

·水文水能·

# 广西近 80 年来的降水量序列及变化特征

涂方旭

(广西气候中心 南宁 530021)

〔文摘〕 搜集了广西年代较长的水文站、气象站降水量历史资料,用统计方法对桂林、柳州沙塘、南宁、百色、梧州、北海等站逐月降水量进行了插补,建立了自 1916 年以来广西逐月降水量序列。根据这个序列,研究了近 80 年来降水量的变化特征。

〔关键词〕 降水量 统计 序列 变化特征 广西

〔分类号〕 P332.1

## 引言

气候变化是当前社会关注的问题之一。为了研究广西降水量的变化情况,我们搜集了年代较长的水文站、气象站降水量资料。用统计方法建立了广西自 1916 年以来的逐月降水量序列。根据这个序列,初步分析了广西近 80 年来降水量的基本特征。

## 1 广西 1916 年以来的降水量序列

广西一些地方的降水量资料序列较长。北海从 1885 年开始有降水量资料,梧州从 1898 年开始,龙州、南宁、桂林、百色、荔浦修仁等地从 1916 年或以前开始有降水量资料。此外还有一些地方从 1918 年开始有降水量资料。这些历史资料虽曾中断,但仍为建立长年代的广西降水量序列,提供了有利的条件。我们经过多次试验,用回归分析方法,对桂林、梧州、百色、南宁、北海等站逐月降水量序列进行插补,对柳州沙塘逐月降水量进行了插补延长,从而建立了广西 1916 年以来的逐月降水量时间序列。

### 1.1 历史降水量资料的搜集

建国前的历史降水量资料主要抄自广东省水利厅编印的“珠江流域水文气象资料”,中央气象局、中国科学院地理研究所编印的“中国降水量资料”,广东气象局编印的“广州气象资料”。

建国后的降水量资料主要抄自各气象站、各水文站的月降水量资料。

根据资料比较分析,梧州、桂林、百色、南宁、龙州、北海、柳州沙塘等站点的降水量资料年代较长,

资料代表性、质量也较好。因此,以这些站为中心,选择了一些相关较好的水文站、雨量站、气象站的降水量资料,以便对中断的资料进行插补。另外还搜集了广州自 1908 年以来的降水量资料。

### 1.2 降水量序列的插补延长方法

梧州、桂林、百色的月降水量资料比较完整,而且附近有相关较好的水文站、雨量站资料可以插补所缺年份。因而采用直线回归的方法进行插补。用昭平插补梧州所缺资料,用三江、荔浦插补桂林所缺资料,用凌云、田林旧州、隆林西隆降水量插补百色所缺资料。从而形成了梧州自 1898 年开始,桂林、百色自 1916 年开始的逐月降水量序列。

南宁、北海降水量资料缺测年份,临近没有较为完整的雨量站资料进行插补,柳州沙塘月降水量资料从 1936 年开始,临近的荔浦修仁水文站虽从 1916 年开始有较为完整的降水量资料,但相关不理想。因此,南宁、北海、柳州沙塘降水量序列的插补(延长)采用多元回归的方法。用百色、梧州、北海、龙州、柳州沙塘中的 2~4 站分别插补南宁各年的缺测值。用广州、梧州、南宁、龙州插补北海 1 月~5 月、7 月~12 月的缺测值。由于北海 6 月降水量多元回归效果不显著,用龙州降水量资料插补所缺年份。用桂林、南宁、梧州降水量资料插补并延长柳州沙塘月降水量序列。

### 1.3 插补(延长)的统计效果

对梧州、桂林、百色月降水量进行插补,共建立了 44 个直线回归方程,经相关系数显著性检验<sup>〔1〕</sup>,其中 13 个方程相关的信度小于 0.001,13 个方程的信度为 0.01~0.001,11 个方程的信度为 0.05~

0.01, 2 个方程的信度为 0.1~0.05, 只有 5 个方程的信度超过 0.10。

对南宁、柳州沙塘、北海 3 个站的月降水量序列进行插补, 共建立了 78 个多元回归方程和 1 个直线回归方程。经 F 检验<sup>[1]</sup>, 方程的回归效果好。有 78 个方程的信度小于 0.01(多数远小于 0.01), 1 个多元回归方程的信度为 0.05。

