

生态系统长期观测数据产品体系

苏文^{1,2}, 张黎^{1,2}, 郭学兵^{1,2}, 何洪林^{1,2}, 唐新斋^{1,2}, 任小丽^{1,2}

1. 中国科学院地理科学与资源研究所生态系统网络观测与模拟重点实验室, 北京 100101;
2. 国家生态科学数据中心, 北京 100101

摘要

生态系统水、土、气、生要素的长期定位观测和数据积累可为生态系统评价及管理提供科学依据,但目前国内尚未建立生态系统长期观测数据产品体系,无法为数据产品的生产提供有效指导。首先分析了国际生态环境观测研究网络数据产品体系,然后结合我国现有生态系统长期观测规范与数据资源的实际状况,基于数据产品分类、数据产品分级两个维度提出了一套生态系统长期观测数据产品体系。该体系既能表现长期观测数据产品的内容,又能表达数据产品生产、加工过程,并被应用于中国生态系统研究网络(CERN)森林生态系统长期观测数据产品体系的设计。该数据产品体系具有较好的实际操作价值,对提升长期观测数据的使用价值具有重要作用。

关键词

生态系统长期观测; 数据产品; 生态系统要素; 数据产品分类; 数据产品分级

中图分类号: X171.1

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-0271.2022008

Classification of ecosystem long term observation data product

SU Wen^{1,2}, ZHANG Li^{1,2}, GUO Xuebing^{1,2}, HE Honglin^{1,2}, TANG Xinzhai^{1,2}, REN Xiaoli^{1,2}

1. Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China
2. National Ecosystem Science Data Center, Beijing 100101, China

Abstract

The long-term ecosystem observation can provide data of water, soil, meteorology and biology to support ecosystem evaluation and management. At present, there is a lack of long-term observation data product system of ecosystem in China, so no effective guidance can be provided for the production of data products. Firstly the data product system of international eco-environmental research networks was analyzed. Then a long-term observation data product system of ecosystem based on the data product classification, data product gradation two dimensions was proposed, combining the existing long-term observation protocols and data resources of ecosystem in China. It could not only express the content of long-term observation data products, but also the process of data product production and processing, and had been applied to design the long-term observation data product system of forest ecosystem of Chinese ecosystem research network (CERN). This data product system has good practical value and will play an important role in improving the value of long-term observation data.

Key words

ecosystem long term observation, data product, ecosystem element, data product classification, data product gradation

0 引言

生态系统水、土、气、生要素的长期定位观测和数据积累是开展生态学长期研究的重要手段之一,可以揭示生态系统和环境的长期变化,为生态系统评价及管理提供科学依据。生态环境观测研究网络是开展多变量综合观测、多学科交叉研究、多站点和多生境联网试验,以及多层次研究项目联合实施的综合性野外平台。随着全球性生态环境研究的不断深入,许多国家和地区纷纷建立生态环境观测研究网络,以开展生态系统长期观测与研究^[1-2]。在我国,中国科学院于1988年建立了中国生态系统研究网络(Chinese ecosystem research network, CERN),目前CERN由44个生态站、5个学科分中心(分别为水分、土壤、大气、生物和水域生态系统)和1个综合研究中心组成^[3]。从1998年开始,CERN按统一的监测指标和技术规范对我国农田、森林、草地、荒漠、湖泊、海湾、湿地、城市等典型生态系统开展长期定位观测,获取了系统的、动态的、连续的水分、土壤、大气、生物等要素的观测数据,并提供共享服务。林业部门从20世纪50年代开始逐步建立了中国森林生态系统定位研究网络(Chinese forest ecosystem research network, CFERN),目前CFERN已发展成横跨30个纬度、代表不同气候带的由73个森林生态站组成的网络,基本覆盖了中国主要的典型生态区,可开展陆地生态系统水分要素、土壤要素、气象要素和生物要素基本观测。经过多年建设,CFERN在管理、标准、数据共享等方面取得了一定进展^[4]。但是,我国生态系统长期观测获得的数据主要是按照观测规范的规定内容记录的基础数据,使用时需要

进行一定的加工、处理,因此服务对象主要为专业科研人员。将生态系统长期观测数据转化为有效的数据产品,拓展数据服务的广度和深度,更好地服务于科研、管理和公众,是今后生态系统长期观测数据的发展方向。

