

山东庙岛群岛的红色风化壳与棕红土 及其古气候意义*

曹家欣 严润娥

王 欢

(北京大学地理系, 北京 100871) (北京师范大学分析测试中心, 北京 100875)

摘 要

本文首次论证庙岛群岛的红色风化壳和棕红土的成因、时代及古气候变化。红色风化壳属于湿热气候环境下脱硅富铁铝型的风化产物, 而棕红土是在半干旱温暖气候条件下由风力作用堆积而成的黄土物质。它们分别与我国北方内陆的上新世红土和早更新世午城黄土相当。在渤海海域的上新世和早更新世之间气候环境发生过突变。这种变化具有全球性意义。

关键词 庙岛群岛、红色风化壳、棕红土、古气候

1 引 言

关于庙岛群岛的黄土和地貌研究, 作者已分别作过报道^[1-3]。在该群岛的黄土层底部还广泛分布着上新世的红色风化壳和早更新世的棕红土, 它们的性状和特征均不相同, 所反映的气候条件也存在着明显差别, 两者之间曾发生过气候突变。

庙岛群岛位于山东半岛和辽东半岛之间的渤海海峡, 地质构造上属于胶辽古陆的范围, 无论其构造格局或岩层组成均与两半岛相同, 即使到了晚新生代其构造条件、地貌特征以及所发育的红色风化壳和各期黄土也极为一致。庙岛群岛由于长期受构造抬升影响, 地表遭受剥蚀, 至晚第三纪构造运动趋向缓和, 地面被夷平为波状起伏的准平原, 在这种背景下, 既无明显的河流侵蚀作用, 也缺乏相应的沉积作用, 地表基岩裸露, 在当时的湿热气候条件下化学风化作用强烈, 因而出现了红土化时期, 在基岩表层形成大片的红色风化壳, 广泛分布于庙岛诸岛和胶辽两半岛。它们被黄土层所掩埋, 仅在地层剖面的底部有所出露, 在个别地段也可见其裸露于地表。

在剖面中红色风化壳与其上覆的黄土颜色分明, 岩性不一, 形成了鲜明对照的红黄两类土状堆积。风化红土是在高温高湿条件下, 岩石经化学风化而形成的富铁铝产物。而黄土则是

1992-09-25 收稿, 1993-02-22 收修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目。

在干寒环境中由风力作用形成的堆积物。它们分别记录了不同历史时期的环境特征与演变历程。

红色风化壳形成于热带或亚热带高温多雨的环境, 年均温度 $16\sim 25^{\circ}\text{C}$, 年降水量大于 1500mm , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温均在 $5000\sim 9000^{\circ}\text{C}$ 之间, 在这种气候环境中进行着以脱硅富铁铝为主的地球化学风化过程^[4]。而现今的山东半岛年均温为 12°C , 年降水量为 $600\sim 700\text{mm}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的年积温为 4000°C 。现今山东半岛的这种气候条件不可能形成红色风化壳。那么晚第三纪的气候环境又如何有利于红色风化壳的发育呢? 本文将作些初步分析和讨论。

此外, 在红色风化壳和黄土层之间尚存在一层棕红色土状堆积物, 作者曾有过简略报道^[3]。棕红土层以粘质细砂和粘质粉砂为主, 直接覆盖在风化红土之上, 两者间有侵蚀面相隔, 或者直接覆于基岩之上, 底部普遍有角砾层。该层棕红土出露在庙岛诸岛及蓬莱沿岸, 其厚度变化甚大, 只有少数岛屿上厚度超过 10m 。棕红土层之上被离石黄土所覆, 彼此界线分明。综上所述, 庙岛群岛的晚新生代地层共分五组: 即红色风化壳、棕红土、离石黄土、马兰黄土和全新世黄土(图1)。

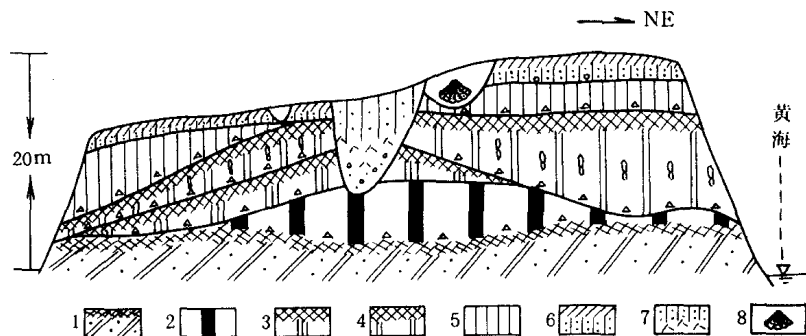


图1 北长山岛海螺山剖面

1——石英岩及风化裂隙带, 2——红色风化壳, 3——早更新世棕红土、角砾及风化层, 4——中更新世离石黄土、钙核、角砾及古土壤, 5——马兰黄土, 6——全新世黄土及黑垆土, 7——近代人工堆积, 8——古墓及贝冢

2 红色风化壳

2.1 性状与特征

庙岛群岛的基岩由石英岩、千枚岩和板岩组成, 但多数岛屿均以石英岩为主。红色风化壳就以上述岩石为风化母质。这些岩石的主要组成矿物除石英外, 还有少量的长石、云母、绿泥石、石榴子石、红柱石、磁铁矿、赤铁矿和铁闪石等矿物。在风化作用过程中, 长石和黑云母等易分解矿物转化成高岭石、伊利石和蒙脱石等粘土矿物; 含铁的副矿物分解后的易迁移组分被淋失, 剩下的Fe和Al难迁移组分就地沉淀, 氧化成高价铁, 使风化粘土染成红色。红色风化壳的剖面特征自下而上为: 基岩→基岩风化裂隙带→基岩风化破碎角砾带→风化粘土夹岩屑带→风化红粘土带。

