

# 花岗岩 岩石中的 铀矿床

[美] R.K. 范希莫里 P.C. 拉格兰

J.J.W. 罗杰斯 J.R. 格林伯格



原子能出版社

# 花岗质岩石中的铀矿床

〔美〕 R.K.尼希莫里 P.C.拉格兰

J.J.W. 罗杰斯 J.K. 格林伯格

章邦桐 张富生 译

张 祖 还 校

原 子 能 出 版 社

## 内 容 简 介

本书分为两部分,第一部分详细评述了花岗岩、伟晶岩和混合岩中火成岩铀矿床(包括岩浆型、伟晶岩型和部分交代铀矿床)的岩石、矿物、围岩蚀变、地球化学、矿床分类及其分布规律。并着重分析了铀在地壳演化过程中的行为,同时根据近年来在花岗质岩石结晶实验方面所取得的成果,结合矿床的地质及地球化学特征,对火成岩铀矿床的成矿机理、铀的来源及成因问题进行了比较全面的讨论。还为普查这一类型铀矿床归纳出一系列有利的地质判据。第二部分系统地介绍了世界(中国除外)各地主要火成岩铀矿床实例,并对其地质特征作了分析对比。

此外,著者还把世界(中国除外)上已知的铀含量大于10ppm的火成岩建造列于附录1,便于读者参考。

本书可供铀矿地质工作者及地质院校师生参考。

本书译自美国能源研究和发展总署报告GJBX-13(77)。

## 花岗质岩石中的铀矿床

〔美〕R.K.尼希莫里 P.C.拉格兰

J.J.W.罗杰斯 J.K.格林伯格

章邦桐 张富生 译

张 祖 还 校

原子能出版社出版

(北京2108信箱)

☆

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本787×10921/32·印张61/2·字数189千字

1982年1月第一版·1982年1月第一次印刷

印数001-2000·统一书号:15175·253

定价:1.05元

# 目 录

|         |       |
|---------|-------|
| 引言..... | ( 1 ) |
|---------|-------|

|                        |       |
|------------------------|-------|
| 常见的有利地质判据 ( 简述 ) ..... | ( 3 ) |
|------------------------|-------|

## 第一部分 花岗岩、伟晶岩和混合岩中的铀 矿床地质及其成因

|                     |       |
|---------------------|-------|
| 第一章 铀在火成岩中的分布 ..... | ( 7 ) |
|---------------------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 一、铀的平均含量 ..... | ( 7 ) |
|----------------|-------|

|                        |        |
|------------------------|--------|
| 二、铀在普通和特殊火成岩中的富集 ..... | ( 10 ) |
|------------------------|--------|

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 1. 花岗岩和碱性花岗岩 ..... | ( 11 ) |
|--------------------|--------|

|              |        |
|--------------|--------|
| 2. 流纹岩 ..... | ( 12 ) |
|--------------|--------|

|                   |        |
|-------------------|--------|
| 3. 过碱性霞石正长岩 ..... | ( 12 ) |
|-------------------|--------|

|                |        |
|----------------|--------|
| 4. 碱性火山岩 ..... | ( 13 ) |
|----------------|--------|

|              |        |
|--------------|--------|
| 5. 碳酸岩 ..... | ( 13 ) |
|--------------|--------|

|              |        |
|--------------|--------|
| 6. 变质岩 ..... | ( 14 ) |
|--------------|--------|

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 第二章 花岗岩中的铀矿床 ..... | ( 16 ) |
|--------------------|--------|

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 一、火成岩中铀矿床的分类 ..... | ( 16 ) |
|--------------------|--------|

|                  |        |
|------------------|--------|
| 1. 按主岩类型分类 ..... | ( 17 ) |
|------------------|--------|

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| 2. 侵入火成岩中铀矿床的成因分类 ..... | ( 17 ) |
|-------------------------|--------|

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| 二、花岗岩、富碱花岗岩及其派生正长岩中的铀矿床 ..... | ( 21 ) |
|-------------------------------|--------|

