

# 中国铷铯资源需求展望

高蕊蕊<sup>1)</sup>, 贾宏翔<sup>2, 3)</sup>, 李天骄<sup>2, 3)</sup>, 李维东<sup>2, 3)</sup>, 王安建<sup>2, 3)\*</sup>

1) 中国地质博物馆, 北京 100034; 2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;  
3) 中国地质科学院全球矿产资源战略研究中心, 北京 100037

**摘要:** 铷和铯是高新技术产业发展不可或缺的关键矿产, 全球资源相对丰富, 中国铯资源相对短缺, 其安全配置需要给予高度关注, 同时需要解决未来中国铷和铯需求预测的科学问题。本文通过调研, 从产业链分析入手, 构建了铷和铯的数据基础, 并尝试使用部门需求预测法和投入产出法, 对我国铷和铯的需求做出了研判。结论是国内铷和铯消费进入快速增长期, 2025年我国铯需求1000~1100 t, 铷需求约10 t。届时, 我国铷和铯的市场规模也将有较大膨胀。

**关键词:** 铷和铯资源; 消费结构; 需求研判; 展望

中图分类号: P426.32 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2022.122501

## Perspective of Rubidium and Caesium Resource Demand in China

GAO Xin-ru<sup>1)</sup>, JIA Hong-xiang<sup>2, 3)</sup>, LI Tian-jiao<sup>2, 3)</sup>, LI Wei-dong<sup>2, 3)</sup>, WANG An-jian<sup>2, 3)\*</sup>

1) Geological Museum of China, Beijing 100034;  
2) Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037;  
3) Research Center for Strategy of Global Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

**Abstract:** Rubidium and cesium are indispensable key mineral resources for the development of new technologies and are relatively abundant in the world. China has a relatively short supply of cesium resources, which require adherence to safety regulations. Simultaneously, it is necessary to predict the future demand for these resources, which is a difficult problem to solve. In this paper, the demand for rubidium and cesium in China was studied based on research and industry chain analysis. A database of rubidium and cesium was constructed in which an attempted prediction of the demand was made and the input-output method was tested. From this, we concluded that the domestic consumption of rubidium and cesium has entered a period of rapid growth. Our study revealed that the demand for cesium and rubidium in 2025 would be 1000–1100 tons and 10 tons, respectively, thus greatly expanding the market size in our country.

**Keywords:** rubidium and cesium resources; consumption structure; demand analysis; perspective

铷和铯是航天航空、国防军工、信息技术等战略新兴产业发展不可或缺的关键矿产, 也是支撑现代高新技术研发的基本原材料。我国正处在工业化后期、现代化建设的关键时期, 关键矿产需求快速增长。在全球大国竞争背景下, 去全球化的趋势已经凸显, 铷和铯的全球安全配置需要给予高度关

注。

铷和铯是人类寻求能源转换技术与新型通讯技术研究突破的支撑性关键原材料。磁流体发电、热离子转换发电、离子推进器、离子云通讯、时间频率标准体系建设中铷和铯都有较高的使用强度。中国战略新兴产业发展需要铷和铯作为基础支撑,

本文由国家自然科学基金重大研究计划集成项目“中国关键金属矿产清单厘定与风险评估”(编号: 92162321)、国家自然科学基金重大项目“新时代战略性关键矿产资源安全与管理”课题5“新时代中国战略性关键矿产资源全球治理体系研究”(编号: 71991485)和自然资源部自然资源科普与重大科技成果宣传项目(编号: 12111300000180001)联合资助。

收稿日期: 2022-09-30; 改回日期: 2022-12-25; 网络首发日期: 2022-12-27。责任编辑: 闫立娟。

第一作者简介: 高蕊蕊, 女, 1979年生。博士, 高级工程师。主要从事资源战略研究。通讯地址: 100034, 北京市西城区西四羊肉胡同15号。E-mail: 13611288509@126.com。

\*通讯作者: 王安建, 男, 1953年生。博士, 教授, 博士生导师。长期从事矿床学和资源经济学研究。E-mail: ajwang@cags.ac.cn。

未来中国需要多少铷和铯,是我国学者应该回答的问题。

除了全球铷和铯矿产资源相关数据外,其生产、消费、贸易和结构数据极度匮乏。由于数据缺失,难以选择已有的适用方法做出科学的需求预测,需要对数据进行合理化处理,构建数据基础。本文从产业链的角度出发,把上、中、下游主要关联产品相互连通,估算重要产品铷和铯的使用强度,构建消费结构等数据基础。尝试使用部门需求预测法和投入产出法,对我国铷和铯的需求做出研判,并对未来市场规模做出了概略评估。

## 1 铷和铯资源特征

### 1.1 全球铷和铯矿床类型与分布

铷和铯目前没有发现独立矿床,主要和锂、铍、铌、钽等稀有金属或盐类矿物共伴生。全球铷和铯矿床类型主要分为伟晶岩型、花岗岩型、盐湖型和卤水及热泉型四类(表 1)(赵元艺等, 2008, 2010; 孙艳等, 2019),其成因包括残余岩浆结晶、热液交代以及卤水浓缩或蒸发沉积。四类矿床中伟晶岩型和盐湖型是重要的矿床类型。

