

东昆仑东段混杂岩建造时代厘定的古生物新证据 及其大地构造意义*

张克信** 林启祥 朱云海 殷鸿福 骆满生 陈能松 王国灿

(中国地质大学地球科学学院, 武汉 430074)

摘要 在东昆仑布尔汗布达山布青山一带分布着昆中、昆南和阿尼玛卿混杂岩建造. 新获得的古生物资料, 揭示出东昆仑东段混杂岩基质与岩片(块)的时态构成十分复杂, 其时限分布从元古代~中生代. 在昆中混杂岩带新发现寒武纪的疑源类组合; 在昆南混杂岩带新发现新元古代~早古生代疑源类组合; 在布青山一带的阿尼玛卿混杂岩建造中发现早二叠世放射虫; 运用孢粉学方法, 在混杂岩带中还识别出了一些中生代的构造岩片. 这些古生物新证据, 反映了东昆仑造山带至少经历了新元古代一早古生代和晚古生代两期洋陆转化阶段. 在中生代及其以后的陆内发展阶段, 由于东昆仑地区强烈的地壳缩短作用, 发生的大规模逆冲推覆、走滑剪切等构造作用, 使一些中生代物质建造呈构造岩片夹持于混杂岩带内, 使东昆仑造山带的面貌进一步复杂化.

关键词 东昆仑混杂岩带 古生物组合 时代厘定 大地构造演化

研究区位于青海省中部, 地处柴达木盆地南缘, 东昆仑山系东段(图 1). 行政区划属青海省海西州都兰县和果洛藏族自治州玛多县. 大地构造位置位于东昆仑造山带东段, 东昆仑与西秦岭以及柴达木板块与华南板块结合带. 研究区发育自元古代至新生代不同类型的物质建造, 尤以新元古~古生代混杂岩建造的广泛分布最为醒目, 其地层、岩石和构造十分复杂, 为研究秦昆巨型造山带及中国西部南北板

块演化, 进而研究大陆动力学和总结运用非史密斯地层学理论方法, 进行造山带组成、结构、演化模式及造山机制调查提供了一个十分理想的场所.

1 研究区混杂岩带地质结构及演化背景

东昆仑造山带东段存在两条时代各异的蛇绿混杂岩带, 北为东昆中蛇绿混杂岩带, 南为阿尼玛卿蛇绿混杂岩带, 它们代表两条时代各异的缝合带. 以两大缝合带为界将东昆仑造山带划分为三大构造单

2003-07-09 收稿

* 高等学校全国优秀博士学位论文作者专项资金项目(批准号: 200228)和国土资源部“东昆仑地区 1/25 万冬给措纳湖幅区域地质调查”(批准号: 19961300010121)资助

