

西藏土壤元素背景值 及其分布特征

主编 成延鳌 田均良

268265

科学出版社

西藏土壤元素背景值 及其分布特征

主编 成延鳌 田均良

科学出版社

1993

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

本书系在对西藏土壤环境进行深入系统研究的基础上而总结撰写的专著。重点论述了铜、铅、锌、镉、汞、镍、铬、钴、钒、锰、氟、砷、硒 13 个元素在西藏各种环境类型土壤中的背景值分布特征及其主要影响因素,并从增强元素背景值的实用性角度,探讨了元素背景值的综合分区,同时对碱金属、稀土元素和放射性元素等 48 个元素在西藏土壤中的背景值及一般分布规律与共生组合关系也进行了讨论,还就土壤元素背景值图的编制意义、内容、方法和作用进行了介绍。

本书可供从事环境、土壤、生态系统、地方病研究和农牧业生产等领域的科技人员及有关专业的高等院校师生参考。

西藏土壤元素背景值 及其分布特征

主编 成延鳌 田均良

责任编辑 刘卓澄

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

北京市怀柔黄坎印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1993 年 12 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1993 年 12 月第一次印刷 印张: 10

印数: 1—500 字数: 221 000

ISBN 7-03-003806-1/P·711

定价: 12.50 元

《西藏土壤元素背景值及其分布特征》

编辑委员会

主编 成延鳌 田均良

编委 (以姓氏笔画为序)

王大生 王恒俊 田均良 成延鳌 余志成

吴积善 陈显顺 孟宪玺 张仁杰 张国枢

蒋定生

《西藏土壤元素背景值及其分布特征》

编写单位

中国科学院
水利部 成都山地灾害与环境研究所

中国科学院
水利部 西北水土保持研究所

西藏自治区城乡建设环境保护局

中国科学院长春地理研究所

中国科学院沈阳应用生态研究所

中国科学院贵阳地球化学研究所

前 言

土壤元素背景值在概念上是指土壤在自然成土过程中形成的化学元素组成,在未受人类活动直接影响和污染的情况下,所具有的固有含量水平。然而,随着社会的进步与经济的发展,人类活动的影响已波及全球,当今要寻求绝对未受人类活动影响和污染的土壤是相当困难的。因此,土壤元素背景值具有自然和社会双重影响的属性,以及随时间和空间而变化的相对性。青藏高原与南北极相提并论,号称地球的第三极。西藏高原是青藏高原主体部分,西藏地区的自然生态环境和社会经济状况,因受喜马拉雅等造山运动的影响,导致地壳的不断隆起和抬升,形成了海拔高度平均在4000米以上、位居中低纬度的高原寒冻环境,气温低,常年无夏。西藏的地域辽阔,人口稀少,是我国人口密度最稀疏的省区。西藏地区由于受环境、交通和社会历史发展等条件所限,使丰富的自然资源开发程度甚低,生态环境基本上保持着原生状态,成为地球上受人类活动影响和污染极小的地区之一,是开展土壤元素背景值研究的理想区域。本研究获得的基础数据和研究成果,除了为当地环境规划与管理、环境监测与评价、工农业生产合理布局以及卫生保健事业等提供科学依据而具有普遍意义外,还有着重要的特殊意义。

1. 西藏境内是地球上平均海拔最高的区域,从未开展过土壤元素背景值的系统研究。我们进行的内容丰富、系统性强的调查研究及所提出的土壤元素背景值等基础数据,势必起到填补高寒地区环境背景值空白的作用,成为我国不可多得的宝贵环境资料。

2. 在人类活动和现代工业发展的影响已涉及全球的今天,西藏的土壤环境仍相对保持着较完整的自然状态,有资格作为世界土壤元素本底值的重要对照区,其土壤元素背景值可起到全球性的参比作用。

3. 西藏具有世界其它地域难以类比的独特自然环境,地势高耸,高原边围切割幽深,相对高差极为悬殊,包含从热带到寒带的几乎所有生物气候带,土壤形成条件复杂,类型多样,垂直带谱完整,研究其土壤元素背景值的形成与影响因素以及垂直与区域分异规律,对于发展土壤化学、生物地球化学和环境化学等学科具有重要的学术意义和理论价值。

本书系1987—1991年期间,在完成国家“七五”攻关课题“西藏土壤环境背景值调查研究”任务中取得的大量调查资料、测试数据和鉴定成果的基础上,经进一步综合分析研究撰写而成,是土壤元素环境背景值研究领域一部内容较为全面、系统、深入的专著。通过对205个调查采样点土壤中的铜、铅、锌、镉、汞、镍、铬、钴、钒、锰、氟、砷、硒13个主要研究元素和土壤理化性质参数的测定数据的统计分析,本书重点论述了这些元素背景值的分布特征、分异规律和影响因素;并对元素背景值的环境综合分区作了探讨,加强了元素背景值研究成果的实用性,为拓宽土壤元素背景值的研究领域提供新的思路和方法。同时,对碱金属、碱土金属元素、稀土元素、放射性元素以及其它一些重金属与非金属元素等共48个化学元素的土壤背景值(因只有76个采样点的测试数据)仅作一般性讨论。此外,为进一步深化研究元素背景值的数据资料,充分发挥专家智能作用和现代技

