

# 多层次精细化的森林资源资产清查价格体系构建

王佳雪<sup>1</sup>, 陈奕云<sup>1</sup>, 赖峰<sup>2</sup>, 张哲乐<sup>1</sup>, 熊增连<sup>2</sup>,  
郑敏<sup>2</sup>, 乔占明<sup>2</sup>, 余珮珩<sup>1</sup>

(1. 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430072; 2. 青海省自然资源综合调查监测院, 西宁 810001)

**摘要:** 针对当前森林资源资产清查价格体系建设中国家级均质区划分粗略、价格修正方法不完善、难以适用于多层次管理等不足, 在融合使用森林现状属性、统计资料及遥感监测等多源数据的基础上, 提出以价格信号数据条件情景判定为支撑, 以清查工作目标导向的省级均质区划分为核心, 涵盖多层次价格修正方法与精细化资源类型价格修正因子的森林资源资产清查价格体系构建框架。并结合青海省清查工作实例, 基于35万图斑的森林资源现状调查成果和卫星遥感等多源数据, 实现了省、县两级四类林地十余种林木精细化价格体系的实证构建。提出的多层次精细化的价格体系框架构建思路及实证成果, 可为中国森林资源资产的高质量管理提供询证决策支持。

**关键词:** 森林资源资产; 自然资源资产清查; 自然资源资产价格体系; 均质区

自然资源资产清查价格体系构建是全民所有自然资源资产清查工作的核心内容, 同时也是健全国家自然资源资产管理体制、推动自然资源资产产权制度改革的重要环节与构建山水林田湖草生命共同体的内在要求<sup>[1,2]</sup>。森林资源是中国重要的自然资源, 有着复杂的结构及多样的生态过程<sup>[3,4]</sup>, 蕴藏着丰富的价值。只有那些稀缺、有用且产权明确的自然资源具有价格, 这部分具有价格的自然资源即自然资源资产<sup>[5]</sup>。广义上讲自然资源资产的价值体现在社会、经济、生态等多个方面, 狭义来讲自然资源资产价值指的是自然资源资产经济价值真实、具体和相对稳定的体现<sup>[6]</sup>。聚焦自然资源资产经济价值探索构建森林资源资产清查价格体系, 是进行全民所有森林资源资产价格与价值估算的基础, 更是正确认识森林资源资产真实经济价值的重要手段。

现有研究围绕自然资源资产清查价格体系构建中的自然资源资产内涵概念<sup>[7,8]</sup>、价值估算思路<sup>[9]</sup>与价值实现路径<sup>[10]</sup>等内容进行了多方面的探讨, 形成了阶段性的理论体系成果, 并提出了“自上而下、逐级确定”的全民所有自然资源资产清查价格体系搭建路径, 为森林资源丰富、相关交易市场活跃的地区提供了重要技术指导<sup>[11,12]</sup>。然而中国森林资源的空间分布极不均衡, 例如在西北高寒区与干旱区, 黄土高原与青藏高原阶梯相连, 是多类生态工程叠加实施的国家重点生态功能区及生态屏障区<sup>[13,14]</sup>。复杂多样的自然环境影响着林木的生长, 为保护生态环境实行的禁伐政策也限制着森林资源的交易活动。因此, 亟需构建出能够适应不同地区森林资源资产交易状况的多层级精细化的

收稿日期: 2023-05-29; 修订日期: 2023-07-31

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2022YFB3903302)

作者简介: 王佳雪 (1999-), 女, 河南安阳人, 硕士, 研究方向为资源环境遥感与自然资源资产管理。

E-mail: w\_jiaxue@whu.edu.cn

通讯作者: 陈奕云 (1983-), 男, 福建泉州人, 博士, 教授, 研究方向为地理信息科学、资源环境遥感及自然资源管理等。E-mail: chenyy@whu.edu.cn

森林资源资产清查价格体系框架,以推动全民所有自然资源资产清查工作的实践应用<sup>[15]</sup>。

自然资源部发布的《全民所有自然资源资产清查技术指南(试行)》(以下简称“《试行指南》”)中以“国家级均质区划定、数据收集、价格修正”为主线,初步明确了森林资源资产清查价格体系的构建框架。然而,《试行指南》在指导森林资源资产清查价格体系构建时仍存在一些不足之处,如国家级均质区依托《中国林业发展区划2011》这类现有的森林资源区划成果为依据划定,划分依据时效性差,划分结果也较为粗略;数据收集时按统一标准进行,忽略了各地区经济信号数据基础不同的客观条件;价格修正环节未能考虑不同类型林地与林木资源之间的差异,也缺失了用材林以外的森林资源资产的价格修正因子。因此,如何科学合理地设置均质区的划分依据细化国家级森林资源资产均质区、如何满足不同数据基础地区的体系应用、如何结合森林资源资产经济价值多元性特点设置价格修正方法<sup>[16]</sup>,均是森林资源资产清查价格体系构建工作中的瓶颈问题<sup>[6]</sup>。

鉴于此,本文融合经济价格信号、森林资源现状调查成果、统计资料、遥感监测等多源实时数据,基于两步距离与动态约束的划分方法,以县级行政区为最小研究单元,充分结合森林资源特性,提出能够于不同数据基础条件地区应用的多层级精细化的森林资源资产清查价格体系构建框架。并以青海省为例应用上述体系构建框架进行实证研究,分析青海省森林资源资产的价格现状,以期填补该类研究的空白,为森林资源资产清查价格体系构建提供理论技术支持与实证研究基础。

## 1 研究方法与数据来源

### 1.1 多层级精细化的森林资源资产清查价格体系构建框架

本文在融合使用森林现状调查、统计资料及遥感监测等多源数据的基础上,提出以价格信号数据条件情景判定为支撑,以清查工作目标导向的省级均质区划分为核心,涵盖多层级价格修正方法与精细化资源类型价格修正因子的森林资源资产清查价格体系构建框架(图1),为中国森林资源资产的精细化管理提供方法理论支撑。

