ICS 65.020.40
CCS B 64

DB63

青海省地方标准

DB 63/ T XXX—2023

林业碳汇造林项目监测与计量技术规程

点击此处添加标准英文译名

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

（报批稿）

（本稿完成日期：2023-6-29）

XXXX－XX－XX 发布　　XXXX－XX－XX 实施

青海省市场监督管理局　　发 布

目　　次

前　言.....II
1　范围.....1
2　规范性引用文件.....1
3　术语与定义.....1
4　碳库的确定.....2
5　监测.....2
5.1　林地样地调查.....2
5.2　生物量获取方法.....2
6　计量监测方法.....2
6.1　地上、地下生物量计算.....2
7　碳变化计算方法.....5
7.1　总碳储量.....5
7.2　碳变化计算.....6
8　监测要求.....6
附录A（规范性附录）　样地调查数据记录表.....7
附录B（资料性附录）　独立生物量模型拟合结果及评价指标.....8
附录C（资料性附录）　两种相容性模型参数.....12
附录D（资料性附录）　两种相容性模型的评价指标.....14
参考文献.....16

前　　言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由青海省林业和草原局提出并归口。

本文件起草单位：青海省林业碳汇服务中心、中国科学院新疆生态与地理研究所、中国科学院西北高原生物研究所、青海大学。

本文件起草人：仪律北、许文强、张法伟、李强峰、包安明、郑雪婷、毛春艳、三琴、董春霞。

本文件由青海省林业和草原局监督实施。

林业碳汇造林项目监测与计量技术规程

1 范围

本文件规定了林业碳汇造林项目计量监测的术语和定义、碳库确定、计量监测、碳储量和碳变化、监测要求的相关要求。

本文件适用于指导开展胸径在 6cm 以下林分碳汇计量监测。

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。

LY/T 2253 造林项目计量监测指南

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

碳库

碳的储存库，通常包括地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤有机质碳库。其单位为质量单位。此外，木质林产品也可以视作是一个碳库。

[来源：LY/T 2252-2014，3.2]

3.2

造林

通过栽植、播种和/或人工促进天然更新方式，将至少 50a 以来的无林地转化为有林地的人为直接活动。

[来源：GB/T 15776-2016，3.2]

3.3

地上生物量

土壤层以上以干重表示的植被所有活体的生物量，包括干、桩、枝、皮、种子、花、果和叶及草本植物。

[来源：LY/T 3253-2021，3.2.17]

3.4

地下生物量

所有活根的生物量，通常不包括难以从土壤有机成分或枯落物中区分出来的细根（直径≤2.0mm）。
[来源：LY/T 3253-2021，3.2.18]

3.5

碳储量
一个库中碳的数量，单位：吨碳（tC）。
[来源：LY/T 3253-2021，3.2.33]

3.6

计量
在项目开始前或科研报告阶段，对项目预期产生的项目减排量进行事前核算。
[来源：LY/T 2253-2014，3.2]

3.7

监测
在项目具体实施过程中，对项目实际产生的项目减排量进行事后核算。
[来源：LY/T 2253-2014，3.3]

4 碳库的确定

以胸径 6cm 以下的林地为对象，选择地上生物量和地下生物量两个碳库，进行连续的碳汇计量和碳汇监测。

5 监测

5.1 林地样地调查

5.1.1 样地设置

按照LY/T 2253执行。

5.1.2 抽样方法

按照树种地径大小划分样木径阶，进行分层随机抽样，将地径分为 0～1、1～2、2～3、3～4、4～5、5～6cm 6 个径阶，每个径阶选取 3 株～5 株样木，根据每木检尺结果在样地内选择满足径阶要求且分布均匀的样地作为采样地。

5.2 生物量获取方法

在生物量年积累最高时期，使用整株收获法获得生物量方程建模数据。在采样前，再次测量并记录所有幼树样木的地径、树高和冠幅，由东西及南北向两次测量得到的冠幅取平均值作为该幼树冠幅数据，同时记录树高达 1.3m 的样木胸径数据，样地调查数据记录表见附录 A。

