

贵州磷块岩

吴祥和 韩至钧 蔡继锋 肖永连 著



地质出版社



贵州磷块岩

吴祥和 韩至钧 蔡继锋 肖永连 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书根据当代沉积学、层序地层学、古海洋学和板块构造等最新理论,对地矿系统近40年来对贵州省磷矿资源普查、勘探和科研所取得的资料进行了全面总结,系统地论述了晚前寒武纪晚期贵州的含磷岩系、磷块岩矿物、矿石类型及典型磷矿床地质特征;重塑了成磷期岩相古地理和构造环境,并探讨了其对磷矿床形成的控制作用;阐明了扬子东南被动大陆边缘向前陆(盆地)充填的聚磷盆地及其演化、三级相对海平面变化旋回和海平面变化事件(界面)及其与成磷作用和磷矿定位的关系;提出了海相磷酸盐循环(模式)的新见解,同时对磷的物质来源、迁移、沉淀和磷块岩的形成、富集机理,以及有关贵州磷块岩成因及磷矿资源远景预测均作了有意义的探讨。

本书既有丰富的地质素材,又有较高的基础理论水平,可供地质类专业科研、教学和生产部门有关专业人员参考、使用。

图书在版编目(CIP)数据

贵州磷块岩/吴祥和等著. -北京:地质出版社,1999.5

ISBN 7-116-02592-8

I. 贵… II. 吴… III. ①磷块岩-研究-贵州②磷矿床-研究-贵州 IV. P588.24

中国版本图书馆CIP数据核字(1999)第17822号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路29号)

责任编辑:牟相欣 王 璞

责任校对:范 义

*

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.125 图版:3页 字数:188000

1999年5月北京第一版·1999年5月北京第一次印刷

印数:1—500册 定价:22.00元

ISBN 7-116-02592-8

P·1899

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

序

1953年春夏,我省著名地质学家罗绳武先生在遵义金顶山脚牛蹄乡之北2 km处的滥田坎首次发现磷块岩,揭开了我省磷块岩矿床勘查工作的序幕。40多年来,共发现产地90处,其中达到磷矿床储量大、中型以上规模的有17处,探明了大量可供开发利用的储量,使贵州成为仅次于湖北、云南居全国第三位的主要产磷省区。并以矿石质优著称,五氧化二磷含量大于30%的储量约占全国的40%,居第一位。开阳、瓮福两个特大型矿床的探明和开发,又使贵州成为全国重要的磷矿石和磷化工基地之一。

贵州磷块岩主要形成于晚震旦世早期(陡山沱期)和早寒武世早期(梅树村期)。前者以矿石质优普遍含碘为主要特点,后者以贫矿石普遍含重稀土元素及钼、钒为主要特点。贵州磷块岩是典型的海相沉积矿产,是磷元素在聚磷盆地演化中与其围岩同时形成的特殊沉积层,具有特殊的沉积条件、地球化学和生物化学环境及构造古地理背景。大量的勘查工作和科学研究,积累了极其宝贵的勘查经验和丰富的地质资料,为进一步探讨磷块岩矿床的磷质来源、成矿作用、成矿过程和成矿背景等基本问题创造了条件。进一步总结研究贵州磷块岩,不仅在理论上为磷矿资源远景预测,而且在实践上指导普查找矿都具有重要意义。因此,贵州地矿局把编写《贵州磷块岩》列为“八五”期间重要科研项目。

《贵州磷块岩》是在收集大量勘查和科学研究成果的基础上,进行了必要的野外调查,并采用宏观与微观相结合的方法,运用当代沉积学、层序地层学、古海洋学等前沿学科的有关理论,对贵州磷块岩矿床进行的全面、系统总结。我们获得了以下主要认识。

1) 将晚震旦世至早寒武世磷块岩明确划分为碳酸盐岩和硅质碎屑岩两套含磷岩系,并根据层序结构类型及所反映的不同沉积环境,进一步细分为九种类型。在较详细研究磷块岩矿物学和岩石学特征基础上,将磷块岩划分为三大类12种类型。其中对生物(结构)磷块岩的研究颇具特色。

2) 重塑了陡山沱期和梅树村期的岩相古地理,客观、合理地配置了新划分的古地理单元及其空间配置,指出了控制磷块岩矿床形成的古地理环境。

3) 运用层序地层学原理、方法,讨论了陡山沱期和梅树村期的露头层序地层特征及聚磷盆地演化过程中成磷作用和磷矿定位的关系,提出了陡山沱期的两个三级旋回海平面上升期是磷块岩矿床的主要形成期。

4) 从古海洋、古气候背景出发,分析了季风带环流和温盐环流形成的两种上升洋流,它们的存在是海底富溶解磷酸盐迁移上升和沉积的必要条件,提出了“贵州晚前寒武纪晚期磷酸盐循环模式”及磷质来自陆源的观点。

因此,本书不论在深度上还是在广度上均充分反映了迄今为止贵州磷块岩研究的新水平,也是迄今为止总结贵州磷块岩最系统、最完整,理论性、实用性较强的专著。它的出

版，是全省广大磷块岩矿床地质工作者 40 多年辛勤劳动的硕果和智慧的结晶。无疑，也是对全省广大磷块岩矿床地质工作者精神上的慰藉。书中提出的一些新认识，希望能在实践中得到检验并进一步深化、完善和发展。

贵州省地矿局总工程师
1996 年 4 月于贵阳

韩金钧

目 录

序	
绪 言	(1)
第一章 含磷岩系及其沉积特征	(4)
一、碳酸盐岩含磷岩系	(4)
二、硅泥质碎屑岩含磷岩系	(16)
第二章 磷酸盐矿物岩石学	(19)
一、磷酸盐矿物学	(19)
二、磷块岩矿石学	(21)
三、贵州磷块岩矿石基本类型	(24)
第三章 磷块岩矿床	(30)
一、晚震旦世早期磷块岩矿床	(30)
二、早寒武世早期磷块岩矿床	(43)
第四章 成磷期岩相古地理	(49)
一、晚震旦世早期(陡山沱期)岩相古地理	(49)
二、早寒武世早期(梅树村期)岩相古地理	(66)
第五章 聚磷盆地及其演化	(74)
一、聚磷盆地构造形迹追踪	(74)
二、震旦纪陡山沱成磷期露头层序地层	(76)
三、寒武纪梅树村成磷期露头层序地层	(85)
四、三级旋回相对海平面变化	(88)
五、聚磷盆地的演化	(93)
第六章 海相磷酸盐循环(模式)和贵州磷矿远景预测	(97)
一、形成海相磷酸盐循环的古海洋地质背景	(97)
二、磷的来源	(99)
三、陆源磷酸盐的迁移和深海溶解磷酸盐的富集	(99)
四、磷块岩的形成和富集(成矿)	(100)
五、海相磷块岩矿床成因解释	(107)
六、贵州晚前寒武纪晚期磷矿远景预测	(108)
结 论	(112)
致 谢	(116)
主要参考文献	(117)
英文摘要	(118)
图版说明及图版	(123)

