

本世纪我国新矿物的发现与研究进展 (2000~2019 年)

蔡剑辉

中国地质科学院 矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用和资源评价重点实验室, 北京 100037

摘要: 从 1958 年我国发现第一个新矿物“香花石”开始至今, 逾 60 年的时间里在中国发现和报道的新矿物达 175 种, 其中 142 种为获得国际矿物协会新矿物委员会 (IMA CNMNC) 正式批准的有效独立矿物种。本世纪近二十年来我国新矿物研究进展尤为突出, 已发现新矿物数量达 60 种, 位列世界第六。特别是关于自然元素矿物大类新矿物的发现位于世界前列, 关于稀土新矿物和冲击变质超高压新矿物的发现和研究也取得了令世界瞩目的进展。本文着重从上世纪中国新矿物种的修订、本世纪在中国发现的新矿物种的数量和晶体化学类型以及产出特征等方面对本世纪我国新矿物研究进展进行综述, 以期为推进我国新矿物工作提供参考、借鉴和启迪。

关键词: 新矿物; 研究进展; 晶体化学类型; 产地与产状

中图分类号: P57 文章编号: 1007-2802(2021)01-0060-21 doi: 10. 19658/j. issn. 1007-2802. 2020. 39. 098

Research Progresses of New Minerals Discovered in China from 2000 to 2019

CAI Jian-hui

Key Laboratory of Mineralization and Resource Evaluation, Ministry of Natural Resources, Institute of Mineral Resources Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China

Abstract: Since the discovery of the first new mineral Hsianghualite in China in 1958, 175 new minerals have been discovered and reported in China, and 142 out of them have been officially approved by IMA CNMNC as valid independent mineral species. In the past 20 years of this century, the outstanding research progresses of new minerals in China have particularly been made, as the number of new minerals discovered in China has reached to a high record of 60, with the ranking score of sixth among countries in the world. Especially, the number of discovered new species of natural element minerals ranks among the top in the world and the discovery and research of new species of rare earth minerals and shock-metamorphosed ultrahigh-pressure minerals have made significant progress in the world. This paper is focused on reviewing the revision of new mineral species discovered in China in the last century and summarizing the achievements and progresses of studies on new mineral species discovered in China in this century in terms of the quantity, crystallochemical type, and occurrence characteristics, in order to provide reference and inspiration for promoting the discovery and research of new mineral species in China in future.

Key words: new mineral species; research progress; crystallochemical type; origin and occurrence

0 引言

矿物是地球和地外天体中天然产出的具有确定的化学组成和结晶学性质的固体物质, 是特定地

质作用的产物, 蕴含着丰富的解析地球和地外天体的起源和发展、矿产资源的形成与演化、环境的变迁与修复、材料的利用和研制等诸多原始信息源。人类对自然的认识是一个不断探索、不断丰富的发展

收稿编号: 2020-105, 2020-07-07 收到, 2020-08-19 改回

基金项目: 国家科技基础资源调查专项 (2019FY202200); 国家科技基础性工作专项 (2011FY120100, 2012FY120300); 国土资源部公益性行业科研专项 (201011005)

作者简介: 蔡剑辉 (1966-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 矿物学. E-mail: caijh_cags@163.com.

展过程,对构成固体地球和地外天体中地质体的最小基本单元——矿物的发现和认识也不例外,矿物的多样性主要是由一系列自然作用过程导致的,随着地球及地外天体的演化,矿物种不断丰富,这个过程贯穿整个演化过程。因此,新矿物的发现与研究是矿物学研究中不可或缺的一个重要基础领域。发现新矿物的科学意义不仅体现在相关的创新性成果可以不断丰富矿物学研究的内容并提高矿物学的整体研究水平,进而促进地球科学的发展和矿产资源的开发利用上,更重要的是可以通过对矿物多样性的认识使人类对客观世界的认知深度及广度得到持续性的提升和拓展。发现和研究新矿物的实用价值还在于,对每一种新矿物或矿物种新的物理化学性能的认识,不仅意味着人类对地球乃至宇宙的认知又前进了一步,而且意味着可能又有一种新的固体资源和天然材料可以被利用,也意味着可能又增添了一种解析复杂自然作用过程的新途径和新依据。作为最基础的科学探索,有关新矿物的研究工作往往最能客观地反映一个国家的矿物学研究水平,同时也是反映一个国家基础科研实力的重要标志之一。

国际矿物协会新矿物和矿物命名委员会(the Commission on New Minerals and Mineral Names, CNMNC)成立于1958年,2006年国际矿物协会的新矿物和矿物命名委员会(CNMNC)与矿物分类委员会(the Commission on Classification of Minerals, CCM)合并为新矿物、命名和分类委员会(the Commission on New Minerals, Nomenclature and Classification, CNMNC)。CNMNC及后来的CNMNC是得到国际矿物学界认可的负责指导和审订全球新矿物以及矿物命名和分类的国际学术组织,由世界各国矿物学学术组织指派的代表组成,目前CNMNC有委员37名,其中的中国代表由中国矿物岩石地球化学学会新矿物及矿物分类、命名专业委员会主任委员担任。截止2020年3月,全球已发现和认识并经IMA CNMNC批准的有效独立矿物种达5 575个。据统计,以20年为一周期,1800~1819年全球发现的新矿物种为87种,1820~1919年间每20年平均发现185种,1920~1939年发现256种,1840~1959年发现342种,1960~1979年发现约900种(张建洪和彭志忠,1981)。以1982年我国出版的《系统矿物学》(王濮等,1982)全面收录的矿物种数计,截至1980年全球已发现矿物种约2 650种。按照IMA CNMNC于2009年11月公布的矿物列表,当时已批准的有效矿物种共4 424个,由此推算,1980~

1999年20年间发现的新矿物总数可达1170余种。进入21世纪,在2000~2019年的20年间全球发现并经IMA CNMNC认可的新矿物种数达1 728个,其数量占全球已知矿物种总数的31%。总体上看,全球发现新矿物的数量呈阶段性上升趋势。特别需要强调的是,近十年(2010~2019年),新矿物工作的成就更为突出,全球共发现新矿物1 126种,亦即目前世界上已知独立矿物种总数的五分之一还多都是近十年发现的,这充分表明,科学技术的全面飞速发展,促进了近年来国际新矿物研究的突飞猛进。一直以来,重视发现和研究新矿物都是我国矿物学研究的特色(秦善等,2016),自1958年黄蕴慧先生发现我国第一个新矿物“香花石”以来,中国新矿物研究开始稳步发展,并在20世纪80年代迎来蓬勃发展(王濮和李国武,2014)。截止2019年底,在中国发现并报道的新矿物共计175种,其中有142种为IMA CNMNC正式批准的有效矿物种(表1,表2)。与全球新矿物研究的大好局面保持同步,本世纪(2000~2019年)我国新矿物研究也相对活跃,也取得了非常丰硕的成果,近二十年来在中国发现并经IMA CNMNC批准的有效矿物61种(包括后来撤销的1种),约占中国新矿物总数的40%,占全球同期发现新矿物总数的3.5%。近十年,我国新矿物工作再次迎来继上世纪80年代之后的又一个发展高潮,在中国发现的新矿物达42种之多。本文通过对本世纪我国新矿物研究新进展的综述,总结我国新矿物工作的成就和特点,为进一步推进我国新矿物的发现和研究工作提供参考、借鉴和启迪。

1 对上世纪中国新矿物种的修订

已有多位学者对在中国发现的新矿物资料进行过分阶段或分区域的整理和评述(张建洪和彭志忠,1981;李锡林,1989;周正和曹亚文,1997;张如柏,1998;张培善等,2000;Mandarino and de Fourestier, 2005;徐金沙等,2012;王濮和李国武,2014;范光等,2020)。笔者在此基础上查漏补缺,对上世纪在中国发现的新矿物资料进行了全面而系统的梳理,获知1958~1999年已报道的新矿物共达114种之多,其中获IMA CNMNC批准的独立矿物82种,其余32种已发表的具矿物名称的新矿物并非国际公认的有效独立矿物种(表1)。尽管如此,所有这些工作成果真实而全面地反映了中国新矿物工作的历程,都是值得载入史册的。新矿物研究工作由多方面的内容组成,除了发现和研究新矿

物、对新矿物进行命名和分类等主要工作外,通过对已存矿物的再研究并按照新确立的矿物分类命名方案对矿物进行重新定义、重新命名等修订也是非常重要的工作内容。

表 1 在中国发现的矿物种(1958~1999年)

Table 1 The mineral species discovered in China from 1958 to 1999

序号	英文名称	中文名称	化学式
1	Aeschnite-(Nd)	钕易解石	(Nd, Ln, Ca)(Ti, Nb) ₂ (O, OH) ₆
2	Anduoite	安多矿	RuAs ₂
3	Ankangite *	安康矿 *	Ba(Ti, V ³⁺ , Cr) ₈ O ₁₆
4	Antimonselite	硒锑矿	Sb ₂ Se ₃
5	Ashanite *	阿山矿 *	(Nb, Ta, U, Fe, Mn) ₄ O ₈
6	Bafertisite	钼铁钛石	Ba(Fe ²⁺ , Mn) ₂ TiOSi ₂ O ₇ (OH, F) ₂
7	Baiyuneboite-(Ce) *	白云鄂博矿 *	NaBaCe ₂ (CO ₃) ₄ F
8	Balipholite	纤钡锂石	LiBaMg ₂ Al ₃ (Si ₂ O ₆) ₂ (OH) ₈
9	Baotite	包头矿	Ba ₄ (Ti, Nb, W) ₈ O ₁₆ (SiO ₃) ₄ Cl
10	Caichengyunitite *	蔡承云石 *	Fe ₃ ²⁺ Al ₂ (SO ₄) ₆ ·30H ₂ O
11	Carboborite	水碳硼石	Ca ₂ Mg[B(OH) ₄] ₂ (CO ₃) ₂ ·4H ₂ O
12	Cebaite-(Ce)	氟碳铈钡石	Ba ₃ Ce ₂ (CO ₃) ₅ F ₂
13	Chaidamuite	柴达木石	ZnFe ³⁺ (SO ₄) ₂ (OH)·4H ₂ O
14	Changbaiite	长白矿	PbNb ₂ O ₆
15	Changchengite	长城矿	IrBiS
16	Chengdeite	承德矿	Ir ₃ Fe
17	Chiluite	赤路矿	Bi ₃ Te ⁶⁺ Mo ⁶⁺ O _{10.5}
18	Chrombismite	铬铋矿	Bi ₁₆ CrO ₂₇
19	Chromium	自然铬	Cr
20	Clinochalcomenite *	斜蓝硒铜矿 *	CuSeO ₃ ·2H ₂ O
21	Clinotyrolite *	单斜铜泡石 *	Ca ₂ Cu ₉ (AsO ₄) ₄ (SO ₄) _{0.5} (OH) ₉ ·9H ₂ O
22	D'Ansite *	氯镁芒硝(盐镁芒硝) *	Na ₂₁ Mg(SO ₄) ₁₀ Cl ₃
23	Damiaosite	大庙矿	PtIn ₂
24	Danbaite	丹巴矿	CuZn ₂
25	Daomanite	道马矿	CuPtAsS ₂
26	Daqingshanite-(Ce)	大青山矿	Sr ₃ CePO ₄ (CO ₃) ₃
27	Dayingite *	大营矿 *	Cu(Pt ³⁺ , Co ³⁺) ₂ S ₄
28	Diaoyudaoite	钓鱼岛石	NaAl ₁₁ O ₁₇
29	Erlianite	二连石	(Fe ²⁺) ₄ (Fe ³⁺) ₂ Si ₆ O ₁₅ (OH) ₈
30	Ertixiite	额尔齐斯石	Na ₂ Si ₄ O ₉
31	Fenglunite *	丰滦矿 *	Pd ₃ (As, Sb)
32	Fergusonite-(Ce)-β	褐铈铌石-β	(Ce, La, Nd)NbO ₄
33	Fergusonite-(Nd)-β	褐钕铌矿-β	(Nd, Ce)NbO ₄
34	Fluorannite	氟铁云母	K(Fe ²⁺) ₃ (Si ₃ Al)O ₁₀ F ₂
35	Furongite	芙蓉铀矿	Al ₂ (UO ₂)(PO ₄) ₂ (OH) ₂ ·20H ₂ O
36	Gananite	赣南矿	BiF ₃
37	Gaotaiite	高台矿	Ir ₃ Te ₈
38	Guanglinite *	广林矿 *	Pd ₁₁ Sb ₂ As ₂
39	Gugiaite	顾家石	Ca ₂ BeSi ₂ O ₇
40	Gupeiite	古北矿	Fe ₃ Si
41	Hexatestibiopanickelite *	六方碲铋钼镍矿 *	(Pd, Ni)(Sb, Te)

