

中国寒武纪沉积矿产 与“生物-环境控制论”

卢衍豪 著

地质出版社

中国寒武纪沉积矿产与
“生物-环境控制论”

卢衍豪 著

地质出版社

内 容 简 介

本书收集论文两篇：（一）中国寒武纪沉积矿产与“生物-环境控制论”。（二）中国寒武纪磷块岩或含磷岩的岩相分区及其沉积环境的初步认识。前文主要包括五个部分：1.讨论我国寒武纪生物地理分区及有关沉积环境变化的问题。2.叙述中国寒武纪磷矿的时代划分、分布规律、沉积类型、沉积环境与古生态、古动物地理分区的关系。3.从“生物-环境控制论”的观点试谈中国寒武纪沉积磷矿的预测。4.中国南方石煤和伴生元素（镍、钼、钒、铜、钴、稀土等）的分布规律、生成条件和远景预测。5.中国寒武纪磷块岩或含磷岩的岩相分区及其沉积环境的初步认识。文中附图及表22幅，古生物图版5版。后文记述我国各地寒武纪磷矿的类型，分析磷矿成因与岩相分区及沉积环境的关系。文中附图及表4幅，磷矿手标本及显微镜下照相图版6版。

本书可供地质、煤炭、冶金等生产部门，地质、生物、沉积矿产及沉积岩的科学研究机构，以及地质、煤炭、冶金等高等院校和中等技术学校科研和教学参考之用。

中国寒武纪沉积矿产与 “生物-环境控制论”

卢衍豪 著

国家地质总局书刊编辑室编辑

地质出版社出版

地质印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

1979年8月北京第一版·1979年8月北京第一次印刷

印数1—5,790册·定价0.70元

统一书号：15038·新410

目 录

一、前言	1
二、中国寒武纪生物地理分区及有关沉积环境变化的问题	3
(一) 华北类型中的华北—东北南部沉积区	3
(二) 关于辛集组及与其相当的地层的时代、对比和磷矿的沉积环境	10
(三) 华北型扬子沉积区	13
(四) 东南型江南沉积区和西北沉积区生物相和岩相的分析与磷矿类别的关系	17
(五) 东南型珠江沉积区寒武纪的复理石、类复理石建造及其成因的探讨	21
(六) 华北型和东南型的过渡型形成和过渡区在寒武纪生物地理分区、沉积矿产生成条件等方面的重要作用	25
三、中国寒武纪磷矿的时代划分、分布规律、沉积类型、沉积环境与古生态、古动物地理分区的关系	30
(一) 中国寒武纪磷矿的时代划分	30
(二) 中国寒武纪磷矿的分布规律、沉积类型、沉积环境与古生态、古动物地理分区的关系	31
四、从“生物—环境控制论”试谈中国寒武纪沉积磷矿的预测	45
(一) 渔户村期“层状磷矿”远景区	45
(二) 渔户村期“结核状磷矿”的远景预测	45
(三) 辛集期磷矿的远景地区	46
(四) 对昌平期磷矿远景一点不成熟的看法	46
(五) 中寒武统大茅期磷矿有哪些可能的远景区?	46
(六) 老爷山期磷矿有无远景?	47
五、中国南方石煤和伴生元素的分布规律、生成条件和远景预测	48
(一) 中国南方寒武纪石煤及伴生元素的分布规律	48
(二) 石煤和伴生元素的生成条件	53
(三) 石煤和伴生元素的远景预测	57
六、中国寒武纪磷块岩或含磷岩的岩相分区及其沉积环境的初步认识(江纳言、丘金玉)	58
(一) 磷块岩和含磷岩的岩相分区	60
(二) 磷块岩或含磷岩成因的初步分析	60
(三) 我国海南岛大茅磷矿与澳大利亚中寒武统磷矿的沉积特征对比	63
参考文献	64
图版说明	67

一、前言

我国的寒武纪地层中有极其丰富的磷、石煤、钒以及其他多种元素矿产，如：镍、钼、钴、铜、铀、铂、钨、金、银、硒、铈、镧等五十多种。充分利用对“扭转北煤南运”具有伟大的战略意义和政治意义。滇、黔、川、粤等省有多达十余处的巨型、大型和中型沉积磷矿，小型磷矿更遍布湘、赣、鄂、桂、皖、浙、苏、豫、陕、晋、青、甘、新、宁、吉等十五个省、区，大至国营，小至人民公社和生产大队积极开采，在支援农业方面成效显著。镍、钼、钒等矿产，在许多地区其品位均已达到工业标准。国防矿产也可开采利用或作为补充能源。同时，还有锰、钡（重晶石）汞等矿往往也有一定层位。因此，寒武纪矿产在我国“工业现代化，农业现代化”和“国防现代化”方面具有重要意义。

虽然，在我国寒武纪地层中的矿种甚多、储量很大、分布也很普遍，但是这些矿产的分布规律，成因类型，远景预测诸问题还待进一步解决。笔者根据“生物-环境控制论”的观点，从生物群的分区、古生态、古地理和沉积环境等方面加以分析，试论磷矿、石煤及多种伴生元素的分类、成因和分布规律，为今后寻找寒武纪矿产的方向，提供一点不成熟的理论根据。

为了便于了解中国寒武纪磷矿的沉积与生物地理分区的关系及环境对矿产形成的作用，本文中先将简略介绍我国寒武纪时期的生物地理分区及与其有关的沉积环境变化。然后划分各种磷矿的成矿时代、分布规律与古生态、生物地理分区、古地理的关系、各时代磷矿的沉积环境及成因类型，最后提出远景预测及今后工作方向。

在笔者工作过程中，承以下各同志大力协助：青海省地质局已故的总工程师卢振声同志和陈鑫同志，云南省地质研究所曹仁关等同志，海南地质局胡宜南、丛志明、韩哲元同志，宁夏地质局郑昭昌等同志，福建省地质局区测队楼琴珠、曹宝森、王国平等同志和地质二团、三团的同志们，西南地质研究所和四川省地质局何立贤、王尊周、陶祥林等同志，江西省地质局区测队朱正刚同志和 909 队汤其鸿等同志，山西省地质局磷矿指挥部梁凤恕等同志，江苏省地质五队朱广明等同志，贵州省地质研究所、贵州 108 地质队、贵州石油八普刘向、廖士范、尹恭正等同志，浙江省地质局、浙江石油地质大队梁文平、徐克定、周玉英、鞠天吟、罗璋等同志。本所袁克兴、林焕令、周志毅、袁金良、葛梅钰、蔡重阳、王成源等同志，长春地质学院郭鸿俊同志，浙江省化工地质大队崔生宏、汤元龙等同志，甘肃省地质局李家骥、王柏勤等同志，河南省地质局和河南省地质研究所牟用吉、蒋柏松等同志，新疆地质局胡冰同志，本所六室王宗哲、薛耀松、俞从流、张俊明等同志，国家地质总局岳希新同志。笔者对以上诸同志的热诚协助和提供大量宝贵资料，在此特致谢忱。