红色风化壳顶部的红粘土呈深红色和赭红色, 质地粘重, 粘性强, 半胶结, 干时致密坚硬, 节理发育, 沿节理裂隙因铁锰浸染而呈黑褐色。红粘土的颜色自顶部向下由深变浅, 在深红

色粘土中含小型铁锰核。

红色风化壳的总厚度可达 7—8m, 其顶部的风化红粘土的厚度一般约 2—3m, 厚者 4—5m. 厚层红色风化壳保存在平缓的剥蚀平台和谷坡上, 其分布高度集中在海拔 10—50m 范围内。

2.2 风化红土的矿物与化学成分

风化红土中所含的粘土矿物, 经 X 射线衍射分析, 以伊利石占优势, 约 53%—66%, 高岭石为 20%—32%, 蒙脱石为 4%—16%; 还有少量的绿泥石和蒙脱石的混层矿物。风化红土的化学成分中 SiO_2 平均含量为 45%, Al_2O_3 为 25%, Fe_2O_3 为 10%. $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (分子比) 为 2.8—3.2, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ (分子比) 为 2.2—2.6, pH 值为 6.0—7.2. 这是在高温高湿的酸性环境中风化作用的结果 (表 1)。

表 1 庙岛群岛红色风化壳的化学成分 (%)

采样点	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	FeO	MnO	TiO_2	P_2O_5	FeO/ Fe_2O_3	$\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$
北隍城岛	46.29	24.06	8.75	0.41	1.79	0.44	0.04	0.87	0.14	0.09	3.28	2.6
砣矶岛	43.29	26.48	13.13	0.56	0.72	0.59	0.09	0.67	0.19	0.10	2.78	2.2
北长山岛	45.51	24.72	8.99	0.88	1.24	0.53	0.08	0.86	0.10	0.12	3.13	2.5
平均值	45.03	25.09	10.94	0.62	1.25	0.52	0.07	0.71	0.11	0.10	3.06	2.4

砣矶岛的风化红粘土, 其粘土矿物以伊利石和高岭石为主要风化物, 还有少量绿泥石、蒙脱石和绿泥石/蒙脱石混层矿物。伊利石的衍射峰尖锐对称, 以 $10\text{\AA}$ 衍射峰的半高宽所表示的锐度

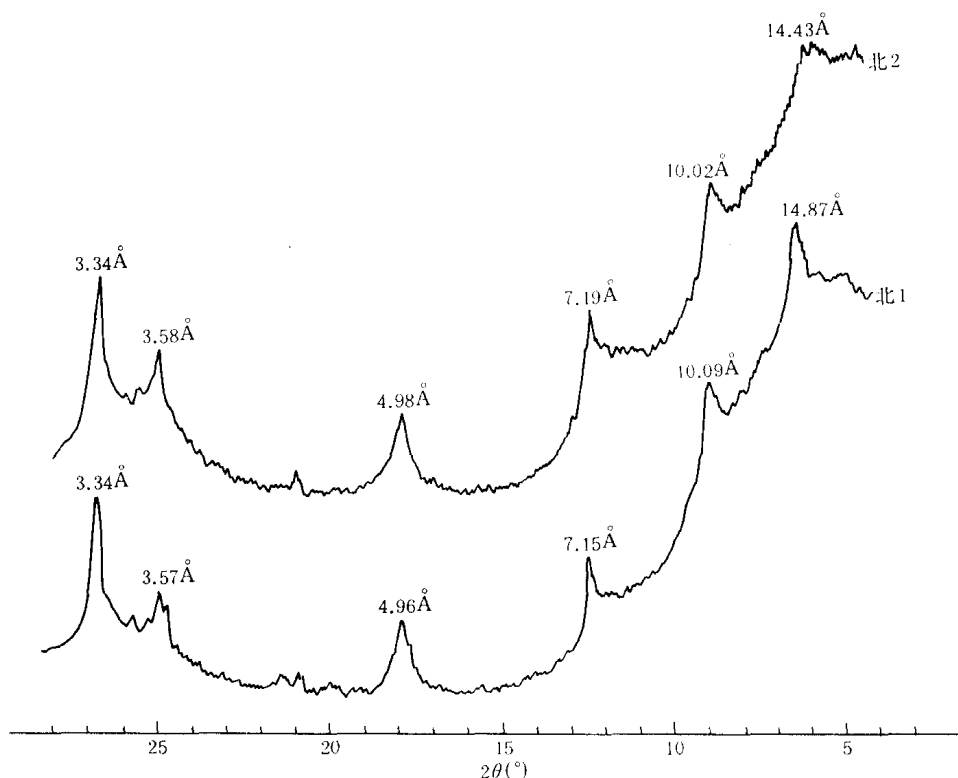


图 2 北隍城岛山后村风化红土的 X 射线衍射曲线

指数低(3mm), 表明结晶度高. 蒙脱石的 V/P 值相对较高(0.33), 说明蒙脱石的结晶度也较高(P 为蒙脱石 $17\text{\AA}$ 衍射峰之峰高, V 为 $17\text{\AA}$ 峰低角度一侧的深度). 这些特征表示风化作用较强, 所以能在当时的气候条件下形成红色风化壳. 在不同岛屿上的风化红土中, 粘土矿物的风化程度稍有差别. 如北隍城岛山后村的风化红土, 其主要风化矿物仍为伊利石、高岭石、蒙脱石、绿泥石和混层矿物, 但其结晶度低, 主要衍射峰宽阔, 且不对称, 伊利石的锐度指数较高(4.5—5mm), 蒙脱石的 V/P 值较低($<0-0.12$), 表明矿物的结晶度不高, 风化作用相对较弱(图2). 这可能是局部环境差异影响的结果. 粘土矿物的上述特征, 反映了当时的气候条件有利于化学风化作用的进行和红色风化壳的发育.