续表1

序号	英文名称	中文名称	化学式
42	Hingganite-(Y)	钇兴安石	BeYSiO ₄ (OH)
43	Hongquuite *	红旗矿 *	TiO
44	Hongshiite	红石矿	(Pt, Fe) Cu
45	Hoshiite *	河西石 *	NiMg(CO ₃) ₂
46	Hsianghualite	香花石	Li ₂ Ca ₃ Be ₃ (SiO ₄) ₃ F ₂
47	Huanghoite-(Ce)	黄河矿	BaCe(CO ₃) ₂ F
48	Hunchunite	琿春矿	Au ₂ Pb
49	Hungchaoite	章氏硼镁石	Mg(B ₄ O ₇) · 9H ₂ O
50	Hydroastrophyllite *	水星叶石 *	(H ₃ O, K, Ca) ₃ (Fe, Mn) ₅₋₆₅ Ti ₂ Si ₈ (O, OH) ₃₁
51	Hydrochlorborite	多水氯硼钙石	Ca ₄ B ₈ O ₁₅ Cl ₂ · 21H ₂ O
52	Hydrougrandite *	水钙榴石 *	(Ca, Mg, Fe ²⁺) ₃ (Fe ³⁺ , Al) ₂ [(OH) ₄ (SiO ₄) ₂]
53	Iridisite *	硫铱矿 *	(Ir, Cu, Rh, Ni, Pt) S ₂
54	Iridrhodruthenium *	铱铑钌矿 *	(Ru, Rh, Ir)
55	Jianshuiite	建水矿	(Mg, Mn) Mn ₃ O ₇ · 3H ₂ O
56	Jichengite	冀承矿	3CuIr ₂ S ₄ · (Ni, Fe) ₉ S ₈
57	Jinshajiangite	金沙江石	NaKCaBa(Fe ²⁺) ₆ Mn ₂ Ti ₄ (Si ₂ O ₇) ₄ O ₂ (OH) ₈ F ₂
58	Jixianite *	蓟县矿 *	Pb(W, Fe ³⁺) ₂ (O, OH) ₇
59	Laihunite	莱河矿	(Fe ³⁺ , Fe ²⁺ , □) ₂ SiO ₄
60	Leadamalgam	汞铅矿	Pb _{0.7} Hg _{0.3}
61	Liberite	锂铍石	Li ₂ BeSiO ₄
62	Lingaitukuang	磷钙钍矿	CaTh(PO ₄) ₂
63	Lishizhenite	李时珍石	Zn(Fe ³⁺) ₂ (SO ₄) ₄ · 14H ₂ O
64	Liujiynyinite	硫金银矿	Ag ₃ AuS ₂
65	Luanheite	滦河矿	Ag ₃ Hg
66	Lunjianlaite	绿泥间蜡石	Li _{0.7} Al _{6.2} (Si ₇ Al) ₂ (OH, O) ₁₀
67	Magbasite	硅镁钡石	KBaMg ₆ AlSi ₆ O ₂ F ₂
68	Magnesiophulsite	黑硼锡镁矿	(Mg, Fe ²⁺) ₂ (Fe ³⁺ , Sn, Mg) (BO ₃) O ₂
69	Magnesionigerite-2N1S	镁尼日利亚石-2N1S	(Mg, Al, Zn) ₂ (Al, Sn) ₆ O ₁₁ (OH)
70	Magnesionigerite-6N6S	镁尼日利亚石-6N6S	(Mg, Al, Zn) ₃ (Al, Sn, Fe) ₈ O ₁₅ (OH)
71	Malanite	马兰矿	CuPt ₂ S ₄
72	Mayingite	马营矿	IrBiTe
73	Mengxianminite (of Huang et al.) *	孟宪民石(黄蕴慧等) *	(Ca, Na) ₃ (Fe, Mn) ₂ Mg ₂ (Sn, Zn) ₅ Al ₈ O ₂₉
74	Mongshanite *	蒙山矿 *	(Mg, Cr, Fe ²⁺) ₂ (Ti, Zr) ₅ O ₁₂
75	Muchuanite *	沐川矿 *	MoS ₂ · nH ₂ O
76	Nanlingite	南岭石	Na(Ca ₅ Li) Mg ₁₂ (AsO ₃) ₂ [Fe ²⁺ (AsO ₃) ₆] F ₁₄
77	Nanpingite	南平石	CsAl ₂ (Si ₃ Al) O ₁₀ OH) ₂
78	Natrobistantite *	铋细晶石 *	(Na, Cs) Bi(Ta, Nb, Sb) ₄ O ₁₂
79	Omeiite	峨眉矿	OsAs ₂
80	Orthobrannerite	斜方钦铀矿	U ⁴⁺ U ⁶⁺ Ti ₄ O ₁₂ (OH) ₂
81	Parisite-(Nd) *	氟碳钙铈矿 *	Ca(Nd, Ce, La) ₂ (CO ₃) ₃ F ₂
82	Pingguite	平谷矿	Bi ₆ Te ₂ ⁴⁺ O ₁₃
83	Qilianshanite	祁连山石	NaHCO ₃ · H ₃ BO ₃ · 2H ₂ O
84	Qingheiite	青河石	Na ₂ MnMgAl(PO ₄) ₃
85	Qitianlingite	骑田岭矿	Fe ₂ ²⁺ Nb ₂ W ⁶⁺ O ₁₀
86	Ruarsite	硫砷钨矿	RuAsS

续表1

序号	英文名称	中文名称	化学式
87	Shuangfengite	双峰矿	IrTe_2
88	Suolunite	索伦石	$\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_2\cdot\text{H}_2\text{O}$
89	Taiyite [*]	钛钇矿 [*]	$(\text{Y},\text{Ln},\text{Ca},\text{Th})(\text{Ti},\text{Nb})_2(\text{O},\text{OH})_6$
90	Tengchongite	腾冲铀矿	$\text{Ca}(\text{UO}_2)_6(\text{MoO}_4)_2\text{O}_5\cdot 12\text{H}_2\text{O}$
91	Testibiopalladite [*]	等轴碲铋钯矿 [*]	$\text{PdTe}(\text{Sb},\text{Te})$
92	Tetra-auricupride	四方铜金矿	CuAu
93	Tongbaite	桐柏矿	Cr_3C_2
94	Tongxinite [*]	铜锌矿 [*]	Cu_2Zn
95	Trigonomagneborite [*]	三方硼镁石 [*]	$\text{MgO}\cdot 3\text{B}_2\text{O}_3\cdot 7\cdot 5\text{H}_2\text{O}$
96	Weishanite	围山矿	$(\text{Au},\text{Ag})_{1.2}\text{Hg}_{0.8}$
97	Xiangjiangite	湘江铀矿	$\text{Fe}^{3+}(\text{UO}_2)_4(\text{PO}_4)_2(\text{SO}_4)_2(\text{OH})\cdot 22\text{H}_2\text{O}$
98	Xifengite	喜峰矿	Fe_5Si_3
99	Xilingolite	锡林郭勒矿	$\text{Pb}_3\text{Bi}_2\text{S}_6$
100	Ximengite	西盟石	BiPO_4
101	Xingzhongite	兴中矿	$\text{Pb}^{2+}\text{Ir}_2^{3+}\text{S}_4$
102	Xitieshanite	锡铁山石	$\text{Fe}^{3+}\text{SO}_4\text{Cl}\cdot 6\text{H}_2\text{O}$
103	Yanzhongite [*]	燕中矿 [*]	PdTe
104	Yimengite	沂蒙矿	$\text{K}(\text{Cr},\text{Ti},\text{Fe},\text{Mg})_{12}\text{O}_{19}$
105	Yingjiangite	盈江铀矿	$\text{K}_2\text{Ca}(\text{UO}_2)_7(\text{PO}_4)_4(\text{OH})_6\cdot 6\text{H}_2\text{O}$
106	Yixunite	伊逊矿	Pt_3In
107	Yuanfuliite	袁复礼石	$\text{Mg}(\text{Fe}^{3+},\text{Fe}^{2+},\text{Al},\text{Ti},\text{Mg})(\text{BO}_3)\text{O}$
108	Yuanjiangite	沅江矿	AuSn
109	Zabuyelite	扎布耶石	Li_2CO_3
110	Zhanghengite	张衡矿	CuZn
111	Zhonghuacerite-(Ce) [*]	中华铈矿 [*]	$\text{Ba}_2\text{Ce}(\text{CO}_3)_3\text{F}$
112	Zincobotryogen [*]	锌赤铁矾 [*]	$\text{ZnFe}^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH})\cdot 7\text{H}_2\text{O}$
113	Zincocopiapite	锌叶绿矾	$\text{Zn}(\text{Fe}^{3+})_4(\text{SO}_4)_6(\text{OH})_2\cdot 7\text{H}_2\text{O}$
114	Zincovoltait	锌绿钾铁矾	$\text{K}_2\text{Zn}_5(\text{Fe}^{3+})\text{Al}(\text{SO}_4)_{12}\cdot 18\text{H}_2\text{O}$

注:“^{*}”表示为以下三种情况之一:①从未提交 IMA CNMMN;②已提交但未获 IMA CNMMN 批准;③曾经获 IMA CNMMN 批准,但后来又 被否定。按矿物英文名称字母排序。

根据 IMA CNMMN 关于确定新矿物种的原则,一个矿物种主要以其化学组成和结晶学性质为基础加以确定,新矿物种的化学组成和/或结晶学性质与任何已存在的矿物种应有明显不同。一种新矿物及其名称被以文献的形式正式发表之前,须事先获得 CNMMN 的批准(Nickel and Mandarino, 1987)。过去我国关于新矿物的发表并未严格按照 IMA CNMMN 的原则执行,因此在一定程度上造成一些关于中国新矿物的模糊认识,非常有必要予以澄清并修正。上世纪在中国发现并报道的 114 种新矿物中只有 82 种获得 IMA CNMMN 的正式批准,有 14 种未提交 IMA CNMMN 或已提交但未获正式批准;有 15 种已发表的新矿物虽提交 IMA CNMMN 但最终被否定;有 3 种因研究数据不全当年未获 IMA

CNMMN 批准,后经进一步补充研究后于本世纪最终获得正式批准;还有 3 个有效矿物种根据 IMA CNMNC 新颁布的相关矿物(超)族分类命名方案进行了重命名。具体情况如下。

(1)已公开发表但未提交 IMA CNMMN 批准的矿物 14 种(其中部分可能是有效矿物种):

三方硼镁石(Trigonomagneborite),1964 年发现于青海省海西自治州大柴旦盐湖,正式发表于 1965 年(曲一华等,1965),未提交 IMA CNMMN。因为先期发现于美国加利福尼亚州 Furnace Creek 硼酸盐矿区的相同矿物种已被命名为 Mcallisterite(三方硼镁石),并且该新矿物及名称已于 1963 年先获得 IMA CNMMN 的正式批准,故“Trigonomagneborite”只是算“Mcallisterite”的同义词,而非有效矿物种名。

六方碲铋钼矿 (Hexatestibiopanickelite), 发现于中国西南地区某地 (可能是四川杨柳坪), 未提交 IMA CNMMN 先行发表 (於祖相等, 1974)。可能为有效矿物种。

水星叶石 (Hydroastrophyllite), 最早发现于中国四川, 未提交 IMA CNMMN 批准先行发表 (湖北地质学院 X 光实验室, 1974)。可能为有效矿物种。

钛钇矿 (Taiyite), 1970 年发现于某燕山期富钇族稀土矿床的中粒白云母化花岗岩及其风化壳中, 未提交 IMA CNMMN 批准即先作为新矿物种发表 (齐玲仪, 1974)。但钛钇矿的成分和结构均与 1879 年已发表的古老矿物 Aeschynite-(Y) (钇易解石) 相同, 并非有效的新矿物种。

等轴碲铋钼矿 (Testibiopalladite), 发现于四川丹巴地区杨柳坪铜镍铂矿床, 未提交 IMA CNMMN 批准即先行发表 (中国科学院贵阳地球化学研究所, 铂矿研究组, 电子探针分析组, X 射线粉晶分析组, 选矿组, 1974)。可能为有效矿物种。

氯镁芒硝 (D'Ansite), 天然氯镁芒硝 (盐镁芒硝) 最早发现于我国某地早第三纪陆相含盐岩系中, 但研究资料未提交 IMA CNMMN 批准即先行发表 (曲懿华等, 1975)。目前 IMA CNMMN 认可的氯镁芒硝模式标本产地位于奥地利。

磷钙钍矿 (Lingaitukuang), 发现于新疆可可托海 3# 稀有金属花岗伟晶岩, 1978 年未经 IMA CNMMN 批准先发表 (王贤觉, 1978)。同年产于纳米比亚 Brabant 伟晶岩中的相同矿物获得 IMA CNMMN 批准, 矿物定名为 Brabantite, 2007 年 Brabantite 被 IMA CNMNC 重命名为 Cheralite (Linthout, 2007)。目前 Brabantite 为否定矿物种名, Lingaitukuang 算作 Brabantite (磷钙钍矿) 的同义词。

斜蓝硒铜矿 (Clinochalcomenite), 发现于中国甘肃, 未经 IMA CNMMN 批准即已先行发表 (Lo et al., 1980, 1984)。可能为有效矿物种。

