

南澳弗洛姆铀成矿区大地构造演化及成矿模式

姚振凯¹, 马亮², 徐勇^{1,3}, 黄宏业^{1,3}

¹核工业二三〇研究所, 湖南 长沙

²广核铀业发展有限公司, 北京

³湖南省伴生放射性矿产资源评价与综合利用工程技术研究中心, 湖南 长沙

收稿日期: 2023年5月6日; 录用日期: 2023年6月20日; 发布日期: 2023年6月29日

摘要

本文依活化构造理论, 用成矿分析方法对南澳弗洛姆铀成矿区的大地构造演化和大地构造铀成矿模式进行探索。得出成矿区大地构造经历了原始地槽、古地台和原始活化三个阶段。铀成矿演化与大地构造演化密切相关, 主要是古元古代原始地槽、中元古代古地台和新元古代活化所成的内生铀成矿, 及新生代活化的表生砂岩型铀成矿的三个阶段四期次成矿复合所成。大地构造铀成矿模式是三多三主复成因模式, 即多个大地构造阶段成矿, 以活化阶段中-晚阿尔卑斯期成矿为主; 多种铀源参与成矿, 以新生代富铀地下水成矿为主; 多成因铀成矿, 以表生水成成矿为主的复成因模式。这一认识对明确找矿方向, 具有一定的实际意义。

关键词

南澳大利亚, 弗洛姆, 铀成矿区, 大地构造演化, 大地构造铀成矿模式

Tectonic Evolution and Metallogenic Model of Frome Uranium Metallogenic Area in South Australia

Zhenkai Yao¹, Liang Ma², Yong Xu^{1,3}, Hongye Huang^{1,3}

¹CNNC Research Institute No. 230, Changsha Hunan

²CGNPC Uranium Resources Co., Ltd., Beijing

³Hunan Engineering Technology Research Center for Evaluation and Comprehensive Utilization of Associated Radioactive Mineral Resources, Changsha Hunan

Received: May 6th, 2023; accepted: Jun. 20th, 2023; published: Jun. 29th, 2023

文章引用: 姚振凯, 马亮, 徐勇, 黄宏业. 南澳弗洛姆铀成矿区大地构造演化及成矿模式[J]. 地球科学前沿, 2023, 13(6): 664-672. DOI: 10.12677/ag.2023.136063

Abstract

Based on the theory of activated tectonics, the tectonic evolution and the tectonic uranium metallogenic model of the Frome in South Australia was studied by metallogenic analysis. It is concluded that the tectonics of Frome experienced three stages: the original geosyncline, the ancient platform and the original tectonic activation. The evolution of uranium metallogenic is closely related to the evolution of tectonics, which is mainly composed of three stages and four times of the polygenetic compound uranium mineralization include the endogenetic uranium mineralization related to Paleoproterozoic original geosyncline, the Mesoproterozoic ancient platform and the tectonic activation of Neoproterozoic platform, and the supergene sandstone-type uranium mineralization related to activation of the Cenozoic epigenetic. The tectonic uranium metallogenic model is a Three-Many and Three-Main polygenetic compound model, which includes multiple tectonic stages of uranium metallogenesis, mainly in the activation stage of the middle-late Alpine metallogenic; multiple uranium sources participated in the uranium metallogenesis, mainly the Cenozoic uranium-rich groundwater metallogenesis; polygenetic uranium metallogenic model, dominated by epigenetic hydrogenic uranium metallogenesis. This understanding has certain practical significance for clear prospecting direction.

Keywords

South Australia, Frome, Uranium Metallogenic Area, Tectonic Evolution, Tectonic Uranium Metallogenic Model

