

钛矿床的形成与分布规律

〔苏联〕И.И. 馬雷舍夫 著

中国工业出版社

铁矿床的形成与分布规律

王德顺、李松、魏厚明、等

地质出版社

56.57
445

钛矿床的形成与分布规律

〔苏联〕И.И. 馬雷舍夫 著

秦国兴等译

366.6.1.1

中国工业出版社

本书根据苏联及其他国家的鈦矿床和鈦矿点的現有資料探討鈦矿床的形成与分布規律。作者在书中提出一个工业鈦矿床的成因分类表，指出各类型矿床的經濟意义及初步评价方法。

本书可供野外地质工作者、科学研究人員及地质院校师生参考之用。

И. И. Малышев
ЗАКОНОМЕРНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ
И РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ТИТАНОВЫХ РУД

Госгеолтехиздат Москва 1957

* * *

鈦矿床的形成与分布規律

秦 国 兴 等 譯

*

地质部地质书刊編輯部編輯(北京西四羊市大街地质部院内)

中国工业出版社出版(北京修睦閣路西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 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $8^{1/16}$ ·插頁1·字数197,000

1965年6月北京第一版·1965年6月北京第一次印刷

印数0001—1510·定价(科五) 1.20元

*

統一书号, 15165·3871(地质-324)

目 录

緒 言	1
-----------	---

第 一 篇

第一章 鈦的特性及其工业意义	3
总述	3
鈦工业发展史概述	3
鈦的特性及其用途	5
关于提取金属鈦之工艺的概述	7
第二章 鈦的主要地球化学特点	8
鈦在各种杂岩中的分布	9
鈦在岩浆岩中的分布	12
鈦在外生产物中的分布	15
鈦在变质杂岩中的分布	21
鈦矿物及其形成条件	22
造岩矿物中鈦的含量	40
小 結	44
第三章 工业鈦矿床成因分类及各类型的經濟意义	47
决定鈦矿床价值的主要因素	47
工业鈦矿床的成因分类	49
关于具有工业价值的鈦矿床中鈦的最小儲量和最低品位	50

第 二 篇

第四章 輝长岩类岩浆最主要分異产物 (岩石) 的成因 和形成順序	60
关于岩浆中矿物析出順序的罗森布什法則	62
对輝长岩类岩浆中各种岩石形成順序的一些看法	65

07968

IV

Ф.Ю.列文生-列星格对岩浆分异問題的一些看法	67
以迭涅日金卡緬岩体为例說明岩浆分异問題	68
鮑溫对岩浆分异問題的一些看法	77
E.A.庫茲涅佐夫对岩浆分异問題的一些看法	85
A.H.查瓦里茨基对岩浆分异問題的一些看法	87
斜长岩的成因假說	93
关于輝长岩类岩石是沉积杂岩之变质产物的观点	101
作者的結論	102
第五章 岩浆鈦矿床形成的規律	103
岩浆鈦矿床成因观点概論	103
岩浆矿床形成的基本規律	107
在空間和成因上与輝长岩类岩浆侵入杂岩有关的鈦矿床	109
輝长岩內的鈦矿床(110)。輝长岩类(輝长輝綠岩)小侵入体中富含鈦 的鈦磁鉄矿矿床(124)。超基性岩中的鈦磁鉄矿(主要是貧鈦的) 和鉄鉄矿-鈦磁鉄矿矿床(127)。斜长岩中的矿床(141)。	
在空間和成因上与碱性杂岩有关的鈦矿床	148
第六章 外生鈦矿床形成的規律	150
风化壳矿床和河流冲积砂矿	152
現代滨海砂矿	154
澳大利亚的滨海砂矿(155)。印度的滨海砂矿(159)。錫兰島的滨海砂 矿(161)。巴西的滨海砂矿(163)。美国佛罗里达州的滨海砂矿(167)。	
古代滨海砂矿	168
烏克蘭苏維埃社会主义共和国德涅伯河中游的鈦矿区(169)。外烏拉 尔鈦矿区(172)。	
粘土和鋁土矿的含鈦量	178
第七章 变质鈦矿床的形成規律	179
变质矿床	179
受变质矿床	182