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| 1. 伟晶岩-白岗岩-片麻岩中的铀矿床 ..... | ( 21 ) |
|---------------------------|--------|

|                |        |
|----------------|--------|
| ( 1 ) 分布 ..... | ( 22 ) |
|----------------|--------|

|                |        |
|----------------|--------|
| ( 2 ) 时代 ..... | ( 26 ) |
|----------------|--------|

|                       |        |
|-----------------------|--------|
| ( 3 ) 矿床形成的地质背景 ..... | ( 26 ) |
|-----------------------|--------|

|                 |        |
|-----------------|--------|
| ( 4 ) 矿物学 ..... | ( 27 ) |
|-----------------|--------|

|                |        |
|----------------|--------|
| ( 5 ) 成因 ..... | ( 29 ) |
|----------------|--------|

|                  |        |
|------------------|--------|
| ( 6 ) 地球化学 ..... | ( 31 ) |
|------------------|--------|

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 2. 斑状过碱性花岗岩中的浸染状铀矿化····· | (32) |
| (1) 矿床形成的地质背景·····       | (32) |
| (2) 物质成分·····            | (35) |
| (3) 成因·····              | (36) |
| 第三章 铀在地壳演化过程中的行为·····    | (37) |
| 一、铀、花岗岩和地壳的演化·····       | (37) |
| 二、某些铀成矿区的地质发展史·····      | (41) |
| 1. 加拿大地盾·····            | (42) |
| 2. 达马拉造山带·····           | (51) |
| 3. 奥拉里克矿区·····           | (51) |
| 三、铀在岩浆作用和岩浆期后作用中的行为····· | (51) |
| 1. 进变质作用·····            | (52) |
| 2. 花岗岩化作用·····           | (53) |
| 3. 超变质作用和深熔作用·····       | (54) |
| 4. 岩浆分异作用·····           | (54) |
| 5. 水气相·····              | (55) |
| 6. 结论·····               | (56) |
| 四、Th/U比值·····            | (57) |
| 第四章 关于花岗岩结晶的实验研究·····    | (60) |
| 第五章 关于美国普查铀矿的初步意见·····   | (65) |
| 一、远景区·····               | (65) |
| 1. 阿拉斯加·····             | (65) |
| 2. 落基山·····              | (65) |
| 3. 西北部·····              | (66) |
| 4. 大湖区·····              | (67) |
| 5. 东北部·····              | (68) |
| 6. 西南部·····              | (68) |
| 7. 南部和东部·····            | (69) |
| 二、找矿方法补遗·····            | (69) |

## 第二部分 花岗岩、伟晶岩及混合岩中的铀矿床描述

|                                                              |         |
|--------------------------------------------------------------|---------|
| 第六章 美国 .....                                                 | ( 85 )  |
| 一、阿拉斯加 .....                                                 | ( 85 )  |
| (一) 阿拉斯加中西部 .....                                            | ( 85 )  |
| (二) 波坎山及其相邻地区 .....                                          | ( 99 )  |
| 二、美国本土 .....                                                 | ( 111 ) |
| (一) 惠勒盆地 .....                                               | ( 111 ) |
| (二) 前山成矿区 .....                                              | ( 114 ) |
| (三) 康韦花岗岩 .....                                              | ( 120 ) |
| 第七章 加拿大 .....                                                | ( 130 ) |
| 一、引言 .....                                                   | ( 130 ) |
| 二、丘吉尔成矿区 .....                                               | ( 133 ) |
| 三、班克罗夫特地区 .....                                              | ( 142 ) |
| 四、魁北克 .....                                                  | ( 156 ) |
| 五、劳里尔山 .....                                                 | ( 163 ) |
| 六、拉布拉多含铀区 .....                                              | ( 167 ) |
| 第八章 澳大利亚 .....                                               | ( 174 ) |
| 一、引言 .....                                                   | ( 174 ) |
| 二、奥拉里地区 .....                                                | ( 176 ) |
| 三、其他地区 ( 布罗肯山地区、芒特佩因特 阿得雷德山、<br>克朗克里-芒特艾萨地区和玛丽凯恩林-达尔文地区) ... | ( 187 ) |
| 第九章 非洲 .....                                                 | ( 197 ) |
| 一、纳米比亚, 罗辛 .....                                             | ( 197 ) |
| 二、尼日利亚, 卡弗谷 ( 里鲁埃杂岩体 ) .....                                 | ( 205 ) |
| 三、埃及红海山 .....                                                | ( 210 ) |
| 第十章 其他地区 .....                                               | ( 217 ) |
| 一、巴西 ( 库拉依斯诺沃斯 ) .....                                       | ( 217 ) |
| 二、印度 .....                                                   | ( 221 ) |

|                              |         |
|------------------------------|---------|
| 三、西班牙西部 .....                | ( 224 ) |
| 附录 1 铀含量大于10 ppm的岩石一览表 ..... | ( 228 ) |
| 附录 2 赴纳米比亚调查的初步报告 .....      | ( 245 ) |
| 附录 3 加拿大东部野外考察报告 .....       | ( 261 ) |

