

黔湘桂交界地区南华系划分 ——基于连续完整的贵州从江县黎家坡南华系剖面

卢定彪¹,肖加飞²,林树基³,杨海英²,吴开彬¹

LU Dingbiao¹, XIAO Jiafei², LIN Shuji³, YANG Haiying², WU Kaibin¹

1.贵州省地质调查院,贵州 贵阳 550081;

2.中国科学院地球化学研究所/矿床地球化学国家重点实验室,贵州 贵阳 550081;

3.贵州省地质矿产局区域地质调查院,贵州 贵阳 550005

1. *Guizhou Geological Survey Institute, Guiyang 550081, Guizhou, China;*

2. *State Key Laboratory of Deposit Geochemistry/Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550081, Guizhou, China;*

3. *Regional Geological Survey Institute, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Guiyang 550005, Guizhou, China*

摘要:南华系大致对应国际上的成冰系。但是,到目前为止仍未能确定其层型剖面,内部划分更是存在较多分歧。寻找南华系层型候选剖面尤为重要与迫切。为此,通过1:5万地质调查,在贵州省从江县黎家坡地区找到了一条层序完整、沉积连续、厚度巨大、分层标志明显、顶底界线清楚的南华系剖面。基于该剖面初步研究成果,结合对湘黔桂交界区、湘西北、峡东等地区其他南华系剖面的实地考察资料,综合分析近年前人关于南华系的研究成果,以完整的南华大冰期发展演化过程为线索,对南华系内部划分进行了初步尝试。根据黎家坡南华系剖面南华大冰期沉积记录,将其从下向上依次划分为长安冰期、富禄间冰期、南沱冰期。明确提出南华系可进一步划分为3个统:下统对应长安冰期沉积序列,中统对应富禄间冰期沉积序列,上统对应南沱冰期沉积序列。为中国南华系内部划分提供了一种更合乎逻辑的方案。这一研究成果对成冰系的划分提供了不可多得的材料,将丰富成冰系的研究信息。

关键词:地层划分;南华系;连续完整剖面;黎家坡;黔湘桂交界区

中图分类号:P534.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-2552(2019)02/03-0200-08

Lu D B, Xiao J F, Lin S J, Yang H Y, Wu K B. Subdivision of the Nanhuan System in Guizhou-Hu'nan-Guangxi border area based on the well-reserved Nanhuan System section in Lijiapo, Congjiang County, Guizhou Province. *Geological Bulletin of China*, 2019, 38(2/3):200-207

Abstract: Previous researchers failed to specify the stratotype section of 'Nanhuan System', and its internal division still has many divergences. China Geological Survey began to look for Nanhuan stratotype boundary system through 1:50000 regional geological survey. Through this work, the authors found a section in Lijiapo area, Congjiang County, Guizhou Province, which is characterized by well-reserved sequence, sedimentary succession, huge sedimentary thickness, clear layer and clear top to bottom line. Based on investigation of the section, field work in this aspect conducted in Guizhou-Hu'nan-Guangxi border area, northwestern Hu'nan and eastern Sanxia and other research results obtained recent years, and guided by complete development process of Nanhuan Great Ice Age, the authors have divided tentatively the interior of the Nanhuan System. According to sedimentary record of Lijiapo Nanhuan

收稿日期:2017-05-03;修订日期:2017-06-05

资助项目:贵州省国土资源厅《南华系层型候选剖面研究》(编号:黔国土资发[2010]120号)、中国地质调查局项目《扬子地台南缘新增矿山恢复治理面积遥感调查》(编号:121201003000172718)和中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室项目《贵州东部南华纪锰矿的成矿机制和找矿预测》(编号:SKLOGD-ZY125-08)

作者简介:卢定彪(1969-),男,本科,高级工程师,从事区域地质矿产调查工作。E-mail:ldb101@sina.com

通讯作者:肖加飞(1961-),男,博士,研究员,从事区域地质矿产调查研究工作。E-mail:xiaojiafei5@163.com

section, the Nanhuan great ice age is divided upward into Chang'an ice age, Fulu interglacial age and Nantuo ice age. The Nanhuan System can be further divided into three series: lower series corresponding to Chang'an ice age sedimentary sequence, middle series corresponding to Fulu ice age sedimentary sequence, and upper series corresponding to the Nantuo ice age sedimentary sequence. The results obtained by the authors have provided a more logical plan for dividing the internal Nanhuan System.

