

文章编号: 1000-0240(2007)03-0343-08

新疆降水特征及其对水资源和生态环境的影响

苏宏超¹, 沈永平², 韩 萍¹, 李 杰¹, 蓝永超²

(1. 新疆水文水资源局, 新疆 乌鲁木齐 830000; 2. 中国科学院 寒区旱区环境与工程研究所, 甘肃 兰州, 730000)

摘 要: 新疆位于欧亚大陆腹地, 空中水汽来源少, 水资源匮乏, 生态环境脆弱, 降水有其独特的时空分布特征, 且对水资源形成和生态环境有着十分重要的影响和作用. 利用全疆 106 处水文、气象站 1956—2005 年的降水资料以及相关分析研究成果, 从水资源的角度对新疆降水的形成条件、时空分布特征和对水资源、生态环境的影响进行了分析. 结果表明: 多年平均年降水总量为 $2\,588 \times 10^8 \text{ m}^3$, 折合降水深 157.4 mm; 90% 以上的站点年降水量变差系数在 0.2~0.7 之间; 连续最大 4 个月降水量在 40% 以上, 平均降水产流系数为 34%. 新疆降水的稀少导致了其生态环境的极端脆弱, 绿洲面积仅占全疆总面积的 9%, 而沙漠面积却达全疆的 25.7%. 未来新疆地区仍然是干旱、半干旱地区, 大气降水资源有限, 必须通过其它途径来解决新疆水资源短缺问题.

关键词: 新疆; 降水特征; 水资源; 生态环境

中图分类号: P339 **文献标识码:** A

0 引言

大气降水是陆地上一切水资源的补给来源, 是一种潜在的水资源. 新疆地处欧亚大陆腹地, 远离水汽源地, 降水稀少且时空分布不均, 气候干燥且蒸发强烈, 属典型的干旱、半干旱地区, 水资源严重短缺, 生态环境十分脆弱. 新疆特定的自然地理条件和水资源特点以及经济发展、生态环境保护对水资源的需求, 导致绿洲经济系统与荒漠生态系统两大竞争性用水户争夺有限的水资源, 造成水资源供需矛盾十分突出. 随着气候暖化、经济发展对水资源需求的不断增加, 普遍存在水资源过度开发利用的现象, 流域生态环境退化已成为较普遍的现象. 作为典型的内陆干旱、半干旱特征的沙漠绿洲灌溉农业的社会经济体系来说, 水资源不足已成为制约新疆社会经济发展的主要瓶颈之一. 充分了解新疆降水资源的特点、变化规律及其影响, 对新疆水资源的可持续利用和良性的生态环境发展具有十分重要的作用和意义.

本文利用全疆 106 处水文、气象站点 1956—

2005 年的实测资料的计算分析结果, 以及国内在这方面的相关研究成果, 对新疆降水的形成、时空变化和对新疆河川径流、生态环境的影响等方面进行了分析, 旨在对降水通过地表径流和冰雪融水转化为水资源的关系一个基本的了解.

1 新疆降水的基本特征

根据 1956—2005 年平均降水量等值线图量算, 全疆地面降水总量 $2\,588 \times 10^8 \text{ m}^3$, 占空中水汽输送量的 25%, 占全国年降水总量 $61\,889 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 4%, 占西北地区(含内蒙古, 下同)平均年降水总量 $10\,616 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的 24%, 在全国和西北地区分别排第 10 位和第 2 位. 全疆多年平均年降水深 157.4 mm, 为全国平均降水深 650.5 mm 的 24.2%, 为西北地区多年平均年降水深 258.3 mm 的 60% 左右, 在西北及全国排位倒数第 1.

1.1 影响新疆降水的主要因素

1.1.1 海拔

利用西天山的特克斯河流域、天山北坡的乌鲁木齐河流域、天山南坡的乌拉斯台河流域、帕米尔

收稿日期: 2007-03-02; 修订日期: 2007-03-28
基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-127); 国家自然科学基金项目(40631001); 中国沙漠气象科学研究基金项目(sqj2005002); 中国科学院知识创新工程项目(KZCX3-SW-229)资助
作者简介: 苏宏超(1958—), 男, 新疆乌鲁木齐人, 教授级高级工程师, 1982年毕业于新疆大学, 现主要从事水文水资源、水文情报预报和环境研究. E-mail: she_xj@163.com

