第 54 卷第 3 期
1999 年 5 月

地 理 学 报
ACTA GEOGRAPHICA SINICA

Vol. 54, No. 3
May, 1999

中国红土与自然地带变迁*

黄镇国 张伟强 陈俊鸿
(广州地理研究所, 广州 510070)

提 要 我国第四纪冷期气候及自然地带变迁的研究较多, 本文则专论暖期。根据棕红色土、红土、强风化红土或网纹红土的时空分布, 结合其它环境标志, 论述亚热带北部、亚热带南部、热带这 3 个自然地带在上新世以来的 4 个暖期的配置, 推断华北、长江中下游、华中、华南这 4 个区域的暖期气候变迁及其变幅。

关键词 红土 自然地带 暖期

我国现代红土北界为 28°～31°N, 红土分布区域大体上位于长江以南, 属亚热带南部和热带, 部分跨入亚热带北部。

前人认为, 晚第三纪红土分布到山东半岛和辽东半岛[1]。早更新世晚期网纹红土分布到汉水中游[2]。中更新世网纹红土北移至 33°～34°N 的淮河地区[3, 4]; 或说延伸到山东半岛北部约 37°30′N, 而棕红色土则分布到辽东半岛南部约 40°N[5]; 亦说红色风化壳北移到东北三江平原, 网纹红土北界达 33°～34°N 的南阳盆地和淮河北岸, 零星分布到 37°N 的烟台[6, 7]。

我们根据全国 189 例红土的年龄数据 (TL 年龄、K-Ar 年龄)、磁性地层及沉积地层对比, 将上新世以来的红土发育分为 6 期。这里取其中的 4 个暖期即上新世 (N_2)、早更新世间冰期 (Q_1^2)、中更新世间冰期 (Q_2^1)、晚更新世间冰期 (Q_3^1) 及亚间冰期 (Q_3^2), 来讨论红土所反映的自然地带变迁。

关于红土与自然地带的对应关系, 我们将红土的北界分为 3 种, 棕红色土 (轻度富铝化) 北界相当于亚热带北部地带的北界, 红土 (中度富铝化) 北界相当于亚热带南部地带的北界, 强风化红土或网纹红土 (强度与次强度富铝化) 北界相当于热带的北界。红土风化等级的划分, 是根据南方 92 例红土剖面的硅铝系数 (粘粒部分分子比) 数列, 两次取组中值而拟定的, 硅铝系数大于 7.32 为轻度富铝化, 3.75～7.32 为中度富铝化, 2.44～3.75 为次强度富铝化, 小于 2.44 为强度富铝化。

1 上新世 (N_2) 的自然地带

棕红色土北界 (亚热带北部地带的北界) 为 41°～42°N (图 1), 例如商都-化德盆地 (41°21′～42°00′N) 桔红色和土黄色土; 辽宁北票红土 (41°40′N); 吉林白头山西南坡暗红色砂砾, 硅铝系数为 8.3 (孙建中, 1982)。此界以北的棕红色土仅出现在札赉诺尔和海拉

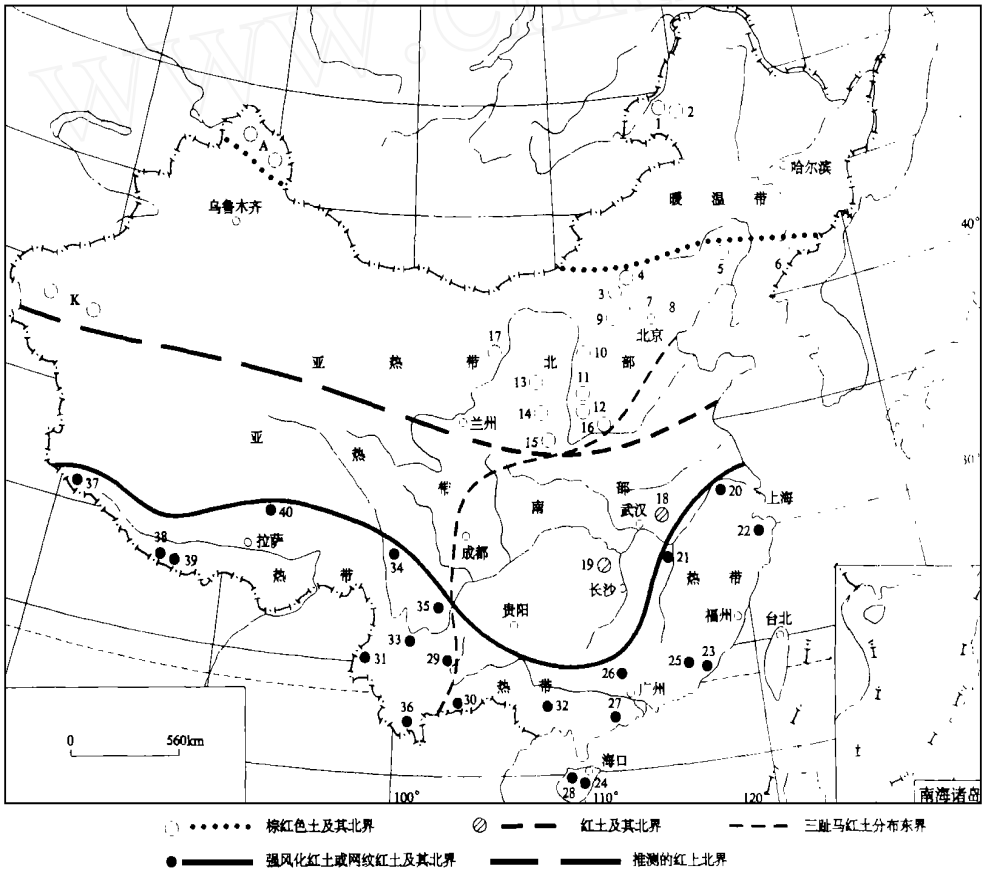
* 广东省自然科学基金资助项目, 编号 920235 (Supported by Natural Science Foundation of Guangdong Province No. 920235)。
来稿日期: 1998-03-10; 收到修改稿日期: 1998-07-23。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