晚第三纪, 庙岛群岛的坚硬变质岩层, 在湿热气候环境中进行着强烈的脱硅富铁铝为主的化学风化过程, 硅酸盐类矿物经受着强烈分解, 硅和盐基遭到大量淋失, 而铁铝氧化物大量累积, 高岭石等粘土矿物形成. 红色风化壳的染色原料为含铁的副矿物, 使风化壳上部的风化土体呈现深红色. 此外, 从红土的化学成分可以看出: 红粘土中的碱金属和碱土金属大量迁出, CaO (0.6%) 和 MgO (1.25%) 的含量很低, SiO_2 的含量也较低(45%), 而 Al_2O_3 和 Fe_2O_3 的含量很高. 红土的 pH 值偏酸性, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 的比值均很低. 这说明庙岛群岛的红色风化壳其化学性质介于我国南方的红壤和黄红壤之间, 但在一定程度上更接近于红壤带的北部. 例如, 云南昆明附近玄武岩上的红壤, 其 SiO_2 的含量为 30.78%, Al_2O_3 为 26.46%, Fe_2O_3 为 24.31%^[5,6]. 浙江金华的红壤, SiO_2 的含量为 41.18%, Al_2O_3 为 28.66%, Fe_2O_3 为 11.81%, $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 为 2.44, $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$ 为 1.93^[5,6]. 安徽的黄红壤的化学组成, 其中 SiO_2 为 72.40%, Al_2O_3 为 13.24%, Fe_2O_3 为 5.04^[6]. 由此可见, 庙岛群岛的红色风化壳是一组硅铁质富铝风化壳^[5,6].

在我国北方内陆广泛分布的三趾马红土及其下伏的红色风化壳, 其中多富含钙积层和钙质结核, 这表明了半干旱半湿润炎热气候的影响. 在庙岛群岛的风化红土中也发现过少量球形钙质结核. 由此推断, 晚第三纪的庙岛群岛已具有季节性的干湿更替和高温的气候特征, 这可能是古季风发展的标志.

红色风化壳的形成, 不仅反映了气候条件的控制作用, 同时还必须具备有利的地质和地貌背景. 胶辽古陆的隆起使该区缺失古生代至早第三纪的沉积岩层, 直到晚第三纪华北地区包括山东半岛和辽东半岛的构造隆升已趋向稳定, 地表经流水侵蚀夷平出现了和缓起伏的准平原, 基岩裸露, 排水条件良好, 气候适宜, 有利于氧化作用的进行, 为红色风化壳的发育提

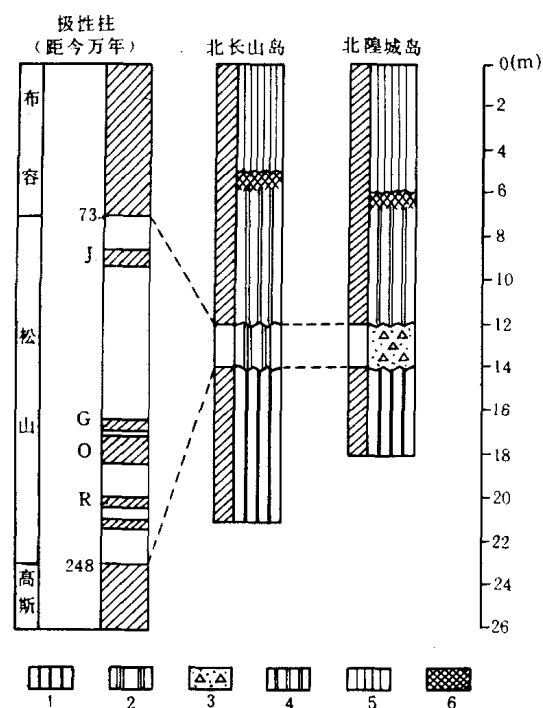


图3 庙岛群岛红色风化壳与黄土地层极性柱状对比图^[1]

1——红色风化壳, 2——棕红土, 3——棕红土与角砾层, 4——离石黄土, 5——马兰黄土, 6——古土壤

供了良好的地质地貌基础。

关于红色风化壳的时代,作者等曾于 1983 年系统地采集过 3 个剖面的古地磁样品,测试结果表明,风化红土位于高斯期^[1](图 3),时代应为上新世。但该风化壳开始发育的时间可能更早些。庙岛群岛的红色风化壳同我国北方广泛分布的晚第三纪红色风化壳和三趾马红土在大的地质时代上可能属于同期产物。它们的不同之处在于后者的成因类型更为复杂,次生碳酸盐新生体的发育更为丰富。但它们所反映的环境总特征十分相似,即大范围的准平原化和近似长江以南的半湿润和湿润的炎热气候,与现今的山东半岛的气候有明显差别。

3 早更新世棕红土

在庙岛群岛和蓬莱沿岸尚存在一组棕红土夹角砾层,它位于红色风化壳和离石黄土层之间,彼此之间均有侵蚀面相隔。在庙岛诸岛该层棕红土几乎均有出露,但保存厚度不一,最好的剖面出露在砣矶岛和搭连岛。关于这组棕红土的性状和时代,过去对它的认识较浅,经多次调查发现,这是一层分布很普遍的黄土状堆积物。厚者 10—20m,一般厚 2—3m。

