ICS

CCS

65.020.40

B 64



**XX**

鄂 尔 多 斯 市 地 方 标 准

DBXX/T

荒漠化地区灌木营造林碳汇核算技术规程Technical Guidelines for Carbon Sink Accounting of Brushwood Management and forestation Project desertification areas.

|  |
| --- |
|  |
|  |

20xx 发布 20xx 实施

鄂尔多斯市市场监督管理局 发布

# 目 次

[前言......................................................................................Ⅱ](#_bookmark0)

[1 范围.....................................................................................1](#_bookmark1)

[2 规范性引用文件...........................................................................1](#_bookmark2)

[3 术语和定义...............................................................................1](#_bookmark3)

[4 项目实施的基本条件.......................................................................2](#_bookmark4)

[5 项目边界、计入期、碳库和温室气体排放源....................................................2](#_bookmark5)

5.1[项目碳汇核算边界确定...................................................................2](#_bookmark6)

5.2[碳库和温室气体排放源的选择.............................................................2](#_bookmark7)

[6 项目减排量核算方法........................................................................3](#_bookmark15)

6.1[基线情景识别方法.......................................................................3](#_bookmark16)

6.2[额外性论证方法.........................................................................3](#_bookmark17)

6.3[项目碳层划分...........................................................................3](#_bookmark18)

6.4[基线清除量.............................................................................3](#_bookmark19)

6.5[项目清除量.............................................................................4](#_bookmark20)

6.6[泄漏排放量.............................................................................5](#_bookmark21)

6.7[项目减排量.............................................................................5](#_bookmark22)

6.8[项目边界内灌木生物量碳储量的监测........................................................6](#_bookmark23)

[7 项目实施及监测的一般要求..................................................................6](#_bookmark15)

7.1[一般要求...............................................................................6](#_bookmark16)

7.2[项目边界监测要求.......................................................................6](#_bookmark16)

7.3[项目活动的监测.........................................................................6](#_bookmark16)

7.4 抽样设计.............................................................................6

7.5 样地设置.............................................................................6

7.6 监测频率与时间要求...................................................................6

7.7 数据精度控制与校正要求...............................................................7

7.8 项目火烧排放监测和计算要求...........................................................7

7.9 数据管理与归档要求...................................................................7

[附录 A （资料性） 灌木林生物质碳储量变化计算方法........................................8](#_bookmark28)

[附录 B （资料性） 灌木林土壤有机碳储量变化计算方法............................................2](#_bookmark30)2

附录C （资料性） 森林火烧引起的温室气体排放量计算方法......................................24

# 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。

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这些专利的责任。

本文件由鄂尔多斯市林业和草原局提出并归口。

本文件起草单位：鄂尔多斯市林业和草原科学研究所、鄂尔多斯市国瑞碳资产管理有限公司、内蒙古大学

本文件主要起草人：刘尚华、张宇鹏、何金军、王立新、康济、王炳浩、任余艳、卢立娜、王卓、杨珍、韩易良、崔达衢、张强、张宇佳、王发明、武乐、塔娜、武泽颖、叶菲菲赵晏平、郝璞、张俊叶、马格、李依倩、鱼泳、白慧元

荒漠化地区灌木营造林碳汇核算技术规程

1 范围

本文件规定了荒漠化地区灌木经营造林项目碳汇项目实施的基本条件、项目碳汇核算边界、计入期、碳库和温室气体排放源、项目减排量核算方法、项目实施及监测的一般要求。

本文件适用于鄂尔多斯地区以增汇为主要目标的灌木经营造林项目。

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 15776—2023 造林技术规程

GB/T 26424-2010 森林资源规划设计调查技术规程

GB/T 41198-2021 林业碳汇项目审定和核证指南

LY/T 3253-2021 林业碳汇计量监测术语

LY/T 1714-2007 中国森林认证 森林经营

LY/T 2253-2014 造林项目碳汇计量监测指南

LY/T 2743-2016 碳汇造林项目设计文件编制指南

LY/T 2744-2016 碳汇造林项目监测报告编制指南

DB15/T 557-2013 人工灌木林主要树种平茬复壮技术规程

DB15/T 2223-2021 杨柴沙地造林技术规程

DB15/T 2225-2021 柠条造林技术规程

CCER—14—001—V01 温室气体自愿减排项目方法学 造林碳汇

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

灌木林经营 shrubland management

对现有灌木林进行科学培育，以提高灌木林的产量和质量的生产经营活动的总称。

[来源：LY/T 1714-2007，2.2]

3.2

收获的木产品 harvested wood products

由项目产生的、从项目边界内移出的木材加工而成，在项目计入期结束后仍然在用或进入到垃圾填埋的木制产品，本文件不考虑加工为生物质燃料的木产品。

3.3

碳库 carbon pools

生态系统中碳储存的场所，包括地上生物质、地下生物质、枯落物、枯死木和土壤有机碳和木产品。

3.4

地上生物质 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。

3.5

地下生物质 underground 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≤2 mm的细根

4 项目实施的基本条件

使用本文件的灌木经营碳汇项目必须满足以下条件；

a） 项目土地权属清晰，具有不动产权属证书、土地承包或流转合同；或具有经有批准权的人民政府、主管部门批准核发的土地证或林权证，如有土地用途变更需提供近三年土地用途变更记录；

b） 项目土地不属于湿地；

c） 除对病（虫）原疫木进行必要的火烧外，项目不允许其他人为火烧活动；

d） 项目不会引起项目边界内农业活动（如种植、放牧等）的转移，即不会发生泄漏；

e） 项目应符合法律法规要求，符合行业发展政策。

5 项目边界、计入期、碳库和温室气体排放源

5.1 项目碳汇核算边界确定

5.1.1 地理边界

灌木林经营碳汇项目区域可以是若干个不连续的地块，但每个地块应有特定的地理边界。

5.1.2 时间边界

项目计入期为项目业主对项目边界内土地的所有权（或使用权）或项目边界内林木的所有权（或经营权）的有效期限之内，从项目业主申请登记的项目减排量的产生时间开始，最短时间不低于 20 年，最长不超过 30 年。

5.2 碳库和温室气体排放源的选择

5.2.1 碳库

项目边界内选择或不选择的碳库如表 1 所示。

表1 碳库的选择

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 情景 | 碳 库 | 是否选择 | 备注 |
| 基线情景 | 地上生物质 | 选择 | 主要碳库 |
| 地下生物质 |
| 枯落物 | 不选择 | 根据适用条件，该碳库的清除量所占比例小，忽略不计 |
| 土壤有机碳 | 不选择 | 基线情景下土地处于稳定状态，忽略不计 |
| 灌木收获的木产品 | 不选择 | 基线情景没有采取灌木经营活动，忽略该碳库。 |
| 项目情景 | 地上生物质 | 选择 | 主要碳库 |
| 地下生物质 |
| 枯落物、 | 不选择 | 相比基准线情景，经营造林项目通常会增加枯落物碳储量；如果项目存在移除枯落物的情形，基于保守性原则不选择该碳库。 |
| 土壤有机碳 | 选择 | 灌木经营项目会引起土壤有机碳储量发生变化 |
| 灌木收获的木产品 | 选择或不选择 | 根据本方法学的适用条件，与基线情景相比该碳库会增加，根据项目实际产品类型选择，若选择，需提供产品去向的监测记录，如项目边界内不再平茬利用可不考虑该碳库。 |

5.2.2 温室气体排放源

温室气体排放源选择见表2。

表2 温室气体排放源的选择

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 排放源 | 气体 | 是否选择 | 备注 |
| 火灾或人为火烧 | CO2 | 不选择 | 已在生物质碳储量变化体现 |
| CH4 | 选择 | 只计量森林火灾燃烧所引起的 CH4 排放 |
| N2O | 选择 | 只计量森林火灾燃烧所引起的 N2O 排放 |

6. 项目减排量核算方法

6.1 基线情景识别方法

本文件规定的经营造林碳汇项目基线情景为：维持经营造林项目开始前的土地利用与管理方式。

6.2 额外性论证方法

标准适用地区灌木经营造林项目是以保护和改善人类生存环境、维持生态平衡等为主要目的的公益性造林项目，在计入期内除减排量收益外难以获得其他经济收入，造林和后期管护等活动成本高，不具备财务吸引力，其额外性免予论证。

6.3 项目碳层划分

6.3.1 项目设计阶段碳层划分

项目设计阶段划分的碳层用于预估碳储量变化量，综合考虑项目边界内土地在造林前的立地条件（如土壤类型、坡度坡向、海拔等），以及拟实施的项目造林经营活动的时间、树种、密度等因素划分项目碳层，将无显著差别的地块划分为同一碳层。

6.3.2 项目实施阶段碳层划分

项目实施阶段划分的碳层用于计算碳储量变化量，主要基于项目基线情景碳层的划分，结合造林、经营活动的实际情况进行调整确定。若存在自然因素（如立地条件、火灾、病虫害等）或人为干扰（如火烧、采伐等）导致原有碳层的异质性增加，或土地利用发生变化，须对项目碳层进行调整。