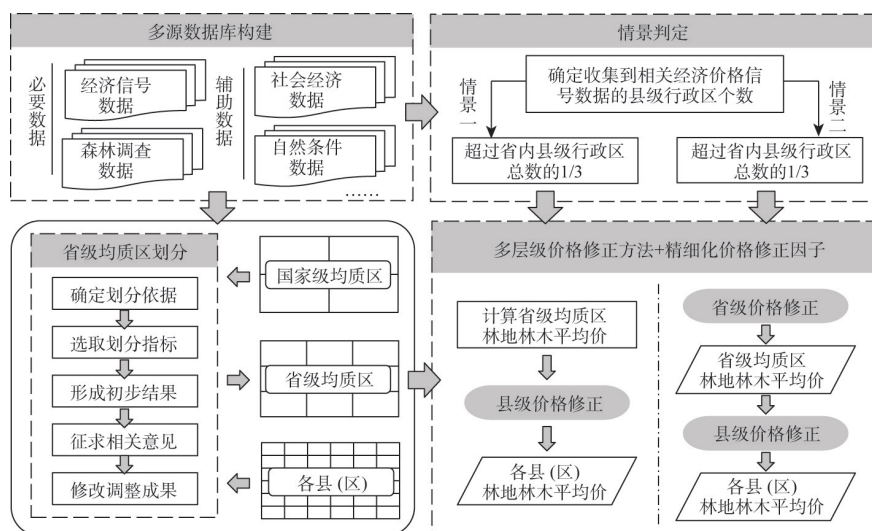


图1 多层级精细化的森林资源资产清查价格体系构建框架

Fig. 1 Multi-level and refined framework for constructing forest resources asset inventory price system

### 1.1.1 多源数据库构建与情景判定

基础数据条件是进行森林资源资产清查价格体系建设工作的重要依据。《试行指南》中对价格信号数据与森林现状调查数据做出了较高的要求,忽略了各地区经济信号数据基础不同的客观条件。在中国森林资源丰富的东部及南部地区,有着较为活跃的森林资源交易市场,同时也意味着较为丰富的经济信号数据;但在西北、西南等生态脆弱地区仅对森林资源进行保护与修护工作,鲜有林地流转交易行为,致使当地大范围森林资源价格信号数据的缺失<sup>[17]</sup>。由于价格体系构建的核心在于确定各单元森林资源价值的相对大小,在交易价格信号数据基础不一的客观条件下,价格信号数据、森林资源现状调查成果、统计资料、遥感监测等多源数据的融合使用为平衡不同数据基础条件地区的森林资源资产清查价格体系构建工作提供了可行性。

情景判定是进行价格修正设置的重要基础。森林资源空间分布不均衡,森林资源资产交易状况不一是中国森林资源资产管理工作中客观存在的问题,也是制约着森林资源资产清查价格体系工作全面应用的瓶颈问题。同时基于不同情景设置不同的价格修正方法,以满足不同数据基础地区的价格体系应用。

### 1.1.2 省级均质区划分

国家级森林资源资产均质区(以下简称“国家级均质区”)是指在全国范围内统一划定的水文、地貌、地理区位、森林资源状况等因素基本一致的资源清查区域。均质区能够体现一定区域内森林资源资产的平均价格水平,直接影响着森林资源资产清查价格体系构建的质量<sup>[18]</sup>。然而,现有的国家级均质区的划分依据为《中国林业发展区划2011》这类现有的森林资源区划成果,时效性较差;其划分结果也较为粗略,即便是同一均质区内的森林资源也有很大的差别。因此亟需结合森林资源特性划分出科学合理的森林资源资产均质区。均质区划分通常需要以工作目标为导向、以数据为驱动进行:如林业区划主要依据空间结构、分布规律及发展条件进行<sup>[19]</sup>;生态功能区划多以切实服务生态功能可持续发展为管理目标进行<sup>[20]</sup>;农业区划则依据农业生产自然条件、农业经营机制与农业地域功能进行<sup>[21]</sup>。故而,森林资源资产均质区的划分也应充分围绕资源清查工作目标,设置均质区划分原则,选取可以表征森林资源资产状况的划分依据及指标,并选用科学合理的划分方法。

综上所述,本文基于森林资源资产现状特性,以资源资产清查工作为目标导向,采用两步距离与动态约束的空间聚类方法,在国家级均质区的基础上进行细化与改进,从而得到符合相关部门管理需求的省级森林资源资产均质区(以下简称“省级均质区”),以解决粗略区划带来的研究难点。

#### (1) 均质区划分依据与指标选取

为遵循自然资源资产均质区划分中系统结构的一致性、功能需求的一致性、经营主体目标的一致性、系统空间的连续性及行政区域完整性等原则<sup>[18]</sup>,本文基于多源数据库与森林资源现状特性,结合森林资源资产清查工作实践经验,将影响森林资源资产均质区划分的依据确定为水文条件、社会经济条件、地理位置及森林资源状况四个方面,并据此选取相应的划分指标(表1)。

#### (2) 均质区划分方法

本文使用基于两步距离与动态约束的空间聚类方法进行省级均质区的划分。该方法采用两步距离算法[式(1)]定义区域的属性空间距离,并形成空间邻接限制的聚类联接,



以保证区域化结果在空间上连续<sup>[22,23]</sup>。

$$\begin{aligned} |e_{xk}| = d_{xk}^2 = & \frac{N_u + N_x}{N_k + N_x} d_{xu}^2 + \\ & \frac{N_v + N_x}{N_k + N_x} d_{xv}^2 - \frac{N_x}{N_k + N_x} d_{uv}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

式中： $e_{xk}$ 为 $R_x$ 与 $R_k$ 两区域的属性空间距离； $d_{xk}$ 、 $d_{xu}$ 、 $d_{xv}$ 及 $d_{uv}$ 分别为 $R_x$ 与 $R_k$ 、 $R_x$ 与 $R_u$ 、 $R_x$ 与 $R_v$ 及 $R_u$ 与 $R_v$ 区域间邻接距离； $R_k = R_u \cup R_v$ ； $N_u$ 、 $N_v$ 及 $N_x$ 分别为 $R_u$ 、 $R_v$ 及 $R_k$ 包含的县级行政区个数（个）。

接着以平方差之和（SSD）定义分区信息损失<sup>[24]</sup> [式（2）]，信息损失越少则分区结果越优，以最小信息损失为目标自上而下地解除联接状态后得到分区结果，并选取不同的限制集合分别得到分区结果，对其进行对比分析后选取最佳的限制集合及其相应的分区结果。

$$SSD(R) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (R'_{ij} - \overline{R'_j})^2 \quad (2)$$

式中： $R$ 是所要计算的整个区域； $SSD(R)$ 表示其 $SSD$ 值； $m$ 是属性数； $n$ 是 $R$ 中的对象数； $R'_{ij}$ 是第 $i$ 个对象的第 $j$ 个属性值； $\overline{R'_j}$ 是 $R$ 中所有对象第 $j$ 个属性的平均值。

