

# 加蓬铀矿地质和奥克洛 现象的地质特征

——赴加蓬铀矿地质考察报告

赴加蓬铀矿地质考察组

一九八〇年十月

## 前 言

一九八〇年五月，应加蓬共和国矿业部的邀请，在二机部和外经部的直接领导下，由徐永福、王志龙、邓金贵和孙维新等组成了赴加蓬铀矿地质考察组。在邦戈总统特别顾问盖芒东先生安排陪同下，对弗朗斯维尔盆地所在的弗朗斯维尔铀矿公司(COMUF)、法国原子能委员会核材料总公司(COGEMA)加蓬组以及木安达锰矿公司(COMHLOG)工作的矿山和找矿勘探地区进行了实地考察、技术座谈、交换资料。通过一系列活动，使我们对加蓬铀矿地质工作、弗朗斯维尔盆地铀矿床形成条件、矿化特点、“奥克洛(Oklo)现象”——天然反应堆的地质特征等有了一定了解，这对于研究成矿理论和我国相似的地质条件下找矿，为四化建设找到更多的铀矿是有益的。这里将收集到的一些资料和所了解到的情况编辑起来，向领导和同行们作一汇报。由于时间短促，更因水平有限，编辑中缺点、错误在所难免，请同志们批评指正。

考察组在考察期间，得到中国驻加蓬大使馆领导和工作人员的关怀、指导；编写本专辑时，北京铀矿地质研究所八室曾给予大力支持；稿成后承二机部三局刘兴忠总工程师和核学会铀矿地质学会秘书长刘锡臣同志审阅，谨在此一并致谢。

## 第一章 自然地理、经济概况

1. 加蓬共和国的位置: 位于中非西部, 横跨赤道线。东部、南部与刚果毗邻, 北部与喀麦隆接壤, 西北与赤道几内亚相连, 西濒大西洋, 海岸线长八百公里。

加蓬共和国面积267000平方公里, 人口95万(40多个部族), 首都利伯维尔。政区划分九个省、八个市。

2. 自然地理: 西部沿海为低地平原, 其余部分地势为高原, 平均海拔500—1000米。最长的奥戈韦河源于刚果, 自东而西流经全境, 于让蒂尔港注入大西洋。气候湿热, 属典型赤道雨林气候。全年气温变化不大, 平均在26℃左右。雨量充沛, 年平均降雨量, 沿海3000毫米以上, 内地不超过2000毫米。全年大体分四季: 大雨季(一月中至五月中), 大旱季(五月中至九月中), 小雨季(九月中至十二月中)和小旱季(十二月中至一月中)。

3. 经济概况: 矿业和林业在国民经济中占主导地位。矿产丰富, 主要有铀、锰、石油、铁及金矿等。铀矿储量4万多吨, 居非洲第三位, 平均品位千分之四, 是世界的前列。木安达锰矿储量4亿3千万吨, 为世界第二位。当前架空运输索道长76公里, 为世界第一。石油储量2亿5千万吨。全国百分之八十以上的面积为森林所覆盖。1961年前林业在国民经济中一直是首要地位, 年产量为200万立方米。全国三分之二的人口从事农业。铁路正在修建中。公路6000公里。航空事业比较发达, 全国有110个机场, 百分之八十的地区可以飞航, 有飞机180架, 在非洲名列前茅。

# 第二章 区域地质

## 一、加蓬区域地质概况

### (一) 大地构造位置

非洲地质依据太古界基底的出露情况分为四个克拉通，即西非克拉通，刚果克拉通，卡拉哈拉克拉通和尼罗河克拉通。加蓬位于刚果克拉通的西部(图1)。

刚果克拉通的构造分区，由基底、褶皱山系及盆地等三部分组成。基底有喀麦隆-加蓬基底，中非共和国基底，尼安萨-多多马基底及安哥拉基底，整个基底的分布形似一个大的环形圈。盆地主要分布在环形圈的中部及西部，较大的盆地有刚果盆地。褶皱山系分布在刚果盆地以东。

