

气候变化对青藏高原生态环境的影响评价

樊启顺¹, 沙占江^{1,2}, 曹广超^{1,2}, 曹生奎¹
(1. 青海师大地理与资源环境系, 青海 西宁 810008;
2. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008)

摘要: 根据青藏高原 16 个气象观测台站有关气温和降水的多年数据, 分析了近 40 年来青藏高原的气候变化特征。结果表明, 近 40 年来青藏高原气候变化的总趋势是气温升高, 降水量稍有增加。这种气候波动变化, 对高原植被、冰雪水及土地沙化都有较大的影响。据预测到 2100 年青藏高原气温将上升 2~3.6℃, 降水量在高原中部和东部增加约 0~300mm, 而在西南部将减少 0~500mm。气候的变化使植被群落发生明显的变化, 分布界线向更高的海拔高度迁移。也使高原冰川退缩, 但未来冰川不一定消失。

关键词: 气候变化; 青藏高原; 生态环境

中图分类号: P461 文献标识码: A 文章编号: 1008—858X(2005) 01—0012—07

青藏高原地势高亢(平均海拔一般超过 4 000 米), 是全球海拔最高地区, 素有“世界屋脊”之称, 也是我国气候变化的启动区^[1]。由于该区域独特的地理位置及其生态环境特点、丰富的自然资源与生物多样性, 是全球所关注的热点地区。此外, 青藏高原属于典型的生态脆弱区, 不仅表现在抵御外界环境扰动和人为干扰的能力低下而易于导致生态环境的破坏, 而且在保护、改善、治理区域生态环境的过程中所需付出的经济成本和生态成本也明显高于低海拔地区。生态系统与气候系统处在动态平衡之中, 一个系统的变化会引发另外一个系统的响应, 因此, 对本区气候变化的分析将有助于生态环境的影响评价。

1 青藏高原气候变化的特点

1.1 温度变化的特点

根据青藏高原共 16 个台站(江河源区周

边)的气温资料, 分析了高原自 1961—2001 年年平均气温图线, 可以看出(图 1), 近 40 年来温度有冷暖的波动变化, 但总体趋势是变暖。从 60 年代初期温度开始下降, 到 1965 年达到近 40 年来的最低温 -2.25℃, 比 1961 年温度下降了 1.02℃, 而后开始回升。到 70 年代中后期、80 年代初期温度又开始下降, 进入 80 年代中后期气温开始回升, 至 1998 年温度上升到 0.27℃, 比 1961 年上升了 1.5℃, 达到最高值, 也是近 40 年中增幅最快的年份。

另外从图 1 也可以看出, 从 60 年代到 70 年代初期, 年平均气温值低于 40 年的多年平均气温值(-0.92℃), 到 80 年代中期年平均气温值超过 40 年的多年平均气温值, 出现了较前时段的增温势头, 但也有一定的波动变化。一次线性拟合方程为 $y = 0.029x - 1.5307$, 斜率为 0.029, 说明气温在这 40 年的总体趋势是上升的。另外, 选用其中 5 个站(达日、玛多、玉树、五道梁、曲麻莱)分析了年平均气温的年际变化(表 1)同样可以看出, 近 40 年来平均气温的各

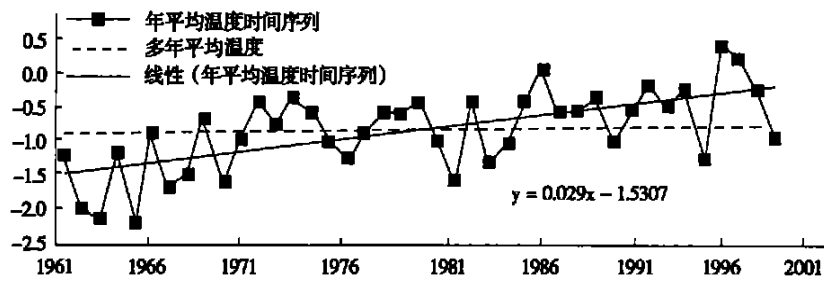


图 1 青藏高原年平均气温时间序列

Fig 1 Variation of annual average temperature-time series of Qinghai-Tibet Plateau

