

紫色土母质的分布及其地质环境

——紫色土再研究

青长乐¹, 牟树森¹, 朱波^{2*}, 王定勇¹, 魏朝富¹, 谢德体¹, 段文霞³, 王文富⁴

(1. 西南大学资源环境学院, 重庆 515000 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041

3. 四川省农业干部管理学院, 四川 成都 610041 4. 云南省土壤肥料工作站, 云南 昆明 650034)

摘 要: 紫色土的分布决定于其母质——紫色岩石的分布。紫色岩石是红层的主要部分。红层的形成有一定的水热条件限制, 当今地表红层的分布状况却与当地的现实水热条件不完全相符。因此, 只有从地质历史演进的角度看待今日红层岩石的分布规律。通过讨论红层分布的历史原因, 认为紫色岩石的分布是全球性的, 紫色土亦然。

关键词: 紫色岩石; 紫色土; 红层分布; 水热环境

中图分类号: S155.2⁺5

文献标识码: A

众所周知, 紫色土由紫色岩石风化发育而来。而紫色岩石一旦风化成为紫色土, 并不必须经过熟化培肥过程, 就可栽培植物, 这是紫色岩与其他沉积岩不同之处。因为紫色岩在转变成为紫色土时, 并没有太大的物理化学性质的明显改变, 所以人们将它称为岩性土。因此, 只要有紫色岩的地方就必然会有紫色土。

紫色土在中国, 曾经有相当长时期被列为一个独立的土类, 但紫色土的名称在国际土壤学界却并不通用。加以“紫色”又赋予土壤某些较为特殊的肥力表现, 以至中外土壤学家都曾经认为“只有中国才有紫色土”^[1]。随着中国的改革开放, 土壤学者纷纷走出了国门, 在有意无意中发现了北美东部和西部都有不少的紫色土。这样便开始对“只有中国才有紫色土”一说产生了怀疑, 于是萌生了探索紫色土分布的愿望。

1 紫色土母质与红层

由于紫色土源于紫色岩, 紫色岩又是沉积岩石

中“红层”的主要类型, 因此, 要了解紫色土的分布, 从紫色岩石, 或红层的分布着手。地质学上的共识是: 红层为陆相沉积, 在地质历史上, 它分布在南北纬 30°以内, 或赤道附近的热带、亚热带地区。但陆相沉积岩并非都是红层, 热带亚热带地区的沉积岩也并非都是红层岩石。当今红层的分布已远远超出了现实的热带亚热带范围, 而且众多各色沉积岩石中, 红层岩石的数量又远比其他颜色岩石为少。这一系列的现象, 可能都与红层岩石形成条件的限制与产生的年代有关。

据锆石结晶的同位素研究发现, 地球上出现最早的沉积岩, 是澳洲西部年龄为 $40 \times 10^8 \sim 43 \times 10^8$ a 的沉积岩^[2]。各大陆上 30×10^8 a 以上年龄的沉积岩也屡见不鲜。唯有红层岩石的年龄, 最老的不过 20×10^8 a 左右^[3, 4], 比起其他颜色的沉积岩年轻了近 20×10^8 a。红层岩石为何如此年轻? 难道岩石产生红色需要更多的时间? 说不定这正是红层分布现状的症结所在。

原来, 岩石产生红色和紫色确实需要更多的时间, 因为原始的岩石不具有红色。只有当岩石中的

收稿日期 (Received date): 2009-02-01。

基金项目 (Foundation item): 中国科学院知识创新工程项目 (KSCX2-YW-N-46-11)。[Supported by Knowledge Innovation Project of CAS (KSCX2-YW-N-46-11).]

作者简介 (Biography): 青长乐 (1933-), 女 (汉族), 四川成都人, 教授。主要从事土壤学研究与教学。[Qing Changle (1933-), female Professor engaged in research and teaching in soil science.]

* 通讯作者 (Corresponding Author): bzh@imde.ac.cn

铁, 在适当的条件下释出、氧化、陈化才能形成红色与紫色的物质(氧化铁)。尽管地壳岩石不乏铁的存在, 然而, 最初地球的表面, 却都(大气与海洋)是贫氧的。只有当地表环境从贫氧转变成富氧时, 铁质才可能氧化, 岩石的红色才会产生。此间包括了系列的演化过程。这个过程所经历的时间, 就是红层比其他岩石年轻的岁差。即便如此, 红层却并非现代沉积物, 其年龄至少在百万年以上, 最年轻的是第三纪的红层^[5]。