根据以上分析可以认为: 对桂林等 6 站月降水

量序列的插补(延长)质量比较高。

1.4 广西 1916 年以来的降水量序列及其代表性

利用插补(延长)的桂林、柳州沙塘、南宁、百色、梧州、北海历年逐月降水量序列, 求 6 站平均, 即可得到一个从 1916 年开始的广西历年逐月降水量序列, 并求得年降水量序列。此序列称为 1916 年以来的广西降水量序列(见表 1)。

表 1 1916 年以来广西降水量序列

0.1 mm

年 份	月 份												全 年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1916	150	287	523	1 474	1 682	2 699	1 226	1 707	2 313	463	51	122	12 697
1917	381	490	1 062	1 064	1 547	2 422	4 038	2 765	1 030	298	321	269	15 687
1918	73	227	1 167	1 067	3 060	2 213	3 318	6 022	1 560	81	976	432	20 196
1919	186	632	714	968	1 651	1 965	1 856	2 418	1 394	330	839	176	13 129
1920	156	728	827	2 314	2 257	3 223	1 920	2 831	3 614	462	963	643	19 938
1921	403	894	419	934	3 119	2 384	2 035	2 691	1 843	633	131	150	15 636
1922	549	589	847	647	1 490	3 136	2 533	3 519	1 900	558	271	403	16 442
1923	2	322	716	2 153	2 659	3 210	5 127	3 713	972	1 140	554	395	20 963
1924	587	614	337	1 002	1 708	4 182	3 351	2 414	577	353	14	0	15 139
1925	609	455	999	909	2 455	2 265	1 509	1 329	892	998	424	291	13 135
1926	372	1 227	1 289	1 249	2 189	2 992	2 948	2 851	1 368	1 858	148	632	19 123
1927	133	661	748	863	3 038	1 986	2 736	2 195	1 720	808	205	138	15 231
1928	532	619	410	720	2 517	1 626	1 774	2 875	406	375	366	68	12 288
1929	111	847	277	1 117	2 231	1 928	3 210	1 759	1 537	260	400	527	14 204
1930	458	458	966	1 162	2 931	2 236	2 010	2 172	881	593	440	363	14 670
1931	318	264	733	1 680	1 592	3 314	3 220	2 468	801	168	47	417	15 022
1932	49	1 100	598	911	1 807	3 459	2 071	2 253	1 411	1 169	318	361	15 507
1933	156	564	547	1 124	2 023	2 247	1 661	2 020	1 255	875	320	125	12 917
1934	231	598	214	1 050	2 348	3 562	2 336	1 824	827	1 687	1 609	272	16 558
1935	494	1 021	482	1 614	3 143	2 632	2 629	2 374	876	1 465	656	559	17 945
1936	214	550	788	684	3 163	1 892	2 239	3 094	1 154	179	153	590	14 700
1937	498	485	390	1 017	1 935	2 495	1 634	3 375	1 462	185	260	209	13 945
1938	216	492	508	554	2 051	1 331	2 211	3 103	907	872	380	231	12 856
1939	358	685	425	1 228	2 169	2 986	2 509	1 687	1 490	927	678	6	15 148
1940	268	585	2 039	1 032	1 537	2 368	3 255	1 855	551	1 101	715	147	15 453
1941	434	876	926	1 061	1 859	2 184	3 860	2 635	964	1 603	1 081	558	18 041
1942	46	204	1 452	1 403	2 054	2 491	4 245	1 709	258	2 049	311	467	16 689
1943	163	124	836	928	1 648	1 866	3 102	3 312	1 173	984	165	86	14 387
1944	134	512	790	1 885	2 632	2 713	2 671	3 467	808	1 360	910	135	18 017
1945	401	377	673	1 147	1 937	2 720	1 221	3 043	976	166	955	337	13 953
1946	89	125	850	1 373	2 645	2 493	4 509	2 150	814	80	134	350	15 612
1947	1 162	412	852	1 664	1 892	4 204	2 888	2 004	2 155	219	102	176	17 730
1948	119	402	1 637	1 799	3 584	2 314	2 771	2 224	1 285	1 039	458	468	18 100
1949	39	855	779	1 280	2 197	4 661	1 559	1 733	1 602	1 297	399	858	17 259
1950	318	212	592	1 528	2 287	3 494	1 808	2 854	1 408	365	487	71	15 424
1951	529	116	1 000	2 065	1 325	3 372	1 647	2 662	1 653	1 958	1 182	322	17 831
1952	172	402	1 307	1 862	2 585	1 877	3 696	2 644	1 170	574	30	143	16 462
1953	1 074	753	1 173	770	3 274	1 972	877	1 540	1 683	1 183	357	1 095	15 751
1954	315	246	347	2 400	2 570	2 292	787	2 598	944	341	52	231	13 123
1955	128	214	813	577	2 147	1 423	2 556	2 732	1 419	82	301	126	12 518
1956	158	716	899	942	2 750	2 405	1 115	2 533	503	355	340	121	12 837
1957	363	594	1 136	1 159	2 234	3 566	1 143	2 089	852	892	464	193	14 685
1958	536	763	375	838	1 109	2 229	3 335	1 330	1 852	399	171	72	13 009
1959	283	1 021	1 194	972	2 766	3 384	1 965	3 123	1 846	184	384	716	17 838
1960	240	52	1 336	611	2 442	907	2 785	1 983	1 290	800	997	152	13 595
1961	163	536	663	2 341	1 205	2 459	2 549	2 543	1 338	392	1 178	1 069	16 436
1962	125	100	390	1 087	2 251	3 029	1 806	1 604	1 068	591	342	70	12 463
1963	38	676	887	546	1 383	1 026	2 913	1 306	880	683	889	409	11 636
1964	564	322	797	1 799	643	3 839	958	2 366	1 655	937	18	97	13 995