尔。在新疆北部，棕红色土北界位于阿尔泰山南坡，阿尔泰市、尚坎盆地、富蕴县、吉木乃县等地分布棕红、棕黄色古风化壳残留，个别样品达到中度富铝化（陈险峰等，1995）。

棕红色土南界或红土北界（亚热带南部地带的北界）为 35°N 上下。华北的三趾马红土除商都、化德、北票外，还分布在北京延庆盆地、天津平原（埋藏）、阳原、保德、临汾、襄汾、靖边、洛川、渭南、三门峡。青铜峡有棕红色古风沙。青藏高原西北部喀喇昆仑山-昆仑山山前的上新统为棕黄、紫红色砂岩。长江中下游地区上新世以来的花岗岩红土的硅铝系数，湖南澧县为 7.30（杨锋，1989），安徽大别山为 5.10（龚子同，1983）。

强风化红土北界（热带北界）为 25°～32°N，例如，雨花台（32°10′N）砾石层之上的绛红色网纹红土；庐山（29°30′N）仰天坪期红土的硅铝系数为 2.31（张林源，1985）。玄武岩红土的硅铝系数，嵊县为 3.29（蒋梅茵等，1991），漳浦为 1.72（许冀泉等，1983），



1. 扎赉诺尔 2. 海拉尔 3. 商都 4. 化德 5. 北票 6. 白头山 7. 延庆 8. 天津平原 9. 阳原 10. 保德 11. 临汾 12. 襄汾 13. 靖边 14. 洛川 15. 渭南 16. 三门峡 17. 青铜峡 18. 大别山 19. 澧县 20. 雨花台 21. 庐山 22. 嵊县 23. 漳浦 24. 蓬莱 25. 南靖 26. 清远 27. 阳江 28. 临高 29. 昆明 30. 河口 31. 腾冲 32. 南宁 33. 元谋 34. 理塘 35. 西昌 36. 景洪 37. 札达 38. 沃马 39. 聂拉木 40. 布隆 A. 阿尔泰山南坡 K. 喀喇昆仑山-昆仑山山前

图 1 上新世（N_2）的自然地带

Fig. 1 The natural zones during Pliocene

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

蓬莱为 1.36[8]; 花岗岩红土的硅铝系数, 南靖为 1.77 (许冀泉等, 1983), 清远为 3.55 (郑洪汉, 1991), 阴江为 1.90 (熊毅等, 1987), 临高为 1.85 (许冀泉等, 1983)。西南地区, 昆明玄武岩红土的硅铝系数为 1.81 (熊毅等, 1987); 石灰岩红土为 0.80～0.87 (赵其国, 1964)。花岗岩红土的硅铝系数, 河口为 1.75, 腾冲为 1.29 (许冀泉等, 1983)。还有南宁盆地邕宁群上部的网纹红土[9]; 元谋盆地元谋组底部的铁质红土; 理塘、西昌、昆明、景洪的三趾马红土; 札达、沃马、聂拉木、布隆的三趾马红土。

上新世时, 我国南方和北方同属于三趾马动物区系, 其分布一支从华北经柴达木到东欧, 化石见于柴达木、酒泉、哈密、喀喇昆仑山口; 另一支从柴达木南下到喜马拉雅山北坡。该动物群北方以草原动物居多, 南方则以热带森林动物为主。

其它环境标志, 例如松辽平原上新统泰康组湖相沉积的孢粉为赤杨、桤木等, 针叶树很少, 反映湿暖气候。北京周口店洞穴第 14 地点上新世地层的孢粉组合为暖温带南部或亚热带北部, 并含鲃鱼化石, 现代鲃鱼分布在旧大陆的热带和亚热带地区[3]。周口店第 1 地点北京猿人洞所在的龙骨山顶砾石层, 含上新世原鼢鼠化石, 还有灵猫和竹鼠, 现代灵猫和竹鼠生活在华南。浙东上新世玄武岩所夹的河湖相沉积中有番荔枝科花粉。云南开远晚第三纪煤层中产上新世开远森林猿化石, 它们与印度旁遮普森林猿相似[9]。

2　早更新世间冰期 (Q_1^2) 的自然地带

棕红色土北界为 46°N 上下 (图 2), 例如白城子 (45°40′N) 平台组上部的棕红色亚粘土; 方正松花江阶地的棕红色砂砾[9]; 长白县东的褐红色泥砾 (孙建中, 1982); 大连营城子的埋藏棕红色粘土 (符文侠等, 1992)。

红土北界为 36°～42°N, 例如武川 (41°N) 砖红色粘土; 赤峰 (42°20′N) 绛红色泥砾 (顾尚勇, 1984); 周口店洞穴堆积第 14 层的红色粘土砾石[3]; 榆社和沁县的 R 红土; 宝丰、正阳、舞阳的砖红色粘土; 公王岭砾石层上部的红土[9]; 阳逻新洲的红土砾石层。

