

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

科技述评

国际二叠纪年代地层划分新方案

金玉玕 王向东 尚庆华 王玥

(中国科学院南京地质古生物研究所, 210008)

内容提要 国际二叠纪地层分会已就二叠系的统和阶的划分、命名及其下界的层位达成统一意见, 提出新的二叠系年代地层表, 该表由3个最佳的区域性地层序列组成, 即代表下二叠统的俄罗斯和哈萨克斯坦乌拉尔地区的乌拉尔统(Cisuralian Series), 上二叠统下部和上部的美国西南部的瓜德鲁普统(Guadalupian Series)和中国华南地区的乐平统(Lopingian Series)。新表为建立二叠系内部界线的全球层型及点位准备了工作方案, 也为更精确地对比海相二叠纪地层提供了参照标准。

关键词 年代地层 二叠系 乌拉尔统(Cisuralian Series) 瓜德鲁普统(Guadalupian Series) 乐平统(Lopingian Series)

二叠系一名译自德文“Dyas”, 原指分布在欧洲的赤底统(Rotliegendes)和镁灰统(Zeichstein), 而二叠系的通用定义是以俄罗斯乌拉尔一带的地层确立的^[1], 并以彼尔姆城(Perm)命名, 称“Permian System”。命名时的二叠系只包括相当现在空谷期(Kungurian Stage)、卡赞期(Kazanian Stage)至鞑靼期(Tatarian Stage)的海退沉积序列。以后 Karpinsky^[2]将二叠系的底界下延至阿丁斯克统(Artinsk Series), 而此统又被进一步划分为阿舍尔阶(Asselian Stage)、萨克马尔阶(Sakmarian Stage)和阿丁斯克阶(Artinskian Stage)^[3,4]。1940年, Dunbar^[5]系统地介绍了乌拉尔地区的二叠系层序, 使之被更加广泛地采用, 成为二叠系对比的传统标准。

自60年代开始, 国际地层学界展开了旨在建立全球界线层型, 实现年代地层标准化的合作研究。由于在乌拉尔二叠系标准剖面上, 阿丁斯克阶以上的地层以陆相为主, 不符合建立全球界线层型的要求, 所以必须建立由海相地层序列代表的年代地层来替代传统标准。自60年代开始^[6], 专家们分别以菊石^[7]、牙形化石^[8]和腕足类^[9]等的生物地层格架为主要基础, 提出一系列由海相地层为标准剖面的区域性阶所组成的二叠纪复合年代地层序列, 以期代替传统的标准序列。由于这些阶的标准剖面分散在多个相隔颇远的地区, 相邻各阶之间的层位关系很难证实, 以致这些复合序列均未得到广泛应用。通过在国际二叠纪地层分会通讯《Permophiles》上的反复交流和讨论, 分会的委员们认识到, 构成复合年代地层表的区域性层序应当越少越好。1982年 Waterhouse^[10]提出的方案反映出分会促成的这种倾向性意见(表1)。

1985年, 国际二叠纪地层分会组成了研究上二叠统划分和对比的工作委员会。1987年, 在北京讨论了由各个国家工作组提出的各地区上二叠统对比表。结果说明空谷阶及其以上的海相地层的关键层位相当一致^[11]。1988年, 笔者代表国际二叠纪地层分会, 向正在改编全球地质年表的 W. B. Harland 及其同事们建议, 以瓜德鲁普统和乐平统代替传统标准的卡赞阶(Kazanian Stage)和鞑靼阶(Tatarian Stage)。他们接受了这个方案, 并且将引进乐平统作为新

版全球地质年代表中重要的更新之处^[12]。

同时,二叠纪地层的研究获得实质性的进展。乌拉尔地区的阿舍尔阶、萨克马尔阶和阿丁斯克阶被进一步证明为合格的国际标准^[13]。瓜德鲁普统(Guadalupian Series)则经过系统地总结后,正式被提议作为中二叠统的单位层型^[14]。在华南发现了连续的阳新统一乐平统碳酸盐岩层序,弥补了长期以来认为乐平统层序不完整的缺陷^[15]。

1994年,笔者等^[16]提出由3个最有希望的地层序列组成的二叠纪年代地层表,作为国际二叠纪地层分会的工作方案(表1)。此表不再使用上统、中统和下统等非正式单位,避免重新陷入旷日持久的“二分”和“三分”之争论。随后发表的许多评论表明,在所建议的4统中,乌拉尔统和乐平统被普遍接受,而中间的两个统、瓜德鲁普统和栖霞统(Chihhsian Series)或教堂统(Cathedralian Series)还难以确切地厘定,因为北美和特提斯地层序列的对比关系尚难肯定。显然,这一年代地层单位还需要更多的资料才能建立。

1996年,在美国德克萨斯州的 Alpine 举行第二次“国际瓜德鲁普统研讨会”期间,有关的国际工作组建议,在国际二叠系年代表中保留空谷阶一名,并以 *Neostreptognathodus pnevi-N. exculptus* 带之底为此阶的下界,其前提是采用以北美或特提斯的海相层序建立此阶。在分会的工作会议上,这一建议,以及采用乐平统(Lopingian Series)及其两个次级单位——吴家坪阶(Wuchiapingian Stage)和长兴阶(Changhsingian Stage)作为二叠系上部的上统,采用瓜德鲁普统及其次级单位——罗德阶(Roadian Stage)、沃德阶(Wordian Stage)和卡匹敦阶(Capitanian Stage)作为二叠系上部的下统的建议都被投票通过。以后又经过通信投票,分会的全部投票委员几乎都赞同采用乌拉尔统(Cisuralian Series)、瓜德鲁普统和乐平统及所属的阶作为二叠