本书为应国家地质总局 1978 年在江西广丰举办的磷矿会议而作。除正文外，并将有关的和常见的古生物照相制成版，提供参考。

本书所附化石有八九个门类，包括软舌螺、腹足类、腕足类、海绵、三叶虫及其它化石共 45 种，按门类制成五个图版。图版 I—III 的时代为早寒武世早期渔户村组或与其大致相当的地层中的化石，图版 IV—V 为率集组的三叶虫和腕足类。其中图版 I 和图版 II 软舌螺

及其它化石为钱逸同志提供，图版Ⅲ腹足类为余汶同志提供，图版Ⅳ和图版Ⅴ三叶虫为张文堂、朱兆玲同志提供，腕足类为戎嘉余同志提供。图中每一个属种都请上列同志们作了简要描述，钱逸同志并将处理碳酸盐类岩中软舌螺、腹足类及其它化石的方法，作了扼要叙述。笔者特向以上同志们表示谢意。

二、中国寒武纪生物地理分区 及有关沉积环境变化的问题

在寒武纪动物群分区方面，我国属于世界寒武纪两大动物群（东方动物群与西方动物群）中的东方动物群（卢衍豪等，1974），这个动物群在我国又可再划分为：

- 华北类型 { 1. 华北—东北南部沉积区
- { 2. 扬子—青、川、藏沉积区
- 过渡类型 3. 华北类型与东南类型的生物群与沉积岩的混合过渡区
- 东南类型 { 4. 江南—西北沉积区
- { 5. 珠江沉积区

上列华北类型与东南类型是两个截然不同的类型，不独生物群的性质有很大差别，就是在沉积岩的性质方面也各有不同。过渡类型则为华北类型与东南类型的过渡，它不论在生物群方面和沉积物方面都具有华北类型与东南类型的过渡性质。按照沉积物质和沉积环境的差别，华北类型中又可再分为“华北—东北南部沉积区”和“扬子—青、川、藏沉积区”。东南类型也可再分为“江南—西北沉积区”及“珠江沉积区”。现将这四个性质不同的沉积区和过渡区的岩相、生物群分别列表如下（图1，表1）。

（一）华北类型中的华北—东北南部沉积区

图2是华北类型中的华北—东北南部沉积区的综合柱状剖面图。这一区从贺兰山北部开始，由此向东南经关中地区，过黄河到晋南中条山然后又折向东南入熊耳山北部、嵩山北部至河南固始—安徽霍丘以北一线，直至徐州入海。在这条线以北的地区，大略均可划入华北—东北南部沉积区^①（参阅图3“辛集期中国东部磷矿及生物地理分区图”中银川—西安以东广大古陆地区即为华北—东北南部沉积区）。在华北，寒武系虽然相当发育，而且研究时间最早，化石分带已作为我国的标准地区，但是寒武纪海浸时间却比扬子—青、川、藏沉积区，江南—西北区，珠江区和过渡区要晚一些。

1. 昌平组

代表华北—东北南部区早期沉积的是昌平组（或与此组相当的府君山组，亦即福金山组）此组往往不整合于太古代或元古代片麻岩、片岩等古老地层之上，或假整合或轻微不整合于华北型震旦纪地层之上。很多地区代表它的岩石是厚度极少超过一百米的豹皮状灰岩及硅质条带灰岩或含燧石结核的灰岩。

^① 在此线之南的秦岭—淮阳山脉以北的地区亦属于华北区。在这个条带状范围内是华北最早的海浸区，因这个区与华北广大地区相比范围较小。下文将单另专论此区。

表 / 中国寒武纪生物相与岩相的关系简表

华北型 (含大量腕足和三叶虫化石)			过渡类型		东、南类型 (含大量三叶虫化石)	
华北—东北—南口沉积带			扬子沉积带		江南沉积带	
上寒武统	凤山组 (化石多)	化石保存破碎, 竹叶状灰岩, 块状灰岩, 白云岩, 白云岩, 白云岩	三叠洞群 (哑层)	泰山关群(哑层)	西阳山组 (以三叶虫为主及少量海鞘等)	上八村群 (化石稀少)
中寒武统	张夏组 (化石多)	块状灰岩为主	草家庙群 (化石稀少)	高台组(化石多)	华严寺组 (含大量三叶虫)	下八村群 (化石稀少)
下寒武统	徐庄组 (化石多)	紫红色页岩, 灰岩	龙王庙组 (化石多)	中部和西部 灰岩夹少量页岩(古杯类)	杨柳河组 (三叶虫为主)	河口群 (化石稀少, 海鞘等)
	毛庄组 (化石多)	紫红色页岩, 灰岩	沧南组 (化石多)	灰岩夹页岩(古杯类)	荷塘组 (只有二、三叶虫及海鞘等)	
	馒头组 (化石多)	紫红色页岩				
	昌平组 (化石多)	灰岩				
	(缺失)	(缺失)				