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

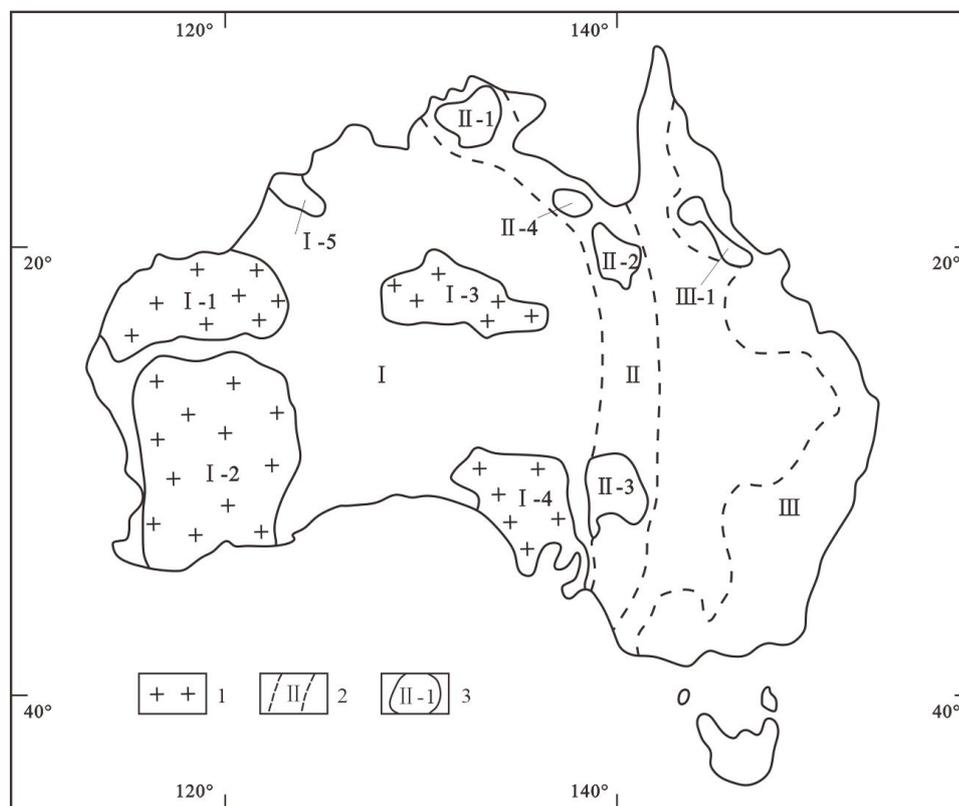
1. 引言

南澳弗洛姆铀成矿区是澳大利亚重要铀成矿区之一，位于南澳大利亚州与南威尔士州交界处[1]。前苏联学者 M.M.康士塔琴诺夫等[2] (1960)，根据该区内生铀矿床分布特点，把此成矿区列入东澳大利亚铀成矿带南部布罗肯希尔铀成矿区。并指出该成矿带是沿澳大利亚前寒武纪地台东边缘分布，成矿区除产铀外还产铜、铁、多金属矿产。B.И.维利奇金[3] (1987)从大地构造成矿角度分析，认为该成矿区与晚元古代褶皱带内布罗肯希尔中间地块吻合，中间地块内以复杂的块状构造为特征，产有大量铀、钍、铅、锌等矿床，矿床是在晚元古代(构造-岩浆)活化进程中形成，应归属布罗肯希尔(中间地块)成矿区。近些年因在中间地块上叠盆地弗洛姆湖湾区的贝弗利砂岩型铀矿床不断扩大，及新发现万吨级的东四英里、西四英里、北东四英里矿床群，和大型的密月等可地浸砂岩型铀矿床[4]，成为澳大利亚砂岩型铀矿主产区，总铀资源量约 11×10^4 tU，澳学者 A.D. McKay, Y. Miezitis (2001)称其为弗洛姆铀成矿区[5]。前人对该铀成矿区的矿化特征研究较多，而对大地构造和铀成矿演化及大地构造铀成矿模式论述较少。本文根据弗洛姆铀成矿区的一些新的铀矿地质资料，结合前人成果，依活化构造理论，用成矿分析方法，对该成矿区大地构造和铀成矿演化及大地构造铀成矿模式进行探索。

2. 成矿区铀成矿的某些特征

弗洛姆铀成矿区大地构造位置，属澳大利亚古地台东缘南北向活化带南部(图 1)。该成矿区现今地貌

为低山区，其东、南、西三侧环山，中部为盆地平原，呈现出向北开口的湖湾区，构成弗洛姆铀成矿区最触目的铀成矿地貌特征。三面低山区是富铀的源岩区，也是先成铀矿床分布区，可为盆地砂岩铀成矿不断提供充足的铀源。



I——地块；2——铀成矿省：I——古地台铀成矿省；II——古地台东缘活化带铀成矿省；III——东部沿海二次造山带潜在铀成矿省；3——铀成矿区：I-1——皮尔巴拉；I-2——伊尔冈；I-3——阿兰塔；I-4——高勒；I-5——坎宁潜在成矿区；II-1——派因克里克；II-2——芒特艾萨；II-3——弗洛姆；II-4——麦克阿瑟潜在铀成矿区；III-1——北昆士兰地块潜在铀成矿区。

