

中华人民共和国林业行业标准

XX/T XXXXX—XXXX

森林立地质量评价技术规程

Technical regulation for forest site quality evaluation

(报批稿)

XXXX-XX-XX发布

XXXX-XX-XX实施

国家林业和草原局 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件附录A-E为规范性附录，F、G为资料性附录。

本文件由国家营造林标准化技术委员会（SAC/TC385）归口。

本文件主要起草单位：中国林业科学研究院资源信息研究所、国家林业和草原局生态保护修复司、吉林省林业调查规划设计院。

本文件主要起草人：雷相东、符利勇、李海奎、唐守正、刘丹、段光爽、蒋三乃、国红、高文强、谢阳生、刘国良、闫晓旺、李玉堂。

目次

| | |
|---|----|
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 评价总体 | 2 |
| 5 立地质量评价模型建立 | 2 |
| 5.1 评价指标 | 3 |
| 5.2 数据 | 3 |
| 5.3 林分生长类型组划分 | 3 |
| 5.4 立地等级划分 | 3 |
| 5.5 林分断面积、蓄积和生物量生长模型建立 | 3 |
| 5.7 潜在生产力表编制 | 5 |
| 6 立地质量评价等级 | 5 |
| 7 小班立地质量评价 | 5 |
| 7.1 评价单元 | 5 |
| 7.2 调查因子 | 5 |
| 7.3 评价方法 | 5 |
| 7.4 评价结果 | 5 |
| 附录 A (规范性附录) 立地质量评价总体划分 | 6 |
| 附录 B (规范性附录) 立地因子划分 | 7 |
| 附录 C (规范性附录) 林分生长类型组划分流程 | 8 |
| 附录 D (规范性附录) ××林分生长类型组基准年龄时潜在生产力表 (基准年龄=××) | 9 |
| 附录 E (规范性附录) ××林分生长类型组全周期生长过程最大连年生长量表 | 10 |
| 附录 F (资料性附录) ××林分平均高生长模型 | 11 |
| 附录 G (资料性附录) ××林分断面积 (蓄积) 生长模型 | 12 |
| 附录 H (资料性附录) 立地质量各等级的蓄积潜在生产力范围 | 13 |
| 参考文献 | 14 |

1 范围

本文件规定了森林立地质量评价的总体划分、模型建立、数表编制、小班立地质量评价等方面的技术要求。

本文件适用于人工林和天然林的立地质量评价。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 26424 森林资源规划设计调查技术规程

LY/T 2415 地位指数表编制技术规程

LY/T 2416 林业数表编制数据采集技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

森林立地 forest site

林木和林地所处的空间单元的环境。

3.2

立地质量 site quality

影响森林和其它植被生产力的环境条件的总和，包括气候、土壤、地形等非生物和生物因子，其高低用在某一立地上既定森林或者其它植被类型的潜在生产力来表示。

[来源：LY/T 2415-2015，3.2，有修改]

3.3

基准年龄 Reference age

用以表示立地质量的特定年龄。综合考虑以下方面确定基准年龄：树高生长趋于稳定后的一个龄阶；采伐年龄；自然成熟龄的一半年龄；材积或树高平均生长量最大时的年龄。混交林由优势树种来确定。

[来源：LY/T 2415-2015，3.6]