绪 言

贵州磷矿资源丰富，均系蕴藏于晚震旦世陡山沱组和早寒武世梅树村组的典型海相沉积磷块岩。自 50 年代初在遵义松林附近发现具有工业价值的磷矿床以后，至 70 年代后期近 30 年间，相继探明、开发了开阳、遵义、织金、瓮福等一大批重要的工业矿床，至目前，贵州已成为我国磷矿石和磷酸盐工业的主要基地之一（图 1）。

贵州磷块岩具有质优量大、矿石类型多样、含磷岩系复杂、含有丰富的藻类和小壳动物化石，不少矿床或矿区伴有碘、钇和钽、镱、钼等微量元素、重稀土元素和金属硫化物异常等特征，这无疑与发生在贵州晚前寒武纪晚期特殊的沉积条件、地球化学和生物化学环境、构造古地理背景和聚磷盆地演化等因素有关。研究和总结贵州磷块岩，阐明磷块岩矿床的磷质来源、成矿作用、成矿过程和成矿地质背景等基本问题，紧跟当代国内外有关这一领域前沿的脚步，为贵州及我国磷矿资源远景预测提供科学依据，应是当代地质工作者不可推卸的责任。

发育于贵州晚前寒武纪晚期的海相磷块岩是一种典型的沉积矿产，是磷元素在聚磷盆地演化过程中与其围岩同时形成的一种特殊沉积层。其磷质来源、迁移和沉淀，以及矿床的时空分布等，无不与沉积、成岩、后生作用的不同过程、沉积成岩环境和聚磷盆地演化等密切相关。而含磷地层和沉积作用又是惟一可以进行实地观察的一种地质现象，不懈地追踪储存在含磷岩系内的各种地质信息，刻意归纳构成贵州磷矿床的典型矿石类型，将当代沉积学研究的新理论、新成果渗透到磷块岩矿床的研究中去，是人们认识磷块岩成因的基本思路。

磷块岩是在一定的环境里形成的一种含磷沉积物。由不同矿石类型构成的磷矿床，标志着它们形成于不同的沉积环境。因此，各种含磷岩系，实质上是在不同古地理景观下的物质表现。正确认识磷块岩，尤其是典型矿石类型的沉积相及其沉积环境，可以了解控制磷矿床形成的古地理背景。磷块岩沉积相在晚前寒武纪晚期的时空分布都是很局限的，极大部分为各种环境的非含磷沉积。研究磷块岩沉积相和非磷块岩沉积相在时空上的配置关系，阐明它们的古环境特征，并进而建立其沉积模式，无论是探讨磷质富集的控制因素还是远景预测，或是分析大地构造格局和地质变迁历史，都是一项不可缺少的地质基础。为此目的，本书设立了“成磷期岩相古地理”一章。

自古生代以来，贵州地壳曾遭受过一次又一次的强烈变形，严重地妨碍了对晚前寒武纪晚期聚磷地质的总体认识，所以恢复、重塑成磷期的构造环境和地壳变形程度，是势在必行的一项工程。聚磷期的地壳变形无非表现为一种海陆变迁（规模），现在裸露于地表的一系列磷矿床，是在发生沉积作用和容纳沉积物堆积的地壳拗陷部分形成的，这种地壳拗陷部分通常用沉积盆地这一概念予以描述。陆源磷的供给、迁移、富集无不与沉积盆地的发生、发展、消亡（转化）等演化有关，而沉积盆地之所以能发生这些聚磷作用并形成磷矿床，是由盆地的性质（类型）所决定的。由不同性质基底地壳发育而成的盆地类型，往

