



可可托海地区 稀有金属成矿与找矿

来世伟 毛玉元 范良明 著
巫晓兵 林金辉



成都科技大学出版社

可可托海地区 稀有金属成矿与找矿

MINERALIZATION AND PROSPECTION OF
RARE METAL IN THE KOKTOGAY AREA

栾世伟 毛玉元 范良明 著
巫晓兵 林金辉

Luan Shiwei, Mao Yuyuan, Fan Liangming
Wu Xiaobing and Lin Jinhui

成都科技大学出版社

Press of Chengdu University of Science and Technology

(川)新登字 015 号

责任编辑 黄祖基 周兴泰
封面设计 卢奇勋

内 容 简 介

本书是以“八五”期间国家“三〇五”项目“可可托海-柯鲁木特一带锂铍铌找矿靶区筛选与综合评价研究”专题为基础编著而成。本书系统论述了阿尔泰可可托海地区的成矿地质背景和稀有金属成矿类型特征,以及运用现代成矿理论和地、物、化多种找矿方法,发现本区新的稀有金属矿化类型。通过区域地壳发展演化的历史分析,建立了区域稀有金属矿化系列和成岩成矿模式,指出了成矿的主要控制因素,发展了稀有金属成矿理论,阐明了成矿规律,开拓了本区稀有金属找矿的广阔前景。比较全面系统的反映了举世瞩目的稀有金属的宝库——可可托海地区的最新研究成果。

本书可供矿床地质、地球化学研究、教学人员以及从事稀有金属矿产地质找矿和矿山地质工作者参考使用。

可可托海地区稀有金属成矿与找矿

栗世伟 毛玉元 范良明 著
巫晓兵 林金辉

成都科技大学出版社出版发行
西南冶金地质印刷厂印刷
开本 787×1092 毫米 1/16 印张 18.25
1995 年 12 月第一版 1996 年 3 月第一次印刷
印数 1—500 册 字数 436 千字
ISBN 7-5616-3166-9/P·74

定价:20.00 元



谨以此书献给
第三十届国际地质大会

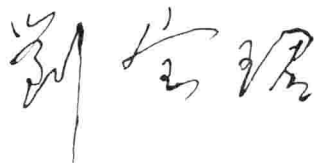
栾世伟	毛玉元	范良明
	巫晓兵	林金辉

序

可可托海(蒙语“茂密的丛林”)是雄伟的阿尔泰山脉一颗美丽的明珠,被称为“额尔齐斯第一镇”。她以盛产国家和国防建设急需的锂、铍、铌、钽、铷、铯、锆、钨等稀有金属矿产,其中更以特大型稀有金属矿床——阿尔泰3号伟晶岩脉而闻名中外。半个多世纪以来,围绕中国阿尔泰-可可托海地区10万余条伟晶岩脉产出的岩石学、矿物学和地球化学等成矿与找矿问题,国内外众多地质学家都在此留下了宝贵的足迹。仅有关可可托海地区稀有金属矿产资源的找矿、普查、勘探等综合研究,据不完全统计,其各类研究报告就已达数百份之多,其研究成果不少达到国际先进水平或居国际领先地位。它不仅从不同方面推动了我国稀有金属矿产资源的勘查和开发,而且使我国稀有金属伟晶岩的矿床学、矿物学和地球化学的研究水平跻身于国际先进行列。

以成都理工学院栾世伟教授为首的科研队伍,前后历经30余年,长期注意和进行我国新疆阿尔泰和秦岭东段、川西以及滇西等地区的稀有金属伟晶岩的科研和教学工作,是新中国成立以来从事稀有金属伟晶岩研究最早的主要专家之一,积累了大量的稀有金属科研成果和找矿经验。这本书既是他们长期从事科学研究的结晶,又是他们在“八五”期间承担的国家重点科技攻关(新疆“三〇五”项目)“可可托海-柯鲁木特一带锂铍铌找矿靶区筛选和综合评价研究”专题的主要研究成果。它的正式出版,表明了我国新疆可可托海、乃至整个阿尔泰地区稀有金属成矿规律和找矿研究进入了国际前列,同时也预示着我国进一步深入开展稀有金属矿产资源的研究和勘查将取得新的重要进展。

