

# 贵州织金、金沙地区早寒武世含磷岩系 高分辨率层序地层与聚磷模式

赵征, 陈朝玉, 谭华, 左佳丽

(贵州地质矿产勘查开发局 104 地质大队, 贵州 都匀 558000)

**摘要:**通过对织金、金沙地区早寒武世高分辨层序地层分析,认为研究区早寒武世织金、金沙早寒武世高分辨层序地层总体上识别出海平面向上变浅的2个大的沉积序列,织金剖面进一步识别出4个次级层序,金沙剖面进一步识别出5个次级层序.对研究区代表性剖面含磷岩系层序地层的分析,认为生物碎屑滩相最有利海相磷块岩的产出,其次为淹没台地相与生物碎屑滩相的过渡相;研究区海相凝块岩由富磷酸盐析出磷而产生,富磷酸盐的析出受控于海水酸碱环境.

**关键词:**早寒武世;高分辨率层序地层;沉积序列;海相凝块岩

中图分类号:P612 文献标志码:A 文章编号:1672-9102(2014)02-0046-07

## Early cambrian phosphorus – bearing rock formation of high resolution sequence stratigraphy and phosphorus accumulation mode in Zhijin and Jinsha area of Guizhou Province

ZHAO Zheng, CHEN Chaoyu, TAN Hua, ZUO Jiali

(No. 104 Geological Team, of Exploration and Development of Geology and Mineral Resources, Duyun 558000, China)

**Abstract:** Through the analysis of sequence stratigraphy of Zhijin and Jinsha area of early cambrian high resolution, this paper suggests that the study area of the early cambrian in Zhijin, and the early cambrian high resolution identifies the sea level upward of two large sedimentary sequence of shallow stratigraphic sequence in general, Zhijin section further identifies the four secondary sequences, and Jinsha profile further recognizes the five secondary sequence. Analysis of the sequence stratigraphic profile of phosphorus rock in this area represents the bioclastic shoal facies, and the most favorable marine phosphorite output, followed by the submerged platform facies transition shoal phase; marine clot rocks in the study area are produced by phosphorus acid salt of phosphorus, and rich phosphate precipitation is controlled by seawater pH environment.

**Key words:** early cambrian; high resolution sequence stratigraphy; sedimentary sequence; marine clot rock

上扬子地台下寒武统黑色岩系中产有大量的金属及非金属矿床,其中备受关注的磷矿资源在贵州分布广泛<sup>[1,2]</sup>.地史时期海相磷块岩的沉积问题是目前地学领域研究的热点和难点问题之一.因研究方法和角度差异存在诸多争议,通过阅读大量相关文献资料对目前的研究状况可作以下归类总结:

一个大成果就是分类,分类是依据磷块岩物源与成因的联系进行大分类,这些分类反应了成矿物质的来源成因.分为内生岩浆型磷矿床、外生沉积型磷矿床、沉积变质型磷矿床、风化淋滤再造型磷矿床.二个大的成果就是磷矿物源成矿机制.可分为海底喷发热流成矿、浅海沉积成矿、地质再造成矿.其中

收稿日期:2013-12-30

基金项目:贵州地矿局局管科研资助项目(20120924)

通信作者:赵征(1965-),浙江金华人,高级工程师,研究方向:矿产地质勘查. E-mail: dyzz104@sina.com

浅海沉积成矿比列占到 85%<sup>[3]</sup>. 自然,众多地质学者对海相磷块岩研究论述最多. 研究也大都集中在使用构造沉积手段和地球化学手段对海相磷块的结构成因,磷块岩的形成环境、形成阶段、形成作用与成因进行研究<sup>[4]</sup>. 本文在掌握织金、金沙地区丰富室内外资料的条件下对海相含磷岩系进行高分辨率层序地层研究,在进行同期地层对比研究的基础上找出决定聚磷的耦合因子,对贵州织金、金沙地区早寒武世含磷岩系作同期对比划分,找出有利聚磷的沉积环境,对含磷岩系的研究找出研究区的聚磷模式. 对指导找矿勘查、扩大矿产资源潜力具有重要意义.

