

一、绪论

旱地农业是没有补充灌溉条件的半干旱地区的农业生产。一般认为，年降水量在 250—500mm 范围的地区属半干旱区。除年平均降水量外，还有其他因素决定着农作物生产的范围和稳定性。半干旱地区年度间和季度间的温度变化、降雨类型及分布大不相同，也会导致农作物生产的差异。旱地农业遇到的任何问题，都基因于气候，或由于气候加剧了问题的严重性。

世界干旱区

世界干旱和半干旱区约 4470 万平方公里 其中半干旱区约占 39%，即 1740 万平方公里。

大部分半干旱区的土地不适于农作物生产，但可用于放牧。用于放牧的土地对这类地区的经济稳定很重要，但其利用不一定要和农作物生产联系在一起。世界上有成千上万吨公顷土地宜于放牧，却种植了农作物，这就涉及到从事干旱地生产的农学家们如何去合理利用这些土地了。

全球 90% 的干旱区集中在 27 个国家 (图 2.2—2.7) 每个国家最少有 234000 平方公里的半干旱地，它们在世界食物生产和供应上显得日益重要。从热带到寒冷带都有半干旱地的分布，因而作物的种类与土地的经营管理制度，也随着气候的

不同而异。

美国的干旱地区：美国半干旱土地估计有 140 万平方公里，最大的半干旱区位于大平原的 10 个州约 110 万平方公里；其它半干旱区可分为：包括俄勒冈和华盛顿两州东部、爱达荷州北部的太平洋西北区；科罗拉多州西部、犹他州和爱达荷州南部的山间区；以及加利福尼亚太平洋西南区。以上只是粗略的划分，各区之间的界限并不十分确切。

由于各区的气候因素不同，其种植的作物类型（冬性与春性谷物）耕作管理方式等也不一致。区间的气候差异是由于降水总量及其分布，冬夏气温的高低以及适于作物生长季节的长短不同所致。

旱地农业简史

旱地农业已有很多世纪的历史，但仍存在于传统古旧农业地区的旱地农业，与现代发达地区的现行旱农制不同。比如非洲、中东的旱农区就变化甚微，大都仍处于原始状态，农业生产被手工工具和畜力动力限制在小面积上，自纪元之始至今，生产方式没有明显的变化。虽然第三世界一些国家的土地改革提供了发展的机会，但进展迟缓。这些地区变化最大的是实现了机械化（对这个区域内是可行的或在经济上是能够实现的），尽管如此，在耕作类型、播种管理及收获程序等方面，仍与原来区别不大。许多国家所保有的农业手工劳动，乃是它们农村就业的主要方式。

所有发达国家的旱农生产，在作物和土壤管理方面，都有了相当大的变化。从管理的精细程度和旱农技术水平来说，高度发达的是澳大利亚、加拿大和美国，它们的管理体

制的发展已接近一致，但也不尽相同。如澳大利亚以绵羊和羊毛为主的生产现代化管理体制，与其他地区迥然不同。

虽然十九世纪六十年代犹他州就首次有了开拓村落居留地的纪录，但当时美国向旱农地区移民的工作进展缓慢。铁路的修筑对旱农地区的移民工作起了促进作用。铁路部门之所以对开发这些新土地感兴趣，一是可将当地农产品运到市场出售以取利；二是以此获得大量土地以图日后出售。他们为了证明这里的土地能够种植作物，曾资助几个州设立了试验站，以影响以后的移民。他们的影响甚至曾扩展到尝试实行旱农农业生产而未获成功的亚利桑那州。

直至跨进二十世纪，美国干旱地区的大多数移民没有什么经营劲头。他们发现自己处于与农业生产完全不相适应的环境中，既不具有经营旱农生产的实践知识，也没信息来源，出于他们急需必要的信息和有关的讨论会，以研讨解决所遇到的难题，才在二十世纪初期成立了泛密苏里旱农讨论会，它后来发展为国际旱农会议，1911年在科罗拉多—斯普林斯市召开的年会有12个国家的900名代表出席。会议每年印发年会活动情况的简报和探讨农民不同阶段有关经验的论文。所提出的农业生产体系，大多数为会议认可。“坎贝尔科学土壤耕作制”（*The Campbell system of scientific soil culture*）就是一例。此制度与当时其他制度一样，主张以深耕来贮蓄雨水，它提倡底土坚实法（用工具促使耕层稳定）和细土覆盖法（粉碎表土以减少表土大孔隙）以减少蒸发。还提出了诸如耐旱作物育种和新耕作方式等。

