

南极半岛海洋气候区的土壤

· 分类问题

陈 杰¹ 龚子同¹ Blume HP²

(1 中国科学院南京土壤研究所 南京 210008;

2 Institute of Plant Nutrition and Soil Science, University of Kiel, Kiel D-24098 Germany)

摘 要 本文简要论述了早期南极土壤分类研究工作。对在南极海洋性气候区应用《美国土壤系统分类》和《国际土壤分类参比基础》进行土壤分类工作的最新实践进行了阐述和比较;同时,依照《中国土壤系统分类》对本区进行了初步的分类尝试。研究结果显示,南极海洋性气候区的主要土壤分别属于《美国土壤系统分类》冻土纲下的各级单元。比较而言,其他两个分类系统在本区的应用相对困难。

关键词 南极; 永冻层; 冻土; 土壤分类; WRB

中图分类号 S151⁺.3

南极地区独特成土环境、成土过程以及由此形成的独特土壤性状,为土壤分类学提出了新的挑战。南极地区的土壤学研究开始于 20 世纪初期,由于南极土壤研究只限于零星地区开展,加上南极广大地区的土被具有明显的不连续性特征,因此,直到 20 世纪 60 年代第一个真正意义上的南极地区土壤分类方案才由 McCraw 提出^[1,2]。南极地区土壤研究不以土壤资源的利用与管理为目的,土壤分类完全着眼于土壤的自然属性及其发生学意义。早期的南极土壤分类主要表现出两种不同的学术倾向,一种强调南极地区土壤与地球上其他地区土壤的共性,以土壤地带性学为理论基础;另一种则侧重于南极不同地区土壤类型的分异性,强调母质、时间、生物活动等区域性成土因素对土壤性状的具体影响^[3]。分类标准粗略、类型定义宽松、分类结构简单是早期南极土壤分类存在的共同问题。

随着南极土壤研究的不断深入和国际交流的现实需要,把南极土壤融入目前世界上几个主要的土壤分类体系中进行表述正在成为趋势。本文拟以南极海洋气候区为例,对本区内的主要土壤进行初步的分类尝试,论述主要土壤类型在早期各南极土壤分类系统中的划分情况,确定它们在《美国土壤系统分类》(Soil Taxonomy)、《国际土壤分类参比基础》(WRB: World Reference Base for Soil Resources)

以及《中国土壤系统分类》(Chinese Soil Taxonomy)中的位置并进行参比。

1 早期的南极土壤分类系统

由 McCraw 在 1960 年提出的土壤分类系统其应用对象局限于南极内陆泰勒干谷(Taylor Dry valley)地区的土壤,显然对南极海洋性气候区土壤类型的划分没有任何指导意义^[1]。此后 1967 年 McCraw 制订的分类系统试图覆盖整个南极地区,在这个分类系统中,南极地区的土壤被分为 3 个大类,即地带性土壤(zonal soils)、隐域性土壤(intrazonal soils)以及泛域性土壤(azonal soils)^[2]。其中,地带性土壤为经 McCraw 重新定义的寒性土(frigid soils),按反映土壤有效水分和淋溶状况的可溶盐在剖面积聚与分布情况进行续分,南极海洋性气候区发育的多种土壤均可归属于其中的一个二级单元。隐域土方面,指那些充分反映地域性成土因素的土壤类型,如受有机质积聚强烈影响的土壤、受火山和地热活动影响的土壤等,这类土壤在南极海洋性气候区也广泛分布。泛域土专指那些发育于新近冲积物、风成沙丘、海边滩涂、干燥山麓碎屑堆积物以及悬崖陡坡上的幼年土壤,这类土壤类型繁多,在包括南极海洋气候区在内的南极广大地区具有分布。事实上,McCraw 的分类系统只是把南极地区不同的土壤

类型进行归并,没有低级单元的界定和精确定义的支撑,缺乏应有的可操作性,无法据此对南极海洋性气候区的土壤类型进行土壤分类学意义上的区分。

新西兰土壤学家 Campbell 和 Claridge 在 McCraw 分类的基础上,对南极地区的主要土壤类型进行了重新定义,并在 1969 年提出新的分类方案^[4]。这一新的分类尝试在最高单元 (top units) 的设置上沿袭了强调土壤地带性分类理念的同时,突出了区域性因素对土壤发生、发育的影响。同时,在地带性土壤单元的续分上进行了新的尝试,确立以土壤有效水分状况、土壤风化程度、母质类型与母岩特性分别为 2、3、4 级单元划分标准的多级分类框架 (图 1)。按照 Campbell 和 Claridge 对土壤有效水分状况的界定标准,南极海洋性气候区夏季消融期内有自由水活动、冻-融作用强烈的土壤绝大部

分属于这一分类系统中的半干旱寒性土 (subxerous frigid soils)。根据下级单元的续分标准,基本可以确立具体土壤类型在系统中的位置,如玄武岩崩积物上中度发育的亚干旱寒性土等。在隐域土中明确的 3 个主要类型:第一类土壤蒸发盐土 (evaporite soils) 在南极海洋性气候区内鲜有发现;受有机质积聚影响的土壤如泥炭土 (algal peats)、鸟成土 (avian soils 或 ornithogenic soils) 主要分布在南极海洋性气候区和东南极滨海地区;受地热活动影响的水热成土 (hydrothermal soils) 在南极海洋性气候区也广泛分布。Campbell 和 Claridge 分类系统的主要问题在于,尽管在寒性土的续分上制订了理论框架,但只有描述性的类型区分,缺乏明确的土壤属性方面的界定指标,加上没有相应的科学命名系统,很大程度上限制了此系统的可操作性^[4]。