术,采用了常规制图和机助制图相结合的方法,将土壤元素背景值的分布特征及区域分异规律,以图像化的形式表达出来,形象、直观、清晰地展示出土壤元素背景值的多种信息,更便于人们对元素背景值的认识和应用。我们共绘制出5类102幅背景值图件,这些图件将另行发表。本书仅对这些图的编制意义、方法、内容及其应用作概略介绍。

参加本项研究的单位和人员有中国科学院-水利部成都山地灾害与环境研究所的成延鳌、李先华、金爱珍、陈孔明、杨国彬、王跃、彭疆、何跃灿,西北水土保持研究所的田均良、王恒俊、谢永生、刘普灵、李雅琦、张淑光、陈思根、王志忠、吕惠明;西藏自治区城乡建设环境保护局的曾诚、李旭、肖合生、巴桑次仁、小尼玛、普布央金、龙兴华、张天华、李焱昆、李林;中国科学院长春地理研究所的张晓平、王其存、孟宪玺,沈阳应用生态研究所的张国枢、肖笃宁,贵阳地球化学研究所的余志成等。

本书共分八章,编写分工如下:前言和第四章成延鳌执笔,第一章王恒俊、余志成、孟宪玺、张国枢、曾诚、谢永生、吕惠明执笔,第二章成延鳌、田均良执笔,第三章张国枢、张晓平、王其存执笔,第五章田均良执笔,第六章余志成执笔,第七章张晓平、王其存、田均良执笔,第八章李先华执笔。全书由成延鳌和田均良负责统编定稿。

在本书编写出版过程中,得到国内环境学界有关专家的关心与鼓励、主管部门和各协作单位领导的支持与帮助,在此致以衷心谢意。

目 录

前言	
第一章 西藏土壤的形成环境及分布规律	(1)
第一节 环境的基本特征	(1)
第二节 土壤形成的环境条件	(3)
第三节 土壤类型及其分布规律	(13)
第二章 研究方法与质量保证	(22)
第一节 野外考察、采样与质量保证	(22)
第二节 分析方法与质量控制	(25)
第三章 西藏土壤元素背景值各论	(31)
第一节 铜 (Cu)	(31)
第二节 铅 (Pb)	(34)
第三节 锌 (Zn)	(37)
第四节 镉 (Cd)	(40)
第五节 汞 (Hg)	(43)
第六节 镍 (Ni)	(45)
第七节 铬 (Cr)	(49)
第八节 钴 (Co)	(52)
第九节 钒 (V)	(54)
第十节 锰 (Mn)	(57)
第十一节 氟 (F)	(59)
第十二节 砷 (As)	(62)
第十三节 硒 (Se)	(65)
第四章 各环境类型的土壤元素背景值	(68)
第一节 土壤元素背景值统计单元的划分	(68)
第二节 西藏全区土壤元素背景值及其分布特征	(68)
第三节 各土类间元素背景值的比较	(75)
第四节 主要母质类型土壤间元素背景值的比较	(78)
第五节 不同地貌类型区的土壤元素背景值	(81)
第六节 不同流域的土壤元素背景值	(83)
第七节 各种植被类型的土壤元素背景值	(84)
第八节 不同土地利用类型的土壤元素背景值	(86)
第五章 土壤元素背景值分异规律及主要影响因素	(89)
第一节 元素背景值的水平分异规律	(89)
第二节 元素背景值的垂直分异规律	(91)
第三节 影响元素背景值分异的主要因素	(100)
第六章 土壤元素背景值综合分区及评价	(106)

第一节	分区原则与依据	(106)
第二节	分区概述与评价	(108)
第七章	土壤中其它四十八个元素的背景值及其分布规律	(118)
第一节	四十八个元素背景值的基本统计量	(118)
第二节	四十八个元素的背景值特征及分布趋势	(119)
第三节	元素的共生组合关系及其影响因素探讨	(133)
第八章	西藏土壤元素背景值图的编制	(138)
第一节	编制背景值图的意义	(138)
第二节	编制背景值图的基础资料	(136)
第三节	编制的方法和内容	(136)
第四节	土壤元素背景值图件的说明	(137)
参考文献		(149)

BACKGROUND VALUES OF ELEMENTS IN XIZANG SOIL AND THEIR DISTRIBUTION

CONTENTS

Foreword

Chapter I Environment of Formation and Regularity of

Distribution of Xizang Soil..... (1)

