

第一章 影响嵩草草甸的生态条件

众所周知, 当今地球上的生命财富是亿万年进化的结果。在地质历史演化的长河中, 植物种、种群、群落与环境条件相互作用、相互影响, 在地球上占有一定的空间, 形成了有规律的分布模式和格局。植物群落和动物、微生物以及非生物环境形成了极其复杂的生态系统, 构成了自然资源可持续利用的基础, 由此所形成的生物资源支持着人类的生存和发展。植物在对环境条件适应过程中, 各自形成了一系列形态、生理生态、生物学特性和遗传特征, 决定了植物种和种群的空间分布格局、生命周期以及进化途径和模式。由这些各具特点的植物所形成的群落及其生态系统, 各自具有独特的物种组成、结构、生物量及其三维空间分布以及能量流动和物质循环规律与机理。特别是随着全球人口的急剧增加, 现代工业的飞速发展, 自然资源的开发利用, 以及环境污染和全球变化等, 均对植物种、种群、群落和生态系统产生巨大的影响。相反, 植物种、种群、群落和生态系统结构与功能的动态演替能够敏感的反映全球气候的变化。因而深入地研究植物群落和生态系统的种类组成、结构、功能过程与机理, 阐明群落、生态系统物种之间以及与环境条件之间的相互关系, 旨在对群落和生态系统进行调控和科学管理, 使其结构更趋合理, 能量和物质达到最大的交换以及可持续发展。要达到上述目的, 就必须认识和遵循自然规律, 按照群落和系统内在的联系进行科学的诱导、调控, 才能促进群落和系统的稳定与持续发展。可见对影响嵩草草甸分布的自然条件进行分析是至关重要的。

第一节 嵩草草甸分布范围

嵩草属 (*Kobresia* genus) 植物在我国分布范围较大, 南起我国云南的西北部, 北至新疆的阿尔泰山, 西起新疆天山西部, 东至长白山山地。但以嵩草为建群种而形成的高寒草甸, 在我国主要有两个集中分布区 (图 1-1): 第一个分布区亦是最大的分布区, 主要在青藏高原东部、南部及其周围高山上部, 大致处于 $27^{\circ}\sim 39^{\circ}\text{N}$, $82^{\circ}\sim 103^{\circ}\text{E}$, 呈弧状围绕在青藏高原东部和南部。北起青海省东北隅的海北藏族自治州^① 北部祁连山北支冷龙岭, 向南经甘肃省甘南藏族自治州, 四川省阿坝藏族自治州、甘孜藏族自治州, 青海省的黄南藏族自治州、果洛藏族自治州、玉树藏族自治州, 西藏自治区的昌都、黑河等藏族自治州, 向南抵达云南省西北部的迪庆藏族自治州以及喜马拉雅山脉的高山带; 另一集中分布区为新疆维吾尔自治区北部的天山和阿尔泰山的高山带。除此之外, 从青藏高原向东沿西秦岭山地上部可分布到陕西省中部秦岭主峰太白山。

①以后凡自治区、自治州、自治县等, 均以自治区、州、县前的名称为准。



图 1-1 中国嵩草草甸的分布示意图

(依据中国植被编辑委员会, 1983, 中国植被, 科学出版社)

第二节 地形与地貌

如前所述, 我国嵩草草甸主要分布于青藏高原东部及其周围的高山和新疆的天山、阿尔泰山等地, 因而嵩草草甸分布地区以高原和高山为主的地形与地貌类型。

阿尔泰山山地位于新疆准噶尔盆地的东北侧, 地处中、蒙、俄、哈边界, 它是一条呈西北—东南走向的褶皱断块山脉, 山势西北高东南低, 最高峰友谊峰达海拔 4374 m, 其上发育着现代冰川。

天山山脉横亘于新疆中部, 是经历了褶皱、抬升、剥蚀、沉降的古老地槽山地, 山地结构复杂。天山实际上是由从北到南的几条平行山脉组成, 可分为北路天山、中路天山和南路天山。北路天山由诸如喀拉乌成山、阿尔善山、伊连哈比尔尕山、阿吾拉勒山、博罗霍洛山和阿拉套山组成, 一般高度在海拔 4000 m 以上, 个别山峰可超过 5000 m, 高山顶部常年积雪, 雪线高度约在海拔 3800~3900m, 地势高峻, 角峰林立,

多悬冰川和冰斗冰川。雪线附近寒冻风化强烈，形成规模巨大的倒石堆。中路天山较北路天山低，山地大都在海拔 3000 m 左右，自西而东逐渐降低，多由前寒武纪的变质岩、片麻岩、石英岩、大理岩和千枚岩组成。而南路天山最西山汇为腾格里山，汗腾格里峰海拔 6995 m，这一山脉向东分出两支。其北支由奥陶纪的千枚岩、砂页岩和志留纪的大理岩和绿色片岩组成。南支多由奥陶纪，志留纪的砂岩和页岩、灰岩组成，山地切割破碎，机械风化强烈。而在腾格里山、哈里克套山有较大冰川发育，现在雪线一般在 3600m 左右。

宏伟的祁连山系是在晚古生代海西褶皱带（华力西褶皱带）和中生代晚白垩世到第三纪始新世褶皱（燕山褶皱带）的基础上形成的，它一直以块状断裂的升降运动占优势，断裂方向以北西西—南东东为主，但北东走向的断层也经常出现，形成这些方向的河谷给东南季风与高空西风急流穿越祁连山提供了有利条件，并使祁连山山地成为东南暖湿气流和西伯利亚—蒙古干冷气流的交汇地，因而使祁连山山地植被的生长发育和分布具有其多样性和复杂性。祁连山位于青海省的东北部，除北支主脉构成青海、甘肃两省的自然分界，最东部余脉伸入兰州西北地区以外，它的大部分舒展在青海省境内。东西长约 800km，南北宽约 200~300km。它是由一系列北西西~南东东的平行山脉与谷地所组成。西段自北而南有走廊南山等七条山脉和黑河等六个谷地；东段只有冷龙岭、大坂山、拉脊山等三条山脉和大通河、湟水等两个谷地及青海湖盆地。地势自西向东逐渐降低，山地平均海拔 4000m 以上。西段不少地区超过 5000m，最高的哈拉湖周围山地和走廊南山主峰海拔接近 6000m，冰川地貌极为发育，山顶终年积雪，白雪皑皑，成为自然的固体水库。每当进入暖季，冰雪消融，补给了众多河流的水量，灌溉着甘肃省河西走廊和柴达木盆地荒漠地区的万顷良田，这也成为祁连山地和广阔的河西走廊与柴达木盆地自然植被生长发育所需的水分来源。谷地平均海拔 3000m 左右，自西向东微缓倾斜，西部最高可达 4000 m。祁连山东段的青海湖盆地海拔 3000~3200m，地势平坦，湖积平原广阔。最东部的大通河、湟水和黄河流域谷地，海拔降到 1700~2600m，这一带是青海省海拔最低的地区，也是青藏高原向西北黄土高原逐渐过渡的一个地带，质地疏松的第三纪红色地层沉积较厚，上面覆盖着黄土，在强烈的流水侵蚀下，地面被切割得支离破碎，但由于海拔较低，气候比较温暖，成为青海省最主要的农业基地。