3.1 特征

棕红土为棕红色与红棕色的粘质粉细砂层,岩性均一,干时致密坚实,节理发育,尤以鳞片状节理最具特征。在棕红土的底层普遍有一层角砾,为坡面流水作用的产物,在个别剖面中棕红土中夹有 7—8 层坡积角砾层,与棕红土构成叠置现象。棕红土层与其上、下地层相比,无论在性状、结构以及色调等方面都有明显区别,其颜色浅于下伏的风化红土,而又略深于其上覆的离石黄土。砣矶岛后口村及大口村沿岸棕红土的最大厚度达 20 余米,并夹有 7—8 层坡积角砾层。棕红土层中含 7—8 层深棕红色的风化层(或为古土壤层),类似黄土与古土壤序列。搭连岛的棕红土出露在该岛的北岸,厚 10m,直接覆于石英岩上,石英岩顶面有残存的红色风化壳痕迹;棕红土之上被离石黄土披盖。该剖面中的棕红土质地均匀,不含角砾,以粘质粉细砂为主,下部粒级偏细,上部偏粗,色调变化不甚显著,但仍可见 2—3 层深棕红色的风化层与浅红棕色土层之间的变化(图 4)。

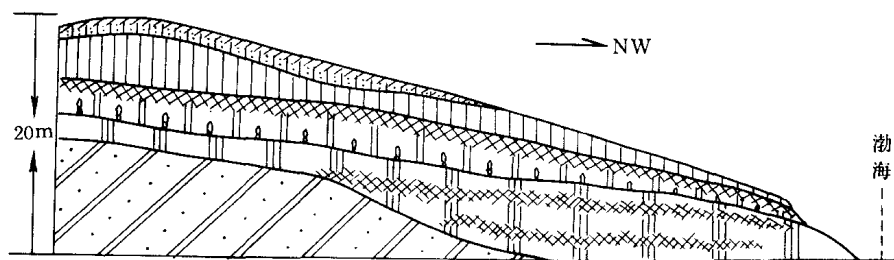


图 4 搭连岛地层剖面

图例同图 1

庙岛群岛的棕红土最大厚度 10—20m,离石黄土厚 6—7m,马兰黄土厚 12—15m^[1],全新世黄土厚 2—2.5m^[7]。这远不能与黄土高原的黄土厚度相比。因庙岛群岛地处渤海海峡,这里不仅仅是黄土分布的东部边缘,而且影响黄土的成因、物源、厚度及层序等环境因素更为复杂。第四纪期间的海面升降和大陆架的周期性出露,使该区不可能堆积和保存巨厚的黄土层,因此,黄土层与古土壤层的不完整和缺失现象极为明显,各黄土层之间的沉积间断(侵蚀

期) 占据了多长时间, 尚待进一步研究。

关于棕红土的时代, 据 1983 年作者在北长山岛海滨剖面采集的古地磁样品测试结果表明, 该棕红土位于松山期^[1](图 3), 其上覆的离石黄土和马兰黄土均在布容期, 但棕红土在松山期的具体部位, 目前尚未确定。根据各剖面中棕红土的上下层位关系十分清楚, 而且棕红土的性状不同于离石黄土下部, 而更接近于午城黄土, 故将其时代划为早更新世。由此可见, 庙岛群岛的棕红土与内陆的午城黄土^[8]和晋东南的“R”红土的时代相当^[9]。

3.2 棕红土的性状

棕红土是以粘质粉砂为主要粒级的土体, 粉砂(0.05—0.005mm)含量大于 60%, 粘土(0.005—0.001mm)含量为 25%—39%, 其粒度组成是典型的黄土物质。因此, 它具有类似黄土的性状。但其粒度成分也有特殊变化, 例如, 搭连岛北岸的棕红土剖面, 下部(样品搭 1—7), 粉砂含量 > 60%, 向上(搭 13—18), 细砂含量突增, 大于 60%。这一突变表明在棕红土堆积的早期粉砂占优势, 而到中晚期细砂组分跃升为主体, 而粉砂退居到

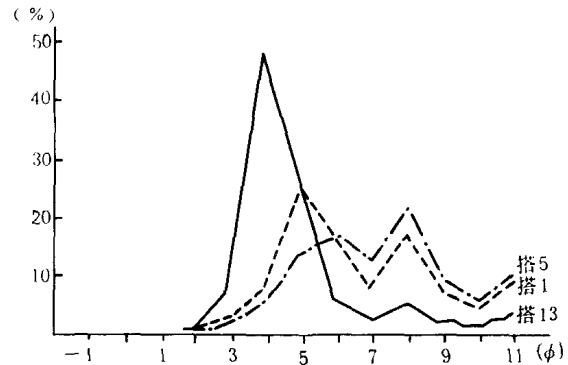


图 5 搭连岛棕红土粒度频率曲线

次要地位。在粉砂占优势的层位中, 粒度组合集中在 0.063—0.005mm 范围内, 其分选系数为 1.9—2.0, M_z 6.0—6.7 ϕ , S_{ki} 0.05—0.32, K_g 0.8—1.17。在细砂占优势的层位中, 粒度组合集中在 0.15—0.05mm 范围内, 分选系数为 2.14—2.25, M_z 4.2—4.8 ϕ , S_{ki} 0.3—0.6, K_g 2.2—0.93 (图 5)。上述变化的原因, 可能是风力作用明显加强所致。砣矶岛后口村剖面所做的 7 个棕红土的粒度样品均表现出以粉砂粒级(0.063—0.005mm)占优势(60%—70%)。这两个剖面的朝向不同, 前者朝北, 后者朝南, 风向和风力作用的强弱对粒度组合影响很大。