中华铈矿 [Zhonghuacerite-(Ce)], 发现于内蒙古白云鄂博矿区西矿, 未提交 IMA CNMMN 批准即已先行发表 (张培善和陶克捷, 1981), 但发表后一直被国际矿物种词汇收录 (Fleischer, 1983; Fleischer and Mandarino, 1995), 后来被 IMA CNMMN 撤销, 将其划归为否定矿物种, 原因是认为原样品可能相当于“黄河矿 [Huanghoite-(Ce)]”或者是“库氟碳铈钼石 [Kukharenkoite-(Ce)]”。

沐川矿 (Muchuanite), 发现于四川省沐川县某地的黑色含钼砂岩层中, 未经 IMA CNMMN 批准先正式发表 (张如柏等, 1981)。但经进一步研究确定

其为辉钼矿和胶辉钼矿的混合物, 并非有效新矿物种 (Fleischer et al., 1982; Fejer and Hey, 1984)。

铜锌矿 (Tongxinite), 1981 年发现于西藏玉龙和马拉松多斑岩铜钼矿床, 1995 年发现于四川若尔盖巴西金矿床, 未提交 IMA CNMMN 批准已先行发表 (帅德权等, 1998; 罗梅和王月文, 1999)。可能是一种有效新矿物种。

氟碳钙钼矿 [Parisite-(Nd)], 发现于内蒙古白云鄂博矿床, 未提交 IMA CNMMN 即先行发表 (张培善和陶克捷, 1986)。但可能为有效矿物种。

硅钴锌矿 (Xingshaoite), 发现于湖南省邵阳市新邵县高家坳卡林型金矿床的氧化带中, 其 CoO 含量高达 25.4%, 为硅锌石 (Willemite, Zn_2SiO_4) 的富钴新变种 (郑钰纯和黄振恒, 1989), 而非一种有效新矿物种。

蔡承云石 (Caichengyunite), 发现于四川省会东县龙树村附近铅锌矿氧化带中, 未提交 IMA CNMMN 即先行发表 (张如柏等, 2002)。但可能为有效矿物种。

(2) 已公开发表并提交 IMA CNMNC 而被拒绝或否定的矿物 15 种:

河西石 (Hoshiite), 20 世纪 60 年代发现于甘肃某地超基性岩铜镍硫化物矿床氧化带露头中, 作为新矿物先行发表 (於祖相等, 1964), 但后经进一步研究确定为富 Ni 的菱镁矿变种, 为 IMA CNMNC 认定的否定矿物种 (Burke, 2006)。

水钙榴石 (Hydrougrandite), 20 世纪 60 年代发现于内蒙小松山橄榄岩中, 作为新矿物先行发表 (曹荣龙, 1964), 但后经进一步研究确定为富 H_2O 的钙榴石变种, 为 IMA CNMNC 认定的否定矿物种。

大营矿 (Dayingite), 上世纪 70 年代发现于某含铂基性-超基性岩体中 (於祖相等, 1974), 后经进一步工作, 确认其为马兰矿的富 Co 新变种 (於祖相等, 1981), 被 IMA CNMMN 否定。

丰滦矿 (Fengluanite), 20 世纪 70 年代发现于河北承德红石砬铂钼矿床 (红区) 和三道村附近含铂基性-超基性岩体 (道区) (於祖相等, 1974), 但因化学式和晶体结构方面有误, 被 IMA CNMMN 否定。后确定其为富 Sb 的等轴碲铋钼矿变种 (施倪承等, 1978)。

广林矿 (Guanglinite), 20 世纪 70 年代发现于河北承德红石砬铂钼矿床 (红区) 和三道村附近含铂基性-超基性岩体 (道区) (於祖相等, 1974), 但从化学成分到结构都等同于等轴碲铋钼矿 (彭志忠等, 1978), 被 IMA CNMMN 否定。

红旗矿(Hongquuite),20世纪70年代发现于河北丰宁三道村附近含铂基性-超基性岩体(道区)(於祖相等,1974),但因化学成分与X射线粉晶衍射资料相矛盾(彭志忠等,1978),被IMA CNMMN否定。

蓟县矿(Jixianite),首次发现于天津市蓟县盘山沿河钨矿床的蓟县矿发表于1979年(刘建昌,1979),但由于缺乏充分的晶体结构研究,无法确定蓟县矿晶体结构中Y位的主导负离子,IMA CNMMN一直将其定为存疑矿物种。按照IMA CNMNC新颁布的烧绿石超族矿物命名方案(Atencio et al., 2010; Christy and Atencio, 2013),确定为否定矿物种,原样品应为水空钨石族矿物的一种变种。

硫金银矿(Liujinyinite),先后发现于安徽、广东和甘肃的含金石英脉、矽卡岩型铜矿床和黄铁矿型多金属矿床中,未经IMA CNMMN批准先行发表(陈振玠等,1979;魏明秀,1981),但新矿物申请因资料不够充分而被IMA CNMMN拒绝。蔡长金(1986)经研究认为Liujinyinite与1977年IMA CNMNC已批准的有效矿物种Uytenbogaardtite(Ag_3AuS_2)是同一种矿物。

蒙山矿(Mongshanite),1979年发现于山东临沂沂蒙山金伯利岩中,未经IMA CNMMN批准先作为新矿物发表(周剑雄等,1984;陆琦和彭志忠,1987)。但Mongshanite从成分到结构均与1982年IMA CNMMN已批准的矿物Mathiasite(Haggerty et al., 1983)相同,故Mongshanite只能算作Mathiasite的同义词。

阿山矿(Ashanite),发现于新疆伊犁自治州阿勒泰地区富蕴县可可托海伟晶岩区,首次发表于1980年(张如柏等,1980),一直为有争议的存疑矿物,1996年被IMA CNMMN撤销,为否定矿物种(沈敢富,1998)。

铋细晶石(Natrobistantite),发现于新疆阿勒泰地区富蕴县可可托海伟晶岩区,首次发表于1983年(Voloshin et al., 1983),按照IMA CNMNC新颁布的烧绿石超族矿物命名方案(Atencio et al., 2010),确定铋细晶石为细晶石族中主导元素为零价矿物的一种变种,属于否定矿物种。

安康矿[Ankangite, $\text{Ba}(\text{Ti}, \text{V}^{3+}, \text{Cr})_8\text{O}_{16}$],发现于陕西省石梯重晶石矿床,1986年经IMA CNMMN批准为有效矿物种(熊明等,1988)。但按照2011年IMA CNMNC批准的关于锰钨矿超族(Hollandite Supergroup)命名方案的修订建议IMA 11-F(Wil-

liams et al., 2012a),安康矿被认定为否定矿物种,原样品相当于钡钒钛石[Mannardite, $\text{Ba}_x\text{Ti}_{8-2x}\text{V}_{2x}\text{O}_{16} \cdot (2-x)\text{H}_2\text{O}$]的无水变种;

白云鄂博矿[Baiyuneboite-(Ce)],发现于内蒙古白云鄂博稀土铁矿西矿白云岩中或东矿钠辉石型矿石中。1986年获IMA CNMMN批准,1987年正式发表(傅平秋等,1987;傅平秋和苏贤泽,1987)。但1998年因Cordylite-(Ce)(氟碳钽钨石)被重新定义(沈今川和宓锦校,1992;Giester et al., 1998),而“白云鄂博矿”因与重新定义的Cordylite-(Ce)等同而被IMA CNMMN否定。Baiyuneboite-(Ce)现算作Cordylite-(Ce)的同义词。

铱铈钨矿(Iridrhodruthenium),发现于我国藏北某超基性岩铬矿中,未经IMA CNMMN批准先发表(毛水和和周学粹,1989)。后经进一步研究确定其为富Ir-Rh的自然钨变种,属于否定矿物种(Jambor and Vanko, 1991)

硫铁矿(Iridisite),发现于河北承德高寺台Cr-PGE矿床(高区)和武烈河砂矿中(於祖相,1995,1997)。因研究资料不足,新矿物申请被IMA CNMMN拒绝。

(3)早年已有报道但因数据不全当时未获IMA CNMMN批准,本世纪经进一步研究终获正式批准的新矿物3种:

锌赤铁矾(Zincobotryogen),是1964年报道的在青海省锡铁山铅锌矿发现的一种新矿物(涂光炽等,1964),但当年因为需要进一步补充研究数据一直未通过IMA CNMMN的批准,直到2016年经杨主明等进一步研究并申报,才获IMA CNMNC正式批准(Yang et al., 2017)。

富铜泡石(Tangdanite),为1980年报道的一种新矿物,当时命名为“Clinotyrolite”(单斜铜泡石)(马喆生等,1980),但因未获得晶体结构数据,当时并未得到IMA CNMMN的批准。2012年基于对原样品的精细研究数据,最终被IMA CNMNC正式批准为有效矿物种。新矿物申报最初的英文名为“Fuxiaotuite”(de Fourestier et al., 2012),后经IMA CNMNC建议以该矿物模式标本产地(云南东川铜矿汤丹矿)地名命名为“Tangdanite”,中文名称保留原词根“铜泡石”,命名为富铜泡石(李国武等,2014;Ma et al., 2014)。

孟宪民石(Mengxianminite),1986年黄蕴慧等报道的“孟宪民石”产于湖南省郴州市临武县香花岭矽卡岩中,是一种含锡和铝的复杂氧化物类新矿物(Huang et al., 1986;黄蕴慧等,1988),但当时

因为数据缺失并未获得 IMA CNMMN 的正式批准。2015 年饶灿等在相同产地发现相似矿物,经研究确定为自然界首次发现的含铍和锡的天然硼酸盐新矿物种,并具全新的晶体结构,命名为 Mengxian-minite (孟宪民石),该矿物及其名称均获得到 IMA CNMNC 的正式批准(Rao et al. , 2017)。

(4)重命名矿物 3 种:

羟硅铍钇铈矿 (Yttroceberysite),1981 年发现于黑龙江省大兴安岭地区某花岗斑岩型稀有金属矿床中的一种富铈和铍的硅酸盐类新矿物 (丁孝石等,1981)。1984 年发现者根据 IMA CNMMN 的建议按新矿物产地地名重新将其命名为兴安石 (Hingganite)(丁孝石等, 1984)。后来按照 IMA CNMMN 关于矿物命名的原则 (Nickel and Mandarino, 1987),重新定名为“Hingganite-(Y)”,中文译名“钇兴安石”。该矿物名称 2007 年获得 IMA CNMNC 批准。

彭志忠石-6*H*(Pengzhizhongite-6*H*)是 1989 年由陈敬中等在湖南省益阳市安化县白钨矿区发现的一种新矿物 (陈敬中等,1989)。2002 年按照 IMA CNMMN 批准的尼日利亚石族矿物命名新方案 (Armbruster, 2002),将彭志忠石-6*H*(Pengzhizhongite-6*H*)重新命名为镁尼日利亚石-2*N*1*S*(Magnesionigerite-2*N*1*S*)。

彭志忠石-24*R*(Pengzhizhongite-24*R*)是 1989 年

由陈敬中等在湖南省益阳市安化县白钨矿区发现的又一种新矿物 (陈敬中等, 1989)。2002 年按照 IMA CNMMN 批准的尼日利亚石族矿物命名新方案 (Armbruster, 2002),将彭志忠石-24*R*(Pengzhizhongite-24*R*)重新命名为镁尼日利亚石-6*N*6*S*(Magnesionigerite-6*N*6*S*)。

此外,还有产地分别为俄罗斯和加拿大的 3 种新矿物镁星叶石 (Magnesioastrophyllite)、钡闪叶石 (Barytolamprophyllite) 和氟铈硅磷灰石 [Fluorbriholite-(Ce)]是由中国学者主导鉴定的 (彭志忠和马喆生, 1963; 彭志忠等, 1983; Gu et al. , 1994)。

2 本世纪在中国发现的新矿物

据统计,本世纪 (2000~2019 年)以来在中国发现并经 IMA CNMNC 批准的有效独立矿物种为 61 种,详见表 2。需要指出的是,这 61 个有效矿物种中后来有 1 种被撤销,即碲硫银锡矿 (Tellurocanfieldite),又名八家子矿 (Bajiazite),是 2012 年批准的一种新矿物,后来根据其单晶结构分析结果确定其实际上是富碲的硫银锡矿变种,而非有效矿物种,故撤销批准。因此,截止 2019 年底,在中国已发现并报道的新矿物共 175 种,其中未提交、未批准或批准后被撤销的矿物共计 33 种,为 IMA CNMNC 正式批准的有效矿物种 142 种。

表 2 在中国发现的新矿物种 (2000~2019 年)
Table 2 The new mineral species discovered in China from 2000 to 2019