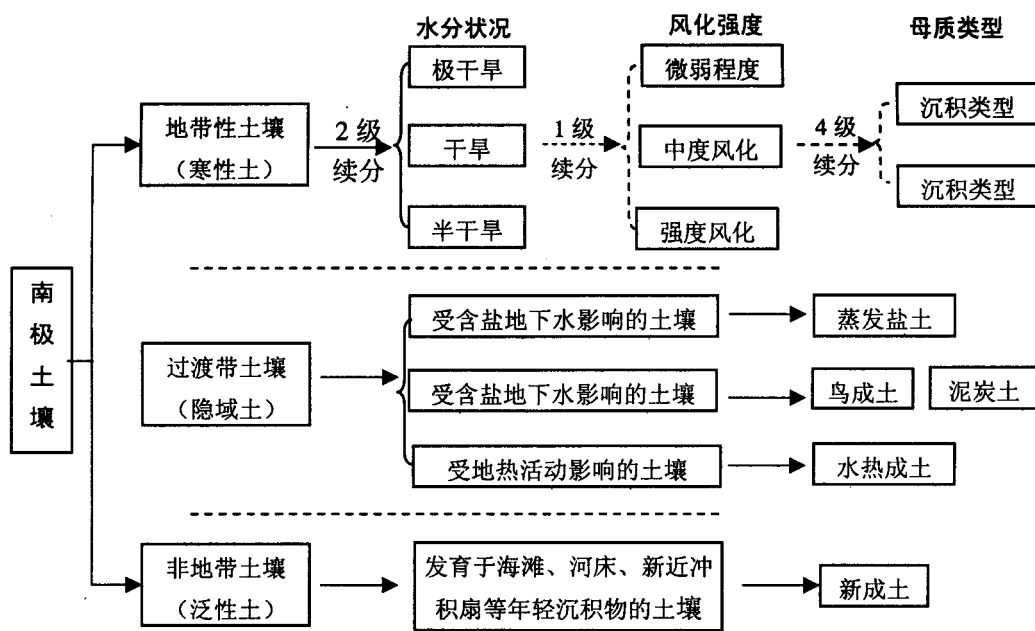


Fig. 1 Classification system for Antarctic soils as proposed by Campbell and Claridge in 1969

Tedrow 在 1977 年提出的极地土壤分类系统是世界上第 1 个将南、北极土壤统一于一个 5 级体系的分类系统^[5]。这一分类系统顶级单元把分布于两极地区的土壤划入 4 个不同的土壤带,分别为苔原带 (tundra soils)、亚极地漠土带、极地漠土带以及寒漠土带。其中南极地区分布着 3 种不同土壤带的土壤,寒漠土主要分布于 66°S 以南的干旱内陆地区;极地漠土主要分布在 60°S 附近,南极半岛北段及其毗邻岛屿等海洋性气候区,60°S 以外、40°S 以

内的南大洋 (Southern Sea) 海域岛屿,主要分布着苔原带土壤 (图 2)。

Tedrow 分类系统的二级单元为大土类 (great groups),在苔原带、亚极地漠土带以及极地漠土带的土壤中共划分出 14 个大土类 (图 3),按土壤质地、矿物学性质、母质类型进行第 3 级续分,按土壤水分条件和湿润状况 (wetness factor) 进行 4 级续分,第 5 级续分的依据为组合型的发育状况等地表形态学特征。在 14 个大土类中,其中除北极棕壤

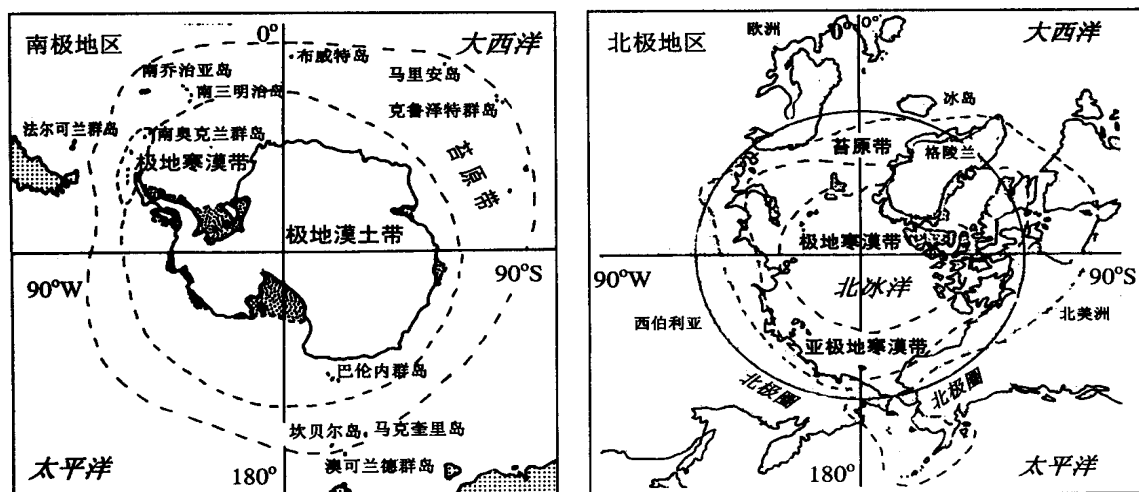
图 2 南、北极地区主要土壤带^[5]