Figure 1. Geotectonics location of Frome uranium metallogenic area

图 1. 弗洛姆铀成矿区大地构造位置图

成矿区为布罗肯希尔(中间地块)区域构造单元,总面积约 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$,有大小铀矿床 22 个。依 IAEA (2021)按铀矿床类型划分铀成矿区[6],成矿区则由三种铀矿床类型成矿区组成:第一种是弗洛姆湖湾砂岩型铀成矿区,位于成矿区中部,面积 68300 km^2 。第二种是芒特-佩因特角砾杂岩型铀成矿区,位于弗洛姆盆地北西边缘,面积 110 km^2 。第三种是奥拉里侵入岩型铀成矿区,位于盆地南缘,面积 3700 km^2 。

成矿区内有古元古界、中元古界、新元古界及新生界等不同时代地层[7] [8] [9]。在阿尔卑斯构造期近东西向挤压力作用下,形成近南北向新生代断陷构造盆地,并有 800 m 厚的中生代碎屑岩沉积,其中产有贝弗利(含北贝弗利、西贝弗利)、四英里(包括东四英里、西四英里、北东四英里)、密月等 11 个砂岩铀矿床。砂岩型铀矿是弗洛姆铀成矿区最重要的矿床类型,属表生后成矿床,成矿年龄为 6.7~0.4 Ma。中元古界内有角砾杂岩型的东芒特吉、贺吉金森、古斯特、东芒特佩因特等 8 个铀矿床,是成矿区的重要矿床类型,属岩浆-热液成因。古元古代地层内产有镭山、维克托利亚等 3 个侵入岩型矿床,属岩浆-热液成因,当前发现的矿床规模较小,却为不可忽视的铀矿床类型(表 1, 图 2)。

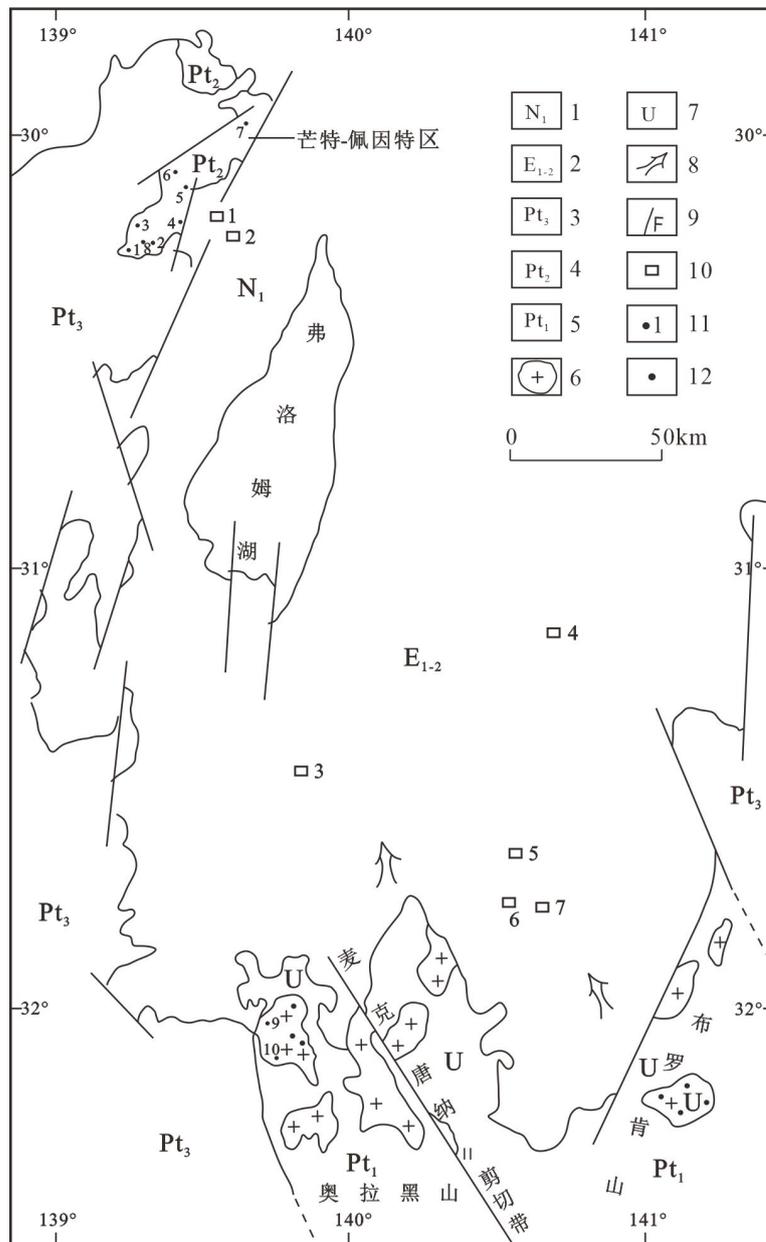
Table 1. Uranium deposits and resources of metallogenic area**表 1.** 成矿区铀矿床及铀资源量