弗朗斯维尔岩系所组成的盆地，位于刚果盆地与喀麦隆-加蓬基底之间的拗陷部位。

### (二) 地层、构造及岩浆岩

#### 1. 地层

加蓬区域地层出露不全。在西部主要缺失古生代地层；在中部、东部缺失地层更多，只有古老的基底岩系及其上覆的弗朗斯维尔盆地岩系(图2)。 维

按照地层对比简表中的新老关系，对加蓬区域地层从老到新进行概述(表1)：

#### (1) 太古界

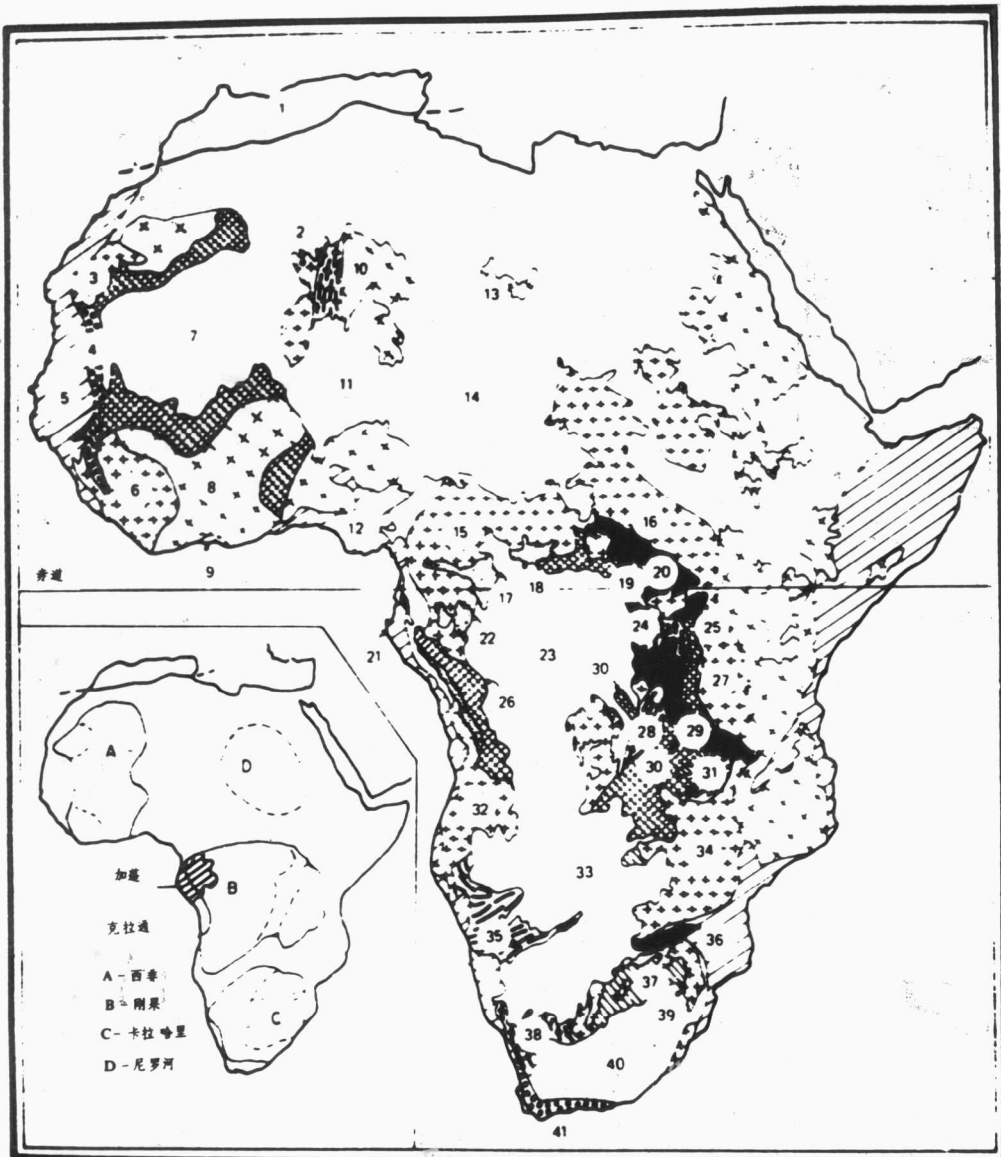
主要分布在加蓬的北部地区及南部地区。这套老基底在非洲一般称做前寒武系D或为前寒武系下部，在加蓬西部一般叫做前马永巴岩系，在加蓬地块及赛宇地块上称基底岩系(?)。它是一套深变质岩系，由混合岩、花岗片麻岩、片麻岩、云母片岩、角闪片岩、辉石岩、紫苏花岗岩、蛇纹岩及含铁石英岩等组成。主要矿产有铁、金、金刚石等。地层同位素年龄数据为34亿年，花岗杂岩27亿年，紫苏花岗岩28亿年。

#### (2) 下元古界下部

它分布在加蓬的中部，称为奥戈韦(Ogoue)岩系，在加蓬的西部称马永巴岩系(又称前寒武系下部，前寒武系C)。其主要岩性有千枚岩、片岩、云母片岩、绿泥片岩、石英岩、片麻岩及混合岩等组成。在中部此岩系沉积之后，一直长期隆起，无上覆地层存在。

#### (3) 下元古界上部

主要分布在加蓬的东南部，称为弗朗斯维尔岩系；其次分布在西南部的尼阿岗一带，称为庞巴山岩系。后者由一套灰色片岩、石英砂岩、长石砂岩及砾岩组成。弗朗斯维尔岩系，均为未变质的砂岩、泥岩及砾岩组成。此岩系沉积之前本区为一长期隆起剥蚀区，沉积之后，从晚元古代一直到中生代全为上升剥蚀区，无上覆地层覆盖，仅在东部边缘到新生代才有沉积。



时代 (百万年)		克拉通	活动带	盆地	
				克拉通内	边缘
0					
500-600	前寒武纪 A				
900-1200	前寒武纪 B				
1800-2000	前寒武纪 C				
2500-3000	前寒武纪 C'				

图 1 非洲主要构造单元

1. 北阿特拉斯带, 2. 英乌扎尔地垒, 3. 里基巴山脊, 4. 毛里塔尼亚褶皱山, 5. 塞内加尔盆地, 6. 几内亚-塞拉勒窝地垒, 7. 塔乌特尼盆地, 8. 象牙海岸地块, 9. 象牙海岸盆地, 10. 霍家(阿尔及利亚), 11. 吕勒姆坦盆地, 12. 高托努盆地, 13. 提贝斯提, 14. 乍得盆地, 15. 喀麦隆和加蓬基地, 16. 中非共和国基底, 17. 森贝-乌埃索岩系, 18. 姆拜基-里基-本贝岩系, 19. 乌班吉、富鲁巴拉、兰迪安、伊图里岩系, 20. 基巴利褶皱山, 21. 加蓬-卡奔达盆地, 22. 弗朗斯维尔盆地, 23. 刚果盆地, 24. 布隆迪褶皱山, 25. 托罗·布干达褶皱山, 26. 西刚果盆地, 27. 尼安萨-多多马基底, 28. 基巴里褶皱山, 29. 乌班特-鲁齐齐褶皱山, 30. 加丹梅-布希梅盆地, 31. 伊鲁米德褶皱山, 32. 安哥拉基底, 33. 卡拉哈里盆地, 34. 罗德西亚基底, 35. 培马里褶皱山, 36. 林波波褶皱带, 37. 威特沃特斯兰盆地, 38. 纳长卡朗基底, 39. 卡鲁瓦尔基底, 40. 卡罗奥盆地, 41. 卡普山脉。