** E-mail: jxu@mail.hust.edu.cn

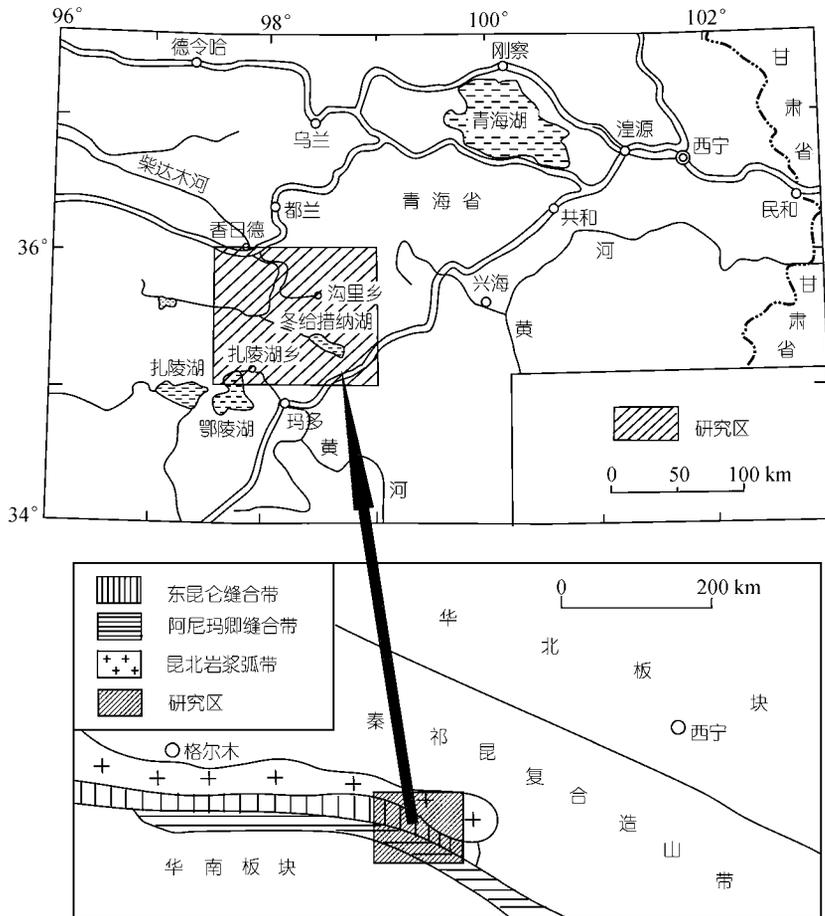


图 1 研究区地理及大地构造位置图

元^[1-3](图 2). 东昆南地区表现出极为复杂的建造面貌, 结构极为复杂. 人们一般把沿昆中断裂带分布的岩石组合作为混杂岩带, 理由是其中分布大量的蛇绿岩岩块^[2,3]. 我们的研究表明, 混杂岩带不仅仅限于东昆中断裂带附近, 整个东昆南地区实际上都是一系列不同时代、不同来源、不同构造变形形式的构造岩片组成的构造混杂物质场^[3]. 由于构造混杂岩表现为不同时代的相互交织, 故又以“东昆仑复合混杂岩带”相称^[3]. 根据带内基底岩石性质的不同和演化历史的不同, 可进一步划分为昆中蛇绿构造混杂岩带(北部)和昆南构造混杂岩带(南部). 昆中蛇绿构造混杂岩带不同时代的蛇绿岩广泛分布, 至少经历了晋宁-加里东、海西旋回的洋陆转换^[3]. 前晋宁的基底岩系大体可与东昆北单元对比, 即古元古界麻粒岩相-

高角闪岩相白沙河岩群和中元古界角闪岩相小庙岩群^[4]; 新元古代~早古生代的裂解洋造就了广布于昆南一带的万保沟岩群和纳赤台岩群, 不同部位构造环境的不同使同一时代的物质建造在不同区段存在原岩特点、变形和变质特点的巨大差异, 其中昆中乌妥-前各纳各热和可可沙北部地区表现为一套成生于岛弧、弧间或弧前盆地的具有角闪岩相-绿帘角闪岩相变质的中基性-中酸性火山岩系及钙泥质岩系, 而昆南龙什更公玛一带则为一套成生于裂陷海槽的具有绿片岩相变质的基性火山岩及碎屑复理石岩系和海山碳酸盐岩岩系; 晚古生代地层单元主要包括泥盆系耗牛山组、下石炭统哈拉郭勒组、上石炭统~中二叠统浩特洛哇组, 为一套从陆相磨拉石发展到出现似洋壳的具复杂结构的活跃海盆沉积岩系. 下

加里东期同构造花岗岩类^[5], 说明加里东旋回的构造活动在该带有较深的印迹。

阿尼玛卿蛇绿构造混杂岩带北以东昆南断裂与昆南构造混杂岩带为界, 南以长石头山断裂与巴颜喀拉地块为邻, 构造线方向为NWW-SEE. 该混杂岩带总体由三个超岩片构成, 即北侧的布青山-花石峡超岩片、南西侧的马尼特-长石头山超岩片及推覆于前两者之上的推覆体超岩片^[3].

布青山-花石峡超岩片组成较复杂, 包括中元古界角闪岩相变质的苦海岩群岩片、不同时代蛇绿岩岩片、早二叠世~早三叠世复理石建造、中酸性火山岩岩片和碳酸盐岩片以及早侏罗世羊曲组的陆相碎屑岩岩片. 其中蛇绿岩组合至少可分出两套, 其一就位于变质的苦海岩群中, 被加里东期岛弧型花岗岩侵入切割, 可能属加里东期的蛇绿岩组合; 其二就位于二叠纪~三叠纪马尔争组中, 包括超镁铁质岩、玄武岩、辉绿岩墙及远洋硅泥质岩组合, 其中硅质岩中发现有早二叠世放射虫^[6], 说明其形成于海西期. 马尼特~长石头山超岩片的物质组成相对较简单, 主要由马尔争组的复理石建造、少量蛇绿岩岩片、碳酸盐岩岩片等构成, 未见变质岩岩片. 北侧布青山~花石峡超岩片中的远洋硅质岩属早二叠世, 与其成带相伴的蛇绿岩组合也应属早二叠世, 因此, 总体来说布青山~花石峡超岩片要较南侧的马尼特~长石头山超岩片原岩的发育略早些, 两超岩片中的蛇绿岩分别成带出现可能反映往南后退式的俯冲增生混杂. 覆于上述两超岩片之上的推覆体超岩片的物质组成包括早中二叠世树维门科组的块状生物礁灰岩和晚二叠世格曲组的粗碎屑岩.

2 昆中混杂岩建造中的疑源类

实测剖面为青海省都兰县沟里乡念堂-瓦了尕混杂岩剖面(简称GLD剖面)(图3), 剖面上表示了该套混杂岩内部基质与岩片划分及物质构成. 云英片岩(Sch)和变火山岩(mV)为基质部分, 岩片主要由大理岩岩片(M)和古老的裂解块体构成. 本次在云英片岩中(原划归“元古界”)中采集了4件样品(样号为: GLD18-1, GLD32-1, GLD34-1和GLD42-1), 经中国科学院南京地质古生物研究所尹磊明教授分析鉴定,

GLD32-1中有: *Granomarginata squanmacea* (棘粒面厚缘藻), *Lophospheridium* sp.(瘤面球藻(未定种)), ?*Goniosphaeridium* sp.(?角球藻(未定种)), *Prototracheites porus*(具穴原始拟导管); GLD34-1中有? *Goniosphaeridium* sp.(?角球藻(未定种))(图4). 该疑源类组合时代为寒武纪.

