高精度土壤颜色地图，提供了我国第一个标准一致、详细的土壤颜色视图，是土壤肥力质量评价与空间管理的关键参照。

视觉中国供图

首幅土壤颜色地图描绘“中国肤色”
来看看你的家乡是什么色号！

本报记者 金 凤

土壤是地球的皮肤，“肤色”各异的土壤蕴藏着地球生命的密码，有的带有远古气息，有的则暗藏人类活动的蛛丝马迹。

我国国土面积广大，土壤景观复杂多样，如何绘制较为精细的全国土壤颜色空间分布图，颇具挑战。2009—2019年，从事土壤研究的学者们在全国各地选取了近6000个样点，进行典型土壤剖面调查。他们取回的一抔抔土，建成了我国土壤系统分类基层分类单元土系及土系数据库。

在此基础上，本月初，中国科学院（以下简称中科院）南京土壤研究所土壤与农业可持续发展国家重点实验室张甘霖团队绘制生成了我国第一幅高精度土壤颜色地图——全国土壤颜色三维分布图，该研究成果于月初发表于国际著名土壤学期刊《国际土壤科学》上。

腐殖质、矿物质都是土壤的调色师

土壤的形成源自地壳表层岩石的风化。风化壳的表层就是形成土壤的物质基础——成土母质。暴露在地表的成土母质不仅仍然受风化作用的影响，而且还要与周围的环境（包括大气、水、植物）相互作用，发生一系列的物质和能量交换，才能形成具有肥力特征的土壤。这就是土壤的形成过程。

“土壤颜色一定程度上反映了土壤的物质组成，可以直观地传达出土壤属性、土壤肥力等信息，在实际应用中有着非常重要的价值。”论文的通讯作者、土壤与农业可持续发展国家重点实验室主任张甘霖研究员说。

这些颜色各异的土壤，究竟是什么力量塑造的？

据了解，土壤里腐殖质含量的多少和矿物质成分的差异，会让土壤呈现不同的颜色。

土壤腐殖质由动植物残体演变而成，一般粘附在土粒的表面，它的多少会影响土壤颜色的深浅。黑色的土壤一般是腐殖质含量较高的，因为腐殖质呈黑色和棕色；腐殖质含量较少时，土壤则呈现灰色或灰白色。从灰到黑，颜色随腐殖质含量的升高呈梯度变化。

此外，矿物质也会影响土壤的颜色。比如，氧化铁就是土壤矿物质中的“调色高手”，当它在土壤中的含量高时，土色会呈现为偏红色或棕红色。同时，氧化铁又是一种善变的物质，在土壤里它的性状经常发生变化。在低洼潮湿的环境中，氧化铁极易与水发生化学反应，转变为偏黄色的水化氧化铁，因而这种地方的土壤常显黄色。当通风不良、氧气缺乏时，土壤中的氧化铁又变成了氧化亚铁，氧化亚铁积累较多时，土壤就呈现出灰蓝色。又如，碳酸钙、碳酸钠、氯化钠等盐类，或氢氧化铝等物质在土壤中呈粉末状存在时，都可能让土壤呈现偏白的颜色。

在此次研究中，研究团队对5、10、15、25、35、50、75、100、125厘米共9个深度的土壤颜色进行了推测制图，发现总体上土壤颜色随深度增加而变浅。“一个重要原因是植物凋亡融入土壤形成有机质，在土壤上部累积较多，所以颜色较深，越往下有机质含量往往急剧下降，因此颜色较浅。”论文第一作者、中科院南京土壤研究所刘峰副研究员说，然而并不是所有土壤的颜色都随深度变化，比如黄土高原一些植被覆盖不佳的黄土剖面，上下就都是很均一的黄色。

各地自然环境造就不同“肤色”

2009—2019年，10年间采集的土壤大数据，终于在2020年迎来“出彩”的高光时刻。

此次发表的高精度土壤颜色地图，从10年间采集的土壤剖面的孟塞尔颜色（比较色法的标准，常用于泥土研究中颜色描述）数据中，选取了大约4600个土壤剖面，进行数字制图。“这些土壤剖面取土点最高在西藏海拔约5700米的高山上，最低在接近海平面的沿海地区，我们将土壤属性与气候、地形、植被、土地利用、土壤母质等40多个环境参数结合，进行了土壤颜色的预测分析。”刘峰说。