数据产品可以被理解为具有产品属性的数据,是能够满足用户使用需求、有可靠质量保证的数据集合^[5-6];数据产品体系通常指一系列具有内部关联的数据产品的总和。迄今为止,国内尚未建立生态系统长期观测数据产品体系,无法为数据产品的生产提供有效的指导。本文从讨论国际生态环境观测研究网络数据产品体系入手,基于数据产品分类、数据产品分级两个维度提出了一套生态系统长期观测数据产品体系,期望能为最终建立完善的生态系统长期观测数据产品体系起到抛砖引玉的作用。

1 国际生态环境观测研究网络数据产品体系现状

英国、美国等国的生态环境观测研究网络都对长期观测数据产品体系进行了深入的探索与实践,为我国生态系统长期观测数据产品体系的构建提供了借鉴和科学依据。

1.1 英国环境变化监测网数据产品体系

英国环境变化监测网(environmental change network, ECN)成立于1992年,是一个对英国环境和生物群落进行长期综合观测的网络。经过20多年的运行,ECN由最初的8个站点发展到57个站点,其中陆地生态系统观测站有12个,淡水生态系统观测站有45个,覆盖了英国当前

的主要环境状况^[7-8]。

ECN按照严格的标准规范对选定的物理、化学和生物指标进行持续的长期观测,规定了所有站点必须观测的常规核心观测要素。陆地生态系统主要包括气象、大气化学、降水化学、地表径流与地表径流化学、土壤溶液化学、土壤性质、植被、无脊椎动物、脊椎动物等,淡水生态系统主要包括地表水化学、地表径流、叶绿素a、大型无脊椎动物、水生大型植物、浮游动物、浮游植物、附生植物等^[7]。

观测数据由站点按照规范中规定的频率,利用自动记录、实地调查等方式收集,定期发送至ECN数据中心,以标准化的结构集中存储到由原始数据构成的核心数据库。相关的综合统计数据库由原始数据的月度、季度和年度统计数据组成,可以通过网站上提供的数据可视化界面进行数据展示。数据库采用Oracle关系数据库管理系统,并与ArcGIS关联^[8]。为了提升数据的可用性,ECN整编了陆地生态系统站点20多年的连续观测数据,发布了19个数据集,包含了超过20年(1993—2015年)的生物、气象和生物地球化学观测数据。数据集以逗号分隔的文件形式提供,同时每个数据集都被赋予了数字对象标识符(digital object identifier, DOI),以使用户使用和引用。这一超过20年的数据库提供了英国各种栖息地环境变化的长期基准,为环境变化评估提供了支撑^[9]。

1.2 美国国家生态观测站网络数据产品体系

美国国家生态观测站网络(national ecological observatory network, NEON)是由美国国家科学基金会资助的大陆尺度长期生态变化研究和教育的网络设施,于2019年正式运行。NEON由分布于

美国大陆、波多黎各和夏威夷的81个站点组成,其中包括47个陆地站点和34个淡水水体站点,每个站点收集有关植物、动物、土壤、养分、淡水和大气的数据^[10]。

NEON致力于为科学界提供标准化、有质量保证的数据,从而为更好地了解站点、区域和大陆尺度的复杂生态过程提供支撑。NEON数据作为“数据产品”发布,包括野外收集的原始数据及综合性、多学科的数据。每个站点通过自动仪器、观测采样和机载遥感3类系统观测各种生物、物理、化学和生态特征,获取的数据采用渐进的方式进行处理,形成0~4级共5个级别的数据产品,各级别数据产品的定义见表1。

目前在NEON数据门户发布了来自81个站点的180多个数据产品,分为大气,生物地球化学,生态水文,土地覆盖和过程,生物体、种群和群落5个主题。

1.3 国际通量观测网络数据产品体系

国际通量观测网络(FLUXNET)是由北美洲、中美洲、南美洲、欧洲、亚洲、非洲等区域网络自愿合作而形成的一个全球性网络,目前包括800多个通量观测站点,分布于世界大部分气候类型和代表性生物群落,是世界上最大的生态系统观测网络和环境实验网络之一,为全球陆地生态系统碳水循环、碳收支时空格局以及生态系统水碳过程的研究提供了全球范围的实测数据^[11]。

每个站点采用涡动相关法获取生物圈与大气之间的碳、水和能量半小时或小时分辨率的通量数据,包括二氧化碳、水蒸气、显热、潜热等,同时还获取气温、降水、辐射等辅助观测数据。这些数据由站点进行质量控制和计算后,传输到区域网络和FLUXNET,通过执行统一的处理流

