

高等学校教材试用本

矿床工业类型

下册

非金属矿床

(修订本)

长春地质学院矿床教研室 编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校教材試用本



矿床工业类型

下 册

非金属矿床

(修訂本)

长春地质学院矿床教研室 編

中国工业出版社

矿床工业类型一书分上下册出版，本书为下册，其内容：結合国内外矿床实例专门对非金属矿床的工业类型、形成条件及某些技术要求等进行论述。本书可作为高等院校地质专业试用教材，对从事地质工作的一般技术人员也有参考意义。

矿床工业类型

下 册

非 金 属 矿 床

(修 訂 本)

长春地质学院矿床教研室 編

*

地质部地质书刊编辑部編輯 (北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版 (北京佟麟阁路丙10号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 110 号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店經售

*

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ · 印张 12 · 字数 272,000

1961年12月北京第一版

1964年12月北京第二版 · 1964年12月北京第四次印刷

印数 6,384—9,983 · 定价(科五) 1.40元

*

統一书号: K15165 · 1134(地质-97)

修訂版序言^①

“矿床工业类型”是由长春地质学院矿床教研室的部分教师集体編写的。根据教育部和地质部的指示，本书可作为全国各高等院校地质专业的試用教材。

本书分上下两册，上册为金属矿床，下册为非金属矿床。第一版是在1961年5、6月份集中編写完成，在一年来的試用过程中，发现了若干缺点和錯誤之处，因而，在再版以前，在1962年9月—12月間进行了修改。

本书第一版的編写是以选修为主，只有部分章节是重新編写的。編写非金属矿床主要依据1960年长春地质学院矿床教研室編写的“非金属矿床工业类型讲义”及1959年北京地质学院矿床教研室編写的“非金属矿床讲义”（第二次修訂版）。参加編写的教师共有二名，其分工如下：馮本智（22—25章、27—30章、36—38章、40—44章，其中27、29、41、42、43、44各章主要选自北京地质学院矿床教研室所編之“非金属矿床讲义”）。姚风良（26、31—35、39章）。此外，部分同学参加了绘图和抄写工作。

本书再版时的修改工作是在教学工作的同时进行的，由于時間及条件的限制，着重在内容和文字的提炼及修正錯誤方面，也补充了部分新資料。参加修改工作的共有四名教师，其分工如下：赵东甫（22、27—29、32、37、40章），馮本智（23、24、30、36、38、41章），姚风良（26、33—35章、39章），尹大昌（25、31、42—44章），最后的整編工作由馮本智完成。

本书在編写和修改过程中，除了上述所依据的教材之外，还参考了A.Г.別杰赫琴等著的矿床学第三篇“非金属矿床”（1954）。

本书可作为高等院校地质测量找矿专业和矿产地质勘探专业的試用教材，另外，对中等地质专业学校、野外地质人員及有关的科学研究人員也具有参考意义。

在工作过程中，一直受到喻德渊院长、郭思敬副院长的关怀和指导，在此次修改过程中，承蒙胡伟同、馬振图教授等的审阅，并提出了宝贵意見，我們表示十分感謝。

由于編者业务水平的限制，本书不論在內容或文字方面都存在着很多缺点，另外，由于時間和人力的限制，在此次修改过程中，未能做更大的变动，某些新資料来不及补充，某些插图未能更換，所有这些問題，均有待于下一版中来完成。編者們誠懇地希望讀者的批評、指正。

編者

1962.12. 长春

^① 本书上册已有序言，因考虑到有的讀者可能只使用下册，故在下册中把序言仍然放入。

目 录

第二十二章 磷(磷块岩与磷灰石)	1
一、概論	1
二、磷的地球化学与磷块岩形成假說	3
三、磷块岩矿床的工业类型	5
四、磷灰石矿床工业类型	13
五、国内外分布概況	15
第二十三章 盐类矿床	17
一、概論	17
二、矿床的工业类型	22
三、国内外分布概況	42
第二十四章 硼	44
一、概論	44
二、硼的地球化学	45
三、矿床的工业类型	46
四、国内外分布概況	52
第二十五章 硫	53
一、概論	53
二、硫的地球化学	54
三、矿床的工业类型	55
四、国内外分布概況	61
第二十六章 菱鎂矿	63
一、概論	63
二、菱鎂矿的形成条件	65
三、矿床的工业类型	65
四、国内外分布概況	70
第二十七章 白云岩	70
一、概論	70
二、矿床的工业类型	72
三、国内外分布概況	73
第二十八章 粘土	74
一、概論	74
二、粘土矿床的形成条件	77
三、矿床的工业类型	78
四、国内外分布概況	83
第二十九章 硅质原料	84
一、概論	84
二、矿床的工业类型	86
三、国内外分布概況	89

第三十章 明矾石、刚玉与高鋁矿物	90
一、概論	90
二、明矾石、刚玉与高鋁矿物矿床的形成条件	91
三、矿床的工业类型	92
四、国内外分布概況	98
第三十一章 石棉	98
一、概論	98
二、矿床的工业类型	101
三、国内外分布概況	109
第三十二章 石墨	110
一、概論	110
二、石墨的形成条件	112
三、矿床的工业类型	112
四、国内外分布概況	116
第三十三章 金刚石	117
一、概論	117
二、矿床的工业类型	118
三、国内外分布概況	122
第三十四章 云母	122
一、概論	122
二、矿床的工业类型	125
三、国内外分布概況	130
第三十五章 长石	131
一、概論	131
二、矿床的工业类型	132
三、国内外分布概況	133
第三十六章 压电原料与光学原料	134
一、概論	134
二、矿床的形成条件	136
三、矿床的工业类型	136
四、国内外分布概況	143
第三十七章 螢石	144
一、概論	144
二、螢石的形成条件	145
三、矿床的工业类型	145

