www.csdata.org

ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

基于树轮宽度指数的过去千年美国分区降水变化数据集

白孟鑫[1,2]，郝志新[1,2]，张学珍[1,2]，郑景云[1,2*]

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重点实验室，北京 100101

2.中国科学院大学，北京 100049

摘要：重建过去千年的区域高分辨率降水变化，对理解年代–百年尺度气候的区域差异具有独特意义。本文利用美国已有的 1258 个树轮宽度指数年表，结合 1901–2015 年的月降水量资料，分析了树轮宽度与年（上年 10 月至当年 9 月）降水量变化的相关性及降水变化的空间型；在此基础上，将美国分为 12 个降水变化区，遴选出与各区年降水变化具有显著正相关且长度达 1750 年之前的树轮宽度年表 632 个，采用分区、分段方法构建降水重建的校准方程，重建了美国 12 个区的年降水变化序列。结果显示：用于重建各区降水序列的校准方程方差解释量为 28.96%–91.91%（平均值 58.34%）；重建序列长度超过千年的区域有 4 个，达 500–1000 年的区域为 3 个，其余 5 个区均为 290–500 年；其中，落基山脉南部的降水重建序列长度最长，达 1858 年（公元 122–1979 年）；最短的美国东北部的大湖区为 291 年（公元 1689–1979 年）。本数据集包含了重建的 12 个区域年降水变化序列及其误差范围、预测方差解释量及构建校准方程的样本量等统计量；可为分析年代–百年际尺度美国与北半球其他地区（东亚、欧洲等）降水变化的异同，及其与气候模态的遥相关提供数据支撑。

关键词：美国；区域降水；集成重建；树轮宽度指数年表

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	基于树轮宽度指数的过去千年美国分区降水变化数据集
数据作者	白孟鑫、郝志新、张学珍、郑景云
数据通信作者	郑景云（zhengjy@igsnrr.ac.cn）
数据时间范围	最长的为公元 122–1979 年，最短的为公元 1689–1979 年；其中 4 个重建降水序列长度超过千年，3 个序列长度达 500–1000 年，其余 5 个序列长度达 290–500 年。
地理区域	美国（不含阿拉斯加州和夏威夷州）本土，地理范围为 25.12°N–49.38°N，66.97°W–124.71°W，共覆盖 48 个州。
数据量	0.81 MB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网站	http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00254
基金项目	国家重点研发计划（2017YFA0603300）

文献 DOI：
10.11922/csdata.2021.0026.zh
数据 DOI：
10.11922/sciencedb.j00001.00254
文献分类：地球科学

收稿日期：2021-05-06
开放同评：2021-05-13
录用日期：2021-06-10
发表日期：2021-09-29

* 论文通信作者
郑景云：zhengjy@igsnrr.ac.cn

数据库（集）组成	本数据集包括 1 个数据文件，含 12 个以降水变化分区命名的表格。每个表格包含有年份、重建的区域降水量及对应重建结果的有效性与不确定性参数，包括校准方程的预测方差解释量、总样本量及构建校准方程的样本量，验证期分别为 1920–1949 年和 1950–1979 年的误差缩减值和有效系数，以及重建结果 95%信度的置信区间。

引　言

树轮是指示过去气候变化的主要自然代用证据之一，利用其重建数百至千年以上的高分辨率降水变化序列，是揭示年代–百年尺度降水变化特征的重要基础，对理解年代–百年尺度气候变化的机制具有独特价值。美国树轮资料丰富，至今已利用这些资料重建了上百个降水变化序列[1]，如公元 1602 年以来美国 96 个站的冬季降水序列[2]，过去 2139 年新墨西哥州西部地区的冷、暖季降水序列[3-4]，过去 700 年北落基山地区的夏季降水序列[5]等；还研制了覆盖美国本土、空间分辨率达 2.5°×2.5°的夏季 PDSI（Palmer Drought Severity Index，帕默尔干旱指数）格网化数据集[6]，其中半数以上格点长逾 800 年，西部地区的多数格点甚至达公元 1000 年之前。特别是最近又新建了几乎覆盖整个北美空间分辨率达 0.5×0.5°的冷季（10–4 月）和暖季（5–7 月）降水数据集[7]，其中多数格点序列长达 500 年以上，西南地区的部分格点序列甚至长达 2000 年。对这些格网化重建结果的分析发现：在过去 1000 多年中，美国降水异常的季节差异及空间格局与厄尔尼诺–南方涛动（El Niño-Southern Oscillation，ENSO）、北极涛动（the Arctic Oscillation，AO）、大西洋多年代际振荡（the Atlantic Multi-decadal Oscillation，AMO）密切相关[7-9]；且在公元 966–985 年、1271–1297 年和 1568–1591 年等发生过多次大范围年代际特大干旱（mega-droughts）[8]，其中尤以 1568–1591 年的特大干旱强度最大、持续时间最长[7-8]。

