中国科学: 地球科学 2012 年 第 42 卷 第 8 期: 1173 ~ 1181
www.scichina.com earth.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

论 文

塔里木盆地及周缘奥陶系黑色岩系的生物地层学对比

陈旭*, 张元动, 李越, 樊隽轩, 唐鹏, 陈清, 张园园

中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学和地层学国家重点实验室, 南京 210008
* E-mail: xu1936@yahoo.com

收稿日期: 2011-08-29; 接受日期: 2011-12-15
中国科学院知识创新工程方向性项目(编号: KZCX2-EW-111 和 KZCX2-YW-Q05-01)和中国地质调查局项目(编号: 1212011120116)资助

摘要 塔里木盆地及周缘奥陶系黑色岩系广布, 其中包含具较大潜力的烃源岩. 含笔石层位的不断发现, 配合牙形刺及几丁虫等多门类的研究, 正在构成塔里木盆地及周缘奥陶系较精确的地层划分和对比框架. 笔者等近年来在前人地层划分对比框架的基础上对塔里木盆地周缘, 主要是柯坪地区和库鲁克塔格地区作了补充采集和进一步研究, 并鉴定了塔里木盆地数口井位中发现的笔石新材料, 获得了一些新的认识. 当前的研究可提供如下的重要认识: 1) 上奥陶统底部(桑比阶下部) *Nemagraptus gracilis* 带的含笔石黑色岩系在塔里木盆地及周缘分布最广, 这可能与当时全球处于海平面上升阶段有关; 2) 塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区的奥陶系黑色岩系的层位最多, 从下奥陶统特马豆克阶上部直至凯迪阶近顶部均有出现, 并且向东、向南延至满加尔凹陷, 其中凯迪阶中部 *Diplacanthograptus spiniferus* 带的黑色岩系一直分布到塔中坡折带; 3) 从巴楚经柯坪到乌什, 代表了从台地到斜坡的不同生物相和岩相带; 萨尔干组虽然是发育良好的含笔石黑色岩系, 并可与国内外相当地层精确对比, 但仅见于柯坪至阿克苏地区, 分布过分局限.

关键词
塔里木
奥陶系
黑色岩系
地层对比

塔里木盆地及周缘的奥陶系研究始于 20 世纪 40 年代. 由于盆地内奥陶系油气资源的开发, 塔里木奥陶系的各种研究成果剧增, 不但在国内, 而且在国际间也引起了广泛的关注. 20 世纪 90 年代以来对塔里木板块及其周缘地块奥陶系的主要总结已有 4 次[1~4]. 笔者等近年来在前人地层划分和对比框架的基础上分别对塔里木盆地周缘, 主要是柯坪地区和库鲁克塔格地区作了补充采集和进一步的研究, 并鉴定了塔里木盆地内数口井位中发现的笔石新材料, 获得了一些新的认识, 对之前的盆地内井位中的一些笔石鉴定结果也提出了新的意见(化石材料采集点见图 1). 有关塔里木盆地及其周缘地块的奥陶系划分对比方案在诸多报告与论著中皆有涉及, 许多学者据此讨论对油气勘探有特殊指导意义的沉积相和古地理模式以及构造演化史等. 不少黑色岩系的层位和地理分布直接影响到烃源岩与储集单元在时空上的配置, 但井下地层对比多以测井和地震数据资料为依托, 精度有限, 因此急需以取芯段的生物地层划分与对比为参照标准, 而这也正是长期以来困扰油气勘探部门的难题. 即使是柯坪和库鲁克塔格等周缘露头区的奥陶纪地层, 虽早有划分和对比方案, 但也有待进一步的改进, 并使之成为全盆地的对比标

英文引用格式: Chen X, Zhang Y D, Li Y, et al. Biostratigraphic correlation of the Ordovician black shales in Tarim Basin and its peripheral regions. Sci China Earth Sci, 2012, 55: 1230–1237, doi: 10.1007/s11430-012-4448-6

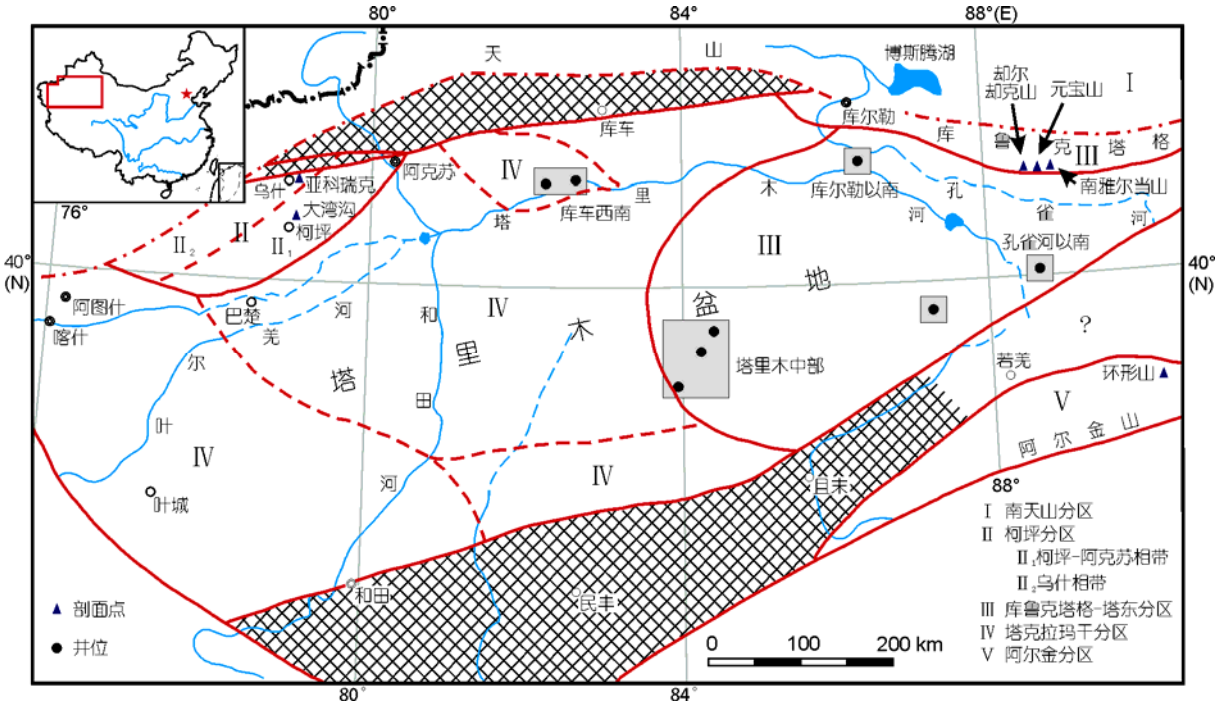

图 1　塔里木盆地及周缘地区奥陶系地层分区图(引自文献[4])