我本人十分希望能有类似于此类建立在长期科学研究和在重点地区进行勘查找矿基础上的专著公开出版。因为通过它,可以发现一个地区、一个国家对某类紧缺矿产资源的勘查和研究水平,对系统总结地质科学理论和实际找矿经验,对培育地质科学研究新人,对不断提高和深入地质科学研究,都具有极其重要的科学意义和社会影响。值此专著付梓之际,为序,以表祝贺之忱。



1995年10月

前 言

中国阿尔泰山脉蕴藏有极其丰富的矿产,尤以稀有金属和宝石资源誉满全球。它象雄鸡镶满宝石的尾羽,翘立在我国版图的北西端,其中,可可托海地区,更是一颗最璀璨夺目的明珠。

可可托海地区稀有金属矿产资源的地质、勘查、矿山开采和科学研究,业已历时半个多世纪。方方面面的实践昭示,作为世界大型稀有金属矿产基地,可可托海地区不但为我国现代科学技术和工业的发展提供了大量急需的铍、锂、铌、钽、铷、铯等稀有金属,而且还提供了大量的工业白云母和宝石等重要矿产品。

可可托海地区的稀有金属矿床得天独厚,其成矿作用特殊,矿化类型齐全,共生组合复杂,矿物形色绚丽,尤以花岗伟晶岩矿床普遍。可可托海地区花岗伟晶岩脉,分布之广,数量之多,密度之大,矿化之佳,分带之全,举世罕见。特别是该区的3号伟晶岩脉,不论从何方面考虑,实属当之无愧的世界一绝,足以成为花岗伟晶岩矿物的橱窗,是世界上少有的天然矿物博物馆。

不言而喻,可可托海地区稀有金属成矿与找矿的研究,无疑具有重大的经济价值和社会效益。

专著《可可托海地区稀有金属成矿与找矿》是在“可可托海-柯鲁木特一带锂铍铌找矿靶区筛选与综合评价研究”专题科研报告基础上撰写而成。这是“八五”国家重点科技攻关“三〇五”项目属下专题(代号85-902-01-04)的研究成果。本专题由成都理工学院承担,新疆自治区有色金属工业公司协作共同完成。专题组成员有:成都理工学院栾世伟教授(专题负责人)、毛玉元教授、范良明教授(专题负责人)、巫晓兵讲师和林金辉工程师,以及新疆有色金属工业公司的张相宸高级工程师和贾富义高级工程师。此外,参加专题研究工作的还有:王益民副教授、刘援朝副教授、黄继钧副教授、万永文讲师、叶祥华副教授、邱元德副教授、葛君伟副教授、李家福副教授、李才明副教授和杨明高工程师等。因此,拙作是集体劳作的结晶。

《可可托海地区稀有金属成矿与找矿》的撰著,采取集体讨论、分头撰写的方式实施,其具体分工如下:前言(栾世伟),绪论(栾世伟、林金辉),第一章(毛玉元、巫晓兵),第二章(范良明),第三章(巫晓兵),第四章(范良明、毛玉元),第五章(毛玉元)及结语(栾世伟)。由栾世伟、毛玉元、范良明统纂,最后由栾世伟定稿。

半个多世纪以来,国内外不少人士都对可可托海地区的稀有金属矿床倾注过巨大热情,投入过重大力量,作出过相当深入的探究。业已问世的论著洋洋大观,似乎方方面面的地质地球化学问题,都有人作过颇具功力的涉猎。在我们专题的研究和书稿的撰著过程中,充分学习并借鉴了前人的工作成果。因而,本书也凝聚着前人辛勤劳动的心血。