3.4

潜在生产力 potential productivity

在某一种立地上，某种确定的森林，在基准年龄时的最大单位面积断面积、蓄积或生物量的

林业/T ××××—××××

连年生长量。

3.5

林分生长类型 stand growth type

具有近似树种组成、相同起源、近似立地条件和相似生长过程的一类林分。同一林分生长类型有近似的潜在生产力。

3.6

林分生长类型组 group of stand growth types

将全部林分生长类型分成若干个统计总体叫做林分生长类型组（简称制表类或编表单元），在给定的模型精度下，每个总体可以使用相同数学模型描述林分生长过程。

3.7

立地等级 site grade

同一林分生长类型组中的林分在不同立地上的潜在生产力不同，一般根据立地类型和树高生长划分成若干等级，称为立地等级。

3.8

混交林 mixed-species forest

任一组成树种的断面积（蓄积）占林分总断面积（蓄积）的比例不超过 65%的林分。

3.9

林分平均高 stand mean height

林分各组成树种的断面积加权平均高，用主林层优势树种的平均高来表示。

3.10

林分平均年龄 stand mean age

林分各组成树种的断面积加权平均年龄，用主林层优势树种的平均年龄来表示。

3.11

林分密度指数 stand density index

现实林分的株数换算到标准平均胸径时所具有的单位面积株数。对于混交林，采用可加性林分密度指数来表示。

4 评价总体

将森林立地质量评价总体划分为 3 个立地区域、16 个立地带（见附录 A）。也可以按县级（含）以上行政区域，或中国林业发展区划三级区（含）以上为总体实施。

5 立地质量评价模型建立

5.1 评价指标

用潜在生产力作为森林立地质量评价的指标。

注：以下立地质量的建模计算只以林分蓄积生产力为例，断面积和生物量生产力建模计算与蓄积生产力类似。

5.2 数据

采用连续观测不少于3次的固定样地数据进行建模，样地面积大于等于600平方米。样地因子包括测树因子和立地因子。测树因子包括林分树种组成、平均年龄、林分平均高、林分密度指数、林分断面积、蓄积和生物量等；立地因子包括海拔、坡向、坡度、坡位、土壤类型、土壤厚度、枯落物厚度、腐殖质层厚度等，其划分等级见附录B。

5.3 林分生长类型组划分

5.3.1 初始分类

先将全部林分划分成针叶纯林、阔叶纯林、针叶混交林、阔叶混交林和针阔混交林5个大类；在每个大类内，根据先验知识和树种组成或者采用生态学上的双向指示种分类法(TWINSPAN)产生一个初始分类（见附录C），初始分类中每类至少保证有150个样地，并根据林分干扰情况可适当增加。

5.3.2 生长模型建立和聚类

对于每一初始类，建立林分平均高、林分断面积生长模型（推荐树高和断面积生长模型形式见附录F、G）。再采用聚类分析等方法，对生长模型参数进行聚类，逐步合并和修正，给定一定精度后直到类间差异最大和类内差异最小，最终形成林分生长类型组。

混交林林分生长类型组划分流程见附录C。

5.4 立地等级划分

5.4.1 林分高生长曲线法

1) 利用林分生长类型组的林分平均高与平均年龄建立林分平均高生长模型（推荐树高生长模型形式见附录F），按5个立地等级（见5.4.2）拟合树高生长曲线簇，建立5条林分高生长曲线。

2) 将具有相同立地因子等级组合的样地作为划分单元，根据以上建立的各分级曲线簇的模型参数，计算每个单元的树高观测值与5条分级曲线产生的树高估计值的离差平方和，具有最小离差平方和的曲线即为该单元所属的分级。

3) 将2)中产生的各曲线所属的新的样地重新拟合树高曲线，重复2)。

4) 反复迭代，直到每个单元的所属的林分高生长曲线不再发生变化，此时的曲线为该单元最终所属的立地分级。

5.4.2 地位指数法

对于人工纯林，可以直接根据地位指数进行均分形成等级。地位指数相关方法见LY/T 2415地位指数表编制技术规程。

5.5 林分断面积、蓄积和生物量生长模型建立

5.5.1 模型基本条件

——显含或隐含林分平均年龄；

- 含有林分密度指数；
- 断面积或蓄积连年生长量与林分密度呈非单调函数关系；
- 通过模型确定系数、绝对和相对误差等统计量选择拟合优度最好的模型，模型确定系数一般不低于 0.8；
- 不同立地等级的模型参数随立地等级由低到高呈现规律性增加。