棕红土中的石英砂表面特征, 据双目镜下观察, 搭连岛的棕红土中石英砂极为纯净透明, 多数带棱角, 少量圆度很高可达 4 级。自样品搭 7 以上的砂粒中长石砂逐渐增多, 并有黑云母出现。在扫描电子显微镜下可见浑圆形的石英砂表面有密集的麻点, 并有碟形坑及早期的 V 形坑和贝壳状断口, 其表面有 SiO_2 沉淀。这些特征显示了风力作用的痕迹。砣矶岛剖面中的砂粒特征略有区别, 虽然石英砂仍占优势, 但不透明的及锈黄色的砂粒自下而上增加, 其中有赤铁矿及云母片。在扫描电子显微镜下, 可见浑圆形的石英砂表面有密集的麻点。棱角状砂粒多沿解理面裂开。因该剖面中夹有多层坡积角砾, 所以棕红土本身既有坡面流水带来的物质, 又有风力吹扬来的砂粒, 故而才出现上述特征。

棕红土中的粘土矿物, 经 X 射线衍射分析, 伊利石占 65%—70%; 高岭石占 9%—16%; 蒙脱石占 17%—20%。这与前述的风化红粘土相比, 高岭石含量明显减少, 而蒙脱石含量显著增加(图 6)。这反映了上新世和早更新世之间的气候差异。

棕红土的化学成分中(表 2) SiO_2 的含量为 66%—70%, Al_2O_3 为 13%—14%, Fe_2O_3 为 3%—4.6%, CaO 为 0.9%—1.48%。 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ (分子比) 高达 7.8—9.7, pH 值 7.24。这与红色风化壳的化学成分大有区别, 而与洛川的午城黄土很近似^[8]。

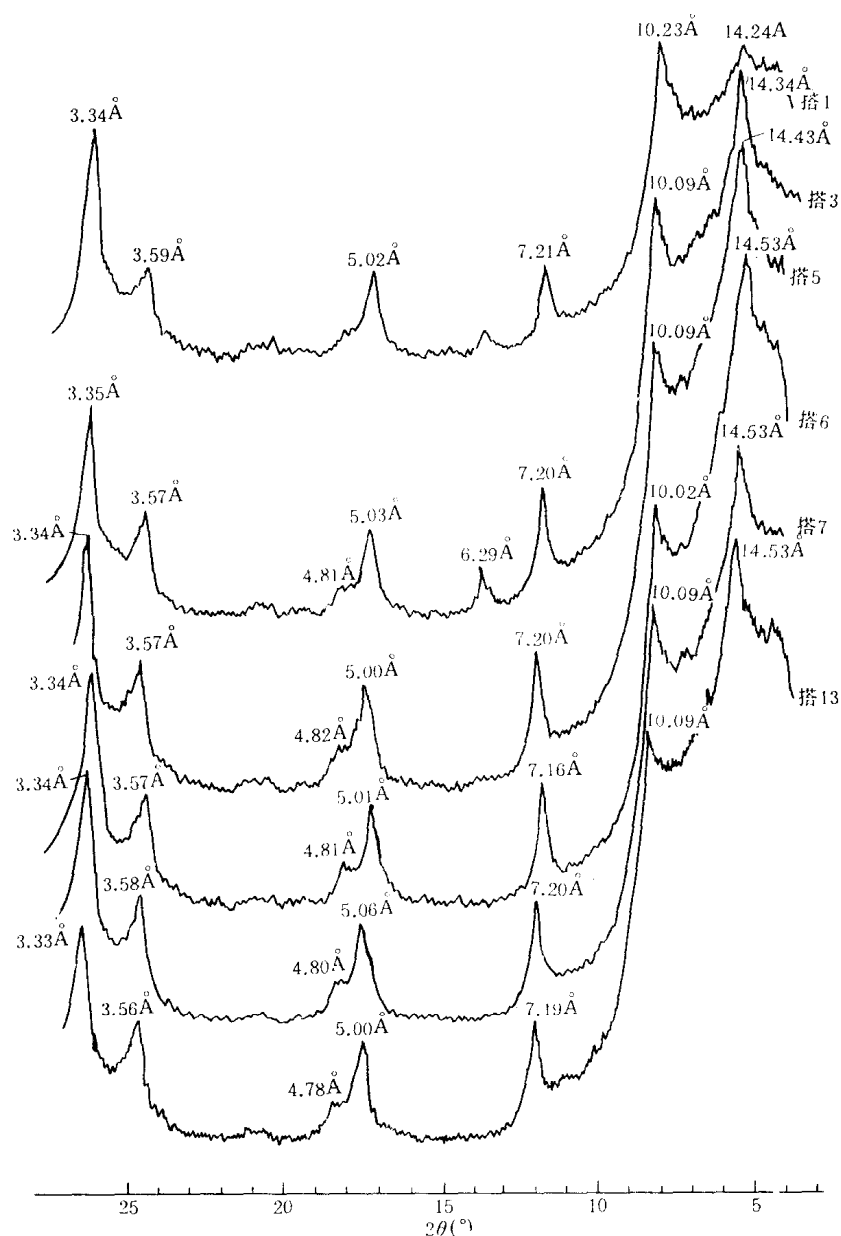


图 6 搭连岛棕红土的 X 射线衍射曲线

表 2 搭连岛棕红土的化学成分(全量, %)

样品号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	SiO ₂ /Al ₂ O ₃
搭 3	66.21	14.40	4.65	0.25	0.92	1.31	0.06	2.00	3.17	0.77	0.14	7.80
搭 5	66.14	14.13	4.10	0.50	0.90	1.42	0.07	2.07	4.00	0.78	0.14	7.98
搭 7	69.80	13.00	3.50	0.55	1.13	1.41	0.07	2.33	2.67	0.70	0.15	9.15
搭 13	71.80	12.73	2.79	0.80	1.28	1.05	0.07	2.33	3.00	0.78	0.14	9.70
搭 15	70.20	13.15	3.28	0.60	1.34	1.12	0.07	2.33	2.83	0.82	0.16	9.14
搭 18	69.73	14.17	3.90	0.40	1.48	1.31	0.08	2.34	2.67	0.80	0.13	8.92
平均值	68.38	13.59	3.70	0.51	1.17	1.27	0.07	2.23	3.05			8.78