铷和铯矿床主要矿物包括铯榴石、钾长石、锂

云母、天河石、光卤石及蛋白石等十余种(表 2),氧化铯含量在 0.4%~36.5%之间,氧化铷含量介于 0.2%~4.1%之间,工业利用的矿物主要是铯榴石、锂云母和钾长石等(傅昕和王玲, 2020)。海水(0.12 g/t)和光卤石(0.037%~0.05%)中铷含量虽不高,但储量很大(廖元双和杨大锦, 2012)。

铷和铯矿床主要分布于北美、澳洲、非洲南部和中国,南美和欧洲北部也有分布。除中国列出了花岗岩型矿床外,世界主要矿床类型为伟晶岩型和盐湖型(图 1)。据美国地质调查局数据(USGS, 2020a, b),全球铷储量 10.2 万 t(Rb<sub>2</sub>O)(不含中国),其中纳米比亚(5 万 t)、津巴布韦(3 万 t)和加拿大(1.2 万 t)(图 2a)。全球铯储量 22 万 t(Cs<sub>2</sub>O)(不含中国),主要分布在加拿大(12 万 t)、津巴布韦(6 万 t)、纳米比亚(3 万 t)和澳大利亚(0.71 万 t)(图 2b)。

美国地质调查局最新文字资料显示,2021 年全球铷和铯储量均分别为 20 万 t(USGS, 2022a, b),但是没有给出国别储量数据,这部分包含中国储量的数据,与国内相关机构公布的数据存在较大矛盾。

### 1.2 中国铷和铯资源特征

现有资料显示,我国铷和铯矿床类型较多,涵

表 1 主要矿床类型、地质特征与典型矿床  
Table 1 Main deposit types, geological characteristics and typical deposits

矿床类型	地质特征及主要矿物	成因	典型矿床
伟晶岩型	多分布在大型伟晶岩区,与成矿有关的伟晶岩常见于花岗岩体外接触带附近,铷、铯倾向于在岩浆结晶分异晚期富集,热液交代作用愈强、稀有金属矿化愈发育;主要赋存矿物为铯榴石、锂云母、钾长石、铯绿柱石、硼氟钾石、铯硼锂矿、铯锰星叶石(孙艳等, 2019)	气成-伟晶岩期残余岩浆结晶	加拿大 Tanco 矿床 津巴布韦 Bikita 矿床 澳大利亚 Sinclair 矿床
花岗岩型	多与中生代构造-岩浆活动密切相关,通常发育在岩体顶部(前锋)、岩体内断裂或岩体晚期相中,伴随锡、钨、锂、铌、钽等金属矿化富集;主要赋存在含钾矿物中,如钾长石、天河石、(铁)锂云母、黑云母、白云母等	残余岩浆结晶,热液结晶或交代	内蒙古石灰窑、赵井沟,湖南正冲,广东天堂山,甘肃国宝山
盐湖型	多分布在新生代构造盆地中,铷、铯通常在盐湖演化的最晚阶段沉淀富集;主要赋存在卤水、钾盐、光卤石中	蒸发沉积,浓缩卤水	美国 Salton Sea 柴达木盆地盐湖卤水
卤水及热泉型	分布在高原腹地裂谷和断陷盆地诱发的地热带中;主要赋存矿物为硅华、粒状蛋白石、胶状蛋白石、水云母、玉髓、方石英	浓缩或沉积	西藏搭格架(赵元艺等, 2008) 西藏谷露(赵元艺等, 2010)

表 2 铷铯矿物、氧化物含量及可利用性  
Table 2 Rubidium and cesium mineral, its oxide content and availability

矿物名称	化学式	Rb <sub>2</sub> O 含量/%	可利用性
铯榴石	(Cs, Na) (AlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )·nH <sub>2</sub> O	0.3~1.4	较好
锂云母	K(Li, Al) <sub>3</sub> (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (F, OH) <sub>2</sub>	3.75	较好
钾长石	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub> -NaAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	3	较差
白云母	KAl <sub>2</sub> (Si <sub>3</sub> Al)O <sub>10</sub> (OH) <sub>2</sub>	2.1	一般
黑云母	K(Mg, Fe <sup>2+</sup> ) <sub>3</sub> (Al, Fe <sup>3+</sup> )Si <sub>3</sub> O <sub>10</sub> (OH, F) <sub>2</sub>	4.1	一般
钾盐	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> , KNO <sub>3</sub> , KCl.....	0.2	较差
矿物名称	化学式	Cs <sub>2</sub> O 含量/%	可利用性
铯榴石	(Cs, Na) (AlSi <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )·nH <sub>2</sub> O	23.5~36.5	较好
锂云母	K(Li, Al) <sub>3</sub> (Si, Al) <sub>4</sub> O <sub>10</sub> (F, OH) <sub>2</sub>	0.4~1	较好
铯硼锂矿	CsAl <sub>4</sub> (LiBe <sub>3</sub> B <sub>12</sub> )O <sub>28</sub>	5~7.5	较差
铯锰星叶石	(Cs, K, Na) <sub>3</sub> (Mn, Fe <sup>2+</sup> ) <sub>7</sub> (Ti, Nb) <sub>2</sub> Si <sub>8</sub> O <sub>24</sub> (O, OH, F) <sub>7</sub>	11.6	较差

