

中国磷块岩

叶连俊等著

科学出版社

中 国 磷 块 岩

叶连俊 陈其英 赵东旭 著
陈志明 陈友明 刘魁梧

科 学 出 版 社

1989

内 容 简 介

本书是根据叶连俊教授主持的专题研究组对中国磷块岩所作全面系统研究的结果撰写的一部专著。全书共有十章,其主要内容不是对磷矿床的列述,而是主旨于中国磷块岩矿床的形成特点及展布规律,因而书中比较着力于沉积背景、沉积环境、岩相、建造、含磷岩系以及矿石岩石学等方面的剖析与论证。而在第九章中特别反复地追溯了成矿物质来源问题;成矿作用的交替与变革问题;分析了成矿阶段问题;提出了“磷块岩多因素多阶段成矿”和“工业磷块岩物理富集成矿”的见解,在理论上有所创新。对磷的物质来源问题,汇总了新的事实而进一步阐明了“陆源汲取”和“有机成矿”以及“孔隙水成矿”的过程与更替,并且提出了沉积成矿可能属于“事件地质”这一设想。

本书可供地质科研、教学和生产部门有关的专业人员参考。

中 国 磷 块 岩

叶连俊 陈其英 赵东旭 著
陈志明 陈友明 刘魁梧

责任编辑 李增全

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1989年11月第一版 开本:787×1092 1/16
1989年11月第一次印刷 印张:22 插页:14
印数:0001—1 000 字数:502,000

ISBN 7-03-001374-3/P·249

定价:26.50元

序

本书的目的在于详细地介绍关于中国海相磷块岩的实际资料,并着重反映我们对中国磷块岩成矿地质背景、沉积环境以及成矿作用和过程的一些新认识。

回顾我们的磷矿研究工作,已断断续续地跨越了30年。1956年到1958年,我们首先调查了江苏海州磷灰石矿床及安徽凤台磷块岩矿床,接着在河北、山东、山西、河南、安徽、内蒙古和陕西等地开展了广泛的踏勘工作,目的是想初步摸一摸中国磷块岩矿床的宏观成矿特点及展布规律,揣度一下在华北地台区是否有形成大型工业磷块岩矿床的地质标志。这个时期,我们初步地做出了华北及西北地区下寒武统磷块岩展布及远景预测图。1958年苏联科学院地质研究所的Г. И. 布申斯基博士来华与我们协作进行磷块岩的研究,一同到西南的云南、贵州以及湖北等地进行了近四个月的野外考察;其间地质部地质科学院的几位同志也参加了考察。通过这次考察研究,一方面对西南地区的几个大型工业磷块岩矿床有了一个初步的了解,对需要深入研究的沉积学和矿床学问题有了一个初步想法;另一方面也有机会向Г. И. 布申斯基博士、向地质科学院郑直等同志,向野外地质队及有关地质工作者学习和讨论有关问题。

1962—1965年,我们对前阶段的工作做了一番综合性的考虑和回忆,着手开展室内的模拟试验工作;同时选择了西南地区的几个大型工业矿床,如贵州的开阳和遵义矿床,四川的什邡矿床和云南的昆阳矿床进行了重点的深入解剖,目的是想深入探讨中国工业磷块岩矿床的形成特点和成矿规律;这个时期我们从矿石矿物学和矿石岩石学方面进行了若干工作,在氟对磷灰石形成的影响、我国磷灰石的分类、我国磷块岩的物质组成、含磷岩系和磷块岩相、磷及生物元素的地球化学等方面都得到了自己的一些看法。

从1965年起,磷块岩的研究工作整整中断了10年,其间(1969年)仅对河北丰宁招兵沟变质磷灰石矿床做过一点调查工作,对那里的岩石地层和含磷岩层的展布以及地质构造模式做了一些工作。直到1975年才正式恢复磷块岩项目的研究,我们还是继续了1962—1965年期间的设计思想,结合当时大办磷肥的形势,先对华北地区的若干典型矿床,如中条山地区和豫西地区的一些矿床进行了比较深入一步的研究;其后又对西南及中南地区的一些矿床,如云南昆阳及其邻近的一些矿床,贵州的瓮安,湖南的浏阳、石门和怀化,湖北的荆襄和宜昌,江西的朝阳等重要工业矿床进行了观察和解剖。这个时期,我们从成矿沉积环境和沉积相,从成矿模拟试验等方面开展了进一步的工作,对中国磷块岩形成特点的认识有了比较进一步的概括,例证了我国磷块岩矿床形成于海侵岩系的底部或靠近底部,以及磷块岩矿床与暗色岩系之间的地层关系;揭露和陈述了造海运动和造陆运动与成矿作用之间各自不同的密切关系;对中国几个不同磷块岩成矿区域的特点已经掌握了一个模式性的轮廓;自1976年开始,已经明确地认识到了沉积物理作用或介质动力学条件在中国磷块岩矿床成矿过程中的不可忽视的作用。