程进行质量检查、缺失插补、通量拆分与统计,生成增值数据产品,即标准化、高质量的衍生数据产品,以适用于需要多站点可比数据做支撑的研究。

完整的数据处理结果共有200多个变量,包括观测和派生数据、质量信息标志、不确定性量化变量以及数据处理中间结果等。为了方便用户使用,FLUXNET创建了两类数据产品:全集数据(FULLSET)和子集数据(SUBSET)。全集数据包含了数据处理产生的所有变量,便于用户深入理解每个处理步骤及其对最终数据产品的影响;子集数据为根据大多数用户预期用途选择全集数据中的部分变量形成的数据产品,旨在方便缺乏经验的非专业用户使用^[12]。

2 生态系统长期观测数据产品体系构建

2.1 构建方法

虽然国际上不同生态环境观测研究网络的数据产品体系内容、形式不尽相同,但其核心都是通过设置多维度的分类方式,满足不同层次服务对象的使用需求,从而促进观测数据的共享和开发利用。借鉴有关国际长期生态学观测研究网络的先进经验,结合我国现有生态系统长期观测规范与数据资源的实际状况,提出构建生态系统长期观测数据产品体系需要遵循以下原则。

- 科学性原则。构建的数据产品体系应以生态系统长期观测数据的特征与相互之间客观存在的逻辑关系为依据,体系结构清晰、合理,并考虑生态系统长期观测数据的特征与发展。

表1 NEON 数据产品的级别定义

数据级别	描述
0级	站点获取的仪器观测或人工观测的原始数据
1级	原始数据经过质量控制与计量单位转换形成的数据,通常为时间尺度或空间尺度的平均值或汇总值
2级	时间插值观测数据或机载遥感数据
3级	空间插值或拼接的数据
4级	基础观测数据结合科学理论衍生的更高层次的数据

- 实用性原则。数据产品体系应简洁明确、可操作性强,易于被各类用户接受与使用。

- 可扩展性原则。数据产品体系的构建应保证随着数据产品种类和数量的增加,在本体系基础上能够进行延拓和细化,并不会因扩展而影响已有的体系结构。

- 适用性原则。数据产品体系应覆盖我国农田、森林、草地、荒漠、湖泊、海湾、湿地、城市等典型生态系统的长期观测数据产品。

按照上述原则,提出基于数据产品分类、数据产品分级两个维度构建生态系统长期观测数据产品体系的思路(如图1所示),既能表现长期观测数据产品的内容,又能表达数据产品的生产、加工过程。

2.2 基本内容

2.2.1 数据产品分类

生态系统长期观测数据产品采用“大类-中类-小类”的分类结构。

大类的划分主要依据数据产品内容属性,分为生态系统要素观测数据产品、生态系统功能服务数据产品。生态系统要素

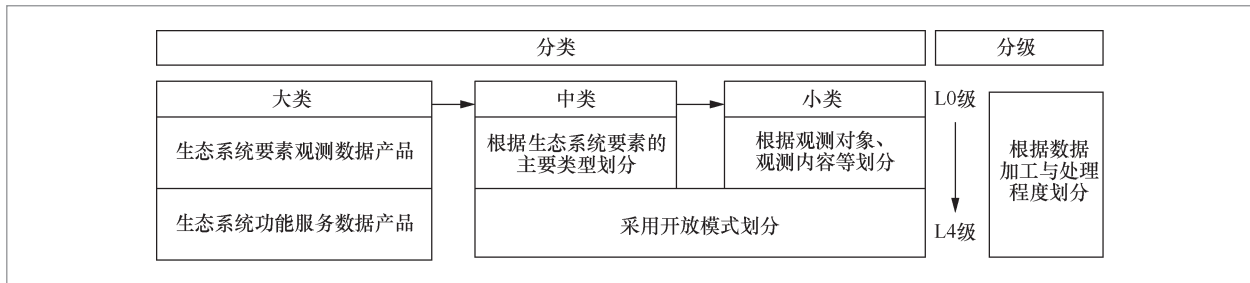


图1 生态系统长期观测数据产品体系构建思路

观测数据产品为与水分、土壤、大气、生物等生态系统要素有关的观测数据产品，属于基础观测数据产品。这类产品既包含生态系统要素观测产生的原始数据，也包括对原始数据进行清洗、整理、统计等加工处理后形成的不同质量、不同数量、不同时间频度（小时、日、月、年等）、不同空间尺度（样方、样地、站点等）的数据产品。生态系统功能服务数据产品为基于生态系统要素观测数据形成的支撑某种或多种生态系统服务功能的站点尺度数据产品，是对基础数据产品进行演算分析形成的新数据。