美国降水呈显著的东多西少分布，其中东部地区气候湿润，但降水自东（年降水 1000 mm 以上）向西（100°W 沿线附近区域年降水为 500 mm 左右）递减；西部除太平洋东岸沿海地区年降水为 500 mm 以上外，其余大部分地区年降水不足 500 mm，美国中西部地区（以科迪勒拉山脉为主）年降水甚至低于 300 mm，为半干旱气候。最新的降水观测分区资料显示，尽管在 1895–2009 年间，美国大多数地区的降水呈增加趋势，但年代际降水变化的位相却存在较显著的区域差异。如 20 世纪 40–60 年代，美国西南部降水显著减少，但东南部及大平原南部却显著增加；20 世纪 80 年代，美国西南部降水显著增加，但东南部却无显著变化[10]。加之，不同地点的树轮资料长短不一，对降水异常的响应敏感度也存在显著的季节差异，如西部和南部的树轮主要对冷季（10–4 月）的降水异常响应敏感，而其他大多数地区的树轮则高度受控于暖季（5–7 月）的降水变化[11]；因此。本文拟以美国年降水变化分区为基础，结合树轮对降水异常响应的空间特征，分区重建其降水变化序列。较单点降水/PDSI 重建，按区域重建降水有利于比较不同区域降水的年代–百年尺度变化特征差异；较格网化降水/PDSI 重建，分区重建降水序列可采用更多的树轮样本，从而提升了重建结果的可信度。这对进一步研究美国与北半球其他地区（如东亚、欧洲等）降水长期变化的遥相关特征及机理也具有独特价值。

1　数据采集和处理方法

1.1　数据源

本文研究区域为美国（不含阿拉斯加州和夏威夷州）本土，重建所用的基础数据为树轮宽度指数，校准数据为逐月器测降水格网化数据。树轮宽度指数年表源于全球古气候资料共享网（WDS for

Paleoclimatology Data，https://www.ncdc.noaa.gov），共 1258 个地点（以西南沿海地区、落基山脉、密西西比平原及阿巴拉契亚山脉等的采样点最为密集），60 余个树种，但以西黄松（Pinus ponderosa）和花旗松（Pseudotsuga menziesii）为主。其中，6 个年表始于公元 1 年前，20 个始于公元 500 年前，60 个始于公元 1000 年前，这些超过千年的年表大多分布于落基山脉和西南沿海地区，仅有少数分布于密西西比平原和东南沿海地区；还有 268 个始于公元 1500 年前，682 个始于公元 1750 年前，205 个始于公元 1900 年前，剩余 15 个始于 1950 年前，它们基本遍布于美国本土（图 1）。