氧化环境 还原环境 弱还原环境

中国寒武纪矽矿及生物地理分区图

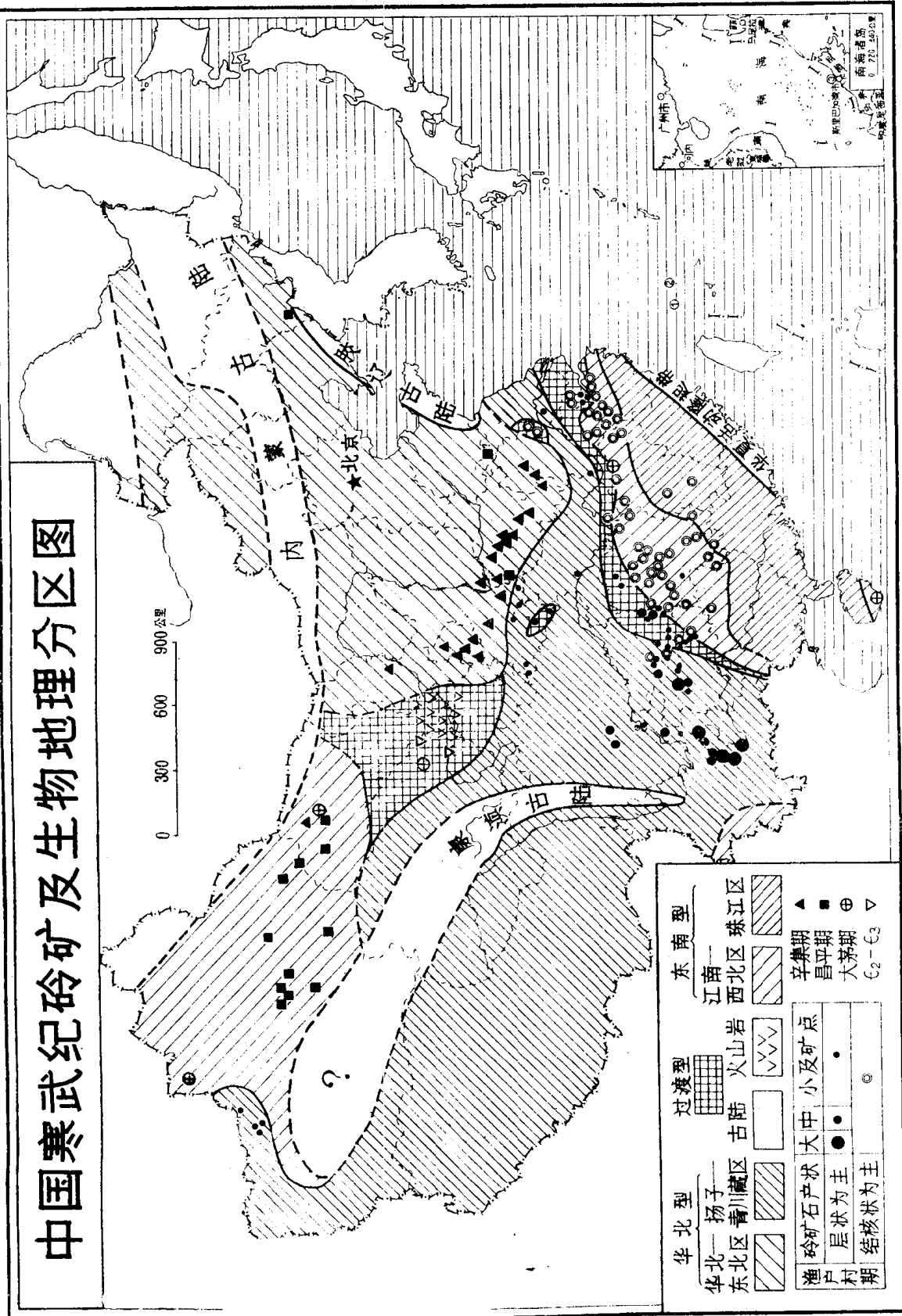


图 1

统	组	厚度 (米)	柱状剖面	主要岩石性质	主要化石
下寒武统	冶里组			深灰色及黄灰色白云岩及白云质灰岩	<i>Asaphellus</i> , <i>Hystericurus</i> , <i>Dictyonema flabelliforme</i> , <i>Clonograptus</i> 等
上寒武统	凤山组	110—160		兰灰色薄层灰岩及石灰砾岩 黑灰色块状白云质灰岩	<i>Tellerina-Calvinella</i> 带: <i>Calvinella</i> , <i>Tellerina</i> , <i>Pagodia</i> , <i>Plethopeltis</i> ; <i>Kingstonia</i> ; <i>Ellesmereoceras-Dictyella</i> 带: <i>Ellesmereoceras</i> , <i>Dictyella</i> , <i>Pagodia</i> , <i>Plethopeltis</i> , <i>Kingstonia</i>
				黑灰薄层及厚层灰岩, 石灰砾岩 黑灰厚层灰岩夹兰灰薄层灰岩 兰灰薄层灰岩及石灰砾岩 鲕状灰岩, 薄层灰岩, 页岩, 砾岩	<i>Quadricephalus</i> 带: <i>Quadricephalus</i> , <i>Changia</i> , <i>Saukia</i> , <i>Prosaukia</i> , <i>Andersonella</i> , <i>Pagodia</i> , <i>Dictyites</i> , <i>Ptychaspis-Tsinania</i> 带: <i>Tsinania</i> , <i>Ptychaspis</i> , <i>Saukia</i> , <i>Prosaukia</i> , <i>Wedekindiaspis</i> , <i>Parakoldinioidella</i>
				黑灰薄层及厚层灰岩, 石灰砾岩 黑灰厚层灰岩夹兰灰薄层灰岩 兰灰薄层灰岩及石灰砾岩 鲕状灰岩, 薄层灰岩, 页岩, 砾岩	<i>Quadricephalus</i> 带: <i>Quadricephalus</i> , <i>Changia</i> , <i>Saukia</i> , <i>Prosaukia</i> , <i>Andersonella</i> , <i>Pagodia</i> , <i>Dictyites</i> , <i>Ptychaspis-Tsinania</i> 带: <i>Tsinania</i> , <i>Ptychaspis</i> , <i>Saukia</i> , <i>Prosaukia</i> , <i>Wedekindiaspis</i> , <i>Parakoldinioidella</i>
武统	长山组	30—70		白色厚层及块状灰岩夹黑色、灰色薄层灰岩及竹叶状石灰砾岩 绿色页岩, 薄层灰岩及竹叶状石灰砾岩	<i>Kaolishania</i> 带: <i>Kaolishania</i> , <i>Kaolishaniella</i> , <i>Mansuyia</i> , <i>Tingocephalus</i> , <i>Shirakiella</i> , <i>Taishania</i> , <i>Haniwa</i> <i>Changshania</i> 带: <i>Changshania</i> , <i>Dikelocephalites</i> <i>Chuangia</i> 带: <i>Chuangia</i> , <i>Prochuangia</i> , <i>Lioparia</i> , <i>Changshanocephalus</i> , <i>Wentisia</i> , <i>Pseudosolenopleura</i>
	崮山组	25—50		绿色、紫色页岩, 板状灰岩及竹叶状石灰砾岩	<i>Drepanura</i> 带: <i>Drepanura</i> , <i>Liostracina</i> , <i>Shanlungia</i> , <i>Wongia</i> , <i>Bergeroniles</i> , <i>Diceratocephalus</i> , <i>Ordosia</i> , <i>Blackwelderia</i> 带: <i>Blackwelderia</i> , <i>Stephanocare</i> , <i>Damesops</i>
中寒武统	铁夏组	160—260		黑灰色、绿白色、赭黄色灰岩, 顶部为鲕状灰岩 灰色及赭黄色薄层灰岩具鲕状条带 暗灰色厚层灰岩具鲕状条带 白色细晶块状灰岩 浅灰色薄层灰岩 灰、绿灰色海绿石鲕状灰岩 黑色块状鲕状灰岩	<i>Damesella</i> 带: <i>Damesella</i> , <i>Solenoparia</i> , <i>Inouyia</i> , <i>Yabeia</i> , <i>Kolpura</i> , <i>Cyclotorenzella</i> <i>Taitzia</i> 带: <i>Taitzia</i> , <i>Aojia</i> , <i>Solenoparia</i> , <i>Manchuriella</i> , <i>Lisania</i> , <i>Anomocarella</i> , <i>Inouyella</i> , <i>Dorypyge</i> , <i>Peronopsis</i> <i>Amphoton</i> 带: <i>Amphoton</i> , <i>Amphotonia</i> , <i>Damesella</i> , <i>Protophedina</i> , <i>Aojia</i> , <i>Dorypyge</i> , <i>Solenoparia</i> , <i>Anomocarella</i> , <i>Peronopsis</i>