序	铀矿床	铀矿床类型	主岩时代	U%	成矿年龄 Ma	资源储量万 t	资源来源
1	贝弗利						
2	北贝弗利			0.265	6.7~3.4	2.10	文献[5]
3	西贝弗利						
4	东四英里		N ₁	0.29		1~2.5	文献[8]
5	西四英里					1~2.5	文献[8]
6	北东四英里	砂岩				1~2.5	文献[8]
7	东卡尔卡鲁			0.1~0.3		0.4	文献[5] [19]
8	苟尔兹达姆					1.76	文献[5]
9	蜜月		E ₂	0.15		2.0732	文献[4]
10	奥斑					0.1~0.25	文献[8]
11	洋拉姆巴					0.2	
12	拉迪姆瑞吉					0.1~0.25	文献[8]
13	东芒特吉						
14	阿姆采尔					3.8	
15	斯特赖特堡	角砾杂岩	Pt ₂	0.1~0.3			
16	霍奇金森						文献[5] [12]
17	夏姆洛克						
18	古斯特						
19	东芒特佩因特						
20	维克托利亚山					0.2	
21	克罗克维尔山	花岗岩类	Pt ₁			0.1	
22	镭山				1730,1510,735	0.1	文献[20]

澳方铀矿学者认为，弗洛姆砂岩铀成矿区与哈萨克斯坦楚-萨雷苏成矿区成矿有许多相似之处。笔者支持这一看法，但还必须指出，也有明显差别[10]，除矿化砂体厚度不如楚-萨雷苏成矿区外，在成矿区大地构造单元及大地构造成矿演化方面有着显著的差别。弗洛姆铀成矿区是与新元古代中间地块活化密切相关，除砂岩型铀矿外还有侵入岩型及角砾杂岩型铀矿床产出(表 2)。

Table 2. Comparison of metallogenic characteristics between Frome and Chu-Careisu Basin**表 2.** 弗洛姆铀成矿区与楚萨雷苏铀成矿区成矿特征对比

	弗洛姆砂岩铀成矿区	楚萨雷苏铀成矿区
相同点	1. 同为大型自流水盆地 2. 砂岩铀成矿与中生代活化盆地有成生联系 3. 均属可地浸砂岩型矿床	
不同点	1. 大地构造单元 澳大利亚古地台东缘南北向活化带 2. 区域构造单元 中间地块及上叠内陆盆地 3. 活化前构造单元 澳大利亚中元代古地台 4. 成矿区地貌 三面环山的低山区 5. 主控矿因素 古河道控矿 6. 铀源岩分布 盆地东南西铀源岩，且有铀矿床产出 7. 赋矿层位 E-N 8. 铀矿床类型 砂岩型、角砾杂岩型、侵入岩型	亚欧东西向构造带天山二次造山带 造山带内山间盆地 哈萨克斯坦中生代图兰年青地台 三面环山的中山区 区域层间氧化带控矿 盆地东远处富铀震旦-寒武纪地层 K-E 砂岩型



1—中新统；2—古新-始新统；3—上元古界-下寒武统；4—中元古代角砾杂岩；5—下元古界；6—下元古界内花岗岩；7—原岩中铀富集；8—地下水运移方向；9—断裂；10—砂岩型铀矿床(1—四英里；2—贝弗利；3—苟尔茨达姆；4—奥班；5—洋拉巴拉；6—密月；7—东卡尔卡鲁)；11—岩浆-热液铀矿床(1—拉迪乌姆瑞吉；2—东芒特吉；3—阿姆恰；4—斯特里贝尔格；5—贺吉金森；6—舍姆罗金；7—果新特；8—东芒特佩因特；9—维克托利亚；10—克鲁克尔；11—镭山)；12—铀矿点。

Figure 2. Geological scheme of Frome uranium metallogenic area (According to References [3] [5] [7] [9])

图 2. 弗洛姆铀成矿区地质略图(依文献[3] [5] [7] [9]编绘)

3. 成矿区大地构造和铀成矿演化

弗洛姆铀成矿区大地构造和铀成矿演化，经历了 3 个大地构造阶段 4 个铀成矿期，即古元古代原始地槽阶段、中元古代古地台阶段、和新元古代至今的活化阶段。活化阶段内分 2 期次铀成矿，即新元古代原始活化期和新生代中晚阿尔卑斯活化期，并延续至今[3] [7] [11]。铀成矿演化与大地构造演化有着密