Key words: stratigraphic division; Nanhuan System; well-reserved section; Lijiapo; Guizhou-Hu'nan-Guangxi border area

1989年国际地层委员会批准的前寒武系划分方案中元古宇被分为3个界10个系,其中新元古界被分为3个系级地层单位,自下而上分为拉伸系(Tonian)、成冰系(Cryogenian)和新元古Ⅲ系(Neoproterozoic Ⅲ)^[1-3]。国际地层委员会新元古界三分方案和成冰系提出后,中国的区域年代地层表与之对比就出现了问题^[4]。1999年12月第三届全国地层会议预备会建议:震旦系底界上移到陡山沱组下界,原上震旦统代表重新厘定的震旦系,原来以冰碛岩为主的震旦系下统另建新系^[5]。新系的名称取意于刘鸿允先生的“南华大冰期”,命名为南华系^[6-7]。这一方案经第三届全国地层委员会审议通过,“南华系”名称在2001年出版的《中国地层指南及中国地层指南说明书》所附《中国区域年代地层(地质年代)表》中使用^[8]。为了优选出南华系层型候选剖面,全国地层委员会建议中国地质调查局配合南华系建系研究,安排1:5万区域填图工作,以提高基础地质和南华系的研究程度^[8]。中国地质调查局于2006年3月下达了贵州1:5万大寨幅(G49E014001)、加鸠幅(G49E014002)、下江幅(G49E014003)、党翁幅(G49E015002)等区域地质调查工作项目,加强该地区南华纪地层的详细划分与研究,寻找南华系层型候选剖面。通过地质调查,于2008年在贵州省从江县黎家坡地区找到了一条出露完整、顶底界线清楚、内部界线清晰、划分标志明显、露头连续的南华系剖面,并对该剖面进行了详细测制,重新厘定了该地区南华系岩石-气候地层序列;明确提出了南华大冰期由长安冰期、富禄间冰期、南沱冰期构成^[9]。

鉴于贵州省从江县黎家坡南华系剖面的发现,2010年3月1日原国土资源部副部长汪民在全国地质调查工作会议上的讲话提出,继续开展贵州雷(黎)家坡南华系层型候选剖面立典研究^[10]。2010年9月,贵州省国土资源厅、贵州省财政厅下达了贵州省南华系层型候选剖面研究项目,通过关键部位平面地质填图与关键剖面测制,提高南华系层型候选剖面的研究程度。在系统修测黎家坡南华系剖面

的基础上,详细观测考察了贵州省黎平县肇兴,松桃县大塘坡、两界河,广西环江县平城、汝湍,融水县平岭,融安县马架,三江县泗里口、林溪、盘畔,湖南省通道县中甲江、长安堡,石门县杨家坪,湖北省宜昌市莲沱王丰岗,长阳县古城等南华系剖面。从岩石地层、层序地层、化学地层(CIA指数)、岩相古地理、年代地层、磁性地层等方面进行了初步研究^[11]。本文基于这些研究成果,对南华系的内部划分进行了初步探讨,为成冰系划分提供不可多得的材料,并丰富了成冰系的研究信息。

关于黎家坡南华系剖面岩石地层特征,笔者2010年已进行了详细的描述和划分^[9],不再赘述。本文以冰期事件沉积为主线,阐述冰期及间冰期地层划分,并探讨相应的年代地层。黎家坡剖面南华系从下向上依次分为长安组、富禄组和黎家坡组3个组级岩石地层单元,根据冰成地层及其间的间冰期(或间冰段)岩性组合特征、冰成沉积物标志、非冰成沉积物标志、化学蚀变指数(CIA),从下向上依次划分为长安冰期沉积序列、富禄间冰期沉积序列、南沱冰期沉积序列,从而可相应地将整个南华系划分为下、中、上3个统(图1)。

从图1中可见,化学蚀变指数CIA值在南华纪地层序列中呈旋回性变化,其所反映的气候特点也呈冷暖交替。但需提及的是,图1中含冰碛沉积的组段CIA值普遍高于现代冰碛岩、冰川冻土的值^[11-12],究其原因,可能是沉积中的再循环作用,导致CIA值偏高。尽管这样,它们的CIA值仍低于其他组段。因而总体上,可以大致反映其时段的气候特征。

1 南华系下统——长安冰期沉积序列

该序列对应的岩石地层为长安组,总厚1285.6m。为一套整合于下江群隆里组之上、富禄组之下的冰海相地层。其顶以富禄组底部的含铁板岩或条带状赤铁矿层(BIF)之底划界;其底以变质冰碛含砾砂泥岩(砂板岩)的出现划界。该序列代表南华纪早冰期——长安冰期沉积。该剖面长安组主要由块状变质冰碛含砾砂泥岩组成:下部