表 1 二叠纪年代地层划分沿革表
Table 1 Correlation of selected schemes showing the history of Permian chronostratigraphic subdivision

Jin et al., 1997 ^[17]		Glenister&Furnish, 1961 ^[17]	Furnish, 1973 ^[7]	Waterhouse, 1982 ^[10]	Harland et al., 1990 ^[12]	Jin et al., 1994 ^[16]	
统	阶	牙形刺带					
乐平统	长兴阶	<i>Clarkina subcarinata</i>	Dzhulfian	Changhsingian	Lopingian	Changhsingian	Changhsingian
	吴家坪阶	<i>Clarkina postbitteri</i>		Chhdruan Araksian		Lungtanian	Lungtanian
瓜德鲁普统	卡匹敦阶	<i>Jinogondolella postaserrata</i>	Capitanian	Amarassian	Guadalupian	Capitanian	Capitanian
	沃德阶	<i>Jinogondolella aserrata</i>		Wordian		Wordian	Wordian
	罗德阶	<i>Jinogondolella nankingensis</i>	Wordian	Roadian	Roadian	Ufimian	Roadian
空谷阶	<i>Neostreptognathodus pnevi-N. exculptus</i>	Artinskian	Baigendzhinian	Leonardian	Zechstein	Kungurian	① Kubergandinian Bolorian
			Aktastinian	Aktastinian		Baigendzinian	Artinskian
乌拉尔统	萨克马尔阶	<i>Streptognathodus postfusus</i>	Sakmarian	Sterlitamakian Tastubian	Rotliegendes	Samarian	Samarian
	阿舍尔阶	<i>Streptognathodus isolatus</i>	Asselian	Asselian		Asselian	Asselian

注:此表旨在说明一些年代地层单位的序列,而不是其间的对比关系。① Chihhsian。

系下部,二叠系上部的下统和上统。经过20多年的努力,国际二叠纪地层分会终于为建立二叠系内部界线的全球层型准备了工作方案,也为更精确的对比二叠纪地层提供了参照标准。

1 统和阶的划分与界线

1.1 底界和顶界

为了推进建立其层型的合作研究,1987年在北京举行的“第十一届国际石炭纪地质和地层大会”期间,改组了国际石炭系—二叠系界线工作组,并由吴望始主持。两年以后在华盛顿举行第28届国际地质大会期间举行的工作组会议上,将石炭系—二叠系界线的众多候选层型缩减至两个。1995年,在哈萨克斯坦北部的阿德拉希沟(Aidralash Creek)剖面,厘定了石炭系—二叠系界线全球层型。层型点置于第19层之内,而以牙形化石 *Streptognathodus isolatus* 的首现为标志。这个层位稍低于菊石 *Shumardites-Vidrioceras* 带与 *Svetlanoceras-Juresanites* 带之间的界面,大体与筳类 *Sphaeroschwagerina vulgaris*-*S. fusiformis* 带之底相当。

至于二叠系的上界,按二叠系的原始定义,应以乌拉尔的鞑靼阶之顶为标准;如按三叠系的原始定义,则以德国的斑点砂岩(Buntsandstein)之底为标准。然而,两处的界线都是划在陆相地层中,而不利于世界性对比。实际上,多年来学者们一直采用菊石 *Otoceras* 带之底作为二叠系的顶界。近年来,牙形化石 *Hindeodus parvus* 首次出现被认为是层位更确切的二叠系顶界的标志。

1.2 乌拉尔统(Cisuralian Series)

乌拉尔统,于1982年,由 Waterhouse^[10]命名。该统包括阿舍尔阶(Asselian Stage)、萨克马尔阶(Sakmarian Stage)、阿丁斯克阶(Artinskian Stage),以及目前暂置于此统的空谷阶(Kungurian Stage),相当于传统二叠纪标准层序的下二叠统。黄汲清^[18]和笔者等^[16]曾采用“Uralian Series”来称呼空谷阶之下的下二叠统。但是该名称的历史沿革复杂,已不宜作为国际标准地层名称。在中国,为避免名称的复杂化,“Cisuralian Series”和“Uralian Series”均译为乌拉尔统。

萨克马尔阶以 *Pseudofusulina moelleri* 带之底为下界,相当牙形化石 *Streptognathodus postfusus* 或 *Neogondolella uralensis* 带之底。此阶包括上部的 *Sterlitamakian* 层和下部的 *Tashtubian* 层,两层的分界位于筳类 *Pseudofusulina urdalensis* 带,牙形化石 *Sweetognathodus primus* 带和菊石 *Sakmarites inflatus-Synartinskia principals* 带之底。显然,这是一条比此阶的底界更具广泛对比价值的生物地层界线。阿丁斯克阶的下界以 *Pseudofusulina concavutas* 的产生为标志,下部的菊石属于 *Popanoceras annae*-*P. tschernowi* 带;现以牙形化石 *Sweetognathodus whitei* 带之底为其下界。阿丁斯克阶的内部却存在一条以筳类 *Parafusulina*、菊石 *Propinacoceras* 和 *Neocrimites*,牙形化石 *Neostreptognathodus pequopensis* 的出现为标志的生物地层界线。实际上,阿丁斯克阶的下部与撒克马尔阶密切相关,而其上部则与空谷阶一起,形成后继的海退序列。由于萨克马尔阶和阿丁斯克阶下界相应的动物群变化不显著,而其内部又包含着更重要的生物地层界线,所以与之相当的层位在其他地区很难识别。与 *Eoparafusulian* 带相当的地层,在南乌拉尔被分成为萨克马尔阶上部和阿丁斯克阶下部,而在其他地区则此带被全部归入萨克马尔阶或作为阿丁斯克阶。由此足见这些阶的分界需按世界各地均可识别的生物地层标志重新厘定。