准. 为此, 本文仅就奥陶系黑色岩系的时代和划分提供生物地层方面的最新研究进展. 这些意见和研究进展在过去两年内已在多个场合的公开口头报告中论及, 并为各界同行所关注. 因此将之公开发表, 以期能为有关部门对烃源岩的时空圈定和量值估算方面的生产和研究提供参考.

以生物地层学为基础的年代地层系统, 目前已被各国地质学家们公认为全球地质时间和全球对比的标准. 各种地区性的地层序列, 如地区性的统、阶和生物带如需保留, 则必须与全球标准进行对比, 以纳入全球共同的地质语言. 在过去的十多年里, 中国的地层古生物学者在建立全球界线层型剖面和点位(GSSP)上取得了突出成就并在国际间占有重要地位. 本文以国际奥陶系分会和国际地层委员会共同确立的奥陶系三统七阶的划分方案为标准, 将中国奥陶纪笔石带的对比与之接轨, 以此作为塔里木盆地内及其周缘地区含笔石黑色岩系的对比标准(图 2).

1　柯坪地区的奥陶系黑色岩系

柯坪地区, 包括从柯坪乌什至阿克苏的奥陶纪黑色岩系主要是萨尔干组和印干组的泥页岩及粉砂岩, 以柯坪大湾沟剖面为代表, 它也是全球上奥陶统底界的辅助层型剖面之所在. 萨尔干组和印干组的笔石带最早由詹士高[6]和乔新东[7]开展研究. 此后, 笔者之一(陈旭)与倪寓南等又进一步建立了这两个地层单元的笔石带[1,8]. 最近, Chen 等[9]又对萨尔干组的笔石动物群作了系统的分类学研究和描述, 并将该组的笔石带自下而上划分为 *Pterograptus elegans* 带、*Didymograptus murchisoni* 带、*Dicellograptus vagus* 带和 *Nemagraptus gracilis* 带下部. 因此, 萨尔干组在大湾沟剖面相当于达瑞威尔阶的上部至桑比阶的底部. 它向西南延至柯坪城郊苏巴什沟口, 达瑞威尔阶的地层减薄, 萨尔干组底部约 0.5 m 黑色页岩严重风化、地层揉皱, 笔石难以辨认. 自大湾沟向东北方向至阿克苏四石场, *P. elegans* 带相对增厚, 而 *N. gracilis* 带下部减薄, 其顶部出现含双壳类的壳相层.

周志毅等[1]首次将巴楚至柯坪大湾沟的奥陶系划分成不同相带, 并将三叶虫相和岩相结合, 分析了不同相带的演变过程. 总的来说, 在 *P. elegans* 带之前两地都是浅海台地相碳酸盐岩地层, 并且均显示为白云岩含量减少而灰岩含量增加的趋势. 两地虽为后期沙井子-三叉口断裂所隔, 但此间丢失的地层并不太多. 自 *P. elegans* 带以后, 巴楚地区仍保持台

