

# 中国西北地区 气候与生态环境概论

丁一汇 王守荣 主编



Introduction to Climate, Ecology and Environment  
in Northwest China

气象出版社

# 中国西北地区 气候与生态环境概论

丁一汇 主编  
王守荣

气象出版社

## 内 容 简 介

本书分析和介绍了我国西北地区的气候条件和气候变化特征,评估了气候变化对生态环境和水资源的影响,模拟了人类活动及土地变化对西北地区气候变化的影响,并在此基础上提出了西北地区生态环境建设的评估意见与对策建议。本书还给出了较丰富的气象、水文数据,列举了大量的观测事实,旨在使读者了解西北地区的气候-生态-环境-人文系统以及相互之间的关系。

本书可供大专院校、研究部门的气象、水文、生态环境等相关学科的师生及科研人员参考和使用,还可供政府部门及关心西北地区开发的读者阅读。

## 图书在版编目(CIP)数据

中国西北地区气候与生态环境概论/丁一汇等主编.

—北京:气象出版社,2001.4

ISBN 7-5029-3135-X

I. 中… II. 丁… III. 气候-影响-生态环境-研究-西北地区 N. X171.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 021704 号

责任编辑:宋 钢 终审:周诗健

封面设计:黎 晨 责任技编:刘祥玉 责任校对:李 明

气象出版社出版

(北京市海淀区中关村南大街 46 号 邮编:100081)

\* \* \*

北京市白河印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:6.75 字数:175 千字

2001 年 4 月第一版 2001 年 4 月第一次印刷

印数:1~1500

ISBN 7-5029-3135-X/P·1113

定价:15.00 元

## 本书各章主要作者

第一章 任国玉 陆均天 邹旭凯 马巧英

第二章 赵宗慈 丁一汇 高学杰 徐 影  
罗 勇

第三章 王守荣 黄朝迎 张建敏 高 歌

第四章 祝昌汉 郑水红 陈 峪 叶殿秀  
张 强

编 辑 张 雁

## 前 言

一部人类发展史,就是人与自然的关系史。上下五千年,中华民族认识自然,改造自然,创造了辉煌灿烂的文明成果,但同时也付出了沉重的代价。我国西北地区作为中华文明的重要发祥地,自古“山林川谷美,天材之利多”,许多地方“土沃泽饶,可渔可耕”。然而由于气候变迁和人类活动的共同影响,目前西北地区生态环境逐渐恶化的问题已十分突出。水土流失日趋严重,荒漠化土地面积不断扩大,水资源进一步短缺,天然植被遭到深度破坏,草地退化、沙化和碱化面积逐年增加,生物多样性受到严重影响,最终导致许多地方“苦瘠甲天下”。

西北地区生态环境的形成和演化是众多因子相互作用的结果,其中气候变化和人类活动是两个最活跃的因子。西北地区日益恶化的生态环境,增加了自然灾害的发生频率和危害程度,严重地影响了该地区的可持续发展。20世纪末北方地区持续干旱和接踵而至的沙尘暴天气,给工农业生产和人民生活带来了严重影响。这正是气候变化和生态环境恶化共同导致的结果。如何根据西北地区的气候和地理条件退耕还林还草,大力保护天然林和草地等自然资源,保持水土,防治荒漠化,推广生态农业,已成为西北地区近期和未来生态环境建设的基本任务。

在新世纪开始之际,党中央和国务院提出了实施西部大开发战略,加快中西部地区发展的重大决策。我国西部地区幅员辽阔,资源丰富,市场潜力巨大。在继续保持东部地区良好发展势头的同时,实施西部大开发战略,有利于发挥蕴藏在中西部地区的巨大市

场潜力和发展潜力;有利于扩大国内需求,缩小地区差距,最终实现全体人民共同富裕的目标;有利于加强生态环境的建设和保护,促进社会、经济、资源和环境相协调的可持续发展;有利于增强民族团结、保持社会稳定和边疆安全。这是一项刻不容缓的艰巨任务,是泽被千秋、福荫后世、功德无量的伟大事业。

