grama 的减少，hairy grama、格兰马草或一年生植物占优势。

诊断: *Sacahuista*, 栎树和刺柏稀疏分布; 大多数地面有草覆盖, 没有较大面积的裸地。

转化到木本/肉质多汁植物占优势的状态(1a): 虽然由于对水分和营养的竞争导致草本植物的数量持续下降, 但目前还不清楚为什么肉质多汁植物和木本植物会增加。因为放牧使裸地斑块形成、火烧的频率减少、冬季降水增加, 它们单独的或共同的作用可能是导致转化形成的原因。

转化方式的关键指标: 裸地的增加、凋落物和禾草的盖度的降低、栎树树苗和小 *sacahuista* 出现频率的增加(可能已经超过阈值)、火烧频率的减少。

转化到格兰马草/裸地状态(2a): 重度放牧, 特别是在干旱的陡坡上和土层较浅、黏聚层较厚(如砾质壤土)的地区放牧容易导致禾草的损失和富含有机质的 A 层土壤持续的侵蚀。

转化方式的关键指标: 裸地的增加、凋落物和禾草盖度的降低、表土流失、水流模式的改变, 冲蚀沟, 植物基部和石块裸露。

木质/肉质多汁植物占优势：通常禾草的盖度大幅降低，然后灌木、乔木或肉质多汁植物变成优势种。裸地的面积的增加和破碎化，小格兰马草或多毛植物成为优势植物。在 Silver 城西部，sacahuista 在此状态下有成为优势种的趋势，榭树也许会成为亚优势种，也许不会。在其他情况下，刺柏或栎树也许会变成优势种。

诊断：栎树、sacahuista 和/或刺柏成为多年生优势物种，且植物之间的裸地相互连接起来。草本植物较小且分散。侵蚀（冲蚀沟，水流模式，基座）的迹象很常见。

转化到木本/肉质多汁植物占优势的状态 (1b)：木本和肉质多汁物种的稀疏化可以使禾草植物从竞争抑制中解放出来，这样禾草可以在有乔木和 sacahuista 出现的斑块内生长。如果空隙间的侵蚀不是很严重，过几年禾草植物就会重新在那里生长。

转化到格兰马草/裸地的状态 (3)：乔木和肉质多汁植物被移除，特别是在斜坡上，如果禾草对这种处理没有做出任何反应，直接暴露的土壤在雨水的冲击和侵蚀下会加速流失。

格兰马草/裸地：这种状态以极端的侵蚀为特点并且趋向于在陡峭的斜坡上发生。裸地盖度非常大，出现集水沟，还有一些小的多年生植物通常为格兰马草。乔木和肉质多汁植物不是很丰富。

诊断：裸地相互连接，乔木和多汁植物不是很丰富。侵蚀的迹象很普遍，松软的土层非常浅（几厘米）或没有。

转化到杂草稀树草原状态 (2b)：地表的结构布局（梯田式）延缓侵蚀，并使土壤大量聚集，加之集水沟的破坏使多年生牧草的优势得以恢复。

信息来源及理论背景：群落、状态和转化都是以生态样地描述和在美国农业部郝娜达试验站的 Gene Adkins, NRCS 和 Brandon Bestelmeyer 等的观察资料为基础的。

第二十五章 遥感

遥感包括所有的从远距离收集的数据，包含从航天器或卫星上获取的航片、卫星成像和数字立体模型等。遥感可从多方面提高监测的质量和成本效率。它也可以用来将景观划分成相对均匀一致的单元，推断以地面为基础的测量，有些情况下，可以在没有地面测量的前提下应用先前已确定的关系将土壤特性及过程进行量化。

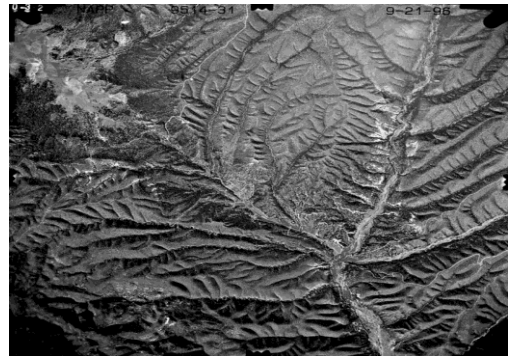


图 25.1 Mimbres 流域彩色 IR 航片

遥感提高监测的质量和成本效率

在监测设计过程的早期，结合遥感影像的使用会显著提高成本效率及可靠性。它有助于将监测集中到具有较高潜在变化代表性的区域，同时避免那些已经超过阈值的区域。虽然在这一步用的遥感影像应该越是近期的越好，但是监测设计阶段使用遥感影像时，对实际日期的要求不像把它作为监测数据时那样严格。另外，当照片不是直接用于监测时，照片质量的差别也不是很重要。

表 25.1 总结了将遥感和地面监测项目相结合的几个选项概述。选项 1 有没有地理信息系统（GIS）知识也可以。选项 2 和 3（表 25.1）就要求受过遥感和地理信息系统方面的培训或推广的经验。选项 3 适用于较大的区域，虽然更难一些，但也不是不可能。使用在相对较小的地区（农场、牧场或者保护区）则更容易些。以上三个选项通常是可以同时使用。

表 25.1 遥感和地面监测项目相结合的几个选项概述。不同类型的影像比较参见 Muchoney 和 Unnasch, 2001 的论文

选项	应用	影像类型和尺度	应用范围	成本
1	为提高取样效率进行的监测单元分层	航片（过去 10 年内任何时间内的）	可以对地貌和植被单元进行可视分类	低
2	基于重复的、地面影像实况监测的粗尺度推测	定期生成和归档的陆地卫星、MODIS 和其他多光谱影像	可以对多光谱数据进行处理和分类	中
3	基于重复的、地面影像实况监测的精细尺度推测	快鸟、IKONOS、航片及其它单波段和多光谱影像	可以对多光谱数据进行处理和分类	高

选项 1: 在监测单元细化分层和推算中适合应用遥感影像，特别是从那些影像中可得到视觉上的地貌及植被单元的分级信息。在分层过程中，利用遥感影像（如航片）结合其他可用的空间数据，把地貌分成相对相似的地貌单元（第 2 章中图 2.1~图 2.4）。如果可以的话，可以根据现有的植被、管理和三个生态学特性（土壤和区域稳定性、水文作用、生物完整性）的情况来将地貌再进行细化。

细化分层的下一步就是将这些空间数据与状态及转化模型（Bestelmeyer 等, 2003; Briske, 等 2003; Stringham 等, 2001, 2003）和当前潜在的驱动因子（Brown and Havstad 2004）信息相结合。所有的这些

信息都可用来识别极具退化和恢复潜力的景观地貌单元。

应用遥感数据进行推断需要足够数量的样地使其对整个景观具有较强的代表性，在地面测量和遥感指标之间建立良好的关系。如果这样不可行，假如对景观有广泛而长期的知识积累、而且当生态群落以及他们的交感作用和驱动因子存在时，使用遥感影像进行推断是可能的。

选项 2: 基于重复的地面真实影像为基础的粗略推断的能力依赖于影像尺度和植被的异质性及其动态的尺度。必须在同一时间期限（要么是同一月份，要么是同一季节）内收集地面数据和影像资料。这一选项中的影像分级需要专业知识。

选项 3: 基于重复的地面真实影像为基础的精细尺度推断，其要求与选项 2 中描述的基本相同，但标准更高一些。精细尺度推断要求极高水平的地理信息系统专业知识、野外采样和影像质量。影像必须要足够精确到可以判断出与地面测量相同的群落水平的变化。定义野外样地指标和遥感指标之间的相互关系是比较有挑战性的。有时候甚至是不可行的（参见以下的“单独使用遥感进行监测”）。

单独使用遥感进行监测

监测过程中结合遥感影像的第四项选择是利用预先确定的遥感指标和地面测量的关系。因为土壤和植被的关系有较高的时空变异性，这一选项还存在一些问题。在草原上植被盖度相对较低的情况下，这一要素易被混淆。另外，由于土壤含水量具有较高的变异性，所以植被的反射和温度也会随之产生快速且不可预知的变化。所有这些事实说明，在干旱和半干旱地区，单独运用遥感手段对群落进行监测面临极大的挑战。

利用超强计算功能、超高分辨率的影像和综合不同类型影像信息等新技术目前已经运用在 Jornada 试验地及其它一些地方(Rango 等. 2003)。因为这些技术可能相对更灵敏、更可靠，所以我们不太可能去设计一项仅仅以专业遥感技术为基础的全面的监测项目。在多数情况下，定期的地面实况监测显得更有必要。

结论

通过使用遥感影像主要目的是改进监测项目的设计，并进一步利用遥感技术的优势。仅是在分层上使用遥感影像可以避免过于信赖相对抽象的指标时易犯的错误。这些指标需要为每一套新的影像搜集新的地面校准数据。通过将遥感影像与定性评价和状态及转化模型相结合，我们可以对具有很高的变化可能性的景观进行目标管理和监测。可能会得到一些重复的、同步的地面数据和遥感数据，通过影像可以得出比原始的单层更加精准的推断。可是，做这种推断的能力是与植被群落的类型和影像分辨率紧密联系的。

本章的部分内容改编自 Herrick 等（2003）。

第二十六章 土壤碳

土壤碳常常被用作衡量生态系统功能变化的一个长期指标。土壤碳与土壤有机质含量密切相关，是衡量土壤质量的一个关键指标。土壤有机质对维持土壤的结构很重要。结构好的土壤具有较低的土壤侵蚀率、较高的渗水率和土壤持水量。土壤有机质也是一个重要的营养库。

通常来说，土壤碳的增加有利于改进土壤状况和生态系统的健康。但是，土地管理的目的不仅仅是简单地增加土壤碳。例如，木本植物占优势的植物群落替代草原时，可能在景观水平上会提高总碳量的固定，但是会降低植物-土壤界面上近地表的土壤质量。这种由于木本植物入侵导致土壤质量的下降在干旱生态系统中比较常见。

碳固定

除了作为土壤质量好坏的指标之外，碳固定（长期贮存）到土壤中的过程，就是使大气中以二氧化碳形式存在导致温室效应和全球变暖的碳脱离大气环境，进入土壤。美国已经使用了一种以市场为基础的方法，提供一种使大气中温室气体减少的奖励机制。人们正在努力建立一个碳“交易”的标准系统，这一系统用额外贮存于土壤中作为有机质的碳来交换排放到空气中的碳（化石能源的燃烧）。从实际观点出发，这意味着碳生产者（如发电厂）在市场上可以买指标。这些指标可以有不同的来源，包括增加土壤对碳的固定。但是，正式的交易过程目前还不完善，且一些具体细节也尚未确定。