3.3 棕红土堆积时的环境

棕红土形成的初期, 庙岛群岛仍处于缓慢抬升和片状侵蚀较强的阶段. 因此在棕红土底部普遍发育一层厚角砾层, 角砾成分与当地基岩一致. 在坡麓地带因坡面水流作用较强, 因此在棕红土中夹有数层角砾层. 被水流剥蚀下的细小颗粒随同风力搬运来的粉细砂堆积在一起, 共同组成了早更新世的棕红土. 它是在温暖半干燥的气候条件下由风力作用堆积而成的黄土物质. 在其堆积过程中因气候波动, 于是在棕红土中发育了数层风化层(或为古土壤层), 表现出深浅相间的棕红土层与风化层序列. 这种现象同午城黄土^[10]和晋东南的“R”红土十分相似^[10].

庙岛群岛的红色风化壳和棕红土的性状揭示了上新世和早更新世之间发生过气候突变, 即从湿热气候突变为温暖半干燥的季风气候. 从棕红土上部的粒度变粗和 CaO 含量的增加也可证明在棕红土发育的中后期气候条件有变干的总趋势. 据分析, 棕红土中不见有孔虫, 这不同于该群岛的离石黄土和马兰黄土, 当时在庙岛群岛周围是否有海洋存在尚难确定. 关于该地区早更新世的海陆变迁问题尚待进一步研究.

4 红色风化壳、棕红土和黄土的环境指标比较

在庙岛群岛这样狭小的范围内自晚第三纪以来保存着不同时期的 5 种土类堆积, 它们的颜色、粒度、化学矿物成分、结构及成因等各具特征, 除红色风化壳外, 其它各层黄土在许多特征方面均有明显的一致性, 这反映了搬运动力条件和沉积环境的近似性.

(1) 从 5 种土类堆积物的性质不难看出, 气候是首位的控制因素, 它们的性状反映出自晚第三纪季风型的湿热气候向第四纪季风型的半湿润半干旱温暖气候和干寒气候转变的规律. 这是华北地区晚新生代以来气候发展的总趋势, 最直观地表现在 5 种土类堆积物的颜色由深变浅, 即由深红 → 棕红 → 棕黄 → 灰黄 → 浅棕黄的规律性变化上. 这一规律也能在化学成分上清楚地体现出来(表 3).

表 3 庙岛群岛 5 种土类堆积物的化学成分(%) 比较

地 层	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaCO ₃	FeO/Fe ₂ O ₃	SiO ₂ /Al ₂ O ₃	pH
全新世黑垆土	71.73	12.23	0.32	0.44	10.04	8.38
马兰黄土	65.63	11.73	7.35	0.70	9.50	
离石黄土	67.38	13.60	4.16	0.14	9.76	
棕红土	68.38	13.59	0.27	0.30	8.57	7.24
红色风化壳	45.03	25.09		0.10	3.06	6.62

(2) 晚第三纪红色风化壳在中国北方普遍发育, 西起黄土高原, 东至渤海黄海之滨, 表明当时的气候环境和地质地貌条件有很大程度的相似性, 即湿润与半湿润的炎热气候和大范围准平原化的地貌, 以及广泛分布的三趾马动物群. 它们共同构成了晚第三纪的自然景观.

(3) 从代表湿热环境的红色风化壳转变为代表半干旱温暖气候的棕红土, 这充分说明在上新世和早更新世之间气候环境发生了突变. 西起黄土高原的午城黄土、晋东南的“R”红土, 向东至庙岛群岛的棕红土都是在风力作用为主的动力条件下形成的, 此时冬夏季风的更替已明显加强. 不仅如此, 在山西榆社盆地也可见到上新世湖相粉砂岩和泥灰岩转变为早更新世砂砾层及“R”红土的突变. 并据植物化石和孢粉分析得知, 上新世以森林为主的植物群转变为早

更新世以草原为主的植物群。这些变化均发生在松山/高斯的分界线上¹⁾。

(4) 上新世至早更新世的气候转变是全球性的事件, 北半球的冰期即出现在距今 2.5 百万年前后, 北美大陆也在距今 2.4 百万年出现晚新生带最早的冰碛物, 荷兰自此时出现完全不同于第三纪的植被^[11]。日本大阪海陆交互沉积记录了上新世至更新世的气候系列, 距今 2.2—2.3 百万年为气候由暖转冷的变动期。在上新世和更新世之间距今 2.4 百万年前后为气候变动的重要地史界面, 在世界许多地区发生了一次气候显著恶化的重要事件, 而不同地区有提前或滞后的现象^[12]。

(5) 离石黄土、马兰黄土和全新世黄土, 在自西而东的不同地区虽然它们的厚度不同, 物源有所差别, 但形成的动力条件却是一致的。庙岛群岛的各期黄土同样如此。黄土与古土壤系列充分证明在距今 2.5 百万年以后, 气候开始作频繁的大幅度振荡^[13]。庙岛群岛的黄土和古土壤也体现了这一规律性变化。

