

90
THE ELEMENTS
OF
84 68
POWER

决战元素周期表

稀有金属如何支撑科技进步，
变革人类生活，左右世界格局？

在科技为王的今天，
了解稀有金属不是重要，
而是必要！

白宫智囊探访全球数十个稀有金属重镇
拜会数百位行业精英，结合宏观趋势观察
抽丝剥茧解读稀有金属产业幕后的力量角逐

DAVID S. ABRAHAM

「美」大卫·S·亚伯拉罕

著

柳林——译

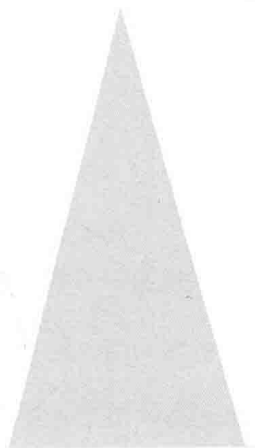
THE ELEMENTS OF POWER

决战元素周期表

DAVID S. ABRAHAM

〔美〕大卫·S. 亚伯拉罕——著

柳林——译



图书在版编目 (CIP) 数据

决战元素周期表 / (美) 大卫·S. 亚伯拉罕著; 柳林译. — 成都: 四川人民出版社, 2018.9
ISBN 978-7-220-10818-1

四川省版权局
著作权合同登记号
图字: 21-2018-434

I. ①决… II. ①大… ②柳… III. ①稀有金属—产业链—世界—通俗读物 IV. ① F416.3-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 163950 号

THE ELEMENTS OF POWER

Copyright © 2015 by David S. Abraham

Originally published by Yale University Press

本书中文简体版权归属于银杏树下 (北京) 图书有限责任公司

JUEZHAN YUANSU ZHOUQIBIAO

决战元素周期表

著 者	[美] 大卫·S. 亚伯拉罕著
译 者	柳 林
选题策划	后浪出版公司
出版统筹	吴兴元
特约编辑	李 峥
责任编辑	刘 静
装帧制造	墨白空间·张静涵
营销推广	ONEBOOK

出版发行	四川人民出版社 (成都槐树街 2 号)
网 址	http://www.scpph.com
E - mail	scrmcbs@sina.com
印 刷	北京天宇万达印刷有限公司
成品尺寸	143mm × 210mm
印 张	7.5
字 数	150 千
版 次	2018 年 10 月第 1 版
印 次	2018 年 10 月第 1 次
书 号	978-7-220-10818-1
定 价	39.80 元

后浪出版咨询 (北京) 有限责任公司 常年法律顾问: 北京大成律师事务所 周天晖 copyright@hinabook.com
未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书部分或全部内容
版权所有, 侵权必究
本书若有质量问题, 请与本公司图书销售中心联系调换。电话: 010-64010019

前 言

我们悄然迈进了一个新的时代——稀有金属时代。日常所用之物，从智能手机到轿车，都需要大批量难以获取的金属，冶炼组合也越来越复杂。本书告诉你那些支撑社会运转的金属源自何处，它们是如何为我们所用，以及如何影响环境的。希望本书的读者能够了解我们对这些金属的依赖，并能认识到我们的技术进步和经济、气候安全都是以这些金属为代价的。如何付出这些代价，将以前所未知的方式影响我们的未来。

从开采到制成品再到回收利用，我追踪了这些稀有金属的生命轨迹，希望能帮助读者了解相关的知识。在日本，我与上班族在东京烟雾缭绕的小馆子里交谈；在中国，我与政府官员在蒙古包吃羊肉、饮美酒；在印度尼西亚，我与矿工一起蹚过苏门答腊海岸的泥泞；此外，我还造访过苏联秘密小镇中为核武器炼铀的工厂。到目前为止，我的足迹已遍布整个星球，连最艰险蛮荒的地方都去过。不过，我正式的调查却是始于一个文明得多的地方——日本经济产业省，时间是在 2010 年。

当时，我是来自美国外交关系协会的外籍研究员，在经济产

业省 11 楼的格子间工作。作为旁观者的我立场中立，因此得以近距离旁观一场亚洲最大的资源战争。在东海领土争端期间，中国削减了稀有金属中的一类——稀土矿的对日出口。我目睹了日本在面对中国的要求时的迅速妥协，见识了地缘政治的新王牌。资源争夺战，自有人从石头中发现金属的那一刻就已打响。这场战争规模不断扩大，已蔓延至整个元素周期表。

我对稀有金属的兴趣，最初就是源自地缘政治。我花费多年，先后为一家能源贸易公司、一家华尔街企业和美国白宫管理与预算办公室研究自然资源与地缘政治的关系。此外，我还管理着一家专注于非洲水资源问题的非营利机构。在观察大宗商品市场时，我发现稀有金属的小世界要远为复杂，且迥异于石油、天然气和煤矿等商品。