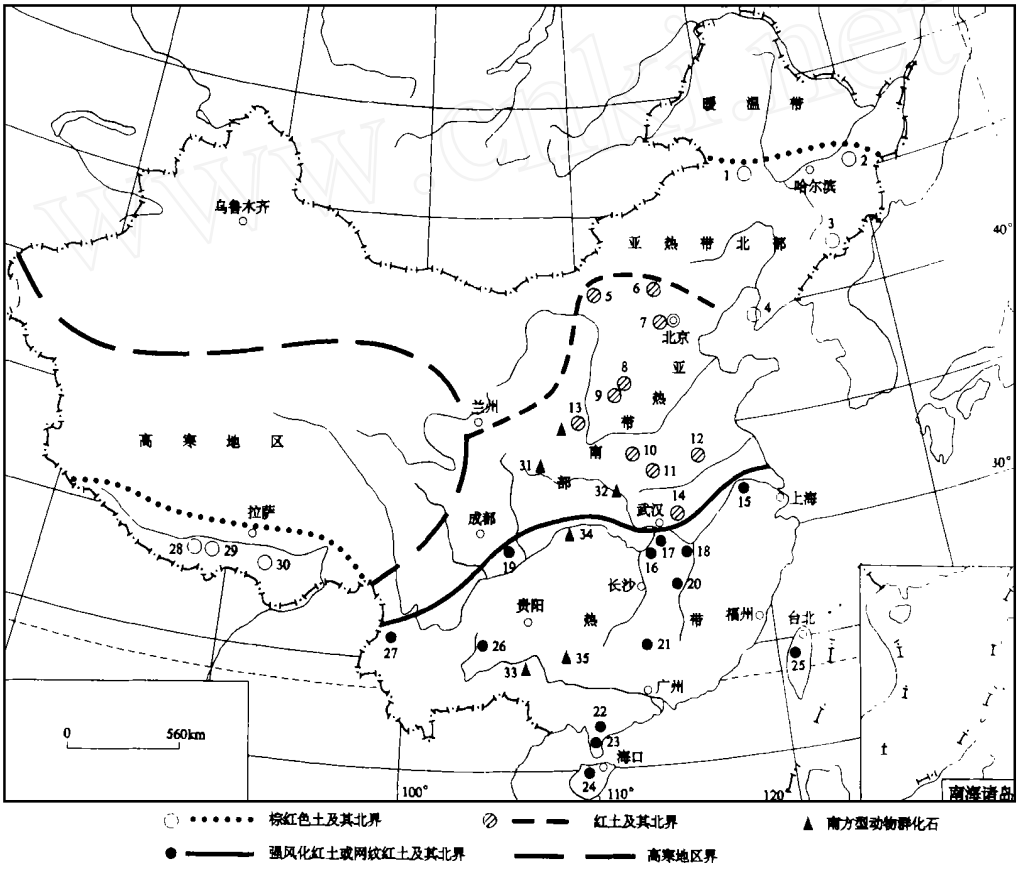
强风化红土北界为 30°～32°N, 例如雨花台 (32°10′N) 砾石层之上的网纹红土; 通城-崇阳盆地 (29°30′N) 的网纹红色砾砾层; 庐山地区 (29°30′N) 九江砾石层顶部的网纹红土[3]。四川盆地东南部红土的硅铝系数为 2.21～3.13 (唐时嘉, 1985)。还有南昌赣江阶地的褐红色粗砂粘土; 广东的第五级红土阶地; 雷琼地区湛江组上部的杂色粘土; 玄武岩红土的硅铝系数为 0.97～0.96 (徐闻)、0.71～2.96 (琼海)、1.21～3.32 (澄迈)[8]; 台湾岛下更新统火炎山层顶部的风化红土[10]; 坪地的网纹红土和宣威盆地的深红色粘土。

藏南桑夏、拉孜、隆子的红土, 虽然位置偏南, 但其硅铝系数为 6.12～8.25 (李炳元等, 1983), 属中度至轻度富铝化, 反映亚热带北部地带的气候。

其它环境标志, 例如松辽平原早更新世中晚期沉积中有带红色的铁盘, 动物群化石有梅氏犀而无披毛犀[9]。陕西洛川黄土 (35°40′N) 早更新世中期 (2.1～1.48 MaBP) 有亚热带的水青冈、山矾、山核桃、里白花粉 (刘东生等, 1985)。早更新世暖期, 亚热带的山核桃、枫香、木兰、山毛榉、罗汉松、银杏等广泛分布到辽河流域、渭河谷地、河北平原[6]。秦岭北侧早更新世晚期公王岭动物群 (0.8～1.0 MaBP) 有强烈的南方色彩, 如大熊猫、剑齿象、　等[11]。与公王岭动物群共存的含卵石工具的沉积层, 仅在汉水中游 (以襄阳盆地为代表) 以南及百色盆地才见网纹红土结构, 而上游 (以汉中盆地为代表) 则不清楚。因

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

此，汉水上、中游分界的丹江口可能是北方黄土与南方网纹红土的接合界[2]。陕西渭南（34°40′N）早更新世孢粉植物第五阶段，以朴、桤木、榆占优势，反映温暖气候（徐仁等，1980）。上海地区早更新世暖期的孢粉以栎、枫香、山毛榉、椴等为主（刘金陵，1977）。我国南方，与公王岭同期的高坪动物群有巨猿、古乳齿象、云南马、巨 等，化石见于建始高坪和柳城笔架山[11]。华南地区，雷州半岛的孢粉组合为红树科、山龙眼科、芸香科、栎属；北部湾沿岸为蒿属、山龙眼科，都属于热带。台湾岛有早更新世隆起珊瑚礁，见于23°N以南的高雄县大冈山、小冈山、半屏山、寿山、龟山[10]。



1. 白城子 2. 方正 3. 长白 4. 营城子 5. 武川 6. 赤峰 7. 周口店 8. 榆社 9. 沁县 10. 宝丰 11. 正阳 12. 舞阳 13. 公王岭 14. 阳逻 15. 雨花台 16. 通城 17. 崇阳 18. 庐山 19. 四川盆地东南部 20. 南昌 21. 广东第五级阶地 22. 湛江组 23. 徐闻 24. 澄迈、琼海 25. 台湾岛 26. 坪地 27. 宣威 28. 桑夏 29. 拉孜 30. 隆子 31. 汉中 32. 襄阳 33. 百色 34. 建始 35. 柳城