## 1 区域地质背景

上扬子区包括四川、贵州省大部分、云南省东部和湖南省西部,是我国沉积岩最发育的地区之一,碳酸盐岩、硅质岩和黑色岩系的沉积厚度大,出露范围广泛且十分稳定. 上扬子区震旦系和寒武系地层层序完整,磷矿、铅锌矿等矿产均十分丰富<sup>[5]</sup>. 本文以织金、金沙下寒武统地层作高分辨率层序地层研究. 织金、金沙在早寒武世时期所占地理环境为川滇黔台地,西南为沉积物源补充地的牛首山古陆,东南方向为影响海平面变化的湘桂海盆(见图 1).

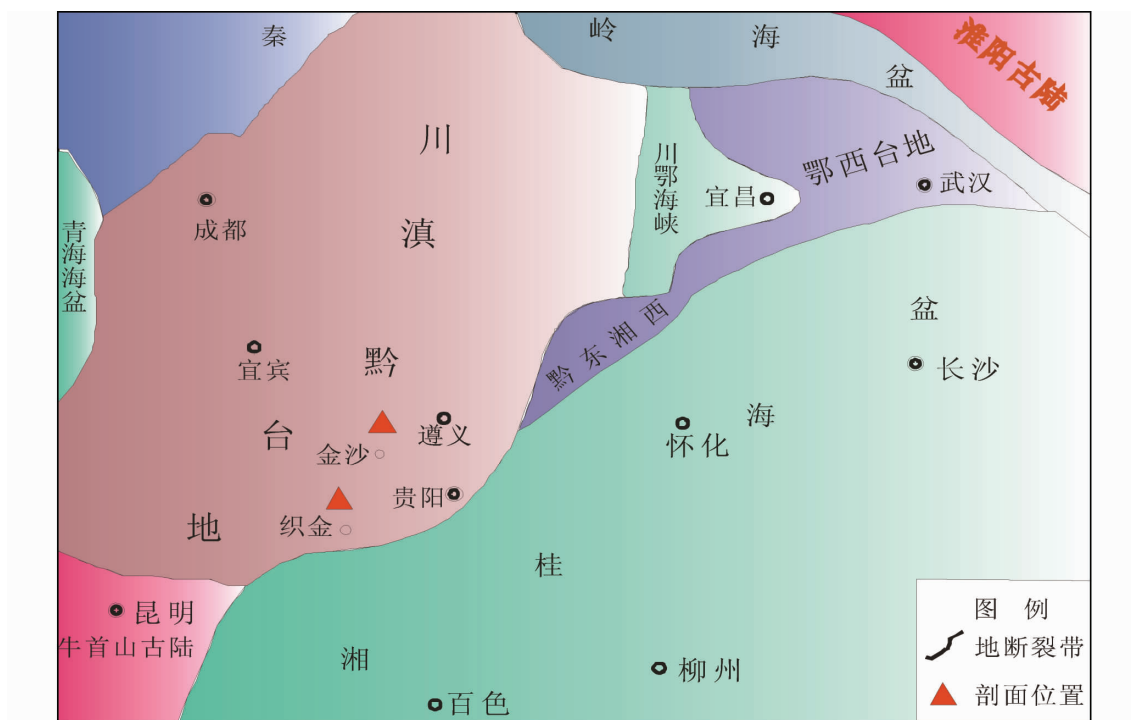


图 1 研究区所处大地构造背景与剖面位置

在研究区地层纵向剖面上织金、金沙地区所处剖面地层为震旦纪与寒武纪过渡时期的大规模碳酸盐台地淹没事件沉积,造成了下寒武统底部的戈仲伍组含磷岩系及广泛分布的牛蹄塘组黑色页岩系,在研究区域内戈仲伍组台地相的含磷岩系代表了海平面初期缓慢上升期,牛蹄塘组的深水相岩石的广泛分布代表了在初期缓慢上升期后的海平面持续上升产生的“相的持续性现象”<sup>[6]</sup>. 牛蹄塘组沉积之后,伴随着若干次的海侵作用和海退作用所表征的时间过程,以及研究区域从北西到南海水由浅变深的总体变化,形成了总体岩性特征变化较为复杂的下寒武统岩石地层系统(见图 2).

