

DB 1501

呼和浩特市地方标准

DB1501 XXXX—XXXX

森林草原碳汇计量监测技术规程

Technical guidelines for measurement and monitoring of forest and grassland
carbon sink
(草案)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

呼和浩特市市场监督管理局

发布

目录

前 言I

森林草原碳汇计量监测技术规程..... 1

1. 范围 1

2. 规范性引用文件..... 1

3. 术语和定义 1

4. 碳汇计量与监测的对象及范围.....3

 4.1 碳汇计量与监测对象.....3

 4.2 碳源汇计量与监测范围.....3

 4.3 碳库的选择与确定.....3

5. 碳汇计量与监测的调查方法.....4

 5.1 总体规划及调查方法.....4

 5.2 样地选择5

 5.3 样地调查6

 5.3.1 样地样方布设.....6

 5.3.2 调查指标.....8

6. 碳储量计量与监测估算方法..... 11

 6.1 森林碳储量计算公式..... 11

 6.1.1 碳储量总和..... 11

 6.1.2 乔木层碳储量..... 12

 6.1.3 灌木层碳储量..... 14

 6.1.4 草本层碳储量..... 15

 6.1.5 枯落物碳储量..... 16

 6.1.6 枯死木碳储量..... 16

 6.1.7 土壤有机碳储量..... 16

 6.2 草原碳储量计算公式..... 17

 6.2.1 碳储量总和..... 17

 6.2.2 草本层碳储量、土壤碳储量 17

7. 碳汇计量与监测.....17

8. 计量与监测相关关系的拟合与选择18

 8.1 林木生长模型..... 18

 8.2 生物量扩展因子模型..... 18

9. 监测要求19

附录 A20

附录 B.....28

附录 C.....29

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。

本文件由北京林淼生态环境技术有限公司提出。

本文件由呼和浩特市林业和草原局归口。

本文件起草单位：北京林淼生态环境技术有限公司、呼和浩特市林业和草原局森林和草原资源管理科、内蒙古城市更新研究发展有限公司。

本文件主要起草人：柴占国、郝利忠、曹文娟、刘瑞军、康宏、高岗、马海龙、王彦哲、史可君、马妍、吕丽娟、张旭泽、赵元楷、朱国平、高泗强、马骏、杨志青、徐翔宇、李虎虎、温涓、张嘉钊、赵瑞、云子豪、呼正祥、巴音布和。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

森林草原碳汇计量监测技术规程

1. 范围

本文件规定了呼和浩特市森林、草原碳汇的调查对象及范围、调查方法、碳汇估算方法和技术要求和标准。

本文件适用于森林、草原碳汇计量监测与碳储量调查监测。

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。

GB/T 26424 森林资源规划设计调查技术规程

NY/T 2998 草地资源调查技术规程

LY/T 1215 森林土壤水分—物理性质的测定

LY/T 1237 森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算

LY/T 2253 造林项目碳汇计量监测指南

LY/T 2250 森林土壤调查技术规程

LY/T 2259 立木生物量建模样本采集技术规程

LY/T 2988 森林生态系统碳储量计量指南

3. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

森林 forest

森林是指土地面积大于等于0.067公顷，郁闭度大于等于0.2，就地生长高度可达到2米以上（包含2米）的以树木为主体的生物群落，包括天然与人工幼林；以及行数在2行以上（含2行）且行距小于等于4米或冠幅投影宽度在10米以上的灌木林带。

呼和浩特市包括乔木林与国家特别规定的灌木林地，国家特别规定的灌木林地，是指分布在年均降水量400毫米以下的干旱（含极干旱、干旱、半干旱）地区，以及以获取经济效益为目的进行经营的灌木经济林。

3.2

草原 grassland

草原是指作为牲畜和野生动物采食与栖息为主要利用形式的一种土地类型,包括天然与人工起源,并可为人类提供优良生活环境和其他多种产品的多功能土地,具有资源和生产属性。

呼和浩特市包含温性草甸草原类、温性典型草原类、低地草甸类、温性山地草甸类等。

3.3

森林碳汇 forest carbon sink

森林碳汇是森林植物通过光合作用吸收大气中的二氧化碳将其固定在森林植被和土壤中的所有过程、活动或机制。

3.4

草原碳汇 grassland carbon sink

草原碳汇是指草原生态系统通过吸收大气中的二氧化碳,并将其固定在草原植被和土壤中的所有过程、活动或机制。

3.5

地上生物量 aboveground biomass

土壤层以上所有活体植物的生物质,包括茎干、桩、枝、皮、叶、花、果和繁殖体等,以干重表示。

3.6

地下生物量 belowground biomass

土壤层以下所有植物活根的生物质,通常不包括难以从土壤有机成分或枯落物中区分出来的直径 $\leq 2\text{mm}$ 的细根,以干重表示。。

3.7

枯落物 litter

土壤层以上,直径小于 $< 5.0\text{cm}$ 、处于不同分解状态的所有死生物量。包括凋落物、腐殖质,以及难以从地下生物量中区分出来的细根。

3.8

枯死木 dead wood

枯落物以外的所有死有机质,包括枯立木、枯倒木以及直径 $\geq 5.0\text{cm}$ 的枯枝、死根和树桩。

3.9

土壤有机碳 soil organic carbon

一定深度内（通常为1.0m）矿质土和有机土（包括泥炭土）中的有机碳。

3.10

碳储量 carbon stock

一个库中碳的数量，单位：吨碳（tC）。

3.11

立木材积 standing volume

活立木或枯立木的带皮体积，是指自树干根基部到树梢、并 $\geq 5\text{cm}$ 胸径范围的主干带皮体积（材积）。

3.12

森林蓄积量 forest stock

指森林内达到检尺范围的所有立木材积总量(单位：立方米)。

3.13

库（或碳库） pool（carbon pools）

具有累积或释放碳的能力的库或系统，碳库的实例有森林生物量、土壤和大气层。森林碳库，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五个碳库。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。单位是质量单位。

