

基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7–8 月平均气温数据集 (1781–2013)

李明启^{1*}, 兰宇²

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 中国科学院陆地表层格局与模拟院重点实验室, 北京 100101;
2. 广东省气象台, 广州 510640

摘要: 本文利用 2013 年 9 月份采自大兴安岭北部呼中国家自然保护区高海拔树线位置 (51.79°N, 123.08°E, 海拔 900 m) 的樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica* Litv) 树轮样芯 (直径 10 mm), 使用瑞士生产的 DENDRO 2003 树轮分析系统获取了树轮密度数据, 建立了树轮晚材最大密度 (maximum latewood density, MXD) 年表, 并与漠河气象站气象数据进行了相关分析。结果表明 MXD 年表与该区 7–8 月平均气温相关最高。因此, 利用 MXD 年表重建了 1781–2013 年大兴安岭北部地区 7–8 月的平均气温, 重建方程的方差解释量为 31.1%。数据集包括: (1) 采样点的地理位置数据; (2) 树轮 MXD 标准年表; (3) 重建的 1781–2013 年 7–8 月的平均气温, 及 11 年滑动平均值; (4) 39 根样芯的树轮晚材最大密度测量值统计特征。数据存储为 .shp 和 .xlsx 格式, 由 9 个数据文件组成, 数据量为 27.2 KB (压缩为 1 个文件 24 KB)。

关键词: 树轮; 晚材最大密度; 大兴安岭北部; 气温重建

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.03.09>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.03.09>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志 (中英文) 》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.02.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.02.V1>。

1 前言

树木年轮具有定年准确、分辨率高、分布广泛、复本量大等特点, 成为研究过去气候变化的重要代用指标^[1]。在百年至千年尺度上区域气温^[2]、降水/干湿变化^[3–5]重建中起着重要作用。在用于气候重建的树轮数据中, 树轮晚材最大密度 (MXD) 能很好地揭示生长季或者生长季末期温度变化^[6–9]。东北地区是我国三大林区之一, 森林面积达 3,000 多万 hm^2 ^[10], 同时还是我国主要的粮食产区, 2018 年谷物产量占全国的 20.26%^[11]。温度是影响

收稿日期: 2022-03-25; 修订日期: 2022-07-11; 出版日期: 2022-09-25

基金项目: 中华人民共和国科学技术部 (2017YFA0603302)

*通讯作者: 李明启 GLU-9912-2022, 中国科学院地理科学与资源研究所, limq@igsrr.ac.cn

数据引用方式: [1] 李明启, 兰宇. 基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7–8 月平均气温数据集 (1781–2013) [J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(3): 395–401. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.03.09>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.03.09>.

[2] 李明启, 兰宇. 基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7–8 月平均气温数据集 (1781–2013) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.02.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.02.V1>.

农作物和森林生长的主要因素，因此，研究我国东北地区气温变化历史，寻求其变化规律，对指导当地林业和农业生产具有重要意义。

在大兴安岭地区，树轮晚材最大密度已经被用来研究过去气温变化^[12]，但是相对研究还较少，并且重建时段不到 200 年。本文拟利用采自大兴安岭北部地区的樟子松树轮晚材最大密度数据（图 1 和表 1），重建该区过去 233 年气温变化历史，为预测该区未来气候变化提供基础资料，同时也为指导东北地区林业和农业生产提供科学依据。

表 1 采样点地理位置表

采集地点	经度	纬度	海拔高度
黑龙江呼中国家自然保护区	123.08°E	51.79°N	950 m

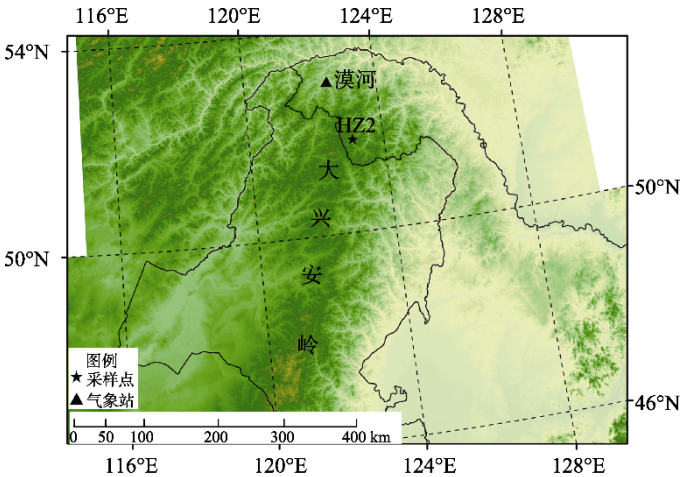


图 1 采样点位置图

2 数据集元数据简介

《基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7–8 月平均气温数据集（1781–2013）》^[13]的名称、作者、地理区域、数据年代、时间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

