气象行业标准《草地土壤碳汇核算规程》编制说明

**一、工作简况**

**1. 任务来源**

本文件由全国气候与气候变化标准化技术委员会(SAC/TC540)提出并归口。2021年10月28日由中国气象局政策法规司发函（气法函〔2021〕36号），项目编B-2022-031，立项名称为《草地土壤碳汇核算规程》。

**2. 协作单位**

本标准起草单位为：中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、国家气候中心。

**3. 主要起草人及所做工作**

本标准主要起草人为高清竹、胡国铮、干珠扎布、许红梅、万运帆。起草人分工如下：

高清竹，第一起草人，组织协调，拟定标准编制提纲、制定研究方案，负责标准文本的编写和修改。

胡国铮，主要参加人，负责标准编写、验证和修订。

干珠扎布，主要参加人，参与标准编写、验证和修订。

许红梅，主要参加人，参与方案设计，标准的修订。

万运帆，主要参加人，参与标准编写、验证和修订。

**4. 主要工作过程**

（1）组织起草

2021年11月至12月，中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所和国家气候中心成立了以高清竹为负责人的《草地土壤碳汇核算规程》标准编制团队。根据前期研究工作基础，明确本标准编写大纲，对各位起草人的工作进行了明确的分工。起草组认真学习了标准编写规范和气象行业标准制修订流程，制定了工作进度计划。

（2）标准编制

2022年1月至8月，标准编制团队进一步梳理《2006年IPCC国家温室气体清单指南》、《2013年京都议定书补充方法和良好做法指南》和《2006年IPCC国家温室气体清单指南2019修订版》等国家温室气体清单编制方法，土地利用变化和林业中草地仍为草地的温室气体Tier 2层级核算方法。标准编制团队成员按照各自的分工，查阅国内外相关标准及文献，开展标准制定的前期准备工作。在此基础上，根据多年研究成果与数据资料积累，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》编制形成了《草地土壤碳汇核算规程》初稿，并向国家应对气候变化战略研究和国际合作中心、中国林业科学研究院等负责国家温室气体清单编制相关单位以及行业内专家进行咨询，根据专家意见，对初稿进行修改完善后形成了征求意见稿。

**二、编制原则和主要内容确定的依据**

**1. 编制原则**

（1）科学性原则

本标准采用IPCC国家温室气体清单编制方法，并充分考虑到我国草地管理的国情和数据可获得性，基于标准编制团队前期参与我国温室气体清单编制工作，负责土地利用变化和林业中草地仍为草地的温室气体清单编制任务的工作经验，完成了本标准征求意见稿的编制。并且本标准也规范了不确定性的计算方法，提高核算结果的科学性。

（2）可操作性原则

本标准根据我国草地管理的政府数据发布实情，确定了禁牧、轮牧、休牧、围栏、改良草地和人工种草等6种草地管理措施，在标准的应用过程中采用行业部门公布的活动水平数据，可操作性更强的同时也保证了核算结果的权威性。本标准充分考虑到行业部门数据与国土资源部门数据不统一的情况，在附录A中给出了口径转换方法。对于2000年以前基线年活动水平数据不完整的情况，标准附录A也给出了基于评估年各省在同一管理措施面积占比的拆分方法。

（3）广泛实用性原则

本标准适用于国家温室气体清单的土地利用变化和林业部门中草地仍为草地的土壤碳汇核算，同时也适用于各级行政单元的草地土壤碳汇核算。

**2. 主要内容及确定依据**

（1）范围

本标准在立项之初目标明确，主要支撑国家和各级行政单元温室气体清单的土地利用变化和林业部门中草地仍为草地的土壤碳汇核算，因此制标团队经过研讨后，确定本标准的范围：规定了由管理、投入活动形成的草地土壤碳汇核算规程；适用于国家和各级行政单元的草地土壤碳汇核算。

（2）术语定义

本标准给出了草地土壤碳汇、草地土壤碳库、土壤碳密度、土壤碳库变化因子、活动水平、基线年和核算年7个术语定义。准确厘定和规范了这些术语的定义及语义内涵，进而为标准的理解和应用提供统一的语义基础。

（3）标准主体内容

本标准主体内容分为土壤碳库变化因子、活动水平、草地土壤碳汇3个部分。

1）土壤碳库变化因子

提出了草地土壤碳库变化因子的计算方法，规定了数据获取要求、土壤碳库年变化率和土壤碳库变化因子的计算方法，依照《中国草地资源》（中华人民共和国农业部）确定了高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠（包括高寒荒漠化草原）、温性草原、温性草甸草原（山地草甸）、温性荒漠草原和暖性灌草丛7种草地类型。规定了草地土壤碳库变化因子的2个部分，分别是草地管理土壤碳库变化因子和草地退化土壤碳库变化因子。依照部门公开数据《中国草地统计》确定了禁牧、轮牧、休牧、围栏、改良草地和人工种草等6种草地管理措施。依照GB 19377-2003确定了重度、中度、轻度和未退化4种草地退化等级。

2）活动水平

标准规定了活动水平的数据获取要求，以政府发布的权威统计数据为准，并充分考虑到现存围栏面积和禁牧面积数据交叉的情况，规定围栏只计入当年新增面积，其他管理措施以现存面积计入。由于行业部门的草地面积数据存在各管理类型活动水平数据综合高于草地总面积的情况，而且行业部门的草地面积数据往往高于国土资源部门公布数据，因此，在A.1中分2种情况给出了草地活动水平数据按比例进行数据口径转换的方法。规定了活动水平数据的分解方法。由于基线年活动水平为评估年20年前的草地管理措施面积。对于近20年的草地土壤碳汇核算需获取1981-2000年活动水平数据，而2000年以前的草地管理数据发布不全，且仅有全国总体面积。因此，A.2给出了基于评估年各省在同一管理措施面积占比的拆分方法。

3）草地土壤碳汇

标准规定了土壤本底碳密度、土壤碳密度、土壤碳汇和土壤碳汇不确定性的计算方法。土壤有机质和容重数据采用多数据源融合的方法，获取中国科学院南京土壤所提供的土壤图（1：400万）、中国科学院地理科学与资源研究所提供的土壤有机碳分布图（空间分辨率为1km×1km）、由美国国家地理数据中心(National Geophysical Data Center)提供的土壤（0 - 30cm土层）有机碳含量和容重数据，以及FAO土壤有机质含量和土壤容重数据等，叠加植被类型图，提取各草地类型的土壤有机质含量和土壤容重数据。

**三、主要验证（或试验）分析（综述报告）**

团队前期应用标准规定的方法核算了2010年和2014年中国温室气体清单的土地利用变化和林业部门中草地仍为草地的土壤碳汇，结果被《中华人民共和国气候变化第三次国家信息通报》和《中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告》所采纳。以2010年清单结果为例进行报告。

（1）土壤碳库变化因子

首先给出了土壤碳库变化因子的核算方法，并规定了草地土壤碳库变化因子的2个部分，分别是草地管理土壤碳库变化因子和草地退化土壤碳库变化因子。

编制团队通过检索中文数据库和外文数据库，获得中国草地管理措施和土壤有机碳储量变化方面的文献近400篇，按标准中给出的要求对文献进行筛选，最终获得可用文献82篇（见参考文献）。文献试验区域覆盖全国7种主要草地类型，分别为：高寒草甸、高寒草原、高寒荒漠（包括高寒荒漠化草原）、温性草原、温性草甸草原（山地草甸）、温性荒漠草原和暖性灌草丛；6种管理活动，包括：轮牧、休牧、改良和人工种草、围栏和禁牧；跨越时间较长，而且有相当一部分资料来自长期定位试验。IPCC指南中只提供了围栏、禁牧、改良和人工种草的排放因子缺省值，且缺省值均为1.14±17%。因此制标团队按照标准中的计算方法，分析得到了适合我国草地类型和管理措施的土壤碳库变化因子和不确定性（表1和表2）。

表1 草地管理土壤碳库变化因子

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 草地类型 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未活动 |
| 高寒草甸 | 1.280 | 0.963 | 0.700 | 1.280 | 1.198 | 1.198 | 1.00 |
| 高寒草原 | 1.280 | 0.970 | 0.782 | 1.280 | 1.198 | 1.198 | 1.00 |
| 高寒荒漠 | 1.280 | 0.970 | 0.782 | 1.280 | 1.198 | 1.198 | 1.00 |
| 温带草甸草原 | 1.294 | 1.016 | 0.866 | 1.294 | 1.304 | 1.304 | 1.00 |
| 温带典型草原 | 1.280 | 1.018 | 0.831 | 1.280 | 1.304 | 1.304 | 1.00 |
| 温带荒漠草原 | 1.285 | 1.020 | 0.972 | 1.285 | 1.304 | 1.304 | 1.00 |
| 暖性灌草丛 | 1.294 | 1.020 | 0.702 | 1.294 | 1.338 | 1.338 | 1.00 |

表2 草地管理土壤碳库变化因子的不确定性

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 草地类型 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未活动 |
| 高寒草甸 | 1.54% | 1.39% | 14.32% | 1.54% | 3.99% | 3.99% | 0.00% |
| 高寒草原 | 1.54% | 2.08% | 5.37% | 1.54% | 3.99% | 3.99% | 0.00% |
| 高寒荒漠 | 1.54% | 2.08% | 5.37% | 1.54% | 3.99% | 3.99% | 0.00% |
| 温带草甸草原 | 1.06% | 5.50% | 0.69% | 1.06% | 4.14% | 4.14% | 0.00% |
| 温带典型草原 | 1.54% | 5.66% | 1.37% | 1.54% | 4.14% | 4.14% | 0.00% |
| 温带荒漠草原 | 1.18% | 5.87% | 3.29% | 1.18% | 4.14% | 4.14% | 0.00% |
| 暖性灌草丛 | 1.83% | 5.88% | 21.61% | 1.83% | 6.58% | 6.58% | 0.00% |