大类之下划分中类。根据生态系统要素的主要类型，生态系统要素观测数据产品被划分为4个中类，其分类和说明见表2。生态系统服务功能可以包括有机质的合成与生产、生物多样性的产生与维持、调节气

候、营养物质贮存与循环、土壤肥力的更新与维持、环境净化与有害有毒物质的降解、植物花粉的传播与种子的扩散、有害生物的控制、减轻自然灾害等许多方面^[13]，因此生态系统功能服务数据产品中类的划分采用开放模式^[14]，主要依据其支撑的生态系统服务功能自行定义，具有一定的灵活性和适应性。例如，生态系统功能服务数据产品可以被划分为4个数据产品中类，其分类和说明见表3。

中类下进一步细分小类。生态系统要素观测数据产品各个中类的小类主要根据观测对象、观测内容等划分。

根据生态系统水环境观测对象，水环境要素观测数据产品被划分为3个小类。

- 水文要素观测数据产品：与生态系统水分循环和水量平衡状况有关的数据产品，包括土壤水分含量、蒸发量、地表径流

表2 生态系统要素观测数据产品中类

中类名称	说明
水环境要素观测数据产品	通过对生态系统水环境的特征、变化规律以及与生态系统的关系进行观测而产生的，能体现特定站点、特定观测指标（一个或多个）的数据产品，包括直接获取的数据和经过加工处理得到的数据
土壤要素观测数据产品	通过对生态系统土壤结构、功能和重要生态学过程进行观测而产生的，能体现特定站点、特定观测指标（一个或多个）的数据产品，包括直接获取的数据和经过加工处理得到的数据
大气环境要素观测数据产品	通过对生态系统的气象、辐射及大气环境化学成分等要素进行观测而产生的，能体现特定站点、特定观测指标（一个或多个）的数据产品，包括直接获取的数据和经过加工处理得到的数据
生物要素观测数据产品	通过对生态系统中重要的生物组分及其形成的生态系统特征进行观测而产生的，能体现特定站点、特定观测指标（一个或多个）的数据产品，包括直接获取的数据和经过加工处理得到的数据

表3 生态系统功能服务数据产品中类

中类名称	说明
水源涵养功能数据产品	基于相关要素观测数据产品生成的、服务于水源涵养服务功能评估的数据产品,包括使用不同计量方法计算的水源涵养量及相关数据产品
生产力和固碳功能数据产品	基于相关要素观测数据产品生成的、服务于生产力固碳服务功能评估的数据产品,包括生产力、碳储量及相关数据产品
生物多样性功能数据产品	基于相关要素观测数据产品生成的、服务于生物多样性服务功能评估的数据产品,包括物种丰富度、多样性等相关数据产品
土壤保持功能数据产品	基于相关要素观测数据产品生成的、服务于土壤保持服务功能评估的数据产品,包括土壤保持量、土壤侵蚀量等相关数据产品

量、地下水位等。

● 水物理要素观测数据产品:与水的物理性质有关的数据产品,包括水深、水温、电导率、透明度、水色等。

● 水化学要素观测数据产品:与水中化学物质含量有关的数据产品,包括钙离子、镁离子、钾离子、钠离子、碳酸根、pH值、溶解性有机碳、总氮、总磷等。

根据生态系统土壤环境观测对象,土壤要素观测数据产品被划分为3个小类。

● 土壤物理性质观测数据产品:与土壤物理性质方面有关的观测数据产品,包括容重、土壤颗粒组成、土壤温度、土壤热通量等。

● 土壤化学性质观测数据产品:与土壤无机物、有机物含量有关的观测数据产品,包括土壤养分、土壤微量元素、土壤重金属、土壤矿质全量、土壤阳离子交换量等。

● 土壤剖面描述观测数据产品:与土壤剖面形态方面有关的观测数据产品,如土壤发生层形态、土壤发生层深度等。

根据观测内容,大气环境要素观测数据产品被划分为4个小类。

● 地面气象要素观测数据产品:关于气象状况及其变化的观测数据产品,包括空气温度、空气湿度、气压、风、降水、地温等。

● 辐射观测数据产品:与太阳辐射和地球辐射有关的观测数据产品,包括总辐射、净辐射、直接辐射、散射辐射、反射辐射、紫外辐射、光合有效辐射等。

● 小气候观测数据产品:记录小气候系统中测定的某些物理特征量的数据产品,包括规定高度或层次的温度、相对湿度、风速、辐射、土壤温度等。

● 大气环境化学观测数据产品:大气的干、湿沉降量和温室气体等大气气体组分观测数据产品及大气颗粒物观测数据产品,包括大气总悬浮颗粒物浓度、大气细颗粒物浓度(可吸入颗粒物(PM₁₀)与细颗粒物(PM_{2.5}))、大气干沉降量、大气湿沉降量、一氧化碳、二氧化碳、甲烷等。

