

# 坠落人间的彩虹 ——绚烂红土地

图文 / 曾亮 王晓龙 张亮



> 云南东川红土地（图片来源：pixabay）

**第一作者简介** 曾亮，助理工程师，从事土地质量地球化学相关工作。

**通信作者简介** 王晓龙，助理工程师，主要从事土壤地球化学相关工作。

土壤被誉为“地球的皮肤”，其色彩斑斓，形态各异，皆源自成土母质的不同特质。红色、黄色、紫色、黑色……这些都是大自然赋予土壤的多彩面貌。

提到红土地，云南东川的红土地早已享有盛名，被誉为“摄影师的天堂”，抑或是“上帝遗落人间的调色盘”。在这里，原始的农耕方式依旧延续，勤劳的人们仿佛是大地的

画师，随着季节更迭，他们在这片红土地上勾勒出一幅幅五彩斑斓的画面，宛如彩虹般绚烂。

红土，一种在热带和亚热带湿润环境中广泛分布的独特土壤。1807年，由F.布坎南（F.Buchanan）在印度马拉巴尔山区首次发现并命名。自此之后，成为受地质学、土壤学和工程学领域广泛关注的研究对象，科学家们围绕红土的定义、形成机制、物质构成、地理分布及其工程地质特性进行了深入探讨和广泛研究。

## 红化作用 特征明显

红土又称铁铝土，以其鲜明的颜色著称。按照我国的土壤分类标准，全国范围内的土壤被细致划分为12个土纲、29个亚纲、60个土类及229个亚类。其中，红壤、赤红壤和砖红壤归属于同一土纲——铁铝土，这类

土壤普遍存在于湿润的热带至亚热带地区，呈现出鲜艳的红色、深棕色或淡黄色。这种独特的土壤色泽源自红色的氧化铁（即赤铁矿）：在剧烈风化作用下，土壤中原生矿物质释放的盐基离子受流水冲刷而大量流失，与此同时，氧化铁得以游离析出，脱水后转化为包裹在土壤微粒外的赤铁矿，有时还会凝固为坚硬的铁质结核，传导至整个土壤层面。此现象即所谓的“富铁化”或“红化作用”，是铁铝土特性的核心体现。

在这一过程中，土壤的黏土矿物主要由高岭石和氧化铁组成，部分情况下还包含伊利石，标志着土壤正处于中度风化状态。当进一步遭受湿润热带环境

下高强度的富铝风化作用，  
原本稳定的高岭



a. 红壤

b. 赤红壤

c. 砖红壤

> 红壤样本图

石将逐渐分解，转化为富含游离氧化铁的三水铝石，这样的极端风化产物即为我们所熟知的砖红壤。赤红壤是介于红壤与砖红壤之间的过渡型土壤，其富铝化程度高于普通红壤，却又不及砖红壤那样彻底，其黏土矿物成分以高含量的高岭石占据主导地位，同时混杂着微量的水云母和三水铝石，这一特点与典型红壤有着本质区别。值得注意的是，在属于半淋溶土范畴的土壤类别中，同样存在着红色土壤的身影。具体而言，在温湿交替的半淋溶土亚纲下的燥红土，是热带至亚热带干旱河谷地带或雨影区内稀疏植被覆盖下形成的盐基饱和型红色土壤，此类土壤在特定地理条件下特别发育，如云南元谋县干热河谷区和楚雄市南华县红土坡等地，均是典型的燥红土发育区。

## 概念众多 共成体系

要搞清楚“红土地”“红土”“红壤”“砖红壤”“赤红壤”这几个概念的区别与联系，首先需明确它们分别指涉的概念范畴及其科学定义。这些术语在地理学、土壤学领域内有着具体的含义，它们共同构成了一个有关地球表层红色土壤系统的知识体系。