第 三 篇

第八章 鈦矿床分布的主要規律	186
岩浆矿床	187
外生矿床	190
变质矿床	191
第九章 苏联某些鈦矿区的主要特点	191
波罗的結晶地盾东南部的鈦矿区 (科拉半島和卡累利阿)	191
乌克兰結晶地盾的鈦矿区	195
烏拉尔鈦矿区	197
苏联东部的鈦矿区	206
第十章 外国某些鈦矿区的主要特点	210
北美的鈦矿区	210
加拿大結晶地盾周围的鈦矿区	211
圣劳伦斯河地区 (211)。阿德朗达克山地区 (213)。安大略湖 和 尼	
皮辛湖地区 (214)。苏必利尔湖地区 (214)。	
大西洋邊緣科罗拉多高原和落基山脉中央稳定地区邊緣部分	
(造山帶) 的鈦矿区	214
阿巴拉契亚山和維契塔山地区 (215)。科罗拉多高原地区 (216)。	
落基山脉地区 (217)。	
大西洋和墨西哥湾滨海平原的鈦矿区	217
太平洋造山帶的鈦矿区	218
南部地区 (218)。 西部地区 (218)。	
南美的鈦矿区	219
非洲的鈦矿区	220
南部鈦矿区	220
东南地区 (220)。 西南地区 (220)。	
西部—西北部鈦矿区	222
东北鈦矿区	223
馬达加斯加島的鈦矿区	223

VI

亚洲和澳大利亚的钛矿区	223
印度半岛的钛矿区	224
锡兰岛的钛矿床	224
澳大利亚的钛矿区	225
欧洲大陆的钛矿区 (不包括苏联)	225
斯堪的纳维亚-波罗的钛矿区	225
东南地区 (226)。 西南地区 (228)。 西北地区 (228)。	
中部地区 (229)。	
比利牛斯半岛的钛矿区	229
結論	230
参考文献	235

緒 言

鈦具有特別寶貴的工藝特性，并在最重要的工業部門中有着極大的利用遠景。

隨着金屬鈦生產程序的改進，鈦的價格將降低，而需要量卻將逐年增長。

在地質工作者面前擺着一項極重要的任務，即大大地擴大鈦的原料基地，以便不僅保證鈦工業（這是蘇聯國民經濟的一個極重要部門）的目前需要，而且也保證其今后的迅速發展。

為了最迅速地擴大鈦的原料基地，在選擇最合理的普查和勘探工作的方向時，必須確定：地殼內鈦礦床形成作用發育的程度如何，它們是怎樣形成的，在什麼條件下形成的；自然界中有哪些鈦礦床成因類型，其中哪些類型在工業上是最重要的；各種不同成因類型的鈦礦床產於地殼的哪些地質構造帶和雜岩中；此外，應當查明鈦礦床的找礦準則和找礦標志，也就是查明鈦礦床的形成和分布規律。

上述問題的解決使我們有可能科學地選擇普查鈦礦的最有遠景地區，科學地評價已知的和新發現的鈦礦床和鈦礦區的工業遠景，並且也能促使對其進行最迅速的勘探。

在國外文獻中，闡述個別鈦礦床某些地質問題的著作很多，但所引証的資料大多是不完整的、殘缺的，並且往往相互矛盾。在蘇聯文獻中一般也很少登載鈦礦地質方面的著作。

由於金屬鈦、各種鈦合金和二氧鈦的生產發展很快，因此最近十年，尤其是最近幾年來大大提高了研究鈦礦床的興趣。在蘇聯也只是在最近幾年鈦礦床的普查和勘探工作才獲得了應有的規模。其他許多國家近年來也在進行大規模的鈦礦普查和勘探工作。