空谷阶是二叠系中研究程度较差,争论最多的部分。在命名地区包括费利波夫层(Philippian Horizon)和伊伦层(Irenian Horizon)。1994年,Chuvashov^[19]建议将其底界下延到萨尔金层

(Sarginsk Horizon)之底,相当于筳类 *Parafusulina*、菊石 *Propinacoceras* 和牙形化石 *Neostreptognathodus pequopensis* 首现的层位。二叠系地层分会决定将此阶的底界置于萨朗宁层(Saraninsk Horizon)的 *Neostreptognathodus pnevi* 带之底。萨朗宁层和撒尔金层原来都归属阿丁斯克阶。在北美和特提斯地区,*N. pnevi* 带的层位相当 *N. exculptus* 带或 *Pamirina* 带。此阶的时限较长,因此今后有可能划分出来,成为独立的统。1994年,笔者等^[16]曾建议称之为栖霞统或教堂统(Cathedralian Series)。1996年,国际二叠纪地层分会决定保留“空谷阶”之名,但其单位层型和界线层型建在低纬度地区。有两个低纬度地区的地层序列可作为此统的国际性标准,即代表特提斯序列的栖霞统和代表美国西南部序列的教堂统。作为特提斯标准层序的栖霞统包括两个阶:波罗尔阶(Bolorian Stage)和库勃尔甘德阶(Kubergandinian Stage),依次相当于 *Misellina* 属延限带、*Armenia* 和 *Cancellina* 属延限带。不过,库勃尔甘德阶究竟是低于罗德阶,还是相当于罗德阶的问题还有待进一步研究。

1.3 瓜德鲁普统(Guadalupian Series)

Glenister 等^[14]曾正式提议以美国西南部的瓜德鲁普统作为同期地层的国际对比标准,其下界以 *Jinogondolella nankingensis* 的出现为标志。自下而上包括罗德阶(Roadian Stage)、沃德阶(Wordian Stage)和卡匹敦阶(Capitanian Stage)。后两个阶的底界分别以 *Jinogondolella aserrata* 和 *J. postserrata* 的出现为标志。*J. aserrata* 初现的层位稍高于菊石 *Waagenoceras* 的出现。*J. postserrata* 的初现层位相当于菊石 *Timorites* 的出现,以及筳类以 *Parafusulina* 占优势转变为以 *Polydiexodina* 占优势的层位。瓜德鲁普统之下的层序面代表一次全球性海退,并相当俄罗斯乌拉尔的乌菲姆阶(Ufimian)之底。沃德阶与卡匹敦阶之间的层序面似与卡赞阶与鞑靼阶之间的界面同时。伊拉瓦拉极性反转出现在美国西南部的卡匹敦阶和俄罗斯鞑靼阶之底也说明两者的下界是同时的。

1.4 乐平统(Lopingian Series)

乐平统虽然曾被称为朱尔发统(Dzhulfian Series)、外高加索统(Transcaucasian Series)等,但以乐平统最早命名并明确厘定为二叠系最上部的一个统^[18]。可是长期以来一直认为,由于东吴运动的影响,华南乐平统与下伏地层之间存在较大的沉积间断,层序不如伊朗和外高加索的晚二叠世地层完整。近年的研究结果证明,在中国广西来宾等地存在自卡匹敦阶至乐平统吴家坪阶的连续牙形化石带序列,而在伊朗却缺失这一连续序列的一些牙形化石带^[15,20~22]。乐平统的底界暂置于牙形化石 *Clarkina postbitteri* 带之底,相当于牙形化石从 *Jinogondolella* 占优势转变为以 *Clarkina* 占优势的层位;也相当于乐平世海侵层序的底面^[23]。

乐平统包括吴家坪阶和长兴阶。吴家坪阶(Wuchiapingian Stage)一名首为 Kanmera & Nakagawa^[24]使用。1984年,芮琳等根据吴家坪灰岩的命名剖面确定吴家坪阶为相当筳类 *Codonofusiella* 带、牙形化石 *Clarkina liangshanensis*-*C. bitteri* 带的地层,但命名剖面的吴家坪阶下部为王坡页岩,缺乏化石。笔者等^[23]建议以广西来宾蓬莱滩剖面作为吴家坪阶的单位层型,并将吴家坪阶细分为来宾亚阶(Laibinian Substage)和老山亚阶(Laoshanian Substage)。在蓬莱滩剖面上,*Clarkina leveni* 的首现被作为老山亚阶之下界。这一层位可能相当菊石 *Andersonoceras*-*Protoceras* 带之底。来宾亚阶的层位相当牙形化石 *Clarkina postbitteri* 带,*C. dukouensis* 带和 *C. asymmetric* 带,菊石 *Roadoceras*-*Doulingoceras* 带。外高加索的朱尔发阶的层位与吴家坪阶一致,命名较早,曾被广为引用,应当是吴家坪阶的先起同名。但其下部层序不如吴家坪阶的完整,所以仍选用吴家坪阶作为国际标准地层。长兴阶(Changhsingian Stage)由赵