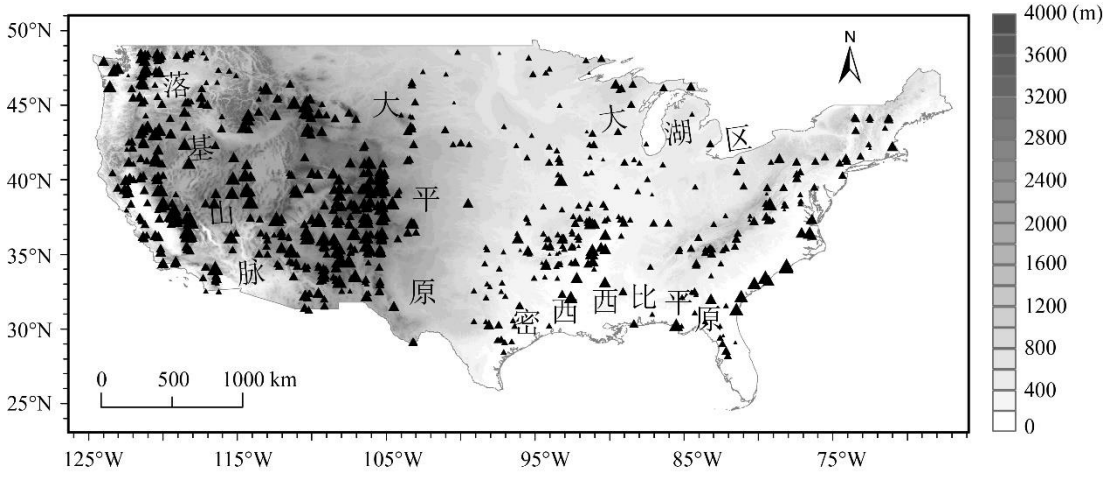


图 1　美国地形及树轮宽度指数年表起始年份空间分布（三角符号越大表示起始年份越早）

逐月器测降水格网化数据源于英国东安格利亚大学气候研究中心（Climatic Research Unit，University of East Anglia）研制的 CRU TS 3.10 数据集，其空间分辨率为 0.5°×0.5°，覆盖时段为 1901–2015 年；由全球 2400 多个气象观测站的逐月降水观测值采用角距离加权法插值得到，同时在插值过程中考虑了站点迁移及观测仪器更换等因素[12]。由于 20 世纪初期，美国气象观测站空间分布不均，导致早期插值结果不确定性较大，因此本研究使用其 1920 年以后的数据。

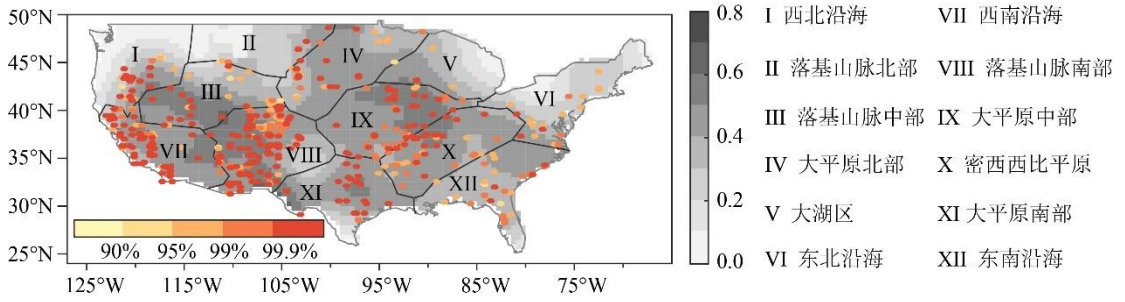
由于树轮宽度的年际变化不仅受当年生长期的降水异常影响，还可能受其前非生长期（即上年晚秋及冬季）降水异常引发的土壤含水量影响[13-14]。为与这一特征对应，本文在进行降水变化分区和重建降水量时，将降水的统计年度定义为上年 10 月至当年 9 月。

1.2　降水变化分区及重建

1.2.1　降水变化分区

本文采用旋转经验正交函数（Rotate Empirical Orthogonal Function，REOF）分析美国本土 1920–2015 年降水变化的典型空间模态。较传统的经验正交函数（EOF）分析，REOF 使每个主模态高荷载变量集中于某一区域，而其他的变量荷载接近于零，故能更清晰揭示降水变化的区域差异[15]。其中，在确定分区数量时，除考虑 REOF 的累计方差贡献率外，还同时计算了轮宽与所在格点降水变化相关系数，用于揭示与年降水异常显著正相关的轮宽指数地理分布特征，以保证所划分的每个区均含有与降水变化高度相关的树轮年表用于降水重建。结果显示：当取前 12 个 REOF，即将美国本土降水变化分为 12 个区（图 2）时，其累计方差贡献达 72.51%，揭示了降水变化区域差异的主要特征，且所分的每个区也均含有与降水变化高度相关的轮宽指数样点。因此，本文将美国本土降水变化分为 12 个区进行后续的分区降水重建。这些区域分别是：I. 西北沿海（NWC）；II. 落基山北部

（NRM）；III. 落基山中部（MRM）；IV. 大平原北部（NGP）；V. 大湖区（GLR）；VI. 东北沿海（NEC）；VII. 西南沿海（SWC）；VIII. 落基山南部（SRM）；IX. 大平原中部（NGP）；X. 密西西比平原（MIP）；XI. 大平原南部（NGP）；XII. 东南沿海（SEC）。具体分区界线及各区所包含的与该区年降水变化显著正相关（达 0.1 显著性水平）的轮宽指数样点（共 632 个）分布见图 2。其中，除落基山北部和大平原北部 2 个区分别只有 6 个和 4 个与该区年降水变化显著正相关的树轮样点外，其余 10 个区均含有多个与对应区年降水变化显著正相关的树轮样点，使得重建各区降水变化序列时有足够的代用数据用于遴选和校准，从而保障了重建结果的可信度。