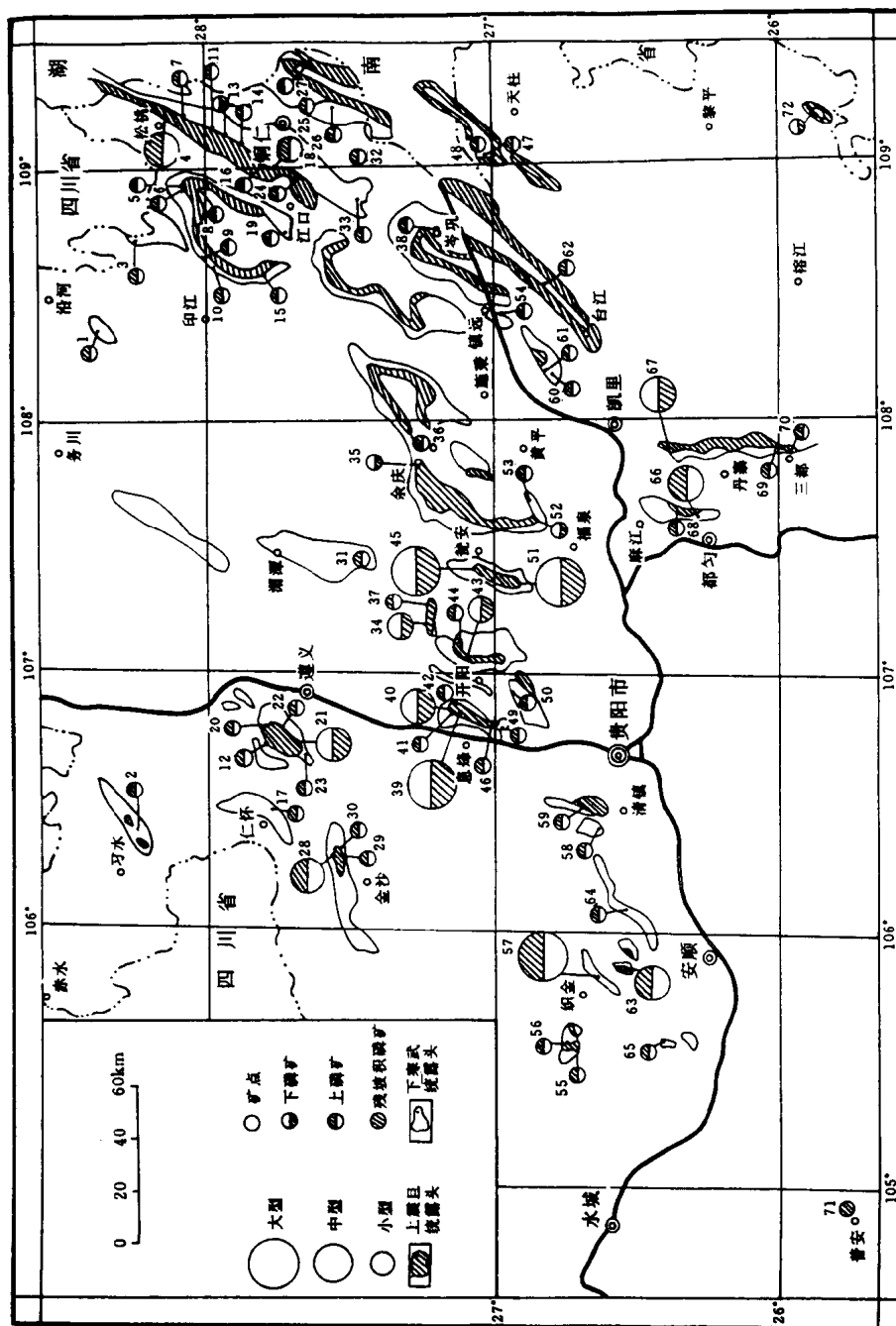


图1 贵州含磷岩系露头磷块岩(点)分布图

往受所在陆块（板块）的构造位置、构造活动等因素控制，亦即构造环境的变化控制了沉积盆地的演化。所以，当代地质学家把研究沉积盆地作为认识地壳演化的重要途径，尤其是发育于晚前寒武纪晚期扬子大陆东南边缘的聚磷盆地，更是认识这一时期地壳演化的重要地区。聚磷盆地演化历史实际上是磷质物和非磷沉积物的充填史，及其充填后的盆地变形史。在当代盆地分析中，最引人注目的是应用以海平面变化为核心的层序地层学原理，以海平面变化事件（界面）和凝缩层为纽带，将岩石地层格架和年代地层格架统一在盆地充填的框架内，从而准确地恢复聚磷盆地的构造演化过程，这对缺乏生物地层资料的晚前寒武纪晚期沉积物对比尤为重要。磷块岩是聚磷盆地演化过程中形成的一种磷酸盐沉积物，磷酸盐的迁移，从溶解磷酸盐海水中析出、沉淀碳氟磷灰石的环境条件，以及富集成矿的岩相古地理背景等等，都与聚磷盆地的大地构造位置，及其演化过程中的变形程度息息相关。本项研究为寻找这些答案，以较多的篇幅对聚磷盆地及其演化进行了分析和探讨。

100 多年前，“挑战者号”首次综合性海洋考察（1873~1876）发现了海底磷块岩，100年后，“格洛玛·挑战者号”对大洋区进行了深海钻探（1968~1983），产生了一门称为古海洋学的新学科。以深海沉积历史作为对象的古海洋学，其当今研究的一个重要内容是查明陆架以外的海底矿产资源，及其形成机理和分布规律。在晚前寒武纪晚期，贵州处于扬子大陆东南缘的边缘海范畴，被动大陆边缘的构造环境和气候对边缘海域的海平面变化、海洋环流、海洋化学和海洋生物生产率，以及生物地理的演变，必然会产生深刻的影响。构成贵州磷矿床的净砂屑磷块岩、结核状磷块岩和凝胶层状磷块岩等典型矿石，其形成过程应该与当时的古海洋性质有关。陆源磷被带入海洋转化成溶解磷酸盐，进一步被迁入底层水中“凝缩”保存起来，而又沿着陆坡缓坡带回到浅水陆架区，沿途随机析出，沉淀磷灰石，并形成各种磷块岩。磷酸盐的这种循环机制和典型磷矿石的形成，无疑皆是沉积基底的构造古地理背景、边缘海域的海平面变化、海洋环流、海洋化学和海洋生物初始生产率等因素综合作用的结果。发育于贵州晚前寒武纪晚期的磷矿床，在贵州整个地质历史记录中可以被看作是一种“磷酸盐罕见事件”，像形成于震旦纪三次全球性冰期那样，具有全球分布的规模。冰期导致海洋环境的各种作用变得异常活跃，冰期过后又将这些“活跃”了的作用进行一次重新调整。形成于陡山沱期和梅树村期的磷块岩，正是在冰期过后的海洋环境调整期间形成的。既然发生在扬子大陆东南缘的边缘海里，磷质的迁移、析出、沉淀等磷酸盐循环过程与海洋的种种因素关系密切，这就迫使我们不得不对其进行一番探索。本书的第六章就是在这样的思绪中诞生的。

磷块岩地质与其它地质学一样，主要是一门观察性和经验性的科学，对一个地质工作者来说，其成功与否，主要在于研究方法、技术路线和研究思路是否科学、合理。在本项研究中，无意追求标新立异，只是追求超脱陈旧思想的束缚，科学地总结贵州磷块岩的成因，开辟新的磷矿资源远景，从而不辜负大自然给我们的恩赐。

第一章 含磷岩系及其沉积特征

磷块岩与其它沉积岩一样都需要建立在地层学和沉积学的基础上,含磷块岩地层的分辨率,极大地决定着沉积学研究的精确程度。作为与磷块岩(矿层)有成因联系的共生岩石组合的含磷岩系,不仅提供了共生岩石的沉积岩石学特征,并通过它们之间各种叠置关系所反映的层序结构类型(非层序地层学的层序涵义),可以准确地判明与形成磷矿床有关的沉积环境和构造背景。

形成于贵州晚震旦世早期(陡山沱期,下同)和早寒武世早期(梅树村期,下同)的含磷岩系,分别与碳酸盐岩和硅泥质细碎屑岩共生组合在一起形成两大磷块岩系列。根据层序结构类型及所反映的不同沉积环境,可进一步区分为9种类型(表1-1)。