踏遍数十个国家，访问了数百个矿工、商人、科学家和政策制定者，我很快意识到，地缘政治是阻碍一国满足自身资源需求的唯一因素。我们的稀有金属供应链——它保证了特定等级的特定金属在特定时间以合适的价格运达特定位置——已成为现代高效运作的一个奇迹。但这些供应链并不牢靠，因为不断增长的全球需求会不断对其施加压力，我们高科技、环保的社会无疑建立在一个摇摆不定的根基之上。

许多人曾发文论述国际供应链对经济与社会的影响。有关血汗工厂和血汗商店虐待劳工的文章充斥媒体。商业杂志深度探讨了哪些国家受益于电子零部件的全球化供应链，就连世界上的电

子垃圾在非洲和亚洲被焚化，都已引发了全球范围的讨论。

本书立足于诸多报告，它们审视了那些隐藏于现代生活背后的稀有金属的供应链。这些金属已渗入了我们的生活，让建筑得以高耸入云，让电视得以色彩斑斓。它们对环保技术也同样至关重要，是可持续未来的种子。然而，社会对其仍知之甚少。它们在产品中深藏功与名，我们很难将其与那些更为人熟知的金属如铝和铁区分开来。每个时代都有每个时代的资源：铁用以制造武器；煤炭、石油和天然气带给我们光与电。而现在，稀土元素、铟、钨等以不同方式对我们产生重要影响的元素，我们却并不了解。的确，这些稀有金属或许是我们最应报道但报道数量远远不够的领域之一，尽管，正如我们稍后会看到的，它们所带来的经济和地缘政治砝码正在不断增加。

遁形于晦暗和神秘中的，不仅是这些金属本身，使用这些金属的企业也将其用法藏匿于专利及商业机密的面纱之后。即便是在高科技公司中身居高位的管理人员，也对他们所使用的这些材料知之甚少。

尽管我发现了这个行业令人生厌的一面——非法交易、肆无忌惮的开采和破坏环境，但在其生产过程中，行业中的绝大多数人都是体面的。他们在为自己和自己的家庭能够过上更为舒适的生活奋斗着。与那些我所熟悉的其他行业相比，稀有金属界的隐秘氛围使人与人之间的信任度较低。正因为这些金属的开采和贸易是在一个法律真空的领域中进行的，在这一舞台中，人们就必

须承受俄罗斯格言中所说的“相信，但要检验”。

正因如此，写作本书的一个最大挑战就是缺乏可信的统计数据。可被检验的事实难以获取，最终也常常被验证为虚假，但猜测重复了足够多次，就会被当作真实铭刻。有关市场规模的统计数据，不同的来源差距很大。即便是政府贸易数据也存在不足。比如说，中国的对日稀土矿出口数据与日本的进口数据几乎不能吻合。在此种情况下，数据的缺席与数据本身同样具有说服力。与有识之士交谈，以及花费大量时间访问全球的采矿点，对于填补我的知识空白来说是无价的，但它们也存在着一种天然的风险：我所看到的，只是问题的某个方面。

在探求事实的过程中，我尽最大努力真实反映我所听到的观点，并力图在过滤信息时避免偏颇。尽管如此，数据可能更多地是估计而不是事实。要核实黑市数据以及黑市活动在很大程度上要靠参与者自己，因此数据会存在偏差。我所做出的假设是基于自身判断。我尝试使事情简单化，比如尽可能将用语标准化：使用“吨”作为计量单位。我尽量在文中使用标准的计量方法：以盎司、瓶（核燃料运输单位）、磅和千克作为计量单位。书中所使用的数据是撰写此书时可以获取到的最新数据，不过由于该行业发布数据并不频繁，它们还是比设想的使用得要久。

贯穿全书，我使用“稀有金属”（rare metal）一词表示一系列开采量小的金属，其年开采量通常小于 1000 吨。它们的使用量当然很小。不过它们也分为从地理角度讲稀有的元素（如铈），和

一系列属于“稀土矿”的金属——它们并不是稀有金属的同义词，而是其子集。挑战在于选取合适的词，既能将该类金属的特定用法与其他金属区分开来，又能强调其重要性。

同时，我也会使用“小金属”（minor metal）一词，工业上一般使用该词表示产量有限的金属；我还会使用“重要材料”（critical material）这一新造词来指代稀有金属。金属行业不会给金属乱贴标签，这让我很欣慰。“贵金属”（precious metal）一词是指银，而那些更贵重的金属如锆和铯并不在此列。此外，我还笼统地用“酸”来代指金属加工过程中所使用的复杂化学制剂，包括乳化剂、凝聚剂及其他。