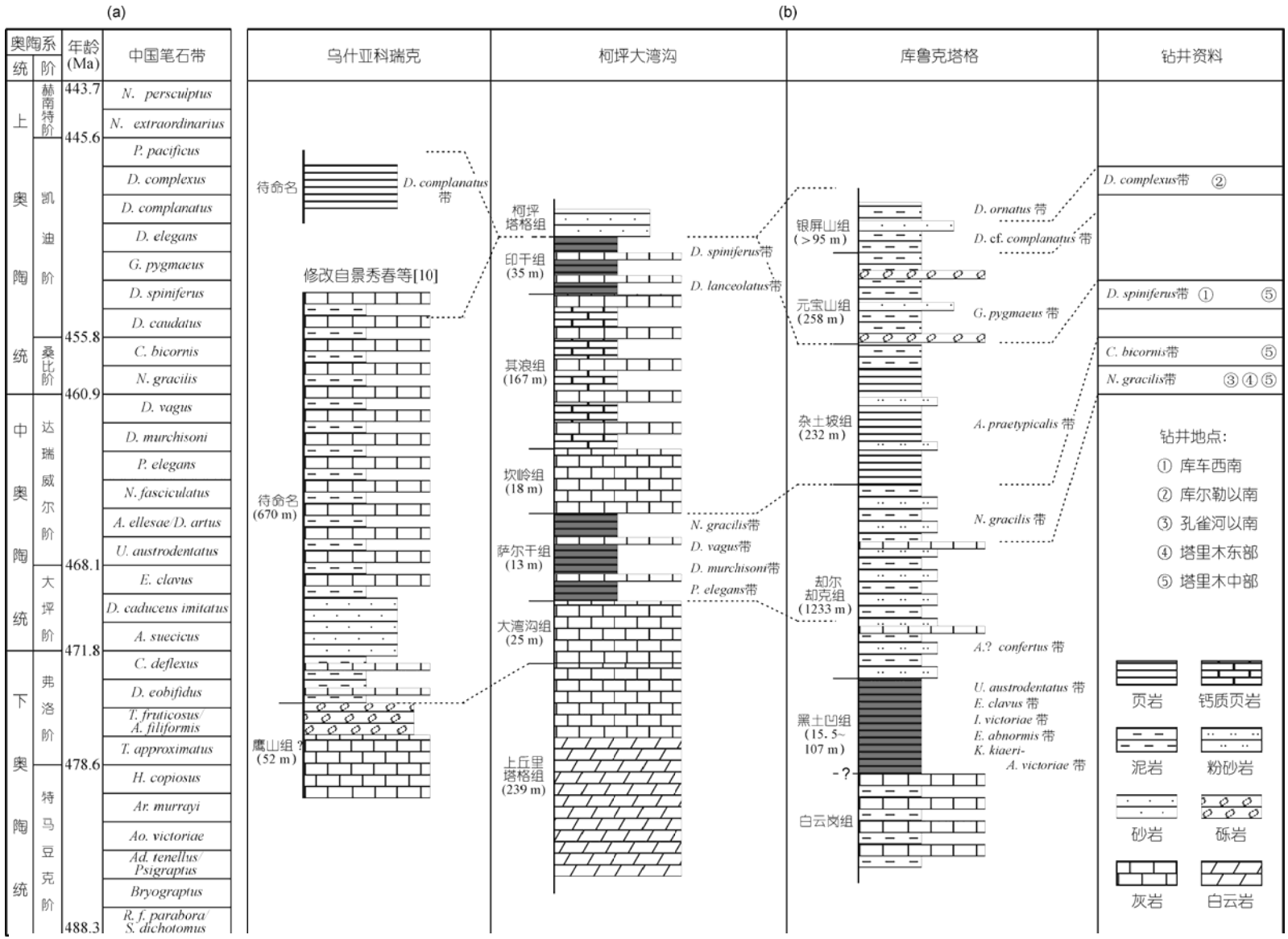

图 2　塔里木盆地及周缘奥陶系地层的划分与对比

(a) 中国奥陶系笔石带序列; (b) 塔里木盆地及周缘奥陶系笔石带的划分和对比. 地层柱状图中的岩性为本组岩性的概括. 笔者一直认为柯坪塔格组属于志留系[5], 但该组的时代不属本文的讨论范围之内, 故本文未予详述

地礁滩相的沉积, 而柯坪斜坡相带则沉降加剧, 出现了萨尔干组黑色笔石页岩相. 此后又出现了坎岭组含鹦鹉螺的石灰岩(相当 *C. bicornis* 带及 *D. lanceolatus* 带下部), 再上为印干组的笔石页岩相(相当 *D. lanceolatus* 带上部及 *D. spiniferus* 带)[8]. 大湾沟附近的鹰山北坡印干组也产有与之相同的笔石动物群. 因此, 通过上述笔石带的厘定, 柯坪地区萨尔干组和印干组两套黑色岩层的精确时代归属和对比已经非常清楚, 印干组之上的奥陶系凯迪阶上部及赫南特阶地层均已缺失(图 2).

近年来, 景秀春等[10]在柯坪西北的乌什县亚科瑞克的石灰岩及砂泥岩地层中建立了从早奥陶世至晚奥陶世的牙形刺生物带. 张师本与笔者等又在其上一套浊积岩地层中发现了凯迪阶上部 *Dicellograptus complanatus* 带的低分异度笔石动物群, 计有 *Dicellograptus* cf. *complanatus* (Lapworth), *Amplexograptus latus* (Elles et Wood)和 *Anticostia macgregorae* Stewart et Mitchell. 前两种都是 *D. complanatus* 带的代表性物种和常见物种, 第三个种最早发现于加拿大安提科斯提岛 Vaureal 组的 *Amplexograptus prominens* 带[11], 在苏格兰则见于 *D. com- planatus* 带上部[12], 但在我国还是首次被发现.

综上所述, 我们不难发现从巴楚经柯坪至乌什, 奥陶系被自然地分隔为三个不同的岩相和生物相带, 即巴楚的塔里木碳酸盐礁滩相带、柯坪/阿克苏台缘-上斜坡相带(II_1)和乌什的斜坡相带(II_2). 它们之间均为后期的断裂带相隔, 因此并不连续. 长期以来, 乌什地区的奥陶系均套用柯坪的岩石地层单元. 现在看来, 亚科瑞克的奥陶系地层虽因出露不连续而尚未建立和命名不同的岩石地层单位, 但套用柯坪大湾沟剖面的岩石地层单元显然是不妥当的. 在乌什附近的蒙达勒克剖面, 与上覆石炭系底部砾岩层呈不整合接触关系的下伏地层, 长期以来都套用大湾沟剖面的柯坪塔格组, 又因岩性相似而被认为是志留系, 笔者等在其顶部层位中发现了奥陶纪腕足动物化石, 经戎嘉余鉴定为 *Ovalospira*, *Hesperorthis*, *Dolerorthis*, *Leptellina*, *Christiania*, *Rhynchotrema* 和 *Eospirigerina* 等, 在时代上属于凯迪中、晚期. 因此, 这是一套与柯坪地区完全不同的奥陶纪地层, 同时也说明了乌什和柯坪确为不同的生物相和岩相带.

沿柯坪至阿克苏分布的萨尔干组主要限于柯坪-阿克苏相带之内, 它充填在大湾沟组碳酸盐相的局部凹陷内, 这一点和扬子地台上与之大致同期的庙坡组充填在大田坝组碳酸盐相的局部凹陷内的分布格局颇为相似, 但是这种格局并不适用于塔里木盆地其他含 *Nemagraptus gracilis* 带的地层. 柯坪的萨尔干组远比庙坡组的厚度要大, 最近高志勇等[13]提出萨尔干组和印干组都可能延至阿瓦提凹陷, 即阿瓦提凹陷-满加尔盆地间过渡带. 如是, 则大大提高了这两套黑色岩系, 特别是萨尔干组黑色岩系作为烃源岩的贡献. 但目前我们掌握的资料表明它只分布在柯坪-阿克苏地区, 这将降低对萨尔干组黑色岩系在整个塔里木的奥陶纪烃源岩中贡献的评价.