青南高原、藏北高原、川西高原、甘南高原和羌塘共同构成巨大的青藏高原主体。世界上最高大的山系之一——昆仑山以及唐古拉山、念青唐古拉山—岗底斯山铺展在广大的高原面上。昆仑山的许多平行支脉，伸展于青南高原，其中较大而著名的山脉有博克雷克塔格山、布尔汗达山、可可西里山、巴颜喀拉山、阿尼玛卿山（积石山）、布青山等。昆仑山系属晚古生代海西褶皱带（华力西褶皱带），特别是在古生代泥盆纪与二叠纪后期褶皱形成的山系，到第三纪末与第四纪初受喜马拉雅造山运动的影响，再度抬升，形成了现代巍峨迤邐的昆仑山的基本外貌。它西起帕米尔高原，向东横亘于青南高原而且延伸到四川西部的阿坝地区，长达 2500km，西部海拔 5000~7000m，向东逐渐降低到 4000m 左右。组成的岩石主要为绿色片岩、板岩、千枚岩、大理岩和花岗岩等。高原境内山峦起伏，连绵不断，平原相间，沟谷纵横、雪峰很多，古代冰川和现代冰川地貌特别发育，雪线高度一般在海拔 5000~5300m。整个高原面自西向东倾斜，由于强烈的寒冻风化和风蚀作用，相对高差不大，地形比较平缓。西部江河源地区尤其开阔

坦荡，河流比降很小，河谷开阔，平均海拔 4500m 以上，气候寒冷、多风、少雨、干燥，分布着以寒旱生的紫花针茅（*Stipa purpurea*）为优势的高寒草原和以垫状植物甘肃蚤缀（*Arenarea kansuensis*）、苔状蚤缀（*A. museciformis*）、柔籽草（*Thylacospermum caespitosum*）、垫状点地梅（*Androsace tapete*）等为主的高山垫状植被。而黄河、长江（在青海境内称通天河），澜沧江（在青海境内分为两大支流，一支为扎曲，另一支为解曲，二者流至西藏昌都地区汇合成澜沧江），流经青南高原东部和东南部时开始深切，形成西北—东南和西南—东北走向的高山峡谷地貌，即著名的横断山脉地区，高差悬殊，相对高度均在 1000 m 以上，河谷狭窄，成为西南季风（印度洋季风）进入高原的通道。这一地区气候温暖湿润，降水较多，年平均降水量在 500~600 mm，与此相适应，山地阴坡海拔 3800 m 以下，发育着以青海云杉（*Picea crassifolia*）、云杉（*P. asperata*）、川西云杉（*P. likiangensis* var. *balfouriana*）林。山地阳坡海拔 3800 m（4000 m）以下，发育着祁连圆柏（*Sabina przewalskii*）、大果圆柏 *S. tibetica*）等为主的山地寒温性针叶林；而在海拔 3800 m 以上的山地阴坡发育着以金露梅（*Potentilla fruticosa*）毛枝山居柳（*Salix oritrepha*）、积石山柳 *S. oritrepha* var. *am-nematdhenensis*）、尖叶杜鹃 *Rhododendron openshanianum*）、理塘杜鹃 *Rh. litangense*）、百里香杜鹃（*Rh. thymifolium*）、头花杜鹃 *Rh. capitatum*）等为主的高寒灌丛。海拔 3800 m（4000 m）以上的山地阳坡和辽阔的高原面上发育着以高山蒿草（*Kobresia pygmaea*）、矮蒿草（*K. humilis*）、线叶蒿草（*K. capillifolia*）和珠芽蓼（*Polygonum viviparum*）、头花蓼（*P. sphacrostachyum*）等构成的高寒草甸。青南高原、藏北高原、甘南、川西等地区由于地势高亢、开阔平坦，气候寒冷，地下发育着多年冻土，形成不透水层，排水不畅，每逢冰雪融化季节，形成众多的沮洳地和湖泊，如若尔盖以及青海玉树州和果洛州西部的莫云滩、星宿海便是有名的沼泽地带。在此等生态条件下，发育着以藏蒿草（*Kobresia tibetica*）、大蒿草 *K. littledalei*）为主的沼泽化草甸。

唐古拉山西段位于西藏中部，东段展布于青海、西藏之间，为青海与西藏的自然分界线。据近年的研究，认为唐古拉山可能是受中生代晚三叠世到早侏罗世，印支运动褶皱升起的（据侵入岩体的 K-Ar 同位素年龄测定，1 070~2100 ka）（常承法，1973）。褶皱展布范围包括了念青唐古拉山，在新生代受喜马拉雅造山运动的影响而再次上升，成为西南季风进入高原西部的自然屏障。唐古拉山地出露的岩层，主要为晚古生代石炭纪至二叠纪普遍变质的结晶灰岩、砂岩、板岩和中生代晚三叠纪的石灰岩，含煤碎屑岩以及早侏罗世的砾岩、砂岩、页岩和中侏罗世的砂岩、泥岩等。唐古拉山南北宽达 160 km，主脊大唐古拉山脊海拔平均在 6000 m 以上，但相对高度一般在 500 m 左右，最大可达 1000 m，主峰各拉丹东雪峰海拔 6621 m，位于托托河之上源。唐古拉山寒冻风化作用强烈，山脊形态尖刻，多呈锥形山峰，冰斗、U 形谷等冰川地貌非常发育。

矗立于青藏高原最南侧的喜马拉雅山脉，是世界上最雄伟的年轻褶皱山脉，东西绵延数千公里。尼泊尔、印度、锡金、不丹和缅甸以喜马拉雅山为界与我国西藏自治区为邻。整个山脉平均海拔 6000 m 以上，主脊平均海拔 7000 m 以上，位于中尼边界的珠穆朗玛峰海拔 8848 m，为世界第一高峰。山势陡峭、雪峰林立，现代冰川比较发育，

曲：藏语称河为曲。

嵩草草甸主要分布在喜马拉雅山山地海拔 5000 m 以上。成为典型的山地垂直带类型。

综上所述,嵩草草甸分布区的地形比较复杂多样,复杂的地形对大气环流以及大气温度、降水、辐射等产生了明显影响,因而对植被生长,发育和三维空间分布格局也相应发生明显作用。

第三节 气候条件

一定意义上讲,一个地区的气候类型具有一套相适应的植被类型,决定了该地区农业生产的种植制度和生产方式,表现出气候因素是植物生长和发育至关重要的环境条件,同时对于植物群落的空间分布格局(水平分布和垂直分布格局)、种类组成、发育节律、层片结构和群落的生物生产量以及能量流动和物质循环等均发生有着重要的作用。嵩草草甸是在青藏高原隆起、所引起的严寒气候等条件下,经长期历史演化与恶劣环境条件相互作用的产物。因此,对气候条件作出科学分析和解释是非常必要的。

1. 大气环流

大气环流乃是与地理位置、海陆分布与大地貌等有关因素综合作用产生的一种大尺度大气运行的基本状况。海拔高度平均在 4500 m 以上,面积约 2 500 000 km² 的青藏高原,耸立在欧亚大陆的中部,约占对流层的 1/3~1/2 的高度。它以强大的热力和地形动力作用,使北起中亚与西伯利亚,南至南亚次大陆与东南亚;东至东亚大陆与阿留申群岛以至日本这样一个广阔范围内的天气和气候都受到影响而发生巨大的变形、改变或生成(张新时,1978),从而使这一辽阔区域的植被受到高原综合因素的影响而具有特殊的空间分布格局、多种多样的植被类型以及生物多样性。特别是高原本身具有与周边地区既发生联系又有独具特色的特殊植被类型和分布规律。

受高海拔条件的制约,青藏高原广大区域气温较低,大部分地区最热月气温小于 10℃,因而只有冬、夏两个半年之分。冬半年对高原天气和气候有重要影响作用的是对流层西风、极地西风、平流层西风以及这些风带中的急流;夏半年影响高原大尺度基本气流是对流层热带东风、副热带西风、平流层东风以及相应的东西风急流(戴加洗,1990)。