团队通过整合《中国环境状况公报》中的数据得到中国草地退化比例。2001-2005年的《中国环境状况公报》对我国草地整体的退化状况表述为“中国90%的可利用天然草原有不同程度的退化”，由“中国天然草原面积3.93亿公顷”和“其中可利用草原面积为3.31亿公顷”，可得我国退化草地面积比例为75.8%。其中，在2003年的《中国环境状况公报》中有“严重退化草原近1.8亿公顷”，由此可得我国严重退化草地面积比例为45.8%。而轻度/中度退化草地面积比例为30%（表3）。由于草地退化是一个动态变化过程，但可获得的中国草地退化数据为21世纪初的情况，因此，草地退化比例的不确定性采用IPCC指南中的缺省级不确定性（±50%）。由于草地退化土壤有机碳方面缺乏数据，各类型草地退化的碳排放因子采用了IPCC指南中的缺省值（表4）。

表3 草地退化比例

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 退化程度 | 轻度/中度退化（%） | 重度退化（%） | 未退化（%） |
| 退化比例 | 30.0 | 45.8 | 24.2 |

注：退化比例的不确定性为50%。

表4 草地退化土壤碳库变化因子及不确定性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 草地类型 | 轻度/中度退化 | 严重退化 | 未退化 |
| 各类型草原  （温带/北温带） | 0.95±13.00% | 0.70±40.00% | 1.00±0.00% |
| 暖性灌草丛  （热带） | 0.97±11.00% | 0.70±40.00% | 1.00±0.00% |

（2）活动水平

根据全国畜牧总站编写的《中国草地统计2010》，获取2010年我国禁牧、休牧、轮牧、围栏、改良和人工种草等6类草地管理措施面积原始数据（表5）。

表5 2010年全国各省草地管理面积原始数据（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 原始总面积 | 管理面积 | | | | | | 管理总面积 | 国土面积 |
| 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 |
| 北京 | 3946.67 | 333.33 | / | / | 53.33 | / | 113.33 | 500.00 | 858.00 |
| 天津 | 1466.67 | / | / | / | / | / | 73.33 | 73.33 | 138.00 |
| 河北 | 47120.00 | 17013.33 | 4293.33 | 1480.00 | 326.67 | 3153.33 | 6686.67 | 32953.33 | 28069.33 |
| 山西 | 45520.00 | 2800.00 | 200.00 | 200.00 | 226.67 | 1120.00 | 3660.00 | 8206.67 | 41149.33 |
| 内蒙古 | 788046.67 | 202413.33 | 251073.33 | 66973.33 | 19466.67 | 23606.67 | 43680.00 | 607213.33 | 591230.00 |
| 辽宁 | 33886.67 | 9953.33 | 553.33 | 46.67 | 693.33 | 2573.33 | 5760.00 | 19580.00 | 10930.67 |
| 吉林 | 58420.00 | 7140.00 | 6620.00 | 846.67 | 260.00 | 2826.67 | 7026.67 | 24720.00 | 6860.67 |
| 黑龙江 | 75320.00 | 19200.00 | 180.00 | / | 280.00 | 940.00 | 13280.00 | 33880.00 | 20574.67 |
| 上海 | 733.33 | / | / | / | / | / | / | / | 16.00 |
| 江苏 | 4126.67 | / | / | / | / | / | 400.00 | 400.00 | 432.67 |
| 浙江 | 31700.00 | / | / | / | / | / | 506.67 | 506.67 | 1011.33 |
| 安徽 | 16633.33 | 80.00 | 120.00 | 180.00 | / | 253.33 | 1273.33 | 1906.67 | 800.00 |
| 福建 | 20480.00 | / | / | / | / | 66.67 | 546.67 | 613.33 | 2382.67 |
| 江西 | 44426.67 | 646.67 | / | / | 6.67 | 653.33 | 2473.33 | 3780.00 | 2970.00 |
| 山东 | 16380.00 | 1033.33 | 140.00 | 360.00 | 33.33 | 746.67 | 1800.00 | 4113.33 | 4680.00 |
| 河南 | 44340.00 | 11300.00 | 13073.33 | 8273.33 | 6.67 | 2793.33 | 2926.67 | 38373.33 | 6749.33 |
| 湖北 | 63520.00 | 1086.67 | 893.33 | 2173.33 | 26.67 | 1426.67 | 1793.33 | 7400.00 | 2929.33 |
| 湖南 | 63726.67 | 133.33 | 1640.00 | 1320.00 | 20.00 | 860.00 | 2260.00 | 6233.33 | 4871.33 |
| 广东 | 32660.00 | 13.33 | 120.00 | 33.33 | / | 33.33 | 366.67 | 566.67 | 3472.00 |
| 广西 | 86986.67 | 1100.00 | 386.67 | 1100.00 | 60.00 | 280.00 | 860.00 | 3786.67 | 11233.33 |
| 海南 | 9500.00 | 80.00 | 493.33 | 446.67 | 40.00 | 53.33 | 180.00 | 1293.33 | 387.33 |
| 重庆 | 21586.67 | 353.33 | 266.67 | 280.00 | 6.67 | 226.67 | 813.33 | 1946.67 | 3316.00 |
| 四川 | 203806.67 | 23500.00 | 40900.00 | / | 8000.00 | 10260.00 | 18186.67 | 100846.67 | 122302.00 |
| 贵州 | 42873.33 | 3300.00 | 200.00 | 1600.00 | 13.33 | 1180.00 | 4913.33 | 11206.67 | 16245.33 |
| 云南 | 153086.67 | 15333.33 | 1620.00 | 460.00 | 53.33 | 1706.67 | 6580.00 | 25753.33 | 30254.00 |
| 西藏 | 820520.00 | 19806.67 | 18166.67 | 33.33 | 5926.67 | 11666.67 | 11760.00 | 67360.00 | 843288.67 |
| 陕西 | 52060.00 | 43493.33 | / | / | 20.00 | 3093.33 | 8560.00 | 55166.67 | 28848.67 |
| 甘肃 | 179040.00 | 66666.67 | 45493.33 | 4820.00 | 7600.00 | 27686.67 | 34093.33 | 186360.00 | 142190.00 |
| 青海 | 363700.00 | 7133.33 | 466.67 | 466.67 | 7133.33 | 5126.67 | 7993.33 | 28320.00 | 421233.33 |
| 宁夏 | 30140.00 | 24433.33 | / | / | 333.33 | / | 8313.33 | 33080.00 | 21182.67 |
| 新疆 | 572586.67 | 42860.00 | 67740.00 | 5953.33 | 15640.00 | 8593.33 | 16613.33 | 157400.00 | 501129.33 |

按附录A中A.1方法计算得到国土面积口径的活动水平数据（表6）。

表6 2010年全国各省草地管理面积换算结果（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 总面积 | 管理面积 | | | | | |
| 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 |
| 北京 | 858.00 | 72.47 | / | / | 11.59 | / | 24.64 |
| 天津 | 138.00 | / | / | / | / | / | 6.90 |
| 河北 | 28069.33 | 10134.82 | 2557.53 | 881.63 | 194.59 | 1878.44 | 3983.24 |
| 山西 | 41149.33 | 2531.15 | 180.80 | 180.80 | 204.90 | 1012.46 | 3308.58 |
| 内蒙古 | 591230.00 | 151860.09 | 188367.13 | 50246.57 | 14604.82 | 17710.84 | 32770.81 |
| 辽宁 | 10930.67 | 3210.60 | 178.49 | 15.05 | 223.65 | 830.07 | 1857.98 |
| 吉林 | 6860.67 | 838.50 | 777.43 | 99.43 | 30.53 | 331.96 | 825.19 |
| 黑龙江 | 20574.67 | 5244.74 | 49.17 | / | 76.49 | 256.77 | 3627.61 |
| 上海 | 16.00 | / | / | / | / | / | / |
| 江苏 | 432.67 | / | / | / | / | / | 41.94 |
| 浙江 | 1011.33 | / | / | / | / | / | 16.16 |
| 安徽 | 800.00 | 3.85 | 5.77 | 8.66 | / | 12.18 | 61.24 |
| 福建 | 2382.67 | / | / | / | / | 7.76 | 63.60 |
| 江西 | 2970.00 | 43.23 | / | / | 0.45 | 43.68 | 165.35 |
| 山东 | 4680.00 | 295.24 | 40.00 | 102.86 | 9.52 | 213.33 | 514.29 |
| 河南 | 6749.33 | 1720.06 | 1989.99 | 1259.35 | 1.01 | 425.19 | 445.49 |
| 湖北 | 2929.33 | 50.11 | 41.20 | 100.23 | 1.23 | 65.79 | 82.70 |
| 湖南 | 4871.33 | 10.19 | 125.36 | 100.90 | 1.53 | 65.74 | 172.76 |
| 广东 | 3472.00 | 1.42 | 12.76 | 3.54 | / | 3.54 | 38.98 |
| 广西 | 11233.33 | 142.05 | 49.93 | 142.05 | 7.75 | 36.16 | 111.06 |
| 海南 | 387.33 | 3.26 | 20.11 | 18.21 | 1.63 | 2.17 | 7.34 |
| 重庆 | 3316.00 | 54.28 | 40.96 | 43.01 | 1.02 | 34.82 | 124.94 |
| 四川 | 122302.00 | 14102.08 | 24543.61 | / | 4800.71 | 6156.91 | 10913.61 |
| 贵州 | 16245.33 | 1250.42 | 75.78 | 606.26 | 5.05 | 447.12 | 1861.73 |
| 云南 | 30254.00 | 3030.27 | 320.16 | 90.91 | 10.54 | 337.28 | 1300.38 |
| 西藏 | 843288.67 | 20356.28 | 18670.77 | 34.26 | 6091.13 | 11990.41 | 12086.33 |
| 陕西 | 28848.67 | 22744.25 | / | / | 10.46 | 1617.62 | 4476.34 |
| 甘肃 | 142190.00 | 50865.71 | 34710.76 | 3677.59 | 5798.69 | 21124.53 | 26012.72 |
| 青海 | 421233.33 | 8261.75 | 540.49 | 540.49 | 8261.75 | 5937.65 | 9257.79 |
| 宁夏 | 21182.67 | 15645.80 | / | / | 213.45 | / | 5323.42 |
| 新疆 | 501129.33 | 37511.18 | 59286.22 | 5210.37 | 13688.17 | 7520.91 | 14540.03 |