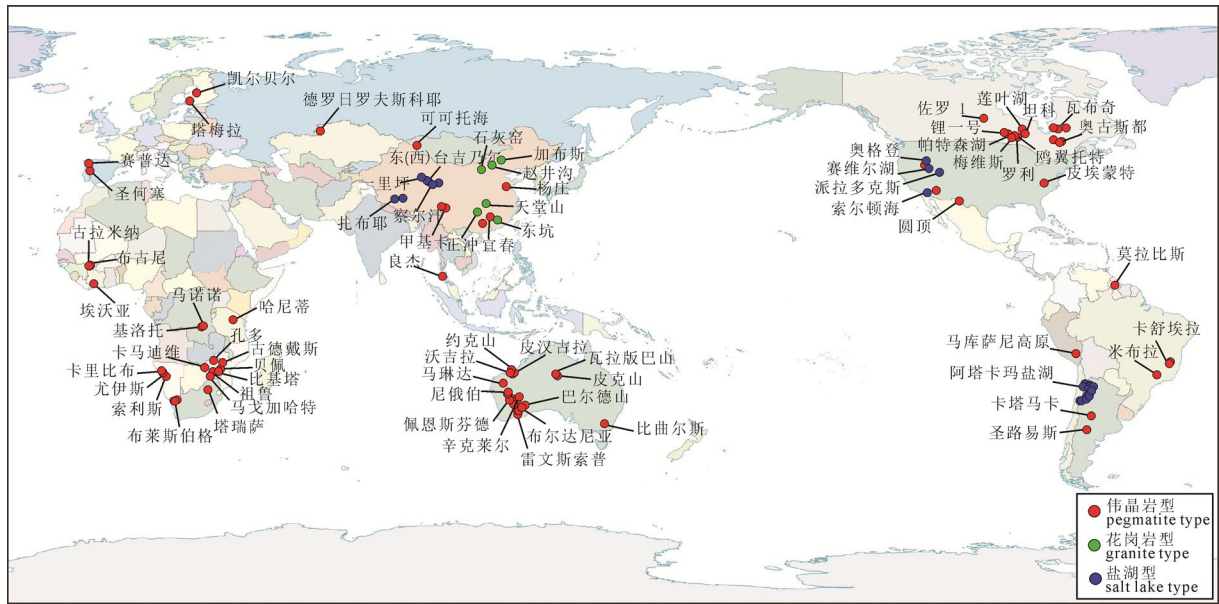


图1 全球铷铯矿床分布图(Bradley et al., 2017; 孙艳等, 2019; SPGMI, 2020)

Fig. 1 Distribution of rubidium and cesium deposits in the world (Bradley et al., 2017; SUN et al., 2019; SPGMI, 2020)

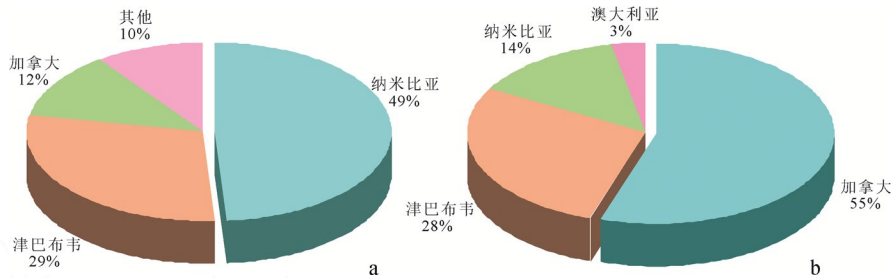


图2 全球铷(a)和铯(b)探明地质储量(不含中国)占比(USGS, 2020a, b)

Fig. 2 Proportion of proved geological reserves of rubidium (a) and cesium (b) in the world (excluding China) (USGS, 2020a, b)