金科等^[25]提出,层型为浙江长兴县煤山的D剖面。其下界位于D剖面的第2层之底,相当于长兴组底部 *Clarkina orientalis* 带与 *C. subcarinata* 带之间。同时,也以 *Palaeofusulina* 的高级分子和大巴山菊石科、假提罗菊石科的出现为标志。长兴阶又分为下部的葆青亚阶(Baoqingian Substage)和上部的煤山亚阶(Meishanian Substage)。在煤山D剖面上,煤山亚阶的下界划在层13之底,以 *Clarkina changxingensis* 的出现为标志(表2)。

2 地磁极性地层和同位素年龄

缺乏可资直接进行世界性对比的晚二叠世生物地层带,意味着在树立系内界线的全球层型的同时,我们必须搜寻可资国际对比的各种地层标志,使界线层型确能发挥全球对比标准的作用。由于此表(表2)在很大程度上依靠古赤道带的二叠纪层序,所以同位素年龄、极性地层和事件地层的资料在建立南北半球二叠系对比关系的研究中将发挥重要作用。经过改进的菊石带、筴带和牙形化石带等构成的生物地层格架,及其与极性地层序列和同位素年龄的校正结果,将提供一个可以联系古赤道带及其他地区的地层框架。当前的研究重点是在古赤道带生物地层控制较精确的剖面上,认定伊拉瓦拉极性反转(Illawarra Reversal)的层位和测定火山岩层的年龄。

2.1 地磁极性地层

二叠系的大部分属于石炭系—二叠系反极性巨带(CPRM),仅二叠系底部含有数个正极性带^[26]。二叠系的上部被归入二叠系—三叠系混合极性巨带(PTMM)。两个巨带之间的伊拉瓦拉极性反转(IR)位于中国华南茅口组的顶部^[27],巴基斯坦盐岭 Wargal 组的下部相当 *Neoschwagerina margaritae* 带的层位^[28],俄罗斯乌拉尔的鞑靼阶下部^[29],美国西南部瓜德鲁普世晚期的 Yats 组等等。最近,IR 也在澳大利亚悉尼盆地西北部的 Wittingham 煤系^[30]和中国华北的上石盒子组被认定,并将其时代确定为乌菲姆期。实际上,上石盒子组含晚期华夏植物群,而 Waittingham 煤系的下伏地层 Mulberg 粉砂岩的同位素年龄相当瓜德鲁普世晚期,所以两者的时代均以解释为瓜德鲁普世晚期更为合理^[31]。

PTMM 的二叠系部分已有十多个极性带被认定。瓜德鲁普世晚期有两个正极性带。在中国华南和巴基斯坦盐岭,吴家坪阶下部有两个正极性带,上部有一个正极性带。浙江长兴县煤山剖面的长兴阶包含底部的一个正极性带,下部的3个混合极性带,上部的一个正极性带和顶部的反极性带^[32]。

2.2 同位素年龄

关于二叠系各界线的同位素年龄值,目前正在通过分析生物地层控制精确的火山岩夹层而进行全面的。根据德国 Saar-Nahe 盆地赤底统底部凝灰岩的年龄值为 298.7 ± 8 Ma 和 297.8 ± 8 Ma, Menning^[26] 估计石炭系—二叠系界线的年龄为 296 Ma。Roberts 等^[33] 则推算为 298 Ma。他们测得俄罗斯乌拉尔晚石炭世格热尔阶(Gzhelian)筴类 *Jigulites jigulensis* 带的凝灰岩层测得年龄值为 300.3 ± 3.2 Ma,阿舍尔阶的 *Sphaeroschwagerina molleri-Pseudofusulina fecunda* 带为 290.6 ± 3.0 Ma,萨克马尔阶上部的 *Pseudofusulina uralensis* 带为 280.3 ± 2.6 Ma,阿丁斯克阶最底部的 *P. pedissequa* 带为 280.3 ± 2.4 Ma^[33]。

据最近对澳大利亚东部凝灰岩层的研究结果,早空谷期的 Greta 煤系为 272.2 ± 3.2 Ma,早乌菲姆期的 Mulberg 粉砂岩为 264.1 ± 2.2 Ma,卡赞期的 Ingelera 组为 253.4 ± 3.2 Ma。但是,澳大利亚东部与俄罗斯乌拉尔传统标准层序的对比关系可能需要重新解释。很有可能,

表 2 二叠系综合年代地层表
Table 2 An integrated chronostratigraphic scheme for the Permian System