2 库鲁克塔格奥陶纪黑色岩系

库鲁克塔格的奥陶系最早由中瑞考察队的诺林(E. Norin)等进行研究, 并被命名为却尔却克系[14]. 其中的笔石由布尔曼(O. M. B. Bulman)研究[15], 计有 *Didymograptus* cf. *superstes* (Lapworth) (应为 *Xiphograptus* cf. *superstes* (Lapworth)), *Climacograptus* cf. *uniformis* Hsü (应为 *Normalograptus* cf. *uniformis* (Hsü)), *Glyptograptus teretiusculus* var. cf. *euglyphus* (Lapworth) (应为 *Hustedograptus teretiusculus* (Hisinger)), *Amplexograptus* sp. (可能是 *Archiclimacograptus caelatus* (Lapworth))和 *Cryptograptus tricornis* (Carruthers), 因此是一个 *N. gracilis* 带的笔石动物群.

上世纪 50 年代以来, 库鲁克塔格地区的奥陶系地层多次被重新划分, 但基于系统采集基础之上的生物地层学研究, 始于钟端和郝永祥等人的工作[2]. 他们对库鲁克塔格的却尔却克山、元宝山和南雅尔当山的奥陶系重新进行划分和对比, 其中的笔石经陈旭与倪寓南等研究, 自上而下建立了如下笔石带[2]:

银屏山组: 长石砂岩与泥岩, 笔石带为 *Dicellograptus* cf. *complanatus* 带;

元宝山组: 灰黑色泥岩及含砾砂岩互层, 笔石带为 *Orthograptus quadrimucronatus* 带;

杂土坡组: 灰黑色泥岩粉砂岩, 笔石带为 *Dicranograptus ramosus longicaulis* 带;

却尔却克组: 暗色砂、页岩组成的浊积岩, 笔石带为 *Nemagraptus gracilis* 带(上)和 *Amplexograptus confertus* 带(下);

黑土凹组: 黑色页岩及硅质岩, 笔石带自上而下为 *Undulograptus austrodentatus* 带和 *Tetragraptus*

pendens-T. quadribrachiatus 带;

白云岗组: 碳酸盐岩, 顶部为笔石 *Adelograptus-Clonograptus* 带.

近年来, 笔者等对库鲁克塔格地区的奥陶系重新进行研究, 陈旭和倪寓南等研究的由钟端和郝永钧等系统采集的笔石标本, 在 20 世纪 90 年代连同其他共计 10 个门类的化石标本, 由资助部门按合同收交后竟全部遗失. 历年来此类重要地区的重要标本不能由研究所或博物馆作永久保存以至丢失的现象屡屡发生, 已成痼疾. 幸而贵州的王朴先生慨然将他本人采集和收藏的库鲁克塔格的奥陶纪笔石标本全部提供给笔者等合作研究, 很好地补充了笔者等近年来在库鲁克塔格地区系统采集的笔石标本. 据此, 库鲁克塔格的奥陶纪笔石带自上而下可修订为:

银屏山组: *Dicellograptus ornatus* 带(上)和 *Dicellograptus* cf. *complanatus* 带(下);

元宝山组: *Geniculograptus pygmaeus* 带;

杂土坡组: *Amplexograptus praetypicalis* 带(相当 *Diplacanthograptus spiniferus* 带);

却尔却克组: *Nemagraptus gracilis* 带(上), *Archiclimacograptus*? *confertus* 带(下);

黑土凹组(自上而下): *Undulograptus austrodentatus* 带、*Exigraptus clavus* 带、*Isograptus victoriae* 带、*Expansograptus abnormis* 带和 *Kiaerograptus kiaeri-Aorograptus victoriae* 带(南雅尔当山).

根据上述对库鲁克塔格地区奥陶纪笔石带的重新厘定, 笔者等将库鲁克塔格地区的黑土凹组和柯坪-阿克苏地区的萨尔干组这两套奥陶纪的主力烃源岩进行了简单的对比(图 3).

从图 3 中不难看出, 这两套主力烃源岩在层位上是不同的. 萨尔干组的层位高于黑土凹组; 黑土凹组的底界是穿时的, 在南雅尔当山最低可至特马豆克阶的顶部, 在却尔却克山则达到大坪阶的底部. 黑土凹组沉积时期是全球碳同位素稳定时期, 而萨尔干