西部大开发,气象要先行。西部大开发战略提出的基础设施建设、生态环境保护与建设以及产业结构调整等都与气象条件紧密相关。有计划、有重点地开展专项气象-水文-生态环境的研究,对于西部大开发战略的实施至关重要。在大力推进生态环境建设的过程中许多重大的气象科技问题亟待回答和解决。

西北地区生态环境建设面临着怎样的气象条件和气候特征?近千年,特别是近百年来西北地区的气候演变规律如何?人类活动对生态环境有哪些影响?二者之间如何相互作用?其结果对当今西北生态环境建设有何警示意义?未来年代际西北地区气候变化趋势如何?且对西北生态环境建设有哪些利弊影响?认清上述科学问题,是实施西北地区生态环境建设的重要前提。

我们知道,西北地区最大的问题是缺水。有水则绿洲、无水则荒漠,水资源是涉及西北地区发展全局和改善生态环境的头等重要大事。西北地区的气候条件如何制约和影响西北地区的水文条件和水资源?西北地区气候要素的时空变异对降水量和地表水,特别是大江大河的径流量及其季节变化有何对应关系?气候变化对高原积雪和冰川波动有何影响?气候、水文和生态系统之间如何相互作用?如何根据水资源的客观条件来规划西部大开发的蓝图,做到宜农则农,宜林则林,宜草则草,改善西北地区的植被状况?西部大开发生态系统建设完成后对水文、水资源系统有何反馈作用?研究这些气候变异条件下的水资源问题是实施西北地区生态环境建设的先决条件。

此外,建立较完善的西北地区生态环境综合监测、预警、评估系统,充分利用气象卫星遥感技术、常规气象-水文观测站网、生态-环境等特殊和专业观测站网的先进探测手段,对西北地区生态环境的基本状况、环境要素、重大气象灾害进行监测和实时预警,并对未来可能发生的重大气象灾害事件做出预测,从而保障西北地区生态环境建设规划的顺利实施。同时必须看到,西部大开发是一项巨大的系统工程,需要经过长期的艰苦奋斗才能实现。如何对西北地区现有的生态环境建设规划做出正确评估,提出相应的对策建议,从而保证因地制宜,因势利导,为制定适合西北地区生态环境保护和建设的长期规划提供科学依据,这也是每一个科技工作者应尽的责任。

本书的编写和出版得到了中国气象局科教司的大力支持,是“西北生态环境建设气候条件保障与区划”预研究工作的一部分。在此,谨向章国材司长、张世英副司长、冯雪竹女士、张柱先生等所有对本书给予帮助的诸位表示衷心感谢。书中引用的大部分文献图表均已注明,在此再次向有关作者表示感谢。如有遗漏疏忽之处,敬请原谅。

项目编写组

2001年3月20日

# 目 录

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| <b>第一章 我国西北地区的气候特征与气候灾害</b> .....          | (1)  |
| 1.1 西北地区气候的基本特征 .....                      | (1)  |
| 1.1.1 降水、温度、蒸发等气候要素的空间分布 .....             | (1)  |
| 1.1.2 气候条件空间变异对生态环境地带形成的<br>影响.....        | (11) |
| 1.1.3 气候条件对水资源总量和分布格局的影响.....              | (13) |
| 1.2 西北地区重大气候灾害时空变化及其影响.....                | (15) |
| 1.2.1 干旱灾害的时空分布特征及其对生态环境<br>的影响.....       | (15) |
| 1.2.2 沙尘暴灾害的时空分布特征及其对生态<br>环境的影响.....      | (22) |
| 1.2.3 雪灾、暴雨、寒潮等灾害时空分布特征及其<br>对生态环境的影响..... | (31) |
| 参考文献 .....                                 | (42) |
| <b>第二章 我国西北地区现代气候变化及未来趋势展望</b> .....       | (44) |
| 2.1 近百年西北地区的气候变化.....                      | (47) |
| 2.1.1 近百年的气候变化.....                        | (48) |
| 2.1.2 近 50 年的气候变化 .....                    | (51) |
| 2.2 人类活动对西北地区气候变化的可能影响模拟.....              | (62) |
| 2.2.1 人类排放温室气体和硫化物气溶胶对气候<br>变化的影响.....     | (66) |
| 2.2.2 沙漠化的气候影响.....                        | (69) |