6 计量监测方法

6.1 地上、地下生物量计算

6.1.1 生物量模型

6.1.1.1 独立模型

将各个组分生物量实测数据直接与自变量进行拟合，使用广义最小二乘法（GLS）拟合非线性模型，其中，一元和二元方程按照公式（1）和（2）计算，自变量选择用逐步回归法确定，包括独立变量和组合变量，模型评价指标见附录 B。

$$Y = \beta_0 + x_1\beta_1 + \varepsilon \quad Y = \beta_0 + x_1\beta_1 + x_2\beta_2 + \varepsilon \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：

Y——立木总生物量或分项生物量；

x_i——自变量：地径（BD）、树高（H）、冠幅（C）；

β_i——模型参数；

ε——是误差项。

评价评价指标确定系数（R^2）、估算值标准误差（SEE）、平均预估误差（MPE）和总相对误差（TRE）的评价指标，按照公式（3）～（6）计算。

$$R^2 = 1 - \sum(y_i - \hat{y}_i)^2 / \sum(y_i - \bar{y})^2 \quad \cdots\cdots (2)$$

$$SEE = \sqrt{\sum(y_i - \hat{y}_i)^2 / (n-p)} \quad \cdots\cdots (3)$$

$$TRE = \sum(y_i - \hat{y}_i)^2 / \sum \hat{y}_i \times 100\% \quad \cdots\cdots (4)$$

$$MPE = t_a \times (SEE / \bar{y}) / n \times 100\% \quad \cdots\cdots (5)$$

式中：

y_i——样本生物量实际观测值；

$\hat{y}_i$——模型预估值；

$\bar{y}$——样本平均值；

n——样本单元数；

p——模型参数个数；

t_a——置信水平 α 时的 t 值，这里取 α=0.05 时 t 的值。

6.1.1.2 比例总量直接控制模型

构建比例总量直接控制模型，计算出整株生物量模型，平差分配给树干、树枝、树叶、树根。使用各组分生物量的独立模型的参数估计值作为初始值，利用非线性似乎不相关法（NSUR）进行联立方程组参数的求解。以树高和地径为例，比例总量直接控制模型见公式（7），评价指标按照公式（3）～（6）计算，模型参数及评价指标见附录 C 和附录 D：

$$
\begin{cases}
Y_{总} = a_1 \times H^{a_2} \times BD^{a_3} + \varepsilon_1 \\
Y_{干} = \dfrac{1}{1 + b_1 \times H^{b_2} \times BD^{b_3} + m_1 \times H^{m_2} \times BD^{m_3} + n_1 \times H^{n_2} \times BD^{n_3}} (a_1 \times H^{a_2} \times BD^{a_3}) + \varepsilon_2 \\
Y_{叶} = \dfrac{b_1 \times H^{b_2} \times BD^{b3}}{1 + b_1 \times H^{b_2} \times BD^{b_3} + m_1 \times H^{m_2} \times BD^{m_3} + n_1 \times H^{n_2} \times BD^{n_3}} (a_1 \times H^{a_2} \times BD^{a_3}) + \varepsilon_3 \\
Y_{枝} = \dfrac{m_1 \times H^{m_2} \times BD^{m_3}}{1 + b_1 \times H^{b_2} \times BD^{b_3} + m_1 \times H^{m_2} \times BD^{m_3} + n_1 \times H^{n_2} \times BD^{n_3}} (a_1 \times H^{a_2} \times BD^{a_3}) + \varepsilon_4 \\
Y_{根} = \dfrac{n_1 \times H^{n_2} \times BD^{n_3}}{1 + b_1 \times H^{b_2} \times BD^{b_3} + m_1 \times H^{m_2} \times BD^{m_3} + n_1 \times H^{n_2} \times BD^{n_3}} (a_1 \times H^{a_2} \times BD^{a_3}) + \varepsilon_5
\end{cases}
\quad \ldots\ldots (6)
$$