> 干热河谷区（图片来源：pexels）

从概念上讲，红土地是一个较为通俗的说法，一般用来形容颜色为红色的广袤土地。这种表述方式没有严格科学定义上的界限，它可以包含多种类型的红色土壤，包括但不限于红土和各种类型的红壤。红土专指一类形成于温暖湿润气候条件下，富含铁铝氧化物的土壤，这类土壤的颜色通常呈鲜艳的红色或棕红色，是因为其中含有大量铁的氧化物；红壤是土壤学中的专业术语，指一种发育成熟、淋溶作用强烈的酸性土壤；砖红壤属于红壤的一种特殊类型，主要分布在热带雨林地区，比如东南亚的部分国家，它的特点是土壤剖面层次分明，表层为棕色至红棕色，下层转为砖红色，这是因为长期处于高温多湿环境下，土壤中的硅酸盐矿物强烈分解，释放出大量二氧化硅和铝离子，导致土壤颜色呈现出独特的砖红色；赤红壤同样是红壤的一个分支，但与普通红壤或砖红壤相比，赤红壤的形成条件更为极端，主要出现在极端炎热干燥的半干旱至干旱气候区，这类土壤由于水分极度缺乏，土壤结构疏松，颜色常为深红色甚至接近黑色，表面可能覆盖一层风化的岩石碎片。

尽管上述五个概念看似相似，但实际上各自对应了不同的地质、气候背景和土壤发育阶段。它们都属于红色土壤的大类别，颜色的主要来源均为土壤中铁元素的氧化状态。然而，各自的物理化学性质、分布区域和生态效应存在明显差异，这些差异决定了它们在农业生产、环境保护等方面的潜在价值和挑战各不相同。了解“红土地”“红土”“红壤”“砖红壤”“赤红壤”之间的区别不仅有助于深化我们对全球土壤多样性的认识，还对指导土地合理利用、生态环境保护和应对气候变化等方面具有重要意义。

### 种类繁多 举不胜举

红土的分类体系较为复杂和多样化，依据不同的划分标准，可分为多种类别。随着科技的不断进

步和土壤分类方法的日臻完善，科研人员已能够对红土进行更为精细的分类。根据红土成土条件、附加成土过程、属性及利用特点，可将红土划分为红壤、黄红壤、棕红壤、山原红壤、红壤性土 5 个亚类；根据地貌位置，可将红土分为山地红土、平原红土和河漫滩红土；考虑到人为因素的影响，红土又可分为农耕地红土和城市红土；而按照现行的《中国土壤分类与代码》（GB/T 17296-2009）中的分类标准，红土大致分为以下 18 类：油红大土、泥红土、砂红泥、红松泥、砂黏红泥、建瓯红泥土、崇安红泥土、赤水黄红泥土、麻砂红泥、褐斑黄筋泥、网纹黏红土、邵武红泥土、灰黄泥、厚灰黄泥、红黄泥、黏底红黄泥、死红土、熟红土。每一种分类都有其特定应用场景和科学研究价值，通过综合考虑各种因素，可以更全面理解和利用红土资源。

### 遍布各地 集中低纬

红土主要分布于非洲、亚洲、大洋洲及南美洲、北美洲的低纬度地区，大致以南北纬  $30^{\circ}$  为限，常见于热带雨林区。在地中海东岸和巴尔干半岛地区也有类似于红土的存在。东亚地区的红土分布范围北起长江沿岸，南抵南海诸岛、南洋群岛，东迄台湾岛，西至云贵高原、横断山脉。红土地区雨量大，雨季时一次降雨可高达 200 ~ 300 毫米，冬季温暖干旱，夏季炎热潮湿，干湿季节明显。红土在中国主要分布于长江以南的低山丘陵区，具体包括江西省、湖南省、云南省、广东省、福建省、贵州省、四川省、浙江省、安徽省、江苏省，以及西藏自治区南部等地。其 5 个亚类中的红壤主要分布于江西省、福建省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、云南省、浙江省和贵州省的低山丘陵区；黄红壤（红壤向黄壤过渡的一类土壤）主要分布于安徽省、浙江省、江西省、福建省、湖北省、湖南省、广东省、广西壮族自治区、贵州省、四川省和西藏自治区等