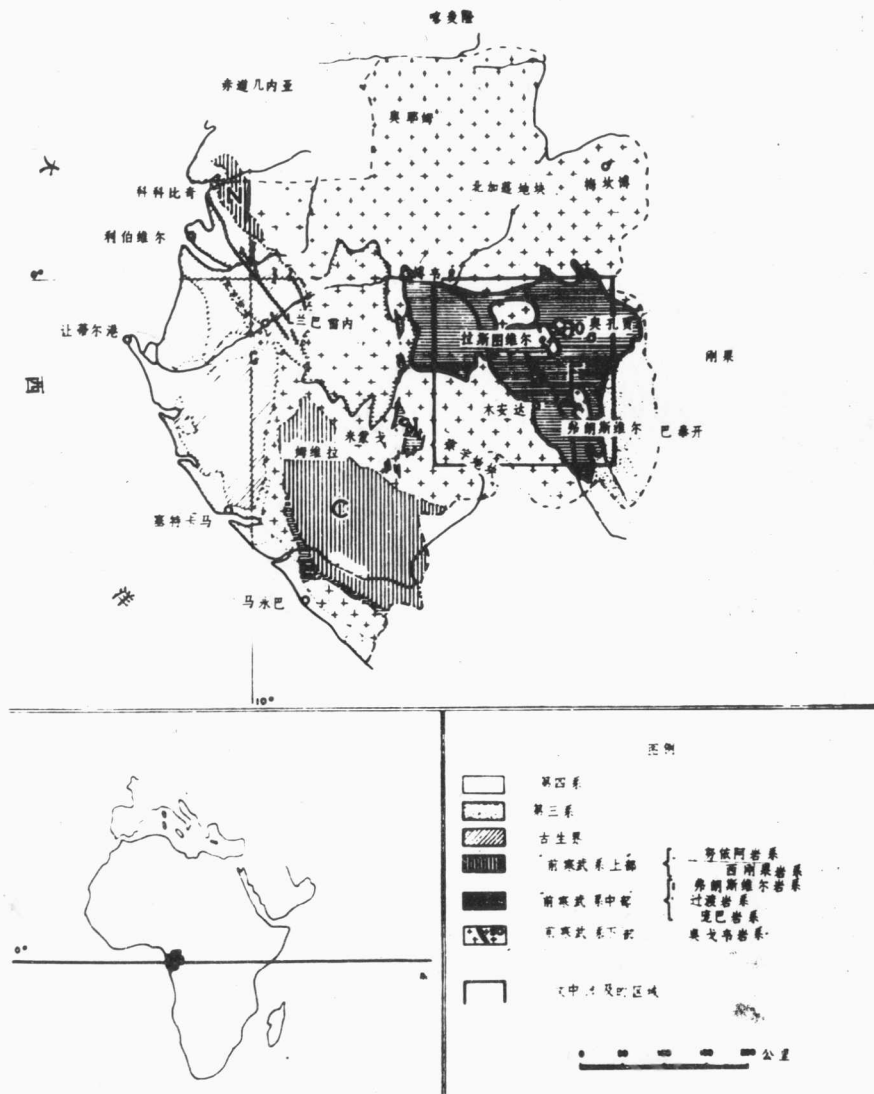


图 2 加蓬地质概图

#### (4) 上元古界

它分布在西部的两个地区：一个是利伯维尔以东的山区称努伊阿岩系；另一个是加蓬西部木纳到尼阿岗一带的山区称西刚果岩系。

努伊阿岩系：下部为冰碛砾岩、长石砂岩、粘土岩；中、上部为粘土岩、长石砂岩、灰岩、白云岩、泥灰岩及砾岩等。

西刚果岩系：下部为冰碛泥岩及砾岩；中、上部为兰色、酒渣色泥灰岩、鲕状灰岩、红色白云岩、大理岩、长石砂岩、绿色粘土岩、片岩、灰岩、砂砾岩及粘土等。

#### (5) 古生界

已经发表的资料表明，在加蓬缺失古生界。但是，是否全部缺失，还有问题。法国核材料总公司的高门特曾经谈到，在利伯维尔以东50多公里以外的二迭纪陆相砂岩中有铀矿化，现正在普查揭露中。

表 1 加 蓬 地 层 表

地 区			地 区 性 地 层 名 称						
地 层	系	年 龄 (m, y)	西 部		中 部			东 部	
新生界	第三系		西尔克岩系					巴泰开高地岩系 巴	
中生界	第*系		马第埃拉岩系						
			阿古拉岩系						
古生界		600	?						
上元古界	前寒武系上部	1700	努伊阿岩系						
	前寒武系 A		西刚果岩系						
下元古界	前寒武系中部	1800	庞巴山岩系					弗朗维尔	
	前寒武系 B	2000		岩系(产铀矿床)					
古界	前寒武系 C	2500	马永巴岩系	奥戈韦岩系 (正常相的结晶千枚岩建造)				?	
太古界	前寒武系下部	2600	前马永巴岩系	具交代相的结晶 千枚岩基底岩系			基底岩系 为交代作用相		

\* 第二系：第二纪地层由魏尔纳提出，其含义包括泥盆纪到白垩纪的一系列地层。现加蓬中生界地层仍用此名。 加

(6) 中生界

分布在加蓬西部一带，共划分了十多个地层单位，从阿古拉(Agoula)岩系到马第埃拉岩系等。主要岩性有岩盐，具发臭的泥灰岩、灰岩、白云岩及红色碎屑岩等。

(7) 新生界

主要分布在西部大西洋沿岸一带，其次分布在东部与刚果接壤的边境地带。岩性为粘土、粉砂岩及白云岩夹层等。

2. 构造

加蓬区域地质构造的主要轮廓可以分为两部分(图 2)：一部分为中部及东部的古老克拉通即地盾区。该地盾由北加蓬地块及赛宇地块基底及上覆北西向的断裂及拗陷带所控制的早元古代盆地组成；另一部分为西部北西向元古界的褶皱带及中、新生代的沉降带组成。较大的褶皱是由元古代地层所组成的尼阿岗向斜，其褶皱轴向为北西向。

3. 岩浆岩

岩浆岩主要在前寒武系D及前寒武系C中广泛分布,在早元古代上部亦有少量岩浆岩分布。

前寒武系D中的岩浆岩广泛发育,在北加蓬地块及赛宇地块中出露的有超基性岩、基性岩及酸性岩。常见的有闪长岩、石英闪长岩、钙碱花岗岩及紫苏花岗杂岩等。这些岩浆岩对非洲地盾的长期稳定起了“铆钉”作用。

前寒武系C中的岩浆岩发育比太古界差一些,而且主要为酸性岩浆岩。如花岗岩、碱性花岗岩、伟晶岩及细晶岩等。

前寒武系B(弗朗斯维尔岩系)中岩浆岩较少,仅有18亿年侵入的正长岩及10亿年侵入的粗玄岩墙,其影响范围不大。

晚元古代地层即西刚果岩系冰碛层中有粗玄岩的侵入。

古生代以后的地层中未发现岩浆岩的存在。

### (三) 其它金属矿产

在加蓬较有意义的金属矿产有锰、铁及金等。其概况简述如下:

锰矿:规模很大,储量约4.3亿吨,居世界第二位。矿床产于下元古界弗朗斯维尔岩系的F1B上部;锰矿成层状,厚5—9米,锰含量为46%,属大型层状沉积矿床。

铁矿:经济价值较大,在加蓬东北部的马科库到梅坎博一带,铁矿带较集中,储量约86亿吨,铁含量约62—64%。矿带多产于太古界基底岩系中的铁质石英岩中。

金矿:有经济价值,多产于赛宇地块上的变质砾岩及云母片岩中的硅质脉中,同时在这些地带及其附近的砂金,同样也具有经济价值。

## 二、弗朗斯维尔岩系及其盆地的划分

### (一) 弗朗斯维尔岩系

弗朗斯维尔岩系分布面积约35000平方公里。它主要分布在博韦、拉斯图维尔、奥孔贾到弗朗斯维尔一带;其次在赛宇地块上亦有零星分布(图2)。该地层的年龄据同位素资料有1700、1800、2000及2600百万年等几组。最后一组是碎屑岩中的变质岩碎屑的年龄,其可能代表下伏基底的年龄。另据它们与奥戈韦岩系的上下关系来看,其年龄应在1700—2000百万年之间较为恰当。按照岩性及建造特点,该岩系分两个旋回,即第一旋回(F1)和第二旋回(F2)。第一旋回有两个地层单元,即F1A和F1B;第二旋回有五个地层单元,即F2A、B、C、D、E。共七个地层单元(图3)。

按照地层顺序自下而上进行描述(图4、5)。

#### 1. F1A

它在整个弗朗斯维尔岩系分布范围内的几个盆地都有出露,厚度变化较大,从20—1500米不等。由于铀矿床均产于弗朗斯维尔盆地(以后简称弗盆)的这个层位中,所以对它研究较深,但盆地各处叫法不统一。为了对比,按照弗盆的地层层序自下而上分为五个组:

第四带组:大量分布在各盆地的边缘地区,在地质图上一般叫做含钍砾岩,在米库龙古及卡耶卡耶一带称做“第四带”。其不整合地覆盖在基底片麻岩之上,从岩芯观察两者之间的交角约20—30°之间。主要岩性为一套黄绿色、灰色石英长石砂岩夹砂砾岩或砾岩透镜体的粗



弗朗斯维尔盆地地层柱状图

地层单元	柱状图	厚度(米)	主要岩性	部分资料中所用的地层名称	
F <sub>2</sub> E		100	砂岩	莱巴长砂岩, FE	
F <sub>2</sub> D		30-60	黄铁炭质岩、凝灰岩。	厄巴依岩质页岩, FD	
F <sub>2</sub> C		40	碧玉、炭质页岩, 有时含砷酸盐)	姆旺盖碧玉 FC	
F <sub>2</sub> B		30-40	泥岩	旧磨泥岩	
F <sub>2</sub> A		>100	砂岩	波巴拉砂岩, FB <sub>2</sub>	
FB		上部	>500	条带状硅质铁矿层, 含锰砂页岩。	水安达锰矿层, FB
		下部	(沙洲区 50-100)	绿色泥岩、黄铁炭质页岩夹白云质细砂岩、含白云母的砂页岩。	FB
FA		1	4-10-90	细、中、粗砂岩互层, 夹有机质砂砾岩。	Zone 1 或 C <sub>1</sub>
		2	100-290	顶部有不连续的砾岩透镜体, 中上部为中、细、粗粒砂岩夹泥岩, 下部为粗砂岩有机质砂粗。	Zone 2 米库龙百矿床
		3	150-200	中、细、粒砂岩夹泥岩, 底部有泥砾块。	Zone 3
	4	80-200	粗砂岩, 含有机质砂砾岩与泥岩, 黑色页岩互层。	奥托波(OTOBO) 塔卡耶-卡耶矿床	
	5	400-540	石英长石粗砂岩、砂砾岩及含砾砾岩。	Zone 4 含砾砾岩, FA	
Ar				基底岩系	