续表 1 0.1 mm

年 份	月 份												全 年
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1965	171	614	871	3 026	1 886	2 262	1 170	1 436	1 051	1 726	1 156	358	15 727
1966	383	265	548	1 621	1 230	3 764	2 735	1 826	129	1 098	314	191	14 104
1967	275	688	562	1 760	2 757	1 180	1 752	3 616	988	169	1 014	458	15 219
1968	294	573	588	1 339	2 473	3 653	2 381	3 890	519	459	596	223	16 988
1969	852	175	673	1 314	1 925	1 998	2 816	2 504	326	883	263	11	13 740
1970	597	382	756	1 614	1 876	3 129	2 339	2 328	1 260	703	412	642	16 038
1971	249	356	270	1 503	3 266	3 593	1 962	2 946	839	541	52	528	16 105
1972	123	352	705	1 602	2 324	1 727	1 082	2 740	990	1 034	1 154	515	14 348
1973	572	181	744	1 656	3 218	2 623	1 801	2 585	1 500	801	420	18	16 119
1974	516	319	506	1 209	1 469	2 594	5 027	1 667	1 245	572	73	375	15 572
1975	692	479	828	1 852	3 102	1 828	1 982	2 135	781	706	346	478	15 209
1976	91	380	418	1 556	1 982	1 973	3 052	2 575	1 071	1 549	195	81	14 923
1977	600	201	255	854	2 123	3 755	2 325	1 670	784	1 491	116	592	14 766
1978	312	387	833	1 711	3 853	2 192	1 118	2 441	1 125	763	495	146	15 376
1979	412	613	568	2 323	2 216	2 273	1 707	2 981	1 295	66	77	147	14 678
1980	378	617	563	1 598	2 284	1 974	2 437	2 251	862	825	97	242	14 128
1981	223	459	1 200	2 449	2 072	2 404	3 241	873	1 166	1 096	849	15	16 047
1982	250	941	540	1 896	2 470	1 766	1 680	2 575	1 561	698	1 612	275	16 264
1983	1 111	1 483	1 181	910	2 177	1 807	1 189	2 231	2 042	1 034	365	339	15 869
1984	154	357	392	1 348	2 690	2 170	1 373	1 839	1 347	468	346	323	12 807
1985	389	1 443	1 015	1 520	1 853	1 460	1 389	2 930	1 941	464	748	128	15 280
1986	106	576	407	1 561	2 219	2 662	3 297	1 331	1 214	713	735	157	14 978
1987	171	366	550	1 034	2 411	2 301	3 496	1 955	995	954	746	21	15 000
1988	203	718	585	857	1 844	2 576	1 499	3 164	733	963	118	80	13 340
1989	832	347	1 152	1 047	1 864	1 342	1 459	1 512	1 029	422	75	242	11 323
1990	749	1 394	1 756	1 098	2 477	1 647	2 185	537	1 126	717	1 074	119	14 879
1991	432	283	661	465	1 188	3 154	2 957	1 737	200	315	522	526	12 440
1992	916	1 042	695	962	2 852	3 086	1 945	415	1 026	36	217	549	13 741
1993	455	954	484	1 434	2 750	3 291	2 320	2 287	1 699	239	630	105	16 648
1994	81	506	975	736	2 554	3 920	4 973	3 293	1 155	748	169	809	19 919
1995	615	561	630	1 063	1 047	2 722	1 697	2 341	1 219	1 369	320	109	13 693
1996	298	240	1 785	1 377	2 028	2 846	3 044	2 971	1 249	294	173	120	16 425
1997	585	454	1 268	2 350	1 900	2 008	3 027	2 573	1 249	813	120	731	17 078
1998	451	515	881	1 317	1 974	4 756	2 634	1 209	733				