本书的写作完结于2015年年初。有关稀有金属的回收、加工以及化学特性，还有很多可以写的。本书是从经济角度来观察和写作的，因此，对于某些读者而言，科学细节方面的描述或许不够。当然，仅了解一个元素的特性、一类矿石背后的矿物学原理、一种金属的冶炼过程，就需要花上人们的整个职业生涯。

本书能使你了解隐藏在高科技、环保和军事背后的元素构成，以及它们的特性和故事。但我的愿望并不止步于此。本书还介绍了稀有金属（包括稀土元素）在产品中的作用，描述了未来对这些成分的需求会如何影响全球经济和地缘政治。本书的出版恰逢一个决定性的时刻——稀有金属对高科技、环保和军事的重要性正日益增大。尽管它们被广泛使用，但却从未被了解。就像汽车使石油在现代社会中变得十分重要，现今许多不为人知的金属也

同样在使用它们的产品中发挥着革命性的作用。这也就意味着稀有金属市场需要我们更多的审视。

在阅读此书之时，我希望你能想到这些金属的作用与前景，以及它们在你生活中起到了多大的作用。例如，你能像了解智能手机本身那样，了解稀有金属是如何在智能手机中发挥作用的。毫不夸张地说，整个星球的命运，建设可持续的未来——科技能够惠泽亿万未曾受惠的人们——的能力，就取决于我们对稀有金属的理解、生产，以及对争端的避免。

目 录

前 言	1
第 1 章 无处不在的金属	1
第 2 章 地缘政治之争	19
第 3 章 脆弱的合作	37
第 4 章 生产的两难选择	69
第 5 章 全球贸易网络	91
第 6 章 科技推动需求	113
第 7 章 环境守护神	133
第 8 章 最强大的军队	157
第 9 章 可持续的未来	177
第 10 章 元素周期表之战	195
第 11 章 在稀有金属时代，如何获得成功	211
出版后记	229



第 1 章 无处不在的金属

微软前 CEO 史蒂夫·鲍尔默 (Steve Ballmer) 曾对 iPhone 的未来深表怀疑。“iPhone 不可能占有大量的市场份额。不可能。”在史蒂夫·乔布斯于 2007 年 6 月发布 iPhone 前，鲍尔默在一个 CEO 论坛上如此预测。但在开售一周后，几乎所有的货架都空了。苹果及其合作伙伴美国电话电报公司 (AT&T) 一共售出了数十万台手机。仅仅几个月，苹果公司就迅速占领了智能手机 20% 以上的市场份额。

对那些在苹果商店门外排一两天队 (或支付几百美元找人代排) 抢购第一批手机的人来说，iPhone 就是一场革命，就是他们的梦想。尽管智能手机早在几年前就已出现，但他们相信乔布斯的手机才是最智能的。它之所以被一些媒体称为“耶稣的手机”，正是因为其发布之时所引发的宗教般的热情和盲目的信仰——乔布斯的新品不仅是台更好的手机，还能重塑其追随者的一切。

作为经典案例，苹果机抛弃了数字按键和物理键盘。取而代之的是一种“多点触控”（multi-touch）玻璃屏幕。iPhone 也是第一个采用这种技术的主流产品。这是一种允许点击、滑动、双指开合操作的高性能屏幕，现在我们已经习惯用它来发邮件、导航和叫出租了。乔布斯自己这样评论：“它用起来就像变魔术。”

乔布斯的创造天分已远超神话，与此同时，一些更伟大的东西也在发挥作用。在眼花缭乱的新特性和强大且简洁的设计背后，iPhone 最值得注意的特色就是：它的制造要仰赖地球上约一半的元素，而这也就是为什么这个强大的设备能够与你的掌心完美契合。

这些金属就是令设备小巧且强大的原因。对于乔布斯来说，玻璃屏幕的“魔力”源于稀有金属铟，它是无形的墨水，是手指和屏幕间的透明导体。少量的铕和铽使屏幕有了红绿的色彩，钽用于调节手机内部的电力，锂储存电能以使手机能在室外使用。稀有金属同样在手机配件的制造中扮演着重要的角色：在分子层面将屏幕打磨光滑的正是金属铯。

诚然，iPhone 远非第一个或唯一一个仰赖稀有金属的产品。实际上，从大约 30 年前开始，稀有金属使用量就与苹果及其他电脑的销量息息相关了。但乔布斯对更小巧更强大的设备的追求使他的公司几乎使用了整个元素周期表上的材料。此外，iPhone 商业上的成功也改变了我们对设备（包括移动应用和平板电脑）的期待，使稀有金属的力量不仅对智能手机来说不可或缺，对一系