四、国内外分布概况.....	149	一、概論.....	164
第三十八章 重晶石与毒重石	150	二、火成岩石料.....	172
一、概論.....	150	三、建筑石料的野外评价因素.....	174
二、鋇的地球化学.....	150	第四十二章 砂和礫	175
三、矿床的工业类型.....	151	一、概論.....	175
四、国内外分布概况.....	153	二、矿床的工业类型.....	177
第三十九章 滑石	153	三、国内外分布概况.....	179
一、概論.....	153	第四十三章 石灰岩	180
二、矿床的工业类型.....	154	一、概論.....	180
三、国内外分布概况.....	158	二、矿床的工业类型.....	182
第四十章 硅藻土和硅藻石	158	三、国内外分布概况.....	183
一、概論.....	158	第四十四章 大理岩	183
二、矿床的工业类型.....	160	一、概論.....	183
三、国内外分布概况.....	164	二、矿床的工业类型.....	184
第四十一章 火成岩石料	164	三、国内外分布概况.....	185

第二十二章 磷(磷块岩与磷灰石)

一、概 論

磷是次要的造岩元素之一。同时，是生物体中重要的組成元素。因此，費尔斯曼叫它为“生命和思想的元素”。

(一) 工业矿物与用途

据J.D.丹納(Dana)“矿物学系統”所列出的矿物中，含磷矿物有243种，其中在自然界分布較广，且具有工业意义的含磷矿物，是鈣的磷酸盐类——磷灰石与其变种。

按成因可将鈣的磷酸盐分为两类：內生成因者常見的是氟磷灰石，它是显晶质的，結晶顆粒較大，聚集起来形成磷灰石矿床。外生成因者，鈣的磷酸盐种类較多，聚集起来形成磷块岩矿床。磷块岩的組成矿物，多是隐晶质的，顆粒极小，目前尚未研究清楚。长期以来，把这些隐晶质的鈣的磷酸盐总称为“胶磷矿”。1937年苏联学者卡查柯夫，根据栞琴射綫的研究，确定磷块岩中的磷酸盐仍然是結晶质的，不过它們是高度分散結晶非常微小的氟磷灰石。

1945年布申斯基等根据苏联許多磷块岩样品的化学分析及部分进行了栞琴射綫、电子显微鏡等的研究結果，发見各磷酸盐之間 $F:P_2O_5$ 及 $CO_2:P_2O_5$ 的值稳定在某一定范围内，由此把磷块岩中的磷酸盐矿物分为五种(表13)：

表 13

矿 物	化 学 式	P_2O_5	CaO	CO_2	CaF ₂	$\frac{Ca}{(OH)_2}$	$F:P_2O_5$	$CO_2:P_2O_5$	备 注
氟 磷 灰 石	$Ca_{10}P_6O_{24}F_2$	42.23	50.03	—	7.74	—	0.09	—	少 見
羟 磷 灰 石	$Ca_{10}P_6O_{24}(OH)_2$	42.40	50.23	—	—	7.37	—	—	分布广而不易集中
碳 磷 灰 石	$Ca_{10}P_6CO_{24}(OH)_3$	35.97	48.31	4.46	—	11.26	—	0.12	少 見
細晶磷灰石	$Ca_{10}P_{5.2}C_{0.8}O_{23.2}F_{1.8}OH$	37.14	48.52	3.54	7.07	3.73	0.09	0.09	在苏联地槽型磷块岩多由其組成
庫尔斯科石	$Ca_{10}P_{4.8}C_{1.2}O_{22.8}F_2(OH)_{1.2}$	34.52	47.52	5.35	7.91	4.50	0.11	0.16	在苏联地台型磷块岩多由其組成

氟磷灰石常出現于变质的磷块岩之中。

羟磷灰石分布极广，它組成了动物的骨骼和牙齿，当它們埋入土层下，吸收周围水分中的氟和二氧化碳就逐渐变成細晶磷灰石或庫尔斯科石。羟磷灰石尚可見于鳥糞及矿脉中，但是純的羟磷灰石則少見且不可能形成有工业价值的堆积。

碳磷灰石亦称含碳磷灰石，呈放射狀結核或分散状的小六角板状晶体产于沉积岩层中。

細晶磷灰石呈泉华状、皮壳状、多孔状、凝灰状、細孔状和致密状的集合体。顏色为

白色、灰色或黃色。在顯微鏡下極易鑑別出長柱狀或針狀的細晶磷灰石之晶粒。組成簇狀、玫瑰花狀或氈狀的集合體。

庫爾斯克石呈各種不同形狀大小的瘤狀或結核狀集合體。庫爾斯克石結核通常含有大量混入物——石英砂和海綠石砂、黃鐵礦、方解石、鐵的氧化物和粘土物質等。

磷塊岩中主要組成成分是細晶磷灰石和庫爾斯克石。布申斯基根據所有蘇聯最主要磷塊岩礦床的研究(1937—1945)，証實地槽型層狀磷塊岩主要由細晶磷灰石組成，而地台型結核狀磷塊岩是由庫爾斯克石組成的。

上述磷灰石的亞種，由於鑑定方法的困難，並不是很容易定出的。因此在某些情況下，在磷塊岩礦石未做詳細研究之前，“膠磷礦”一詞也經常應用。

在磷灰石中，磷常被硫、碳、硅等元素代替；氟可被氫氧根、氯代替；而鈣可被鈉、鉀、錳、鋇等元素代替。此外，鈣亦可為釷、鈾、鈾、鐳等元素代替，特別是海相的磷塊岩中更顯著。因此，在某些磷塊岩中由於含鈾和稀土元素較高，而達到開采的品位。如美國落機山磷塊岩中含釷可達工業品位，摩洛哥含鈾的平均品位為0.003—0.02%。所以在評價磷礦石的质量時必須綜合考慮所伴生的元素。

磷礦石最主要的用途是製造農業肥料——磷肥，用於磷肥占磷礦產量的95%以上。此外，也用於提取純磷，製造各種磷酸和各種磷酸鹽類，這些產品廣泛應用於化工、制糖、食品、冶金、火柴、紡織、陶器、照像、醫藥、軍事等至少有一百二十個工業部門。