选用这 6 站平均来建立广西降水量序列, 主要原因是: 这 6 站资料年代较长, 且分别代表了广西桂北、桂中、桂南、桂西、桂东和沿海, 地域代表性比较好。

为了检验 1916 年以来广西降水量序列对广西

降水量的代表性, 计算了此序列(序列 1)与广西现有 80 余站平均降水量序列(序列 2)的相关系数和平均值(见表 2)。样本为 1960 年~1996 年, 共 37 年。

表 2 广西 1916 年以来全年及各月降水量序列与广西 80 余站降水量序列的相关系数、平均值 0.1 mm

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年
相关系数	0.98	0.99	0.96	0.96	0.93	0.93	0.94	0.93	0.94	0.96	0.97	0.99	0.94
序列 1 平均值	395	539	751	1 424	2 173	2 458	2 282	2 200	1 100	738	511	290	14 860
序列 2 平均值	414	548	746	1 415	2 250	2 568	2 266	2 222	1 130	803	534	324	15 219

从表 2 看, 广西 1916 年以来的降水量序列, 与广西 80 余站的平均降水量序列, 不仅相关系数极高, 而且平均值也很接近。说明广西 1916 年以来的降水量序列能较好地代表全广西降水量的变化情

况。从表 1 看, 这个序列对广西建国后 1989 年、1963 年等年的旱, 对 1994 年等年的涝, 也反映得比较清楚。因此, 这个序列对气象、水文、水利等部门研究广西降水量的历史变化情况, 有一定现实意义。

2 广西近 80 年来降水量变化的主要特征

根据广西 1916 年以来的降水量序列, 我们初步分析了广西年及各季降水量的主要变化特征。

2.1 平均统计特征

根据表 1 所列资料, 统计年降水量、各季降水量的平均值、标准差、最大值、最小值列于表 3。资料年代: 冬季为 1917 年~1997 年, 年及其余各季为 1916 年~1997 年。

表 3 广西 1916 年以来年及各季降水量的简单情况

mm					
项 目	年	冬	春	夏	秋
平均值	1 530. 1	121. 2	434. 2	733. 6	241. 1
标准差	199. 7	45. 8	91. 4	156. 8	81. 3
最大值	2 096. 3	286. 9	702. 0	1 218. 6	503. 9
(年份)	(1923)	(1983)	(1948)	(1994)	(1920)
最小值	1 132. 3	55. 1	231. 4	431. 3	94. 4
(年份)	(1989)	(1946)	(1991)	(1989)	(1924)