1.1 Basic Features of Environment..... (1)

1.2 Environmental Conditions of Soil Formation..... (3)

1.3 Soil Types and Their Distribution Regularity..... (13)

Chapter II Research Methods and Quality Control..... (22)

2.1 Field Investigation and Sampling and Their Quality Control (22)

2.2 Analytical Methods and Quality Control.....(25)

Chapter III Exposition for Background Values of Each

Elements in Xizang Soil (31)

3.1 Copper..... (31)

3.2 Lead (34)

3.3 Zinc (37)

3.4 Cadmium..... (40)

3.5 Mercury (43)

3.6 Nickel (45)

3.7 Chromium..... (49)

3.8 Cobalt..... (52)

3.9 Vanadium (54)

3.10 Manganese (57)

3.11 Fluorine..... (59)

3.12 Arsenic..... (62)

3.13 Selenium..... (65)

Chapter IV Element Background Values of Xizang Soil in

Different Types of Environments (68)

4.1 Division of Statistic Units of Element Background Values in
Xizang soil (68)

4.2 Distribution Features of Element Background Values in Xizang soil... (68)

4.3 Comparison of Element Background Values Among Different
Soil Types (75)

4.4 Comparison of Element Background Values Among Soils Developed

from Main Parent Materials.....	(78)
4.5 Element Background Values of Soils in Different Types of Landform.....	(81)
4.6 Element Background Values of Soils in Different River Valleys	(83)
4.7 Element Background Values of Soils in Different Vegetation Types.....	(84)
4.8 Element Background Values of Soils in Different Land Uses Types.....	(86)
Chapter V Variation Patterns of Element Background Values of Xizang Soil and Their Main Affecting Factors.....	(89)
5.1 Horizontal Variation Patterns of Element Background Values.....	(89)
5.2 Vertical Variation Patterns of Element Background Values.....	(91)
5.3 Main Factors Affecting the Variation Patterns.....	(100)
Chapter VI Synthetic Regionalization and Evaluation for Element Background Values in Xizang Soil.....	(106)
6.1 Principles and Bases of the Regionalization.....	(106)
6.2 Introduction and Evaluation of the Regionalization	(108)
Chapter VII Background Values of Other Forty-eight Elements and Their Distribution Regularity of Xizang Soil	(118)
7.1 Basic Statistics of Background Values of 48 Elements.....	(118)
7.2 Features of 48 Element Background Values and Their Distribution Tendency	(119)
7.3 Association Relations of Elements in Soil and Main Affecting Factors	(133)
Chapter VIII Compilation of Maps of Element Background Values of Xizang Soil.....	(136)
8.1 Significances of Compilation of Background Value Maps.....	(136)
8.2 Basic information for Compilation of the Background Value Maps	(136)
8.3 Methods and Contents of the Map-making	(136)
8.4 Exposition of Element Background Value Maps	(137)
References	

第一章 西藏土壤的形成环境及分布规律

第一节 环境的基本特征

号称地球第三极的青藏高原，突出于北半球亚洲大陆的南部，山原莽莽，地域辽阔，是地球上海拔最高的巨大高原，其海拔大多在 4 000 米以上，形成了独特的中低纬度的高寒生态环境。西藏高原是青藏高原的主体部分，在此区域内，除唐古拉山以北及金沙江以东外，其余大部均属于西藏自治区的范围之内。

西藏自治区位于我国的西南边疆，西面是克什米尔地区，南面与印度、尼泊尔、锡金、不丹、缅甸接壤，东部和北部与云南、四川、青海、新疆等省区相连，面积达 120 余万平方公里。

西藏高原地势高耸，自然环境复杂。它在漫长的地质过程中，原是欧亚大陆古地中海的一部分，只是在地质历史中最近的一次地壳运动——喜马拉雅运动之后，才不断隆起为世界最雄伟、最年轻的高原。它是由一系列著名的大山、高原、高原湖盆和许多江河峡谷所组成。自南而北，有喜马拉雅山、冈底斯山-念青唐古拉山、喀喇昆仑山、唐古拉山和昆仑山等，东部则有南北走向的横断山脉，以西南部的喜马拉雅山和冈底斯山最为高耸，珠穆朗玛峰海拔 8848.13 米，耸立于中尼边界，雄踞地球之巅，为世界第一高峰。在其附近，还有希夏邦马等几个海拔 8 000 米以上的高峰。这些地区的山顶，终年白雪皑皑，冰峰叠嶂，形成了规模宏大的现代冰川。