根據黨的以農業為基礎，以工業為主導的發展國民經濟的總方針，尋找滿足於工農業需要的磷礦資源，已成為我們的重要任務之一。

(二) 礦石的工業要求

目前，我國對磷礦石的一般要求，最低工業品位是含 P_2O_5 為11—15%。含 P_2O_5 在25%以上的礦石可以不需經過選礦而直接利用。

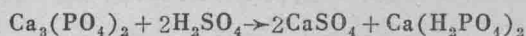
由於磷礦石製造磷肥的方法不同，工業上對其要求亦不相同。磷肥的加工方法有以下几种：

1. 機械法：把磷礦石用機械法磨細到直徑小於0.1—0.01毫米即製成磷礦粉。磷礦粉加工簡單，對礦石中有害雜質要求不高，通常含 P_2O_5 8%以上礦石就可使用，含磷量愈高，質量也愈好。磷礦粉製造成本便宜，肥效時間又較長，適用於酸性土壤。我國南方廣大酸性土壤地區，可以大力利用以較貧礦石所製成的磷礦粉。

2. 化學法：磷礦石利用化學法處理後，可製成能溶於水而易為植物吸收的磷酸鹽肥料。

- (1) 熱磷酸鹽法：以磷礦石與各種鹼金屬的碳酸鹽或蛇紋岩在高溫下燒結而成。通過此法而獲得的磷肥稱鈣鎂磷肥，亦稱為鹼性肥料。通常含 P_2O_5 在18—20%以上的礦石就可直接用此法製造磷肥，對有害雜質的要求也不高， SiO_2 的含量過高消耗輔助原料，故是有害雜質，要求 $SiO_2:CaO$ 小於0.8—1。鹼性磷肥適用於酸性土壤，我國長江以南許多難選的磷塊岩，可以不經過選礦，直接製成此種磷肥加以利用。

- (2) 過磷酸鹽法：將磷礦石用適當的硫酸處理後，則得到石膏與過磷酸鈣的混合物，這種混合物硬化及磨細後，即為磷肥，亦叫酸性或中性磷肥。



這種磷肥對礦石的要求較高。利用 P_2O_5 的含量大於30%者製造，小於此者必須經過選

矿。矿石中的 $R_2O_3(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ 是有害杂质，因为产生难溶于水的磷酸盐类，同时消耗硫酸，一般规定不高于3—6.5%。碳酸盐类含量过多时亦有害，要求 CO_2 小于5—6%， $MgO:P_2O_5$ 小于5.6—8。

由上述加工方法可以看出，在磷矿床附近还应注意综合的寻找黄铁矿、蛇纹岩、焦煤等矿产，以便能提供就地加工磷矿石的辅助原料。

磷矿石的选矿方法，目前应用最广的是浮选法。我国各种磷矿床中矿石可选性难易程度各有不同。磷灰石矿床较磷块岩易选。而磷块岩矿床中又以变质类型者较易选矿。沉积者因矿石中矿物颗粒细小，勾结紧密，不易分离，选矿还存在着一定困难，目前正在研究中。

二、磷的地球化学与磷块岩形成假说

磷在地壳中分布较广，克拉克值为0.12%，它是亲铁元素，但具有显著的亲石性。在地壳上部磷常以 P^{+5} 离子出现，与氧结合成稳固的 $[PO_4]^{-3}$ 络阴离子，而 $[PO_4]^{-3}$ 易与钙化合形成磷灰石。

据库尔沙柯夫的资料，各种火成岩中 P_2O_5 的含量不同(表14)。按克拉克(1924)的计算火成岩中 P_2O_5 的平均含量为0.29%。由上可以看出基性岩与碱性岩中磷的含量较高，并有显著富集的趋势。

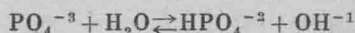
表 14

岩 石	$P_2O_5(\%)$	岩 石	$P_2O_5(\%)$
花 岗 岩	0.235	霞 石 岩	0.930
正 长 岩	0.345	长 英 岩	0.111
辉 长 岩	0.401	橄 榄 岩	0.010
碱性辉长岩	0.515		

沉积岩中 P_2O_5 的平均含量为0.13% (据克拉克1924)。海水中磷的含量大大降低，重量克拉克为 $6 \times 10^{-6}\%$ 。生物圈中磷的含量又较富集。

磷在不同的地质作用下富集的规律不同：在岩浆阶段磷可以在基性岩或碱性岩中富集成为有工业价值的磷灰石矿床。伟晶岩阶段 $(PO_4)^{-3}$ 可与一些轻金属(Li、Be等)、稀土元素(Ce、La等)形成磷酸盐类矿物，如独居石 $[Ce(PO_4)]$ ，磷钠铍石 $[NaBe(PO_4)]$ ，锂蓝铁矿 $[Li(Fe^{+2}, Mn^{+2})(PO_4)]$ 等，但对磷来说无工业意义。热液时期，柯尔仁斯基把 P_2O_5 列为较不活动的组分，很少富集形成有工业价值的矿床。

在外生条件下，磷酸盐的溶解度较小，其水溶液呈碱性反应：



因此在温湿的气候条件下，地下水的酸硷度较大，溶解碳酸钙比磷酸钙要快，故可使碳酸盐淋失，结果磷酸化了的灰岩表面磷酸钙相对富集，形成残积的磷块岩矿床。反之，在湿热气候条件下，地下水的酸硷度较小，磷酸盐可被溶解，向下淋滤，遇到石灰岩与之交代，形成淋积的磷块岩。然而，大部分溶解了的磷酸盐被带入海洋，海生生物可从海水中吸取磷酸盐转入自己的细胞质和骨骼之中。因此，海水中的磷酸盐以后通过生物，化学或

者生物化学作用引起磷酸盐的沉淀，可富集形成有工业价值的磷块岩矿床。

根据A.B.卡查柯夫的研究，当海水的pH为7.7—9.7， P_2O_5 含量要大于0.01毫克/升时，便可形成氟磷灰石。此外，菱锰矿在海水中沉积时的pH为8.5—8.8，白云石大于8.3，皆与磷灰石相似。因此，沉积的磷块岩常与白云岩，菱锰矿等密切共生。

由上可以看出磷在内生条件下可富集形成磷灰石矿床，在外生条件下可形成各种磷块岩矿床。对磷矿资源来说最重要的还是磷块岩矿床，世界上98.7%的磷矿储量属于磷块岩矿床。