1.1 缺氧的早期地表环境

最初的地壳在翻腾的岩浆涌动下, 经常被突破而处于激烈的火山爆发之中。喷发到地表的物质是在地壳以下的封闭环境, 处于还原性状态。喷发出的物质, 是岩浆和气体。岩浆中的金属元素是还原性的, 铁呈低价态(Fe^{2+}); 气体中 95% 是水蒸气, 其余是 CO_2 、 SO_2 、 H_2S 、 HCl 加上太空原有的氮气, 组成的原始大气都是还原性或惰性的成分。

当地表温度下降到 100°C 以下, 水汽冷凝成雨, 回降大地, 以至形成了海洋。降雨不仅促进了地表进一步的冷却, 同时从炙热的岩石中淋洗出了盐分, 从空气中吸收了气体成分, 形成了酸性的、含盐的、充满还原性成分的酸性海水^[6]。其中有丰富的溶解性低价金属, 包括低价铁(Fe^{2+})。最古老的海洋生物 Gunflint M inuta 的微化石就富含铁质, 但随着环境的氧化性转变, 低价铁变成了高价铁而沉淀, 海洋生物因不能吸收它而致含铁生物化石也随之消失, 这一现象出现的年代是 $17 \times 10^8 \sim 20 \times 10^8$ a 前^[7]。

早期的岩石在还原性的地表环境下, 没有可能出现氧化铁的红色。土壤原生矿物中的铁, 基本上是低价状态^[8]可以为证。当海洋温度适于生物生存后, 才逐渐有了生物的光合作用, 是它制造了氧, 创造了地表的氧化环境。率先在海洋里出现的, 至少是 35×10^8 a 前的蓝绿藻, 它们产生的氧气, 最初被各种耗氧因素(低价铁、钙、有机残体的分解、以及贫氧火山的继续喷发)迅速消耗殆尽。直至约 24×10^8 a 前, 氧气才从海洋到大气逐渐增加。到了距今约 $10 \times 10^8 \sim 5.5 \times 10^8$ a 前, 大气中氧浓度也只达到现在大气氧浓度的一半左右, 以后才逐渐达到现今的稳定水平^[9]。

1.2 地表的氧化性转变

当海洋环境从表层到下层都发生了氧化性转变时, 充裕的氧使海水中的铁质开始氧化而沉淀析出。最早的氧化铁是薄铁矿层 BIF(Banded Iron Forma-

tion), 它就成了地表开始转变为氧化环境的重要标志。直到约 18×10^8 a 前, 地表的 BIF 才逐渐地为红层所取代^[9]。此时的海水不再有游离低价铁的积累, 大气也开始了氧的增长, 从而有了地表岩石矿物中铁的氧化, 从此, 红层才有形成的可能。

最早的红层, 已遭到了长年累月的侵蚀, 也有在沉积岩的多次积累的重压下沉陷到地幔, 进入岩石的再循环过程, 早已所剩无几。现在还能见到的有: 蕴藏了大批完整动物化石的中国云南澄江县的前寒武纪澄江系紫色岩; 澳大利亚中部耸立在 Uluru - Kata Tjuta 国家公园内的大红巨石爱尔斯石(Ayers Rock)等, 这些地方都成了现代的科学旅游胜地。目前较大规模出露的早期红层岩石, 几乎都是寒武纪及其以后形成的。作为红层中的主要类型的紫色岩石, 当然不会早于红层在地表的出现。

1.3 红层岩石

红层岩石包括红色和紫色的碎屑沉积岩, 其颜色源于氧化铁。氧化铁有从黄、红, 而至紫色的系列颜色。能够呈现红色和紫色的是赤铁矿($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$)。沉积岩中的赤铁矿是由含铁矿物中的铁经转化、氧化、脱水、陈化而来^{[10][11]}。关于红层的来源, 一直有两种不同的观点。一种认为红层岩石来自非红色岩石的转化, 而且有许多证据表明, 红层岩石中的赤铁矿是在非红色岩石中逐渐形成的“自生矿物”^[10]。另一种观点则认为, 红层是红壤经过沉积作用而形成的岩石, 其中的赤铁矿是在红层形成之前就已存在的红壤遗留物。二者之间的区别在于: 自生赤铁矿是氧化铁在干热环境下脱水、老化而形成的, 且原岩中的其他矿物没有深刻风化的迹象, 粘土矿物成分以 2:1 型硅酸盐的伊利石、绿泥石为主^[10]; 而红壤, 则是岩石矿物在湿热条件下深度风化的产物, 粘土矿物成分中很少有 2:1 型硅酸盐, 主要是 1:1 型硅酸盐矿物——高岭石和氧化铁、铝等成分^[11]。