图 2 早更新世间冰期（Q_1^2）的自然地带

Fig. 2 The natural zones during interglacial period of early Pleistocene

3 中更新世间冰期（Q_2^1）的自然地带

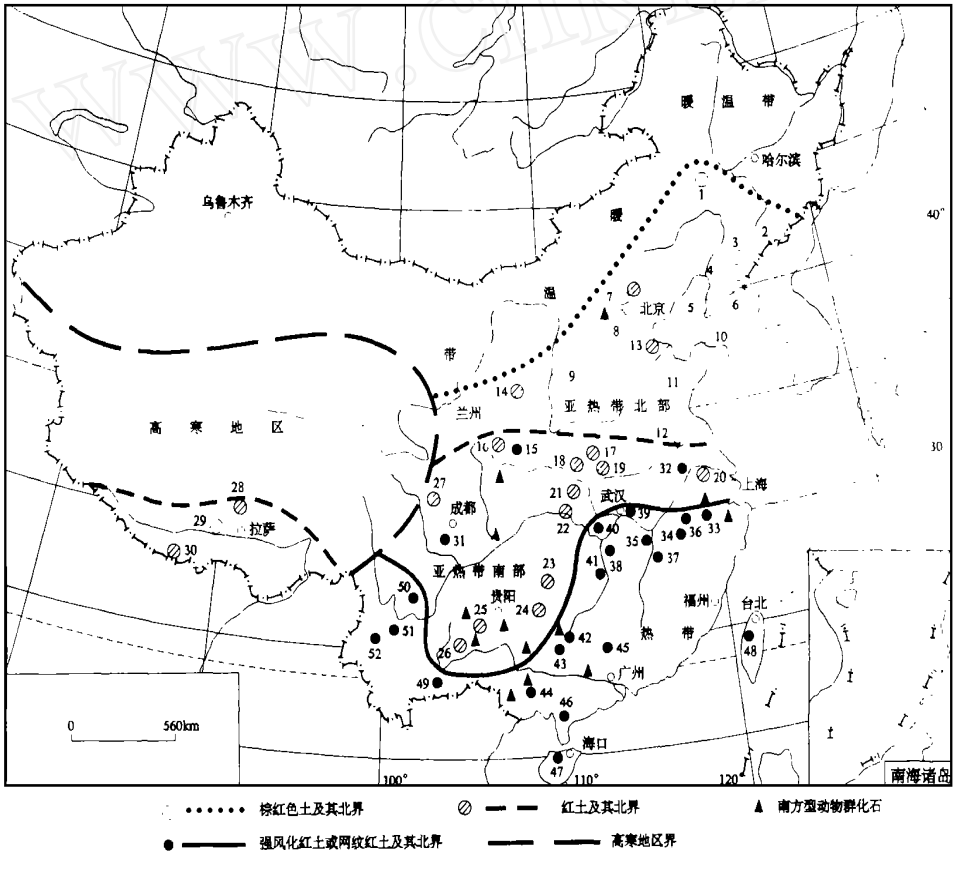
棕红色土北界为 42°～45°N（图 3），例如大兴安岭东南坡巨里黑（45°N）棕红色粘土；

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

长白县东 (41°20′N) 褐红色泥砾。还有本溪庙后山和辽阳平安洞棕红色碎屑粘土 (张镇洪, 1987); 营城子和安东埋藏的棕色泥砾; 北京西山南口棕红色古土壤[3]; 周口店洞穴堆积第 12、10 层的棕红色粘土[3]。离石黄土中的古土壤层 S_5 为棕壤, 硅铝系数 10～12[12]; 古土壤与其下的破碎黄土构成风化层, 其碳酸钙沉淀深度与现今亚热带北部的江苏六合和句容一带相似[13]。再有庙岛群岛离石黄土顶部的棕红色古土壤; 胶州湾以南、海州湾以北沿海的棕红色碎石亚粘土[9]; 淮北平原埋藏的棕红色粘土。

但是, 本地带内亦有少数比棕红色土风化深的红土, 例如北京房山"红黄土"的硅铝系数为 4.26～4.49, 属中度富铝化 (张凤荣, 1994); 莱州湾西岸埋藏的砖红色粘土; 洛南盆地的阶地红土砾石层[3]。

红土北界为 33°～34°N, 例如太白山北麓阶地沉积有 3 层深红色古土壤[3]; 南阳



1. 巨里黑　2. 长白　3. 庙后山　4. 平安洞　5. 营城子　6. 安东　7. 西山、房山　8. 周口店　9. 离石黄土　10. 庙岛群岛　11. 胶州湾　12. 淮北平原　13. 莱州湾　14. 洛南盆地　15. 眉县　16. 太白山　17. 南阳　18. 内乡　19. 泌阳　20. 雨花台　21. 京山　22. 钟祥　23. 黔阳　24. 绥宁　25. 普定　26. 坪地　27. 绵阳、江油　28. 当雄　29. 羊八井　30. 聂拉木　31. 邛崃、德阳　32. 下蜀土　33. 浙江北部　34. 黄山　35. 庐山　36. 宣城　37. 泰和　38. 通城、崇阳　39. 阳逻　40. 枝江、董市　41. 长沙　42. 兴安　43. 桂林　44. 南宁　45. 广东阶地　46. 北海组　47. 琼北玄武岩　48. 台湾岛　49. 蒙自　50. 螺髻山　51. 元谋　52. 剑川、丽江