关于沉积磷块岩的形成有很多意见，现在尚未解决。下面仅介绍一下在不同阶段所提出的几种主要观点：

(1) 生物沉积假说：1891年麦列也姆首先提出海洋中的生物在不同洋流汇合处，由于海水温度和盐度的变化，引起大量生物的死亡，堆积成为磷块岩矿床。此假说不能解释磷块岩的广泛分布。

(2) 生物化学沉积假说：

①A.B.卡查柯夫研究了近代海水中磷的分布情况，以及关于 $P_2O_5-CaO-HF-H_2O$ 平衡关系后，认为自大洋深处上升的洋流携带有饱和的磷酸盐碳酸溶液至陆棚带海水深度约50—150米的地方，由于压力降低， CO_2 大量的排出，引起磷酸盐的沉淀，形成磷块岩。卡查柯夫并认为磷块岩的形成与海侵有关，因为海侵创造了大量海水向陆棚带流入的最有利的条件。

布申斯基指出这一假说带有许多毫无根据的假定和不能解释事实。如它不能解释砂质磷块岩的成因问题；库尔斯克磷块岩中生物的残骸；以及有的磷块岩不产生在陆棚上，而在较深的海中形成。

②布申斯基研究了近代海洋沉积物中磷的分布情况后，认为磷的富集与海洋的浮游生物有关。在热带浅海地带，可以繁殖着大量的浮游生物，并吸取海水中的磷、氮借以生活。他们死亡后，其残骸下沉至海底的淤泥中，由于细菌的作用残骸进行分解而放出磷，因此淤泥的溶液中便富集了大量的磷，其含量比海水底层者可增加70—150倍。如在里海海水中磷酸盐的含量为3—7毫克/米³，而水底淤泥的溶液中其含量为200—1100毫克/米³。富含磷的淤泥水溶液便向浓度较小的水体底层扩散，于此过程中，可围绕小的质点如砂粒，矿物颗粒，生物残骸等进行结晶，结果形成磷酸盐的结核。如此，由于富含有机质的淤泥长期沉积，可形成较厚的磷块岩。

③火山喷发作用假说：近年来H.C.沙特斯基分析了世界上地槽型的磷块岩的特征之后认为，磷块岩产于硅质页岩建造，或者远处硅质建造之中。而从空间上看，上述两种建造沿走向过渡为与海底火山喷发有关的碧石建造，绿岩建造；或者位于碧石建造，绿岩建造之上。同时在硅质建造中还伴随着锰、铁等元素的富集。因此，沙特斯基提出地槽型磷块岩的形成与海底火山喷发作用有关的假说。

综上所述可以看出磷块岩的形成问题尚未解决，需要进一步研究。上面各假说都能说明一部分问题，也有些问题不能全部解释。目前，卡查柯夫，布申斯基的假说易为大家接受。今后在实际工作中，我们应根据中国的具体情况来检验这些假说的正确性，并且也不应被它们所限。

三、磷块岩矿床的工业类型

(一) 地槽型磷块岩矿床

沿地槽的边缘陆棚带沉积形成。因此，含磷岩系沿古陆呈綫状分布，断續延长可达千公里以上，总厚度大，有时可超过 200 米。磷块岩层往往与硅质岩或鎂质碳酸盐类岩石形成互层，矿体呈层状，层数較多，可达十余层，每层厚度可达十米以上。矿层构造較为复杂。矿石一般为致密块状、鲕状构造，少数呈結核状。矿石主要由細晶磷灰石組成，杂质有石英、方解石、白云石、石髓、粘土、有机质及极少量的海綠石等。矿石中磷的含量高而較均匀， P_2O_5 一般 28—36%， SiO_2 5—12%， R_2O_3 2.5—6.7%，同时含有釩、鈾或其他稀土元素。因矿石质量較高，一般不需要进行选矿即可利用化学法加工。

本类型矿床儲量巨大，工业价值最大。占世界磷矿儲量的 64%。资本主义国家中，磷矿儲量的 80% 属于地槽型磷块岩，并約占其总开采量的 60%。

属于这类矿床著名的有苏联卡拉套、美国落机山、北非等国家的磷块岩。目前我国尚未发现典型地槽型磷块岩矿床。

矿床实例

美国落机山西部磷块岩矿床：

矿床产于二迭系底部。二迭系含磷层分为二部：上部为瑞克斯燧石层，厚 12—165 米，主要由硅质石灰岩及燧石层組成，一般含磷不多。下部为含磷頁岩层，厚 7.5—60 米，是主要的含磷层位（图 145）。

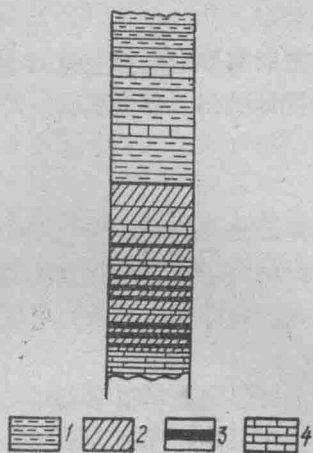


图 145 落机山乔治鎮二迭紀矿柱状图

1—硅质石灰岩；2—粘土质磷酸盐化頁岩；3—鲕状磷块岩矿层；4—石灰岩

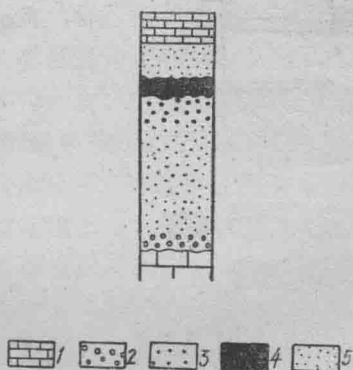


图 146 正常地台型磷块岩的标准剖面图（根据 A. B. 柯查柯夫）

1—碳酸盐岩石；2—砾石层；3—被分割开的磷块岩結核；4—磷块岩层；5—海綠石砂岩

含磷頁岩层由磷块岩、含磷頁岩与其它海相沉积岩組成。本层普遍含磷， P_2O_5 平均为 11—17%，富矿則集中于本层的底、頂二带之内。下部富矿带厚 1.5—3 米，主要由鲕状磷块岩組成，部分呈結核状。矿石中 P_2O_5 含量 32—33.5%。上部富矿带内磷块岩与石灰岩，