5.5.2 模型建立

对于每个林分生长类型组，建立林分平均高、断面积和蓄积生长模型（推荐生长模型形式见附录 G）。得到 5.4 中不同立地等级的生长参数。

$$H = f_H(T, L; \hat{\beta}_H) \quad (1)$$

$$BA = f_{BA}(T, SDI, L; \hat{\beta}_{BA}) \quad (2)$$

$$V = f_V(T, SDI, L; \hat{\beta}_V) \quad (3)$$

$$SDI = \sum_{i=1}^N (D_i / D_0)^\beta \quad (4)$$

式中：

H —林分平均高，单位为米(m)；

BA —林分断面积，单位为平方米每公顷(m^2/hm^2)；

V —林分蓄积量，单位为立方米每公顷(m^3/hm^2)；

SDI —林分密度指数，单位为株每公顷(株/ hm^2)；

N —林分密度，单位为株每公顷(株/ hm^2)；

L —立地等级，取 1、2、3、4、5；

T —林分平均年龄，单位为年；

D_i —林分第 i 株树的胸径，单位为厘米(cm)；

D_0 —基准胸径，单位为厘米(cm)；

β —最大密度线的斜率；

$\hat{\beta}_H$ ， $\hat{\beta}_{BA}$ 和 $\hat{\beta}_V$ —林分平均高、断面积和蓄积生长模型对应的参数估计向量。

示例：

$$H_L = a_L(1 - e^{-b_L T}) \quad (5)$$

$$BA_L = a_L(1 - e^{-b_L(SDI/1000)^{c_L} T})^{d_L} \quad (6)$$

$$V_L = a_L(1 - e^{-b_L(SDI/1000)^{c_L} T})^{d_L} \quad (7)$$

式中：

a_L, b_L, c_L, d_L —第 L 个立地等级的模型参数。

5.6 潜在生产力估算

1) 确定林分密度指数 SDI 的可行区间，可在现有数据中获得林分密度指数的最小值 (SDI_{\min}) 和最大值 (SDI_{\max})

2) 采用优化算法（如结合二分法和黄金分割），在 SDI 的可行区间找到不同立地等级 L 的林分蓄积连年生长量 MAI 的最大值（式 8）。当 T 等于林分基准年龄时的 MAI 最大值，即为潜在生产力。

$$\text{Max } MAI = f(L, T, SDI, H, \hat{\beta}_H, \hat{\beta}_{BA}, \hat{\beta}_V), SDI \in [SDI_{\min}, SDI_{\max}] \quad (8)$$

注：基准年龄的确定见 LY/T 2415-2015 表 1。

5.7 潜在生产力表编制

基于 5.6 中的结果，编制该林分生长类型组的基准年龄时的潜在生产力表（附录 D）和全生长过程最大连年生长量表（附录 E）。表中包括林分生长类型组、立地等级、年龄、最大连年生长量、林分平均高、林分断面积、林分株数密度和林分蓄积等。

6 立地质量评价等级

最终的立地质量评价可分为 10 个立地等级，各立地等级的蓄积潜在生产力范围见附录 H。
注：立地等级个数在实际应用时可根据评价总体和样本量酌情增减。

7 小班立地质量评价

7.1 评价单元

为建模总体范围内的小班。

7.2 调查因子

小班所在的林分树种组成、林分平均高、平均年龄、立地因子（海拔、坡向、坡度、坡位、土壤类型、土壤厚度、枯落物厚度、腐质层厚度等）。

7.3 评价方法

根据 5.3 中的林分生长类型组，确定其所属的类型；根据 5.4 中建立的树高生长方程，确定其立地等级；查基准年龄潜在生产力表（附录 D），就可得到该小班当前林分的立地质量（潜在生产力）。

7.4 评价结果

为各小班当前所属林分生长类型组的立地等级、基准年龄时潜在生产力和当前年龄时的最大连年生长量。基准年龄可参照《地位指数表编制技术规程 LY/T 2415》表 1 确定。

附录 A
(规范性附录)
立地质量评价总体划分

根据《中国森林立地》(张万儒, 1997), 全国可按 3 个立地区域、16 个立地带划分评价总体。

I 东部季风森林立地区域, 包括 9 个立地带

- (1) 寒温带森林
- (2) 中温带森林
- (3) 暖温带森林
- (4) 北亚热带森林
- (5) 中亚热带森林
- (6) 南亚热带森林
- (7) 北热带森林
- (8) 南热带森林
- (9) 赤道热带森林