Fig. 2 Maps showing major pedologic zones in the Arctic and Antarctic regions

(Arctic brown soils)、黑色石灰土(Rendzina soils)、次石墨土(Shungite soils)、腐殖质黑粘土(Grumusols)之外,其他大土类在南极海洋性气候区均有不同程度的分布。在 Tedrow 分类系统中,鸟成土被划入不包括南极海洋性气候区的寒漠土带,显然是不正确的。在其他土壤方面,泥流土(Solifluction soils)只是南极半岛地区新成土的一个类型,而发育在本区海滩、溪岸以及新近冲积、沉积物上的土壤类型在此分类系统中没有体现。从

大土类的名称明显源于不同命名法这一点上可以看出,Tedrow 分类系统中大土类的设置实际上是直接借用其他分类系统现成的分类单元,因此不是真正意义上的独立分类系统,属于极地土壤分类的一个整合系统。

由于该系统分类单元在定义上难免相互交叉掩盖,不能形成有效的检索机制,很难适应南极海洋性气候区内土壤发育的多元性、土壤类型的多样性以及分布模式的微域性等特点。

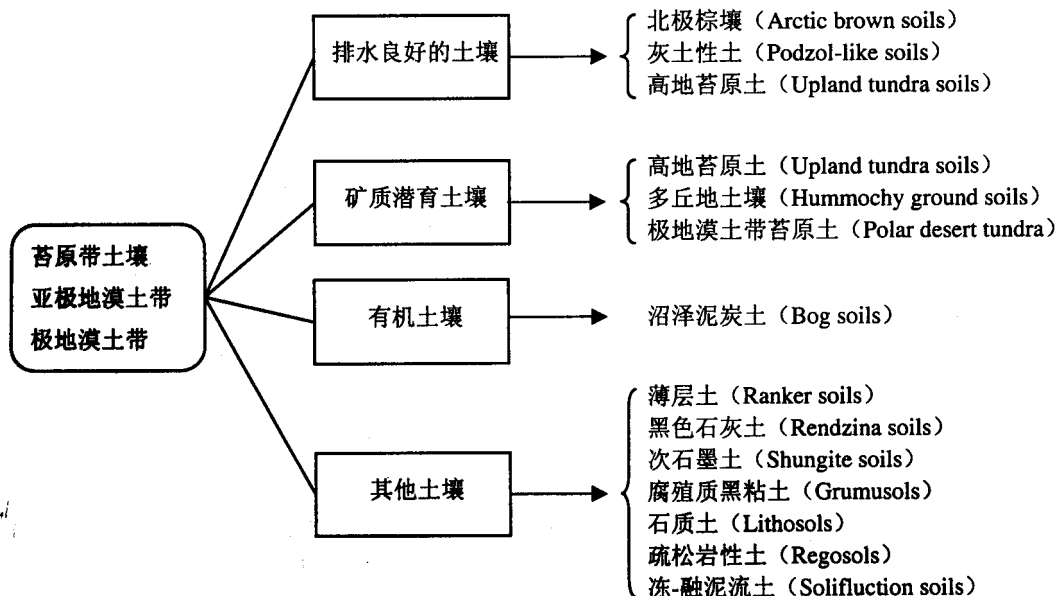
图 3 Tedrow 分类系统中苔原带、亚极地漠土带以及极地漠土带中的大土类^[5]

Fig. 3 The great groups included in the tundra zone, sub-polar desert zone and polar desert zone as proposed by Tedrow

2 美国土壤系统分类

美国土壤调查局 (Soil Survey Staff) 接受了以 Bockheim JG 为主席的国际冻土委员会 (ICOMPAS : the International Committee on Permafrost-Affected Soils) 的建议, 在 1999 年出版的《美国土壤系统分类 (第 2 版) 》 (“Soil Taxonomy”) 中, 正式确立冻土 (Gelisols) 为这一分类系统中的第 12 个土纲^[6]。冻土的中心含义是指那些含有“冻土物质” (gelic materials) 和下伏永冻土层 (permafrost) 的土壤, 冻-融交替引发的冻扰过程 (Cryoturbation (frost

mixing)) 是其最为显著的土壤过程。冻土具体的诊断标准为:

A. 下伏永冻层的埋深不超过 100 cm ; 或

B. 100 cm 土层内出现冻土物质, 同时永冻层的埋深不超过 200 cm。

这里的冻土物质指活动层 (active layer) 内或永冻层上部 (upper part of the permafrost) 的受冻-融过程影响并具有明显冻扰形态特征的矿质或有机物质, 因此, 永冻层的埋深和冻扰作用引起的形态特征在冻土的界定和分类中具有重要意义 (表 1)。

表 1 土壤冻扰特征与相应的冻扰过程^[7]

Table 1 Cryoturbation features and related processes for classifying permafrost-affected soils

冻扰特征	冻扰过程
不规则或间断的发生土层界线 (irregular or broken soil horizon boundary)	土体移位 (displacement) , 冰间离 (ice segregation) , 热喀斯特 (thermokarst) , 冻融泥流 (gelifluction) , 热裂化 (thermal cracking) 作用
土壤层理带变形 (deformation of textural bands)	土体移位, 冰间离, 热喀斯特, 冻融泥流
土体回旋 (involutions)	翻转 (rotations) , 吞陷 (inclusions) 作用
物质贯入 (injections)	吞陷作用
有机物质在永冻界面的积聚 (organic matter accumulation on permafrost table)	翻转, 吞陷作用
粗粒物质取向排列 (oriented coarse fragments)	排列分选 (alignment) , 冻融泥流, 冻顶胀 (frost jacking) 作用
粉粒在空隙中封堵与淀积 (silt capping and illuviation)	垂直分选 (vertical sorting) , 冰透镜化作用 (ice lensing)
冰楔体 (ice wedges)	冰间离, 重结冰作用 (refreezing ice)
砂楔体 (sand wedges)	热裂化作用