## 2 研究区下寒武统代表性剖面高分辨率层序地层分析

### 2.1 织金新华下寒武统钻孔剖面地层分析

该钻孔剖面位于织金新华磷矿区马家桥一带,该钻孔剖面为下寒武统全取芯剖面,地层由牛蹄塘组和明心寺组构成,总体构成 1 个向上变浅的海侵层序,在局部牛蹄塘组下部有一短期的海平面震荡情况出现. 尤以牛蹄塘组下部新华矿区各仲伍矿段有深水盆地相直接震荡为台地相沉积. 总体可以划分为两个大的沉积序列,通过层序界面识别又进一步划分了 4 个沉积序列 CS1 - CS4 (见图 3). 总厚

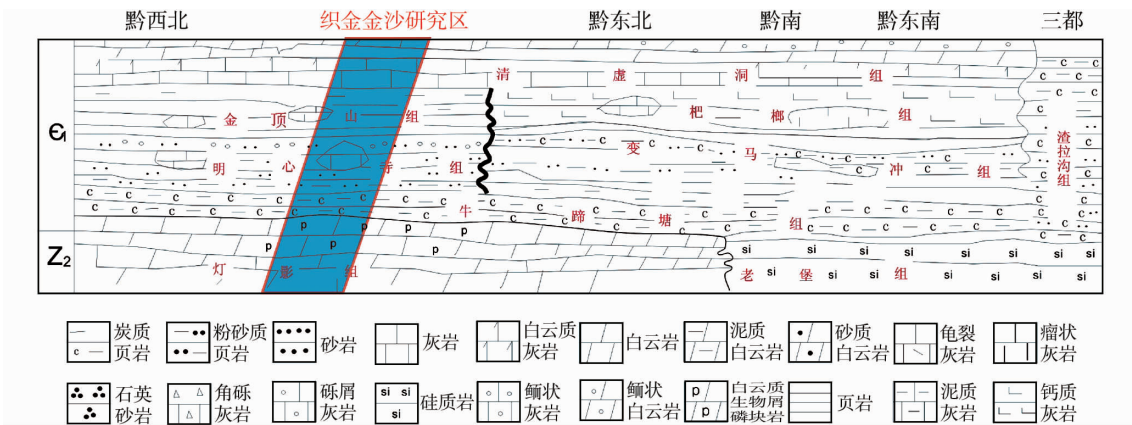


图2 研究区下寒武统所处岩石地层分布示意

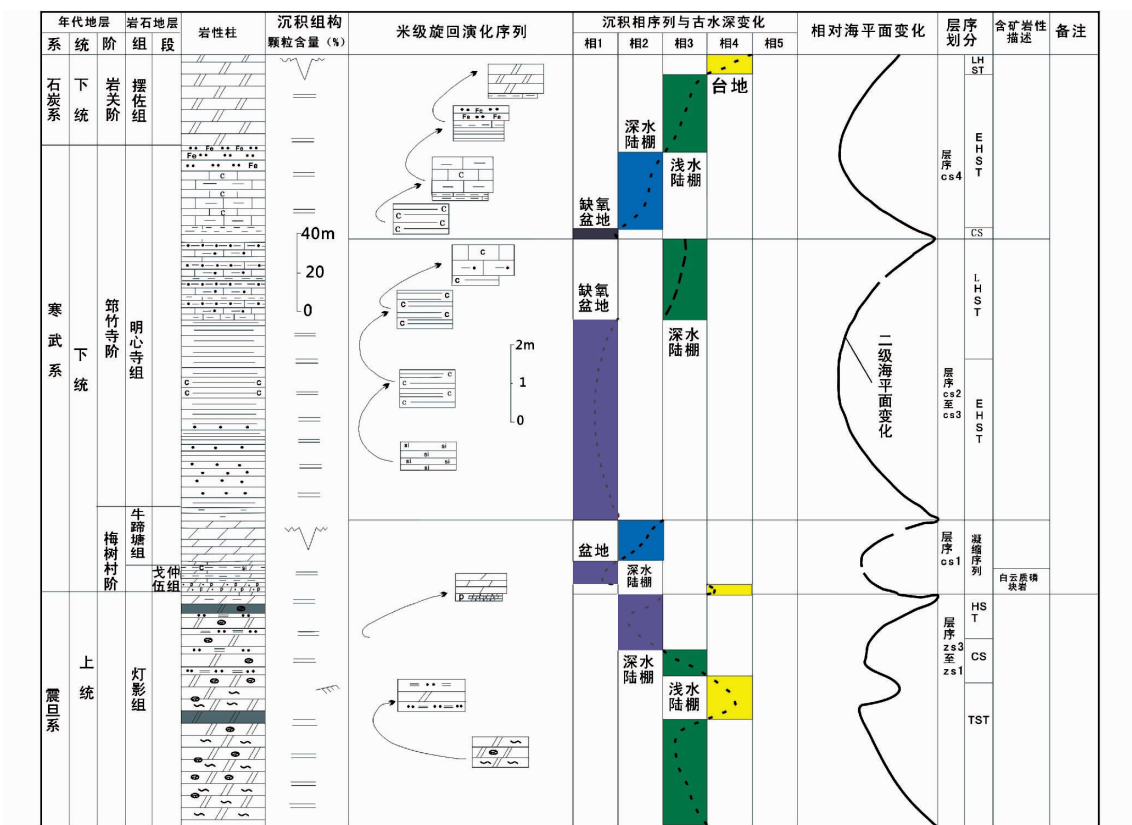


图3 织金新华钻孔剖面下寒武层序地层划分

度 50 m 左右的戈仲伍组与牛蹄塘组大致构成 CS1 沉积序列,该沉积序列初为灯影组深水陆棚相,因海平面快速下降变为夹碳酸盐台地相的戈仲伍组沉积,戈仲伍组上部为深灰色中厚层状细粒含磷白云岩,偶夹暗灰色薄层状白云质磷块岩;中部为深灰色中厚层状含磷白云岩与暗灰色薄层白云质磷块岩,构成条带状构造;下部为灰、青灰色薄至中厚层状细粒白云质砂屑磷块岩. 普遍发育水平层理,局部可见小型交错层理. 与下伏灯影组为假整合接触. 戈仲伍上覆地层牛蹄塘组为海平面快速上涨沉

积凝缩沉积序列,海平面快速上升,可容空间增长速率远远大于沉积物堆积速率而形成饥饿沉积,因海平面快速上升形成深水缺氧盆地沉积环境,故该沉积序列底部为黑色炭质粘土岩、层状或透镜状硅质磷块岩. 