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

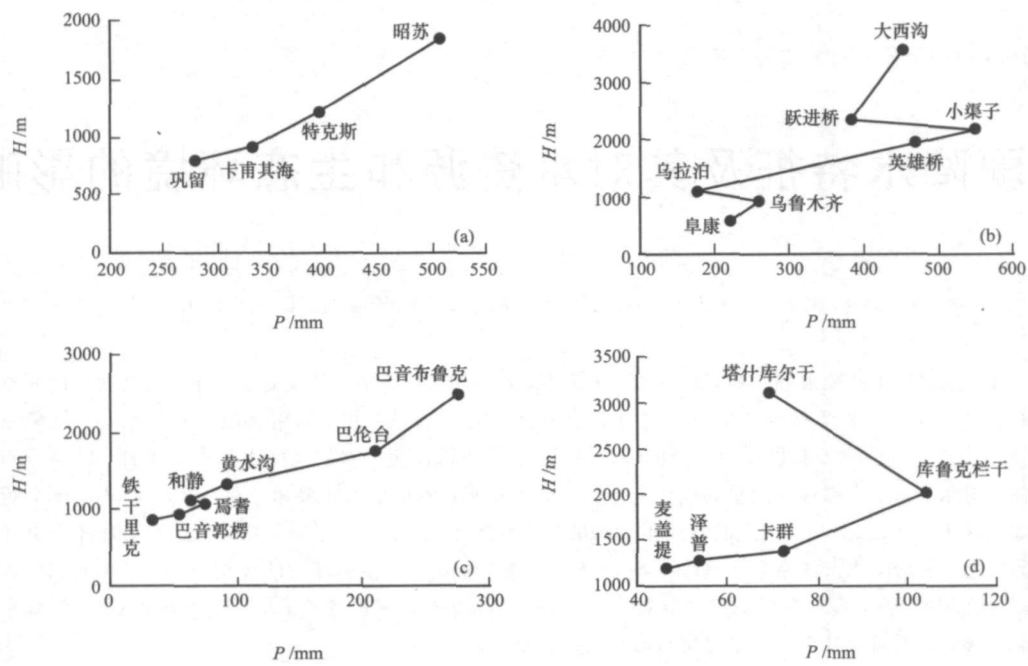


图 1 典型区域降水随海拔高度变化

a. 西天山; b. 天山北坡; c. 天山南坡; d. 帕米尔高原

Fig. 1 Precipitation change with altitudes in some mountainous watersheds

高原的塔什库尔干河流域的 23 处水文、气象站点 1956—2005 年 50 a 的年降水资料进行了分析(未进行观测误差修正), 说明降水随海拔高度变化(图 1)。

对全疆各地不同海拔高度变化进行分析, 结果表明: 1)除西天山的特克斯河流域的年降水随海拔高度的升高不断增加而外, 天山北坡的乌鲁木齐河流域、天山南坡的乌拉斯台河流域、帕米尔高原的塔什库尔干河流域的年降水从平原到山区并不随海拔的上升持续增加, 到达最大降水高度后呈下降趋势, 而后再继续上升; 2)阿尔泰山南坡最大降水高度带在海拔 2 000 m 左右; 西天山最大降水高度带在海拔 1 800 m 左右; 天山南坡山区最大降水高度带在海拔 2 500 m 左右; 天山北坡山区最大降水高度在海拔 2 000 m 左右, 次高降水带在海拔 3 500 m 左右; 帕米尔地区山区最大降水高度在海拔 2 000 m 左右, 次高降水带在海拔 3 000 m 左右; 3)山地降水多于平原、盆地, 降水垂直地带性规律明显, 但各山系递变率不同, 且降水递变率有随海拔高度的增加呈减小趋势, 而平原区则无明显的变化规律。

1.1.2 坡向

地形对山区降水影响除山脉的海拔高度外, 其坡向对降水的影响也十分显著, 在新疆地处迎风坡面区域的降水, 明显大于背风坡地区, 如准噶尔西

部迎风坡面区的多年平均降水量在 500 mm 以上, 而背风坡面区的多年平均降水量则不足 150 mm; 又如天山中部地处北、南坡, 而海拔相近的英雄桥水文站(海拔 1 920 m)和巴伦台气象站(海拔 1 738 m)、巴里坤气象站(海拔 1 651 m)和头道沟水文站(海拔 1 400 m), 其多年平均年降水量分别为 468.1 mm 和 210.4 mm、214.1 mm 和 99.1 mm。有些山区既是气流的迎风坡, 又处在喇叭口地形的深处, 则更有利于大降水的形成, 天山西部迎风坡的新源气象站平均年降水量 500.7 mm, 背风坡的巴音布鲁克气象站则只有 275.1 mm(表 1)。