从紫色岩的粘土矿物成分看, 属于干热环境下的产物。即“自生赤铁矿”是在非红层岩石中形成的。研究表明, 这种红层的形成, 首先是含铁矿物的分解和铁的水解, 这一阶段要求湿润的环境以资反应过程的进行, 所需要的水分条件, 年降雨量至少 150 mm 左右; 随后是氧化铁的脱水作用, 年均温至少 $18 \sim 20^\circ\text{C}$, 之后是赤铁矿结晶的陈化过程, 所需时间约百万年以上^[10]。换言之, 在热带、亚热带地区有足够的温度和水分来源, 沙漠则有长期保存深

层(1 m以上)水分的特性^[12],只要有季节性的干湿交替,就足以通过长时间的铁质转化、运行、氧化、脱水、与陈化作用而实现红层的形成,因此需时甚长。

至于紫色岩石,虽然同属红层,必然存在一些影响色彩的因素。主要影响因子是高低铁的分子比率^[13],有机物的存在与含量^[14,15],赤铁矿结晶颗粒的大小^[16]以及结晶中同晶置换现象^[17,18]等(另文讨论)。

2 红层的分布

根据红层形成的条件,它的确应该分布在热带和亚热带地区。如今红层在全球的广泛分布,只有追溯它的来源。因为,地球形成之后,由于内部的重(压)力梯度和热力梯度,导致了地球本身的重力和密度分层。地球在内外动力影响下,产生了地壳运动、板块漂移,使地表大陆的位置是处于不断变动之中,直至如今。

最早的地表陆地是规模小而零星分散的,经过多次的分、合之后,到古生代晚期至中生代的早期,各陆块之间又一次靠拢,合并成泛大陆(Pangaea)时,整个大陆正处在赤道附近^[19]。这时形成的红层在欧、美、亚、非、澳各洲都有广泛的分布。可是,随着泛大陆的解体和板块漂移,它们却各奔南北,有些已远离赤道了。现今,在欧洲的,已经全部处于北纬35°以北,甚而远至北极圈的斯堪的拉维亚地区;在美洲的,处于赤道附近的红层并不太多,大部分是在北纬30°到60°的区间。亚洲、非洲和澳洲的红层,至今还大部分处于热带亚热带地区或附近。

除此之外,造山运动产生的地壳增生、地壳崩裂产生的海洋扩展、板块碰撞产生的海进海退等等地质现象,也使红层的形成增加了某些事件性色彩。往往在造山运动后的山间盆地,产生了深厚的红层。因此,红层就总是跟随着造山运动而遍及全球。从目前世界上分布比较广泛、较为集中、较为有名的红层,大体上能看到全球红层分布的轮廓。

2.1 新老红砂岩

新老红砂岩是全球分布最广的古生代红层岩石,先后沉积于泥盆纪与二、三叠纪时期。这些岩层并非只是砂岩,也包括粉砂岩、页岩、泥岩和砾岩等的一系列的红和紫色岩石。由于砂岩的抗蚀力强,虽经长期冲刷,仍能保持其凸显的地貌和鲜明的色彩,往往成为醒目的地标,故而常以砂岩之名概而括

之。

2.1.1 老红砂岩(Old Red Sandstone)

老红砂岩沉积于古生代中期的泥盆纪(距今 $3.60 \times 10^8 \sim 4.08 \times 10^8$ a),是加里东造山运动后的产物。加里东造山运动所涉及的时间范围,是从前寒武纪到志留纪,所影响的空间范围是从欧、美、非洲一直波及南亚、澳洲,甚至南极的局部。该造山运动到奥陶纪达到了盛期,终于志留纪末至泥盆纪时期。贝加尔湖沿岸诸山,东、西萨彦岭、叶尼塞山脉、库兹涅茨阿拉套山、阿尔泰山、唐努乌拉山、杭爱山以及我国华南的加里东褶皱带,都是这一时期形成的。至此,原有的地槽缩小了,陆台扩大了,古陆位置向赤道附近逐渐靠拢。造山运动导致的陆地抬升、海面下降、以及板块位置变动,引起了气候朝向温暖干燥的方向变化。从而利于红层的形成。

当时北半球的劳亚古陆(Laurasia,包括俄罗斯、哈萨克斯坦、西伯利亚、华北、华南、塔里木、印度支那)绝大部分处在赤道附近^[20]。造山运动隆起的山体岩石因迅速侵蚀而沉积,使许多山间盆地形成了红层,这就是老红砂岩。当时的冈瓦古陆(Gondwana,包括现在的南美、非洲、澳洲、印度、南极洲和阿拉伯半岛)有部分还在南纬低纬度地区,澳洲就有同时代的红层沉积^[21];今日的南极洲在寒武纪时期还处在现在的非洲的西北端,直到泥盆纪时,才跨过非洲进入南纬地区^[22]。那时南极Victoria Land的气候仍然温暖而处于半干旱的状态,以至在Pensacole Mountains和Dronning Land也有老红砂岩的出露^[23]。但因南极洲此时不少的地方已处在南纬30°以南的区域,热量条件远不如劳亚大陆,所以老红砂岩比劳亚大陆的少得多。而印度次大陆,当时正与冈瓦大陆的南端相连,加里东运动只是使喜马拉雅海盆变浅,还没有形成陆地^[22]。