列新技术来说也同样如此。乔布斯没有辜负他革新手机的誓言，同样，他也促成了整个世界对资源供应链的重塑。在此过程中，他开启了新时代的曙光：稀有金属时代。

稀有金属无处不在，大到高架桥，小到耳机，哪里都能看见它们的身影。它们存在于沙发、相机镜头、计算机和轿车中。但是它们很少被单独或是作为基础材料使用。稀有金属的作用其实和比萨中的酵母差不多：虽然用量小，但作用不容小觑。正如没有酵母就没有比萨，没有稀有金属也就没有这个高科技的世界。

我们对稀有金属缺乏认知，是因为我们从未如同购买其他商品，如天然气和玉米那样直接购买它们。稀有金属深埋于成分表之中，构成日用设备的关键部件，如稀土永久磁体。虽说当前永久磁体的市场仅约 150 亿美元，但如果我们将所有依赖这些磁体的行业（如汽车、药品、军事）的价值相加，其总额就高达万亿美元。

将化工企业巴斯夫（BASF）的标语稍作修改，就是：稀有金属并没有造出我们所购买的产品，它们使我们所购买的产品更小巧、更迅捷、更强大。它们让乔布斯的 iPhone 更薄、更实用、更灵活。这是因为每一种稀有金属都用其自身特点服务于一些特殊的功能。如钢的延展性、铌的可塑性、镉的毒性、钷的放射性、钴的磁体性，镓甚至可以在你的手中熔化。就像漫画《X 战警》中的那些角色那样，每种元素都有其超能力。铽为电视屏幕制造更

多荧光，镅和钷使制造超强的磁体成为可能，铈可以灭火。

在元素周期表中，大约有三分之二的元素为金属或类金属；类似于硅的元素既拥有金属的性质，也拥有非金属的性质，它们的价值在于其半导体特性。此外，每年还有数百万吨最常见的金属从矿石中生产出来，如铜和锌，它们被称为“基本金属”。像金银那样在多个世纪都保有价值的金属，被称为“贵金属”。

稀有金属涵盖了上述金属以外其他几乎所有的金属。表明其特征的，是它们的消费量较小，因而相较于基本金属为“稀有”。平均来看，每种稀有金属的全球年消费量仅为数百到数千吨不等，也就是说，每种仅能装满几节火车车厢。相较之下，铜的年矿产量约有 140 万吨。美国地质调查局的数据显示，将所有可被视为“稀有”的材料的年消费量加起来，其总额可以说比铜这一种金属的年消费量还小。谓之“稀有”，并不是说所有这些金属的地质蕴藏量都很少。事实上，有些金属蕴藏量颇丰。还有些金属足够充裕，但因不够集中，开采起来不具经济价值。因被广泛应用于电子行业，它们在工业上也被称为“高级”（advanced）或是“技术”（technology）金属。还有人叫它们“战略”或是“关键”金属，因为它们在应用中无可取代。交易这些金属的人也会使用“小”（minor）金属这样的称谓。在全书中，我会交替使用上述词汇。（我也会说“材料”而不是金属，因为在很多情况下被交易的并不是纯粹意义上的金属，而是未被提纯的衍生物。）

稀有金属也包括稀土元素——17 种原子结构相似的金属。

2010年，它们因生产和出口受限而受到了国际广泛关注。稀土金属是稀有金属的一个小小的子集，但它们有着同样的市场动向。比如说，许多稀土金属都像稀有金属那样面临着冶炼技术的挑战。它们都私下交易而不是像其他商品如石油那样公开交易。

如果为其命名称得上是一种挑战，那么将何种金属划归“稀有”就更是个问题了。甚至是交易这些金属的小金属贸易协会（Minor Metal Trade Association, MMTA），对此也缺乏标准的定义。根据该协会统计，会员现在交易的稀有金属有49种（见图1），而在30年前，生产商购买的仅有8种。（许多圈内人甚至不能就什么是稀有金属达成一致，或是对某种特定的金属是否属于稀有金属吹毛求疵。）

不要因为缺乏明确的划分或是产量较小而低估这些金属的经济价值和它们对地缘政治的重要性。这些产量微小的金属孕育了难以置信的技术变革。稀有金属是现代高科技、环保和军事工业的基础。它们像化石燃料一样值得我们持续关注，因为谁能控制它们的生产和贸易，谁就能获得越来越多的经济 and 地缘政治财富。与石油和煤炭不同，它们的供应更为受限，生产更为复杂，且集中在世界上仅有的几个地点。它们中的许多有着独一无二的特性，以至于不能被更廉价或是更丰裕的材料替代。我们对稀有金属的依赖并不只是一个抽象的地缘政治问题，或是一个仅被材料学专家关注的话题，它代表着潜在的资源争夺。不过，世上也并非只有这条路可走。