1.2 水汽补给

新疆水汽来源主要依靠纬向西风环流带来的大西洋气流, 其次是来自北冰洋的干冷气流, 其水汽含量仅相当于西风气流的 1/3~1/4, 而且主要只影响北疆的阿勒泰一带^[1]。进入新疆的水汽主要路径有 4 条, 即西风路径, 这是新疆的主要水汽通道, 89%的水汽输送是通过该路径完成的; 二是西北路径, 入侵新疆的冷空气以此路径最多; 三是北方路径, 多为干冷空气, 水分含量小, 以降温为主, 只有少量降水; 四是东方路径。上述 4 路水汽中, 以西方路径和西北路径对新疆影响较大。

根据全国可降水等值线图的估算, 新疆上空的水汽含量其多年平均值不超过 $150 \times 10^8 \text{ m}^3$, 平均可降水深 8 mm 左右, 可降水量约占全国可降水量

表 1 新疆主要山脉不同坡向降水量统计
Table 1 Precipitations on different slopes of main mountains in Xinjiang

山区	站名	海拔/m	年降水/mm	山区	站名	海拔/m	年降水/mm
准噶尔西部迎风坡	额敏(气)	523.3	281.8	准噶尔西部背风坡	和布克赛尔(气)	1294.2	143.6
	裕民(气)	716.2	286.6		克拉玛依(气)	428.4	111.6
天山北坡	昭苏(气)	1854.6	507.0	天山南坡	卡木鲁克(水)	1480	158.2
	新源(气)	929.1	500.7		巴音布鲁克(气)	2458.9	275.1
	英雄桥(水)	1920	468.1		巴仑台(气)	1738.3	210.4
	乌鲁木齐(气)	918.7	260.8		巴音郭楞(气)	932.7	55.2
	巴里坤(气)	1650.9	214.1		头道沟(水)	1400	99.1

注:“(气)”指气象站;“(水)”指水文站。

的 1/10, 而面积为新疆面积 1.1 倍的长江流域的可降水量却为新疆的 4 倍之多^[3]. 新疆多年平均降水量 157.4 mm, 每年降落到地面上的降水为 $2\,588\times 10^8\text{ m}^3$, 因此新疆上空大气中的水汽每年要补充约 17 次才可以维持每年的降水量, 即大气中的水分平均 20 d 循环一次, 约为全球 8 d 循环周期的 2.6 倍. 新疆上空每年水汽由西向东输送量为 $10\,375\times 10^8\text{ m}^3$, 为全国平均值的 5.7%, 为长江流域的 20%~25%. 就地区分布来说, 塔里木盆地占总量的 51%~56%, 准噶尔盆地占 36%~43%, 而山区只占 6.5%~8%; 从季节性分配来看, 夏季最多, 占全年的 42.7%, 冬季最少, 为 12.7%, 春秋两季分别占 24.4%和 20.2%. 经推算, 新疆上空多年平均水汽输出量为 $10\,219\times 10^8\text{ m}^3$, 净输入量 $156\times 10^8\text{ m}^3$, 占总输入量的 1.5%, 与我国大陆上空平均净输入量占总输入量的 13%相比, 新疆比值较小, 也从另一个方面反映了新疆气候的干旱.

1.3 地区分布

由于地形和下垫面性质的差异, 新疆年降水的地区分布很不均匀, 全区 58%的地区年降水深 < 100 mm, 其降水总量仅占全区降水总量的 14%; 年降水量 > 500 mm 的面积仅占全区总面积的 6.5%, 而降水总量却占全区降水总量的 30%左右.

按水资源三级区统计, 伊犁河流域是降水量最丰沛的地区, 面平均降水深为 546.1 mm, 年降水量占全疆降水总量的 12.2%; 塔克拉玛干沙漠区面平均年降水深仅为 14.9 mm, 是年降水最少的地区. 若按地级行政区统计, 伊犁地区多年平均年降水深为 539.1 mm, 居各地州(市)之首; 吐鲁番地区多年平均年降水深仅为 46.9 mm, 是全疆最干旱的地级行政区.

就全疆整个地域来看, 降水分布总的趋势是:

北疆多, 南疆少; 西北部多, 东南部少; 山区多, 平原、盆地少.

(1) 北疆多于南疆. 若以天山山脊线为界, 将新疆分为北疆和南疆两大部分, 北疆面积约 $45\times 10^4\text{ km}^2$, 其年降水量为 $1\,145\times 10^8\text{ m}^3$; 南疆面积约 $119\times 10^4\text{ km}^2$, 其年降水量为 $1\,399\times 10^8\text{ m}^3$, 约各占一半. 但因北疆面积仅占全疆的 27%左右, 而南疆面积占全疆的 73%左右, 若折算为面平均雨深, 则北疆为 254 mm; 南疆为 117 mm, 相差近两倍之多.