图 3　中更新世间冰期 (Q_2^1) 的自然地带

Fig. 3　The natural zones during interglacial period of middle Pleistocene

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

(33°N)、内乡、泌阳坡积红色砂砾粘土; 雨花台 (32°10′N) 砾石层之上的无网纹砾石红土; 京山和钟祥红土砾石层; 黔阳和绥宁红色砂砾的硅铝系数为 6.17 (刘庆新等, 1977); 坪地和普定的红土; 绵阳和江油的褐红色砂砾层; 当雄、聂拉木红土的硅铝系数分别为 7.0、4.51 (李炳元等, 1983)。

但是, 本地带内亦有少数强风化红土, 例如眉县盆地红色砂砾层的硅铝系数为 2.9～3.2[3]; 邛崃、德阳网纹红土的硅铝系数为 1.69～2.27 (邵之纲等, 1984); 长江北岸下蜀土之下的网纹红土。另外, 藏南羊八井红土的硅铝系数为 7.37, 略低于中度富铝化的程度。这些均是局部现象。

强风化红土北界为 25°～30°N, 例如浙江北部第二级阶地红土的硅铝系数为 2.07～2.09 (陆景冈, 1965); 黄山南麓第二、三级阶地红土为 1.94～2.13 (黄培华等, 1994); 庐山虎背岭期夷平面红土为 1.91～2.03, 白石嘴和羊角岭网纹红土为 2.09～2.13 (张林源等, 1985)。网纹红土还有宣城、泰和、通城、崇阳、阳逻、枝江、董市、长江等地。兴安、桂林盆地红土的硅铝系数分别为 2.0 和 1.4～4.0 (周慧祥等, 1985); 南宁盆地网纹红土为 1.3～2.0[3]; 广东第二、三级阶地红土为 1.16～2.13 (殷细宽等, 1993); 雷琼地区北海组红色砂砾层为 1.72～2.33 (龚子同, 1980); 海南玄武岩红土为 1.06～1.24 (澄迈)、1.13～1.39 (儋州)、1.77～2.90 (琼山)[8]。台湾岛中更新统上部店子湖层顶部为风化红土[10]。西南地区, 蒙自盆地网纹红土的硅铝系数为 1.4～1.6 (贵州 108 地质队, 1977); 螺髻山红色泥砾为 1.17[3]。还有元谋盆地月龙组铁质红土; 剑川、丽江盆地的网纹红土。

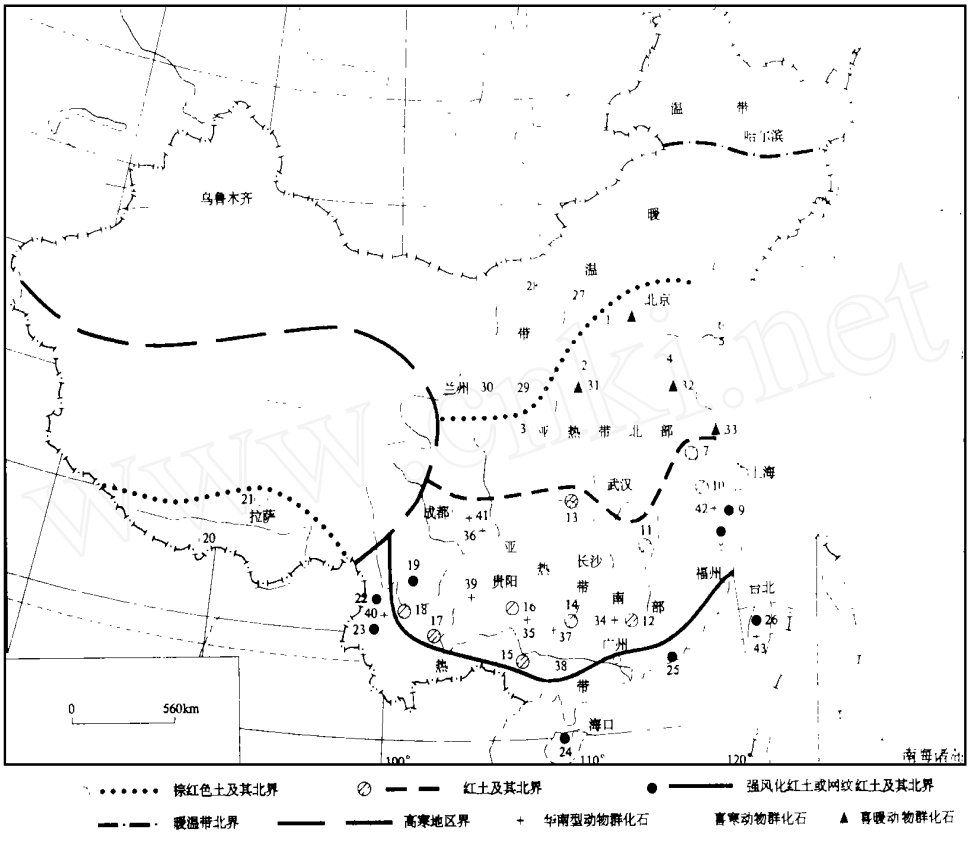
其它环境标志, 例如三江平原的孢粉组合为桦、栎、赤杨、松, 反映较温暖的气候[9]。本溪和辽阳洞穴棕红色沉积层含梅氏犀、水鹿、肿骨鹿化石[3]。北京周口店洞穴堆积第 4、7、10、12 层的孢粉有亚热带的黄连木、白檀、山矾[3]。黄土古土壤层 S_5 出现杨梅、槠、栗等亚热带成份 (赵景波, 1991)。庐山王家坡长岭头网纹红土的孢粉以落叶松、铁杉、胡桃、山核桃为主。桂林六塘红土砾石层的孢粉主要有松、罗汉松、杨梅、桃金娘、枫杨、山龙眼[3]。蒙自盆地网纹红土有大量的桑科、棕榈科、青冈栎属等孢粉 (仇荣亮等, 1998)。雷州半岛中更新世早期孢粉组合为松属、栎属、山龙眼科; 北部湾沿岸为无患子科、苏铁科、番荔枝科 (王开发, 1991)。动物群化石, 周口店洞穴堆积第 12 层产双角犀, 第 8 层产南方的南蝠[3]。南方的 Q_2^1 动物群 (巴马-观音洞动物群, 大熊猫-剑齿象等与巨猿共生), 见于郧县、歌乐山、水城、盘县、独山、普定、大新、武鸣、柳城、柳江、兴安、肇庆、丹阳、杭州、天目山等寺[11]。另外, 台湾岛 22°40′N (绿岛) 以南有中更新世隆起珊瑚礁[10]。