3 昆南混杂岩建造中的疑源类

实测剖面为青海省都兰县沟里乡龙什更公玛新元古界~中生界剖面(简称TL剖面)(图5). 该剖面主要由南华纪~志留纪活动类型建造(具构造混杂岩特征)与上叠的早三叠世前陆浊积相(T₁H)和晚三叠~早侏罗世山间内陆的河湖相建造(TJy)两大部分组成. 可将该剖面上的南华纪~志留纪活动类型建造进一步划分为新元古代复理石建造(fl (Pt₃W))、碳酸盐岩建造(ca(Pt₃W))、玄武岩建造(β (Pt₃W))和早古生代复理石建造(fl (Pz₁N))组成, 它们均呈构造岩片产出.

在新元古代复理石岩片(fl (Pt₃W))中采集疑源类样品5件, 从4件中获得疑源类化石, 经南京地质古生物研究所尹磊明鉴定为*Trachysphaeridium* sp.(粗面球藻), *Prototracheites porus*(具穴原始拟导管), *Asperatopsephospaera* sp.(糙面球藻), *Leiosphaeridia* sp.(光面球藻), ? *Polygonium* sp (? 多角藻)(图4). 上述疑源类组合时代为新元古代晚期(南华纪). 据岩性、时代可知, 构成该复理石建造的岩片应为新元古界万保沟岩群(Pt₃W).

新元古代碳酸盐岩建造(ca(Pt₃W))主要由具藻纹层的碳酸盐岩构成, 在区域上完全可与新元古代万保沟岩群中的纹带状碳酸盐岩对比^[3], 故将其归入新元古代万保沟岩群. 万保沟岩群正层型地及其附近的小南川和纳赤台东, 在其粉晶灰岩中产叠层石*Conophyton? metulum*, *C.? cylindricum*等, 时代为中元古代^[3].

在早古生代复理石建造(fl (Pz₁N))的富钙质板岩中采微古样3件, 经分析在TL-26-1号样中获疑源类*Buedingiisphaeridium* sp. (布丁球藻)(图4)(尹磊明鉴定), 在TL-28-1号样品中获一枚早志留世放射虫(冯庆来鉴定). 故该套板岩时代为O~S, 归早古生代纳赤台岩群(Pz₁N).