3 数据研发方法

3.1 年表建立及气温重建方法

年表建立：用 ARSTAN 软件建立晚材最大密度年表，选择 80 年样条函数对每一条序列进行生长趋势拟合^[15]，并用原始序列除以拟合趋势得到每条序列的标准化指数序列，最后将所有序列利用双权重平均法合成树轮晚材最大密度年表^[16]。

相关分析：为了确定树木生长的限制因子，我们对树轮晚材最大密度年表与漠河气象站 1959–2013 年气候要素（月平均气温和月降水量）做了 Pearson 相关分析。结果表明：当年 7–8 月平均气温是树木晚材最大密度形成的限制因子。

表 2 《基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7-8 月平均气温数据集（1781-2013）》
元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7-8 月平均气温数据集（1781-2013）
数据集短名	NGKM_MXD_Tem0708_1781-2013
作者信息	李明启 GLU-9912-2022，中国科学院地理科学与资源研究所，limq@igsnrr.ac.cn 兰宇，广东省气象台，chinalanyu12@163.com
地理区域	中国大兴安岭地区
数据年代	1781-2013 年
时间分辨率	年
数据格式	.shp、.xls
数据量	27.2 KB
数据集组成	（1）采样点的地理位置数据；（2）树轮 MXD 标准年表；（3）重建的 1781-2013 年 7-8 月的平均气温，及 11 年滑动平均值；（4）39 根样芯的树轮晚材最大密度测量值统计特征。
基金项目	中华人民共和国科学技术部（2017YFA0603302）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10% 引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[14]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

相关系数计算公式

$$r = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{\delta_1} \right) \left(\frac{y_i - \bar{y}}{\delta_2} \right) \tag{1}$$

式中，x 和 y 分别为两个变量，δ 为标准差。

气温重建：根据相关分析结果，利用一元线性回归方法建立大兴安岭北部地区樟子松树轮最大晚材密度年表（MXD）与 7-8 月平均气温（ $T_{\text{mean}7-8}$ ）的转换方程，然后重建区域气温。

回归分析方程：

$$T_{\text{mean}7-8} = a\text{MXD} + b \tag{2}$$

式中， $T_{\text{mean}7-8}$ 是 7-8 月平均气温，MXD 是树轮最大晚材密度，a 和 b 为常量。

3.2 技术路线

我们于 2013 年 9 月份在大兴安岭北部东侧呼中国家自然保护区内采集了 28 棵树 61

根樟子松树轮样芯，样点位于 51.79°N、123.08°E，海拔 950 m。样芯带回实验室，经干燥、打磨等预处理后，选取 22 棵树的 39 根样芯用作重建。对选取的样芯，进行交叉定年，并获取宽度和密度数据，建立树轮晚材最大密度（MXD）年表。此外，我们从国家气象局气象数据共享网¹上收集了漠河站气象数据，并将树轮晚材最大密度年表与该站月平均气温和月降水量做相关分析，确定该点樟子松树轮晚材最大密度形成的限制因子。根据相关关系，建立年表与气候要素转换方程，重建该区过去的气温变化历史（图 2）。

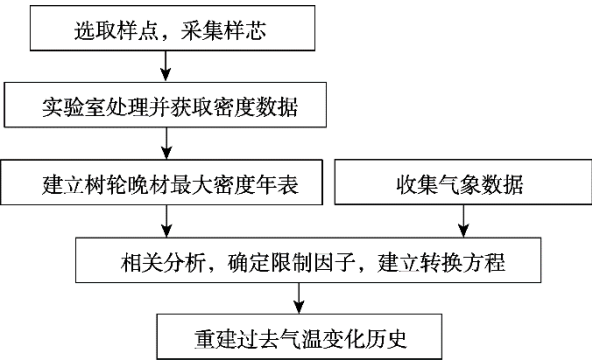


图 2 数据集研发技术路线图

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

基于树轮晚材最大密度重建的过去 233 年来大兴安岭北部 7–8 月平均气温数据集包括：（1）采样点的地理位置数据；（2）39 根样芯的树轮晚材最大密度测量值统计特征；（3）树轮 MXD 标准年表（图 3）；（4）重建的 1781–2013 年 7–8 月的平均气温，及 11 年滑动平均值数据（图 4）。

表 3 39 根样芯的树轮晚材最大密度测量值统计表

序号	编号	起始年	结束年	长度（年）	最大密度平均值（g/cm ³ ）	标准差
1	HZ01A	1782	1892	111	8.15	0.96
2	HZ01B	1778	2013	236	6.77	1.49
3	HZ02A	1735	2013	279	5.98	1.40
4	HZ02B	1743	2013	271	7.58	1.29
5	HZ03A	1804	2013	210	8.23	2.13
6	HZ03B	1722	2013	292	5.60	1.27
7	HZ04A	1862	2013	152	9.07	1.78
8	HZ04B	1862	2013	152	7.74	2.59
9	HZ05A	1804	1854	51	9.69	0.97
10	HZ07A	1900	2013	114	9.39	1.13

¹ <http://data.cma.cn/>.