统	阶	主要的化石带			极性	Ma
		菊石	牙形类	蜓类		
T	印度阶	<i>Ophiceras</i> <i>Otoceras</i>	<i>Hindeodus parvus</i>			251.4 ± 0.4
乐平统	长兴阶	<i>Pseudotriolites</i>	<i>Clarkina changxingensis</i>	<i>Palaeofusulina sinensis</i>		252.3 ± 0.3
		<i>Paratriolites</i> - <i>Shevyrevites</i> <i>Iranites</i> - <i>Phisonites</i>	<i>C. subcarinata</i>			253.4 ± 0.2
	吴家坪阶	<i>Araxoceras</i> - <i>Konglingites</i> <i>Anderssonoceras</i>	<i>C. orientalis</i> <i>C. leveni</i>	<i>Nardingella simplex</i> - <i>Codonofusiella kwangiana</i>		
		<i>Roadoceras</i> - <i>Doulingoceras</i>	<i>C. dukouensis</i> <i>C. postbitteri</i>			
瓜德鲁普统	卡匹敦阶	<i>Timorites</i>	<i>Jinogondolella altudaensis</i> <i>J. postserrata</i>	<i>Lepidolina Yabeina</i> <i>Eopolydiexodina shumardi</i>		265.3 ± 0.2
	沃德阶	<i>Waagenoceras</i>	<i>J. asserata</i>	<i>Neoschwagerina craticulifera</i>		
	罗德阶	<i>Demarezzites</i> <i>Stacheoceras discoidale</i>	<i>J. nankingensis</i>	<i>Praesumatrina neoschwagerinoides</i>	伊拉瓦拉极性区转	
乌拉尔统	空谷阶	<i>Pseudovidrioceras dunbari</i> <i>Propinacoceras busterense</i>	<i>Mesogondolella idahoensis</i> <i>Neostreptognathodus pnevi</i> - <i>N. exculptus</i>	<i>Cancellina cutalensis</i> - <i>Armenina Pamirina</i>		
	亚丁斯克阶	<i>Uraloceras fedorowi</i> <i>Aktubinskia notabilis</i> - <i>Artinskia artiensis</i>	<i>Sweetognathus whitei</i> - <i>M. bisselli</i>	<i>Charaloscwagerina vulgaris</i>		280.3 ± 2.6
	萨克马尔阶	<i>Sakmarites inflatus</i>	<i>S. primus</i>	<i>Robustoschwagerina schellwieni</i>		
		<i>Svetlanoceras strigosum</i>	<i>Streptognathodus postfusius</i>	<i>Sphaeroschwagerina sphaerica</i>		
阿瑟尔阶	<i>S. serpentinum</i>	<i>S. constrictus</i>	<i>S. moelleri</i> - <i>P. fecunda</i>		290.6 ± 3.0	
	<i>S. primore</i>	<i>S. isolatus</i>	<i>S. vulgaris</i>			
C	格热尔阶	<i>Shumardites confessus</i> - <i>Emilites plummeri</i>	<i>S. wabaunsensis</i> <i>S. elongatus</i>	<i>Daixina robusta</i> - <i>D. bosbytaensis</i> <i>T. stuckenbergi</i>		300.3 ± 3.2

注:化石带仅选用标志阶和亚阶底界者,其地层跨度主要是以其命名地区的分带为基础确定的,因而只反映有关统和阶的基本状况。但是,空谷期和瓜德鲁普世的化石带则兼有美国南部的牙形化石带、菊石带和中国华南的蜓带^[17]。

Greta 煤系以归属早乌菲姆期为宜^[31],而 Mulberg 粉砂岩应归属晚瓜德鲁普世。因为 Bowring 等^[34]已测得美国 Guadalup 山的沃德阶顶部凝灰岩层的年龄为 265.3 ± 0.3 Ma。他们还测得中国长兴煤山的长兴组藻青段下部的凝灰岩层同位素年龄为 253.4 ± 0.2 Ma,煤山段上部的凝

灰岩层为 252.3 ± 0.3 Ma, 二叠系—三叠系界线粘土层的年龄为 251.4 ± 0.4 Ma^[34]。不过采用 $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ 法测得界线粘土的年龄值为 249.9 ± 1.5 Ma^[35](表3)。

3 问题讨论

上述综合年代地层表(表2)曾引发来自各个方面的多种评论。一方面,二叠纪地层学者们不仅在选择界线的层位及层型方面意见分歧,而且对年代地层分类、命名及其程序也持有多种不同的观点。另一方面,研究北方大区 and 冈瓦纳大区二叠系的地层学者,因使用以北美和特提斯层序建立的年代地层单位而遇到障碍时,非牙形化石专家因采用牙形化石演化为为基础的标准层序而面对类似的困难时,问题会变得更加复杂。

究竟是选择高度分异的海洋动物群的层序,还是以传统层序为基础来厘定年代地层单位?一些评论对此提出异议。虽然有关的论点在《国际地层指南》^[43]和《建立全球年代地层标准的指南》^[44]中已经阐明。但下述各点仍需作简要说明。

3.1 综合年代地层表的必要性

有些评论者担心,批准综合年代地层表必将否定已经沿用150年的传统的乌拉尔标准剖面。这种担心是可以理解的,但实际上缺乏依据。今后,乌拉尔的二叠系仍将维持其传统标准剖面的作用。综合年代地层表的建成不会降低传统标准剖面在国际对比中的价值。

不过,包括传统标准剖面在内的所有著名的区域性层序,虽已扩展成一种区域性的分带系统,但不可能达到符合国际地层委员会制定的年代地层标准的要求。传统标准剖面虽然已经沿用了—个多世纪,却从未成为定义确切的年代地层单位。阿丁斯克阶以上的年代地层单位的不足之处则尤其显著。在大多数论著中,往往同时引用传统标准剖面与其他主要的区域性层序,如特提斯、北美、冈瓦纳和西欧的层序作为参照标准进行对比。因此,以生物地层的精度和对比潜力较高的层序为基础,建立一个通用的二叠纪年代地层表显然很有必要。