生物要素观测数据产品以服务于生态系统结构、功能与动态研究为目标,被划分为6个小类。

● 植物群落种类组成与物质生产观测数据产品:与植物群落结构、特征、生物量、生产力等方面有关的观测数据产品,包括植物种类组成、植物群落种群数量特征、生物量、凋落物量、叶面积指数、浮游植物初级生产力等。

● 植物群落动态与物候观测数据产品:与植物及其群落生长发育方面有关的观测数据产品,包括物候、作物生育动态、

树种更新状况等。

- 动物群落种类组成与结构观测数据产品：与重要动物类群物种、数量方面有关的观测数据产品，包括鸟类、大型野生动物、啮齿动物、昆虫、土壤动物、浮游动物等。

- 微生物群落生物量与结构观测数据产品：与微生物的类别、数据、生物量等方面有关的观测数据产品，包括土壤微生物群落生物量、土壤微生物群落结构、细菌总数等。

- 耕作制度调查观测数据产品：与作物种植制度和农田耕作管理制度方面有关的调查数据产品，包括作物种类组成与产值、复种指数与作物轮作体系、主要作物肥料投入、主要作物灌溉制度、病虫害等。

- 生物观测背景信息观测数据产品：与生物生长环境、植被类型、土地利用方式等方面有关的背景数据产品，包括生境要素、人为活动与土地利用方式、植被类型与空间分布等。

生态系统功能服务数据产品小类的划分同样采用开放模式，例如生产力和固碳功能数据产品分为生产力和固碳关键过程参数数据产品、生产力和固碳数据产品2个小类；生物多样性功能数据产品分为生物多样性关键过程参数数据产品、生物多样性数据产品2个小类；水源涵养功能数据产品分为水源涵养功能关键过程参数数据产品、水源涵养数据产品2个小类；土壤保持功能数据产品分为土壤保持功能关键过程参数数据产品、土壤保持数据产品2个小类。

2.2.2 数据产品分级

生态系统长期观测数据产品根据其加工、处理程度的不同被划分为L0~L4级

5个级别。

- L0级产品为原始数据，包括直接在野外通过仪器设备自动采集并转化后形成的可读的数值数据或可识别的图像、数字化的人工观测记录数据与野外调查记录数据以及实验室测定的数据。

- L1级产品为质量控制数据产品，指基于L0级产品进行筛选、规范化处理、质量检查（如异常值、无效数据标注）得到的数据产品。

- L2级产品为基础加工数据产品，指L1级产品经过插补或计算得到的各种数据产品，其数据采集空间范围、观测频度与L1级产品一致。

- L3级产品为尺度推绎数据产品，指利用L1级产品或L2级产品进行尺度上推所产生的数据产品，包括时间尺度的推绎数据产品（如从小时/日数据到月、年数据）和空间尺度的推绎数据产品（如从样方数据到样地、群落数据）。

- L4级产品为融合分析数据产品，指基于L1级产品、L2级产品或L3级产品进行模型计算、融合处理等深度加工所产生的数据产品。

L1~L4级数据产品在L0级数据产品原生固有价值基础上添附了新价值^[5]，属于增值数据产品。生态系统要素观测数据产品以数据质量、数量、时空尺度等为依据，被划分4个级别，即L0~L3级，生态系统功能服务数据产品归为L4级。

依据加工、处理过程的复杂度，各级别数据产品可根据具体情况进一步划分子级，以表征更细化的处理层次差别。

3 应用案例——CERN森林生态系统长期观测数据产品体系设计

CERN目前有11个森林生态站，自

1998年以来根据统一的观测指标体系和操作规范,按规定的时问频度和观测范围,开展水分、土壤、大气、生物等要素的观测。按照前文提及的产品体系思路,CERN森林生态系统长期观测数据产品分为森林生态系统要素观测数据产品、森林