II 西北干旱森林立地区域, 包括 2 个立地带

- (10) 干旱中温带森林
- (11) 干旱暖温带森林

III 青藏高原森林立地, 包括 5 个立地带

- (12) 青藏高原寒带森林
- (13) 青藏高原亚寒带森林
- (14) 青藏高原中温带森林
- (15) 青藏高原暖温带森林
- (16) 青藏高原亚热带森林

附录 B
(规范性附录)
立地因子划分

确定海拔、坡向、坡度、坡位、土壤类型、枯落物厚度、腐殖质层厚度、土壤厚度等作为反映立地质量的主要因子，划分等级如下：

海拔：按 200m 一个等级进行分级。

坡向：

1. 北坡：方位角 $338^{\circ}\sim 22^{\circ}$
2. 东北坡：方位角 $23^{\circ}\sim 67^{\circ}$
3. 东坡：方位角 $68^{\circ}\sim 112^{\circ}$
4. 东南坡：方位角 $113^{\circ}\sim 157^{\circ}$
5. 南坡：方位角 $158^{\circ}\sim 202^{\circ}$
6. 西南坡：方位角 $203^{\circ}\sim 247^{\circ}$
7. 西坡：方位角 $248^{\circ}\sim 292^{\circ}$
8. 西北坡：方位角 $293^{\circ}\sim 337^{\circ}$
9. 无坡向：坡度 $< 5^{\circ}$ 的地段

坡度：

1. 平坡： $< 5^{\circ}$ ；
2. 缓坡： $5^{\circ}\sim 14^{\circ}$ ；
3. 斜坡： $15^{\circ}\sim 24^{\circ}$ ；
4. 陡坡： $25^{\circ}\sim 34^{\circ}$ ；
5. 急坡： $35^{\circ}\sim 44^{\circ}$ ；
6. 险坡： $\geq 45^{\circ}$ 。

坡位：

1. 脊部；2. 上坡；3. 中坡；4. 下坡；5. 山谷（或山洼）；6. 平地。

土壤厚度：

a 亚热带山地丘陵、热带

厚 $\geq 80\text{cm}$

中 $40\text{cm}\sim 79\text{cm}$

薄 $< 40\text{cm}$

b 亚热带高山、暖温带、温带、寒温带

厚 $\geq 60\text{cm}$

中 $30\sim 59\text{cm}$

薄 $< 30\text{cm}$

枯落物厚度：

1. 薄： $< 5\text{cm}$
2. 中： $5\text{cm}\sim 10\text{cm}$
3. 厚： $> 10\text{cm}$

腐殖质层厚度：

1. 薄： $< 2\text{cm}$
2. 中： $2\text{cm}\sim 5\text{cm}$
3. 厚： $> 5\text{cm}$

附录 C
(规范性附录)

林分生长类型组划分流程

首先, 采用双向指示物种分类方法形成初始类。

(1) 统计各样地树种组成信息, 形成原始数据矩阵;

$$Y = \begin{pmatrix} B_{1 \times m} \\ V_{n \times m} \end{pmatrix}$$

矩阵 $B_{1 \times m}$ 为由树种名组成的 $1 \times m$ 的行向量; 矩阵 $V_{n \times m}$ 为各样地相应树种的蓄积百分比组成的 $n \times m$ 的矩阵; m 、 n 分别为树种数和样地个数。

(2) 运行 R 软件中的双向指示种分析 TWINSpan 包, 设置分类个数、每类限制个数、假种水平等参数, 得到初始分类;

(3) 提取初始分类林分特征, 根据林学知识和专家经验判断初始分类结果好坏。如不满意, 返回第二步, 直至满意为止。

其次, 基于以上双向指示种分析(TWINSpan)法形成的初始分类, 根据其林分生长过程的差异, 进一步聚类成林分生长类型组。

(4) 建立(3)中确定的初始类的林分平均高和断面积生长模型, 得到各类的模型参数;

(5) 将各类的模型参数作为聚类因子进行聚类, 得到最终的类为林分生长类型组。

附录 D
(规范性附录)

××林分生长类型组基准年龄时潜在生产力表 (基准年龄=××)

| 立地等级 | Max_MI (m ³ /hm ² /year) | H (m) | D (cm) | N (株/hm ²) | V (m ³ /hm ²) |
|------|---|----------|-----------|---------------------------|---|
| I | ×× | ×× | ×× | | |
| II | ×× | ×× | ×× | | |
| III | ×× | ×× | ×× | | |
| IV | ×× | ×× | ×× | | |
| V | ×× | ×× | ×× | | |