纵观西藏全貌，在冈底斯山以北，是海拔 5 000 米以上的藏北高原，高原面由许多低山丘陵和湖盆宽谷所组成，呈现出波状起伏的地貌景观。发育以高山草原土和高山荒漠土为主的土壤类型，组合成高山草原、山地半荒漠与荒漠、高山半荒漠与荒漠等自然景观。冈底斯山以南，是以雅鲁藏布江中上游狭长河谷平原为主要特征的藏南山地，土壤分布最广的类型是灌丛草原土和草原土，构成了山地灌丛草原景观，是西藏农牧业最发达的地区。大约从唐古拉山口向南至错那一线（约东经 92° 左右附近）以东的藏东地区，由于地形复杂而显示它自然景观的多样性，在隆子、墨脱、察隅一带的雅鲁藏布江大拐弯处，地势北高南低，能直接受到印度洋的西南季风影响，成为喜马拉雅山南翼雨林与山地阔叶林自然景观地带；那曲地区位于三江流域的上游地段，山地破碎，海拔较高，形成高山灌丛草甸景观；昌都地区的高山峡谷地形与河流发育的分布格局，均受地质构造的控制。怒江、澜沧江、金沙江由流向东南而转向南流，将横断山脉的北段切割成高山峡谷区，江水奔腾，高山耸立、气势磅礴，自然土壤和植被呈明显的垂直变化，构成以山地针叶林为主的自然地带景观。

西藏自然生态环境的形成，是长期的地质历史不断演化的反映，并具有历史的继承性和由于现代营力作用下所产生的差异性。其自然环境的最主要特征表现在以下几个方面：

1. 高寒气候的特殊性和复杂性

西藏高原距海洋较远,大陆性气候明显,特别是高原大地形的动力和热力作用使高原本身及其邻近地区出现非常复杂的气候类型,温度低是西藏高原隆起至特大高程的必然结果。因此把它和南北级相比称为地球上的第三级,就在于它除了高度,还包含寒冷。西藏高原所处的纬度与我国长江流域大致相当,从理论上讲,两地气温应该接近,但由于西藏高原地势高,气温却比长江流域低 $10-18^{\circ}\text{C}$,高原1月平均气温虽然与我国温带地区相近,为 -10°C 至 -20°C 左右,但夏季却成为全国最温凉的地区,7月的平均温度只能与南岭以南1月的平均气温相比;至于高原内部则比我国南亚热带1月的平均温度还要低。可见,高原无夏,突出地反映出地形所给予的影响。

高原高寒气候的另一个特点在于气候类型的复杂性和气候的垂直变化很大,其温度条件和水分状况,都是从东南向西北有迅速明显的变化,自东南向西北依次可分为:热带山地季风湿润气候,亚热带山地季风湿润气候,高原温带季风半湿润、半干旱气候,高原亚寒带季风半湿润、半干旱和干旱气候、高原寒带季风干旱气候等类型。

在藏东南和喜马拉雅山南坡的高山峡谷区,由于地势高度的差异,自下而上,可出现热带、亚热带到温带、寒温带和寒带气候的垂直变化。

2. 寒冻风化和冰雪作用的普遍性

西藏高原既高又寒冷,发育了许多高山冰川和雪盖,在温差大、气温升降剧烈、高原辐射较强,岩石在热力胀缩过程及岩隙水分反复冻胀所形成的剥裂作用显著加强,以及在各种地形条件的配合下,物理风化过程极为强烈。

同时,寒冷低温,积雪广布,致使冻土在高原的广泛发育,形成了高原北部多年冻土、高原中部及藏南高原的岛状多年冻土及雅鲁藏布江中游谷地等海拔较低地区的季节性冻土三种类型。融冻交替作用,对高原土壤的形成过程,无疑具有重要意义。

3. 高原隆起对土壤形成过程影响的广泛性与深刻性

西藏高原的隆起,造就了一个地势结构极其复杂,并具有显著区域差异的地貌单元,它对于土壤的形成和分布有着广泛而深刻的影响。首先是由于地形的巨大高差所产生的生物气候的垂直变化,形成土壤的多种垂直分异规律;其次是由于频繁的构造运动和第四纪冰川及现代冰川作用所形成的复杂多样的基岩和成土母质。因而使西藏土壤发育具有年轻性、近期发育恶化和发生上的多元性的明显特征。

土壤发育的年轻性主要表现在土壤剖面分化简单,矿物风化程度浅和高原上几乎所有的土类(包括森林土壤)均未发现有粘粒移动集中而形成的方向性粘土,与更新世古土壤中存在大量方向性粘土形成鲜明的对比。

土壤的近期恶化现象在高山草甸土中表现为草皮层的脱落,植被向草原退化,土壤粗骨化,在草原土中地表粗骨性明显,并发生砂砾化现象。反映近期土壤表层物理风化的物质变粗和风蚀加强的趋势。土壤中的冻融现象也是近期成土条件恶化的一种表现。