表 1 年平均气温的年际变化

Table 1 Mean temperature of every decade

站名	海拔/ m	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
达 日	3967. 5	— 8. 05	— 7. 20	— 6. 92	— 6. 79
玛 多	4272. 3	— 10. 90	— 10. 51	— 9. 51	— 9. 36
五道梁	4612. 2	— 12. 10	— 11. 56	— 11. 44	— 11. 18
玉 树	3681. 2	— 3. 88	— 3. 58	— 3. 22	— 2. 83
曲麻莱	4231. 2	— 9. 02	— 8. 64	— 9. 07	— 8. 91

年际变化是上升的, 90 年代比 60 年代上升 1. 0 ~ 1. 5℃左右。

1.2 降水变化的特点

根据 1961 ~ 2001 年青藏高原年平均降水量的变化图线可以看出 (图 2), 近 40 年来降水有干湿波动变化, 但总体趋势是稍有增加。

从 60 年代开始年平均降水量增加, 1972 年达到最高值 126. 23mm, 是强降水年, 也是近 40 年中降水变幅最快的年份, 与相邻几年降水相比变幅在 60mm, 比 1962 年的最少降水值多将近 100mm, 而后虽有波动变化, 降水量开始缓慢的增加。

另外从图 2 中也可以看出, 除了 1972 年的

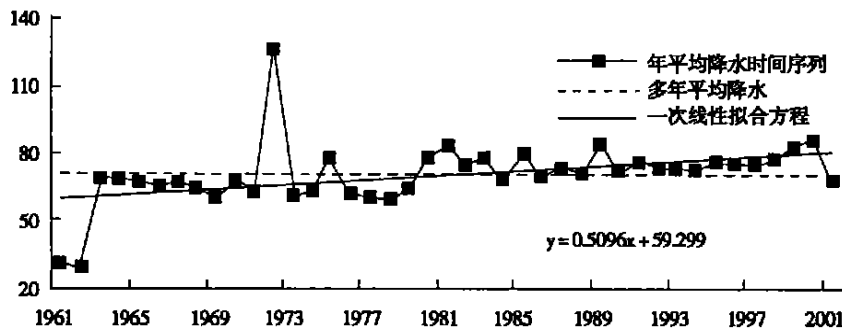


图 2 青藏高原年平均降水时间序列

Fig 2 Variation of annual average precipitation-time series in Qinghai-Tibet Plateau

强降水量, 从 60 年代到 80 年代初期, 年降水平均值低于 40 年的多年平均降水值(70mm), 而后年降水平均值超过 40 年的多年平均降水值, 出现了较前时段的增加势头, 但也有一定的波

动变化。一次线性拟合方程为 $y = 0.5096x + 59.299$, 斜率为 0. 5096, 说明降水在这 40 年的总体趋势是上升的。另外, 选用其中 5 个站(达日、玛多、玉树、五道梁、曲麻莱) 分析了年平均

降水的年际变化(表 2)同样可以看出,近 40 年来平均降水的各年际变化是上升的,90 年代比 60 年代上升 5~16mm 左右,尤以 80 年代增加较为显著。

表 2 年平均降水的年际变化
Table 2 Mean precipitation of every decade

站名	海拔/m	60 年代	70 年代	80 年代	90 年代
达 日	3967.5	38.29	43.32	46.33	44.85
玛 多	4272.3	13.94	17.16	27.24	28.14
五道梁	4612.2	8.33	8.03	22.75	24.55
玉 树	3681.2	35.01	57.80	41.59	39.46
曲麻莱	4232.1	18.66	20.66	36.07	31.86