国际旱农会议总部于1912年由科罗拉多—斯普林斯市迁往加拿大阿尔伯达省的累斯布里奇。此后该组织的活动逐渐减少，至1917年完全停止了活动。

1902年以前只有极少数试验站从事旱农研究，为此可获得联邦基金会的资助。1902—1939年间，14个州的35个试验站全部或部分地接受了联邦基金，开展了旱地研究。1912年前大约就有一半试验站开始了工作。有28个试验站设在大平原各州，其余设在山间区和太平洋西北区。五十年代中期各州还另外成立了涉及旱地研究的37个试验站以后不久中断了联邦基金的资助。

1915年有些站已开始印行研究资料，这些以实际研究为依据的报告为很多地方采纳。重温早期一些文献表明，后来的旱地研究者重复了以往的工作，浪费了相当多时间。

加拿大最大的干旱区阿尔伯达省和萨斯喀彻温省，是美国大平原的向北延伸；不列颠哥伦比亚省南部的小块半干旱区，是美国太平洋西北区的延伸。加拿大旱地农业研究几乎与美国同时开展，两国毗邻地区的研究和农业措施也十分近似。

澳大利亚各州都有半干旱区，但其北部地区农作物生产的经济意义不大。澳大利亚旱地农业的发展与北美几乎一致，都具有连作与放牧休闲的相同经验；但澳大利亚的草粮轮作则遥遥领先。这种轮作制的实施，使其羊毛生产在经济上日益重要，但谷物生产有所下降。总的来说，它对畜牧业与种植业都有裨益。

二次世界大战以来，发达国家的旱地农业生产已有显著进展，在近一、二十年进步更快。改进耕作、栽培和收获机械，推广高产抗病品种，合理的施肥技术，都促进了农作物的生产。

热带半干旱区比温带半干旱区的雨量多些，但前者旱季具有蒸发量大大超过降雨量的特点，其雨季延续2—10个月

不等。印度的热带半干旱区年雨量在 400—1500mm 之间。由于这里全年温度变化很小，种植作物的生长季主要依降雨期而定。

干旱地区的展望

许多发展中国家在改进旱地农业以求得粮食自给方面的努力引人注目。这个地区的许多土地从气候方面衡量，适于农作物生长，特别是地中海沿岸和中东，但土地已被不合理利用了若干世纪，所以要在这类地区获得稳定产量，面临的困难还不仅是土壤和气候条件。经历了若干世纪的农业实践与社会习惯，使人们在引进新技术上变得很迟缓。印度的不适应高产的低水平管理方式，主要受到传统农业生产制度的束缚，年降水量中仅有一小部分供给作物生长，而持续的土壤侵蚀降低了土壤的生产力。

这些地区也必须走发达的干旱地区所经历过的推行新型农业管理体系的道路，但必须注意借鉴大量有益的资料和成功经验，以便在较短时间内赶上发达地区和避免不必要的损失。

二、气候

由于降雨的形式和雨量的分布对农业生产极为重要，天气条件始终是半干旱地区的一个主要问题。诸如冰雹或干热风等其他严酷天气可损害未成熟的农作物，也是影响某些干旱地区农业生产的重要因素。应经常考虑构成天气的这些因素，掌握它们出现的概率和频率，以便确定适应特定地区的最稳定的农业型。气候——诸如夏、冬温度、年度与季度间的降水量、风向和风速等一般天气情况——控制着任何一个地区的农业生产潜力。鉴于各气候因素是以平均值表示的，所以天气预报的准确度取决于该气候因素平均偏差的极量与频率。由于变异性首先是对农业生产不利的偏差，故变异性是一种重要因素。：

特定地区的气候，通过可控制该地区热量与水分平衡的大气环流的特定模式而定。水分平衡与热量平衡之间存在着密切而直接的关系，且一种平衡常受另一平衡的影响。两者的特性组合方面确定特定地区的气候关系。