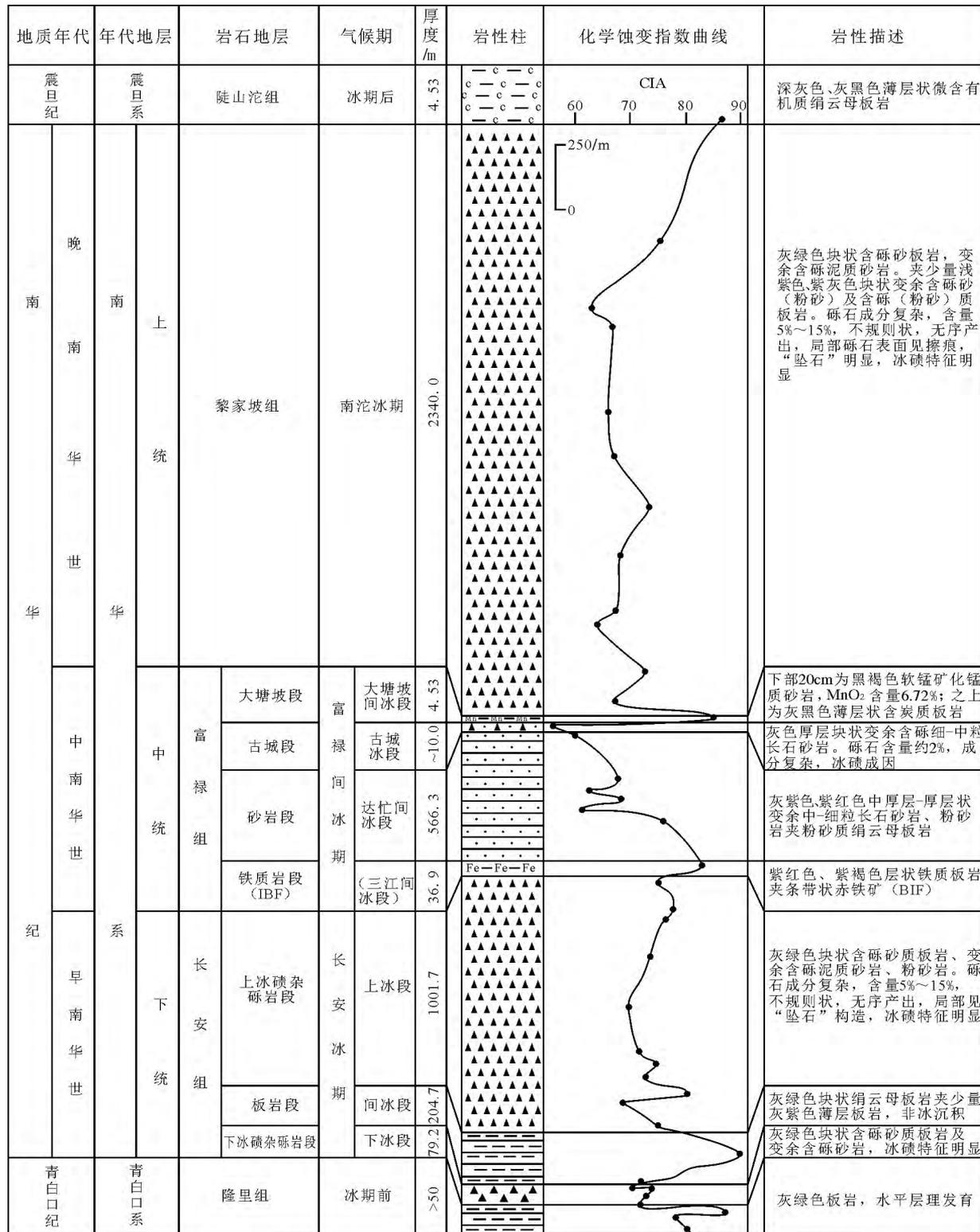


图1 基于黎家坡南华系剖面南华系划分方案

Fig. 1 Division plan based on Nanhuan System section in Lijiapo area

(下冰碛杂砾岩段,厚 79.2m)为一套块状变余含砾砂质板岩、变余含砾岩屑不等粒砂岩、粉砂岩。其中砾石成分有变余粉砂岩、变余砂岩、脉石英、硅质岩等,含量由小于 1%至 5%不等,砾径 0.2~0.5cm,砾石形态多呈棱角状及次棱角状,无分选、无定向,呈“孤石”、“坠石”随机散布于基质中,具冰水沉积特征;中下部(板岩段,厚 204.7m)为一套厚层块状粉砂质板岩、绢云母板岩,无任何冰成沉积物标志;中上部(上冰碛杂砾岩段,厚 1001.7m)为大套厚层块状含砾砂质板岩、变余含砾砂质粉砂岩、细砂岩。其中砾石成分较复杂,有变质粉砂岩、砂岩、板岩、硅质岩、脉石英、花岗岩等,含量 1%~15%,砾径一般 0.5~2cm,大者达 15~20cm,呈次棱角状至次圆状,无分选、无定向,随机散布于基质中,局部见“坠石”压弯纹层现象,部分砾石表面见有刻痕,冰川动力特征明显。