切的时空和成因系[12] [13] [14] [15] (表 3)。

古元古代原始地槽阶段, 形成深变质的结晶片岩、片麻岩、角闪岩、大理岩和花岗岩等, 属古地台的结晶基底, 线性褶皱延伸规模小。花岗岩年龄为 1820 Ma, 后受年龄为 1540 Ma 的碱性花岗岩所穿切。花岗片麻岩内有晶质铀矿和铀钛磁铁矿的原始铀富集, 在向北东倾的麦克唐纳陡倾剪切断裂带的构造裂隙内, 形成侵入体内的镭山等 3 个变质 - 热液铀矿床, 属第一次铀成矿, 铀矿石年龄为 1730 Ma [16]。中元古代古地台阶段, 形成的古地台岩层, 以不整合形式覆盖在原始地槽层之上。由于构造 - 岩浆活动仍然较强烈, 在芒特 - 佩因特地段伴有较强烈的火山喷发和侵入岩浆作用, 断裂构造发育, 褶皱构造不明显, 形成富含铀的火山岩和侵入体的角砾杂岩体, 而未能形成工业铀矿床, 但在镭山矿床形成第二期铀矿化, 其铀矿床年龄为 1530~1490 Ma [16]。因而中元古代古地台阶段的大地构造特征明显不同于显生代地台阶段。新元古代构造运动产生原始构造 - 岩浆活化, 在成矿区外边缘形成阿特兰德地槽褶皱变质带, 在成矿区西侧形成弗林德斯山脉, 而在中间地块内产生反射构造 - 岩浆活化作用[17]。新元古代中间地块是当前发现的世界最古老的中间地块之一。在芒特 - 佩因特区段的富铀角砾杂岩, 经活化改造成矿作用形成 8 个工业的岩浆 - 热液铀矿床。在镭山铀矿床内形成第三次成矿, 矿石年龄为 780~690 Ma。此后成矿区地壳长期处于隆升剥蚀状态。中生代早侏罗世早阿尔卑斯期造陆运动, 成矿区再次活化, 形成弗洛姆大型自流水盆地。当时盆地面积远超超埋盆地范围, 超覆延伸到盆地周边元古代岩块之上。早白垩世中阿尔卑斯期又一次构造活化, 成矿区盆地发生沉降伴随海浸, 形成弗洛姆湖湾。晚白垩世成矿区隆升, 地壳强烈风化剥蚀, 致使晚白垩世沉积缺失。新生代中晚阿尔卑斯活化期, 断裂构造活化频繁, 地层之间常见间断现象, 盆地内晚古新统缺失, 并促使先成铀源岩和先成铀矿床中的铀活化。始新统含铀的艾尔建造多分布于大自流盆地东南部, 形成古河道富铀地下水和层间氧化带地下水。并在古河道底部靠近河岸, 特别是古河道交汇部位形成富铀成矿流体所需的成矿静水头压力, 形成密月等古河道砂岩和层间氧化带铀矿床。这时的地下水铀源主要是来自成矿区南侧的奥拉里和巴里尔山脉富铀的花岗岩类。新近纪中新世晚阿尔卑斯期构造活化作用, 为成矿区地壳最晚的一次抬升, 最终形成成矿区低山区地貌。在新近纪中新世盆地西侧, 即普塔纳断裂东侧 0.5~2.0 m 古河道砂体内, 形成贝弗利透镜状铀矿体铀矿床[5]。共形成 11 个砂岩型铀矿床, 矿石年龄为 6~0.4 Ma。

Table 3. Teconics and uranium metallogenic evolution of Frome uranium metallogenic area (According to References [5] [7] [8] [9] [11])

表 3. 弗洛姆成矿区大地构造与铀成矿演化(据文献[5] [7] [8] [9] [11]编制)

地层时代	大地构造阶段	岩石建造	岩性	厚度 m	铀矿床
Q-N ₂			盐, 砂, 粘土, 卵石	不定	
N ₁ ² -E ₁	晚阿尔卑斯期活化	威拉沃丁纳	粘土, 砂, 砂砾, 白云岩	0~150	
N ₁		纳姆巴	粘土, 粉砂, 灰岩, 白云岩	200	贝弗利, 四英里
E ₁ -E ₂	中阿尔卑斯期活化	艾尔	未固结的碳质卵石砂, 少量砾岩	10~75	密月, 东卡尔卡鲁, 奥班, 洋拉姆巴, 苟尔茨达姆
K	早阿尔卑斯期活化	玛里亚群	页岩, 粉砂岩	150~275	
K-J ₁		卡德纳-奥文 阿尔格布京纳	页岩, 粉砂, 漂砾	不定	
Pt ₃	原始活化		红色砂岩, 泥岩		
Pt ₂	古地台		火山岩, 花岗岩等		
Pt ₁ -Ar	原始地槽		花岗片麻岩, 花岗岩等		