# 引 言

本书是有关花岗岩、伟晶岩和混合岩中的铀矿床地质及其成因方面文献的述评。目的在于向地质人员提供这方面的普查判据，帮助他们在美国找寻相类似的铀矿床。内容侧重于所谓的“斑岩型”铀矿床（Armstrong, 1974）。这种类型的铀矿床以纳米比亚的罗辛矿床为代表，虽然品位低，但在目前已知的火成岩铀矿床中以它的规模为最大。预计将来在美国，核电站燃料——铀的供应亦将发生匮乏，所以现在就要认真考虑从新的、但大都属低品位的矿床类型中寻找铀矿基地。因此，对那些以往虽已研究过，而当时被认为意义不大的火成岩中的铀矿床，现在必须再进行深入细致的调查研究。

本书着重研究两种类型的铀矿床：片麻岩带内伟晶岩、白岗岩中的铀矿床；浅成花岗岩中的浸染状铀矿床。前一类型以加拿大的班克罗夫特矿床及纳米比亚的罗辛矿床为代表，后者则以阿拉斯加波坎山的罗斯-亚当斯矿床为代表。

关于似层状或环带状霞石正长岩体中的铀矿化（例如格陵兰的伊利莫萨克、巴西的波苏斯迪·卡耳达斯）或碳酸岩中的铀矿床，我们都未予以详细评述。因为这些杂岩体伴生有其他成矿金属，而且岩石类型也很特殊，所以它们早已成为岩矿工作者详细研究的对象了。

虽然在分类中已将热液脉型矿床与火成岩中的铀矿床单独分开，但实际上它们之间存在着许多相互迭加和相互过渡的关系。一旦存在这种迭加现象时，我们就把脉型矿床作为火成岩

铀矿床\*所派生的现象来考虑。关于脉型铀矿床,里奇(Rich, 1975)等\*\*已作了详尽的阐述,因此我们对这类矿床的论述从略。

第一章评述铀在火成岩和变质岩中分布的一般概况。第二章对与火成岩有关的铀矿床分类作了说明,并概括花岗岩中铀矿床的主要地质特点。第三章阐述地壳演化过程中铀在花岗岩中的行为。并讨论了花岗岩中铀矿化与活动带演化的关系,以及岩浆和岩浆期后作用对铀在火成岩及其铀矿床中分布的影响。第四章阐述花岗岩结晶作用的实验结果与深变质岩带内伟晶岩和白岗岩中铀矿床地质特点之间的关系。第五章指出了美国寻找火成岩铀矿床潜在的或有利的地区。

有关花岗质岩石中具体铀矿床的地质资料见本书的第二部分。铀含量大于10ppm的火成岩建造列入附录1。附录2是本书著者之一(罗杰斯)访问罗辛地区的调查报告(1976年3月)。附录3是本书两位著者(尼希莫里和格林伯格)在加拿大东部野外考察的报告。

---

\* 本书中的火成岩铀矿床(igneous deposits)是指岩浆期形成的铀矿床,它包括铀矿床传统分类中的正岩浆型铀矿床、伟晶岩型铀矿床和部分交代铀矿床。——译者注

\*\* 此书已翻译出版:热液铀矿床。——编辑注

## 常见的有利地质判据（简述）

花岗质岩石中低品位铀矿床的地质特征是很明显的。书中第一部分对这些特征作了详尽的讨论和阐述，但各具体矿床的重要特征则在第二部分中叙述。现将这些特征扼要介绍如下：

1. 凡地壳经受强烈改造的地区或地域，看来是脉型和火成岩铀矿床最有利的成矿环境。花岗岩化及深熔作用可以引起铀的活化和富集。

2. 伟晶岩和细晶岩中的铀矿床常分布在铀成矿区内，也就是已有许多其他类型铀矿床的地区。因此，凡已发现铀矿床或存在富铀基岩的地区亦是今后普查铀矿的有利地区（例如科罗拉多的前山地区）。

3. 石英二长岩、花岗岩、白岗岩和正长岩是“斑岩型”铀矿床或伟晶岩-白岗岩-片麻岩铀矿组合的有利主岩。含矿伟晶岩以位于这类花岗质主岩中间或其边缘为特征，或以混合岩的形式贯入四周的围岩中。