				灰色细密鲕状灰岩 鲕状灰岩及薄层灰岩	<i>Crepicephalina</i> 带: <i>Crepicephalina</i> , <i>Aojia</i> , <i>Lisania</i> , <i>Manchuriella</i> , <i>Kolpura</i> , <i>Dorypyge</i> , <i>Anomocarella</i> , <i>Liaoyangaspis</i> , <i>Proasaphiscus</i> , <i>Helcionella</i>
武统	徐庄组	50—150		暗紫色纸状页岩 灰色灰岩及红色页岩 暗灰及绿灰云母页岩夹灰岩透镜体 紫灰砂质波状页岩夹灰岩透镜体 灰紫斜纹层鲕状及竹叶状灰岩	<i>Bailiella</i> 带: <i>Bailiella</i> , <i>Liaoyangaspis</i> , <i>Proasaphiscus</i> , <i>Anomocarella</i> , <i>Manchuriella</i> , <i>Dorypyge</i> , <i>Peishania</i> <i>Poriagraulos</i> 带: <i>Poriagraulos abrola</i> , <i>Proasaphiscus</i> , <i>Manchuriella</i> , <i>Solenoparia</i> , <i>Inouyia</i> <i>Sunaspis</i> 带: <i>Sunaspis</i> , <i>Wuania</i> <i>Kochaspis</i> <i>hsuchuangensis</i> 带
				暗紫色砂质云母页岩夹灰岩透镜体, 上部夹鲕状灰岩	<i>Shanlungaspis</i> 带: <i>Shanlungaspis</i> , <i>Probowmania</i> , <i>Proliostroacus</i> , <i>Probowmaniella</i> , <i>Redlichia</i>
下寒武统	毛庄组	30—70		暗紫色砂质云母页岩夹灰岩透镜体, 上部夹鲕状灰岩	<i>Shanlungaspis</i> 带: <i>Shanlungaspis</i> , <i>Probowmania</i> , <i>Proliostroacus</i> , <i>Probowmaniella</i> , <i>Redlichia</i>
	馒头组	60—170		鲜红色易碎页岩 薄层灰岩及流纹灰岩夹页岩 杂色页岩, 有食盐假晶 灰黄色页岩, 灰色钙质页岩	<i>Redlichia chinensis</i> 带: <i>Redlichia chinensis</i> , <i>R. nobilis</i> , <i>Cheiruroides</i> , <i>Helcionella</i> , <i>Girvanella</i>
	昌平组	20—100		灰色豹皮灰岩, 薄层含燧石结核灰岩	<i>Megapalaecolenus</i> 带
前寒武纪			太古代片麻岩系及元古代沉积岩系		

图 2 华北型华北—东北南部区寒武纪地层综合柱状剖面图

昌平组在东北吉林通化称碱厂组^①，已发现有可采的磷矿。在通化地区，据长春地质学院郭鸿俊同志函告，此组的上部为厚约 67 米的灰岩，局部含有沥青质和夹有燧石层，下部以砂岩为主，夹少量页岩，厚约 18 米，磷矿为胶磷砾岩及胶磷砂岩，这套岩性与华北、东北南部其他各地的昌平组不大一样，属于滨海或浅海近陆沉积。因此，今后对昌平组地层磷矿的寻找，要多加注意其产磷层上下的岩石性质，以补充华北和东北磷肥的不足。

昌平组的主要化石是大古油栉虫 (*Megapalaeolenus*)，其时代不是我国寒武纪的最早时期，它仅相当于扬子区早寒武世中期沧浪铺组乌龙箐段最高的一个化石带 (*Megapalaeolenus*带)。因此华北广大地区缺失乌龙箐段以下的许多地层，包括沧浪铺组的红井哨段、筇竹寺组和渔户村组 (对照华北型扬子区寒武纪柱状剖面图)。这个长时期的缺失，造成华北和东北没有西南渔户村组的大型和中、小型磷矿，也没有比昌平组时代稍早的分布于贺兰山、中条山、淮南一线的辛集组的磷矿。

2. 馒头组

在华北区和东北区，紧接昌平组之上的是馒头组。此组的岩性在山东、河北、山西、辽宁、吉林等省主要都是红色、紫色、杂色页岩夹薄层灰岩或灰岩透镜体。厚度都在 100 米上下，极少超过 160 米。在华北南部，即靠近华北地台南缘与华南低地的中间地带，由于海底古地形较华北其他区域为低，同一时期的早寒武世沉积由南向北超覆，岩性发生变化，灰岩较多，页岩减少，厚度较大，一般可超过 200 米 (如徐州、宿县一带)。

从馒头组的岩性推测，当时华北和东北南部是一个燥热和温暖相间、蒸发作用较为显著 (有食盐假晶)、起伏不平的浅海，不十分适合生物的生存，化石稀少。这种沉积环境，对于磷矿的沉积不利。目前在馒头组中尚未发现有规模较大的磷矿，其原因可能与此有关。