应当指出,1978年应国际地质对比计划 IGCP 156 项的邀请参加了国际磷矿讨论的历次(第一到第八次)活动,包括论文讨论会及野外观察和经验交流,同国外一些著名磷矿工作者广泛交流了经验,探讨了有关的学术问题和学术见解。所有这些活动,对我们进行的磷矿研究工作都是极有裨益的。

通过以上一系列的工作,使我们对中国磷块岩矿床有了一个比较系统的了解,掌握了不少第一手材料,得到了一些明确的概念和理论性看法或想法。因而,觉得有可能和需要把已经进行的工作和掌握的材料,加以进一步的系统地深化和总结,向国内外沉积学界的同行们交流和请教。基于这一想法,我们制订了 1982—1986 年期间的“中国磷块岩矿床成矿作用、成矿特点和成矿过程”的专题研究计划,并被列为中国科学院的重点课题。几年来,我们共考察了我国东部七十多个磷矿床(点),实测各种地层剖面、岩石或矿层剖面二百余条,采集并研究了五千多个样品,获得了大量第一手资料。不但充实了我们在 70 年代提出的看法,而且已有可能全面地论述中国磷块岩的形成特点、成矿规律和成矿过程诸方面的问题。经五年多的深入工作,课题的研究计划已经按时完成,并写出了有关总结和论文。

本书就是在上述一系列调查研究,特别是根据 1982—1986 年期间研究所得的材料,不断深化、补充和综合整理而成。全书共约四十多万字,并附有相应的插图和各种照像图版。

本书的主要内容不在于对中国磷块岩矿床的列述,而系主旨于中国磷块岩矿床的形成特点与展布规律。希望通过沉积学的理论推敲,启迪磷块岩成矿的地质征兆,反映成矿区域与成矿类型的自在沉积环境与沉积背景。因而,书中比较着力于沉积环境、沉积背景、岩相、建造、含磷岩系及矿石岩石学等方面的剖析与论证;反复地追溯了成矿物质来源问题,成矿作用的交替与变革问题;分析了成矿阶段问题;提出了“工业磷块岩多因素多阶段成矿论”和“工业磷块岩物理富集成矿说”的新见解,并对磷的成矿物质来源问题总汇新的事实进一步地阐明了“陆源汲取”和“有机成矿”以及“孔隙水成矿”的过程与更替,并且提出了“沉积成矿”可能属于“事件地质”性质的假说。

本书的撰写由叶连俊和陈其英主持,采取了共同讨论、分头执笔、疑义辨析,多次雕琢,最后定稿的办法,因而这是一项集体劳动的成果。各章节的执笔分工如下:序和第一章由叶连俊、陈其英执笔,第二章和第三章由陈其英执笔,第四章由赵东旭执笔,第五章由陈志明执笔,第六章由赵东旭、陈志明执笔,第七章由陈友明执笔,第八章分别由赵东旭、刘魁梧、陈其英、陈志明执笔,第九章由叶连俊、陈其英执笔,第十章由叶连俊执笔。全书最后由叶连俊和陈其英统编、审定。

本书依据的主要材料除了 1982—1986 年期间的调查研究所得之外,还采纳了我们沉积学研究室历年来在沉积学、矿床学、矿石岩石学和矿物学等方面许多同志的调查资料 and 研究成果;并参阅了有关省、市、自治区的区域地质测量报告和某些矿床的勘探报告。

非常明显,本书的撰写虽然只是由我们专题组的几个人来完成的,但是从 1956 年开始磷矿工作以来,我们沉积学研究室的很多同志,例如孙枢、陈先沛、周中毅等许多同志都曾是磷矿工作的积极参加者和贡献者,他们虽然没有直接参加本专题的工作,但他们的贡献是包含于其中的。另外,我们还必须提到,在我们的野外工作过程中,所到之处都受到了各地地质勘探队、各矿山的领导和技术人员的热情指导和帮助。在室内工作过程中,本所

有关各兄弟实验室为我们提供了分析数据。绘图室和复照组为本书绘制了有关图件和摄制照片图版,在野外调查过程中得到了本所和若干兄弟单位车队同志的热情协助,在此一并致以衷心感谢。