3.14

碳计量与碳监测 carbon accounting and monitoring

对监测区域边界内林业碳储量、碳排放量和碳汇量进行动态的调查与测算。

4. 碳汇计量与监测的对象及范围

4.1 碳汇计量与监测对象

碳汇计量与监测对象包括2023年林草湿综合监测数据（或该数据的最新更新数据）中林地、草地范围内的森林、草原。

4.2 碳源汇计量与监测范围

碳汇计量与监测范包括2023年林草湿综合监测数据(或该数据的最新更新数据)中林地、草地资源总量。

4.3 碳库的选择与确定

计量监测单位应明确地说明选择不选择某一个或多个碳库的理由，应连续对其进行碳计量与碳监测。

森林碳汇调查地上生物量、地下生物量、枯落物、枯死木和土壤五个碳库；草原考虑地

上生物量、地下生物量和土壤两个碳库。

5. 碳汇计量与监测的调查方法

5.1 总体规划及调查方法

在碳汇计量时，对监测范围内森林、草原根据起源、植被类型、优势树种、龄组等因素进行划分层级。通过分层把项目区植被合理的划分成若干个相对均一的同质单元（层），确保每一层级内部相对较为均一，然后再分别测定、计算和监测各层碳储量。

分层基于2023年林草湿综合监测数据（或该数据的最新更新数据）和高分遥感影像进行分层。

森林草原计量监测技术路线图见图1。

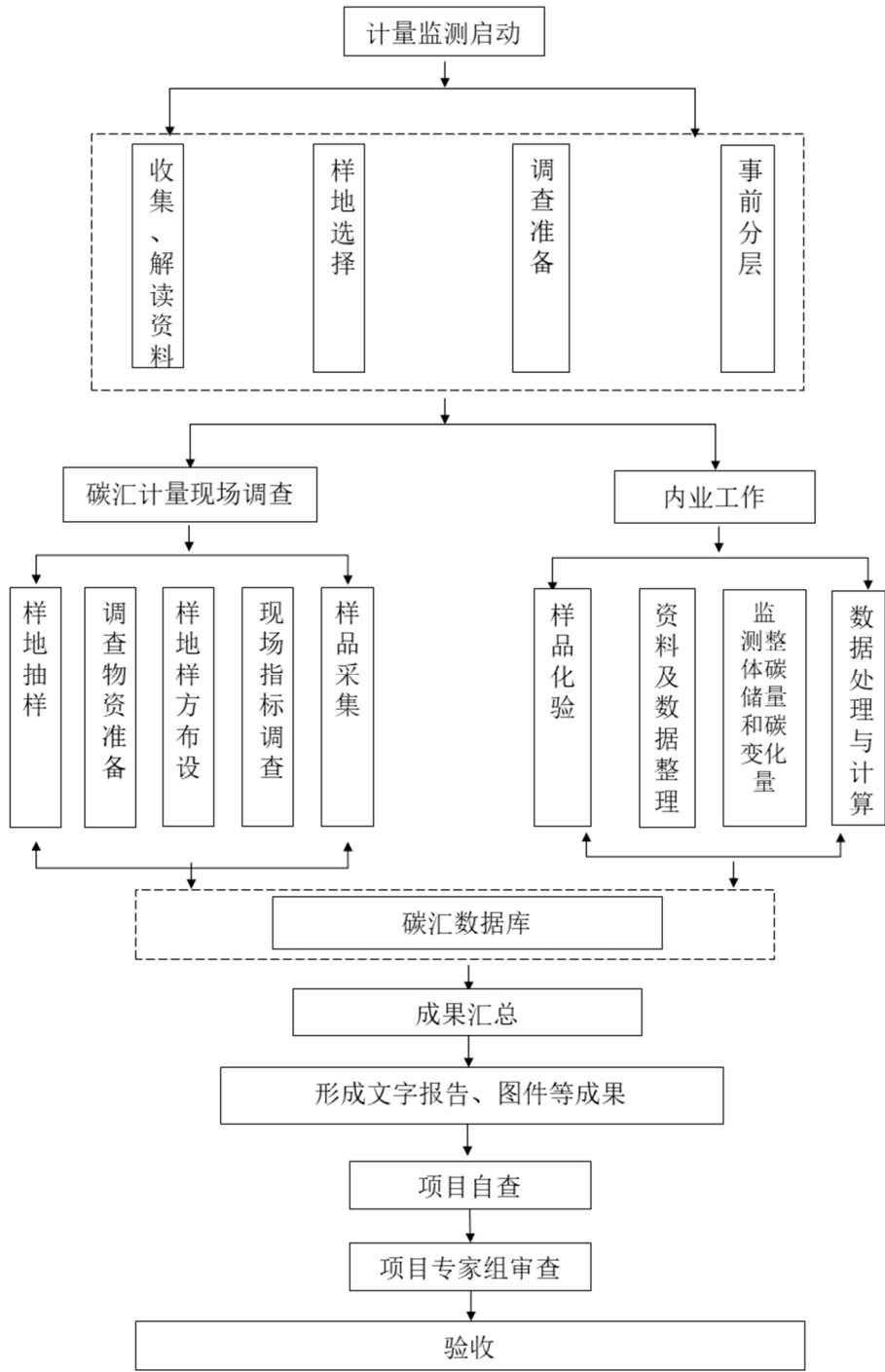


图1 森林草原计量监测技术路线图

5.2 样地选择

森林、草原样地抽样方法可依照《造林项目碳汇计量监测指南》（LY/T 2253-2014）、《土地利用、土地利用变化与林业碳汇计量监测技术指南》，并参考《立木生物量建模样本采集技术规程》（LY/T2259-2014）、《一元材积表编制技术规程》（LY/T2414-2015）、《林业数表编制数据采集技术规程》（LY/T2416-2015）等技术规程，确定样本总数。样地

采用分层抽样法。以区县一级行政单元作为独立调查总体，以4km×4km格网作为抽样单元，以格网的几何中心点与各分层后的林地、草地斑块的交点作为抽样点，样地应距离林地、草地斑块边界≥50m。

对抽取的样地数量是否能反映样本总体进行验算，样地数量不满足精度时应根据上述原则增设样地。森林、草原样地抽样可靠性取95%，按照90%的调查精度要求，采用以下公式计算

$$n = \frac{N \times t_{VAL}^2 \times (\sum_i w_i \times s_i)^2}{N \times E^2 + t_{VAL}^2 \times (\sum_i w_i \times s_i)^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

n为样地数量；

N为抽样总体数量；

t_{VAL} 为可靠性指标，可靠性95%的情况下为1.96；

W_i 为第i层面积权重；

S_i 为第i层生物质碳储量估计值的标准差；

E为允许的误差范围，按90%的精度要求，E为0.1；

i为碳层号。

5.3 样地调查

5.3.1 样地样方布设

5.3.1.1 森林

(1) 乔木林样地

根据事先选定的样地位置，利用GPS和地理信息处理软件进行样地定位，到现场实地根据调查样地的大致坡度，设置不同大小的样方调查植被。每个乔木调查样地里至少设置3个20m×20m的标准样方（以下简称大样方）调查乔木。同时在每个样方内的对角线上设置3个1m×1m的小样方调查草本层和枯落物。