序号	英文名	中文名	化学式	产地和产状	主要发现者	参考文献
1	Lingunite	玲根石	NaAlSi ₃ O ₈	江苏省泰州市高港区寺巷镇寺巷口陨石	Gillet P (瑞士), 陈鸣, Dubrovinsky L (德)等	Gillet 等 (2000)
2	Lanmuchangite	铊明矾	Tl ⁺ Al(SO ₄) ₂ ·12H ₂ O	贵州省兴仁县回龙镇滥木厂铊 (汞) 矿床	陈代演, 王冠鑫, 邹振西等	陈代演等 (2001)
3	Hubeite	湖北石	Ca ₂ Mn ²⁺ Fe ³⁺ Si ₄ O ₁₂ (OH)·2H ₂ O	湖北省黄石市大冶铁矿	Hawthorne FC (加), Cooper MA (加), Grice JD (加)等	Hawthorne 等 (2002)
4	Fluoro-nyböite	氟尼伯闪石	NaNa ₂ (Mg ₃ Al ₂)(AlSi ₇ O ₂₂)(F, OH) ₂	江苏省连云港市东海县苏鲁柯石英-榴辉岩带	Oberti R, Boiocchi M, Smith D C (意)	Oberti 等 (2003)
5	Tuite	涂氏磷钙石	Ca ₃ (PO ₄) ₂	湖北省大堰坡乡随州 L6 球粒陨石	谢先德, Minitti ME (美), 陈鸣等	Xie 等 (2003); 谢先德等 (2003)
6	Zincospiroffite	碲锌石	Zn ₂ Te ₃ O ₈	河北省张家口市水泉沟杂岩体东坪金矿中山沟矿床	张佩华, 朱金初, 赵振华等	Zhang 等 (2004)
7	Maoniupingite-(Ce)	牦牛坪矿 (Ce)	(Ce,Ca) ₄ (Fe ³⁺ ,Ti,Fe ²⁺ ,□)](Ti,Fe ³⁺ ,Fe ²⁺ ,Nb) ₄ Si ₄ O ₂₂	四川省冕宁县牦牛坪稀土矿床	沈敢富, 杨光明, 徐金沙	沈敢富等 (2005)

续表2

序号	英文名	中文名	化学式	产地和产状	主要发现者	参考文献
8	Luobusaite	罗布莎矿	$\text{Fe}_{0.84}\text{Si}_2$	西藏曲松县罗布莎铬铁矿区	白文吉, 施倪承, 方青松等	白文吉等(2006)
9	Fluoro-alumino-magnesiottaramite	氟绿闪石	$\{ \text{Na} \} \{ \text{CaNa} \} \{ \text{Mg}_3\text{Al}_2 \} (\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{22})\text{F}_2$	江苏省连云港市东海县苏鲁柯石英-榴辉岩带	Oberti R (意), Boiocchi M (意), Smith D C(法)等	Oberti 等(2007)
10	Ottensite	水 氧 硫 锑 钠石	$\text{Na}_3(\text{Sb}_2\text{O}_3)_3(\text{SbS}_3) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	贵州省黔西南州大厂锑矿田晴隆矿氧化带	Sejkora J (捷), Hyršl J(捷)	Sejkora 和 Hyršl(2007)
11	Chenguodaite	陈国达矿	$\text{Ag}_9\text{FeTe}_2\text{S}_4$	山东省烟台市招远埠南金矿	谷 湘 平, Watanabe Makoto (日), 谢先德等	谷湘平等(2008)
12	Dingdaohengite-(Ce)	丁道衡矿	$(\text{Ce}, \text{La})_4\text{Fe}^{2+}(\text{Ti}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})_2\text{Ti}_2\text{Si}_4\text{O}_{22}$	内蒙古白云鄂博稀土铁矿	徐金沙, 杨光明, 李国武等	Xu 等(2008);徐金沙等(2008);李国武等(2005)
13	Xieite	谢氏超晶石	FeCr_2O_4	湖北省大堰坡乡随州L6 球粒陨石	陈鸣, 束今赋, 毛河光	陈鸣等(2008)
14	Zhangpeishanite	张培善石	BaFCl	内蒙古白云鄂博稀土铁矿东矿	Shimazaki H (日), Miyawaki R (日), Yokoyama K(日)等	Shimazaki 等(2008)
15	Lisiguangite	李四光矿	CuPtBiS_3	河北省承德市滦平县三道村石榴石辉石岩体含铂钴铜硫化物脉	於祖相, 陈方远, 马宏伟	Yu 等(2009); Yu 和 Wang (2017)
16	Qusongite	曲松矿	WC	西藏山南地区曲松县罗布莎蛇绿岩铬铁矿区	方青松, 白文吉, 杨经绥等	Fang 等(2009)
17	Yarlongite	雅鲁矿	$\text{Cr}_4\text{Fe}_4\text{NiC}_4$	西藏山南地区曲松县罗布莎蛇绿岩铬铁矿区	施倪承, 白文吉, 李国武等	施倪承等(2009)
18	Zangboite	藏布矿	TiFeSi_2	西藏山南地区曲松县罗布莎蛇绿岩铬铁矿区	李国武, 方青松, 施倪承等	Li 等(2009)
19	Fluorokinoshitalite	氟木下云母	$\text{BaMg}_3(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})\text{F}_2$	31 矿体 内蒙古白云鄂博稀土铁矿东矿	Miyawaki R (日), Shimazaki H (日), Shigeoka M(日)等	Miyawaki 等(2011a);张培善和王中刚(2013)
20	Fluorotetraferri-phlogopite	氟铁金云母	$\text{KMg}_3(\text{Fe}^{3+}\text{Si}_3\text{O}_{10})\text{F}_2$	内蒙古白云鄂博稀土铁矿东矿	Miyawaki R (日), Shimazaki H (日), Shigeoka M(日)等	Miyawaki 等(2011a);张培善和王中刚(2013)
21	Yangzhumingite	杨主明云母	$\text{KMg}_{2.5}(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{F}_2$	内蒙古白云鄂博稀土铁矿东矿区	Miyawaki R (日), Shimazaki H (日), Shigeoka M(日)等	Miyawaki 等(2011b)
22	Ferrotlaaffeite-2 N'2S	铁 塔 菲 石-2 N'2S	$\text{Be}(\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Zn})_3\text{Al}_8\text{O}_{16}$	湖南省郴州市临武县香花岭锡多金属矿床	杨主明, 丁奎首, Jeffrey de Fourestier (加)等	Yang 等(2012a)
23	Hanjiangite	汉江石	$\text{Ba}_2\text{CaV}^{3+}\text{Al}(\text{H}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{12})(\text{CO}_3)_2\text{F}$	陕西省安康市大巴山地区石梯重晶石矿区	刘家军, 李国武, 毛萼等	Liu 等(2012);刘家军等(2012)
24	Hezuolinite	何作霖矿	$(\text{Sr}, \text{REE})_4\text{Zr}(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})_4(\text{Si}_2\text{O}_7)_2\text{O}_8$	辽宁省凤城市赛马碱性侵入岩体	杨主明, 丁奎首, Giester G(奥)等	Yang 等(2012b)
25	Linzhiite	林芝矿	FeSi_2	西藏山南地区曲松县罗布莎蛇绿岩铬铁矿区	李国武, 白文吉, 施倪承等	Li 等(2012);李国武等(2015)
26	Naquite	那曲矿	FeSi	31 矿体 西藏山南地区曲松县罗布莎蛇绿岩铬铁矿区	施倪承, 李国武, 白文吉等	Shi 等(2012);李国武等(2015)
				31 矿体		

续表2

序号	英文名	中文名	化学式	产地和产状	主要发现者	参考文献
27	Tellurocanfieldite *	碲硫银锡矿 *	$\text{Ag}_8\text{Sn}(\text{S}, \text{Te})_6$	辽宁省建昌县八家子铅 锌矿床	谷 湘 平, 谢 先 德, 鲁安怀等	Gu 等(2012)
28	Ferrisepiolite	铁海泡石	$(\text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg})_4 [(\text{Si}, \text{Fe}^{3+})_6\text{O}_{15}](\text{O}, \text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	青海省兴海县赛什塘矽 卡岩铜矿床	谷 湘 平, 谢 先 德, 吴湘滨等	Gu 等(2013)
29	Luanshiweiite-2M1	栾锂云母	$\text{KLiAl}_{1.5}\square_{0.5}(\text{Si}_{3.5}\text{Al}_{0.5})\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{F})_2$	河南省卢氏县官坡镇 309#伟晶岩脉	范 光, 李 国 武, 沈 敢富等	范光等(2013)
30	Titanium	自然钛	Ti	西藏山南地区曲松县罗 布莎蛇绿岩铬铁矿区 31 矿体	方 青 松, 白 文 吉, 杨经绥等	Fang 等(2013); 李 国武等(2015)
31	Hydroxycalcio-pyrochlore	羟钙烧绿石	$(\text{Ca}, \text{Na}, \text{U}, \square)_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6(\text{OH})$	四川省冕宁县牦牛坪稀 土矿床	杨 光 明, 李 国 武, 熊明等	Yang 等(2014)
32	Qingsongite	青松石	BN	西藏罗布莎蛇绿岩中 31#铬铁矿矿床	Dobrzhinetskaya L F (美), Wirth R (德), 杨经绥等	Dobrzhinetskaya 等 (2014)
33	Strontiohurlbutite	磷铍铍石	$\text{SrBe}_2(\text{PO}_4)_2$	福建省南平伟晶岩区 31#伟晶岩	饶 灿, 王 汝 成, 谷 湘平等	Rao 等(2014)
34	Tangdanite	富铜泡石	$\text{Ca}_2\text{Cu}_9(\text{AsO}_4)_4(\text{SO}_4)_{0.5}(\text{OH})_9 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	云南省东川铜矿汤丹和 滥泥坪矿	Jeffrey de Fourestier (加), 李 国 武, Glenn Poirier(加)等	Ma 等(2014); 李 国武等(2014)
35	Minjiangite	闽江石	$\text{BaBe}_2(\text{PO}_4)_2$	福建省南平伟晶岩区 31#伟晶岩	饶 灿, Hatert F (比利 时), 王汝成等	Rao 等(2015)
36	Fluorealciopyrochlore	氟钙烧绿石	$(\text{Ca}, \text{Na})_2(\text{Nb}, \text{Ti})_2\text{O}_6\text{F}$	内蒙古白云鄂博稀土 铁矿	李 国 武, 杨 光 明, 吕福德等	Li 等(2016)
37	Fluornatropyrochlore	氟钠烧绿石	$(\text{Na}, \text{Pb}, \text{Ca}, \text{REE}, \text{U})_2\text{Nb}_2\text{O}_6\text{F}$	新疆阿克苏地区波孜果 尔稀土矿床的碱性侵入 花岗岩	尹 京 武, 李 国 武, 杨光明等	尹京武等(2016)
38	Oxynatromicrolite	氧钠细晶石	$(\text{Na}, \text{Ca}, \text{U})_2(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6(\text{O}, \text{F})$	河南省卢氏县官坡镇 309#伟晶岩脉	范 光, 葛 祥 坤, 李 国武等	Fan 等(2017)
39	Fengchengite	凤城石	$\text{Na}_{12}\square_3(\text{Ca}, \text{Sr})_6\text{Fe}_3^{3+}\text{Zr}_3\text{Si}(\text{Si}_{25}\text{O}_{73})(\text{H}_2\text{O}, \text{OH})_3(\text{OH}, \text{Cl})_2$	辽宁省凤城市赛马钠质 碱性正长岩	沈 敢 富, 徐 金 莎, 姚鹏等	沈敢富等(2017)
40	Hemleyite	三方铁辉石	$(\text{Fe}_{0.48}^{2+}\text{Mg}_{0.37}\text{Ca}_{0.04}\text{Na}_{0.04}\text{Mn}_{0.03}^{2+}\text{Al}_{0.03}\text{Cr}_{0.01}^{3+})_{1.00}\text{Si}_{1.00}\text{O}_3$	湖北省大堰坡乡随州 L6 球粒陨石未熔主 体中	Bindi L(意), 陈鸣, 谢先德等	Bindi 等(2017)
41	Hongheite	红河石	$\text{Ca}_{19}\text{Fe}^{2+}\text{Al}_4(\text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al})_8(\square, \text{B})_4\text{BSi}_{18}\text{O}_{69}(\text{O}, \text{OH})_9$	云南省个旧锡多金属矿 东北马拉革矽卡岩矿床 的白山冲花岗岩	徐 金 沙, 李 国 武, 范光等	徐金沙等(2019)
42	Mengxianminite	孟宪民石	$(\text{Ca}, \text{Na})_2\text{Sn}_2(\text{Mg}, \text{Fe})_3\text{Al}_8[(\text{BO}_3)(\text{BeO}_4)\text{O}_6]_2$	湖南省郴州市临武县香 花岭锡多金属矿床	饶 灿, Hatert F (比利 时), Dal Bo F(比利 时)等	Rao 等(2017)
43	Mianningite	冕宁铀矿	$(\square, \text{Pb}, \text{Ca})\text{UFe}_2^{2+}(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+})_6\text{Ti}_{12}\text{O}_{38}$	四川省冕宁县牦牛坪稀 土矿附近的包子山煌斑 岩破碎带	葛 祥 坤, 范 光, 李 国武等	Ge 等(2017); 葛祥 坤等(2018)
44	Wuyanzhiite	吴延之矿	Cu_2S	湖南省衡阳市长宁县柏 坊铜矿	谷 湘 平, Shi X, 杨 和雄(美)等	Gu 等(2017)
45	Zincobotryogen	锌赤铁矾	$\text{ZnFe}^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	青海省锡铁山铅锌矿床 的氧化带	杨 主 明, Gerald Gi-ester(奥地利), 毛 萼等	Yang 等(2017); 杨 主明等(2017)