热带地区茂密的植被和雨林，是由于赤道上升的热空气冷却导致降水的结果。当从赤道向南、北两方移动的是干燥的空气，当移至南或北纬 30° 时便形成干旱条件。在南、北纬 30° 以上地区出现的半干旱过渡地带，与这种大气模式有关。

陆地和海洋的分布缓和了纬度作为气候控制因素的影响。陆地表面易于吸热与放热，比水体变热、变冷更快。当

夏季吸收的热量大于散出的热量时，陆地比海洋更暖些；而晚间或冬季，当吸收热量较少或不足时，陆地冷却速度大于海洋。因此，陆地比海洋具有更大的温度日较差，即昼间较暖，夜间较冷。季节间的温度变化亦如此，即陆地的夏、冬温差大于海洋。水体上空云量与湿度的增加，阻挡了太阳辐射，亦有助于减缓温度的变化。

干旱与半干旱地区的气候常受大陆的盛行风和阻碍海洋空气团进入陆地的障碍物的影响。但各干旱地区之间在降水时间、数量和形式，温度季节性变化或任何可测定的气候因素等方面是有差异的。

干旱、半干旱地区分布于南、北纬 30° 以上地区，是由于其与赤道海洋气团源地较远或受地形屏障阻隔，使得空气变得干燥所致。另外，当空气沿山脉上升时冷却，形成了背风面的干燥气候。如北美洲中部盛行的西风被太平洋沿岸山脉阻挡，形成了山西边沿海地区的湿润气候和在沿岸山脉和落基山脉之间的以干旱气候占优势的干旱、半干旱区。西风再沿落基山脉上升，进一步干燥，落基山脉以东的大平原只能获得极少的来自太平洋气团的降水。大平原的降水大部分是北极下来的冷空气与墨西哥湾北上的热带海洋气团交锋或形成旋风的结果。由于两种气团相遇时发生的反应强烈；所以常发生强大的风暴和冰雹。该地区的这类风暴多于落基山以西的山间地区。

来自墨西哥湾的暖湿气团常沿密西西比河流域移动，最后往东转向大西洋，而不能抵达大平原地区，使该区降水量偏低。遍及大平原的热带气团，通常源自墨西哥的干旱高原，含水极少。气压体系恰好位于从墨西哥湾移向大平原的合适的位置。

由于热带气团从源地移往遥远处时，含水量逐渐减少，导致降水量降低，因而大平原自南而北，降水量普遍减少，从得克萨斯州南部的 635mm，降到大平原北部的不足 305mm。

北非干旱地区是由于盛行风将地中海湿空气带到远离非洲海岸的结果。相反，欧洲地中海沿岸较少干旱地区，则是盛行风将海洋气团带到了内陆；西欧之所以很少干旱是由于没有什么阻碍盛行西风携带大西洋湿空气的障碍。

气候的分类

用于气候分类的方法很多。天然植被多年来一直是气候分类的主要依据。虽然植被可反映气候的影响程度，但无法提供有关特定地区内诸气候因素的变异性，在许多重要气候因子有差异的气候区内，常可见到相似的自然植被。因此，自然植被只能反映特定地区的一般气候条件，而不能解释该气候区的个别气候特性。矮小的草本植物指示着半干旱气候条件，仅反映存在于较广范围内的某种降水量与蒸散量的关系。植被的种类不能提供有关降水的类型、数量和年度分布，蒸散率，夏季与冬季的最高、最低温度的具体资料。

文献中最常用于确定半干旱气候的标准是潜在蒸散量、降水效率 (P-E) 指数和水分指数。

适合农业生产的半干旱区的全年气候可分为潮湿、过渡及干旱三个时期。潮湿月份的降水量超过潜在蒸发量；过渡月份的降水量加上贮存的土壤水等于或超过潜在蒸发量的 50%；干旱月份，降水量加上贮存的土壤水低于潜在蒸发量的 50% 鉴于全年中仅某一时期需要所贮存的土壤水，故按