2 气候变化对青藏高原生态环境的影响分析

2.1 气候变化对高原植被的影响

植被是生态系统的主体,其决定生态系统的稳定性,为系统其它成员提供物质和能量。气候变化对植物气候生产力(TSVP)影响显著,“暖湿型”气候对 TSVP 的影响表现在当年平均气温升高 1℃,年降水量增加 10%时,对植物干物质积累有利,增加趋势由南向北增大^[3]。本文选用了高原东部气象站的资料分析。90 年代比 60 年代升高 1~1.5℃,降水 90 年代比 60 年代增加 5~16mm,有利于高原植被生产力的提高。朴世龙等^[3]人对青藏高原 1982 年和 1999 年两时段植被净第一性生产力(NPP)及其时空变化研究中也发现,高原 78%的地区植被 NPP 呈增加趋势,其中显著增加的面积约占总面积的 18%,有不到 1%的地区植被 NPP 显著减少。这些增加主要与高原不同区域温度、植被覆盖度和降水量的增加是密不可分的。但是需要指出的是高原区降水量的有限增加,并不能改变整个高原区的基本面貌,降水的地区差异性也比较明显。

例如,王谏^[4]等对青藏高原腹地羌塘盆地草地资源研究发现,位于亚洲腹地的青藏高原,受全球气候变化的影响,出现了暖干化的趋势。这种与全球变化一致的增温过程,导致了高原面上一些环境因素的变异,生态适应随之而起。

由于研究区春、秋季气温明显下降,春季气温回升减慢,秋季气温下降明显加快,这些气候因素的变异,对高原腹地草地资源的发育、生长都起到抑制作用,并且冬季降水增加,不但没能促进草场的发育,反而加重了雪灾的威胁;另外春季气温回升减慢、秋季气温降幅加快,使牧草返青期推迟,枯黄期提前,缩短了高原植被的生长期^[3];夏季正值高原植被发育和繁殖的旺盛期,气候暖干化却导致高原夏季降水量减少,成为植被发育不充分乃至退化的原因,从而导致干旱草原带扩张,约为 14.2 km/10a。这种扩张不仅导致扩张区域内植被盖度降低,同时引起地表生物总量下降^[4]。

随着牧业人口的增加,草场载畜量上升,高原腹地草场退化的原因也不可避免地会加入人为的因素。五绍令等^[4]认为人为因素起到的是加速退化的作用,指出:“因为人为因素只有在自然因素已经具备了沙漠化的条件时才起作用”;张国胜等^[7]对青南高原高寒草甸牧草生长的研究中,选择封育草场为研究对象,排除了人为干扰,也发现在纯自然状态下,气候暖干化导致了草场的退化^[7]。综合以上原因,高原生态环境尽管受到人为因素的干扰,但是自然因素对加快高原植被的适应、退化都有一些积极的影响。所以,对不同区域气候变化——“向暖干化、还是暖湿化变化?”研究有待进一步的分析、模拟。

2.2 气候变化对高原冰雪水的影响

冰川是气候的产物,其兴衰与气候变化密

切相关。地球的气候系统现正处在近万年来的第 3 次暖期, 以青海高原为例, 气候由暖干向暖湿转变, 近 50 年的气候变化与全球变化基本一致, 气温上升了 0.77°C , 但降水约增加了 21% ^[8]。

虽然 20 世纪 80 年代以来, 青藏高原多数山区冰川普遍转入后退, 而高原内部的唐古拉山、昆仑山中西段、祁连山中西段的一些冰川, 从 80 年代中期至今, 冰川前进的势头还没有消失, 仍有相当多数量的冰川处于前进或趋于稳定。例如, 唐古拉山垭口附近的冬克玛底冰川, 80 年代中后期以后的 1989~1994 年冰舌末段仍处于前进状态^[9]。其主要原因是: ①影响冰川变化的主要是夏季最高温度的变化, 冰川通常发育在高海拔的山区, 由于气温随海拔高度的上升而下降, 即使在夏季, 山区的温度也很低。因此, 夏季最高气温的变化对冰雪融化起着重要的作用, 50 年来, 青藏高原近地面年平均气温和日最低气温均有增温态势, 而夏季日最高气温增温较小, 90 年代比 60 年代上升了 0.2°C ^[10], 根据海拔、温度递推规律可知冰雪覆盖的高山上气温增温更小, 因而对冰川的稳定