|            |                                   |             |
|------------|-----------------------------------|-------------|
| 2.3        | 西北地区未来 50 年降水的自然变化<br>趋势预测·····   | (70)        |
| 2.4        | 西北地区未来 50 年人类活动造成气候变化<br>的估测····· | (71)        |
| 2.5        | 未来西北地区气候变化展望·····                 | (73)        |
|            | 参考文献·····                         | (74)        |
| <b>第三章</b> | <b>气候变化对西北地区生态环境的影响</b> ·····     | <b>(77)</b> |
| 3.1        | 气候变化对西北地区水资源的影响·····              | (77)        |
| 3.1.1      | 西北地区水资源特征、种类与数量·····              | (78)        |
| 3.1.2      | 历史气候变化对西北地区水资源的影响·····            | (86)        |
| 3.1.3      | 近百年来气候变化对西北干旱区水资源<br>的影响·····     | (90)        |
| 3.1.4      | 近 50 年来气候变化对黄河上游水资源<br>的影响·····   | (96)        |
| 3.1.5      | 未来气候变化对西北地区水资源的影响评论·····          | (101)       |
| 3.2        | 未来气候变化对西北地区植被的影响·····             | (108)       |
| 3.2.1      | 西北地区植被的分布·····                    | (109)       |
| 3.2.2      | 西北地区植被对气候变化的敏感性·····              | (111)       |
| 3.2.3      | 气候变化对西北植被生产力的影响·····              | (112)       |
| 3.2.4      | 气候变化对西北植被分布的影响·····               | (116)       |
| 3.2.5      | 气候变化对植被影响研究的不确定性·····             | (118)       |
| 3.3        | 气候变化对西北地区荒漠化的影响·····              | (119)       |
| 3.3.1      | 荒漠化和沙漠化的定义及区别·····                | (120)       |
| 3.3.2      | 西北地区荒漠化和沙漠化的分布现状及特点·····          | (121)       |
| 3.3.3      | 气候变化对西北地区沙漠化的影响·····              | (124)       |
| 3.3.4      | 气候变化对西北地区荒漠化影响的不确定性<br>和局限性·····  | (132)       |

|       |                                  |       |
|-------|----------------------------------|-------|
| 3.4   | 气候变化对西北地区天气气候灾害的影响 .....         | (134) |
| 3.4.1 | 全球气候变化对天气气候灾害影响研究<br>的主要成果 ..... | (135) |
| 3.4.2 | 国内的主要研究成果 .....                  | (135) |
| 3.4.3 | 气候变化对西北地区天气气候灾害的影响 ...           | (136) |
| 3.5   | 西北地区气候变化对生态环境影响的研究框架 ...         | (153) |
| 3.5.1 | 建立评估指标体系 .....                   | (153) |
| 3.5.2 | 气候变化对生态环境影响现状的评估 .....           | (154) |
| 3.5.3 | 对生态环境建设的对策及建议 .....              | (154) |
| 3.5.4 | 评估系统建设 .....                     | (154) |
|       | 参考文献 .....                       | (155) |