据刘峰介绍，在我国西北部的沙漠、荒漠和戈壁地区，土壤有机质含量低，游离碳酸盐或盐分含量高，土壤颜色以白色和灰色为主。

中部的黄土高原，包括甘肃、宁夏、陕西、山西和河南西部等地，土壤颜色主要是黄色；东北和青藏高原东部等较湿润的高寒地区，植被条件好，植物根系残体和凋落物日积月累，土壤有机质不易矿化且含量较高，土壤颜色较暗较黑。

南方土壤颜色偏红，尤其是江西、湖南和云南一些区域颜色最红。“这些地区土壤的母质经历较为快速的风化和淋溶后，土壤相对富含氧化铁、氧化铝，所以呈现红色。”刘峰说。

东部地区的长江、淮河和黄河的下游以及鄱阳湖周围土壤呈淡褐色，趋于灰青色，“因为这些区域地势低洼，排水不畅，母质多为河湖相沉积物。”刘峰说。

同时，土壤颜色地图也刻画出土壤颜色变异的空间细节，如西安和成都区域，就显示出土壤颜色随着地形地貌的改变而发生变化，主要表现为：在25厘米深度处，西安北部的黄土高原地区土壤呈黄色，中部的渭河谷地呈浅黄色，南部的秦岭地区则呈褐色。同样深度的成都地区，西北部的山区呈褐色，东南侧的四川盆地地区则呈红色。

“这幅高精度土壤颜色地图，提供了我国第一个标准一致、详细的土壤颜色视图，是土壤肥力质量评价与空间管理的关键参照。”张甘霖说，土壤颜色地图还可为法庭土壤物证溯源提供支撑，例如根据鞋上粘的泥土颜色、泥土中的有机质，可以大致分析出泥土来自哪个区域，从而判断相关对象是否去过某个区域。不过，要想精准锁定泥土来源地，测定精度还需不断提高。

相关链接

6000个剖面破译土壤“密码”

土壤类型和属性的空间分布信息是生态水文模拟、全球变化研究、资源环境管理所需的基础数据。

2009年，科技部基础性工作专项“我国土系调查与《中国土系志》编制”项目启动。此后的10年，土壤研究者们在我国31个省市区共调查了近6000个典型土壤剖面，建立了4420个土系，最终建立了我国土壤系统分类基层分类单元土系及土系数据库，为我国数字土壤建设提供了重要支撑。

作为该项目的主持单位，中科院南京土壤研究所至今保留着项目中收集到的土壤样本。

中科院南京土壤研究所刘峰副研究员曾在2011年赴安徽采集土壤剖面样本。“我们在平原、丘陵、沿江、山地等地貌不同的景观部位选择了约180个代表典型景观条件的地点挖掘土壤剖面，每个土坑宽1.2米、深1.5—2米、长2米。”刘峰说，土壤剖面通常都是由人工挖掘，土坑的深度以露出母质层为宜。

据了解，自然土壤自上而下依次为表层、腐殖质层、淋溶层、淀积层、母质层和母岩层。而一般典型的自然土壤剖面分为A层（表层、腐殖质层、淋溶层）、B层（淀积层）、C层（母质层、母岩层）。对B层发育不完整（不发育）的山地土壤，只采A、C两层。在对土壤剖面进行采样时，研究人员要根据颜色、结构、质地、松紧度、温度、植物根系分布等指标标定区分出各土层，并进行仔细观察；将剖面形态、特征自上而下逐一记录。随后在各土层的中间位置自下而上逐层采样，每个采样点的取土深度和取样量应一致。

刘峰介绍说，研究人员将土壤样品带回实验室后，要分析土壤的有机质、PH值、阳离子交换量、碳酸钙、氮磷钾含量等基本土壤属性，从而获得覆盖全国的第一手土壤样本资料。

这种动物现身说法：有了大长腿不愁找对象

李 迪 本报记者 盛 利

9月14日，记者从四川成都华希昆虫博物馆获悉，该博物馆馆长赵力在9月7日获得了一只稀有奇特的格彩臂金龟，这只格彩臂金龟是一位热心网友在绵阳市平武县响岩镇的树上发现后捐赠给博物馆的。这是该物种第二次出现在四川。

“在2017年，秦岭一带发现了3次这种甲虫，分别在甘肃、陕西和四川省的北川，这一次的发现地点距离上次四川的发现地只有几十公里，证明这个物种在该区域有种群分布。”赵力说。