图 26.1 一般情况下，土壤有机物和土壤碳在近地表土壤中含有量较高

在大多数情况下，满足土地管理目标需要对土壤碳随时间发生的变化进行记录。进行碳监测有三个选项：1 测量、2 建模、3 监测植被盖度、种类组成和生产力的变化。

目前，土壤碳测量在大多数干旱和半干旱生态系统下花费较高。这是因为采样和分析成本较高，且想要测出碳的变化需要收集大量的土样。

土壤碳模型根据土壤特性、当前的植被和气候来预测土壤中碳的变化。可是，大多数可用的模型都集中于农业、森林和草原生态系统，在变化很大的干旱和半干旱生态系统中预测土壤碳的动态变化可靠性很低。主要的障碍是，碳测量和模型还不被认可为可行的监测手段。但是，测量和取样的精确度都在改善。效益性较高的草地碳监测系统与两种方法的结合在今后的几十年中应该可以实现。

表 26.1 土壤碳监测方法应用指南

快速启动	修改	附加指标	典型优先
像点*	无	不适用	中度
线点截距*	无	有	高度
间隙截距*	无	无	中度
土壤稳定性测试*	无	无	中度
条带样线*	无	无	中度
补充方法			
紧实度测试	无	无	低
单圈渗透仪	无	无	低
植物生产力	无	无	高
物种丰富度	无	无	低
植被结构	无	无	低
树的密度*	无	无	中
湿地河道植被调查	无	无	低
河道与沟壑轮廓	无	无	低

*请见下面注释

第三，目前大多更加实际的选择就是简单的监测一些植被盖度及其组成（线点截距方法）和生产力（植物产量方法）的变化。目前这些指标不能立刻预测土壤碳的变化，但是它们与碳输入变化有关系。一般来说（但不是经常），土壤碳随着植被盖度和产量的增加而增加。在一些大部分植物产量都被牲畜或野生动物消耗的生态系统中，应该详细记录其利用情况（在 Quick Start 中的“短期监测”）。

碳注释

影像点 土壤剖面照片显示近地表土壤中的碳的积累速度快，这些照片可以作为植被照片的补充。它们有助于帮助我们记录土壤和植被中一些具体的量的变化，同时也是很有用的信息工具。

线点截距 在模型中使用线点截距数据来估计碳输入。碳模型需要有植被盖度和种类组成数据。

间隙截距 间隙截距可用做土壤侵蚀风险的一个指数。通常地表 10 厘米是土壤有机碳浓度最高的地方，同时也是最易受到侵蚀的土壤层。

土壤稳定性测试 土壤稳定性与土壤有机质的产生关系最为密切，也是一个很好的反映土壤有机碳变化的早期警告性指标。但是，土壤有机碳和土壤稳定性的关系也很多变。它只能作为一个一般性的指标在管理系统之间进行比较。当把土壤稳定性作为土壤碳的指标来进行测定时，确保要对不同的土层进行测定。在很多干旱土壤环境下，最上面几毫米的土壤表面被蓝绿细菌固定。大多数的草地生态系统中，蓝绿细菌是土壤有机质的重要来源，它的生物量变化和根量变化没有必然直接的联系。

条带样线及树密度 灌木和乔木的盖度和密度能显著改变土壤的固碳潜力。当盖度低于线点截距方法监测的水平（通常是 5%）时，条带样线或是树密度法中的任何一个都可以用来监测木本植物的变化。

附加资源

目前，土壤碳监测指南正在出版过程中。因为该领域动态多变，确定当前相关资源的最好方法是网络搜索，主要集中于成本评估、方法的准确性及精确度等方面的资源收集。最近的农业科学技术委员会的报告提供了很多关于土壤碳固定问题的很好的看法。关于《世纪》（美国现行的模式之一）的信息，请参见 www.nrel.colostate.edu/projexts/century5/reference/html/Century/desc-intro.htm（2004年9月16日开通）。

附录

附录 A 监测工具

测绳、标杆和标旗在大多数五金店和自然资源补给名录中都可以找得到。生产厂商、使用说明和不常用的工具都列在下面表中。在本出版物中提及的贸易名称和商品只为提供具体的信息，并不意味着由美国农业部推荐和认可。这些工具不享有专利权，没有任何作者会得到厂商的补偿。

注意：制作这些工具的时候可能会导致受伤。如果你不愿意遵守操作规程和标准安全协议的要求，可以找其他人来做。

表 A.1. 手册中提到的方法所用的具体工具列表

工具	厂商（到 2004 年 6 月）
土壤稳定性监测系统	Synergy Resource Solutions
硬度计	Synergy Resource Solutions
单环渗透仪	Synergy Resource Solutions
盖度杆	Synergy Resource Solutions
河岸植被观测仪	Synergy Resource Solutions
线点截距用激光仪	Synergy Resource Solutions

监测工具

土壤稳定性监测工具（快速开始）

制造土壤稳定性工具所需的材料

40 根内径为四分之三英寸的 PVC 管

PVC 切割机和钢锯

测绳和铅笔

金属纱窗的一部分（网眼大小为 1.5 毫米[1/16 英寸]）

一瓶防水接触粘合剂

一个塑料垃圾袋

两个塑料“零件”盒（外形尺寸 21×11.5×3.5 厘米[8¹/₂×4¹⁵/₃₂×1⁵/₁₆ 英寸]）有 18 个小网格，每个大约 3×3 厘米（1¹/₄×1¹/₄×1¹/₄ 英寸）