灰色填充表示达 0.1 显著性水平的年表与所在区域年降水变化相关性，实心圆点表示达 0.1 显著性水平的年表与所在区域年降水变化相关性的置信水平。

图 2　降水分区及树轮宽度指数与年降水相关系数

1.2.2　分区降水变化序列重建

本文利用逐步回归分析遴选对区域降水变化方差有贡献的树轮年表，然后采用偏最小二乘回归方法，构建降水重建的校准模型，以避免因区内不同地点年表间高度相关而致的冗余贡献。其中校准数据为各区 1920–1979 年的器测年降水量，同时采用分段（即分为 1920–1949 年和 1950–1979 年 2 个时段进行互为校准和验证）方法[16]，计算回归模型的误差缩减值（Reduction of Error，RE）和有效系数（Coefficient of Efficiency，CE），验证校准方程的有效性[17]。RE 和 CE 的计算公式如下：

$$RE = 1 - \sum_i (X_i - \widehat{X_{ic}})^2 / \sum_i (X_i - \overline{X_c})^2 \quad (1)$$

$$CE = 1 - \sum_i (X_i - \widehat{X_{iv}})^2 / \sum_i (X_i - \overline{X_v})^2 \quad (2)$$

式中，X_i为第 i 年的观测值，$\widehat{X_{ic}}$和$\widehat{X_{iv}}$分别为校准时段和验证时段模型给出的第 i 年的预测值，$\overline{X_c}$和$\overline{X_v}$分别为校准时段和验证时段的平均值。由于对每个区域而言，时间越早可利用的树轮年表越少，因而为最大限度地利用树轮年表，同时尽可能重建出更长的降水量序列，我们采用分段方法进行重建[18]。即以每个年表的起始年份为节点，依次前推，分时段构建降水重建的校准模型，直至所构建的校准模型的预测方差解释量（R_{pr}^2）不足 20%时为止。最后采用方差匹配方法，将利用不同回归方程所重建出的各个时段降水量校准为均一的逐年降水量序列。

如在美国西北沿海地区，共有树轮宽度指数年表 167 个，其中与年降水变化显著正相关（达 0.1 显著性水平）的年表 39 个，且距今最近的始于 1850 年，最远的始于 766 年。那么，首先以所有 39 个年表作为候选自变量，通过逐步回归分析可遴选对该区域降水变化方差有贡献的树轮年表为 2 个。然后采用偏最小二乘回归方法，构建降水重建的校准模型（对应的R_{pr}^2、RE、CE 等见表 1），用其重建 1850–1979 年的降水量。至 1849 年，年表数量减为 38 个，则以这 38 个年表作为候选自变量进行逐步回归分析，其遴选出与上一时段不同的两个年表，用其重建 1759–1849 年的降水量。然后依此

不断前推。因可用于回归分析的候选年表不断缩减，至 766 年前年表减至 1 个，用其所构建出的校准模型，其R_{pr}^2最大者不足 20%，则不再进行该区 766 年前的降水变化重建。因在重建不同时段降水时，其所用校准模型的方差解释量存在一定差异，故最后需要根据各个时段回归方程所重建出的校准时段降水序列方差，以其中R_{pr}^2最大时段回归方程所重建出的校准时段降水序列方差为参照，采用方差匹配方法对利用不同回归方程所重建出的各个时段降水量进行校准，以形成方差均一的逐年降水量序列。