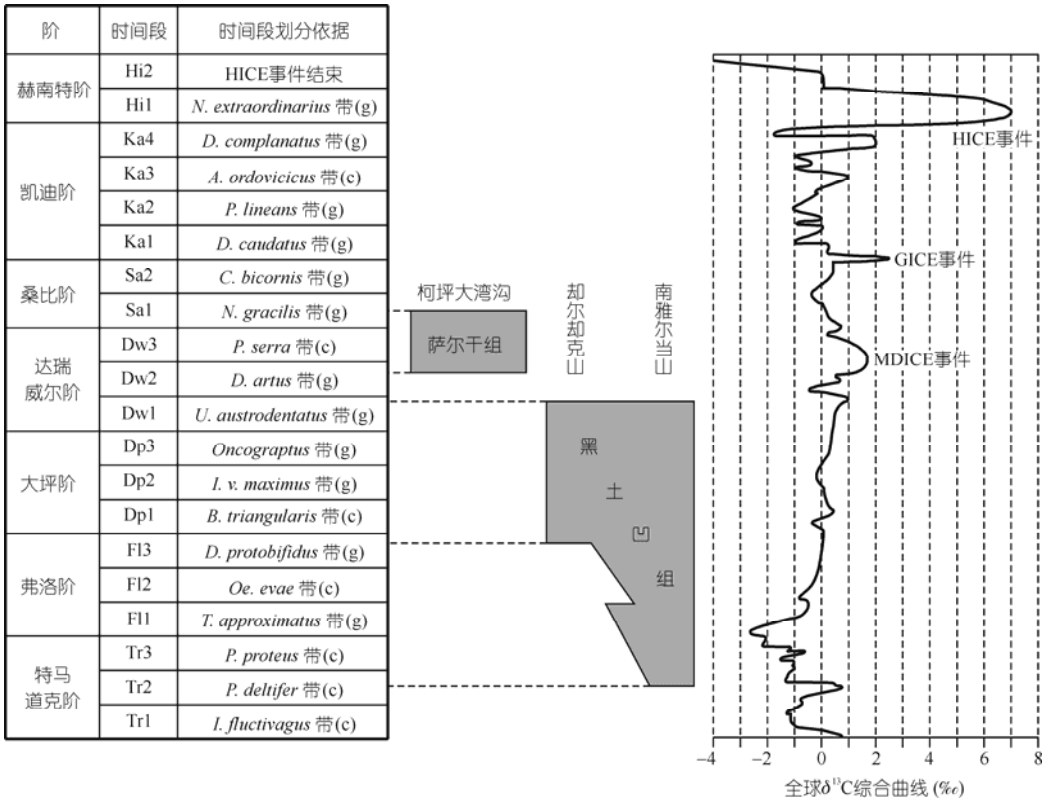

图 3　萨尔干组与黑土凹组的地层对比

黑土凹组底界是根据笔者等最近对却尔却克山和南雅尔当山两个剖面的研究确定的; 底图改自 Bergström 等[16]. g-笔石带; c-牙形石带. HICE-赫南特碳同位素漂移事件(Hirnantian carbon excursion); GICE-古登博格碳同位素漂移事件(Guttenberg carbon excursion)

组的沉积时期与全球碳同位素的一次正漂移(中达瑞威尔碳同位素事件, mid-Darriwilian carbon excursion, 简称 MDICE)一致. 全球碳同位素在相当于萨尔干组和黑土凹组沉积时背景值不同, 显然不能作为二者地层对比的依据. 笔者等认为黑土凹组作为奥陶纪主力烃源岩之一, 其意义不亚于萨尔干组, 其中一条重要的原因是它的分布越过了奥陶纪时期的孔雀河流域, 延伸到了塔里木盆地的满加尔凹陷之下.

3 阿尔金山的奥陶系黑色岩系

阿尔金山地区的奥陶系黑色岩系被称为环形山组[17], 为一套黑色泥岩和硅质岩, 下部为泥晶灰岩. 中部的黑色硅质岩夹层中产笔石, 经笔者鉴定为 *Hustedograptus* cf. *teretiusculus* (Hisinger), *Normalograptus*? *euglyphus* (Lapworth), *Amplexograptus* cf. *maxwelli* Decker, *Glossograptus* sp. 和 *Dicellograptus* sp., 被认为属于 *H. teretiusculus* 带[18]. 近期的研究表明, *H. teretiusculus* 一种的首现层位远远低于以它命名的"*H. teretiusculus* 带", 而是出现在更早的 *Pterograptus elegans* 带中, 并且还可上延至桑比阶, 因此笔者等建议取消此带. 如是, 则环形山组的含笔石层位有可能属于桑比阶早期的 *N. gracilis* 带.

4 塔里木盆地覆盖区的奥陶系黑色岩系

从上世纪 90 年代起, 笔者等先后鉴定了由耿良玉等提供的塔里木井下的奥陶纪笔石标本, 近年来又研究了李越和唐鹏采集的奥陶纪笔石. 由于本文只讨论地层对比, 因此具体的岩性和笔石产出层位的井深均略去. 材料的出处均在文中注明, 相关材料也已提交给了供给单位和个人, 因此也不影响他们进一步应用. 现将覆盖区的笔石材料及其对比分述如下(图 2).

(1) 库车西南. 其中一口井中的含笔石层位, 曾被划归达西库木组, 其中产笔石 *Hustedograptus* cf. *teretiusculus* (Hisinger), *Amplexograptus praetypicalis* Riva 和 *Rectograptus* cf. *amplexicaulis* (Hall)等, 当时被划为 *Rectograptus amplexicaulis* 带[18]. 根据笔者等研究的印干组的笔石动物群[8]来看, 这一笔石层位似应划为 *Diplacanthograptus spiniferus* 带.

在另一口井的英买力组中产出笔石 *D. spiniferus* (Ruedemann)和 *A. praetypicalis* Riva, 显然属于 *D. spiniferus* 带, 与前者的笔石带相同, 笔者等认为这两个相邻井位中的同期地层, 不必命名为不同的地层单位.

(2) 库尔勒以南. 唐鹏在两段地层中采集的笔石动物群时代相同, 岩性也都是黑色粉砂岩和页岩, 因此笔者等怀疑这两段地层或许是相同地层的重复. 所含的笔石包括 *Amplexograptus latus* (Elles et Wood), *Rectograptus abbreviatus* (Elles et Wood), *R. songtaoensis* Li, *Orthograptus fastigatus* Davies, *Pararetiograptus magnus* Mu 和 *Dicellograptus* sp., 这一动物群普遍见于扬子区五峰组的 *Dicellograptus complexus* 带, 是迄今塔里木盆地井下钻遇的最高含笔石层位.

(3) 孔雀河以南. 唐鹏在黑色页岩层位中采获多层笔石, 计有 *Dicellograptus sextans* (Hall), *D. sextans exilis* Elles et Wood, *Pseudazygograptus incurvus* (Ekström), *Acrograptus* sp., *Hustedograptus* sp., *Cryptograptus tricornis* (Carruthers), *Archiclimacograptus angulatus* (Bulman), *A. riddellensis* (Harris)和 *Normalograptus*? *euglyphus* (Lapworth), 因此是一个典型的 *N. gracilis* 带的笔石动物群, 这些分子都见于柯坪地区的萨尔干组中, 此外浮游动物胡桃虾(*Caryocaris*)的出现, 也更进一步说明这是一套典型的笔石相黑色岩系.

孔雀河以南的上述黑色笔石页岩被塔里木油田划归黑土凹组, 这说明了两种可能性: 其一, 它的确是黑土凹组的上部, 如是, 则黑土凹组从库鲁克塔格延入满加尔凹陷后有很大的穿时展布; 另一种可能是孔雀河以南的上述黑色笔石页岩, 代表了另一套层位更高并相当于萨尔干组的地层. 但无论那种结果, 均可为塔里木盆地东部的含笔石地层增加重要资料, 如烃源岩的层位, 对塔东的油气开发有益. 黑土凹组在满加尔凹陷中的分布, 进一步说明了后期的孔雀河断裂带在奥陶纪时期不能隔裂库鲁克塔格和满加尔凹陷. 因此, 研究奥陶纪时期的地层展布和古地理格局都不能受后期构造的影响.