3. 毛庄组

毛庄组代表华北—东北南部区早寒武世末期沉积，岩性以紫色页岩、灰紫色云母页岩及暗紫色砂质云母页岩夹薄层鲕状灰岩和灰岩透镜体为主，有时夹有红色页岩或绿色页岩。这种岩性与馒头组大同小异，显然也是在燥热气候之下所成的浅海沉积，这点可以从其以紫红色的云母页岩为主的岩性推知。根据其中产分裂藻 (*Girvanella*) 的情况分析，这种藻类的沉积环境是与海水深度不大、极其动荡和水流速度相当大的环境有密切关系 (沃罗格金，1959)。

在毛庄组的地层中，目前尚未发现可开采的磷矿。在河北省境内，虽然有品位达到可

① 碱厂组是张文佑 1964 年命名的。这是他看见保存在长春地质学院的日本帝国主义侵占东北期间远藤隆次在辽宁本溪碱厂所采的一、两块大古油栉虫 *Megapalaeolenus* 的标本而命名的。按照 1959 年全国地层会议颁布的“地层规范”的地层命名原则，一个地层单位应具有标准剖面、厚度、岩性、上下关系等条件才能命名。碱厂组的具体标准剖面在碱厂的什么地点？厚度、岩性、上下关系等又如何？这些问题一概未经调查研究。因此，碱厂组的命名是不符合命名条件的，按照“地层规范”不能成立。大古油栉虫在华北各地是昌平组的标准化石，华北各地在 1935 年此组命名后，已普遍采用。(张文佑，1935：中国北部震旦纪与寒武纪地层之分界问题。前国立北平研究院院务汇报，第 6 卷，第 2 期；项礼文、郭振明，1964：河北昌平灰岩组内的三叶虫化石及其地层意义。古生物学报，第 12 卷，第 4 期)。

以利用的磷块岩，但厚度一般只有几厘米到十厘米，延长也在 200 米以下，多属透镜体，有时为结核状，没有工业价值（河北省地质局综合研究地质大队 1976，“河北已知磷矿的主要成因类型及找矿方向的探讨”，11—12页）。

4. 徐 庄 组

徐庄组整合于毛庄组之上，是华北—东北地区中寒武世早期沉积。徐庄组的岩石性质和毛庄组及馒头组都颇相类似，大部分地区为紫、红紫、灰、绿等色页岩、云母页岩、砂质页岩与鲕状灰岩、白云质条带灰岩及红砂岩等。碳酸盐类岩稍多于毛庄组和馒头组。与毛庄组的沉积环境比较，海水深度已稍加深，但仍属浅海性质，气候仍相当燥热，不过已稍转温暖。灰岩中鲕状结构开始加多，红紫色页岩略见减少，而代之以灰、绿、黄等色页岩。

5. 张 夏 组

张夏组在山东标准地区和东北太子河流域几乎全部都由灰岩组成。下部主要为橄榄绿灰色鲕状灰岩，中部为暗灰色鲕状灰岩，上部为具有赭黄色斑点的灰色及黑灰色灰岩。但在有些地区，则不是全部为灰岩相的，有时上部和下部都是被页岩所代替（山东新泰），有时上部为砾状灰岩，下部夹页岩极多（山西中部），有时则全部变为薄层灰岩（贺兰山及鄂尔多斯西部桌子山地区），有时还夹有竹叶状灰岩（冀东、晋西、淮南），有时夹有较多的黄灰色或黄绿色页岩（辽宁复州湾）。由不同的鲕状灰岩的岩石性质和岩石横向变化的分布看来，张夏组在沉积时海水是不太深的，海面时有升降，气候温暖，氧气供应充足。由生物群数量的众多，三叶虫和腕足类遗体以肢解者居多，完整的极少等等事实推断，海水是动荡剧烈的，海水的深度也是不大的。

6. 崮 山 组

崮山组在华北及东北南部岩性变化不大，大部分地区都是上部以紫色或灰黄色页岩为主，夹结核状灰岩，有时夹薄层或竹叶状灰岩，下部多为薄层灰岩夹页岩及竹叶状灰岩。下与张夏组常成假整合接触，张夏组顶部常见有凸凹不平的侵蚀面。但有时崮山组灰岩较多，而张夏组又具有许多厚层及竹叶状灰岩时，两组的界线不甚明显。根据以上这些情况推断，在张夏组沉积之后，崮山组沉积之前，华北和东北南部有些地区曾短暂的露出水面，经受侵蚀，造成假整合接触。有些地区虽然两者之间沉积没有间断，但是晚寒武世环境已与中寒武世有所不同。晚寒武世初期（即崮山期），气候无疑极为燥热，海水极浅，海水稍有升降，海底即时而露出水面，其沉积物在空气中即受强烈的氧化作用而成紫红色，海底并受浪潮冲击的影响，将已形成的薄层灰岩或透镜状灰岩，又复冲刷成为竹叶状石灰砾岩（砾石本身为圆饼状，切面则形如竹叶，故名），当其露出水面时，砾石的表面氧化成紫红色，在砾石的断面外围有一圈美丽的紫红色条带环绕，而圈内仍为灰色或黄灰色的灰岩。

到目前为止，在华北和东北还没有在崮山组发现磷矿的报道，这可能与崮山期的气候过于燥热，海水又十分动荡，因此不适于磷矿的形成有关。在华北台地的南缘，如徐州一带，海水较深，竹叶状灰岩砾石表面大多没有氧化成紫红色，页岩也极少，薄层灰岩极多。

虽然如此，但是否沉积环境适于造磷，仍有问题。

7. 长 山 组

与崮山组的岩性相似，长山组也是以红色或紫色页岩夹竹叶状石灰砾岩为主，上部多为薄层灰岩及块状灰岩。在东北南部，其上部有时绿色页岩稍多。在华北台地南缘，如徐州一带，本组的页岩已属少见，以薄层灰岩为主，夹一些透镜状灰岩。再向南到淮南一带，与长山组、凤山组及冶里组一部分相当的地层，被命名为土坝组，其岩性变为结晶白云岩，夹蜂窝状燧石层。

在华北和东北，和崮山组一样，长山组中也还没有磷矿的发现。

8. 凤 山 组

与崮山组和长山组不同，晚寒武世晚期在华北及东北南部沉积的凤山组，除靠近底部有些页岩外，绝大部分都是灰岩或白云质灰岩、白云岩，包括薄层灰岩，鲕状灰岩，石灰砾岩，厚层灰岩，白云质灰岩等等，形成多样化的碳酸盐沉积。在灰岩中，三叶虫化石仍颇丰富，其上部有时夹有涡卷状藻类灰岩，产头足类化石。在东北南部，上部有时也夹有较多的页岩，即所谓“楸树沟页岩”。