美国土壤系统分类中冻土下分有机冻土 (Histels)、扰动冻土 (Turbels)、正常冻土 (Orthels) 3 个亚纲, 其中, 扰动冻土是冻土纲中占主导地位的亚纲, 全球大约 50 % 以上的冻土属于这一亚纲。由于南极海洋性气候区的土壤绝大部分下伏永冻土层, 土壤冻-融作用强烈, 冻扰形态特征发育明显, 因此本区的土壤基本可以包容于《美国土壤系统分类》冻土纲之中。具体而言, 有机冻土在南极海洋性气候区内鲜有发现, 但扰动冻土和正常冻土两个亚纲下的多个土类 (great groups) 普遍分布。Bockheim 认为, 以南极半岛及其毗邻岛屿为主体的南极海洋性气候区分布的冻土主要为粗粒扰动冻土 (psammiturbels)、粗粒正常冻土 (psmmorthels) 以及筒育扰动冻土 (laploturbels) 和筒育正常冻土 (laplorthels) 的典型亚类 (typic) 和石质 (lithic) 亚类^[8]。Blume 等人在南极海洋性气候区乔治王岛的调查表明, 本区内尚分布着暗瘠扰动冻土

(umbriturbels) 和暗瘠正常冻土的堆垫亚类 (cumulic umbriturbel , cumulic umbrorthel)、高腐有机冻土 (Sapristels) 的石质亚类 (lithic sapristel) 以及潮湿扰动冻土 (aquiturbels) 的典型亚类 (typic aquiturbel) 等土壤类型^[9] (图 4)。

《美国土壤系统分类》在对有机土纲 (Histosols) 的定义中, 有意把有机质含量达到有机土标准但受冻-融作用影响且下伏永冻层的土壤排除在外, 因此, 冻土纲中的有机冻土亚纲理论上应该可以涵盖南极半岛地区所有高有机质含量的冻土类型。但在现实操作中, 却存在一定困难。首先, 南极海洋性气候区内的某些高有机质含量的沼泽土壤, 究竟应属于落叶有机冻土土类 (Folistels) 还是纤维有机冻土土类 (Fibristels) 海鸟栖息地发育的高有机质含量的鸟成土应归于高腐有机冻土土类 (Sapristels) 还是半腐有机冻土土类 (Hemistels) 以及上述土类与冰层有机冻土 (Glacistels) 之间的

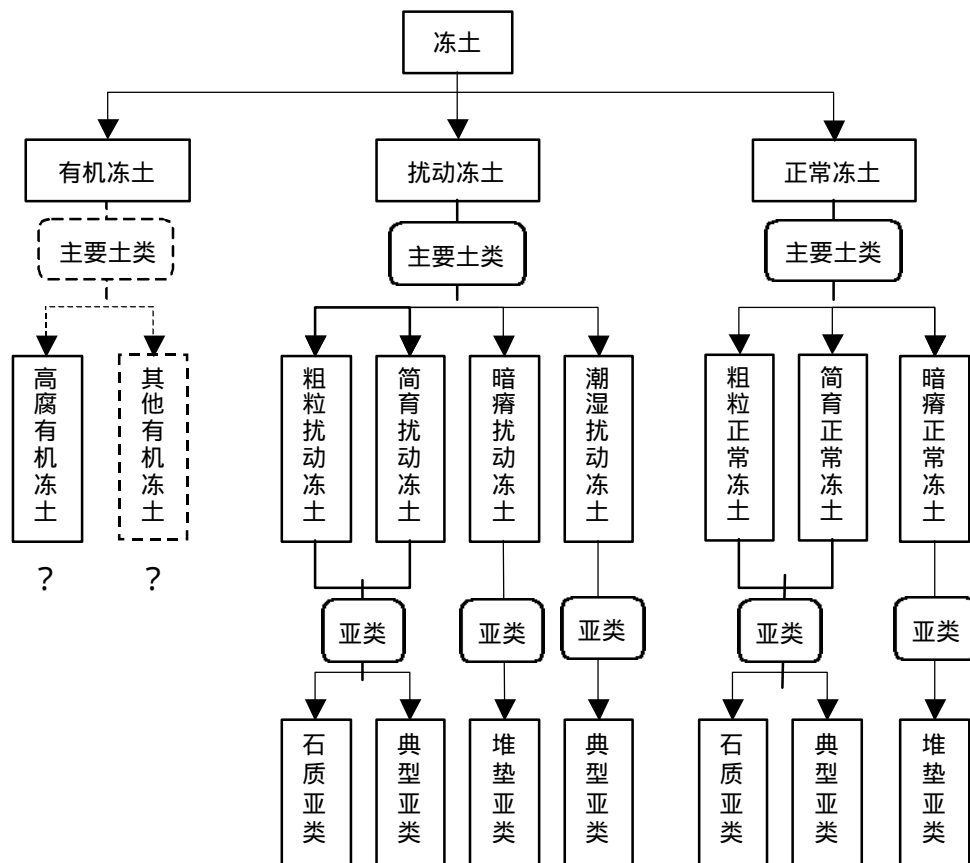


图4 南极海洋性气候区主要土壤类型在《美国土壤系统分类》冻土纲中的位置

Fig. 4 Localities of the maritime Antarctic soils within Gelisols of the Soil Taxonomy