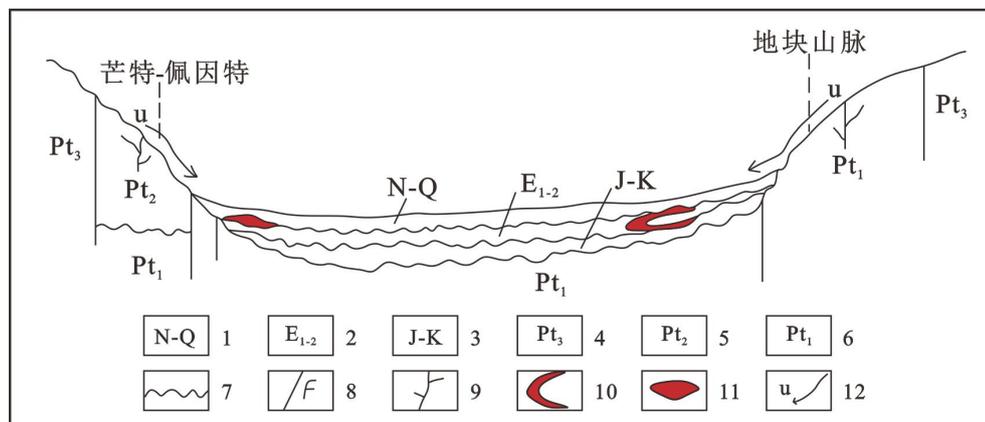
4. 大地构造铀成矿模式

大地构造铀成矿模式，着重从成矿大地构造阶段、成矿铀源及铀矿成因三个侧面分析[1]。

成矿区具多个大地构造铀成矿阶段，有古元古代原始地槽铀成矿阶段形成的铀矿床，铀矿石年龄为 1730 Ma。中元古代古地台阶段地壳还不稳定，构造-岩浆活动仍然比较发育，常有大断裂活动和火山喷发及侵入体入侵，形成富铀的角砾杂岩体，为后来岩浆-热液铀成矿创造前提条件，而区别显生宙地台阶段的大地构造特征。新元古代原始活化阶段构造-岩浆活动强烈，使先成岩体和先成铀矿床内的铀活化，形成东芒特吉等大中型角砾杂岩型铀矿床。活化阶段晚期中晚阿尔卑斯期岩浆活动不明显，以隆升构造活化为主，盆地周边富铀的铀源岩及其矿床内的铀，被风化剥失淋出，通过地下水搬运，形成砂岩型铀矿床。上述 3 个大地构造阶段 4 次铀成矿中，以最晚一次活化阶段始新世-中新世中晚阿尔卑斯活化期成矿为主。

成矿区存在多种铀源并存，在盆地北西边缘有大型的芒特吉铀矿床，和一群小型的拉迪乌姆里吉等角砾杂岩型铀矿床分布。铀成矿与长英质花岗岩有关，含有铀易浸出的沥青铀矿及可浸出 80% 铀的褐帘石等含铀矿物，岩石铀含量 $(4\sim 28) \times 10^{-6}$ ，有的高达 400×10^{-6} 。成矿区东侧巴里尔地块花岗岩及花岗片麻岩铀含量达 40×10^{-6} ，及大量铀矿点分布。南侧奥拉里地块花岗岩内有小型热液成因的维克托利亚、克鲁克维尔铀矿床及 10 余处铀矿点，花岗岩和花岗片麻岩铀含量达 110×10^{-6} 。东南侧花岗片麻岩铀含量达 35×10^{-6} ，并有镭山铀矿床及 4 处铀矿点产出。上述表明，成矿区东、南、西侧边缘均存在铀矿床或铀源岩，是通过新生代含铀地下水带入成矿区，属成矿区主铀源。