6.4 基线清除量

6.4.1 基线清除量组成

对于项目边界灌木丛地内的少量散生木，基线碳清除和项目碳清除都不进行计量监测。基线清除量组成如下：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ∆𝐶BSL,t=∆𝐶SF\_BSL,t+∆𝐶HSP\_BSL,t 公式（1） | | |
| 式中： | | |
| ∆CBSL,t | — | 第t年的基线清除量，tCO2-e·a-1； |
| ∆𝐶SF\_BSL,t | — | 第t年时基线灌木生物量碳储量的年变化量，tCO2-e·a-1； |
| ∆𝐶HSP\_BSL,t | — | 第t年时基线收获灌木木产品碳储量的年变化量，tCO2-e·a-1;由于项目基线情景下并没有进行灌木林经营活动，因此不存在灌木木产品生产，为0 |

在经营造林活动下基线情景下原有植被的生物质碳储量变化量在项目清除量的计算中给予考虑，项目开始后第 t 年的基线清除量计为 0，

6.5 项目清除量

项目清除量是指在项目情景下（拟议的灌木林经营碳汇项目活动的情况下），项目边界内所选碳库中碳储量变化量，减去由拟议的灌木林经营碳汇项目活动引起的温室气体排放的增加量。采用下式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *ΔCACTUAL*,*t*= *ΔCBiomassPROJ，t*+*ΔSOCPROJ,t+*∆𝐶*HSP\_PRO*J,t*-GHGE*,*t*-∆CBSL,t 公式（2） | | |
| 式中： |  |  |
| *ΔCACTUAL* ,*t* | — | 第t年项目清除量；tCO2-e·a-1 |
| *ΔCBiomassPROJ,t* | — | 项目第 t 年的生物质碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2-e·a-1），采用本文件附录 A 计算； |
| *ΔSOCPROJ* ,*t* | — | 项目第 t 年的土壤有机碳储量变化量，单位为吨二氧化碳当量每年tCO2-e·a-1，采用本文件附录 B 计算； |
| ∆𝐶HSP\_PROJ,t | — | 第t年时收获灌木木产品碳储量的年变化量，tCO2-e·a-1； |
| *GHGE* ,*t* | — | 第t年项目活动引起的温室气体排放的年增加量；tCO2-e·a-1 |
| ∆CBSL,t | — | 第t年的基线清除量，tCO2-e·a-1； |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数a |

6.5.1 项目收获灌木木产品的碳储量变化

人工经营的灌木林平茬的部分灌木材中的碳将以灌木木产品的形式储存一定时间，而不是立即排放到大气中。本文件中的灌木木产品碳储量的变化，是指利用项目边界内收获的灌木材（主要指灌木木质化部分）而生产的灌木木产品，在项目期末或产品生产后 35 年（采用IPCC推荐值以时间长者为准）仍在使用或进入垃圾填埋的灌木木产品中的碳量，而其他部分或未形成灌木材的产品则假定在生产灌木木产品时立即排放。采用下述公式：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公式（3） | | |
| *OFty* = *e*(-ln(2)·*BT* / *LTty* ) 公式（4） | | |
| Δ*CHSP* \_ *PROJ* ,*t* | —— | 第t年时，项目情景灌木木产品碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |
| *HBSF\_PROJ* ,*stem* ,*j* ,*t* | —— | 第t年时，项目情景下，采伐收获的灌木（丛）的干重生物量； t d.m。如果采伐的灌木是以鲜重计，则应将鲜重通过含水率换算成干重。 |
| *CFj* | —— | 灌木（丛） *j*的含碳率； t C · (t d.m.) - 1 |
| *BPPty,j* | —— | 采伐收获的灌木（丛） *j*用于生产加工ty类灌木木产品的比例； 无量纲 |
| *BU* *ty* | —— | 生产加工ty类灌木木产品的灌木材利用率；无量纲，本文件推荐值为1/3 |
| *BT* | —— | 灌木木产品生产至项目期末的时间，或选择35年（以时间较长者为准）；年（ a ） |
| *OFty* | —— | 根据IPCC一阶指数衰减函数确定的、ty类灌木木产品在项目期末或产品生产后35年（以时间较长者为准）仍在使用或进入垃圾填埋的比例；无量纲 |
| *ty* | —— | 灌木木产品种类 |
| *LTty* | —— | ty类灌木木产品的使用寿命；年（a ） |
| *t* | —— | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |
|  | —— | 将C转换为CO2 的分子量比值；无量纲 |

6.6 泄漏排放量

根据本文件适用条件，项目活动不存在潜在泄漏，即LKt=0

6.7 项目减排量

项目开始后第 t 年的项目减排量按照公式（21）核算：

式中：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ∆𝐶AR,t = (∆𝐶p,t − ∆𝐶BSL,t − 𝐿𝐾t)×(1-KRISK） | | | ………公式（5） |
| ∆CAR,t | —— | 第t年项目减排量，tCO2-e·a-1； | |
| ∆Cp,t | —— | 第t年项目清除量，tCO2-e·a-1； | |
| ∆CBSL,t | —— | 第t年基线清除量，tCO2-e·a-1； | |
| LKt | —— | 第t灌木经营碳汇项目活动所引起的泄漏排放量，tCO2-e·a-1，LKt取0。 | |
| KRISK | —— | 项目的非持久性风险扣减率，单位为百分比（%）； | |
| t | —— | 自项目开始以来的年数，t=1, 2, 3……，无量纲。 | |

7 项目实施及监测的一般要求

7.1 一般要求

项目业主应采取以下措施，确保监测参数和数据的质量：

a） 遵循项目设计阶段确定的数据监测程序与方法要求，制定详细的监测方案；

b） 建立可信且透明的内部管理制度和质量保障体系，包括但不限于可靠的外业测定、外业测定的互检互核、内业数据的输入、计算和核实等；

c） 明确负责部门及其职责、具体工作要求、数据管理程序、工作时间节点等；

d） 指定专职人员负责项目边界、项目实施情况、测树因子、火烧等数据的监测、收集、记录和交叉核对。

7.2 项目边界监测要求

在项目设计阶段，项目业主须明确项目计划经营造林的地块边界，并提供所有项目地块边界的矢量数据文件。在项目实施阶段，项目业主须测量项目实际经营造林的地块边界。

在计入期内，项目业主须根据监测方案对项目边界进行监测，检查项目实际边界是否与项目设计文件一致。如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之外，则边界以项目设计文件为准；如果实际边界位于项目设计文件描述的边界之内，则以实际边界为准，并提供新的项目边界矢量数据文件。

如果项目边界发生任何变化，例如土地利用类型发生变化，应测定被征占地块的地理坐标和面积，将这部分地块调出项目边界，并在后续减排量核算报告中予以说明，之后不再纳入项目边界。

7.3 项目活动的监测

项目实施阶段，主要监测和记录项目边界内所发生的经营造林、管护以及与温室气体排放有关项目活动的实施情况，并判断是否与项目设计文件及监测方案一致。主要内容包括：

a） 经营造林活动：经营造林时间、经营造林地块、经营造林树种、经营造林密度、苗木成活率和保存率、整地清林方式等；

b） 管护活动：巡护、补植、采伐、有害生物防治和森林火灾预防措施等；

c） 项目边界内自然灾害（如火灾、病虫害、台风、干旱等）和人为干扰（如土地利用变化等）的发生情况（如时间、地点、面积、边界、损害强度等）。

d） 项目边界、面积监测，利用规划图、竣工图现场勾绘，或利用无人机实测，面积监测误差≤5 %，误差较大时需人工测量调整。

7.4 抽样设计

本文件要求对项目生物质碳储量进行抽样监测，监测应达到 90%可靠性水平下 90%的精度要求。

7.5 样地设置

项目生物质碳储量的变化可采用固定样地连续监测。

7.6 监测频率与时间要求

项目业主应在项目设计阶段确定固定样地监测频率，一般每 5 年至少监测一次。首次监测时间不早于项目申请登记时间。

7.7 数据精度控制与校正要求

基于样地的生物质碳储量的抽样调查（见附录 E），要求达到 90%可靠性水平下 90%的精度要求。

7.8 项目火烧排放监测和计算要求

项目业主须详细记录项目边界内每一起森林火灾发生的时间、面积、地理边界等信息，根据火烧前最近一次核查确定的单位面积生物量，计算项目边界内由于森林火灾燃烧地上生物质和枯落物所引起的温室气体排放量。

如果发生有计划的人为清除病原疫木引起的火烧，项目业主须在伐前监测各样地内病原疫木的树种、胸径、树高、数量等，计算清除的病原疫木的生物质碳储量，进而计算人为火烧引起的温室气体排放量。

7.9 数据管理与归档要求

对于收集到的监测数据，项目业主应建立数据、信息等原始记录和台账管理制度，妥善保管监测数据、原始记录、证明材料相关的书面文件等。原始记录和台账应明确数据来源、数据获取时间及填报台账的相关责任人等信息。至少保存 10 年，确保相关数据可被追溯。

附 录 A

（资料性）

灌木林生物质碳储量变化计算方法

A.1 灌木林生物质碳储量变化的计算

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ∆𝐶SF,t = ∆*CSF\_,AB* ,*t* + ∆*CSF\_,BB* ,*t* 公式（A.1）  式中： | | |
| ∆𝐶SF,t |  | 第 *t* 年时，项目边界内灌木林林生物质碳储量的年变化量， t CO2-e·a- 1； |
| ∆*CSF*\_,*AB* ,*t* | — | 第 t 年时，项目边界内灌木地上生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |
| ∆*CSF\_,BB* ,*t* | — | 第 t 年时，项目边界内灌木地下生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |

A.2 基线灌木生物量碳储量的变化

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ∆𝐶SF\_BSL,t= ∆*CSF*\_*BSL*,*AB* ,*t* + ∆*CSF*\_*BSL*,*BB* ,*t* 公式（A.2）  式中： | | |
| ∆𝐶SF\_BSL,t | — | 第 t 年时，项目边界内基线灌木生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |
| ∆*CSF*\_ *BSL* ,*AB* ,*t* | — | 第 t 年时，项目边界内基线灌木地上生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |
| ∆*CSF* \_ *BSL* ,*BB* ,*t* | — | 第 t 年时，项目边界内基线灌木地下生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |

A.2.1 基线灌木地上生物质碳储量的变化

灌木生长至灌木成林稳定阶段（3～5年）可进行平茬，由于灌木生长、平茬或自然枯损，灌木地上生物量达到动态平衡状态，根据可获得的方程及数据情况，选择以下方法进行估算。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 公式（A.3）  式中： | | |
| ∆*CSF* \_ *BSL* ,*AB* ,*t* | — | 第 t 年时，项目边界内基线灌木地上生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1 |
| *CSF*\_ *BSL* ,*AB* ,*i* ,*j* ,*t* | — | 第 t 年时， 基线情景第 i 碳层j灌木种(组） 单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2 |
| *CSF*\_*BSL* ,*AB* ,*i* ,*j* ,*t-1* | — | 第（t- 1）年时，基线情景第 i 碳层 j 灌木种（组）单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2 |
| *ABSL*,*i* ,*j* | — | 项目边界内基线第 i 碳层j灌木种（组）的面积； hm2 |
| *te* ,*j* | — | 第j灌木种（组）灌木丛到达成林稳定阶段所需的时间； a |
| *t*  *a* | — | 灌木年龄； *ta* = *t* + *ts* ，其中 *ts* 为项目开始时的灌木丛初始年龄 |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |

而第t年时，单位面积灌木地上生物质碳储量可以采用以下两种方法之一进行计算。

一是根据基线情景下灌木林的栽植密度、平均地径、平均高度与灌木林年龄的相关方程，再结合单株生物量方程计算第 t 年时单位面积地上生物质碳储量，即：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *CSF-BSL-* *AB* *j* *t* = *f* *AB* . *Nj* *t* . *CFj* . . 10 -3公式（A.4） | | |
| *Nj* ,*t* = *f* *N* ,*j* (*ta* ) 公式（A.5） | | |
| 式中： |  |  |
| *CSF*\_ *BSL*,*AB*,*j* ,*t* | — | 基线情景 *j* 灌木种（组 ） 单位面积灌木地上生物质碳储量 ；t CO2-e·hm-2 |
| *f* *AB* | — | 灌木种（组） *j*的平均单株地上生物量方程（单株生物量与地径、株高、灌幅等的相关方程），可采用一元、二元或多元单株生物量方程； kg d.m.株- 1 |
| *Nj* ,*t* | — | 为发育到*ta* 时单位面积灌木枝条数量；株 ·hm-2 。对于丛生灌木种，可根据单位面积丛数和平均每丛的株数来计算。 |
| *CFj* | — | 灌木种（组） *j*的生物量含碳率；tC·(td.m.)-1 |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |
| *j* | — | 灌木种或灌木种组 |
| *t*  *a* | — | 灌木林年龄； *ta* = *t* + *ts* *，*其中*ts* 为项目开始时的灌木林初始年龄 |

二是直接根据当地或相近地区灌木林单位面积生物量随灌木林年龄变化的相关方程，计算第 t 年时单位面积地上生物质碳储量，直到进入灌木林成林稳定阶段为止。此后，可假定灌木地上生物质碳储量变化量为零。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *CSF* \_ *BSL* ,*AB* ,*j* ,*t* = ∑*f* *AB* ,*j* (*ta* ) . *CFj* .  公式（A.6） | | |
| *CSF*\_ *BSL*,*AB*,*j* ,*t* | — | 基线情景 *j* 灌木种（组） 单位面积灌木地上生物质碳储量 ；t CO2-e·hm-2 |
| *fAB* ,*j* (*ta* ) | — | 灌木种（组） *j*的单位面积生物量随灌木林年龄变化的相关方程； t d.m.hm-2 |
| *CFj* | — | 灌木种(组) *j*的生物量含碳率； t C · (t d.m.) - 1 |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |
| *j* | — | 灌木种或灌木种组 |
| *t*  *a* | — | 灌木林年龄； *ta* = *t* + *ts* *，*其中*ts* 为项目开始时的灌木林初始年龄 |

A.2.2 基线灌木地下生物质碳储量的变化

在灌木林生长发育和经营过程中，会不断长出新灌木枝条，同时会进行不断的平茬活动，以保持灌木林健康和灌木材的合理利用。因此当灌木林到达成林稳定年限后，其地上生物质碳储量会基本保持不变，但由于灌木平茬经营时，基本只移除地上部分（枝、叶），而地下部分（根）仍会在较长时间内留存于林地中，灌木林地下生物质碳储量的变化可通过灌木林地下生物量与地上生物量之比和当年的地上生物质碳储量变化来计算。

本文件设定 1T (T：指基线情景下的灌木林平茬更新周期或灌木成熟平茬年龄）作为时间年限，即自项目活动开始 1T 后，灌木林地下生物量碳储量的增长为零。

根据以上分析，灌木丛地下生物质碳储量的变化可选择以下方法进行估算。

方法Ⅰ：灌木林地下生物量与地上生物量之比法

Δ*CSF*\_*BSL*,*BB*,*t*=  (*CSF*\_*BSL*,*AB*,*i*,*j*,*t*. *Rj* ,*t* 一*CSF*\_*BSL*,*AB*,*i*,*j*,*t*一1. *Rj*,*t*一1). *ABSL*,*i*,*j* 公式（A.7）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Δ*CSF* \_ *BSL* ,*BB* ,*t*  *CSF* \_ *BSL* , *AB* ,*i* ,*j* ,*t*  *C*  *SF* \_ *BSL* , *AB* ,*i* ,*j* ,*t* 一1  *ABSL*,*i* ,*j*  *Rj* ,*t*  *j*,*t*一1  *R*  *t* | —  —  —  —  —  — | 第 t 年时，项目边界内基线灌木地下生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1  第 t 年时， i 碳层 j 灌木种（组）基线情景单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2  第 t- 1 年时， i 碳层j灌木种（组） 基线情景单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2  项目边界内基线第 i 碳层j灌木种(组)的面积； hm2  基线情景下第 t 年时， j 灌木种（组）地下生物量与地上生物量之比；无量纲  基线情景下第 t- 1 年时， j 灌木种(组)地下生物量与地上生物量之比；无量纲  *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |

如果项目参与方无法获得灌木地下生物量与地上生物量之比随灌木丛年龄变化的相关关系，则可假定地下生物量与地上生物量之比为常数。即用*Rj*（灌木种 j 灌木丛平均地下生物量与平均地上生物量之比）来代替公式中的*Rj* ,*t* 和*Rj* ,*t* \_1 。

A.3 项目灌木生物量碳储量的变化

A.3.1 项目灌木地上生物质碳储量的变化

项目边界内灌木生物质碳储量变化（∆CSF\_PROJ,t）的计算方法，与基线灌木生物质碳储量变化的计算方法相同，采用公式（8）－公式（10）进行计算。实际计算时，用字母下标“PROJ”代替公式中的字母下标“BSL”，如：用∆CSF\_\_PROJ,t 代替∆CSF\_BSL,t。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 式中： 公式（A.8） | | |
| ∆*CSF*\_ ,*AB* ,*t* | — | 第 t 年时，项目边界内灌木地上生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a-1 |
| *CSF*\_ ,*AB* ,*i* ,*j* ,*t* | — | 第 t 年时， 项目情景第 i 碳层j灌木种（组） 单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2 |
| *CSF*\_ ,*AB* ,*i* ,*j* ,*t-1* | — | 第(t- 1)年时，项目情景第 i 碳层 j 灌木种（组）单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2 |
|  | — | 项目边界内第 i 碳层j灌木种（组）的面积；hm2 |
| *tadjust* ,*j* | — | 第j灌木种(组)灌木丛到达成林稳定阶段所需的时间； a |
| *t*  *a* | — | 灌木年龄； *ta* = *t* + *ts* ，其中 *ts* 为项目开始时的灌木丛初始年龄 |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |

而第 t 年时，单位面积灌木地上生物质碳储量可以采用以下二种方法之一进行计算。

一是根据基线情景下灌木林的栽植密度、平均地径、平均高度与灌木林年龄的相关方程，再结合单株生物量方程计算第 t 年时单位面积地上生物质碳储量，即：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *CSF*\_ *PROJ-* *AB* *j* *t* =∑*f* *AB* . *Nj* *t* . *CFj* . . 10 -3公式（A.9） | | |
| *Nj* ,*t* = *f* *N* ,*j* (*ta* ) 公式（A.10） | | |
| 式中： |  |  |
| *CSF*\_ *PROJ*,*AB*,*j* ,*t* | — | 项目情景 *j* 灌木种（组 ） 单位面积灌木地上生物质碳储量 ；t CO2-e·hm-2 |
| *f* *AB* | — | 灌木种(组) *j*的平均单株地上生物量方程(单株生物量与地径、株高、灌幅等的相关方程)，可采用一元、二元或多元单株生物量方程； kg d.m.株- 1 |
| *Nj* ,*t* | — | 为发育到*ta* 时单位面积灌木枝条数量；株 ·hm-2 。对于丛生 灌木种，可根据单位面积丛数和平均每丛的株数来计算。 |
| *CFj* | — | 灌木种(组) *j*的生物量含碳率； t C · (t d.m.) - 1 |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |
| *j* | — | 灌木种或灌木种组 |
| *t*  *a* | — | 灌木林年龄； *ta* = *t* + *ts* *，*其中*ts* 为项目开始时的灌木林初始年龄 |