4. 伟晶岩和白岗岩中有经济意义的铀矿化，几乎无例外地分布在上部角闪岩或角闪变质岩带中的花岗岩内部及其周围。因此，对这类铀矿化来说，剥蚀较深的活动带比尚未剥蚀或轻微剥蚀的岩带更为有利。

5. 矿体总是丛集在容矿构造（Structural traps）的周围，因为随着岩浆逐渐冷却，晚期的富铀分异产物就被运移到这里。大型的背斜和其他褶皱的顶部是特别有利的成矿部位。

6. 交代伟晶岩比未交代的伟晶岩更为有利。班克罗夫特和罗辛矿床提供的证据表明，铀矿化与伟晶岩的交代作用或交代生长几乎是同时发生的。

7. 如果在铀矿化的伟晶岩和细晶岩附近存在着局部断裂或剪切带, 那么这将是找寻铀矿透镜体或扁豆体的有利地区, 而这些矿体就是含矿溶液运移到该构造部位留下的结果。

8. 班克罗夫特和罗辛的伟晶岩中的铀矿床常常伴随有方解石-萤石-磷灰石脉和石英-萤石脉。在花岗岩体附近产出这类脉型铀矿床表明, 花岗岩和伟晶岩对铀矿化有利。

9. 一般来说, 富铀花岗岩体周围的热液蚀变带是找寻铀矿化的最有利地段。

10. 火成岩铀矿床中除放射性元素外, 还伴生有数量不定的少量钼和氟。在岩浆和热液条件下, 氟与铀结合形成流动的络合物。因此, 富氟的花岗岩、伟晶岩和脉体较之贫氟的同类岩石, 构成含矿主岩的可能性更大。但是, 为要得出有关花岗岩中铀矿床特征元素共生组合的确切结论, 还必需进一步做大量的地球化学研究工作。

11. 太古代岩系分布地区不利于寻找火成岩铀矿床。在这样的地区, 除砾岩型铀矿床的年龄达到27亿年外, 尚未发现其他类型铀矿床。

12. 伟晶岩和白岗岩中铀矿物的次生富集, 如罗辛矿床, 可能是由于特殊的气候条件影响所致(像纳米布沙漠中那样的条件)。

# 第 一 部 分

花岗岩、伟晶岩和混合岩中的铀矿床  
地质及其成因



# 第一章 铈在火成岩中的分布

## 一、铈的平均含量

有关地壳岩石中铈含量的问题已有大量文献发表，本书不再详细评述有关地壳中铈含量的分布情况。这里从几篇关于普通火成岩中铈平均含量的文章（Kohman and Saito, 1954; Tilton and Reed, 1962; Adams et al., 1962; Vinogradov, 1962; Wasserberg et al., 1964; MacDonald, 1964; Taylor, 1964, Clark et al., 1966; Rogers and Adams, 1969a）中选择出部分数据列于表1-1。地壳中铈的平均含量大约为1.7 ppm。基性和超基性岩\*中铈含量都很低，很少超过1 ppm。在所有普通火成岩中，以花岗岩的平均铈含量最高，大约为3.5—4.5 ppm。总之，大多数火成岩的铈含量在0.003到5 ppm之间。碱性岩中的铈含量比其他岩石要高（见表1-1）。从表1-1还可看出，铈含量随岩浆分异程度增强而增高。