本书虽然提出了一些问题,也提出了一些我们自己的看法和论说,但问题提得不一定准确,看法和论说也可能不够全面,甚至还会有不恰当的地方,统望读者不吝指教。

作者

1988年11月

目 录

序	
第一章 绪论	1
第二章 含磷岩系和磷块岩相	7
一、概述	7
二、晚震旦世黔中成矿区的含磷岩系和磷块岩相	9
(一) 黔中型含磷岩系	10
(二) 遵义型含磷岩系	15
(三) 黔中成矿区的磷块岩相	17
三、晚震旦世鄂湘成矿区的含磷岩系和磷块岩相	19
(一) 荆襄型含磷岩系	19
(二) 石门型含磷岩系	24
(三) 湘西型含磷岩系	29
(四) 鄂湘成矿区的磷块岩相	32
四、早寒武世扬子成矿域的含磷岩系和磷块岩相	33
(一) 昆阳型、德泽型含磷岩系和磷块岩相	34
(二) 汉源型含磷岩系和磷块岩相	45
(三) 浙西型含磷岩系和磷块岩相	47
五、早寒武世华北地台南缘成矿带豫西型含磷岩系和磷块岩相	51
六、中泥盆世龙门山拗陷中段什邡型含磷岩系和磷块岩相	56
第三章 磷块岩矿石岩石学	58
一、磷块岩矿石的组成矿物	58
(一) 主要矿物——碳氟磷灰石	58
(二) 重要的伴生矿物	65
(三) 磷块岩矿石的矿物共生类型	67
二、磷块岩矿石的化学组成	68
(一) 不同成矿域和不同成矿时代磷块岩矿石的化学成分	69
(二) 主要成矿时代不同类型磷块岩矿石的化学成分	71
三、磷块岩矿石的结构类型	72
(一) 磷块岩结构成因类型的划分	72
(二) 我国磷块岩矿石的基本结构类型	74
(三) 我国磷块岩基质和胶结物的类型及展布	80
(四) 磷块岩的结构构造及其演化	81
(五) 磷块岩的显微结构类型及特点	83

四、磷块岩矿石的类型、沉积环境和相	85
第四章 震旦纪成磷期岩相古地理	87
一、陡山沱期岩相古地理	87
(一) 地层	87
(二) 古地理特征	89
(三) 沉积岩相	92
(四) 陡山沱期磷块岩的生成、展布特点	102
二、灯影期岩相古地理	103
(一) 地层	103
(二) 古地理特征	106
(三) 沉积岩相	109
(四) 灯影期磷块岩的展布和生成特点	115
第五章 寒武纪和泥盆纪主要成磷期岩相古地理	116
一、梅树村早期岩相古地理及磷块岩的展布	116
(一) 地层	116
(二) 古地理轮廓	117
(三) 沉积相	120
(四) 梅树村早期磷块岩的展布	123
二、梅树村晚期岩相古地理及磷块岩的展布	125
(一) 地层	125
(二) 古地理轮廓	126
(三) 早寒武世(筇竹寺-沧浪铺组)沉积相	126
(四) 磷块岩的展布	127
三、辛集期岩相古地理及磷块岩的展布	129
(一) 概述	129
(二) 地层划分与对比	130
(三) 岩相古地理特征	132
(四) 磷块岩的展布	135
(五) 沉积环境分析	136
四、什邡期岩相古地理及磷块岩的展布	137
(一) 地层划分与对比	137
(二) 古地理轮廓	138
(三) 磷块岩相及展布特点	138
(四) 沉积环境分析	143
第六章 震旦纪、寒武纪沉积建造	144
一、震旦纪沉积建造	144
(一) 建造的划分和展布概况	144
(二) 含磷粘土岩-碳酸盐岩亚建造	145
(三) 含膏盐碳酸盐岩亚建造	147
(四) 含金属硫化物粘土岩-硅质岩亚建造	148
(五) 含磷粘土岩-碳酸盐岩亚建造的生成地质背景	148

二、寒武纪沉积建造	151
(一) 概述	151
(二) 扬子地台沉积建造	153
(三) 华北地台沉积建造	163
第七章 钙磷酸盐矿物形成条件的实验研究	169
一、实验条件和物相鉴定方法	170
二、实验结果	174
(一) 磷灰石矿物的合成实验	174
(二) 在 Ca^{2+} - HPO_4^{2-} - HCO_3^{-} - F^{-} - H_2O 体系中加入 Mg^{2+} 、胡敏酸(腐殖酸)或 NaCl 对磷灰石和方解石形成的影响	179
(三) 固-液相交代实验	184
(四) 一些含磷岩石和硅质岩的溶蚀实验	187
三、讨论	190
第八章 磷块岩矿床	197
一、海州磷矿床	197
(一) 地理地质概况	197
(二) 含磷岩系的特点	199
(三) 磷块岩矿床的组分和结构特点	201
(四) 磷块岩的生成特点	205
二、荆襄磷矿床	206
(一) 地理地质概况	206
(二) 磷块岩矿层	208
(三) 磷块岩的物质组分、类型和结构构造	210
(四) 荆襄磷块岩矿床的成因	214
三、瓮安磷矿床	215
(一) 地理地质概况	215
(二) 磷块岩矿层	217
(三) 磷块岩的物质组成、类型和结构构造	218
(四) 磷块岩的沉积环境和地质背景	222
四、开阳磷矿床	223
(一) 概况	223
(二) 区域地质及矿区地质	224
(三) 磷块岩结构类型及岩石学特点	227
(四) 磷矿石的物质成分	231
(五) 粒度分布特征和水动力条件	233
(六) 沉积环境与成矿特点	237
五、昆阳磷矿床	237
(一) 概述	237
(二) 磷块岩矿石的物质组成	238
(三) 含磷岩系特点	245
(四) 磷矿成矿特点	247