从《中国草地资源》（中华人民共和国农业部）获取了各省级行政区各类型草地分布比例（表7）。

表7 我国各省级行政区的草地类型分布比例（%）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地 区 | 高寒草甸 | 高寒草原 | 高寒荒漠 | 温带草甸 | 温带草原 | 温带荒漠 | 暖性灌草丛 |
| 北京 | / | / | / | 100 | / | / | / |
| 天津 | / | / | / | 100 | / | / | / |
| 河北 | / | / | / | 86.89 | 13.11 | / | / |
| 山西 | / | / | / | 88.19 | 11.81 | / | / |
| 内蒙古 | / | / | / | 25.48 | 34.96 | 39.56 | / |
| 辽宁 | / | / | / | 88.78 | 11.22 | / | / |
| 吉林 | / | / | / | 85.66 | 14.34 | / | / |
| 黑龙江 | / | / | / | 99.35 | 0.65 | / | / |
| 上海 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 江苏 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 浙江 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 安徽 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 福建 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 江西 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 山东 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 河南 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 湖北 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 湖南 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 广东 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 广西 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 海南 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 重庆 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 四川 | 47.85 | / | / | / | / | / | 52.15 |
| 贵州 | / | / | / | / | / | / | 100 |
| 云南 | 2.78 | / | / | / | / | / | 97.22 |
| 西藏 | 40.12 | 39.38 | 17.41 | 0.26 | 2.11 | 0.72 | / |
| 陕西 | / | / | / | 10.87 | 50.50 | / | 38.63 |
| 甘肃 | 13.78 | / | 1.45 | 25.45 | 17.25 | 37.01 | 5.07 |
| 青海 | 69.41 | 16.13 | 1.46 | / | 5.87 | 7.13 | / |
| 宁夏 | / | / | / | 7.48 | 25.95 | 66.57 | / |
| 新疆 | 6.71 | 6.74 | 3.82 | 21.63 | 5.62 | 55.48 | / |

计算得到各草地类型各省的活动水平数据（表8-表14）。

表8 2010年高寒草甸活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 四川 | 0.48 | 58520.24 | 6747.70 | 11743.86 | 0.00 | 2297.09 | 2946.02 |
| 云南 | 0.03 | 840.03 | 84.14 | 8.89 | 2.52 | 0.29 | 9.36 |
| 西藏 | 0.40 | 338367.87 | 8167.92 | 7491.61 | 13.75 | 2444.05 | 4811.13 |
| 甘肃 | 0.14 | 19588.22 | 7007.30 | 4781.78 | 506.63 | 798.83 | 2910.13 |
| 青海 | 0.69 | 292383.80 | 5734.59 | 375.16 | 375.16 | 5734.59 | 4121.40 |
| 新疆 | 0.07 | 33628.08 | 2517.17 | 3978.38 | 349.64 | 918.54 | 504.69 |

表9 2010年高寒草原活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 西藏 | 8015.54 | 7351.85 | 13.49 | 2398.46 | 4721.37 | 4759.14 | 304795.61 |
| 青海 | 1332.57 | 87.18 | 87.18 | 1332.57 | 957.71 | 1493.23 | 62652.10 |
| 新疆 | 2529.72 | 3998.21 | 351.38 | 923.12 | 507.20 | 980.57 | 24505.51 |

表10 2010年高寒荒漠活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 西藏 | 3543.41 | 3250.02 | 5.96 | 1060.28 | 2087.17 | 2103.86 | 134740.31 |
| 甘肃 | 735.79 | 502.10 | 53.20 | 83.88 | 305.57 | 376.28 | / |
| 青海 | 120.32 | 7.87 | 7.87 | 120.32 | 86.48 | 134.83 | 5657.13 |
| 新疆 | 1433.98 | 2266.40 | 199.18 | 523.27 | 287.51 | 555.84 | 13891.04 |

表11 2010年温带草甸活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 北京 | 72.47 | / | / | 11.59 | / | 24.64 | 749.30 |
| 天津 | / | / | / | / | / | 6.90 | 131.10 |
| 河北 | 8806.54 | 2222.34 | 766.09 | 169.09 | 1632.25 | 3461.19 | 7333.03 |
| 山西 | 2232.16 | 159.44 | 159.44 | 180.70 | 892.86 | 2917.75 | 29746.15 |
| 内蒙古 | 38691.66 | 47993.11 | 12802.07 | 3721.09 | 4512.46 | 8349.51 | 34566.61 |
| 辽宁 | 2850.42 | 158.46 | 13.36 | 198.56 | 736.95 | 1649.54 | 4097.13 |
| 吉林 | 718.26 | 665.95 | 85.17 | 26.16 | 284.35 | 706.86 | 3390.13 |
| 黑龙江 | 5210.39 | 48.85 | / | 75.98 | 255.09 | 3603.86 | 11245.77 |
| 西藏 | 52.30 | 47.97 | 0.09 | 15.65 | 30.80 | 31.05 | 1988.61 |
| 陕西 | 2473.04 | / | / | 1.14 | 175.89 | 486.72 | / |
| 甘肃 | 12944.14 | 8833.08 | 935.86 | 1475.63 | 5375.70 | 6619.63 | / |
| 宁夏 | 1170.66 | / | / | 15.97 | / | 398.31 | / |
| 新疆 | 8111.98 | 12820.95 | 1126.77 | 2960.14 | 1626.43 | 3144.36 | 78581.14 |

表12 2010年温带草原活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 河北 | 1328.29 | 335.19 | 115.55 | 25.50 | 246.19 | 522.05 | 1106.04 |
| 山西 | 299.00 | 21.36 | 21.36 | 24.20 | 119.60 | 390.83 | 3984.49 |
| 内蒙古 | 53086.84 | 65848.88 | 17565.06 | 5105.51 | 6191.31 | 11455.93 | 47427.07 |
| 辽宁 | 360.18 | 20.02 | 1.69 | 25.09 | 93.12 | 208.44 | 517.71 |
| 吉林 | 120.24 | 111.48 | 14.26 | 4.38 | 47.60 | 118.33 | 567.50 |
| 黑龙江 | 34.34 | 0.32 | / | 0.50 | 1.68 | 23.75 | 74.13 |
| 西藏 | 430.40 | 394.76 | 0.72 | 128.79 | 253.52 | 255.54 | 16366.09 |
| 陕西 | 11486.16 | / | / | 5.28 | 816.92 | 2260.61 | / |
| 甘肃 | 8774.21 | 5987.52 | 634.38 | 1000.26 | 3643.93 | 4487.13 | / |
| 青海 | 484.91 | 31.72 | 31.72 | 484.91 | 348.50 | 543.38 | 22798.69 |
| 宁夏 | 4059.99 | / | / | 55.39 | / | 1381.39 | / |
| 新疆 | 2108.01 | 3331.69 | 292.81 | 769.23 | 422.65 | 817.10 | 20420.34 |

表13 2010年温带荒漠活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 内蒙古 | 60081.58 | 74525.14 | 19879.44 | 5778.22 | 7007.08 | 12965.37 | 53676.07 |
| 西藏 | 146.72 | 134.57 | 0.25 | 43.90 | 86.42 | 87.11 | 5579.07 |
| 甘肃 | 18826.10 | 12846.93 | 1361.13 | 2146.18 | 7818.48 | 9627.67 | / |
| 青海 | 589.34 | 38.56 | 38.56 | 589.34 | 423.56 | 660.40 | 27708.57 |
| 宁夏 | 10415.15 | / | / | 142.09 | / | 3543.71 | / |
| 新疆 | 20810.32 | 32890.60 | 2890.59 | 7593.87 | 4172.42 | 8066.47 | 201590.46 |

表14 2010年暖性灌丛活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 江苏 | / | / | / | / | / | 41.94 | 390.73 |
| 浙江 | / | / | / | / | / | 16.16 | 995.17 |
| 安徽 | 3.85 | 5.77 | 8.66 | / | 12.18 | 61.24 | 708.30 |
| 福建 | / | / | / | / | 7.76 | 63.60 | 2311.31 |
| 江西 | 43.23 | / | / | 0.45 | 43.68 | 165.35 | 2717.30 |
| 山东 | 295.24 | 40.00 | 102.86 | 9.52 | 213.33 | 514.29 | 3504.76 |
| 河南 | 1720.06 | 1989.99 | 1259.35 | 1.01 | 425.19 | 445.49 | 908.23 |
| 湖北 | 50.11 | 41.20 | 100.23 | 1.23 | 65.79 | 82.70 | 2588.07 |
| 湖南 | 10.19 | 125.36 | 100.90 | 1.53 | 65.74 | 172.76 | 4394.85 |
| 广东 | 1.42 | 12.76 | 3.54 | / | 3.54 | 38.98 | 3411.76 |
| 广西 | 142.05 | 49.93 | 142.05 | 7.75 | 36.16 | 111.06 | 10744.33 |
| 海南 | 3.26 | 20.11 | 18.21 | 1.63 | 2.17 | 7.34 | 334.60 |
| 重庆 | 54.28 | 40.96 | 43.01 | 1.02 | 34.82 | 124.94 | 3016.97 |
| 四川 | 7354.38 | 12799.75 | / | 2503.62 | 3210.89 | 5691.56 | 32221.56 |
| 贵州 | 1250.42 | 75.78 | 606.26 | 5.05 | 447.12 | 1861.73 | 11998.96 |
| 云南 | 2946.14 | 311.27 | 88.38 | 10.25 | 327.92 | 1264.28 | 24465.74 |
| 陕西 | 8785.06 | / | / | 4.04 | 624.81 | 1729.00 | / |
| 甘肃 | 2578.17 | 1759.34 | 186.40 | 293.91 | 1070.71 | 1318.47 | / |