鈦矿床詳細和全面的研究工作（除了已进行过詳細研究的个别矿床以外）实际上刚刚开始。大多数矿床仅有初步的零星資料。許多新发现的矿床尚处在勘探阶段。所有这些情况都大大增加了查明鈦矿床形成和分布規律的困难。

作者受苏联地质保矿部的委托，許多年来一直积极参加苏联国土上已知的和新发现的鈦矿床及矿点的远景評價工作，以及选择进行鈦矿普查和勘探的远景地区的工作，并在工作过程中得以熟悉几乎所有有关鈦矿床及矿点的档案資料和文献并亲自观察許多鈦矿床，而对其中有一些作了較詳細的研究。

一方面，由于鈦的問題很重要，必須在短时期內大大扩大鈦的原料基地，另一方面，由于分析了苏联境內鈦矿床和矿点的現有資料，由于有了研究許多矿床的亲身經驗和閱讀了外国有关鈦的文献，这种种情况推动了作者进行查明各成因类型鈦矿床的形成及其空間分布規律的初步尝试。

作者尽力提出（那怕是概略地）选择进行普查工作的远景地区以及評價鈦矿床和矿点远景的科学根据。

作者明白，这仅仅是查明鈦矿生成和分布規律工作的开始，但考虑到关于这問題几乎根本没有本国和外国文献，同时又注意到从事鈦矿床普查和勘探的許多地质工作者又都初次碰到这种原料，因此决定出版本书，希望它在一定程度上有助于鈦矿床的普查和勘探事业。

作者利用了苏联地质保矿部各地质局，以及其他部和部門的許多机构关于鈦矿床及矿点研究的总结报告。因而，本书綜合了許多苏联地质工作者的劳动成果。

作者謹向在审阅手稿时提出許多宝贵指示的 Я. Д. 戈特曼、А. Н. 热尔捷娃、З. И. 伊康尼科娃、И. А. 柯罗維亚科夫、Г. С. 莫姆茲、А. А. 薩烏科夫、В. И. 斯米尔諾夫、Г. А. 索科洛夫致以深切謝意。

第 一 篇

第一章 鈦的特性及其工业意义

总 述

鈦是 Д.И.門捷列夫周期系中的第Ⅳ族化学元素。原子序数为22，原子量为47.9，原子体积为10.7，有五个同位素： $Ti^{46}=7.85\%$ ， $Ti^{47}=7.75\%$ ， $Ti^{48}=73.49\%$ ， $Ti^{49}=5.51\%$ ， $Ti^{50}=5.34\%$ 。

鈦是白色金属，有两种結晶变体，其轉化点为 880° 。由于变体不同，鈦的比重也由4.35变到4.52。熔点为 $1725\pm 10^{\circ}$ ，沸点为 3000° 。

鈦工业发展史概述

鈦是于1791年由英国学者烏依利揚姆·格列戈尔在明納汉（康沃耳）的黑色尖鈦鉄矿（鈦鉄矿）砂子中发现的，并被其称为鈦鉄砂。与格列戈尔的发现无关，德国化学家克拉普罗特于1797年在金紅石中也发现了鈦，并称它为鈦（在希腊神話中鈦是天地的儿子），这个新元素的名称也就保留了下来。

1821年罗茲利用实验室方法首先从金紅石中取得人工二氧化鈦。

在1825年别尔采利烏斯进行了提取金属鈦的試驗，但他所取得的金属夹带大量杂质。

最純的金属鈦是1875年由俄罗斯学者Д.基里洛夫^[48]首先取得的，其方法是預先从金紅石中提取純的二氧化鈦，而后再从二

氧化鈦中提出純的金属鈦。

在国外，純的金属鈦直到 1910 年，即在基里洛夫之后 35 年，才为汉捷尔所取得^[52]。大約就在这个时候，即在 1908 年，于挪威 (Jebsen Farup) 和美国 (Posse, Bartan) 也都分別产生了制取鈦白的念头，因此第一次感到鈦原料基地有着实际的意义。