图 3 弗朗斯维尔盆地地层柱状图

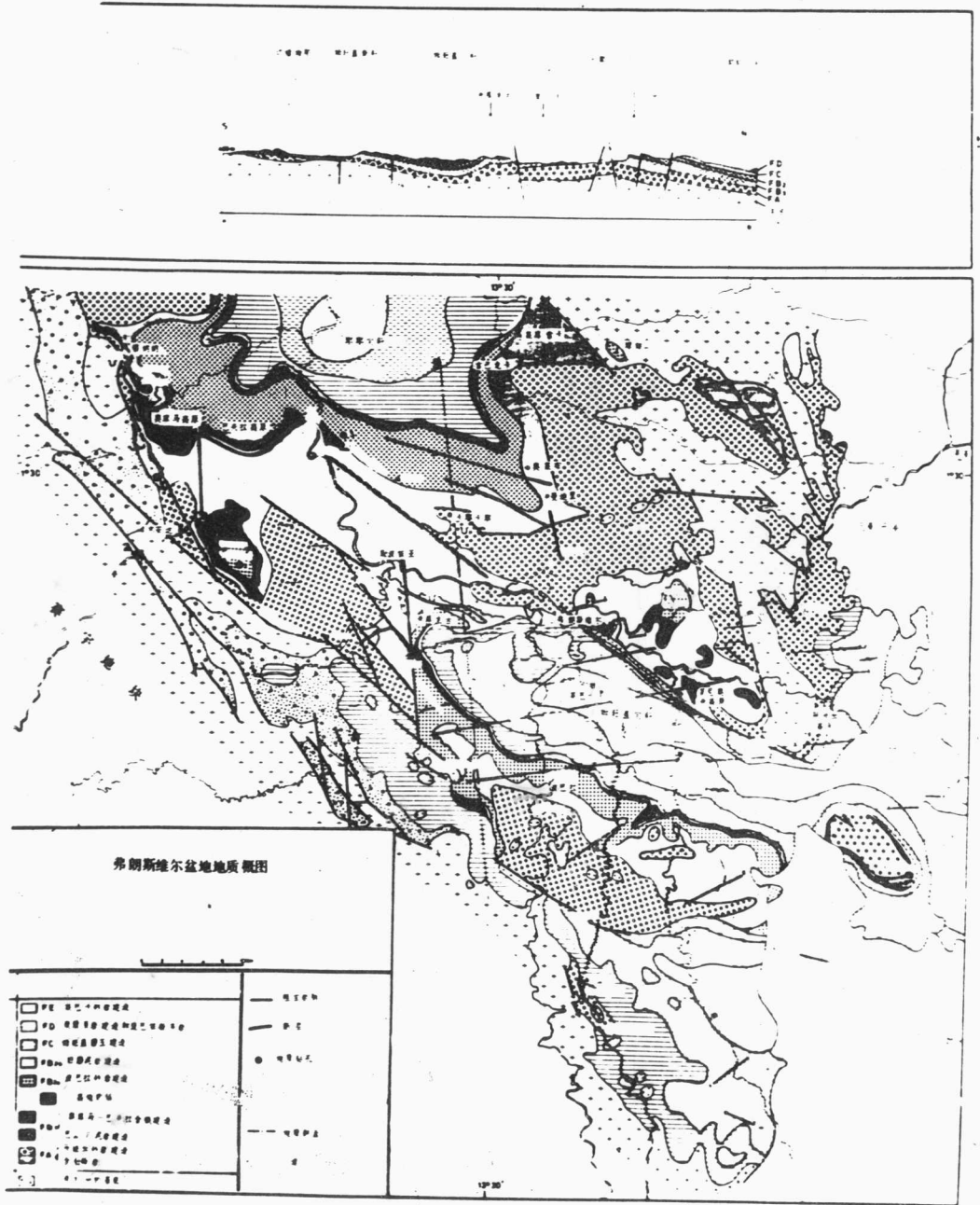


图 4 弗朗斯维尔岩系地质概图

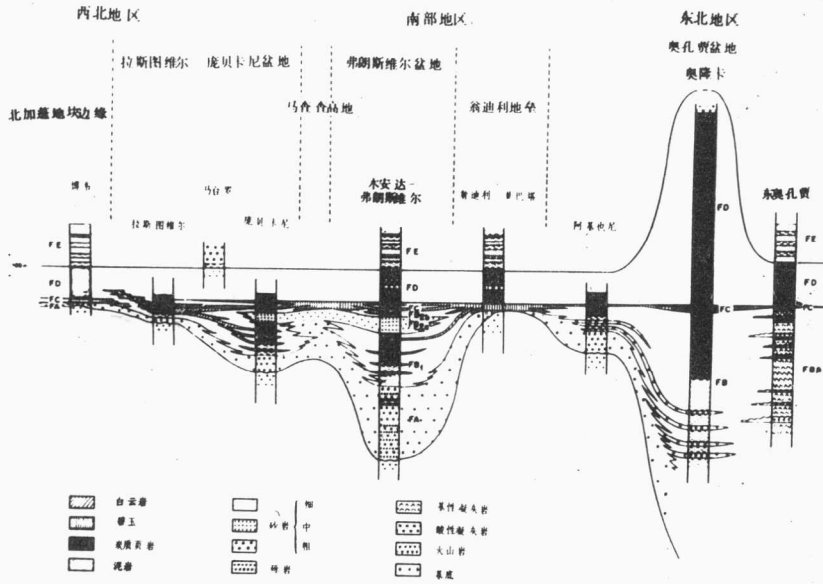


图 5 弗朗斯维尔岩系各个地区内相的关系及变化图

碎屑岩层，该层中上部有 3—4 个厚薄不一的含钍砾岩单层。该层中无铀矿化，仅有由独居石、钍石、锆石引起的钍异常。厚度约 400—540 米不等。

奥托波组：分布在弗盆中部地区，特征较清楚，在卡耶卡耶一带称奥托波岩系，厚约 80—200 米。岩性为泥岩，黑色页岩与斜层理发育的粗砂岩互层，夹五层含有有机质砂砾岩，该层在断层附近常出现铀矿化。

第三、第二带组：在弗盆中均有分布，中部地区较发育，特征清楚，厚约 250—350 米。岩性主要为砂岩、泥岩互层、夹砂砾岩透镜体，第二带，细砂岩互层、中粒砂岩斜层理发育，常含有有机质砂砾岩，米库龙古矿床产于此层中。

第一带组：主要分布在弗盆西部及中部，特征明显，在穆纳纳一带称“C1”层，在盆地中部称“第一带”。厚度约 4—14 米，最大厚度为 90 米。岩性主要为细粒、中粒及粗粒砂岩互层，夹有机质砂砾岩，盆地中的主要铀矿床均产于“C1”层中。

## 2. F1B

它主要分布在弗盆及奥孔贾盆地中，其它盆地少见。在弗盆中分布在穆纳纳到木安达以东的广大地区，并可向南东延伸到盆地中部米库龙古及卡耶卡耶一带，在南部分布也很广泛。厚度变化很大，从 0—600 米不等。在以前的地质资料中称为 FB1。岩性特征为：在底部有一层不稳定的泥砾，往上为含云母绿色泥岩逐渐过渡到黄铁炭质页岩，然后过渡到所谓“杂岩”，即含云母质的细砂泥岩与白云质砂岩，大眼球体状的白云岩混杂在一起(图 6)。绿色泥岩中有氧化的磷铁矿角砾，在巴公贝见磷铁矿

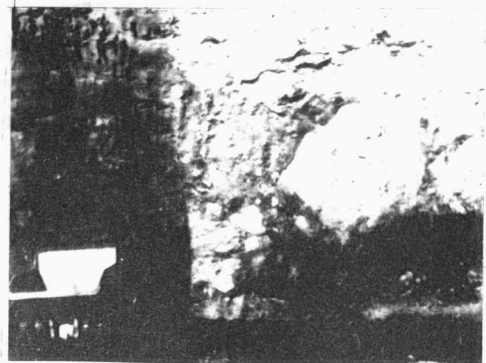


图 6 F1B 杂岩中的“白云岩眼球”

层。上部为含粉砂质、白云质和锰的炭质页岩夹含有有机质胶结的黑色细砂岩，木安达锰矿产于此层中。顶部为稳定的带状硅质赤铁矿层，部分地段厚达十多米。值得注意的是F1B页岩中常有砂体存在，一般认为这是河流切穿海相地层的结果。