平均值计算，任何半干旱区只有干旱月份、部分地区也只有干旱月份和过渡月份不适合农作物生产。

蒸发、蒸腾、蒸散量和有效降水量是常用于表示水的有效性与植物生长关系的术语。在土壤—植物—水系统中，蒸发涉及以水蒸汽形式从土壤中散失的水分；蒸腾涉及通过植物的生理过程从土壤中散失到大气中的水分；蒸散量是蒸发和蒸腾的合义词，表示在特定地区、特定时期内经植物体和土壤表面散失的总水量。有效降水量是指不会通过蒸发、径流和渗至土壤深层植物根系以下而丧失的降水量即以土壤水的形式贮存在根系分布范围的那部分降水量。潜在蒸散量不同实际蒸散量，它表示从完全覆盖植被而土壤中随时都有充足水分供植物吸收时植被释放到大气中的水量。实际蒸散量是指在一定的时期、气候与土壤水条件下经植物散失的土壤水分。

蒸散受控于多因子，但蒸散必须具备两个基本条件：一是必须有蒸散的能量，二是必须有水蒸汽通向蒸发表面的输送机制。一般是气候制约着蒸散过程，但土壤与植物也是主动地不时影响着气候。在半干旱条件下潜在蒸散量虽然很高，但因土壤中缺乏可供蒸散的水分，而实际蒸散量往往甚低。云量及雨量不足是干旱区潜在蒸散量高的原因，最终导致较高的白昼温度和低的相对湿度。

不能仅按降水量的多少来确定一个地区的气候是湿润或干燥，必须结合需水和水的累积作通盘考虑。降水效率指数和水分指数被用于确定任何一定地区热量和水分的关系。

降水效率 (P-E) 指数，是经过适当归纳修正的月平均降水量与月平均温度的比值，据此综合可提出年度值。表 2.1 列举了 Thornthwaite (1931) 提出的五个不同湿度类型地区

表 2.1 不同湿度类型区的 P-E 指数

湿度类型	P-E 指数
高 湿 区	>128
湿 润 区	64—127
半 湿 润 区	32—63
半 干 旱 区	16—31
干 旱 区	<16

的 P-E 指数。这种划分是以经验为依据的，以此无法确定某地区的降水量—蒸散量关系。两个在降水—温度比相同的地区，有可能在降水—温度特性上差别很大。

水分指数是需水或水累积的一种指标。一年中不同时期都存在水的累积和水的不足，在确定水分指数时必须进行考虑。根据需水或水累积情况，某个月具有湿度指数或干燥指数，取决于水分的盈亏。图 2.1 显示了从科罗拉多州干旱的大章克申到纽约州潮湿的索尔兹伯里的几个地区的水累积和需水的年分布。三个较湿润地区具有相似的年平均降雨量，但由于年分布和潜在蒸散量不同，其水累积和需水期差异很大；华盛顿州普尔曼和蒙大拿州赫勒纳的半干旱区夏季均需水，但由于降水分布不同，普尔曼的土壤贮水量要大得多，且其全年的潜在蒸散量也高。科罗拉多州的大章克申年降水量低，潜在蒸散量高，土壤贮水量少。该地区的灌溉农业发达，但为满足旱地作物的满意生产的需水期过长。

Thornthwaite(1948)根据水分指数确定了 9 种基本气候型(表 2.2)。水分指数为 0 时表示既无水分累积也不需水。美国西部的太平洋沿岸和某些山区有湿润区分布，但湿润气候多于美国的东部。由明尼苏达州北部的 0 水分指数区划一垂线至墨西哥湾，则是美国湿润区与西部干旱气候的大致分界