生态系统功能服务数据产品两大类,森林生态系统要素观测数据产品的分类分级体系见**表4**。

基于以上L0~L3级数据产品,生成森林生态系统功能服务数据产品,即L4级数据产品,分类分级体系见**表5**。

表4 森林生态系统要素观测数据产品分类分级体系

中类	小类	数据产品名称	L0级	L1级	L2级	L3级	
水环境要素观测数据产品	水文要素观测数据产品	土壤水分含量观测数据产品	观测点30 min/日尺度原始观测数据	经过质量控制后的观测点日尺度观测数据	插补后的日尺度质控数据	样地尺度月、年统计数据	
		蒸发量观测数据产品	日尺度记录数据	经过质量控制后的日尺度数据	插补后的日尺度质控数据	月、年统计数据	
		地表径流量观测数据产品	日尺度记录数据	经过质量控制后的日尺度数据	无	月、年统计数据	
		地下水水位观测数据产品	日尺度记录数据	经过质量控制后的日尺度数据	插补后的日尺度质控数据	月、年统计数据	
		穿透降水量观测数据产品	观测点日尺度记录数据	经过质量控制后的观测点尺度日数据	插补后的观测点尺度日质控数据	样地尺度月、年统计数据	
		树干径流量观测数据产品	观测点日尺度记录数据	经过质量控制后的观测点日尺度观测数据	插补后的观测点尺度日质控数据	样地尺度月、年统计数据	
	水化学要素观测数据产品	水化学要素观测数据产品	枯枝落叶层含水量观测数据产品	样方尺度日记录数据	经过质量控制后的样方尺度日数据	插补后的样方尺度日质控数据	样地尺度月、年统计数据
			雨水水质观测数据产品	采样点月测定数据	经过质量控制后的采样点月尺度数据	无	月、年统计数据
			静止地表水水质观测数据产品	采样点汛期、非汛期测定数据	经过质量控制后的采样点汛期、非汛期数据	无	采样点汛期、非汛期统计数据
			流动地表水水质观测数据产品	采样点汛期、非汛期测定数据	经过质量控制后的采样点汛期、非汛期数据	无	采样点汛期、非汛期统计数据
			穿透降水水质观测数据产品	采样点汛期、非汛期测定数据	经过质量控制后的采样点汛期、非汛期数据	无	采样点汛期、非汛期统计数据
			树干径流水质观测数据产品	采样点汛期、非汛期测定数据	经过质量控制后的采样点汛期、非汛期数据	无	采样点汛期、非汛期统计数据
			地下水水质观测数据产品	采样点汛期、非汛期测定数据	经过质量控制后的采样点汛期、非汛期数据	无	采样点汛期、非汛期统计数据

续表

中类	小类	数据产品名称	L0级	L1级	L2级	L3级
土壤要素观测数据产品	土壤物理性质观测数据产品	土壤容重观测数据产品	样方尺度测定结果(平均值)	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		土壤机械组成观测数据产品	样方尺度测定结果(平均值)	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		土壤温度观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
	土壤化学性质观测数据产品	土壤养分全量观测数据产品	样方尺度测定结果(平均值)	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		土壤速效养分观测数据产品	样方尺度测定结果	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		土壤矿质全量观测数据产品	样方尺度测定结果	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		土壤微量元素全量观测数据产品	样方尺度测定结果	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		表层土壤速效中微量元素观测数据产品	样方尺度测定结果	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
		土壤重金属观测数据产品	样方尺度测定结果	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据
土壤阳离子交换性能观测数据产品	样方尺度测定结果	经过质量控制后的样方尺度测定结果数据	无	样地尺度统计数据		
大气环境要素观测数据产品	地面气象要素观测数据产品	气压观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
		风观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
	气温观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)	
	空气湿度观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)	