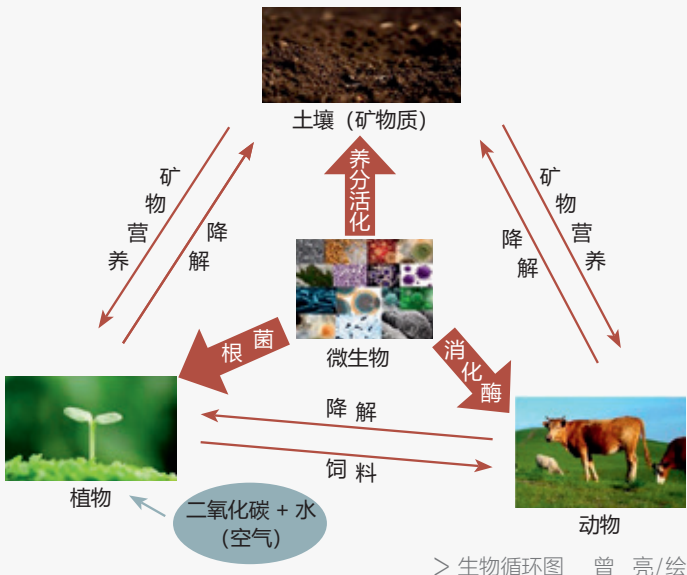
境内的中低山区；棕红壤（红壤向黄棕壤过渡的土壤类型）分布在中亚热带红壤区最北部，位于北纬 28° 30′ 以北、东经 111° 30′ 以东的丘陵低山区，土壤脱硅富铝化较弱；山原红壤主要分布于云南高原的中部，北纬 24° ~26°，海拔 1 500 ~ 2 400 米的残层高原面、湖盆边缘及丘陵山地；红壤性土主要分布在红壤区丘陵山地，剖面发育分化弱。

铁铝富积 生物循环

红土的形成过程主要受脱硅富铁、铝化作用，以及旺盛生物小循环的影响。在高温高湿环境下，原生矿物发生剧烈风化作用，产生大量可溶性盐基、硅酸，以及氢氧化铁、氢氧化铝等物质。盐基和硅酸在淋溶作用下，被持续淋洗并最终随地下水流失。由于氢氧化铁、氢氧化铝的化学活动性相对较低，它们在土壤中发生相对积累。在干燥条件下，这些积累的氢氧化铁、氢氧化铝发生脱水作用，转化为无水的氧化铁和氧化铝，即红色的赤铁矿和刚玉，正是这些物质赋予了红土鲜明的红色特征，并形成了富含铁、铝的特殊土层。在亚热带常绿阔叶林下，优越的水热条件促进了植被的茂盛生长，生物的小循环作用也随之变得十分活跃。红土的形成机制基于富铁、铝化过程，而生物小循环是其肥力增强的重要前提。这两个过程共同塑造了红土独特的物理形态和剖面特征，使其在自然界中独树一帜。