表 1-1 贵州晚震旦世早期和早寒武世早期形成的含磷岩系

分 类	特 征	沉 积 相 环 境			时 代
碳酸盐岩含磷岩系	瓮 福 型	台 棚	浅	向上变浅的砂屑磷质滩	Z ₂ ¹
	开 阳 型			磷质潮坪	
	息 烽 型			圆柱状磷质叠层藻礁	
	戈仲伍型		水	磷质生物碎屑滩	Є ₁ ¹
	金 沙 型			磷质生物碎屑滩缘	
	毛辣冲型			磷质生物碎屑滩前塌积	
	遵 义 型			台棚边缘缓坡	
	硅泥质碎屑岩含磷岩系		铜 仁 型	陆 坡	半 深 水
麻 江 型		结核状磷块岩			

一、碳酸盐岩含磷岩系

以碳酸岩类为主要伴生岩石、或在磷块岩产出层位中伴有碳酸岩的含磷岩系,是目前已探明的主要工业磷矿床含磷岩系类型。

(一) 浅水碳酸盐岩含磷岩系及其沉积特征

这是一类与浅水碳酸盐岩关系密切的含磷岩系。具有量大质优的特点,往往在晚震旦世早期和早寒武世早期形成大中型矿床。其层序结构类型在各矿区迥然不同,反映各个矿区形成于相互“独立”的浅海陆棚环境。

1. 晚震旦世早期浅水碳酸盐岩含磷岩系及其沉积特征

分布于黔中瓮福(瓮安、福泉,下同)、开阳和息烽等地,分别代表三个矿区沉积特征三类含磷岩系。

(1) 瓮福含磷岩系

由一系列向上变浅的陆棚旋回层序叠置而成。一个发育完好的含磷岩系，至少包含三种互有差异的旋回层，以瓮安石人坳剖面最为典型。为便于叙述，自下而上分别以旋回 A、B、C 示之（图 1-1）。

含磷岩系底部为含粘土菱铁质透镜体的灰绿色粉砂质粘土岩（剖面 7 层），向上为浅灰色巨厚纹层状含粉砂粉晶白云岩和细晶白云岩（8~11 层）。透镜体长 0.2~4 m，厚 0.02~0.20 m，在出露好的露头上见有三个互相叠置，以黄褐色粘土岩间夹，显示一种与下伏地层呈假整合接触的滞留沉积。巨厚层白云岩，岩性坚致，纹层细密，平行层面分布。其中部夹互层状（2~18 cm）灰黄色水云母粘土岩和薄层白云岩。局部层位凹凸不平的层间接触界面上充填白云岩扁平砾，厚数米至 10 m 左右，代表经历成岩作用改造的潮间带和小而浅的潮汐通道沉积。

底白云岩之上，普遍开始了含磷岩系的旋回 A 层序。被人们俗称 A 层矿的旋回 A，厚 1~6 m。其底部（12 层）含砾砂屑磷质细—微晶白云岩扁豆体（或竹叶状、小透镜状）的白云岩，形似透镜状层理，上超在下伏白云岩段之上；其上（13 层）由灰绿色粘土层、粘土质磷质砂层和灰黑色砂屑磷质层呈 1:2:4 的纹层，或由粘土质磷质砂层与砂屑磷质层呈 3~8 mm 厚的纹层间互，构成纹层状粘土质砂屑磷块岩。由陆源碎屑和携入陆架的磷砂屑经潮汐往复作用，导致形成相间的毫米级纹层。并进一步随机偏集，构成数毫米至 2 cm 厚的灰黑相间的条纹或条带。纹层、条纹或条带，沿走向延伸极不稳定，或尖灭，或分叉，尤以纹层随机变化更为明显。在粘土质层和粘土质磷质砂层内往往含钱币大小黄铁矿结核扁豆体，而本段上部砂屑磷块岩则渐变为凝胶团块砂屑磷块岩。团块由团粒和鲕粒凝胶絮聚而成，呈 0.5~1.2 mm 大小的长椭圆形，可与潮下藻席上的葡萄石类比。在这一层位上有时见到毫米级纹层被强烈揉皱变形，呈“包卷纹理”状，暗示环境迅速改变，发生过强烈泄水。被淡水强烈改造的潮上白云岩（14~17 层），位于旋回 A 的顶部。一个保存完整的序列自下而上为：白色硅质角砾块、白云岩角砾块构成的角砾岩，通常呈不规则大透镜状穿插于白云岩下部；其上为含白色硅质团块的层状白云岩；顶部为呈不规则透镜状分布的“渗流豆白云岩”。整段序列显示，潮上混合带白云岩化形成的白云岩，还遭受过淡水透镜体强烈改造。其中角砾白云岩在不少文献中被称为“蒸发岩溶解残余的角砾岩”，为潜流带作用下的“渣状层”；含白色硅质团块白云岩中的硅质团块，显然是经历过季节变动带的硅化改造所致；至于渗流豆白云岩，反映暴露阶段大气降水丰富，渗流带发育且作用强烈。通常旋回 A 顶部的暴露白云岩保存不完整，常被硅质角砾块、磷块岩角砾块、白云岩角砾块及渗流豆层角砾块的潮道堆积间夹或替代，至使厚度变化颇大。

旋回 B 是瓮福矿区分布普遍而又稳定的一种不同于旋回 A 的向上变浅的旋回层序。底部（18 层）为黑色含砂屑磷块岩扁平砾的铁质含藻砂屑磷块岩，岩性坚硬，产天柱山藻类化石 cf. *Tienzhushania* sp.。颗粒磷块岩扁平砾都呈圆度较好的豆状和直径为 3~15 cm 的圆饼状，平卧于层理缝或层面上，与下伏旋回 A 暴露顶界面呈波状起伏接触关系。而本层的顶层面也呈凹凸不平状，凹的地方滞积 10 cm 厚、含扁平砾的砂屑磷块岩条带或透镜体，标志旋回 B 底部由于相对海平面突然上升造成一种上超沉积单元。紧覆其上的是由粉砂质粘土岩-砂屑磷块岩构成的两个韵律层序（19~21 层）；韵律层下部都系富含磷质颗粒或呈数毫米厚的砂屑磷块岩条带的暗紫（后期氧化色）、棕黑色粉砂质粘土岩，它们沿走