作为书稿雏形的专题研究报告,先后经成都理工学院主持并由刘宝珪院士、金景福教授、曾允孚教授、茅燕石教授、史保连教授等专家进行了初审。新疆维吾尔自治区人民政

府国家“三〇五”项办受国家科委委托,于1995年8月15日~18日在北京邀请同行专家翟裕生教授、周长龄教授级高工、芮宗瑶研究员、姜春发研究员、吴尚全教授级高工、袁忠信研究员、王书凤研究员、汪东波教授级高工、王京彬教授级高工组成鉴定委员会;由宋宝春教授级高工、汪东波教授级高工、黄鼎成研究员、徐新高工、欧阳宗圻教授级高工、邹光华教授级高工、蔡柏林教授、翟裕生教授、赵青副主任、谢德顺高工、沈贵山高工组成的验收小组。鉴定验收的主要结论是:“该专题在系统研究总结可可托海地区稀有金属成矿特征的基础上,运用地质、物探、化探综合方法,取得了显著找矿效果,发现一处伟晶岩型锂铍钽矿床,发现了新的稀有金属矿化类型(蚀变岩型),提交了两处普查评价基地,开拓了可可托海地区新的找矿前景。专题组新编了区域稀有金属成矿规律图,深入探索了多种伟晶岩的成岩成矿机制,建立了该区稀有金属成矿系列和综合成岩成矿模式,提高了对伟晶岩区稀有金属成矿理论研究水平,对本区及我国类似地区的稀有金属找矿有重要指导意义。所提交的报告是一份优秀研究成果,总体达到国际先进水平”。我们由衷感谢初审和鉴定验收专家对专题研究的热情鼓励和提出的宝贵意见。

需要特别提及的是,拙作得以写就、出版的前提是作者完成的“可可托海-柯鲁木特一带锂铍钽找矿靶区筛选与综合评价研究”专题。该专题自始至终得到了新疆维吾尔自治区国家“三〇五”项目办公室、自治区有色金属工业公司、可可托海矿务局、成都理工学院等诸多单位的领导和有关部门同仁的大力支持与关怀。谨此,一并表示最诚挚的谢意和敬意。

还要特别提出的是,成都地质矿产研究所所长、成都理工学院名誉院长刘宝珺院士在百忙中为拙著撰写了热情洋溢的序言,使本书增色不少。对此,表示衷心谢忱。

笔者依稀窥见,任何科学研究都是一种探索,一种追求,旨在追求真理,探索奥秘。成矿作用是一类不能再现的自然过程,对于它的研究无疑更具探索性。而且,这类探索本身难免局限性和阶段性。自不待言,由于知识的积累,认识的局限,本书之述,也在此之列。这是作者应有的自知之明。好在撰就本书的意图既非为探索而探索,也非以自圆其说为目的。其真实意图是借重可可托海地区稀有金属矿产资源优势,发展我国的成矿规律学研究,尤其是稀有金属成矿规律学。我国是稀有金属矿产资源大国,应该有自己的稀有金属成矿理论。

书稿的付梓,就是响应时代的呼唤,企图在这方面作出的一次尝试,以期引起共鸣和共识、指正与批评。

1996年元月 作者谨识于成都理工学院

Abstract

This book is an achievement of monographic study in the tackling key problems of China "305" project in the 1990—1995.

The book consists of seven chapters. They are "introduction", "background of geological and geochemical mineralization", "rare metallic deposit", "process of rock — forming and mineralization of rare metallic pegmatite", "Prospection of rare metallic deposit", "the pattern of mineralization of rare metal" and "the end".

The research's history and industrial development of rare metallic deposit in the Altai—Koktogay area, the resourceful circumstantial analysis of rare metal in the Koktogay, the consulting research of reserve base of Koktogay deposit and the prospecting thinking of new types of rare metallic deposit in the Koktogay area, are summarized in the "introduction".

On the basis of our predecessors researches, the geotectonic environment of rare metallic mineralization, petrographic feature between the cap rock and crystalline basement, main characteristic of unit and super — unit of magnetite construction, types of metamorphism and feature of metamorphic belt, regional structural configuration and depressed magmatic belt of "Nuolt" in the late Hercynian period, bulge magmatic belt of "Koktogay" in the late Hercynian, break — depressed volcanics belt of "Kuoliti" in the middle Hercynian and rare elementary geochemical field of Li, Be, Nb, and so on, are discussed in the 1st chapter, "Background of geological and geochemical mineralization".

The producing characteristic, composition of rock and mineral, types of alteration, feature of rare elementary mineralization, and technologic and economic evaluate of rare metallic granitic pegmatite, rare metallic granite, rare metallic alteration and rare metallic placer deposit in the Koktogay area, etc., are described in detail in the 2nd chapter, "rare metallic deposit". The spodumene, pollucite-bearing meta-granite and plagioclase-hornblende of rich Ta, Nb in which are quartzification, riebeckitization and chloritization are two new types of rare metallic deposit that are found for the first time, according to the documental inspecting. They have reached massive or ultra — massive scale in the total of contents of Ta, Nb,

Cs, Rb in preliminary estimation, and have important potential industrial value.