一小管硅树脂密封剂

一小片金属、一把旧勺子把或小刀

1. 稳定性工具的制作

1.1 将 PVC 管切成 3 厘米 ($1\frac{1}{4}$) 长的小段。

1.2 距末端 5 毫米处锯一个 2 厘米深的交叉槽 (图.A.1)。

1.3 第二次切割要垂直于第一次切割并切到第一次切割处见 1.2 步骤(图.A.2)。这样就形成一个工具的把手。

1.4 将切口处的碎屑清理干净。

1.5 在塑料垃圾袋的上端放置一块纱网。确保纱网平整没有褶皱。

1.6 把粘合剂涂在 PVC 小管的底部, 然后迅速的粘在纱网上(图.A.3)通风条件好的情况下可以只使用胶水。

1.7 让粘合剂过夜晾干。

1.8 24 小时后, 把纱网下的塑料袋拿开, 并从纱网上面把小篮子一个个剪下(图.A.4)。

2. 塑料盒的准备

2.1 如果塑料盒有可移动的部分, 将他们用胶水固定。

2.2 用硅树脂或密封剂将盒子的每个角密封。

3.稳定性小铲的制作

3.1 从厚度为 1 毫米的薄金属片、易拉罐、轻质铝罐或类似于这样的材料上剪出一个稳定性小铲的形状 (图.A.5)。

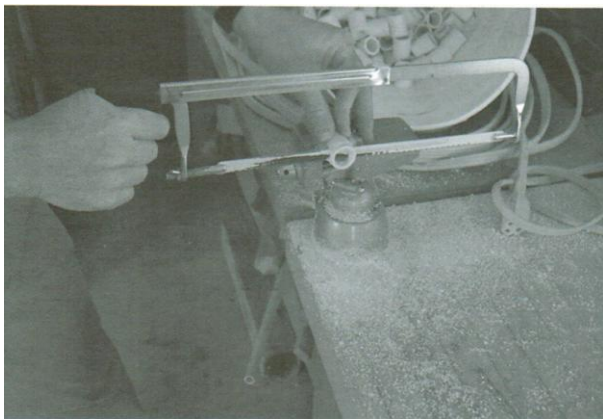


图 A.1 第一次切割 PVC 管

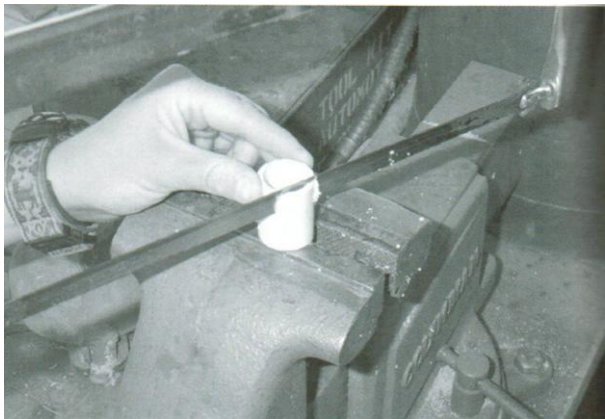


图 A.2 第二次切割 PVC 管

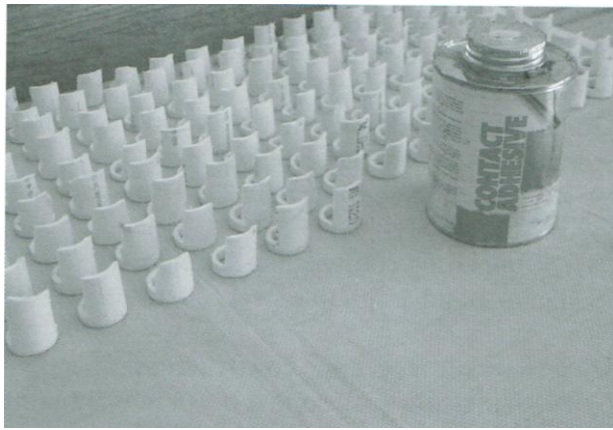


图 A.3 把纱网粘到管上

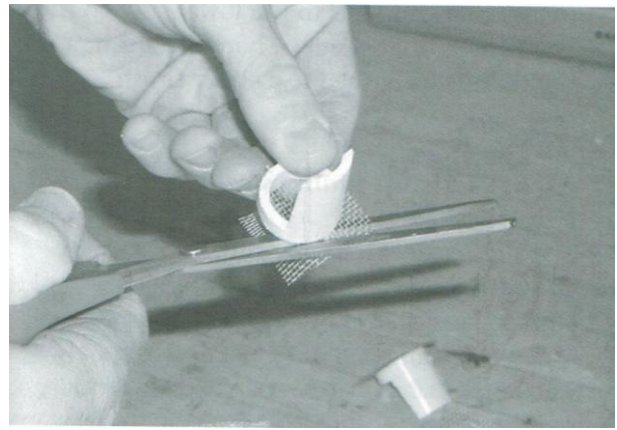


图 A.4 把纱网剪切整齐

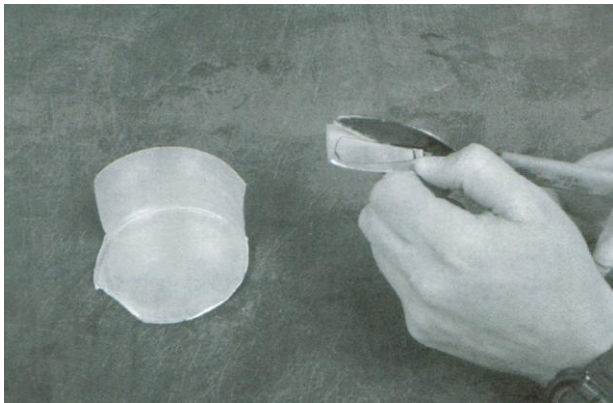


图 A.5 用白铁剪剪切小铲

硬度计（第七章）

制作硬度计所需的材料

60 英寸(152.40 厘米)长直径为 0.625 英寸的铁杆

可拆装的铁锥，具有坚硬、光滑且有光泽的末端（参见图 A.6 的尺寸）。

2 公斤滑动锤，15.75 英寸(40 厘米)长内径 0.688 英寸(17.5 毫米)外径 2.0 英寸(5.1 厘米)。

0.5 英寸(12.7 毫米)厚金属撞击托板，外径 1.25 英寸(3.18 厘米)。

可调节铁轴环。

注释

大多数机械用品店会根据图 A.6 和如下说明制造硬度计：

1 硬度计铁杆的制作

1.1 60 英寸(152.4 厘米)长内径 0.625 英寸(15.9 毫米)的铁杆分为两部分(图 A.6)。

1.2 由铁锥的顶端向上每隔 5 厘米标一个刻度，到 50 厘米处为止。

1.3 将铁杆上部（螺栓）旋进铁撞针托板（螺母）中。

1.4 撞针托板伸出铁杆 1 厘米。

1.5 铁杆上半部分包括可滑动铁锤和可调节铁轴环。

2. 可拆装铁锥的制作

2.1 可拆装的铁锥尖端半径为 0.015 英寸(0.38 毫米)，基部直径 0.8 英寸(20.3 毫米)。

2.2 参见图 A.6 铁锥的夹角说明。

2.3 铁锥的基部包括一个有螺纹的末端与下部带刻度的铁杆连接。

2.4 铁锥是一个无接缝、坚硬的个体，并且很光滑（图 A.6）。

3. 2 千克可滑动铁锤的制作

3.1 铁锤要求精确到 2 千克。

3.2 在铁锤上标记精确的重量。

3.3 铁锤应该长 40 厘米，而且可以在铁杆上部滑动（图 A.6）。

美国郝娜达试验站使用的硬度计

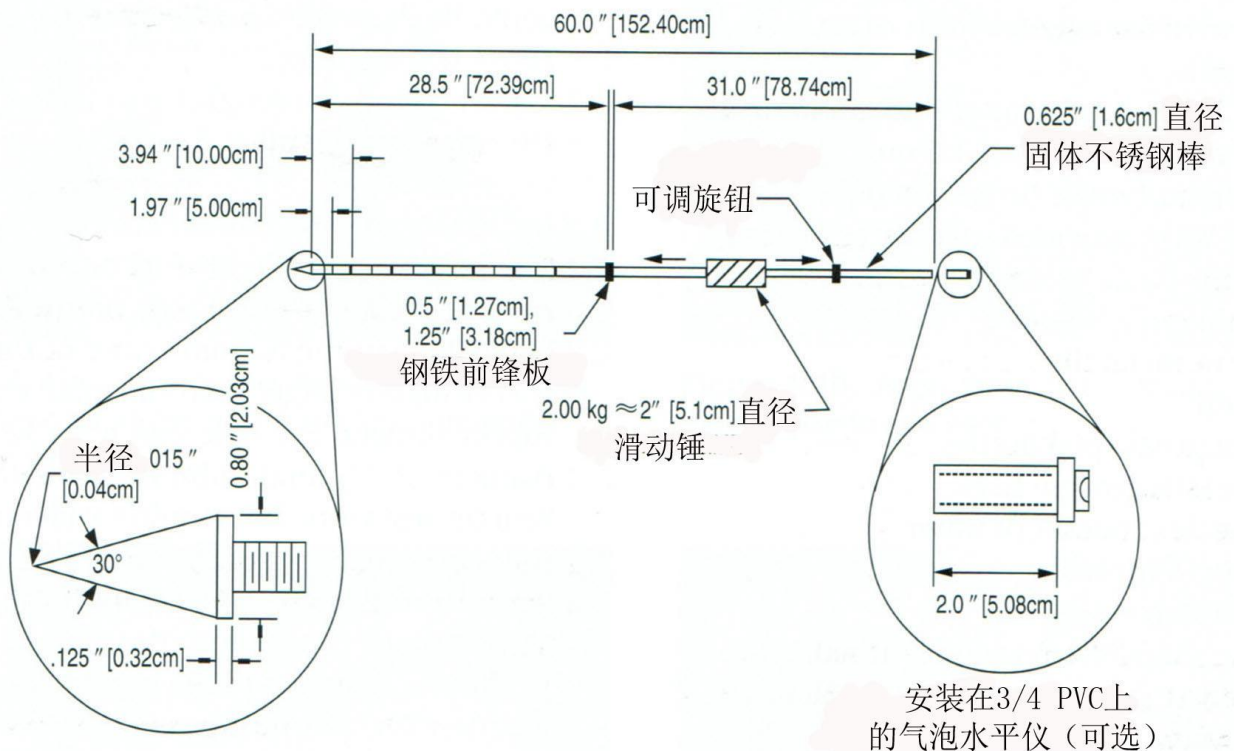


图 A.6 为硬度计的设计图(Herrick 和 Jones,2002 年)。所有的尺寸都记为英寸[厘米]。除了 bubble level mount 所有部件都使用铁。将撞针托板焊在铁杆的中心部位，或者截成两截的铁杆中一节底部，与另一节拧在一起。在车床上切一个铁锥然后硬化。运输时将杆的上部的底端旋进铁撞针托板中以使硬度计变短。使用时要穿防护衣（塞上耳朵带上皮手套）。

单环渗透计（第八章）

做六个渗透计所需的材料

至少 72 厘米长的直径为 12.5 厘米、比较薄的(厚度最大为 1.5 毫米)的金属圆筒（灌溉管比较理想；接缝密封的烟筒也可以）。

- 1 把钢锯
- 1 个研磨机或 1 把锉刀
- 浴巾
- 两个 20 盎司的大塑料瓶
- 软塑料购物袋
- 一个 5 加仑的水桶
- 一把 15 厘米(6 英寸)长的尺子
- 一个秒表
- 至少 6 个（最好 18 个）广口、光边、32 盎司的苏打水塑料瓶
- 18 到 20 标准铁丝
- 一个钻孔机、 $\frac{29}{64}$ 英寸或 $\frac{7}{16}$ 英寸的钻头
- 至少 6 个（最好 18 个）医用塑料吸液管
- 硅树脂塞子
- 6 个 0.5 英寸的橡皮塞子，中间要有一个比吸液管口径小的孔
- 6 条薄橡皮筋，要可以足够围着瓶子绕一圈
- 黑色油性记号笔

1. 渗透仪环的制作

- 1.1 将直径 12.5 厘米的灌溉管（或炉筒）切成 12 厘米长的段并清除碎屑
- 1.2 用打磨器或铁锉刀将底部按 45 度角磨锋利以使其可以插入土中
- 1.3 在最上面的边往下 1 厘米处钻两个小孔，彼此相隔 5 毫米(0.2 英寸)，打三组孔，均匀的分布在环的周围（图 A.7）
- 1.4 将铁丝穿过小孔在环内形成一个三角形。（图 A.8）
- 1.5 将铁丝绷紧
- 1.6 在距环底部 3 厘米处用记号笔沿着筒壁画一条标记插入土中深度的线
- 1.7 重复 1.1 到 1.6 的步骤直到做好 6 个环

2. 渗透瓶的制作

- 2.1 将 32 盎司广口光边苏打水塑料瓶的商标取下。

- 2.2 在瓶底中间钻一个比橡皮塞小头大的孔。孔径 12 毫米。用 $\frac{29}{64}$ 英寸的钻头就正好， $\frac{7}{16}$ 英寸钻头也可以，但是需要将孔径加宽
- 2.3 在孔中放置一个橡皮塞（见图 A.9）
- 2.4 将塑料吸液管插入塞子中，末端接近到瓶盖。使用硅树油脂润滑吸液管
- 2.5 插入塞子中的吸液管如果突出瓶底超过 10 厘米，将多余部分剪掉
- 2.6 在瓶子外周按照相同间隔涂 3 条 10 厘米长的硅树脂密封剂，从瓶子顶端开始涂到中间部分（图 A.10）
- 2.7 用记号笔在瓶子的平滑的部位画一条线（图 A.11）
- 2.8 将橡皮筋套在瓶子上
- 2.9 重复 2.1 到 2.8 的步骤做 6 个这样的瓶子

3. 附件

- 3.1 在浴巾上剪下 5 个 25×50 厘米(10×20 英寸)的小块
- 3.2 将 20 盎司苏打水塑料瓶的顶端剪下。用记号笔在 375 毫升处画一条标记
- 3.3 在软塑料购物袋上剪下 2 个 30×30(12×12 英寸)厘米的小片。图 A.7 到图 A.11