由于未见有大量的紫色和红色页岩，竹叶状灰岩砾石的表面也极少有红紫色的氧化壳，而且灰岩中出现一些鲕状灰岩和灰岩砾石。看来，凤山期的沉积环境已不如崮山期和长山期那么燥热、干旱，而气候已转为温暖，海水深度稍为加深，但是仍属于地台型碳酸盐类正常浅海性质，动荡不甚剧烈，但海水升降仍颇频繁，这点可以从本组的碳酸盐类岩石的结构和成分极为复杂察知。这种沉积环境和扬子区同时期沉积的大量巨厚的白云岩显然不同（娄山关群上部或三游洞群），后者不独沉积稳定，而且还有石膏和岩盐出现，显然属于不正常的碱化、盐化海相沉积。

总观华北—东北南部沉积区寒武纪时期的沉积环境和生物群的类型及保存状态，给人们这样一个深刻的印象，即：华北、东北南部大部分地区，在当时是处于氧气供应充分，气候温暖或燥热，海底颤动激烈，海水动荡频繁的状态。除昌平组有些沥青和燧石层，表示这一时期有过短暂的还原条件和一定的水化学条件之外，馒头组、毛庄组和徐庄组主要是在氧化、燥热、干旱条件下沉积的紫红色页岩夹些石灰岩，页岩中有食盐结晶假象。张夏组、崮山组、长山组和凤山组以灰岩为主，其中鲕状构造、竹叶状构造基本上也都是表示上述环境之下沉积的。

生物群方面，含有大量底栖和半游泳的三叶虫。从其保存状态看来，绝大多数化石都极为破碎，极少有完整的个体。这种情况表明，海水较浅，动荡频繁，水流冲击力量较强，生物遗体被冲刷成为碎片，而且由于供氧充分，食料丰富（例如张夏组中有许多微体小球藻 *Epiphyton* 等），生物极其繁盛。这种环境基本上属于正常海的状态，它与封闭、停滞的海洋环境，可作鲜明的对照。

(二) 关于辛集组及其相当的地层的时代、对比和磷矿的沉积环境

辛集组是华北古陆西缘和南缘寒武系最重要的含磷地层，是宁夏、山西、河南磷矿的主要供应来源；同样对陕西、安徽两省磷肥的供应也占一定数量。

辛集组的分布，北起宁夏的贺兰山，向南经六盘山区的固原、隆德、泾源，入陕西陇县、长武、永寿、乾县，向东至山西南部中条山南坡的永济、芮城、平陆，折转向南到河南的灵宝，东行又经汝阳、临汝，再转向东南方向过鲁山的辛集、遂平、确山、商城到固始，复转东北到安徽的霍丘、凤台这样一个曲曲折折的条带，长约一千六百公里，宽约数十公里至百余公里（图3）。在此带内，比辛集组新的寒武纪地层，如早寒武世的朱砂