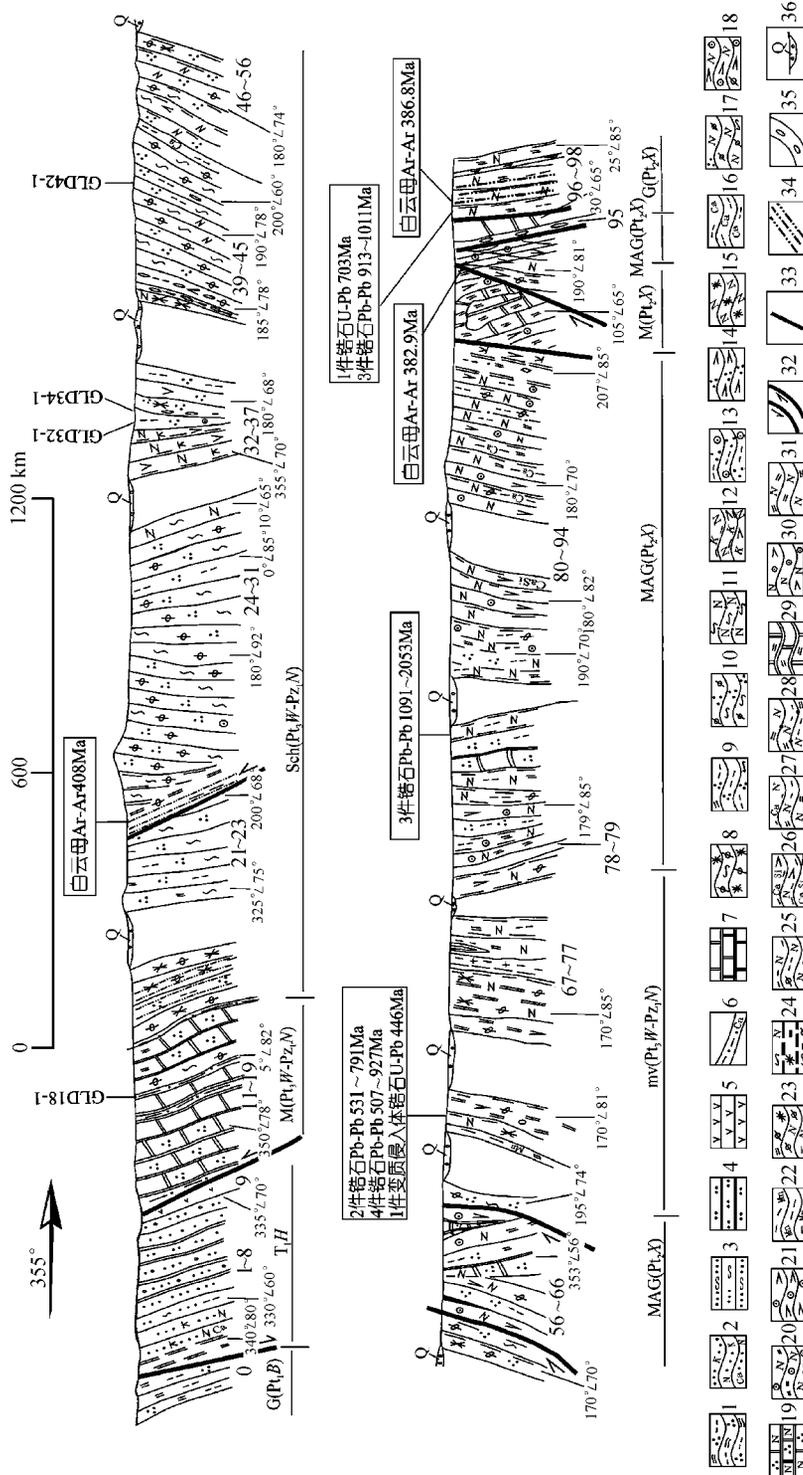


图 3 青海省都兰县沟里乡念堂-瓦了杂元古代~早古生代混杂岩实测剖面图(剖面代号 GLD)

G(Pt₁B), 古元古界白沙河岩群的混合岩化片麻岩建造; G(Pt₂X), 中元古界小庙岩群的大理岩-斜长角闪岩-片麻岩建造; M(Pt₂X), 中元古界小庙岩群的大理岩建造; MAG(Pt₂X), 中元古界小庙岩群的大理岩-斜长角闪岩-片麻岩建造; 新元古界万保沟岩群-下古生界纳赤台岩群的云英片岩建造; mv(Pt₃/Pz₁N), 新元古界万保沟岩群-下古生界纳赤台岩群的大理岩建造; Sch(Pt₃/Pz₁N), 新元古界万保沟岩群-下古生界纳赤台岩群的云英片岩建造; T₁H, 下三叠统洪水川群. 1. 二云母石英片岩; 2. 钙质二长石英片岩; 3. 绿泥黑云石英片岩; 4. 粉砂质板岩; 5. 安山岩; 6. 钙质糜棱岩带; 7. 大理岩; 8. 绿泥绿帘片岩和绿帘阳起片岩; 9. 含绿泥绢云母黑云石英片岩; 10. 绿泥绿帘石英片岩; 11. 绿泥斜长变粒岩; 12. 角闪二长片麻岩; 13. 石榴黑云石英片岩; 14. 角闪石英片岩; 15. 斜长阳起片岩; 16. 黑云钙质片岩; 17. 斜长绿泥绿帘石英片岩; 18. 石榴钠长角闪与绿帘斜长角闪岩; 19. 长英大理岩; 20. 石榴斜长白云母片岩; 21. 硅角闪岩; 22. 辉锰岩; 23. 绿帘阳起绿泥斜长片麻岩; 24. 构造片岩; 25. 斜长黑云斜长片麻岩; 26. 云母角闪斜长大理片麻岩; 27. 二云母斜长大理片麻岩; 28. 二云斜变粒岩; 29. 金云母大理岩; 30. 方解斜长角闪岩; 31. 白云母斜长片岩; 32. 正断层和逆断层; 33. 性质不明断层; 34. 韧性剪切带; 35. 砾岩带; 36. 第四纪砂砾石层