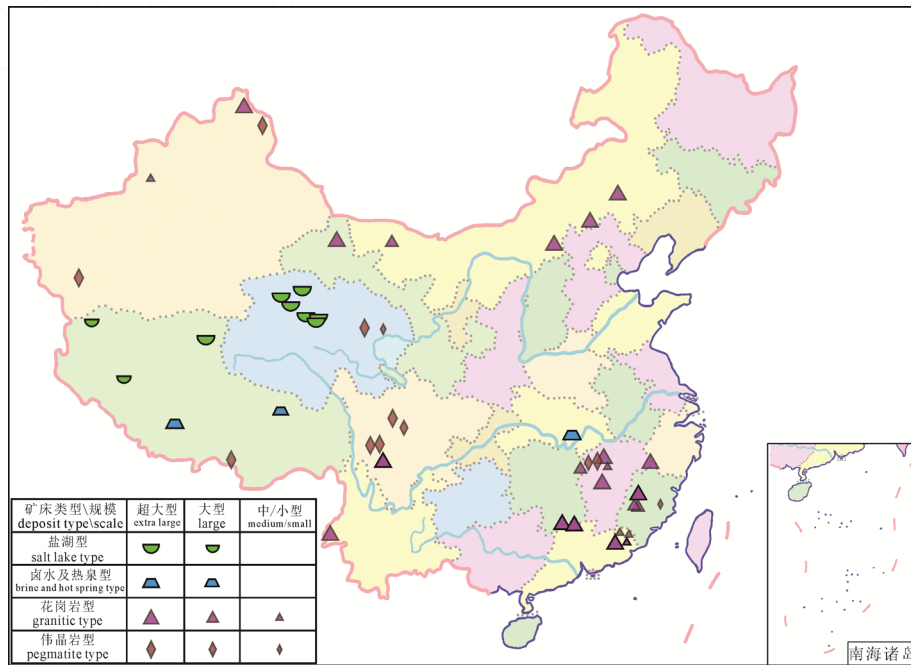


图3 中国铷和铯矿床分布图(据孙艳等, 2019 修改)

Fig. 3 Distribution of rubidium and cesium deposits in China (modified from SUN et al., 2019)

盖了伟晶岩型、花岗岩型、盐湖型和卤水及热泉型(孙艳, 2013)。其中, 伟晶岩型在西藏、新疆、青海

和江西均有分布。盐湖型主要分布在青海和西藏。相对而言, 我国花岗岩型矿床较多(图 3)。

据全国矿产资源储量统计表, 2020 年我国铷储量 18.8 万 t(氧化铷), 全部集中在江西省, 已开发的铷资源主要来自新疆可可托海伟晶岩型锂矿床中的铯榴石和江西宜春伟晶岩型锂钽矿床中的锂云母, 而更多的铷资源储存在盐湖中。近年来在内蒙古发现的花岗岩型铷矿资源量(氧化铷)达 87 万 t, 广东发现的花岗岩型铷矿资源量(氧化铷)达 360 万 t(时皓等, 2016; 孙艳等, 2019; 李雪等, 2021)。

2020 年我国铯储量 2.5 万 t(氧化铯), 全部集中在江西省, 铯资源量达 40.1 万 t(自然资源部, 2021)。我国铯资源除了分布在新疆、四川、江西和湖南伟晶岩中以及青海和西藏的盐湖外, 还赋存于西藏的富热铯泉型矿床中(赵元艺等, 2010; 刘力, 2013), 资源潜力巨大。

## 2 中国铷和铯资源需求分析

铷铯化合物被广泛应用于航空航天、国防军工及信息技术等高科技领域, 铷和铯资源对于我国现代化建设过程中的战略新兴产业发展不可或缺, 需要科学判断未来我国铷和铯资源需求。

### 2.1 铷铯用途与消费结构

铷的初级产品包括金属铷、氟化铷和碳酸铷等近 10 种, 铯的初级产品包括金属铯、甲酸铯、碳酸铯和硝酸铯等超过 12 种。由于铷和铯不但在自然界共伴生, 在产品制造的过程中相互间也具有共性和

一定的替代性(图 4)。因此本文在讨论用途时把铷和铯一并论述。

金属铷和铯是发达国家寻求新的能源转换技术与新型通讯技术研究的基础原材料, 在磁流体发电、热离子转换发电、离子推进器、离子云通讯和时间频率标准建设中发展迅速, 约 80% 的金属铷和 70% 的金属铯用于这些领域的研究和开发。铷和铯金属及其化合物在航天航空、国防军工、电子信息和生物医药等高新技术领域不可或缺, 在环境保护和其他传统领域也有一定应用。

现有调研资料表明, 2020 年全球铷(铷)(氧化铷)消费约 2400 t, 主要集中在传统领域, 占比约 78%, 高科技领域消费 18%, 医药领域应用约 4%(图 5)。其中传统领域包括油气钻探钻井液生产、硫酸催化剂、二氧化钛光催化剂、其他催化剂和助焊剂等产品的生产。高科技领域主要涵盖原子钟、低轨道卫星、光电器件和特种玻璃等产品。美国铯消费大约 960 t, 主要集中在高科技领域, 占比达 80%(图 5), 中国铯消费量近 800 t, 主要消费于传统领域, 约占 89%(图 5)。

### 2.2 中国 2025 年铷铯需求预测

由于铷的消费量很小, 数据极度匮乏, 本文主要以铯资源需求预测为主, 并基于铷铯消费比例关系对铷需求量做出评估。本文尝试采用部门需求预测法, 选择 2020 年 7 个部门或主要产品的消费数据