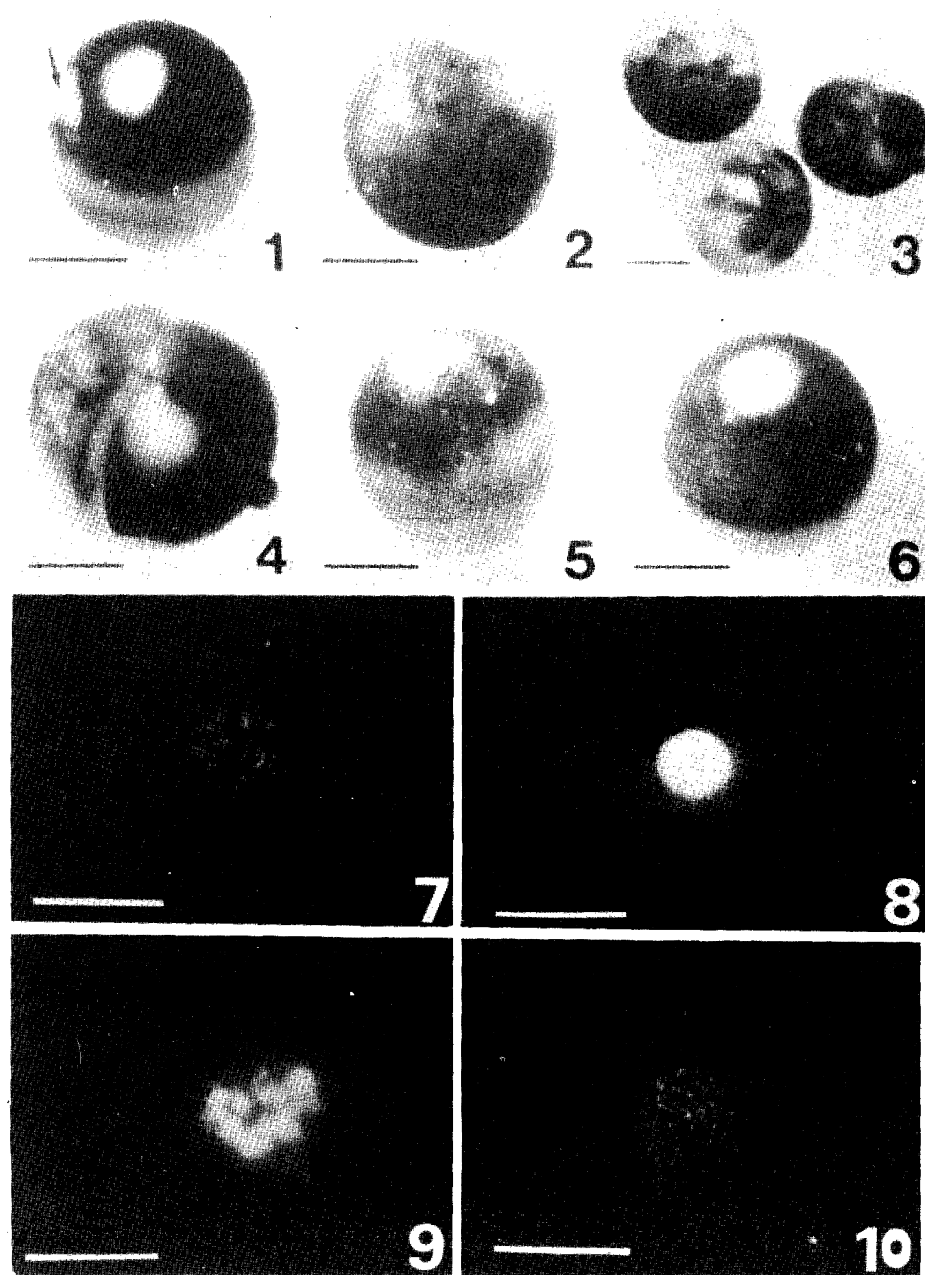
(6) 第四纪以来, 山东半岛、庙岛群岛及辽东半岛的各期黄土几乎都与海面升降变化和大陆架的周期性出露密切相关。同时随着全球性冰期和间冰期的更替所导致的海面升降更加剧了冬夏季风的增强和减弱, 冰期的低海面 and 干冷的冬季风是庙岛群岛黄土发育的关键因素。