式中：

$Y_{总}$——单木整株的生物量（kg）；

$Y_{干}$——树干的生物量（kg）；

$Y_{叶}$——树叶的生物量（kg）；

$Y_{枝}$——树枝的生物量（kg）；

$Y_{根}$——树根的生物量（kg）；

a——生物量模型参数；
b——生物量模型参数；
m——生物量模型参数；
n——生物量模型参数；
BD ——地径（cm）；
H——树高（m）；
c——冠幅（m）；
ε——误差项。

6.1.1.3 代数和控制模型

该模型是计算出树干、树枝、树叶和树根的模型后，4 个组分模型相加得到单木整株生物量模型，即各组分生物量与单木整株生物量联立成方程组，各组分的回归方程包含自身的自变量，而单木整株的生物量是所有自变量的函数之和，以此来保证各组分之和等于总量。以树高和胸径为例，代数和控制模型见公式（8），评价指标按照公式（3）～（6）计算，模型参数及评价指标见附录 C 和附录 D：

$$\begin{cases} Y_{总} = a_1 \times BD^{a_2} \times H^{a_3} + b_1 \times BD^{b_2} \times H^{b_3} + m_1 \times BD^{m_2} \times H^{m_3} + n_1 \times BD^{n_2} \times H^{n_3} + \varepsilon_1 \\ Y_{叶} = a_1 \times BD^{a_2} \times H^{a_3} + \varepsilon_2 \\ Y_{枝} = b_1 \times BD^{b_2} \times H^{b_3} + \varepsilon_3 \\ Y_{干} = m_1 \times BD^{m_2} \times H^{m_3} + \varepsilon_4 \\ Y_{根} = n_1 \times BD^{n_2} \times H^{n_3} + \varepsilon_5 \end{cases} \tag{7}$$

式中：

$Y_{总}$——单木整株的生物量（kg）；

$Y_{干}$——树干的生物量（kg）；

$Y_{叶}$——树叶的生物量（kg）；

$Y_{枝}$——树枝的生物量（kg）；

$Y_{根}$——树根的生物量（kg）；

a——生物量模型参数；
b——生物量模型参数；
m——生物量模型参数；
n——生物量模型参数；
BD ——地径（cm）；
H——树高（m）；
c——冠幅（m）；
ε——误差项。

7 碳变化计算方法

7.1 总碳储量

幼总碳储量是项目区域内地上生物量碳储量与地下生物量碳储量之和，其中地上、地下生物量碳储量为地上、地下生物量与含碳率的乘积。按照公式（9）～（11）计算：：

$$C_{总} = C_{地上} + C_{地下} \quad \text{.....} (8)$$

$$C_{地上} = B_{地上} \times CF \quad \text{.....} (9)$$

$$C_{地下} = B_{地下} \times CF \quad \text{.....} (10)$$

式中：

$C_{总}$——总生物量碳储量（tC）；

$C_{地上}$——总地上生物量碳储量（tC）；

$C_{地下}$——总地下生物量碳储量（tC）；

$B_{地上}$——总地上生物量碳储量（tC）；

$B_{地下}$——总地下生物量碳储量（tC）；

CF——幼龄林树种含碳率（%）。

7.2 碳变化计算

采用库-差别法计算。通过测算 2 个时间点相应林分的碳库储量以估算生物量碳库（$C_{总}$）变化。生物量碳库年变化量（ΔC_t）的计算是采用时间 t_1 和 t_2 间的生物量碳库差额，除以相应时间段（年数），按照公式（12）计算。

$$\Delta C_t = \frac{C_{总，t_2} - C_{总，t_1}}{t_2 - t_1} \qquad \text{.....(11)}$$

8 监测要求

监测应基于样地开展，其中样地的复位率应达到 100%，样地的复位率应≥98%。一般植被层碳汇量的监测间隔期小于等于 5 年,其余监测要求按照 LY/T 2253 要求进行。