二是直接根据当地或相近地区灌木林单位面积生物量随灌木林年龄变化的相关方程，计算第 t 年时单位面积地上生物质碳储量，直到进入灌木林成林稳定阶段为止。此后，可假定灌木地上生物质碳储量变化量为零。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *CSF* \_ *PROJ* ,*AB* ,*j* ,*t* = *f* *AB* ,*j* (*ta* ) . *CFj* .  公式（A.11） | | |
| *CSF*\_*PROJ*,*AB*,*j* ,*t* | — | 项目情景 *j* 灌木种（组） 单位面积灌木地上生物质碳储量 ；t CO2-e·hm-2 |
| *fAB* ,*j* (*ta* ) | — | 灌木种(组) *j*的单位面积生物量随灌木林年龄变化的相关方程； t d.m.hm-2 |
| *CFj* | — | 灌木种(组) *j*的生物量含碳率； t C · (t d.m.) - 1 |
| *t* | — | *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |
| *j* | — | 灌木种或灌木种组 |
| *t*  *a* | — | 灌木林年龄； *ta* = *t* + *ts* *，*其中*ts* 为项目开始时的灌木林初始年龄 |

A.3.1 项目灌木地下生物质碳储量的变化

在灌木林生长发育和经营过程中，会不断长出新灌木枝条，同时会进行不断的平茬活动，以保持灌木林健康和灌木材的合理利用。因此当灌木林到达成林稳定年限后，其地上生物质碳储量会基本保持不变，但由于灌木平茬经营时，基本只移除地上部分(枝、叶)，而地下部分(根)仍会在较长时间内留存于林地中，灌木林地下生物质碳储量的变化可通过灌木林地下生物量与地上生物量之比和当年的地上生物质碳储量变化来计算。

本文件设定 1T (T：指项目情景下的灌木林平茬更新周期或灌木成熟平茬年龄）作为时间年限，即自项目活动开始 1T 后，灌木林地下生物量碳储量的增长为零。

根据以上分析，灌木丛地下生物质碳储量的变化可选择以下方法进行估算。

方法Ⅰ：灌木林地下生物量与地上生物量之比法

Δ*CSF*\_*PROJ*,*BB*,*t*= 公式（A.12）

式中：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Δ*CSF* \_ *PROJ*  ,*BB* ,*t*  *CSF* \_ *PROJ*  , *AB* ,*i* ,*j* ,*t*  *C*  *SF* \_*PROJ*  , *AB* ,*i* ,*j* ,*t* 一1  *APROJ* ,*i* ,*j*  *Rj* ,*t*  *j*,*t*一1  *R*  *t* | —  —  —  —  —  — | 第 t 年时，项目边界灌木地下生物质碳储量的年变化量； t CO2-e·a- 1  第 t 年时， i 碳层 j 灌木种（组）项目情景单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2  第 t- 1 年时， i 碳层j灌木种（组）项目情景单位面积灌木地上生物质碳储量； t CO2-e·hm-2  项目边界内第 i 碳层j灌木种(组)的面积； hm2  项目情景下第 t 年时， j 灌木种(组)地下生物量与地上生物量之比；无量纲  项目情景下第 t- 1 年时， j 灌木种(组)地下生物量与地上生物量之比；无量纲  *1,* *2,* *3,* *…* ，项目活动开始以后的年数； a |

如果项目参与方无法获得灌木地下生物量与地上生物量之比随灌木丛年龄变化的相关关系，则可假定地下生物量与地上生物量之比为常数。即用*Rj* (灌木种 j 灌木丛平均地下生物量 与平均地上生物量之比)来代替公式中的*Rj* ,*t* 和*Rj* ,*t* \_1 。

A.4 生物量模型与参数

表A.1 中国主要灌木林的生物量参数（文献整合分析）1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 指标 | 人工灌木林 | 天然灌木林 |
| 均值 | 均值 |
| 林分地上生物量（t d.m.·hm-2） | 13.4704 | 8.7383 |
| 林分地下生物量（t d.m.·hm-2） | 6.6772 | 9.3568 |
| 全林生物量（t d.m.·hm-2） | 24.6358 | 17.2700 |
| 林分地下/地上生物量的比值 | 0.6590 | 1.3838 |

1 数据来源：Luo et al., 2014. Biomass and its allocation in Chinese forest ecosystems. Ecology 95: 2026.

表A.2 灌木单物种生物量模型信息表2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灌木物种 | 模型信息编号 | 研究区域 | 植株密度[株（丛）/hm2] | 模型编号 | 模型适用范围 | | | | | 灌丛类型 | 枝干形态 | 来源 |
| 株高H/cm | 冠径C/cm | 植冠投影面积Ac/m2 | 基径D/cm | 总（地上）干重TB[AGB]/g |
| 矮脚锦鸡儿 | xx-1 | 内蒙古 |  | mx-1 ~mx-2 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 霸王 | xx-2 | 内蒙古 |  | mx-3 ~mx-4 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 白刺 | xx-3 | 内蒙古 | 400~4700 | mx-5~mx-7 | 11~74 |  | 0.02~3.393 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 白沙蒿 | xx-4 | 毛乌素沙区 |  | mx-8 |  |  |  |  | 298 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 于九如等，1993 |
| 北沙柳 | xx-5 | 内蒙古毛乌素沙地 |  | mx-9~mx-11 | 160~290 |  | 0.78~11.64 |  | 1380~55720 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 刘陟2014 |
| 柽柳 | xx-6 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-12 | 221.89±39.13 | 165 x184 |  | 4.609±0.489 | 2237.25 ±106.17 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 党晓宏等，2016 |
| 刺旋花 | xx-7 | 内蒙古 | 767~2633 | mx-13~mx-15 | 10~22 |  | 0.013~0.141 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 合头草 | xx-8 | 内蒙古、新疆 | 2633~31200 | mx-16~mx-18 | 9~50 |  | 0.009~1.484 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 河北木蓝 | xx-9 | 内蒙古 |  | mx-19 ~mx-20 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 黑沙蒿 | xx-10 | 内蒙古毛乌素沙地 |  | mx-21 ~mx-23 | 40~110 |  | 0.16~3.3 |  | 50~6440 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 刘陟2014 |
| 红砂 | xx-11 | 内蒙古、新疆 | 1700~38667 | mx-24 ~mx-26 | 9~40 |  | 0.027 ~ 1.131 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 胡枝子 | xx-12 | 内蒙古 | 9600 | mx-27 ~mx-29 |  |  | 0.006~0.342 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 虎榛子 | xx-13 | 黑龙江、内蒙古、陕西 | 23200~37600 | mx-30~mx-32 | 77~230 |  | 0.283 ~3.085 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 灌丛课题 |
| 黄刺玫 | xx-14 | 内蒙古 | 3067~24267 | mx-33 ~mx-35 | 30~150 |  | 0.009~2.218 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 荆条 | xx-15 | 内蒙古 |  | mx-36~mx-37 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 卷叶锦鸡儿 | xx-16 | 内蒙古 |  | mx-38 ~mx-39 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 宽苞水柏枝 | xx-17 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-40 | 331.77±23.18 | 340 x398 |  | 4.582±0.576 | 12183.85 ±415.08 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 党晓宏等，2016 |
| 筐柳 | xx-18 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-41 | 254.65±12.47 | 349 x372 |  | 4.42 ±0.523 | 2808.23 ±120.42 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 党晓宏等，2016 |
| 耧斗菜叶绣线菊 | xx-19 | 内蒙古 | 4533~11600 | mx-42 ~mx-44 | 34~156 |  | 0.063~0.551 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 毛刺锦鸡儿 | xx-20 | 乌拉特中旗 |  | mx-45 | 3.98±1.82 |  | 0.18±0.20 | 0.50±0.19 | [134.83+1127.90] | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 王晓江，1990 |
| 蒙古扁桃 | xx-21 | 内蒙古 | 1433~7333 | mx-46~ mx-48 | 10~100 |  | 0.031 ~0.898 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 蒙古绣线菊 | xx-22 | 内蒙古 |  | mx-49 ~mx-50 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 蒙古岩黄耆 | xx-23 | 内蒙古乌审旗 |  | mx-51 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 李钢铁等，1998 |
| 绵刺 | xx-24 | 内蒙古 | 17467~40000 | mx-52~mx-54 |  |  | 0.006~0.187 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 膜果麻黄 | xx-25 | 内蒙古 |  | mx-55~mx-56 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 柠条锦鸡儿 | xx-26 | 毛乌素沙区 |  | mx-57 |  |  |  |  | 813 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 于九如等，1993 |
| 柠条锦鸡儿 | xx-27 | 内蒙古 |  | mx-58 | 40~160 |  | 0.06~3.99 |  | 160~14260 | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 曾伟生等2015 |
| 柠条锦鸡儿 | xx-28 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-59 | 224.03±16.77 | 253 x267 |  | 5.737 ±0.812 | 5021.62+316.24 | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 党晓宏等，2016 |
| 泡泡刺 | xx-29 | 内蒙古 | 767~4833 | mx-60~mx-62 |  |  | 0.024~0.471 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 三裂绣线菊 | xx-30 | 内蒙古 |  | mx-63~mx-64 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 孙威2015 |
| 沙冬青 | xx-31 | 内蒙古 |  | mx-65 ~mx-66 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 沙拐枣 | xx-32 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-67 | 132.05 ±20.34 | 78 x91 |  | 3.927±0.751 | 894.46±24.35 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 党晓宏等，2016 |
| 山杏 | xx-33 | 内蒙古 |  | mx-68~mx-69 | 30~200 |  | 0.04~22.05 |  | 30~48300 | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 曾伟生等2015 |
| 山竹岩黄耆 | xx-34 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-70 | 161.01±21.10 | 193 x224 |  | 4.4±0.314 | 4102.97±217.08 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 党晓宏等，2016 |
| 四合木 | xx-35 | 内蒙古 | 40000 | mx-71 ~mx-72 | 10~46 |  | 0.019~0.948 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |
| 梭梭 | xx-37 | 内蒙古鄂尔多斯市杭锦旗库布其沙漠北缘 |  | mx-73 | 236.43±30.66 | 149 x157 |  | 7.028±1.441 | 14598.88±754.41 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 党晓宏等，2016 |
| 土庄绣线菊 | xx-38 | 内蒙古 |  | mx-74~mx-75 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 驼绒藜 | xx-39 | 腾格里沙漠东南缘 |  | mx-76~mx-78 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 杨昊天等2013 |
| 西藏锦鸡儿 | xx-40 | 内蒙古 | 31200 | mx-79~mx-81 | 7~21 |  | 0.013~0.353 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 细枝岩黄耆 | xx-41 | 巴盟综合治沙站和中国林科院沙漠实验中心 |  | mx-82 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 李钢铁等，1998 |
| 狭叶锦鸡儿 | xx-42 | 内蒙古 | 2133~40000 | mx-83~mx-85 | 7~30 |  | 0.002~0.165 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 小叶锦鸡儿 | xx-43 | 内蒙古 |  | mx-86~mx-87 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 孙威2015 |
| 绣线菊 | xx-44 | 吉林、内蒙古、陕西 | 16400~78933 | mx-88~ mx-90 | 50~193 |  |  |  | 0.253~1.886 | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 灌丛课题 |
| 长梗扁桃 | xx-45 | 内蒙古 | 4367 | mx-91~mx-93 | 15~35 |  | 0.021 ~0.396 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 珍珠花 | xx-46 | 内蒙古 | 2633~38667 | mx-94~mx-95 | 10~34 | 0.016~0.18 |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 灌丛课题 |
| 珍珠猪毛菜 | xx-47 | 腾格里沙漠东南缘 |  | mx-96~mx-98 |  |  |  |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 杨昊天等2013 |
| 榛 | xx-48 | 黑龙江、吉林、内蒙古、四川 | 2000~151867 | mx-99~mx-101 | 31~255 |  | 0.2~1.78 |  |  | 落叶阔叶灌丛 | 类型a | 灌丛课题 |
| 中间锦鸡儿 | xx-49 | 内蒙古毛乌素沙地 |  | mx-102 ~mx-104 | 35~180 |  | 0.35 ~4.90 |  | 200~13070 | 落叶阔叶灌丛 | 类型c | 刘陟2014 |
| 中麻黄 | xx-50 | 内蒙古、新疆 | 767~4333 | mx-105~mx-107 | 20~56 |  | 0.028~1.838 |  |  | 稀疏灌木林 | 类型c | 灌丛课题 |