致谢 在本文写作中得到王乃樑教授的指导, 赵希涛同志审阅了全文并提出宝贵意见, 常永静同志协助实验, 谨致谢意。

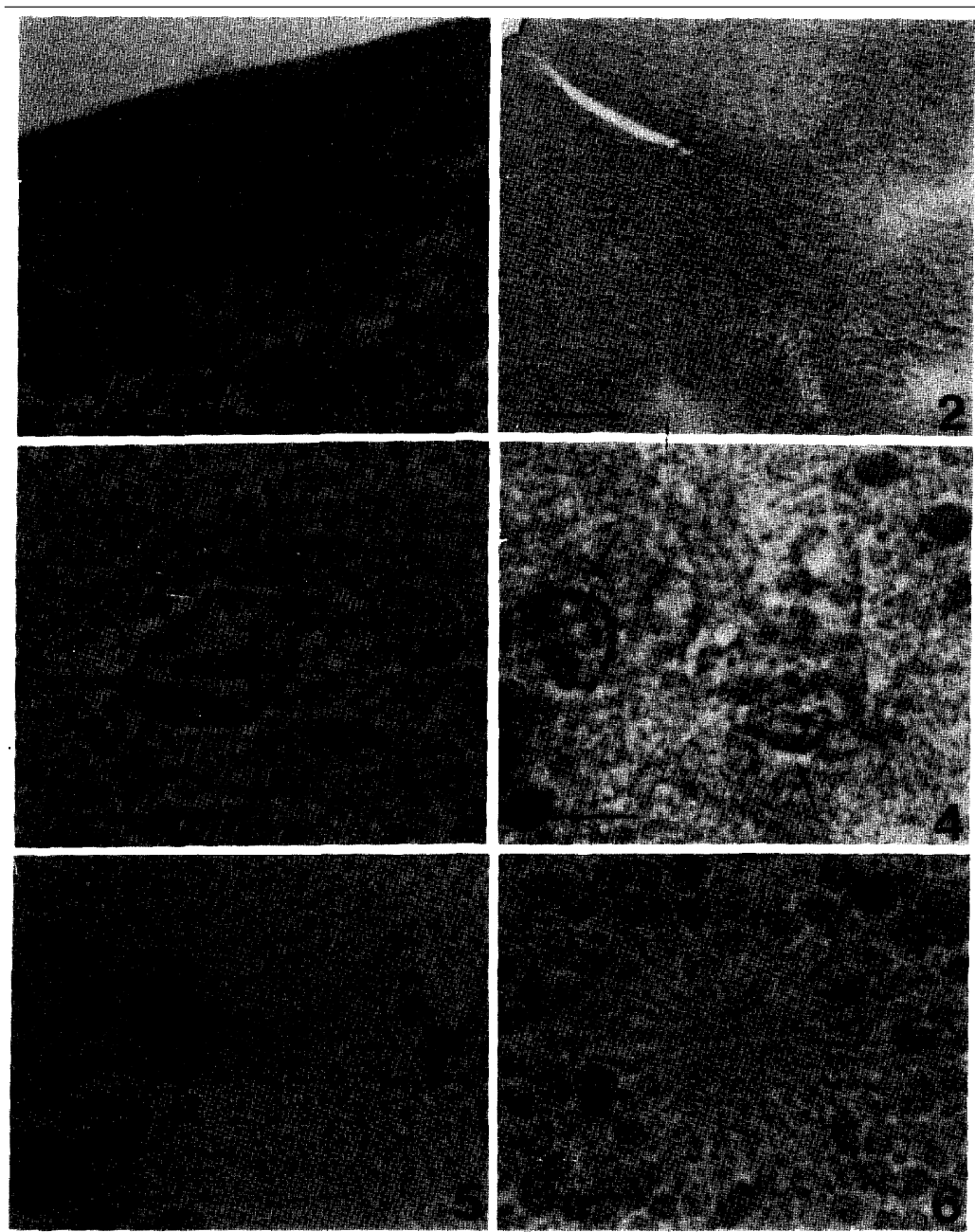
参 考 文 献

- [1] 曹家欣等, 中国科学, B 辑, 1987, (10): 1116—1123.
- [2] 曹家欣, 海洋学报, 1989, (5): 602—610.
- [3] 曹家欣等, 中国海平面变化, 海洋出版社, 北京, 1986, 81—90.
- [4] 席承藩, 第四纪研究, 1991, (1): 1—7.
- [5] 李庆远等, 中国红壤, 科学出版社, 北京, 1985, 1—23; 41—73.
- [6] 熊毅等, 中国土壤, 科学出版社, 北京, 1987, 39—60.
- [7] 曹家欣等, 第四纪研究, 1993, (1) 25—33.
- [8] 文启忠等, 中国黄土地球化学, 科学出版社, 北京, 1989, 36—63; 115—145.
- [9] 曹家欣等, 北京大学学报(自然科学), 1984, (5): 88—95.
- [10] 刘东生等, 黄土与环境, 科学出版社, 北京, 1985, 219—255.
- [11] 王 强, 第四纪研究, 1991, (2): 150—157.
- [12] 安芷生, 海洋地质与第四纪地质, 1985, 5(4): 95—101.
- [13] 丁仲礼等, 科学通报, 1990, 35(1): 1090—1092.

1) 石 宁等, 山西榆社盆地晚新生代植物群的历史和上新世与更新世界线(英文), 1992.



1. 去胶膜的成熟爪蟾卵细胞,上半球为动物半球,下半球为植物半球,动物半球的中央白色区为动物极,其左侧箭头指示处为注入重建核的针孔;2. 重建核植入后 30 min,卵细胞发生明显变化,色素颗粒向动物极聚集,并有分区现象;3. 重建核植入后 2h,在动物半球出现明显的分裂沟,有的已分裂成 4 个卵裂球;4. 重建核植入后 2h,卵裂形成的 4 个明显的卵裂球;5. 重建核植入 2 h,再注入 CSF,继之培养 3.5h,可见卵细胞外形已回复成圆形,分裂沟消失,但色素颗粒呈现出点状分布;6. 未经注射的成熟卵细胞,培养 9 h 后,其外形仍无明显变化;7. 成熟卵细胞压片,DAPI 染色,可见卵细胞内唯一的一组内源染色体;8. 重建核植入卵细胞时的状态,处于间期,呈圆形 (DAPI 染色);9. 重建核植入卵细胞后培养 5 h,间期核染色质浓缩成了染色体 (DAPI 染色);10. 重建核植入卵细胞后 2h,再注射 CSF 并继续培养 3.5 h,可见重建核浓缩成染色体,在此卵中所有的染色体均成粉末状 (DAPI 染色);标尺 (1—6) = 0.5 mm, (7—10) = 20 μm



1. 成熟卵细胞切片, 可见处于分裂中期的典型的分裂装置; 2. 植入重建核后, 卵细胞第一次卵裂, 可见分裂沟; 3. 显示植入卵细胞的一个重建核, 处于间期状态; 4. 显示一团重建核开始向分裂期转化, 箭头指示的两个核明显呈现出分裂前期的状态; 5. 重建核染色质已转化为染色体, 在其周围至少有 3 个星体的星丝与其相连; 6. 显示重建核植入卵细胞后, 在卵细胞内组装的一个星体的结构; 标尺 (1, 3—6) = 20 μm , (2) = 100 μm , 1—6 均为石蜡切片, H.E 染色