附　录　A
（规范性附录）
样地调查数据记录表

样地调查数据记录表见表 A.1。

表 A.1 样地调查数据记录表

样地号：　　面积：　　优势树种：　　调查员：　　调查时间：　年　月　日

序号	样品编号	地径BD（厘米、cm）	（东西方向）冠幅 C_E（米、m）	（南北方向）冠幅 C_N（米、m）	树高H（米、m）	备注

附 录 B
（资料性附录）
独立生物量模型拟合结果及评价指标

独立生物量模型拟合结果及评价指标表见表 B.1。

表 B.1 独立生物量模型拟合结果及评价指标表

树种 Tree species	独立模型 Independent model	R^2	估计值的标准误差 Standard error of estimate (SEE,kg)	平均预估误差 Mean prediction error (MPE,%)	总相对误差总 Relative Error (TRE,%)
青海云杉 *Picea crassifolia*	$Y_{叶}= 0.0292BD^{2.3167}$	0.832	0.728	14.700	-0.033
	$Y_{叶}=0.0736BD^{1.4174}H^{0.8874}$	0.888	0.603	12.180	-0.015
	$Y_{叶}=0.0566BD^{1.8808}C^{0.400}$	0.838	0.731	14.660	-0.04
	$Y_{枝}= 0.0133BD^{2.5840}$	0.911	0.440	11.550	0.001
	$Y_{枝}=0.0105BD^{2.8034}H^{-0.2157}$	0.913	0.439	11.550	0.001
	$Y_{枝}=0.0488BD^{1.7228}C^{0,7957}$	0.936	0.377	9.889	0.000
	$Y_{干}= 0.0056BD^{2.8441}$	0.929	0.291	10.785	0.000
	$Y_{干}=0.0101BD^{2.0347}H^{1.0277}$	0.969	0.195	7.230	2.160
	$Y_{干}=0.0172BD^{2.1072}C^{0.6717}$	0.948	0.245	9.360	0.000
	$Y_{根}=0.038\ BD^{2.617}$	0.827	0.412	14.778	0.003
	$Y_{根}=0.02BD^{2.191}H^{0.02}$	0.827	0.417	14.983	0.000
	$Y_{根}=0.035BD^{1.8494}C^{0.3224}$	0.828	0.416	14.952	0.004
	$Y_{总}=0.0638BD^{2.4580}$	0.960	1.018	7.142	0.001
	$Y_{总}=0.0975BD^{2.0482}H^{0.4030}$	0.972	0.862	6.016	-0.001
	$Y_{总}=0.1593BD^{1.8527}C^{0.5570}$	0.972	0.863	6.060	0.000
油松 *Pinus tabuliformis*	$Y_{叶}=0.0106BD^{2.5002}$	0.867	0.308	19.640	0.027
	$Y_{叶}= 0.523C^{1.776}$	0.884	0.287	18.310	0.000
	$Y_{叶}=0.0131BD^{2.2799}H^{0.2271}$	0.864	0.320	20.300	0.070
	$Y_{叶}=0.0572BD^{1.4129}C^{0.8408}$	0.925	0.236	15.080	0.008
	$Y_{枝}= 0.0045BD^{2.8083}$	0.835	0.286	23.880	0.000