1.1.3 均质区价格计算

均质区价格计算是构建价格体系的基础<sup>[25]</sup>。当研究区内经济信号数据充足时将以省级均质区为基本单元进行省内测算；当研究区内经济信号数据基础较差时则以国家级均质区为基本单元进行全国统一测算。国家级均质区价格计算及省级均质区价格计算均分为林地价格计算与林木价格计算两部分，《试行指南》中根据适用对象不同设置了相应的价格计算方法：林地价格计算采用林地基准价或指导价修正法、林地流转价修正法、收益还原法和林地期望价法等；林木价格计算主要方法包括：林木基准价或指导价修正法、林木交易价修正法、市场价倒算法、收获现值法、重置成本法。

1.1.4 精细化价格修正因子

森林资源资产清查价格修正因子（以下简称“修正因子”）是指用于不同层级之间的价格修正因子，是森林资源资产清查价格修正方法的重要组成。《试行指南》中设置的价格修正因子未能充分考虑森林资源经济价值的多元性<sup>[6]</sup>，也无法满足自然资源资产精细化管理的需求。如进行林地修正时未区分林地类型，统一使用仅针对乔木森林特性制定的蓄积量修正因子、树高修正因子与木材价格修正因子等，忽略了灌木森林及其他森林资源类型的存在，从而无法准确地反映森林资源资产价格的空间分异情况。然而，不同类型的林地与林木的价格体系应是不同的，仅将林地（土地资源）与林木区分进行森林资源价值量估算研究，并不能满足自然资源资产精细化管理的需求。

因此，本文结合森林资源资产清查实际工作经验，确定进行价格修正的因子应符合科学性、可取性以及专家知识三项原则。科学性，即该项修正因子应与修正对象的价格有一定的相关性；可取性，即该项因子获取途径明确且容易获取，通常情况下应有一定的数据基础支持；专家知识，即该项因子应经过一线从业人员及专家的咨询与认可。在满足价格修正因子选取原则的基础上，根据国土变更调查的森林资源分类体系设置不同调整对象的价格修正因子，确定了乔木林地、一般灌木林地、灌木经济林地、其他林地

表1 省级均质区划分依据与指标选取

Table 1 Provincial homogeneous area division basis and index selection

划分依据	指标选取
水文条件	降雨量、径流量、蒸发量
社会经济条件	人均GDP、林业收入
地理位置	平均海拔、地形地貌
森林资源状况	林地质量等级、森林蓄积量、净生产力

四种林地地类与用材林、经济林、能源林三类林种十余种林木的精细化价格修正因子，以更为全面科学地涵盖森林资源资产的主要价格体系类型（表2）。

表2 多层次精细化的森林资源资产清查价格修正因子  
Table 2 Multi-level and refined forest resource asset inventory price correction factor

调整对象	林地类别		省级修正	县级修正
林地	乔木林地		林地质量等级 修正因子	森林蓄积量
	灌木林地			净初级生产力
	其他林地			林地质量等级
调整对象	林种	龄组	省级修正	县级修正
林木	用材林	幼龄林	用工水平修正因子	平均胸径、平均株树
		中熟林及以上	交通区位修正因子	蓄积量、平均胸径
	经济林—乔木树种	产前期		平均胸径、平均株树
		初产期及以上		平均产量、产品均价
	经济林—灌木树种	—		净初级生产力、平均株树
	能源林	—		净初级生产力

1.1.5 多层次价格修正方法

森林资源资产清查价格修正方法（以下简称“价格修正方法”）用以估算全民所有森林资源资产经济价值的清查价格，是森林资源资产清查价格体系的主体。价格修正方法通常可以分为微观估算与宏观估算两种<sup>[5]</sup>：前者以宗地为基本单元进行评估并汇总，可以得到一定区域内森林资源资产的总价，但需要大量案例数据的支撑，导致工作量大、可行性较低；后者依据国家级均质区直接进行价值估算，但无法准确反映森林资源资产价值的空间分布，且显得过于粗略均化。于是本文面向地方森林资源资产管理应用需求，在减轻微观估算工作量的同时为弥补宏观估算造成的信息损失，基于数据基础条件设置了不同情景下的多层次价格修正方法。此外，为确保价格修正结果的相对稳定，参考资产评估行业经验，以国家级均质区价格上下30%的浮动范围为标准对价格体系测算得到的省级均质区及各县森林资源资产价格进行可靠性评估。

（1）省级价格修正方法

国家级均质区价格指示着区域内的森林资源资产价格的基础水平，但森林资源在不同区域的分布情况及资源条件存在一定的差异，因而其所具有的资产价值与价格也是不同的。通过前期的初步调研，林地质量等级是根据与森林植被生长密切相关的地形特征、土壤等自然环境因素和相关经营条件等进行的综合判定，与林地价格在总体上呈正相关；林木价格与人工成本及交通运输条件有着密切的关系。基于以上认识并结合青海省实际情况与现有数据基础，本文进一步分析确定了林地质量等级修正因子、用工水平修正因子及交通区位修正因子，结合不同林地地类与林木林种，通过下式构建了将国家级均质区平均价修正到省级均质区平均价省级修正体系：

$$S_{di} = Z_i \times G_{di} \tag{3}$$

$$S_{mj} = R \times K_j \times G_{mj} \tag{4}$$

式中： $S_{di}$  指某省级均质区内第*i*种地类林地价格（元/hm<sup>2</sup>）， $i \in \{\text{乔木林地, 灌木林地, 其他林地}\}$ ； $G_{di}$  指相应国家级均质区内第*i*种地类林地价格（元/hm<sup>2</sup>）； $Z_i$  指该省级均质区的林地质量等级修正因子； $S_{mj}$  指某省级均质区内第*j*种林木类型价格（元/hm<sup>2</sup>）， $j \in \{\text{用材$

林, 经济林, 能源林};  $G_{mj}$  指相应国家级均质区内第  $j$  种林木类型价格 (元/hm<sup>2</sup>);  $R$  和  $K_j$  分别指该省级均质区内的用工水平修正因子及交通区位修正因子。

### ① 林地质量等级修正因子

林地质量等级修正因子的计算方法为:

$$Z_i = Z_{si} / Z_{Gi} \quad (5)$$

式中:  $Z_{si}$  指某省级均质区范围内第  $i$  种地类的平均林地质量等级;  $Z_{Gi}$  指相应的国家均质区范围内第  $i$  种地类的平均林地质量等级。本文使用的林地质量等级数据来自青海省2020年度林地一张图, 依据林业行业标准《林地保护利用规划林地落界技术规程 LYT 1955—2011年》判定。