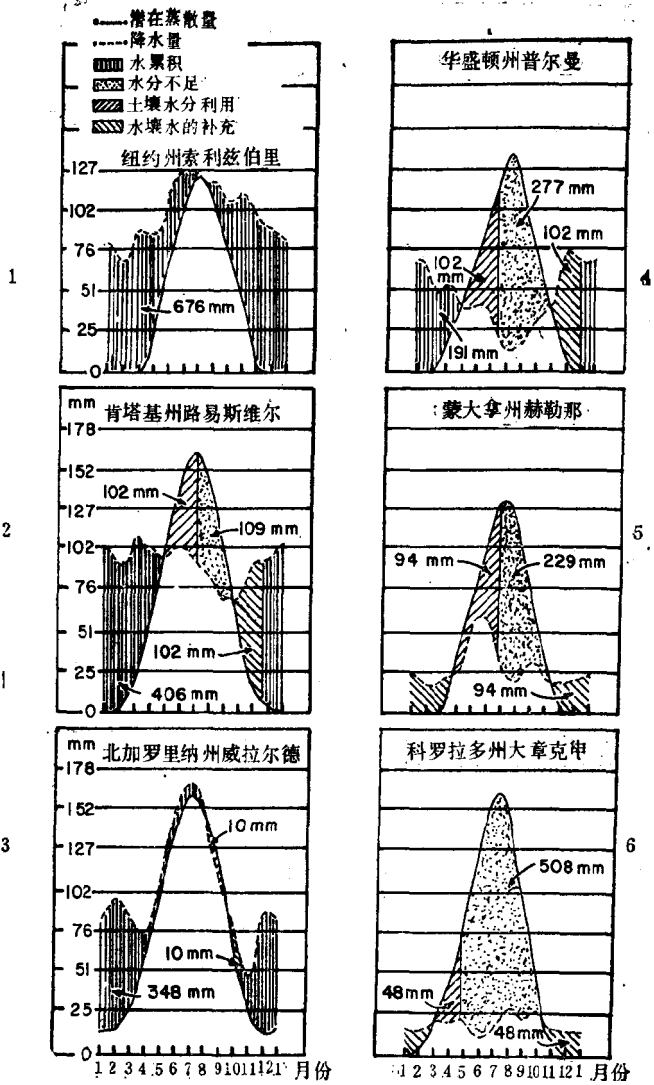


图2.1 不同地区水累积和需水的年分布

线。当一个季节的水累积不能满足随后的缺水期时，则由土壤水予以补偿。故测定某地总水分指数时，水累积期比缺水期更重要。

表 2.2 依水分指数划分的气候型

气候型	水分指数
A 过湿型	100以上
B ₄ 湿润型	80—100
B ₃ 湿润型	60—80
B ₂ 湿润型	40—60
B ₁ 湿润型	20—40
C ₂ 半湿润偏湿型	0—20
C ₁ 半湿润偏旱型	-20—0
D 半干旱型	-40—-20
E 干旱型	-60—-40

在测定是水累积还是需水时，应估价供测地的潜在蒸散量。测定潜在蒸散量需要用列线图解和表格进行复杂的计算。未经校正的潜在蒸散量是按每月 30 天，每天 12 小时日照计算出来的，潜在蒸散量则是月份值总和并以每月实际天数和参照供试地点的实际日照时数进行校正后的数字。

世界的半干旱气候

水分指数是梅格斯 (Meigs) 用于划分世界干旱与半干旱气候的依据。任何气候区的气象草图的边界线并不一致，边界线的画法取决于采用的分类法和用于该法的数据量及其可靠性。Meigs 所用的方法仍然是确定一定地区和世界干旱、半干旱地区范围时的最佳方法。图 2.2—2.7 明确了不同半干

旱区适宜的农业生产类型。凡最暖月份的平均温度低于 10°C 的半干旱区不包括在内，因其缺乏供给作物生长的必需热量。图 2.2—2.7 也不包括被划为干旱类型地区，而世界干旱区面积几乎是半干旱区的两倍。