表A.3 灌木单物种模型参数表2

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 灌木物种 | 模型编号 | 器官 | 自变量 | 模型形式 | 模型系数 | | | | | 统计信息 | | | 模型验证 | | | | 模型各变量参数 | | | | |
| a | b | c | d | cf | n | R方 | FI | n | b | R方 | RE | H | C | Ac | D | M |
| 矮脚锦鸡儿 | mx-1 | 地上 | C | M=aCb | 276.01 | 2.32 |  |  |  | 22 | 0.847 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 矮脚锦鸡儿 | mx-2 | 地下 | Vc | M=aVcb | 138.11 | 0.63 |  |  |  | 22 | 0.698 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 霸王 | mx-3 | 地上 | Vc | M=aVcb | 847.79 | 0.62 |  |  |  | 39 | 0.692 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 霸王 | mx-4 | 地下 | Vc | M=aVcb | 487.02 | 0.82 |  |  |  | 39 | 0.535 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 白刺 | mx-5 | 地上 | Vc | M=aVcb | 0.3365 | 0.5687 |  |  | 1.1362 | 30 |  | 0.5084 | 10 | 0.9841 | 0.823 | -0.0926 | m |  | m² |  | kg |
| 白刺 | mx-6 | 地下 | Vc | M=a+b×Vc | 0.0485 | 0.3115 |  |  |  | 31 | 0.611 |  | 10 | 0.7799 | 0.7053 | -0.0526 | m |  | m² |  | kg |
| 白刺 | mx-7 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.618 | 0.547 |  |  | 1.105 | 28 |  | 0.798 | 9 | 0.958 | 0.899 | 0.0455 | m |  | m² |  | kg |
| 白沙蒿 | mx-8 | 整株 | H.Ac | M=a+b×H+c×Ac | -0.0471 | 0.2049 | 0.2114 |  |  | 19 | [0.8748] |  |  |  |  | 0.08~0.59 |  |  | m² |  | g |
| 北沙柳 | mx-9 | 地上 | Ac | M=aAcb | 1.313 | 1.147 |  |  |  | 30~40 | 0.795 |  |  |  |  | -0.0771 | m |  | m² |  | kg |
| 北沙柳 | mx-10 | 地下 | Vc | M=aVcb | 0.577 | 0.857 |  |  |  | 30~40 | 0.594 |  |  |  |  | 0.0022 | m |  | m² |  | kg |
| 北沙柳 | mx-11 | 整株 | Ac | M=aAcb | 2.472 | 1.044 |  |  |  | 30~40 | 0.717 |  |  |  |  | 0.0633 | m |  | m² |  | kg |
| 怪柳 | mx-12 | 整株 | C.H | M=a+b×CH+c×(CH)² | -785.98 | 0.236 | 3.21×10-6 |  |  | 19 | 0.925 |  |  |  |  |  | cm | cm |  |  | g |
| 刺旋花 | mx-13 | 地上 | Ac | M=aAcb | 0.1942 | 0.7566 |  |  | 11015 | 20 |  | 0.5901 | 6 | 0.9187 | 0.8729 | -0.0272 | m |  | m² |  | kg |
| 刺旋花 | mx-14 | 地下 | Ma | M=aMab | 0.4453 | 0.9368 |  |  | 1.2199 | 19 |  | 0.331 | 6 | 0.9693 | 0.729 | -0.1616 | m |  | m² | cm | kg |
| 刺旋花 | mx-15 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.406 | 0.523 |  |  | 1.158 | 17 |  | 0.451 | 6 | 0.915 | 0.836 | 0.0623 | m |  | m² |  | kg |
| 合头草 | mx-16 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | 0.021 | 2.7146 |  |  |  | 15 | 0.8921 |  | 5 | 0.9973 | 0.93 | 0.0557 | m |  | m² |  | kg |
| 合头草 | mx-17 | 地下 | Ma | M=aMab | 0.5902 | 0.9563 |  |  | 1.0937 | 15 |  | 0.7176 | 5 | 1.0814 | 0.9087 | -0.1133 | m |  | m² | cm | kg |
| 合头草 | mx-18 | 整株 | Ac | M=aAcb | 1.44 | 0.917 |  |  | 1.149 | 14 |  | 0.78 | 4 | 1.002 | 0.924 | 0.0801 | m |  | m² |  | kg |
| 河北木蓝 | mx-19 | 地上 | C | M=aCb | 1146.52 | 4.1 |  |  |  | 30 | 0.953 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 河北木蓝 | mx-20 | 地下 | C | M=aCb | 334.41 | 2.69 |  |  |  | 30 | 0.787 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 黑沙蒿 | mx-21 | 地上 | Ac | M=aAcb | 1.154 | 1.257 |  |  |  | 30-40 | 0.807 |  |  |  |  | -0.1852 | m |  | m² |  | kg |
| 黑沙高 | mx-22 | 地下 | Ac | M=aAcb | 0.28 | 1.036 |  |  |  | 30-40 | 0.664 |  |  |  |  | 0.0783 | m |  | m² |  | kg |
| 黑沙蒿 | mx-23 | 整株 | Ac | M=a+b×Ac | -0.354 | 1.988 |  |  |  | 30-40 | 0.796 |  |  |  |  | -0.1895 | m |  | m² |  | kg |
| 红砂 | mx-24 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | -0.0413 | 3.2707 |  |  |  | 32 | 0.8552 |  | 10 | 1.0987 | 0.821 | -0.0003 | m |  | m² |  | kg |
| 红砂 | mx-25 | 地下 | Ma | M=a+b×Ma | -0.0307 | 1.5618 |  |  |  | 32 | 0.9451 |  | 10 | 0.9797 | 0.8286 | 0.0269 |  |  |  |  | kg |
| 红砂 | mx-26 | 整株 | Ac | M=aAcb | 1.346 | 1.151 | 1.155 |  |  | 28 |  | 0.827 | 10 | 0.939 | 0.9 | 0.0439 | m |  | m² |  | kg |
| 胡枝子 | mx-27 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | -0.0024 | 1.0686 |  |  |  | 22 | 0.9281 |  | 8 | 1.0368 | 0.9132 | 0.0154 | m |  | m² |  | kg |
| 胡枝子 | mx-28 | 地下 | Ma | M=a+b×Ma | 0.0072 | 0.5644 |  |  |  | 22 | 0.8444 |  | 8 | 0.9551 | 0.8922 | -0.0636 |  |  |  |  | kg |
| 胡枝子 | mx-29 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.667 | 0.734 | 1.109 |  |  | 20 |  | 0.747 | 7 | 0.921 | 0.901 | 0.0139 | m |  | m² |  | kg |
| 虎榛子 | mx-30 | 地上 | D²H | M=a(D²H)b | 0.0746 | 0.6299 |  | 1.0693 |  | 12 |  | 0.8805 | 4 | 1.0216 | 0.9351 | -0.0573 | m |  |  | cm | kg |
| 虎榛子 | mx-31 | 地下 | D²H | M=a+b×D²H | -0.0034 | 0.049S |  |  |  | 12 | 0.9827 |  | 4 | 1.0219 | 0.8771 | -0.0611 | m |  |  | cm | kg |
| 虎榛子 | mx-32 | 整株 | D²H | M=a(D²H)b | 0.128 | 0.693 |  | 1.108 |  | 10 |  | 0.821 | 4 | 0.955 | 0.906 | 0.0282 | m |  |  | cm | kg |
| 黄刺玫 | mx-33 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | -0.0227 | 0.6598 |  |  |  | 28 | 0.8523 |  | 10 | 1.0232 | 0.8804 | -0.0352 | m |  | m² |  | kg |