(4) 塔里木东部. 在粉砂岩层中报导的笔石为 *Orthograptus* cf. *apiculatus* Elles et Wood, 其上的黑色粉砂岩层中报导了 *Pseudoclimacograptus* aff. *scharenbergi minor* Mu, Lee et Ge (应为 *P.* aff. *scharenbergi* (Lapworth)), 此外还有 *Pseudoclimacograptus* cf. *angu-*

latus Bulman (应为 *Archiclimacograptus* cf. *angulatus* (Bulman))[1]. 这一层位似与桑比阶下部 *N. gracilis* 带的地层相当.

此外, 邻近井位中曾记录有笔石 *Rhabdinopora* sp.[19], 如是, 则塔里木东部的奥陶系黑色岩系沉积可能从早奥陶世早期就已经开始.

(5) 塔里木中部. 张师本等[19]报道了两个井位中不同层段的黑色含笔石岩系, 产笔石 *Glyptograptus* ex gr. *teretiusculus* (Hisinger) (应为 *Hustedograptus* ex gr. *teretiusculus* (Hisinger)), *Pseudoclimacograptus* cf. *angulatus* (Bulman) (应为 *Archiclimacograptus* cf. *angulatus* (Bulman))和 *P.* cf. *scharenbergi minor* Mu, Lee et Ge (应为 *Pseudoclimacograptus* cf. *scharenbergi* (Lapworth)), 并将之归为 *Pseudoclimacograptus angulatus* 带. 现在看来, 不能排除属于 *N. gracilis* 带的可能.

他们在另一层位中发现笔石 *Dicranograptus* cf. *clingani resicis* Williams et Bruton, *Pseudoclimacograptus scharenbergi stenostoma* (Bulman)和 *Cryptograptus tricornis* (Carruthers)等, 并据之建立 *Dicranograptus clingani resicis* 带. 但该带的命名种据 Zalasiewicz 等[20]最近的研究, 其产出层位并不确切. 笔者根据后两种笔石来考虑, 认为该层含笔石地层仍可能相当 *N. gracilis* 带.

张师本等[19]在更高层位中还发现 *Dicellograptus* ex gr. *pumilus* Lapworth, *Normalograptus* cf. *brevis* (Elles et Wood) 和 *Orthograptus quadrimucronatus timidus* (Ruedemann). *D. pumilus* 在我国常见于凯迪阶底部的 *Diplacanthograptus caudatus* 带, *N. brevis* 在我国则常见于桑比阶的 *N. gracilis* 带和 *C. bicornis* 带. 而 *O. quadrimucronatus timidus* 不但在我国而且在北美均未见确切产出层位的报道, 因此难以据此进行推断. 尽管前两种笔石都只鉴定到同一类群的亲缘种或相似种, 但笔者仍怀疑这一笔石层位要略高于 *N. gracilis* 带和 *C. bicornis* 带. 因此, 塔里木中部井下不仅有桑比阶, 还可能包含了略高层位的含笔石地层.

最近, 笔者之一李越在中央隆起区靠塔中Ⅰ号坡折带北缘的另一口井的深灰色粉砂岩层位中, 采获笔石 *Amplexograptus praetypicalis* Riva, 此种在柯坪大湾沟印干组中产于 *D. spiniferus* 带, 而且又是库鲁克塔格同名带中的重要分子. 因此, 塔中覆盖区的奥陶系笔石黑色岩系, 可能在局部地区发育自桑比阶 *N. gracilis* 带至凯迪阶下部 *D. spiniferus* 带的连续黑色岩系.

为了便于读者了解塔里木盆地及周缘的含笔石地层, 兹将一些重要的笔石属种图像附于文中(图 4).

5 昆仑山前缘的奥陶系黑色岩系

西昆仑的奥陶系最早由马思鹏等研究[21], 后来王朴等在坎地里克地区的上奥陶统中发现了笔石, 并建立了秋久博依那克组[22]. 该组含有以下的重要笔石属种: *Dicranograptus nicholsoni* Hopkinson, *D. brevicaulis* Elles et Wood, *Amplexograptus maxwelli* Decker, *Orthograptus calcaratus* Lapworth, *Dicellograptus divaricatus* (Hall), *D. sextans exilis* Elles et Wood 和 *Xiphograptus sagiticaulis* (Gurley)等. 从上述笔石属种来看, 秋久博依那克组可能主要相当于桑比阶的地层, 至多可上延至凯迪阶的底部.

6 结语

塔里木盆地及周缘地区奥陶系黑色岩系广布, 其中包含具较大潜力的烃源岩. 含笔石层位的不断发现, 配合牙形刺及几丁虫等多门类的研究, 正在构成塔里木盆地及周缘奥陶系较精确的地层划分和对比框架. 当前的研究可提供如下重要认识.

(1) 上奥陶统底部(桑比阶下部)*N. gracilis* 带的含笔石黑色岩系在塔里木盆地及周缘分布最广, 这可能与当时全球处于海平面上升阶段有关, Nielsen[23]称之为"兰浮恩晚期-卡拉道克期高水位间隔期"(Late Llanvirn-Caradoc Highstand Interval).