### ② 用工水平修正因子

用工水平修正因子的计算方法为:

$$R = R_s / R_G \quad (6)$$

式中:  $R_s$  指某省级均质区范围内的平均用工水平 (元/年);  $R_G$  指相应的国家均质区范围内的平均用工水平 (元/年)。本文使用的用工水平由青海省统计年鉴中农林牧渔业就业人员平均工资计算得到。

### ③ 交通区位修正因子

交通区位修正因子的计算方法为:

$$K_j = K_{sj} / K_{Gj} \quad (7)$$

式中:  $K_{sj}$  指某省级均质区范围内第  $j$  种林木类型的平均交通区位情况;  $K_{Gj}$  指相应的国家均质区范围内第  $j$  种林木类型的平均交通区位情况。本文使用的交通区位数据来自青海省2020年度林地一张图。

## (2) 县级价格修正方法

省级均质区细化了国家级均质区的分布与价格, 即将森林资源资产的价格细化到了中观层面。但即便是省级均质区内, 林地及部分林木 (如能源林) 的价格也会因地区资源条件的不同而有所变化, 如灌木林质量的优劣与生物量有较强的相关性, 乔木林质量与乔木生长状况也有紧密的联系。为了反映省级均质区内各县不同的森林资源状况, 本文进一步探索并确定了NPP修正因子、成熟林单位面积蓄积量修正因子为林地及林木价格的主要影响因素, 通过下式构建了将省级均质区平均价修正到各县平均价的县级修正体系:

$$X_{di} = \begin{cases} Z_i \times M_i \times S_{d1} & \text{或} \\ Z_i \times NPP_i \times S_{d2} & \text{或} \\ Z_i \times S_{d3} \end{cases} \quad (8)$$

$$X_{m3} = NPP_i \times S_{m3} \quad (9)$$

式中:  $X_{di}$  指某县第  $i$  种地类的林地价格 (元/hm<sup>2</sup>);  $d1$ 、 $d2$ 、 $d3$  分别指乔木林地、灌木林地、其他林地;  $X_{m3}$  指某县的能源林林木价格 (元/hm<sup>2</sup>);  $S_{m3}$  指相应均质区内的能源林林木价格 (元/hm<sup>2</sup>);  $Z_i$  为林地质量等级修正因子, 计算方式与升级修正体系中的林地质量等级修正因子类似;  $M_i$  为该县的成熟林单位面积蓄积量的修正因子;  $NPP_i$  为该县成熟林或能源林的净初级生产力 (NPP) 的修正因子。

### ① 成熟林单位面积蓄积量修正因子

成熟林单位面积蓄积量修正因子的计算方法为:

$$M_i = M_{Xi} / M_{Si} \quad (10)$$

式中:  $M_{Xi}$  指某县第  $i$  种地类的成熟林单位面积蓄积量 ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ );  $M_{Si}$  指相应的省级均质区范围内第  $i$  种地类的成熟林单位面积蓄积量 ( $\text{m}^3/\text{hm}^2$ )。

## ② NPP修正因子

NPP修正因子的计算方法为:

$$NPP_i = NPP_{Xi} / NPP_{Si} \quad (11)$$

式中:  $NPP_{Xi}$  指该县某种类型的林地或林木的 NPP ( $\text{g C}/\text{m}^2$ );  $NPP_{Si}$  指相应省级均质区范围内某种类型的林地或林木的 NPP ( $\text{g C}/\text{m}^2$ )。

## 1.2 研究区概况

青海省地貌复杂多样,五分之四以上的地区为高原,兼具了青藏高原、内陆干旱盆地和黄土高原三种地貌形态,汇聚了大陆季风性气候、内陆干旱气候和青藏高原气候三种气候。青海现有的森林资源稀缺,分布不均,物种单一,树种的高寒性突出,森林分布的海拔高。就总体森林资源质量来说,由于森林的原始性强,植物种类少,结构简单,因此总体质量较差。据“三调”主要数据成果可知,青海全省林地面积 460.4 万  $\text{hm}^2$ ,其中,灌木林地最多为 369.4 万  $\text{hm}^2$ ,占 80.24%,且灌木林以高寒灌丛和荒漠灌丛为主,经济效益低下<sup>[24]</sup>。同时对当地的木材市场进行实地调查后得知,省内鲜有林地流转交易行为,木材市场更不会进行当地木材交易,致使当地大范围森林资源价格信号数据的缺失,从而限制了精细化均质区平均价格计算的研究。

## 1.3 数据来源及情景判定

森林调查数据,即森林资源现状调查成果,来自青海省 2020 年度森林资源管理一张图,共有 35 万个图斑,涵盖权属单位名称、地类名称、图斑面积、林木蓄积量、林地质量等级等 34 个属性字段;社会经济数据,即反映青海省各县社会经济状况的数据,如林业从业人员工资水平、各县人均 GDP 等来自青海省统计年鉴;自然条件数据,即反映青海省各县社会经济状况的数据,如 NPP 数据来自 MOD17A3H 版本 6 产品提供的有关像素分辨率为 500 m 的年度净初级生产 (NPP) 的信息,降雨量数据来源于 GPM IMERG V06 提供的分辨率为  $0.1^\circ$  的月度降水数据产品,DEM 数字高程模型来源于地理空间数据云 (<http://www.gscloud.cn>) 的 GDEM V3 30 m 分辨率数字高程数据。此外,本文使用的林地分类依据均来自 2020 年度国土变更调查数据,森林资源管理“一张图”林地地类划分需要在“国土变更调查”基础上进行重分类。

价格信号数据,即清查工作要求收集的价格指标数据,如森林资源基准价或指导价、林地流转价格、林木及经济林产品价格等,均来自市场调研。但由于青海省特殊的自然环境与禁伐政策的影响,基本没有收集到相关的价格信号数据。收集到相关经济价格信号数据的县级行政区个数未超过省内县级行政区总数的 1/3 时为情景一,按照省县两级修正进行价格体系构建。

## 2 结果分析

### 2.1 国家级与省级均质区

选取 2020 年度青海省的各县林地质量等级、净初级生产力、森林平均蓄积量、平均海拔、人均 GDP 及降雨量共六项数据,处理得到空间属性数据集后,采用基于两步距离与动态约束的森林资源资产均质区划分方法,初步形成均质区划分方案,经过专家咨询