| 黄刺玫 | mx-34 | 地下 | Ma | M=aMab | 1.0252 | 1.03 |  |  | 1.2335 | 28 | 0.7932 |  | 10 | 1.0327 | 0.8432 | -0.1352 |  |  |  |  | kg |
| 黄刺玫 | mx-35 | 整株 | Vc | M=aVcb | 1.095 | 0.895 |  |  | 1.128 | 26 | 0.698 |  | 8 | 0.942 | 0.901 | 0.0223 | m |  | m² |  | kg |
| 荆条 | mx-36 | 地上 | Ac | M=aAcb | 294.19 | 1.02 |  |  |  | 34 | 0.825 |  |  |  |  |  |  |  | m² |  |  |
| 荆条 | mx-37 | 地下 | C | M=aCb | 288.534 | 2.62 |  |  |  | 34 | 0.624 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 卷叶锦鸡儿 | mx-38 | 地上 | C | M=aCb | 1192.13 | 2.02 |  |  |  | 31 | 0.529 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 卷叶锦鸡儿 | mx-39 | 地下 | C | M=aCb | 1032.52 | 2.32 |  |  |  | 31 | 0.508 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 宽苞水柏枝 | mx-40 | 整株 | C.H | M=a+b×CH+c×(CH)² | 7543.29 | 0.078 | 5.98×10-⁷ |  |  | 13 | 0.875 |  |  |  |  |  | cm | cm |  |  | g |
| 筐柳 | mx-41 | 整株 | C.H | M=a+b×CH | 3286.15 | 0.021 |  |  |  | 11 | 0.905 |  |  |  |  |  | cm | cm |  |  | g |
| 楼斗菜叶绣线菊 | mx-42 | 地上 | Vc | M=aVcb | 0.5006 | 0.8443 |  |  | 12223 | 23 |  | 4474 | 8 | 0.8789 | 0.7897 | -0.0682 | m | m² |  |  | kg |
| 楼斗菜叶绣线菊 | mx-43 | 地下 | Vc | M=aVcb | 0.5802 | 0.7361 |  |  | 1.1253 | 23 |  | 0.7139 | 8 | 0.9794 | 0.9084 | -0.0618 | m | m² |  |  | kg |
| 楼斗菜叶绣线菊 | mx-44 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.096 | 0.813 |  |  | 1.116 | 21 |  | 0.745 | 7 | 0.944 | 0.909 | 0.0412 | m | m² |  |  | kg |
| 毛刺锦鸡儿 | mx-45 | 地上 | Ac | M=a+b×Ac | -14.2216 | 806.7474 |  |  |  | 40 | [0.9022] |  |  |  |  |  | cm | m² |  |  | g |
| 蒙古扁桃 | mx-46 | 地上 | Vc | M=a+h×Vc | 0.0201 | 0.9781 |  |  |  | 20 | 0.8245 |  | 6 | 9507 | 0.8281 | -0.0743 | m |  | m² |  | kg |
| 蒙古扁桃 | mx-47 | 地下 | Ma | M=a+b×Ma | 0.0071 | 0.5357 |  |  |  | 20 | 0.7132 |  | 6 | 0.9621 | 0.8045 | -0.1526 |  |  |  |  | kg |
| 蒙古扁桃 | mx-48 | 整株 | Ac | M=a+b×Ac |  | 1.069 |  |  |  | 17 | 0.775 |  | 6 | 0.92 | 0.792 | 0.1052 | m |  | m² |  | kg |
| 蒙古绣线菊 | mx-49 | 地上 | Vc | M=aVcb | 1485.52 | 1.26 |  |  |  | 30 | 0.794 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 蒙古绣线菊 | mx-50 | 地下 | Ac | M=aAcb | 22348.06 | 4.27 |  |  |  | 30 | 0.619 |  |  |  |  |  |  |  | m² |  |  |
| 蒙古岩黄耆 | mx-51 | 整株 | D.H、Ac | M=eaDbHcAcd | 1.071 | 1442 | 0.507 | 0.745 |  | 57 | [0.95] |  |  |  |  | 0.0218 | cm |  | m² | cm | kg |
| 绵刺 | mx-52 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | 0.0041 | 1.3175 |  |  |  | 27 | 0.8501 |  | 9 | 0.9548 | 0.9055 | -0.0117 | m |  | m² |  | kg |
| 绵刺 | mx-53 | 地下 | Ma | M=aMa | 0.1607 | 0.6036 |  |  | 1.139 | 27 |  | 0.2752 | 9 | 0.9368 | 0.7658 | -0.0745 |  |  |  |  | kg |
| 绵刺 | mx-54 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.36 | 0.514 |  |  | 1.14 | 24 |  | 0.638 | 8 | 0.944 | 0.863 | 0.0562 | m |  | m² |  | kg |
| 膜果麻黄 | mx-55 | 地上 | C | M=aCb | 615.86 | 2.02 |  |  |  | 32 | 0.839 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 膜果麻黄 | mx-56 | 地下 | C | M=aCb | 1072.79 | 3.21 |  |  |  | 32 | 0.894 |  |  |  |  |  |  | m |  |  |  |
| 柠条锦鸡儿 | mx-57 | 地上 | Ac、N | M=aAcbNc | 0.6087 | 0.9233 | 0.2145 |  |  | 106 | 0.695 |  |  |  |  | -0.0002 |  |  | m² |  | kg |
| 柠条锦鸡儿 | mx-58 | 地下 | Ac、N | M=aAcbNc | 1.0481 | 0.6278 | 0.2145 |  |  | 106 | 0.4824 |  |  |  |  | -0.0043 |  |  | m² |  | kg |
| 柠条锦鸡儿 | mx-59 | 整株 | C.H | A=a(CH)b | 1.245 | 0.826 |  |  |  | 17 | 0.932 |  |  |  |  |  | cm |  | cm² |  | g |
| 泡泡刺 | mx-60 | 地上 | Ac | M=aAcb | 0.1645 | 0.7146 |  |  | 1.1207 | 23 |  | 0.5172 | 8 | 0.9508 | 0.8625 | -0.0572 | m |  | m² |  | kg |
| 泡泡刺 | mx-61 | 地下 | Ma | M=aMab | 0.1559 | 0.6298 |  |  | 1.2442 | 23 |  | 0.2483 | 8 | 0.7962 | 0.7091 | -0.0576 |  |  |  |  | kg |
| 泡泡刺 | mx-62 | 整株 | Ac | M=aAcb | 0.187 | 0.561 |  |  | 1.145 | 21 |  | 0.352 | 7 | 0.922 | 0.819 | 0.0564 | m |  | m² |  | kg |
| 三裂绣线菊 | mx-63 | 地上 | Vc | M=aVcb | 1076.92 | 1.23 |  |  |  | 27 | 0.857 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 三裂绣线菊 | mx-64 | 地下 | Vc | M=aVcb | 985.1 | 1.06 |  |  |  | 27 | 0.907 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 沙冬青 | mx-65 | 地上 | Ac | M=aAcb | 902.43 | 1.28 |  |  |  | 33 | 0.886 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 沙冬青 | mx-66 | 地下 | Ac | M=aAcb | 271.48 | 1.03 |  |  |  | 33 | 0.814 |  |  |  |  |  |  |  | m² |  |  |
| 沙拐枣 | mx-67 | 整株 | C.H | M=a+b×CH | 374.58 | 0.093 |  |  |  | 18 | 0.934 |  |  |  |  |  | cm | cm |  |  | g |
| 山杏 | mx-68 | 地上 | Ac、N | M=aAcbNc | 1.6518 | 1.0817 | -0.6523 |  |  | 82 | 0.6718 |  |  |  |  | -0.0313 |  |  | m² |  | kg |
| 山杏 | mx-69 | 地下 | Ac、N | M=aAcbNc | 2.5807 | 0.7332 | -0.351 |  |  | 82 | 0.3636 |  |  |  |  | 0.0493 |  |  | m² |  | kg |
| 山竹岩黄芹 | mx-70 | 整株 | C.H | M=a+b×CH | 2829.91 | 0.2551 |  |  |  | 28 | 0.881 |  |  |  |  |  | cm | cm |  |  | g |
| 四合木 | mx-71 | 地上 | Ac | M=a+b×Ac | -0.0023 | 0.526 |  |  |  | 21 | 0.8949 |  | 7 | 0.9762 | 0.935 | -0.0239 | m |  | m² |  | kg |