相互关系在具体分类操作中如何界定等方面，均存在着明显的不同意见。另外，有机冻土在南极海洋性气候区分布很少，但同时本区生物活动与有机质积累的强度为南极地区最高，土壤发生、发育受生物活动影响最强烈，理论上冻土其他亚纲的有机土类即有机正常冻土（Historthels）和有机扰动冻土（Histoturbels）的分布要普遍得多，但在具体的分类实践中，有机冻土亚纲与其他亚纲之间的有机过渡类型却鲜有报道。

按照定义，不同类型的冻土在发生学上可以具有淡薄（ochric）、暗沃（mollic）、暗瘠（umbric）以及有机（histic）等诊断表层（diagnostic epipedons）和粘化（argillic）、盐积（salic）、石膏（gypsic）以及钙积（calcic）等诊断土层（diagnostic horizons）。由于南极海洋性气候区永冻层埋深较深、活动层较深厚且受微域因素影响极大，土壤永冻层状况难以在野外准确测定，如果在分类实践中抛开土壤永冻层和冻-融特征，直接以上述诊断层和诊断表层为依据进行土壤类型的划分，可能会导致完全不同的分

类结果。因此，永冻层深度与相应活动层特性的调查，是实施美国土壤系统分类进行南极海洋性气候区土壤类型划分能否成功的关键。

3 国际土壤分类参比基础

在国际土壤分类参比基础（WRB: International Reference Base for World Soil Resources）中，下伏永冻层的土壤被归于冷冻土（Cryosols）大土类（great groups），是其他分类系统中 Gelisols, Cryozems, Cryomorphic soils 以及 Polar Desert soils 的参比基础。冷冻土又称永冻土（permafrost soils），定义为：“地表至 100 cm 土体内有一个或多个寒性或寒冻层（cryic horizon）的土壤”^[10]。

界定寒冻层的第一个依据就是土壤温度必须连续 2 年以上保持在 0°C 或以下，因此寒冻层事实上就是永冻层。国际土壤分类参比基础把永冻层深度在 100 ~ 200 cm 之间、但在 100 cm 深度内有冻土物质出现的土壤排除在冷冻土之外。因此，与《美国土壤系统分类》中的冻土纲相比，冷冻土对发育、

分布在高纬度地区的土壤类型的包容性相对要小得多。同时,国际土壤分类参比基础在大土类级别上缺乏明确的界定,在最高单元的划分上容易出现交叉现象。

在冻-融作用强烈但永冻层深度大,土壤发生、发育与分布强烈受微域因素影响的南极海洋性气候区,应用国际土壤分类参比基础对本区的主要土壤进行分类,情况较为复杂。前面谈到,南极海洋性气候区的主要土壤类型基本上都可以在《美国土壤系统分类》的冻土纲中找到相应的位置。但在国际土壤分类参比基础中,本区的土壤可能分属冷冻土、有机土、雏型土(Cambisols)、黑土(Phaeozems)、冲积土(Fluvisols)、薄层土(Leptosols)、灰土(Podzols)、疏松岩性土(Regosols)、石质土(Lithosols)以及暗瘠土(Umbrisols)等 10 余个土类。

在对南极海洋性气候区乔治王岛的主要土壤进行分类时,Blume^[9]等人将属于《美国土壤系统分类》

中简育正常冻土和简育扰动冻土的大部分土壤类型划入国际土壤分类参比基础中的冷冻土;将落叶、纤维以及高腐有机冻土划入有机土;将部分简育正常冻土和暗瘠正常冻土划入雏型土;将暗沃正常冻土(mollorthels)划入黑土;将粗粒正常冻土划入冲积土;将大部分土层浅薄的简育正常冻土一并划入薄层土;将有灰化特征的植被土壤和遗弃企鹅栖息地的土壤划入灰土;将具有堆垫表层特征的暗瘠正常冻土分别划入疏松岩性土、暗瘠土以及石质土大土类(表 2)。

国际土壤分类参比基础的特点可以概括为:一级单元设置数量较多,整个系统对全球土壤资源具有广泛的包容性,与其他土壤分类有良好的兼容性。由于把重点放在高级单元的划分上,国际土壤分类参比基础应用于特定地区,其分类结果更多地体现出(甚至扩大了)土壤类型之间的差异,而一定程度上掩盖了土壤类型之间发生学联系以及土壤属

表 2 南极海洋性气候区主要土壤类型在《国际土壤分类参比基础》和《美国土壤系统分类》中的位置参比^[9]。

Table 2 Accommodation comparison of the maritime Antarctic soils in the WRB System and the Soil Taxonomy