(2) 西北部多于东南部. 由于造成新疆大气降水的主要水汽来源是中纬度西风环流带来的水汽, 加上地形原因, 所以西部、北部降水量大, 而东部、南部降水量小. 如果以策勒—焉耆—奇台三个县城划一直线, 将全疆分成西北部和东南部, 面积大致各占一半, 但西北部的降水量占全疆降水总量的 4/5, 平均雨深约 240 mm, 而东南部的降水总量仅占 1/5, 平均雨深不足 60 mm.

(3) 山区多于平原、盆地. 新疆的降水主要分布在山区, 若将新疆按照地形高度和变化梯度, 划分为山区和平原两大地貌单元, 则山区面积为 $70.13\times 10^4\text{ km}^2$, 占全疆总面积的 42.7%; 多年平均年降水量 $2\,062\times 10^8\text{ m}^3$, 折合降水深 294 mm, 占全疆年降水总量的 81.1%; 平原区面积为 $94.24\times 10^4\text{ km}^2$ (含 $66.90\times 10^4\text{ km}^2$ 的沙漠及荒漠区), 占全疆总面积的 57.3%, 多年平均年降水量 $482\times 10^8\text{ m}^3$, 折合降水深仅为 51.1 mm, 占全疆年降水总量的 18.9%(表 2).

就北疆和南疆分别而论, 北疆山地一般为 400~800 mm, 盆地边缘 150~200 mm, 盆地中心约 100 mm 左右; 南疆山地一般为 200~500 mm, 盆地边缘 50~80 mm, 东南缘 20~30 mm, 盆地中心

表 2 新疆山地与平原降水量分布(1956—2000 年)
Table 2 Annual mean precipitations in plains and mountains regions of Xinjiang during 1956—2000

类 别		面积 / 10 ⁴ km ²	年降水量 / 10 ⁸ m ³	平均雨深 / mm	说 明
阿尔泰山地		5.0	217	432	包括北塔山在内
准噶尔西部山地		3.4	126	375	
其中	迎风坡	1.4	65	473	天山南北坡以山脊线为分界, 南坡包括一些海拔超过 1 500 m 的干山, 并以克孜河干流与帕米尔高原分界
	背风坡	2.0	60	306	
天山山地		27.1	987	364	
其中	北坡	11.7	591	505	
	南坡	15.4	396	257	喀喇昆仑山与昆仑山以叶尔羌河干流和上游支流克勒青河为分界
帕米尔高原—喀喇昆仑山山地		6.2	171	275	
昆仑山—阿尔金山山地		28.7	554	193	山地合计
山地合计		70.13	2062	294	
平原		94.24	482	51.1	其中
其中	北疆	24.8	271	109	
	南疆	69.4	211	30	全疆合计
全疆合计		164.37	2544	154.8	

约为 20 mm 左右。

1.4 降水的年际和年内变化

1.4.1 年际变化

(1) 年际最大变幅. 新疆各地的降水年际最大变幅差异很大, 北疆地区比较小, 一般为 2~5 倍, 山地与平原的差异不大, 多雨区的比值小于少雨区; 南疆山地为 2~8 倍, 平原较大, 塔里木盆地的北缘、西缘和哈密盆地 为 8~10 倍, 塔里木盆地的东缘、南缘和吐鲁番盆地则 20 倍以上. 实测年降水量比值最小的是天山山区的巴音布鲁克气象站和昭苏气象站, 分别为 1.9 和 2.0 倍. 比值最大的是吐鲁番盆地的托克逊气象站, 高达 51 倍, 其次是塔里木盆地南缘的和田气象站和若羌气象站为 30 倍.

(2) 变差系数(C_v). 新疆 90% 以上站点的 C_v 值在 0.20~0.70 之间, 其分布趋势为北疆小, 南疆大; 山地小, 平原大; 迎风坡小, 背风坡大, 与降水量的地域分布特征相反. 全疆各地年降水系列 C_v 值以天山山地为最小, 在 0.20~0.30 左右, 单站最小值是位于天山中部高山区大西沟气象站 (海拔 3 544 m), 仅 0.11, 这与我国东部湿润地区的最小值相近; 阿尔泰山地、准噶尔西部山地以及北疆平原区在 0.30~0.40 之间; 昆仑山山系、塔里木盆地北缘、西缘在 0.35~0.50 左右; 塔里木盆地东缘、

南缘及吐鲁番盆地、哈密盆地在 0.50~0.70 左右. 单站最大值为托克逊气象站、策勒气象站, 高达 0.79, 其次是民丰气象站和且末气象站为 0.72.