| 四合木 | mx-72 | 地下 | Ma | M=a+b×Ma | -0.0015 | 0.292 |  |  |  | 21 | 0.8277 |  | 7 | 0.9433 | 0.8289 | 0.0178 |  |  |  |  | kg |
| 梭梭 | mx-73 | 整株 | C.H | M=a(CH)b | 5.27 | 0.794 |  |  |  | 4 | 0.923 |  |  |  |  |  | cm | cm |  |  | kg |
| 土庄绣线菊 | mx-74 | 地上 | Vc | M=aVcb | 1069.48 | 0.85 |  |  |  | 28 | 0.719 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 土庄绣线菊 | mx-75 | 地下 | Vc | M=aVcb | 984.62 | 0.95 |  |  |  | 28 | 0.689 |  |  |  |  |  | m |  | m² |  |  |
| 驼绒蔡 | mx-76 | 地上 | Vc | M=aVcb | 0.002 | 0.863 |  |  |  | 29 | 0.832 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 驼绒续 | mx-77 | 地下 | Vc | M=aVcb | 0.005 | 0.739 |  |  |  | 29 | 0.74 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 驼绒黎 | mx-78 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.006 | 0.814 |  |  |  | 29 | 0.811 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 西藏锦鸡儿 | mx-79 | 地上 | Ac | M=aAcb | 1.8443 | 1.2011 |  |  | 1.1 | 22 |  | 0.7618 | 8 | 1.0072 | 8943 | -0.0774 | m |  | m² |  | kg |
| 西藏锦鸡儿 | mx-80 | 地下 | Vc | M=a+b×Vc | 0.0277 | 4.729 |  |  |  | 22 | 0.7637 |  | 8 | 0.9274 | 0.8927 | -0.0169 | m |  | m² |  | kg |
| 西藏锦鸡儿 | mx-81 | 整株 | Ac | M=aAcb | 2.05 | 0.983 |  |  | 1.094 | 20 |  | 0.816 | 7 | 0.995 | 0.927 | 0.061 | m |  | m² |  | kg |
| 细枝岩黄耆 | mx-82 | 整株 | D、H、Ac | M=eaDbHcAcd | -5.5587 | 2.121 | 0.5111 | -0.1169 |  | 58 | [0.964] |  |  |  |  |  | cm |  | m² | cm | kg |
| 狭叶锦鸡儿 | mx-83 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | -0.0036 | 1.5067 |  |  |  | 44 | 0.7484 |  | 15 | 0.9423 | 0.7876 | -0.0248 | m |  | m² |  | kg |
| 狭叶锦鸡儿 | mx-84 | 地下 | Ma | M=aMab | 0.3831 | 0.7064 |  |  | 1.2742 | 45 |  | 0.6949 | 15 | 1.0884 | 0.8186 | -0.1691 |  |  |  |  | kg |
| 狭叶锦鸡儿 | mx-85 | 整株 | Ac | M=aAcb | 0.286 | 0.893 |  |  | 13750 | 40 |  | 0.483 | 14 | 0.725 | 0.785 | 0.0165 | m |  | m² |  | kg |
| 小叶锦鸡儿 | mx-86 | 地上 | Ac | M=aAcb | 368.82 | 1.01 |  |  |  | 50 | 0.903 |  |  |  |  |  |  |  | m² |  |  |
| 小叶锦鸡儿 | mx-87 | 地下 | Ac | M=aAcb | 474.52 | 1.16 |  |  |  | 50 | 0.811 |  |  |  |  |  |  |  | m² |  |  |
| 绣线菊 | mx-88 | 地上 | D²H | M=a(D²H)b | 0.0462 | 0.775 |  |  | 1.2559 | 30 |  | 0.5806 | 10 | 1.1378 | 0.8355 | -0.1892 | m |  | cm |  | kg |
| 绣线菊 | mx-89 | 地下 | Ma | M=aMab | 0.3508 | 0.9012 |  |  | 1.2935 | 27 |  | 0.4465 | 9 | 0.9327 | 0.7578 | -0.1138 |  |  |  |  | kg |
| 绣线菊 | mx-90 | 整株 | D²H | M=a+b×D²H | 0.033 | 0.035 |  |  |  | 27 | 0.475 |  | 9 | 0.892 | 0.759 | 0.1025 | m |  | cm |  | kg |
| 长梗扁桃 | mx-91 | 地上 | Vc | M=a+b×Vc | -0.0057 | 6.7039 |  |  |  | 16 | 0.6771 |  | 5 | 0.9224 | 0.8188 | -0.0828 | m |  | m² |  | kg |
| 长梗扁桃 | mx-92 | 地下 | Ac | M=aAcb | 1.4634 | 0.9445 |  |  | 1.2546 | 16 |  | 0.4887 | 5 | 1.0578 | 0.8113 | -0.1775 | m |  | m² |  | kg |
| 长梗扁桃 | mx-93 | 整株 | Vc | M=a+b×Vc | 0.069 | 11.253 |  |  |  | 14 | 0.727 |  | 5 | 0.925 | 0.88 | 0.0057 | m |  | m² |  | kg |
| 珍珠花 | mx-94 | 地上 | Vc | M=aVcb | 1.7472 | 0.888 |  |  | 1.1792 | 16 |  | 0.6843 | 6 | 0.9431 | 0.8609 | -0.0849 | m |  | m² |  | kg |
| 珍珠花 | mx-95 | 整株 | Vc | M=aVcb | 1.838 | 0.735 |  |  | 1.282 | 15 |  | 0.427 | 5 | 1.003 | 0.78 | 0.1657 | m |  | m² |  | kg |
| 珍珠猪毛菜 | mx-96 | 地上 | Vc | M=aVcb | 0.009 | 0.884 |  |  |  | 34 | 0.893 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 珍珠猪毛菜 | mx-97 | 地下 | Vc | M=aVcb | 0.024 | 0.729 |  |  |  | 34 | 0.788 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 珍珠猪毛菜 | mx-98 | 整株 | Vc | M=aVcb | 0.033 | 0.806 |  |  |  | 34 | 0.876 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 榛 | mx-99 | 地上 | D²H | M=a(D²H)b | 0.0474 | 0.8038 |  |  | 1.0968 | 73 |  | 0.8252 | 24 | 0.997 | 0.9193 | -0.0534 | m |  |  | cm | kg |
| 榛 | mx-100 | 地下 | Ma | M=aMab | 0.4305 | 0.7827 |  |  | 1.2666 | 73 |  | 0.2259 | 24 | 0.8562 | 0.6573 | -0.123 |  |  |  |  | kg |
| 榛 | mx-101 | 整株 | D²H | M=a(D²H)b | 0.091 | 0.73 |  |  | 1.141 | 65 |  | 0.606 | 22 | 1.041 | 0.852 | 0.107 | m |  |  | cm | kg |
| 中间锦鸡儿 | mx-102 | 地上 | H | M=a×ebH | 0.052 | 3.054 |  |  |  | 30~40 | 0.779 |  |  |  |  | -0.008 | m |  |  |  | kg |
| 中间锦鸡儿 | mx-103 | 地下 | H | M=aHb | 1.302 | 2.368 |  |  |  | 30~40 | 0.739 |  |  |  |  | -0.1483 | m |  |  |  | kg |
| 中间锦鸡儿 | mx-104 | 整株 | H | M=a×ebH | 0.159 | 2.685 |  |  |  | 30~40 | 0.794 |  |  |  |  | -0.0621 | m |  |  |  | kg |
| 中麻黄 | mx-105 | 地上 | Ac | M=a+b×Ac | -0.0967 | 1.8127 |  |  |  | 26 | 0.9802 |  | 9 | 1.0664 | 0.8582 | 0.0404 | m |  | m² |  | kg |
| 中麻黄 | mx-106 | 地下 | Ac | M=a+b×Ac | -0.0161 | 0.6183 |  |  |  | 26 | 0.9438 |  | 9 | 0.9865 | 0.9139 | -0.0541 | m |  | m² |  | kg |
| 中麻黄 | mx-107 | 整株 | Ac | M=aAcb | 1.932 | 1.235 |  |  | 1.049 | 23 |  | 0.975 | 8 | 0.945 | 0.983 | -0.0263 | m |  | m² |  | kg |