#### 第四章 当今气候条件及未来变化对西北地区生态环境

|       |                          |       |
|-------|--------------------------|-------|
|       | 建设和经济发展的利弊分析 .....       | (159) |
| 4.1   | 当今气候条件对西北生态环境建设的利弊分析 ... | (159) |
| 4.1.1 | 对森林植被生态环境建设的利弊分析 .....   | (160) |
| 4.1.2 | 对草地生态环境建设的利弊分析 .....     | (163) |
| 4.1.3 | 对荒漠化的利弊分析 .....          | (164) |
| 4.2   | 未来气候变化对生态环境建设的利弊分析 ..... | (167) |
| 4.2.1 | 对森林植被生态环境建设的利弊分析 .....   | (167) |
| 4.2.2 | 对草地生态环境建设的利弊分析 .....     | (168) |
| 4.2.3 | 对荒漠化的利弊分析 .....          | (169) |
| 4.3   | 当今气候条件对西北地区经济发展的利弊分析 ... | (170) |
| 4.3.1 | 对农牧业的利弊分析 .....          | (170) |
| 4.3.2 | 对水资源、能源、交通的利弊分析 .....    | (177) |
| 4.3.3 | 对旅游业的利弊分析 .....          | (178) |
| 4.4   | 未来气候变化对西北经济发展的利弊分析 ..... | (179) |
| 4.4.1 | 对农林牧业的利弊分析 .....         | (179) |

|       |                                         |       |
|-------|-----------------------------------------|-------|
| 4.4.2 | 对西北地区水资源的利弊分析 .....                     | (181) |
| 4.4.3 | 对能源、交通等的利弊分析 .....                      | (182) |
| 4.5   | 从气候条件及其变化评估现有西北地区生态环境<br>建设规划的可行性 ..... | (183) |
| 4.5.1 | 西北地区生态环境建设规划概况 .....                    | (183) |
| 4.5.2 | 从气候条件及其变化评估《规划》的可行性 ...                 | (185) |
| 4.6   | 对西北生态环境建设的对策建议 .....                    | (194) |
| 4.6.1 | 合理开发利用气候资源,积极开展西北地区<br>生态环境气候区划工作 ..... | (195) |
| 4.6.2 | 加强水资源的合理开发利用 .....                      | (197) |
| 4.6.3 | 积极开发利用空中云水资源,搞好人工增雨<br>作业 .....         | (198) |
| 4.6.4 | 加强对西北地区气候生态环境的动态监测<br>和评估 .....         | (199) |
| 4.6.5 | 进一步完善西北地区气象灾害监测预警系统...                  | (200) |
| 4.6.6 | 依靠科技进步,促进和加快生态环境建设.....                 | (201) |
| 4.6.7 | 加强综合治理 .....                            | (202) |
|       | 参考文献 .....                              | (203) |

# 第一章 我国西北地区的气候特征与气候灾害

我国西北地区处于欧亚大陆内部,地域辽阔,地貌复杂多样,气候要素的分布很不均匀。就西北五省区(狭义的西北地区)来说,陕西省境内有渭河横穿,其东北有吕梁山,中部有东西走向的秦岭山脉,秦岭以北为温带气候;甘肃省地处我国东部季风区、西北干旱区和青藏高原气候区三大气候带的交汇地带;宁夏位于黄土高原和西北的沙漠之间;青海省处于青藏高原东北部,大部地区海拔都在 3000m 左右,部分地区还超过 4000m;新疆地处我国最西北,区内高山盆地相间,沙漠分布广泛。西北大部分地区属于温带大陆性干旱与半干旱气候,只有东南部边缘地带和新疆西部山地分别受季风和西风环流影响,降水略多,出现温带半湿润季风气候和温带山地湿润气候。西北地区气候的这一特点对自然生态环境的形成、演化以及人类社会经济的发展均具有显著的影响。

## 1.1 西北地区气候的基本特征

### 1.1.1 降水、温度、蒸发等气候要素的空间分布

#### 1.1.1.1 降水

年降水量:西北多数地区的降水量不多,属干旱、半干旱气候。西北五省区的年降水量分布趋势是从东南至西北由多到少,又由少到略有增多(图 1.1)。陕西南部、甘肃南部、青海东南部年平均降水量为 500~1000mm,雨水资源充沛;陕西中北部、宁夏大部、甘肃中部、青海中东部年平均降水量有 100~500mm;甘肃西北