物化肥力 酸黏富铁

红土以其独特的色彩在自然界中独树一帜，作为一种典型的热带与亚热带土壤，其鲜明的红色外观源于丰富的铁质化合物，特别是



> 生物循环图 曾亮/绘

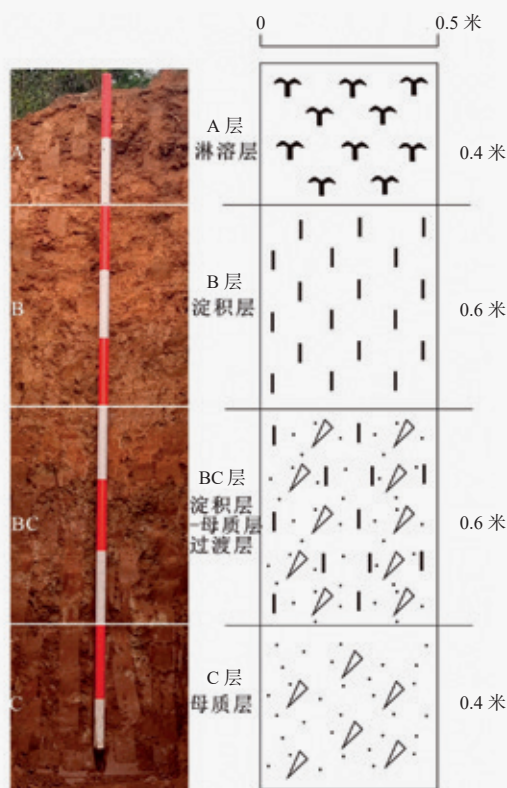
铁氧化物的存在。红土的pH值通常处于较为酸性的范围内，约 4.5 ~ 6.5，这是由于土壤中含有较多的铝，当遇到水后易形成酸性环境。酸性环境可能使铝离子等对植物产生毒害，但通过适当的改良措施，如添加石灰调节酸碱度、增施有机肥等，可以提高红土地肥力和适宜性。此外，红土富含细小的黏土粒子，赋予其较强的保水能力，但同时也可能造成排水不良，特别是在降雨频繁的区域。值得注意的是，红土具有较高的阳离子交换容量，这意味着它可以有效地固定并储存多种阳离子，如钾（K<sup>+</sup>）、钙（Ca<sup>2+</sup>）和镁（Mg<sup>2+</sup>）等，这对于维持土壤肥力和提高植物养分利用率至关重要。然而，红土本身的有效养分含量往往相对较低，尤其是磷、钙和镁等关键元素，这限制了其直接用于高效农业生产的能力，需要通过添加肥料和其他改良措施来补充缺失养分，以达到最佳种植效果。

红土剖面 分层明显

在自然界的造土工厂里，土壤剖面的每一层都承载着不同的故事。红土土体深厚，剖面典型的表现 A—B—BC—C 结构，依次向下递进。

A 层：生机勃勃的生命起点

最表层为 A 层，亦被称为淋溶层，通常厚达 0.4 米左右，



> 红壤剖面

是红土剖面中最活跃的部分。这里聚集了大量的有机物质，包括落叶、枯枝及其他植物残骸，这些有机物经微生物分解，逐渐转化为土壤腐殖质，滋养着上方植被和下方生物群体。

### B 层：植物成长的沃土

紧邻 A 层之下的是 B 层，又称淀积层，位于土壤表面以下大约 0.4 ~ 1 米深处。这一层土壤颜色较深，呈现暗棕红色，质地较为疏松，富含团粒结构，这为植物根系的伸展提供了理想的物理环境。B 层中，矿物质和有机质在长期的降水作用下，从上层向下迁移并沉积于此，形成了一个富含养分的“仓库”，支撑着地上植被的旺盛生长。

### BC 层：过渡地带的秘密花园

BC 层位于 B 层之下，深度大约在 1 ~ 1.6

米之间，是一段由红、黄、白色条带交织而成的过渡层，标志着淀积层向母岩层转变的过程。这里的土壤质地开始变得较为坚硬，但依然保持着一定的孔隙率，允许水气流通。

### C 层：时间的沉淀 生命的基石

最底层的 C 层，也称母质层，是土壤剖面的终章，主要由原始岩石的风化产物构成。这一层距离地表相对较远，通常不受生物活动和天气因素的直接影响，保持着较为原始的状态。

### 应用广泛 大有作为

红土作为一种自然资源，以其独特的物理化学特性，在自然资源的宝库中占据了一席之地，并在多个领域展现出了广泛的利用价值，涉及矿产资源、农业生产、环境治理、建筑材料、体育设施构建乃至文化旅游业等多个层面。

### 矿产资源：红土镍矿的战略意义

红土资源与红土镍矿有着密切联系。红土镍矿是在热带或亚热带气候条件下，超基性岩（如纯橄榄岩、橄榄岩、蛇纹岩等）遭受强烈化学风化作用后，镍从含镍的硅酸盐矿物（如橄榄石、顽火辉石等）中分解出来，随地表水向下渗透，在风化壳中形成富含镍的次生矿物，从而形成的可供工业利用的风化壳型镍矿床。鉴于镍在不锈钢生产、电池制造业、航空航天领域、国防和民用工业的不可或缺性，红土镍矿的勘探与开采已成为各国能源战略规划的重点。