2 数据来源：谢宗强，王杨，唐志尧，徐文婷，中国常见灌木生物量模型手册[M].科学出版社

附 录 B

（资料性）

灌木林土壤有机碳储量变化计算方法

经营造林活动由于整地扰动土壤，可能会使项目地块的土壤有机碳储量在整地后发生减少；后期随着林木生长、死亡根系和枯落物返还与分解等，土壤有机碳又会逐渐增加，最终趋于稳定。

由于土壤有机碳储量及其变化的监测成本较高、监测结果的不确定性大，基于保守性原则和成本有效性原则，项目业主须基于以下假设条件对土壤有机碳储量及其变化量进行计算，土壤有机碳初始值需通过项目前基线调查获取，整地前土壤采样深度为30cm：

a） 整地之后 0～5年，项目地块的土壤有机碳含量逐渐下降，从第 6年之后逐渐上升，恢复至整地前的土壤有机碳水平大约需要 20 年左右；

b） 整地之后第 20-40 年，项目地块的土壤有机碳含量呈线性增加，且在第 40 年后土壤有机碳含量达到稳定状态，即不再增长；

c） 造林、经营碳汇项目基线情景下土壤有机碳储量变化量计为 0。

基于上述假设，项目情景下土壤有机碳储量年变化量可采用如下公式计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (B.1) | | |
| (B.2) | | |
| 式中： | | |
|  | — | 整地后第 t 年项目边界内土壤有机碳储量的年变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a -1）； |
|  | — | 第 i 项目碳层整地后第 t 年的土壤有机碳储量的年变化量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a -1）; |
|  | — | 整地后土壤有机碳密度平均年变化率，单位为吨碳每公顷每年（t C·hm-2·a-1），见表 B.1； |
| 44/12 | — | 二氧化碳与碳的相对分子质量之比，无量纲； |
|  | — | 第 t 年时，第 i 项目碳层的面积，单位为公顷（hm2） |
|  | — | 项目碳层，i=1, 2, 3……，无量纲； |
|  | — | 自项目整地后的年数，无量纲。 |

表 B.1 整地后土壤有机碳密度年变化率参考值（ t C·hm-2·a-1）（基于文献整合分析）

|  |  |
| --- | --- |
| 整地后的年限 | 灌木 |
| 0-5 年 | -0.20 |
| 6-20 年 | +0.10 |
| 21-40 年 | +0.10 |
| ≥41 年 | 0 |

附 录 C

（资料性）

森林火烧引起的温室气体排放量计算方法

C.1 森林火烧引起的温室气体排放量的计算

森林火烧包括火灾和人为火烧。森林火灾会引起林木地上生物质和枯落物的燃烧，人为伐除疫病死木并烧除，都可能会造成非CO2温室气体的排放。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (C.1) | | |
| 式中： | | |
|  | — | 第 t 年时，项目边界内由于森林火烧引起的非 CO2 温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（ t CO2e·a-1）； |
|  | — | 第 t 年时，项目边界内由火灾引起的地上生物质燃烧造成的非CO2温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a-1）； |
|  | — | 第 t 年时，项目边界内由火灾引起的枯落物燃烧造成的非 CO2 温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a-1）； |
|  | — | 第 t 年时，项目边界内由人为火烧造成的非 CO2 温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a-1）。 |

C.2 火灾引起地上生物质燃烧造成的温室气体排放的计算

火灾引起森林地上生物质燃烧造成的非 CO2 温室气体排放，使用最近一次项目核查时（TV）划分的碳层、各碳层地上生物量数据和燃烧因子进行计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (C.2) | | |
| 式中： | | |
|  | — | 第 t年时，项目边界内由于森林火灾引起地上生物质燃烧造成的非 CO2 温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（tCO2e·a-1）； |
|  | — | 第 t 年时，第 i 项目碳层发生燃烧的土地面积，单位为公顷（h）； |
|  | — | 火灾发生前，项目最近一次核查时第 i 项目碳层的地上生物量，单位为吨每公顷（t d.m.·hm-2）； |
|  | — | 第 i 项目碳层的燃烧指数，针对植被类型取值，无量纲； |
|  | — | CH4排放因子，单位为克甲烷每千克（g CH4·kg d.m.-1） |
|  | — | N2O 排放因子，单位为克氧化亚氮每千克（g N2O·kg d.m.-1）； |
|  | — | CH4的全球增温潜势，用于将 CH4转换成 CO2e，无量纲； |
|  | — | N2O 的全球增温潜势，用于将 N2O 转换成 CO2e，无量纲； |
|  | — | 项目碳层，i=1, 2, 3……；根据第 TV年核查时的分层确定，无量纲； |
|  | — | 自项目开始以来的年数，t=1, 2, 3……，无量纲； |
|  | — | 自项目开始至项目最近一次核查的时间，无量纲； |
|  | — | 将千克转换成吨的常数。 |

第一次核查时，如果核算期内有火灾发生，但不清楚燃烧前的地上生物量，可保守地采用第一次核查时火灾发生所在的同一碳层的平均单位面积地上生物量进行计算。

C.3 火灾引起枯落物燃烧造成的温室气体排放的计算

森林火灾引起枯落物燃烧造成的非 CO2 温室气体排放，应使用最近一次核查（TV）的碳层枯落物碳储量来计算。第一次核查时，可保守地采用第一次核查时同一碳层的平均单位面积枯落物碳储量进行计算：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (C.3) | | |
| 式中： | | |
|  | — | 第 t年时，项目边界内由于森林火灾引起枯落物燃烧造成的非 CO2 温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a-1）； |
|  | — | 第 t 年时，第 i 项目碳层发生燃烧的土地面积，单位为公顷（hm2）； |
|  | — | 火灾发生前，项目最近一次核查时第 i项目碳层的枯落物单位面积干物质量，单位为吨每公顷（t d.m.·hm-2），使用C.4的方法计算； |
|  | — | 枯落物干物质量含碳率，单位为吨碳每吨（t C·(t d.m.-1）； |
|  | — | 项目碳层，i=1, 2, 3……；根据第 Tv 年核查时的分层确定，无量纲； |
|  | — | 自项目开始以来的年数，t=1, 2, 3……，无量纲； |
|  | — | 自项目开始至项目最近一次核查的时间，无量纲； |
|  | — | 二氧化碳与碳的相对分子质量之比，无量纲； |
|  | — | 非 CO2排放量占碳储量的比例。 |

本文件采用缺省值的方法计算枯落物量。首先计算灌木林单位面积地上生物量，再利用枯落物量与地上生物量的比值，计算单位面积枯落物量：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 𝐿𝐼𝑖,𝑗,𝑡 =𝐴𝐺𝐵𝑖,𝑗,𝑡 ×𝐷𝐹LI,𝑖,𝑗 | | | （C.4） | |
| 式中： | | | | |
| 𝐿𝐼𝑖,𝑗,𝑡 | —— | 第*t*年时，第*i*碳层灌木 *j* 的单位面积枯落物量，单位为吨每公顷（t d.m.· hm-2）； | |
| 𝐴𝐺𝐵𝑖,𝑗,𝑡 | —— | 第*t*年时，第*i*碳层灌木 *j* 的单位面积地上生物量，单位为吨每公顷（t d.m.· hm-2）； | |
| 𝐷𝐹LI,𝑖,𝑗 | —— | 第*i*碳层灌木*j*的单位面积的枯落物量与地上生物量的比值，无量纲，缺省值为16.30%。 | |

C.4 人为火烧引起的温室气体排放

项目期内如果有伐除病原疫木并烧除的活动，则须计算人为火烧活动引起的非 CO2 温室气体排放。可通过调查人为火烧活动发生的碳层内采伐病原疫木的数量比例（如蓄积量比例或株数比例），使用最近一次项目核查时（TV）划分的相同碳层的平均地上生物量数据来计算燃烧的地上生物量，结合燃烧因子计算人为火烧活动引起的非 CO2 温室气体排放：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| (C.4) | | |
| 式中： | | |
|  | — | 第 t 年时，项目边界内由于人为火烧引起的非 CO2 温室气体排放量，单位为吨二氧化碳当量每年（t CO2e·a-1）； |
|  | — | 第 t 年时，第 i 项目碳层的土地面积，单位为公顷（hm2）； |
|  | — | 第 t 年时，第 i项目碳层内烧除病原疫木的数量占比（如蓄积量比例或株数比例），单位为百分比（%）； |
|  | — | 第 i 项目碳层的燃烧指数（针对每个植被类型），无量纲； |
|  | — | CH4排放因子，单位为克甲烷每千克（g CH4·(kg d.m.-1） |
|  | — | N2O 排放因子，单位为克氧化亚氮每千克（g N2O·(kg d.m.-1）； |
|  | — | CH4的全球增温潜势，用于将 CH4转换成 CO2e，无量纲； |
|  | — | N2O 的全球增温潜势，用于将 N2O 转换成 CO2e，无量纲； |
|  | — | 项目碳层，i=1, 2, 3……；根据第 TV年核查时的分层确定，无量纲； |
|  | — | 自项目开始以来的年数，t=1, 2, 3……，无量纲； |
|  | — | 自项目开始至项目最近一次核查的时间，无量纲； |
|  | — | 将千克转换成吨的常数。 |

第一次核查时，如果核算期内有人为火烧发生，但不清楚燃烧前的地上生物量，可保守地采用第一次核查时火灾发生所在的同一碳层的平均单位面积地上生物量。

表 C.1 不同植被类型燃烧因子参考值

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 森林类型 | 林龄 | 缺省值 |
| 亚热带/热带森林 | 3 年-5 年 | 0.46 |
| 6 年-10 年 | 0.67 |
| 11 年-17 年 | 0.50 |
| ≥18 年 | 0.32 |
| 寒温带森林 | 全林龄 | 0.40 |
| 温带森林 | 全林龄 | 0.45 |