六、中条山磷矿床	249
(一) 概述	249
(二) 磷块岩的物质组成	250
(三) 磷块岩的结构成因类型	253
(四) 含磷岩系和磷块岩相	256
七、什邡马槽滩-岳家山磷矿床	262
(一) 矿区地质概况	262
(二) 含磷岩系特征	265
(三) 矿石物质组成	268
(四) 磷块岩相与沉积环境	275
(五) 磷块岩的成因	276
第九章 我国磷块岩的形成特点	278
一、成矿域、成矿带和成矿区	278
(一) 主要成矿域、成矿带的基本特征	278
(二) 成矿域、成矿带的展布规律	281
二、含磷沉积建造、形成地质背景与时空展布规律	283
三、磷块岩形成条件的若干问题	286
(一) 磷的物质来源	286
(二) 形成磷块岩的地质背景	289
(三) 形成磷块岩的沉积环境	293
(四) 磷块岩的形成作用	295
(五) 磷块岩矿床的物理富集	297
(六) 磷块岩的形成过程	310
第十章 结论	312
一、我国磷块岩矿床的分布、类型及储量分配	312
二、我国磷块岩矿床的形成背景	312
(一) 大地构造背景	312
(二) 古气候背景	313
(三) 生物背景	313
三、我国磷块岩的沉积环境和含磷岩系	313
四、我国磷块岩的成矿区域	314
五、磷块岩矿床的形成问题	315
(一) 磷块岩的成矿物质来源问题	315
(二) 成矿作用问题	315
(三) 成矿过程问题	316
参考文献	317
图版说明	324
英文目录	330
英文摘要	335
图版	341

第一章 绪 论

我国磷矿资源丰富(图 1-1),其中以沉积型磷块岩最为重要。按照已经探明的储量计算,海相磷块岩约占 85%,岩浆岩型和变质岩型磷灰石矿占 14.6%,鸟粪磷块岩及其他类型的磷矿仅占 0.4% 左右。

我国磷块岩的成矿时代是很多的,但其中最重要的工业矿床的成矿时代是震旦纪、寒武纪和泥盆纪。据初步统计,在沉积磷块岩的总储量中、震旦纪的占 51%,寒武纪的占 44%,泥盆纪的占 4.9%,其他时代的仅有 0.1%。

我国的磷矿及矿化层位不少于 24 个(表 1-1)。除海相磷块岩外,还有沉积变质型的,与岩浆岩有关的各类型以及洞穴鸟粪等类型的矿床;其中只有前两者构成重要的工业矿床。

以下简要叙述其中几个重要成矿时代的矿化层特点:

1. 前震旦纪的含磷层

包括时限范围为 800—2500Ma 的地层。在华北,已经变质的五台系,好些地方产有磁铁矿石岩和几个富磷灰石层;但这些磷灰石层似乎不是属于同一层位,因为岩层的性质彼此十分不同;东北地区的宽甸群,沉积时限为 1800—2200Ma,磷矿化层位于宽甸群的中上部透辉变粒岩中, P_2O_5 含量为 3—8%,如丹东同兴和宽甸杨木川等矿点属之;辽西地区“勿兰勿苏”型黑云斜长变粒岩中的磷灰石矿化层, P_2O_5 含量平均只有 3—5%,但有较高含量的 Fe、Ti、V、S、Co、Cr 和 Ni。

变质的溱沔系产有前震旦纪最重要的含磷层,大致相当于这一层位的有江苏的海州群锦屏组、湖北的红安群黄麦岭组、安徽的肥东群双山组和宿松群柳坪组以及内蒙古的白云鄂博群尖山组和辽东的辽河群大石桥组等。其中具工业价值的海州型层状磷灰石矿床是这一含磷层位的重要代表,其含磷岩系由大理岩、石英片岩、斜长变粒岩和云母石英片岩组成,有上、下两层矿, P_2O_5 含量一般为 10—15%,最高可达 20—30%;上矿层的底部富含铁、锰;含磷岩系的原始沉积应为一套陆屑-碳酸岩组合。内蒙古布龙土磷灰石矿可能与海州型相当,但它产在一套变质石英砂岩、板岩和千枚岩中, P_2O_5 含量 5—8%,最高 25%,含磷岩系底部也富含铁、锰,其原始沉积应为陆源碎屑建造。比它层位高的含磷层还有冀北东焦群碎屑岩及粉砂质千枚岩中的磷结核及薄层,长城系串岭沟组以及青白口系景儿峪组中的磷质薄层或透镜体。