According to the process of rock-forming and mineralization of rare metallic pegmatite which are discussed in the 3rd chapter, the 100,000 granite-pegmatite veins in the Altai-Koktogay area are divided into three kinds of "low melt-high temperature gaseous thermo-aqueous (Disequilibrium Fractional Crystallization)", "melt mass (aqueous) equilibrium — disequilibrium crystal fractionation" and "Granitic magma equilibrium crystal fractionation". The process of rock-forming and mineralization of rare metallic pegmatite which include "crystal fractionation in the liquid state" of granite magma, "Equilibrium — Disequilibrium crystal Fractionation" and "Alteration of country rock" of pegmatite in the Altai-Koktogay area are discussed on the basis of the new researches of home and foreign since 1970, especially 1980—1990, in the experimental of geochemistry, igneous, mineral inclusions, and the producing feature. And then, the models of rock-forming and mineralization of rare metallic pegmatite are described.

It is important for the prospecting of rare metallic deposit in the Koktogay area to the "researches of screening of prospective target in the rare metallic deposit and synthetical estimate in the Koktogay — Kuoluomot area" of national "305" project in the 1990—1995. It includes not only testing of geophysical and geochemical prospective methods, screening of prospective target, encircling of prospective anomaly, find of new types of rare metallic deposit of altered plagioclase — hornblende of rich Ta, Nb and spodumene, pollucite — bearing meta-granite, but also demonstration of two general — survey and estimation bases in the Atuobai and Biyesamence. The monographic studying group had studied it very much, and it has been discussed in detail in the "Report of Monographic Researches". This book has only a generalization on screening of prospective target, prospecting of synthetical methods in geology, geophysics and geochemistry, find and estimation of synthetical prospective anomaly, examination and estimation of No. 5 anomaly and demonstration of two bases of general — survey and estimation.

"Rare Metallic Metallogenic pattern in the Koktogay area" in the 5th chapters is a high generalization and distillation of preceeding several chapters of this book. It describes regional geological and geochemical mineralization, control process of rare metallic mineralization in the stratum, metamorphic process, magmat-

ic evolution and structure process, and so on. The synthetical models of rock — forming and mineralization and rare metallic metallogenic series are discussed. On these bases of mentioned above, the rare metallic metallogenic pattern which includes the pattern in time, such as period of rock — forming, earlier than the mineralization, over a long period of time and the paragenetic of mineralization, and the pattern in spatial, such as orientation, trend of beltting asynchronous, equally spaced and positioning of mineralization, are summarized. The rare metallic metallogenic sub-belt of Nuolt and Koktogay are divided.

The main researches' achievement and suggestion in the future on the studying in the rare metallic mineral resources in the Koktogay area are discussed in the end of this book.

目 录

绪 论

一、稀有金属矿业开发与研究历史	(1)
二、资源形势分析	(5)
三、找矿思路	(7)
四、战略咨询研究	(11)

第一章 成矿地质地球化学背景

第一节 大地构造环境	(14)
第二节 结晶基底与盖层	(15)
一、结晶基底	(15)
二、盖层的沉积火山建造	(17)
第三节 岩浆岩建造	(20)
一、岩浆岩建造单元和超单元的划分	(21)
二、单元及超单元的主要特征	(21)
第四节 变质岩建造	(38)
一、区域变质岩概述	(38)
二、变质地质单元划分及其基本特征	(41)
第五节 区域构造及其演化	(45)
一、区域深部构造背景	(45)
二、主要构造形迹	(46)
三、构造单元及其基本特征	(52)
四、研究区地壳演化	(54)
第六节 锂、铍、铌地球化学矿化能量场	(57)
一、地层锂、铍、铌地球化学特征	(57)
二、岩浆岩锂、铍、铌地球化学特征	(58)
三、锂、铍、铌区域成矿的空间展布和结构	(60)

第二章 稀有金属成矿类型

第一节 稀有金属成矿概述	(63)
第二节 稀有金属花岗伟晶岩	(66)
一、花岗伟晶岩类型划分	(66)
二、伟晶岩的产出特征	(79)
三、伟晶岩的矿物成分	(101)
四、伟晶岩的组构特征	(130)
五、伟晶岩地球化学	(138)
第三节 稀有金属花岗岩	(143)