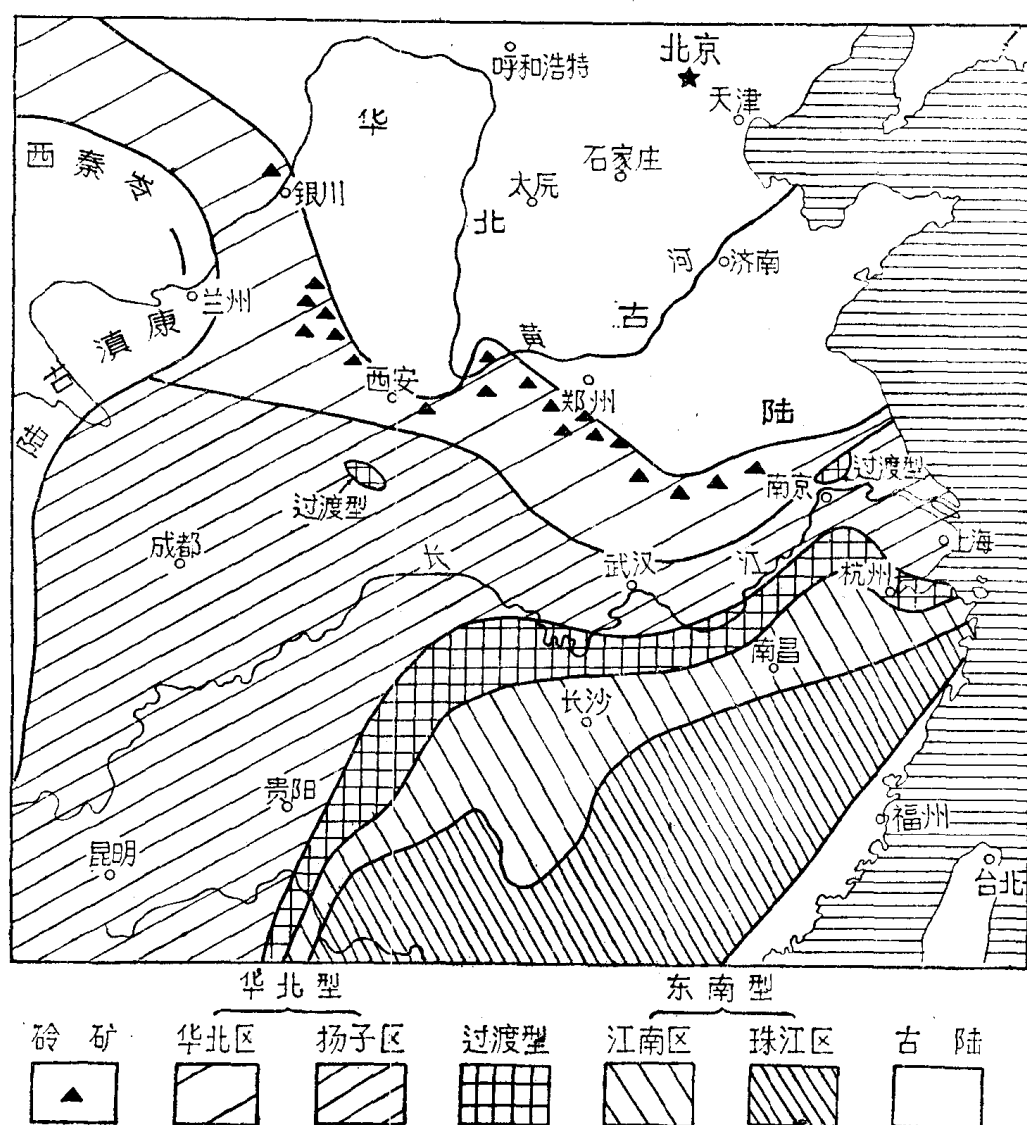


图3 辛集期中国东部磷矿及生物地理分区图

洞组、馒头组、毛庄组以及中晚寒武世的徐庄组、张夏组、崮山组、长山组、凤山组等等，其所含动物群均属华北类型，因此亦将辛集组的分布区域划在华北—东北沉积区之内。由于产 *Bergeroniellus*, *Hsuaspis* 等三叶虫，其时代应较华北区的昌平组为早，而与扬子区沧浪铺组乌龙箐段下部的古油栉虫 *Palaeolenus* 化石带大致相当或稍早于此带的地层相当。

与辛集组相当的地层，各地名称不同。如在宁夏贺兰山区，叫做苏峪口组^①。在河南嵩山、登封、偃师、巩县、洛阳、禹县、密县、新安、淝池一带称为“关口组”，在安徽淮南、霍丘一带称为雨台山组。这些组及上覆的朱砂洞组或旧称猴家山组（即现改名为昌平组的部分^②）与扬子区云南东部的沧浪铺组以及华北—东北南部的昌平组的关系，可作如下对比（表2）。

表 2 沧浪铺晚期扬子区、华北区和华北古陆边缘地带地层对比表

扬子区		华北古陆边缘地带				华北区
云南东部		宁夏贺兰山	豫西、晋南、豫南， 陇县、永寿、礼泉	豫中	淮南、霍丘	华北—东北南部
沧浪铺组	乌龙箐段 <i>Megapalaeolenus</i> 带	五道淌组下部 (?)	朱砂洞组 <i>Megapalaeolenus</i> <i>Redlichia meitanensis</i>	朱砂洞组 <i>Redlichia meitanensis</i>	昌平组 <i>Megapalaeolenus</i>	昌平组 <i>Megapalaeolenus</i>
	<i>Palaeolenus</i> 带	苏峪口组 <i>Ningxiaspis</i>	辛集组 <i>Bergeroniellus</i>	关口组	雨台山组 <i>Hsuaspis</i>	
	红井哨段 <i>Drepanuroides</i> 带					
	<i>Malungia</i> 带					

辛集组、苏峪口组、雨台山组、关口组的沉积环境可从其沉积物和这些地层的分布地

① 苏峪口组是1976年周志强、郑昭昌命名的（见周、郑所著的“贺兰山的寒武系”《西北地质科技情报》1976年，第1期，7—9页）。在此文以前，苏峪口组被误划为“毛庄组”。同时，在贺兰山区，代表豫西罗圈组的“正目观组”下部冰积层，又被误划归寒武系，“正目观组”上部的板岩亦被误划归为馒头组（见河北省地质局综合研究地质大队编辑的《磷矿地质专辑》“宁夏苏峪口—正目观磷矿地质特征简介”一文，1975年3月，65—67页。）

② 在淮南和霍丘一带，下寒武统下部地层曾被命名为“猴家山组”。此组的含意颇广，其上部包括含凤阳大古油栉虫（*Megapalaeolenus fengyangensis*）的地层（朱兆玲，1962；古油栉虫（*Palaeolenus*）在安徽凤阳的发现。古生物学报，10卷，13期），其下部包括霍丘产 *Hsuaspis* 的地层（杨志坚，1960；淮南、霍丘早寒武世沉积若干问题的探讨。地质科学，4期，182—188页）。上部产大古油栉虫的一段应相当于华北的昌平组，下部产 *Hsuaspis* 的一段，应相当于辛集组。根据朱兆玲最近与笔者交换意见，她认为猴家山组的标准地点至今未发现 *Megapalaeolenus* 或 *Hsuaspis*，因此它的时代如何，不能确定。她建议目前最好不要采用它作为一个地层单位，以免在分层和对比上造成混乱。她认为在淮南、凤阳等地产 *Megapalaeolenus* 的地层，不必另起地层名称，可与华北统一用昌平组一名。本文采纳她的意见，将旧称产 *Megapalaeolenus* 的一段“猴家山组”称为昌平组。在霍丘一带，杨志坚称产 *Hsuaspis* 的地层为郭山组，后人将郭山组包括在其下的雨台山组之内，统称为雨台山组。本文雨台山组的含义根据这个意见修正，其时代相当于辛集组。

区的古地理位置处于华北古陆边缘加以推断。

在古地理位置方面,上述贺兰山—六盘山—陇县—永寿—中条山—河南灵宝—汝阳、临汝、鲁山—遂平、确山—商城、固始—霍丘、凤台这一条带的辛集组都是在“华北古陆”的南缘和西缘。在辛集组分布区以北的古陆上,没有辛集组的沉积,但目前此线以北,还有不少地区地质工作还不够深入,还有一些地区被第四纪沉积物掩盖,因此还不能完全排除此线以北毫无辛集组沉积的可能。根据现有资料,在贺兰山区,其北段没有苏峪口组的沉积,只有中段和南段有苏峪口组(周志强、郑昭昌,1976,“贺兰山的寒武系”,7—10页)。由贺兰山北段向东越过黄河到鄂尔多斯西部的桌子山和岗德尔山,也没有苏峪口组的沉积(卢衍豪,1962,“中国的寒武系”,31页)。因此,我们可以肯定贺兰山北东两个方向在辛集期是华北古陆的西缘。同样情况,据最近编制的《西北区寒武系对比简表》记载,在六盘山以东的平凉区,在陕西永寿、礼泉东北的铜川—韩城区,早寒武世的馒头组直覆于震旦纪地层之上,这两区也都缺失辛集组和朱砂洞组。因此,平凉—铜川—韩城一线在辛集期是华北古陆的南缘,在此两区之间的中条山磷矿区以北,也是一个古陆(《磷矿地质》(二),地质出版社,1977,67页,插图1)。三个区相联,华北古陆西南缘成一条弓形弧。在淮南以北的宿县夹沟一带,产 *Megapalaeolenus* 的地层之下,为厚约16.9米的砾岩、泥灰岩、粉砂质页岩等。这段地层有可能仍属于昌平组,即使这段地层属于雨台山组的话,其厚度亦大为减薄。因为有三叶虫化石为证的雨台山组,在霍丘煤山的厚度达112—170米。如果前一种可能性大一些的话,那么宿县夹沟一带在辛集期(雨台山期)已经是华北古陆的东南缘了。