(2) 塔里木盆地东北缘库鲁克塔格地区的奥陶系黑色岩系层位最多, 从下奥陶统特马豆克阶上部直至凯迪阶近顶部均有出现, 并向东、向南延至满加尔凹陷, 其中凯迪阶中部 *D. spiniferus* 带的黑色岩系

1) 耿良玉, 赵治信, 王志浩. 塔里木盆地覆盖区地层划分对比. 见: 中国科学院南京地质古生物研究所, 塔里木石油勘探开发指挥部地质研究中心, 编. "八五"国家重点科技攻关项目"塔里木盆地油气资源"成果报告. 1994. 1–81

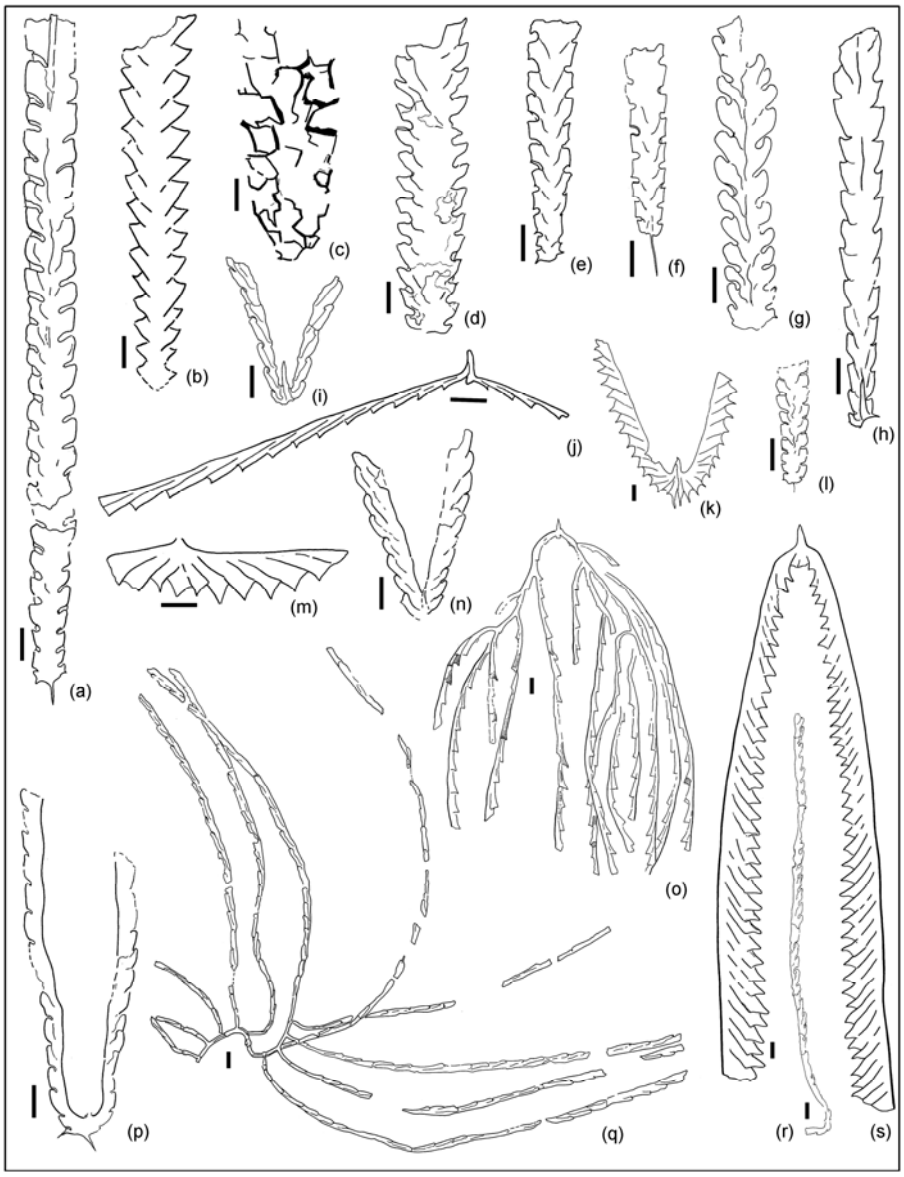

图 4　塔里木盆地及周缘奥陶纪主要笔石带化石

所有标本收藏于中国科学院南京地质古生物研究所标本馆, 标本编号由前缀 NIGP 和 6 位数字构成. 比例尺为 1 mm. (a) *Archiclimacograptus riddellensis* (Harris), NIGP152517, 孔雀河南, *Nemagraptus gracilis* 带; (b) *Rectograptus songtaoensis* Li, NIGP152518, 库尔勒南, *Dicellograptus complanatus* 带; (c) *Pararetiograptus magnus* Mu, NIGP152519, 库尔勒南, *Dicellograptus complanatus* 带; (d) *Amplexograptus praetypicalis* Riva, NIGP152520, 塔中, *Diplacanthograptus spiniferus* 带; (e) *Amplexograptus latus* (Elles et Wood), NIGP152521, 乌什亚科瑞克, *Dicellograptus complanatus* 带(Wyk-HB-26-10); (f) *Geniculograptus pygmaeus* (Ruedemann), NIGP152522, 库鲁克塔格却尔却克山元宝山组(AFT-X139); (g) *Undulograptus austrodentatus* (Harris et Keble), NIGP152523, 库鲁克塔格却尔却克山黑土凹组(AFT-X86-1); (h) *Anticostia macgregorae* Stewart et Mitchell, NIGP152524, 乌什亚科瑞克, *Dicellograptus complanatus* 带(Wyk-HB-26-10); (i) *Dicellograptus vagus* Hadding, NIGP152525, 柯坪大湾沟萨尔干组; (j) *Acrograptus ellesae* (Ruedemann), NIGP152526, 库鲁克塔格却尔却克山却尔却克组(AFT-X89-14); (k) *Isograptus victoriae* Harris, NIGP152527, 库鲁克塔格却尔却克山黑土凹组(AFT-X67-34); (l) *Archiclimacograptus angulatus* (Bulman), NIGP152528, 孔雀河南, *Nemagraptus gracilis* 带; (m) *Expansograptus abnormis* (Hsu), NIGP152529, 库鲁克塔格却尔却克山黑土凹组(AFT-X65-15); (n) *Dicellograptus sextans* (Hall), NIGP152530, 孔雀河南, *Nemagraptus gracilis* 带; (o) *Pterograptus elegans* Holm, NIGP152531, 柯坪大湾沟萨尔干组; (p) *Dicellograptus elegans* Carruthers, NIGP152532, 库鲁克塔格却尔却克山银屏山组(AFT-X145); (q) *Nemagraptus gracilis* (Hall), NIGP152533, 柯坪大湾沟萨尔干组; (r) *Dicellograptus* cf. *complanatus* Lapworth, NIGP152534, 库鲁克塔格却尔却克山银屏山组(AFT-X148a); (s) *Didymograptus murchisoni* (Beck), NIGP152535, 柯坪大湾沟萨尔干组

一直分布到塔中坡折带.