在第一次世界大战期間，这种意义由于在軍事上应用四氯化鈦作烟幕而更增大了。少量的鈦开始用在鉄合金中。

沙皇俄国在第一次世界大战时也进行过制取二氧化鈦和四氯化鈦的尝试。为此目的曾組織了科学院所属的制鈦专门委员会。在此委员会的领导下进行过很多科学研究工作^[122]。俄罗斯学者曾单独地拟定了二氧化鈦和四氯化鈦的制取方法，但在当时对原料基地却根本未作研究。委员会将自己的工作主要放在儲量微不足道的烏拉尔維希尼亚山和伊耳緬山伟晶岩脉的鈦鉄矿和金紅石上。

甚至在本世紀二十年代鈦鉄矿精矿（制取二氧化鈦、四氯化鈦和鉄合金的主要原料）的世界产量总共才只有 5 千吨左右。因而，到最近为止，鈦矿石的利用量还是极少的。

苏联鈦原料基地及其工艺的研究经过长期間断后，大約在 1927 年才恢复，当时，前实用矿物学研究所（全苏矿物原料研究所）及其烏拉尔分所广泛地組織了科学研究工作，繼續对鈦矿地质、普查和勘探以及鈦在国民經济各部門（化学，冶金等）中的应用等問題进行研究。

在該研究所及其烏拉尔分所和一部分其他机构最初 5—7 年的工作中，制定出各种特种鈦鋼、鈦白等的制取方法，并将其应用到工业中。同一时期內，在烏拉尔发现了巨大的鈦原料基地，其中伴生有鈳。在作者领导下对烏拉尔鈦矿床进行了研究，結果編写出了关于这些矿床的綜合性著作^[71,72]。

在三十年代中只是局部和小規模地研究了乌克兰、卡累利阿和西伯利亚的一系列鈦矿床。此后，苏联鈦原料基地的研究工作，由于探明的儲量很充足和工业上对鈦的需求不大，因而大大

縮小了。同时，以較小的規模繼續勘探鉄鈦鈾綜合矿床（烏拉尔的卡奇坎納尔、維西姆、馬尤罗夫、庫薩、科潘和切尔諾烈奇矿床，西西伯利亚的巴登矿床，卡累利阿的普多日戈尔斯克矿床），作为黑色冶金工业补充的原料基地。

十年前金属鈦还是实验室的稀有物。美国在1946年制造的第一部生产金属鈦的試驗裝置在1947年一天只出产約45公斤金属。从这时开始，金属鈦的生产得到极快的发展，对鈦原料基地的兴趣也大为增加。1948年美国鈦的产量为2.5吨，1951年已达7百吨，1952年——約1千吨左右，1953年——3千吨，1954年——5千吨，1955年——将近1万3千吨〔52,140〕。

美国軍事部門计划在1956年把金属鈦的产量增加到3万5千吨（实际所得要少得多），而經過10年后繼續增加到每年10万吨。

由此可見，鈦在其发现后，在十八世紀末、十九世紀和二十世紀初的整个时期內，只是实验室研究的对象。因此那时对鈦矿石的需要量根本是微不足道的。在这个时期所进行的許多实验室研究都証明鈦具有极宝贵的性质。由于二氧化鈦产量的迅速增长，也由于第二次世界大战后航空和造船工业以及其他許多最重要生产部門对金属鈦的需要量特別大，对鈦原料的兴趣也急剧增加了，并在1947年鈦鉄矿精矿的世界产量（不包括苏联）已有70万吨左右，而金紅石——則有2万3千吨左右。

目前，根据間接資料，資本主义各国鈦鉄矿精矿的产量达1百万吨左右，金紅石精矿——5万2千吨，也就是說，在最近20—30年中鈦鉄矿产量大約增到200倍，并已組織了金紅石精矿的生产。