表 B.1 独立生物量模型拟合结果及评价指标表（续）

	$Y_{枝}=0.358C^{2.016}$	0.945	0.166	13.870	-0.001
	$Y_{枝}=0.0068BD^{2.3661}H^{0.4915}$	0.842	0.286	23.930	0.001
	$Y_{枝}=0.0668BD^{1.0731}C^{1.3120}$	0.954	0.153	12.850	-0.009
	$Y_{干}=0.0038BD^{3.0850}$	0.974	0.168	9.790	0.042
	$Y_{干}=0.512C^{2.016}$	0.845	0.408	23.850	-0.043
	$Y_{干}=0.0072BD^{2.3241}H^{0.9052}$	0.982	0.143	8.360	0.007
	$Y_{干}=0.0112BD^{2.3979}C^{0.5109}$	0.977	0.160	9.360	0.052
	$Y_{根}=0.007BD^{2.663}$	0.733	0.454	30.631	0.000
	$Y_{根}=0.451C^{1.98}$	0.827	0.364	24.604	-0.100
	$Y_{根}=0.015BD^{1.896}H^{0.814}$	0.729	0.467	31.564	0.030
	$Y_{根}=0.239BD^{0.405}C^{1.72}$	0.833	0.366	24.735	-0.070
	$Y_{总}=0.0244BD^{2.7656}$	0.915	0.971	16.363	0.010
	$Y_{总}=1.8415C^{1.9459}$	0.932	0.870	14.665	-0.020
	$Y_{总}=0.0431BD^{2.1606}H^{0.6533}$	0.915	0.990	16.72	0.040
	$Y_{总}=0.2132BD^{1.3694}C^{1.0667}$	0.975	0.543	9.147	0.000
祁连圆柏 *Juniperus przewalskii*	$Y_{叶}=0.2467H^{1.9446}$	0.866	0.248	16.100	-0.132
	$Y_{叶}=0.01C^{2.729}$	0.845	0.267	17.340	-0.103
	$Y_{叶}=0.1432BD^{0.4502}H^{1.5075}$	0.878	0.242	15.740	-0.136
	$Y_{叶}=0.0635C^{1.1437}H^{1.1830}$	0.881	0.238	15.510	-0.155
	$Y_{枝}= 0.1040H^{2.4482}$	0.918	0.147	15.520	-0.031
	$Y_{枝}=0.002C^{3.362}$	0.885	0.174	18.360	0.003
	$Y_{枝}=0.0867BD^{0.1533}H^{2.2986}$	0.919	0.150	15.810	-0.035
	$Y_{枝}=0.0348C^{0.9302}H^{1.8203}$	0.932	0.137	14.460	-0.050
	$Y_{干}= 0.1081H^{2.3846}$	0.909	0.157	16.800	-0.011
	$Y_{干}=0.002C^{3.309}$	0.903	0.162	17.310	0.020
	$Y_{干}=0.1030BD^{0.0495}H^{2.3212}$	0.907	0.162	17.320	0.062
	$Y_{干}=0.0225C^{1.3266}H^{1.4931}$	0.940	0.130	13.950	0.025
	$Y_{根}=0.207H^{2.116}$	0.839	0.290	19.818	-0.030