黑色炭质粘土岩中常含结核状的硅质磷块岩,普遍见星点状黄铁矿分布,局部见薄层状黄铁矿顺层分布,构成“线理”构造;海平面开始缓慢上升又开始沉积牛蹄塘组下部的灰色中厚层状细粒长石石英砂岩,砂岩间一般夹 1 层 2~4 m 厚的黑色粘土岩或炭质粘土岩;完成下部沉积海平面

又有短期上升,故中部开始沉积灰黑色、黑色薄至中厚层粘土岩;最后海平面趋于稳定牛蹄塘组上部沉积灰黑色粉砂质粘土岩,常夹1层厚0.50~4.30 m灰色中厚层状细粒长石石英砂岩,局部地段偶夹薄层状白云质灰岩。明心寺组底部与中上部构成CS2-CS3沉积序列,该段沉积序列总厚度约为80 m。CS2沉积序列为早期高位体系域沉积,海平面在牛蹄塘组沉积末期开始缓慢上升,沉积物也由早期的泥质粉砂岩过渡到泥质、炭质沉积;到海泛面期沉积环境为缺氧型深水盆地沉积,沉积一定厚度的炭质泥岩,总体上来说CS3为早期高位体系域,在海泛面期后海平面开始缓慢下降,开始沉积紫红色薄至中厚层粉砂质粘土岩、粉砂岩;其顶、底为灰绿色中厚层粉砂岩、粘土质粉砂岩。明心寺组顶部与摆佐组构成CS4沉积序列,该沉积序列总厚度约为60 m。CS3顶部上覆沉积地层,由于海平面急剧上升构成一段CS4凝缩层的饥饿沉积序列。凝缩沉积之后海平面开始缓慢上升沉积早期高位体系域的泥潭质灰岩;在早期高位体系域之后海平面开始缓慢下降沉积一段晚期高位体系域的浅水至台地相的白云岩沉积。

## 2.2 金沙岩孔剖面下寒武统层序地层分析

该剖面位于贵州省金沙县岩孔镇至仁怀县的公路边,下寒武统出露比较好。该剖面的下寒武统包括牛蹄塘组、明心寺组、金顶山组和清虚洞组,具总体向上变浅沉积序列而识别出2个较大的层序,再细分又可进一步划分为5个三级沉积层序(图4)。