泥质岩石形成互层，矿带厚1.5—2.3米。矿石因含碳质较高呈棕黑色至蓝黑色， P_2O_5 含量较高，最高可达35.5%，此外， SiO_2 可达12%， V_2O_5 0.11—0.29%， U 0.01%， Cr_2O_3 0.14—0.15%。

上下富矿带之间为低品位的磷块岩及含磷页岩。一般呈深棕至黑色，薄层至厚层状构造，含硅质及泥质较多，矿石中 P_2O_5 为23.4—28.8%， SiO_2 18.2—27.1%， R_2O_3 2.6—5.6%， V_2O_5 0.19—0.32%。

本矿床属地槽型磷块岩。

(二) 正常地台型磷块岩矿床

这种磷块岩是在正常地台的浅海陆棚带上形成，因此分布面积广，可达几十万平方

公里。含磷岩系厚度不大，底部常有不厚的底砾岩。磷块岩常与砂岩、页岩、泥灰岩等形成互层(图146)。矿体呈层状，层数较少，通常只有1—3层，厚度不大，一般0.3—1米。矿层构造简单，产状近于水平，而且较为稳定。矿石常见的是呈结核状，结核中除磷酸盐之外，常含有砂粒，海绿石，粘土矿物，介壳等生物化石。结核可产于粘土质、碳酸盐或者海绿石——砂质的沉积物之中，其中以后者最为常见，矿石中 P_2O_5 较低，可由12—28%。有时矿石呈鲕状构造， P_2O_5 之含量较高，可达27—33%。

本类型矿石的品位虽较地槽型者为低，但其分布较广，构造简单，易于开采，故其工业价值也很大，资本主义国家中磷矿储量的14%属于地台型。

属于此类型著名的有苏联俄罗斯地台上的结核状磷块岩，美国东部海岸南北卡罗林纳州、佛罗里达州的结核状磷块岩等。

矿床实例

苏联南俄罗斯盆地之赛诺曼磷块岩矿床：

南俄罗斯盆地属俄罗斯地台，位于乌克兰境内。盆地基底由前寒武纪结晶片岩组成，盆地中为厚大的中生代地层和局部为第三纪沉积所填充。

主要的磷块岩层产于上白垩纪赛诺曼海绿石砂子之上(图147)，矿层为被磷酸盐胶结起来的砂岩，亦叫“库尔斯克天然石板”。石板之厚度由0.15—0.5米，石板有时为分布于海绿石砂子内的多少有些紧密相邻的磷块岩结核层所代替。盖在磷块岩上的为砂质白垩薄层，含有分散状黑褐色的磷块岩细小结核。

结核中 P_2O_5 的含量平均为14—16%，不溶性残渣为30—

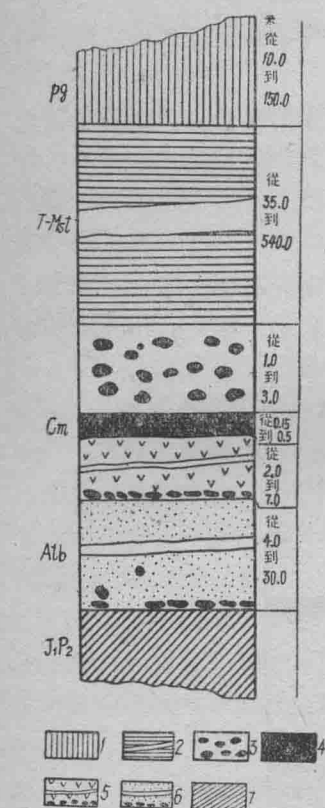


图 147 南俄罗斯盆地的上白垩纪沉积剖面图(根据阿尔汗格尔斯基, 克利斯托夫尼科夫和沙特斯基的材料)

1—第三纪沉积；2—泥灰岩和白垩；3—含有疏散状磷块岩结核之砂质白垩层；4—主要磷块岩层；5—底部含有磷块岩的弗拉康海绿石砂；6—底部含有磷块岩砾石之中亚尔俾石英砂；7—侏罗纪、古生代或前寒武纪沉积

65%， R_2O_3 可达3.75%。

矿床系海相地台型磷块岩。储量巨大。盆地北部边缘，矿带延长60—70公里，约在23,000平方公里内，B级储量为8,128百万吨；南部边缘为223百万吨；盆地中心在300,000

平方公里的面积內， C_2 級儲量为 100,000 百万吨。

該矿床在上世紀的三十年代即已开采，至現在已有一百多年的历史。

(三) 活动地台型磷块岩矿床

主要見于中国，形成于中国东部地台之上，因其活动性較大，不同于正常的地台。故决定了磷块岩有自己的特点，部分与地槽型相似，部分則与正常地台型相似，因此暫称其为活动地台型。

本类型矿床可以沿古陆呈綫状延长，也可以在地台上分布范围很广。依矿层共生的围岩，又可将磷块岩分为两个建造：

1. 頁岩—硅质白云岩—磷块岩建造：建造由粘土质頁岩、硅质岩、白云岩、含錳碳酸盐等組成，夹有各种成分的磷块岩。建造的厚度可达二百米。矿体呈层状，矿层产于粘土质頁岩之上，向上逐漸过渡为含磷的硅质白云岩；或者产于硅质或白云质的碳酸盐之間。磷矿层的上下常伴有含錳的碳酸盐岩层。矿层厚度較大，一般为十米左右，最厚可达五十至六十米，但层数較少，不超过三层。在矿层上下围岩中往往有結核状磷块岩出現。矿石一般呈致密状构造，或者鲕状构造。組成矿物有隐晶质的胶磷矿，或者氟磷灰石、碳磷灰石等，与之共生的主要有石英、方解石、其次为炭质、粘土质、白云石、鉄的氧化物、硫化物等矿物，以及少量的海綠石。含炭质多者，呈黑色，黑色的磷块岩常含較多的稀有与稀土元素。矿石的质量一般是优质的，部分是中等质量的，但因矿石中矿物顆粒細小，勾接紧密，选矿困难是其缺点。