表 B.1 独立生物量模型拟合结果及评价指标表（续）

	$Y_{根}=0.009C^{2.801}$	0.767	0.348	23.812	0.000
	$Y_{根}=0.148BD^{0.274}H^{1.856}$	0.846	0.290	19.815	-0.020
	$Y_{根}=0.195C^{0.059}H^{2.067}$	0.8400	0.295	20.179	-0.050
	$Y_{总}=0.661H^{2.1768}$	0.950	0.519	10.673	-0.030
	$Y_{总}=0.021C^{2.9891}$	0.911	0.711	14.220	0.000
	$Y_{总}=0.0299BD^{0.5475}H^{2.1574}$	0.901	0.750	15.329	0.070
	$Y_{总}=0.4838C^{0.2606}H^{1.9232}$	0.952	0.524	10.634	-0.030
青杨 *Populus cathayana*	$Y_{叶}= 0.0013BD^{3.3212}$	0.718	0.076	33.278	0.000
	$Y_{叶}=0.0008BD^{2.9057}H^{0.1860}$	0.725	0.080	33.939	0.003
	$Y_{叶}=0.0777C^{3.8551}BD^{-0.2747}$	0.906	0.047	19.891	-0.001
	$Y_{枝}= 0.0008BD^{4.1618}$	0.907	0.104	20.232	0.020
	$Y_{枝}=0.0004BD^{2.5967}H^{1.3362}$	0.881	0.115	23.627	0.030
	$Y_{枝}=0.0121C^{1.5801}BD^{1.7187}$	0.887	0.118	23.050	-0.023
	$Y_{干}= 0.0640BD^{2.3374}$	0.847	0.496	19.352	0.000
	$Y_{干}=0.01468BD^{1.7461}H^{1.0621}$	0.895	0.423	16.552	0.007
	$Y_{干}=0.0343C^{1.9097}BD^{0.7196}$	0.859	0.489	19.160	0.004
	$Y_{根}= 0.014BD^{2.5047}$	0.835	0.135	17.251	0.010
	$Y_{根}=0.006BD^{2.1563}H^{0.4413}$	0.899	0.109	13.955	-0.001
	$Y_{根}=0.0107C^{-0.2131}BD^{2.2169}$	0.889	0.114	14.603	0.030
	$Y_{总}=0.0656 BD^{2.6228}$	0.913	0.590	14.399	0.000
	$Y_{总}=0.0190BD^{2.0321}H^{0.8878}$	0.953	0.447	10.954	-0.010
	$Y_{总}=0.0237C^{-0.15}BD^{2.792}$	0.923	0.574	14.061	0.040
白桦 *Betula platyphylla*	$Y_{叶}= 0.0021BD^{2.6124}$	0.835	0.106	23.893	-0.020
	$Y_{叶}=0.0003BD^{2.2231}H^{1.8284}$	0.856	0.102	23.038	0.040
	$Y_{叶}=0.0027C^{1.1978}BD^{2.0277}$	0.868	0.098	22.095	0.003
	$Y_{枝}= 0.0590BD^{1.3509}$	0.739	0.235	21.271	0.009
	$Y_{枝}=0.0310BD^{0.6223}H^{1.3959}$	0.809	0.207	18.803	0.030
	$Y_{枝}=0.1161C^{1.2650}BD^{0.5271}$	0.812	0.205	18.644	-0.030

表 B.1 独立生物量模型拟合结果及评价指标表（续）

	$Y_{干}= 0.0275BD^{2.2914}$	0.927	0.424	14.080	-0.020
	$Y_{干}=0.0025BD^{1.7796}H^{2.2388}$	0.978	0.239	7.979	-0.040
	$Y_{干}=0.0237C^{-0.3038}BD^{2.5137}$	0.931	0.422	14.071	0.000
	$Y_{根}=0.0072BD^{2.5343}$	0.950	0.153	11.777	0.010
	$Y_{根}=0.0052BD^{2.4341}H^{0.3570}$	0.952	0.154	11.945	0.000
	$Y_{根}=0.0077C^{0.2105}BD^{2.4225}$	0.952	0.155	11.980	0.030
	$Y_{总}=0.0686\ BD^{2.1597}$	0.960	0.569	9.710	0.020
	$Y_{总}=0.0198BD^{1.7524}H^{1.36}$	0.989	0.313	5.360	-0.010
	$Y_{总}=0.0732C^{0.1748}BD^{2.0609}$	0.961	0.577	9.882	0.040