普遍认为,一个精确、可靠的年代地层表可以通过建立系间和系内界线的全球层型而制定。凡是赞同全球层型应具备的条件及其建立规范者都会发现,传统标准剖面中阿丁斯克阶以上的单位不可能建成为全球层型。在这种情况下,我们别无选择,只能在特提斯地区和北美寻找候选剖面。这些剖面含有古赤道带地区的高分异度的动物群,后者比高纬度地区相对单调的动物群更适宜进行演化序列的分析,作精确地厘定有关界线的依据。

3.2 全球层型的优选沉积相和关键化石群

国际二叠纪地层分会成员基本上都同意,开阔海相沉积可以为国际二叠系对比提供生物地层精度较高的层序;牙形化石的演化渐变群可以提供具有较高对比价值的、精确的界线层位。这并不意味着富含其他具备重要对比意义的类群,如筳类、菊石、孢粉等的沉积层序不重要。然而通过开阔海相的基础剖面来对比其他剖面通常要容易些。有些评论者不赞同国际二叠纪地层分会制定综合年代地层表时采用的岩相和关键化石群^[45]。国际地层委员会所属单位在近几十年来的成就本身却很有说服力。几乎全部已被批准的古生代全球界线层型都是根据牙形化石演化序列厘定的。国际二叠纪地层分会的实践经验也证明,这种厘定二叠纪年代地层单位的技术路线可以继续执行。例如,乌拉尔世牙形化石带在乌拉尔、北美和华南都可以精确地认定。当然,二叠纪牙形化石带序列的许多部分亟待完善,关键属种的分类问题必须根据具有充分代表性的样品予以清理,牙形化石带序列与其他重要化石类群之间的对比关系应尽量建立起来等等。

表 3 部分二叠纪地层序列对比表
Table 3 Correlation chart of selected Permian sequences

主要的区域性地层序列										
新分类方案	传统标准	西特提斯	中国南部	日本	美国西南部	德国	澳大利亚东部	澳大利亚西部	巴萨斯坦盐岭	加拿大北极
乐平统	Vyatsk Severod-vinsk Ufimian	Dombanian Dzhulfian	乐平统	Minian TOYOMAN	Ochoan GUADALUPAN	Zhechstein	Narabreen Gr U5c	Hardman Fm	Chhidm Fm Kalabagh Mb	?
瓜德普统	Urzhan Kazemian	Median Murgabian	冷坞阶 孤峰阶	Kuman Akasabian Nabeyaman	Capitanian Wordian Roadian	Elbo Havel	Gerringong Volcanics Berry Fm Nowra Ss	Condfen Ss.	Waghal Fm	Degerbols Fm
空谷阶	Kungurian	Kubergandian Bolotian	祥播阶 罗甸阶	Kankurran Sakamotowa	Cathedralian Leonardian	Eisenach Fm Tambach Fm	Wandawandam Siltstone U5a	Mungadan Fm	Assistance Fm	Assistance Fm
亚丁斯克阶	Arnsakian	Yakhtushian	隆林阶	Kabayaman	Hessian	Rotterdam Fm	Snapper Point Fm U4	Byro Gr	Sardkai Fm	Great Bear Cape Fm
阿瑟尔阶	Asselian	Asselian	Nectian	Nectian	Goldlauter Fm	3a-b	Allandale Fm Lochinvar Fm	Carrandibby Fm	Dandot Fm	Belcher Channel Fm

实际上,选择适当的海相层序代替非海相的传统标准层序并非二叠系地层学者特有的解决方案。早在80年代,经典地区的陆相的 Downtonian 统已正式被海相的 Pridolian 统代替作为志留系的第四个统。此外,上石炭统与二叠系相似,也将以古赤道带的海相层序为基础而厘定,但不采用经典地区的陆相层序。

3.3 命名的稳定性

Lazarev^[46]在评论中指出二叠系及其组成单位名称的不稳定性问题。他表示担心,一旦瓜德鲁普统和乐平统等名称被接受,那么按照地层系统现代化的逻辑,“二叠系”一名最终也将被抛弃。这种关于系名的不稳定性的论断显然言过其实。与之相反,系内各条界线的全球层型建成后,将使“二叠系”一名更加稳定。没有任何迹象表明,由于在综合年代表中采用了瓜德鲁普统和乐平统,而将导致更改系名。志留系经典层序的 Downtonian 统被 Pridolian 统替换后,也从未出现过更改系名的问题。

地层名称的稳定性主要依赖“优先原则”。笔者同意《国际地层指南》^[43]的阐述:命名的优先权应当受到尊重,但其关键因素应当是单位的可用性,阐述的充分程度,定义的明确性和适用范围的广泛性。

新的年代地层方案充分尊重命名的优先原则,尽量采用传统标准层序的年代地层单位名称。例如,传统标准剖面中的空谷期地层虽然不适于厘定全球层型,但还是达成保留“空谷阶”一名的妥协,因为其底部大体可以按牙形化石带认定。

4 结论

国际二叠纪地层分会需要这一综合年代地层表,没有这样一个基础性的年表,就无法组织实施选定系内各界线的全球层型,达到建立全球标准地质年表的目的。虽然对统和阶的定义存在一些小的意见分歧,但从总体上讲,此表足以允许分会跨入选择系内界线的全球层型的新阶段。至少,分会能在近期集中力量去建立空谷阶、瓜德鲁普统和乐平统的全球层型。