国际土壤分类参比基础(WRB) 亚类(subunits)	美国土壤系统分类(Soil Taxonomy) 亚类(subgroups)
玻璃薄层冷冻土(Vitric-leptic Cryosol)	石质简育正常冻土(Lithic Haplothel)
简育扰动冷冻土(Hapli-turbic Cryosol)	典型简育扰动冻土(Typic Haploturbel)
或:暗瘠扰动冷冻土(Umbri-turbic Cryosol)	
潜育扰动冷冻土(Gleyi-turbic Cryosol)	堆垫暗瘠扰动冻土(Cumulic Umbrithel)
粗骨滞水冷冻土(Skeleti-stagnic Cryosol)	典型潮湿扰动冻土(Typic Aquithel)
简育半风化冷冻土(Hapli-regic Cryosol)	或:石质简育正常冻土(Lithic Haplothel)
钙积半风化冷冻土(Calcari-regic Cryosol)	典型简育扰动冻土(Typic Haploturbel)
	典型简育扰动冻土(Typic Haploturbel)
玻璃半风化冷冻土(Vitri-regic Cryosol)	或:石质简育正常冻土(Lithic Haplothel)
	典型简育正常冻土(Typic Haplothel)
纤维寒冻有机土(Fibri-gelic Histosol)	石质纤维有机冻土(Lithic Fibrithel)
落叶寒冻有机土(Foli-gelic Histosol)	石质落叶有机冻土(Lithic Folistel)
不饱和寒冻有机土(Dystri-gelic Histosol)	冲积潮新高腐有机冻土(Fluvaquentic Sapristel)
暗沃寒冻雏形土(Molli-gelic Cambisol)	典型简育正常冻土(Typic Haplothel)
或:饱和寒冻雏形土(Entri-gelic Cambisol)	
不饱和寒冻雏形土(Dystri-gelic Cambisol)	典型暗瘠正常冻土(Typic Umbrithel)
粗骨寒冻黑土(Skeleti-gelic Phaeozem)	典型暗沃正常冻土(Typic Mollorthel)
不饱和寒冻冲积土(Dystri-gelic Fluvisol)	典型粗粒正常冻土(Typic Psammorthel)
或:盐积寒冻冲积土(Sali-gelic Fluvisol)	
饱和寒冻薄层土(Entri-gelic Leptosol)	石质简育正常冻土(Lithic Haplothel)
或:粗骨寒冻薄层土(Skeleti-gelic Leptosol)	
或:玻璃寒冻薄层土(Vitri-gelic Leptosol)	
或:鸟成寒冻薄层土(Orthithioni-gelic Leptosol)	
腐殖质寒冻暗瘠土(Humic-gelic Umbrisol)	堆垫暗瘠正常冻土(Cumulic Umbrithel)
鸟成寒冻暗瘠土(Ornithogeni-gelic Umbrisol)	

性之间的相似性 (similarity)。按照国际土壤分类参比基础进行土壤类型划分,即使在面积只有几百平方公里的南极乔治王岛,便分布着多达 10 余个土类 20 多个亚类的土壤。这一方面说明南极海洋性气候区内土壤发生、发育受微域因素的强烈影响,另一方面也反映了国际土壤分类参比基础在应用于特定区域(尤其是面积较小区域)的土壤类型界定方面的局限性。

4 中国土壤系统分类

在我国过去以前苏联土壤发生分类学为基础的土壤分类系统中,受永冻层影响的土壤没有单列为土纲。1987 年出版的《中国土壤系统分类(二稿)》中,冻土首次作为一个独立的土纲出现,定义为:“地表 100 cm 范围内有永冻温度状况,地表具多边形土(石环)等冻结扰动形态特征的土壤。”这里的永冻温度状况系指年均土温 $< 0^{\circ}\text{C}$,呈现永冻状况,实质上与永冻层有相同的含义。在其他诊断特性方面,没有对土壤冻扰特征作具体的论述。可以看出,《中国土壤系统分类(二稿)》中的冻土与国际土壤分类参比基础中的冷冻土在定义基本一致,但比 WRB 提出得更早,在下级单元的划分方面,《二稿》中的冻土纲只简单地分为湿冻土(即常潮湿冻土)和干冻土(即干旱冻土)两个亚纲。湿冻土亚纲下续分为冰潜育土(或冰沼土)类(只有典型冰潜育土一个亚类)和冰泥炭土类(分为纤维冰泥炭土和半分解冰泥炭土两个亚类;干冻土亚纲下只有冻漠土一个土类,专指分布于高海拔的荒漠土壤^[11]。

如果依照《中国土壤系统分类(二稿)》的标准对南极海洋性气候区的土壤进行分类,湿冻土亚纲的各种土类都可能。然而,在本区内发现这一地区内永冻层深度较大的土壤类型显然不能归属于冻土纲。如发育于新近冰碛物、沉积物和冲积物上、活动层深厚、冻-融作用强烈的年幼土壤,大部分应分别划入《二稿》中初育土纲下的石质初育土亚纲(石质土、粗骨土、薄层土土类)和土质初育土亚纲(冲积土土类);而南极海洋性气候区内有机质含量丰富,但永冻层深度 $> 100\text{ cm}$ 的土壤,可能应归入松软腐殖土纲中的黑土土类,如本区发育的各种有机冻土。

随着中国土壤系统分类研究的发展,冻土作为一个独立的土纲在《中国土壤系统分类(首次方案)》、《中国土壤系统分类(修订方案)》中被删除。

但与此同时,设立了与原冻土纲密切相关的两个诊断特性(Diagnostic characteristics):永冻层次(permafrost layer)和(frost-thawic features);把《中国土壤系统分类(二稿)》中的永冻温度状况细分为永冻土壤温度状况(Permagelic soil temperature regimes)和寒冻土壤温度状况(Gelic soil temperature regimes)。尽管不再设立冻土纲,但中国土壤系统分类在对受永冻层影响的土壤类型划分方面,与《美国土壤系统分类》的冻土纲和 WRB 冷冻土纲之间的参比性能却大大提高。然而值得注意的是,《美国土壤系统分类》对永冻层以及 WRB 对寒冻层(实质上是永冻层)定义为土壤温度连续 2 年以上(包括连年)在 0°C 或 0°C 以下,这与《中国土壤系统分类(修订方案)》关于永冻层的定义(土壤温度常年 0°C)有所不同。另外,《美国土壤系统分类》中永冻层作为诊断特性出现的最大深度为 200 cm,但有附属条件即 0~100 cm 深度内冻土物质出现,WRB 永冻层允许的最大深度为 100 cm,这与中国土壤系统分类中永冻层诊断深度 200 cm 有明显区别^[12, 13]。按照《中国土壤系统分类》对相关土壤诊断特性的定义,南极海洋性气候区的土壤绝大部分属于永冻温度状况,少部分由于微域因素的影响属于寒冻温度状况,因此本区的全部土壤类型理论上应该在《中国土壤系统分类》中的有机土、灰土、火山灰土、潜育土、雏形土以及新成土纲下的不同亚纲、土类或者亚类中找到相应的位置(图 5)。如有机质含量丰富、永冻层深度在 100 cm 以内、受冻-融作用影响强烈、属于 WRB 系统中纤维寒冻有机土或《中国土壤系统分类》中石质纤维有机冻土的土壤,在《中国土壤系统分类》中应归属于纤维永冻有机土。属于 WRB 系统各种寒冻雏形土(《美国土壤系统分类》中的正常冻土)大致相当于《中国土壤系统分类》中的寒冻雏形土亚纲下的类型。南极海洋性气候区发育于新近沉积物、冲积物上、永冻层深度在 100 cm 之下,则属于新成土纲下的寒冻正常新成土类。水分较好、有机质含量较高、地表较稳定则有明显灰化淋溶特征的土壤,如低等植被土壤、遗弃栖息地土壤在《中国土壤系统分类》中应归属于灰土纲下的筒育正常灰土类,与 WRB 的寒冻暗瘠土以及《美国土壤系统分类》中暗瘠正常冻土相当^[14]。