牛蹄塘组组成三级层序CS1大部分,牛蹄塘组底部为一层沉积厚度约6 m左右的灰色中厚层细粒白云质砂屑磷块岩,磷块岩上部有近70 m厚的盆地相黑色碳质页岩系地层(CS)为凝缩成因,层序的早期高水位体系域以盆地相黑色碳质泥页岩为主夹陆棚相粉砂质钙质泥页岩,晚期高水位体系域为一套浅水陆棚相粉砂质泥页岩夹少量钙泥质粉砂岩薄层。牛蹄塘组顶部的缺氧深水盆地相黑色碳质页岩厚10 m余,与上覆的明心寺组一起组成三级层序CS2。

明心寺组中上部的厚度为数百米的灰岩地层序列代表晚期高水位体系域单元总体向上变浅的进积序列。自下而上由陆棚相沉积钙质泥页岩至顶

部的近滨相或前滨相沉积钙泥质细砂岩。金顶山组为一个总体向上变浅的沉积相序,大部分地层组成三级层序CS3;金顶山组顶部的砂页岩地层为1个向上加深的退积序列,以自下而上砂质物变少表现出来,该序列组成层序CS4的海侵体系域;清虚洞组底部为盆地相灰黑色钙质泥页岩,沉积厚6 m左右的CS4的凝缩段,层序的高水位体系域的上部为一套向上白云石化程度变强的半局限海台地相灰质白云岩及白云质灰岩地层,下部为一套开阔海台地相泥粒灰岩和粒泥灰岩地层。下寒武统最顶部的三级层序CS5层序全由一套碳酸盐岩地层所组成;层序的海侵体系域(TST)为一套开阔海台地相厚层块状粒泥灰岩,早期高水位体系域以半局限海台地相灰质白云岩及白云质灰岩为主,晚期高水位体系域则为一套厚度不大的泻湖相泥质泥晶白云岩地层。

## 3 研究区早寒武世早期(聚磷期)岩相古地理格局

对贵州织金新华钻孔剖面,贵州金沙岩孔剖面下寒武统地层进行高分辨率层序地层研究。早寒武世地史时期,贵州织金新华矿区处于海平面上升早期滞后时段,海平面不太平静,该沉积环境物质能量处于急剧交锋状态,生物遗迹发育。古地理格局为迅速淹没台地向生物碎屑滩地转化地带。淹没台地因海水迅速淹没,该台地底部为饥饿沉积序列,而生物碎屑滩海水相对较浅,生物及生物遗迹较发育,海水也从碱性转化成酸性,利于含磷物质聚集。金沙岩孔剖面位于淹没台地与生物碎屑滩的过渡区。水体相对织金新华要深,可容纳空间增长速率与沉积物堆积速率相匹配,沉积厚度要比织金新华下寒武统地层厚。金沙岩孔下寒武统牛蹄塘组、织金新华戈仲伍组磷块岩发育稳定而广泛,可以进行横向对比做岩相古地理(见图5)。

## 4 研究区早寒武世磷块岩成矿规律

构成织金、金沙工业磷矿床的矿石都与碳酸盐岩密切共生,从某种意义上可以认为织金、金沙早寒武世碳酸盐的沉积环境、生产率、沉积相分布、沉积物厚度和类型等变化因素将会直接或间接地影