与论证后得到了青海省森林资源资产均质区划分结果(图2)。如图2可知,省级均质区在沿用国家级均质区中湟水河流域防护林林区范围的基础上,对青藏高原青海高寒植被与湿地防护林区进行了细化分割,将两个国家级均质区细化成为九个省级均质区。省级均质区整体上呈现块状分布特征,东部为湟水河流域防护林林区,其余地区以昆仑山脉为界在南部划分出了三个省级均质区,包括了部分祁连山脉与柴达木盆地(分别为高寒植被与湿地防护林北部I区~III区),与北部划分形成四个省级均质区,涵盖了整个三江源地区(分别为高寒植被与湿地防护林南部I区~IV区)。使用SSD定义分区信息损失,国家级均质区的信息损失为237.5,省级均质区的信息损失仅为95.4,在一定程度上更能保证各均质区内部信息的一致性,从而更好地服务于多层级价格修正。

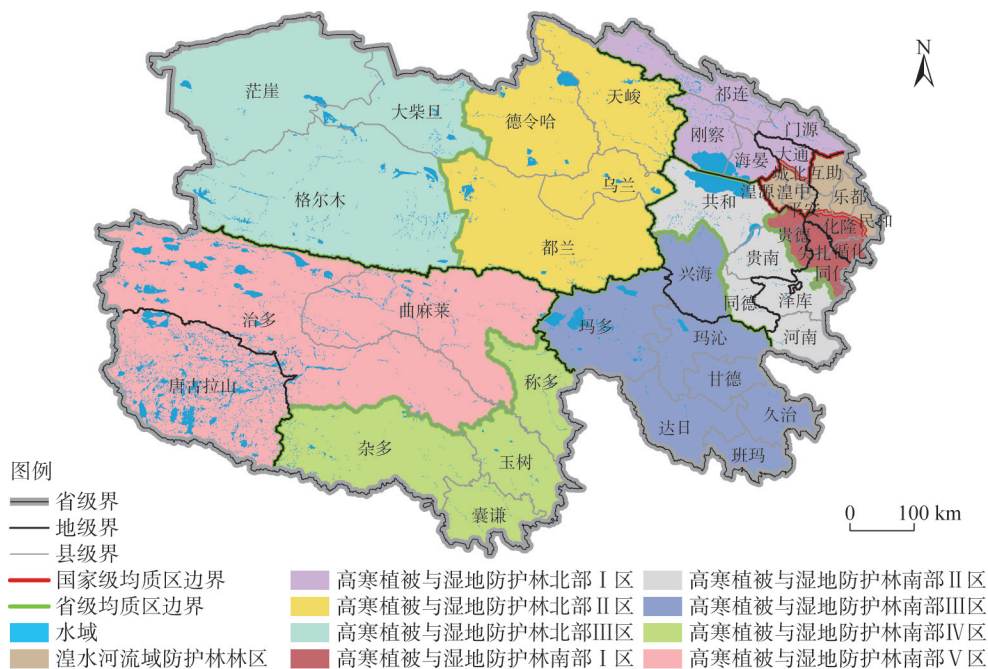


图2 青海省森林资源资产国家级均质区与省级均质区

Fig. 2 National and provincial homogeneous areas of forest resources assets in Qinghai province

## 2.2 林地资源资产价格体系

本文测算得到了青海省2020年林地资源资产价格体系(图3),包括国家级均质区价格、省级均质区价格以及各县价格三个层级,乔木林地、一般灌木林地、灌木经济林地以及其他林地四个林地类别。

省级均质区的林地价格代表着整个均质区内的价格基准,能够为无林地地区提供更准确的价格参考;四类林地的价格均呈现南低北高的空间特征,这与南部特殊的地理环境有较大关系。南部地区极端的气候环境条件基本不利于森林的生长与发展,高寒植被与湿地防护林南部III区~V区的海拔均在4000 m以上,多年最高平均温度不超过10℃<sup>[26]</sup>,导致南部地区的乔木蓄积量低、灌木覆盖度差,从而影响林地价格。具体来看,四类林地的价格波动在基本满足国家均质区价格30%上下限要求的基础上,能够反映出各层级之间林地资源资产的空间差异:灌木经济林地价格在6.0万~11.25万元/hm<sup>2</sup>之间,是四类林地价格的最高水平,在三个层级下的平均价格为8.4万元/hm<sup>2</sup>、7.78万元/hm<sup>2</sup>、7.51万元/hm<sup>2</sup>;一般



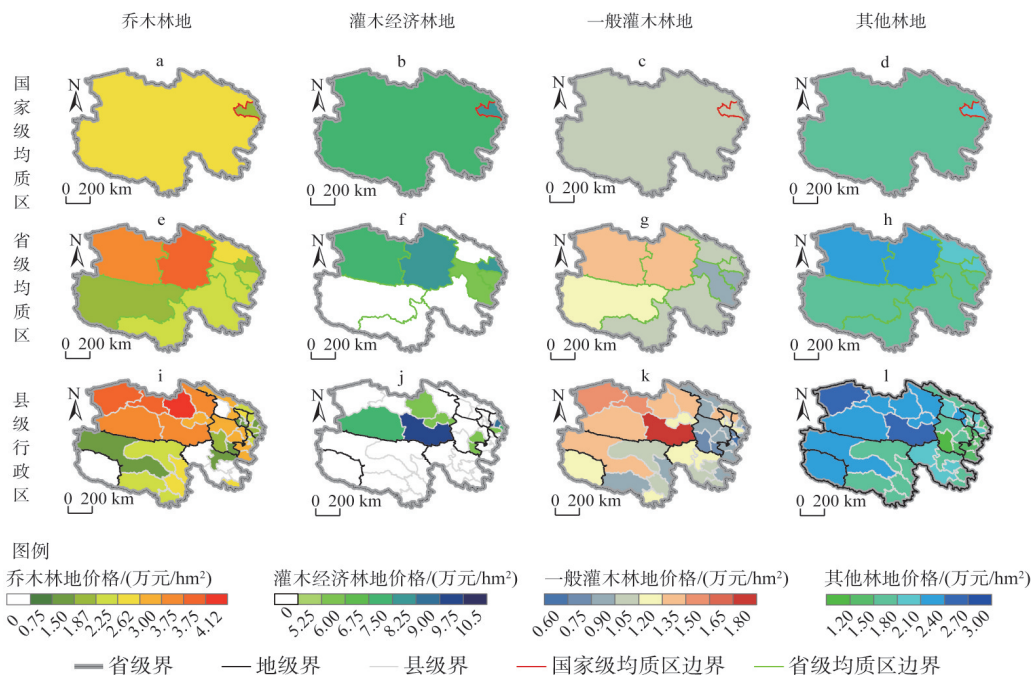


图3 青海省2020年度林地资源资产价格体系

Fig. 3 Forest land resource asset price structure of Qinghai province in 2020

灌木林地的价格波动在0.6万~1.8万元/hm<sup>2</sup>之间,是四类林地价格的较低水平,在三个层级下的平均价格为1.12万元/hm<sup>2</sup>、1.03万元/hm<sup>2</sup>、1.05万元/hm<sup>2</sup>;北部Ⅱ区与北部Ⅲ区的的价格最高,达到了1.34万元/hm<sup>2</sup>与1.32万元/hm<sup>2</sup>。