由于没有单独把受下伏永冻层、受冻-融作用影响的土壤设置为一个独立的土纲,应用《中国土壤系统分类》对南极海洋性气候区的土壤进行分类其

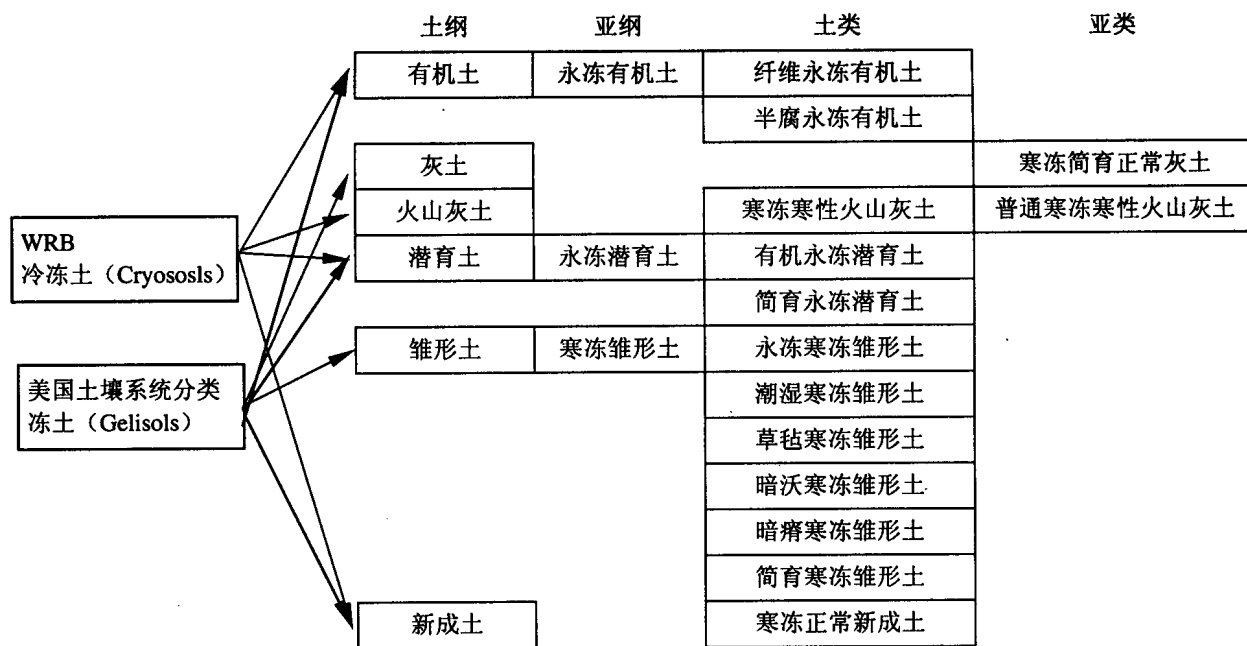


图 5 受永冻层影响的土壤在《中国土壤系统分类》中的位置与参比

Fig. 5 Accommodation of permafrost-affected soils in the Chinese Soil Taxonomy and its reference relationship with the WRB and the Soil Taxonomy

复杂程度要远大于《美国土壤系统分类》，也比使用单元定义相对宽泛的 WRB 系统困难得多。由于 WRB 在顶级的大土类单元已经首先把南极海洋性气候区的大部分土壤归于冷冻土，再把剩余的那些受微域因素影响强烈的土壤分别归并于其他相应大土类下的各级单元。而《中国土壤系统分类》则不同，必须在一开始就把全区所有土壤类型从土纲级别进行逐级分类，增加了工作难度，也在一定程度上降低了可操作性。

5 问题与建议

南极地区恶劣的自然环境与独特的国际地位决定南极土壤缺乏地球上其他地区共有的资源性特点，土壤分类体现的主要是学术目的。因此，南极地区土壤分类研究进展缓慢，迄今为止世界上尚没有一个分类体系能完整、系统、准确地对南极地区的所有土壤进行分类。这主要有两个方面的原因，一是对南极地区独特的成土环境、成土过程以及土壤属性缺乏足够的了解；二是目前世界上主要的土壤分类系统均把分类的思路重点放在指导土壤资源利用与管理方面，从而忽视了对南极这一独特地区土壤的包容性。