土壤发育的多元性反映在土壤剖面 and 土壤物像的复合性,即在不同成土条件下先后形成的土壤层和土壤新生体不协调的结合于同一剖面之中。在高原的草甸、草原和荒漠

土中，经常发现剖面下层是前期较暖（湿或干）条件下形成的古土壤层。成土过程的多元性，充分说明高原土壤的发育在高原隆起过程中经历了多次气候变迁。

显然，西藏高原的地质历史，也是环境演变的历史，而高原隆起的巨大幅度及其年轻性则成为高原成土环境激烈变迁的主要原因。

第二节 土壤形成的环境条件

土壤是母质、地貌、气候、水文、植被及人类活动等诸多成土因素综合作用形成的历史自然体，各因素对土壤的发生演变以及地球化学特性无不产生深刻影响，土壤本身必然打上它们的烙印。

一、地质构造与成土母质

地质构造所形成的地层与岩性决定着成土物质的种类及分布特征。

1. 地质构造

西藏是一个巨大的块状隆起区，它比北面的塔里木盆地高出 3 500 米，比南面的印度河-恒河平原高出 4 500 米以上。其地质历史相当年轻。自早二叠世晚期开始，古地中海（特提斯海）由北而南逐渐退出，直至中始新世后的喜马拉雅运动才最终脱离海侵而全部成陆，在上新世末至第四纪初因强烈的新构造运动才大幅度整体抬升，巍峨耸立于世，成为地球之巅。在强烈隆升过程中，还伴随有岩浆侵入和火山喷发等活动。其地质构造轮廓大致可划分为两大部分：雅鲁藏布江以南，为喜马拉雅新生代地槽褶皱区；雅鲁藏布江以北（昆仑山以南），为藏北中生代地槽褶皱区，或称西藏台块。

喜马拉雅新生代地槽褶皱区，是我国境内独特的巨大的新生代褶皱系，第三纪时褶皱成山。大致位于雅鲁藏布江-印度河大断裂以南广大地区向南突出呈弧形，从震旦系到新生界地层齐全，古生界为海相，有一系列由北向南逆掩的推覆体。

藏北中生代地槽褶皱区，从北向南又可分三个构造带：1) 藏北与新疆相邻地区的昆仑山海西-印支褶皱带，大致东西走向，出露岩石主要是志留系安山岩，泥盆系石英砂页岩和白垩系砂页岩、灰岩等；2) 唐古拉燕山早期褶皱带，走向近东西，侏罗系地层分布广泛，基本属海相沉积，厚度大、火山岩少；3) 岗底斯山晚期褶皱带，由厚度较大的海相碎屑岩系组成。在昌都地区，构造线方向由西北转向南北，主要是由古生代及中生代地层组成的线状褶皱，并伴有复杂的走向断层和挤压破碎带，组成明显的褶皱系列。总之，雅鲁藏布江-印度河上游弧形巨大断裂带，藏青-那曲大断裂带，当雄-南木林北东-南西向大断裂以及昌都地区的金沙江、澜沧江、怒江等平行断裂带，它们结合该地区的地层、褶皱、火成岩等特征，组成了西藏地区的基本地质构造骨架。

2. 地层与岩性

西藏境内自元古代以来各个地质时期的地层均有出露，从大体上看，珠穆朗玛峰地区的南部亚东-普兰一带，从前寒武系到新生界均很完整。巨厚的海相中生代沉积，则见于

北部雅鲁藏布江的南侧。拉萨—波密一带以上古生界为主。藏北那曲地区以海相侏罗系为主。藏东地区从昌都以东及其以西怒江地区，以陆相中生界为主，其次是古生界。察隅、墨脱、隆子以南地区主要是变质岩系。藏北西部广大地区，除接近新疆的边缘主要是古生代沉积外，大部分为中生界和上古生界。

由于各地沉积环境的不同，地层变化很大，区内最古老的地层为前寒武纪的变质岩系，主要出露于喜马拉雅山区，其岩性为片麻岩、大理岩、石英岩等组成。奥陶纪地层主要见于珠穆朗玛峰地区（石灰岩、砂岩和页岩），昌都地区有零星分布（石英砂岩、结晶灰岩及板岩等）。志留纪地层在珠穆朗玛峰地区为页岩、石英砂岩和少量石灰岩。志留纪地层另一分布区在藏北与新疆交界的西端（凝灰质砂砾岩、砂岩等）、念青唐古拉山（片麻岩和片岩）以南地区和横断山区。泥盆纪地层分布较少，而石炭、二叠纪地层几乎从北到南都有出露，岩性为碳酸盐岩、碎屑岩、砂岩、页岩和大理岩等，中生代地层以三叠系分布最广，主要分布于日喀则—拉萨—那曲一线以东地区，此线以西显著减少，藏北中部仅有零星分布。岩性复杂，主要为杂色页岩、砂岩、板岩、碳酸盐岩、碎屑岩、硅质岩及部分砾岩、安山岩、玄武岩与凝灰岩等。侏罗纪地层可分为南北两带，南带在雅鲁藏布江以南的喜马拉雅山北坡；北带东起昌都、经丁青、索县、安多、班戈、改则到日土，横贯西藏，其岩性大致与三叠系相似。以碳酸盐岩为主的白垩纪海相地层，出露于本区南部和中部。而陆相地层则以昌都地区最为发育，亦见于高原内部若干山间盆地和河谷内，其岩性多为砂岩、泥岩及泥灰岩等。第三纪地层多出露于内陆拗陷盆地中，岩性为紫红色砂岩或砂砾岩类泥灰岩、页岩等。