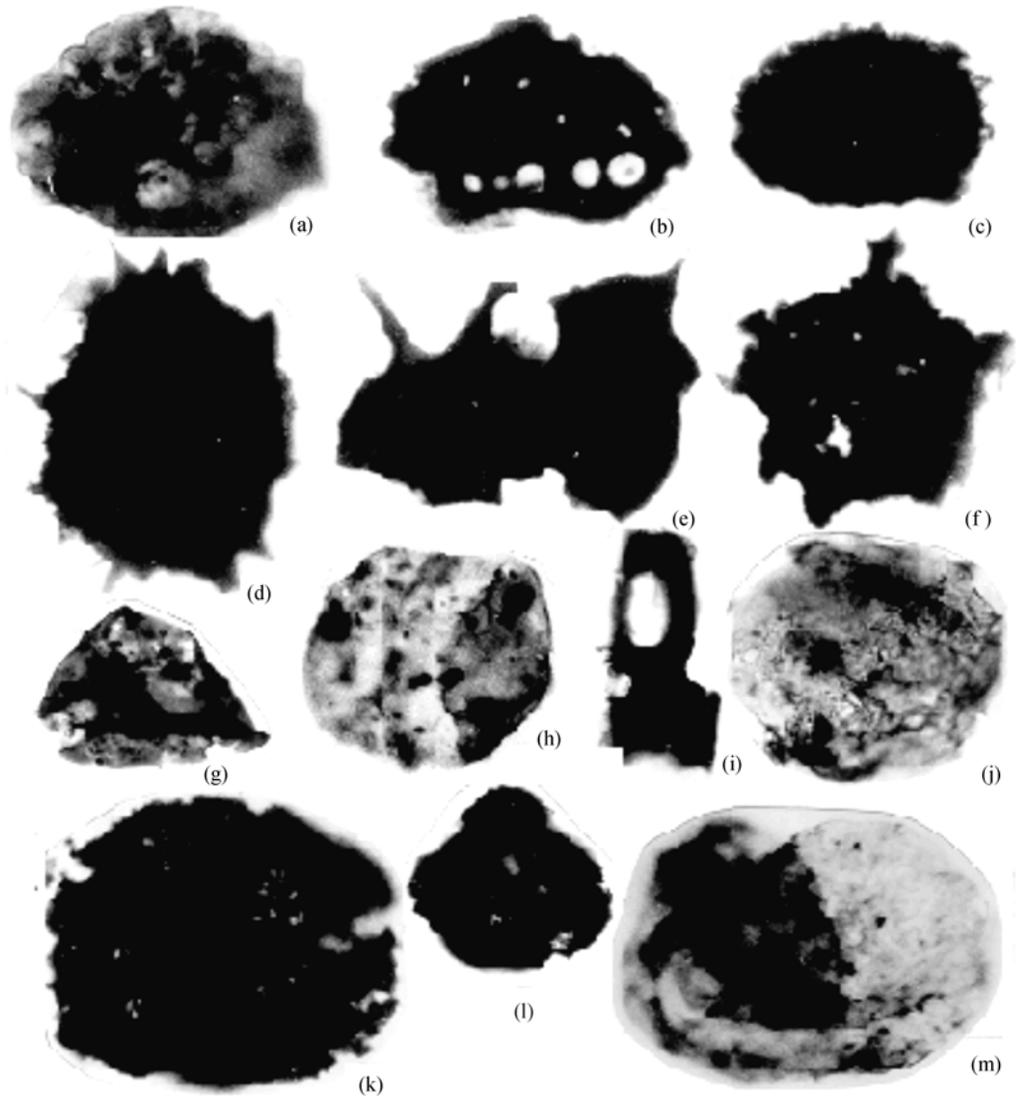


图 4 东昆仑造山带东段加喻门-沟里一带混杂岩中的疑源类化石

(a) *Buedingiisphaeridium* sp., 采集号 TL26-1; (b), (i) *Protoiracheites porus*, 采集号 GLD32-1; (c) *Granomarginata squamea*, 采集号 GLD32-1; (d) *?Polygonium* sp., 采集号 TL40-1; (e), (f) *?Goniosphaeridium* sp., 采集号 GLD32-1; (g), (h) *Leiosphaeridia* sp., 采集号 TL51-1; (j) *?Stelliferidium* sp., 采集号 TL26-1; (k) *Trychysphaeridium* sp., 采集号 TL38-2; (l) *Asperatopsophsphaera* sp., 采集号 TL38-1; (m) *Lophosphaeridium* sp., 采集号 GLD32-1. 所有化石均放大 1500 倍

4 阿尼玛卿混杂岩建造中的放射虫和其他生物群

4.1 放射虫动物群

张克信等^[6]已报道过产在东昆仑花石峡冻土站附近的放射虫动物群, 它们赋存在阿尼玛卿蛇绿混杂岩带中的紫红色硅质岩中. 该动物群所含属种为:

Pseudoalbaillella scalprata m. postscalprata Ishiga, *Ps. scalprata m. scalprata* Ishiga, *Ps. elegans* Ishiga et Imoto, *Ps. sp. cf. Ps. simplex* Ishiga et Imoto, *Ps. sp.*, *Latentifistula sp. cf. L. patagilaterata* Nazarov et Ormiston 和 *Spumellaria*. 其中 *Ps. scalprata m. scalprata* Ishiga, *Ps. scalprata m. postscalprata* Ishiga 和 *Ps. elegans* Ishiga et Imoto 的数量最多, *Pseudoalbaillella* 属是二叠纪的优势分子. *Pseudoalbaillella elegans*