1.4.2 年内变化

(1) 新疆雨季开始时间各不相同, 准噶尔西部山地迎风坡和伊犁河谷雨季开始最早, 3 月份降水量明显增多, 连续最大四个月降水量一般出现在 4~7 月. 除此之外, 全疆大部分地区雨季推迟一个月, 4 月才明显增多, 连续最大 4 个月降水量一般出现在 5~8 月. 一般北疆地区 4 月降水小于 8 月多于 9 月份; 南疆地区 4 月降水量少于 9 月多于 10 月. 全疆雨季开始最晚的是东疆和焉耆盆地的局部地区, 5 月降水才明显增多, 最大 4 个月降水量出现在 6~9 月.

(2) 连续最大 4 个月降水量占全年降水量百分率的情况是: 阿尔泰山地、准噶尔西部山地迎风坡一般占 40%~50%; 准噶尔西部山地背风坡占 55%~60% 以上; 北疆其它地区占 50%~80%, 南疆地区一般占 60%~80%; 焉耆盆地和塔里木盆地的东缘、南缘占 70%~80%.

(3) 全疆春季降水大于秋季, 其差异南疆大于北疆; 降水量主要集中在春夏两季, 北疆地区春夏两季降水占年降水量的 50%~75%, 南疆地区更为

集中, 占到 65%~85%左右, 且有自北向南, 自西向东集中程度增加的规律. 新疆年内降水主要集中在夏季, 对水资源相对缺乏, 地表覆盖相对较低的地区, 可以造成灾害性的洪水和泥石流, 而春季降水稀少, 不仅容易产生沙尘天气, 而且也不利于农作物的种植和生长, 以及牧草生长和畜牧业发展.

(4) 降水年内分配也可用集中度(C_n)来反映, 集中度越高, 年内分配愈不均匀. 从区域分布上看, 具有北疆小, 南疆大, 西部小, 东部大的特征; 从垂直地带分布上看, 除个别地区外, 一般海拔高度较高的地区, 其集中度相对也较大, 大致呈正比分布. 相比较而言, 北疆的差异大于南疆. 详见表 3.

(5) 用降水相对系数($C^{\downarrow 4}$)分析降水量在年内各月的变化, 以反映各个月份降水量在全年内的相对变化. 在各月的降水分配中, 若连续数月 $C < 1$, 即实际降水少于全年的均匀分配, 是该区的绝对干

季. 从最长连续干季分布情况来看, 阿尔泰山南坡、准噶尔西部山地和西天山为 3~5 个月; 天山北坡一带为 5~7 个月; 南疆、东疆和准噶尔盆地则为 6~8 个月, 其中最长的为东疆地区的红柳河气象站(海拔 1 701 m), 长达 9 个月.

2 降水对水资源的影响

根据对新疆 50 a 的降水和流量资料系列统计分析, 新疆多年平均年降水总量 $2\,588\times 10^8\text{ m}^3$, 河川总径流量 $891.3\times 10^8\text{ m}^3$, 地表水资源量 $800.4\times 10^8\text{ m}^3$, 分别占全疆降水总量的 34.4%、30.9%. 从历年和各年代际的变化来看, 新疆大气降水与河川总径流量、地表水资源量均具有较好的对应关系, 其中降水量与地表水资源量之间的相关系数可达 0.8290, 数学表达式为: $R = 1.7964 P^{0.776}$ (图 2).

表 3 新疆主要代表站年降水集中度
Table 3 Precipitation convergence at representative gauge stations of Xinjiang

站名	海拔/m	年降水量/mm	$C_v(P)$	集中度 $C_n/\%$	C_v/C_n
阿勒泰	736.9	195.8	0.33	12.1	0.57
托里	1078	244.0	0.30	41.0	0.20
伊犁	664.3	257.2	0.32	6.7	0.55
大西沟	3544	453.0	0.17	68.9	0.15
巴里坤	1651	213.8	0.22	51.9	0.20
巴音布鲁克	2459	274.3	0.19	67.4	0.14
托云	3507	243.9	0.25	49.8	0.18
乌鲁瓦提	1850	90.3	0.53	54.7	0.27
喀什	1291	66.1	0.53	34.0	0.44
铁干里克	847.1	33.9	0.58	66.0	0.22
托克逊	2.2	7.9	0.85	55.3	0.40