起着重要的作用; ②近 50 年来青藏高原冬季降雪量也呈增加的态势, 大约增加 $1\% \sim 5\%$ ^[11]; ③近年来青藏高原降水量增加, 降水量 90 年代比 60 年代平均增加 10 mm, 这与姚莉和吴庆梅^[12] 两人研究的青藏高原年降水量逐步增加的结果相符, 这样的气候变化有利于冰川的稳定和积累。

2.3 气候变化对高原土地沙漠化的可能影响

随着高原气候近 40 年波动演替, 草原区和沙漠区在相互推进中共存、演化。多雨年份草原区向沙漠区推进, 而少雨年份沙漠区向草原区推进。以青海为例, 沙漠面积 (如表 3) 从 20 世纪 50 年代末期的 $59\,700\text{km}^2$, 扩展到世纪末的 $144\,750\text{km}^2$, 40 年沙漠面积增长了 $85\,050\text{km}^2$, 年均增长面积为 $2\,126.25\text{km}^2$, 年增长率约为 2.50% 。其中, 从 80 年代中期开始沙漠化面积增长尤为突出, 1986~1998 年这 13 年期间沙漠面积增长了 $49\,050\text{km}^2$, 年均增长面积为 $3\,773.07\text{km}^2$, 年增长率为 7.69% , 是 1986 年之前 27 年增长率 (3.70%) 的 2.08 倍。

表 3 青海沙漠面积发展趋势统计表^[13]
Table 3 Area change of desert in Qinghai

年度/年	面积/ km^2	增减面积/ km^2	年均增减面积/ km^2	年增长率/ $\%$	备 注
1959	59700	—	—	—	青海治沙队航片
1977	79000	19300	1072.2	1.36	青海林勘队卫片
1986	95700	16700	1855.6	1.94	据文献
1994	125330	29630	3703.8	2.96	卫片
1998	144750	19420	4855.0	3.35	卫片

由此可见, 近几十年造成高原沙漠面积快速增长, 后期沙漠化特别发展。除了人口增长、人类活动等的影响之处, 本文认为其原因是气候的变化。图 1、图 2 中可以看到, 从 20 世纪 80 年代中期开始, 降水量增加, 但增幅不太明显, 而温度变化较大, 这种气候变化与沙漠面积快速增长在时段上比较相似, 可能是促使高原沙漠面积增加的原因。

3 未来气候变化对青藏高原生态环境的影响分析

3.1 青藏高原未来气候变化

青藏高原是全球气候变化的“启动器”和“放大器”, 因此研究未来气候变化趋势是倍受

关注的科学问题。根据冯松等众学者的研究结果,取得共识的观点是,至少在 2015 年前,高原将维持增温趋势,其高温时间可能会延续到 2020 年^[14]。根据 Hadley 中心的 GCM 气候输出结果^[15],青藏高原到 2100 年气温将上升 2~3.6℃,降水在高原中部和东部将增加 0~300mm,而在西南部将减少 0~500mm。

3. 2 气候变化对生态环境的影响

3. 2. 1 未来植被群落的变化

植被在响应气候变化过程中,短期主要表现在植物体生理生态学特性的微结构变化;长期响应,作为植物群落整体还涉及不到演替问题,可能的影响是群落的成员组成将发生数量或种类的变化。