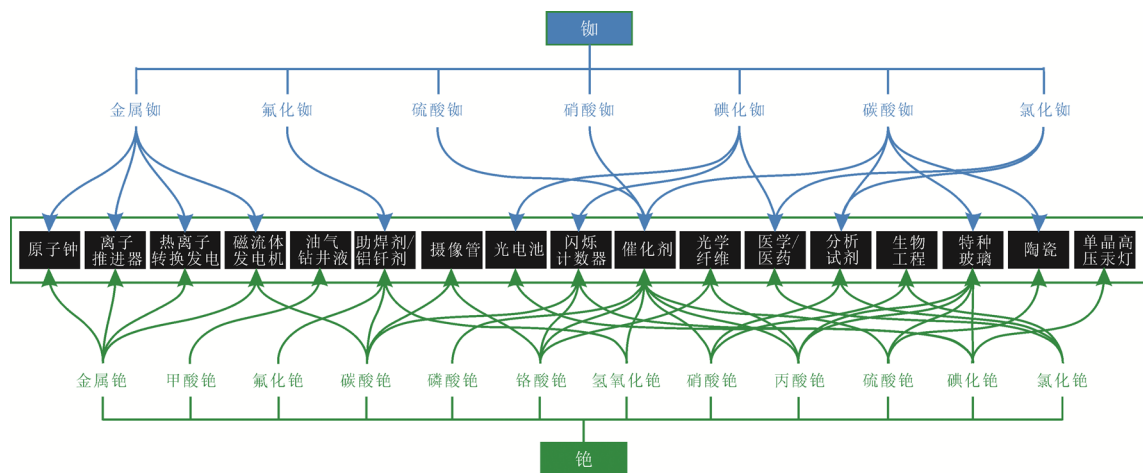


图 4 铷和铯用途梗概

Fig. 4 Overview of rubidium and cesium applications

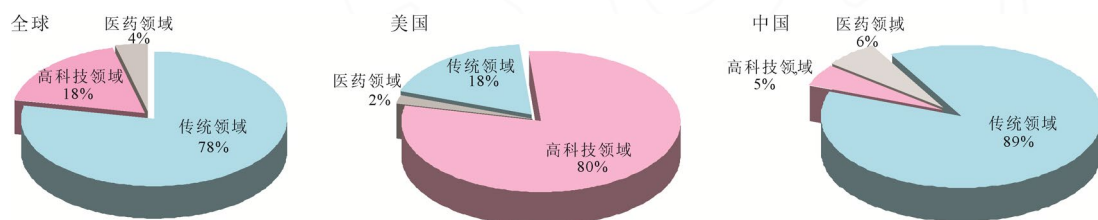


图 5 2020 年全球、美国和中国铯消费结构(据调研资料整理及张晓伟等, 2021)

Fig. 5 Cesium consumption structure of the world, the United States and China in 2020 (collated after research data and ZHANG et al., 2021)



表3 2025年中国铯需求预测(氧化铯/t)  
(部门需求预测法)

Table 3 Cesium demand forecast in China in 2025  
(cesium oxide/ton) (sector demand forecast method)

消费领域	2020年消费量	2025年需求量	需求占比/%
传统领域	708	861~947	89
高科技领域	40	51~56	5.3
医药领域	48	56~61	5.7
合计	796	968~1064	

注: 2020年消费量相关参数来源于邓力, 2018; CBC, 2019; 孙映祥和林博磊, 2019; 中矿资源, 2021; 彭志伟, 2022; 徐泽轩, 2022。

为基点, 以油气钻探、催化剂、医药、光电器件、原子钟、特种玻璃和能量转换等相关部门“十四五”产业发展规划为目标, 对各部门铯需求量做出预测。

根据国家“十四五”相关产业发展规划, 我国低轨道卫星2025年将建设2000个, 5G基站达到800万个, 测算能量转换和原子钟领域铯消费增速分别约为36%和54%; 光电器件过去5年平均增速约6%, 未来发展可能会比较快, 增速设定为6%~8%; 近两年国际油气钻井数量和进尺增速约为4%, 我国为全球提供的甲酸铯同比增加, 考虑到未来我国石油钻井向海洋拓展, 设定甲酸铯消费增速为4%~6%; 特种玻璃领域“十三五”期间年均增速2%, 作为重要材料, 年均增速设定为3%~5%。2025年, 我国铯需求量如表3所示。

预测结果表明, 2025年我国铯(氧化铯, 下同)需求总量968~1064 t, 相比2020年增加近1/3。其中高科技领域增幅较大, 增幅接近40%, 铯需求量从40 t增加到56 t。传统领域铯需求量从708 t增加到947 t, 增幅为30%左右。医药领域也有小幅增长。

考虑到铯资源需求预测的难度, 本文同时采用了投入产出模型, 以2020年、2018年两个时间截面的数据为基础, 对2025年我国铯需求进行了进一步的分析(表4)。本文先将各个产品归至对应的产业, 然后根据2015—2020年份的产业增加值增长率

表4 2025年中国铯需求预测(氧化铯/t)(投入产出法)

Table 4 Cesium demand forecast in China in 2025 (cesium oxide/ton) (input-output method)