作为成土母质的第四纪松散沉积物，在西藏高原广泛分布，主要是现代冰川、古冰川之冰碛物、残积物、坡积物、洪积物、湖积物和冲积物，还有部分风积物。

(1) 残积物。各种基岩风化残积而成。多分布于平缓山体顶部，主要有砂砾或碎石组成，细土很少。总的趋势是，海拔越高、越往西北部，化学风化越弱，物理风化越强，表现出粗骨性强的特征。在藏北干旱荒漠地区，风力吹蚀作用猛烈，粗粒物质相对富集，常形成砾幕。矿物成分随其岩的性质而异。

(2) 冰碛物。包括古冰碛物和现代冰碛物，均为分选差、岩性杂的粗质碎屑物质。古冰碛物多呈胶结或半胶结状态，有一定的成土作用，近代冰碛物多呈松散状态，成土作用极微。由于区内第四纪冰川发育，所以冰碛物分布较广。

(3) 坡积物。为基岩风化碎屑物受重力和坡面径流的共同作用下，在山坡中下部堆积而成，分选性较好，常含有较多细土物质。是区内最普遍的母质类型之一。

(4) 洪积物。为季节性洪水的堆积物，多呈扇形分布，在山麓地带与河谷盆地边缘广为分布。大部分为古老的洪积物，部分属于第四纪冰期的冰水洪积—冲积物。质地较粗，分选差，主要由砾石和粗砂组成，仅在洪积扇缘一带质地较细，有土壤发育，大部分可辟作农田。

(5) 冲积物。集中分布在各大河流的河谷阶地与河漫滩，质地较细，除含卵石外，并有一定厚度的砂质或粉砂质等细粒物质的堆积层，为本区最良好的农林牧用地。但除较古老的高阶地外，低阶地与河漫滩常受洪水和地下水的影响，成土过程不时被地质过程打断，并且往往呈现潜育特征。

(6) 湖积物。本区内陆湖泊甚多，湖积物分布广泛，尤其藏北高原比较集中。主要

位于湖成阶地、湖滩地与堤岸处。物质组成较细，主要是粘土、粉砂土和砂砾等，是比较好的成土母质，但多受地下水或湖水的影响，不仅易发生潜育化过程，而且常伴随盐渍化过程，特别是干旱、半干旱地区的湖滨地带，盐渍作用十分明显，对成土过程影响很大。

(7) 风积物。为风积砂，呈新月形流动沙丘、固定与半固定沙丘等分布在雅鲁藏布江、朋曲河等中上游宽谷段及藏北内流区，质地均一，主要为石英、长石和云母等矿物组成的粉砂和细砂，常有碳酸钙等盐类的富集。

总之，西藏高原的地质历史过程，以及复杂的地层与岩石，在各种不同自然营力作用下所形成的土壤母质，对于土壤的发育、物理化学性质和土壤元素背景值产生着重要影响。

二、地 貌

地形地貌是影响气候乃至植物、水文的主要因素，因而与土壤类型分布及土壤元素背景值分异密切相关。

西藏高原不仅是地球上海拔最高，面积最巨大的高原，而且在漫长的隆起过程中，发生过多次造山运动，形成了一系列巨大山系，奠定了西藏地貌发育的基础，一条条高耸的山地屹立在隆起的高原面上，高差悬殊，地形复杂，绝对海拔与相对高差均很大。其地貌单元可大略分为以下四大类型：

(1) 辽阔的高原。青藏高原是我国地势最高的一级台阶，平均海拔4500米以上，它的北、东、南三方面的前缘坎分别以4000米（塔里木盆地海拔1000米）、3000米（四川盆地300—400米）和6000米（印度恒河平原仅50米）的高差急骤下降到盆地和平原，衬托出这块地面巍然屹立、气势磅礴的雄伟气魄。成为世界上最年青、最高亢的一个独具特色的高原地貌单元。