早期的南极土壤分类试图发展出一个游离于世

界土壤分类主流之外、相对独立的分类体系，强调南极地区内各种土壤类型之间的区别，人为割裂了全球土壤在发生学上的必然联系，是不成功的。近年来，把南极土壤溶于全球性土壤分类体系已经成为土壤学家的共识。美国、加拿大、澳大利亚等国家的土壤分类系统通过加强对永冻土壤、受冻-融作用强烈影响的土壤的分类研究，提高了系统对南极地区土壤的包容性。WRB 冷冻土分类的深入研究，《美国土壤系统分类》冻土纲的设置，正在体现这一进步。

在南极海洋性气候区的分类实践表明，新近增设了冻土纲的《美国土壤系统分类》明显具有系统性强、易于操作的特点，南极海洋性气候区内的几乎全部主要类型均可归纳于冻土纲。WRB 的相比之下略为繁琐，但本区内大部分土壤可以在冷冻土大土类中找到位置，很大程度上降低了工作强度。与上述两大分类系统相比，《中国土壤系统分类》由于没有独立的冻土纲，在南极海洋性气候区土壤分类的应用上要相对困难。

全球土壤资源分布研究表明，我国是世界上受永冻层影响的土壤资源分布面积最多的国家之一^[10]。冻土和受冻-融作用影响的土壤在我国高纬度的北方地区以及高海拔的青藏高原地区均有大面积分

布, 加强对此类土壤分类研究, 不仅对提高寒冻条件下土壤资源的利用与管理能力具有指导作用, 同时可以促进相关的国际学术交流。因此, 有必要在《中国土壤系统分类(二稿)》的基础上, 恢复冻土纲的设置, 借鉴《美国土壤系统分类》和 WRB 的有益经验, 完善冻-融作用、冻扰过程的定义, 突出永冻层、活动性特性以及土壤水分和温度状况在分类中的作用。在上述基础上, 科学、系统设置亚纲以下分类单元, 准确界定与其他土纲下单元的界限, 加强冻土属性数据的积累, 最终建立一个立足我国土壤资源特点、既具有《中国土壤系统分类》特色, 又和世界上其他分类系统具有良好参比性能的冻土土纲。

参考文献

- 1 McCraw JD. Soils of the Ross Dependency, Antarctica - A preliminary note. *N. Z. Soc. Soil Sci. Proc.*, 1960, 4: 30 ~ 45
- 2 McCraw JD. Soils of Taylor Dry Valley, Victoria Land, Antarctica, with notes on soils from other localities in Victoria Land. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, 1967, 10: 498 ~ 539
- 3 Campbell IB and Claridge GGC. Antarctic soils, weathering processes and environment. Amsterdam, Elsevier Science Publisher, 1987, 312 ~ 328
- 4 Campbell IB and Claridge GGC. A classification of frigid soils - the zonal soils of the Antarctic continent. *Soil Sci.*, 1969, 107: 75 ~ 85
- 5 Tedrow JCF. Soils of the Polar Landscapes. New Brunswick, Rutgers University Press, 1977, 638
- 6 Soil Survey Staff. Soil Taxonomy. USDA-NRC, Washington DC, 1999, 871
- 7 Bockheim JG and Tarnocai C. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils. *Geoderma*, 1998, 81: 281 ~ 293
- 8 Bockheim JG and Hall KJ. Permafrost, active-layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica. *South African Journal of Science*, 2002, 98: 82 ~ 90
- 9 Blume HP, Beyer L, Kalk E and Kuhn D. Soils and soilscares. In: Beyer L and Boelter M. eds. *Geoecology of Antarctic Ice-free Coastal Landscapes*. Berlin, Springer-Verlag, Ecological Studies, 2002, 154: 91 ~ 113
- 10 ISSS/WRB (International Soil Science Society - World Reference Base for Soil Resources). World Reference Base for Soil Resources. Rome, ISSS-ISRIC-FAO, World Soil Resources Reports 84, 1998
- 11 中国科学院南京土壤研究所土壤系统分类基金课题组. 中国土壤系统分类(二稿). 土壤学进展(土壤系统分类研讨会特刊), 1987, 69 ~ 104
- 12 中国科学院南京土壤研究所, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类(首次方案). 北京: 科学出版社, 1991, 1 ~ 120
- 13 中国科学院南京土壤研究所, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类(修订方案). 北京: 中国农业出版社, 1995, 1 ~ 218
- 14 中国科学院南京土壤研究所, 中国土壤系统分类课题研究协作组. 中国土壤系统分类检索. 第3版. 合肥: 中国科技大学出版社, 1995, 1 ~ 275

SOILS IN THE MARITIME ANTARCTIC . CLASSIFICATION

CHEN Jie¹ GONG Zi-tong¹ Blume HP²

(1 Institute of Soil Science , Chinese Academy of Sciences , Nanjing 210008;

2 Institute of Plant Nutrition and Soil Science, University of Kiel, Kiel D-24098 Germany)

Abstract First of all, early attempts on classification of Antarctic soils are briefly summarized in the paper. Then, progresses in classifying the soils in the maritime Antarctic respectively within the frames of the Soil Taxonomy and the World Reference Base for Soil Resources are outlined. Meanwhile, a preliminary attempt is made to classify the soils in the same region in line with the Chinese Soil Taxonomy. It is indicated that all of the main soil types in the studied area within the maritime Antarctic can be grouped into Gelisols of the Soil Taxonomy. Comparatively, application of the WRB System and the Chinese Soil Taxonomy in classifying the soils in the maritime Antarctic seems to be much more difficult.

Key words Antarctic, Permafrost, Gelisols, Soil Taxonomy, WRB