大样方的边界顶点采用长120cm的铁签进行固定标记，四边采用可降解彩色塑料绳标记，大样方内草本和枯落物小样方边界采用1m×1m样方框标记。每个样方分别编号，并拍摄样地全貌照片留存。

(2) 灌木林样地

灌木林内每个样地设置3个规格20m×20m的大样方，每个大样方灌木林下沿一条对角线均匀设置3个1m×1m的草本和枯落物小样方。

条带状灌木林，样方长20m，宽视带状灌木宽度而定，下设3~5个草本和枯落物样方。

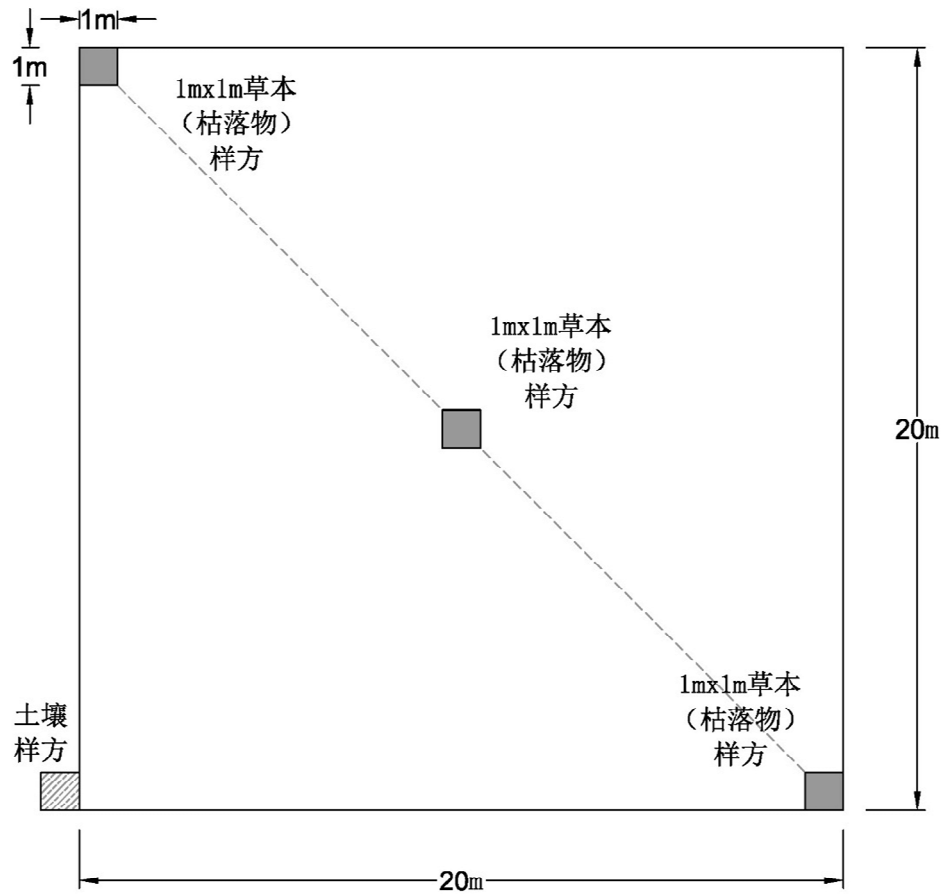


图2 乔木林地、灌木林地标准样地样方布设示意图

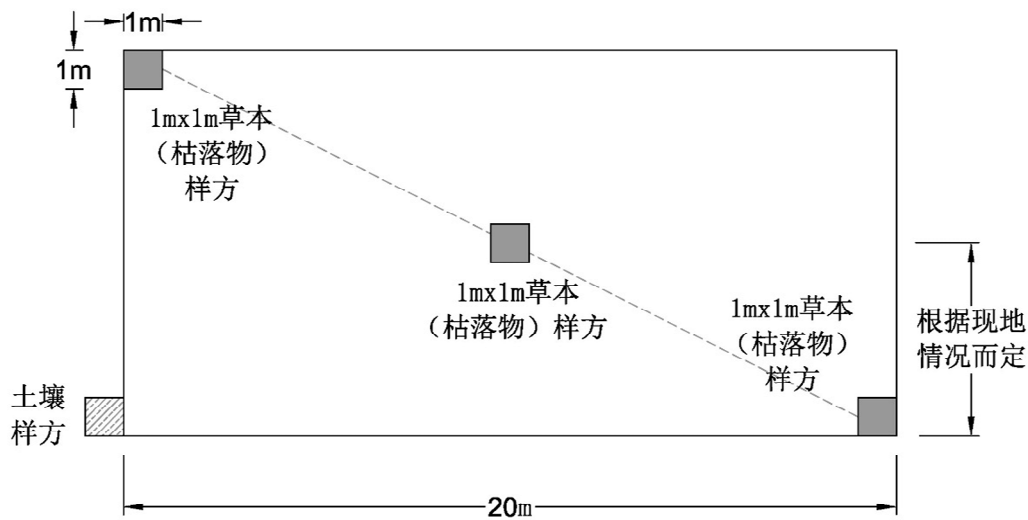


图3 条带状灌木林样地样方布设示意图

5.3.1.2 草原

按事前选定的样地位置，在每个样地位置设置3个30m×30m的草地大样方。每个大样

方内沿一条对角线均匀设置3个1m×1m的草本样方。

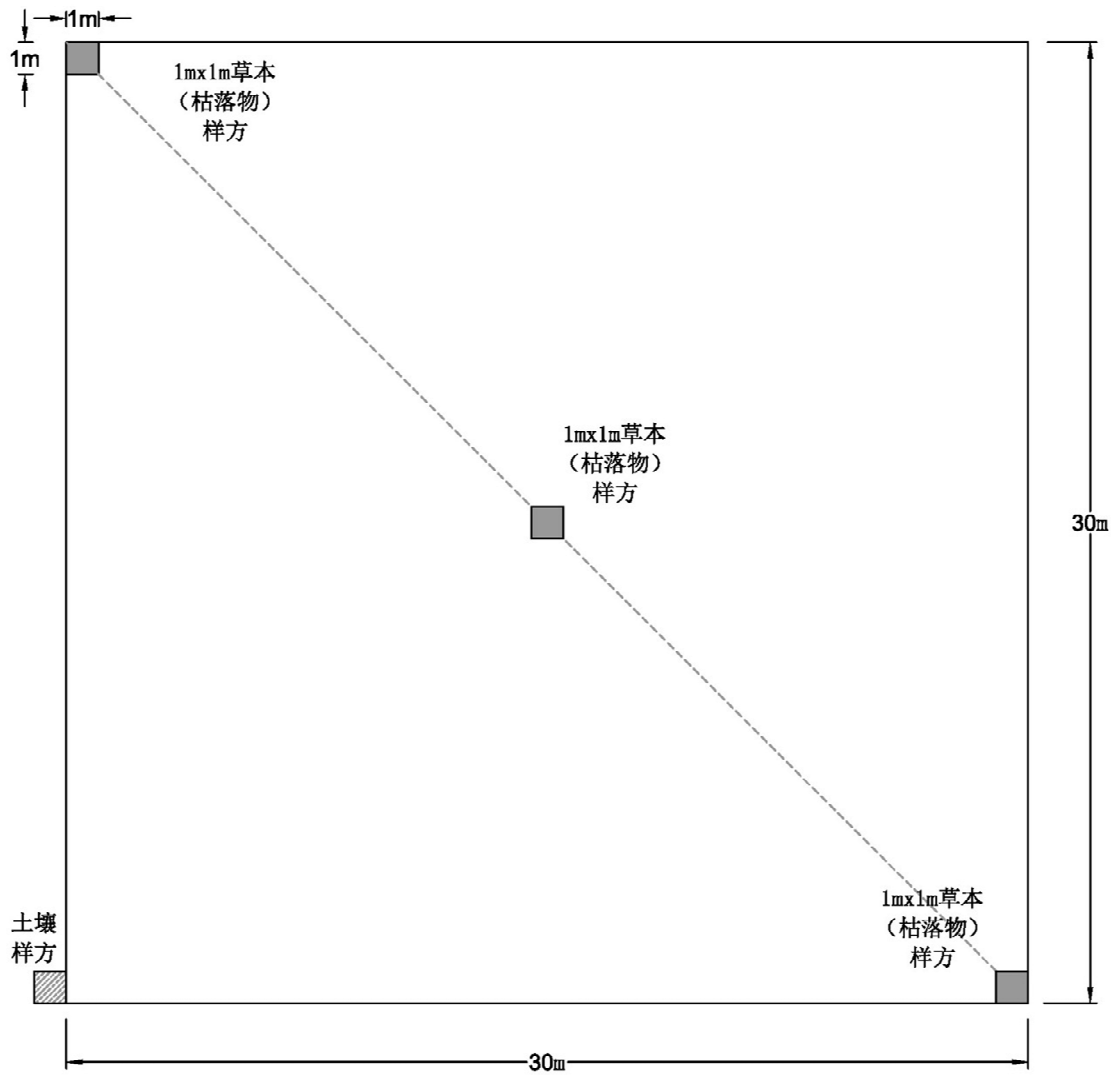


图4 草原样地样方布设示意图

5.3.2 调查指标

5.3.2.1 森林

(1) 样地基本信息调查

事先在2023年林草湿综合监测数据（或该数据的最新更新数据）中林地内根据样地所在的小班属性表直接读取土地利用类型、土地权属、林木权属、森林类别等指标，记录在森林样地基本信息调查表中，到达样地现场时再进行现场复核，数据不准确的及时更正；

林种、优势树种、地貌、坡位——现场调查；

坡向——采用罗盘仪或其他可测量坡度的仪器现场测定；

坡度——采用激光测距仪或其他可测量高度的仪器现场测量；

坐标——采用GPS读取样地中心点及边界点 的坐标值；

海拔——用GPS读取样地海拔值；

将上述调查指标的数值，记录在森林样地基本信息调查表中。

在样地基本信息调查同时对样地全貌和近景进行拍照记录。

（2）专业指标

① 乔木林（层）

对样地内所有胸径 $\geq 5.0\text{cm}$ 乔木（包括活立木、枯立木）进行每木调查，对其胸径、树高进行逐一测量、记录。不够检尺的乔木测地径并全株收获法采集样本。乔木林下灌木层对所有灌木地径、株高、冠幅进行测量（丛状灌木类只测量树高和冠幅）进行调查。枯立木在记录表中备注枯死。