基线年1990年的活动水平数据，由于2000年以前的草地管理面积数据缺失，通过《中国草地资源》获取了1983年至1993年全国草地当年和现存围栏面积以及人工种草面积，通过《中国草地统计》获取了全国草地2001—2017年各管理措施面积的时间序列数据（表15）。

表15 全国草地管理措施面积原始数据（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 当年围栏 | 现存围栏 | 改良 | 人工种草 |
| 1983 | / | / | / | 2160.00 | 32940.00 | / | 33630.00 |
| 1984 | / | / | / | 5280.00 | 38150.00 | / | 48640.00 |
| 1985 | / | / | / | 5980.00 | 41340.00 | / | 66840.00 |
| 1986 | / | / | / | 5250.00 | 41650.00 | / | 81200.00 |
| 1987 | / | / | / | 5470.00 | 45090.00 | / | 93490.00 |
| 1988 | / | / | / | 6930.00 | 52010.00 | / | 94810.00 |
| 1989 | / | / | / | 5910.00 | 52860.00 | / | 104570.00 |
| 1990 | / | / | / | 9900.00 | 62750.00 | / | 109040.00 |
| 1991 | / | / | / | 6770.00 | 68610.00 | / | 103800.00 |
| 1992 | / | / | / | 7240.00 | 72040.00 | / | 119900.00 |
| 1993 | / | / | / | 5530.00 | 77570.00 | / | 127650.00 |
| 1994 | / | / | / | / | / | / | / |
| 1995 | / | / | / | / | / | / | / |
| 1996 | / | / | / | / | / | / | / |
| 1997 | / | / | / | / | / | / | / |
| 1998 | / | / | / | / | / | / | / |
| 1999 | / | / | / | / | / | / | / |
| 2000 | / | / | / | / | / | / | / |
| 2001 | 97506.67 | 24933.33 | 11353.33 | 25886.67 | 163686.67 | 81973.33 | 168927.33 |
| 2002 | 221480.00 | 114746.67 | 43633.33 | 46826.67 | 207626.67 | 117180.00 | 195666.00 |
| 2003 | 299900.00 | 143773.33 | 60560.00 | 48713.33 | 256233.33 | 135520.00 | 220726.00 |
| 2004 | 342460.00 | 293813.33 | 49660.00 | 61893.33 | 301693.33 | 126533.33 | 224747.33 |
| 2005 | 338706.67 | 341340.00 | 64320.00 | 80526.67 | 377240.00 | 131180.00 | 215133.33 |
| 2006 | 376960.00 | 354480.00 | 64633.33 | 129126.67 | 468566.67 | 142886.67 | 224570.67 |
| 2007 | 381040.00 | 385393.33 | 76180.00 | 79880.00 | 546966.67 | 149673.33 | 232424.00 |
| 2008 | 501026.67 | 462806.67 | 85500.00 | 65553.33 | 599406.67 | 182733.33 | 228853.33 |
| 2009 | 475526.67 | 453800.00 | 87366.67 | 60660.00 | 663380.00 | 130626.67 | 206354.00 |
| 2010 | 532160.00 | 454633.33 | 97046.67 | 66233.33 | 711973.33 | 110906.67 | 213486.67 |
| 2011 | 819573.33 | 643553.33 | 44460.00 | 63280.00 | 747120.00 | 100753.33 | 195106.67 |
| 2012 | 903640.00 | 540786.67 | 93513.33 | 48126.67 | 756313.33 | 473086.67 | 198126.67 |
| 2013 | 999993.33 | 567460.00 | 92300.00 | 47666.67 | 787833.33 | 151073.33 | 208673.33 |
| 2014 | 1057040.00 | 493740.00 | 73080.00 | 43813.33 | 816673.33 | 111220.00 | 220066.67 |
| 2015 | 1054466.67 | 465453.33 | 77353.33 | 29933.33 | 850446.67 | 189480.00 | 230860.00 |
| 2016 | 929773.33 | 592406.67 | 68226.67 | 192086.67 | 845553.33 | 192086.67 | 205620.00 |
| 2017 | 922080.00 | 624706.67 | 77633.33 | 178513.33 | 871313.33 | 178513.33 | 197046.67 |

通过统计回归的方法对缺失的草地管理面积数据进行插补，禁牧、休牧、轮牧、现存围栏和改良采用指数模型，由于当年围栏面积无显著性规律，采用拟合现存围栏面积差值计算当年围栏面积，而人工草地采用线性模型拟合，拟合模型见表16，经过计算插补获得1983年-2000年全国草地禁牧、休牧、轮牧和改良面积，1994年-2000年全国草地和人工种草面积（表17）。

表16 草地管理面积拟合模型

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 管理 | a | b | R | 模型 |
| 禁牧 | 0.141 | 4.18E-118 | 0.95 | A=b×exp(aY) |
| 休牧 | 0.147 | 2.81E-123 | 0.77 | A=b×exp(aY) |
| 轮牧 | 0.075 | 2.31E-61 | 0.62 | A=b×exp(aY) |
| 当年围栏 |  |  |  | A=AY-AY-1 |
| 现存围栏 | 0.112 | 1.18E-92 | 0.99 | A=b×exp(aY) |
| 改良 | 0.035 | 1.61E-26 | 0.40 | A=b×exp(aY) |
| 人工种草 | 6.37E+03 | -1.26E+07 | 0.83 | A=aY+b |

表17 草地管理面积插补结果

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 当年围栏 | 现存围栏 | 改良 | 人工种草 |
| 1983 | 13747.04 | 7913.31 | 9479.28 | 2160.00 | 32940.00 | 58340.62 | 33630.00 |
| 1984 | 15830.27 | 9164.83 | 10217.84 | 5280.00 | 38150.00 | 60448.01 | 48640.00 |
| 1985 | 18229.20 | 10614.29 | 11013.93 | 5980.00 | 41340.00 | 62631.53 | 66840.00 |
| 1986 | 20991.66 | 12292.99 | 11872.05 | 5250.00 | 41650.00 | 64893.91 | 81200.00 |
| 1987 | 24172.74 | 14237.18 | 12797.02 | 5470.00 | 45090.00 | 67238.02 | 93490.00 |
| 1988 | 27835.89 | 16488.85 | 13794.07 | 6930.00 | 52010.00 | 69666.81 | 94810.00 |
| 1989 | 32054.15 | 19096.63 | 14868.79 | 5910.00 | 52860.00 | 72183.32 | 104570.00 |
| 1990 | 36911.65 | 22116.85 | 16027.25 | 9900.00 | 62750.00 | 74790.74 | 109040.00 |
| 1991 | 42505.25 | 25614.73 | 17275.97 | 6770.00 | 68610.00 | 77492.35 | 103800.00 |
| 1992 | 48946.52 | 29665.81 | 18621.98 | 7240.00 | 72040.00 | 80291.54 | 119900.00 |
| 1993 | 56363.89 | 34357.60 | 20072.86 | 5530.00 | 77570.00 | 83191.85 | 127650.00 |
| 1994 | 64905.29 | 39791.40 | 21636.77 | 10737.65 | 101395.25 | 86196.92 | 128454.55 |
| 1995 | 74741.07 | 46084.59 | 23322.54 | 12009.43 | 113404.68 | 89310.54 | 134200.90 |
| 1996 | 86067.36 | 53373.07 | 25139.65 | 13431.85 | 126836.53 | 92536.63 | 139947.24 |
| 1997 | 99110.04 | 61814.26 | 27098.33 | 15022.74 | 141859.27 | 95879.25 | 145693.59 |
| 1998 | 114129.21 | 71590.46 | 29209.62 | 16802.06 | 158661.34 | 99342.62 | 151439.93 |
| 1999 | 131424.39 | 82912.81 | 31485.41 | 18792.13 | 177453.47 | 102931.09 | 157186.28 |
| 2000 | 151340.49 | 96025.84 | 33938.50 | 21017.90 | 198471.37 | 106649.19 | 162932.62 |

1990年各省草地管理面积，参照2010年各省草地管理面积比例（表18），按A.2方法分解获得（表19）。由于草地面积持续减少，草地部分清单只估算一直是草地的草地，因此在估算过程中1990年各省草地面积采用2010年面积进行计算。