附 录 C
（资料性附录）
两种相容性模型参数

两种相容性模型参数见表 C.1。

表 C.1 两种相容性模型参数估计值表

树种 Species	模型构建方法 Model building method	变量 Variable	参数估计值 Parameter estimate											
			a_1	a_2	a_3	b_1	b_2	b_3	m_1	m_2	m_3	n_1	n_2	n_3
青海云杉 *Picea crassifolia*	公式（8）	BD	0.000	2.782	—	0.000	2.623	—	0.000	2.898	—	0.000	2.218	—
		BD，H	0.092	1.244	1.005	0.008	2.918	-0.199	0.009	2.123	0.969	0.023	2.136	0.014
		BD，C	0.102	1.548	0.540	0.044	1.759	0.858	0.021	1.945	0.881	0.029	1.990	0.160
	公式（7）	BD	0.068	2.425	—	1.466	-0.032	—	8.089	-0.747	—	3.265	-0.593	—
		BD，H	0.093	2.023	0.490	0.943	0.747	-1.100	10.247	-0.861	0.007	2.673	-0.037	-0.886
		BD，C	0.183	1.764	0.625	2.197	-0.213	-0.026	4.853	-0.396	-0.344	1.479	0.010	-0.723
油松 *Pinus tabuliformis*	公式（8）	BD	0.007	2.693	—	0.004	2.847	—	0.002	3.359	—	0.007	2.665	—
		C	0.526	1.767	—	0.361	2.000	—	0.578	1.837	—	0.517	1.768	—
		BD，H	0.005	2.744	0.228	0.004	2.269	1.139	0.003	2.782	0.762	0.006	2.474	0.589
		BD，C	0.057	1.347	1.045	0.119	0.676	1.637	0.006	2.749	0.330	0.321	0.296	1.600
	公式（7）	BD	0.019	2.858	—	4.098	5.049	—	6.376	4.926	—	6.750	4.867	—
		C	1.977	1.836	—	0.623	0.166	—	0.908	-0.067	—	0.896	-0.069	—
		BD，H	0.015	2.655	0.715	0.948	-0.419	0.472	1.247	0.039	-0.476	1.352	-0.213	-0.102
		BD，C	0.230	1.321	1.095	23.193	-2.171	1.329	10.816	-1.484	0.735	61.708	-2.548	1.300

表 C.1 两种相容性模型参数估计值表（续）

祁连圆柏 *Juniperus przewalskii*	公式（8）	H	0.299	1.710	—	0.118	2.308	—	0.085	2.624	—	0.232	1.977	—
		C	0.017	2.436	—	0.002	3.384	—	0.001	3.759	—	0.007	2.891	—
		BD，H	0.206	0.306	1.420	0.107	0.080	2.232	0.100	-0.128	2.736	0.162	0.287	1.718
		H，C	0.094	0.993	1.012	0.029	1.438	1.220	0.010	1.251	1.886	0.129	1.616	0.513
	公式（7）	H	0.713	2.080	—	1.409	-0.331	—	3.651	-0.950	—	2.805	-0.671	—
		C	0.022	2.890	—	1.134	4.606	—	8.663	3.662	—	3.650	4.131	—
		BD，H	0.575	0.172	1.924	1.104	0.199	-0.515	2.208	0.409	-1.331	1.727	0.387	-1.021
		H，C	0.209	1.309	1.078	2.952	0.177	-0.671	9.498	-0.313	-0.857	13.018	0.353	-1.377
青杨 *Populus cathayana*	公式（8）	BD	0.000	7.285	—	0.000	4.367	—	0.030	2.379	—	0.011	2.265	—
		BD，H	0.001	2.745	0.260	0.000	2.631	1.264	0.015	1.739	1.063	0.006	2.118	0.466
		BD，C	0.000	0.070	21.019	0.016	1.532	1.723	0.006	3.443	-1.063	0.023	1.827	0.208
	公式（7）	BD	0.028	2.644	—	1.617	-1.408	—	3.204	-1.319	—	0.000	7.921	—
		H,BD	0.019	0.895	2.026	0.052	-0.312	0.635	0.024	0.783	0.444	0.377	-0.397	0.233
		BD，C	0.013	3.073	-0.114	36.818	-4.409	5.372	7.261	-2.477	2.886	3.075	-1.535	1.290
白桦 *Betula platyphylla*	公式（8）	BD	-0.016	-16.430	—	0.058	1.382	—	0.027	2.293	—	0.007	2.548	—
		BD，H	0.000	2.289	2.095	0.033	0.674	1.290	0.003	1.748	2.113	0.005	2.443	0.342
		C，BD	0.003	4.239	0.670	0.122	1.315	0.484	0.019	-0.712	2.735	0.007	0.094	2.481
	公式（7）	BD	0.055	2.230	—	1.334	-1.010	—	0.000	7.173	—	0.939	-0.331	—
		BD，H	0.017	1.449	1.749	0.083	-0.165	0.412	16.936	-0.912	-1.266	1.505	-1.644	0.622
		C，BD	0.062	0.118	2.160	0.074	1.471	-0.233	5.854	1.433	-1.984	0.307	0.536	-0.039