树种——现场准确辨别每一株乔木的树种并记录，无法确定树种时采取样本，回到室内查阅植物志进行辨别确定或请教专家；

胸径——用胸径尺在垂直于距地面1.3m的树干处测量乔木的胸径(即胸高直径)，多径乔木以标准株测量数据为准；

树高——采用激光测距仪测量，在测树高时应以测量者看到树木顶端为条件；

地径——用围尺在垂直于距地面5cm的主干处测量灌木的地径；

株高——根据灌木高度，采用激光测距仪或钢尺测量；

冠幅——用皮尺按照“+”字测量出冠幅，以两个人一组，分别测量东-西、南-北两个方向冠幅垂直投影的宽度。

在乔木层样地内设置固定样地进行长期观测，并对固定样地内样木设置样木点位图进行标记。② 灌木林（层）

对样地内所有灌木进行调查，对其地径、株高、冠幅进行测量（丛状灌木类只测量树高和冠幅）。将样方内同一种灌木分为大、中、小三类，每一类选取5株作为标准株进行指标测量，然后取平均值。其他灌木按照此方法测量。人工灌木林树种和株高较单一时，选取15株标准株测量指标，然后取平均值。

树种——现场辨别每一株灌木的树种并记录，无法确定树种时采取样本，回到室内查阅植物志进行辨别确定或请教专家；

株（丛）数——逐一清点每种灌木数量，按照灌木种类分别记录株（丛）数；

地径——用围尺在垂直于距地面5cm的主干处测量灌木的地径；

株高——根据灌木高度，采用激光测距仪或钢尺测量；

冠幅——用皮尺按照“+”字测量出冠幅，以两个人一组，分别测量东-西、南-北两个

方向冠幅垂直投影的宽度。

③ 草本层

草种、优势草种——现场调查草种并拍照记录；

样品干重——将每个1m×1m草样方范围内的所有草本进行取样，取样时将草本植物的地上部分和地下根茎分别取样装入提前准备好的牛皮纸袋中，取根时将根挖出后，用筛子将根上面的泥土筛干净，再装入牛皮纸袋中。牛皮纸信封正面详细记录样品信息，具体内容包括“样地编号+样方编号+草样方编号+取样比例+叶茎（根）”。将样品带回实验室烘干至恒重然后称重。

④ 枯落物

样品干重——将每个1m×1m草样方范围内的枯落物全部进行取样，作为样品装入牛皮纸袋中，带回实验室，烘干称量干重；牛皮纸信封正面详细记录样品信息，具体内容包括“样地编号+样方编号+枯落物样方编号+取样比例+枯”。