由于加里东山脉(Caledon Mountains)本身,北起欧洲苏格兰北部(苏格兰的拉丁名称是Caledon,山脉由此而得名),经爱尔兰、英格兰、威尔斯与挪威以北的斯匹次卑尔根群岛(位于北极海中),穿过斯堪地拉维亚南部与格陵兰岛的山带,因此老红砂岩在西、北欧地区有广泛的分布^[24,25]。

在中国,加里东造山运动时期,主要是大陆内部的隆起和边缘海洋的扩展。由于扬子地台西缘的全区海退而成为陆地,广西中部的大明山-大瑶山地区的莲花山组红层砾岩,成为我国加里东运动的典型代表^[26]。这时滇中地区也有激烈的造山运动,所

及各地,都留下了老红砂岩。在华北,由于北方大陆隆起,整个华北广布着干旱气候的河湖碎屑沉积,如石千峰组红层^[4 19 26 27]。奥陶纪晚期,中国普遍海退,到志留纪时的克雄库都克组,是一套红色碎屑沉积,四川境内也有这一时期的红层(韩家店组紫红色页岩)出露。

在北美,加里东造山运动导致了 Taconic 造山运动的开始。在褶皱山链达到顶峰时期,形成形成了纽约州东部的 Taconic Range。其间,阿拉巴契亚山脉中部的 Catskill 的红层陆地,就是典型的老红砂岩,它是这一时期北美造山运动的主要体现者^[24]。这次地质事件的影响所及,从北美东部的阿拉巴契亚山脉东北端的加拿大 Newfoundland 省起,向西南延伸,沿波士顿、纽约南下,经北卡罗来拉州、佐治亚州和阿拉巴马州,直到得克萨斯州的 Marathon 山,沿途都有老红砂岩的沉积^[28 29]。加拿大东部渥太华省的 Queenston 三角洲,就是在 Taconic 造山运动时期形成的陆相紫红色页岩(Queenstone Formation),它向西南倾没后,没有继续在美国境内出露^[30]。

2. 1. 2 新红砂岩(New Red Sandstone)

新红砂岩沉积在古生代晚期的二叠纪(距今 $2.45 \times 10^8 \sim 2.86 \times 10^8$ a 前)时期。这时正是各大陆间的距离越靠越近,相互碰撞的状态。俄罗斯大陆与哈萨克斯坦—西伯利亚大陆也合而为一,并再一次形成了全球统一的泛大陆(Pangaea)。它使全球又进入大陆扩增、海洋收缩的局面。海面急剧下降,比现在的面低 100 m。泛大陆的绝大部分都处在南、北纬 30° 范围内。气候炎热,季节明显,加以合并后的大陆的内陆面积增大,远离海洋湿气而变得干燥,不可避免的红色陆相沉积在此时大规模地产生了,这就是新红砂岩。二叠纪时期的新红砂岩,也是包括粉砂岩、页岩、泥岩和砾岩等的一系列的红色和紫色岩石。它们是海西造山运动(即华里西运动 Varisian)后的沉积物。海西造山运动形成的巨大山系,有西欧的海西山(华里西山 Variscides)、东欧的乌拉尔山(Ural)、北美东部的阿帕拉契亚山(Appalachian)、亚洲的天山、祁连山、秦岭、大兴安岭等。

海西山脉,跨越英国南部、苏格兰、法国北部和中央高原、德国南部、捷克、波兰、立陶宛、爱沙尼亚一线,几乎遍及西欧各国。造山运动后产生的红层,亦随之分布在那里的山间盆地之中。

乌拉尔山脉是西伯利亚地盾与俄罗斯地盾相互碰撞的结果,是俄罗斯境内欧、亚两洲的界山(Ural)。二叠纪岩层的研究,最早就是在乌拉尔地区的 Perm 镇完成,并以 Permian 命名。在 Perm 镇以西至莫斯科盆地一线以北,都是二叠纪早期的红层与蒸发岩。到二叠纪晚期,具有红层与侵蚀特征的陆地环境则遍及俄、波平原^[28 31]。乌拉尔红层发育的“紫色土”(当地名称不详),一直是重要的农业生产基地。