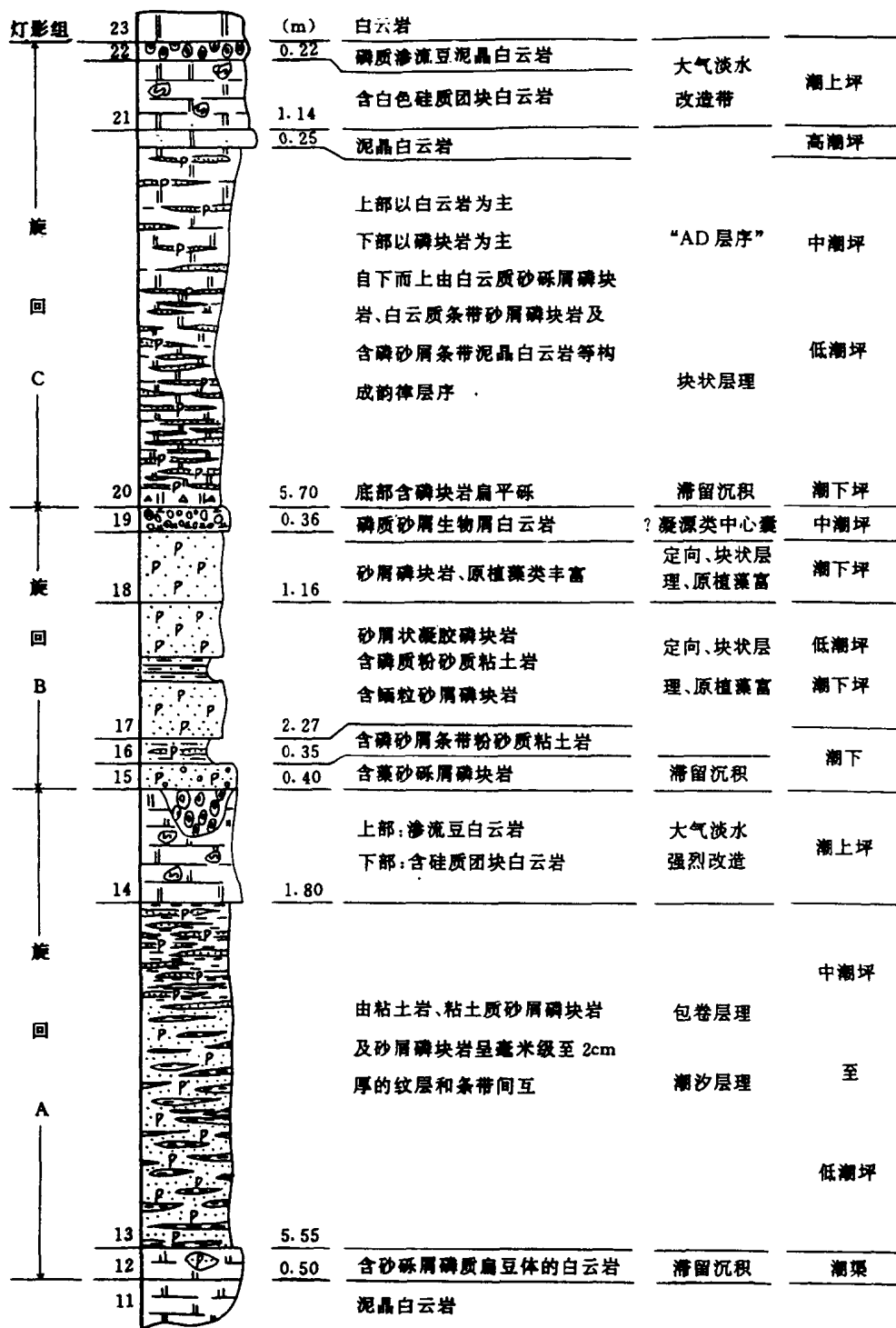


图 1-1 贵州瓮安石人坳晚震旦世早期含磷岩系旋回层序

向呈串珠状分布或呈大透镜体穿插、叠覆，显示一种在潮下较强定向水流作用下，使粘性的泥状沉积界面形成小丘状底床形态。由含鲕粒(?)砂屑磷块岩和砂屑状、凝胶状磷块岩-砂屑磷块岩分别构成两个韵律层上部层段，其中砂屑状、凝胶状磷块岩实际上是由砂屑磷质层与凝胶状磷质层呈纹层状间互构成；而砂屑磷块岩磷颗粒都作定向排列。颗粒磷块岩中产有极其丰富的藻类植物化石，称谓 *Thallophyca* sp. (原植藻) 和疑源类，差不多每一个磷颗粒都为藻类，其中所含鲕粒，也可能属于疑源类的中心囊。反映了与海平面持续升高的同时，沉积界面基本上活跃在由强转弱的定向水流作用的低潮线附近至低潮坪环境。旋回 B 的顶部 (22 层) 为磷质砂屑生物屑 (=疑源类?) 微-细晶白云岩，所含生物屑都呈直径 0.6~0.8 mm、被胶磷矿交代的乳白色均质圆球形颗粒，可能多系产于低潮坪附近的疑源类被搬运至高潮坪，途经磨损、降解作用，现仅保存了它们的中心囊。旋回 B 一般厚 4~6 m。

含磷岩系上部由旋回 C 占据。旋回底部为含黑色磷块岩扁平砾的微晶白云岩。扁平砾呈平行层理定向断续分布。其上由含磷质条纹微晶白云岩、白云质条纹砂屑磷块岩及白云质砂屑磷块岩等自上而下组成韵律层序。下部磷块岩条带密集，产疑源类中心囊；往上渐变稀疏，呈 2~15 cm 厚的白云岩夹 0.3~0.6 cm 厚的磷块岩条带，至本段顶部则为 25 cm 厚的白云岩。这种由磷块岩-白云岩组成的层偶，两者的厚度比自下而上互为消长，最终转至以白云岩为主，表明相对海平面从高位迅速下降时的进积型潮坪堆积；由含白色硅质团块的角砾状白云岩-渗流豆(?)白云岩组成的旋回 C 顶部岩系，再一次显示潮上白云岩被后期大气淡水透镜体强烈改造的成岩特征。在发育好的含磷岩系剖面上，都可保存有两个重复的旋回 C 层序，而单个旋回 C 厚约 3~8 m。

在瓮福含磷岩系的三种旋回层序中，旋回 A 和旋回 C 基本属于同一类型，与发育于 3 亿年后的晚古生代-中生代的洛费尔旋回具有惊人的相似之处，都具有古地理位置和成岩作用起主要影响的特征；而旋回 B，犹如广阔陆棚上的鲕粒岩(可缺失)-颗粒岩旋回，它们都以早期胶结作用及缺乏表层渗流成岩作用和无暴露迹象为标志。从发育于瓮福地区的这些旋回性质来看，无疑皆代表一次持续的海侵至海退过程，而整个含磷岩系皆堆积于这一过程的潮下带上部至潮间带环境。