表 1　美国西北地区不同时段的降水重建校准模型及其所用的年表数和主要统计量

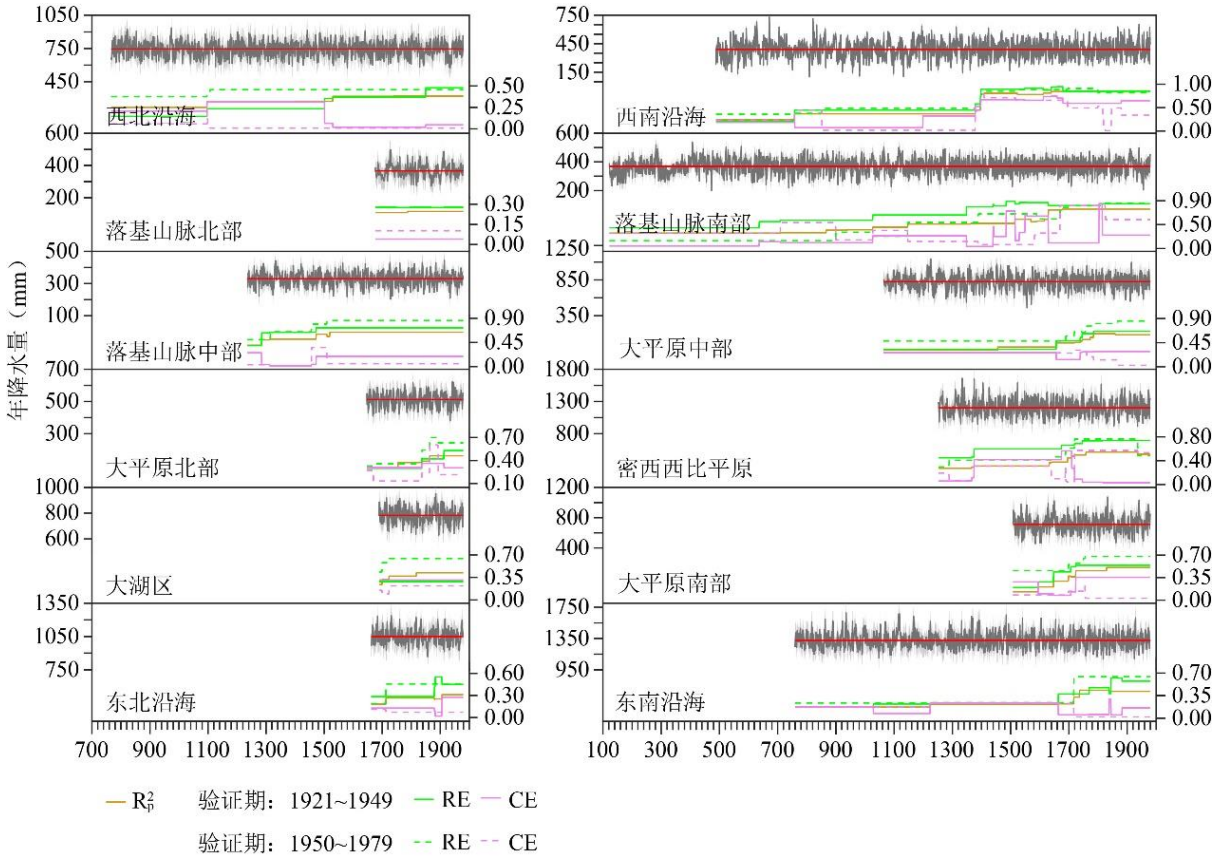
重建时段	校准模型	总样本量	R_{pr}^2	校准期：1950–1979 年 验证期：1920–1949 年		校准期：1920–1949 年 验证期：1950–1979 年	
				RE	CE	RE	CE
1850–1979	Y=104.06×ca095+112.47×or015+530.44	39	0.36	0.48	0.05	0.46	0.01
1759–1849	Y=104.06×ca095+112.47×or015+530.44	38	0.36	0.37	0.02	0.46	0.01
1743–1758	Y=104.06×ca095+112.47×or015+530.44	37	0.36	0.37	0.02	0.46	0.01
1739–1742	Y=104.06×ca095+112.47×or015+530.44	36	0.36	0.37	0.02	0.46	0.01
1734–1738	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	34	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1727–1733	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	33	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1717–1726	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	32	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1715–1716	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	31	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1700–1714	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	30	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1692–1699	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	29	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1660–1691	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	28	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1638–1659	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	27	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1636–1637	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	26	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1633–1635	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	25	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1630–1632	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	24	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1609–1629	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	23	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1605–1608	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	22	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1594–1604	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	21	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1593–1593	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	20	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1576–1592	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	19	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1574–1575	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	17	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1562–1573	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	16	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1560–1561	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	15	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1530–1559	Y=151.70×ca674+122.38×or015+476.09	14	0.35	0.37	0.02	0.46	0.01
1519–1529	Y=171.97×or015+573.44	13	0.32	0.36	0.07	0.46	0.01
1502–1518	Y=171.97×or015+573.44	12	0.32	0.36	0.07	0.46	0.01
1456–1501	Y=171.97×or015+573.44	11	0.32	0.23	0.31	0.46	0.01
1402–1455	Y=171.97×or015+573.44	10	0.32	0.23	0.31	0.46	0.01
1399–1401	Y=179.70×or060+563.71	9	0.31	0.23	0.31	0.46	0.01
1389–1398	Y=179.70×or060+563.71	8	0.31	0.23	0.31	0.46	0.01
1354–1388	Y=179.70×or060+563.71	7	0.31	0.23	0.31	0.46	0.01
1333–1353	Y=179.70×or060+563.71	6	0.31	0.23	0.31	0.46	0.01
1330–1332	Y=179.70×or060+563.71	5	0.31	0.23	0.31	0.46	0.01
1107–1329	Y=179.70×or060+563.71	4	0.31	0.23	0.31	0.46	0.01
1099–1106	Y=179.70×or060+563.71	3	0.31	0.23	0.31	0.41	0.04
1097–1098	Y=179.70×or060+563.71	2	0.31	0.23	0.31	0.39	0.20
766–1096	Y=126.21×or092+614.37	1	0.24	0.14	0.21	0.38	0.06