冬半年(10月中旬至翌年5月)地面基本以西伯利亚-蒙古冷高压为气压系统。1月高压中心可达 1035 hPa 以上,脊线伸入亚洲西部,与中东欧的高压连成一片。与太平洋北部的阿留申低压系统相配合,盛行自大陆向海洋的季风,加之高原本身地形作用及极地大陆性气团水汽含量甚微这些特征,冬半年漫长、寒冷、干燥少雨、天空晴朗,但高原中部地带气压梯度大,形成明显的偏西风,且风速较大。据在 1.5 km 和 3.0 km 高度的西风流场分析,在高原西端具有明显的分支现象,而东边则有明显的汇合。由于高原本身的巨大高程和辽阔面积,成为高空西风环流中的巨大动力障碍和热源,而对它的运行产生阻碍和分支作用,恰好在 30°~40°N 之间,就迫使在高原西端分为南北两支,南支成西北气流,位置在 20°~30°N 之间;北支成西南气流,沿高原北部流动,位置在 37°~52°N 之间。强大而稳定的青藏高压大大加强了北支气流的强度和稳定性。高原阻止了西伯利亚大陆积蓄,形成一个强大的反气旋环流系统,即蒙古-西伯利亚冷高压,成为冬半年的控制系统。因而青藏高原冬半年的气候极其严寒、干燥少雨、多大

风，对家畜过冬极为不利。

夏半年（6月至10月）欧亚大陆强烈增温，形成了深厚广阔的印度低压。印度低压的存在，使印度洋暖气流从孟加拉湾源源不断地输送至青藏高原，形成明显的夏季风。据徐淑英等（1962）的研究，其影响北界一般可达 35°N 左右，盛夏时平均北界在 37.5°N 左右。表现出青藏高原在夏半年东南部地区被海洋气团所笼罩，而西部及北部地区仍受变形的极地大陆性气团的影响，致使区域雨季短暂，气旋活动频繁。由于高原沟谷纵横，西部植被类型分布各不一致，下垫面性质具有很大的差异性，因而在青藏高原易触发产生由于地区热力差异和动力抬升作用下的对流天气过程，阵性雨、地形雨明显多于平原。

冬季环流型式向夏季环流型式过渡是比较突然的，叶笃正、陶诗言等（1958）研究表明，高原在5月底以前，在 90°E 剖面上，高空仍有南北两支西风急流，但在5月最后的几天中，南支西风急流突然消失，而西南季风得以迅速向北推进，于是，冬季环流型式结束，夏季环流型式开始建立，与环流形势的转变相联系，西南季风带有丰富的水汽，遇高山拦截而降雨，这就表示着青藏高原雨季的开始。相反，夏季环流型式向冬季环流型式过渡相对缓慢。

西南季风自东南向西北，随着海拔升高和进入高原腹地逐渐减弱，降水量逐渐减少，与此相适应自东南向西北依次出现森林、高寒灌丛草甸、高寒草甸、高寒草原和高寒荒漠。与高空西风环流前进和后退相联系，东南季风在夏半年经远途跋涉和层层高山的阻挡，其锋线到达兰州与西宁，再向西已成强弩之末，所以仅影响到青藏高原的东北部，成为半干旱的气候类型，与此相联系，分布着森林和温性草原类型，在祁连山山地，由于山地的影响，降水增多，因而在山地和滩地分布着高寒灌丛和高寒草甸。

气候的变化和地区的分异是与以上的大气环流形势密切联系的，加之青藏高原巨大的山系多呈西北—东南走向，因而气候的干湿季、冷暖季变化分明，雨暖同季，春秋季过渡短暂，干冷季长，温湿季短，以及自东南向西北方向气候愈趋干旱寒冷，这对植被的发生、分布以及植物群落的种类组成、结构、生物量及其生态系统的功能过程等均起着重要的作用。

2. 气温

气温是一地区热量高低的表述，热量条件是植物生长与发育的基本因素。当光照、水分和养分条件基本满足时，温度往往成为植物种、种群、群落和生态系统生长、发育、结构、生物生产力以及能量流动和物质循环的主要驱动因素。

根据青海、西藏两省区气象台（站）的气象资料（表1-1，图1-2）可以看出，各地年平均气温的分布殊异。青藏高原上有三个相对温暖的地区，即柴达木盆地、青海东部的“河湟”谷地和西藏东南部雅鲁藏布江与三江谷地。位于青藏高原东南部的墨脱和察隅地区是热量最高的地区，而位于西藏东北部的昌都（海拔 3240.7 m ）因纬度偏北，年平均气温 7.6°C ，最冷月平均气温 -2.5°C ，最热月平均气温 16.3°C ，极端最低气温 -19.3°C ，极端最高气温 33.4°C 。位于西藏北部的那曲（海拔 4507.0 m ）年平均气温 -1.9°C ，最冷月平均气温 -13.9°C ，最热月平均气温 8.9°C ，极端最低气温 -41.2°C ，极端最高气温 22.6°C 。随着纬度偏高，气温有所下降，例如：位于青南高原

南部的玛多县（海拔 4272 m），年平均气温 -4.2°C ，最冷月平均气温 -17.1°C ，最热月平均气温 7.4°C ，极端最高气温 22.9°C ，极端最低气温 -41.8°C 。位于青藏高原东北一隅海拔 2400 m 以下的黄河、湟水流域河谷是热量最为丰富的区域之一，成为发展农业的重要基地。地处黄河谷地的循化县（海拔 1870 m），年平均气温 8.7°C ，极端最低气温 -19.9°C ，极端最高气温 33.5°C ；地处湟水河谷最东部的民和县（海拔 1813 m），年平均气温 7.9°C ，极端最低气温 -21.7°C ，极端最高气温 34.7°C ；地处湟水河谷中部的西宁市（海拔 2261 m），年平均气温 5.6°C ，极端最低气温 21.9°C ，极端最高气温 32.4°C ；位于西部日月山脚下的湟源县（海拔 2634 m），年平均气温 3°C ，极端最低气温为 -28.5°C ，极端最高气温 28.4°C 。