产业	产品	2020年消费量	增加值增长率 <sup>1</sup>	2025年需求量	增加值增长率 <sup>2</sup>	2025年需求量
化工业	催化剂、助焊剂、医药	756.00	6.55%	1 178.64	3.76%	909.23
非金属矿物制品业	特种玻璃	19.00	16.82%	56.41	9.65%	30.12
交通运输设备制造业	航空推进器	0.24	0.07%	0.24	-1.57%	0.22
通信设备、计算机和其他电子设备制造业	光电器件	19.00	-0.90%	17.83	-0.28%	18.74
仪器仪表制造业	原子钟	2.30	6.20%	3.51	0.39%	2.78
总计		796.54	5.70%	1 256.63	3.04%	961.59

注: <sup>1</sup> 根据2015—2018年产业增加值增长率推断出至2025年的产业增加值增长率; <sup>2</sup> 根据2015—2020年产业增加值增长率推断出至2025年的产业增加值增长率。

率推断出2025年相应的产业增加值增长率, 进而利用2020年铯及铯化合物等的消费量和消费结构预测2025年各产业对应的消费量。其中, 考虑到2020年处于新冠疫情高涨期, 投入产出中间流量比较反常, 不具有代表性, 所以另外选取2015—2018年区段进行增加值增长率的推算。

对比两种不同预测方法的结果, 按部门需求预测法2025年铯需求968~1064 t, 投入产出法预测值为962~1257 t, 两者基本位于一个区间内。两种不同的预测方法数据相近, 反映了预测结果的合理性和相对可靠性。

2020年, 全球铷评估消费量为12~15 t, 基本处于十吨级的水平上。与铯比较, 全球铯消费量在千吨级水平, 本文粗略采用这种铷铯消费的数量关系, 估测2025年中国铷需求量大约为10 t。

### 3 未来中国铷铯市场规模展望

2015年以来, 中国铷和铯价格基本保持稳定和缓慢上升的态势, 金属铯价格从2015年的473元/g增长到2020年的700元/g, 年平均增长率为8.2%; 其他铯盐价格基本保持稳定(图6)。

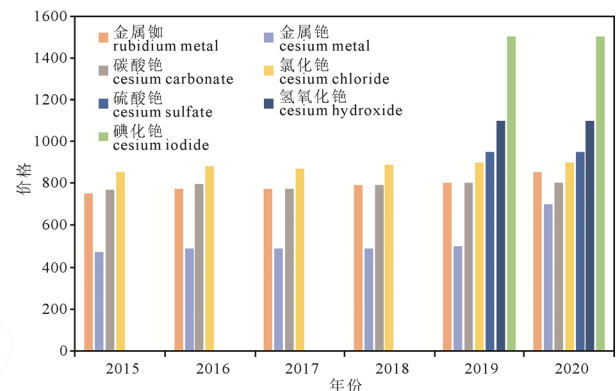


图6 中国铯和铷及其化合物市场价格  
(CBC, 2019; 铯和铷化合物的价格单位: 元/kg, 金属铯和金属铷的价格单位: 元/g)

Fig. 6 Market prices of cesium, rubidium and their compounds in China (CBC, 2019; price unit of cesium and rubidium compounds: CNY/kg, price unit of metal cesium and metal rubidium: CNY/g)

据调研数据统计,2020年中国铷及其化合物市场规模约21亿元,其中原子钟作为最主要的市场占据71.7%的份额。“十四五”期间,中国铷及其化合物市场规模将以年均13%的增长率保持增长,到2025年市场规模将达到37.5~38.1亿元。2025年,油气钻探钻井液生产市场规模达3.4~3.8亿元,光电器件市场规模约达0.8亿元,特种玻璃市场规模达0.2亿元左右。

2020年中国铷及化合物消费量约2~3 t,市场规模约2000~3000万元。根据上述铷需求预测结果,2025年中国铷及化合物需求量约10 t,届时市场规模可达1~1.2亿元左右。2025年铷和铯市场规模总量将达到约40亿元,相当于2020年的2倍。

#### 4 讨论与主要认识

像铷和铯这种产品用途比较明确,消费数量、结构没有统计数据或很难获取直接数据的小品种金属,是需要学者们认真研究的问题。本研究按照产业链的思路,把上游、中游、下游主要关联产品相互连通、联动,测算重要产品铷和铯使用强度,以此为基础对消费、结构等关键数据进行研判、评估。把未来下游领域或产业规划发展目标作为预测基点,尝试使用部门需求预测法,对我国铷和铯需求做出判断。同时对铷铯产品进行产业归类,利用不同时间截面铷铯投入产出关联关系,预测未来产业相应发展水平的资源需求,实现对部门需求预测法的结果进行校正。本文讨论了铷和铯的资源问题,同时尝试了对铯未来需求的预测。

##### (1)关于资源问题

2019年美国地质调查局给出的全球铷储量10.2万t(不含中国),2020年给出了约20万t的估计量。据2020年全国矿产资源储量统计年报,我国铷储量18.8万t,接近2019年全球储量的两倍,数据矛盾比较突出。我们研究发现,目前国际上通行或统计的铷和铯矿床主要是伟晶岩型和盐湖型,我国统计涵盖了大量的花岗岩型和部分卤水及热泉型,这可能是我国铷储量较大的重要因素。2020年全国矿产资源储量统计年报公布我国铯储量2.5万t,本文之所以没有把中国铷和铯的储量与美国地质调查局的数据合并讨论,是因为储量标准存在差异,同时我国花岗岩型铷和铯矿床独立开发的技术经济可行性需要进一步论证。总体而言,未来我国铯资源供应不容乐观。