从岩石性质方面看来,不论是贺兰山的苏峪口组,陇县、永寿、礼泉、豫西、晋南中条山、豫南、豫中的辛集组,或淮南、凤台、霍丘的雨台山组,其共同的特点都是含有砾岩层,砾石有时为石英岩、磷块岩、硅质岩、页岩、砂岩或其他岩石,而胶结物则往往多为胶磷矿。在贺兰山区,磷砾岩的砾石以砂岩、硅质岩及较少的粉砂岩、页岩组成,胶结物主要为胶磷矿,并有铁质及泥质。在中条山地区,辛集组下部含磷岩段的底部为砾状、部分地区为结核状(豆状、肾状、假鲕状)磷块岩,角砾主要为燧石、次为石英砂岩,砂质磷块岩,粘土质磷块岩组成,胶结物为微晶质磷灰岩或非晶质胶磷矿、石英、玉髓等等。在河南鲁山辛集,辛集组底部的磷砾岩砾石主要为硅质岩及磷酸盐结核,胶结物有海绿石、铁质磷酸盐和泥砂质。在安徽凤台,下寒武统底砾岩上的饼砾状磷块岩的砾石主要为含磷砂岩砾石及胶磷矿砾石,其次为玉髓砾石,胶结物主要为胶磷矿,其中含有长石、海绿石、电气石、锆英石等,有时为氧化铁,方解石、石英碎屑。

根据各方面对以上各地区磷砾岩沉积环境的意见是:贺兰山苏峪口组的磷矿“属于地台边缘凹地的过渡类型,从沉积环境及古地理条件考虑,可属于浅海海峡沉积”,(见“宁夏苏峪口—正目观磷矿地质特征简介”。1975,《磷矿地质专辑》,70页)。关于中条山辛集组磷矿的沉积环境,则认为是当时此区地处华北古陆南缘,“本区为西北高,东南低,发育一系列北西向的梳型凹地和凸起地形,该时期地壳缓慢沉降,海水浸漫,成为滨海浅水潮汐地带。陆屑来自西北部的古陆”。(《中条山磷块岩矿床地质概况》,山西省地质局磷矿指挥部,1976年12月,20页)。又磷块岩层富含腕足类、腹足类、海绵骨针及其他化石,说明海进初期气候温暖,后期变的炎热,干燥,出现了蒸发岩(硬石膏,食盐假晶)。部分矿石呈黑色、黑灰色,且有黄铁矿,细菌化石和有机质存在,则反应滞流海水弱还原

—还原环境，但近岸和水流畅通地段又有赤铁矿生成，又说明氧化的特征。总之，环境是比较不稳定的，还原和氧化可以交互出现。至于河南鲁山辛集组的磷矿，简单地认为是“浅海相沉积”（“河南鲁山辛集磷矿地质概况”，《磷矿地质专辑》，1975，58页）。关于凤台雨台山磷矿的矿床成因特点是，“为一种较活动陆台半封闭干燥海湾的近岸浅水沉积物。矿石沉积时地壳振荡运动比较频繁。……磷矿沉积时古地形较复杂，它决定了海浸范围，因而也控制了磷矿的分布”（“安徽凤台磷矿地质特征”，《磷矿地质专辑》，1975年，54页）。

从以上各地区对于辛集期磷矿沉积环境的普遍看法，都认为是陆缘浅海沉积的性质，海水动荡较频繁，砾石成分复杂，可被认为是近岸冲刷搬运的结果，甚至可能有些地区是处在滨海浅水潮汐带。

（三）华北型扬子沉积区

扬子沉积区是我国寒武纪时期最大的磷矿区，绝大部分的巨型、大型、中型磷矿都在此区范围之内。为什么扬子区是我国寒武纪的最大磷矿区，值得研究。笔者认为有两个条件最为重要。其一，是扬子区在寒武纪时期具有特殊的沉积环境。其二，是扬子区具有寒武纪最底部的地层，寒武纪底部是扬子区的含矿层。华北型这两个条件可以细读“华北型扬子沉积区寒武系柱状剖面图”（图4）和把这个柱状剖面与“华北型华北—东北南部区寒武纪地层综合柱状剖面图”（图2）作仔细比较而得知。

1. 关于扬子区沉积环境问题

从表1看来，扬子区与华北—东北南部区同属于华北型，因为它所含动物群与华北—东北南部区的动物群有极为密切的关系，故同归于一个生物地理区。但在这一区的大部分面积内的沉积环境，却与华北—东北区有显著的不同。例如中、上寒武统虽然和华北一样，绝大部分都沉积了碳酸盐岩，但几乎全是白云岩，岩性单一，岩层巨厚。而华北—东北南部的中、上寒武统则以多种复杂结构的石灰岩为主，很少有白云岩。在扬子区中、上寒武统的白云岩中，且夹有厚度颇大的石膏，岩盐和红层。白云岩的沉积环境为碱性海水，pH值应大于8。石膏和岩盐应在蒸发力极强的封闭海洋环境中形成。因此从扬子区中、上寒武统的岩性单一、岩层巨厚的情况推断，在中、上寒武世时期，其沉积环境是属于稳定的碱化的和盐化的不正常海。华北—东北区中、上寒武统的沉积环境，在前文已分析过，基本上是属于正常海的范围，它没有巨厚的石膏和盐岩的沉积，但灰岩的结构和种类极多，这表示海水升降频繁，环境变化多端，环境不稳定。另一方面，沉积环境如何也可以从生物的丰富与否加以推测，例如扬子区的中、上寒武统的地层，如黔北的娄山关群或三峡的三游洞群和覃家庙群，其中都极少生物遗体（如在覃家庙群中，经数十年的努力，只找到了数量极少的几种三叶虫）或没有找到生物遗体（如娄山关群和三游洞群）。显然，当时的扬子海是不适于生物生存的不正常的海，而在华北和东北南部区的中、上寒武统地层中，三叶虫则极为丰富，不但数量极多，种、属也远较同一时期的江南区和珠江区复杂。前面已经谈过，华北—东北区除早寒武世的辛集期和昌平期有磷矿沉积外，中、上寒武世尚未发现具有工业价值的磷矿。在扬子区，情况也和华北—东北南部区相同，中、上