### 3. F2A

F2A在地质图中统称FB，其位于FB的上部，有的资料中称为FB2a，一般叫做波巴拉砂岩，分布范围大体上与F1B一致，厚度约100米。岩性主要为中粒、细粒石英砂岩、底部有不稳定的砾岩透镜体。

### 4. F2B

F2B同F2A一样，在地质图中统称FB，位于FB的最上部，有的资料称为FB2b，一般叫做旧磨泥岩。厚约30—40米。岩性为中、细粒石英砂岩，顶部为黄铁炭质页岩。

### 5. F2C

该层分布广泛，标志明显，在向斜及几个盆地的边缘清楚可见(图3)，一般叫做姆旺盖碧玉，厚约40米。岩性主要为碧玉与炭质层互层，有时夹凝灰岩，部分地段该层以白云岩为主。如拉斯图维尔到博韦之间的地区就足以此为主。

### 6. F2D

F2D在全区均有分布，一般叫做庞巴依凝灰岩，厚约30—110米。岩性主要为黄铁炭质页岩与凝灰岩互层。

### 7. F2E

它分布在几个盆地内的相对拗陷部位，一般叫莱巴卡砂岩，厚约100米。岩性为浅绿色云母泥岩和青灰至浅灰绿色长石质细砂岩的互层构成，过渡部分常出现球粒状的砂泥岩。

## (二) 弗朗斯维尔岩系的盆地划分及其差异性

依据弗朗斯维尔岩系的分布、厚度的变化及基底隆起情况，将盆地进一步划分为五个盆地，即：博韦盆地、拉斯图维尔盆地、北来乌盆地、奥孔贾盆地及弗朗斯维尔盆地(图7)。

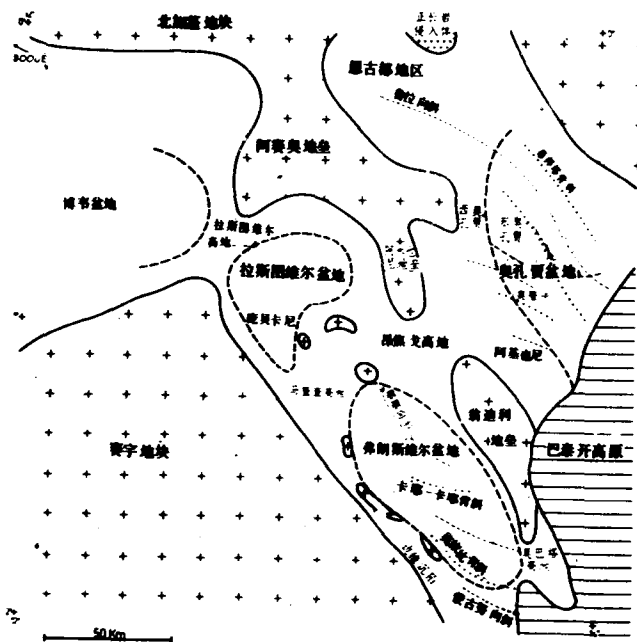


图7 弗朗斯维尔岩系主要范围的概图

以上各盆地，依据铀矿床与F1A、F1B及构造发育情况的特殊关系，试将其在各盆地的变化特征，列表对比，以便看出弗盆与其它盆地的不同特点(图8)。

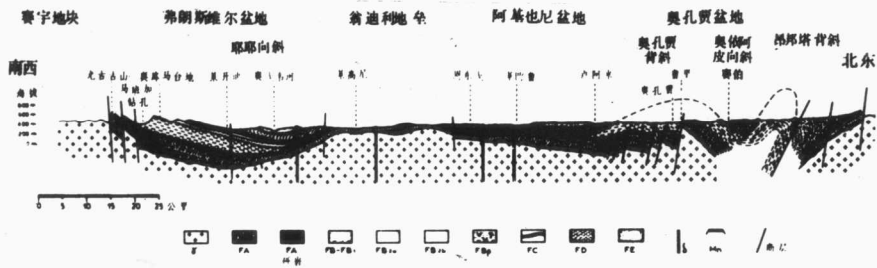


图8 弗朗斯维尔岩系马班加到奥孔贾概略剖面

各盆地特征列表如下

表2 弗朗斯维尔岩系各盆地特征对比简表

特 征 \ 盆 地	博 韦 盆 地	拉斯图维尔盆地	北来乌盆地	弗朗斯维尔盆地	奥孔贾盆地
F1B厚度	缺 失	仅20米	厚160米	厚 达 280—600米	厚 达 280—600米
F1A厚度	薄10—20米	薄20—40米	60—100米	厚 达 800~1320米	厚 达 >1000米
F2C成份	浅海CaCO <sub>3</sub> 沉 积 多	浅海CaCO <sub>3</sub> 沉 积 较 多	无 沉 积	深海SiO <sub>2</sub> 沉 积 为 主	深海SiO <sub>2</sub> 沉 积 为 主
构造发育	轻 微 褶 皱	轻 微 褶 皱	地 层 平 缓	褶 皱 平 缓	褶 皱 强 裂 断 裂 发 育
沉积深度	小	小	小	大	大

### 三、弗朗斯维尔盆地的特点及其发展史

#### (一) 弗朗斯维尔盆地概况

弗盆为一拗断盆地，分布面积约2500平方公里(图3)，受北西向的平行断裂控制，呈北西向椭圆形延展。其南西与赛宇地块断层相接，边缘地段有花岗片麻岩基地的零星出露；南东侧为巴泰开砂岩所覆盖；东部和北部为翁迪利花岗岩地垒；西北部由花岗岩地垒将其与北来乌盆地隔开。

#### (二) 弗盆基底与盖层的关系

下面从F1A厚薄的变化及F2旋回的分布情况来说明盆地的起伏情况。

##### 1. 基地起伏与F1A厚薄变化的关系

盆地基底为25亿年以前的结晶片岩及基性、酸性岩浆岩。它在盆地东西两侧抬起与F1A成断层接触(图3)，西部北西向断裂长期活动，造成F1A、F1B西厚东薄的局面(图6)。在盆地边缘F1A砂岩中，有时可见到呈“天窗”露出的基底，“天窗”附近的F1A厚度减少变薄。