### 农业生产： 红土的土壤改良与作物培育

红土中富含的铁氧化物不仅能够参与土壤 pH 值的自然调节机制，还有助于维持相对稳定的酸碱平衡，为农作物创造理想的生长条件。这一过程中，铁氧化物通过与氢离子结合，减少土壤溶液中的自由氢离子浓度，从而缓冲土壤酸化趋势，保持酸碱值处于适合作物健康



> 硫化铜镍矿

(图片来源: [www.dzbwg.glut.sdu.cn](http://www.dzbwg.glut.sdu.cn))



> 红土镍矿

(图片来源: [www.ebaiyin.com](http://www.ebaiyin.com))

发育的范围之内。因此,红土的这种天然属性对于促进作物养分吸收、预防土壤退化及提升农业产出效率均有积极作用。在适宜的管理措施下,通过合理施肥灌溉,红土能够支持水稻、茶叶、柑橘等多种经济作物的高产稳产。此外,红土中固有的微生物群落有助于改善土壤结构,促进土壤团聚体形成,增强了土壤的持水保肥能力,为农业活动的持续奠定坚实基础。

### 环境治理:红土在污染控制与生态修复中的角色

红土吸附能力较强,可以吸附有害物质,如重金属离子、有机污染物等,利用红土来修复污染土壤效果良好。红土松散透水,可过滤、净化自然水源,去除水中的悬浮物、杂质和部分有机物,进而保护地下水水质安全。此外,红土还可用作污水处理厂的预处理介质,帮助去除废水中的悬浮颗粒和部分有机污染物,为后续的生物处理创造有利条件。

### 建筑材料:红土的传统用途与现代创新

红土是制造传统砖块和瓦片的重要原料之一,它可塑性好、耐火性强,还可以与草木灰等材料混和后制成土坯,用于建造简易房屋和农舍。红土经过粉碎和筛分后,还可以用来制备建筑涂料。随着科技进步,红土的应用范围得到了极大拓展,例如,通过添加水泥、石灰或其他无机胶凝剂制造的新型红土基复合材料,不仅保留了红土原有的隔热保温性能,还在强度、

抗裂性和防火等级上得以显著提升,满足了当代绿色建筑需求。此外,红土粉末还被用作混凝土的添加剂,以改进其流动性和成型性,降低能耗和二氧化碳排放。

### 运动赛事:红土场的独特魅力

著名的网球四大满贯赛事之一——法国网球公开赛(下文简称“法网”),以及ATP世界巡回赛中的顶级大师系列赛罗马站(下文简称“罗马大师赛”),均采用了红土作为官方比赛场地。红土地的一个显著特点是球触地瞬间与地



> 红土建造的房屋(图片来源: [pexels](https://www.pexels.com))



> 红土网球场(图片来源: [pixabay](https://www.pexels.com))

面产生较大摩擦力，这直接导致球速减缓，相较于硬地和草地，其弹性更高，能使回弹的球达到接近甚至超过选手肩膀的高度，从而延缓了比赛的整体节奏，也因此红土常被誉为“慢速球场”。红土的细腻质地减少了球员关节的负担，延长了其运动生涯，同时也丰富了战术多样性。每年的法网和罗马大师赛，正是检验顶尖球员全方面能力的绝佳舞台，吸引着全球数亿观众目光。

### 文化旅游： 红土景观的美学与经济价值

红土具有独特的生态修复能力和美学价值，通过精心挑选和恰当运用红土材质，能够显著推动本土植被的复苏与繁荣，促进植物根系深入发育，进而优化局部生态环境，还能创造出极具视觉冲击力和文化内涵的地景艺术作品，为游客呈现一场自然与人文交融的视觉盛宴。以云南东川的红土地为例，该地充分利用了丰富且色彩斑斓的红土资源，巧妙融合地形与植被，成功塑造出一幅幅震撼人心的大地画卷，吸引了无数摄影师及旅行爱好者的目光，使之成为了国内外知名的自然风光与人文摄影圣地。这一景象不仅提升了当地知名度，带动了摄影、绘画、影视拍摄等相关文化产业的发展，还吸引了大量国际游客，进一步推动乡村旅游发展，实现了生态保护与经济效益双赢局面。