附　录　D
（资料性附录）
两种相容性模型的评价指标

两种相容性模型的评价指标见表 D.1。

表 D.1 两种相容性模型的评价指标表

树种 Tree species	模型构建方法 Model building method	变量 Variable	R^2				
			叶 Leaf	枝 Branch	干 Stem	根 Root	整株 Total tree
青海云杉 *Picea crassifolia*	公式（7）	BD	0.840	0.912	0.929	0.827	0.960
		BD, H	0.891	0.912	0.968	0.828	0.973
		BD, C	0.844	0.937	0.948	0.829	0.972
	公式（8）	BD	0.865	0.789	0.905	0.551	0.898
		BD, H	0.891	0.915	0.969	0.827	0.974
		BD, C	0.844	0.938	0.948	0.829	0.972
油松 *Pinus tabuliformis*	公式（7）	BD	0.728	0.656	0.864	0.628	0.906
		C	0.884	0.945	0.851	0.837	0.935
		BD, H	0.863	0.838	0.987	0.724	0.915
		BD, C	0.929	0.959	0.979	0.840	0.975
	公式（8）	BD	0.870	0.836	0.977	0.733	0.917
		C	0.884	0.945	0.851	0.837	0.935
		BD, H	0.867	0.842	0.987	0.729	0.918
		BD, C	0.927	0.957	0.980	0.840	0.974
祁连圆柏 *Juniperus przewalskii*	公式（7）	H	0.883	0.922	0.910	0.842	0.953
		C	0.844	0.832	0.884	0.746	0.894
		BD, H	0.893	0.922	0.911	0.848	0.956
		H, C	0.903	0.938	0.943	0.845	0.969
	公式（8）	H	0.880	0.922	0.911	0.842	0.934
		C	0.858	0.885	0.908	0.767	0.911
		BD, H	0.891	0.922	0.913	0.848	0.956
		H, C	0.899	0.938	0.944	0.846	0.968

表 D.1 两种相容性模型的评价指标表（续）

青杨 *Populus cathayana*	公式（7）	BD	0.426	0.519	0.809	0.300	0.920
		H, BD	0.720	0.878	0.894	0.896	0.953
		BD, C	0.904	0.890	0.862	0.886	0.926
	公式（8）	BD	0.522	0.818	0.851	0.884	0.928
		H, BD	0.725	0.881	0.895	0.899	0.954
		BD, C	0.482	0.886	0.868	0.871	0.938
白桦 *Betula platyphylla*	公式（7）	BD	0.601	-0.826	0.929	0.885	0.950
		BD, H	0.854	0.823	0.976	0.951	0.988
		C, BD	0.863	0.821	0.931	0.951	0.960
	公式（8）	BD	-0.666	0.736	0.927	0.951	0.947
		BD, H	0.855	0.808	0.978	0.952	0.990
		C, BD	0.730	0.812	0.928	0.952	0.965

参 考 文 献

[1] 国家林业局.造林项目碳汇计量与监测指南 2008
[2] 国家林业局.森林下层植被和土壤碳库调查技术规范 2012
[3]《碳汇造林项目方法学》（版本号 V01）
[4]《森林经营碳汇项目方法学》（版本号 V01）
[5]《造林技术规程》(GB/T 15776)
[6]《造林项目碳汇计量与监测指南》(LY/T 2253)
[7]《立木生物量模型及碳计量参数-云杉》(LY/T 2655)
[8] 《林业碳汇项目审定和核证指南》（LY/T 41198）
[9] IPCC, 2018：附件 1：术语表[Matthews，J.B.R. (编辑)]
[10] 《土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》（IPCC 国家温室气体清单计划）