### 2.3 林木资源资产价格体系

本文测算得到了青海省2020年林木资源资产价格体系(图4),包括用材林、经济与能源林三个林种类别。其中用材林包含7类树种,经济林包含6类树种,为方便展示与分析,在此分别选取代表树种青海云杉(*Picea crassifolia* Kom)与枸杞(*Lycium chinense* Miller)进行价格体系结果分析。又因湟水河流域防护林区在国家级均质区与省级均质区范围一致,用材林与经济林在此均质区内并未进行修正,故仅针对青藏高原高寒植被与湿地防护林区进行分析。

由图4可知,青海云杉价格随着林龄增长而增加,价格差距则随着林龄增加而缩小。幼龄林价格最低基本不超过3.0万元/hm<sup>2</sup>,成熟林价格最高超过了18.0万元/hm<sup>2</sup>。各林龄的省级均质区价格在国家级均质区价格的上下波动,除南部Ⅲ区的青海云杉价格远高于国家级均质区,其余地区的青海云杉价格均满足国家均质区价格30%上下限范围的要求;枸杞的价格因产期的不同有很大的差别,产前期的枸杞价格仅在6.0万元/hm<sup>2</sup>左右,而产果期的枸杞价格最低也可达到12.0万元/hm<sup>2</sup>。不同省级均质区的枸杞价格差别较小,基本在国家级均质区枸杞价格上下浮动,南部Ⅱ区因用工水平较低,所以整个均质区的枸杞价格最低,但基本能够满足国家均质区价格30%上下限范围的要求。能源林价格体系不区分树种,与林地类似分为国家级均质区价格、省级均质区价格以及各县价格三个层级,整体价格波动幅度较小,基本满足国家均质区价格30%上下限范围的要求。各县能源林价格受当地林业用工水平、交通条件等因素影响,北部地区价格高于南

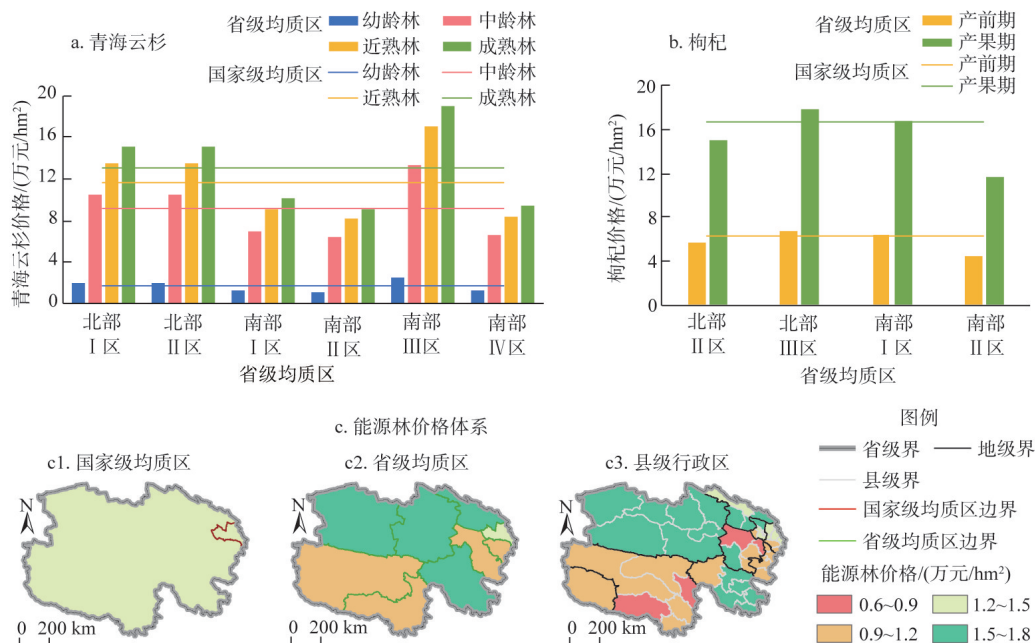


图4 青海省2020年度林木资源资产价格体系

Fig. 4 Forest resources asset price structure of Qinghai province in 2020

部地区价格，北部地区价格多集中在1.5万~3.0万元/hm<sup>2</sup>，南部地区除达日县及周围几县外，价格均在0.9万~1.2万元/hm<sup>2</sup>。

### 3 结论与讨论

本文提出了一套能够于不同数据基础条件地区应用的多层级精细化的森林资源资产清查价格体系构建框架，为森林资源资产精细化管理提供了方法理论支持。该框架沿用了《试行指南》中“自上而下，逐级确定”的价格体系构建思路<sup>[5]</sup>，在减轻微观估算工作量的同时，弥补了宏观估算造成的信息误差。数据库构建部分在价格信号数据、森林资源现状调查成果的基础上，融合使用了多源实时数据，为平衡不同数据基础条件地区的价格体系构建工作提供了可行性。根据收集到相关经济价格信号数据的县级行政区个数进行的基础情景判定，基本满足了不同数据基础地区的价格体系应用。以森林资源资产清查工作为目标导向提出的均质区划分方法，充分结合了森林资源资产现状特性，并准确度量了信息损失。基于数据基础条件设置了不同情景下的多层级价格修正方法与精细化区分资源类型的价格修正因子，全面科学地满足了自然资源资产精细化管理的需求。