续表

中类	小类	数据产品名称	L0级	L1级	L2级	L3级
大气环境要素观测数据产品	地面气象要素观测数据产品	降水量观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
		地表温度观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据或人工观测记录小时尺度观测数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
		日照观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
	辐射观测数据产品	太阳辐射观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
		净辐射观测数据产品	自动观测小时/日尺度数据	经过质量控制后的小时尺度/日尺度观测数据	插补后的小时尺度/日尺度质控数据	月、年统计数据(包括根据已插补和未插补小时数据统计的结果)
生物要素观测数据产品	植物群落种类组成与物质生产观测数据产品	植物种类组成观测数据产品	样方尺度调查数据	经过质量控制后的样方尺度调查数据	无	无
		植物群落种群数量特征观测数据产品	无	无	基于质量控制后的样方植物种类组成数据计算的样方尺度数据	基于质量控制后的样方植物种类组成数据计算的群落尺度数据
	植物群落生物量观测数据产品	乔木层: 样方尺度每木调查胸径、高度数据 灌木层: 样方尺度每木调查基径、高度数据 草本层: 样方尺度生物量	乔木层: 质控后的样方尺度每木调查胸径、高度数据 灌木层: 质控后的样方尺度每木调查基径、高度数据 草本层: 质控后的样方尺度生物量	乔木层、灌木层: 基于质控后的每木调查计算的样方尺度生物量	群落尺度生物量	
	凋落物量观测数据产品	样方尺度月测定数据	经过质量控制后的样方尺度月数据	无	样地尺度月、年统计数据	
	叶面积指数观测数据产品	样方尺度月测定数据	经过质量控制后的样方尺度月数据	无	样地尺度月、年统计数据	
	植物元素含量和热值观测数据产品	样方尺度月测定数据	经过质量控制后的样方尺度月数据	无	样地尺度月、年统计数据	
	树种更新状况观测数据产品	样方尺度调查数据	经过质量控制后的样方尺度数据	无	无	

续表

中类	小类	数据产品名称	L0级	L1级	L2级	L3级
生物要素观测数据产品	植物群落动态与物候观测数据产品	物候观测数据产品	日尺度调查数据	经过质量控制后的日尺度数据	无	无
		动物群落种类组成与结构观测数据产品	鸟类种类与数量观测数据产品	年尺度调查数据	经过质量控制后的年尺度数据	无
	大型野生动物种类与数量观测数据产品	大型野生动物种类与数量观测数据产品	年尺度调查数据	经过质量控制后的年尺度数据	无	单位面积数量
		土壤动物种类与数量观测数据产品	样点尺度调查数据	经过质量控制后的样点尺度数据	无	单位面积数量
微生物群落生物量与结构观测数据产品	土壤微生物群落生物量观测数据产品	样方尺度年测定结果	经过质量控制后的样方尺度年数据	无	无	

表5 森林生态系统功能服务数据产品分类分级体系

中类	小类	L4级
生产力和固碳功能数据产品	生产力和固碳功能关键过程参数数据产品	碳分配系数、碳周转时间
	生产力和固碳数据产品	乔木层植被碳密度、土壤有机碳密度、生态系统碳密度、总初级生产力 (gross primary productivity, GPP)、净初级生产力 (net primary productivity, NPP)、净生态系统生产力 (net ecosystem productivity, NEP)
生物多样性功能数据产品	生物多样性数据产品	物种丰富度、香农-维纳多样性指数 (Shannon-Wiener's diversity index)、辛普森多样性指数 (Simpson's diversity index)、皮耶罗 (Pielou) 指数
水源涵养功能数据产品	水源涵养功能关键过程参数数据产品	穿透率、截留率、树干径流率
	水源涵养数据产品	枯枝落叶蓄水量、土壤蓄水量、综合蓄水量
土壤保持功能数据产品	土壤保持功能关键过程参数数据产品	侵蚀性降雨量、降雨侵蚀力
	土壤保持数据产品	潜在土壤侵蚀量、实际土壤侵蚀量、土壤保持量、土壤保持率

4 结束语

构建生态系统长期观测数据产品体系, 确定生态系统长期观测数据产品的类

型和级别, 可以进一步规范数据产品的生产, 明确各级产品的用途和服务对象, 对提升长期观测数据的使用价值具有重要作用。

本文通过研究相关国际长期生态学观测研究网络的先进经验, 结合我国现有

生态系统长期观测规范与数据资源的实际状况,构建了一套生态系统长期观测数据产品体系。该数据产品体系在分类方面采用“大类-中类-小类”的分类结构,尽量覆盖生态系统长期观测数据产品的内容;在分级方面以数据加工、处理程度为依据,划分为5个级别,包含了数据“量”与“质”的改变,具有较高的实际操作价值。

参考文献:

- [1] 杨萍,白永飞,宋长春,等.野外站科研样地建设的思考、探索与展望[J].中国科学院院刊,2020,35(1):125-135.
YANG P, BAI Y F, SONG C C, et al. Construction of long-term ecological research sites in field station: status, progress and prospect[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2020, 35(1): 125-135.
- [2] 傅伯杰,牛栋,于贵瑞.生态系统观测研究网络在地球系统科学中的作用[J].地理科学进展,2007,26(1):1-16.
FU B J, NIU D, YU G R. The roles of ecosystem observation and research network in earth system science[J]. Progress in Geography, 2007, 26(1): 1-16.
- [3] LI S G, YU G R, YU X B, et al. A brief introduction to Chinese ecosystem research network (CERN)[J]. Journal of Resources and Ecology, 2015, 6(3): 192-196.
- [4] 中国森林生态系统定位研究网络管理中心.中国森林生态系统定位研究网络(CFERN)介绍[Z].2011.
Chinese Forest Ecosystem Research Network Management Center. Chinese forest ecosystem research network (CFERN)[Z]. 2011.
- [5] 莫斐,张睿,芮晟.从知识发现角度试论面向数据产品的数据生产[J].信息系统工程,2020(1):18-20.
MO F, ZHANG R, RUI S. Discussion on the data product oriented data production from the perspective of knowledge discovery[J]. CC News, 2020(1): 18-20.
- [6] 高富平.数据生产理论——数据资源权利配置的基础理论[J].交大法学,2019,10(4):5-19.
GAO F P. The theory of data production: a fundamental theory of the right allocation of data resource[J]. SJTU Law Review, 2019, 10(4): 5-19.
- [7] LANE A M J. The U.K. environmental change network database: an integrated information resource for long-term monitoring and research[J]. Journal of Environmental Management, 1997, 51(1): 87-105.
- [8] RENNIE S C. Providing information on environmental change: data management, discovery and access in the UK environmental change network data centre[J]. Ecological Indicators, 2016, 68: 13-20.
- [9] RENNIE S, ANDREWS C, ATKINSON S, et al. The UK environmental change network datasets-integrated and co-located data for long-term environmental research (1993-2015)[J]. Earth System Science Data, 2020, 12(1): 87-107.
- [10] 本刊编辑部.美国国家生态观测站网络(NEON)的战略[J].科研信息化技术与应用,2010,1(3):89-91.
The editorial department. The strategy of national science foundation's national ecological observatory network (NEON)[J]. e-Science Technology & Application, 2010, 1(3): 89-91.
- [11] 刘海江,孙聪,齐杨,等.国内外生态环境观测研究台站网络发展概况[J].中国环境监测,2014,30(5):125-131.
LIU H J, SUN C, QI Y, et al. A brief review of progress of the eco-environmental research network in China and abroad[J]. Environmental Monitoring in China, 2014, 30(5): 125-131.
- [12] PASTORELLO G, TROTTA C, CANFORA E,

et al. The FLUXNET2015 dataset and the ONEFlux processing pipeline for eddy covariance data[J]. Scientific Data, 2020, 7: 225.

- [13] 欧阳志云, 王如松, 赵景柱. 生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J]. 应用生态学报, 1999, 10(5): 635-640.
OUYANG Z Y, WANG R S, ZHAO J Z. Ecosystem services and their economic

valuation[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1999, 10(5): 635-640.

- [14] 吴沅箐, 方澜, 殷玮. 上海市国土空间规划用地分类标准研究[J]. 上海城市规划, 2019(4): 45-50.
WU Y Q, FANG L, YIN W. Land use classification standard for Shanghai territorial spatial planning[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2019(4): 45-50.

作者简介



苏文(1968-),女,中国科学院地理科学与资源研究所高级工程师,主要研究方向为生态信息学。



张黎(1982-),女,博士,中国科学院地理科学与资源研究所副研究员,主要研究方向为陆地生态系统碳氮水循环过程模拟、模型数据融合和生态系统评估。



郭学兵(1967-),女,中国科学院地理科学与资源研究所高级工程师,主要研究方向为生态信息学、数据库系统设计与应用开发。



何洪林(1971-),男,博士,中国科学院地理科学与资源研究所研究员,主要研究方向为生态信息学、生态系统模型数据融合、生态遥感研究。



唐新斋 (1976-), 男, 中国科学院地理科学与资源研究所工程师, 主要研究方向为生态信息学。



任小丽 (1984-), 女, 博士, 中国科学院地理科学与资源研究所副研究员, 主要研究方向为碳循环模型数据融合与生态信息学。

收稿日期: 2021-10-08

通信作者: 何洪林, hehl@igsnr.ac.cn

基金项目: 国家重点研发计划资助项目 (No.2019YFE0126500)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2019YFE0126500)