表 1-1 青藏高原各地气候要素表

地名	地理位置		海拔高度 (m)	气温 ($^{\circ}\text{C}$)				
	北纬	东经		年平均	最冷月平均	最热月平均	极端最低	极端最高
托勒	38°48′	98°25′	3367	-3.2	-18.2	10.1	-41.6	28.4
野牛沟	38°25′	99°35′	3320	-3.3	-17.4	9.0	-35.7	26.2
祁连	38°11′	100°15′	2787	0.7	-13.5	12.7	-29.6	30.0
门源	37°23′	101°37′	2850	0.6	-13.5	12.0	-31.5	27.5
大通	36°57′	101°41′	2450	2.8	-11.3	14.0	-33.1	29.3
互助	36°49′	101°57′	2480	3.4	-10.7	14.4	-29.5	27.5
西宁	36°37′	101°46′	2262	5.8	-8.1	17.2	-21.9	32.4
湟中	36°31′	101°34′	2668	2.8	-10.9	14.2	-31.7	29.4
湟源	36°41′	101°14′	2634	3.0	-10.6	13.9	-28.5	28.4
乐都	36°29′	102°23′	1980	7.0	-7.1	18.4	-23.6	35.1
民和	36°19′	102°51′	1814	7.8	-6.6	19.8	-21.7	34.7
化隆	36°06′	102°16′	2835	2.2	-10.7	13.5	-29.0	28.5
循化	35°50′	102°23′	1870	8.6	-5.3	19.8	-19.5	33.5
尖扎	35°56′	102°02′	2085	7.7	-6.3	19.2	-19.8	34.3
贵德	36°02′	101°26′	2237	7.2	-6.8	18.2	-23.8	32.3
同仁	35°31′	102°01′	2491	5.2	-8.0	15.9	-22.9	32.0
共和	36°16′	100°37′	2835	3.4	-10.8	15.2	-28.9	29.8
河卡	35°53′	99°59′	3246	1.0	-12.1	12.4	-30.0	27.7
兴海	35°35′	99°59′	3323	0.9	-12.1	12.1	-33.5	27.2
贵南	35°35′	100°45′	3201	2.1	-11.4	13.4	-29.2	29.7
同德	35°16′	100°39′	3289	0.2	-13.3	11.6	-34.4	28.1
天峻	37°18′	99°02′	3417	-1.5	-15.0	10.4	-35.6	25.6
刚察	37°20′	100°08′	3302	-0.7	-14.0	10.6	-31.0	23.7
海晏	36°55′	100°59′	3080	0.1	-14.4	11.6	-31.7	25.5
江西沟	36°37′	100°16′	3239	0.5	-12.9	11.5	-26.7	24.4
茶卡	36°47′	99°05′	3088	1.6	-12.7	14.2	-31.3	28.7
德令哈	37°22′	97°22′	2982	3.7	-11.0	15.6	-33.6	31.9
大柴旦	37°51′	95°22′	3173	1.2	-14.2	15.0	-33.6	29.6
冷湖	38°50′	93°23′	2733	2.6	-13.0	16.8	-33.3	33.9
茫崖	38°15′	90°51′	2945	1.4	-12.3	13.5	-29.5	28.3
乌图美仁	35°48′	93°41′	2757	2.3	-12.4	15.7	-29.1	32.7

续表

地名	地理位置		海拔高度 (m)	气温 (℃)				
	北纬	东经		年平均	最冷月平均	最热月平均	极端最低	极端最高
察尔汗	36°48′	95°18′	2679	5.1	-10.2	19.0	-29.7	35.5
格尔木	36°25′	94°54′	2808	4.3	-10.5	17.4	-29.3	32.8
诺木洪	36°26′	96°25′	2790	4.4	-10.3	17.0	-29.2	33.9
香日德	36°04′	97°48′	2905	3.9	-10.0	15.9	-27.1	33.2
都兰	36°18′	98°06′	3191	2.8	-10.3	14.7	-25.0	31.9
泽库	35°02′	101°28′	3663	-2.4	-14.8	8.6	-34.4	24.1
外斯	34°17′	101°35′	3414	1.1	-10.0	10.7	-36.8	23.4
仁峡姆	34°16′	99°12′	4211	-3.8	-16.4	7.5	-40.8	23.5
大武	34°28′	100°15′	3719	-0.6	-12.6	9.7	-34.4	26.6
甘德	33°58′	99°54′	4050	-2.7	-14.9	7.5	-35.3	22.8
达日	33°45′	99°39′	3968	-1.3	-12.9	9.1	-34.5	24.6
久治	33°26′	101°29′	3629	0.2	-10.9	9.8	-36.0	23.4
班玛	32°56′	100°45′	3750	2.5	-7.7	11.6	-29.7	28.1
玛多	34°55′	98°13′	4272	-4.2	-17.1	7.4	-41.8	22.9
清水河	33°48′	97°08′	4415	-4.9	-17.0	6.2	-42.9	22.3
玉树	33°01′	97°01′	3681	2.9	-7.9	12.4	-26.1	28.7
囊谦	32°12′	96°29′	3644	3.8	-6.5	13.1	-22.6	37.9
曲麻莱	34°08′	95°47′	4175	-2.5	-13.9	8.3	-32.1	24.9
治多	33°51′	95°36′	4179	-1.7	-12.6	8.8	-30.5	21.1
杂多	33°01′	97°01′	3681	0.2	-11.3	10.5	-30.7	25.5
五道梁	35°13′	93°05′	4612	-5.6	-16.9	5.3	-37.7	23.2
托托河	34°13′	92°26′	4533	-4.2	-16.2	7.4	-32.6	23.3
海北站	37°37′	101°19′	3200	-1.7	-15.2	9.8	-37.1	24.3
墨脱	29°18′	95°19′	1130	16.0	8.4	22.2	0.2	33.8
察隅	28°27′	97°03′	1590	15.8	8.3	21.6	-0.5	33.3
波密	29°52′	95°46′	2750	8.5	-0.2	16.5	-20.3	31.0
林芝	29°33′	94°21′	3000	8.6	0.2	15.6	-15.3	30.2
江达	31°30′	98°17′		4.8	-4.6	12.7	-23.1	29.5
德钦	28°39′	99°10′	3589	4.6	-2.9	11.8	-11.7	22.7
昌都	31°11′	96°59′	3241	7.6	-2.5	16.3	-19.3	33.4
巴塘	30°05′	98°55′	2589	12.2	3.3	19.5	-12.8	35.0
邦达	30°14′	97°17′		2.7	-8.4	11.1	34.0	23.4
索县	31°54′	93°48′	3950	1.5	-9.9	11.5	-36.8	25.6
当雄	30°29′	91°05′	4200	1.3	-9.9	10.8	-35.9	25.4
聂拉木	28°11′	85°18′	3810	3.5	-3.7	10.4	-18.6	19.9
错那	27°59′	91°57′	4280	-0.5	-10.0	7.6	-3.2	18.2
帕里	27°44′	89°05′	4300	-0.1	-8.8	7.8	-30.1	19.3
那曲	31°29′	92°03′	4507	-1.9	-13.9	8.9	-41.2	22.6
安多	32°21′	91°06′	4800	-3.0	-15.0	7.9	-36.7	23.3
拉萨	29°42′	91°08′	3658	7.5	-2.2	15.5	-16.5	29.4
日喀则	29°13′	88°55′	3836	6.3	-3.8	14.6	-25.1	28.2
泽当	29°15′	91°46′	3552	8.2	-0.9	15.4	-17.6	29.0
隆子	28°25′	92°28′	3900	5.0	-4.6	13.0	-20.3	27.1
定日	25°35′	86°37′	4300	2.7	-7.4	11.8	-24.8	24.5

续表

地名	地理位置		海拔高度 (m)	气温 (℃)				
	北纬	东经		年平均	最冷月平均	最热月平均	极端最低温	极端最高温
班戈	31°22'	90°0'	4700	-1.2	-11.2	8.6	-35.8	21.7
改则	32°09'	84°25'	4415	0.1	-11.9	12.1	-33.8	24.4
噶尔	32°11'	79°59'	4232	0.1	-11.4	13.9	-33.7	25.5
狮泉河	32°30'	80°05'	4278	-0.2	-12.5	13.4	-33.9	25.7