受访者供图

穿“青铜甲”的国家保护动物

格彩臂金龟属于节肢动物门、昆虫纲、鞘翅目、金龟科、臂金龟亚科、彩臂金龟属。赵力介绍，这只格彩臂金龟体长5.2厘米、体宽2.9厘米，身体呈椭圆形，头胸部是墨绿色，有金属光泽，还有一些凹点，看起来很像青铜器的表面。

资料显示，1988年，当时的国家林业局、农业部在《中华人民共和国野生动物保护法》中，将格彩臂金龟列为国家二级保护动物，2000年它又被列为国家保护的有益的或者有重要经济、科学研究价值的陆生野生动物。

据了解，格彩臂金龟为完全变态昆虫，生命周期分为卵、幼虫、蛹、成虫4个阶段。其卵初为乳白色，渐渐变为淡黄色。

幼虫期，格彩臂金龟的头壳会由黄褐色逐渐变为棕红色，幼虫期末期是它一生中体魄最“雄壮”的时候，体长可达10多厘米，远比成虫期更庞大。

度过了幼虫期后，格彩臂金龟迎来了成蛹的时刻，最后破蛹而出。夏季羽化后，会在朽木中度过一个月左右的蛰伏期，之后便开始取食交配。

“格彩臂金龟常生活在植被良好的山区，幼虫多以朽木为食。”赵力说，格彩臂金龟的成虫以树上流出来的汁液为食，饲养过程中可以喂一些水果。“此外，该物种过去的发现地是我国南方的热带地区，近年来在秦岭周边发现，这在一定程度上印证了全球气候正在变暖。”

吸睛大长腿或有求偶妙用

昆虫进化出对光亮的敏感度，是为了借助星月之光为生存活动导航，但人类创造出的非自然界的光亮，却让它们迷失了方向。

据了解，彩臂金龟属目前世界范围内记录有10种，国内记录7种，包括阳彩臂金龟、格彩臂金龟、台湾彩臂金龟、福彩臂金龟等，其中阳彩臂金龟分布最广，数量也相对最多。

因该属物种形态奇异、色彩艳丽，备受昆虫爱好者青睐，引发不法分子野外灯诱滥捕，导致种群生存受到极大威胁，数量急剧下降。

“这种甲虫的发现地都是生态环境很好的茂密丛林，它的出现可以看做是自然环境保护得当的一个标志。”赵力说，体形对比之下，格彩臂金龟的体形比阳彩臂金龟要小一些。阳彩臂金龟一般的体长可以达到7厘米，而格彩臂金龟的体长只有5厘米多。

除此之外，二者背上的花纹区别最是明显，阳彩臂金龟背上是棕色没有斑点，或者只在背部上方各有一个橙色斑，而格彩臂金龟的整个鞘翅上都有橙色的斑点。它的鞘翅像是披着一身坚硬的盔甲，身上不时闪现寒光。

赵力说，昆虫都具有外骨骼，这层外骨骼可以保护体内的器官，而甲虫的外骨骼都是非常坚硬的。

记者观察发现，格彩臂金龟的前脚很长，像弯曲的树枝，超过了身体的长度，如果拉直的话估计有近10厘米。

格彩臂金龟为什么会拥有“大长腿”呢？

赵力分析称，这主要和求偶有关，雌性往往躲在比较深的树洞里，雄性发现以后会用长长的前脚伸进树洞去撩拨雌性。雌性爬出树洞以后，它会立刻用这对长长的前脚把雌性抱住，方便进行交配。但是，过长的前脚也在一定程度上限制了它们的活动能力，遇到危险时，它们会通过装死来躲避天敌。

万物冷知识

鸟类爱换“衣服”的特性 从它们的祖先开始就这样

秦子川

与生活在陆地、海洋的动物相比，飞翔在天空中的鸟儿，有什么与众不同的特点呢？第一个答案或许就是羽毛。

对于鸟类来说，轻盈而精巧的羽毛是非常重要的一种结构。除了帮助鸟类飞上天空，羽毛还具有更多复杂的功能：一方面，细密的羽毛可以在体表形成隔热层保持体温；另一方面，鸟类羽毛具有丰富多彩的特点，这也使其成为鸟类在繁殖行为、种内和种间视觉交流中的一种重要的信息传递媒介。