关于前震旦纪磷矿形成时代的划分尚未尽准确,因此,涉及具体层位的对比亦未可靠。近年来,对前震旦纪各磷矿化层位都陆续有新的资料报道,但真正够得上工业要求的品位和储量的矿床为数不多,据到目前为止所得资料,前震旦纪成矿规模最大的工业矿床仍数江苏的海州磷矿和湖北孝感的黄麦岭磷矿。

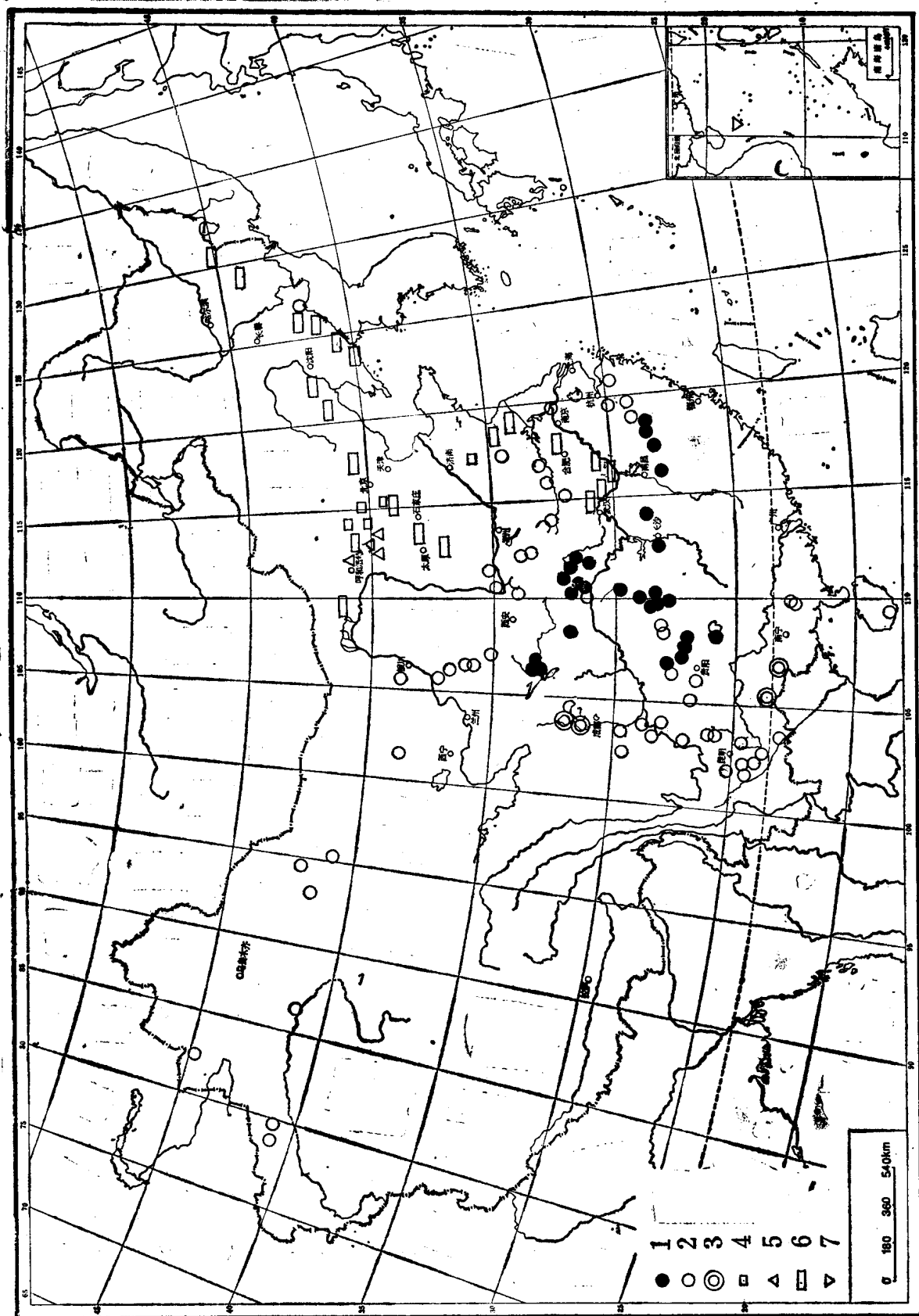


图 1-1 我国磷矿资源分布略图

沉积岩型磷块岩: 1——震旦纪; 2——寒武纪; 3——泥盆纪。岩浆岩型磷灰石矿: 4——岩浆岩; 5——伟晶岩; 6——变质岩型磷灰石矿; 7——鸟粪磷块岩

表 1-1 我国磷矿的含磷层位

距今年龄 (亿年)	地层系统		矿化层位	含磷岩性及产状	矿化程度
0.03	新生界	第四系		洞穴、淋滤交代及鸟粪磷块岩	矿化或小型矿床
0.80		第三系	崑宁群 (E)	砂岩或页岩中的磷结核	磷酸盐矿化
1.40	中生界	白垩系	四方台组 (K ₂)	砂岩或页岩中磷的薄层或结核	磷酸盐矿化
1.95		侏罗系	鹅湖岭组 (J ₂)	火山凝灰岩和页岩中局部磷酸盐化	磷酸盐矿化
2.30		三叠系		含磷砂岩或页岩	磷酸盐矿化
2.70	古生界	二叠系	孤峰组 (P ₁)	页岩中的磷结核层	矿化或小型矿床
3.20		石炭系	岩关组	砂岩、页岩或灰岩中的磷结核或薄层	小型矿床
3.75		泥盆系	什邡组 (D ₂)	层状磷块岩、顶底板均为白云岩	工业矿床
4.40		志留系	连滩群	砂页岩中的磷结核	磷酸盐矿化
5.00		奥陶系	红石崖组 (O ₂)	碳酸岩层中磷质条带或结核	磷酸盐矿化
		寒武系	老爷山组 (Є ₃)	白云岩中夹的含磷砂页岩	磷酸盐矿化
			大茅群 (Є ₂)	磷块岩薄层产于钙质石英砂岩、硅质岩或灰岩中	小型矿床
			毛庄组 (Є ₁)	含磷砂页岩	磷酸盐矿化
			昌平组 (Є ₁)	含磷砂岩薄层产于碎屑岩中	磷酸盐矿化
			辛集组 (Є ₁)	砂质磷块岩层,产于细碎屑岩之中	小型矿床
			第竹寺组 (Є ₁)	砂质磷块岩层,产于钙质细砂岩中	工业矿床