##### (2)关于资源供应问题

与国际通用的铷和铯矿床类型不同,我国储量占比较大的花岗岩型铷铯矿床经济可利用性需要进

一步论证。如果经济技术可行,我国铷铯资源保障程度相对较高,反之,保障程度会堪忧。我国矿企中矿集团在加拿大TANCO矿山、澳大利亚SINCLAIR矿山和津巴布韦BIKITA矿山均占有较大比例的资源权益,对全球铷铯资源供应具有一定的自主能力。但是,在当前大国竞争和去全球化背景下,境外资源供应仍存在一定风险。如何保障我国国外资源权益、提升国内资源储量级别,是未来需要解决的重要问题之一。

##### (3)关于需求和市场规模问题

本文从科学层面对未来供需趋势做出研判,两种不同预测方法的结果表明,2025年我国铷需求量将从2020年的796 t左右增长到约1100 t,增幅达38%。铷和铯市场规模也将由21亿元增加到近40亿元,需求量和市场规模扩张将成定势。

#### Acknowledgements:

This study was supported by National Natural Science Foundation of China (Nos. 92162321, and 71991485), and Ministry of Natural Resources (No. 121113000000180001).

#### 参考文献:

- CBC. 2019. 2019-2025年铷铯产业链市场分析与战略预测研究报告[R]. 北京: CBC铷铯研究院及数据中心.
- 邓力. 2018. 国内外特种玻璃研发与应用新动态(续)[J]. 玻璃与搪瓷, 46(2): 36-52.
- 傅昕, 王玲. 2020. 硅酸盐矿石资源中铷的提取工艺综述[J]. 矿产综合利用, (6): 171-179.
- 李雪, 王可勇, 孙国胜, 孙九达, 刘根驿, 张纪田, 韩雷, 王广伟. 2021. 内蒙古赵井沟钽铌矿床成矿作用探讨——来自天河石化、钠长石化花岗岩年代学、岩石地球化学的证据[J]. 岩石学报, 37(6): 1765-1784.
- 廖元双, 杨大锦. 2012. 铷的资源和应用及提取技术现状[J]. 云南冶金, 41(4): 27-30.
- 刘力. 2013. 铷铯发展与思考[J]. 新疆有色金属, 36(6): 46-50.
- 彭志伟. 2022. 2021年中国油气勘探发展现状、进展和格局分析, 政府高度重视和管控, 资金投入增长[EB/OL]. [2022-09-25]. <https://www.huaon.com/channel/trend/800979.html>.
- 时皓, 段先哲, 韩世礼, 李南, 谭凯旋, 谢焱石, 陈亮, 冯志刚, 胡杨. 2016. 石灰窑矿床对我国钽铌铷资源开发研究的意义[J]. 广州化工, 44(1): 3-5.
- 孙艳. 2013. 我国铷典型矿床及其成矿构造背景研究[D]. 北京: 中国地质大学: 1-180.
- 孙艳, 王登红, 王成辉, 李建康, 赵芝, 王岩, 郭唯明. 2019. 我国铷矿成矿规律、新进展和找矿方向[J]. 地质学报, 93(6): 1231-1244.
- 孙映祥, 林博磊. 2019. 国内外铷资源开发利用研究及政策建议[J]. 中国矿业, 28(11): 41-43.
- 徐泽轩. 2022. 2022年中国5G产业发展十大趋势[J]. 中国工业和信息化, (Z1): 32-35.

- 张晓伟, 辛天宇, 刘佳兴, 欧阳江城, 张万益, 王红静. 2021. 全球铷矿资源现状及其综合利用技术分析[J]. 矿业保护与利用, 45(5): 7-11.
- 赵元艺, 韩景仪, 郭立鹤, 钱作华, 周永章, 聂凤军, 李振清. 2008. 西藏搭格架热泉型铷矿床矿物学与矿石组构特征及地质意义[J]. 岩石学报, 24(3): 519-530.
- 赵元艺, 赵希涛, 马志邦, 邓坚. 2010. 西藏谷露热泉型铷矿床年代学及意义[J]. 地质学报, 84(2): 211-220.
- 中矿资源. 2021. 中矿资源集团股份有限公司 2020 年年度报告 [EB/OL]. [2022-09-25]. <http://www.sinomine.cn/uploads/20210719/1626677752915026.pdf>.
- 自然资源部. 2021. 2020 年全国矿产资源储量统计表[R]. 北京: 自然资源部: 1-90.