⑤ 枯立木

测量每个样方内所有枯立木的胸径、树高，并在记录纸上备注中标注已死亡；

⑥ 枯倒木

枯倒木采用线截抽样法。沿对角线拉线，只将与对角线相截的所有枯倒木作为调查对象，将枯倒木按照不同腐解分别测量长度和直径。

⑦ 土壤层

现场调查土壤类型、土层厚度。

每个大样方内沿一条对角线均匀选3个点（两角和中心点）挖取土壤剖面，剖面深1m，不足1m的挖至基岩为止，按0~20、20~50、50~100cm分层取土，每个土层用环刀取土，去除≥2mm的石砾及根系，装入55×35mm的铝盒中，带回实验室烘干后称量干重。

另将每一层同层多样点的质量大致相当的土样分别剔除石砾等杂物后，混合均匀，采用四分法将多余的土壤样品弃除，保留混合土样50g作为样品，装入塑封袋，带回实验室测定土壤有机质含量。

每个土壤样品都添加标签，记录样品信息，内容包括“样地编号-土层-取样深度”。

森林样地调查指标按附录A中表A.1~A.7填写。

5.3.2.2 草原

（1）基础指标

事先在2023年林草湿综合监测数据（或该数据的最新更新数据）中根据样地所在的小班

属性表直接读取土地利用类型、土地权属、草地类型等指标，记录在草地样地基本信息调查表中，到达样地现场时再进行现场复核，数据不准确的及时更正；

坐标、地貌、坡向、坡位、坡度、海拔通过现场调查和测量获取，并记录在草地样地基本信息调查表中；

(2) 专业指标

① 草本层

草种、优势草种——现场调查草种并记录；

覆盖度——将草本层样地样方覆盖度进行记录；样品干重——为将每个1m×1m草样方范围内的草本全部进行取样，取样时将草本植物的地上部分和地下根茎分开取样，取根时用筛子筛干净泥土，装入牛皮纸袋中，带回实验室烘干，称干重；牛皮纸信封正面应详细记录样品信息，具体内容包括“样地编号+样方编号+草样方编号+地上部分（地下部分）”。

② 土壤层

每个大样方内沿一条对角线均匀选3个点（两角和中心点）挖取土壤剖面，剖面深1m，不足1m的挖至基岩为止，按0~20、20~50、50~100cm分层取土，去除≥2mm的石砾根系，带回实验室烘干后称量干重。

另将每一层同层多样点的质量大致相当的土样分别剔除石砾等杂物后，混合均匀，采用四分法将多余的土壤样品弃除，保留混合土样50g作为样品，装入塑封袋，带回实验室测定土壤有机质含量。

草原样地调查指标按附录A中表A.8填写。

6. 碳储量计量与监测估算方法

6.1 森林碳储量计算公式

根据《森林生态系统碳储量计量指南》（LY/T 2988-2018）计算森林碳储量。

6.1.1 碳储量总和

$$C_{\text{总}}=C_{\text{乔}}+C_{\text{灌}}+C_{\text{草}}+C_{\text{枯落物}}+C_{\text{枯死木}}+C_{\text{土壤}} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$C_{\text{总}}$ ——林地总的碳储量t；

$C_{\text{乔}}$ ——乔木层碳储量t；

$C_{\text{灌}}$ ——林下灌木层碳储量t；

$C_{\text{草}}$ ——草本层碳储量t；

$C_{\text{枯落物}}$ ——枯落物碳储量t；

$C_{\text{枯死木}}$ ——枯死木碳储量t;

$C_{\text{土壤}}$ ——土壤碳储量t;

6.1.2 乔木层碳储量

6.1.2.1 乔木层地上部分碳储量

乔木层地上部分碳储量根据组成林分各树种的平均单位面积地上生物量、树种含碳率及林分面积，采用以下公式计量：

$$C_{\text{乔木地上部分}} = \sum_{k=1}^n (B_{\text{乔木地上部分}, k} \cdot CF_{\text{乔木}, k}) \times s \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$C_{\text{乔木地上部分}}$ ——乔木地上部分生物量碳储量tC;

$k=1, 2, 3, \dots, n$ ——组成林分的树种;

$B_{\text{乔木地上部分}, k}$ ——林分中树种 k 的平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²;

$CF_{\text{乔木}, k}$ ——树种 k 的含碳率tC/t.d.m;

s ——林分面积hm²;

6.1.2.2 乔木层地下部分碳储量

乔木层地下部分碳储量根据组成林分各树种的平均单位面积地下生物量、树种含碳率及林分面积，采用以下公式计量：

$$C_{\text{乔木地下部分}} = \sum_{k=1}^n (B_{\text{乔木地下部分}, k} \cdot CF_{\text{乔木}, k}) \times s \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$C_{\text{乔木地下部分}}$ ——乔木地下部分生物量碳储量tC;

$k=1, 2, 3, \dots, n$ ——组成林分的树种;

$B_{\text{乔木地下部分}, k}$ ——林分中树种 k 的平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²;

$CF_{\text{乔木}, k}$ ——树种 k 的含碳率tC/t.d.m;

s ——林分面积hm²;

6.1.2.3 乔木层地上生物量

采用《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》中的生物量方程计算。

$$W_{\text{干}} = a(D^2H)^b \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$W_{\text{枝}} = a(D^2H)^b \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$W_{\text{叶}} = a(D^2H)^b \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$W_{\text{乔木地上}} = W_{\text{干}} + W_{\text{枝}} + W_{\text{叶}} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$W_{\text{乔木地上部分, } k} = \sum_{i=1}^n W_{\text{乔木地上, } i} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$B_{\text{乔木地上部分, } k} = W_{\text{乔木地上部分, } k} \times 10^{-3} / S_k \quad \dots\dots (10)$$

式中:

$B_{\text{乔木地上部分, } k}$ ——林分中树种 k 的平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²;

$W_{\text{乔木地上部分, } k}$ ——林分中树种 k 地上生物量总量t.d.m/hm²;

S_k ——树种 k 在林分中的面积hm²;

$W_{\text{乔木地上, } i}$ ——林分中树种 k 第 i 棵树地上生物量, $i=1, 2, 3, \dots, n$;

$W_{\text{干}}$ ——乔木树干生物量kg;

$W_{\text{枝}}$ ——乔木枝条生物量kg;

$W_{\text{叶}}$ ——乔木树叶生物量kg;

D ——乔木胸径cm;