表18 2010年各省草地管理面积比例

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 管理面积比例（%） | | | | | |
| 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 |
| 北京 | 0.06 | / | / | 0.08 | / | 0.05 |
| 天津 | / | / | / | / | / | 0.03 |
| 河北 | 3.26 | 0.94 | 1.53 | 0.49 | 2.84 | 3.13 |
| 山西 | 0.54 | 0.04 | 0.21 | 0.34 | 1.01 | 1.71 |
| 内蒙古 | 38.84 | 55.22 | 69.01 | 29.39 | 21.28 | 20.46 |
| 辽宁 | 1.91 | 0.12 | 0.05 | 1.05 | 2.32 | 2.70 |
| 吉林 | 1.37 | 1.46 | 0.87 | 0.39 | 2.55 | 3.29 |
| 黑龙江 | 3.68 | 0.04 | / | 0.42 | 0.85 | 6.22 |
| 上海 | / | / | / | / | / | / |
| 江苏 | / | / | / | / | / | 0.19 |
| 浙江 | / | / | / | / | / | 0.24 |
| 安徽 | 0.02 | 0.03 | 0.19 | / | 0.23 | 0.60 |
| 福建 | / | / | / | / | 0.06 | 0.26 |
| 江西 | 0.12 | / | / | 0.01 | 0.59 | 1.16 |
| 山东 | 0.20 | 0.03 | 0.37 | 0.05 | 0.67 | 0.84 |
| 河南 | 2.17 | 2.88 | 8.53 | 0.01 | 2.52 | 1.37 |
| 湖北 | 0.21 | 0.20 | 2.24 | 0.04 | 1.29 | 0.84 |
| 湖南 | 0.03 | 0.36 | 1.36 | 0.03 | 0.78 | 1.06 |
| 广东 | 0.00 | 0.03 | 0.03 | / | 0.03 | 0.17 |
| 广西 | 0.21 | 0.09 | 1.13 | 0.09 | 0.25 | 0.40 |
| 海南 | 0.02 | 0.11 | 0.46 | 0.06 | 0.05 | 0.08 |
| 重庆 | 0.07 | 0.06 | 0.29 | 0.01 | 0.20 | 0.38 |
| 四川 | 4.51 | 9.00 | / | 12.08 | 9.25 | 8.52 |
| 贵州 | 0.63 | 0.04 | 1.65 | 0.02 | 1.06 | 2.30 |
| 云南 | 2.94 | 0.36 | 0.47 | 0.08 | 1.54 | 3.08 |
| 西藏 | 3.80 | 4.00 | 0.03 | 8.95 | 10.52 | 5.51 |
| 陕西 | 8.34 | / | / | 0.03 | 2.79 | 4.01 |
| 甘肃 | 12.79 | 10.01 | 4.97 | 11.48 | 24.96 | 15.97 |
| 青海 | 1.37 | 0.10 | 0.48 | 10.77 | 4.62 | 3.74 |
| 宁夏 | 4.69 | / | / | 0.50 | / | 3.89 |
| 新疆 | 8.22 | 14.90 | 6.13 | 23.62 | 7.75 | 7.78 |

表19 1990年各省草地管理面积（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 总面积 | 管理面积 | | | | | |
| 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 |
| 北京 | 858.00 | 5.13 | / | / | 1.73 | / | 12.58 |
| 天津 | 138.00 | / | / | / | / | / | 3.52 |
| 河北 | 28069.33 | 717.74 | 124.42 | 145.60 | 29.09 | 1266.51 | 2034.41 |
| 山西 | 41149.33 | 179.26 | 8.80 | 29.86 | 30.63 | 682.64 | 1689.83 |
| 内蒙古 | 591230.00 | 10754.67 | 9163.49 | 8298.22 | 2183.22 | 11941.29 | 16737.43 |
| 辽宁 | 10930.67 | 227.37 | 8.68 | 2.49 | 33.43 | 559.66 | 948.95 |
| 吉林 | 6860.67 | 59.38 | 37.82 | 16.42 | 4.56 | 223.82 | 421.46 |
| 黑龙江 | 20574.67 | 371.43 | 2.39 | / | 11.43 | 173.13 | 1852.77 |
| 上海 | 16.00 | / | / | / | / | / | / |
| 江苏 | 432.67 | / | / | / | / | / | 21.42 |
| 浙江 | 1011.33 | / | / | / | / | / | 8.26 |
| 安徽 | 800.00 | 0.27 | 0.28 | 1.43 | / | 8.22 | 31.28 |
| 福建 | 2382.67 | / | / | / | / | 5.23 | 32.48 |
| 江西 | 2970.00 | 3.06 | / | / | 0.07 | 29.45 | 84.45 |
| 山东 | 4680.00 | 20.91 | 1.95 | 16.99 | 1.42 | 143.84 | 262.67 |
| 河南 | 6749.33 | 121.81 | 96.81 | 207.98 | 0.15 | 286.68 | 227.53 |
| 湖北 | 2929.33 | 3.55 | 2.00 | 16.55 | 0.18 | 44.36 | 42.24 |
| 湖南 | 4871.33 | 0.72 | 6.10 | 16.66 | 0.23 | 44.32 | 88.23 |
| 广东 | 3472.00 | 0.10 | 0.62 | 0.59 | / | 2.39 | 19.91 |
| 广西 | 11233.33 | 10.06 | 2.43 | 23.46 | 1.16 | 24.38 | 56.72 |
| 海南 | 387.33 | 0.23 | 0.98 | 3.01 | 0.24 | 1.47 | 3.75 |
| 重庆 | 3316.00 | 3.84 | 1.99 | 7.10 | 0.15 | 23.48 | 63.81 |
| 四川 | 122302.00 | 998.70 | 1193.97 | / | 717.64 | 4151.21 | 5574.04 |
| 贵州 | 16245.33 | 88.55 | 3.69 | 100.12 | 0.76 | 301.46 | 950.87 |
| 云南 | 30254.00 | 214.60 | 15.57 | 15.01 | 1.58 | 227.41 | 664.16 |
| 西藏 | 843288.67 | 1441.62 | 908.28 | 5.66 | 910.54 | 8084.36 | 6173.00 |
| 陕西 | 28848.67 | 1706.86 | / | / | 1.66 | 1155.74 | 2422.68 |
| 甘肃 | 142190.00 | 3749.57 | 1757.61 | 632.19 | 902.27 | 14825.23 | 13828.97 |
| 青海 | 421233.33 | 585.09 | 26.29 | 89.26 | 1235.02 | 4003.38 | 4728.34 |
| 宁夏 | 21182.67 | 1216.11 | / | / | 35.02 | / | 2984.11 |
| 新疆 | 501129.33 | 2656.53 | 2884.09 | 860.49 | 2046.20 | 5070.87 | 7426.20 |

依据表7计算得到1990年各草地类型各省的活动水平数据（表20-表26）。

表20 1990年高寒草甸活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 四川 | 477.87 | 571.30 | / | 343.38 | 1986.31 | 2667.12 | 52474.26 |
| 云南 | 5.96 | 0.43 | 0.42 | 0.04 | 6.31 | 18.44 | 808.42 |
| 西藏 | 578.45 | 364.44 | 2.27 | 365.35 | 3243.83 | 2476.90 | 331336.61 |
| 甘肃 | 516.54 | 242.13 | 87.09 | 124.30 | 2042.34 | 1905.09 | 14670.73 |
| 青海 | 406.12 | 18.25 | 61.96 | 857.24 | 2778.80 | 3282.01 | 284979.42 |
| 新疆 | 178.27 | 193.54 | 57.74 | 137.31 | 340.28 | 498.33 | 32222.61 |

表21 1990年高寒草原活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 西藏 | 567.66 | 357.65 | 2.23 | 358.54 | 3183.32 | 2430.69 | 325155.38 |
| 青海 | 94.37 | 4.24 | 14.40 | 199.20 | 645.72 | 762.65 | 66221.95 |
| 新疆 | 179.15 | 194.50 | 58.03 | 137.99 | 341.97 | 500.82 | 32383.24 |

表22 1990年高寒荒漠活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 西藏 | 250.94 | 158.10 | 0.98 | 158.50 | 1407.24 | 1074.53 | 143740.71 |
| 甘肃 | 54.24 | 25.42 | 9.14 | 13.05 | 214.45 | 200.04 | 1540.48 |
| 青海 | 8.52 | 0.38 | 1.30 | 17.99 | 58.31 | 68.86 | 5979.47 |
| 新疆 | 101.55 | 110.25 | 32.90 | 78.22 | 193.85 | 283.89 | 18356.56 |

表23 1990年温带草甸活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 北京 | 5.13 | / | / | 1.73 | / | 12.58 | 838.55 |
| 天津 | / | / | / | / | / | 3.52 | 134.48 |
| 河北 | 623.68 | 108.11 | 126.52 | 25.28 | 1100.52 | 1767.77 | 20638.64 |
| 山西 | 158.08 | 7.76 | 26.33 | 27.01 | 602.00 | 1490.22 | 33977.10 |
| 内蒙古 | 2740.13 | 2334.72 | 2114.26 | 556.25 | 3042.46 | 4264.44 | 135584.24 |
| 辽宁 | 201.87 | 7.71 | 2.21 | 29.68 | 496.88 | 842.49 | 8123.59 |
| 吉林 | 50.87 | 32.40 | 14.07 | 3.91 | 191.72 | 361.02 | 5222.90 |
| 黑龙江 | 369.00 | 2.38 | / | 11.36 | 171.99 | 1840.64 | 18044.57 |
| 西藏 | 3.70 | 2.33 | 0.01 | 2.34 | 20.77 | 15.86 | 2121.44 |
| 陕西 | 185.59 | / | / | 0.18 | 125.67 | 263.42 | 2561.92 |
| 甘肃 | 954.18 | 447.27 | 160.88 | 229.61 | 3772.68 | 3519.15 | 27100.28 |
| 宁夏 | 90.99 | / | / | 2.62 | / | 223.28 | 1268.05 |
| 新疆 | 574.49 | 623.70 | 186.09 | 442.50 | 1096.60 | 1605.95 | 103842.43 |