(2) 开阳含磷岩系

含磷岩系一般厚 7~13 m，与瓮福矿区一样具有旋回层序特征，旋回层的性质迥异。发育好的剖面可以见到三种旋回层，为避免与瓮福含磷岩系中的旋回层混淆，这里以旋回 E、F、G 表示。现以开阳磷矿区牛赶冲矿段黄泥沟剖面为代表 (图 1-2)，结合其它矿段的剖面资料介绍如下。

位于含磷岩系下部的旋回 E 是从下伏砂质中潮坪基底上开始的，其初始阶段 (7~9 层) 由夹含磷石英岩屑砂砾岩透镜体的青灰色石英岩屑细砂岩、含磷石英岩屑砂砾岩与含磷不等粒石英岩屑砂岩组成，呈 3~4.5 cm 厚的厘米级韵律层。其中磷质砾屑和陆源砾屑的大小为 3~10 mm，砂屑中含有 5%~10% 的海绿石和黄铁矿扁豆体。居中的韵律层偶上有时覆有 0.5 cm 厚的砂屑磷块岩及 1~3 cm 厚的鲜绿色粘土岩透镜体。由砂屑磷块岩和砂质砂屑磷块岩构成的毫米级韵律层偶 (纹层) 代表旋回 E 中上部 (9 层)，内产较丰的原植藻类 *Thallophyca* sp. 化石。其顶部则为 0.1~1 cm 厚白色纸片状凝胶状磷块岩，致密，貌似瓷状，纯净，仅含少量陆源粉屑， P_2O_5 品位高达 38%。紧覆于旋回 E 之上为数个旋回 F

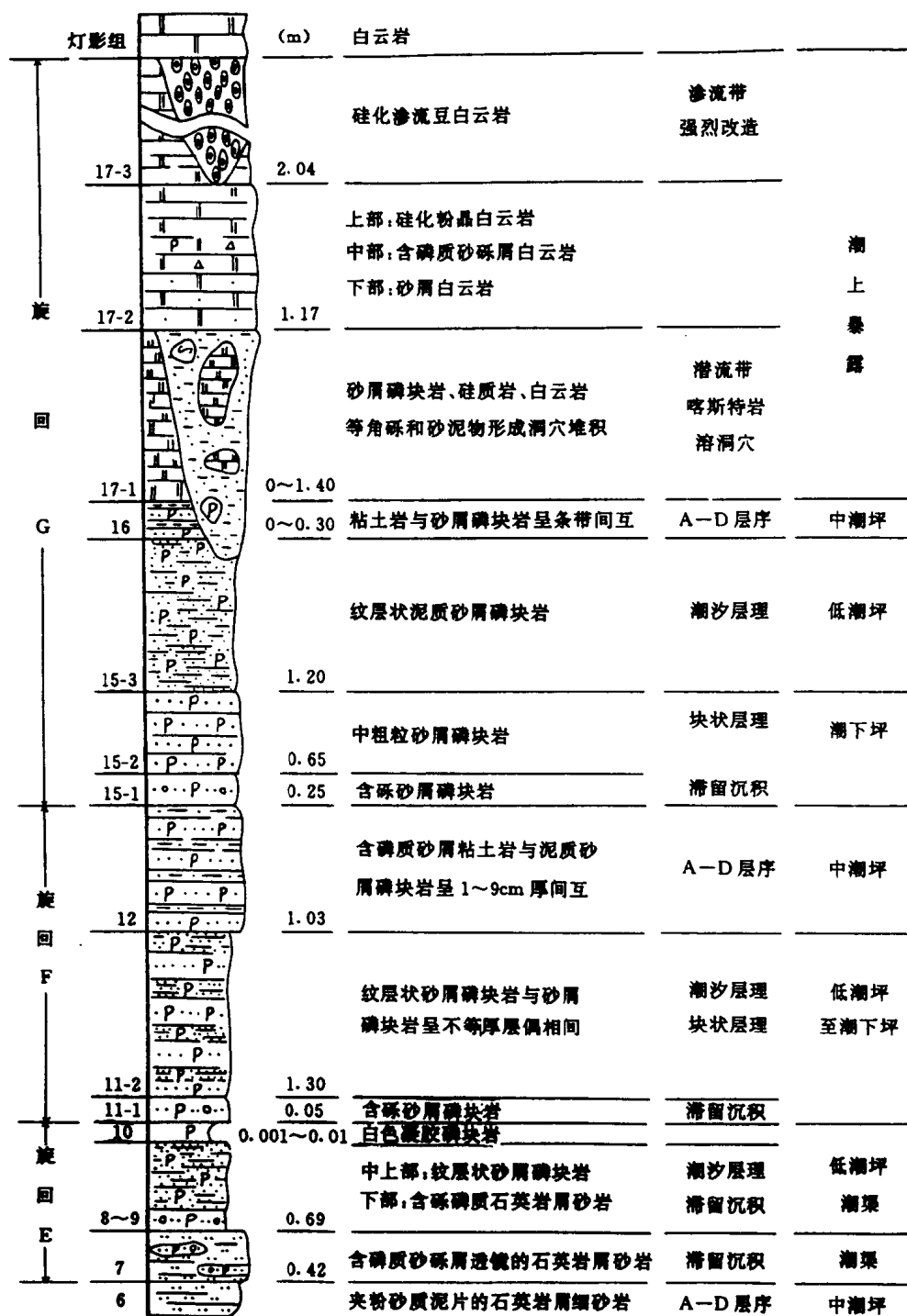


图 1-2 贵州开阳中心黄泥沟含磷岩系潮坪旋回层序

叠置层序, 每一个旋回 F 的下部为含砾砂屑磷块岩或砂屑(包括粗砂级)磷块岩与纹层状砂屑磷块岩构成层偶层序。其中含砾砂屑磷块岩中的砾屑, 是由砂屑磷质层在塑性成岩阶段被较强潮汐流冲刷、破碎、原地滞积而成的。故在露头范围内即可追索到砂屑磷质层经折断、撕裂、稍稍移位的塑性改造痕迹; 纹层状砂屑磷块岩中的纹层是由颗粒粗细不同或颗粒成分的有序改变所致。一般含砾砂屑磷块岩和纹层状砂屑磷块岩所构成的层偶厚 0.22~1.04 m, 一个发育好的旋回 F 包含三个这样的层偶, 由这些层偶构成的旋回 F 下部层序厚 0.5~1.8 m, 这种层段正是开阳磷矿区磷品位高且稳定的矿层, P_2O_5 普遍达 37% 以上。旋回 F 上部则为土黄色含磷砂屑粘土岩与黑色含泥质砂屑磷块岩构成的条纹或条带状间互层序, 前者条带厚 0.5~5 cm, 磷块岩条带厚 0.5~9 cm。由它们构成的条带状磷块岩层段厚 0.20~1.0 m 左右, 该段磷矿由于陆源物的加入导致磷品位降至 30%~32%。位于含磷岩系上部的旋回 G, 实际上与旋回 F 的层序结构相似, 惟有的差别是白云质成分的出现和增加, 尤以旋回上部条带状磷块岩中的粘土岩条带, 在旋回 G 中不仅变为泥云岩, 且条带的厚度大于砂屑磷块岩条带, 达 20 cm。成分和结构上的变化无疑代表了沉积环境、沉积作用的差异。