如莫比亚到莫依比一带的“天窗”附近，其厚度减少到150~200米，到翁迪利地垒的边缘，厚度减少到50米。在盆地中部：有的地方厚，如卡耶卡耶及巴公贝以北，其厚度可达到1000—1200米以上；有的地方薄，如米库龙古西北部的厚度为290—818米。从上述地层厚度的变化可以看出盆内的基底是不平整的，基底隆起，则上覆地层薄，基底下陷则地层厚度加大。

## 2. F<sub>2</sub>旋回地层的分布与基底的关系

F<sub>2</sub>A、B、C、D、E层位在弗盆南部、北部分布很广，而这一带基底较深；在盆地的中部从穆纳纳到卡耶卡耶一直到翁迪利地垒边缘这些层位均缺失，而这一带正好是卡耶卡耶背斜通过的地方，基底隆起。这些现象说明，基底的隆起与下陷同样也影响到F<sub>2</sub>旋回的分布。

从以上两点可清楚地看出，盆地基地不但有北西向的隆起与拗陷，而且还存在东西向的隆起与拗陷。

## (三) 弗盆中的构造

弗盆中的构造主要由断裂和褶皱组成，构造线的主要方向为北西向(图4)。

### 1. 褶皱

(1) 平缓褶皱：主要表现为相间的开阔背斜及开阔向斜，较清楚的有耶耶向斜，卡耶卡耶背斜，姆旺盖向斜，莫依比背斜及蒙古努向斜。这些褶皱的产状一般为北西向，少数为东西向(图3)。倾角平缓，多为15—20°，但在翼部或断裂附近其倾角变陡可为45°—60°。

(2) 强烈褶皱：这类褶皱大致分两种情况：一种为F<sub>1</sub>B的强烈褶皱，由于其为塑性地层，所以该层在平缓褶皱的翼部及断裂附近，常表现为强烈褶皱，如米库龙古泥岩所出现的花边式褶皱；二为弯钩式构造，它是由F<sub>1</sub>A的C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>及上覆F<sub>1</sub>B在部分地段出现的层位倒转引起的褶皱，在这种弯钩内部的C<sub>1</sub>层矿化特别富集。

### 2. 断裂

主要有两组断裂，按其生成顺序依次为：

(1) 北西320°走向断裂。此组断裂控制了盆地的产生与成长，铀矿床主要与其有关。它主要分布在弗盆的东、西两侧；西侧成平行断裂束出现，规模较大，活动时间较长，发育了完好的F<sub>1</sub>旋回地层；东侧为一条规模很大的断裂。其次在弗盆内出现大小不等的断裂，特别是F<sub>2</sub>旋回以下的层位及基底被切割的断裂，从剖面上看，形成“厂房顶”状结构。

总的来看，此组断裂切割了基底，形成所谓“厂房顶”，即地堑与地垒相间，而盖层则成为向斜、背斜向间。

(2) 近东西向断裂。此组断裂在盆内分布较广，规模较大，常为正断层，有时为逆断层。其产状多为北东东向，少数为由北西向转为近东西向，倾角约45°左右。多数断裂中充填有粗玄岩，少数无粗玄岩充填。这组断裂常和北西向断裂结合，将基底切成长方块状，即所谓“琴键式”构造。另一方面，东西向断裂升降也较明显，如盆地中部卡耶卡耶地垒即与此组断裂的活动有关。

铀矿化与此组断裂也有一定的联系，如米库龙古矿床及卡耶卡耶矿点就与此断裂有关。

(3) 南北向断裂。为盆内最晚的一次断裂，规模较大，但对盆地的形态及矿化影响不大。

## (四) 弗盆地质发展史

弗盆起源于埃布尼亚旋回的初期，该运动使刚果克拉通西部产生了北西向的拗陷带。弗

盆位于此拗陷带组成盆地东南端的西南部，在赛宇地块与翁迪利地垒之间，其沉降深度最大达2000余米。弗盆的形成经历了以下几个阶段：

#### 1. 盆地拗陷初期F1A的河流及三角洲沉积

下元古代地盾拗陷初期，河流带来了大量的沉积物，首先充填山口和凹地，使高低起伏的地形变为平坦，这从F1A的岩性特征及其厚度的变化可以看出。

#### 2. F1B的海水沉积

由于盆地的不断拗陷，到F1B初期产生了北西向断裂，盆地下陷幅度加大，再加上F1A的填平补齐，使得盆内出现的平静海水沉积物、页岩、炭质页岩大面积分布。到F1B中期，由于断裂活动加强，所以出现了黄铁炭质页岩之上的所谓“杂岩”——大的白云质团块与细砂岩团块混杂在黄铁炭质页岩的上部。到F1B的晚期出现了含锰砂页岩建造及顶部的铁质层。

#### 3. F2海陆交互沉积期

F2旋回初期，盆地基底重新升起，使盆内再次出现河相砂体沉积——波巴拉砂岩。在旋回初期对盆地填平补齐后，到中、晚期，由于断裂活动的加强，盆地整体升降频繁，同时伴随有火山喷发活动，从而在大范围内出现了一套厚度不大的、分布较稳定的火山岩、碎屑岩沉积层。由于这套岩石微量铀较高，从而给弗盆内的铀矿床提供了较丰富的铀源。

#### 4. 盆地后期的断裂及褶皱

在弗朗斯维尔岩系沉积的末期，即F2E沉积后，盆地整体上升，露出水面，从此不再接受沉积。在上升的过程中，盆地产生了断裂和褶皱：断裂有东西向的及部分北西向的，断裂活动幅度加大以致切穿了盖层的断裂，南北向断裂最后产生；褶皱为平缓向斜、背斜。这些就是现在所见到的盆地的构造轮廓。这里应该强调指出的是北西向断裂自发生后，经常不断地活动着，称之为生长断层——“活断裂”。它不仅控制着沉积层的厚度，更直接影响铀的聚集，对铀矿床的形成起了积极作用。

# 第三章 铀 矿 床

已经查明有相当储量的矿床五个，正在揭露的矿点两个。其中四个矿床、一个矿点分布在弗朗斯维尔盆地东南边缘。按矿化控制因素和矿体产出状态可分为两种类型。受构造控制类型又可分为两个亚类：