## References:

- BRADLEY D C, MCCAULEY A D, STILLINGS L M. 2017. Mineral-deposit model for lithium-cesium-tantalum pegmatites[R]. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey: 1-48.
- CBC. 2019. Rubidium and cesium industry chain market analysis and strategic forecast research report 2019-2025[R]. Beijing: CBC Rubidium and Cesium Research Institute and Data Center(in Chinese).
- DENG Li. 2018. The recent tendency of development and application of special glasses at home and abroad (contd)[J]. Glass & Enamel, 46(2): 36-52(in Chinese).
- FU Xin, WANG Ling. 2020. Review of technology of rubidium extraction from silicate ore resources[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, (6): 171-179(in Chinese with English abstract).
- LI Xue, WANG Ke-yong, SUN Guo-sheng, SUN Jiu-da, LIU Gen-yi, ZHANG Ji-tian, HAN Lei, WANG Guang-wei. 2021. Discussion on metallogenesis of Zhaojinggou Ta-Nb deposit in Inner Mongolia: Evidence from amazonitization and albitization granite geochronology and geochemistry[J]. Acta Petrologica Sinica, 37(6): 1765-1784(in Chinese with English abstract).
- LIAO Yuan-shuang, YANG Da-jin. 2012. Application status of rubidium resources and research of its extraction technology[J]. Yunnan Metallurgy, 41(4): 27-30(in Chinese with English abstract).
- LIU Li. 2013. Development and consideration of rubidium and cesium[J]. Xinjiang Nonferrous Metals, 36(6): 46-50(in Chinese).
- Ministry of Natural Resources. 2021. Statistical table of national mineral resources(2020)[R]. Beijing: Ministry of Natural Resources: 1-90(in Chinese).
- PENG Zhi-wei. 2022. Analysis of the status, progress and pattern of oil and gas exploration and development in China in 2021 shows that the government attaches great importance to and controls, and capital investment increases[EB/OL]. 2022-04-27 [2022-09-25]. <https://www.huaon.com/channel/trend/800979.html>(in Chinese).
- SHI Hao, DUAN Xian-zhe, HAN Shi-li, LI Nan, TAN Kai-xuan, XIE Yan-shi, CHEN Liang, FENG Zhi-gang, HU Yang. 2016. The significance of the Shihuiyao deposits to the evaluation and exploitation of niobium(Nb)-tantalum(Ta)-rubidium(Rb) resources of China[J]. Guangzhou Chemical Industry, 44(1): 3-5(in Chinese with English abstract).
- Sinomine Resources. 2021. 2020 annual report of Sinomine Resources Group Co., LTD[EB/OL]. [2022-09-25]. <http://www.sinomine.cn/uploads/20210719/1626677752915026.pdf>(in Chinese).
- S & P Global Market Intelligence(SPGMI). 2020. Commodity detail/rubidium and cesium, 2020[EB/OL]. [2022-09-25]. <https://platform.mi.spglobal.cn/web>.
- SUN Yan. 2013. Research on of typical rubidium deposits and tectonic background in China[D]. Beijing: China University of Geosciences: 1-180(in Chinese with English abstract).
- SUN Yan, WANG Deng-hong, WANG Cheng-hui, LI Jian-kang, ZHAO Zhi, WANG Yan, GUO Wei-ming. 2019. Metallogenic regularity, new prospecting and guide direction of rubidium deposits in China[J]. Acta Geologica Sinica, 93(6): 1231-1244(in Chinese with English abstract).
- SUN Ying-xiang, LIN Bo-lei. 2019. Research and policy suggestions on development and utilization of rubidium resources at home and abroad[J]. China Mining Magazine, 28(11): 41-43(in Chinese with English abstract).
- USGS. 2020a. Minerals yearbook of rubidium 2019[R]. U.S. Geological Survey: 1-2. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-rubidium.pdf>.
- USGS. 2020b. Minerals yearbook of cesium 2019[R]. U.S. Geological Survey: 1-2. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2020/mcs2020-cesium.pdf>.
- USGS. 2022a. Minerals yearbook of rubidium 2021[R]. U.S. Geological Survey: 1-2. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-rubidium.pdf>.
- USGS. 2022b. Minerals yearbook of cesium 2021[R]. U.S. Geological Survey: 1-2. <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-cesium.pdf>.
- XU Ze-xuan. 2022. Top 10 trends in China's 5G industry in 2022[J]. China Industry & Information Technology, (Z1): 32-35(in Chinese).
- ZHANG Xiao-wei, XIN Tian-yu, LIU Jia-xing, OUYANG Jiang-cheng, ZHANG Wan-yi, WANG Hong-jing. 2021. Analysis on the current situation of global cesium resources and its comprehensive utilization technology[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 45(5): 7-11(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Yuan-yi, HAN Jing-yi, GUO Li-he, QIAN Zuo-hua, ZHOU Yong-zhang, NIE Feng-jun, LI Zhen-qing. 2008. Characteristics and geological significance of mineralogy and fabrics for the hot spring cesium deposit occurring within the Targejia district, Tibet[J]. Acta Petrologica Sinica, 24(3): 519-530(in Chinese with English abstract).
- ZHAO Yuan-yi, ZHAO Xi-tao, MA Zhi-bang, DENG Jian. 2010. Chronology of the Gulu hot spring cesium deposit in Nagqu, Tibet and its geological significance[J]. Acta Geologica Sinica, 84(2): 211-220(in Chinese with English abstract).