地名	≥0℃ 积温	≥0℃ 日数	无霜期 (天)	年降水量 (mm)	年平均 蒸发量 (mm)	平均相 对湿度 (%)	湿润系数	日 照	
								全年日照时数 (h)	百分 率 (%)
托勒	1115.6	160	31	273.2	1449.8	53	0.44	2976.7	67
野牛沟	964	156	22	394.6	1297.0	59	0.63	2698.3	61
祁连	1708	197	69	390.2	1482.9	54	0.56	2881.4	65
门源	1602	197	39	509.3	1137.4	61	0.79	2016.0	59
大通	2068	218	94	508.7	1215.5	64	0.75	2580.6	58
互助	2219	226	85	482.7	1188.5	65	0.71	2593.4	59
西宁	2767	238	166	366.7	1729.2	56	0.45	2753.5	62
湟中	2065	216	130	527.6	1344.0	63	0.78	2554.5	58
湟源	2074	216	82	404.4	1393.8	59	0.57	2691.7	61
乐都	3085	251	173	333.7	1717.8	58	0.40	2741.3	62
民和	3355	258	184	360.9	1612.9	57	0.43	2530.6	57
化隆	1874	208	110	464.3	1253.9	61	0.68	2653.8	60
循化	3511	265	185	259.4	2169.9	54	0.25	2885.8	61
尖扎	3296	257	186	354.4	1834.0	50	0.41	2657.0	60
贵德	3120	256	154	255.8	2004.4	51	0.28	2888.8	65
同仁	2539	236	150	419.2	1415.0	56	0.56	2550.1	58
共和	2246	222	118	311.8	1719.9	50	0.40	2919.7	66
河卡	1639	196	60	348.9	1491.6	56	0.46	2703.2	61
兴海	1627	196	55	344.9	1501.6	54	0.47	2767.2	62
贵南	1891	206	90	403.1	1458.4	52	0.51	2701.6	61
同德	1530	192	31	430.4	1441.0	55	0.56	2750.0	62
天峻	1234	173	17	326.8	1651.5	62	0.44	3009.8	68
刚察	1297	182	63	371.1	1446.6	56	0.51	3029.7	69
海晏	1529	195	28	377.0	1437.1	43	0.58	2880.4	65
江西沟	1518	197	47	381.1	1361.0	36	0.52	3029.1	68
茶卡	1909	199	91	197.5	2003.9	35	0.21	3089.0	69
德令哈	2373	219	94	176.1	2199.8	29	0.17	3119.0	70
大柴旦	1966	192	88	84.6	2201.1	32	0.09	3244.3	73
冷湖	2309	199	75	17.8	3248.9	40	0.01	3543.8	80
茫崖	1810	193	88	46.1	3000.4	28	0.04	3345.3	75
乌图美仁	2117	200	88	25.2	2721.2	33	0.02	3248.3	73
察尔汗	2822	222	115	23.0	3535.5	33	0.02	3178.7	72

续表

地名	≥0℃ 积温	≥0℃ 日数	无霜期 (天)	年降水量 (mm)	年平均 蒸发量 (mm)	平均相 对湿度 (%)	湿润系数	日 照	
								全年日照时数 (h)	百分 率(%)
格尔木	2585	222	1125	40.5	2859.9	41	0.04	3090.5	70
诺木洪	2558	224	116	39.6	2491.0	38	0.03	3235.4	73
香日德	2351	220	126	161.4	2128.3	64	0.15	2963.3	67
都兰	2044	205	116	177.5	2007.5	64	0.19	3094.4	70
泽库	940	159	12	460.2	1288.9	65	0.71	2629.9	59
外斯	1437	197	40	615.5	1335.8	62	0.88	2528.8	57
仁峡姆	765	143	18	444.4	1118.4	64	0.68	2597.1	59
大武	1184	181	23	573.2	1405.0	62	0.78	2581.8	58
甘德	859	160	23	492.9	1231.7	64	0.89	2450.7	55
达日	1070	172	28	542.9	1204.3	62	0.82	2436.7	55
久治	1248	186	38	764.1	1185.4	67	1.19	2347.1	53
班玛	1665	211	52	652.4	1269.4	61	0.90	2379.2	54
玛多	745	139	18	297.4	1318.6	59	0.43	2779.3	63
清水河	579	125	11	500.8	1139.0	67	0.83	2594.7	59
玉树	1783	211	72	496.8	1217.8	55	0.66	2494.1	56
囊谦	1980	224	108	527.2	1639.0	53	0.65	2606.2	59
曲麻莱	904	156	28	397.7	1368.7	54	0.54	2715.6	61
治多	1009	162	20	387.0	1406.3	54	0.54	2670.2	61
杂多	1341	187	54	521.3	1469.3	55	0.71	2470.8	56
五道梁	450	109	10	262.2	1330.9	56	0.38	2791.0	63
托托河	744	137	20	282.6	1609.4	52	0.37	2882.1	65
海北站	1140	178	21	582.1	1160.4	69	0.91	2451.7	55
墨脱				2357.6					
察隅	4330	365	274	998.6	1616.4	69	0.97	1680.6	38
波密	3143	306	176	849.7	1267.2	70	1.35	1608.5	37
林芝	3134	318	177	634.2	1708.2	71	1.01	1988.6	46
江达	1930	234		575.5		51			
德钦			133	660.1		71	1.16	1976.5	45
昌都	2925	279	127	495.6	1740.4	50	0.58	2276.5	52
巴塘			185	527.1		47		2486.5	56
邦达	1718	214	75	477.7	1526.8	55		2662.0	61
索县	1514	199	31	580.3	1694.1	52	0.95	2442.5	55
当雄	1471	193	67	483.1	1970.4	53	0.69	2837.7	64
聂拉木	1580	228	100	614.8	1542.9	62	0.80	2649.6	60
错那	972	176	38	376.0	1437.5	74	0.68	2587.6	59
帕里	1012	180	51	412.5	1446.7	68	0.72	2608.1	59
那曲	1034	162	20	400.1	1831.6	50	0.67	2881.0	66
安多	846	152	15	409.0	1809.2	48	0.59	2862.0	64
拉萨	2888	281	133	443.6	2198.7	35	0.42	3021.6	69
日喀则	2566	262	127	434.1	2441.4	41	0.42	3248.2	74
泽当	3057	295	143	408.2	2653.9	43	0.48	2938.6	67
隆子	2178	250	124	276.0	2389.9	52	0.28	2929.2	68

续表

地名	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温	$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 日数	无霜期 (天)	年降水量 (mm)	年平均 蒸发量 (mm)	平均相 对湿度 (%)	湿润系数	日 照	
								全年日照时数 (h)	百分 率(%)
定日	1693	208	141	318.5	2553.0	40	0.32	3326.5	75
班戈	967	159	9	301.2	2006.2	41	0.40	2966.2	61
改则	1380	172	50	166.1	2341.6	34	0.18	3168.2	73
噶尔			96	54.3	2707.2	31	0.09	3274.3	74
狮泉河	1537	171	85	76.3	2396.2	32.8		3445.3	78

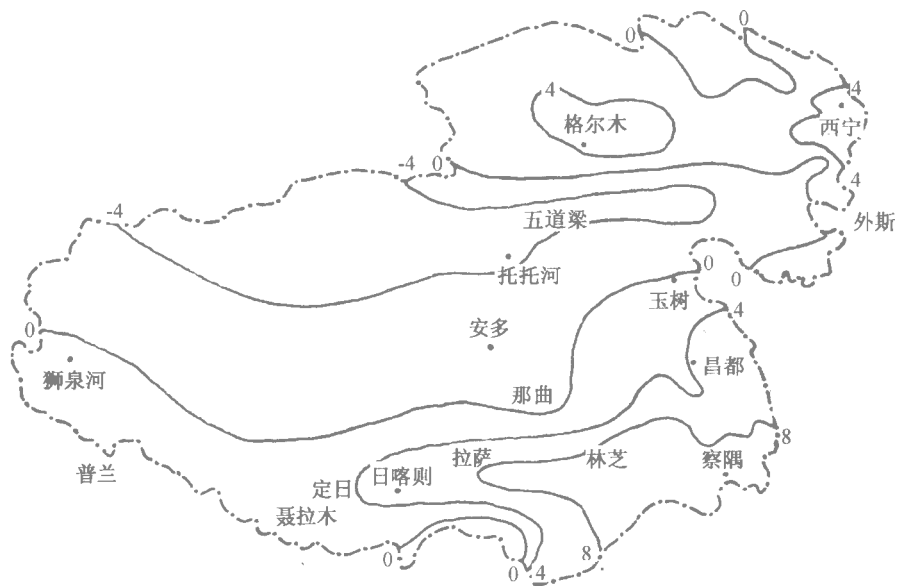


图 1-2 青藏高原年平均气温分布图(戴加洗, 1990)