图 A.7 从环的顶部 1cm 处开始打 3 组孔，每组孔间相隔 5mm

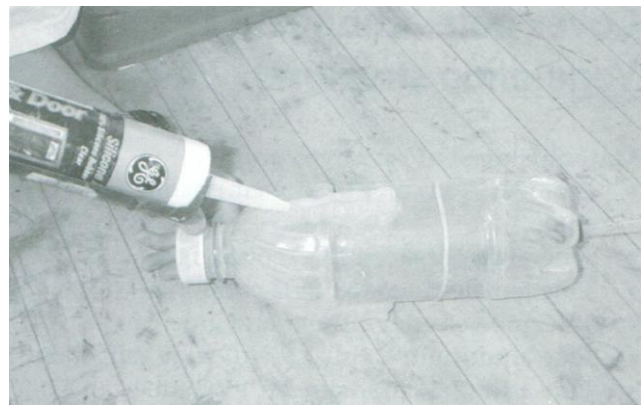


图 A.10 从瓶子顶端到中部涂三条 10cm 长的硅树脂密封剂



图 A.8 把铁丝穿过小孔并绷紧

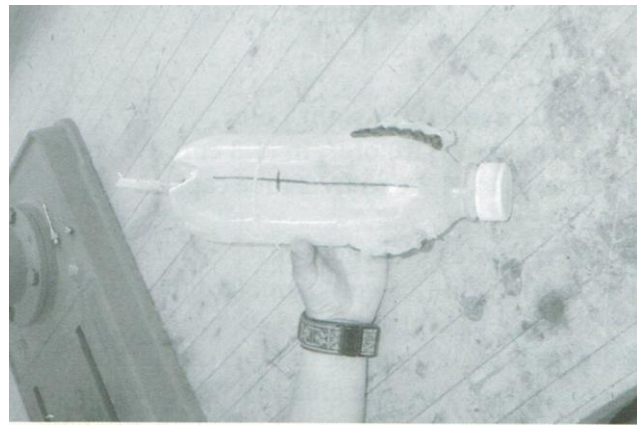


图 A.11 沿瓶子长轴上画一条线



图 A.9 在一个 32 盎司苏打水瓶子的广口底部转一个孔，并插入橡皮塞

盖度杆的制作（第十一章 植被结构）

制作盖度杆所需的材料：

2 米长直径为 1 英寸(2.5 厘米)的 PVC 管

一个阳螺纹 PVC 接口

一个母螺纹 PVC 接口

PVC 管清洁剂、塑管胶水和胶水

一根铝制 1.9 厘米宽的帐篷钉

一个直径 1 英寸的 PVC 管帽

遮蔽胶带

彩漆（白色、荧光橘色、黑色）

Spar-urethane 清漆

环氧树脂

装有 6 毫米钻头的钻

钢锯

制作瞄准杆所需的材料

1.1 米长直径 1.3 厘米的 PVC 管

2 个直径 1.3 厘米的 PVC 管帽

1. 盖度杆的制作

1.1 将直径 1 英寸(2.5 厘米)的管切成 2 个 1 米长。

1.2 将一个阳螺纹拧在管子接口，用清洁剂、塑管胶水和胶水。

1.3 按此过程，将另一根管子接上一个母螺纹（图 A.12）。

1.4 把两根管子接一起。

1.5 测量并将管子调整回复原来的 2 米长。

1.6 在距管子底部 1 英寸和 2 英寸(2.5 和 5 厘米)的地方各钻一个孔。每个孔的直径应该是 $\frac{1}{4}$ 英寸(6.4 毫米)。

1.7 除了 2 英寸(5 厘米)处其他的孔全部用遮蔽胶带将其盖住。

1.8 在帐篷钉适当位置钻 2 个孔，孔径 $\frac{1}{4}$ 英寸，使当帐篷钉插入管子时 2 个孔的位置正好在管子底部到 2 英寸孔的中间区域。

1.9 把帐篷钉插入管子的底部，使长钉突出管子底部至少有 3 英寸（表土非常松弛的地方会增加钉子突出的长度）。

1.10 用遮蔽胶带封住管子底部固定长钉并从其中一个孔注入环氧树脂直到 2 英寸处。

1.11 晾干环氧树脂，使长钉和管子是一条线。（图 A.13）。

1.12 用化装带和油漆，每段 10 厘米，间隔涂成白色和黑色，每涂 5 段涂一个荧光橘色（图 A.14）。

1.13 一旦晾干后，再用清漆涂一遍，防止磨损和紫外线导致的褪色。

2. 瞄准杆的制作：

2.1 用清洁剂、塑管胶水和胶水把管帽粘在管子的末端。

2.2 从管帽的一端量 1 米处钻一个穿透管子的孔，孔径 $\frac{1}{4}$ 英寸。

2.3 在管子的另一端套一个帽，不用胶水粘（可以用来放线点截距法使用的旗钉）。

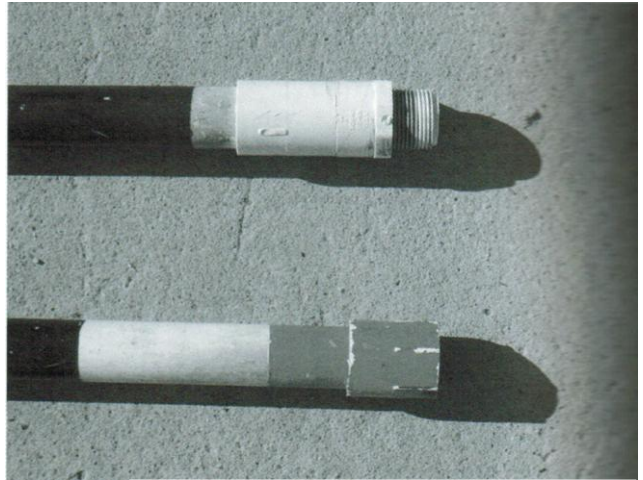


图 A.12 盖度杆的公母螺纹

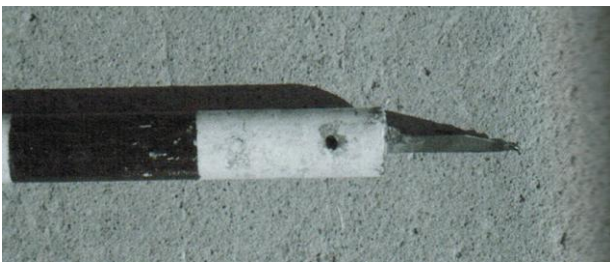


图 A.13 将长钉安装到盖度杆上



图 A.14 盖度杆成品

草甸（河岸带）植被观察杆（第 13 章）

为观察草甸植被制作的 L 型工具所需的材料：

2 米长，内径 $\frac{3}{4}$ 英寸(1.9 厘米)，壁厚系列 SCH40 的 PVC 管

一个 $\frac{3}{4}$ 英寸内径的肘型接口

一个 $\frac{3}{4}$ 英寸内径的 T 型接口

PVC 粘合剂

一个钢锯

一米长的棍。

一只记号笔

1. L 型工具的制作

1.1 切下四节内径 $\frac{3}{4}$ 英寸的 PVC 管，尺寸如下：一根 50 厘米，一根 1 米和 2 根 10 厘米的。

1.2 将 50 厘米的管子和 1 米的管子用胶粘和肘型接口连接起来。

1.3 将 T 型接口用胶水粘在 50 厘米管子的另一头并与 1 米的管子平行。

1.4 将 10 厘米的 2 个管子分别插入 T 型接口的两端并用胶固定。

1.5 完成的产品应该像图 A.15 所示。

1.6 在 1 米的管子上用记号笔每隔 10 厘米划一个记号用来确定植被的高度。

2. 备选的激光装置

2.1 如果在 T 型接口两端装上激光探测器会使 L 型工具更好的发挥作用。

2.2 详细资源请参见表格 A.1。

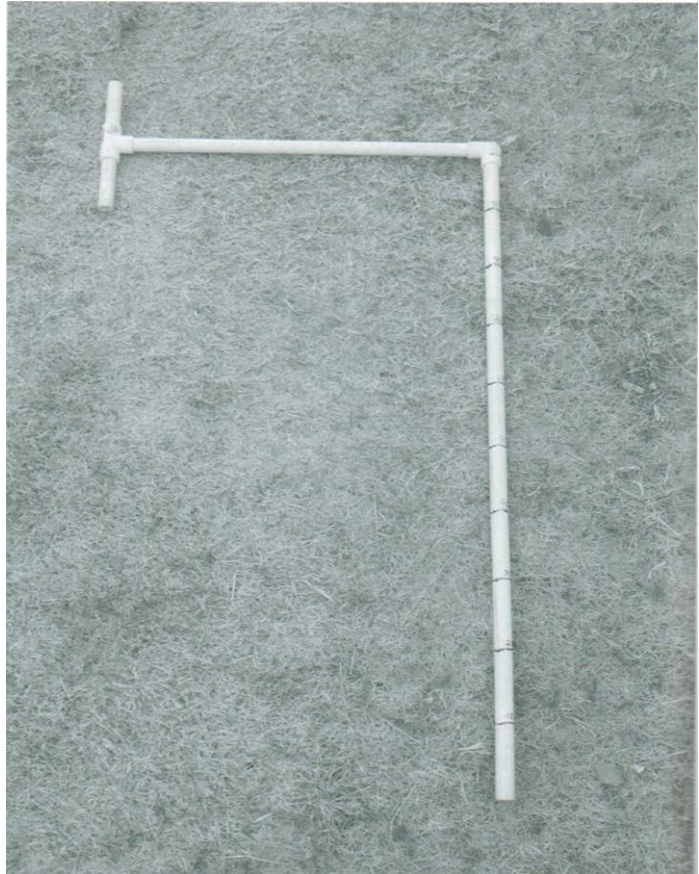


图 A.15 L 型设计

附录 B 单位转换系数

英制的单位很多地方都实用，米制单位作为长度测量时使用。米制单位的优点便是单个数字（cm）就可用来记录距离。十进制的英尺有可能被取代，但算法仍然一样的。米制量线可以从林业产品供应商，Ben Meadows, Gemplers 一样的公司还有其他供应者那里获得。同样也可以从建筑材料商店买到。

英尺×0.305=米	米×3.281=英尺
英寸×2.54=厘米	厘米×0.394=英寸
英寸×25.4=毫米	毫米×0.039=英寸
英里×1.609=公里	公里×0.621=英里
英亩×0.405=公顷	公顷×2.471=英亩
夸脱×0.946=升	升×1.057=夸脱
盎司×29.57=毫升	毫升×0.034=盎司
磅×0.454=千克	千克×2.205=磅
盎司×28.35=克	克×0.035=盎司
磅/英亩×1.12=千克/公顷	千克/公顷×0.891=磅/英亩
平方米×10.764=平方英尺	平方英尺×0.929=平方米

附录 C 有多少种测量

简介

这篇附录描述了针对选定的指标，确定有多少种测量方法的三种选择。第一种选择最简单，第三种选择最好。

选择 1

根据对美国新墨西哥州南部的 8 个植物群落的研究，主要推荐用在干旱和半干旱草原和灌木区域。

选择 2

上述 8 个植物群落中每个群落的具体结果。

选择 3

计算测量要求的方程是基于你样地上的可获得的数据。

对于选择 1 和 2，输入 I 类误差=0.2，II 类误差=0.2，权重=0.8； $Rho(\rho) = 0.5$ 。网络版本允许修改这些参数（在 <http://usda-ars.nmsu.edu> 上选择“监测与评估”）。随着不同的生态样地的新信息的获取，我们会随时更新这些建议。

表 C.1 重要的信息

	选项		
	1	2	3
每个指标需要的最小可测变化	是	是	是
植物群落组成和结构的知识	否	是	是
你的试验样地的数据	否	否	是

定义

I 类误差。 I 类误差就是在实际没有发生变化时，你预测会发生变化的可能性。

II 误差。 II 误差是在实际发生变化时，你预测不会发生变化的可能性。

科学家们在很多情况下往往将 I 类误差设置为 0.05，同时忽视 II 类误差。对于大多数持续观察研究，我们将设置 I 类误差 = II 类误差=0.2，因为避免错误推断变化已经发生与能够监测到真正发生的变化同样重要。降低任何一种类型的错误都要求增加测量的次数。

权重 权重是你认为将有变化发生而实际真的发生变化的可能性。它等于 1 减去 II 误差。

Rho Rho 是指第一时间段的取样单位值同第二时间段的取样单位值之间的相互关系。增加 Rho 将减少要

求重复取样的数目。例如，如果 Rho 从 0.5 增长到 0.75 取样数量要求将降低 50%。

尽可能接近原始的样线会增加 Rho。然而要记住，每年样线放置的位置要大致相同，这很重要。但不用每年测量同一个点（并且也不大可能的）。注意，比较 2 个独立样地，要 $Rho=0$ 。