据彭学军等^[13],洪江-溆浦断裂南东的湘西南地区长安组与黎家坡剖面类似。又据对湘黔桂交界相关南华系剖面长安组的考察情况及有关区域地质志^[14-16]和岩石地层^[17-19],长安组在湘黔桂交界区分布较广,厚度巨大,均为冰海相沉积,与下伏板溪群、丹洲群或下江群均为连续沉积。是华南地区新元古代最早的冰川沉积层无疑义。

化学蚀变指数 CIA,在长安冰期沉积序列纵向上表现为低-高-低的变化,与岩石类型的关系密切,反映了不同的气候变化:①下冰碛杂砾岩段含砾板岩的 CIA 值较低,变化在 70.5~73.6 之间,平均 72.1,说明随着含砾板岩的出现。岩石的 CIA 值从隆里组顶部的近 80,降至 72 左右,反映了寒冷气候的来临。②板岩段中板岩的 CIA 值迅速从下部的 79.1 升高至上部的 90.2,反映了炎热、潮湿的气候环境,应为长安冰期中的一个间冰阶段沉积。③上冰碛杂砾岩段为含砾板岩、含砾砂质板岩及含砾砂岩,其 CIA 值总体较第二段偏低,变化于 68.4~80.9 之间,多数低于 75,主要反映寒冷、干燥的气候特点。

关于长安冰期沉积序列的起始年龄,也就是南华系的底界年龄,目前仍无准确的数据。2015 年国际地层委员会将成冰系的底界年龄由之前的 850Ma 修订为约 720Ma^[20],该年龄值与黔湘桂交界地区所推断的长安组底界的年龄相近。2008 年张启锐在湖南芷江板溪群顶部获得年龄数据 725±10Ma^[21];2014 年 Lan 等在广西罗城县四堡村长安组底界下

25m 处拱洞组凝灰质板岩中获得 715.9±2.8Ma,在广西三江高友村长安组底界下 60m 处拱洞组凝灰质板岩中获得 716.1±3.4Ma 两个年龄值^[22](SIMS U-Pb 锆石测年)。因而长安组的底界年龄可能在 715~720Ma 之间。

2 南华系中统——富禄间冰期沉积序列

该序列对应的岩石地层为富禄组,总厚 617.7m。代表湘黔桂交界地区富禄间冰期沉积。为一套整合于长安组之上、黎家坡组之下的浅变质杂色碎屑岩。底以富禄组铁质岩段含铁板岩或条带状赤铁矿层(BIF)与下伏长安组分界;顶以富禄组大塘坡段软锰矿化绢云母板岩、锰质变余粉砂岩、炭质绢云母板(页岩)与上覆黎家坡组分界。富禄组底部铁质岩段为一套灰紫色、紫红色条纹-条带状薄-中厚层状含铁板岩、铁质板岩,夹一层铁染变余细粒长石岩屑砂岩,板岩中局部见水平层理发育,俗称条带状赤铁矿(BIF),厚 36.9m。富禄组中部达忙段为一套灰色、灰紫色、紫红色、灰褐色薄-中厚层状、厚层-块状变余细粒岩屑长石砂岩、变余不等粒长石砂岩、变余砂质粉砂岩,岩石普遍具粒序递变,局部发育平行层理,部分具平行层理的砂岩中含磨圆度良好的石英细砾(砾径 0.2~0.3cm),这些细砾石常聚集成条带或小透镜体,沿走向延伸不远即尖灭,应为水道沉积,厚 566.3m。富禄组达忙段顶部-富禄组大塘坡段黑色岩系之下厚约 10m 的层段,含少许砾石(约 2%),砾石成分以变余砂岩为主,另有少量板岩和脉石英,砾径 0.5~1cm,多呈次棱角状,随机散布于砂级碎屑中,似为“落石”,或为冰筏沉积。2010 年初测该剖面时未单独划出,在对湖北长阳古城组进行考查后,认为应相当于古城组同时期的沉积,本文命名为富禄组古城段。富禄组大塘坡段为黑褐色、黑色块状软锰矿化绢云母板岩、锰质变余粉砂岩(厚 20cm),深灰色至灰黑色薄层状、页片状含炭质绢云母板岩(页岩),厚 4.53m。