Jian Ni^[16]应用改进的 Biomes3 平衡陆地生物模式,在使用青藏高原气候、土壤、植被和冻土资料的基础上,以 Hadley 气候中心海洋大气耦合 GCM 模式输出的未来气候变化输出结果,其气候情景为现在 CO₂ 浓度为 340 ml/

m³,到 2100 年 CO₂ 浓度为 500 ml/m³,并考虑由此引起的 CO₂ 生理效应,对青藏高原的植被群落在未来气候变暖条件下的变化进行了模拟计算,其结果(如表 4)是 11 种植被群落在气候变化条件下,都发生了明显的变化。温带草原到寒温针叶林这 6 类群落的面积都增加了,其中温带草原、温带灌丛/草甸、寒温针叶林的增加面积都在 1.7×10⁵ km² 以上,变化比较突出;而温带荒漠到冰缘荒漠的面积都缩小了,其中高山草原、高山荒漠、冰缘荒漠的缩小面积都在 1.85×10⁵ km² 以上。温带荒漠变化也比较突出,缩小面积为 1.42×10⁵ km²。从这些数据的分析中可以看出,在未来气候变化条件下,植被带向更高海拔地区迁移,由于地形差异和高原水热条件的分异,总的植被带向西北方向迁移^[17]。所以,探讨在生态系统研究基础上,进行未来生态环境的预测、模拟,帮助政府部门做出宏观的指导,防止生态环境的延续恶化有着重要的现实意义。

表 4 青藏高原各生物群落在气候变化情况下的面积变化^[19]

Table 4 Area change of biomes on the Tibetan Plateau under global climate change

生物群落	面积的变化及增减面积/×10 ³ ·km ²		
	目前条件下生物群落	气候变化下的生物群落	增减面积
寒温针叶林	183. 61	448. 61	+ 265. 00
温带落叶阔叶林	7. 50	49. 44	+ 41. 94
暖温带常绿阔叶林	45. 28	60. 56	+ 15. 28
热带季雨林	2. 50	9. 17	+ 6. 67
温带灌丛/草甸	139. 17	315. 83	+ 176. 66
温带草原	83. 06	254. 17	+ 171. 11
温带荒漠	246. 94	104. 72	- 142. 22
高山草甸/灌丛	252. 50	299. 14	- 46. 64
高山草原	755. 00	547. 78	- 207. 22
高山荒漠	597. 22	411. 39	- 185. 83
冰缘荒漠	210. 28	21. 94	- 188. 34
总 计	2523. 10	2523. 10	—

3.2.2 未来冰川的变化

冰川变化是动力积累与热力消融作用平衡的结果。气温决定冰川的热力消融,而降水(雪)决定冰川的积累。因此,降水的多少及其年内分配和年际变化,影响冰川的补给和活动性,它与气温共同决定着冰川的性质、发育和演化。

青藏高原 20 世纪 80 年代中后期以来,夏季最高温增温量值在年平均气温增加的总值中相对较小^[10],这为冰川的发育奠定了基础。预测至 2100 年青藏高原温度增加 2~3.6℃。对应气候变暖,小冰川比大冰川敏感。根据张祥松等对面积为 5~10 km²、10~100 km² 和

> 100 km²的冰川, 小冰期以来缩小的统计, 分别为 9%~11%、3%~5% 和 < 3%。不同规模的冰川面积减少比例也不同, 规模越小的冰川面积减小的比例越大, 而规模越大的冰川面积减小的比例反而小^[1]。而青藏高原山区冰川面积大于 100 km²甚多, 说明冰川消融量比较小; 但各个山区也有一些小面积冰川, 消融量比较大。

另外, 预测 21 世纪高原将出现更大的降水情景^[18], 表明降水量有增加趋势。且根据曹梅盛(1996) 引用 OSU 大气与海洋环流耦合模式

得出, 在 21 世纪青藏高原东部拉萨—西宁一片广大的地区全年雪量增加^[11], 降水(雪)的增加对加强冰川运动, 为青藏高原冰川积累量的增加奠定了基础。冰川积累量的变化主要体现在冰川的物质平衡上, 因此, 冰川物质平衡是联接气候变化与冰川进退变化的一个主要环节, 讨论冰川物质平衡对冰川进退变化的研究是至关重要的。据苏珍等^[19]的研究图 3、表 5 可以看出, 青藏高原的大多数冰川目前来看仍处于前进或稳定状态。