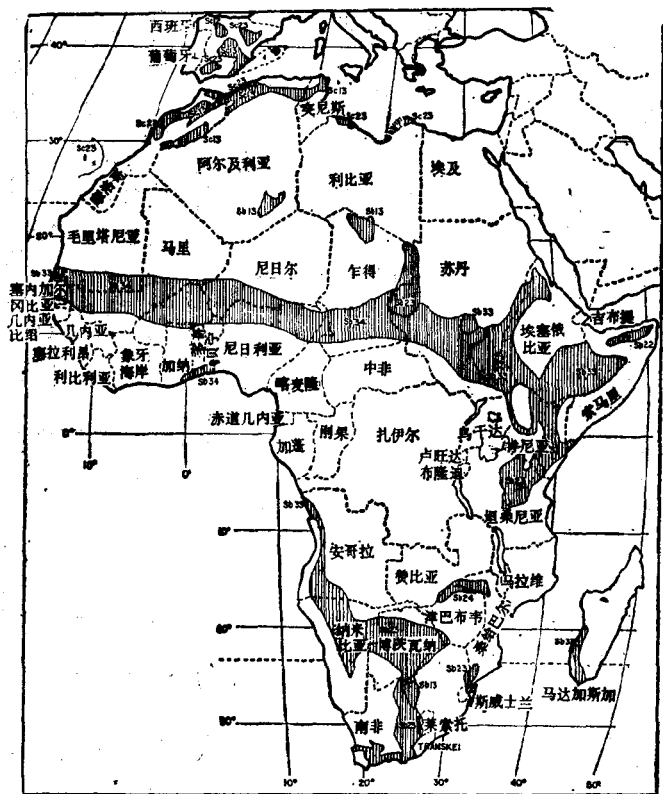


图 2.2 非洲和西班牙的半干旱地区

图 2.2 中地区的划分标准是降水量、降水季节和最冷、最热月的平均温度。半干旱地区水分供应上限的水分指数是 -20 。

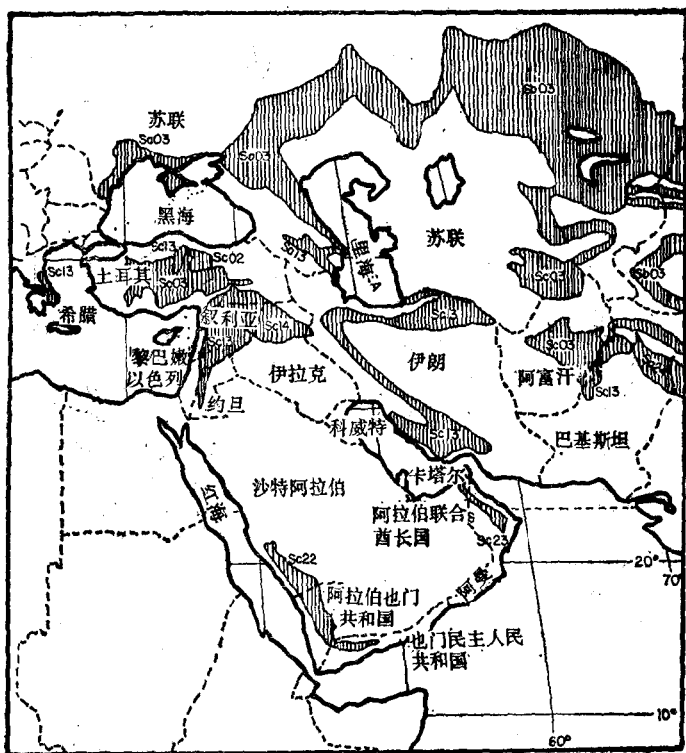


图 2.3 东欧和中东的半干旱地区

Meigs 划分半干旱气候图所用的符号列于表 2.3。S 在气候分类中用以表示半干旱条件。根据最冷、最热月的平均温度标记于图中，共分四个等级：热气候标为 24, 33 和 34；温暖气候标为 22 和 23；凉爽的冬天标为 12, 13 和 14；寒冷冬天标为 02, 03 和 04。

表 2.3 用以确定半干旱气候的标记

降 水 季 节	a 无固定季节区 b 夏季降水区 c 冬季降水区
平 均 温 度	0 <0°C 1 0—10°C 2 10—20°C 3 20—30°C 4 >30°C

非洲半干旱面积约占世界半干旱面积的三分之一。撒哈拉北部有冬季降水，冬季温或凉爽。萨赫勒地区是撒哈拉赤道之间横跨非洲的可获得夏季降水的半干旱区，也包括夏季降雨的赤道以南的温暖半干旱区。西欧唯一的半干旱区在西班牙。

半干旱区亦见于东欧、中东和西亚。希腊、中东和有不同降水类型的苏联，普遍有冬季降水。

亚洲东部热带与较寒冷气候区，夏季降水占优势。苏联、中国、蒙古人民共和国的半干旱区冬季寒冷，而印度的半干旱区则普遍是热带气候。

澳大利亚约 75% 地区属干旱或半干旱区，在北部热带气候和东部、南部温暖气候影响下，半干旱区有三种雨量分布类型。

拉丁美洲具有经济重要性的旱区在阿根廷，其大部分气候类型与美国大平原南部相似，但其西部有冬季降水。在巴西虽然发现有小块的温暖半干旱区，但大部是其北部的热带半干旱区。