注：ca*和 or***是位于美国西北地区的树轮年表编号**

2 数据样本描述

根据上述方法重建的美国本土 12 个地区降水变化如图 3 所示，包括各区的年降水量重建值及其 95%置信区间、预测方差解释量及不同验证期的 RE 和 CE。相应的数据集存储于 1 个 excel 文件（“美国分区降水变化重建数据集.xlsx”），其中每个区为 1 个表格，以区域名命名表名。每个表的第一行各列为字段名，分别是年份、重建的降水量、95%置信区间、预测方差解释量、验证期为 1920–1949 年的 RE 和 CE、验证期为 1950–1979 年的 RE 和 CE、总样本量和构建回归方程的样本量，后续各行为每年的数值。

图 3 显示，在 12 个分区降水重建序列中，最长的两个区位于美国西南部，其中落基山南部始于公元 122 年，长度达 1858 年；西南沿海地区，始于公元 488 年，长度为 1492 年；起始年份达公元 1000 年之前还有东南沿海，始于 760 年；西北沿海地区，始于 766 年；其余各区的序列长度均不足千年，其中最短的位于美国东北部的大湖区，始于公元 1689 年，长度仅 291 年。所有序列均止于 1979 年。



黑实线表示重建降水量；灰色阴影表示 95%置信区间；红实线表示多年平均降水量；棕实线表示预测方差解释量；绿实线和粉实线分别表示验证期为 1920–1949 年的 RE 和 CE；绿虚线和粉虚线分别表示验证期为 1950–1979 年的 RE 和 CE。

图 3 美国各区降水变化重建结果

需要说明的是，由于时间越早，可用于各区降水重建候选树轮年表越少，因而时段越早，参与降水重建的年表数量通常也越少，校准模型的预防方差解释量也越低，重建结果的不确定性范围（95%置信区间）亦越大。

3 数据质量控制和评估

本文通过严格的数据源遴选和统计分析、校准等进行重建结果的数据质量控制。其中在数据源遴选方面，本文只选用了各区内与该区年降水变化有显著正相关（即降水越少，树木径向生长越慢）的树轮年表作为降水重建候选年表。在此基础上又通过逐步回归分析，进一步剔除对各区降水变化方差无贡献的树轮年表，这保障了入选年表可明确指示降水变化。对器测的格网化数据，本文只选用了 1920 年以后的数据，避免了因 20 世纪初期美国气象观测站少、且空间分布不均而导致的早期插值结果不确定性大的问题，保障了降水变化分区分析和重建降水时所用的校准数据质量。在统计分析、降水重建的校准模型构建方面，本文均按古气候重建和统计分析要求，对其中的各个分析环节进行了严格的统计检验，包括在降水变化分区时对 REOF 进行 North 独立性检验；利用逐步回归分析进行候选年表遴选时进行 95%显著性水平的 F 检验；在构建降水重建的校准模型时，采用分段方法严格进行模型的有效性验证等，从而有效保障了重建结果的数据质量。

此外，本文还按 0.5°×0.5°格网计算了 1920–1979 年各区降水变化重建数据对器测降水变化的方差解释量（图 4）。结果发现：这一数据集对美国本土降水变化的方差解释量超过 30%的格网占 82%以上，超过 40%的格网占 69%以上，超过 50%的格网占 59%以上。其中对西南沿海大多数格网降水变化的方差解释量超过了 70%。对比最近发表的北美空间分辨率达 0.5×0.5°的冷季（10–4 月）和暖季（5–7 月）降水数据集对器测降水变化的方差解释量[3]，本数据集对美国东北部降水变化的方差解释量优于该数据集，对其他区域则基本相当。这不但说明本数据集对美国降水变化有很好的空间代表性；而且也说明本数据集对美国东北部等区域降水变化解析精度更优。

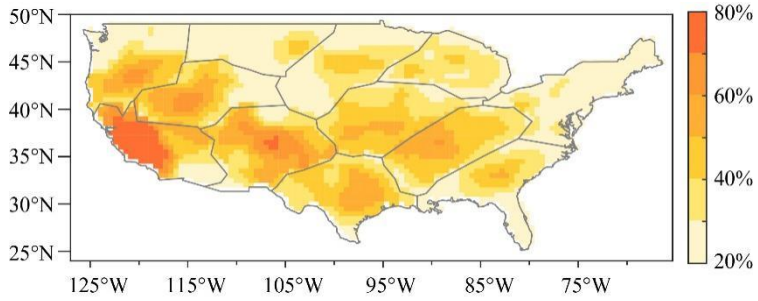


图 4　本数据在 0.5°×0.5°格网上对美国本土器测降水变化的方差解释量空间分布

4 数据价值

本数据集不但为进一步揭示美国本土在过去数百至千年的降水多尺度变化的时空特征提供数据基础，而且对研究北半球、甚至全球降水多尺度变化的时空差异与遥相关型及其关联机制也具有重要价值。同时，其研制思路和方法对利用代用资料研制其他区域过去气候变化数据集也有借鉴作用。