续表2

序号	英文名	中文名	化学式	产地和产状	主要发现者	参考文献
46	Maohokite	毛河光矿	MgFe ₂ O ₄	辽东半岛的岫岩陨石坑	陈鸣,束今赋,谢先德等	Chen 等(2019)
47	Shenzhuangite	沈庄硫铁镍矿	NiFeS ₂	湖北省大堰坡乡随州 L6 球粒陨石	Bindi L(意)和谢先德	Bindi 和 Xie (2018)
48	Wumuite	乌木石	KAl _{0.33} W _{2.67} O ₉	云南省丽江市华坪县南阳村半风化石英二长岩	李国武,薛源	Li 和 Xue (2018)
49	Zinconigerite-2N1S	锌尼日利亚石-2N1S	(Zn, Al, Mg) ₂ (Al, Sn) ₆ O ₁₁ (OH)	湖南省郴州市临武县香花岭锡多金属矿床	饶灿,王汝成,谷湘平等	Rao 等(2018)
50	Asimowite	阿铁橄榄石	Fe ₂ SiO ₄	湖北省大堰坡乡随州 L6 球粒陨石	Bindi L(意), Brenker F E(德), Nestola F(意)等	Bindi 等(2019)
51	Badengzhuite	巴登珠矿	TiP	西藏山南地区罗布莎铬铁矿区 Cr-11 矿体	熊发挥,徐向珍,Mugnaioli E(意)等	Xiong 等(2019a)
52	Fluorluanshiweiite	氟栾锂云母	KLiAl _{1.5} (Si _{3.5} Al _{0.5})O ₁₀ F ₂	河南省东部北秦岭造山带南阳山稀有金属矿床的锂钽钼花岗伟晶岩	曲凯,司马献章,李国武等	Qu 等(2019b)
53	Hiroseite	陨铁辉石	FeSiO ₃	湖北省大堰坡乡随州 L6 球粒陨石	Bindi L(意),谢先德	Bindi 等(2019)
54	Jingsuiite	经绥矿	TiB ₂	西藏山南地区的罗布莎铬铁矿矿床,以包裹体的形式产于铬铁矿矿石的刚玉中	熊发挥,徐向珍,Mugnaioli E(意)等	Xiong 等(2019b)
55	Potassic-hastingsite	钾绿钙闪石	{ K } { Ca ₂ } { Fe ₄ ²⁺ Fe ³⁺ } (Al ₂ Si ₆ O ₂₂)(OH) ₂	内蒙古自治区克什克腾旗同兴镇大乃林沟	任光明,李国武,束今赋等	Ren 等(2019)
56	Taipingite-(Ce)	太平石	(Ce ₇ ³⁺ Ca ₂) _{Σ9} Mg(SiO ₄) ₃ [SiO ₃ (OH)] ₄ F ₃	河南省南阳市西峡县太平镇稀土矿床	曲凯,司马献章,范光等	Qu 等(2019a)
57	Tewite	碲钨矿	(K _{1.5} □ _{0.5})(Te _{1.25} W _{0.25} □ _{0.5})W ₅ O ₁₉	云南省华坪县南阳村附近半风化状含黑云母石英二长岩	李国武,薛源,熊明等	Li 等(2019);李国武等(2018)
58	Zhiqinite	志琴矿	TiSi ₂	西藏山南地区罗布莎铬铁矿矿区 Cr-11 矿体	熊发挥,徐向珍,Mugnaioli E(意)等	Xiong 等(2019c)
59	Chukochenite	竺可桢石	LiAl ₅ O ₈	湖南省郴州市临武县香花岭锡多金属矿床	饶灿,谷湘平,王汝成等	Rao 等(2020)
60	Lingbaoite	灵宝矿	AgTe ₃	河南省灵宝市西南 30 km S60 含金石英脉	简伟,毛景文,Lehmann B(德)等	Jian 等(2020)
61	Wangdaodeite	王氏钛铁矿	FeTiO ₃	湖北省大堰坡乡随州 L6 球粒陨石的冲击熔脉内或熔脉边部	谢先德,谷湘平,杨和雄等	Xie 等(2020)

注:按新矿物公开发表时间排序;“*”为否定矿物种。

表 2 显示,本世纪在中国发现的新矿物中有 15 种是由外国学者主导发现和研究的,其余 46 种的第一发现人均为我国学者。从中国新矿物第一发现者的隶属机构来看,以高等院校学者最多,有 21 种新矿物由其发现,其中中国地质大学(北京)9 种、浙江大学 5 种、中南大学 4 种、中国地质大学(武汉)和南京大学及贵州工业大学各 1 种;其次是中国地质调查局直属科研机构的学者,有 15 种新矿物由其发现,其中中国地质科学院地质研究所 7 种,矿产资

源研究所 1 种,成都地质调查中心 5 种,天津地质调查中心 2 种;再有就是中国科学院科研院所的学者,他们共发现 7 种新矿物,其中广州地球化学研究所 4 种,地质与地球物理研究所 3 种;此外,核工业部北京地质研究院的学者也发现了 3 种新矿物。结合周正等(1997)关于上世纪中国新矿物发现单位的内容来看,上述单位的新矿物发现者及其团队一直是我国新矿物研究的中坚力量。发现新矿物的确只是小概率事件,但“功夫不负有心人”,正是这些

“有心人”长期坚持不懈的努力才使得我国新矿物研究的发展一直紧跟国际最新发展趋势,成就了我国在国际新矿物领域的先进地位。

2.1 在中国发现的新矿物种数量

从本世纪(2000~2019年)全球新矿物产地的分布来看,尽管与发现新矿物数量最多的第一梯队俄罗斯(349种)、美国(197种)和意大利(160种)相比,中国发现新矿物的数量(61种)还有不小差距,但可与德国(72种)、加拿大(66种)、智利(61种)、澳大利亚(60种)一起列入世界新矿物第二梯队,迄今为止本世纪我国发现新矿物的数量已位列世界第六。

根据不同年代在中国发现新矿物种数量的统计结果(表3),最近10年和上世纪80年代均为我国新矿物成果倍出的高峰时期,如果说上世纪80年代我国新矿物研究的蓬勃发展得益于建国初期大规模地质勘探工作的深厚积累和改革开放后国家科技事业的空前繁荣,那么最近十年我国新矿物研究的异常活跃则有赖于世纪初期国家对地矿行业投入的加大,以及21世纪传统地球科学向地球系统科学的转变和现代高精尖测试技术的广泛运用。本世纪地球科学研究已突破学科界限,地球科学各学科间以及与其他学科间的交叉融合必然加速创新性的科学发现,其中也包括新矿物的发现。近十年在中国发现的新矿物种数较之前十年(2000~

2009年)增长了一倍多,这与全球新矿物的增长趋势是一致的,2000~2009年全球发现并经IMA CNMNC批准的新矿物一共602种,2010~2019年增长为1126种。

表3 不同年代中国发现的新矿物种数

Table 3 The numbers of new mineral species discovered in China in various decades from 1958 to 2019

年代	新矿物种数	年代	新矿物种数
1958~1959年	2	1990~1999年	22
1960~1969年	14	2000~2009年	19
1970~1979年	28	2010~2019年	42
1980~1989年	48	总计	175

2.2 中国发现的新矿物种的晶体化学类型

按照国际通用的矿物晶体化学分类方案,本世纪在中国已发现的61种新矿物分属于自然元素、硫化物及硫盐、卤化物、氧化物及氢氧化物、含氧盐5个矿物大类,唯有机矿物大类新矿物是空白(表4)。从各矿物大类矿物种的数量来看,最多的是含氧盐矿物大类矿物种,共计28种,包括硅酸盐类矿物21种、磷酸盐类(含砷酸盐和钒酸盐)矿物4种、硫酸盐类(含硒、碲、铬、钼、钨酸盐)矿物2种和硼酸盐类矿物1种,未发现碳酸盐类(含硝酸盐)矿物;其次为氧化物及氢氧化物大类矿物,14种均为氧化物类矿物种,未发现氢氧化物

表4 在中国发现的新矿物种(2000~2019年)的晶体化学分类

Table 4 The crystallochemical types of new mineral species discovered in China from 2000 to 2019

矿物大类	矿物类	新矿物种	种数
自然元素矿物大类	单质及金属互化物类	自然钛	1
	碳化物、硅化物、氮化物及磷化物类	罗布莎矿,曲松矿,雅鲁矿,藏布矿,青松石,那曲矿,林芝矿,经绥矿,巴登珠矿,志琴矿	10
硫化物及硫盐矿物大类	硫化物及其类似化合物类	陈国达矿,水氧硫锑钠石,碲硫银锡矿,沈庄硫铁镍矿,吴延之矿,灵宝矿	6
	硫盐类	李四光矿	1
卤化物矿物大类	卤化物类	张培善石	1
氧化物及氢氧化物矿物 大类	氧化物类	氧钠细晶石,碲锌石,谢氏超晶石,铁塔菲石-2N' 2S,羟钙烧绿石,氟钙烧绿石,氟钠烧绿石,冕宁铀 矿,碲钨矿,王氏钛铁矿,毛河光矿,乌木石,锌尼 日利亚石-2N1S,竺可桢石	14
		硼酸盐类	孟宪民石
含氧盐矿物大类	硫酸盐类(包括硒、碲、铬、钼、钨酸盐)	铊明矾,锌赤铁矾	
	磷酸盐、砷酸盐和钒酸盐类	涂氏磷钙石,磷锶铍石,闽江石,富铜泡石	1
	硅酸盐类(包括锆酸盐)	湖北石,氟尼伯闪石,牦牛坪矿,玲根石,丁道衡 矿,氟绿闪石,杨主明云母,汉江石,氟木下云母, 氟铁金云母,铁海泡石,何作霖矿,凤城石,栾锂云 母,三方铁辉石,红河石,阿铁橄榄石,钾绿钙闪 石,太平石,陨铁辉石,氟栾锂云母	2
			4
			21
总计		61	

类新矿物;再次是自然元素矿物大类,共 11 种,其中碳化物、硅化物、氮化物及磷化物类矿物 10 种,单质及金属互化物类矿物 1 种;从次为硫化物及硫盐矿物大类,共 7 种,其中硫化物及其类似化合物类矿物 6 种,硫盐类矿物 1 种;最少的是卤化物矿物大类,仅有 1 种。

对比本世纪全球与中国新矿物各个晶体化学类型矿物种的数目(表 5),发现无论是全球还是中国新矿物均以含氧盐大类矿物种数为最多,分别为 1 205 种和 28 种,各占全球和中国新矿物总数的 70%和 46%。在含氧盐矿物大类中尤以硅酸盐类矿物种数最多,分别为 516 种和 21 种,分别各占全球和中国新矿物总数的 30%和 34%,也就是说所发现新矿物种数量的约三分之一为硅酸盐类矿物;磷酸盐(含砷酸盐和钒酸盐)类矿物次之,全球和中国分别为 391 种和 4 种,各占全球和中国新矿物总数的 23%和 7%。硅酸盐类矿物本身就是地球上分布最广、种类最多的矿物,在发现的新矿物中占比高不足为奇,但磷酸盐类新矿物的大量发现已经成为近年来全球新矿物的“黑马”,目前全球已发现的磷酸盐(含砷酸盐、钒酸盐)类矿物已近 1 000 种,是除硅酸盐类矿物外数量最多的一类含氧盐矿物,非常值得关注(蔡剑辉, 2020b)。硫化物及硫盐大类矿物种数占据全球新矿物总数的第二位,氧化物及氢氧化物大类矿物占第三位,前者为 190 种,后者为 178 种。在中国新矿物总数中占据第二位的是氧化物及氢氧化物大类矿物,其次是自然元素矿物大类矿物,依次为 14 种和 11 种。从表 5 可知,我国发现的自然元素矿物大类新矿物种的数量在全球新矿物中占据相当大的比例,本世纪全球共发现自然元素矿物大类新矿物 56 种,其中五分之一产自中国。

自然元素矿物大类包括单质和互化物合金,以及碳化物、硅化物、氮化物和磷化物。大量自然元素矿物大类新矿物的发现是中国新矿物工作的优势和特色。自 1958 年以来,在中国发现的自然元素矿物大类新矿物共计 27 种(表 1,表 2)。通过分析 IMA CNMNC 正式批准的中国新矿物在各矿物大类中的种数分布情况(表 6),发现其中的 16 种发现于上世纪八九十年代,主要以互化物合金类矿物为主(12 种),另有硅化物类矿物 2 种、碳化物和单质类矿物各 1 种。其产状较为复杂,主要发现于河北、湖南和吉林的水系砂金矿,以及河北、内蒙、四川、西藏和新疆一些含 PGE 的超基性-基性杂岩体及与其相关的铜镍、铬矿床(含矿化点)中。本世纪共发现自然元素大类矿物 11 种,以硅化物(5 种)、碳化物(2 种)、氮化物(1 种)、磷化物(1 种)、硼化物(1 种)类矿物为主,还有 1 种单质类矿物,全部发现于西藏山南地区曲松县罗布莎蛇绿岩铬铁矿区。