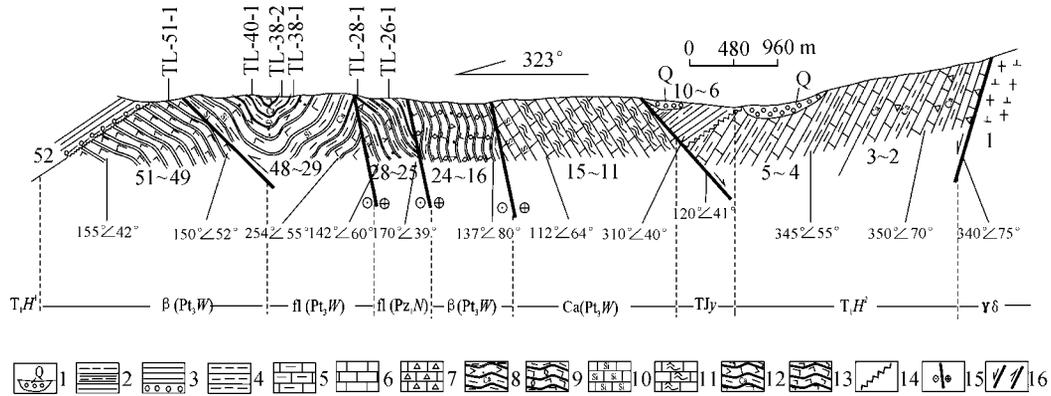


图 5 青海省都兰县沟里乡龙吉更公玛南华纪~侏罗纪地层实测剖面图(剖面代号 TL)

T_1H^1 , 下三叠统洪水川群一组; T_1H^2 , 下三叠统洪水川群二组; β (Pt_3W), 新元古界万保沟岩群玄武岩建造; η (Pt_3W), 新元古界万保沟岩群复理石建造; ca (Pt_3W), 新元古界万保沟岩群碳酸盐岩建造; η (Pz_1N), 新元古界纳赤台岩群复理石建造, TJy , 上三叠-下侏罗统羊曲组; $\gamma\delta$, 花岗闪长岩. 1. 第四系; 2. 砂岩、粉砂质泥岩夹煤线; 3. 复成分砾岩; 4. 泥质粉砂岩、粉砂质泥岩; 5. 泥灰岩; 6. 生屑泥晶灰岩; 7. 砾屑灰岩; 8. 钙质、粉砂质、凝灰质板岩互层; 9. 碳酸盐化玄武岩夹变砂岩, 粉砂质、凝灰质板岩; 10. 硅质白云岩; 11. 藻纹层灰质白云岩; 12. 凝灰质板岩、钙质粉砂质板岩与蚀变玄武岩互层; 13. 蚀变玄武岩; 14. 角度不整合接触; 15. 左旋平移断层; 16. 正断层和逆断层

Ishiga et Imoto是*Pseudoalbaillella u-forma* II带的重要分子^[7], 该带相当于筳化石带*Spheroschwagerina fusi-formis*带的上部和牙形石带*Streptognathodus elongatus*的上部, 地质时代为阿舍尔期晚期; *Pseudoalbaillella scalprata m. postscalprata* Ishiga和*Ps. scalprata m. scalprata* Ishiga是*Pseudoalbaillella scalprata m. rhombothoracata*带的重要组成分子, 该带相当于筳化石带*Chalaroschwagerina vulgaris*的中、上部, 与牙形石化石带*Neogondolella bisselli-Sweetognathus whitei*带相当, 地质时代为阿丁斯克期早期. 所以, 当前放射虫动物群地质时代应为早二叠世阿舍尔期晚期至阿丁斯克期早期, 基本属萨克马尔期, 层位上相当于我国南方的紫松阶上部-隆林阶下部.

含当前放射虫动物群的该套紫红色硅质岩应属阿尼玛卿蛇绿混杂岩的基质构成组分, 故该动物群所指示的时代应为该蛇绿混杂岩带基质形成的地质年代.

4.2 其他生物群

在本带出露的大面积礁灰岩岩石(地层单位归属早、中二叠世树维门科组(P_{1-2sh}))推覆体中产丰富的动物化石. 造礁生物主要有大型串管海绵、纤维海绵、水螅、苔藓虫、Tabulozoa, Tubiphytes及红藻^[8], 附礁生物包括大量的筳类、腕足、腹足、有孔虫、棘皮

动物、单体珊瑚及粗枝藻类等, 它们可出现在礁体的各个相带中, 常见属种是筳: *Misellina* spp., *Schubertella* sp., *Pseudofusulina* sp., *Neoschwagerina* sp., *Verbeekina*, *Nankinella* sp., *Schwagerina* sp., *Minojapanella* cf. *parva* 等; 有孔虫: *Glomospira dublicata*, *Glomospira* spp., *Ammodiscus* spp., *Pachphloia ovata*, *Tetrataxis* sp., *Cribrogenerina* sp., *Langella* sp., *Neodiscus longus*, *Nodosaria* sp. 等; 腕足类: *Dictyoclostus* sp., *Squamularia* cf. *calere*, ? *Choristites* sp., ?*Haydenella* sp., *Gryptospirifer* sp., *Eteletes* sp., *Stenoscisma* sp., *Araxathyris* sp., *Sinomarginifera* sp., *Phoricodothyris* cf. *echinata*, *Martinia* sp., *Wellerella* sp., *Linoproductus* sp., *L. cora*, *Tyloplecta* cf. *rossica*, *Ucinunellina* sp., *Waagenites convexa*, *Megaderbyia* sp., *Neophricodothyris* cf. *asiatica*, *Ancerhynchia madoensis*, *Semibrachythyris* sp., *Menticulifera* cf. *filosa*, *Camarotoechia* sp. 等; 珊瑚类: *Waagenophyllum vigalense cussicolumellum*, *Amplexocarina* sp., *Calophyllum cylindricum*, *Kinophyllum* sp., *Iranophyllum* sp. 等; 钙藻: *Pseudovermiporella* sp., *Mizzia* sp., *Sinoporella* sp., *Vermiporella* sp. 据上述丰富的生物化石属种, 树维门科组时代属早、中二叠世无疑, 其主体部分(生物礁发育期)为栖霞期-茅口期. 附礁生物和造礁生物类群及面貌与我国南方早、中二叠世附礁生物和造礁生物群的面貌基本一致, 反映出早、中二