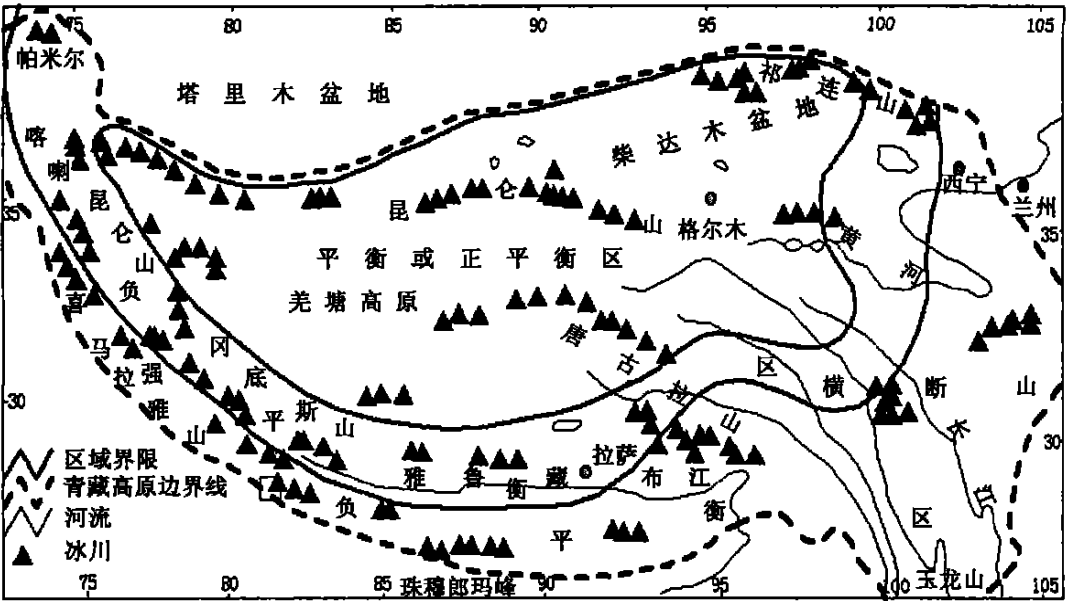


图 3 青藏高原冰川 20 世纪 80~90 年代初物质平衡分区^[19]

Fig 3 Regional characteristics of glacier mass balance in Qinghai-Tibetan Plateau during 1980s~1990s

表 5 青藏高原冰川多年物质平均净平衡^[19]

Table 5 Mean net balance of glaciers in Qinghai-Tibetan Plateau					
冰川名称	山脉	年代	平均净平衡/mm	80 年代以来平均净平衡/mm	资料来源
小冬克玛底	唐古拉山	1944~1993	194	104	蒲健辰等
煤矿冰川	昆仑山	1989~1993	23	—	蒲健辰等
七一冰川	祁连山	1958~1989	51	57	刘潮海等

从上述可以看到, 冰川的活动是与气候和当地地理环境、生态系统等密切相关, 且是山地环境因素的重要标志之一。高原气候的变化使现代冰川退缩, 但未来青藏高原的冰川不一定消失。

4 结论与讨论

青藏高原气温自 20 世纪 80 年代以来呈升温趋势, 而降水变化比较复杂, 不同的区域由于

地形、下垫面等因素的影响降水分布不均匀, 是否向暖干化、暖湿化变化有待今后用更多的代用资料如冰芯、树木年轮等去研究、模拟。就施雅风、秦大河、胡汝骥对西(北)部环境评价资料来看, 气候的变化出现了有利于生态环境好转的契机, 因此, 要抓住这一有利条件, 落实好各项生态环境保护措施, 使之朝着有利于环境改善、生态平衡、可持续发展的方向发展。

参考文献:

- [1] 冯松, 汤懋苍, 王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报, 1998, 43(6): 633—636.
- [2] 徐贵青, 魏文寿. 新疆气候变化及其对生态环境的影响[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 14—18.
- [3] 朴世龙, 方精云. 1982~1999年青藏高原植被净第一性生产力及其时空变化[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 373—380.
- [4] 王谋, 李勇, 白宪洲, 黄润秋. 全球变暖对青藏高原腹地草地资源的影响[J]. 自然资源学报, 2004, 19(5): 331—336.
- [5] 邱丹, 张国胜. 青藏高原气候变化对青南地区高寒草地生态系统的影响[J]. 青海科技, 2000, (6): 23—25.
- [6] 王绍令, 赵林, 李述训. 青藏高原沙漠化与冻土相互作用的研究[J]. 中国沙漠, 2002, (3): 33—39.
- [7] 张国胜, 李林, 汪青春. 青南高原气候变化及其对高寒草甸牧草生长影响的研究[J]. 草业学报, 1999, (9): 1—10.
- [8] 丁一汇, 王守荣. 中国西北地区气候与生态环境概论

[M]. 北京: 气象出版社, 2001.

- [9] 苏珍, 蒲健辰, 谢自楚. 贡嘎山和唐古拉山垭口现代冰川的进退变化[A]. 青藏项目专家委员会编. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究—学术论文年刊[C]. 北京科学出版社, 1996 166—174.
- [10] 王堰, 李雄, 缪启龙. 青藏高原近 50 年来气温变化特征的研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(1): 41—46.
- [11] 施雅风. 中国冰川与环境[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [12] 姚莉, 吴庆梅. 青藏高原气候变化特征[J]. 气象科技, 2002, 30(3): 163—143.
- [13] 阿怀念, 石蒙沂, 李生荣. 青海高原环境演化及生态对策[J]. 青海环境, 2003, 13(4): 162—174.
- [14] 冯松, 汤懋苍. 未来 30 年和 300 年气候变化趋势预测[A]. 青藏高原近代气候变化及对环境的影响[C]. 广东科技出版社, 1998. 209—220.
- [15] Johns T C, Canell R E, Crossley, J F, et al. The second Hadley Centre coupled atmosphere GCM: Model description, spin up and validation[J]. Climate Dynamics, 1997, 13: 103—134.
- [16] Jian Ni. A simulation of biomes on the Tibetan plateau and their responses to global climate change[J]. Mountain Research and Development, 2000, 20(1): 80—89.
- [17] 沈永平, 王根绪, 吴青柏, 刘时银. 长江—黄河源区未来气候情景下的生态环境的变化[J]. 冰川冻土, 2002, 24(3): 308—314.
- [18] 徐影, 丁一汇, 李栋梁. 青藏地区未来百年气候变化[J]. 高原气象, 2003, 22(5): 451—457.
- [19] 苏珍, 刘宗香, 王文梯, 等. 青藏高原冰川对气候变化的响应及趋势预测[J]. 地理科学进展, 1999, 14(6): 407—412.

Assessment of Ecology and Environments on Climate Changing of Qinghai-Tibetan Plateau

FAN Qi-shun¹, SHA Zhan-jiang^{1,2}, CAO Guang-chao^{1,2}, CAO Sheng-kui¹

(1. Department of Geography, Qinghai Normal University, Xining 810008, China;

2. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of sciences, Xining 810008, China)

Abstract: Based on precipitation and temperature data obtained from the sixteen meteorological stations on Qinghai-Tibetan Plateau, the features of climate change in the recent 40 years are studied. The results show that the trend of climate change in the regions, as a whole, is both temperature and precipitation rises. The change of climate makes the vegetation, glacier-snow-water and land's desert produce some impact. Under climate scenarios, temperature of the Tibetan Plateau may rise by 2~3.6 °C, precipitation may rise by 0~300 mm in east and middle of plateau and may reduce by 0~500 mm in southwest by 2100 or so, as compared to that at the end of the 20th century. Permafrost zone will greatly change with climate warming. The areas are expected to decrease and will be moving upward and degrading. Though the modern glacier has to some extent diminished, the future glacier is not necessary to disappear.

Key words: Climate change; Qinghai-Tibetan Plateau; Ecology and environment to disappear.