平均值 平均值就是总数除以所有数值的个数。

中值 中值就是一组数中的一个值，在这组数中有一半的值比它大，一半比它小。

样地范围 样地范围就是我们经常收集观测数据的范围，一个单独的样地被定为一公顷（2.5 英亩）。一公顷就是从离中心 5m 开始被 3 条 50m 的样线所覆盖的那么大的地方。如果关键地区的概念还适用的话，就是说，如果你有把握，在单独样地中探测到的变化可以准确反映发生在较大区域的变化，这个范围尺度就是合适的。

景观尺度 景观尺度是基于统计学的监测项目使用的尺度。通过对在同质监测单元的多块儿样地的监测发现变化。（见第二卷，第一部分）。

1 和 2 的选择数据

选择 1 和 2 所列的建议是基于 2000 年在美国新墨西哥州南部完成的研究而提出的。测量都是在 8 个植物群落中的三个样地中每一个样地上的三条样线上完成的。这些植物群落代表了 4 个生态样地每一个的退化与非退化间的相对状态。

注意

这是一种对一系列土壤和植物测量的重复要求更加全面的研究之一，它仍然十分有限，特别是对景观尺度的建议上。选择 1 的估计是基于 72 条样线和 24 个样地的总和。选择 2 的估计仅仅以 9 条样线和 3 个样地为基础。此外，这些数据都是新墨西哥州南部特有的。这些推测在与奇瓦瓦沙漠的植物群落结构相似的地区更准确（例如，大盆地和 Sonoran 沙漠），在植物组成结构不同的地方就不那么准确了（如，一年生草地和矮草草原）。我们用脚注来标出取样样地的具体特征，这可以解释一些不寻常的高值。查看我们的网站可以查询到基于更全面的数据的修改意见（<http://usda-ars.nmsu.edu> “监测与评估”部分）

假设

这里描述的表格是基于以下假设：

- I 类误差 (p 值) = 0.2
- II 误差 (权重) = 0.2
- Rho (数据间的相关)=0.5
- 重复的绝对最小值是 2

“Rho”假设是极其重要的，如果 Rho 增加到 0.75，所要求的取样量就减少 50%。0.5 这个数值是保守的。在大部分观测项目中这个数值将会更高（因此所要求的取样数更低），根据在半干旱环境中不同年份的研究结果，即一条 30 米的样线在 6 米的带中向左或向右平移至少 1m（3 英尺），选择 $Rho=0.5$ 。

设置样线的绝对最小值是 2，以确保数据能够进行统计分析。在有些情况下（选择 1 和 2），我们分析产生的重复建议小于 2 个。

这些假设仅仅是从设计目标的角度出发来考虑。你发现变化的能力取决于样点可变性。如果你的样点比可以产生这些意见的样点更加多变，最小的可发现的变化将比给定的样本大小更大。如果你的样点的变化性更小，你将能够发现较小的变化。通常设立比你觉得你需要的量更多的样线会更好，这些数据以后可以减少，而且不会丢失信息。

当你分析数据时，你可以计算 ρ 。设定 I 类和 II 类误差在任何水平，利用 Option3 的等式来确定在未来几年有多少样线需要重新测定。

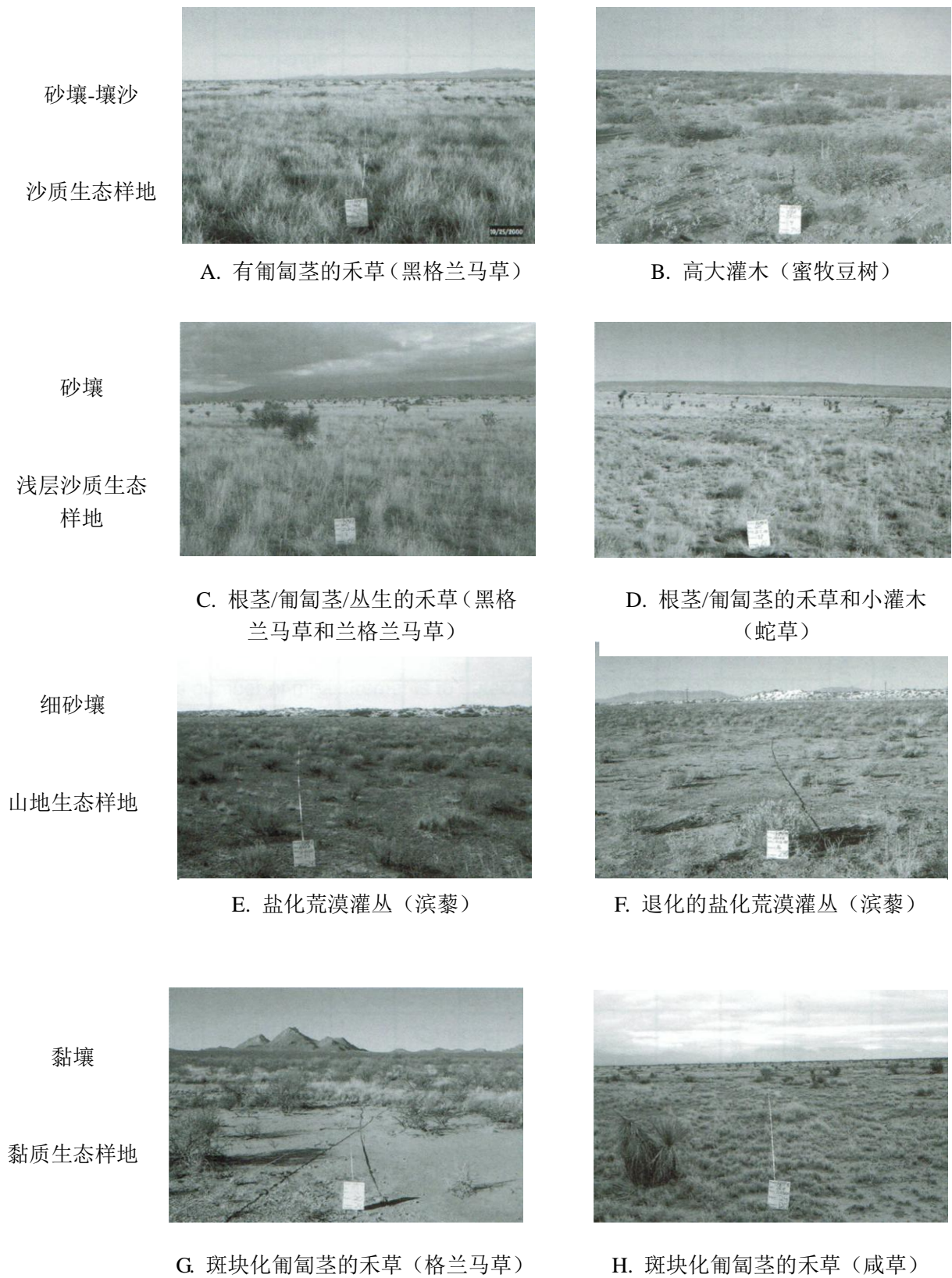


图 C.1 选择 1 和 2 所列的满足取样需求的每种植物群落的照片

选择 1 的用法说明

如果你可以使用 8 个联合群落当中样本大小适中的一个，就选择 1 选项。如果你不能运用 8 个群落的样本大小适中的，那就请用 2 或 3 选项。用表 C3 和表 C4 来确定在试验地范围内要求有多少样线和测量数。用表 C5 和表 C6 来确定在景观尺度范围内要求有多少块儿样地（包括样线和测量的具体数目）。请见上面介绍的“警告”和“假设”部分。

表 C.2 选择 1 和 2 所应用的每个植物群落的平均指标值

群落	盖度 (%)			间隙>长度的最小值 (%)				土壤稳定性 (级)		紧实测试 (透度计)		渗透 (单环) (mm/hr)
	冠层 (叶)	基部	裸地	冠层		基部		表层	下层	0-10cm	0-20cm	
				25cm	50cm	50cm	100cm					
A	70	5	22	48	36	74	51	4.6	1.6	11	37	271
B	28	7	57	76	72	91	86	2.1	1.3	6	18	241
C	57	18	24	29	9	27	6	5.2	3.6	12	27	88
D	50	9	27	30	14	33	14	4.1	2.7	15	38	86
E	25	2	29	88	84	94	89	5.8	2.5	5	17	300
F	13	1	40	93	89	95	91	5.8	3.0	14	32	170
G	47	6	43	56	44	63	45	4.8	2.9	22	56	78
H	36	6	43	62	42	62	36	4.3	2.2	19	43	58
平均	41	7	36	60	49	67	52	4.6	2.5	13	34	161

*关键信息参见图片 C.1

表 C3 采用 50 米（150 英尺）的样线在样地尺度内测定植被变化的典型数据，样本大小（样线的数量）是基于 8 个群落需求的适中样线

植被指标（单位）	最小可测变化（%）	样线	最小可测变化（%）	样线	最小可测变化（%）	样线
线点截距（每条样线 50 个点）**						
冠层盖度（叶）	5	6	10	2	20	2
基盖度	2	9	5	2	10	2
裸地	5	8	10	2	20	2
冠层间隙截距**						
大于 25cm 间隙样线百分比（%）	5	6	10	2	20	2
大于 50cm 间隙样线百分比（%）	5	9	10	3	20	2
基盖度截距**						
大于 50cm 间隙样线百分比（%）	5	5	10	2	20	2
大于 100cm 间隙样线百分比（%）	5	6	10	2	20	2

表 C4 在样地尺度内，土壤变化的典型测定数据，样本大小（样线的数量）是基于 8 个群落需求的适中样线

指标（单位）	最小可测变化	测量值	最小可测变化	测量值	最小可测变化	测量值
土壤稳定性测验						
土表稳定性（级）	0.5	44	1	12	2	4
土表下稳定性（级）	0.5	35	1	9	2	3
紧实度测验***						
0-10cm	10%	54	20%	14	50%	3
0-20cm	10%	51	20%	14	50%	3
渗透测验***						
比率（毫米/小时）	20%	33	30%	15	50%	6

表 C5 在监测单元（景观单元）尺度上，样地内一条或 3 条样线测定植被的变化典型数据，样本大小（样线的数量）是基于 8 个群落需求的适中样线

指标 (单元)	最小可 测变化 (%)		每个样地的样线 数		最小可 测变化 (%)		每个样地的样线 数		
	1	3	1	3	1	3	1	3	
线点截距 (50 点/样线)**									
冠层盖度 (叶)	5	8	4	10	3	2	20	2	2
基盖度	2	12	6	5	3	2	10	2	2
裸地	5	11	5	10	4	2	20	2	2
冠层间隙截距**									
样线占间隙 大于 25cm 的百分比 (%)	5	11	6	10	3	2	20	2	2
样线占间隙 大于 50cm 的百分比 (%)	5	11	6	10	3	2	20	2	2
基盖度截距**									
样线占间隙 大于 50cm 的百分比 (%)	5	13	8	10	4	3	20	2	2
样线占间隙 大于 100cm 的百分比 (%)	5	9	5	10	3	2	20	2	2