祁连山山地、青南高原、羌塘高原和藏北高原，由于海拔升高，气温随之降低，热量为青藏高原最低的地区，但由于南北横跨纬度 10° 左右，所接受太阳直射差异较大，因此，南北在海拔高度基本相同的情况下，南部较北部平均气温要高。例如地处祁连山中部的祁连县（海拔 2728 m）年平均气温 0.6°C ，极端最低气温 -29.6°C ，极端最高气温 30°C ；托勒（海拔 3360 m）年平均气温 -3.2°C ，极端最低气温 -35.4°C ，极端最高气温 28°C 。地处青南高原西北部的曲麻莱县（海拔 4262 m），年平均气温 -2.69°C ，极端最低气温 -32.1°C ，极端最高气温 24.9°C ；玛多县年平均气温 -4.2°C ，极端最低气温 -41.8°C ，极端最高气温 22.9°C ；青南高原最南端的囊谦县（海拔 3643 m），年平均气温 3.7°C ，极端最低气温 -22.6°C ，极端最高气温 27.9°C ；地处青南高原西部唐古拉山北麓的五道梁（海拔 4645 m），年平均气温 -5.9°C ，极端最低气温 -33.2°C ，极端最高气温 23.2°C 。除纬度、海拔对气温变化影响外，地形条件对气温的影响亦是很大的，例如玛多县位于宽阔平坦的滩地中央，西面为鄂陵湖、扎陵湖以及星

宿海，无山地为障，西风急流可长驱直入，加之辽阔的湖面和星宿海沼泽地的影响，所以年平均气温较它西部海拔高的曲麻莱县还低。因而也影响局部地区植被在分布上的差异，特别在植被的改造和利用方面应予以特别的注意。

气温的日较差和年较差大，亦是本地区气候的重要特征之一。白天所接收大量的太阳辐射能，使近地面层的气温迅速上升，而夜晚，由于冷却强烈，地面散热快，气温剧烈下降，形成每日温差很大。就全区的情况来看，日较差小于年较差，日较差以冬季 1 月份最大，约 $13\sim 23^{\circ}\text{C}$ ，夏季 7 月份最小，约 $9\sim 16^{\circ}\text{C}$ ，柴达木盆地最大，东部和东南部河谷地区次之，而青南高原较小。年较差以柴达木盆地较大，约在 $26\sim 31$ 之间。其余地区在 $19\sim 26$ 之间。白天气温高，光照强，有利于绿色植物进行光合作用；夜晚气温降低，植物呼吸减弱，可以减少物质消耗，而有利于营养物质的积累，提高植被类型的生物产量。

3. 辐射与日照

太阳辐射是地球大气和动植物生存的最根本能源，它的分布及其年周期性变化直接影响着气候的变化，是天气形成和气候变化的基础。青藏高原海拔高，空气稀薄，空气密度仅约为东南沿海的 $2/3$ ，加之水汽和气溶胶含量少，空气透明度高，致使到达地面的太阳直接辐射能量大，直接辐射明显大于散射辐射，在总辐射中，直接辐射占有很大的比例，约占年总辐射量的 $55\%\sim 78\%$ ，表现光照充足、辐射强烈。

青藏高原地区直接辐射年总量在 $3.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\sim 6.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间，年散射总量约为 $1.7\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\sim 2.9\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 。而总辐射能量居全国之首，年总量达 $5.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\sim 8.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间，较同纬度的我国东部地区高 $2.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\sim 3.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 。年总辐射量分布表现出西高东低，低值区在高原东南部和东部地区，藏东南地区小于 $5.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 以上，青海东部在 $5.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\sim 6.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 之间，如昌都地区为 $6.32\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ，西宁为 $6.18\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 。高值区主要在羌塘高原的阿里地区和柴达木盆地，年总辐射量达 $7.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}\sim 8.0\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ ，如格尔木为 $7.08\times 10^9\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$ 。

在一年中总辐射量的月际变化大部呈现单峰式曲线变化，最小出现于每年 12 月至翌年 1 月，最大出现于 5~6 月，3~5 月的辐射递增量较 5~9 月的递减率要大。但由于高原地区间雨季强盛与衰减时间不一致，年总辐射量的月际变化也表现出双峰式的曲线变化，如玉树地区，6 月份云雨较多，太阳总辐射量明显小于前后的月值分布，呈现出准双峰态的变化过程。

青藏高原日照时间长，大部分地区日照时间在 $2500\sim 3600\text{h}$ 之间，在植物生长期的 5~9 月，虽然正值多降水时期，云量多，但期间日平均日照时间仍在 6.5h 左右，可满足植物生长的光照需求。就高原总体来看，日照分布形势是高原西部和北部日照丰富；东南部较少，呈现自西北向东南递减。西北部最高可达 3700h ，如青海冷湖 1962 年曾观测到 3786.7h 的罕见值；东南部最低仅为 1500h ，如西藏波密平均为 1543.7h ，比冷湖地区要少约 2200h 。

在青藏高原日照时间分布基本有二个高值区，分别在柴达木盆地（年日照时间约 $3200\sim 3600\text{h}$ ）和阿里地区、雅鲁藏布江河谷中上游（年日照时间约为 $3200\sim 3400\text{h}$ ）；

低值区主要分布于高原东南部的玉树—那曲一线，年日照时间小于 2500 h。

日照时间的月际分布较为复杂，主要与当地气候湿润状况、夏季云雨分布及雨季来临迟早等天气状况有关。如西藏的波密、林芝、错那、帕里及青海的玛沁、久治、河南等地，这里气候湿润，云雨丰富，表现出冬季 11 月至翌年 1 月最大。而夏季的 6~9 月为最小。拉萨、那曲、江孜、西宁、共和、门源等地区，由于雨季来临迟，地区云系变化剧烈，这些地区月日照时间最大出现于 5~6 月，最小值出现于 8~9 月。位于高原西南部的狮泉河和高原西部的格尔木、托托河等地区，干燥少雨，虽有一定云系的影响，但对日照时间的影响不甚明显，故最大值在 5~7 月，而最小值出现于 12 月至翌年的 2 月。

4. 降水

水分因素对于植物的生长发育、植物群落的分布、种类组成、结构等具有极为重要的生态意义。这与水所具有的下列特性是密切相关的：水具有很大的表面张力，可以沿毛细管迁移，既利于植物根系的吸收，又适合于植物体内运输；水具有很大的热容量和导热性，因而水温的变化小而比较缓慢，使植物体免受急剧气温变化的危害；水的化学性质活泼，是良好的溶剂，它一方面很少同进入水中的物质起反应，不消耗水分，另一方面又可溶解各种物质，这有利于各种生命过程在水中进行；水能够使亲水胶体所构成原生质，变成特殊的生命状态，很多无机盐类只能同水一起进入植物体内，供给植物对各类营养物质的需要。同时，植物对水分条件的适应不仅使植物本身外部形态和内部结构发生很大变化，也能使植物群落的外貌、结构发生变化，成为我们划分植物生态类型的重要依据之一。