5 数据使用方法和建议

本数据集可以使用 Excel、MATLAB 和 Python 等数据处理软件直接读取。使用时还需要注意，本数据集在不同区域及不同时段，其重建值的 95%置信区间（即不确定性范围）是不同的；因此建议使用者结合自身对数据精度的需求及本数据的这一特点，选用符合自身需求的适用区域与时段。

数据作者分工职责

白孟鑫（1993—），男，河南周口人，博士研究生，主要研究方向为历史气候变化。主要承担工作：基础数据收集、计算分析和论文初稿撰写。

郝志新（1975—），女，内蒙赤峰人，研究员，主要研究方向为全球气候变化。主要承担工作：论文初稿修改。

张学珍（1981—），男，山东济宁人，研究员，主要研究方向为气候变化。主要承担工作：数据分析与重建方法的选取。

郑景云（1966—），男，福建莆田人，研究员，主要研究方向为历史气候变化。主要承担工作：研究思路及方案的设计，论文修改。

参考文献

[1] Continental-scale temperature variability during the past two millennia[J]. Nature Geoscience, 2013, 6(5): 339–346. DOI:10.1038/ngeo1797.

[2] FRITTS H C, LOFGREN G R, GORDON G A. Variations in climate since 1602 as reconstructed from tree rings[J]. Quaternary Research, 1979, 12(1): 18–46. DOI:10.1016/0033-5894(79)90090-5.

[3] STAHLE D W, CLEAVELAND M K, GRISSINO-MAYER H D, et al. Cool- and warm-season precipitation reconstructions over western new Mexico[J]. Journal of Climate, 2009, 22(13): 3729–3750. DOI:10.1175/2008jcli2752.1.

[4] STEINSCHNEIDER S, HO M, WILLIAMS A P, et al. A 500-year tree ring-based reconstruction of extreme cold-season precipitation and number of atmospheric river landfalls across the southwestern United States[J]. Geophysical Research Letters, 2018, 45(11): 5672–5680. DOI:10.1029/2018gl078089.

[5] CRAWFORD C J, GRIFFIN D, KIPFMUELLER K F. Capturing season-specific precipitation signals in the northern Rocky Mountains, USA, using earlywood and latewood tree rings[J]. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences, 2015, 120(3): 428–440. DOI:10.1002/2014jg002740.

[6] COOK E R. Long-term aridity changes in the western United States[J]. Science, 2004, 306(5698): 1015–1018. DOI:10.1126/science.1102586.

[7] STAHLE D W, COOK E R, BURNETTE D J, et al. Dynamics, variability, and change in seasonal precipitation reconstructions for North America[J]. Journal of Climate, 2020, 33(8): 3173–3195. DOI:10.1175/jcli-d-19-0270.1.

[8] COOK B I, COOK E R, SMERDON J E, et al. North American megadroughts in the Common Era: reconstructions and simulations[J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 2016, 7(3): 411–432. DOI:10.1002/wcc.394.

[9] BAEK S H, STEIGER N J, SMERDON J E, et al. Oceanic drivers of widespread summer droughts in the United States over the common era[J]. Geophysical Research Letters, 2019, 46(14): 8271–8280. DOI:10.1029/2019gl082838.

[10] MELILLO J M, RICHMOND T T C, YOHE G W. Highlights of climate change impacts in the United States: the third national climate assessment[R]. U.S. Global Change Research Program, 2014.

DOI:10.7930/j0h41pb6.

[11] 白孟鑫, 郑景云, 郝志新, 等. 20 世纪以来美国树木生长响应气候变化敏感度的时空差异[J]. 地理研究, 2019, 38(4): 822–830.

[12] HARRIS I, JONES P D, OSBORN T J, et al. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset[J]. International Journal of Climatology, 2014, 34(3): 623–642. DOI:10.1002/joc.3711.

[13] LO Y H, BLANCO J A, SEELY B, et al. Relationships between climate and tree radial growth in interior British *Columbia*, Canada[J]. Forest Ecology and Management, 2010, 259(5): 932–942. DOI:10.1016/j.foreco.2009.11.033.