东北非洲在地史上曾经是欧洲大陆的一部分。在二叠纪时期和欧洲一样是陆地。在北非有厚达千米的二叠纪至三叠纪红层系列出现在阿尔及利亚和突尼斯等地。西北非洲的阿特拉斯山脉(Middle Atlas)出露着像欧洲各地一样的红层。它们通常是砾岩、砂岩和泥岩夹盐膏^[25]。非洲的 Karoo Formation 二叠纪红层组,则不仅在非洲中、南部 Karoo 地区,而且在东非、西非都有分布,但以南非的 Karoo 最有代表性^[32]。现在, Karoo 红色岩石的壮丽景观已成为著名的南非旅游胜地。

当时的中国比较远离赤道,虽然陆地有所抬升,温度有所升高,但因石炭纪时期极其繁茂的沼泽生物物质随陆地抬升而成为浅海滨海的沼泽,露出水面经脱水后形成了大规模的海陆交互地层,形成煤层与石灰岩的间层结构,而非红层,只有本溪系煤层有紫色—杂色富碳岩系的存在。

北美在海西造山运动期间,海水从 Colorado 高原和 Navajo County 退出,大规模的泥沙、砾石、卵石从邻近的高处冲刷而下,向低地沉积,形成了厚达数千米的河流沉积物,这些就是二叠纪时期形成的红层^[33]。它基本上沿落基山分布,向北伸入加拿大境内^[34]。落基山南部,则在以后的抬升与 Colorado 河流的深度切割下,形成了今日的大峡谷奇观,其中最耀眼的就是那里的红层岩石剖面^[35]。

2. 2 三叠纪红层(Great Newark Group)

2. 2. 1 纽瓦克红层

纽瓦克组红层是中生代早期的三叠纪(距今 $2.45 \times 10^8 \sim 2.08 \times 10^8$ a)时期在美国新泽西州纽瓦克盆地分布的、以红色页岩为主的一组岩层。由于它的典型性,成为世界公认的三叠纪红层代表。三叠纪继承着古生代晚期的气候特征,其环境条件与二叠纪时期基本类似,不同的是泛大陆此时已经开始解体。

在北美东部形成东北西南向长达 1 800 km 的

裂谷带(地堑带)。它从加拿大 Nova Scotia省起,向西南延伸,直到美国东南部的 North Carolina^[36],贯穿了九个省(州)区(包括加拿大境内的 Nova Scotia Newfoundland两省,美国境内的 New York Massachusetts Connecticut New Jersey Pennsylvania Virginia和 North Carolina七个州),有 20 多个大小不等的三叠纪红层盆地群,皆属新红砂岩。其中最大的是纽瓦克盆地,它是这一时期驰名全球的三叠纪红层岩层组^[37, 38]。与此同时,在美国西部的亚利桑那州大峡谷、石林、科罗拉多州、新墨西哥州及犹他州、得克萨斯州等地,也在海退后发育了大规模的二、三叠纪的红层^[34, 38, 39]。

2.2.2 欧洲红层

欧洲的三叠纪岩层组特征,则是上下两层红色砂岩之间夹一层白垩,形成三叠式,故称“三叠”,以德国出露的最为典型。波罗底地区和俄、英、法、德等国皆有二叠纪红层,亚得里亚海周围都是这一时期的单调红层与石膏^[25]。

2.2.3 澳洲红层

在澳洲,这时由于火山作用,海相沉积只限于 Maryborough 盆地。广大的山间盆地和悉尼、Lorne, Bowen Basin, Springsure-Corfield Shelf 等地区,都产生了相当规模的红层^[21]。

2.2.4 亚洲红层

在印度,古生代时期都处于海底,基本上没有受到加里东和海西造山运动的影响,至古生代晚期,海水从印度半岛北缘的克什米尔的西部和南部退去。逐渐露出海面的中部冈瓦纳地区沉积了一系列厚层三叠纪陆相红层^[22]。

在中国,三叠纪发生了规模宏大的印支运动,它改变了三叠纪中期以前“南海北陆”的局面。从此中国南北陆地连为一体,全国大部地区处于干燥的陆地环境。扬子板块与中国古陆碰撞,导致秦岭—桐柏海槽的关闭。使中国古陆面积显著扩大,陕、甘、宁地区的鄂尔多斯盆地陆相沉积发育良好。据古地磁研究数据表明,今日的黑龙江东完达山北段,当时就处在 $30^{\circ} \sim 21.8^{\circ}\text{N}$,形成了干旱气候的紫红色河湖沙泥质沉积物,现在这些地方已移动到了 46°N 以北^[4]。四川龙门山地区三叠纪早期的飞仙关组岩层就是由厚达 125~475 m 厚的紫红色粉砂岩和砂质页岩互层结构的红层岩石组成^[27]。

2.3 侏罗纪的红层(恐龙时代)