表24 1990年温带草原活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 河北 | 94.07 | 16.31 | 19.08 | 3.81 | 165.99 | 266.63 | 3112.92 |
| 山西 | 21.17 | 1.04 | 3.53 | 3.62 | 80.64 | 199.61 | 4551.22 |
| 内蒙古 | 3759.59 | 3203.35 | 2900.87 | 763.21 | 4174.40 | 5851.02 | 186028.16 |
| 辽宁 | 25.51 | 0.97 | 0.28 | 3.75 | 62.79 | 106.46 | 1026.49 |
| 吉林 | 8.52 | 5.42 | 2.35 | 0.65 | 32.09 | 60.43 | 874.30 |
| 黑龙江 | 2.43 | 0.02 | / | 0.07 | 1.13 | 12.13 | 118.94 |
| 西藏 | 30.48 | 19.20 | 0.12 | 19.25 | 170.93 | 130.52 | 17459.31 |
| 陕西 | 861.99 | / | / | 0.84 | 583.66 | 1223.49 | 11899.00 |
| 甘肃 | 646.79 | 303.18 | 109.05 | 155.64 | 2557.32 | 2385.46 | 18369.98 |
| 青海 | 34.34 | 1.54 | 5.24 | 72.49 | 234.97 | 277.53 | 24097.73 |
| 宁夏 | 315.57 | / | / | 9.09 | / | 774.36 | 4397.75 |
| 新疆 | 149.29 | 162.08 | 48.36 | 114.99 | 284.97 | 417.33 | 26984.82 |

表25 1990年温带荒漠活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 内蒙古 | 4254.95 | 3625.42 | 3283.09 | 863.77 | 4724.42 | 6621.96 | 210539.28 |
| 西藏 | 10.39 | 6.55 | 0.04 | 6.56 | 58.27 | 44.49 | 5951.74 |
| 甘肃 | 1387.77 | 650.52 | 233.98 | 333.94 | 5487.02 | 5118.29 | 39414.95 |
| 青海 | 41.74 | 1.88 | 6.37 | 88.10 | 285.58 | 337.29 | 29287.37 |
| 宁夏 | 809.55 | / | / | 23.31 | / | 1986.47 | 11281.63 |
| 新疆 | 1473.78 | 1600.03 | 477.38 | 1135.18 | 2813.20 | 4119.88 | 266395.28 |

表26 1990年暖性灌丛活动水平（km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未管理 |
| 上海 | / | / | / | / | / | / | 16.00 |
| 江苏 | / | / | / | / | / | 21.42 | 411.25 |
| 浙江 | / | / | / | / | / | 8.26 | 1003.08 |
| 安徽 | 0.27 | 0.28 | 1.43 | / | 8.22 | 31.28 | 758.52 |
| 福建 | / | / | / | / | 5.23 | 32.48 | 2344.95 |
| 江西 | 3.06 | / | / | 0.07 | 29.45 | 84.45 | 2852.97 |
| 山东 | 20.91 | 1.95 | 16.99 | 1.42 | 143.84 | 262.67 | 4232.23 |
| 河南 | 121.81 | 96.81 | 207.98 | 0.15 | 286.68 | 227.53 | 5808.37 |
| 湖北 | 3.55 | 2.00 | 16.55 | 0.18 | 44.36 | 42.24 | 2820.44 |
| 湖南 | 0.72 | 6.10 | 16.66 | 0.23 | 44.32 | 88.23 | 4715.06 |
| 广东 | 0.10 | 0.62 | 0.59 | / | 2.39 | 19.91 | 3448.40 |
| 广西 | 10.06 | 2.43 | 23.46 | 1.16 | 24.38 | 56.72 | 11115.12 |
| 海南 | 0.23 | 0.98 | 3.01 | 0.24 | 1.47 | 3.75 | 377.66 |
| 重庆 | 3.84 | 1.99 | 7.10 | 0.15 | 23.48 | 63.81 | 3215.62 |
| 四川 | 520.83 | 622.67 | / | 374.26 | 2164.90 | 2906.92 | 57192.18 |
| 贵州 | 88.55 | 3.69 | 100.12 | 0.76 | 301.46 | 950.87 | 14799.88 |
| 云南 | 208.64 | 15.14 | 14.60 | 1.53 | 221.09 | 645.72 | 28307.24 |
| 陕西 | 659.28 | / | / | 0.64 | 446.41 | 935.77 | 9100.81 |
| 甘肃 | 190.05 | 89.09 | 32.04 | 45.73 | 751.43 | 700.93 | 5397.74 |

（3）草地土壤碳汇

采用多数据源融合的方法提取土壤有机质和容重数据。获取中国科学院南京土壤所提供的土壤图（1：400万）、中国科学院地理科学与资源研究所提供的土壤有机碳分布图（空间分辨率为1km×1km）、由美国国家地理数据中心(National Geophysical Data Center)提供的土壤（0 - 30cm土层）有机碳含量和容重数据，以及FAO土壤有机质含量和土壤容重数据等，叠加植被类型图，提取各草地类型的土壤有机质含量和土壤容重数据，按6.1方法计算得到土壤本底碳密度（表27）。

表27 中国草地土壤本底碳密度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 草地类型 | 土壤有机质OM（%） | 土壤容重BD（g/cm3） | *SOCDREF*土壤本底碳密度（万t C·km-2） |
| 高寒草甸 | 1.49 | 1.13 | 0.29 |
| 高寒草原 | 1.30 | 1.09 | 0.25 |
| 高寒荒漠 | 1.30 | 1.09 | 0.25 |
| 温带草甸草原 | 1.50 | 1.18 | 0.31 |
| 温带典型草原 | 1.19 | 1.31 | 0.27 |
| 温带荒漠草原 | 0.71 | 1.46 | 0.18 |
| 暖性灌草丛 | 1.41 | 1.25 | 0.31 |

按6.2方法，由土壤本底碳密度和土壤碳库变化因子计算得到中国草地管理措施的土壤有机碳密度（表28）。

表28 中国草地管理措施的土壤有机碳密度（万tC/km2）

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 草地类型 | 禁牧 | 休牧 | 轮牧 | 围栏 | 改良 | 人工种草 | 未活动 |
| 高寒草甸 | 0.30±33.29% | 0.32±33.08% | 0.24±33.08% | 0.17±36.02% | 0.32±33.08% | 0.30±33.29% | 0.25±33.05% |
| 高寒草原 | 0.25±33.29% | 0.27±33.08% | 0.20±33.11% | 0.16±33.48% | 0.27±33.08% | 0.25±33.29% | 0.21±33.05% |
| 高寒荒漠 | 0.23±33.29% | 0.24±33.08% | 0.18±33.11% | 0.15±33.48% | 0.24±33.08% | 0.23±33.29% | 0.19±33.05% |
| 温带草甸草原 | 0.34±33.31% | 0.34±33.06% | 0.27±33.50% | 0.23±33.06% | 0.34±33.06% | 0.34±33.31% | 0.26±33.05% |
| 温带典型草原 | 0.30±33.31% | 0.29±33.08% | 0.23±33.53% | 0.19±33.08% | 0.29±33.08% | 0.30±33.31% | 0.23±33.05% |
| 温带荒漠草原 | 0.20±33.31% | 0.20±33.07% | 0.16±33.57% | 0.15±33.21% | 0.20±33.07% | 0.20±33.31% | 0.15±33.05% |
| 暖性灌草丛 | 0.35±33.57% | 0.34±32.97% | 0.27±33.44% | 0.18±39.38% | 0.34±32.97% | 0.35±33.57% | 0.26±32.92% |

按6.3和6.4所述方法计算得到2010年我国草地管理土壤碳汇15.09±4.57 MtC·a-1（表29），与相关研究结果基本一致：7.04 Mt C·a-1（Fang et al., 2007）、20-40 MtC·a-1（Lal, 2004）、14.7±6.0 Mt C·a-1（Lu et al., 2018）。

表29 2010年全国各省区草地土壤碳储量及土壤碳储量变化量

| 地区 | 1990碳储量104 t C | 2010碳储量104 t C | 变化率104 t C·a-1 |
| --- | --- | --- | --- |
| 北京 | 244.50 | 251.96 | 0.37 |
| 天津 | 39.36 | 39.65 | 0.01 |
| 河北 | 8148.85 | 9127.36 | 48.93 |
| 山西 | 11691.02 | 12057.03 | 18.30 |
| 内蒙古 | 135290.70 | 146245.60 | 547.75 |
| 辽宁 | 3199.37 | 3558.57 | 17.96 |
| 吉林 | 1966.08 | 2074.78 | 5.43 |
| 黑龙江 | 6024.63 | 6594.71 | 28.50 |
| 上海 | 4.66 | 4.66 | 0.00 |
| 江苏 | 127.99 | 130.01 | 0.10 |
| 浙江 | 295.06 | 295.84 | 0.04 |
| 安徽 | 236.54 | 239.59 | 0.15 |
| 福建 | 696.94 | 700.25 | 0.17 |
| 江西 | 875.59 | 888.41 | 0.64 |
| 山东 | 1402.06 | 1450.55 | 2.42 |
| 河南 | 2007.21 | 2098.66 | 4.57 |
| 湖北 | 859.70 | 862.82 | 0.16 |
| 湖南 | 1429.02 | 1433.74 | 0.24 |
| 广东 | 1012.33 | 1014.25 | 0.10 |
| 广西 | 3275.24 | 3283.57 | 0.42 |
| 海南 | 112.99 | 112.58 | -0.02 |
| 重庆 | 973.11 | 981.73 | 0.43 |
| 四川 | 35690.25 | 37621.77 | 96.58 |
| 贵州 | 4848.69 | 5008.72 | 8.00 |
| 云南 | 8894.92 | 9203.22 | 15.41 |
| 西藏 | 213613.94 | 215669.46 | 102.78 |
| 陕西 | 8171.94 | 10007.32 | 91.77 |
| 甘肃 | 35286.40 | 39942.92 | 232.83 |
| 青海 | 110310.67 | 111698.64 | 69.40 |
| 宁夏 | 4401.71 | 5355.64 | 47.70 |
| 新疆 | 106697.77 | 110059.98 | 168.11 |
| 全国 | 707829.24 | 738013.97 | 1509.24 |