H ——树高m;

a, b ——常数。

6.1.2.4 乔木层地下生物量

采用《中国森林生态系统碳储量——生物量方程》中的生物量方程计算。

$$W_{\text{乔木地下}} = W_{\text{根}} = a(D^2H)^b \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$W_{\text{乔木地下部分, } k} = \sum_{i=1}^n W_{\text{乔木地下, } i} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$B_{\text{乔木地下部分, } k} = W_{\text{乔木地下部分, } k} \times 10^{-3} / S_k \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

$B_{\text{乔木地下部分, } k}$ ——林分中树种 k 的平均单位面积地下生物量t.d.m/hm²;

$W_{\text{乔木地下部分, } k}$ ——林分中树种 k 地下生物量总量t.d.m/hm²;

S_k ——树种 k 在林分中的面积hm²;

$W_{\text{乔木地下, } i}$ ——林分中树种 k 第 i 棵树地下生物量, $i=1, 2, 3, \dots, n$;

$W_{\text{根}}$ ——乔木根系生物量kg;

D ——乔木胸径cm;

H ——树高m;

a, b ——常数。

6.1.3 灌木层碳储量

6.1.3.1 灌木层地上部分碳储量

灌木层地上部分碳储量应根据林地灌木地上部分平均单位面积生物量、灌木含碳率以及林分面积，采用以下公式计量：

$$C_{\text{灌木地上部分}} = B_{\text{灌木地上部分}} \times CF_{\text{灌木}} \times s \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中：

$C_{\text{灌木地上部分}}$ ——灌木地上部分生物量碳储量tC；

$B_{\text{灌木地上部分}}$ ——灌木地上部分平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²。

$CF_{\text{灌木}}$ ——灌木平均含碳率tC/t.d.m，采用缺省值0.465tC/t.d.m；

s ——林分面积hm²；

6.1.3.2 灌木层地下部分碳储量

$$C_{\text{灌木地下部分}} = B_{\text{灌木地下部分}} \times CF_{\text{灌木}} \times s \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中：

$C_{\text{灌木地下部分}}$ ——灌木地下部分生物量碳储量tC；

$B_{\text{灌木地下部分}}$ ——灌木地下部分平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²。

s ——林分面积hm²；

$CF_{\text{灌木}}$ ——灌木平均含碳率tC/t.d.m，采用缺省值0.465tC/t.d.m；

6.1.3.3 灌木地上生物量

$$B_{\text{灌木地上部分}} = W_{\text{地上部分}} \times 10^{-3}/s \quad \dots\dots\dots (16)$$

$$W_{\text{地上部分}} = \sum_{i=1}^n M_{a, i} \quad \dots\dots\dots (17)$$

$B_{\text{灌木地上部分}}$ ——灌木地上部分平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²；

$W_{\text{地上部分}}$ ——灌木地上部分生物量总量kg；

$M_{a, i}$ ——第*i*株灌木地上生物量kg，*i*=1,2,3.....*n*；。

类型a：分支明确，枝干可数的灌木

$$M_a = a + bD^2H \quad \dots\dots\dots (18)$$

M_a ——灌木地上生物量kg；

D ——灌木地径cm；

H ——灌木树高m；

a, b——常数。

类型c: 分支明确, 枝干可数的灌木

$$M_a = a + b \times A_c \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$A_c = \pi (L_1 \times L_2) / 4 \quad \dots\dots\dots (20)$$

M_a ——灌木地上生物量kg;

A_c ——冠幅投影面积 m^2 ;

L_1 、 L_2 ——东-西、南-北向冠幅m;

b——常数。

6.1.3.4 灌木地下生物量

$$M_b = aM_a^b \quad \dots\dots\dots (21)$$

M_b ——灌木地下生物量kg;

L_1 、 L_2 ——东-西、南-北向冠幅m;

a, b——常数。

6.1.4 草本层碳储量

6.1.4.1 草本层地上部分碳储量

草本层地上部分碳储量应根据林地草本地地上部分平均单位面积生物量、草本植物平均含碳率及草地面积采用以下公式获得:

$$C_{\text{草本地上部分}} = B_{\text{草本地上部分}} \times CF_{\text{草本}} \times sM_b = aM_a^b \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

$C_{\text{草本地上部分}}$ ——草本层地上部分生物量碳储量tC;

$B_{\text{草本地上生物量}}$ ——草本层地上部分平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²;

$CF_{\text{草本}}$ ——草本植物平均含碳率tC/t.d.m;

6.1.4.2 草本层地下部分碳储量

$$C_{\text{草本地下部分}} = B_{\text{草本地下部分}} \times CF_{\text{草本}} \times sM_b = aM_a^b \quad \dots\dots\dots (23)$$

$C_{\text{草本地下部分}}$ ——草本层地下部分生物量碳储量tC;

$B_{\text{草本地下生物量}}$ ——草本层地下部分平均单位面积地上生物量t.d.m/hm²;

6.1.5 枯落物碳储量

枯落物碳储量根据林地枯落物平均单位面积生物量、枯落物含碳率以及林分面积采用以下公式计算：

$$C_{\text{枯落物}} = B_{\text{枯落物}} \times CF_{\text{枯落物}} \times SM_b = aM_a^b \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中：

$C_{\text{枯落物}}$ ——枯落物碳储量tC；

$B_{\text{枯落物}}$ ——枯落物平均单位面积生物量，t.d.m/hm²；

$CF_{\text{枯落物}}$ ——枯落物平均含碳率，tC/t.d.m；

6.1.6 枯死木碳储量

枯死木碳库碳储量根据林地枯死木平均单位面积生物量、枯死木含碳率以及林分面积采用以下公式计算：

$$C_{\text{枯死木}} = B_{\text{枯死木}} \times CF_{\text{枯死木}} \times SM_b = aM_a^b \quad \dots\dots\dots (25)$$

$C_{\text{枯死木}}$ ——枯死木碳储量tC；

$B_{\text{枯死木}}$ ——枯死木平均单位面积生物量，t.d.m/hm²；

$CF_{\text{枯死木}}$ ——枯死木平均含碳率，tC/t.d.m，采用缺省值0.37tC/t.d.m；

$B_{\text{枯死木}}$ 根据以下公式计算

$$B_{\text{枯死木}} = \sum_{k=1}^n B_{\text{乔木地上生物量}, k} \times DF_{\text{枯死木}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中：