在矿物的晶体化学分类体系中,除矿物大类外,还包括矿物类、矿物族和矿物种,通常分 4 个层级。其中矿物族是按照矿物种晶体结构型和阳离子性质划分的,具相同晶体结构型和相似化学组成的所有矿物种构成一个矿物族。矿物族的概念在新矿物的发现与研究中具有特殊的意义。IMA CNMMN 在确定新矿物种的基本原则中指出:相对于一个已存在的矿物种的等效结构位置,一种可能的矿物种至少要有有一个结构位置应当主要由一种不同的化学元素占据(Nickel and Mandarino, 1987; Nickel and Grice, 1999)。逆向思考的话,完全可以根据化学性质类似的不同离子占据相同结构型矿物种的等效结构位置来推导同一矿物族中可能的

表 5 新矿物(2000~2019 年)晶体化学分类对比
Table 5 The crystallochemical classification of new minerals (2000-2019)

矿物大类	自然元素 素大类	硫化物及硫 盐大类	卤化物 大类	氧化物及氢 氧化物大类	含氧盐大类					有机矿 物大类	合计
					硼酸盐类	硫酸盐类	碳酸盐类	磷酸盐类	硅酸盐类		
中国新矿物种数	11	6	1	14	1	2	0	4	21	0	60
全球新矿物种数	56	190	75	178	30	221	47	391	516	24	1728

表 6 中国新矿物在各矿物大类中的种数分布
Table 6 Species distribution of new minerals in various mineral categories

发现时间	自然元素 矿物大类	硫化物及硫 盐矿物大类	卤化物矿 物大类	氧化物和氢氧 化物矿物大类	含氧盐矿物大类					有机矿 物大类	合计
					硼酸盐类	硫酸盐类	碳酸盐类	磷酸盐类	硅酸盐类		
上世纪	16	13	1	14	5	7	5	5	16	0	82
本世纪	11	6	1	14	1	2	0	4	21	0	60
总和	27	19	2	28	6	9	5	9	37	0	142

新矿物种,这为我们发现诸如烧绿石族、角闪石族、云母族和硅铁钛铈石族等化学组成复杂、结构位置多样的新矿物提供了很好的指导。按照 IMA CNMNC 新颁布的烧绿石超族矿物分类方案 (Atencio et al., 2010), 截止 2019 年底已获得 IMA CNMNC 批准的烧绿石超族矿物已达 31 种,尚有 12 种属于推导出来的可能的新矿物种。据李国武等 (2014) 统计,当时被 IMA CNMNC 认可的烧绿石超族矿物为 16 种,尚有 15 种矿物及其名称需要完善描述并得到批准后才能成为有效的烧绿石超族矿物种。如此看来,过去的 6 年内,这 15 种烧绿石超族矿物种均已正式获批。本世纪以来中国发现了 4 种烧绿石超族矿物,分别是四川牦牛坪稀土矿床的羟钙烧绿石 (Yang et al., 2014)、内蒙古白云鄂博稀土铁矿的氟钙烧绿石 (Li et al., 2016)、新疆波孜果尔稀土矿床碱性侵入花岗岩中的氟钠烧绿石 (尹京武等, 2016) 和河南官坡伟晶岩脉中的氧钠细晶石 (Fan et al., 2017)。烧绿石超族矿物在自然界是比较稀有的,但在我国则分布广泛,种类和储量都较高 (李国武等, 2014)。通过一系列烧绿石超族矿物的发现,我国已基本形成了一套行之有效的研究方法,我国烧绿石超族新矿物种的发现未来可期。另外,发现角闪石超族新矿物的空间更大,因为角闪石超族的成员非常多,据不完全统计,经 IMA CNMNC 批准的角闪石超族矿物已逾百种,还有上百个潜在的矿物种尚待发现和研究 (沈敢富等, 2019)。本世纪在中国也已发现了 3 种角闪石超族新矿物,分别是苏鲁柯石英-榴辉岩带中发现的氟尼伯闪石和氟绿闪石 (Oberti et al., 2003, 2007), 以及内蒙古大乃林沟火山机构中发现的钾绿钙闪石 (Ren et al., 2019)。云母族同样也拥有一个庞大的矿物家族,本世纪在中国已发现 5 种云母族新矿物,即白云鄂博稀土铁矿床种发现的杨主明云母、氟木下云母和氟铁金云母 (Miyawaki et al., 2011a, 2011b), 以及河南官坡伟晶岩脉中的栎锂云母 (范光等, 2013)、河南南阳山稀有金属矿床的锂铈钽花岗伟晶岩中的氟栎锂云母 (Qu et al., 2019b)。迄今为止,硅铁钛铈石族由 14 种矿物组成,本世纪在中国已发现 3 种硅铁钛铈石族矿物,为产于四川牦牛坪稀土矿床的牦牛坪矿 (沈敢富等, 2005)、内蒙古白云鄂博稀土铁矿床的丁道衡矿 (Xu et al., 2008) 和辽宁赛马碱性侵入岩体中的何作霖矿 (Yang et al., 2012b)。可见,基于对矿物体系的系统认识,有利于根据矿物的形成规律去发现一系列新矿物种。

2.3 在中国发现的新矿物种的产地和产状特征

本世纪在中国发现的新矿物的产地主要分布在 16 个省、自治区,包括西藏 (11 种)、湖北 (8 种)、内蒙古 (7 种)、湖南和河南 (各 5 种)、辽宁和云南 (各 4 种)、江苏和四川 (各 3 种),此外还有福建省、贵州省、河北省、青海省 (各 2 种),以及山东和新疆 (各 1 种)。显然,中国新矿物的分布是比较广泛的,但相对较集中于固体矿产资源大省及地球科学研究的热点区域。

从本世纪中国新矿物的产状特征 (表 7) 来看, 64% 的新矿物 (39 种) 发现于矿区,而且以金属矿床为主,其中最引人瞩目的是在西藏雅鲁藏布江蛇绿岩带罗布莎蛇绿岩中的地幔来源豆荚状铬铁矿里发现了 11 种新矿物,在内蒙古白云鄂博、四川牦牛坪和河南太平镇稀土矿床中发现了 10 种新矿物,此外,在辽宁、青海、贵州、云南、湖南的铅锌、锑、铜、锡多金属等有色金属矿床中发现了 10 种新矿物;在河北、山东和河南的金、铂等贵金属矿床 (脉) 中发现 4 种新矿物;在贵州的稀散金属铊矿床中发现了 1 种新矿物。只有 1 种新矿物发现于非金属 (重晶石) 矿床中。21% 的新矿物 (13 种) 发现于各类特色岩区,如福建和河南的伟晶岩区 (脉) 中发现 5 种、辽宁和新疆的碱性岩区中发现 3 种、苏鲁榴辉岩带中发现 2 种、云南半风化石英二长岩中发现 2 种,云南个旧锡矿花岗岩围岩和内蒙古火山-次火山岩中各发现 1 种。15% 的新矿物 (9 种) 发现于陨石或陨石坑中,其中 7 种产于湖北随州 L6 球粒陨石中,其余两种分别产于江苏寺巷口陨石和辽东岫岩陨石坑。对全球和中国新矿物产状的统计分析均表明,超过一半的新矿物种都发现于矿区,大概因矿区均为地球化学异常区,而且一般都经历了十分复杂的地质过程,这为形成新矿物奠定了充分的物质基础。同时,矿区的研究程度都很高,而新矿物的发现是建立在精细研究和反复探索基础之上的。

我国疆域辽阔,地层发育齐全,岩浆构造活动频繁,地质环境复杂多变,具备了形成新矿物的良好条件。我们知道,新矿物具有与已知矿物明显不同的化学组成和/或结晶学性质,不难推测新矿物通常形成于比较独特的地质背景。区域化学元素组成复杂多样、具有独特的地球化学异常和较极端的物理化学条件、局部物化条件变化幅度或梯度较大的地质环境均十分有利于新矿物的形成。例如,源于地球深部的幔源岩 (包括基性-超基性岩、碱性岩等),往往蕴含地表或地壳浅层地质学研究难以

表 7 中国发现的新矿物(2000~2019)的产状特征

Table 7 The occurrences of new minerals discovered in China from 2000 to 2019

	新矿物产状	新矿物种	种数
矿区(39 种)	黑色金属矿床:铬铁矿、铁矿床	自然钛,罗布莎矿,曲松矿,雅鲁矿,藏布矿,青松石,那曲矿,林芝矿,经绥矿,巴登珠矿,志琴矿,湖北石	12
	稀土金属矿床	太平石,氟木下云母,氟铁金云母,张培善石,杨主明云母,氟钙烧绿石,丁道衡矿,冕宁铀矿,羟钙烧绿石,牦牛坪矿	10
	有色金属矿床:铅锌、锑、铜、锡	碲硫银锡矿,锌赤铁矿、水氧硫锑钠石,富铜泡石,吴延之矿,铁海泡石,竺可桢石,锌尼日利亚石-2N1S,孟宪民石,铁塔菲石-2N'2S	10
	多金属矿床		
	贵金属矿床:金、铂矿床	陈国达矿,碲锌石,灵宝矿,李四光矿	4
	稀散金属矿床:铊矿床	铊明矾	1
	非金属矿床:重晶石矿床	汉江石	1
岩区(14 种)	伟晶岩	氧钠细晶石,栾锂云母,闽江石,磷锆铍石,氟栾锂云母	5
	碱性岩	氟钠烧绿石,何作霖矿,凤城石	3
	榴辉岩	氟绿闪石,氟尼伯闪石	2
	石英二长岩	碲钨矿,乌木矿	2
	花岗岩	红河石	1
	火山岩-次火山岩	钾绿钙闪石	1
陨石/陨石坑(9 种)	陨石	玲根石,阿铁橄榄石,沈庄硫铁镍矿,陨铁辉石,三方铁辉石,涂氏磷钙石,谢氏超晶石,王氏钛铁矿	8
	陨石坑	毛灯光矿	1
总计			61

触及的一些特殊元素组合和形成条件,因此在幔源岩区及与幔源岩相关的矿床中相对比较容易形成具有独特化学组成和全新晶体结构类型的新矿物。在辽宁赛马碱性岩和西藏与地幔岩相关的铬铁矿中发现的一系列新矿物即是最好的佐证。本世纪我国新矿物的产出环境均极具代表性,除上述与地球深部地质过程相关的矿床和岩体之外,还有地球化学背景复杂、具成因多样性和多成矿期次的稀土、稀有和稀散金属矿床与一些多金属矿床,以及具备极端温压条件的陨石和陨石坑等,这些地质背景中的新矿物的发现正是我国新矿物工作的特色与优势。

由中国地质科学院地质研究所、中国地质大学(北京)与国外学者合作在西藏罗布莎蛇绿岩铬铁矿中发现的 11 种来自地幔深部的超高压新矿物(施倪承等, 2005, 2009, 白文吉等, 2006; Fang et al., 2009, 2013; Li et al., 2009, 2012; Shi et al., 2012; Dobrzhinetskaya et al., 2014; Xiong et al., 2019a, 2019b, 2019c),开拓了深部地幔矿物研究的新领域,加深了人类对地球深部各层圈尤其是地幔和地核物质的化学成分和晶体结构的认识,也为重新论证铬铁矿的深部成因提供了重要信息(杨经绥等, 2008; 李国武等, 2015),这是中国新矿物领域对矿物学研究乃至地球科学研究的新贡献。

我国关于稀土金属矿床中新矿物的研究起步

于 1959 年,截止 2019 年仅在内蒙古白云鄂博一个矿区就发现了 16 种新矿物(王濮和李国武, 2014)。这些新矿物主要属于含氧盐矿物大类(主要是硅酸盐、碳酸盐和少数磷酸盐)、氧化物及氢氧化物大类和卤化物矿物大类,半数以上含有稀土元素。本世纪在白云鄂博稀土铁矿中发现的新矿物就有 6 种,即氟木下云母、氟铁金云母、张培善石、杨主明云母、氟钙烧绿石和丁道衡矿(徐金沙等, 2008; Shimazaki et al., 2008; Miyawaki et al., 2011a, 2011b; 张培善和王中刚, 2013; Li et al., 2016);在四川冕宁牦牛坪稀土矿床中发现牦牛坪矿、羟钙烧绿石和冕宁铀矿 3 种新矿物(沈敢富等, 2005; Yang et al., 2014; 葛祥坤等, 2018),前者为含稀土的硅酸盐类矿物,后二者属于氧化物类矿物;同时还在河南南阳太平镇稀土矿床发现含稀土元素的新矿物——太平石(Qu et al., 2019a)。稀土矿床是发现新矿物的良好场所,因为它通常都具十分复杂的地球化学背景,且具多成因和多成矿期的特点。

本世纪中国新矿物工作的另一个亮点是地外天体中一些与冲击变质有关的超高压新矿物的发现。自然界的超高压条件主要出现于巨大天体的撞击过程和地球深部环境,除了超高压地幔岩和超高压变质岩外,冲击变质成因的陨石和陨石坑是天然超高压矿物的主要产状之一。本世纪在陨石和陨石坑中发现的超高压新矿物共有 8 种,均为中国