注: Max_MI:最大蓄积连年生长量; H:林分平均高; D:林分平均胸径; N:林分密度; V:林分蓄积量。

附录 E
(规范性附录)

××林分生长类型组全周期生长过程最大连年生长量表

| 立地等级 | 年龄 | Max_MAI (m ³ /hm ² /year) | H (m) | D (cm) | N (株/hm ²) | V (m ³ /hm ²) |
|------|-----|--|----------|-----------|---------------------------|---|
| I | 10 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 11 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 12 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | ... | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 200 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| II | 10 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 11 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 12 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | ... | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 200 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| III | 10 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 11 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 12 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | ... | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 200 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| IV | 10 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 11 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 12 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | ... | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 200 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| V | 10 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 11 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 12 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | ... | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |
| | 200 | ×× | ×× | ×× | ×× | ×× |

注：Max_MAI：最大蓄积连年生长量；H：林分平均高；D：林分平均胸径；N：林分密度；V：林分蓄积量。

附录 F
(资料性附录)
林分平均高生长模型

| 序号 | 曲线名称 | 方程 |
|-----|------------------|--|
| 1. | 倒数型曲线 | $H = a + \frac{b}{c + T}$ |
| 2. | 广义单分子型 | $H = a + be^{-cT}$ |
| 3. | Richard 曲线 | $H = a(1 - e^{-cT})^b$ |
| 4. | Logistic 曲线 | $H = \frac{a}{1 + be^{-cT}}$ |
| 5. | Hossfeld 曲线 | $H = \frac{a}{1 + bT^{-c}}$ |
| 6. | Korf 曲线 | $H = ae^{-bT^{-c}}$ |
| 7. | Levakovic 曲线 3 型 | $H = a \left(\frac{T^2}{c + T^2} \right)^b$ |
| 8. | Levakovic 曲线 2 型 | $H = a \left(\frac{T}{c + T} \right)^b$ |
| 9. | Gompertz 曲线 | $H = ae^{-be^{-cT}}$ |
| 10. | 平移 Allometric 曲线 | $H = a(T + c)^b$ |
| 11. | 对数线性式 | $H = a + b \log(T + c)$ |

注：H 为林分平均高，T 为林分平均年龄，a, b, c 为参数。

附录 G
(资料性附录)
林分断面积(蓄积)生长模型

| 序号 | 方程 |
|----|--------------------------------------|
| 1. | $Y = a(1 - e^{-b/T})(SDI/SDI_0)^c$ |
| 2. | $Y = a(1 - e^{-b(SDI/SDI_0)^c T})^d$ |
| 3. | $Y = a(1 - e^{-b(SDI/SDI_0)^c T})$ |
| 4. | $Y = aT^{-1}e^{(b+cSDI)}$ |

注：Y 为林分断面积、蓄积或生物量，T 为林分平均年龄，SDI 为林分密度指数，SDI₀ 为常数，可取 1000、1500、3000 等，a, b, c, d 为参数。

附录 H
(资料性附录)

立地质量各等级的蓄积潜在生产力范围

| 立地质量等级 | 蓄积生产力范围 ($\text{m}^3/\text{hm}^2/\text{year}$) |
|--------|--|
| 1 | >11 |
| 2 | (9.5-11] |
| 3 | (7.5-8.5] |
| 4 | (6.5-7.5] |
| 5 | (5.5-6.5] |
| 6 | (4.5-5.5] |
| 7 | (3.5-4.5] |
| 8 | (2.5-3.5] |
| 9 | (1.5-2.5] |
| 10 | ≤ 1.5 |

参考文献

- [1]张万儒. 1997. 中国森林立地. 北京: 科学出版社.
- [2]雷相东, 符利勇, 唐守正等. 2020. 森林立地质量定量评价—理论 方法 应用. 北京: 中国林业出版社.
- [3]张金屯. 2018. 数量生态学 (第三版). 北京: 科学出版社.