[14] ST GEORGE S. An overview of tree-ring width records across the Northern Hemisphere[J]. Quaternary Science Reviews, 2014, 95: 132–150. DOI:10.1016/j.quascirev.2014.04.029.

[15] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.

[16] FRITTS H C. Tree rings and climate[M]. New York: Academic Press, 1976.

[17] COOK E R, PETERS K. Calculating unbiased tree-ring indices for the study of climatic and environmental change[J]. The Holocene, 1997, 7(3): 361–370. DOI:10.1177/095968369700700314.

[18] 郑景云, 刘洋, 葛全胜, 等. 华中地区历史物候记录与 1850—2008 年的气温变化重建[J]. 地理学报, 2015, 70(5): 696–704. DOI:10.11821/dlxb201505002.

论文引用格式

白孟鑫, 郝志新, 张学珍, 等. 基于树轮宽度指数的过去千年美国分区降水变化数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2021, 6(3). (2021-07-20). DOI: 10.11922/csdata.2021.0026.zh.

数据引用格式

白孟鑫, 郝志新, 张学珍, 等. 基于树轮宽度指数的过去千年美国分区降水变化数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2021. (2021-05-13). DOI: 10.11922/sciencedb.j00001.00254.

A dataset of tree-ring-based regional precipitation reconstruction in the United States during the last millennium

BAI Mengxin[1,2], HAO Zhixin[1,2], ZHANG Xuezhen[1,2], ZHENG Jingyun[1,2]

1. Key Laboratory of Land Surface Pattern and Simulation, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P.R. China

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P.R. China

*Email: zhengjy@igsnrr.ac.cn (ZHENG Jingyun)

Abstract: It's of great significance to reconstruct a dataset of high-resolution regional precipitation in the last millennium, particular for understanding the regional differences of climate change at a decadal–centennial scale. Using 1,258 tree-ring width (TRW) index chronologies in the United States, together with the instrumental monthly precipitation data from 1901 to 2015, we analyzed in the dataset the correlation between TRW and annual (previous October to current September) precipitation variation as well as the spatial pattern of precipitation variation over the US. And on this basis, we divided the US into 12 regions with unique feature of precipitation variation, and selected 632 TRW index chronologies with significantly positive correlation to regional annual precipitation and earlier than 1750 CE. Finally, we reconstructed 12 regional annual precipitation series by using the calibration equations for each region at different periods. The results show that the explained variance of the calibration equations to 12 annual regional precipitation variability ranges from 28.96% to 91.91% and the average value is 58.34%. In the 12 regional annual precipitation series, there are four longer than 1,000 years, three between 500 and 1,000 years, and five between 290 and 500 years. The longest one is for the southern Rocky Mountains, about 1,858 years from 122 CE to 1979 CE, and the shortest one is for the Great Lakes region in northeastern US, about 291 years from 1689 CE to 1979 CE. This dataset consists of the reconstructed annual precipitation series in 12 regions and their error ranges, as well as other statistics, such as the predicted R-square and number of samples for calibration. The dataset can provide data for studying the differences in precipitation variation between the US and other areas of the Northern Hemisphere (East Asia, Europe, etc.) at a decadal-centennial scale, and contribute to the research on its teleconnection with climate mode.

Keywords: the United States; regional precipitation; integrated reconstruction; tree-ring width index chronologies

Dataset Profile

Title	A dataset of tree-ring-based regional precipitation reconstruction in the United States during the last millennium
Data authors	BAI Mengxin, HAO Zhixin, ZHANG Xuezhen, ZHENG Jingyun
Data corresponding author	ZHENG Jingyun (zhengjy@igsnrr.ac.cn)
Time range	The longest series spans from 122 to 1979 CE and the shortest spans from 1689 to 1979 CE. Among them, four reconstructed precipitation series are longer than a millennium, and three series are between 500 and 1,000 years, and the other five

	series are between 290 and 500 years.
Geographical scope	The Continental United States (excluding the Alaska State and the Hawaii State), 25.12°N–49.38°N, 66.97°W–124.71°W, covering 48 states.
Data volume	0.81 MB
Data format	*.xlsx
Data service system	<http://www.dx.doi.org/10.11922/sciencedb.j00001.00254>
Sources of funding	National Key Research and Development Program of China (2017YFA0603300)
Dataset composition	The dataset consists of one data file, including 12 tables named after the regions in the US with unique features of precipitation variation. Each table contains years, reconstructed regional precipitation and the validity and uncertainty parameters of the corresponding reconstruction results, including the predicted R-square, the total number of samples and the number of samples for calibration, the error reduction value and effective coefficient within the validation periods 1920–1949 and 1950–1979 respectively, and the 95% confidence interval of reconstructed precipitation.