一、产出地质特征	(143)
二、花岗岩中的锂辉石、铯榴石	(146)
三、稀有金属矿化	(146)
四、初步评价	(147)
第四节 稀有金属蚀变岩	(148)
一、富钽铌蚀变斜长角闪岩型矿化体	(148)
二、富锂蚀变围岩带	(167)
第五节 稀有金属砂矿	(171)
一、残坡积型绿柱石砂矿	(171)
二、残坡积-冲积型铌钽铁矿砂矿	(173)
第三章 稀有金属伟晶岩成岩成矿机理研究	
第一节 国内外研究现状概述	(174)
一、伟晶岩的成因和形成机理研究动态	(174)
二、阿尔泰伟晶岩成因研究	(175)
三、本专著对阿尔泰伟晶岩的成因观点	(175)
第二节 不同成因伟晶岩成岩成矿特征	(176)
一、高温气液型伟晶岩	(176)
二、熔体-溶液型伟晶岩	(177)
三、残余岩浆型伟晶岩	(178)
第三节 阿尔泰伟晶岩成岩成矿机理研究	(178)
一、花岗质岩浆“液态分离”作用	(179)
二、伟晶岩的平衡和非平衡结晶分异作用	(180)
三、伟晶岩的围岩蚀变作用	(192)
四、阿尔泰伟晶岩成岩成矿模式	(194)
第四章 稀有金属矿床(化)找矿	
第一节 成矿区带与找矿靶区	(197)
一、找矿技术路线	(197)
二、成矿区带划分	(197)
三、找矿靶区筛选	(199)
第二节 地物化综合方法找矿	(200)
一、物化探方法优选试验	(200)
二、物化探方法的优化组合	(209)
三、综合找矿异常圈定	(210)
第三节 综合找矿异常评价	(210)
一、4号找矿异常($\rho_4\#$)评价	(210)
二、5号找矿异常($\rho_5\#$)评价	(214)
三、6号找矿异常($\rho_6\#$)评价	(221)
第四节 5号异常的验证及评价	(221)

一、验证依据	(221)
二、验证方法	(222)
三、验证钻孔施工	(222)
四、隐伏钽-铌矿化蚀变岩体的发现与评价	(225)
第五节 普查评价基地论证	(226)
一、找矿成果概述	(226)
二、别也萨麻斯普查评价基地	(227)
三、阿托拜普查评价基地	(237)
第五章 稀有金属成矿规律	
第一节 稀有金属成矿的主要控矿因素	(239)
一、地球物理和地球化学场与成矿	(239)
二、地层对成矿的控制	(241)
三、变质作用对成矿的控制	(241)
四、岩浆演化对成矿的控制	(243)
五、构造对成矿的控制	(247)
第二节 成矿系列与成岩成矿综合模式	(253)
一、成矿系列	(253)
二、成岩成矿综合模式	(255)
第三节 稀有金属成矿规律	(256)
一、成矿的时间规律	(256)
二、成矿的空间规律	(257)
三、成矿物质共生规律	(258)
结 论	
一、主要研究成果	(259)
二、问题与建议	(269)
主要参考文献	(264)
图版说明	(269)

CONTENTS

Introduction

1. Researches' History and exploitation of rare metallic mining industry (1)
2. Analyse of Resourceful Circumstance (5)
3. Prospecting Thinking (7)
4. Strategic consulting researches (11)

1 Chapter Background of Geological and Geochemical mineralization

- § 1 Geotectonic Environment (14)
- § 2 Crystalline Basement and cap Rock (15)
 - 2.1 Crystalline Basement (15)
 - 2.2 Sedimental-volcanic construct of cap rock (17)
- § 3 Magmatic construction (20)
 - 3.1 Division of Unit and Super-Unit of Magmatic Construction (21)
 - 3.2 Main characteristic of Unit and Super-Unit (21)
- § 4 Metamorphic construction (38)
 - 4.1 Outline of Regional Metamorphic (38)
 - 4.2 Division of Metamorphic-Geological unit and Its Principal Feature (41)
- § 5 Regional Tectonics and Its Evolution (45)
 - 5.1 Regional Deep-Seated Tectonic Background (45)
 - 5.2 Main Tectonic Style (46)
 - 5.3 Tectonic Unit and Its Basic Feature (52)
 - 5.4 Crustal Evolution of Researchful Area (54)
- § 6 Geochemical Mineralized Energetic Field of Lithium, Beryllium, and Niobium (57)
 - 6.1 Geochemical Mineralized Energetic Feature of Li, Be, and Nb in Stratum (57)
 - 6.2 Geochemical Mineralized Energetic Feature of Li, Be, and Nb in Igneous Rocks (58)
 - 6.3 Spatial Trend and Spatial Structure of Regional Mineralization of Li, Be, and Nb (60)