实地考察情况和区域资料显示,大塘坡段的黑色含锰炭质岩系在长阳古城、石门杨家坪、松桃大塘坡等地均有发育,岩性稳定,被称为大塘坡组,一些学者^[23]将其代表南华系上、下 2 个冰期之间的整个间冰期的沉积,笔者也认为应是间冰期沉积的一部分;大塘坡段黑色含锰炭质岩系之下厚约 10m 的变余含砾砂岩层段,在长阳古城、石门杨家坪及湘

西地区被称为古城组或东山峰组,在松桃大塘坡地区被称为铁丝坳组,厚0~23.5m,多小于10m,横向延伸不稳定,部分地区缺失,为冰成地层。有学者^[13]将其称为古城冰期沉积,但从其规模、变化情况和气候意义看,显然不能代表一个冰期沉积,当作一个“冰间段”沉积更合理;富禄组的主体部分为一套变余不等粒长石石英砂岩,局部含一些流水成因的砾石,从层序上和岩相上应对应于峡东的莲沱组、湘西北的溇水河组(富禄组)、黔东北的两界河组。一些学者根据其中的砾石、沉积构造(冰楔模、冰足刻蚀迹)^[24]、CIA指数^[25],推断为寒冷气候甚至是冰期沉积,笔者认为其中的砾石均为流水成因而非冰成,而且区域上该部分所对应的层段常夹白云岩,显然不应是寒冷气候的产物;富禄组底部的含铁质板岩或条带状赤铁矿层(BIF)仅见于湘黔桂交界区,在该区域岩性和厚度均较稳定,特征明显,湘西及其以北地区处于剥蚀区而缺失。根据“雪球地球”假说^[26],在新元古代“雪球地球”时期,全球海洋都被冰雪覆盖,出现了还原性的海洋水体,使 Fe^{2+} 可以大量溶解在海水中,形成了出现全球性BIF铁矿的环境基础,一旦间冰期来临,冰层融化,还原的海水被氧化,就大量沉积铁矿层。因此,铁矿层是国际上新元古代Sturtian冰期(下冰期)——长安冰期地层对比的一个重要的全球性标志,也是“雪球地球”假说立论的依据之一。

区域地质资料表明,富禄组底部的含铁层与顶部的含锰层,分别是富禄间冰期初发生的“成铁热事件”与富禄间冰期末出现的“成锰热事件”的产物,是富禄间冰期划分的重要气候标志层。富禄组的CIA值呈现底部和顶部高,而中间低的变化特点。富禄组三江段主要为铁质板岩,其CIA值从下伏长安组顶部的75迅速增至82.7,反映气候已从寒冷转为炎热。富禄组达忙段-古城段主要为砂岩,其CIA值变化的总趋势由高到低,从下部的76左右变至上部的56左右,是整个南华系CIA值最低的层段。这是由于该时间段的沉积反映滨岸环境的特点,沉积物经过较强的水动力机械分选,粘土物质被簸选走, Al_2O_3 的含量减少,CIA值变小。该段的CIA值虽较剖面上其他层段低,但它并不能完全反映那个时期原岩的风化程度及气候条件。

富禄组大塘坡段主要为黑色含炭质板岩,其CIA值较高,变化在77.6~88.8之间,平均83.7,反映

温暖-炎热的气候特征。

关于富禄组的年龄,Zhou等^[27]利用单颗粒锆石U-Pb热离子质谱蒸发法测定了贵州东部寨郎沟剖面大塘坡组底部凝灰岩夹层的锆石年龄,得到年龄为 $663\pm 4Ma$;尹崇玉等^[28]利用离子微探针(SHRIMP II)锆石U-Pb定年方法,测定贵州松桃黑水溪锰矿大塘坡组底部凝灰岩的锆石U-Pb年龄为 $667.3\pm 9.9Ma$;尹崇玉等^[29]在石门杨家坪剖面南华系溇水河组上部凝灰岩夹层中得到的锆石SHRIMP U-Pb年龄为 $758\pm 23Ma$,但张启锐等^[30]认为,该年龄值分析结果中被舍弃的9.1号锆石的晶形最完整、新鲜,9.1号锆石的年龄值686Ma可能更具代表性。这些数据表明富禄组的年龄应大于686Ma,小于663Ma,跨度大于23Ma。