$DF_{\text{枯死木}}$ ——枯死木生物量占乔木地上生物量的比例（%）。

6.1.7 土壤有机碳储量

6.1.7.1 土壤容重

$$D=M/V \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中：

D——土壤容重，单位为g/cm³；

M——环刀土壤烘干重，单位为g；

V——环刀体积，单位为cm³。

6.1.7.2 土壤有机碳密度

$$SOC = C \cdot D \cdot E \cdot \frac{(1-G)}{100} \dots\dots\dots (28)$$

式中:

- SOC——土壤有机碳密度kg/m²;
- C——土壤有机碳含量g/kg, 经实验测定;
- D——土壤容重g/cm³;
- E——土壤厚度cm;
- G——直径≥2mm的石砾所占体积百分比;

6.1.7.3 区域森林土壤碳储量

$$TOC = \sum_{i=1}^n A_i \cdot SOC_i \dots\dots\dots (29)$$

式中:

- TOC——区域土壤的有机碳储量kg;
- i——土壤代号;
- n——土壤类目;
- A_i——第i类土壤面积m²;
- SOC_i——第i类土壤的有机碳密度kg/m²;

6.2 草原碳储量计算公式

6.2.1 碳储量总和

$$C_{总}=C_{草}+C_{土壤} \dots\dots\dots (30)$$

式中:

- C_草——草本层碳储量t;
- C_{土壤}——土壤碳储量t;

6.2.2 草本层碳储量、土壤碳储量

参照森林草本层、土壤碳储量计算

7. 碳汇计量与监测

对计量与监测区域内因人为活动, 营造林过程中使用燃油机械剩余物处理、病虫害防控及其他因素引起的 CO₂排放,以及森林火灾引起的温室气体排放等进行计量与监测。

监测间隔期内(n时间段内)的净碳汇/源量, 计算见公式:

$$C_{净}=\Delta C - C_{排} \dots\dots\dots (31)$$

式中:

$C_{\text{汇/源}}$ ——在 n 时间段内的净碳汇/源量, 单位为吨(t);

$C_{\text{排}}$ ——在 n 时间段内林地、草地的碳排放量, 单位为吨(t);

ΔC ——在 n 时间段内来林地、草地碳储量的变化量, 单位为吨(t)

$$\Delta C = \Delta C_{\text{地上}} + \Delta C_{\text{地下}} + \Delta C_{\text{枯落物}} + \Delta C_{\text{土壤}} \quad \dots\dots\dots (32)$$

若计算结果为正值, 则为吸收汇, 若计算结果为负值, 则为排放源。

8. 计量与监测相关关系的拟合与选择

8.1 林木生长模型

林分生长模型分区按树种(组)建立。按照内蒙古自治区现有研究成果, 呼和浩特市内林木生长模型因子可按全区和盟市数据执行。

林分生长率模型为:

$$P = a \times \exp^{(b \times T)} \quad \dots\dots\dots (33)$$

$$P = a + b \times \ln(T) + c \times \ln(M) \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

P ——生长率(%)

T ——林龄(年)

M ——公顷蓄积(M^3)

a 、 b 、 c ——模型参数

常见树种生长率模型详见附录B。

8.2 生物量扩展因子模型

通过林木的胸径(DBH)和(或)树高(H), 查材积表或运用材积公式转化成林木树干材积; 利用基本木材密度(D)和生物量扩展因子(BEF)将林木树干材积转化为林木地上生物量; 再利用地下生物量/地上生物量的比值(R_j)将地上生物量转化为林木生物量, 即“生物量扩展因子法”。

$$B_{TREE_PROJ,i,j,t} = V_{TREE_PROJ,i,j,t} * D_{TREE_PROJ,j} * BEF_{TREE_PROJ,j} * (1 + R_j) * N_{TREE_PROJ,i,j,t} * A_{PROJ,i} \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

$B_{TREE_PROJ,i,j,t}$: 第 t 年时, 第 i 碳层树种 j 的生物量; td.m.

$V_{TREE_PROJ,i,j,t}$: 第 t 年, 第 i 碳层树种 j 的材积, 是通过胸径和(或)树高数据查材积表或将数据代入材积方程计算得来; $m^3 \cdot \text{株}^{-1}$

$D_{TREE_PROJ,j}$: 第 i 基线碳层树种 j 的基本木材密度(带皮); $td \cdot m \cdot m^{-3}$

$BEF_{TREE_PROJ,j}$: 第 i 基线碳层树种 j 的生物量扩展因子, 用于将树干材积转化为林木地上生物量; 无量纲

R_j : 树种 j 的地下生物量/地上生物量之比, 无量纲

$N_{TREE_PROJ,i,j,t}$: 第 t 年时, 第 i 基线碳层树种 j 的株数; $\text{株} \cdot \text{hm}^{-2}$

$A_{PROJ,i}$: 第 i 基线碳层的面积; hm^2

i : 1, 2, 3.....项目边界内第 i 碳层

j : 1, 2, 3.....项目边界内第 i 碳层的树种 j

t : 项目开始以后的年数; a

呼和浩特优势树种碳储量计算参考值见附录C。

9. 监测要求

监测应基于样地开展, 其中样地的复位率应达到98%。一般碳汇量的监测间隔期为3~5年。如监测间隔期间, 有明确资料表明灌木层、草本层、枯落物和土壤碳库相对稳定, 则不予考虑。

附录 A

(规范性)
数据采集记录表

数据采集记录表见表 A.1~表 A.7。

表 A.1 森林样地基本信息调查表

样地名称及编码：_____日期：_____年_____月_____日
样地景观照片编号：_____记录人：_____

经 度		纬 度		海 拔	m
地 点	内蒙古呼和浩特市 旗(县/区) 乡(镇) 组				
地形地貌	极高山()、高山()、中山()、低山()、丘陵()、平原()				
坡 向	东南 () 南 () 西南() 西 () 西北() 北 () 东北() 东 () 无 ()				
坡 位	脊 ()、上 ()、中 ()、下 ()、谷 ()、平 ()				
坡 度					
起源	天然林() 人工林()				
森林类别		林种		优势树种	
郁闭度		土层厚度		土壤类型	砂质土() 黏质土() 壤土() 沙壤土
土地利用类型		土地权属		林木权属	
植被覆盖度		灌木覆盖度		草本覆盖度	
森林灾害	有/无	灾害类型			
样地设置示意图					
备注					

表 A.4 草本层调查记录表

样地名称及编码：_____日期：_____年_____月_____日
样方面积：_____总盖度（%）：_____
样地名称及编码：_____日期：_____年_____月_____日
样方面积：_____
调查人员：_____记录人：_____