西藏高原是一系列巨大山系、高原面及宽谷和湖盆的组合物。高原面是由许多低山丘陵和湖盆宽谷所构成的波状起伏的地面，实际上它是第二级的夷平面和宽谷盆地的堆积面。

高原面的地势由西北向东南倾斜，海拔从5500米递减到4000米左右。高原面大致可分为两级。高一级的高原面由中生代三叠系、侏罗系、白垩系砂页岩、灰岩、火山岩及新生代第三系砂岩、泥岩及砾岩组成的低山丘陵剥蚀夷平而成，海拔5000—5200米，形成时代在新生代第三纪。低一级高原面由盆地和宽谷组成，海拔4500—5000米左右，它夷平了第三纪的砾岩层，主要形成于晚第三纪上新世，在高原内部的内流区只受到轻微的切割，高原面形态保存完整。如藏北高原面最为典型。

(2) 巍峨的群山。在巨大的高原面上是绵延耸立的群山，主要的巨大山系有：

喜马拉雅山，长2400公里，宽200—300公里，是最新褶皱形成的山脉，同位素年龄（10—20）百万年。平均海拔6000米以上的高峰林立。其中超过7000米的高峰50多座。8000米以上的有11座，其中珠穆朗玛峰海拔高8848.13米，在其周围5000平方公里内，8000米以上的有4座，7000米以上的有38座。

冈底斯山—念青唐古拉山，山体东西长1400公里（其中冈底斯山长1040公里，念

青唐古拉山长 360 公里)。南北平均宽约 80 公里左右, 山岭平均海拔 5 800—6 000 米, 冰川发育, 以山谷冰川和冰斗冰川为主, 冈底斯山雪线 6 000 米, 念青唐古拉山雪线 5 800 米, 向东到嘉黎一带雪线降到 5 300 米。

喀喇昆仑山是连接帕米尔高原、喜马拉雅山和唐古拉山的链环。同位素年龄 (106—210) 百万年。是仅次于喜马拉雅山的第二位最高山, 平均海拔 6 000 米, 世界第二高峰乔戈里峰 (8 611 米) 是它的最高峰。

唐古拉山、北起小唐古拉山, 南至西藏安多, 南北宽 160 公里, 唐古拉山的主体部分都在 6 000 米以上, 相对高差 500 米左右, 最高峰格拉丹冬峰 6 621 米, 为长江发源地。

昆仑山是新疆和西藏的界山, 东西长 2 500 公里, 南北宽 150 公里, 高峰有公格尔山 (7 579 米), 慕士塔格山 (7 555 米), 形成于晚古生代海西运动, 是永久积雪与现代冰川最集中的地区之一。

横断山位于西藏高原的东部, 高山深谷相间纵贯南北。自西向东有伯舒拉岭—高黎贡山、怒江谷地、他念他翁山—怒山、澜沧江谷地、宁静山—云岭、金沙江谷地、雀儿山—沙鲁里山、雅砻江谷地、大雪山—折多山—锦屏山、大渡河谷地、邛崃山—大凉山, 构成两山夹一川, 两川夹一山的险峻地形。

(3) 狭长的平原。西藏的平原具有海拔高 (大于 3 000 米)、成因复杂 (冲积、湖积、洪积、冰碛)、面积较小, 分布呈狭长的条带状等特点。如雅鲁藏布江流域的拉萨河、年楚河、尼洋曲等中下游河段, 以及朋曲、隆子河、狮泉河 (森格藏布)、噶尔藏布、麻格藏布等中游河段。狭窄的湖滨平原主要分布在藏南高原湖群及藏北高原湖群等大湖泊沿岸。

(4) 深幽的峡谷。西藏著名的峡谷有雅鲁藏布江大拐弯峡谷, 峡谷地区群山对峙, 峡谷顶端以南的南迦巴瓦峰 (7 782 米) 雄踞南侧, 海拔 7 151 米的加拉贝垒峰耸立北岸, 山峰高出雅鲁藏布江水面 5 000—6 000 米, 河谷底部江面最窄处不到 80 米, 坡降由米林派区 2 800 米到海拔只有 500 米的墨脱希让, 长 200 余公里的河段内, 河床下落 2 300 米, 平均坡降达 10.3%, 最大可达 62%。

另一组大峡谷是三江峡谷, 雄伟险峻, 河谷切割深度达 2 000—2 500 米; 谷底海拔一般为 1 000—2 000 米, 而三江之间的分水岭则常高达 4 000—5 500 米。