大气降水是地表水和地下水补给的来源。降水随着地区、地形、降水形成、降水强度、季节分配以及最终在土壤中所保存的多少，其生态意义有着明显的不同。

青藏高原的降水受青藏高压、西风急流、东南季风和西南季风等大气环流系统所控制以及地形的影响，降水量在我国是比较少的地区，就整个青藏高原年平均降水量来看，东(南)西(北)差异很大(图 1-3)，总的趋势是自雅鲁藏布江河谷的多雨地区向西北逐渐减少。如柴达木盆地西北部的冷湖年平均降水量只有 18 mm，比塔克拉玛干大沙漠还少；但在青藏高原南部雅鲁藏布江下游，可居我国第二位的多雨中心，如巴昔卡年降水量多达 4500 mm。由图 1-3 可以看出，雅鲁藏布江下游到怒江下游流域以西，是青藏高原年降水量最高地区，一般在 600~800 mm；另一个多雨区是黄河流域的松潘地区，年平均降水量约为 700 mm，受地形及北部“极锋”影响，祁连山脉的东南部也是一个多雨地区，年降水量可在 500~600 mm 左右，如中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站年平均降水量达 580 mm，极端最高可有 840 mm。其余大部分地区年降水量约在 200~500 mm；年降水低值中心除柴达木盆地外，大约在藏西北与新疆交界处，喜马拉雅山脉北麓，怒江以东的地区。这些趋势的分布与西南季风，地形阻挡等影响至关重要。西南季风溯金沙江、澜沧江河谷而上，到达青藏高原东南部的波密、昌都、川西以及青南高原的囊谦、班玛、久治等地，最远可到达北纬 35 度左右，向西北方向随着东南季风的减弱，降水亦逐渐趋于减少，到西部的五道梁，年平均降水已减少到 267.6 mm。青海省东北部的黄河、湟水流域及其祁连山地区，虽东南季风影响较弱，但

由于高耸的祁连山山脉的拦截，加之“极锋”活动频繁，降水略多。湟水谷地年平均降水 370.7 mm 左右。西北部的柴达木盆地由于远离海洋，暖湿气流难以到达该区域，空气水汽含量极少，因而产生降水的机率不高，降水稀少，年平均降水量不足 100 mm，西部的茫崖、冷湖、乌图美仁等地，年降水仅 25 mm 左右。同时，地形对大气降水亦有明显的作用，处于祁连山东段的门源，年平均降水量为 514.5 mm，较民和与西宁等地多 130 mm 左右，引起这种差异的基本原因在于地形条件的影响，门源海拔较高，并处在高山环抱之中，东南季风沿大通河谷而上，动力爬坡抬升，水汽易达饱和状态，凝结后所产生的降水相当丰富；相反，民和与西宁等地，由于河谷的热效应，形成干热河谷，不宜冷空气下沉凝结降水。随青藏高原各地降水的不同，出现了不同的植被类型：青藏高原东南部为森林，青南高原东部为高寒灌丛草甸，中部为高寒草甸，西部为高寒草原，东北部的黄河、湟水流域为森林草原，柴达木盆地则为荒漠。

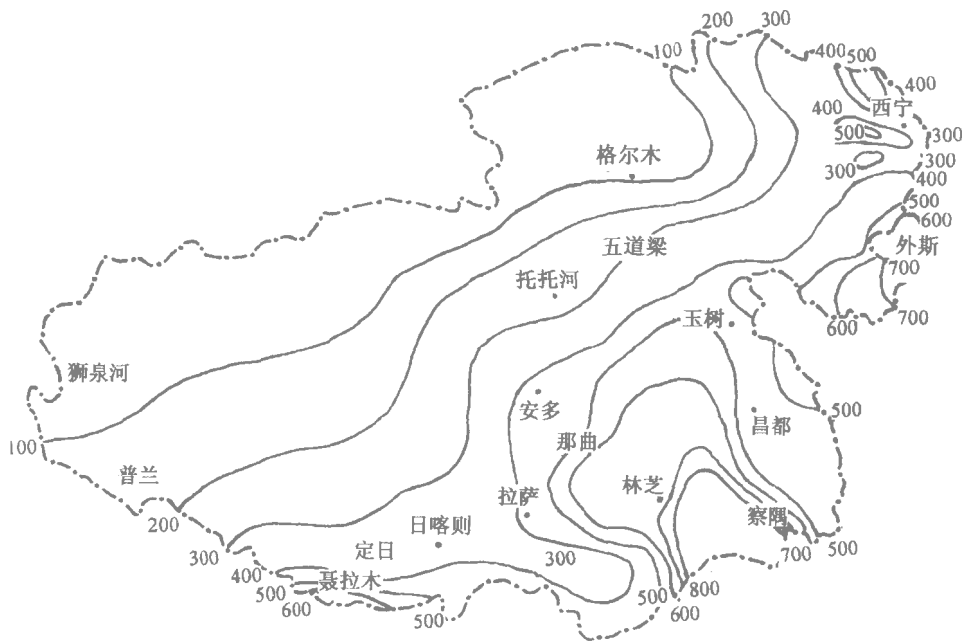


图 1-3 青藏高原年平均降水分布图 (戴加洗, 1990)

在青藏高原，年降水量主要集中于夏半年，雨季和干季分明，降水多分布在 6~9 月四个月，约占全年降水的 80%~85%，而在冷季仅占年降水量的 15%~20% 左右，特别是寒冷的冬季，降水量只占全年降水量的 5% 左右。年内降水量随季节分配表现为两种形式，即单峰型和双峰型，除喜马拉雅山南麓和雅鲁藏布江下游河谷地区呈双峰式外，其它大部分地区为单峰型，如西藏的聂拉木、普兰、察隅等地为双峰型，高峰值基本出现于 2~4 月和 7~8 月；单峰性降水的分布地区，除个别地区雨季开始较迟外，降水量主要集中于 6~9 月。降水的季节分配，对植物的生长发育节律以及生物量季节变化是极其重要的气象因素。6~9 月，此时正值青藏高原的暖季，期间气温凉爽，雨热分配同期，对农作物和植被的生长发育均十分有利。

但是，由于高寒草甸分布区海拔较高，气温较低，对农作物和牧草的生长发育乃是难于克服的不利的自然因素，限制了农牧业的发展，农作物耕作制为一年一熟，作物多为耐寒品种。早春降水极少，风力较大，与中国广大北方地区一样常常发生“春旱”危害，对农作物的下种和植物的返青极为不利。农业完全依赖灌溉。在高山地区，因冬季积雪，春季融化，还可以墒情较好，可以播种。

综上所述，青藏高原以水热综合条件的气候因素是比较复杂的，其总的规律自东南（东）向西北（西）逐渐趋于寒冷而干燥。在“青藏高压”所控制的气候条件下，青藏高原西部以高寒草原为主，东南部受西南季风的影响较强，以高寒灌丛草甸为主。北部由于受高空西风急流的影响，自东向西为温性草原和温性荒漠。

第四节 河流与湖泊

嵩草草甸，特别是沼泽化草甸主要分布于河流低阶地以及湖盆周围，因而河流与湖泊成为影响嵩草草甸分布的主要因素之一。青藏高原地域辽阔，其东部为外流区，西部与东北部为内流区。湖泊星罗棋布。