叠世时两者同属古特提斯海域。

5 中生代羊曲组中的孢粉化石

研究区羊曲组零星分布在塔妥煤矿、花石峡八道班附近的红土坡煤矿和花石峡东南部的卓儿啦贡玛。均呈断片(构造岩片)形式赋存于混杂岩带中,即羊曲组所构成的岩片与相邻的其他不同时代、不同变形样式的构造岩片一起,构成了研究区东昆中-阿尼玛卿混杂岩非史密斯地层的一部分,但就羊曲组本身而言,为上下层序清楚的史密斯地层体。

塔妥煤矿羊曲组中部富含孢粉化石: *Alisporites* sp., *A. toralis*, *Cycadopites* sp., *Cyathidites* sp., *C. minor*, *Chordasporites* sp., *C. australiesss*, *Limatulasporites* sp., *L. limatulus*, *L. inaequalis*, *L. parvus*, *Lundbladispota* sp., *Punctatisporites minutus*, *Plicatipollenites* sp., *Pinuspollenites* sp., *Retusotriletes arcticus*, *Stenozonotriletes* sp., *Taeniaesporites*^[9]。上述属种

反映的是我国三叠纪的孢粉组合面貌,组合中裸子植物花粉多于蕨类植物孢子。裸子植物花粉中以无肋双囊粉 *Alisporites* 为主,蕨类植物孢子以光面三缝孢和刺棒面三缝孢为主,可与新疆准噶尔盆地克拉玛依组的孢粉组合对比^[10]。另外,本组合中还出现了一些三叠纪的典型分子,如 *Taeniaesporites*, 和 *Aratisporites* 在三叠纪广泛分布, *Chordasporites* 是三叠纪常见的分子。综上所述,本文将研究区羊曲组时代定为 $T_3 \sim J_1$ 。

本次在花石峡东南卓儿啦贡玛一带原划归早二叠世的马尔争组中解体出一块由早侏罗世羊曲组构成的构造岩片。该岩片含较丰富的早侏罗世孢粉化石: *Piceites* sp., *Quadraeculina* sp., *Pinuspollenites* sp., *Pseudoualchia* sp., *Alisporites* sp., *Protopinus* sp., *Pseuopicea* sp., *Chasmatosporites* sp., *Cycadopites* sp., *Perinopollenites* sp., *Cycadopites nitidus*, *Equisetosporites* sp., *Chacheutensis* sp. (图6)。