在实践方面，以青海省为例进行了框架可行性与有效性验证，得到了2020年的森林资源资产清查价格体系。结果表明，本文提出的多层级精细化的森林资源资产清查价格体系构建框架，可以实现均质区的科学划分，省级均质区内的信息损失显著降低；同时实现了四类林地十余种林木的精细化价格体系构建，以满足森林资源资产精细化管理的需求。青海省是林业生态工程建设重点地区，对当地的森林资源资产经济效益进行评估能够促进林业投资积极性，从而做到对森林资源的适度保护与充分利用<sup>[27]</sup>。

综上所述,本文提出的多层次精细化的森林资源资产清查价格体系构建框架,较好地解决了中国森林资源资产清查价格体系建设中存在的问题,可为当前仍处于探索发展阶段的自然资源资产清查价格体系构建提供理论方法与实证参考。同时该体系构建框架具有自适应和应用灵活等特点,能够随国家级均质区价格的调整,实现多层次价格体系的动态更新。未来的研究可从以下几个方面进一步优化调整:在框架体系价值内涵方面,目前仅涉及自然资源资产的经济价值,未来还可对其生态价值及社会价值的实现路径进行探索,丰富自然资源资产的价值内涵,从而做到对自然资源的充分保护与适度利用<sup>[17]</sup>。在研究方法方面,可在划分省级均质区的基础上,尝试对不同均质区的价格信号进行系统调查,获取更加精细的价格信号数据,进而采用指导价修正法、林木交易价修正法等方法计算不同均质区的均价,以提高均质区平均价的精细化程度;在方法应用方面,对于森林资源丰富且异质性较强的地区,以县级行政区为基本单元进行价格体系构建已无法捕捉当地森林资源资产的基本特性,因此可以考虑在乡镇层面进行微观尺度的研究,进一步提升价格体系多元化应用能力。

### 参考文献(References):

- [1] 张杨,杨洋,江平,等.山水林田湖草生命共同体的科学认知、路径及制度体系保障.自然资源学报,2022,37(11): 3005-3018. [ZHANG Y, YANG Y, JIANG P, et al. Scientific cognition, path and governance system guarantee of the Life Community of Mountains, Rivers, Forests, Fields, Lakes and Grasses. Journal of Natural Resources, 2022, 37(11): 3005-3018.]
- [2] 田亚亚,张永红,彭彤,等.全民所有自然资源资产清查理论基础与基本框架.测绘科学,2021,46(3): 192-200. [TIAN Y Y, ZHANG Y H, PENG T, et al. The theoretical basis and basic framework for the inventory of state owned natural resources assets. Science of Surveying and Mapping, 2021, 46(3): 192-200.]
- [3] 张卫民,李辰颖.森林资源资产负债表核算系统研究.自然资源学报,2019,34(6): 1245-1258. [ZHANG W M, LI C Y. Study on the accounting system of forest resources balance sheet. Journal of Natural Resources, 2019, 34(6): 1245-1258.]
- [4] 赵同谦,欧阳志云,郑华,等.中国森林生态系统服务功能及其价值评价.自然资源学报,2004,19(4): 480-491. [ZHAO T Q, OUYANG Z Y, ZHENG H, et al. Forest ecosystem services and their valuation in China. Journal of Natural Resources, 2004, 19(4): 480-491.]
- [5] 秦静,吕宾,王曦,等.自然资源资产价值量估算思路探讨.中国国土资源经济,2022,35(2): 29-35. [QIN J, LYU B, WANG X, et al. Discussion on estimating the value quantity of natural resource assets. Natural Resource Economics of China, 2022, 35(2): 29-35.]
- [6] 谷树忠,李维明.自然资源资产价值及其评估.中国经济时报,2015-11-27(14), <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=JJSB201511270141&DbName=CCND2015>. [GU S Z, LI W M. The value and evaluation of natural resource assets. China Economic Times, 2015- 11- 27(14), <https://kns.cnki.net/kcms/detail/detail.aspx?FileName=JJSB201511270141&DbName=CCND2015>.]
- [7] 陈水光,兰子杰,苏时鹏.自然资源资产价值可持续实现路径分析.林业经济问题,2022,42(1): 21-29. [CHEN S G, LAN Z J, SU S P. Analysis on the sustainable realization path of the value of natural resource assets. Issues of Forestry Economics, 2022, 42(1): 21-29.]
- [8] 沈镭,钟帅,胡纾寒.新时代中国自然资源研究的机遇与挑战.自然资源学报,2020,35(8): 1773-1788. [SHEN L, ZHONG S, HU S H. Opportunities and challenges of natural resources research of China in the New Era. Journal of Natural Resources, 2020, 35(8): 1773-1788.]
- [9] 杨昔,喻建华,乔亮亮.自然资源资产价值评估初探.中国国土资源经济,2020,33(9): 29-34. [YANG X, YU J H, QIAO L L. A preliminary study on the evaluation of natural resources asset value. Natural Resource Economics of China, 2020, 33(9): 29-34.]
- [10] 刘利.自然资源资产价值确定与方法探讨.统计与决策,2021,37(1): 41-44. [LIU L. Value determination of natural resource assets and discussion on its methods. Statistics and Decision, 2021, 37(1): 41-44.]
- [11] 郭韦杉,李国平,王文涛.自然资源资产价值核算研究:以陕北佳县林木资源为例.干旱区资源与环境,2021,35(7):