3 南华系上统——南沱冰期沉积序列

该序列对应的岩石地层为黎家坡组。代表湘黔桂交界地区南沱冰期沉积,为一套整合或假整合于大塘坡组之上、震旦系陡山沱组之间的冰海相堆积,总厚2340.0m。由灰色、灰绿色、局部浅紫色、紫灰色块状含砾砂质板岩、变质含砾泥质长石岩屑砂岩、变质含砾泥质不等粒砂岩-粉砂岩组成,除中部偶见砾石聚集呈条带状或似层状构造显示层理外,总体不显层理,呈块状产出。岩石中的砾石含量一般为3%~10%,局部可达30%,成分复杂,有板岩、千枚岩、变余砂岩、脉石英、花岗岩、变余凝灰岩、硅质岩、流纹岩(或石英安山岩)、辉长岩等,砾径一般为0.5~1.5cm,或见5~8cm,最大达45cm,个别砾石表面见压坑和擦痕,“坠石”现象常见,呈棱角状至次圆状,无分选,杂乱分布于较细的基质中,具杂基支撑结构。

本组在湘黔桂交界地区分布广泛,发育完整,厚度巨大,广西岩石地层采用黎家坡组,湖南岩石地层称为洪江组,均明确为冰海相沉积。在峡东-湘西北-黔东北地区,与本组对应的地层为南沱组,为陆相或海陆交互相沉积,发育不完整,厚度变化大。

黎家坡组的化学蚀变指数CIA值显示,从该组底部开始,其CIA值从下伏富禄组大塘坡段超过80迅速降至67左右,往上多数点的CIA值低于70,仅该组上部CIA值增高至75。总体上,该组的CIA值较低,所反映的应是寒冷、干燥的气候特征。至上覆地层陡山沱组底部,CIA值猛增至87,反映气候

已从寒冷转为暖热。

关于黎家坡组的年龄,顶界年龄已确定为 635Ma^[31],底界年龄根据富禄组大塘坡段底部的年龄数据^[26-27]推测应小于 663Ma。因而,推定南华系上统南沱冰期的时限为 663~635Ma。跨度小于 28Ma。

4 讨 论

目前前人关于南华系(成冰系)的划分方案主要有 3 种(表 1)。

肖宗正^[32]的划分方案以峡东地区的一些剖面为代表,以冰川事件为主要依据,结合岩性特征、成冰环境与古地理特征、古生物面貌、年龄测试及磁性地层成果等进行划分。似乎依据是充分的,但忽略了莲沱组与下部地层之间为假整合或不整合这一事实,在莲沱组之下可能缺失南华纪早期沉积的情况下,将莲沱组划归冰前期显然不当。在这一方案中,将古城组、大塘坡组分别对比于黔东南及桂北地区的长安组和富禄组也不当。笔者实地考察峡东、湘西北、黔东北等地有关南华系剖面后认为,莲沱组从层序和岩相上均应对比于富禄组的主体部分。这一认识也逐渐得到了一些学者的认同^[13]。另外在肖宗正^[32]的著作中所附的表 1-2、表 1-3 中,关于南华系上统、下统的划分不统一,不易理解。

张启锐等^[30]的划分方案以贵州黎平肇兴剖面为代表,参考湖南石门杨家坪和湖北长阳古城、宜昌

莲沱等有关剖面,以冰川事件为主要依据,将南华系岩石地层由下向上划分为长安组、富禄组、大塘坡组和南沱组,将原始定义的富禄组(广西岩石地层)分解为大塘坡组和新“富禄组”,并进一步将新“富禄组”划分为两界河段和古城段,指出古城段对应于古城组、东山峰组和铁丝坳组,可能是江口冰期末的一个“冰间段”沉积,提出将新“富禄组”和长安组合并为江口群,对应于国际上的下冰期沉积。这一方案确实较完整地反映了南华系的岩石地层序列,将整个南华大冰期划分为南沱冰期、大塘坡间冰期和江口冰期,似乎可以很好地与国际上的 2 次冰期对比,但淡化了富禄组底部含铁热事件层(BIF 铁矿层)的气候意义及富禄组的主体部分为非冰成因这一事实,根据一个“冰间段”沉积(古城段)把富禄组主体与长安组划归江口冰期值得商榷。

全国地层委员会^[31]划分方案所依据的剖面未明确,其所列的岩石地层单位名称,可能综合了中国南方湘黔桂交界区及湘鄂地区的相关剖面。该方案将南华系分为上、中、下统,上统对应的岩石地层为南沱组,中统对应的岩石地层为古城组和大塘坡组,下统对应的岩石地层为富禄组和长安组。在与该方案主要编制人员高林志研究员交流过程中,得知其主要依据为气候旋回,以一个冷暖交替气候旋回期所对应的沉积记录为一个统,未考虑该旋回期的时间长短和沉积记录规模。从发育完整的从江