续表 3

序号	编号	起始年	结束年	长度（年）	最大密度平均值（g/cm ³ ）	标准差
11	HZ08A	1781	2013	233	6.94	2.10
12	HZ08B	1792	2013	222	6.31	1.40
13	HZ16A	1805	2000	196	7.29	1.50
14	HZ16B	1750	2013	264	7.56	1.75
15	HZ22A	1790	1998	209	7.97	1.40
16	HZ22B	1817	2013	197	7.65	1.44
17	HZ23B	1855	2005	151	8.70	1.40
18	HZ24A	1837	2013	177	7.27	1.64
19	HZ24B	1847	2013	167	6.90	2.10
20	HZ25A	1864	2013	150	7.96	1.28
21	HZ25B	1850	2013	164	7.34	1.12
22	HZ26A	1842	2005	164	7.81	0.89
23	HZ26B	1854	2013	160	7.28	1.15
24	HZ27A	1798	2013	216	6.28	1.53
25	HZ27B	1803	1996	194	6.30	1.37
26	HZ28A	1781	1930	150	5.78	1.43
27	HZ28B	1768	2013	246	5.88	1.97
28	HZ30A	1789	2013	225	7.91	1.22
29	HZ30B	1793	2013	221	7.29	1.36
30	HZ31A	1808	2013	206	7.04	1.81
31	HZ31B	1800	2013	214	6.82	1.52
32	HZ34A	1803	2008	206	8.80	0.90
33	HZ34B	1828	2013	186	8.60	1.16
34	HZ38A	1832	1944	113	9.22	1.19
35	HZ38B	1852	1977	126	8.69	1.40
36	HZ39A	1828	2013	186	8.22	1.37
37	HZ39B	1836	2011	176	7.96	1.56
38	HZ52A	1808	2012	205	7.24	1.62
39	HZ54B	1801	2012	212	7.64	1.40

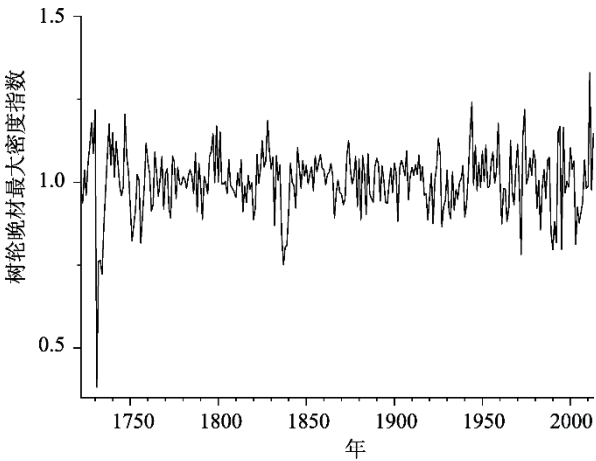


图 3 树轮晚材最大密度年表图

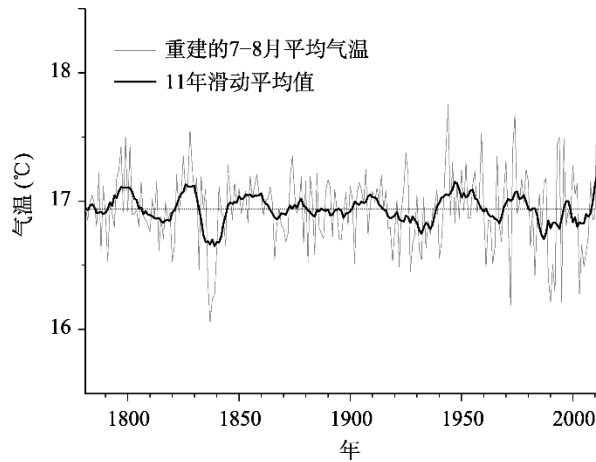


图4 重建的1781–2013年7–8月平均气温变化图

4.2 数据结果及验证

树轮晚材最大密度标准年表时间长度292年(1722–2013年)。选取1901–2000年作为所有序列的公共区间进行分析发现,所有序列间平均相关系数为0.408,同一棵树不同序列间的平均相关系数为0.56,不同树之间序列的平均相关系数为0.405,信噪比(SNR)22.09,样本量对总体代表性(EPS)为0.957。这些数据与该区域其他树轮密度年表类似^[12]。该分析结果表明此年表可以用来进行气候分析。当1781年,具有7个样芯的时候,子样本信号强度(SSS)超过了0.85。因此,将1781年作为重建的起始年。