侏罗纪早期,泛大陆一分为三:北美、欧亚、南大

陆,相互为海洋所隔。侏罗纪晚期,南大陆再分裂,形成了大西洋。非洲开始与南美洲分离,印度移向亚洲。海侵面积进一步扩大。温暖的气候,繁茂的植物,为大型动物的繁育提供丰富的食物,所以,在欧洲、中亚和东亚的侏罗纪不仅富集了煤、石油和天然气,而且为恐龙的发达创造了优越的条件,一时间恐龙竟成了陆地的统治者。

侏罗纪时期的海侵并未影响到亚洲中东部。此时亚洲却兴起了燕山运动。三次构造岩浆活动,一次比一次强烈。古中国大陆西部的大型盆地、古秦岭以南的广大地区都成了干旱的陆地,整个中国的侏罗纪地层都以陆相沉积为主,并成为全球红层在这一时期发育最好的地区。侏罗纪在中国西南几乎全是红层,只有四川盆地北部与东北边缘例外^[27]。侏罗纪红层在四川的分布相当完整。有暗紫色自流井组的粉砂岩和细砂岩;灰紫色沙溪庙组的砂岩、页岩、粉砂岩;紫红色和棕红色遂宁组的泥岩和细砂岩。这些岩石成为“四川赤色盆地”的标志。由于紫色岩石可以直接风化成土,且土质肥沃,是各种作物的丰产基地,所以“四川赤色盆地”又成为四川“天府之国”的标志之一。红层的物源都来自周边的山地,这些山地是燕山运动时期隆起的山脉与火山活动的产物。驰名全球的四川自贡大山铺的侏罗纪恐龙公园,就在侏罗纪自流井组的紫色岩层之中。中国西北区,属于内陆盆地型沉积,在陕、甘、宁(鄂尔多斯)、柴达木、吐鲁番、准噶尔等盆地和各山间盆地中。侏罗纪早期多为含煤地层,晚期多是红层或杂色岩层。中南区的桂东南十万大山地区以紫红色、棕黄色砂岩和泥质岩为主;粤东的侏罗纪,也主要由紫红色、灰紫色等的砂岩、粉砂岩、页岩及砾岩组成。

2.4 白垩纪红层

这是中生代晚期,也是地球表面受淹没程度最大的时期。北半球广泛沉积了海洋颗石藻的钙质超微化石和浮游有孔虫化石形成的白垩层,它们遍及欧、美、非各洲^[25, 40]。当时的中国,秦岭以南仍然气候干燥炎热,江汉盆地、粤北南雄盆地、滇中和四川盆地,西北的新疆北部准葛尔盆地、塔里木盆地等,都成为红层形成的良好环境。只有西藏、新疆喀什地区、黑龙江省东部和台湾岛才有海相白垩层沉积。

中国四川白垩纪的红层,为砖红、紫红夹浅色的砾岩、砂岩,夹粉砂岩及泥质岩所组成,常有蒸发岩相伴,是四川赤色盆地的重要成员。其中的紫红色

(蓬莱镇组和遂宁组)泥岩形成的紫色土,是经济作物盛产区。砖红色(夹关组)厚层粗砂岩,岩质坚硬质地粗,耐蚀力与储水力极强,它既能形成蜿蜒常青的竹海山,也能在地处雨量充沛而温暖的乐山,巍峨耸立着历经 300 a 侵蚀而仍然挺立的“大佛”。由城墙岩组紫色砾岩构成的剑阁县天险“剑门关”,是历久不衰的峭壁,成为古今的战略要塞。

与中国邻近的日本,白垩纪时期,在其西南部的外带沉积了不少的红层物质,有的直接为火成岩源,许多与火成岩交杂,伴以长石质砂岩^[41]。近年发现的白垩纪大洋红层,已有藏南地区、阿尔卑斯-喀尔巴阡一线,以及土耳其-高加索-喜马拉雅一线的报道,可能都是浅海沉积^[42-43]。

2.5 第三纪红层(最年轻的红层)

新生代第三纪时期(距今 160×10^4 a 至 6500×10^4 a 前),地壳又发生了一次规模巨大的造山运动,即喜马拉雅运动。这是印度板块与欧亚大陆南缘之间的激烈碰撞事件。其影响亦波及全球,而以喜马拉雅地区最为强烈。在欧洲称为阿尔卑斯山运动,形成了今日的阿尔卑斯山脉、皮里牛斯山、亚平宁山和卡尔巴千山等。在美洲形成了今日的落基山和安第斯山等。这使第三纪时期的各大陆,皆有不同规模的红层产生^[4,25,40]。