表 4 广西各年代降水量及距平

		mm							
年、季	项目	1920 <sup>s</sup>	1930 <sup>s</sup>	1940 <sup>s</sup>	1950 <sup>s</sup>	1960 <sup>s</sup>	1970 <sup>s</sup>	1980 <sup>s</sup>	1990 <sup>s</sup>
年	降水量	1 621. 0	1 492. 7	1 652. 4	1 494. 8	1 439. 0	1 531. 3	1 450. 4	1 560. 3
	距平	102. 3	- 26. 0	133. 7	- 23. 9	- 79. 7	12. 6	- 68. 4	41. 6
冬	降水量	133. 1	128. 6	100. 6	121. 4	108. 5	112. 0	128. 5	151. 8
	距平	12. 2	7. 8	- 20. 3	0. 6	- 12. 4	- 8. 9	7. 7	30. 9
春	降水量	424. 4	398. 4	463. 9	450. 0	409. 5	471. 9	436. 9	431. 7
	距平	- 11. 9	- 38. 0	27. 6	13. 6	- 26. 8	35. 6	0. 6	- 4. 6
夏	降水量	802. 5	730. 4	822. 3	690. 5	690. 6	721. 5	621. 8	762. 2
	距平	82. 0	9. 9	101. 8	- 30. 0	- 29. 9	1. 0	- 98. 7	41. 7
秋	降水量	257. 5	240. 5	257. 1	234. 3	237. 5	224. 6	262. 2	208. 5
	距平	15. 7	- 1. 3	15. 4	- 7. 5	- 4. 3	- 17. 2	20. 4	- 33. 3

2.3 趋势变化

设降水量序列 记为  $x_t$ , 年序记为  $t$ , 按最小二乘法确定降水量的趋势方程:

$$\hat{x}_t = a + bt$$

式中:  $b$  称为降水量序列的趋势变化率, 单位为  $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ 。趋势变化率与分析的年代时段有关。

计算广西 1916 年~1997 年期间年及各季降水量序列的趋势变化率, 列于表 5。

表 5 广西 1916 年以来年及各季降水量序列的趋势变化率

$\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$					
项 目	年	冬	春	夏	秋
趋势变化率 $b$	- 1. 36	0. 19	0. 35	- 1. 57	- 0. 40

1916 年以来, 广西 82 年平均降水量为 1 530. 1 mm, 降水量最多的 1923 年达 2 096. 3 mm, 最早的 1989 年仅 1 132. 2 mm。最多年是最少年的 1. 85 倍。冬、春、夏、秋各季平均水量的比重分别为: 7. 93%, 28. 37%, 47. 95%, 15. 76%, 夏季最多, 冬季最少, 春季多于秋季。

2.2 广西各年代降水量变化情况

根据 1916 年以来的广西降水量序列, 分别对年及各季的降水量序列, 统计了各年代的降水量及距平值, 列于表 4。1920<sup>s</sup> 表示 20 年代, 为 1920 年~1929 年, ..., 1990<sup>s</sup> 表示 90 年代, 为 1990 年~1997 年。计算距平的多年基准为 1931 年~1990 年。

从表 4 可以看出, 年降水量序列以 40 年代、20 年代降水量较多, 偏多 100 mm 以上; 60 年代、80 年代较少, 偏少 70 mm 左右, 90 年代前 8 年也偏多 42 mm。各季的各年代变化情况有一些差异。夏季多数年代的距平趋势与年序列一致。无论是年降水量序列还是各季降水量序列, 正负距平持续时间都以 1~2 个年代为主。反映降水量序列可能存在一个 20 年~30 年左右的周期。

从表 5 可知, 年降水量序列 1916 年~1997 年期间的趋势变化率为  $- 1. 36 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ , 呈下降趋势。对各季而言, 冬、春季呈上升趋势, 夏、秋季呈下降趋势。其中夏季的下降趋势较明显, 降水量与年序  $t$  的相关系数为  $- 0. 237 1$ , 其信度  $\alpha < 0. 05$ 。