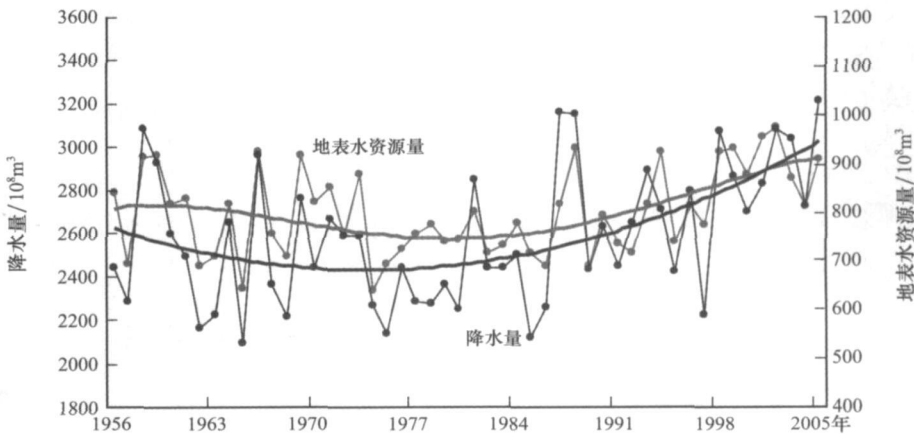


图 2 新疆降水—地表水资源量年际变化

Fig. 2 Interannual change of annual precipitation-surface water resources in Xinjiang region

表 4 新疆主要河流流域径流系数
Table 4 Runoff coefficients in main river watersheds of Xinjiang

水资源 三级区名称	降水量 / 10 ⁸ m ³	河川径流量 / 10 ⁸ m ³	径流 系数	水资源 三级区名称	降水量 / 10 ⁸ m ³	河川径流量 / 10 ⁸ m ³	径流 系数
吉木乃诸小河	14.32	1.336	0.09	车尔臣河诸小河	128.0	21.30	0.17
乌伦古河	45.11	11.38	0.25	喀什噶尔河流域	143.9	52.10	0.36
天山北麓中段	210.2	53.51	0.25	阿克苏河流域	118.0	100.5	0.85
艾比湖水系	146.2	42.19	0.29	渭干河流域	94.99	36.25	0.38
天山北麓东段	45.63	9.872	0.22	塔克拉玛干沙漠	32.02	0	0
古尔班通古特荒漠区	52.87	0.0873	0.002	塔里木河干流区	13.05	0	0
吐鲁番盆地	34.43	10.56	0.31	库木塔格荒漠区	32.67	0.0544	0.00
哈密盆地	30.63	4.582	0.15	柴达木盆地西部	21.31	4.209	0.20
巴伊盆地	45.56	5.752	0.13	奇普恰普诸小河	14.01	4.467	0.32
开孔河流域	139.9	48.22	0.34	羌塘高原区	138.2	22.82	0.17
和田河流域	157.3	51.37	0.33	其它分区	592.5	297.3	0.50
叶尔羌河流域	206.3	76.79	0.37	全疆	2544	878.9	0.35
克里雅河诸小河	86.93	24.28	0.28				

注：引自文献[6]，资料截止到2000年。

降水对地表水资源的作用还反映在降水的产水系数，即径流系数上，它与下垫面的地形、地貌、下渗强度、降水强度等要素有关。流域坡度大、地表不透水性能好、表层含水量丰富，降水强度高，就易产生地表径流，增加河川径流量，对地表水资源的贡献就大。新疆全区平均径流系数为0.34，就其地域分布而言，从总体上看，具有山区大于平原、盆地，西部大于东部，降水丰沛的地区大于降水稀少的地区(表4)。

3 降水对生态环境的影响

新疆的生态系统是一个由高山冰川积雪与冷湿草甸、中山湿润森林与裸岩、低山灌草荒原、平原绿洲、荒漠构成的立体型自然生态系统，由森林、草原、农田、戈壁、沙漠、盐漠、水域及冰川积雪等多个生态单元组成，形成了以绿洲生态为中心，以水资源为主要制约的条件的相互依存、相互作用的大系统。其中山地是基础，荒漠是背景，人工绿洲是核心，天然绿洲是屏障，而水域是主导。新疆远离海洋，盆地为高山环抱，气候干燥少雨，蒸发强烈，具有典型的大陆性气候。特殊气候和水分条件及其变化对新疆的生态环境具有重要的、不可替代的影响。