### 红色荒漠 生态制约

我国红土区生态环境脆弱，具体表现为：红土区土层普遍偏薄，自然肥力有限，难以支撑高强度的土地利用需求，这成为制约当地农业生产的一大瓶颈；高人口密度带来的生存压力迫使人们不断拓展耕地边界，过度开垦不仅消耗了有限的土地资源，还导致土壤退化，降低了土地的承载力和恢复力；原始植被的大规模清除削弱了土壤的自我保护屏障，尤其是在雨季，密集的降雨与强烈的暴风雨

作用下，水土流失现象日益严重，“红色荒漠化”的蔓延威胁着生态平衡。除此之外，对于红土肥力现状及其地域分布特性的认知滞后，限制了该地区农业生产力的提升；评价体系中过分强调土壤化学与物理属性，忽视了其生态功能和整体健康状态，导致了土地资源的非理性开发。更重要的是，缺乏对红土作为一个完整生态系统的全面理解，没有认识到其内部各要素之间的相互依存关系，以及与周边环境的动态交互，这从根本上制约了红土区农业与经济的可持续发展路径。

### 因地制宜 合理开发

红土改良的核心策略聚焦于生态恢复与科学管理。植树造林应优先选择本地树种（如杉树、柑橘等），既能快速覆盖裸露土壤，又能改善微气候，增强生态系统韧性。再结合绿肥作物（如稻米、茶树）的种植，不仅能提升土壤有机质含量，还能有效防止水土流失。通过平整土地、客土掺砂改善土质，辅以精细的水利工程建设，确保水源充足且均匀分布。科学施肥至关重要，推荐深施粒状氮肥，并将磷肥与有机肥混合使用，以优化矿物营养供给。施用石灰调酸，配合合理耕作制度，进一步提升土壤肥力。旱地转水田的创新举措，在减少侵蚀的同时促进了有机质积累，显著增强了红土生产力。针对不同地形特征，实施差异化的植被保护和梯田建设方案，特别是在坡度超  $25^{\circ}$  的区域着重植绿，缓坡地带则有序开发梯地。强化对“红土荒漠化”等地质灾害的认识与防范，借助现代科技深化地质勘查，为红土区的可持续发展奠定坚实基础，实现资源的合理利用与环境保护双管齐下。

土地是人类赖以生存和发展的重要物质基础，是支撑高质量发展、实现中国式现代化的重要保障。自 2018 年自然资源部成立以来，中国地质调查局及

其相关单位开始着手开展红土地基础地质调查项目，为红土地进行了一次“全面体检”，重点探索人为活动对红壤生物地球化学循环的影响，以及红壤丘陵区地表侵蚀速率和红壤退化的时空演变。这些研究旨在揭示现代生物气候条件和人类活动对红土表层的具体影响和变化，为现代生态环境的恢复提供数据支撑。

站在红土地之上，我们仿佛能听见大地的心跳，感受到它千百年来的坚韧与生命力。这片土地，既是历史的见证者，也是未来的开拓者。它教会我们敬畏自然、珍惜资源，同时激励我们不断创新，寻找与自然和谐共存之道。红土地的科普之旅，让我们意识到土壤不仅仅是一种自然资源，它还是生态

平衡的守护者、文化传承的媒介、科技创新的试验田。面向未来，红土地面临的挑战与机遇并存。气候变化、环境污染、资源枯竭等问题提醒我们必须行动起来，通过科学的土壤管理、可持续的农业实践、生态友好的产业发展，共同守护这份来自地球母亲的礼物。同时，红土地的科学研究与开发利用，也将继续为生态环境保护修复带来新的启示和解决方案，助力我们迈向更加绿色、智慧、包容的明天。 

---

第一作者单位 / 中国地质调查局

昆明自然资源综合调查中心

---

（本文编辑：何陈临秋）



➤ 红色荒漠化（图片来源：flickr）