2.4 阶段性变化特征

对广西 1916 年~1997 年期间年、各季降水量序列, 用最优分割法<sup>[2]</sup> 分析其阶段性变化特征。得各序列较长时段的多雨期、少雨期及其平均雨量, 结果列于表 6。

从表 6 可知, 对年降水量序列而言, 1916 年~1953 年期间降水量较多, 1954 年~1992 年较少, 从 1993 年起, 开始进入新的多雨时期, 近年来洪涝灾

害增多,就是这一变化的反映。夏季降水量序列的阶段  
性变化特征与年降水量序列很接近。冬季和春季是前期少雨,后期多雨,但时段长短不同。秋季与春季相反,前期多雨,后期少雨。

表 6 广西年、季降水量序列的多雨期、少雨期及其平均雨量 mm

年、季	多雨期		少雨期	
年	1916~1953	1 588. 9( 38)	1954~1992	1 454. 2( 39)
	1993~1997	1 675. 3( 5)		
冬	1983~1997	144. 8( 15)	1917~1982	115. 9( 66)
春	1948~1997	445. 3( 50)	1916~1947	416. 8( 32)
夏	1916~1952	789. 8( 37)	1953~1992	665. 1( 40)
	1993~1997	866. 3( 5)		
秋	1916~1951	256. 2( 36)	1952~1997	229. 3( 46)

注: 括号内的数字为持续年数。

2. 5 周期变化特征

用正弦波分析<sup>[3]</sup>和方差分析<sup>[4]</sup>两种方法, 分析了广西 1916 年以来的年及各季降水量序列的周期。最显著的两个周期长序列于表 7。

表 7 广西年、季降水量序列的主要周期 a

分析方法	周 期	年	冬	春	夏	秋
正弦波分析	第一周期	26. 3 * * 2 4 * *	2 1 * *	25. 5 * *	10. 6 * *	
	第二周期	4. 2 * *	5. 3 *	26. 5 * *	8. 9 * *	7. 7 *
方差分析	第一周期	26 *	3	25 * *	25 *	7 *
	第二周期	3	32	3	4	31 *

注: \* 表示该周期信度  $\alpha < 0. 05$ ; \* \* 表示该周期信度  $\alpha < 0. 01$ 。

从表 7 看, 年及各季降水量序列的周期变化是显著的。虽然各序列的显著周期有一些差异, 但也有共同之处。通过周期分析发现, 不论是正弦波分析还是方差分析都显示: 年及各季序列都存在一些比较接近的周期振动。例如 25 年左右的长周期, 3 年左右的短周期。但这些周期在各序列的位次又有一些差别。年降水量序列的长周期为 26 年左右, 两种分析方法均位居第一; 短周期振动, 方差分析为 3 年, 位居第二, 正弦波分析有一 2. 9 年的周期, 位居第三。由于各季序列周期长度及位次的差异, 因而各季降水量序列的变化特征也有所不同。

参考文献

1 中国科学院数学研究所概率统计室. 常用数理统计用表. 北京: 科学出版社, 1979. 9~13, 18, 114~115.  
2 曹鸿兴. 局地天气预报的数据分析方法. 北京: 气象出版社, 1983. 266~271.  
3 涂方旭, 胡圣立, 梁振海. 用最大熵谱方法分析气候序列的周期. 广西科学. 1994; 1( 3): 58~61.  
4 武汉中心气象台. 湖北省气象局科研所, 武汉大学计算数学专业 70 级气象小组. 方差分析周期外推法在长期预报中的应用. 数学学报. 1974; 17( 3): 156~163.

( 收稿日期: 1998-08-28)  
( 责任编辑: 周 群)

Precipitation series in recent 80 years and its  
varying characteristics of Guangxi

Tu Fangxu

Guangxi climatic centre , Nanning, 530021

**Abstract** The author collected precipitation historial data of hydrologic and meteorological stations which have longer history in Guangxi, and interpolated the monthly precipitation data of Guilin, Liuzhou, Nanning, Baise, Wuzhou and Beihai station with statistical mehod, and has built Guangxi monthly precipitation series since 1916. According to the series , the author researched precipitation’s varying characteristics in recent 80 years.

**Key words** precipitation series, varying characteristics, statistic