总之, 在西藏高原这一巨大地貌单元内部, 其结构相当复杂, 区域差异十分明显, 对土壤的形成与分布有着重要影响。其一, 高大的西藏高原与四邻低地以及高耸的山地与山麓高原面之间的巨大高差, 所产生的生物气候垂直变化, 导致成土过程的垂直分异, 造成土壤分布的垂直带谱变化, 这在藏东南高山深谷区表现显著。其二, 受东西走向的重重高山阻隔, 海洋性气候影响大大减弱, 导致西藏大部分地区成土过程处于干燥的气候环境下, 并在和缓广阔的高原面上表现出明显的水平地带分异, 而垂直地带分异则趋于简单。相应的土壤元素背景值往往也会表现出水平分布特征。其三, 区内第四纪冰川发育, 至今仍有规模不小的现代冰川活动, 冰碛物为其主要成土母质之一, 其上形成的土壤, 发育原始, 贫瘠多砾。同时冰川的退缩也导致某些河湖径流补给来源减少与地下水下降, 引起河湖漫滩和洪积扇缘等低湿地段的土壤脱离区域水文地质的影响, 向地带性土壤方向发育。无疑冰川的暂时性进展、冰川泥石流以及冰缘地貌作用等也是干扰和

影响成土过程的活跃因素。此外，坡向、坡度及中、小地形变化等对土壤形成的影响更是非常普遍。

三、气 候

气候是决定土壤发育程度和内部物质迁移分异的最基本因素。由于气候影响，植物土壤相应形成水平和垂直地带分布。

西藏高原高耸云端，几乎占据了大气对流层厚度的一半，对上空压力场和温度场产生强烈影响，形成特殊的环流形势。加之距海较远，大陆性气候明显。夏季因西风带北移和东南部偏南风向的影响，印度洋的温暖气流得以北进，但由于喜马拉雅山的阻隔，仅有部分湿热气流可沿南北向谷地深入高原内部，因而除东南部和喜马拉雅山南侧局部温暖多雨外，高原内部则温凉少雨。年平均降水量从藏东南的4000毫米以上，往西北逐渐减少至50毫米以下，降水量最多地区是最少地区的100多倍（图1.1）。干湿季节明显，降水集中，雨季降水量一般占全年的80—90%，多阵性降水，各地夜雨率都在60%以上。冬季受西风带的控制，寒冷干燥，最冷月平均气温多低于零度，大风频繁，大部分地区年平均气温（图1.2）较我国同纬地区低9℃以上，日均温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 。

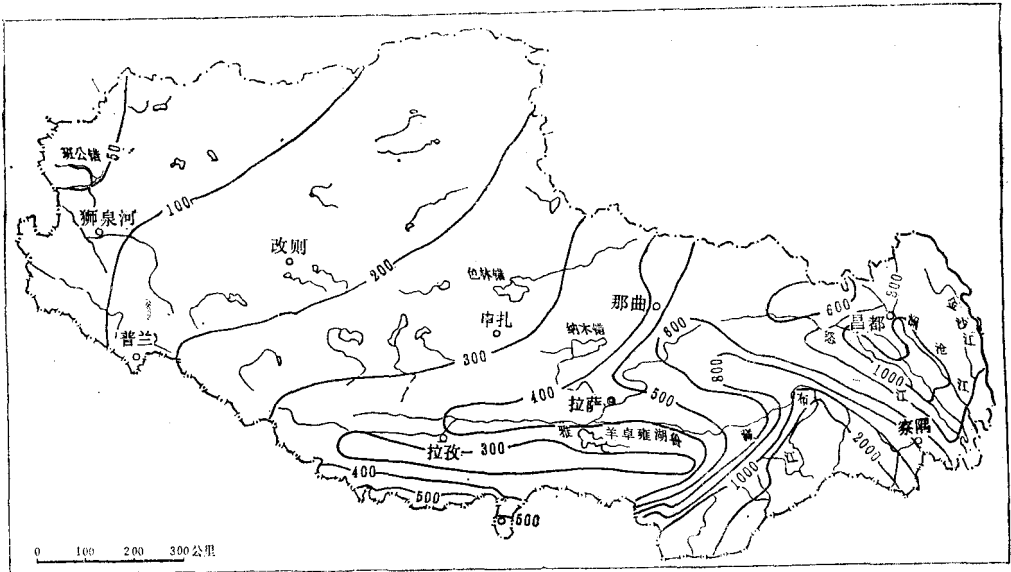


图 1.1 西藏年平均降水量（毫米）等值线图
（据《西藏自然地理》资料绘制）

若以5日候平均气温 $\geq 20^{\circ}\text{C}$ 为夏季的标准，则高原几乎无夏季可言。低温干燥，日温差大，干湿季节明显，降雨少而集中等构成了西藏气候的主要特点。而高山冰川与冻土现象成为西藏高寒气候的重要标志。

西藏气候的特点深刻地影响着土壤的形成与分布。在高寒干旱的气候环境中，尤其是在冰川和冻土支配的地段，主要发育着生物作用与淋溶作用较弱、寒冻机械风化强烈或冻融活动频繁等发生特点的草原土与漠境土。因此，近代冰川与湖泊的退缩直接支配着局部地段土壤发育的年龄和土壤演替过程。