部、青海西北部、新疆中南部年降水量一般不足 100mm,青海西北部的柴达木盆地和新疆的塔克拉玛干沙漠、吐鲁番盆地等地年平均降水量在 20mm 以下,这些地区受其周围高山的包围,水汽很难到达,气候十分干旱,除了少数地方外,大多为沙漠、戈壁或荒漠;北疆地区年降水量有所增加,约 100~250mm 左右。

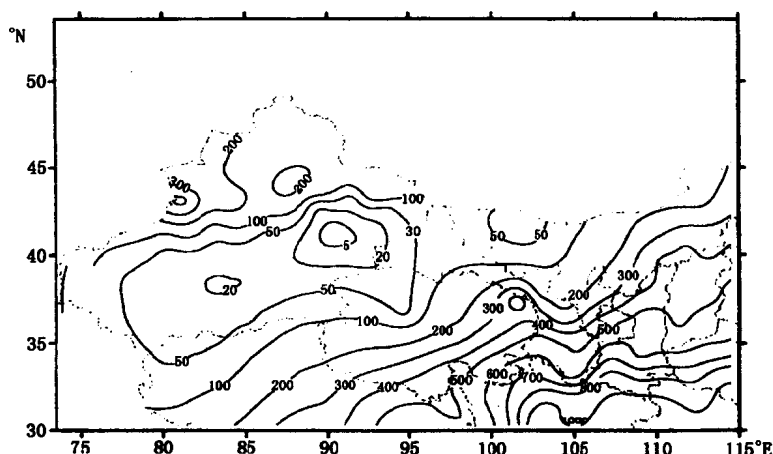


图 1.1 西北地区年降水量等值线(mm)

陕西省中南部年降水量在西北五省区中最多,东西走向的秦岭阻碍了冬季风的南下和夏季风的北上,秦岭、大巴山一带的降水量充沛,年平均降水量为 600~1000mm,特别是陕西南部,年降水量一般都在 800mm 以上,雨水充足。秦岭以北降水量逐渐减少,但一般年降水量也在 400mm 以上。

甘肃省大部地区属半干旱、干旱气候,降水量不多,年降水量的分布从东南到西北迅速减少,南部的岷县年平均降水量是 579.9mm,而西北的敦煌仅为 38.7mm。陇南、陇东、陇中地区属于东部季风区,受季风影响,降水相对较多,陇南山区和甘南高原,年

平均降水量达 500~800mm,陇东地区南部年降水量也有 500mm 左右。河西走廊和阿拉善高原降水稀少,是辽阔的荒漠地带,走廊西端是甘肃省降水最少的地区,年降水量一般不足 50mm。河西走廊降水量虽然很少,但由于分布在走廊地带的内陆河径流量稳定,加之有大量的地下水资源,光能资源也相当丰富,因此对发展农业很有利。

宁夏全省年降水量由南至北迅速减少。宁夏南部的六盘山,东南来的暖湿气流在这里爬坡上升,形成相对较多的降水。银南地区的年平均降水量一般都在 200~450mm。银北地区年平均降水量一般有 150~200mm,虽然这里的降水量不如南部,但有黄河主河道贯穿,引黄灌溉工程自古有之,而且宁夏西北的贺兰山与内蒙古的阴山阻挡了蒙古干冷空气和戈壁风沙的侵袭,对银吴灌区起到了天然屏障的作用。

青海省年降水量的分布也是由东南向西北递减。青海省东南部年平均降水量为 500mm 左右;东北部的湟水流域降水较多,年平均降水量也有 500mm 左右;西北部是干燥的柴达木盆地,年降水量一般不足 50mm。