2 Chapter Types of Rare-Metal Mineralization

- § 1 Outline of Rare-Metal Mineralization (63)
- § 2 Rare-Metal Granitic Pegmatite (66)
 - 2.1 Differentiating types of Granitic Pegmatite (66)
 - 2.2 Characteristic of Pegmatite Emergence (79)

2.3	Mineral Composition of Pegmatite	(101)
2.4	Fabric Feature of Pegmatite	(130)
2.5	Geochemistry of Pegmatite	(138)
§ 3	Rare-Metal Granite	(143)
3.1	Geologic Emergence Feature	(143)
3.2	Spodumene and Pollucite in the Granite	(146)
3.3	Rare-Metal Mineralization	(146)
3.4	Preliminary Estimate	(147)
§ 4	Rare-Metal altered Rock	(148)
4.1	Altered Plagioclase-Hornblende's Mineralized body of Rich Niobium and Tantalum	(148)
4.2	Altered Belt of Country Rock of Rich Lithium	(167)
§ 5	Rare-Metal Placer Deposits	(171)
5.1	Beryl Places Deposit of Relict and Slope wash	(171)
5.2	Columbite-Tantalite Placer Deposit of Relict Slope and Alluviation	(173)
3	Chapter Process of Rock-forming and Mineralization of Rare-Metal Pegmatite	
§ 1	Outline of Studying Current Situation at Home and Abroad	(174)
1.1	Studying Current Situation of Process of Rock-Forming and Mineralization of Pegmatite	(174)
1.2	Geneses of Altai Pegmatite	(175)
1.3	View on Altai Pegmatite in This Book	(175)
§ 2	Main Rock-Forming and Metallogenic Characteristic of three kinds of Pegmatite	(176)
2.1	Pegmatite of Low Melted and High Temperature Gaseous Thermoaqueous	(176)
2.2	Pegmatite of Melt Mass-aqueous	(177)
2.3	Remain Magmatic Pegmatite	(178)
§ 3	Process of Rock-Forming and Mineralization of Altai Pegmatite	(178)
3.1	Fractionation in the Liquid State of Granitic Magma	(179)
3.2	Equilibrium-Disequilibrium Crystal Fractionation of Pegmatite	(180)
3.3	Country Rock's Alteration of Pegmatite	(192)
3.4	Metallogenic and Rock-Forming Model of Altai Pegmatite	(194)
4	Chapter Prospection of Rare-Metal Deposit	
§ 1	Metallogenic Belt and Prospective Target	(197)
1.1	Prospective Technical line	(197)
1.2	Differentiating of Metallogenic Belt	(197)
1.3	Screening of Prospective Target	(199)
§ 2	Prospection of Synthetical Methods in Geology, Geophysics, and Geochemistry	(200)

2.1	Optimum Seeking and Testing of Geophysical and Geochemical Methods	(200)
2.2	Optimization of Geophysical and Geochemical Methods	(209)
2.3	Encircling of Synthetical Prospective Anomaly	(210)
§ 3	Estimation of Synthetical Prospective Anomaly	(210)
3.1	Estimation of No. 4 Prospective Anomaly	(210)
3.2	Estimation of No. 5 Prospective Anomaly	(214)
3.3	Estimation of No. 6 Prospective Anomaly	(221)
§ 4	Examination and Estimation of No. 5 Prospective Anomaly	(221)
4.1	Examinatorial Evidence	(221)
4.2	Examinatorial Methods	(222)
4.3	Design and Construction of Test Hole	(222)
4.4	Find and Estimation of Concealed altered Rock of Rich Ta, Nb	(225)
§ 5	Demonstration of Bases of General-Survey and Estimation	(226)
5.1	Outline of Prospective Achievements	(226)
5.2	Bases of Biyesamance General-Survey and Estimation	(227)
5.3	Bases of Atuobai General-Survey and Estimation	(237)
5.	Chapter Rare-Metal Metallogenic Pattern in the Koktogay Area	
§ 1	Major Control Factor of Rare-Metal Mineralization	(239)
1.1	Prospection and Geophysical and Geochemical Field	(239)
1.2	Mineralization in control of Stratum	(241)
1.3	Mineralization in control of Metamorphic Process	(241)
1.4	Mineralization in control of Magmatic Evolution	(243)
1.5	Mineralization in control of Structure	(247)
§ 2	Rock—Forming and Metallogenic Synthetical Model and Metallogenic Series	(253)
2.1	Metallogenic Series	(253)
2.2	Rock—Forming and Metallogenic Synthetical Model	(255)
§ 3	Rare-Metal Metallogenic Pattern	(256)
3.1	Metallogenic Pattern on the time	(256)
3.2	Metallogenic Pattern in Spatial	(257)
3.3	Paragenetic Pattern of Metallogenic Matter	(258)
	The End	
1.	Main Studying Achievements	(259)
2.	Problems and Suggestion	(262)
	References cited	(264)
	Plates and Illustrations	(269)