			渔户村组 (Є ₁)	厚层状磷块岩,顶底板均为白云岩层	工业矿床
6.20		震旦系	灯影组 (Z ₂)	层状磷块岩,产于白云岩中	工业矿床
8.00			陡山沱组 (Z ₂)	层状磷块岩,共生岩石主要为白云岩、页岩或硅质岩	工业矿床
9.00	元古界	青白口系	景儿峪组	磷的结核、透镜体,产于白云质灰岩中	磷酸盐矿化
		蓟县系			
19.50		长城系	串岭沟组	砂质白云岩和砂岩中的磷结核或透镜体	磷酸盐矿化
		呼沱系	东焦群	碎屑岩及粉砂质千枚岩中磷质结核或透镜体	磷酸盐矿化
			海州群锦屏组 红安群黄麦岭组 肥东群双山组 宿松群柳坪组 辽河群大石桥组 白云鄂博群尖山组 宽甸群	层状磷灰石矿,产于各种变质片岩或大理岩中	工业矿床
25.00				磷灰石矿产于透辉变粒岩层中	磷酸盐矿化
	太古界	五台系			

2. 震旦纪的含磷层

在我国南方,直接覆盖在弱变质基底之上的沉积建造是晚元古代震旦纪的沉积岩层,其同位素年龄值为 $615 \pm 20\text{Ma}$ 和 $850 \pm 20\text{Ma}$ 之间。震旦纪的含磷层位有两个:

(1) 上震旦统陡山沱组含磷层。覆于南沱冰碛岩层或其以前的层岩上。含磷岩系由黑色页岩、磷块岩和白云岩,有时还有硅质页岩或硅质岩组成。磷块岩多为块层状。矿石多半为碎屑状和叠层石状构造的优质矿石。 P_2O_5 含量可高达25—39%。陡山沱期不仅在我国是一个重要成磷期,同时也是亚洲地区重要成磷时期之一,例如蒙苏边界的库苏泊-乌哈戈尔盆地的磷块岩就是这个时期形成的。

(2) 上震旦统灯影组含磷层。灯影组的主体岩石是白云岩,富含藻类,局部夹硅质岩和泥质岩。它广泛分布于滇、川、鄂、湘、黔、皖、浙、赣等省,厚度一般在200—800M;磷矿化层位于灯影组的中部;下部及上部均为厚层状白云岩,但上部的白云岩多半具燧石条带,并富含藻类。灯影组中具有工业价值的磷块岩层主要见于湖北南漳的邓家崖和湖南石门东山峰等地。含磷岩系厚0—78m,由磷质团块白云岩、云基砾砂屑磷块岩和泥质条带状磷块岩组成,矿层厚0—13m, P_2O_5 含量一般为百分之二十几。