表 1 划分方案对比

Table 1 Comparison of four main methods for dividing Nanhuan System (Cryogenian)

肖宗正 ^[32]		张启锐等 ^[30]			本 文			全国地层委员会 ^[31]							
年代地层	岩石地层	年代地层	岩石地层		年代地层	岩石地层		年代地层	岩石地层						
震旦系	陡山沱组	震旦系	陡山沱组		震旦系	陡山沱组		震旦系	陡山沱组						
南华系	上统	南华系	南沱组		南华系	上统	南沱组		南华系	上统	南沱组				
			大塘坡组				中统	大塘坡组			大塘坡组				
			古城组	古城段				古城组							
	下统		莲沱组	江口群		富禄组	两界河段	中统		富禄组	达忙段	下统	富禄组		
						长安组	上段				下统			长安组	铁质岩段
							下段								上冰碛岩段
						下冰碛岩段			长安组						
下伏地层:未见底		下伏地层:丹洲群拱洞组			下伏地层:下江群隆里组			下伏地层:板溪群							

县黎家坡南华系剖面看,如果不考虑气候旋回期时限和其对应的沉积记录规模,只以冷暖交替旋回来划分的话,可以划分出很多个气候旋回期。而且不考虑时间间隔长短也不符合年代地层单位应有一定时间间隔的要求,显然该方案并不是最好的。

此外,有学者^[13]根据古城组(古城段)为冰成地层这一情况,划出一个古城冰期。但是从古城组(古城段)在整个南华系地层柱上所占据的位置,古城组(古城段)无论分布范围还是发育规模均远不能与长安冰期沉积长安组和南沱冰期沉积黎家坡组/南沱组对应,充其量只能是一个“冰间段”沉积。

笔者认为,冰期地层划分的关键是间冰期的划分。在富禄组标准剖面所在的湘黔桂交界区,富禄组底部为厚数米到数十米的条带状赤铁矿(BIF)或含铁板岩;中部为数百米厚的非冰成因长石石英砂岩,夹白云岩;近顶部为厚约十米的含砾砂岩;最上部大塘坡段为厚几米到十余米的含锰岩石、黑色炭质板(页)岩。特别是富禄组底部铁质岩段的含铁板岩或条带状赤铁矿(BIF)与顶部大塘坡段的含锰层,分别是富禄间冰期初发生的“成铁热事件”与富禄间冰期末出现的“成锰热事件”的产物^[33]。“富禄间冰期”这一概念早在20世纪80年代就被提出来了^[34,8],但由于湘黔桂交界区地处九万大山腹地,工作条件差,研究未得以深入。近年来随着交通条件的改善,研究工作逐步展开,特别是1:5万区域地质调查和系统的实地调查取得了更详实的资料,进一步证实了长安冰期、富禄间冰期、南沱冰期划分的正确性,进而对应地将南华系年代地层分为下、中、上统。

5 结论

本文基于连续完整的南华系剖面——黎家坡南华系剖面,以完整的南华大冰期发展演化过程为线索,对南华系内部划分进行了初步尝试。根据黎家坡南华系剖面整个南华大冰期的沉积记录,将南华大冰期从下向上依次划分为长安冰期、富禄间冰期、南沱冰期。明确提出南华系可进一步划分为3个统:下统对应长安冰期沉积序列,中统对应富禄间冰期沉积序列,上统对应南沱冰期沉积序列。为中国南华系内部划分提供了一种更合乎逻辑的方案,这也将丰富成冰系划分的资料。