科学院广州地球化学研究所超高压矿物研究团队与国外学者合作发现。其中在湖北随州 L6 球粒陨石中发现 6 种:涂氏磷钙石、谢氏超晶石、王氏钛铁矿、三方铁辉石、沈庄硫铁镍矿和陨铁辉石(谢先德等, 2003; 陈鸣等, 2008; Bindi et al., 2017; Bindi and Xie, 2018, 2019; Xie et al., 2020)。还有两种是分别发现于江苏寺巷口陨石和辽东岫岩陨石坑的玲根石和毛河光矿(Chen et al., 2019; Gillet et al., 2000)。与冲击变质作用相关的超高压新矿物的发现,不但丰富了矿物家族中数量相对较少的超高压矿物种,而且为探索天体撞击事件提供了重要信息(陈鸣, 2012)。关于冲击变质及地球深部来源超高压新矿物的发现和研究表明,本世纪我国矿物学研究呈现出进一步向宇宙空间和地球深部拓展的态势。

特别值得一提的中国新矿物产地是湖南香花岭锡多金属矿区,这里是 1958 年中国发现的第一个新矿物“香花石”的诞生地。本世纪在香花岭矿区又发现了 4 种新矿物:中国科学院地质与地球物理研究所团队发现的氧化物类新矿物铁塔菲石-2N'2S (Yang et al., 2012a),浙江大学团队发现的硼酸盐类新矿物孟宪民石、氧化物类新矿物铈尼日利亚石-2N'1S 和竺可桢石(Rao et al., 2017, 2018, 2020)。早在上世纪就有学者预言:湖南香花岭锡多金属矿区、东坡铅锌矿区和广西大厂锡多金属矿区的成矿地质条件和矿物共生组合均十分复杂,是形成新矿物的有利场所,可望还会有新矿物报道(李锡林, 1989),如今确得实验。

除了矿区和陨石中外,特殊岩区(带)也一直是发现新矿物的重要场所。中国与全球新矿物产状的分布规律相似,在伟晶岩区(脉)和碱性岩区发现新矿物的概率高于其他岩类。本世纪浙江大学团队和核工业北京地质研究院团队分别在福建南平和河南卢氏官坡的伟晶岩区各发现 2 种新矿物:闽江石、磷铈铍石、栎锂云母和氧钠细晶石(范光等, 2013; Rao et al., 2014, 2015; Fan et al., 2017),此外中国地质调查局天津地质调查中心团队还在河南南阳的锂铈钽花岗伟晶岩发现新矿物栎锂云母(Qu et al., 2019b)。在辽宁赛马碱性岩种发现凤城石和何作霖矿 2 种新矿物(Yang et al., 2012b; 沈敢富等, 2017),在新疆阿克苏地区波孜果尔稀土矿床的碱性侵入花岗岩中发现了氟钠烧绿石(尹京武等, 2016)。前文提及的超高压变质岩是超高压矿物的储库,在我国著名的大别-苏鲁高压超高压榴辉岩带虽然至今未发现超高压新矿物,但本世纪有国

外学者在该带发现了 2 种角闪石超族新矿物:氟尼伯闪石和氟绿闪石(Oberti et al., 2003, 2007)。比较新颖的是中国地质大学(北京)团队在攀西地区云南省华坪县境内新元古代结晶基底的半风化石英二长岩中发现了两种含钾(K)和钨(W)的氧化物类新矿物:乌木石和碲钨矿(Li and Xue, 2018; 李国武等, 2018; Li et al., 2019),前者是世界上首例发现的具钨青铜型结构的天然新矿物,后者是具钨青铜型结构的衍生结构,并且是首例发现的具 K-Te-W-O 元素组合的新矿物。具全新化学组成和晶体结构的新矿物种的发现,是产出环境具独特地质过程的标志。

相比于全球新矿物更丰富的产状类型,中国新矿物的产状类型显得略少一些。对比一下近十年全球和中国新矿物的主要产出特征,发现这期间全球发现的 1 126 种新矿物主要产于矿区(586 种)、特殊岩区(227 种)、火山喷气口(126 种)、陨石(55 种)、冰碛沉积物(10 种)以及地层沉积建造、河流沉积物、博物馆矿石和岩石老标本、岩心和化石等(共 122 种)。而中国发现的 42 种新矿物则主要产于矿区(24 种)、特殊岩区(12 种)以及陨石和陨石坑(6 种)(表 7)。中国缺乏在火山喷气口、冰碛沉积物、地层沉积建造等一些特殊产状中发现的新矿物。我们注意到,在俄罗斯堪察加半岛托尔巴契克火山岩地区由大裂缝火山喷发形成的火山渣堆中,产出的矿物达 218 种之多,并且是其中 119 种新矿物种的模式产地,堪称闻名世界的新矿物储库(Fedotov and Markhinin, 1983; Vergasova and Filatov, 2016),仅 2015 年一年就发现新矿物 10 种,主要是硫酸盐类、磷酸盐(包括砷酸盐和钒酸盐)类和卤化物类矿物(蔡剑辉, 2020a)。我国火山岩浆活动极其发育,但相关的新矿物研究却相当薄弱,今后值得重视。20 世纪中国地质科学院地质研究所於祖相团队在河北滦河和潮河、湖南沅江及吉林珲春河水系砂铂或砂金矿中发现了 10 种新矿物,包括长城矿、滦河矿、古北矿、喜峰矿、马营矿、双峰矿、马兰矿、冀承矿、沅江矿和珲春矿(於祖相, 1984, 1994, 1995, 1996, 1997; Yu et al., 2011; 邵殿信等, 1984; 吴尚全等, 1992; 陈立昌等, 1994),可见在中国的水系沉积物中完全有发现新矿物的空间。随着矿产资源的开发利用和地质体的自然演化,有些矿石和岩石标本在野外已经很难获取,对博物馆或其他标本收藏者保存的矿石、岩石和化石老标本及钻孔岩心样品进行再研究也是发现新矿物的一个途径,而我国这方面的新矿物工作也相对薄弱。

3 中国新矿物研究展望

新矿物的发现和研究是矿物学领域不可或缺的内容,是基础中的基础,其成果在一定程度上反映着一个国家的基础性科研实力和水平。纵观中国新矿物研究的历史,在从1958年至2019年逾60年的时间里,在中国发现并报道的新矿物达175种,其中142种获IMA CNMNC批准。虽然在数量上我国新矿物工作与国际领先水平相比还存在较大差距,但有关自然元素矿物大类、铂族元素类新矿物的发现和研究居于世界先进水平,稀土金属类新矿物和冲击变质超高压新矿物的发现和研究也取得了令世界瞩目的新进展。本世纪这20年来,中国新矿物研究成果显著,发现新矿物的种数达61种,其中60种获得IMA CNMNC的正式批准,新矿物种数量位列世界第六。西藏罗布莎蛇绿岩铬铁矿中11种超高压地幔新矿物和湖北随州球粒陨石等地外天体中8种与冲击变质相关的超高压新矿物的发现,反映出我国矿物学研究进一步向地球深部和宇宙空间拓展的趋势。

本世纪相当部分在中国发现的新矿物种是中外学者共同协作、国内不同领域不同学科学者精诚合作的成果,可以说本世纪中国新矿物工作取得突出的进展,是与这种国际、国内强强合作模式分不开的,这应该也是未来我国新矿物研究比较推行的一种工作模式。

考虑到全球新矿物具有更多样性的产状类型,中国新矿物研究可以结合中国丰富且复杂的地质背景的特点,适当拓展新矿物研究的空间和对象,以利于发现更多的新矿物。除了继续关注传统新矿物产出环境中新矿物的发现和研究外,还要加强火山岩区火山口附近、典型地层和沉积建造、冰川沉积物、老矿山老标本及钻孔样品等特殊地质背景中的新矿物工作。目前我国专门从事新矿物研究的力量非常有限,除了加强国际和国内的合作并以传帮带的形式不断扩大我国新矿物研究队伍外,还需要配合国家需求,借助国家新时期为支撑战略性新兴产业和高新技术等领域发展予以大力投入的财力、物力和人力,开展与诸如关键固体矿产资源、海洋矿产资源、新型矿物材料等领域相关的新矿物研究,以进一步增强我国新矿物研究的综合实力。

本世纪全球和中国新矿物工作均取得了突破性的进展,然而新矿物的发现和研究还有很长的路要走。有国外学者根据对地球演化大数据的分析,预测目前已知矿物的种数远未达到客观存在的上

限。近年来的新矿物研究动态也表明,虽然目前发现新矿物的数量快速上升,但新矿物的发现之旅实际上将日趋艰难,因为大量稀有矿物种对应于地球历史中相应的特殊事件,往往源于偶然,现在新发现的矿物种越来越趋向微量、微观、形成条件独特且罕见。所以,新矿物的发现更需要兼具科学的前瞻性、专业的研究深度和广度、精准的分析测试技术,还要有坚忍不拔、锲而不舍的科学精神。

参考文献 (References):

- Armbruster T. 2002. Revised nomenclature of h gboomite, nigerite, and taaffeite minerals. *European Journal of Mineralogy*, 14 (2): 389-395
- Atencio D, Andrade M B, Christy A G, Gier  R, Kartashov P M. 2010. The pyrochlore supergroup of minerals: Nomenclature. *The Canadian Mineralogist*, 48(3): 673-698
- Bindi L, Chen M, Xie X. 2017. Hemleyite, IMA 2016-085. CNMNC newsletter No. 35, February 2017, page 210. *Mineralogical Magazine*, 81(1): 209-213
- Bindi L, Xie X D. 2018. Shenzhuangite, NiFeS₂, the Ni-analogue of chalcopyrite from the Suizhou L6 chondrite. *European Journal of Mineralogy*, 30(1): 165-169
- Bindi L, Brenker F E, Nestola F, Koch T E, Prior D J, Lilly K, Krot A N, Bizzarro M, Xie X D. 2019. Discovery of asimowite, the Fe-analogue of wadsleyite, in shock-melted silicate droplets of the Suizhou L6 and the Quebrada Chimborazo 001 CB3.0 chondrites. *American Mineralogist*, 104(5): 775-778
- Bindi L, Xie X. 2019. Hiroseite, IMA 2019-019. CNMNC Newsletter No. 50, page 617. *Mineralogical Magazine*, 83(4): 615-620
- Burke E A J. 2006. A mass discreditation of GQN minerals. *The Canadian Mineralogist*, 44(6): 1557-1560
- Chen M, Shu J F, Xie X D, Tan D Y. 2019. Maohokite, a post-spinel polymorph of MgFe₂O₄ in shocked gneiss from the Xiuyan crater in China. *Eteoritics & Planetary Science*, 54(3): 495-502
- Christy A G, Atencio D. 2013. Clarification of status of species in the pyrochlore supergroup. *Mineralogical Magazine*, 77(1): 13-20
- de Fourestier J, Li G, Poirier G, Chukanov N V, Ma Z. 2012. Fuxiaotuite, IMA 2011-096. CNMNC Newsletter No. 13, June 2012, page 808. *Mineralogical Magazine*, 76(3): 807-817
- Dobrzshinskaya L F, Wirth R, Yang J S, Green H W, Hutcheon I D, Weber P K, Grew E S. 2014. Qingsongite, natural cubic boron nitride: The first boron mineral from the Earth's mantle. *American Mineralogist*, 99(4): 764-772
- Fan G, Ge X K, Li G W, Yu A P, Shen G F. 2017. Oxynatromicrolite, (Na, Ca, U)₂Ta₂O₆(O, F), a new member of the pyrochlore supergroup from Guanpo, Henan Province, China. *Mineralogical Magazine*, 81(4): 743-751
- Fang Q S, Bai W J, Yang J S, Xu X Z, Li G W, Shi N C, Xiong M, Rong H. 2009. Qusongite (WC): A new mineral. *American Mineralogist*, 94(2-3): 387-390
- Fang Q S, Bai W J, Yang J S, Rong H, Shi N C, Li G W, Xiong M,