上述震旦纪磷块岩仅见于华南地区,我国北部及西部地区目前还未发现相当层位的具有工业价值的磷块岩矿床。

3. 寒武纪含磷层

我国寒武系有七个磷矿化层,其中下寒武统五个,中及上寒武统各一个。虽然这些含磷层位有生物地层的证据加以确定和对比,但在同一成矿区内,工业矿床多半是不共存的。

早寒武世,整个扬子地台区均有磷的矿化,但其中工业价值最大的磷块岩仅产在渔户村组的中谊村段;含磷岩系,主要由白云岩、层状磷块岩、含磷粘土岩,有时还有黑色页岩及硅质岩组成,厚十余米至三百余米;滇东所产优质矿层一般厚度为数米至十余米。早寒武世梅树村期是晚震旦统陡山沱期之后的又一重要成磷期。筇竹寺组的矿化层,除了四川的汉源磷矿外,其他多半不具工业价值。华北地区黄河流域中部沧浪铺期辛集组的磷块岩也是低品位的小型矿床或矿化点,工业意义不大。早寒武世中晚期昌平组的磷矿化层广泛分布于新疆天山山脉的西端,质量很差;早寒武世晚期毛庄组磷矿化层,仅在河北及内蒙古的个别地点有所发现。中寒武世含磷层中稍具工业意义的是海南岛南部的大茅磷矿,磷块岩成薄层或透镜体夹在陆源碎屑岩、泥质岩、硅质岩和碳酸岩组成的大茅群之中,含三叶虫化石如 *Galahetes*, *Xystridura*, *Goniagnostus*, *Hypagnostus*, *Triplagnostus* 等,表明为中寒武世,并且可以与澳大利亚佐治盆地的磷块岩层相对比;相当的磷矿化层位在江西、甘肃和青海等省亦有所报道,但均无工业价值。青海大通一带的磷酸盐化层位可能比大茅者稍高,属晚寒武世。

4. 泥盆纪含磷层位

四川什邡磷块岩矿床是这一成矿期中唯一具有工业价值的矿床。含磷岩系由磷块岩、磷锶铝石岩和粘土岩组成,厚0.24—56.31m。矿层直接覆盖在震旦纪白云岩的古卡斯特面上。通常矿层下部的矿石具角砾状构造,向上渐次不明显而过渡到致密块状的磷锶铝石岩层。含磷岩系产有中泥盆世的腕足类及沟鳞鱼等化石,同时还有磷块岩角砾内含软舌螺(*Hyolithes*)的报道(李学仁,1984)。什邡磷矿床矿石的最大特点是不仅由碳氟磷灰石,而且还有具工业价值的磷锶铝石所组成。可能和它相当的泥盆纪含磷层位在广西、

陕西、云南和广东等省(区)也有所发现。

5. 显生宙其他时代的含磷层

在奥陶系、志留系、石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系以及下第三系中均有不同程度的磷酸盐化或小型磷矿床,但所有这些时代的矿化或矿床都是质量差、规模小而没有工业价值。此外,我国还有很多如江苏北部和广西等地的石灰岩洞穴磷质堆积和南海诸岛的鸟粪堆积。

磷块岩在农业肥料、清洗剂、水软化剂、金属保护以及饲料方面均有广泛的应用。就其世界产量及国际贸易量(不包括中国)来看,磷是仅次于铁的工业矿物原料。1978年全世界磷矿石产量为一亿二千五百万吨,其中磷块岩为一亿零五百万吨,即约相当于全量的84%。中国的磷块岩储量约为一百亿吨(赵家骧等的统计,解放前全国总储量包括海州、昆阳、凤台及南海诸岛的矿床,总计尚不到五万吨),占世界总储量的12.3%;1979—1980年年平均开采量为六百八十五万吨,为世界年产量的5.1%。从储量看,中国磷块岩占世界第五位,是相当丰富的。

但是,问题的征结在于,中国磷块岩也和世界磷块岩的分布状况一样,具有明显的不平衡性或局限性:其一是地区上的不平衡或局限,我国已发现的磷块岩矿床多集中分布在西南的云南、贵州、四川和中南的湖北、湖南以及江西等省,而地域广阔的华北、东北和西北地区较少,即使有所发现也多是低品位的小型矿床,工业意义不大;其二是工业磷块岩矿床的成矿时代绝大部分属于震旦纪和寒武纪。工业矿床成矿地区及成矿时代的这种局限性,从矿业经济的角度看是很不理想的,因此加强对成矿规律方面的理论研究就显得非常必要,这也正是科研工作者不可推卸的责任。

半个多世纪以来,关于磷块岩的成因问题有着广泛、热烈的讨论。先后有化学成因说、火山成因说、生物化学成因说、交代成因说以及生物-成岩成矿说等重要学说被提出来。

自1978年国际地质对比计划156项工作开展以来又取得了很多有意义的进展,在有关成磷的古海洋和成矿周期等方面取得了不少新的数据和新的认识,但是对成岩孔隙水的重要性,生物有机质在成矿中的重要性,对含磷岩系的成矿意义,对成矿沉积环境和地质背景对磷块岩形成展布的重要性等方面还缺少专注的研究。