本建造矿床儲量巨大，有极大的工业价值，在我国西南几省最为重要。

2. 石英岩—頁岩—石灰岩—磷块岩建造：建造內主要由石英岩、頁岩、石灰岩組成，沒有錳质碳酸盐的夹层。总厚度由几十米到百余米。建造下部是石英砂岩，上部是含石膏夹层或石盐假象的鈣质紅层（主要是鈣质粉砂岩及石灰岩）。矿层常位于建造底部，或为磷质石英岩，或为磷质砾岩，有的地方亦有鲕状的磷块岩。矿层厚度不大，一般为一米左右，最厚也不超过四米。矿石中除胶磷矿外，与之共生者有大量的海綠石与石英。一般品位較低，而且变化較大，故多为中、小型矿床。安徽的风台，河南魯山等矿床属本类型。

关于上述两类磷块岩的成因，叶連俊等認為：磷块岩的物质来源是生物的，而以化学方式沉积。它們是在盐化的泻湖中形成，形成时气候条件比較炎热，湖水介质的 pH 值为 8—9，Eh 值对其影响不大。

矿床实例

1. 貴州省开阳磷块岩矿床：

矿区在大地构造单位上位于鄂黔台向斜的北端中心。

矿区附近构造多为北东——南西长约 12 公里的梭形背斜，两翼出露震旦紀及寒武紀地层，傾角一般为 20—30°。地层自上而下如下：

(1) 寒武系 (cm)

① 炉山灰岩 (cm_{2-3})。白云岩为主夹泥质頁岩。

② 石牌頁岩 (cm_1)。

A. 石牌頁岩上部 (cm_1^3) 泥质灰岩、青灰色砂岩。180 米。

B. 石牌頁岩中部 (cm_1^2) 灰綠色——灰黃色頁岩。270—300 米。

C. 石牌頁岩下部 (cm_1^1) 黑色頁岩。20—40 米。底部有一层磷块岩，叫上磷矿层。

假 整 合

(2) 震旦系 (S_n)③上震旦統 (S_{n2})

A. 灯影灰岩 (S_{n2}^2): 硅质灰岩、硅质白云岩。270—320米。

B. 下磷矿层 (S_{n1}^1):

不 整 合

④下震旦統 (S_{n1})

A. 冰碛层 (S_{n1}^2): 冰水沉积砾岩、砂岩。15—18米。

B. 激江砂岩 (S_{n1}^1): 硅质、泥质頁岩夹砂岩。可見厚度400米。

下磷矿层为层状之磷块岩, 矿层稳定, 頂板为含錳硅质白云岩, 底板与激江砂岩, 接触处常有鈣质粘土一层。矿石主要呈粒状与鲕状结构, 局部为結核状。矿石呈黑色——褐色, 主要矿物为胶磷矿, 少量的碳磷灰石、石英、粘土质矿物, 此外, 尚有微量的方解石、白云石、鉄质以及海綠石等。矿石中含 P_2O_5 较高, 属优质矿石。

上矿层呈不稳定凸鏡体, 产于灯影灰岩与石牌頁岩接触处。矿石呈結核状, 品位較低。

按上述特点, 矿床应属活动地台型的第一亚类的磷块岩。其中下矿层儲量巨大, 最有工业意义, 而上磷层, 可供当地小規模开采。

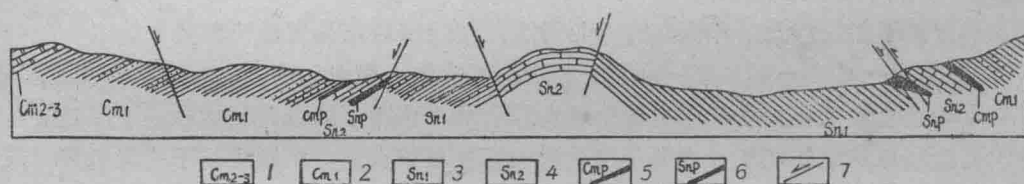


图 148 貴州开阳磷矿剖面示意图

1—中上寒武系; 2—下寒武系; 3—下震旦系; 4—上震旦系; 5—上磷矿层; 6—下磷矿层; 7—断层

2. 云南省昆阳磷块岩矿床:

矿区在大地构造单位上位于康滇台背斜东緣的滇东台凹之中。

矿区中出露的地层自下而上有: 前震旦紀昆阳系, 震旦系的激江砂岩和灯影灰岩, 下寒武統的砂頁岩 (下为筇竹寺层, 上为滄浪鋪层), 中泥盆統砂岩、砾岩以及石炭、二迭、三迭系的地层。地层近东西方向分布, 产状平緩約10余度, 近南北方向之小断层发育。

磷矿层产于下寒武統筇竹寺层的底部, 分上下二层, 中夹有一层白色頁岩厚約2—3米。下矿层为灰白色、蓝灰色、綠灰色的磷块岩, 底部矿石呈結核状构造直径0.5—1.5毫米, 主要由磷酸盐組成, 杂质为石英与方解石, 中部矿石呈鲕状结构, 直径0.5—1.5毫米, 石英碎屑构成鲕粒中心, 与磷酸盐共生的矿物有白云石、方解石、絹云母、水云母、石髓、海綠石、鲕綠泥石、褐鉄矿、赤鉄矿。上部矿石为夹燧石条带的鲕状磷块岩。

上矿层为灰色或灰白色磷块岩。底部为与頁岩互层的条带状磷块岩, 中部为鲕状磷块岩, 上部为白云质磷块岩, 含 P_2O_5 較低, 无工业价值。矿石中矿物成分与下矿层相似。

矿石中 P_2O_5 的含量大部分在百分之十几以上, 最高可达30%以上。下矿层較上矿层品位为高。杂质有 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 、 MgO 、 CO_2 、 CaO 等。总之, 矿石质量較好, 矿床儲量巨大,

工业意义极大。

3. 河南省魯山磷块岩矿床:

河南省磷块岩产于下寒武統地层之中。寒武系地层划分由下而上如下:

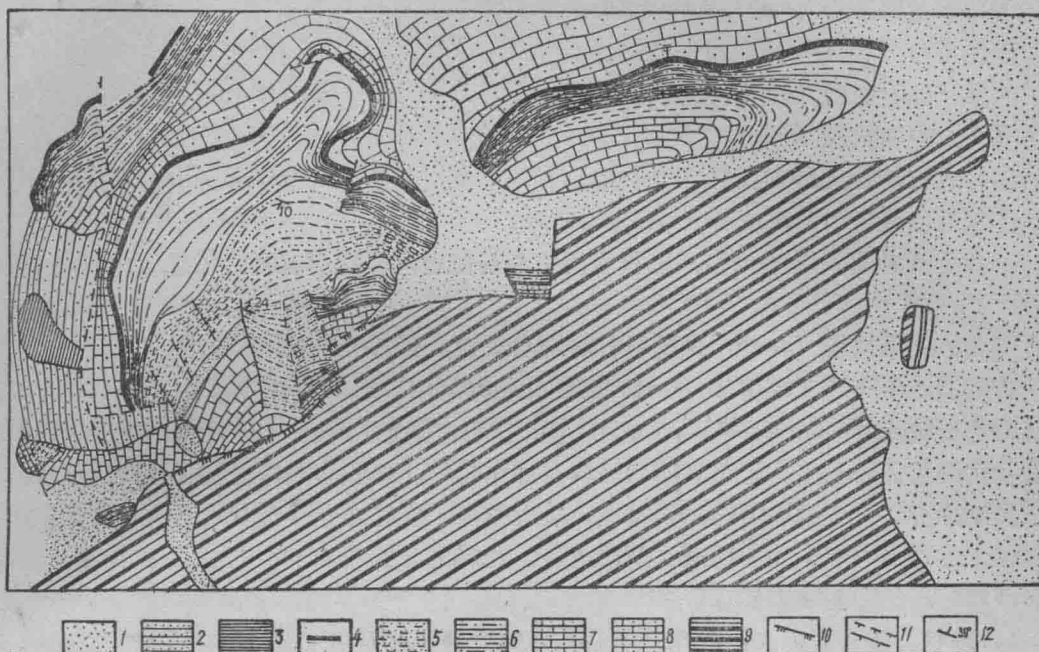


图 149 云南昆阳磷矿区域地质图

1—第四系浮土；2—第三系砂岩；3—三迭系頁岩；4—石炭系灰岩；5—中泥盆統砂岩頁岩；6—下寒武統頁岩砂岩；7—下寒武統底部磷矿层；8—上震旦統灯影灰岩；9—前震旦紀昆阳系板岩；10—实测逆掩断层；11—推测和实测断层；12—岩层产状

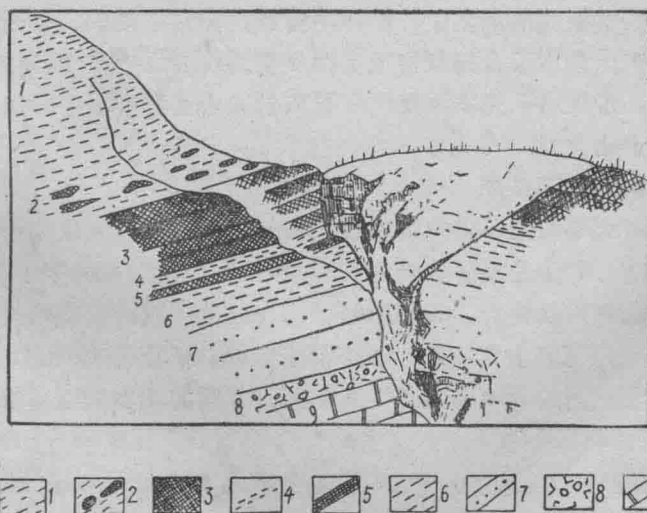


图 150 昆阳某地剖面图

1—黃綠色頁岩；2—頁岩夾凸鏡狀磷块岩层；3—磷块岩层；4—灰色鈣质頁岩；5—薄层磷块岩；6—灰白色鈣质頁岩；7—石英砂岩；8—角砾状石英岩夾燧石；9—硅质石灰岩

(1) 下寒武統 (cm_1):

- ①底砾岩 (cm_1^1): 40—75米。
- ②頁岩 (cm_1^2): 由泥质、砂质頁岩組成, 中夹石英砂岩。100—147米。
- ③磷酸盐化砂岩 (cm_1^3): 4—28米。
- ④泥质石灰岩 (cm_1^4): 23—150米。
- ⑤蓝灰色石灰岩 (cm_1^5): 35—134米。

(2) 中寒武統 (cm_2):

- ⑥泥质石灰岩 (cm_2^1): 101—121米。
- ⑦紫紅色頁岩和泥质灰岩 (cm_2^2): 133米。
- ⑧紫色頁岩及灰岩 (cm_2^3): 以頁岩为主夹石灰岩, 頁岩中有弱的磷酸盐化現象。189米。

(3) 上寒武統 (cm_3): 系鲕状石灰岩和灰岩。400—490米。

磷矿层产于下寒武統中部 (cm_1^3) 磷酸盐化砂岩中。底部为含磷砾岩层 (0.1M) 及灰黑色砂质磷块岩 (0.7—1.5M), 向上过渡为白色、黄色的磷酸盐化砂岩。矿层沿走向与磷酸盐化的粗砂岩过渡。矿石呈砂状結構与鲕状結構。磷酸盐胶結物将石英顆粒胶結, 并含少量海綠石。矿石中 P_2O_5 的品位較低, 杂质較多, 但經选矿后 P_2O_5 的品位可提高。

按上述特点, 矿床为活动地台型磷块岩。并属第二亚类。

(四) 风化型磷块岩矿床

1. 殘积型磷块岩矿床: 矿床产于石灰岩的喀斯特溶洞中, 或者磷化灰岩之表层。矿体呈囊状或凸鏡状, 一般深度为 1.5—3 米, 最厚可达十多米。矿石中 P_2O_5 的含量变化較大, 可由 5—35%, 一般上部較下部为高。矿床是由于含磷灰岩受风化作用后, 地下水溶去了碳酸盐, 残留下磷酸盐而成。属于这种类型的有美国田納西州的“褐磷块岩”矿床。