选择二的用法说明：样地范围

利用这个选项来确定在一块儿样地内需要有多少植物样线和土壤测量数据来监测变化。完成样地尺度的工作表（见表 C.7）来计算你的样地尺度监测项目里面建议测量的数目。这些建议的依据是新墨西哥州南部研究的数据（见表 C.8 到 C.13）。在开始前，请参阅这篇附录介绍部分的“警告”和“假设”部分。

第一步。利用图表 C.1 和表格 C.2，选择至少三个与你自己的群落最相似的植物群落。在工作表（C.7）上，将他们记在“植物群落”下面。我们强烈建议你选择至少三个群落。即使你的群落与 8 个群落当中的其中一个表现出非常相似的特征。

第二步。对于每个指标，确定在样地尺度内你想能监测的最小变化。在样地尺度工作表中，将数据记录在“最小监测变化”栏内。

第三步。从表 C.8 到表 C.13，将合适的测量和样线的数量值复制到样地尺度工作表中。确保从正确的行

和列中复制这些数据。

第四步。 在最后一栏中记录测量和样线的中值或最大值。

表 C6 在监测单元（景观单元）尺度上，样地内具体测定植被变化的典型数据，样本大小（样线的数量）是基于 8 个群落需求的适中样线

指标 (单元)	最小可 测变化	每个样 点的测 量数	最小可 测变化	每个样 点的测 量数	最小可 测变化	每个样 点的测 量数	最小可 测变化	每个样 点的测 量数	
		6	18		6	18		6	18
土壤稳定性测验									
地表稳定性 (级)	0.5	10	5	1	3	2	2	2	2
地表下稳定 性(级)	0.5	6	3	1	2	2	2	2	2
紧实度测验***									
0-10cm(撞 击)	10%	24	20	20%	7	6	50%	2	2
0-20cm(撞 击)	10%	27	24	20%	7	6	50%	2	2
渗透测验***									
比率(毫米/ 小时)	20%	11	7	30%	6	3	50%	2	2

表 C.7 样地尺度工作表。将此表与 C.8 到 C.13 一起使用来确定在样地尺度上监测变化所需的植被样线数量和测量数量。“绝对%”代表盖度从 10%到 15%以 5%为单位变化

指标	最小可测变化	植物群落					中间值*
线点截距	绝对值%	50 米（150 英尺）长有 50 个点的样线的数量，					
裸地							
基盖度							
冠层（叶）盖度							
冠层间隙截距	绝对值%	50 米（150 英尺）样线的数量					
大于 25 厘米的间隙(0.8 英尺)							
大于 50 厘米的间隙(1.7 英尺)							
基部间隙截距	绝对值%	50 米（150 英尺）样线的数量					
大于 50 厘米的间隙(1.7 英尺)							
大于 100 厘米的间隙(3.3 英尺)							
土壤稳定性测试	稳定性等级	测量次数					
土表稳定性							
土表下稳定性							
紧实度测试	锤击次数变化%	锤击次数					
0-10cm							
0-20cm							
渗透(单环透度仪)	速率变化%	测量次数					
速率							

表 C.8 样地尺度上线点截距法重复数量要求（包含 50 个样点 50 米的样线），选用至少三个群落中值或最大值

冠层盖度 (叶)	最小可测变化%*		
	5	10	20
群落		需要样线数	
A	6	2	2
B	5	2	2
C	13	4	2
D	6	2	2
E	4	2	2
F	2	2	2
G ¹	32	8	2
H	16	4	2
中间值	6	2	2

基盖度	最小可测变化%*		
	2	5	10
群落		需要样线数	
A	12	2	2
B	9	2	2
C	10	2	2
D	8	2	2
E	6	2	2
F	3	2	2
G	9	2	2
H	10	2	2
中间值	9	2	2

裸地盖度	最小可测变化%*		
	5	10	20
群落		需要样线数	
A	2	2	2
B	7	2	2
C	13	4	2
D	8	2	2
E	5	2	2
F ²	28	7	2
G ¹	22	6	2
H	7	2	2
中间值	8	2	2

表 C9 样地尺度上冠层间隙法重复数量要求 (50 米样线的数量), 选用至少三个群落中值或最大值

冠层间隙截距 大于 25cm 间隙样线百分比 (%)	最小可测变化 (%) *		
	5	10	20
群落	需要样线数		
A ¹	23	6	2
B	11	3	2
C	6	2	2
D	4	2	2
E	2	2	2
F	2	2	2
G ²	24	6	2
H	5	2	2
中间值	6	2	2

冠层间隙截距 大于 50cm 间隙样线百分比 (%)	最小可测变化 (%) *		
	5	10	20
群落	需要样线数		
A ²	22	6	2
B	11	3	2
C	6	2	2
D	5	2	2
E	3	2	2
F	3	2	2
G ²	37	10	3
H	13	4	2
中间值	9	3	2

表 C.10 样地尺度上基盖度间隙法重复数量要求 (50 米样线的数量), 选用至少三个群落的中值或最大值

基间隙截距			
大于 50cm 间隙样线百分比 (%)	最小可测变化 (%) *		
	5	10	20
群落		需要样线数	
A	5	2	2
B	2	2	2
C	5	2	2
D	14	4	2
E	2	2	2
F	2	2	2
G ¹	26	7	2
H ²	11	3	2
中间值	5	2	2

基间隙截距			
大于 50cm 间隙样线百分比 (%)	最小可测变化 (%) *		
	5	10	20
群落		需要样线数	
A	7	2	2
B	4	2	2
C	4	2	2
D	6	2	2
E	5	2	2
F	3	2	2
G ¹	43	11	3
H ²	15	4	2
中间值	6	2	2

表 C.11 样地尺度上土壤稳定性测试重复数量要求。选用至少三个群落的中值或最大值

土表稳定性测验	最小可测变化 (单位)		
	0.5	1	2
群落			要求测量值
A	50	13	4
B	37	10	3
C	35	9	3
D	77	20	5
E	12	3	2
F	13	4	2
G	57	15	4
H	57	15	4
中间值	44	12	4

土表下土壤稳定性测验	最小可测变化 (单位)		
	0.5	1	2
群落			要求测量值
A	24	6	2
B	19	5	2
C	43	11	3
D	36	9	3
E	46	12	3
F	34	9	3
G	44	11	3
H	28	7	2
中间值	35	9	3

表 C12 样地尺度上土壤紧实度测试重复数量要求。选用至少三个群落的中值或最大值

紧实度测验 0-10cm(锤击)	最小可测变化 (%) *		
	10	20	50
群落			要求测量数
A	60	15	3
B ¹	122	31	5
C	24	6	2
D	32	8	2
E	52	13	3
F	72	18	3
G	56	14	3
H	34	9	2
中间值	54	14	3

土表下土壤稳定性测验	最小可测变化 (单位) *		
	10	20	50
群落			要求测量数
A	30	8	2
B	92	23	4
C	88	22	4
D	33	9	2
E	55	14	3
F	49	13	2
G	53	14	3
H	35	9	2
中间值	51	14	3

表 C13 样地尺度上土壤渗透率测试重复数量要求。选用至少三个群落的中值或最大值

单环渗透率 (毫米/小时)	最小可测变化 (%) *		
	20	30	50
群落			要求测量数
A	19	9	3
B	35	16	6
C	30	14	5
D	47	21	8
E	15	7	3
F	22	10	4
G ¹	232	103	38
H ¹	115	52	19
中间值	33	15	6

选择二的用法说明：景观尺度

选择这个选项来确认在一个监测单元内（景观尺度）监测变化所需要的植物样线和土壤测量的数量。完成景观尺度工作表（表 c14）来为你的景观尺度的监测项目计算所需的测量数目。这些建议的依据是新墨西哥州南部的研究数据(图表 C.15 到图表 C20)。开始前，请参看这篇附录，附录 C 简介部分的“警告”和

“假设”部分。

第一步。利用图表 C1 和表格 C2。选择至少三个与你的群落最相似的植物群落。在工作表 (C.14) 上, 将他们记在“植物群落”下面。我们强烈建议你选择至少三个群落。即使你的群落与 8 个群落当中的其中一个表现出非常相似的特征。

表 C14 景观尺度工作表。将此表与 C.15 到 C.20 一起使用来确定在景观尺度 (监测单元) 上监测变化所需的植被样线数量和测量数量。针对每种方法, 要明确提出样地是否要包含 1 或 3 号样线, 6 或 8 号土壤测量, 然后从表 C.15 到 C.20 中选取适当的值

指标	最小可测变化	植物群落					中间值*
线点截距: 每个样地作 (1 或 3 条) 50m 长 (150 英尺) 有 50 个点的样线							
裸地 9%)							
基 盖 度 (%)							
冠层 (叶) 盖度 (%)							
冠间隙截距: 每个样地作 (1 或 3 条) 50m (150 英尺) 样线							
大于 25cm (0.8 英尺)							
大于 50cm (1.7 英尺)							
基间隙截距: 每个样地作 (1 或 3 条) 50m (150 英尺) 样线							
大于 50cm (1.7 英尺)							
大 于 100cm (3.3 英尺)							
土壤稳定性测验 (稳定性级别) 每个样地做 (6 或 18) 测量							
土表稳定性							
土表下稳定性							
紧实度 (平均插入深度变化百分比%) 每个样地做 (6 或 18) 测量							
0-10cm							
0-20cm							
渗透度测验 (平均比率变化百分比%) 每个样地做 (6 或 18) 测量							
比率							

第二步。对于每个指标, 确定在样地范围内你想能监测的最小变化。在景观范围工作表中, 将数据记录在“最小监测变化”栏内。

第三步。在每个样地的每种方法中将样线 (1 和 3 用于植被) 和测量的 (6 和 8 用于土壤) 数字画圈。

第四步。从表 C.15 到表 C.20, 将合适的测量数和样线的数量值复制到样地尺度工作表中。确保从正确的

行和列中复制这些数据。

第五步。在表 C.14 最后的一栏中记录测量和样线的中值或最大值。

表 C15 景观尺度（监测单元）上线点截距法重复数量要求（包含 50 个样点 50 米的样线），选用至少三个群落中值或最大值

冠盖度（叶）	1 条样线/样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化（%）*					
	5	10	20	5	10	20
群落	要求的样地数量					
A	6	2	2	2	2	2
B	5	2	2	2	2	2
C	15	4	2	7	2	2
D	6	2	2	2	2	2
E	9	3	2	7	2	2
F	2	2	2	2	2	2
G ¹	32	8	2	11	3	2
H	16	4	2	6	2	2
中间值	8	3	2	4	2	2