成矿区铀矿成因具多种成因成矿特点，存在古元古代变质热液形成的镭山早期铀矿化，铀矿石年龄为 1730 Ma。中元古代形成镭山铀矿床的第二期岩浆-热液型矿化，铀成矿年龄为 1530~1470 Ma。新元古代形成镭山铀矿床的第三期岩浆-热液型矿化，铀成矿年龄为 780~690 Ma，以及形成角砾杂岩中的岩浆-热液型铀矿化，尚不知其铀矿石年龄。还有新生代砂岩内表生后成的成因类型，包括古河道砂岩型和层间氧化带砂岩型，铀成矿年龄为 6.7~0.4 Ma。上述多种铀矿成因中，以砂岩内表生后成矿床数量最多，规模最大，属成矿区内的主要成因类型。



1—新近系-第四系；2—古近系；3—白垩-侏罗系；4—新元古界；5—中元古代古地台层；6—古元古代原始地槽层；7—不整合；8—断裂；9—内生脉状铀矿体；10—表生卷状铀矿体；11—表生透镜状矿体；12—铀运移方向。

Figure 3. Uranium metallogenic model of Frome uranium metallogenic area

图 3. 弗洛姆铀成矿区铀成矿模式

综上所述，成矿区大地构造铀成矿模式，是多个大地构造阶段成矿，以活化阶段晚阿尔卑斯活化期

成矿为主；多种铀源参与成矿，以新生代含铀地下水带入成矿为主；多成因铀成矿，以表生后成因为主的三多三主复成因模式。简称为三多三主复成因模式，即活化大地构造阶段成矿为主，新生代含铀地下水铀源为主，矿床成因以表生后成因为主的三多三主复成因模式(图 3)。

5. 成矿区铀成矿评价和今后找矿及研究方向

铀成矿区铀成矿学研究，除研究铀成矿的时空分布规律和成矿机理外，还要对铀成矿区进行评价和预测，并指出今后找矿和研究方向。

5.1. 成矿区铀成矿评价和找矿方向

铀成矿区评价，应从区域铀成矿分析方法入手，分别对已发现的铀矿床类型评价、成矿区块段评价和成矿构造层评价等。成矿区内已发现的铀矿类型，以砂岩型为主，角砾杂岩型次之，侵入岩型较少。

从铀矿类型评价角度分析，在弗洛姆成矿区产于中生代活化构造层内的砂岩型铀矿床分布最广最多，规模也最大。有特大型的贝弗利、四英里和蜜月等矿床，及一批大中型铀矿床群，而且还有很大的找矿发展空间。这类矿床矿体埋深浅，可用低成本高效益的地浸法开采，已引起澳大利亚和国际天然铀行业的高度重视。产于中元古代古地台构造层内的角砾杂岩型铀矿床，是当前澳大利亚独有的铜铀铁多元素共生的多金属铀矿床类型，以世界最大规模的奥林匹克坝矿床(130×10^4 tU) [16]为代表。成矿区内有东芒特吉等角砾杂岩铀矿床群，大小铀矿床 8 个，属与奥林匹克坝矿床相毗邻的另一成矿区，成矿地质条件相似，现有矿床经进一步勘查后，规模有望再扩大，或发现新的铀矿床。产于古元古代原始地槽构造层内的侵入岩型镭山铀矿床，因受麦克唐纳剪切断裂带控制，应沿断裂及周边区域扩大找矿，可能有新的发现。

从成矿空间评价和找矿方向分析，弗洛姆成矿区内砂岩成矿和找矿空间最大，含矿层位有始新统艾尔建造古河谷砂岩层和中新统纳姆巴建造冲积扇形三角洲分布面积大而广，属主要的找矿方向。中元古界角砾杂岩型成矿空间相对较小，主要在成区北西侧中元古代古地台构造层，但仍有一定的找矿空间，要着重沿其延伸的东北方向找矿。成矿区南部和东部古元古代地槽构造层花岗岩和花岗片麻岩等内，已有维克托利亚、克鲁克维尔和镭山等 3 个铀矿床[18] [19] [20]及一大批铀矿点，值得在已知铀矿床、矿点周边及深部扩大评价和加大找矿力度，尤其是对麦克唐纳剪切断裂带的铀成矿进行评价。

5.2. 成矿区今后研究方向

鉴于弗洛姆铀成矿区勘查和研究工作程度较低，在前人已有成果基础上，提出今后研究方向。① 进行区域及矿床地质填图和编图等系统性基础地质研究，全成矿区用 1/10 万~1/20 万，盆地砂岩区用 1/2.5 万~1/5 万，矿床矿点区段用 1/2000~1/5000 比例尺，标示出铀矿化层位及其分布和地下水流向。② 查明不同类型铀矿床的控矿因素和成矿规律；③ 研究盆地铀成矿期古水文地质条件，分析含铀地下水流向和演化规律；④ 查明盆地边缘断裂和盆内(含盆底)断裂构造与铀成矿关系等，探索成矿区南侧麦克唐纳剪切断裂带的含矿性；⑤ 全面研究和不断总结成矿区的铀成矿条件、成矿特征和成矿规律，进一步圈定有利找矿靶区；⑥ 研究蜜月、四英里等典型矿床的地质-水文地质及地浸工艺条件，提高可地浸资源的比例。