新疆是西北五省中降水量最少的省份。从海洋而来的水汽经过长途跋涉、高山阻隔,不断地凝结降落,能够到达新疆上空的已是不多,这是新疆地区干燥的主要原因。新疆地形条件多种多样,海拔高度差异悬殊,因此降水的空间分布很不均匀。南疆大部地区年平均降水量不足 100mm,这里是我国最大的盆地——塔里木盆地所在地,盆地四周的高山阻隔了水汽的输送,周边山区平均年降水量一般只有 50mm 左右,愈到盆地内部,降水愈少。南疆降水量最少的地方是吐鲁番盆地,年平均降水量仅为 15.2mm,这里也是西北五省中年降水量最少的地区。北疆大部地区年降水量为 200mm 左右,虽然其南北有山脉阻隔,但北疆西部有多处山势不

高,海拔不足 500m 的缺口,这样从大西洋和北冰洋来的冷空气和水汽由此进入,受地形抬升作用,先在西部天山和准噶尔盆地西部山区形成较大降水,向北遇阿尔泰山脉西南坡,向南又遇天山山脉,都形成较大降水,这些地区的平均年降水量一般都在 150mm 以上。越向东走,进入准噶尔盆地内部,无地形抬升作用,也就无大的降水。该区降水的年际变化率大。绝大部分地区降水的相对变率(指均方差与平均值之比)大于 50%,是我国降水相对变率最大的地区。

降水季节分配:西北五省各季的降水量分布趋势大体与年降水量相似。冬季(12 月~翌年 2 月)降水量最小,除北疆的西北部外,绝大多数地区不足 50mm。陕西北部、宁夏大部、甘肃大部、青海大部、南疆大部不足 10mm;春季(3~5 月),大部分地区已开始有一定的降水,特别是陕西南部、甘肃南部季降水量已超过 100mm,北疆地区也有 20~80mm 的降水,而甘肃西北部、青海西北部的柴达木盆地及南疆大部季降水量仍然不足 20mm。夏季(6~8 月)各地降水明显增多,陕西大部、甘肃南部、青海东南部季降水量有 100~200mm,宁夏大部、甘肃中部、青海中部在 30~100mm 之间,其余地区大部分有 50~100mm;10 月各地降水量迅速减少,除陕西中南部和甘肃东南部外,绝大多数地区月降水量不足 50mm。夏季是西北地区的主要降水季节,除陕西中南部、甘肃南部以及新疆北部外,大部分地区夏季降水量约占全年降水量的 60%~70%(图 1.2),雨季和干季十分分明。秋季(9~11 月)各地降水量迅速减少,陕西中南部、甘肃东南部、宁夏南部和青海东南部仍有 100~250mm 的降水,陕北、宁夏大部、甘肃中部、青海局部地区及北疆西北部 50~100mm 降水,其余大部地区不足 50mm。西北地区秋季的降水量要比春季略多一些。

因此,各季降水量的分布基本可分为三个区域,即天山以南到

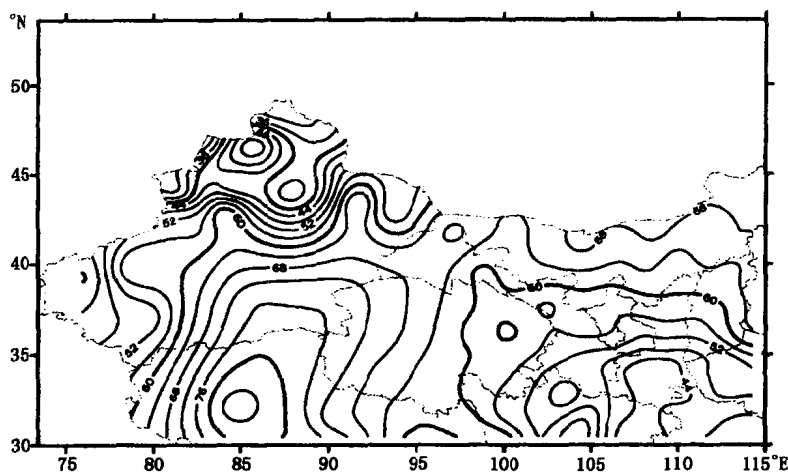


图 1.2 西北地区夏季降水占年降水量百分比(%)