在组成旋回 E、F、G 的沉积岩石学(包括磷块岩)特征和层序结构型式上, 不难与潮坪沉积相联系。位于旋回下部的砂砾岩或含砾砂屑磷块岩或砂屑磷块岩等代表潮下高能带沉积和底部滞留沉积; 其上纹层状砂屑磷块岩则为低潮坪, 这些极不稳定的层纹实际上指示了双向潮汐流; 发育于旋回上部的条带状磷块岩具一种中潮坪上典型的潮汐层理特征的 A-D 层序(克莱因, 1970), 由潮流期潮下砂屑磷块岩(A 层)和平潮期泥质悬浮组成的粘土岩(或旋回 G 中的泥云岩)(D 层)相互叠置形成具潮汐层理特征的条带状构造。旋回 E 顶部白色凝胶磷块岩似乎由高浓度饱和磷酸盐海水凝缩而成, 而旋回 G 上部泥云岩段的厚度大于砂屑磷块岩段的中潮坪层序的, 反映了旋回 G 的平潮期持续时间比旋回 F 的长。开阳含磷岩系由潮下滞留沉积至中潮坪构成的一系列潮坪旋回层序组成, 只是向南有砂泥质陆源物掺入其中, 向北向海方向则变为白云石与砂屑磷块岩组成的潮坪旋回层序。

构成开阳含磷岩系的顶部岩组为一套遭受陆上暴露和强烈淡水改造的高潮坪至潮上泥晶白云岩。由巨型白云岩角砾块、头颅大小的磷块岩角砾块、白色磷质岩角砾块及黄绿或灰绿色砂砾质粘土等组成的古喀斯特洞穴堆积, 沿走向稳定地成群布列于白云岩段下部, 矿区工程地质俗称为“假顶”。洞穴堆积物一般厚 1.2~1.5 m, 宽数米至 10 m 左右, 其底界往往将旋回 G 顶部的条带状磷块岩和部分层纹状磷块岩与砂屑磷块岩所构成的层偶层序削蚀殆尽, 显示继旋回 G 之后发育的高潮坪和潮上白云岩遭受淡水潜流带的强烈改造, 导致形成古喀斯特岩溶洞穴及其后的洞穴堆积。具有典型渗流带特征的渗流豆白云岩, 沿走向成群布列于白云岩段顶部, 它们往往呈上宽下窄的漏斗状透镜体暴露于露头断面上, 其顶界面不甚平整, 大都以波状起伏面与上覆灯影组白云岩分界。

在开阳矿区的中部和北部, 取代含磷岩系顶部含渗流豆和喀斯特洞穴堆积的白云岩, 为一套含白色硅质团块和少许磷块岩条带的泥晶白云岩。研究含磷岩系顶部层段的变化及其分布规律, 可为矿区地质、矿区沉积、成岩作用和古地理分析提供重要佐证。

(3) 息烽含磷岩系

该岩系在息烽温泉附近的乔巴山发育较完整。整个含磷岩系由两种性质不同的旋回组成(图 1-3), 底部含白云质凝胶块状砂屑磷块岩呈假整合超覆于近滨海滩砂岩之上, 形成 2 m