基盖度	1 条样线/样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化（%）*					
	2	5	10	2	5	10
群落	要求样地数量					
A	13	3	2	6	2	2
B	19	3	2	13	3	2
C	17	3	2	11	2	2
D	19	3	2	14	3	2
E	9	2	2	5	2	2
F	3	2	2	2	2	2
G	9	2	2	3	2	2
H	10	2	2	4	2	2
中间值	12	3	2	6	2	2

裸地盖度	1 条样线/样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化（%）*					
	5	10	20	5	10	20
群落	要求样地数量					
A	2	2	2	2	2	2
B	7	2	2	3	2	2
C	14	4	2	6	2	2
D	13	4	2	7	2	2
E	5	2	2	2	2	2
F ²	46	12	3	28	7	2
G ¹	22	6	2	8	2	2
H	9	3	2	4	2	2
中间值	11	4	2	5	2	2

表 C16 景观尺度（监测单元）上冠层间隙法重复数量要求（50 米的样线），选用至少三个群落中值或最大值

样线占基间 隙 大 于 25CM 的百 分比 (%)	1 条样线样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化 (%) *					
	5	10	20	5	10	20
群落	要求的样地数量					
A ¹	23	6	2	8	2	2
B	11	3	2	4	2	2
C	11	3	2	7	2	2
D	11	3	2	9	3	2
E	2	2	2	2	2	2
F	2	2	2	2	2	2
G ²	24	6	2	8	2	2
H	6	2	2	3	2	2
中间值	11	3	2	6	2	2

样线占基间 隙 大 于 50CM 的百 分比 (%)	1 条样线/样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化 (%) *					
	5	10	20	5	10	20
群落	要求样地数量					
A ¹	22	6	2	8	2	2
B	12	3	2	5	2	2
C	10	3	2	6	2	2
D	8	2	2	5	2	2
E	3	2	2	2	2	2
F	5	2	2	4	2	2
G ²	37	10	3	13	4	2
H	19	5	2	11	3	2
中间值	11	3	2	6	2	2

表 C17 景观尺度（监测单元）上基盖度间隙法重复数量要求（50 米的样线），选用至少三个群落中值或最大值

样线占基 隙大于 50CM 的百 分比 (%)	1 条样线/样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化 (%) *					
	5	10	20	5	10	20
群落	要求的样地数量					
A	5	2	2	2	2	2
B	2	2	2	2	2	2
C	16	4	2	13	4	2
D	21	6	2	12	3	2
E	3	2	2	2	2	2
F	4	2	2	3	2	2
G ¹	26	7	2	9	3	2
H	19	5	2	12	3	2
中间值	11	3	2	6	2	2

样线占基 隙大于 100CM 的百 分比 (%)	1 条样线/样地			3 条样线/样地		
	最小可测变化 (%) *					
	5	10	20	5	10	20
群落	要求样地数量					
A	7	2	2	3	2	2
B	4	2	2	2	2	2
C	4	2	2	2	2	2
D	8	2	2	5	2	2
E	11	3	2	8	2	2
F	14	4	2	12	3	2
G ¹	45	12	3	17	5	2
H	21	6	2	12	3	2
中间值	10	3	2	7	2	2

表 C18 景观尺度（监测单元）上土壤稳定性测试重复数量要求，选用至少三个群落中值或最大值

土表稳定性 测 验	6个测量/样地			18个测量/样地		
	最小可测变化（单位）*					
0-10CM	0.5	1	2	0.5	1	2
群落	要求的样地数量					
A	21	6	2	16	4	2
B	10	3	2	6	2	2
C	6	2	2	2	2	2
D	16	4	2	8	2	2
E	2	2	2	2	2	2
F	3	2	2	2	2	2
G	10	3	2	4	2	2
H	11	3	2	5	2	2
中间值	10	3	2	5	2	2

紧实度测验	6个测量/样地			18个测量/样地		
	最小可测变化（单位）*					
0-20CM	0.5	1	2	0.5	1	2
群落	要求样地数量					
A	6	2	2	3	2	2
B	5	2	2	3	2	2
C	9	3	2	4	2	2
D	6	2	2	2	2	2
E	10	3	2	4	2	2
F	6	2	2	2	2	2
G	8	2	2	3	2	2
H	6	2	2	3	2	2
中间值	6	2	2	3	2	2

表 C19 景观尺度（监测单元）上土壤紧实度测试重复数量要求，选用至少三个群落中值或最大值

紧实度测验 0-10CM	6个测量/样地			18个测量/样地		
	最小可测变化(%) [*]					
	10	20	50	10	20	50
群落	要求的样地数量					
A ¹	171	43	7	164	41	7
B ²	144	36	6	131	33	6
C	21	6	2	18	5	2
D	13	4	2	10	3	2
E	11	3	2	5	2	2
F	16	4	2	8	2	2
G	47	12	2	41	11	2
H	26	7	2	22	6	2
中间值	24	7	2	20	6	2

紧实度测验 0-20CM(撞 击)	6个测量/样地			18个测量/样地		
	最小可测变化(%) [*]					
	10	20	50	10	20	50
群落	要求样地数量					
A	22	6	2	19	5	2
B ²	149	38	6	139	35	6
C	40	10	2	30	8	2
D	32	8	2	28	7	2
E	17	5	2	11	3	2
F	12	3	2	6	2	2
G	39	10	2	33	9	2
H	19	5	2	15	4	2
中间值	27	7	2	24	6	2

表 C.20 景观尺度（监测单元）上土壤渗透率测试重复数量要求，选用至少三个群落中值或最大值

单环渗透速 率（毫米/小 时）	6个测量/样地			18个测量/样地		
	最小可测变化(%) [*]					
	20	30	50	20	30	50
群落	要求的样地数量					
A	5	2	2	3	2	2
B	6	3	2	2	2	2
C	13	6	3	10	5	2
D	12	6	2	7	3	2
E	3	2	2	2	2	2
F	10	5	2	7	4	2
G	59	27	10	34	15	6
H	20	9	4	7	3	2
中间值	11	6	2	7	3	2

选择 3 的介绍：根据可用的数据的来计算

在选择 3 中，根据你自己的研究来确定需要选用多少条样线和测量来监测变化。这种选择需要来自目标监测单元中的样地研究的数据。有些时候，能够用到先前的监测研究或研究项目的数据。用下面提供的等式中的一个，来确定在样地尺度上所要求的植物样线或土壤测量的必要个数，或景观尺度上样地的数目。

试验性的研究是监测项目中一个小尺度形式的研究。实施试验性研究可以使你对种群平均值、标准偏差和多年相关等级进行更加精确的估计。这些数据在等式 1 和 2 中使用。

等式 1: 等式 1 用来确定监测永久样地两个均值间的区别的要求，使用一对 t 测试。这同在选择 1 和 2 中用来产生建议所用到的等式有些相似。这是用于长期监测变化的实验。

如果你想在样地尺度上探测发生的变化，使用来自单独取样时期的样线数据（或土壤测量数据），产生种群均值和标准偏差。

如果你想在景观尺度（观测单元）内监测发生的变化，使用来自单独取样时期的一个景观单元（或监测单元）的所有样地的数据，产生种群均值和标准偏差。在景观尺度内，重复的个数与样地的个数相等，而不是样线或土壤测量的个数。

等式 2: 等式 2 用一个单实例的 t 测试来确定监测的一个单一均值和一个阈值之间的不同的要求。该等式假设这些均值将会通过一对 t 测试进行比较。

如果你想测定一个样地的均值和一个阈值（在样地范围内）的不同，使用样地样线（或土壤测量）的数据以产生种群均值和标准偏差。

如果你想测定一个景观单元的均值和阈值（景观尺度）的不同，使用在一个景观单元（或观测单元）中所有样地的数据以产生种群均值和标准偏差。

想得到更详细的信息，请查看 Elzinga 等（2001）或 Bonham（1989）的研究结果。

选择 3，等式 1：确定采用成对 t 测试检测永久取样单元内两个监测均值的不同所需的取样范围大小

当比较成对的取样单元或比较两个不同时期来自永久样地或样线的数据时，如果样本相对于另一个是独立的，取样范围大小的确定就要求有不同的步骤。确定在相同监测样地不同时期产生的两个样本均值真正的不同所需的样本数量的等式就是：

$$N = \frac{(S_{diff})^2 (Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2}{(MDC)^2}$$

这里：

S_{diff} = 成对取样间误差的标准偏差（见下面的等式和例子）

Z_{α} = 下面表 C.21b 得出的假差异（第 I 类型）的错误概率的 Z-系数

Z_{β} =下面表 C.21b 得出的未检出差异（第 II 类型）的错误概率的 Z-系数

MDC=可探测到的变化范围的最小值。这需要根据 absolute terms 而具体化。例如，如果你想要监测从当年到下一年样本均值 20% 的改变，并且你第一年样本均值=10 株植物/样地或样线，然后 $MDC=(0.20 \times 10)=2$ 株植物 / 样地或样线数。同样，一个裸地上变化从 10%到 15%，就是发生了 5%的改变。

表 C.21a.

假差异（I 型）误差率（ α ）	Z_{α}
0.40	0.84
0.20	1.28
0.10	1.64
0.05	1.96
0.01	2.58

表 C.21b

未检出差异（II 型）误差率（ β ）	权重	Z_{β}
0.40	0.60	0.25
0.20	0.80	0.84
0.10	0.90	1.28
0.05	0.95	1.64
0.01	0.99	2.33

如果目的是在永久取样的样地上记录变化并且只有一年的数据，那么你就没有成对的取样差别的标准偏差。如果你对 2 年的数据间可能的相关度进行估计，你假设抽样单元标准偏差同第二时间段的相同，那么你能用下面的等式来估算误差的标准偏差。

$$S_{diff}=(S_1)(2(1-Corr_{diff}))^{0.5}$$

这里 S_{diff} =估测的成对取样间误差的标准偏差

S_1 =第一时间段取样单元间的样本标准偏差

$Corr_{diff}$ =第一时间段取样单元数据和第二时间段取样单元数据之间的相关系数或

Rho （这是一个回归的平方根 $r^2(=r)$ 也是之前讨论的“Rho”值）

例 1

管理目标:

在 1999 年作为放牧地而现在不放牧的区域中，样地 Y 中种 F 的密度至少达到 20%或更高。

取样目标:

我想要检测植物的平均密度在不放牧区域和相邻成对的放牧区域之间 20%的不同。如果变化发生了，我要有 90%把握（权重=0.9）检测到这个不同。我将会接受 10%的机率($\alpha=0.1$)发生假差异的错误（相信有

差异存在而实际却不存在)。

样地取样结果:

从五对 (一共十个样地) 样地上进行取样。每对样地中, 一个是不放牧 (有一个小的围地) 的区域, 另外一个自由进行放牧的区域。

表 C.22 两个样地统计学上的差异

样地号	植株数/样地		放牧与未放牧的区别
	放牧	未放牧	
1	2	3	1
2	5	8	3
3	4	9	5
4	7	12	5
5	3	7	4
	- X=4.20 S=1.92	- X=7.80 S=3.27	- X _{diff} =3.60 S _{diff} =1.67

已知事物:

取样目标要求具体到一个最小的可检测到的 20% 的差异 (与 MDC 相等)。用两个均值 (表 C.22 中未放牧的) 中较大的乘 20% 得到: $(7.80 \times 0.20) = \text{MDC} = 1.56$ 株/样地, 用较大的均值是因为这样可以产生较保守的实验结果。

使用的恰当的标准偏差是 1.67 (图表 C.22), 这个标准是对比样地组间的差异。

可接受的假变化错误率 (α) 为 0.10, 所以表 C.21a 中恰当的 $Z\alpha$ 是 1.64。

所需要的权重为 90% (0.90)。所以为检出差异的错误率 (β) 为 0.10, 表 C.21b 的恰当的系数 $Z\beta$ 是 1.28。

用下面提供的等式估算的必需取样范围:

$$N = \frac{(S_{diff})^2 (Z\alpha + Z\beta)^2}{(MDC)^2}$$

$$N = \frac{(1.67)^2 (1.64 + 1.28)^2}{(1.56)^2} = 9.8$$

9.8 取整数到 10

这样, 在放牧样地和未放牧样地间, 假差异的错误率为 0.10, 有 90% 把握性检测到真实的差异为 1.56 株/样地, 最后所需要估计的取样范围为 10 个样地。

例 2

管理目标:

在 1999 和 2002 年间在 Q 样地增加 20% 的 F 种 (景观尺度)。

取样目标:

我想要检测出 Q 样地上 F 种的平均植物密度在 1999 年与 2002 年间存在 20% 差异。如果变化发生了, 我会有 90% 的把握检测到这种变化。我将会接受 10% 的机率发生假差异的错误 (相信有差异存在而实际却不存在)。

这个例子在确定必需取样范围的程序上与先前的例子非常相似。在表 C.22 中用“1999”和“2002”来代替“放牧”和“未放牧”, 其余的计算也一样。因为这个决定样本大小的过程需要两个样本间差异的标准偏差, 你要有两年的数据才能有必须的标准偏差来插入等式。但是, 第一年的误差的标准偏差可以被估计出来, 因此, 你需要估算第一时间段和第二时间段的取样单元值的相关系数 (见上面的等式 S_{diff})。

对有限群落取样的修正

上面的公式假定实际的种群远远大于取样种群的比例。如果你的取样面积多于种群总体面积的 5%, 你就需要对取样范围的估计作一个修正。这个修正包括有限种群修正因子 (FPC), 这将减小取样范围。修正取样大小估计的公式如下:

$$n' = \frac{n}{(1+(n/N))}$$

这里: n' = 依据包含有限种群修正因子的新取样范围

$$(S_{diff})^2(Z\alpha + Z\beta)^2$$

$$n = \text{从等式 } n = \frac{\text{估计出的原始取样范围}}{(MDC)} \text{ 估计出的原始取样范围}$$

N = 种群中可能的样地位置的总数。计算 N , 用确定的种群的总体面积除以每个单独取样单元的大小。

例如:

如果上面描述的观测数据是在 $1\text{m} \times 10\text{m}$ (10m^2) 的样地搜集的, 而且种群取样是在 $10\text{m} \times 50\text{m}$ 的宏观样地 (500m^2) 进行的, 那么 $N = 500\text{m}^2 / 10\text{m}^2 = 50$ 。则修正的取样范围就是

$$n' = \frac{n}{(1+(n/N))}$$

$$n' = \frac{10}{(1+(10/50))} = 8.3$$

8.3 取整数 8

新的有限种群修正因子(FPC)修正的估计取样范围要有 90% 把握确定监测真实差异为 1.56 株/样地,

假差异错误概率为 0.1=8 个样地时。

记录来自有限群落的两个取样试验的统计分析

如果你的取样范围超过整个种群的 5%，你应该将有限种群修正因子应用到统计试验的结果当中。这个过程包括用试验统计结果除以 $(1-n/N)$ 的平方根。例如，对于具体的试验，如果你的 t-统计值计算出 1.782 且你在 50 个样地当中的 8 个样地取样，那么你的修正过程如下：

$$t' = t(1-n/N)^{0.5} \quad t' = 1.782/[1-(8/50)]^{0.5} = 1.944$$

这里：t=来自 t-测试的 t-统计值

t'=用 FPC 得出的修正的 t-统计值

n=取样的样地或单元的个数

N=处于种群中可能的样地总数。计算 N，用确定的种群的总面积除以每个单独取样单元的大小。

然后，你会在 t-表格中查找 $t'=1.944$ 的 P-值所对应的自由度，以此为这个统计试验得到正确的 P-值。

选择 3，等式 2：确定采用单样本 t-试验检测单个均值和阈值间差异必要的取样范围

以下是单个均值同某阈值比较来确定取值范围的等式：

$$n = (s)^2(Z_{\alpha} + Z_{\beta})^2 / (\text{MDC})^2 \quad (\text{等式 2})$$

这里：

S=取样的标准偏差

Z_{α} =来自表 C.21b 中假差异（第 I 类型）的错误概率的 Z-相关系数

Z_{β} =来自表 C.21b 中未检出差异（第 II 类型）的错误概率的 Z-相关系数

MDC=根据阈值得到的最小可探测到的变化。这要具体到绝对项而不是只作为相对百分比。例如，如果你要从 30 株/样地的阈值密度中检测到 20% 的差异，那么 $\text{MDC} = (0.20 \times 30) = 6$ 株/样地。相似地，裸地上从 10% 到 15% 的变化就是 5% 的改变。

例 1

管理目标：

在未来 10 年内，在 Z 种群中使 Y 种的密度保持最少要有 25 株/样地。

取样目标：

我想要从 25 株/样地的密度阈值检测到平均植被密度 20% 的差异。如果它发生，我要有 90% 的把握检测到这种差异，我会接受有 10% 的可能我会做出错误判断的假差异（推断平均值同阈值有差异，而实际上却没有）

试点取样的结果：

平均值 (X) = 31 株/样地

标准偏差=7 株

已知事物:

可接受的假差异的错误概率 (α) =0.10, 所以从表 C.21a 中得到恰当的 $Z_\alpha=1.64$

所需要的权重为 90% (0.9), 所以未检出差异的错误概率 (β) =0.10, 所以从表 C.21a 中得到恰当的 $Z_\beta=1.64$

最小的可检测到差异为阈值的 20%或是 (0.20*25) =5 株/样地

用上面提供的等式计算预计必要的取样范围:

$$n = s^2(Z_\alpha + Z_\beta)^2 / (\text{MDC})^2 \quad n = 7^2(1.64 + 1.28)^2 / 5^2 = 16.7$$

16.7 取整数 17

要有 90%的把握确定最后估计取样范围为 17 株, 在密度阈值 25 株中检测到 5 株的差异, 假差异错误概率为 0.10。

对有限群落取样的修正

上面的公式假定实际的种群远远大于取样种群的比例。如果取样面积多于种群总体面积的 5%你就需要对取样范围的估计作一个修正。这个修正包括有限种群修正因子 (FPC), 这将减小取样范围。修正取样大小估计的公式如下:

$$n' = \frac{n}{(1 + (n/N))}$$

这里: n' = 依据包含有限种群修正因子的新取样范围

$$n = \text{从等式 } n = \frac{(S)^2(Z_\alpha + Z_\beta)^2}{(\text{MDC})} \text{ 估计出的取样范围}$$

N = 种群中可能的样地位置的总数。计算 N , 确定种群的总体面积除以每个单独取样单元的大小。

例 2:

如果把上面描述的观测数据是在 1m × 10m (10m²) 的样地搜集的, 而且种群取样是在 20m × 50m 的宏观样地 (1000m²) 进行的, 那么 $N = 1000\text{m}^2 / 10\text{m}^2 = 100$ 。则修正的取样范围就是

$$n' = \frac{n}{(1 + (n/N))}$$

$$n' = \frac{17}{(1 + (17/100))} = 14.5$$

14.5 取整数 15

新的有限种群修正因子(FPC)修正的估计取样范围要有 90%把握确定监测真实差异为 1.56 株/样地，假差异错误概率为 0.1=8 个样地。

记录来自有限群落的两个取样试验的统计分析

如果取样范围超过整个种群的 5%，你应该将有限种群修正因子应用到统计试验的结果当中。这个过程包括用试验统计结果除以 $(1-n/N)$ 的平方根。例如，对于具体的试验，如果你的 t-统计值计算出 1.645 且你在 100 个样地当中的 26 个样地取样，那么你的修正过程会与下面的相似：

$$t' = t(1-n/N)^{0.5} \quad t' = 1.645/[1-(26/100)]^{0.5} = 1.912$$

这里：t=来自 t-测试的 t-统计值

t'=用 FPC 得出的修正的 t-统计值

n=取样样地或单元的个数

N=处于种群中的样地可能位置的总数。计算 N，确定种群的总面积然后除以每个单独取样单元的大小。

然后，你会在 t-表格中查找 t'=1.912 的 P-值所对应的自由度，以此为这个统计试验得到正确的 P-值。











附录 D 土壤质量信息单

附加的土壤指标信息可在一系列关于土壤质量和草地的信息列表中获得。草地土壤质量信息列表 (USDA-NRCS2001) 描述了对管理和气候起反应而发生变化的土壤的性质。参阅这些列表中对可作为指标的土壤性质, 影响它们的因子以及改善这些土壤性质的一般管理策略的描述。

可在以下网站获取:

http://soils.usda.gov/sqi/soil_quality/land_management/range.html (2004 年 10 月 13 日开放)

草地土壤质量信息表 (2004 年 10 月 12 日开放)

1.  Rangeland Soil Quality — Introduction (1MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS1.pdf>)
2.  Rangeland Soil Quality — Indicators for Assessment and Monitoring (1MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS2.pdf>)
3.  Rangeland Soil Quality — Aggregate Stability (2MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS3.pdf>)
4.  Rangeland Soil Quality — Compaction (1.5MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS4.pdf>)
5.  Rangeland Soil Quality — Infiltration (1MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS5.pdf>)
6.  Rangeland Soil Quality — Organic Matter (2MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS6.pdf>)
7.  Rangeland Soil Quality — Physical and Biological Soil Crusts (1MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS7.pdf>)
8.  Rangeland Soil Quality — Soil Biota (2MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS8.pdf>)
9.  Rangeland Soil Quality — Water Erosion (2MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS9.pdf>)
10.  Rangeland Soil Quality — Wind Erosion (2MB)
(<http://soils.usda.gov/sqi/files/RSQIS10.pdf>)

附录 E 土壤质地图