(1) 新疆降水的稀少导致了新疆生态环境的极端脆弱。新疆多年平均年降水深在西北及全国排位

倒数第一。由于水分的匮乏，导致新疆广大地区植被稀少，森林的覆盖率仅为1.5%；新疆地域辽阔，但绿洲面积不到全疆总面积的9%，而沙漠总面积占到全疆总面积的25.7%，居全国之首。罗传秀等^[5]对影响新疆生态环境适应能力的因子分析后认为，在新疆生态环境脆弱评价的各因子权重中，降水量因子最大，为0.25，见表5。

表 5 新疆生态环境脆弱性评价因子权重
Table 5 Assessment factors weigh of ecoenvironmental vulnerability in Xinjiang

指标	权重	指标	权重
海拔高度	0.1	植被类型	0.05
人口密度	0.05	降水量	0.25
地质环境	0.2	生态政策 (自然保护区面积)	0.15
沙尘暴	0.2		

(2) 新疆降水的地域分布不均，造成生态类型的多样性。全疆降水中，占总面积近60%的平原区降水量所占不足20%，山区降水远大于平原，并随海拔高度呈梯度变化，由此形成了冰雪—裸岩—森林草甸—荒漠—砾石戈壁等生态景观。森林植被主要分布在山区及山前平原区，沙漠和荒漠的植被覆盖度则比较低，北疆沙漠和戈壁的植被覆盖度只有0.3左右，南疆荒漠区不足0.1。典型的干旱环境中

产生了独特的绿洲景观, 新疆有大小不等、相互分隔的绿洲近 800 个, 但基本上都形成于盆地、山前平原和河湖附近。绿洲的降水对天然和人工植被生长有意义, 但对农田的补给作用主要取决于雨量、雨强和降雨历时与季节。降落在裸露的沙漠、戈壁和盐碱地降水仅对保存极稀疏的耐旱植物有作用, 绿洲与沙漠生态系统之所以能够出现, 完全得益于境内的阿尔泰山、天山、昆仑山、阿尔金山等山体, 这些山体的平均海拔均在 2 500 m 以上, 从而改变了自然地理条件水平分异的不利影响, 并能阻挡西风环流中的水汽, 形成降水, 进而为以山地垂直自然带为标志的垂直地带性的发育奠定了基础^[7]。降水形成的冰雪、河川径流等地表水资源以及对地下水的补给亦为盆地内的生态系统的发育和生态环境的改善提供了水源保障^[8]。

4 结论

(1) 新疆地处欧亚大陆腹地, 其所处的地理位置决定了降水十分稀少, 独特的地形、地貌和下垫面条件导致了降水时空分布十分不均的干旱半干旱地区水分特征。

(2) 降水对新疆水资源和生态环境有着非常重要的影响, 大气降水与河川总径流量、地表水资源量均具有较好的对应关系^[9]。新疆降水的稀少导致了新疆生态环境的极端脆弱, 降水对新疆生态环境影响的权重在各影响因子中占居首位。绿洲的降水对天然和人工植被生长有意义, 但对农田的补给作用主要取决于雨量、雨强和降雨历时与季节。

(3) 全球气候模式的模拟结果表明, 未来新疆地区仍然是干旱、半干旱地区, 大气降水资源十分有限, 想依靠大气降水来缓解新疆水资源短缺问题是不现实的。必须通过其它途径解决新疆的水资源问题, 包括边际水资源开发、咸水利用、人工增雨等与水资源合理配置利用, 采用各种类型的节水技术, 以节水增效, 提高水资源利用效率为主攻目标, 提高全社会的节水意识, 以水资源的可持续利用, 来支撑社会经济的可持续发展。

参考文献(References):