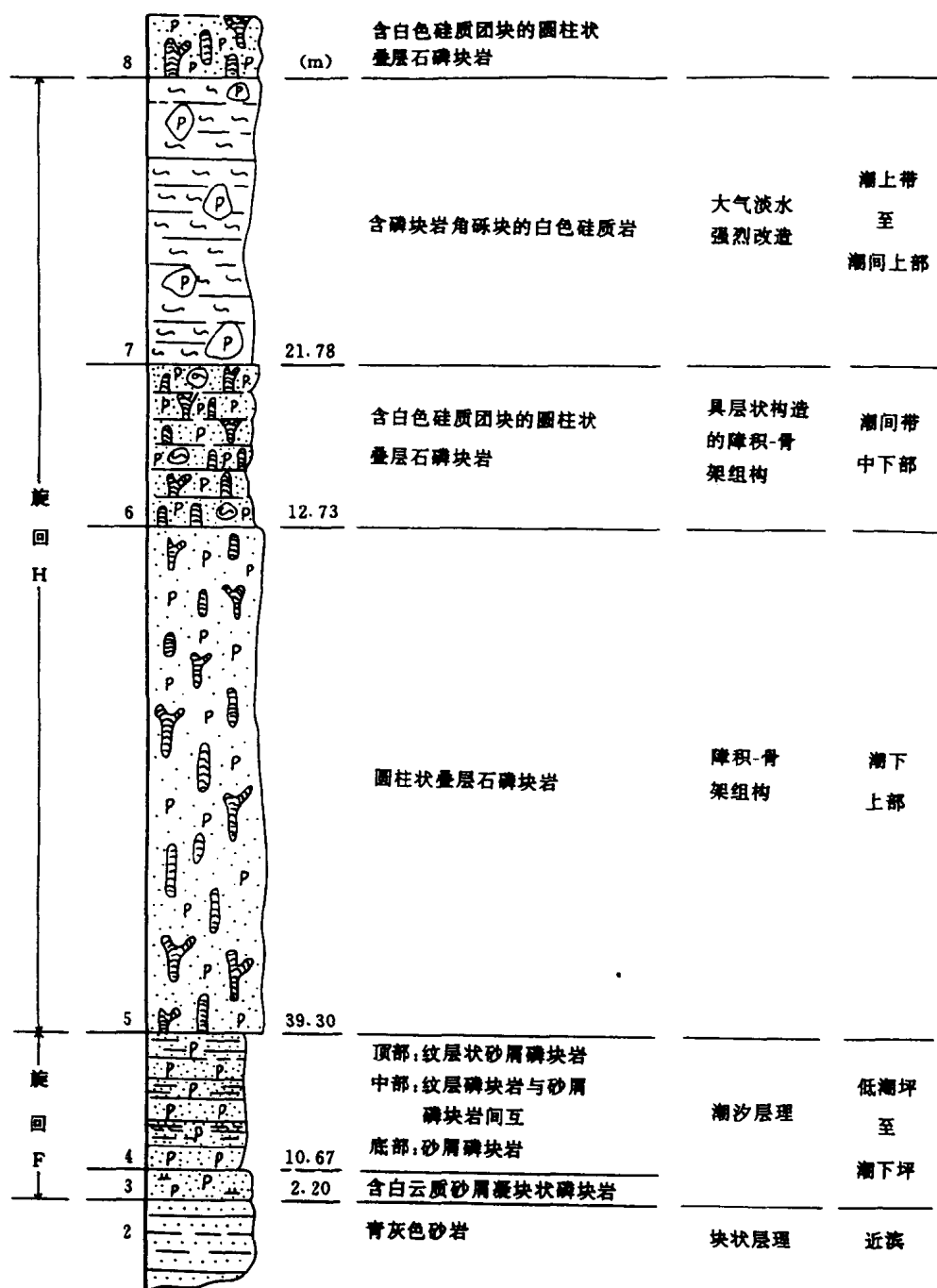


图 1-3 贵州息烽乔巴山上震旦统下部圆柱状叠层石磷块岩旋回层序

厚的滩缘海侵初始沉积层。其上发育了相当于开阳含磷岩系旋回 F 的下部层序，自下而上为砂屑磷块岩、细砂屑磷块岩与纹层状砂屑磷块岩互层、纹层状砂屑磷块岩，其厚度颇大，达 10 m 余，在显示一种海平面连续上升的同时，沉积界面保持在潮下带至低潮坪附近的环境。由浅灰、黄褐色圆柱状叠层石磷块岩、含白色硅质团块的圆柱状叠层石磷块岩、含砂

屑磷块岩条带（或透镜状）及角砾块白色（硅化）硅质岩等自下而上构成叠层藻礁（地层礁）旋回层序，占据了息烽含磷岩系的中上部，本文称之为旋回 H。位于旋回 H 中下部的圆柱状叠层石磷块岩，其层状构造不甚明显，至上部则可见到白色硅质团块和 10~20 cm 的层状构造，在稍有起伏的层间界面上发育黑色砂屑磷块岩透镜体。旋回 H 顶部含砂屑磷块岩条带的白色硅质岩，其原岩实系潮间带中上部的泥质白云岩，暴露于大气后经淡水改造形成现在所看到的含砂屑磷块岩角砾块的硅质岩。息烽乔巴山剖面上的含磷岩系共发育两个这种圆柱状叠层藻礁旋回层，单个旋回层的厚度可达 74 m。这种厚度上远远大于开阳和瓮福的每一种旋回层，正是礁体发育的特征之一。至于圆柱状磷质藻丛（礁）的形成及其地质意义（作用），将在后面几章中详细论述。

2. 早寒武世早期浅水碳酸盐岩含磷岩系及其沉积特征

该岩系零星出露于省境西部织金戈仲伍、大院、五指山、毛稗冲以及北部金沙岳家寨、习水大岩等地，属灯影期碳酸盐台地消亡后残存发育的磷质生物碎屑滩及其相关沉积。由于古地理位置和微环境的差异，具体分为四种类型：位处磷质生物碎屑滩的戈仲伍型、磷质生物碎屑滩滩缘的金沙型、磷质生物碎屑滩滩前滑塌的毛稗冲型以及滩后含磷潟湖的大院型。其中，以磷质生物碎屑滩的戈仲伍型含磷岩系发育最好（图 1-4），构成贵州早寒武世早期规模最大的磷矿床；而磷质生物碎屑滩滩缘的金沙型及滩前滑塌的毛稗冲型磷矿的规模虽然不大，但已为地方所利用，本文将作简略的介绍。

（1）戈仲伍含磷岩系

见于织金戈仲伍的打麻厂一带，其底界为滩内潮渠角砾岩，顶界为半深水炭质细碎屑岩，显示一套退积型沉积（图 1-4）。可划分为上、下两个岩石组合：下段（1~11 层）为碳酸盐岩重稀土磷块岩组合，厚 21.27 m；上段（12~15 层）为富含铀、钒、钼元素的黑色细碎屑岩磷块岩组合，厚 8.69m。层序结构具有以下特征：

- 1) 岩石颗粒度由下向上变细，底界 1 层为角砾，2~7 层为砂砾屑，8~13 层为砂屑粉屑，14~15 层为泥及粉屑；
- 2) 岩石层理由下部的波状、透镜状以及双向交错状至上部变为微波状至水平状；
- 3) 小壳类动物化石富集在下部碳酸盐岩磷块岩组合段，普遍形成生物碎屑结构，向上数量渐少，至上组合段趋于消失；
- 4) 下组合段中 5~11 层为薄至中厚层含磷质生物屑白云岩与薄层白云质生物屑磷块岩的交替沉积，潮汐作用强烈，形成的磷块岩矿石品位虽较贫（一般 P_2O_5 含量为 8%~15%），但其厚度和矿石量却很大，是本类岩系中磷矿层的主要层段；
- 5) 自下而上颗粒变细，层理类型转为水平状，生物屑减少直至消失，这些表明海水逐渐加深，至 14 层自生磷酸盐结核出现，代表了一次最大海侵时的低速沉积界面。

（2）金沙含磷岩系

出露于金沙岩孔西侧岳家寨一带，为退积型沉积（图 1-5）。下段（2~3 层）为浅水滩滩缘硅质泥碳酸盐岩及磷块岩组合，厚 1.19m；上段（4~5 层）为潮下浅海炭质细碎屑岩、硅质岩及磷块岩组合，厚 1.66m。由于含磷岩系底部间断造成沉积厚度锐减，沉积域覆水稍深，已无明显潮汐作用痕迹，含磷性显著变差。

下组合段下部为含生物屑砂屑磷块岩，内有含凝胶磷砂屑细晶白云岩砾屑和小壳类化石，在露头范围内可变为含磷白云岩，其上布有 5~9 cm 的含磷碎屑状粘土岩，反映了生