6. 结语

本文从大地构造和铀成矿演化角度，分析弗洛姆成矿区经历了 3 个大地构造阶段 4 次铀成矿作用。即古元古代原始地槽阶段，形成铀源层体和少量侵入岩型铀矿床。中元古代古地台阶段构造-岩浆活动仍然比较发育，有火山岩喷发及侵入体入侵，形成富铀的角砾杂岩体。新元古代原始活化阶段直至近代，

延续时间最长,使先成的岩体和铀矿床内的铀活化,形成东芒特吉等大中型角砾杂岩型和一批大型砂岩型铀矿床。

成矿区铀成矿模式是,多个大地构造阶段成矿,以活化阶段新生代中晚期活化成矿为主;多种铀源成矿,以盆地内富铀地下水表生铀源为主;多种铀矿成因,以表生后成的水成因为主的三多三主复成因成矿模式。这种模式不同于单个大地构造阶段单一成因的成矿模式。

成矿区总体勘查和研究程度较低,找矿空间大,进一步加强区域铀成矿研究后,有望再找到新的大型铀矿床。

基金项目

中国核工业地质局诸广中段鹿井矿田铀矿资源调查评价与勘查项目(项目编码:202231)资助。

参考文献

- [1] 姚振凯,郑大瑜,刘翔.多因复成铀矿床及其成矿演化[M].北京:地质出版社,1998:119-120.
- [2] Константинов, М.М. and Куликова, Е.Я. (1960) Урановые провинции. Изд. атомной энергии, Москва, 199-205.
- [3] 含铀区多金属成矿特征[M].许文麟,牛林,李普洲,译.北京:地质出版社,1987:73-87.
- [4] International Atomic Energy Agency (2020) Uranium 2020 Resources, Production and Demand.
- [5] McKay, A.D. and Miezitis, Y. (2007) Australia's Uranium Resources, Geology and Development of Deposits. 39-46, 86-96.
- [6] International Atomic Energy Agency (2021) World Distribution of Uranium Provinces. International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [7] 卡伦.弗洛姆湖区的区域地质、第三纪地层和铀富集.自澳大利亚铀矿床[M].北京:放射性地质编辑部,北京第三研究所,1977:92-97.
- [8] 尤尔斯.芒特-佩因特铀矿床.自澳大利亚铀矿床[M].北京:放射性地质编辑部,北京第三研究所,1977:82-85.
- [9] 海恩斯.南澳大利亚州弗洛姆湖湾贝弗利沉积铀矿床.自澳大利亚铀矿床[M].北京:放射性地质编辑部,北京第三研究所,1977:98-104.
- [10] 姚振凯,刘翔.伊盟和楚萨雷苏两成矿区铀成矿大地构造模式对比[J].铀矿地质,2015(6):547-554.
- [11] Григорьева, Л.В. (1986) Докембрийская тестоно-магматическая активизация. Ленинград, Недрa, 147-163.
- [12] 大陆地块铀矿成因[M].任文,译.北京:原子能出版社,1986:116-148.
- [13] 姚振凯,黄宏业,刘翔,徐勇.大陆铀成矿带(区)大地构造区划探讨[J].铀矿地质,2021,37(4):624-632.
- [14] 姚振凯,黄宏业,徐勇.非洲大陆铀成矿大地构造区划及铀成矿模式[J].世界核地质科学,2021,38(4):403-413.
- [15] 姚振凯,范立亭,黄宏业,徐勇.亚欧大陆东西向活化构造带中间地块铀成矿特征[J].世界核地质科学,2019,36(1):1-9.
- [16] 世界铀矿地质和资源远景[M].北京:核工业部北京第三研究所,1983:149-159.
- [17] Щеглов, А.Д. (1971) Металлогения срединных массивов. Л, Недрa.
- [18] International Atomic Energy Agency (2020) World Distribution of Uranium Deposits (UDEPO). International Atomic Energy Agency, Vienna, 139-151.
- [19] International Atomic Energy Agency (2018) World Distribution of Uranium Deposits. 2nd Edition, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [20] 世界铀矿床录[M].周维勋,郭福生,译.北京:原子能出版社,2000:44-52.