- 1-7. [GUO W S, LI G P, WANG W T. Accounting the value of natural resources assets: A case study of forest resources in Jia county. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2021, 35(7): 1-7.]
- [12] 杨海乐, 危起伟, 陈家宽. 基于选择容量价值的生态补偿标准与自然资源资产价值核算: 以珠江水资源供应为例. *生态学报*, 2020, 40(10): 3218-3228. [YANG H L, WEI Q W, CHEN J K. Quantifying the payments for ecosystem services and the value of natural resources based on the indicator of optional capacity value: A case study on water resources supply in Zhujiang River Basin, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(10): 3218-3228.]
- [13] 邵全琴, 刘树超, 宁佳, 等. 2000—2019年中国重大生态工程生态效益遥感评估. *地理学报*, 2022, 77(9): 2133-2153. [SHAO Q Q, LIU S C, NING J, et al. Assessment of ecological benefits of key national ecological projects in China in 2000-2019 using remote sensing. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(9): 2133-2153.]
- [14] 许骞骞, 曹先磊, 孙婷, 等. 中国森林碳汇潜力与增汇成本评估: 基于Meta分析方法. *自然资源学报*, 2022, 37(12): 3217-3233. [XU Q Q, CAO X L, SUN T, et al. Assessment of forest carbon sequestration potential and the cost of increasing carbon sequestration in China: Based on meta-analysis method. *Journal of Natural Resources*, 2022, 37(12): 3217-3233.]
- [15] 何利, 沈镭, 张卫民, 等. 我国自然资源核算的实践进展与理论体系构建. *自然资源学报*, 2020, 35(12): 2968-2979. [HE L, SHEN L, ZHANG W M, et al. Practical progress and theoretical system construction of natural resources accounting in China. *Journal of Natural Resources*, 2020, 35(12): 2968-2979.]
- [16] 陈方圆, 张卫民, 范振林. 自然资源资产价值体系构建及应用. *统计与决策*, 2023, 39(7): 33-38. [CHEN F Y, ZHANG W M, FAN Z L. Construction and application of natural resource asset value system. *Statistics and Decision*, 2023, 39(7): 33-38.]
- [17] 李林蓓, 李剑泉, 郭慧敏. 中国木材市场时空格局分析. *林业资源管理*, 2022, (1): 78-85. [LI L B, LI J Q, GUO H M. Analysis on spatiotemporal pattern of China timber market. *Forest Resources Management*, 2022, (1): 78-85.]
- [18] 柴勇, 马建忠, 方向京, 等. 滇西北天然林生态分区研究. *西部林业科学*, 2020, 49(6): 16-20. [CHAI Y, MA J Z, FANG X J, et al. Study on ecological regionalization of natural forests in Northwest Yunnan province. *Journal of West China Forestry Science*, 2020, 49(6): 16-20.]
- [19] 李南岍, 陈建伟. 对中国森林区划的新探讨. *林业资源管理*, 2011, (4): 1-5. [LI N Q, CHEN J W. New approach of forest zoning in China. *Forest Resources Management*, 2011, (4): 1-5.]
- [20] 宋友城, 田毅, 安栓霞. 大清河流域生态功能区划研究. *生态科学*, 2021, 40(6): 197-206. [SONG Y C, TIAN Y, AN S X. Study on ecological function zoning of river basin of Daqing River Basin. *Ecological Science*, 2021, 40(6): 197-206.]
- [21] 刘彦随, 张紫雯, 王介勇. 中国农业地域分异与现代农业区划方案. *地理学报*, 2018, 73(2): 203-218. [LIU Y S, ZHANG Z W, WANG J Y. Regional differentiation and comprehensive regionalization scheme of modern agriculture in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(2): 203-218.]
- [22] GUO D S, WANG H. Automatic region building for spatial analysis. *Transactions in GIS*, 2011, 15(s1): 29-45.
- [23] GUO D S. Regionalization with dynamically constrained agglomerative clustering and partitioning (REDCAP). *International Journal of Geographical Information Science*, 2008, 22(7): 801-823.
- [24] GUO D S. Greedy optimization for contiguity-constrained hierarchical clustering. In: IEEE. 2009 IEEE International Conference on Data Mining Workshops. Miami, FL: IEEE, 2009: 591-596.
- [25] 朱道林, 张晖, 段文技, 等. 自然资源资产核算的逻辑规则与土地资源资产核算方法探讨. *中国土地科学*, 2019, 33(11): 1-7. [ZHU D L, ZHANG H, DUAN W J, et al. Discussion on the logical rules of natural resources asset accounting and the methods of land resource asset accounting. *China Land Science*, 2019, 33(11): 1-7.]
- [26] 李红梅, 颜亮东, 温婷婷, 等. 三江源地区气候变化特征及其影响评估. *高原气象*, 2022, 41(2): 306-316. [LI H M, YAN L D, WEN T T, et al. Characteristics of climate change and its impact assessment in the Three-River Regions. *Plateau Meteorology*, 2022, 41(2): 306-316.]
- [27] 李忠魁, 陈绍志, 张德成, 等. 对我国森林资源价值核算的评述与建议. *林业资源管理*, 2016, (1): 9-13. [LI Z Q, CHEN S Z, ZHANG D C, et al. Value accounting of forest resources: comment and proposal. *Forest Resources Management*, 2016, (1): 9-13.]



## Multi-level and refined forest resources asset inventory price system construction

WHANG Jia-xue<sup>1</sup>, CHEN Yi-yun<sup>1</sup>, LAI Feng<sup>2</sup>, ZHANG Zhe-yue<sup>1</sup>, XIONG Zeng-lian<sup>2</sup>,  
ZHENG Min<sup>2</sup>, QIAO Zhan-ming<sup>2</sup>, YU Pei-heng<sup>1</sup>

(1. School of Resource and Environmental Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Qinghai Provincial Natural Resources Survey and Monitoring Institute, Xining 810001, China)

**Abstract:** The construction of natural resources asset inventory price system is the basis for estimating natural resources asset values. This paper proposes a multi-level and refined framework for the construction of forest resources asset inventory price system that can be applied in areas with different data base conditions. Based on the integration of multi-source data such as forest status attributes, statistical data and remote sensing monitoring, the framework includes multi-level price correction and refined resource type price correction factors, supported by the scenario determination of price signal data conditions, and centered on the provincial homogeneous region division oriented by the inventory work goal. And the framework aims to tackle the challenges including sparse transaction price signal, rough national homogeneous areas, different economic signal data bases and single price system application levels in the construction of forest resources asset inventory price system in China. Taking Qinghai province as an example, multi-source data from the forest resources survey (350000 patches) and remote sensing images were employed to derive provincial homogeneous areas based on the national ones. Specifically, a two-step distance and dynamic constraint method for derivation was adopted to reduce information loss. Then, the correction factors were set based on the principles of objectivity, availability and expert knowledge. The average price of forest land and forest in the national homogeneous area are refined to the provincial and county-level homogeneous areas, which can construct the refined price system of more than ten kinds of trees in four types of forest land. The proposed multi-level refined framework and empirical results can support the delicacy management of forest resources assets in cold and arid regions with evidence-based policy making. The main findings of this paper are as follows: (1) The information loss of the national homogeneous areas is 237.5. The refined provincial homogeneous areas reduce the information loss to 95.4, which can better ensure the consistency of information within each homogeneous area. (2) The county price range of forest land and trees can meet the requirements of the current forest resources asset inventory provincial price system. (3) The price of arbor forest land, general shrub forest land, economic shrub forest land and other types of forest land shows the spatial characteristics of low in the south and high in the north, This is related to the special geographical environment in the south of Qinghai and the ecological afforestation project in the north of the province over the years.

**Keywords:** forest resources assets; natural resources asset inventory; natural resources asset price system; homogeneous area