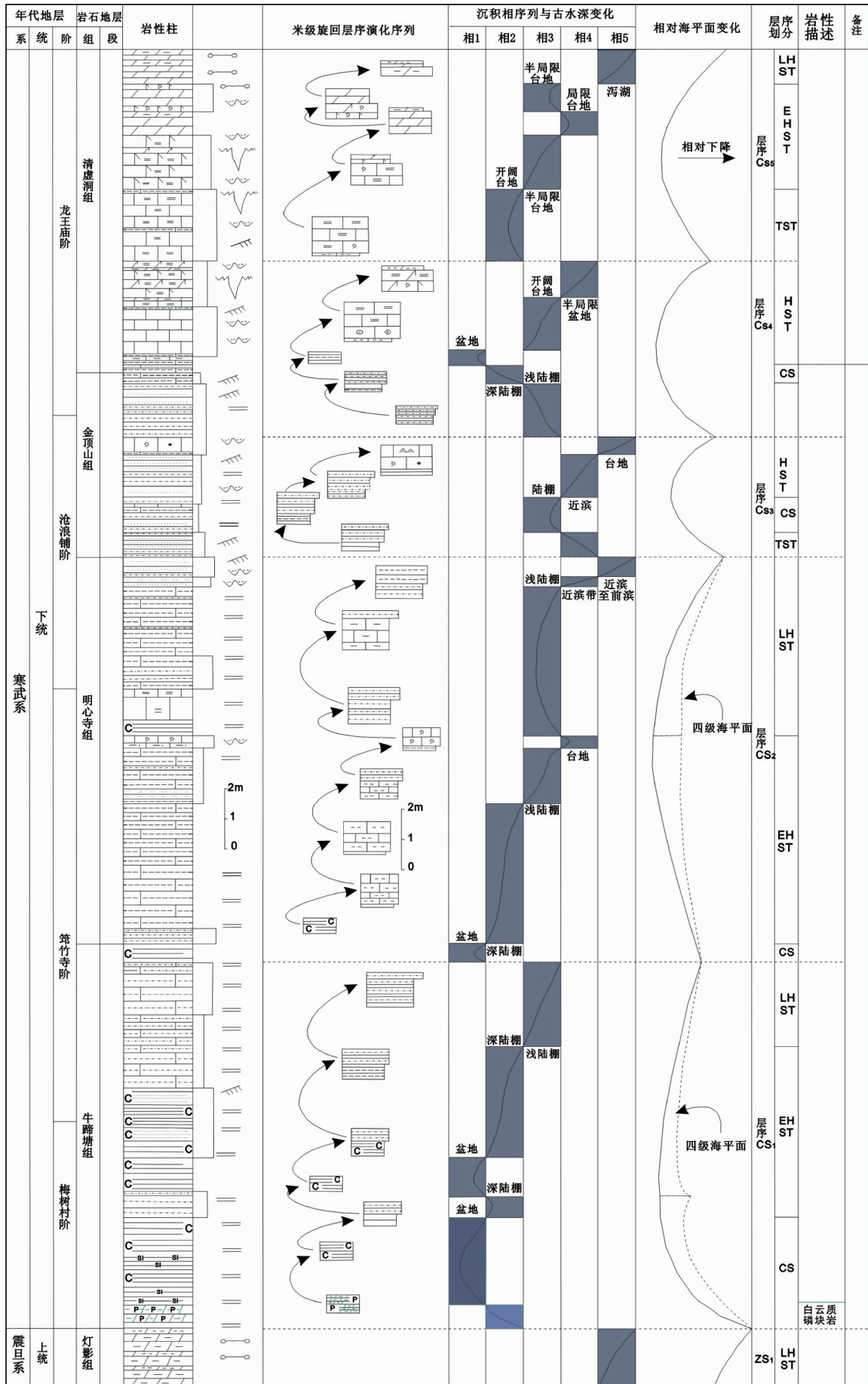


图4 金沙岩孔剖面下寒武统层序地层划分

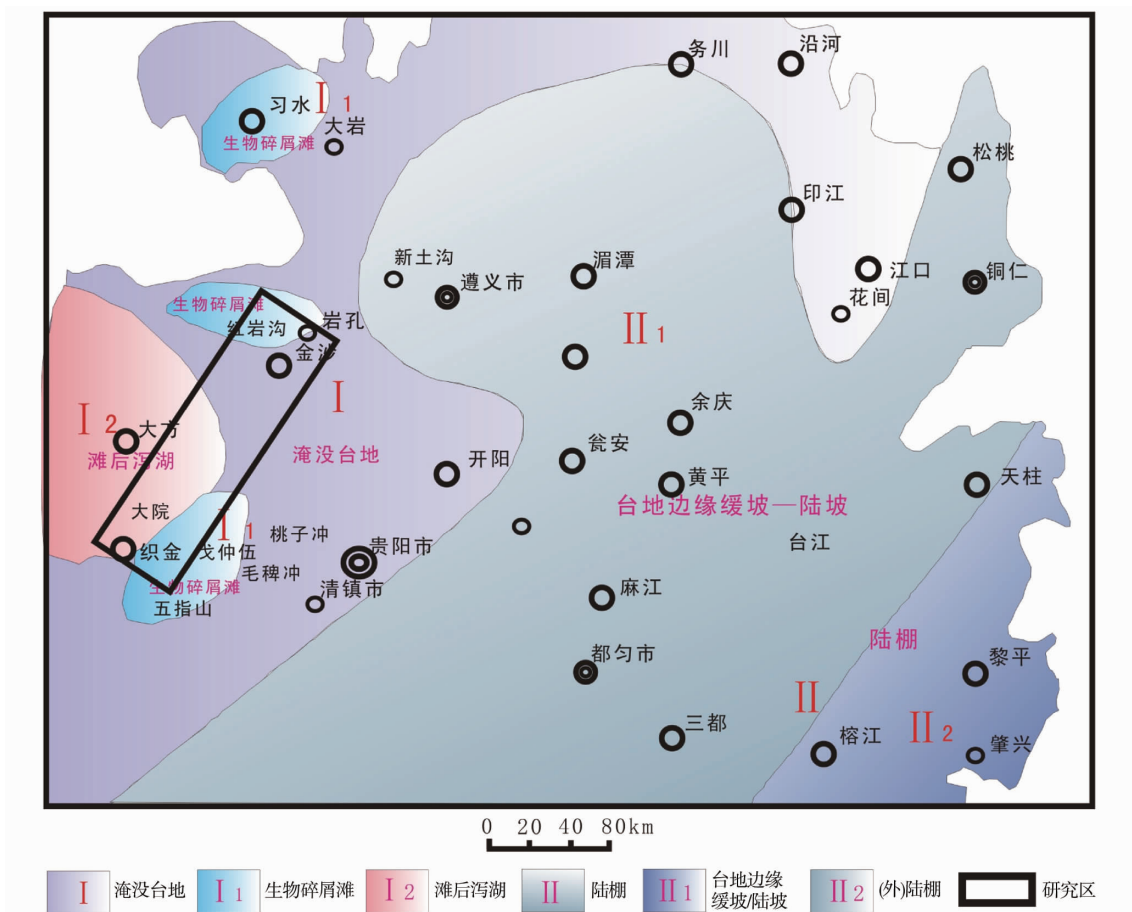


图5 贵州早寒武世聚磷期岩相古地理格局

响着磷灰石从溶解磷酸盐海水中析出、沉淀的速率(即生产率)、磷块岩矿石的类型和厚度、含磷岩系的结构形式及其沉积相特征,以及磷矿床的成矿规模和品质等等。研究碳酸盐层序地层的学者们普遍认为,沉积盆地的构造、沉降全球海平面变化、气候及沉积物的补给等是控制碳酸盐层序地层发育的主要因素。全球海平面变化速率与构造升降速率之间的综合结果,形成了海平面相对变化,为沉积物的补给提供了可容纳空间<sup>[7]</sup>。因此,海平面的相对变化规模和速率,实际上控制了碳酸盐的生成率、淹没台地和生物碎屑礁滩的发育程度及沉积相的分布等。碳酸盐在10 m深度范围内的生产量最多,在10 m左右的范围上面是最高潮面,下面是最低潮面,磷矿层就在这一中间带产出(见图6)。这一窄狭的深度与海平面的相对变化关系密切。另外在10 m深度范围内的海水处于海陆交互地带,这段沉积区域物质与能量交锋最激烈,也最有利新生物质的出现,在这一相对狭窄的海水深度空域里,海平面相对较小的变化就对沉积环境有较大的影响,