**四、采用国际（国外）标准情况**

本标准未采用国际（国外）标准，但在编制过程中参考了《2006年IPCC国家温室气体清单指南》、《2013年京都议定书补充方法和良好做法指南》和《2006年IPCC国家温室气体清单指南2019修订版》等国家温室气体清单编制方法，符合IPCC方法学。

**五、与有关的现行法律、法规和强制性标准的关系**

本标准遵循了国家标准《标准化工作导则》（GB/T 1.1—2020）的要求编制原则，不违背现行相关法律、法规和强制性标准。

**六、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

**七、作为强制性标准或者推荐性标准的建议**

建议本标准作为推荐性气象行业标准。

1. **贯彻标准的要求、措施和建议**

无。

**九、废止现行有关标准的建议**

无。

**十、其他应予说明的事项**

无。

参考文献：

1. Fang, J., Yu, G., Liu, L., Hu, S. & Chapin, F.S., 2018. Climate change, human impacts, and carbon sequestration in China [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(16): 4015-4020.
2. Fang, J.Y., Guo, Z.D., Piao, S.L. & Chen, A.P., 2007. Terrestrial vegetation carbon sinks in China, 1981–2000 [J]. Science in China, 50(9): 1341-1350.
3. Lal, R., 2004. Offsetting China's CO2 Emissions by Soil Carbon Sequestration [J]. Climatic Change, 65(3): 263-275.
4. Lu, F., Hu, H., Sun, W., Zhu, J., Liu, G., Zhou, W., Zhang, Q., Shi, P., Liu, X., Wu, X., Zhang, L., Wei, X., Dai, L., Zhang, K., Sun, Y., Xue, S., Zhang, W., Xiong, D., Deng, L., Liu, B., Zhou, L., Zhang, C., Zheng, X., Cao, J., Huang, Y., He, N., Zhou, G., Bai, Y., Xie, Z., Tang, Z., Wu, B., Fang, J., Liu, G. & Yu, G., 2018. Effects of national ecological restoration projects on carbon sequestration in China from 2001 to 2010 [J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 115(16): 4039-4044.
5. Shilong, P., Jingyun, F., Philippe, C., Philippe, P., Yao, H., Stephen, S. & Tao, W., 2010. The carbon balance of terrestrial ecosystems in China [J]. China Basic Science, 458(7241): 1009-1013.
6. 安登第, 何毅, 韩爱萍 & 王晶, 2003. 不同利用方式对亚高山草甸草地土壤性质和微生物的影响 [J]. 草业科学, 20(6): 1-3.
7. 陈伏生 & 曾德慧, 2004. 科尔沁沙地退化草场土壤养分的空间结构分析 [J]. 草业学报, 13(1): 39-44.
8. 单贵莲, 徐柱, 宁发 & 焦燕, 2009. 围封年限对典型草原植被与土壤特征的影响 [J]. 草业学报, 18(2): 3-10.
9. 董全民, 马有泉, 李青云, 赵新全, 马玉寿, 孙小弟, 施建军, 王彦龙 & 盛丽, 2008. 高寒混播草地牦牛优化放牧强度的研究 Ⅰ以牦牛增重为目标研究牧草生长季的最佳放牧强度 [J]. 草业科学, 25(7): 87-90.
10. 董全民 & 马玉寿, 2007. 三江源区“黑土型”退化草地生态系统恢复研究 [J]. 青海畜牧业(3).
11. 董自红, 蒋平安, 程路明, 贾宏涛 & 李慧, 2006. 围栏对新疆山区草地土壤碳氮的影响 [J]. 新疆农业大学学报, 29(1): 31-35.
12. 范春梅, 廖超英, 李培玉, 孙长忠 & 许喜明, 2006a. 放牧对黄土高原丘陵沟壑区林草地土壤理化性状的影响 [J]. 西北林学院学报, 21(2): 1-4.
13. 范春梅, 廖超英, 李培玉, 孙长忠 & 许喜明, 2006b. 放牧强度对林草地土壤物理性状的影响——以黄土高原丘陵沟壑区为例 [J]. 中国农业科学, 39(7): 1501-1506.
14. 付华, 王彦荣, 吴彩霞 & 塔拉腾, 2002. 放牧对阿拉善荒漠草地土壤性状的影响 [J]. 中国沙漠, 22(4): 339-343.
15. 傅华, 陈亚明, 王彦荣 & 万长贵, 2004. 阿拉善主要草地类型土壤有机碳特征及其影响因素 [J]. 生态学报, 24(3): 469-476.
16. 高安社, 郑淑华, 赵萌莉, 韩国栋, GAOAn-she, HENGShu-hua, ZHAOMeng-li & HANGuo-dong, 2005. 不同草原类型土壤有机碳和全氮的差异 [J]. 中国草地学报, 27(6): 44-48.
17. 高旭升, 田种存, 郝学宁 & 蒋桂香, 2006. 三江源区高寒草原草地不同退化程度土壤养分变化 [J]. 青海大学学报, 24(5): 37-40.
18. 高雪峰, 韩国栋, 张功, 赵萌莉 & 卢萍, 2007. 放牧对荒漠草原土壤微生物的影响及其季节动态研究 [J]. 土壤通报, 38(1): 145-148.
19. 耿远波, 章申, 董云社, 孟维奇, 齐玉春, 陈佐忠 & 王艳芬, 2001. 草原土壤的碳氮含量及其与温室气体通量的相关性 [J]. 地理学报, 56(1): 44-53.
20. 关世英 & 贾树海, 1997. 草原暗栗钙土退化过程中的土壤性状及其变化规律的研究 [J]. 中国草地学报(3): 39-43.
21. 管春德, 2004. 云南宣威市宝山镇山地灌草丛植被恢复效果的研究, 甘肃农业大学.
22. 管春德, 2010. 云南山地灌草丛植被恢复研究 [J]. 草业科学, 27(1): 47-51.
23. 蒋德明, 贺山峰, 曹成有, 押田敏雄 & 李雪华, 2006. 翻耙补播对科尔沁碱化草地土壤理化性质和生物活性的影响 [J]. 中国草地学报, 28(4): 18-23.
24. 李春莉, 赵萌莉, 韩国栋 & 红梅, 2008. 不同放牧压力下荒漠草原土壤有机碳特征及其与植被之间关系的研究 [J]. 干旱区资源与环境, 22(5): 136-140.
25. 李春莉, 赵萌莉, 韩国栋 & 红梅, 2009. 放牧对短花针茅草原土壤微生物和土壤养分的影响及其季节动态 [J]. 干旱区资源与环境, 23(4): 184-190.
26. 李凌浩 & 陈佐忠, 1998. 草地生态系统碳循环及其对全球变化的响应 I.碳循环的分室模型、碳输入与贮量 [J]. 植物学报, 15(2): 14-22.
27. 李明峰, 董云社, 齐玉春 & 耿元波, 2005. 温带草原土地利用变化对土壤碳氮含量的影响 [J]. 中国草地学报, 27(1): 1-6.
28. 李香真, 2001. 放牧对暗栗钙土磷的贮量和形态的影响 [J]. 草业学报, 10(2): 28-32.
29. 李香真 & 陈佐忠, 1998. 不同放牧率对草原植物与土壤C,N,P含量的影响 [J]. 草地学报, 6(2): 90-98.
30. 李香真, 张淑敏 & 邢雪荣, 2002. 小叶锦鸡儿灌丛引起的植物生物量和土壤化学元素含量的空间变异 [J]. 草业学报, 11(1): 24-30.
31. 李玉强, 赵哈林, 移小勇, 左小安 & 陈银萍, 2006a. 沙漠化过程中科尔沁沙地植物-土壤系统碳氮储量动态 [J]. 环境科学, 27(4): 635-640.
32. 李玉强, 赵哈林, 赵学勇, 张铜会 & 陈银萍, 2006b. 不同强度放牧后自然恢复的沙质草地土壤呼吸、碳平衡与碳储量 [J]. 草业学报, 15(5): 25-31.
33. 李志丹, 干友民, 泽柏, 张新全 & 霍尚峰, 2004. 牧草改良盐渍化土壤理化性质研究进展 [J]. 草业科学, 21(6): 17-21.
34. 刘兵, 2005. 草场管理措施和草场退化对高寒草地土壤养分元素分布的影响, 中国科学院研究生院(成都生物研究所).
35. 刘楠 & 张英俊, 2010. 放牧对典型草原土壤有机碳及全氮的影响 [J]. 草业科学, 27(4): 11-14.
36. 刘忠宽, 汪诗平, 陈佐忠, 王艳芬 & 韩建国, 2006. 不同放牧强度草原休牧后土壤养分和植物群落变化特征 [J]. 生态学报, 26(6): 2048-2056.
37. 刘忠宽, 智健飞 & 刘振宇, 2005. 内蒙古草原不同植物种群土壤化学元素特征 [J]. 华北农学报, 20(6): 97-102.
38. 路远, 张万祥, 孙榕江 & 常根柱, 2009. 天祝高寒草甸土壤容重与孔隙度时空变化研究 [J]. 草原与草坪(3): 48-51.
39. 吕新苗 & 郑度, 2006. 气候变化对长江源地区高寒草甸生态系统的影响 [J]. 长江流域资源与环境, 15(5): 603-607.