2. 淋积型磷块岩矿床: 这类矿床很少单独存在, 常和其他类型共同出現。矿床产于风化壳的底部地段或一些喀斯特溶洞之中。矿体呈囊状, 非常不規則, 矿石中 P_2O_5 的含量較高, 可达 25—30%。矿床是由于含磷灰岩或其他类型磷块岩, 在热湿气候条件下, 地下水溶解了其中的磷酸盐, 帶至风化壳下, 交代了石灰岩或者充填溶洞中形成。美国佛罗里达州的“硬磷块岩”属于此类型。

(五) 冲积型磷块岩砾石矿床

矿床是由河流或海水冲刷已形成的磷块岩, 經過搬运和机械沉积作用而成。一般形成于第三紀或更新的时代。矿床是由磷块岩构成的砾石层, 分布于古河床中或海滨阶地之上, 产状极为平緩。砾石成分为磷块岩, 大小由 0.1—0.5 厘米, 胶結物为鈣质或者泥质物。砾石层胶結的程度不一致, 有时上部胶結, 而下部未胶結。矿层厚度可由 0.3—1.5M。

美国东海岸佛罗里达州的“地表漂砾”式矿床, 苏联的波多利亚磷块岩砾石矿床都属此种类型。

(六) 鳥糞磷矿床

为近代生物之屍体, 粪便在大洋的珊瑚島上或者海岸的洞穴中堆积所形成。因其形成时所处的气候条件不同, 又可分为两种:

1. 可溶性鳥糞磷矿: 形成于干燥气候条件之下, 因此, 鳥糞磷矿中含有大量的可溶性磷酸盐; 此外, 还含有較富的硝酸鉀。有的鳥糞磷矿中含 P_2O_5 27.6%, NO_3 10.9%,

K_2O —3%。矿石可作为良好的 N—K—P 綜合性肥料。

本类矿床分布于南美洲的秘魯，玻璃維亞沿海島嶼及海岸上。

2. 淋滤鸟粪磷矿：形成于热湿的气候条件之下，鳥粪磷矿中的可溶性盐类被淋滤到矿层之下，并交代了下伏的珊瑚石灰岩形成磷酸鈣沉淀，故矿层中缺少易溶的硝酸盐。鳥粪磷矿呈棕色土状或粒状；有时含腐植质亦呈黑色；底部往往胶結呈块状。矿层厚度各地不一，由几十厘米到五米以上。一般含 P_2O_5 20—25%， NO_2 7.34—23.54%。

本类矿床分布于东南亚太平洋中各島嶼之上，东經150—180°，南北緯10°的范围内。我国南海島嶼上的鳥粪磷矿属此类型。

(七) 变质型磷块岩矿床

矿床产于前震旦紀之变质岩系中，含磷岩系主要由云母片岩和含磷大理岩組成，厚度較大，約在千米以上。矿床产于白云质大理岩中、或者石英云母片岩中。矿体呈凸鏡状或似层状，局部亦有脉状，矿层的层数較多，中間为云母片岩所隔，矿层的构造比較复杂，傾角都在 50—70° 以上，有时并有剧烈褶曲及倒轉現象。矿体与围岩的界限不清，围岩中普遍含磷，故靠化驗結果才能圈出矿体。厚度沿矿体走向，傾向变化較大，并与围岩有过渡現象。矿石中主要由氟磷灰石組成，与之共生的还有金云母，白云石，石英，菱錳矿等。矿石呈显晶质結構，有时見到清楚的片理，晶体拉长，条带状等变质构造。矿石的品位一般較低，約百分之十几，而且变化較大。矿石一般較易选矿，故可利用它制做优质磷肥。矿石經风化后形成由錳土，軟錳矿等組成的錳帽可做为找矿标志；同时，矿石品位提高，而且变得疏松易选。

按目前已发现的本类型矿床皆属中一小型。但矿石的可选性較好，我国亦有較重要的国民經济意义。

江苏的海州磷矿属于此种类型，在我国有海州式磷矿之称。国外著名产地有越南的老街，朝鮮的永柔，苏联的斯留金卡等。

矿床实例

江苏省海州变质磷块岩矿床：

矿区在大地构造单元上位于山东台背斜之南緣。矿区內所出露的地层为胸山系的前震旦紀变质岩系（图151）。由下而上分为混合岩系，含磷岩系，白云母片麻岩系，它們之間整合接触，系一套連續的沉积岩遭受到变质及不同程度的花崗岩化作用而成。

混合岩系包括混合花崗岩及各种混合片麻岩，眼球状片麻岩。

含磷岩系中的岩石（图 152）主要由石英、白云母、白云石組成。因此亦称石英—白云母—白云石岩系。由下而上又可分为：（1）下部含磷变质白云岩系。（2）下部白云质云母片岩系。（3）上部含磷变质白云岩系。以及（4）上部白云质云母片岩系。

上、下部白云质云母片岩系主要由白云质云母片岩，石英云母片岩及含石英白云质云

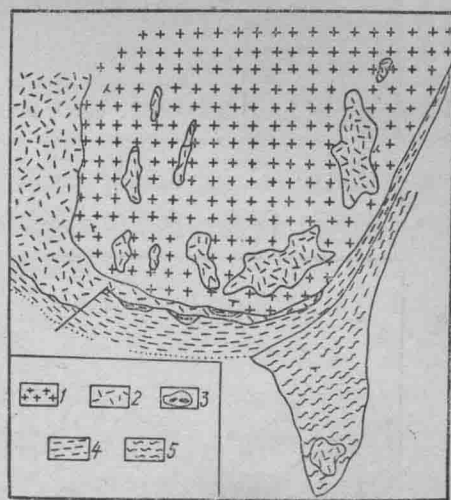


图 151 江苏海州磷矿地质略图

- 1—混合花崗岩；2—混合片麻岩；
- 3—眼球状片麻岩；4—含磷岩系；
- 5—白云母片麻岩