(3) 从巴楚经柯坪到乌什, 代表了从台地到斜坡的不同生物相和岩相带. 萨尔干组虽然有发育良好的含笔石黑色岩系, 并可与国内外相当地层作精确对比, 但仅见于柯坪至阿克苏地区, 分布过分局限, 此其不利因素.

致谢 本文初成后, 承戎嘉余、金之钧、张师本、赵治信诸教授审阅并提供宝贵意见; 王朴教授提供库鲁克塔格地区笔石标本; 均此致谢. 本项研究系"Geobiodiversity Database"项目(www.geobiodiversity.com)系列成果之一.

参考文献

1 周志毅, 陈旭, 王志浩, 等. 奥陶系. 见: 周志毅, 陈丕基, 编. 塔里木生物地层和地质演化. 北京: 科学出版社, 1990. 56–130
2 钟端, 郝永祥. 奥陶系. 见: 钟端, 郝永祥, 编. 塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物, Ⅰ, 库鲁克塔格地区分册. 南京: 南京大学出版社, 1990. 41–104
3 赵治信, 张桂芝, 肖继南. 新疆古生代地层及牙形石. 北京: 石油工业出版社, 2000. 1–340
4 赵治信, 谭泽全, 成崇作. 奥陶系. 见: 贾承造等, 编. 塔里木盆地及周边地层, 上册, 各纪地层总结. 北京: 科学出版社, 2004. 44–110
5 陈旭, 方宗杰, 耿良玉, 等. 志留系. 见: 周志毅, 陈丕基, 编. 塔里木生物地层和地质演化. 北京: 科学出版社, 1990. 131–157
6 詹士高. 柯坪地台萨尔干层底部黑色页岩的沉积时代. 新疆科技情报, 1963, (1): 16–17
7 乔新东. 新疆柯坪地区奥陶纪和早志留世的化石带. 新疆地质, 1986, 4: 53–59
8 Chen X, Ni Y N, Mitchell C E, et al. Graptolites from the Qilang and Yingan Formations (Caradoc, Ordovician) of Kalpin, Western Tarim, Xinjiang, China. J Paleontol, 2000, 74: 282–300
9 Chen X, Goldman D, Leslie S A, et al. New graptolite and conodont faunal data from the Middle Ordovician Dawangou section, Tarim Basin, western Xinjiang, China, and its implications for biogeography. Geol S Am Abstracts with Programs, 2008, 40: 85
10 景秀春, 杜品德, 张放, 等. 塔里木盆地亚科瑞克剖面奥陶系牙形石生物地层初步研究. 地质论评, 2007, 53: 242–249
11 Stewart S, Mitchell C E. *Anticostia*, a distinctive new Late Ordovician "glyptograptid" (Diplograptacea, Graptoloidea) based on three-dimensionally preserved specimens from Anticosti Island, Quebec. Can J Earth, 1997, 34: 215–228
12 Williams S H. Upper Ordovician graptolites from the *D. complanatus* Zone of the Moffat and Girvan districts and their significance for correlation. Scot J Geol, 1987, 23: 65–92
13 高志勇, 张水昌, 李建军, 等. 塔里木盆地西部上奥陶统萨尔干页岩与印干页岩的空间展布与沉积环境. 古地理学报, 2010, 12: 599–608
14 Norin E. Geology of Western Quruq Tagh, Eastern Tien-shan. Reports from the Scientific Expedition to the North-western Provinces of China under Leadership of Dr. Sven Hedin (III), Geology I. Stockholm: Bokförlags Aktiebolaget Thule, 1937. 1–194
15 Bulman O M B. On a collection of graptolites from the Charchak Series of Chinese Turkistan. In: Troedsson G T, ed. On the Cambro-Ordovician Faunas of Western Quruq Tagh, Eastern T'ien-shan. Pal Si New Ser B, 1937, (106): 1–6
16 Bergström S M, Chen X, Gutiérrez-Marco C, et al. The new chronostratigraphic classsification of the Ordovician System and its relations to major regional series and stages and to δ^{13}C chemostratigraphy. Lethaia, 2009, 42: 97–107
17 钟端, 郝永祥, 刘均儒. 奥陶系. 见: 塔里木石油勘探开发指挥部, 滇黔桂石油勘探局石油地质科学研究所, 编. 塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物, 中国油气区地层古生物丛书, Ⅳ, 阿尔金山地区分册. 北京: 石油工业出版社, 1995. 12–70
18 倪寓南, 耿良玉, 王志浩, 等. 奥陶系. 见: 周志毅, 编. 塔里木盆地各纪地层. 北京: 科学出版社, 2001. 39–80, 343–344
19 张师本, 黄智斌, 朱怀诚, 等. 塔里木盆地覆盖区显生宙地层. 塔里木盆地石油地质与勘探丛书, 卷三. 北京: 石油工业出版社, 2004. 1–281
20 Zalasiewicz J A, Taylor L, Rushton A W A, et al. Graptolites in British stratigraphy. Geol Mag, 2009, 146: 785–850
21 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组. 西北地区区域地层表, 新疆维吾尔自治区分册. 北京: 地质出版社, 1981. 1–496
22 王朴. 西昆仑坎地里克地区奥陶纪含笔石地层的发现. 地层学杂志, 2001, 25: 123–124
23 Nielsen A T. Ordovician sea level changes: A baltoscandian perspective. In: Webby B D, Paris F, Drose M L, et al, eds. The Great Ordovician Biodiversification Event. New York: Columbia University Press, 2004. 84–96