绪 论

锂、铍、铌、钽、铯等稀有金属是当今高科技时代的重要金属材料和各种具有特殊性能合金钢的添加剂,广泛应用于国防工业、冶金工业、石油化学工业和宇航工业。我国新疆阿尔泰地区以盛产稀有金属矿而闻名中外,被誉为“稀有金属矿之乡”,也是我国重要的稀有金属矿产基地之一。区内探明储量居全国前 10 位的稀有金属矿种有^[54]:铍(1,即第 1 位,下同),铯(5)、锂(6)、钽(9)、铌(10),其中锂辉石精矿的稳产保证了我国规模最大、技术设备领先的乌鲁木齐锂冶厂的生产。

60 年的开发和研究查明,阿尔泰地区分布有近 10 万条花岗伟晶岩脉。其中,额尔齐斯河中上游的可可托海地区,开发研究历史悠久,伟晶岩脉密集程度高,稀有金属矿化好。区内 3 号伟晶岩脉为一已探明的锂、铍、铌、钽、铯、钼、铅等综合稀有金属特大型矿床,并以其独特的产出形态,特有的内部分带、丰富的矿物品种和综合的稀有金属矿化等特征而蜚声中外。额尔齐斯河第一镇——可可托海(蒙语:“茂密的丛林”)也由此而享誉中外。

但由于矿产市场急需的锂辉石资源即将告竭,后备基地又因投入不够尚不落实,可可托海矿山面临关闭前景。基于此,“八五”期间国家重点科技攻关“三〇五”项目中安排了以寻找锂铍铌稀有金属矿,解决可可托海老矿山后备基地为目的的研究专题。4 年(1992~1995)的研究成果表明,可可托海-别也萨麻斯地区找矿前景很大,新发现的含锂辉石、铯榴石二云母花岗岩和富钽铌(钽大于铌)蚀变辉长岩等稀有金属矿化新类型具有重大潜在工业价值。如有相应投入继续开展研究工作,可以预料,可可托海-别也萨麻斯将成为我国重要的新的稀有金属矿产基地。

一、稀有金属矿业开发与研究历史

阿尔泰地区花岗伟晶岩型矿床的开发与研究,始于可可托海 3 号稀有金属伟晶岩矿脉。据矿志^{*}记载,以 B. Л. 涅霍洛舍夫为首的前苏联地质调查团,1935 年编绘出版的新疆阿尔泰地区历史上第一张 1/50 万地质图及《蒙古“阿尔泰地质概况”说明书,其中首次报导了包括可可托海在内的 8 处绿柱石产地。该矿志还称,据口述当地一牧民阿牙阔孜拜于 1930 年就发现了可可托海 3 号伟晶岩矿脉。

阿尔泰-可可托海一带区域地质、地理的调查研究工作可追溯到 1792 年,但有据可查的调研工作从 19 世纪末开始。俄罗斯的 B. A. 奥布鲁切夫始于 1892 年,曾三次到新疆考察,足迹阿尔泰南缘。20 世纪以来,中国学术界曾于 1927、1931、1943 年,多次组织新疆考察团^{***},对阿尔泰-可可托海一带地层、构造、古生物等方面的研究做出了贡献。1943 年李承三教授在柯鲁木特采到志留纪笔石化石,次年在《地理》4 卷 1~2 期上发表了“新疆阿

* 可可托海矿务局稀有金属矿志,1993 年(内部)

** 前苏联将其境外的阿尔泰山常称为“蒙古阿尔泰”(以下同)

*** 周汝洪,解放前新疆地质工作述略,《新疆地质情报》,1988 年, No. 3