致谢:本文插图由贵州省地质调查院黄文俊工程师编绘,在此表示感谢。

参考文献

- [1]Cowie J W, Bassett M G.丁荣炳译.国际地质科学联合会1989年全球地层表(用地质年代学方法和磁性地层方法标定)[J].地质调查与研究,1990,(2):45-54.
- [2]孙大中.前寒武时代的新划分和命名[J].矿物岩石地球化学通报,1989,8(4):243-245.
- [3]孙卫国.前寒武时代划分方案浅析[J].地层学杂志,1990,14(3):238-240.
- [4]全国地层委员会办公室.第三届全国地层委员会第1次常委扩大会议[J].地层学杂志,2000,24(4):99.
- [5]全国地层委员会.中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版)[M].北京:地质出版社,2001.
- [6]刘鸿允,董榕生,李建林,等.论震旦系划分与对比问题[J].地质科学,1980,4:307-321.
- [7]刘鸿允.中国震旦系[M].北京:科学出版社,1991.
- [8]全国地层委员会.全国地层委员会“南华系候选层型剖面野外现场研讨会”会议纪要[J].地层学杂志,2003,27(2):159-160.
- [9]卢定彪,肖加飞,林树基,等.湘黔桂交界区贵州省从江县黎家坡南华系剖面新观察——一条良好的南华大冰期沉积记录剖面[J].地质通报,2010,29(8):1144-1151.
- [10]汪民.构建新机制实现新突破努力实现国家地质工作新跨越:在全国地质调查工作会议上的讲话[J].国土资源通讯,2010,10:24-31.
- [11]Nesbitt H W,Young G M.Early proteozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites[J].Nature,1982,21(299):715-717.
- [12]Nesbitt H W,Young G M.Formation and diagenesis of weathering profiles[J].Journal of Geology,1989,2(97):129-147.
- [13]彭学军,刘耀荣,吴能杰,等.扬子陆块东南缘南华纪地层对比[J].地层学杂志,2004,28(4):354-359.
- [14]贵州省地质矿产局.贵州省区域地质志[M].北京:地质出版社,1987.
- [15]广西壮族自治区地质矿产局.广西壮族自治区区域地质志[M].北京:地质出版社,1984.
- [16]湖南省地质矿产局.湖南省区域地质志[M].北京:地质出版社,1986.
- [17]贵州省地质矿产局.贵州省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1996.
- [18]广西壮族自治区地质矿产局.广西壮族自治区岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [19]湖南省地质矿产局.湖南省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,1997.
- [20]International Commission on Stratigraphy.International Chronostratigraphic Chart[EB/OL] [2015-01]. <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2015-01Norwegian.pdf>.
- [21]Zhang Q R,Li X H,Feng L J,et al. A new age constraint on the onset of the Neoproterozoic glaciations in the Yangtze Platform, South China[J].Journal of Geology,2008,4(116):423-430.
- [22]Lan Z W,Li X H,Zhu M Y,et al.A rapid and synchronous initiation of the wide spread Cryogenian glaciations[J].Precambrian

- Research,2014,255:401-411.
- [23] 马国干,王砚耕.鄂湘川黔毗邻地区早震旦世冰川地质问题的讨论[C]//中国地质科学院宜昌地质矿产研究所所刊第七号.北京:地质出版社,1983,43-52.
- [24] 张启锐,储雪蕾,冯连君.南华系“溧水河组”的对比及其冰川沉积特征的探讨[J].地层学杂志,2008,32(3):246-252.
- [25] 冯连君,储雪蕾,张同钢,等.莲沱砂岩——南华大冰期前气候转冷的沉积记录[J].岩石学报,2006,22(9):2387-2393.
- [26] Kirschwink J L.Late Proterozoic low-latitude global glaciation:The snow ball earth[C]//Schopf J W,Klein C.The Proterozoic biospheres.Cambridge:Cambridge University Press,1992:51-52.
- [27] Zhou C M,Tucker R,Xiao S H.New constraints on the ages of Neoproterozoic glaciations in south China[J].Geology,2004,5(32):437-440.
- [28] 尹崇玉,王砚耕,唐峰,等.贵州松桃南华系大塘坡组凝灰岩锆石 SHRIMP II U-Pb 年龄[J].地质学报,2006,80(2):273-278.
- [29] 尹崇玉,刘敦一,高林志,等.南华系底界与古城冰期的年龄:SHRIMP II 定年证据[J].科学通报,2003,48(16):1721-1725.
- [30] 张启锐,储雪蕾.扬子地区江口冰期地层的划分对比与南华系层型剖面[J].地层学杂志,2006,30(4):306-314.
- [31] 全国地层委员会《中国地层表》编委会.中国地层表(2014)[J].地球学报,2014,35(3):插图 I.
- [32] 肖宗正.中国各地质时代地层划分与对比[M].北京:地质出版社,2005.
- [33] 林树基,肖加飞,卢定彪.湘黔桂交界区富禄组与富禄间冰期的再划分[J].地质通报,2010,29(2/3):195-204.
- [34] 王曰伦,陆宗斌,邢裕盛.中国上前寒武系划分和对比[C].王曰伦等.中国震旦亚界.天津:天津科学技术出版社,1980:1-30.
- ① 卢定彪,林树基,肖加飞,等.贵州省南华系层型候选剖面研究报告.贵州省地质调查院,2013.