参 考 文 献

- 1 Murchison R I. Letter to Dr. Fisher v. Waldheim. Philosophical Magazine, N. S. 1841, 19: 418.
- 2 Karpinsky A P. Ueber die Ammoneen der Artinsk-Stufe. Mem. Acad. Sci. (St. Petersburg), 1889, Ser. 7, 37(2).
- 3 Ruzhencev V E. New data on the stratigraphy of the Carboniferous and Lower Permian of the Orenburg and Aktiubinsk Districts. Problems Soviet Geology 6. 1936, 470~506.
- 4 Ruzhencev V E. Upper Carboniferous Ammonoids of the Urals. USSR Academy of Sciences, Moscow. 1950, 223.
- 5 Dunbar C O. The type Permian—its classification and correlation. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1940, 24(2): 237~281.
- 6 Glenister B F, Furnish W M. The Permian Ammonoids of Australia. Journal of Paleontology, 1961, 35: 673~736.
- 7 Furnish W M. Permian stage names. In: Logan A, Hills L V. ed. The Permian and Triassic systems and their mutual boundary. Canadian Society of Petroleum Geologists, 1973, 2: 522~549.
- 8 Kozur H. Beitrage zur conodontenfauna des Perm. Geol. Palaont. Mitt. Innsbruck, 1975, 5(4): 1~41.
- 9 Waterhouse J B. World correlations for maine Permian faunas. Queensland University Department of Geology Papers, 1976, 7(2): 232.
- 10 Waterhouse J B. An early Djulfian (Permian) brachiopod faunule from Upper Shyok Valley, Karakorum range, and the implications for dating of allied faunas from Iran and Pakistan. Contribution to Himalayas Geology, 2. 1982, 188~233.
- 11 Dickens J M, Archbold N W, Thomas G A, Campbell H J. Mid-permian correlation. In: Jin Yu-gan and Li Chun ed. Compte Rendu Onzieme Congres International de Stratigraphie et de Geologie, Beijing, China. 1989, 2: 185~198.
- 12 Harland W B, Armstrong R L, Cox A V, Craig L E, Smith A G, Smith D G. A geological time scale. Cambridge Uni-

- iversity Press, 1990, 1~263.
- 13 Chuvashov B I, Nairn A E M. Permian System; Guides to Geological Excursions in the Uralian Type Localities. Occasional Publications ESRI (Earth Sciences and Resources Institute), 1993, New Series 10: 303.
 - 14 Glenister B F, Boyd D W, Furnish W M, Grant R E, Harris M T, Kozur H, Lambert L L, Nassichuk W W, Newell N D, Pray L C, Spinosa C, Wardlaw B R, Wilde G L, Yancy T E. The Guadalupian; Proposed international standard for a Middle Permian Series. *International Geology Review*, 1992, 34(9): 857~888.
 - 15 Jin Yugan, Mei Shi-long and Zhu Zhi-li. The potential stratigraphic levels of Guadalupian Lopingian boundary. *Permophiles*, 1993, 23: 17~20.
 - 16 Jin Yugan, Glenister B F, Kotlyar C K, Sheng Jin-zhang. An operational scheme of Permian chronostratigraphy. *Palaeoworld*, 1994, 4: 1~14.
 - 17 Jin Yugan, Wardlaw B R, Glenister B F, Kotlyar G V. Permian chronostratigraphic subdivisions. *Episodes*, 1997, 20(1): 10~15.
 - 18 Huang T K. The Permian formations of Southern China. *Memoirs of the Geological Survey of China, Ser. A.*, 1932, 10: 1~40.
 - 19 Chuvashov B I. Progress report of Permian Stratotypes Working Group. *Permophiles*, 1994, 25: 7~8.
 - 20 梅仕龙, 金玉珩, B R 瓦特罗. 四川宣汉渡口二叠纪“孤峰组”牙形石序列及其全球对比意义. *古生物学报*, 1994, 33(1): 1~23.
 - 21 梅仕龙, 金玉珩, B R 瓦特罗. 川东北三叠纪吴家坪期牙形石(刺)序列及其世界对比. *微体古生物学报*, 1994, 11(2): 121~140.
 - 22 Iranian—Chinese Research Group. Field work on the Lopingian stratigraphy in Iran. *Permophiles*, 1995, 27: 5~6.
 - 23 Jin Yu-gan, Mei Shi-long, Zhu Zili. The Maokouan—Lopingian boundary sequences in South China. *Palaeoworld*, 1994, 4: 119~132.
 - 24 Kanmera K, Nakagawa K. Permian—Triassic relationships and faunal changes in the Eastern Tethys. In: Logan A and Hills L V. ed. *The Permian and Triassic systems and their mutual boundary*. Canadian Society of Petroleum Geologists, 1973, 100~120.
 - 25 赵金科, 盛金章, 姚兆奇, 梁希洛, 陈楚震, 芮琳, 廖卓庭. 中国南部的长兴阶和二叠系与三叠系之间的界线. *中国科学院南京地质古生物研究所丛书*, 1981, 2: 1~95.
 - 26 Menning M. A revised Permian polarity time scale. *EUG VII Abstract*. Strasbourg. 1993, 4~8.
 - 27 Heller F, Chen H H, Dobson J, Haag M. Permian—Triassic magnetostratigraphy — new results from South China, *Phys. Earth Planet. Int.*, 1995, 89: 281~295.
 - 28 Haag M, Heller F. Late Permian to Early Triassic magnetostratigraphy. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1991, 107: 42~54.
 - 29 Khramov A N. Palaeomagnetic investigations of Upper Permian and Lower Triassic sections on the northern and eastern Russian Platform. *Trudy VNIGRI, Nedra, Leningrad*, 1967, 204: 145~174.
 - 30 Theveniaut H, Lootwiiijk C, Giddings J. Magnetostratigraphy of the Late Permian coal measures, Sydney & Gunnedah Basin: A regional & global correlation tool. *Proc. 28th Newcastle Symposium on "Advance in the study of the Sydney Basin"*, 15~17 April, 1994, Univ. of Newcastle, Newcastle, N. S. W., 1994, 11~23.
 - 31 Jin Yugan, M Menning. A possible north—south correlation of the Permian. *Permophiles*, 1996, 29: 40~42.
 - 32 Li Huamei and Wang Junda. Magnetostratigraphy of Permo-Triassic boundary section of Meishan of Changxing, Zhejiang. *Science in China B*, 1989, 6: 652~658.
 - 33 Roberts J, Claoui-Long J C, Foster C B. SHRIMP zircon dating of the Permian System of eastern Australia. *Australian J. Earth Sci.*, 1996, 43: 401~421.
 - 34 Bowring S A, Erwin D H, Jin Yugan, Wang Wei, Martin M W, Davidek K. Geochronologic constraints on the End-Permian mass extinction. *Science*, 1998, 280(5366):1039~1045.
 - 35 Renne P R, Zhang Zichao, Richard M A, Black M T, Basu A R. Synchrony and causal relations between Permian — Triassic boundary crises and Siberian flood volcanism. *Sciences*, 1995, 269: 1413~1416.
 - 36 Leven E Yu. Main events in Permian history of the Tethys and fusulinids. *Stratigraphy and Geological correlation*. 1993, 1(1):51~65.
 - 37 Sheng Jinzhang, Jin Yugan. Correlation of Permian deposits of China. *Palaeoworld*, 1994, 4:14~94.
 - 38 Minato M, Kato M, Nakamura K, Hasegawa Y, Choi D R, Tazawa J. Biostratigraphy and correlation of the Permian in Japan. *Journ. Fac. Sci., Hokkaido Univ.*, 1978, 4(18): 1~2, 11~47.
 - 39 Ross C A, Ross J R P. Late Paleozoic sea levels and depositional sequences. In: Ross C A, Haman D. eds. *Timing and de-*