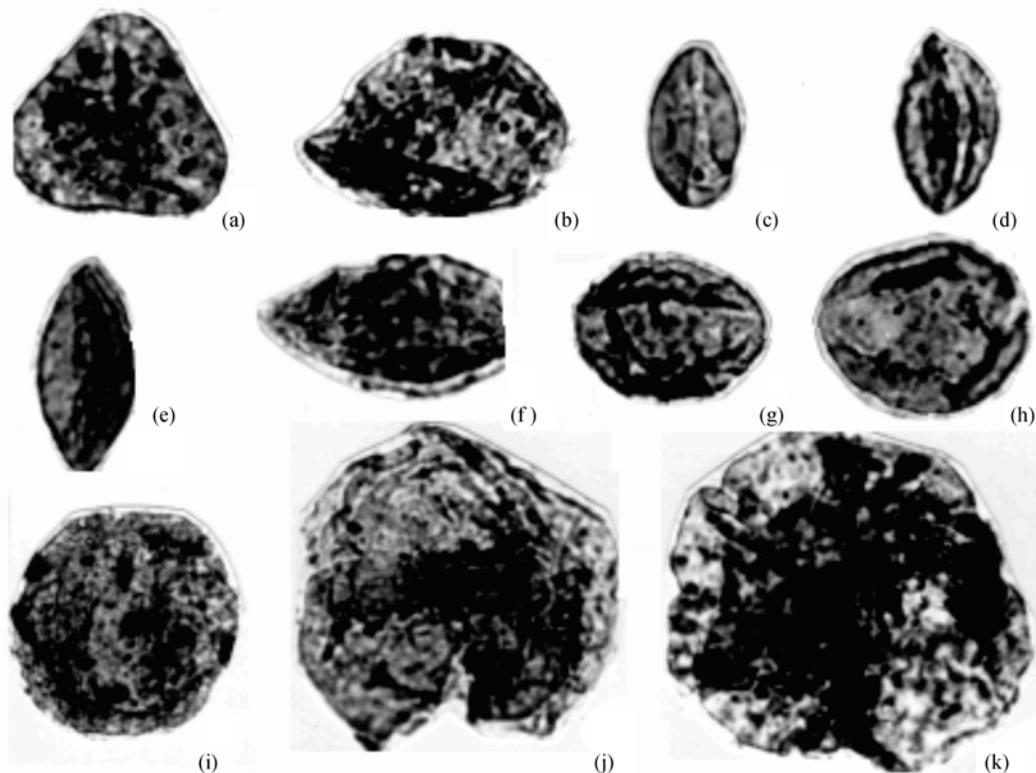


图6 青海省玛多县花石峡乡卓儿啦贡玛羊曲组中的孢粉化石

(a) *Deltoidospora* sp.; (b) *Calamospora* sp.; (c)~(e) *Cycadopites* sp.; (f) *Equisetosporites chacheutensis*; (g), (h) *Chasmatosporites* sp.; (i) *Quadraeculina* sp.; (j) *Perinopollenites* sp.; (k) *Callialasporites radus*。所有化石均放大800倍

6 古生物新证据的大地构造意义

由上述新获得的古生物资料可知, 东昆仑东段混杂岩基质与岩片(块)的时态构成十分复杂, 其时限分布从元古代到中生代. 昆中-昆南混杂岩带中新发现的新元古代~早古生代疑源类组合, 证实了昆中-昆南造山带晋宁-加里东期洋陆转换阶段的存在. 在布青山一带的阿尼玛卿混杂岩建造中发现早二叠世放射虫, 说明含当前放射虫动物群的紫红色硅质岩应属阿尼玛卿蛇绿混杂岩的基质构成组分, 即该动物群所指示的时代标定了阿尼玛卿蛇绿混杂岩基质形成的地质年代. 运用孢粉学方法, 在昆中和阿尼玛卿混杂岩带中还识别出了一些中生代构造岩片. 这些古生物新证据, 反映了东昆仑造山带至少经历了新元古代~早古生代和晚古生代两期洋陆转化阶段. 在中生代及以后的陆内发展阶段, 由于东昆仑地区强烈的地壳缩短作用, 大规模逆冲推覆、走滑剪切等构造作用使一些中生代物质建造呈构造岩片夹持于混杂岩带内, 进而使东昆仑造山带的面貌进一步复杂化.

致谢 本文的疑源类由中国科学院南京地质古生物研究所尹磊明研究员鉴定, 放射虫和孢粉化石分别由中国地质大学(武汉)的冯庆来教授和喻建新博士鉴定, 参加野外工作的还有龚一鸣、王永标、张志、黄

继春、田军、朱杰、梁斌、张天平、拜永山等, 在此深致谢意.

参 考 文 献

- 1 许志琴, 姜 枚, 杨经绥. 青藏高原北部隆升的深部构造物理作用. 地质学报, 1996, 70(3): 195~206
- 2 姜春发, 杨经绥, 冯秉贵, 等. 昆仑开合构造. 北京: 地质出版社, 1992, 224
- 3 张克信, 殷鸿福, 朱云海, 等. 造山带混杂岩区地质填图理论、方法与实践——以东昆仑造山带为例. 武汉: 中国地质大学出版社, 2001, 165
- 4 陈能松, 朱杰, 王国灿, 等. 东昆仑造山带东段清水泉高级变质岩片的变质岩石学特征和变质作用过程. 地球科学——中国地质大学学报, 1999, 24(2): 116~120
- 5 陈能松, 孙 敏, 张克信, 等. 东昆仑变闪长岩体的⁴⁰Ar-³⁹Ar和U-Pb年龄: 角闪石过剩Ar和东昆仑早古生代岩浆岩带证据. 科学通报, 2000, 45(21): 2337~2342[摘要] [PDF]
- 6 张克信, 黄继春, 殷鸿福, 等. 放射虫等生物群在非史密地层研究中的应用——以东昆仑阿尼玛卿混杂岩为例. 中国科学, D 辑, 1999, 29(6): 542~550
- 7 Ishiga H., Paleozoic radiolarians. In: Ichikawa K, et al, eds. Pre-Cretaceous Terranes of Japan. Osaka: Nippon Insatsu Shuppan Co Ltd, 1990. 87: 285~295
- 8 王永标, 张克信, 龚一鸣, 等. 东昆仑地区早二叠世生物礁带的发现及其意义. 科学通报, 1998, 43(6): 630~632
- 9 骆满生, 张克信, 王国灿, 等. 东昆仑造山带塔妥煤矿羊曲组时代新知. 地层学杂志, 2001, 25(1): 24~27
- 10 黄 嫔. 新疆准噶尔盆地西北缘三叠纪孢粉组合. 微体古生物学报, 1993, 10(4): 363~395