以至于织金、金沙地区早寒武世磷块岩聚集相对稳定,但展布范围也不大,所以海平面的相对变化控制了析出、沉淀碳氟磷灰石所必需的淹没台地和生物碎屑滩滩的稳定环境。沉积盆地的构造环境是控制沉积物厚度的重要因素。虽然沉积相的分布主要受控于相对海平面的变化,但是以盆地格局为基础的沉积背景,同样主宰着沉积相带的分布特征。海水的酸碱度也是控制磷酸盐水团析出磷的一大因素。综合以上形成海相磷块岩的沉积环境的主控因素可以建构织金、金沙地区早寒武世早期聚磷模式(见图6)。

早寒武世早期即梅树村期,当上升洋流再次裹挟磷酸盐水团由陆棚边缘盆地向浅水区台地和生物碎屑滩地流动时,首先穿过硅质深水区硅质过饱和层,而此时的海水为碱性,磷酸盐岩仍处于溶解状态,故在硅质岩沉积区没有磷块岩的出现。当裹挟富磷酸盐的水团涌入上层缺氧水体后,由于水体中滞留大量 $\text{CO}_2$ 造成海水体酸度提高,硅质岩沉积区过渡到黑色页岩沉积区,反映了海水体由碱性

到酸性的转发. 因此, 在海水体碱酸的过渡带界面开始析出部分磷灰石, 而到微酸性环境则有大量磷灰石析出. 到黑色页岩组合成的缺氧层, 由于  $CO_2$

过量引起磷酸盐继续层溶解状态, 故在织金、金沙研究区下寒武统黑色页岩特别发育发育的缺氧沉积层里, 磷块岩反而又少见.