样方编号	平均高度	盖度（%）	草本层生物量		备 注
			鲜重（g）	干重（g）	

说明：1、样方号：每个1m×1m 草本层调查样方的编号，采用阿拉伯数字1、2、3……进行编号。

表 A.5 枯落物调查记录表

样地名称及编码：_____日期：_____年_____月_____日

样方面积：_____总盖度（%）：_____

样地名称及编码：_____日期：_____年_____月_____日

样方面积：_____

调查人员：_____记录人：_____

样方编号	地表枯落物生物量		备 注
	鲜重（g）	干重（g）	

说明：1、适用范围：矿质土壤上所有直径<5cm 的死有机物质，包括凋落叶片、枯枝（直径<5cm）、花果杂物、及半分解状态的碎片。

2、样方号：每个1m×1m 凋落物调查样方的编号，采用阿拉伯数字1、2、3……进行编号。

表 A.6 枯死倒木现存量调查记录表

样方编号	植物名称	长度（m）	中央直径（cm）	分解程度			生物量	
				a. 轻	b.中	c.重	鲜重（g）	干重（g）

说明：

- 1、适用范围：此表用于对样地内直径 $\geq 5\text{cm}$ 的枯死倒木调查记录。
- 2、样方号：每个 $20\text{m}\times 20\text{m}$ 调查样方的编号，采用阿拉伯数字1、2、3……10 进行编号。
- 3、分解程度：分轻、中、重3个等级，根据实际情况在对应表格用“√”表示。分解程度简易判断标准：
轻：砍刀不会陷入木材中（被弹开）；
中：砍刀部分陷入木材中，部分木材损失；
重：砍刀陷入木材中，有更大范围的木材损失，且木材易碎。
- 4、生物量：采集不同分解程度的样品，记录长度、直径等信息后称鲜重，实验室烘干后称量干重并记录。

表 A.7 细根 (<2 mm) 现存量调查记录表

样地名称及编码: _____ 日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日

土钻内径: _____ cm 调查人员: _____ 记录人: _____

土层 (cm)	土芯号	活根鲜重 (g)	死根鲜重 (g)	活根干重 (g)	死根干重 (g)	细根生物量 (g/cm ³)	备注
0-20							
20-40							

说明:

1、适用范围: 此表用于对样地内直径小于2mm 的细根生物量调查记录。按0-20、20-40cm分层取样, 每层取5 个土芯。

2、土钻内径: 所用土钻内径, 单位为 cm。

3、活根与死根的区分: 根据颜色、弹性和外形进行区分。

4、生物量: 细根生物量=平均每土芯根重 $\times 10-4/[\pi(d/2)^2]$, d 为土钻内径 (cm)。

表 A.8 草地生态系统样地基本信息调查表

样地名称及编码: _____日期: _____年____月____日
 样地景观照片编号: _____记录人: _____

经 度		纬 度		海 拔	m
地 点	内蒙古自治区 呼和浩特市 旗(县/区) 乡(镇) 村 组				
地形地貌	极高山()、高山()、中山()、低山()、丘陵()、平原()				
坡 向	东南() 南() 西南() 西() 西北() 北() 东北() 东() 无()				
坡 位	脊()、上()、中()、下()、谷()、平()				
坡 度					
起源	天然草地() 人工草地()				
草地类型		土地利用类型		植被结构	
优势草种			植被覆盖度		
土层厚度			土壤类型	砂质土() 黏质土() 壤土()	
地表特征	枯落物情况(有/无); 覆沙情况(有/无); 侵蚀情况(有/无), 侵蚀原因(风蚀、水蚀、冻融、超载、其他); 盐碱斑(有/无); 裸地面积比例: %				
水分条件	地表有无季节性积水(有/无); 年平均降雨量: mm				
草地灾害	有/无	灾害类型			
样地设置示意图					
备注					

附录 B

(资料性)

呼和浩特常见各树种生长率模型

树种 (组)	模型	模型参数			相关 指数	样本 数	建模范围	
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>			年龄	蓄积
天然落叶松	(1)	18.101377	-0.036781		0.61	74	20—175	
天然樟子松	(2)	32.095278	-2.76496	-3.853116	0.76	17	20—90	15—230
人工落叶松	(1)	66.196247	-0.071879		0.85	46	5—45	
人工樟子松	(1)	49.371665	-0.055033		0.78	16	5—40	
人工油松	(1)	54.95209	-0.055329		0.69	36	5—65	
蒙古栎	(2)	34.150578	-4.196319	-3.463005	0.80	154	10—115	0—140
黑桦	(2)	29.361894	-3.048797	-3.241843	0.76	61	10—135	5—135
白桦	(2)	29.426997	-2.746455	-3.591499	0.71	153	10—105	0—180
山杨	(2)	44.141843	-8.325962	-2.035247	0.77	30	10—55	0—175
天然榆树	(2)	30.361141	-6.056865	-0.587396	0.68	31	10—80	0—50
人工榆树	(2)	37.932939	-4.912514	-5.37062	0.94	8	10—40	0—30
人工柳树	(1)	103.146827	-0.140312		0.84	16	7—45	
中西部人工杨树	(1)	49.255208	-0.072271		0.68	49	2—50	

附录 C

(资料性)

呼和浩特优势树种碳储量计算参考值

序号	优势树种	生物量扩展因子 BEF	木材基本密度 D (t/m³)	根茎比 R	含碳率 CF [t C (t d.m.) ⁻¹]
1	云杉	2.7139	0.3728	0.2244	0.4994
2	落叶松	1.3046	0.5053	0.3164	0.5137
3	樟子松	2.5966	0.3750	0.3185	0.5223
4	油松	2.1381	0.4157	0.2253	0.5184
5	柏木	2.3079	0.4722	0.2033	0.5088
6	栎类	2.2375	0.6119	0.2693	0.4798
7	白桦	1.5524	0.4969	0.2917	0.5055
8	榆树	1.9419	0.4868	0.2198	0.4803
9	刺槐	1.6020	0.6720	0.2182	0.4750
10	其它硬阔类 (含 蒙古栎、辽东栎、 柞树、刺槐、桑 树等其他硬阔 类)	1.8294	0.6062	0.2248	0.5003
11	椴树	2.1341	0.4177	0.2597	0.4392
12	杨树	2.4019	0.3644	0.2158	0.4502
13	柳树	2.2252	0.4409	0.2046	0.4803
14	其它软阔类 (含 槭树、山丁子等 其他软阔类)	2.1944	0.4222	0.2121	0.4537
15	阔叶混	1.9359	0.5222	0.2351	0.4950
16	针阔混	2.0541	0.4754	0.2218	0.5040