- [1] Tang Qicheng, Qu Yaoguang, Zhou Yuchao. Hydrology and Water Resources Utilization in the Arid Land of China [M]. Beijing: Science Press, 1992. [汤其成, 曲耀光, 周聿超. 中国干旱区水文及水资源利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.]
- [2] Zhou Yuchao. Rivers Hydrology and Water Resources in Xinjiang [M]. Ürümqi: Xinjiang Sci.-Tech. and Public Health Press, 1999. [周聿超. 新疆河流水文水资源[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1999.]
- [3] Han Tianding, Ding Yongjian, Ye Baisheng, *et al.* Precipitation variations on the southern and northern slopes of the Tianger range in Tianshan Mountains [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2004, 26(6): 761—766. [韩添丁, 丁永建, 叶佰生, 等. 天山天格尔山南北坡降水特征研究[J]. 冰川冻土, 2004, 26(6): 761—766.]
- [4] Wei Wenshou. Responce and Feedback of Modern Sand Deserts to Climate Change [M]. Beijing: China Environmental Sciences Press, 2000. [魏文寿. 现代沙漠对气候变化的响应与反馈[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2000.]
- [5] Luo Chuanxiu, Pan Anding, Qian Huaisui. The assessment of ecosystem vulnerability to climate change of Xinjiang [J]. Arid Environmental Monitoring, 2006, 20(1): 38—43. [罗传秀, 潘安定, 千怀遂. 气候变化下的新疆生态环境脆弱性评价[J]. 干旱环境监测, 2006, 20(1): 38—43.]
- [6] Deng Mingjiang, Wang Shijiang, Dong Xinguang, *et al.* Water Resources and Sustainable Utilization in Xinjiang Uygur Autonomous Region [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005: 1—258. [邓铭江, 王世江, 董新光, 等. 新疆水资源及可持续利用[M]. 北京: 中国水利水电出版社 2005: 1—258.]
- [7] Gao Qingxian, Xu Ying, Ren Zhenhai. Trend analysis of precipitation of arid areas in China [J]. Engineering Science, 2002, 4(6): 36—43. [高庆先, 徐影, 任阵海. 中国干旱地区未来大气降水变化趋势分析[J]. 中国工程科学, 2002, 4(6): 36—43.]
- [8] Feng Si, Huang Yun, Xu Youpeng. Impact of global warming on the water cycle in Xinxiang region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, 28(4): 500—505. [冯思, 黄云, 许有鹏. 全球变暖对新疆水循环影响分析[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 500—505.]
- [9] Han Ping, Xue Yan, Su Hongchao. Precipitation signal of the climatic shift in Xinjiang region [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, 25(2): 179—182. [韩萍, 薛燕, 苏宏超. 新疆降水在气候转型中的信号反映[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 179—182.]

Precipitation and Its Impact on Water Resources and Ecological Environment in Xinjiang Region

SU Hong-chao¹, SHEN Yong-ping², HAN Ping¹, LI Jie¹, LAN Yong-chao²

(1.Xinjiang Hydrological and Water Resources Bureau,Xinjiang Ürümqi 830000, China; 2.Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou Gansu 730000, China)

Abstract : The Xinjiang Uygur Autonomous Region is located in the hinterland of the Eurasian continent and away from the sea. Precipitation in the region is scarce and its temporal and spatial temporal distributions are uneven. The mean annual precipitation is $2\,588\times10^8\text{ m}^3$, which is equivalent to 157.4 mm water deep. The characteristics of geographical distribution of precipitation are as follows : precipitation in the north is more than that in the south ; precipitation in the northwest is more than that in the southeast ; precipitation in the windward slopes is more than that in the leeward slopes ; precipitation in the mountain areas is more than that in the plains and basins. Zonal vertical distribution of precipitation is obvious. The changing range of annual precipitation in the north is less than that in the south. The coefficients of variation of annual precipitation at more than 90% of the stations are between 0.2 and 0.7. From May to August there is a high consecutive rainfall period. The intensity of precipitation is small in north but great in the south. The relative intensity at higher altitude is generally greater than that in lower altitude. The longest continuous dry season is 3 ~ 5 months in the south slopes of Altay Mountains, the mountains west of the Junggar Basin and the western Tianshan Mountains, 5 ~ 7 months along the north slopes of Tianshan Mountains and 6 ~ 8 months in the south region,

east region and the Junggar Basin.

The atmospheric precipitation, the river runoff and the surface water resources in Xinjiang Region are related well. For example, the correlation coefficient of precipitation and surface water resources is 0.8290. The flow coefficient of average precipitation is 0.34 in all Xinjiang Region, and the areas with abundant precipitation are larger than those with short precipitation. Sparse rainfall results in extreme vulnerability of the ecological environment in the region. The coverage rate of forest is only 1.5%, the total oasis area is less than 9% and the total desert area is 25.7% in the region. The precipitation factor is 0.25 and is the largest one among the weight factors of vulnerability assessment of ecological environment in Xinjiang Region.

Simulation results of global climate models show that Xinjiang Region will still be arid, semi-arid areas in the future. The water resources of atmospheric precipitation are very limited, so it is unrealistic to rely on rainfall to ease the shortage of water resources in the region. In order to economic and social sustainable development, the problem of water resources of Xinjiang Region must be dealt with by other means, such as rational allocation and utilization of water resources, using various types of water-saving techniques and enhancing the public's awareness of water-saving etc.

Key words : Xinjiang ; precipitation characteristics ; water resources ; ecological environment