鈦的特性及其用途

目前，鈦被广泛地应用在許多工业部門中，主要是在航空工业和軍事造船业上。金属鈦的熔点比作为結構材料而应用的任何一种金属之熔点都高。同时，鈦的比重介于鋁与不銹鋼之間，并

比不銹鋼輕一半，在強度上也不次于熱處理鋼。鈦有很高的電阻和熱阻，大約比銅高27倍。鈦及其合金的特點是強度、勻稱性和流動性的極限值很大；比重小（與鋼比較），因而，強度與重量的比值非常適宜；耐蝕性很高，抗蝕性極強。

所有上述這些優良特性說明為什麼世界許多國家對鈦發生特殊的興趣。只是用鈦殼代替飛機的鋼殼即能減輕飛機的重量40%以上，這對飛行的速度、高度和航程都有巨大意義。飛行速度大時，飛機的很多部分就發熱，構造發生變化，並使飛機製造業上常用的合金迅速“衰老”。用鈦合金製造飛機的許多零件可消除這些不良後果而增加飛行速度。

鈦比不銹鋼輕，強度大和抗蝕性極強（在海水中亦一樣），這些性質對製造高速潛水艇有極大的意義。

此外，鈦及其合金和氧化鈦用於其他許多工業部門中：

- （1）與有色金屬（鋁等）組成合金；
- （2）制鋼；加入鈦的鋼在其結構上比較均勻，容易鍛造和拉長，較為堅固，且抗蝕性強；
- （3）製造可鍛鐵；
- （4）在冶金業上作脫氧劑和去氣劑；
- （5）製造快速切削具（不加鈦的切削具不能快速切削金屬）；
- （6）製造磨料（鈦的碳化物和氮化物）；
- （7）製造在物理性質上超越一切已知顏料和油漆的鈦白和鈦漆；
- （8）製造在高溫下經久耐用的鈦釉；
- （9）製作在高溫下能抗裂的耐火玻璃（加入0.5—2%的鈦）；
- （10）在電工技術中製造弧光燈；
- （11）在電氣真空技術上，使白熾燈和倫琴射綫管等獲得高真空；
- （12）製造探照燈以增加發光強度；
- （13）在紡織工業上用來漂白和浸染布料；

(14) 制造特种耐火材料和耐熔陶器（純二氧化鈦在溫度 1840° 时熔化）；

(15) 在制革工业上作鞣料；

(16) 制造人造紅宝石和蓝宝石；

(17) 制造压电晶体；在超声波装置中应用由鈦酸鋇制成的陶器；

(18) 用在电极工业上；

(19) 制造合成橡胶——用作良好的催化剂；

(20) 制造人造絲；

(21) 用在医学上；

(22) 制造薄膜——防金属腐蝕的涂料；

(23) 制造烟幕（四氯化鈦）以及用于其他許多部門中。

从上述可知，为什么最近全世界都对鈦原料发生如此巨大的兴趣。

关于提取金属鈦之工艺的概述^①

在美国，从鈦鉄矿中取得的人造二氧化鈦以及天然二氧化鈦——金紅石(TiO_2)作为生产金属鈦的原料。

在許多国家中，金属鈦和人造二氧化鈦都是由鈦渣制成的，鈦渣又是通过电熔鈦鉄矿精矿和富含鈦的鈦磁鉄矿精矿而取得，之后再將鈦渣制成金属鈦或二氧化鈦。在这种情况下，一般利用二氧化鈦含量尽可能高（不少于60—80%）的鈦渣。

目前，国外二氧化鈦（鈦料）的生产已达到非常巨大的規模，并且将近有50万吨的数目。其中一部分用来生产鈦白和鈦漆，另一部分用来制取金属鈦。

制取金属鈦的中間产物是四氯化鈦，它是在高溫下以氯作用于各种鈦化物而生成。四氯化鈦在常溫下是液体，在高溫下是气体。

^① 本节只列举最基本的資料。

四氯化鈦是从二氧化鈦或金紅石，或者从高鈦鈦鉄矿渣中制取的。

制取金属鈦最常用的方法是鎂热法，用这种方法制取鈦时，将上述原始产物加以氯化，取得四氯化鈦，并用金属鎂将其还原成海绵鈦。海绵鈦再熔化成鈦錠。同时指出，鈦也可用鈣、鈉、氢等还原之。在所有情况下，还原都是在充有中性气体（氩、氦或其他等）的小室中进行的。