一、河流

1. 外流水系

青藏高原的外流水系主要有长江、黄河、澜沧江、怒江、雅鲁藏布江等各大水系，这些水系均发源于青藏高原，因而青藏高原具有江河源之称。

(1) 长江水系

长江是我国第一大河，流经青藏高原的金沙江、雅砻江、岷江、大渡河和嘉陵江等河流的部分水域。金沙江是长江上游的称谓，其源头有楚玛尔河、托托河、杂日曲（又名通天河）布曲和当曲等 5 条较大的河流。托托河为长江的正源，它发源于唐古拉山主峰各拉丹东峰（6621 m）之西南姜古迪如冰川。河源地区地势开阔平坦，河流比降小，流速缓慢，因而河源地区的中、小型咸、淡水湖泊众多。湖周围有小面积的沼泽化草甸，流至玉树的直门达，河流开始下切，成为高山峡谷地貌。地势相对高差较大，嵩草草甸仅分布于高山顶部。雅砻江是金沙江的最大支流，发源于青海省巴颜喀拉山脉南麓。大渡河发源于巴颜喀拉山东麓，即青海、四川交界的梁各山，在青藏高原流域面积较小。岷江和嘉陵江均发源于青藏高原东缘地区，其上游影响到川西高原和甘南部分地区。

(2) 黄河水系

黄河是我国第二大河，发源于青海省，其正源卡日曲位于各恣各雅山北坡 4800 m，其上游有约古宗列曲、卡日曲等。约古宗列曲发源于约古宗列盆地西南隅，山顶海拔 4650 m。两河各自东流，流经宽阔的谷地，由于河流比降小，两岸地下水位较高，发育着沼泽化草甸。约古宗列曲相汇卡日曲于星宿海北部。星宿河实为一片沼泽。河水自星宿海北部流入扎陵湖、鄂陵湖，出玛多县，流经达日县、久治县门堂乡。此间地域辽阔，地势开阔平坦，河流蜿蜒曲折，切割较浅。唐克、玛曲一带黄河迂回曲折形成许多

牛轭湖，此处亦是一片沼泽地。黄河继续至香扎寺附近，又折回青海省境内，经兴海县唐乃亥，再转向东流至黄河著名的峡谷区。从峡谷区以下由于海拔较低、气温较高，其植被则以森林、草原为主，而草甸仅分布于山顶部。

(3) 澜沧江水系

澜沧江发源于青藏高原唐古拉山南麓。其上游扎曲流经青海的杂多、囊谦两县后，进入西藏与子曲相汇，抵达昌都时又与吉曲相汇。此后便称为澜沧江。澜沧江再流经察雅、芒康，下盐井后流入云南西部出境。澜沧江上游地区为辽阔的山原地貌，海拔较高，河谷宽坦，流速平稳。因而在其广大的地域分布着高寒灌丛和高寒草甸。

(4) 怒江水系

怒江发源于青藏高原中部唐古拉山中段海拔 5200 m 的巴萨通本拉山南麓。穿行在唐古拉山脉与念青唐古拉山之间，先后有索曲和姐曲汇入，至沙丁后称为怒江。怒江河道在青藏高原平均海拔 4000 m 左右，河流下切微弱，水流平缓，河谷较宽。主要分布着高寒灌丛和高寒草甸。

(5) 雅鲁藏布江水系

雅鲁藏布江发源于杰马央宗冰川，源头海拔 5590 m，流出国境处的海拔约 155 m（中国科学院青藏高原综合科学考察队，1984），在国内长约 2057 km。雅鲁藏布江主要流经喜马拉雅山脉之间，山高谷深，气温较高，高寒草甸仅分布在高山带，成为嵩草草甸分布上限最高的地区。

除上述 5 大外流水系外，尚有位于喜马拉雅山南侧的恒河水系和印度河水系，这些水系在我国境内流程较短，因而在此不赘述。

2. 内流水系

青藏高原内流水系区主要包括青藏高原西部辽阔的藏北高原，阿里地区，可可西里地区以及青藏高原北部的柴达木盆地和青海湖盆地。内流水系的河流一般均短小，发源于周围山地，以高山冰雪水补给为主。夏季水量较大，而冬季水量较小，许多河流为间歇性的。由于嵩草草甸主要分布于青藏高原东部的的外流区，所以内流区河流在此不予描述。

二、湖泊

青藏高原湖泊众多，据统计，共有面积大于 0.5 km² 的湖泊 1770 余个，总面积达 39615 km²，主要有构造湖、冰川湖、堰塞湖和复合成因湖。内流区的湖泊（除青海湖）因气候极端干旱，不分布嵩草草甸，因而这里不予以描述。而在外流区域，因河流地区雨雪比较丰富，地形平坦，加之地下多年冻土发育，不透水层增厚，排水不畅，形成许多湖泊和沼泽，如扎陵湖、鄂陵湖是黄河上游两个最大的淡水湖泊。而在青藏高原东北部分布着我国最大的内陆咸水湖——青海湖，面积约 4427 km²。这些湖泊因地处高寒，湖周围发育着一定面积的嵩草草甸。

第五节 土壤条件*

土壤的形成、发展与自然条件和植被的发生、演变有着密切的关系，它们互为条件，相互作用，相互影响，相互制约着对方的发生和演化，因而在漫长的历史演化过程中形成了统一的自然综合体。一方面土壤库中贮存着可供植物生长发育所必需的营养物质（氮、磷、钾以及其它生长发育所必需的元素）和水分，同时，土壤中具有庞大的种子库，这些种子除绝大部分腐烂变质外，保存较好的种子在土壤适宜的水温条件下，经一段休眠期后而发芽，以扩大种群的数量，维持群落的稳定。另一方面植物的枯枝落叶、碎屑物质和死亡根系以及动物、家畜的粪便和尸体等，经微生物的分解，变有机物质为无机养料，归还给土壤，构成了土壤—植物—动物（家畜）之间的物质循环的有机系统。

根据嵩草甸下土壤发生特性的共同性和差异性，以及成土条件、形成过程和土壤的基本属性，划分为高山草甸土和沼泽草甸土两类。

一、高山草甸土

高山草甸土曾称为黑毡土、亚高山草甸土、草毡土，它是在高原和高山低温中湿条件以及高寒草甸植被下发育的土壤类型。成土母质为多种多样的冰积物、冰积沉积物、冲积物、残积物和坡积残积物，天山北坡有黄土母质。分布地区的气候寒冷而较湿润，年平均气温在 0 以下，无 ≥ 10 的天数或仅有几十天，年降水量在 350~700mm。在高山带，冬春季有较厚的积雪，因而在山地土壤经常处于湿润状态。土壤有较长的冻结期，一般为 3~7 个月。

1. 高山草甸土的基本特点

(1) 土壤形成和发育的年轻性

自第三纪以来，青藏高原强烈隆升，并形成现代的高原严寒气候；高山带由于海拔升高，气温降低，物理风化强烈，并且还有现代冰川的发育，故成土绝对年龄或相对年龄均较年轻，剖面发育普遍具有薄层性，粗骨性的共同特点。土层较薄，土层总厚度一般仅 30~50cm，表土层以下常夹有大量砾石，呈 A_s-A 或 C/D 的基本剖面结构，B 层发育不明显。常以 A/B 或 B/C 过渡层出现。

(2) 强烈的生草过程

高山草甸土的成土过程以强烈的生草过程为主导。其主要表征为表层约有 4~15cm 厚的草皮层 (A_s) 的形成，草皮层盘结极为紧实而富有弹性，容重很小（1 以下），而坚实度大 ($50\sim 60\text{kg}\cdot\text{cm}^{-3}$)，草根可占本层总重的 25%~30%，土壤有机质含量高达 8%~25%，腐殖质全碳含量高达 5%~14%。草皮层以下腐殖质层 (A_1) 明显，腐殖质层全碳量达 1.8%~8.8%，绝对量虽然低于上层，但占有机碳总量相对比例高于上

* 本节资料主要取自 1997年由青海省农业资源区划办公室编著的《青海土壤》，中国农业出版社，北京。