4 晚更新世间冰期 (Q_3^1) 及亚间冰期 (Q_3^2) 的自然地带

属于 Q_3^1 的红土年龄仅有 5 例, 为 0.126～0.07 MaBP; 属于 Q_3^2 红土的年龄有 20 例, 为 54 900～22 590 aBP。目前资料尚难分别讨论这两期的自然地带配置, 故一并叙述。

棕红色土北界为 35°～40°N (图 4), 例如周口店 (39°40′N) 新洞钟乳石层夹微红色粘土粉砂[3]。黄土高原中部黄土层中发育古土壤层 S_1, 当时年均温比今高 3℃左右, 年降水量多出 200 mm 左右 (刘东生等, 1985), 接近亚热带北部环境。还有太白山南麓三清池棕红色含砾砂层; 莱州湾西岸埋藏的红棕色亚粘土; 柳夼红层下部柴红色砂质粘土及中部褐红色风积砂层; 庙岛群岛离石黄土与马兰黄土之间的棕红色古土壤。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



1. 周口店　2. 黄土高原　3. 三清池　4. 莱州湾　5. 柳夼红层　6. 庙岛群岛　7. 下蜀土　8. 金衢盆地　9. 诸暨盆地　10. 宣城　11. 德安　12. 韶关　13. 宜昌　14. 兴安　15. 武鸣　16. 独山　17. 昆明　18. 元谋　19. 螺髻山　20. 洛洛曲　21. 索县　22. 剑川　23. 龙街　24. 琼北玄武岩　25. 老红砂　26. 台湾岛　27. 阳高　28. 河套　29. 蓝田　30. 庆阳　31. 襄汾　32. 鲁南　33. 苏北　34. 马坝　35. 柳江　36. 资阳　37. 桂林　38. 桂平　39. 水城　40. 丽江　41. 铜梁　42. 建德　43. 台南

图 4　晚更新世间冰期 (Q_3^1) 及亚间冰期 (Q_3^2) 的自然地带

Fig. 4　The natural zones during interglacial and sub-interglacidl periods of late Pleistocene

红土北界为 30°～33°N, 例如, 下蜀土中夹有 3～4 层褐红色古土壤, 上古土壤层的年龄延至 Q_3^1 (黄姜依等, 1988)①。还有宣城红土; 德安网纹红土之上的红色泥砾; 广东韶关第一级阶地红土的硅铝系数为 6.34 (殷细宽等, 1991); 宜昌长江三峡第二级阶地红土; 广西兴安红土砾石层和武鸣第二级阶地红土; 贵州独山穿洞和神仙洞红土; 昆明盆地红土; 元谋盆地四家村组顶部的红土。

但是, 在本地带内亦有少数例外的情况。浙江金衢盆地和诸暨盆地红土的硅铝系数达到

① 下蜀土测得 15 个年龄数据 (吴标云, 1985; 刘良梧, 1988; 黄姜依等, 1988; 王金权等, 1990), 最大 0.405 Ma BP (Q_2^1), 最小 12 190 a BP (Q_3^3), 下古土壤层为 0.318～0.256 Ma BP (Q_2^2), 中古土壤层为 0.188 Ma BP (Q_2^2), 上古土壤层为 0.15 Ma BP (Q_2^2) ～ 0.125 Ma BP (Q_3^1)。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

强风化的程度(2.37～2.79)(张雪林等,1994)。螺髻山东侧"新红色风化壳"(红色泥砾)的硅铝系数达2.74～3.02[3]。藏南洛洛曲和索县的棕红色古土壤则反映亚热带北部地带。

强风化红土北界为24°～26°N,例如剑川、丽江、龙街的砖红土(吕金福等,1992);琼北玄武岩红土的硅铝系数为2.64(雷虎岭)和1.98～3.09(那流)[8];还有闽粤沿海的"老红砂";台湾岛上更新统上部中坜层的风化红土[10]。

其它环境标志,例如三江平原泥炭层(Q_3^2)富含兴安落叶松球果,而现代兴安落叶松在49°10′N以北才是地带性植被。河北平原钻孔剖面存在0.125MaBP的温暖事件,孢粉组合中有一定比例的山核桃、枫香、银杏等亚热带分子(杨怀仁等,1988)。山东柳夼红层29.8～54.9 kaBP有亚热带的燕尾蕨、麻黄等孢粉(张明书等,1992)。上海和浙北平原Q_3^1时有较多的亚热带树种枫香、枫杨、栗、椴等(刘金陵等,1977)。江汉平原30 kaBP为亚热带植被,有松、铁杉、山毛榉、栎、栗、忍冬等(李文漪,1984)。福建闽江口Q_3^2的孢粉为栲、栎等常绿阔叶林(王珏,1989)。珠江三角洲和韩江三角洲Q_3^2亦为常绿阔叶林。雷州半岛Q_3^2的孢粉组合为蕈树属、松属、栲属、水龙骨科;北部湾沿岸为桑科、苏铁属、棕榈科,都属于常绿季雨林(王开发,1991)。热带树种陆均松属现仅见于海南岛19°N以南,但是,韩江三角洲、香港、珠江三角洲、广东电白水东、昆明下关、西双版纳勐遮盆地的Q_3^2地层中都检出陆均松属花粉(郑卓,1991)。