本书作者从对中国磷块岩的研究中认识到,磷块岩矿床形成与展布规律的研究主要有四个方面的问题:即物质来源问题,形成作用问题,形成过程问题,以及形成环境和背景问题。我们既借鉴了已有大洋磷酸盐的资料,而又主要是从古代磷块岩的固有特征出发来加以深入研究的。明确了中国磷块岩矿床的物质来源不是海水直接沉积的结果,其成矿物源一是原始物源来自含磷陆源碎屑和富含磷质的海洋生物,二是沉积的直接物源是富磷底水和孔隙水的沉淀;生物,特别是微生物在成矿中起着特殊重要的作用。在具体解剖了厚层优质的工业磷块岩的形成作用和全过程后,把成矿过程分为三个阶段,即磷的汲取和浓集阶段,地球化学富集阶段和物理富集阶段;其中物理富集阶段是工业磷块岩矿床得以形成的不可缺少的关键性作用;工业磷块岩的形成是多因素多阶段的。本书还特别强调和注重对成矿背景(包括地质构造背景、古气候背景和生物背景)和成矿环境作全面的综合分析,认识到了内陆棚与外陆棚成矿过程的区别;认识到了地质背景对成矿的控

制作用,特别是影响到成矿时代的这一重要作用;认识到了海水进退对沉积矿床形成的重要性;提出的关于柔性、多旋回构造背景有利于磷块岩形成的看法,磷块岩是造海运动产物的看法,是一种“事件沉积”的看法,以及浅水高能环境有利于优质矿层形成的看法等等,对于认识磷块岩,特别是认识古代磷块岩形成、展布规律等方面都有所前进和深化。

第二章 含磷岩系和磷块岩相

一、概 述

研究沉积岩层和沉积矿层的形成作用,既要研究它的形成背景,也要研究它的形成环境,二者相结合,相辅相成。沉积建造,特别是含矿沉积建造是研究成矿地质背景的重要内容,我们将在第六章中加以讨论,这里要研究的是关于沉积成矿环境方面的内容。

根据我们的理解,沉积环境的物质反映是沉积相,所以含矿的沉积相就是成矿环境的物质反映;那么很显然,对沉积成矿环境的研究就是对含矿沉积相的研究,就是对与成矿有关的岩石共生组合的研究。

关于沉积相的概念有不同的理解。我们把形成于例如潟湖、河流、湖泊、陆架等古地理单元中的沉积综合体称之为沉积相,但也有人把形成于上述这类古地理单元中某一个组成岩层或组成岩体叫做沉积相,并称为“砂岩相”、“页岩相”或“灰岩相”等等。显然,这是把沉积相与岩类体(Lithosome),甚至与岩石地层单位(Lithotope)等同看待的结果;很明显,这两种不同类型的所谓沉积相,其地质意义是完全不相同的,前者代表古地理单元中沉积环境或沉积作用的总的特征,而后者只是前者中的一个组成部分,它在古地理单元中的具体位置及形态往往是受古地理单元中的边界条件所制约的,所以我们的概念是把上述前一种相,如潟湖相、河流相、陆架相等称为沉积相,而将后一种“相”如“砂岩相”、“页岩相”等称为“相素”;沉积相正是由这些不同的相素组成的。

沉积“含矿岩系”这个术语已为沉积矿床工作者广泛使用,虽然有关它的具体涵义、划分标志、范围和内容均少见明确的论述,但多数人都把术语“含矿岩系”同与矿层有成因关系的那一套共生岩石组合联系起来。我们在研究沉积磷块岩矿床的过程中,把磷块岩矿床(矿层及其密切共生的岩层)理解为一种特殊的沉积相,把这种含磷的沉积相内的相素序列或岩性序列称为含磷岩系;所以含磷岩系就是这种特殊的沉积相素的序列规律,因为如同沉积相一样,含磷的沉积相也是由若干相素组成的,这些相素在不同的含磷沉积相内,具有不同的岩类及岩性内容,具有不同的序列和系列规律。这里所说的序列代表沉积相素在时间演化上的更替特点,反映它生成时期沉积盆地的地质、自然地理、物理、化学和生物等诸方面的状况;而系列则是相素在空间上变化更替,即通常所说的“相模式”,它反映沉积相素的横向变异规律,具体反映古地理单元内部的自然结构特点,反映上述诸方面状况在空间上的演变;因此不难理解,研究含磷岩系,就要应用岩相古地理方法来研究矿层及与其密切共生的岩层。当然,研究矿层是我们的主要目标,但绝不能把矿层孤立起来,而是要把矿层同与其成因密切相关的一套岩层有机地联系起来加以研究,在含磷岩系中有多层矿出现时,更必须考虑到其复杂性而一一加以分别的或联合的处理。

研究含磷岩系的系列规律,必须首先确定同时性的岩层单位,并尽可能地确定古成矿