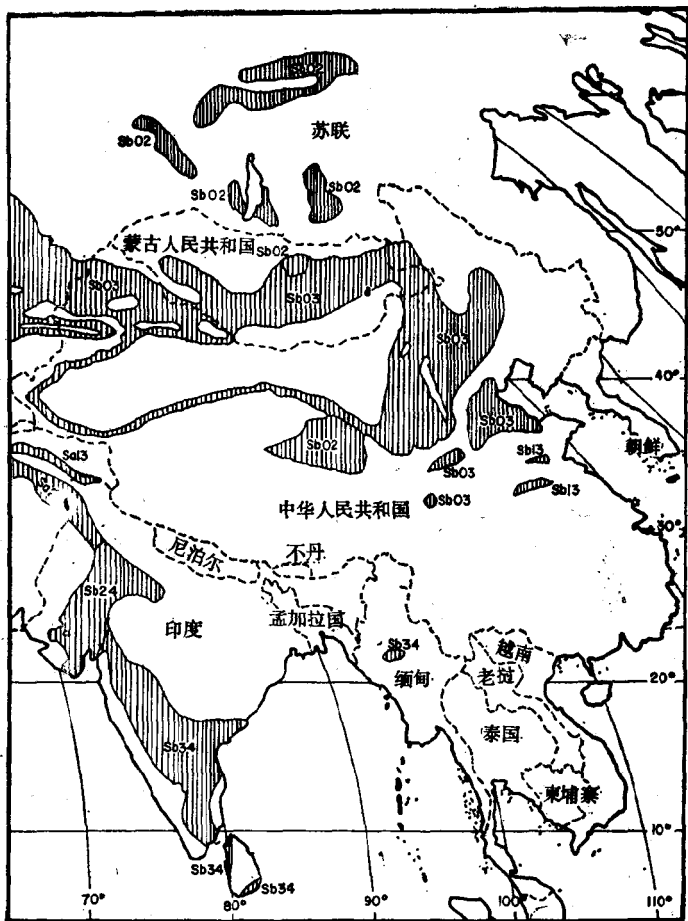


图 2.4 东亚的半干旱地区

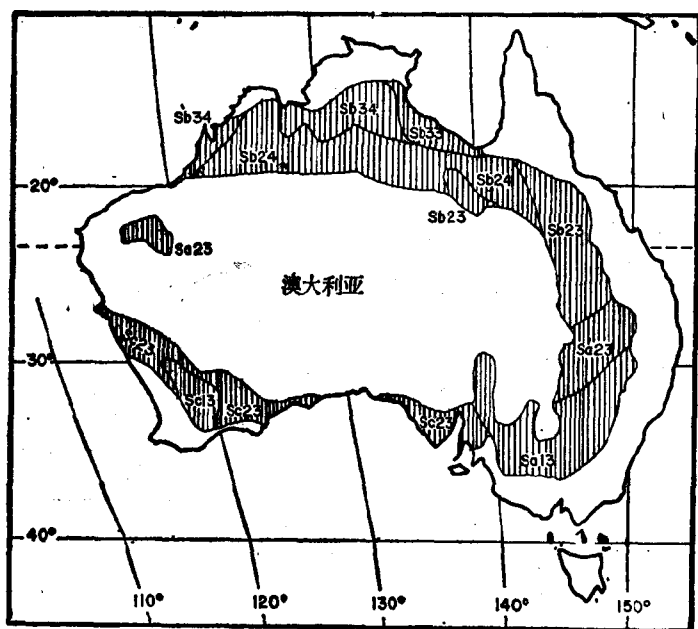


图2.5 澳大利亚的半干旱地区

北美洲西部有从墨西哥向北一直蔓延到加拿大的大片干旱区。加拿大最大的干旱区是美国大平原的延伸 其作物种类与管理方式也与大平原北部类似。美国西部基本上可分为四个旱地地区：可获得夏季降水的落基山脉以东的大平原区；包括科罗拉多州西部犹他州和爱达荷州东南部的具有相对均匀降水山间区；由华盛顿和俄勒冈两州东部以及爱达荷州北部组成的太平洋西北区；加利福尼亚州的太平洋西南区。后两区有冬季降水。从寒冷的北方到具有热带气候的得克萨斯州南部，温度的差别很大。