构造控制类型：

穆纳纳亚型，矿体呈楔状；

米库龙古亚型，矿体呈锯齿状。

岩层控制类型：

奥克洛型，矿体呈层状、似层状。

## 一、构造控制的矿床

穆纳纳型矿床是含砾、粗砂岩(F<sub>1</sub>A)受断层作用直接与盆地基底接触，矿化在断层构造的挟持部位，无论在平面图上或剖面图上矿体均呈楔形，如穆纳纳矿床、波因吉矿床。米库龙古型矿床是中、粗粒砂岩(F<sub>1</sub>A)受断层作用直接与上部的泥岩(F<sub>1</sub>B)接触，矿化在断层线上以及F<sub>1</sub>A砂岩岩层中，在剖面上矿体呈锯齿状，这类矿床除米库龙古外，还有正在进行揭露工作的卡耶-卡耶、巴公贝矿点。

### (一) 穆纳纳矿床

#### 1. 位置、发现史

木安达-穆纳纳构造西面，有一南北向延伸近似椭圆形的基底残块，矿床位于残块的东北边缘(图9、10、11)。1956年12月，法国原子能委员会一个赤道非洲的地质小组意外地发现了穆纳纳矿化点。1958年2月，成立弗朗斯维尔铀矿公司进行钻孔勘探和开采，弄清了这个矿床的特点。

#### 2. 地质概况、控矿因素

出露的地层属于F<sub>1</sub>A的顶部砂岩、粗粒和细粒的长石石英砂岩，其上部属F<sub>1</sub>B，为一不连续的含泥岩碎屑的砾岩层所分开。F<sub>1</sub>B是含云母的黑绿色泥岩，过渡到黑色页岩，白云质极细的砂岩互层，层间有些小角砾，氧化的菱铁矿。

断裂构造发育，F<sub>1</sub>A砂岩与基底结晶岩石相接触是由于走向NW20°，倾向东，倾角大的F<sub>1</sub>断层作用的结果。此外，是NW55°、NW45°走向，倾向北东，倾角大的F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>断层。F<sub>1</sub>两边从构造变形看基底与砂岩盖层没有区别。而在泥岩段可以看出强烈变形，褶皱紧密，破碎，重新褶皱。泥岩的片理化，证明了受到一定的应力。F<sub>3</sub>作用的地表岩石面上布满了、沟、槽、擦痕，标志着东北盘向南东方向位移。

矿化受下列因素所控制：

(1) 矿化明显地赋存于由F<sub>1</sub>基底断层和F<sub>2</sub>、F<sub>3</sub>，砂岩-泥岩断层体系所构成的“V”字



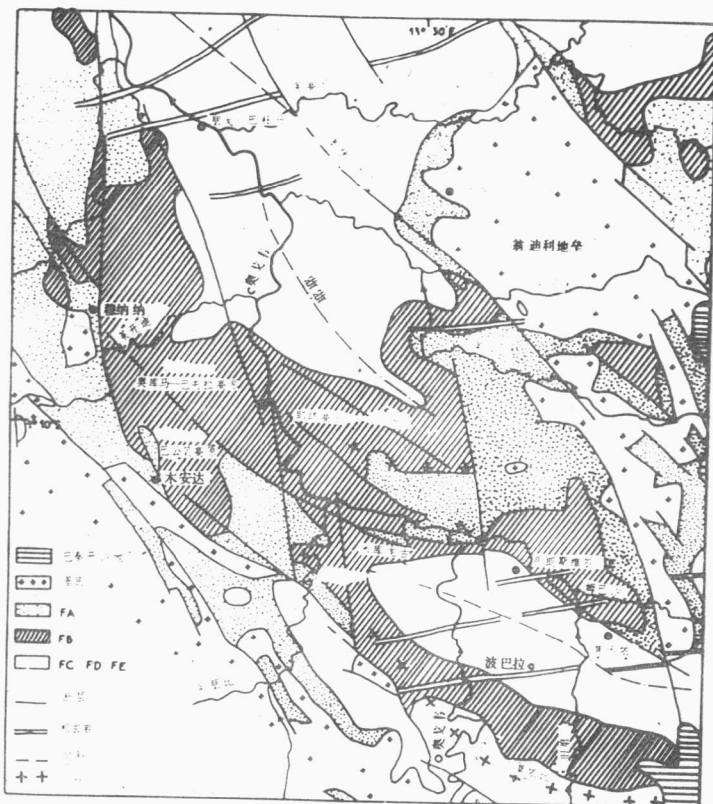


图9 弗朗斯维尔盆地地质图

型构造带里,矿化沿“V”的枝杈散布,但主要集中在两个断层交汇的地方,呈楔形。产状很陡的断层也做为矿石与围岩的基本界线。矿化受构造控制,矿体内部破碎越强烈,矿化也越富。

(2) 地层及地球化学因素也起着作用。铀赋存在主要是长石质的粗粒至中粒和粒度均匀的F1A砂岩的顶部,通常为绢云母质细粒砂岩所限制,并靠近泥岩。因此,矿化仅仅存在于含有机质的还原环境里。除地球化学条件控制外,还要加上层位控制。

(3) 属于F1B底部有一层含泥砾层, F1A和F1B的接触面是不平整的,这就使沉积控制假设成为可能的。

### 3. 矿化特征、矿床规模

(1) 所发现的矿化分为两个带,即氧化带与深部的还原带。氧化带深40—60米。

氧化带产有黄色含铀矿物和钒矿物,特别是下列矿物:

黄钒铅钽铀矿—弗朗斯维尔矿 (Francevillite)

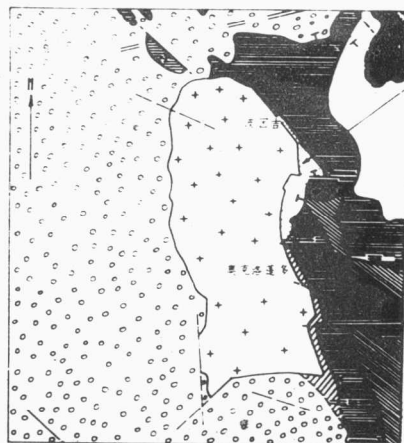


图10 穆纳纳一带地质略图