目前，制取金属鈦还是一种复杂和昂贵的工作。在美国一公斤鈦乳的价格是从7到11美元^[227]，其生料的价格如下：（1）鈦鉄矿——换算成一公斤金属的含量为3.5分；（2）金紅石——从19.6到31.4分；（3）富鈦渣——换算成一公斤金属的含量为5.69分；（4）二氧化鈦——换算成一公斤金属的含量为77.3分；（5）四氯化鈦——换算成一公斤金属为70分^[8]。

制取金属鈦要消耗大量的电能。

资本主义国家中鈦及其合金的冶炼和技术加工程序以及鈦的工艺特性在外国文献譯文集（《Титан》[“鈦”] 第1、2、3、4）中都有介绍，我們建議希望更詳細地了解这些問題的同志去閱讀这些文献。

当然，改进技术加工将使金属鈦的价格降低，同时鈦在最近将在其他結構金属中占居主要地位。可以毫不夸张地说，鈦是大有希望的。

第二章 鈦的主要地球化学特点

鈦的地球化学研究得还很差。这个非常有意义并在工业上极有价值的元素，其地球化学资料很分散，根据許多文献来看，还未汇集在一起，并且尚未进行綜合。

就我們所知道的地球化学著作来看，对于鈦地球化学的許多問題A.E.費爾斯曼^[130-133]作过极詳細的研究，但其資料不完全，有些地方还是相互矛盾的。例如，A.E.費爾斯曼^[132]將鈦列为超基性岩漿的典型元素，随后A.A.薩烏科夫^[108]也重述这一原理，而实际上鈦是輝長岩岩漿的典型代表。

某些研究者，其中也包括A.E.費爾斯曼，常夸大天然作用中鈦絡离子和三价鈦的作用。

至今在許多著作^[108、132]中有这种說法，鈦是初期結晶的典型元素，而大量的实际資料有力地說明，鈦主要是在侵入体形成的晚期岩漿阶段聚集的，正是在此时生成了鈦矿物，并在有利条件下富集成工业矿床。

除了A.E.費爾斯曼的著作外，在B.И.維爾納茨基^[13、14]、A.П.維諾格拉多夫^[18、19]、Г.別爾格^[5]、B.M.戈爾德施米特^[27]、П.Г.潘捷列耶夫^[86]、A.A.薩烏科夫^[108]、B.B.謝爾賓納^[138]、K.伦卡姆和T.薩哈姆^[210]、拉姆多尔^[209]、格維什^[23、24]的著作中也有关于鈦地球化学的寶貴資料。

在作者^[71、72]和其他一些研究者的著作中也有某些有关鈦地球化学的資料。所有这些資料都是残缺不全的，并且不能提供关于整个地壳及其各层中鈦的地球化学的完整概念。

作者不准备在本书中闡述鈦地球化学的所有問題。为此，必須进行專門的野外研究和實驗室实验工作。

作者沒有可能專門研究鈦的地球化学問題，因此只簡單地說明該元素地球化学和矿物学的主要特点，了解这些特点对从事鈦矿床普查和勘探的地质工作者來說是很有益处的。

鈦在各种杂岩中的分布

鈦尽管在地壳內分布极广，但至今仍被列为稀有元素。按化学元素的重量分布，鈦居第十位，即在氧、硅、鋁、鉄、鈣、鈉、鉀、鎂、氢之后，而在金属中——則居第四位，根据地球化学家的資料（見A.A.薩烏科夫地球化学一书中的克拉克表），其重量