---

\*原文为镁铁质岩石和超镁铁质岩石，但在表1-1中却为基性岩、超基性岩，因此为使文、表内的名称一致：这里仍译为基性和超基性岩。——译者注

表 1 - 1      各种火成岩中铀、钍、钾的平均含量

| 文献作者和岩石类型                         | U (ppm)    | Th (ppm) | K (%) |
|-----------------------------------|------------|----------|-------|
| 科曼和塞托<br>(Kohman and Saito, 1954) |            |          |       |
| 花岗岩                               | 4          | 15       | 3.5   |
| 中性岩                               | 2          | 7        | 2     |
| 玄武岩                               | 0.6        | 2        | 0.9   |
| 超基性岩                              | 0.05       | 0.2      | 0.001 |
| 亚当斯等<br>(Adams et al., 1969)      |            |          |       |
| 酸性侵入岩                             | 1—6        | 1—25     | —     |
| 酸性喷出岩                             | 2—7        | 9—25     | —     |
| 基性侵入岩                             | 0.3—2      | 0.5—5    | —     |
| 基性喷出岩                             | 0.4—4      | 0.5—10   | —     |
| 超基性岩                              | 0.001—0.03 | 低        | —     |
| 碱性岩                               | 0.1—30     | —        | —     |
| 酸性伟晶岩                             | 1—4        | 1—2      | —     |
| 维诺格拉多夫<br>(Vinogradov, 1962)      |            |          |       |
| 花岗岩                               | 3.5        | 18       | 3.34  |
| 中性岩                               | 1.8        | 7.0      | 2.3   |
| 玄武岩                               | 0.5        | 3.0      | 0.83  |
| 超基性岩                              | 0.003      | 0.005    | 0.03  |
| 蒂尔顿和里德<br>(Tilton and Reed, 1963) |            |          |       |
| 花岗岩                               | 4.0        | 14.8     | 3.5   |
| 中性岩                               | 2.0        | 7.4      | 1.8   |
| 玄武岩                               | 0.8        | 3.0      | 0.75  |

续表 1 - 1

| 文献作者和岩石类型                            | U ( ppm ) | Th ( ppm ) | K ( % ) |
|--------------------------------------|-----------|------------|---------|
| 榴辉岩                                  | 0.043     | 0.16       | 0.053   |
| 橄榄岩                                  | 0.006     | 0.022      | 0.001   |
| 麦克多纳德<br>(MacDonald, 1964)           |           |            |         |
| 花岗岩                                  | 4.75      | 18.5       | 3.79    |
| 中性岩                                  | 2.0       | —          | 1.8     |
| 玄武岩                                  | 0.6       | 2.7        | 0.84    |
| 榴辉岩 (低铀)                             | 0.048     | 0.18       | 0.036   |
| 榴辉岩 (高铀)                             | 0.25      | 0.45       | 0.26    |
| 橄榄岩                                  | 0.006     | —          | 0.0012  |
| 纯橄榄岩                                 | 0.001     | —          | 0.0010  |
| 沃塞伯格<br>(Wasserberg et al.,<br>1964) |           |            |         |
| 花岗岩                                  | 4.75      | 18.5       | 3.79    |
| 玄武岩                                  | 0.6       | 2.7        | 0.84    |
| 泰勒<br>(Taylor, 1964)                 |           |            |         |
| 地壳                                   | 1.7       | 9.6        | 2.09    |
| 花岗岩                                  | 4.8       | 17         | 3.34    |
| 玄武岩                                  | 0.6       | 2.2        | 0.83    |
| 希迈朱<br>(Shimazu, 1966)               |           |            |         |
| 花岗岩                                  | 4.75      | 18.5       | 3.79    |
| 玄武岩                                  | 0.6       | 2.7        | 0.84    |
| 橄榄岩                                  | 0.016     | 0.06       | 0.0012  |
| 纯橄榄岩                                 | 0.0041    | 0.012      | 0.0010  |

## 二、铀在普通和特殊火成岩中的富集

在各种类型的岩石中都发现有铀高度富集 ( $>10 \text{ ppm}$ ) 的火成岩。铀含量大于  $10 \text{ ppm}$  的火成岩建造已列入附录 1, 本章所引用的数据也大多摘自该附录。附录 1 中的大部分岩石都属于以下六种主要的火成岩类:

1. 花岗岩和碱性花岗岩
2. 流纹岩
3. 过碱性霞石正长岩
4. 碱性火山岩
5. 碳酸岩
6. 变质岩

通常, 大的火成岩体中的铀含量很少超出  $20 \text{ ppm}$ ; 然而, 上述岩类强烈分异产物中的铀含量却比整个岩体的铀平均含量高得多。像所有不相容 (incompatible) 元素 (即不易为岩浆的任一结晶相所容纳或捕获的元素) 一样, 铀趋向进入硅酸盐熔浆和晚阶段的岩浆流体或气相之中, 远较进入液相矿物 (Liquidus minerals) 为多。因此, 在各种花岗岩中, 深成岩体的伟晶岩和细晶岩常具有最高的铀含量。在火山杂岩体内的同源岩浆系列中, 通常也以最强烈分异产物的铀含量为最高。目前, 人们集中注意铀与岩浆中的挥发元素, 特别是和 F、Cl 的关系 (Shatkov, 1970; Rosholt et al., 1971; Bhose et al., 1974)。可见, 岩浆若保存了挥发组分便有助于保留铀; 因此, 晚期分异产物中铀的高度富集同整个岩体的挥发组分含量较高有关。