我国第三纪古气候特征是由老第三纪的热带和亚热带气候,转变为温带气候的新第三纪,末期为温凉气候。在造山运动影响下产生的第三纪红层,在中国西南部有广泛的分布,一般是紫红色岩石。我国吐鲁番盆地的北翼,出露极好的中生代晚期与第三纪古新世的地层,构成了东西走向的山脉“火焰山”,它是由中生代晚期与新生代早期的“鄯善群”岩层构成。这是以紫红色岩石为主的杂色泥质砂岩、页岩和砂岩组成的地层^[26]。

在东非埃及,在地质上与亚洲相连,所以在尼罗河沿岸及苏彝士湾的也分布着一系列第三纪的红层。其鲜明的红色在与玄武岩相连的地方更为突出^[40]。

3 结论

红层在全球的分布是一个普遍现象,各地红层之差异,主要是沉积的年代、沉积物的质地、沉积物的色泽(红色或紫色)亮度和彩度、以及沉积物的组分和酸碱度等等。其中紫色岩的出现,多半是在滨

海浅海水落石出之后,当沉积物转变成红色时,其中残留的有机物相对较多者紫色越深,颜色越暗,而且常在煤层的前后出现。沙漠气候下形成的红层,往往因缺乏有机物而呈较鲜亮的红色或紫红色,同时伴有膏盐出现。

参考文献 (References)

- [1] Chengdu Branch of Chinese Academy of Sciences. Purple soils in China (A) [M]. Beijing: Science Press, 1991: 3~4 [中国科学院成都分院. 中国紫色土(上篇) [M]. 北京: 科学出版社, 1991: 3~4]
- [2] Dalrymple B. G. The Age of the Earth [M]. CA: Stanford University Press, 1991: 188
- [3] Simon L. & Sington D. Earth Story [M]. Princeton NJ: Princeton University Press, 1998: 180~181
- [4] Liu Benpei, Jin Qinqi, Feng Qinglai, et al. Tutorial Geology History [M]. Beijing: Geology Press, 1996: 69, 109, 243 [刘本培, 金秋琦, 冯庆来, 等. 地史学教程(第三版) [M]. 北京: 地质出版社, 1996: 69, 109, 243]
- [5] McGraw-Hill. Concise Encyclopedia of Earth Science [M]. NY: McGraw-Hill, 2005: 471
- [6] Hutchinson S., Hawke L. E. Oceans. Richmond Hill Ont.: Firefly Books [M]. 2005: 39
- [7] Konik A. H., Life on Young Planet [M]. Princeton NJ: Princeton University Press, 2003: 89~107
- [8] Lindsay W. L. Solubility and Redox Equilibria of Iron Compounds in Soils. In: Iron in Soils and Clay Minerals [M]. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1988: 37
- [9] Mathez E. A. and J. D. Webster. The Earth Machine [M]. Columbia: Columbia University Press, 2004: 38~44
- [10] Walker T. R. Formation of red beds in modern and ancient desert [J]. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1967, 78: 353~348
- [11] Herbillon, A. J., Laterites and Laterization Processes [M]. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1988: 779
- [12] Walker T. R. & Honea R. M., Iron content of modern deposits in the Sonoran Desert: A contribution to the origin of redbeds [J]. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1969, 80: 535~544
- [13] Song Chunqing, Zhang Zhunchun. Fundamentals of Geology [M]. Beijing: Peoples Education Press, 1978: 16 [宋春青, 张振春. 地质学基础 [M]. 北京: 人民教育出版社, 1978: 16]
- [14] McBride E. F. Significance of color in red, green, purple, olive brown, and gray bed of Difunta Group, Northeastern Mexico [J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1974, 44(3): 360~377
- [15] McBride E. F., Significance of color in red, green, purple, olive brown, and gray bed of Difunta Group, Northeastern Mexico [A]. In: Potter P. E. Sedimentology of Shale [C]. New York: Springer-Verlag, 1980: 53~56
- [16] Shwetenunn U., Some properties of soil and synthetic iron oxides in Iron [A]. In: Stucki J. W. Soils and Clay Minerals [C]. Boston: D. Reidel Publishing Company, 1988: 203~205
- [17] Colman S. M. & Dethier D. P. Rate of Chemical Weathering of Rocks & Minerals [M]. Orlando: Academic Press, Inc., 1986: 174~175
- [18] Barron V., & J. Torrent. Influence of Aluminum substitution on