动物化石,晚更新世早期,哈尔滨至长春一带有野马、赤鹿、野牛等草原动物[9]。Q_3^1丁村动物群(以山西襄汾为代表)有喜暖动物德永氏象、梅氏犀等。Q_3^1许家窑动物群(以山西阳高为代表)和Q_3^2萨拉乌苏动物群(以河套为代表)兼有喜寒和喜暖动物,除阳高和河套外,还见于蓝田、庆阳等地[11]。鲁南和苏北近海有喜暖动物纳玛象、斑鹿等;胶东半岛邹平有安氏鸵鸟蛋(耿秀山,1987)。晚更新世中晚期的周口店山顶洞动物群有许多南方动物和果子狸、真象[11]。在华南,Q_3^1为马坝动物群,Q_3^2为柳江-资阳动物群,除代表性地点外,还见于桂林、桂平、水城、丽江、铜梁、建德等地[11]。另外,台湾岛的台南左镇人动物群与周口店山顶洞人同时代。台湾岛晚更新世珊瑚礁分布到花莲米仑(24°N),西南岸见于高雄凤山(22°30′N)及琉球屿[10]。

5 结语

据上所述,可将4个暖期的自然地带迁移状况及年均温变幅作一对比(表1)。年均温的推算,既考虑温度随纬距的变化(0.5℃/1个纬距),也考虑古今自然地带的比较,两者都取最低限度值。对比结果表明:

(1) 与今相比,4个时期都是以亚热带北部地带的北界北移幅度最大,亚热带南部地带与热带两者的北移幅度相仿,这表明北方气候波动比南方敏感。

(2) 4个时期中,3条红土北界都是以Q_1^2时期其位置最北,棕红色土、红土、强风化红土的北界分别北移12～13、8～12、5个纬度。华北、长江中下游、华中、华南4个地区在4个时期的年均温升幅都是以Q_1^2为最大。这仅以红土的分布来推断,Q_1^2是否属于我国第四纪的最暖时期,尚待深入探讨。

(3) 古今对比,4个暖期的年均温升幅大多为1℃～4℃。4个地区互相对照,升温幅度有自南向北增大的趋势。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(4) 4 个地区的环境变化, 以华北和长江中下游地区为最显著, Q_1^2 时期向北顺移两个自然地带, 其余 3 个时期都是顺移一个自然地带。华中地区 4 个时期都处于亚热带南部地带与热带两者呈经向 (东西向) 消长进退的态势。华南、西南边陲及台湾岛一直处于热带。

表 1　4 个时期自然地带的移距和年均温变幅

Tab. 1　The move distance of natural zones and the fluctuation amplitude of annual temperature during the four periods

	现今	N_2	Q_1^2	Q_2^1	Q_3^1、Q_3^2
			北界位置 (°N)		
亚热带北部	(33～34)	41～42	46	42～45	35～40
亚热带南部	(28～30)	35	36～42	33～34	30～33
热　　带	(24～26)	25～32	30～32	25～30	24～26
			北移纬度数		
亚热带北部	—	8	12～13	9～11	2～6
亚热带南部	—	5～7	8～12	4～5	2～3
热　　带	—	1～6	5～	1～4	—
	现今年均温 (℃)		年均温比今升高 (℃)		
华　北 (暖温带)	(8～12)	1	4	1	1
长江中下游 (亚热带北部)	(13～15)	1～4	5～6	1～4.5	1～3
华　中 (亚热带南部)	(16～10)	0～2.5	1～4	0～2	0～1
华　南 (热带)	(20～25)	0～0.5	0～2.5	0～0.5	0

(5) 热带北界有 3 个时期北移到 30°N 左右, 使我国东南部长期处于热带, 因而这里网纹红土最为发育, 尤其是 Q_2^1 时期。

(6) 晚更新世华中和华东地区才稳定在亚热带南部地带, 从而奠定了现今的热带北界, 相应地形成了现代红土分布区域, 而长江以北地区则基本终止红土的发育。

参 考 文 献 (References)

1 Xi Chengfan. On the red weathering crusts of southern China. *Quaternary Sciences*, 1991 (1): 1～7. (In Chinese) [席承藩. 论华南红色风化壳. 第四纪研究, 1991 (1): 1～7.]

2 Huang Weiwen. Evidence for early man's activities from the lateritic beds of south China. *Quaternary Sciences*, 1991 (4): 373～379. (In Chinese) [黄慰文. 南方砖红壤层的早期人类活动信息. 第四纪研究, 1991 (4): 373～379.]

3 Shi Yafeng, Cui Zhijiu, Li Jijun et al. Quaternary glacier and environment in eastern China. Beijing: Science Press, 1989. (In Chinese) [施雅风, 崔之久, 李吉均等. 中国东部第四纪冰川与环境问题. 北京: 科学出版社, 1989.]

4 Huang Peihua, Lu Zhongjia, Ren Zhenji et al. Evolutions of quaternary natural environment in the eastern China and natural environment of "Quaternary Glaciation" in Mt. Lushan. *Acta Geographica Sinica*, 1987, **42** (4): 289～298. (In Chinese) [黄培华, 陆仲家, 任振纪等. 中国东部第四纪自然环境演化及庐山"冰碛层"堆积时期的自然环境研究. 地理学报, 1987, **42** (4): 289～298.]