- positional history of eustatic sequences, Constraints on seismic stratigraphy. Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Publication, 1987, 24: 137~149.
- 40 Archbold N W, Dickins J M. Australian Phanerozoic Timescales; 6. A standard for the Permian System in Australian. Bureau of Mineral Resources, Australian Record, 1991, 36.
- 41 Wardlaw B R, Pogue K R. The Permian of Pakistan. In: Scholle, P A, Peryt, T M, Ulmer-Scholle, D S. eds. The Permian of Northern Pangea, Volume 2, Sedimentary Basins and Economic Resource. 1995. 215~224.
- 42 Nassichuk W W. Permian Ammonoids in the Arctic Regions of the world. In: Scholle P A, Peryt T M, Ulmer-Scholle D S. eds. Permian of the Northern Pangea. 1, Springer-Verlag, Berlin 1995. 210~236.
- 43 Salvador A. International Stratigraphic Guide, a guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure. 2nd edition, Int'l Union Geol. Sci. & Geol. Soc. Amer., Inc. 1995. 1~214.
- 44 Remane J, Bassett M G, Cowie J W, Gohrbandt K H, Lane H R, Mechelsen O, Wang Naiwen. Guidelines for the establishment of global chronostratigraphic standard by the International Commission on Stratigraphy (ICS), Episodes, 1996, 19 (3): 77~81.
- 45 Shevelev A I, Khalimbadzha V G, Burov B V, Esaulova N K, Gusev A K. On the Problems of the International Permian Stratigraphic Scale. Permophiles, 1994, 27: 38~39.
- 46 Lazarev S S. The Problem of stability of stratigraphic names in the standard of the Permian System. Abstract, International Symposium on Evolution of Permian Marine Biota, Moscow, 1995, 60~61.

A New Permian Chronostratigraphic Scheme

Jin Yugan, Wang Xiangdong, Shang Qinghua and Wang Yue

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu, 210008)

Abstract

International agreement has been achieved on the names of series and stages into which the Permian System should be divided and on the levels for the basal boundaries of these subdivisions. This scheme incorporates three excellent reference successions; the Cisuralian Series of the Urals, the Guadalupian Series of the SW USA and the Lopingian Series of South China which represent the Lower Permian and the lower and upper series of the Upper Permian respectively. The scheme will serve as a working template for the Permian Subcommittee in defining the GSSPs for intra-systemic boundaries and also enables us to correlate the Permian marine sequences worldwide in a higher resolution manner.

Key words: chronostratigraphy; Permian; Cisuralian; Guadalupian; Lopingian

作者简介

金玉环,男,生于1937年。1959年毕业于南京大学地质系古生物学专业。现为中国科学院南京地质古生物研究所研究员,从事腕足动物化石和石炭纪、二叠纪地层研究,曾任国际二叠纪地层分会秘书(1984~1989)和主席(1989~1996),致力于新一代国际二叠纪年代地层系统的建立;现任国际古生物协会副主席。通讯地址:210008,江苏省南京市北京东路39号,中国科学院南京地质古生物研究所;电话:(025)33557026;电子信箱:ygj@publicl.pptt.js.cn。