对于鸟类而言，羽毛的磨损时时刻刻都在发生。因此，它们需要独特的策略去更换这些磨损的老旧羽毛。

鸟类换羽的两种模式

系列研究发现，鸟类换羽行为可以大致分为两种模式，即顺序换羽模式和非顺序换羽模式。

顺序换羽模式，指羽毛，尤其是飞羽，按照一定的顺序，在两翼对称而缓慢地替换。采用顺序换羽模式的鸟类，它们的羽毛是有序替换的，虽然每年都会分时段脱落一片到几片羽毛，但这些鸟类的整体飞行能力几乎不会受到影响。

非顺序性包括同时换羽模式和随意换羽模式。前者是指鸟类会在一年当中的某一特定时间段，把和飞行相关的羽毛统一换掉。这种行为带来的问题，就是在这一时期，这些鸟类会失去飞行能力。

随意换羽模式的鸟类，它们的换羽行为非常随机，缺少统一顺序或者统一的换羽时间，因此这种换羽模式都是发生在没有飞行能力的鸟类当中，例如加拉帕戈斯的弱翅鸬鹚。

远古的鸟类如何更换羽毛

那么，鸟类身上这种换羽行为是怎么演化形成的？最早的鸟类如何更换它们的羽毛？

中国科学院古脊椎所徐星研究员团队和以色列海法大学生物学家一起合作，在著名学术期刊《当代生物学》上发表了一篇研究论文。这项研究基于一个由302个现生鸟类换羽行为信息构成的数据集，采用祖先状态特征分析方法，对鸟类换羽的演化历程，进行了宏观演化分析。

祖先状态特征分析方法是近些年来新兴的一种宏观演化分析方法。形象地说，这种方法就像在家谱架构下，恢复家族每一代人的迁徙轨迹和生平。有了这些信息，就可以推算目标特征在演化过程中变化的情况，估算这些特征在这一类生物的祖先身上可能存在的状态，甚至计算特征变化速率、变化模式等。

鸟类的换羽行为，就非常适合进行祖先状态特征分析。在进行分析时，首要解决的问题是“最早的鸟类是顺序换羽还是非顺序换羽”。

此次研究结果发现，包括现生鸟类、已经灭绝的反鸟类等类群的全部鸟类在内，它们的祖先都是以顺序性换羽模式进行换羽的。也就是说，至少在距今7000万年前，换羽行为就已经伴随着最早的鸟类出现了。当今鸟类中几个独立的非顺序性换羽的演化支，可能是后来独立演化出来的。

同时，这项研究还发现，鸟类的换羽模式与鸟类的栖息地选择有关。顺序换羽模式的鸟类可以保持全年稳定的飞行能力，因此不需要在换羽期寻找特别的栖息地进行自我保护。而非顺序换羽模式的鸟类，在每年重要的换羽时期，由于飞行能力丧失，往往需要生活在特殊的栖息地。这些特殊的栖息地可以一定程度上缓解一些鸟类因为换羽而面临的危险情况，比如更难获取食物，以及更容易被捕猎者捕食等。

会飞的非鸟恐龙也要换羽

大量的化石显示，鸟类的近亲——非鸟恐龙绝大部分都具有羽毛。对于这些可能会飞的非鸟恐龙来说，换羽行为是怎样的呢？

带着这个问题，中以两国科学家对中国科学院古脊椎动物与古人类研究所收集的大量带羽毛恐龙的化石进行了详细观察。他们在一类著名的四翼恐龙——小盗龙的一件化石标本当中，观察到了明显的顺序换羽现象，这也是首次在非鸟恐龙中发现这种行为。

由于小盗龙的生存年代为距今约1.2亿年。因此这个发现又将顺序换羽行为可能出现的最早时间向前推进了一大步，范围也进一步扩大到了非鸟恐龙当中。保守地说，至少在距今1.2亿年前的早白垩世，鸟类或者一些非鸟恐龙，已经具有顺序换羽的行为了。

在小盗龙中发现顺序换羽行为的证据，证实了它们可能具有相当强的、可以维持全年稳定飞行的能力。同时，顺序换羽行为也说明，小盗龙所生活的环境可能缺少给它们提供换羽期保护的必要条件——也许在小盗龙生活的环境当中，食物资源不够丰富，或者它们面临全年的、较大的被捕食压力。这恰恰与小盗龙所生活的热河生物群的生态环境非常吻合。

（来源：科普中国）