青海柴达木盆地一带是西北地区的降水最少区,天山以北和青海中部及甘肃河西走廊一带为降水稍多区,甘肃中部以东地区为相对多雨区。其中,陕西的关中和陕南为降水最多区,其季节分布与年降水量分布基本一致。

#### 1.1.1.2 气温

西北地域广阔,地形复杂,高山与平原、盆地相间,沙漠与绿洲共存,所以气温的空间分布差异较大,受地形影响非常显著。

年平均气温:西北五省年平均气温的变化在  $0\sim 16^{\circ}\text{C}$  之间,分布趋势从东南到西北气温逐渐降低,在青海省东南部达到较低值后又慢慢升高,至新疆天山一带气温迅速降低,越过天山后气温有所上升,再向北去,气温又稍有下降(图 1.3)。年平均气温的这种分布趋势与地形的变化密切相关。陕甘两省秦岭以南,受东部季风影响,气候比较温暖,年平均气温一般在  $12^{\circ}\text{C}$  以上;陕西、甘肃的其他地区及宁夏年平均气温在  $8^{\circ}\text{C}$  左右;而往西去,在青海省东南

部,山地起伏,气候严寒,年平均气温只有 $-4\sim 0^{\circ}\text{C}$ ;再往西北去,气温又逐渐升高,有柴达木盆地、塔里木盆地、吐鲁番盆地这几个气温相对较高的暖中心,吐鲁番的年平均气温可达 $14.3^{\circ}\text{C}$ 。在新疆天山一带,由于地势陡增,气温迅速降低,这里是西北五省中年平均气温最低的地方。天山北麓、准噶尔盆地南部边缘,气温有所回升,新疆最北面的阿勒泰地区也是山区,所以气温又稍有下降。

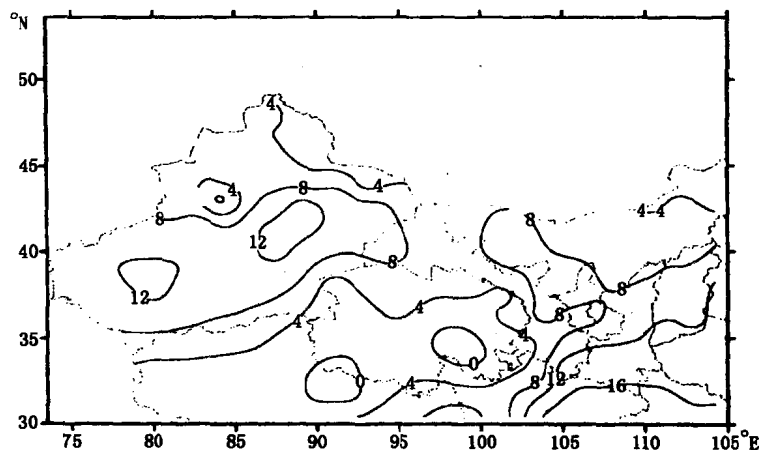


图 1.3 西北地区年平均气温等值线( $^{\circ}\text{C}$ )

四季气温:以1、4、7、10月分别代表冬、春、夏、秋四季。西北五省区1月平均气温的变化范围在 $-27\sim 4^{\circ}\text{C}$ 之间,气温的分布趋势与年平均气温分布相似(图 1.4)。陕西南部与甘肃南部的秦岭以南地区1月平均气温在 $0^{\circ}\text{C}$ 以上,陕西的安康1月平均气温为 $3.5^{\circ}\text{C}$ ,这里的冬季较西北其他地区都要温暖;陕西中北部、宁夏、甘肃大部冬季受蒙古冷高压控制,气温由东南至西北逐渐降低,从 $0^{\circ}\text{C}$ 降至 $-11^{\circ}\text{C}$ 左右;青海的东南部是青藏高原东北角,海拔高,气候较严寒,玛多站1月平均气温达 $-16.8^{\circ}\text{C}$ ,青海省其余地区1月