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

5 Pu Qingyu, Chen Xia, Chen Ming et al. Basic features of the quaternary environment in China and its presentday study. In: Contribution to the Quaternary Glaciology and Geology (5). Beijing: Geological Press, 1988. 1～13. (In Chinese) [浦庆余, 陈霞, 陈明等. 中国第四纪自然环境的基本特征和研究现状. 见：中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会. 第四纪冰川与第四纪地质论文集(第五集). 北京：地质出版社, 1988. 1～13.]

6 Yang Huairen, Xu Xin. Evolutions of Quaternary natural environment in the eastern China. In: Contribution to the Quaternary Glaciology and Geology (2). Beijing: Geological Publishing House, 1985. 104～123. (In Chinese) [杨怀仁, 徐馨. 中国东部第四纪自然环境的演变. 见：中国地质学会第四纪冰川与第四纪地质专业委员会. 第四纪冰川与第四纪地质论文集(第二集). 北京：地质出版社, 1985. 104～123.]

7 Yang Huairen, Xu Xin, Li Guosheng. The causal mechanism of Quaternary environmental changes in China. *Quaternary Sciences*, 1989, (2)：97～111. (In Chinese) [杨怀仁, 徐馨, 李国胜. 第四纪中国自然环境变迁的原因机制. 第四纪研究, 1989, (2)：97～111.]

8 Huang Zhenguo, Cai Fuxiang, Han Zhongyuan et al. Quaternary volcano in Leizhou Peninsula and Hainan Island. Beijing: Science Press, 1993. (In Chinese) [黄镇国, 蔡福祥, 韩中元等. 雷琼第四纪火山. 北京：科学出版社, 1993.]

9 Zhou Tingru, Ren Senhou. Chinese Physiography · Paleogeography (Part 1). Beijing: Science Press, 1984, 46. (In Chinese) [周廷儒, 任森厚. 中国自然地理 · 古地理(上册). 北京：科学出版社, 1984.]

10 Huang Zhenguo, Zhang Weiqiang, Zhong Xinji et al. Plate tectonics and environment evolution in Taiwan. Beijing: Ocean Press, 1995. 167～172. (In Chinese) [黄镇国, 张伟强, 钟新基等. 台湾板块构造与环境演变. 北京：海洋出版社, 1995. 167～172.]

11 Ji Hongxiang. Geographical districution and classification of the Quaternary mammatran faunas of China. *Journal of Stratigraphy*, 1987, **11**(2)：91～102. (In Chinese) [计宏祥. 中国第四纪哺乳动物群的地理分布与划分. 地层学杂志, 1987, **11**(2)：91～102.]

12 Zhu Xianmo. Paleosoil in the loessal sediment in China. In: Chinese Quaternary Sciences (No. 1). Beijing: Science Press, 1965. 9～19. (In Chinese) [朱显谟. 我国黄土性沉积物中的古土壤. 见：中国第四纪研究委员会. 中国第四纪研究(第一期). 北京：科学出版社, 1965. 9～19.]

13 Zhao Jiangbo. Ascertainment and study of the weathering crust in Loess. *Geological Review*, 1991, **37**(2)：117～123. (In Chinese) [赵景波. 黄土中风化壳的确定和研究. 地质论评, 1991, **37**(2)：117～123.]

作 者 简 介

黄镇国, 男, 1935 年生, 研究员, 日本东京都立大学客座教授, 博士生导师。1956 年毕业于华南师范大学地理系。现主要从事地貌与第四纪研究, 曾出版有《珠江三角洲》、《韩江三角洲》、《深圳地貌》、《雷琼第四纪火山》、《中国南方红色风化壳》、《台湾板块构造与环境演变》等专著, 发表论文近百篇。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

THE CHANGE OF NATURAL ZONES AND THE EVOLUTION OF RED EARTH IN CHINA

Huang Zhenguo　Zhang Weiqiang　Chen Junhong
(*Guangzhou Institute of Geography, Guangzhou* 510070)

Key words　red earth, natural zone, warm periods

Abstract

According to the spatial and temporal distribution of the brown reddish soil, red earth and relicular mottled red clay, the locations change of subtropical and tropical zones since late Pliocene in China are discussed in this paper. From the change of the limit of natural zone, the climatic variation and its amplitude in southern China can be deduced respectively.

The north limits of the northern part of subtropical zone in N_2, Q_1^2, Q_2^1 and Q_3 were 41～42°N, 46°N, 42～45°N and 35～40°N, 30～33°N for the southern part of subtropical zone and 25～32°N, 30～32°N, 25～30°N and 24～26°N for tropical zone.

Comparing with the present limit of the northern part of subtropical zone was of the largest amplitude moving northward, but the other two zones were of a similar moving amplitude during the four periods.

The limits of the three kinds of red earth during Q_1^2 period are latitude of 12～13°, 8～12° and 5°, that showing the most warm period of Quaternary in China.

Comparing with the climatic condition at present, a rising amplitude of annual temperature in 1℃～4℃ during the four warm periods in general is predicted.

North China and the area of the middle-lower reach of Changjiang River occured obvious environmental change especially during the period of Q_1^2 with a variation of two natural zones, and was a confrontation state each other between the southern part of subtropical and tropical zone in central China during the four periods, but as tropical zone always in south China.

The north limit of tropical zone had moved to 30°N during three periods, so there was tropical for a long term in south-east China causing extensive development of the relicular mottled red clay especially during the period of Q_2^1.

Until late Pleistocene central and east China is of a stable zone of the southern part of subtropical, thus a corresponding scope of the present tropical and red earth distribution is formed finally.

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net