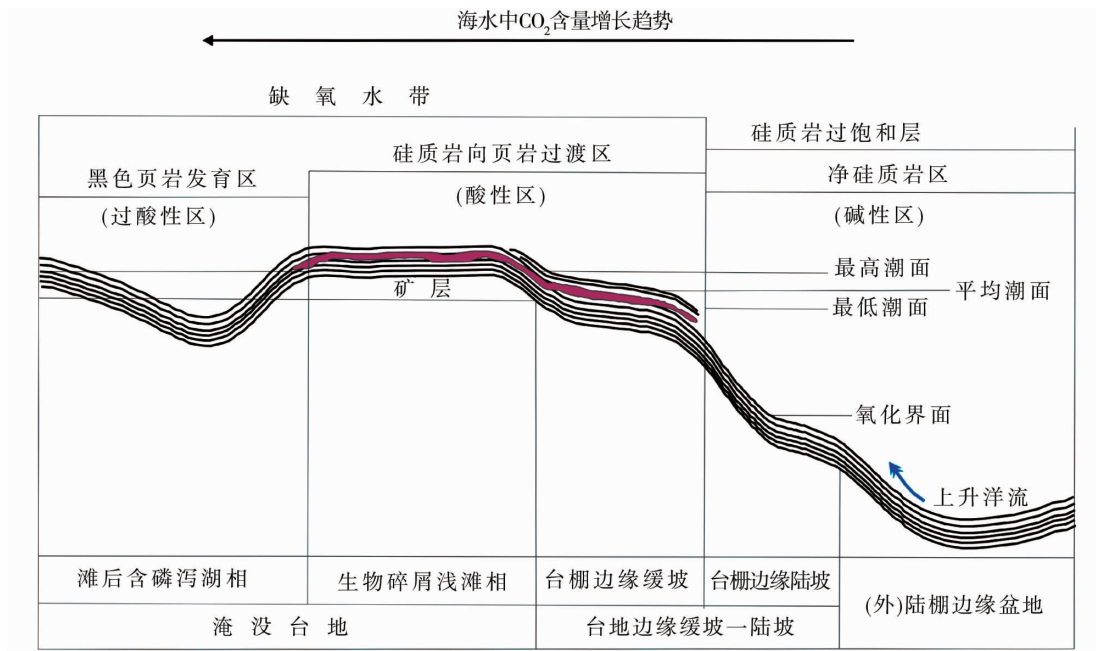


图 6 织金、金沙地区早寒武世聚磷模式

### 5 结论

1) 织金、金沙早寒武世高分辨层序地层总体上是出海平面向上变浅的 2 个大的沉积序列, 织金地区是 4 个次级层序 CS1 - CS4, 金沙地区是 5 个次级层序 CS1 - CS5.

2) 生物碎屑滩相最有利海相磷块岩的产出, 其次为淹没台地相与生物碎屑滩相的过渡相.

3) 织金、金沙研究区海相凝块岩由富磷酸盐析出磷而产生, 利于富磷酸盐析出的海水环境为温暖的微酸性环境.

#### 参考文献:

[1] 陈兰, 钟宏, 胡瑞忠, 等. 湘黔地区早寒武世黑色页岩有

机碳同位素组成变化及其意义[J]. 矿物岩石学报, 2006, 26(1): 81 - 85.  
 [2] 高振敏, 罗泰义, 李胜荣. 黑色岩系中贵金属富集层的成因: 来自固定铵的佐证[J]. 地质地球化学, 1997(1): 18 - 23.  
 [3] 肖荣阁. 贵州省开阳县双阳磷矿与水井湾磷矿资源评估报告[R]. 2009.  
 [4] 叶连俊, 陈其英, 赵东旭, 等. 中国磷块岩[M]. 北京: 科学出版社, 1989.  
 [5] 董卫平. 贵州省岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1997.  
 [6] 梅冥相, 马永生, 张海, 等. 上扬子区寒武系的层序地层格架——寒武纪生物多样性事件形成背景的思考[J]. 地层学杂志, 2007, 15(2): 89 - 96.  
 [7] 吴祥和. 中上扬子石炭系某些宏观地质信息分析[J]. 贵州地质, 1999, 16(4): 18.