基于树轮晚材最大密度年表与气候要素关系,我们重建了大兴安岭北部地区1781–2013年7–8月平均气温变化历史(图2),其转换方程为 $T_{\text{mean}7-8}=3.46\text{MXD}+13.5$,该模型对器测时期(1959–2013年)7–8月平均气温的方差解释量为31.1%。“留一法”交叉检验结果显示:符号检验原始序列通过了99%的检验,误差缩减值($\text{RE}=0.256$)和乘积平均值检验 t 值均较高,重建和观测值的相关系数为0.52($n=55, p<0.01$);分段检验(校准期分别为1959–1988和1984–2013)结果显示:虽然仅有1959–1988校准期ST通过了99%检验,但误差缩减值(RE 分别为0.279和0.319)和有效系数(CE 分别为0.278和0.315)均大于零,并且验证期(1989–2013和1959–1983)重建和观测值相关系数分别为0.59和0.58。说明该重建稳定可靠,可以反应区域气温变化。

5 讨论和总结

本文利用采自大兴安岭北部呼中国家自然保护区的樟子松树轮样芯,获取了树轮密度数据,建立了树轮晚材最大密度年表,重建了该区过去233年7–8月平均气温变化历史。该数据集年代为1781–2013年,时间分辨率为年。本研究在空间上增加了气温重建分布点,为了解过去气候变化、寻求气候变化规律和预测未来气候变化提供了基础资料。

作者分工:李明启对数据集的开发做了总体设计;李明启和兰宇采集和处理了树轮密度数据;李明启和兰宇设计了模型和算法;李明启做了数据验证;李明启撰写了数据论文等。

利益冲突声明: 本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] Fritts, H. C. *Tree Rings and Climate* [M]. London: Academic Press, 1976.
- [2] Liang, E. Y., Shao, X. M., Qin, N. S. Tree-ring based summer temperature reconstruction for the source region of the Yangtze River on the Tibetan Plateau [J]. *Global and Planetary Change*, 2008, 61(3/4): 313–320.
- [3] Shao, X. M., Huang, L., Liu, H. B., *et al.* Reconstruction of precipitation variation from tree rings in recent 1000 years in Delingha, Qinghai [J]. *Science in China Series D: Earth Sciences*, 2005, 48(7): 939–949.
- [4] Cook, E. R., Anchukaitis, K. J., Buckley, B. M., *et al.* Asian monsoon failure and megadrought during the last millennium [J]. *Science*, 2010, 328(5977): 486–489.
- [5] Yu, J., Shah, S., Zhou, G., *et al.* Tree-ring-recorded drought variability in the Northern Daxing'anling Mountains of Northeastern China [J]. *Forests*, 2018, 9(11): 674. DOI: 10.3390/f9110674.
- [6] Hughes, M. K., Schweingruber, F. H., Cartwright, D., *et al.* July-August temperature at edinburgh between 1721 and 1975 from tree-ring density and width data [J]. *Nature*, 1984, 308(5957): 341–344.
- [7] Jacoby, G. C., Ivanciu, I. S., Ulan, L. D. A 263-year record of summer temperature for Northern Quebec reconstructed from tree-ring data and evidence of a major climatic shift in the early 1800s [J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 1988, 64(1/2): 69–78.
- [8] Briffa, K. R., Jones, P. D., Bartholin, T. S., *et al.* Fennoscandian summers from AD 500 temperature changes on short and long timescales [J]. *Climate Dynamics*, 1992, 7: 111–119.
- [9] Li, M., Huang, L., Yin, Z. Y., *et al.* Temperature reconstruction and volcanic eruption signal from tree-ring width and maximum latewood density over the past 304 years in the southeastern Tibetan Plateau [J]. *International Journal of Biometeorology*, 2017, 61(11): 2021–2032.
- [10] 白卫国, 王祝雄. 论我国东北林区森林可持续经营 [J]. *林业资源管理*, 2008(6): 7.
- [11] 唐亮, 吴东立, 苗微等. 东北地区食物安全可持续发展战略研究 [J]. *中国工程科学*, 2019, 21(5): 19–27.
- [12] Sun, Y., Wang, L. L., Chen, J., *et al.* Reconstructing mean maximum temperatures of May-August from tree-ring maximum density in North Da Hinggan Mountains, China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2012, 57(16): 2007–2014.
- [13] 李明启, 兰宇. 基于樟子松树轮晚材最大密度重建的大兴安岭北部 7–8 月平均气温数据集 (1781–2013) [J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.04.02.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.04.02.V1>.
- [14] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新)
- [15] Cook, E. R., Briffa, K. R., Meko, D. M., *et al.* The segment length curse in long tree-ring chronology development for paleoclimatic studies [J]. *Holocene*, 1995, 5(2): 229–237.
- [16] Cook, E. R. *A time series analysis approach to tree ring standardization* [D]. Tucson: The University of Arizona, 1985.