- the color of sythenetic hematites[J]. *Clay Miner*, 1984, 32: 157~158
- [19] Osborne R. & Tarling D., The Historical Atlas of the Earth[M]. New York: Henry Holt and Company, Inc., 1996: 52
- [20] Catemole P. Building planet Earth[M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2000: 152, 123, 155
- [21] Brown D. A., Campbell K. S. W., Crook K. A. W., The geological evolution of Australia & New Zealand[M]. Oxford: Pergamon Press, 1968: 46~154
- [22] Kumar R. Fundamental of Historical Geology and Stratigraphy of India[M]. New York: John Wiley & Sons, 1985: 122~124
- [23] Tingey R. J. The Geology of Antarctica[M]. Oxford: Clarendon Press, 1991: 134
- [24] Erickson J. Making of the Earth[M]. New York: Facts On File Inc., 2000: 46~51, 96~108
- [25] Derek V. A. The Geology of Europe[M]. New York: John Wiley & Sons, 1980: 24~97, 52~3124, 155~156, 196, 305~341
- [26] Chinese Academy of Geology. Conspectus of stratum in China[M]. Beijing: Geology Press, 1982: 95~99[中国地质科学院, 中国地层概论[M]. 北京: 地质出版社, 1982: 95~99]
- [27] Yang Z. Y., Cheng Y. Q., & Wang H. Z. The Geology of China[M]. Oxford: Clarendon Press, 1986: 13~14, 15
- [28] Bradford B. V., Roadside Geology of New York[M]. MT: Mountain Press Publishing Company, 1985: 24
- [29] Skehan J. M. Roadside Geology of Massachusetts[M]. MT: Mountain Press Publishing Company, 2001: 71~73
- [30] Dixon D. The Practical Geologist[M]. Washington: Quarto Inc., 1992: 150
- [31] Rast N., Geology of the U. S. S. R. [M]. Toronto: University of Toronto Press, 1973: 307
- [32] Furon R., Geology of Africa[M]. London: HP Publishing, 1963: 25~34
- [33] Baars D. L. Navajo County[M]. New Mexico: University of New Mexico Press, 1995: 37
- [34] Elston D. P. Geology of Grand Canyon, Northern Arizona[M]. Washington: Intern. Geological Congress, 1989: 124~137
- [35] Horton J. W., V. A. Zulk. The Geology of the Carolinas[M]. TE: University of Tennessee Press, 1991: 142~170
- [36] Tedrow J. C. F. and E. Robert. Soil of New Jersey[M]. FL: Krieger Publishing Company, 1986: 7, 216~222
- [37] Kemble W. The Geology and Geography of New Jersey[M]. NY: D. Van Nostrand Company Inc., 1964: 61~79
- [38] Dubiel J. R. F. Depositional Environment of the Upper Triassic Chinle Fm. In the Eastern San Juan Basin and Vicinity, New Mexico[J]. U. S. Geological Survey Bulletin, 1989, 180(B~D): 48~56
- [39] Chronis H. Roadside Geology of Utah[M]. MT: Mountain Press Publishing Company, 1990: 29~34, 55~60
- [40] Said R. The Geology of Egypt[M]. Amsterdam: Elsevier Publishing Company, 1962: 159, 176, 279
- [41] Takai F., Matsumoto T. and Toriyama R. Geology of Japan[M]. Tokyo: The University of Tokyo Press, 1963: 115~120
- [42] Wang Xiaoqiao, Li Guobiao, Si Jialiang. 2005. The distribution and ages of Late Cretaceous-Paleocene oceanic red beds in southern Tibet[J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(2): 31~37[万晓樵, 李国彪, 司家亮, 西藏南部晚白垩世-古新世大洋红层的分布与时代[J]. 地学前缘, 2005, 12(2): 31~37]
- [43] Wei Yushuai, Wang Benshan. 2005. Correlation of Cretaceous oceanic red beds in Turkey, Caucasus and Himalaya[J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(2): 51~59[魏玉帅, 王成善. 土耳其-高加索-喜马拉雅一线白垩纪大洋红层对比[J]. 地学前缘, 2005, 12(2): 51~59]

Worldwide Distributions and Geological Environments of Parent Rocks of Purple Soil

——More Insight into Purple Soil

QING Changle¹, MU Shusen¹, ZHU Bo², WANG Dingyong¹, WEI Chaofu¹,
XIE Deti¹, DUAN Wenxia³, WANG Wenfu⁴

(1. College of Resources and Environment, Southwest University, Chongqing 400716, China;

2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

3. College of Sichuan Province Agricultural Manager, Chengdu 610041, China;

4. Station of Soil and Fertilizer of Yunnan Province, Kunming 650034, China)

Abstract Distribution of purple soil depends on distribution of its parent material—purplish rock. Purplish rock is the main component of red beds. The formation of red beds were limited by water and heat conditions, yet the current distribution of red beds on the Earth surface is not in accordance with local water-heat condition. Consequently the cause of such distribution was discussed in the context of both historical and geological environment. It is concluded that purplish rocks distribute worldwide and so does the purple soil.

Key words purplish rock; purple soil; red beds distribution; water and heat environment in geological period
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>