40. 宁发, 徐柱 & 单贵莲, 2008. 干扰方式对典型草原土壤理化性质的影响 [J]. 中国草地学报, 30(4): 46-50.
41. 农业部草原监理中心, 2015. 草原生态保护建设项目资料汇编 [J].
42. 裴海昆, 2004a. 不同放牧强度对土壤养分及质地的影响 [J]. 青海大学学报, 22(4): 29-31.
43. 裴海昆, 2004b. 不同放牧强度下土壤有机质特性变化的研究 [J]. 青海畜牧兽医杂志, 34(4): 1-3.
44. 裴世芳, 2007. 放牧和围封对阿拉善荒漠草地土壤和植被的影响, 兰州大学.
45. 裴世芳, 傅华, 陈亚明 & 李景斌, 2004. 放牧和围封下霸王灌丛对土壤肥力的影响 [J]. 中国沙漠, 24(6): 763-767.
46. 全国畜牧总站, 2009. 中国草地统计2001-2008 [M].
47. 全国畜牧总站, 2010. 中国草地统计2009 [M].
48. 全国畜牧总站, 2011. 中国草地统计2010 [M].
49. 全国畜牧总站, 2012. 中国草地统计2011 [M].
50. 全国畜牧总站, 2014. 中国草地统计2013 [M].
51. 全国畜牧总站, 2015. 中国草地统计2014 [M].
52. 全国畜牧总站, 2016. 中国草地统计2014 [M].
53. 全国畜牧总站, 2017. 中国草地统计2014 [M].
54. 蒲小鹏, 徐长林 & 刘晓静, 2004. 放牧利用对金露梅灌丛土壤理化性质的影响 [J]. 甘肃农大学报, 39(1): 39-41.
55. 瞿王龙, 裴世芳, 周志刚, 张宝林 & 傅华, 2004. 放牧与围封对阿拉善荒漠草地土壤有机碳和植被特征的影响 [J]. 甘肃林业科技, 29(2): 4-6.
56. 全国畜牧总站, 2011. 中国草业统计2010 [J].
57. 邵新庆, 石永红, 韩建国, 王赟文 & 王堃, 2008. 典型草原自然演替过程中土壤理化性质动态变化 [J]. 草地学报, 16(6): 566-571.
58. 盛学斌 & 赵玉萍, 1997. 草场生物量对土壤有机质的影响 [J]. 土壤通报(6): 244-245.
59. 苏永中 & 赵哈林, 2003. 科尔沁沙地不同土地利用和管理方式对土壤质量性状的影响 [J]. 应用生态学报, 14(10): 1681-1686.
60. 苏永中, 赵哈林 & 文海燕, 2002. 退化沙质草地开垦和封育对土壤理化性状的影响 [J]. 水土保持学报, 16(4): 5-8.
61. 苏永中, 赵哈林, 张铜会 & 赵学勇, 2004. 不同退化沙地土壤碳的矿化潜力 [J]. 生态学报, 24(2): 372-378.
62. 孙庚, 吴宁 & 罗鹏, 2005. 不同管理措施对川西北草地土壤氮和碳特征的影响 [J]. 植物生态学报, 29(2): 304-310.
63. 孙卫国, 王艳荣, 赵利清 & 赵利君, 2006. 在典型草原放牧退化过程中土壤环境质量的变化研究 [J]. 内蒙古大学学报(自然版), 37(3): 304-307.
64. 滕星, 王德利, 程志茹, 房健 & 王亚秋, 2004. 不同放牧强度下绵羊采食方式的变化特征 [J]. 草业学报, 13(2): 67-72.
65. 田佳倩, 周志勇, 包彬 & 孙建新, 2008. 农牧交错区草地利用方式导致的土壤颗粒组分变化及其对土壤碳氮含量的影响 [J]. 植物生态学报, 32(3): 601-610.
66. 王娟, 谷雪景 & 赵吉, 2006. 羊草草原土壤酶活性对土壤肥力的指示作用 [J]. 农业环境科学学报, 25(4): 934-938.
67. 王其兵, 李凌浩, 刘先华 & 贺金生, 1998. 内蒙古锡林河流域草原土壤有机碳及氮素空间异质分析 [J]. 植物生态学报, 22(5): 409-414.
68. 王文颖, 王启基 & 王刚, 2006. 高寒草甸土地退化及其恢复重建对土壤碳氮含量的影响 [J]. 生态环境学报, 15(2): 362-366.
69. 王岩春, 干友民 & 李志丹, 2006a. 亚高山退化草甸土壤性状分析及评价因子的选择 [J]. 安徽农业科学, 34(13): 3120-3123.
70. 王岩春, 干友民, 张锦华, 鄢家俊 & 刘瑞峰, 2006b. 若尔盖高寒沼泽退化旱化趋势分析与保护对策 [J]. 四川畜牧兽医, 33(5): 6-9.
71. 王艳芬, 陈佐忠 & T.Tieszen, L., 1998. 人类活动对锡林郭勒地区主要草原土壤有机碳分布的影响 [J]. 植物生态学报, 22(6): 545-551.
72. 王玉辉, 何兴元 & 周广胜, 2002. 放牧强度对羊草草原的影响 [J]. 草地学报, 10(1): 45-49.
73. 王哲锋, 2006. 干旱农牧交错带耕种和围栏放牧对草地土壤有机碳库和土壤结构稳定性的影响, 甘肃农业大学.
74. 王哲锋, 高波 & 李小刚, 2006. 利用方式对干旱草原土壤碳水化合物含量及团聚体稳定性的影响 [J]. 甘肃农大学报, 41(3): 91-95.
75. 卫智军, 乌日图, 达布希拉图, 苏吉安, 杨尚明, 2005. 荒漠草原不同放牧制度对土壤理化性质的影响 [J]. 中国草地学报, 27(5): 000006-10.
76. 文海燕, 赵哈林 & 傅华, 2005. 开垦和封育年限对退化沙质草地土壤性状的影响 [J]. 草业学报, 14(1): 31-37.
77. 许中旗, 闵庆文, 王英舜, 李文华 & 许晴, 2006. 人为干扰对典型草原生态系统土壤养分状况的影响 [J]. 水土保持学报, 20(5): 38-42.
78. 闫玉春 & 唐海萍, 2008. 围封下内蒙古典型草原区退化草原群落的恢复及其对碳截存的贡献 [J]. 自然科学进展, 18(5): 546-551.
79. 闫玉春, 唐海萍, 常瑞英 & 刘亮, 2008a. 典型草原群落不同围封时间下植被、土壤差异研究 [J]. 干旱区资源与环境, 22(2): 145-151.
80. 闫玉春, 唐海萍, 常瑞英 & 刘亮, 2008b. 长期开垦与放牧对内蒙古典型草原地下碳截存的影响 [J]. 环境科学, 29(5): 1388-1393.
81. 杨红善, 那·巴特尔, 周学辉, 苗小林, 苏晓春 & 常根柱, 2009. 不同放牧强度对肃北高寒草原土壤肥力的影响 [J]. 水土保持学报, 23(1): 150-153.
82. 杨维康, 蒋慧萍 & 乔建芳, 2008. 放牧对准噶尔荒漠植物群落及土壤特性的影响 [J]. 干旱区地理(汉文版), 31(5): 659-664.
83. 展争艳, 李小刚, 张德罡 & 王哲锋, 2005. 利用方式对高寒牧区土壤有机碳含量及土壤结构性质的影响 [J]. 土壤学报, 42(5): 777-782.
84. 张建平, 刘淑珍, 周麟 & 方一平, 1998. 西藏那曲地区主要草地土壤退化分析 [J]. 水土保持学报, 4(3): 6-11.
85. 张林, 孙向阳, 乔永, 高程达, 曹吉鑫, 阿拉塔 & 宝音贺希格, 2009. 不同放牧强度下荒漠草原土壤有机碳及其δ~(13)C值分布特征 [J]. 水土保持学报, 23(6): 149-153.
86. 张铜会, 赵哈林, 大黑俊哉 & 白户康人, 2003a. 连续放牧对沙质草地植被盖度、土壤性质及其空间分布的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 17(4): 117-121.
87. 张铜会, 赵哈林, 大黑俊哉 & 白户康人, 2003b. 沙质草地连续放牧后某些土壤性质的变化 [J]. 中国草地学报, 25(1): 9-12.
88. 张伟华 & 关世英, 2000. 不同恢复措施对退化草地土壤水分和养分的影响 [J]. 内蒙古农业大学学报(自然科学版), 21(4): 31-35.
89. 张伟华, 关世英 & 李跃进, 2000. 不同牧压强度对草原土壤水分、养分及其地上生物量的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 14(4): 61-64.
90. 张兴源, 崔向新, 白彤, 蒙仲举 & 高永, 2008. 希拉穆仁草原植被和土壤对人为干扰的响应 [J]. 安徽农业科学, 36(35): 15667-15669.
91. 赵彩霞, 郑大玮, 何文清, 潘志华, 胡跃高 & 樊秀荣, 2006. 不同围栏年限冷蒿草原群落特征与土壤特性变化的研究 [J]. 草业科学, 23(12): 89-92.
92. 赵哈林, 周瑞莲, 张铜会 & 赵学勇, 2004. 科尔沁沙地植被的统计学特征与土地沙漠化 [J]. 中国沙漠, 24(3): 274-278.
93. 赵吉, 1999. 不同放牧率对冷蒿小禾草草原土壤微生物数量和生物量的影响 [J]. 草地学报, 7(3): 222-227.
94. 中华人民共和国农业部, 1996. 中国草地资源 [M]. 中国科学技术出版社.
95. 周道玮, 姜世成, 郭平 & 周维, 1999. 草原火烧后土壤养份含量的变化 [J]. 东北师大学报(自然科学)(1): 111-117.
96. 周华坤, 赵新全, 周立, 刘伟, 李英年 & 唐艳鸿, 2005. 青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究 [J]. 草业学报, 14(3): 31-40.
97. 周丽艳, 王明玖 & 韩国栋, 2005. 不同强度放牧对贝加尔针茅草原群落和土壤理化性质的影响 [J]. 干旱区资源与环境, 19(s1): 182-187.
98. 朱连奇 & 许立民, 2004. 草地改良对土壤有机碳的影响——以福建省建瓯市牛坑龙草地生态系统试验站为例 [J]. 河南大学学报(自然版), 34(2): 64-68.