- Ma Z S. 2013. Titanium, Ti, a new mineral species from Luobusha, Tibet, China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 87(5): 1275–1280
- Fedotov S A, Markhinin Y K. 1983. The great tolbachik fissure eruption. New York: Cambridge University Press, 1–354
- Fejer E E, Hey M H. 1984. Thirty-third list of new mineral names. *Mineralogical Magazine*, 48(349): 569–586
- Fleischer M, Chao G Y, Mandarino J A. 1982. New mineral names. *American Mineralogist*, 67(7–8): 854–860
- Fleischer M. 1983. Glossary of mineral species 1983. Tucson, AZ: The Mineralogical Record Inc., 202
- Fleischer M, Mandarino J A. 1995. Glossary of mineral species 1995. 7th ed. Tucson, AZ: The Mineralogical Record Inc., 239
- Ge X K, Fan G, Li G W, Shen G F, Chen Z R, Ai Y J. 2017. Mianningite, ($\square$, Pb, Ce, Na) (U^{4+} , Mn, U^{6+}) Fe_2^{3+} (Ti, Fe^{3+}) $_{18}O_{38}$, a new member of the crichtonite group from Maoniuping REE deposit, Mianning county, southwest Sichuan, China. *European Journal of Mineralogy*, 29(2): 331–338
- Giester G, Ni Y X, Jarosch D, Hugihs J M, Ronsbo J G, Yang Z M, Zemann J. 1998. Cordylite-(Ce): A crystal chemical investigation of material from four localities, including type material. *American Mineralogist*, 83(1–2): 178–184
- Gillet P, Chen M, Dubrovinsky L, El Goresy A. 2000. Natural NaAl-Si₃O₈-hollandite in the shocked Sixiangkou meteorite. *Science*, 287(5458): 1633–1636
- Gu J, Chao G Y, Tang S. 1994. A new mineral from Mont St. Hilaire, Quebec, Canada-fluorbritholite-(Ce). *Journal of Wuhan University of Technology*, 9(3): 9–14
- Gu X, Shi X, Yang H, Lu A, Shao Y, Chen Q, Liu Z. 2017. Wuyanzhiite, IMA 2017-081. CNMNC Newsletter No. 40, December 2017, page 1581. *Mineralogical Magazine*, 81(6): 1577–1581
- Gu X P, Xie X D, Lu A, Hoshino H, Huang J, Li J. 2012. Tellurocanfieldite, IMA 2012-013. CNMNC Newsletter No. 13, June 2012, page 816. *Mineralogical Magazine*, 76(3): 807–817
- Gu X P, Xie X D, Wu X B, Zhu G C, Lai J Q, Hoshino K, Huang J W. 2013. Ferrisepiolite: A new mineral from Saishitang copper skarn deposit in Xinghai County, Qinghai Province, China. *European Journal of Mineralogy*, 25(2): 177–186
- Haggerty S E, Smyth J R, Erlank A J, Rickard R S, Danchin R V. 1983. Lindsleyite (Ba) and mathiasite (K): Two new chromium-titanates in the crichtonite series from the upper mantle. *American Mineralogist*, 68(5–6): 494–505
- Hawthorne F C, Cooper M A, Grice J D, Roberts A C, Cook W R Jr, Lauf R J. 2002. Hubeite, a new mineral from the Daye mine near Huangshi, Hubei Province, China. *Mineralogical Record*, 33(6): 465–471
- Huang Y H, Zhou X Z, Li G J, Du S H. 1986. Mengxianminite, a new ferro-magnesium-calcium-tin-aluminum oxide mineral. In: Abstract Program of the 14th General Meeting, International Mineralogical Association, Stanford University, USA: 130
- Jambor J L, Vanko D A. 1991. New mineral names. *American Mineralogist*, 76(7–8): 1434–1440
- Jian W, Mao J W, Lehmann B, Li Y H, Ye H S, Cai J H, Li Z Y. 2020. Lingbaoite, AgTe₃, a new silver telluride from the Xiaqingling gold district, central China. *American Mineralogist*, 105(5): 745–755
- Li G W, Xue Y, Xiong M. 2019. Tewite: A K-Te-W new mineral species with a modified tungsten-bronze type structure, from the Panzhihua-Xichang region, southwest China. *European Journal of Mineralogy*, 31(1): 145–152
- Li G W, Fang Q S, Shi N C, Bai W J, Yang J S, Xiong M, Ma Z S, Rong H. 2009. Zangboite, TiFeSi₂, a new mineral species from Luobusha, Tibet, China, and its crystal structure. *The Canadian Mineralogist*, 47(5): 1265–1274
- Li G W, Bai W J, Shi N C, Fang Q S, Xiong M, Yang J S, Ma Z S, Rong H. 2012. Linzhiite, FeSi₂, a redefined and revalidated new mineral species from Luobusha, Tibet, China. *European Journal of Mineralogy*, 24(6): 1047–1052
- Li G W, Yang G M, Lu F D, Xiong M, Ge X K, Pan B M, de Fourestier J. 2016. Fluorcalciopyrochlore, a new mineral species from Bayan Obo, Inner Mongolia, P. R. China. *The Canadian Mineralogist*, 54(5): 1285–1291
- Li G W, Xue Y. 2018. Wumuite, IMA 2017-067a. CNMNC Newsletter No. 44, August 2018, page 1018. *Mineralogical Magazine*, 82(4): 1015–1021
- Linhout K. 2007. Tripartite division of the system 2REEPO₄-CaTh (PO₄)₂-2ThSiO₄, discreditation of brabantite, and recognition of cheralite as the name for members dominated by CaTh(PO₄)₂. *The Canadian Mineralogist*, 45(3): 503–508
- Liu J J, Li G W, Mao Q, Wu S H, Liu Z J, Su S G, Xiong M, Yu X Y. 2012. Hanjiangite, a new barium-vanadium phyllosilicate carbonate mineral from the Shiti barium deposit in the Dabashan region, China. *American Mineralogist*, 97(2–3): 281–290
- Lo K D, Wei J, Zhang J Y, Gu Q F. 1980. Clinochalcomenite, a new mineral of selenite. *Kexue Tongbao*, 25(5): 427–433
- Lo K D, Chen Z R, Ma Z S. 1984. The crystal structure of clinochalcomenite. *Kexue Tongbao*, 29(3): 352–355
- Ma Z S, Li G W, Chukanov N V, Poirier G, Shi N C. 2014. Tangdanite, a new mineral species from the Yunnan province, China and the discreditation of 'clintyrolite'. *Mineralogical Magazine*, 78(3): 559–569
- Miyawaki R, Shimazaki H, Shigeoka M, Yokoyama K, Matsubara S, Yurimoto H, Yang Z, Zhang P. 2011a. Fluorokinoshtalite and Fluorotetraferriphlogopite: New Species of Fluoro-mica from Bayan Obo, Inner Mongolia, China. *Clay Science*, 15(1): 13–18
- Miyawaki R, Shimazaki H, Shigeoka M, Yokoyama K, Matsubara S, Yurimoto H. 2011b. Yangzhumingite, KMg_{2.5}Si₄O₁₀F₂, a new mineral in the mica group from Bayan Obo, Inner Mongolia, China. *European Journal of Mineralogy*, 23(3): 467–473
- Nickel E H, Mandarino J A. 1987. Procedures involving the IMA Commission on New Minerals and Mineral Names and guidelines on mineral nomenclature. *American Mineralogist*, 72(9–10): 1031–1042
- Oberti R, Boiocchi M, Smith D C. 2003. Fluoronyböite from Jianchang (Su-Lu, China) and nyböite from Nybø (Nordfjord, Norway): A petrological and crystal-chemical comparison of these two high-pressure amphiboles. *Mineralogical Magazine*, 67(4): 769–782

- Oberti R, Boiocchi M, Smith D C, Medenbach O. 2007. Aluminotar-amite, alumino-magnesiotar-amite, and fluoro-alumino-magnesiotar-amite; Mineral data and crystal chemistry. *American Mineralogist*, 92(8-9): 1428-1435
- Qu K, Sima X, Fan G, Li G W, Shen G F, Chen H K, Liu X, Yin Q Q, Li T, Wang Y J. 2019a. Taipingite-(Ce), IMA 2018-123a. CNMNC Newsletter No. 50, page 617. *Mineralogical Magazine*, 83(4): 615-620
- Qu K, Sima X, Li G W, Fan G, Shen G F, Liu X, Xiao Z B, Hu G, Qiu L F, Wang Y J. 2019b. Fluorluanshiweiite, IMA 2019-053. CNMNC Newsletter No. 52, page 888. *Mineralogical Magazine*, 83(6): 887-893
- Rao C, Wang R C, Hatert F, Gu X P, Ottolini L, Hu H, Dong C W, Dal Bo F, Baijot M. 2014. Strontiohurlbutite, $\text{SrBe}_2(\text{PO}_4)_2$, a new mineral from Nanping No. 31 pegmatite, Fujian Province, Southeastern China. *American Mineralogist*, 99(2-3): 494-499
- Rao C, Hatert F, Wang R C, Gu X P, Dal Bo F, Dong C W. 2015. Minjiangite, $\text{BaBe}_2(\text{PO}_4)_2$, a new mineral from Nanping No. 31 pegmatite, Fujian Province, southeastern China. *Mineralogical Magazine*, 79(5): 1195-1202
- Rao C, Hatert F, Dal Bo F, Wang R C, Gu X P, Baijot M. 2017. Mengxianminite, ideally $\text{Ca}_2\text{Sn}_2\text{Mg}_3\text{Al}_8[(\text{BO}_3)(\text{BeO}_4)_6\text{O}_6]_2$, a new borate mineral from Xianghualing skarn, Hunan Province, China, with a highly unusual chemical combination (B + Be + Sn). *American Mineralogist*, 102(10): 2136-2141
- Rao C, Wang R C, Gu X P, Xia Q K, Dong C W, Hatert F, Yu X G, Wang W Y. 2018. Zinconigerite-2N1S, IMA 2018-037. CNMNC Newsletter No. 44, August 2018, page 1020. *Mineralogical Magazine*, 82(4): 1015-1021
- Rao C, Gu X P, Wang R C, Xia Q K, Cai Y F, Dong C W, Hatert F, Hao Y T. 2020. Chukochenite, IMA 2018-132a. CNMNC Newsletter No. 54, page 361. *Mineralogical Magazine*, 84(2): 359-365
- Ren G, Li G, Shi J, Gu X, Fan G, Yu A, Liu Q, Shen G. 2019. Potassic-hastingsite, IMA 2018-160. CNMNC Newsletter No. 49, page 481. *Mineralogical Magazine*, 83(3): 479-483
- Sejkora J, Hyršl J. 2007. Ottensite: A new mineral from Qinglong, Guizhou Province, China. *Mineralogical Record*, 38(1): 77-81
- Shi N C, Bai W J, Li G W, Xiong M, Yang J S, Ma Z S, Rong H. 2012. Naquite, FeSi , a New Mineral Species from Luobusha, Tibet, Western China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 86(3): 533-538
- Shimazaki H, Miyawaki R, Yokoyama K, Matsubara S, Yang Z M. 2008. Zhangpeishanite, BaFCl , a new mineral in fluorite from Bayan Obo, Inner Mongolia, China. *European Journal of Mineralogy*, 20(6): 1141-1144
- Vergasova L P, Filatov S K. 2016. A study of volcanogenic exhalation mineralization. *Journal of Volcanology and Seismology*, 10(2): 71-85
- Voloshin A V, Pakhomovskii Y A, Stepanov V I and Tyusheva E N. 1983. Natrobstantite $(\text{Na}, \text{Cs})\text{Bi}(\text{Ta}, \text{Nb}, \text{Sb})_4\text{O}_{12}$ -New mineral from granite pegmatites. *Mineralogicheskii Zhurnal*, 5(2): 82-86 (in Russian with English abstract).
- Williams P A, Hatert F, Pasero M, Mills S J. 2012a. New minerals and nomenclature modifications approved in 2012. *Mineralogical Magazine*, 76(3): 807-817
- Williams P A, Hatert F, Pasero M, Mills S J. 2012b. New minerals and nomenclature modifications approved in 2012. *Mineralogical Magazine*, 76(5): 1281-1288
- Xie X D, Minitti M E, Chen M, Mao H K, Wang D Q, Shu J F, Fei Y W. 2003. Tuite, $\gamma\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$: A new mineral from the Suizhou L6 chondrite. *European Journal of Mineralogy*, 15(6): 1001-1005
- Xie X D, Gu X P, Yang H X, Chen M, Li K. 2020. Wangdaodeite, the LiNbO_3 -structured high-pressure polymorph of ilmenite, a new mineral from the Suizhou L6 chondrite. *Meteoritics & Planetary Science*, 55(1): 184-192
- Xiong F, Xu X, Mugnaioli E, Gemmi M, Wirth R, Grew E S, Robinson P T. 2019a. Badengzhuite, IMA 2019-076. CNMNC Newsletter No. 52, page 892. *Mineralogical Magazine*, 83(6): 887-893
- Xiong F, Xu X, Mugnaioli E, Gemmi M, Wirth R, Grew E S, Robinson P T. 2019b. Jingsuiite, IMA 2018-117b. CNMNC Newsletter No. 52, page 891. *Mineralogical Magazine*, 83(6): 887-893
- Xiong F, Xu X, Mugnaioli E, Gemmi M, Wirth R, Grew E S, Robinson P T. 2019c. Zhiqinite, IMA 2019-077. CNMNC Newsletter No. 52, page 892. *Mineralogical Magazine*, 83(6): 887-893
- Xu J S, Yang G M, Li G W, Wu Z L, Shen G F. 2008. Dingdaohengite-(Ce) from the Bayan Obo REE-Nb-Fe Mine, China; Both a true polymorph of perrierite-(Ce) and a titanite analog at the C1 site of chevkinite subgroup. *American Mineralogist*, 93(5-6): 740-744
- Yang G M, Li G W, Xiong M, Pan B M, Yan C J. 2014. Hydroxycalcio-pyroxhlore, a new mineral species from Sichuan, China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 88(3): 748-753
- Yang Z M, Ding K S, De Fourestier J, Mao Q, Li H. 2012a. Ferrottaffeite-2N'2S, a new mineral species, and the crystal structure of Fe^{2+} -rich magnesiotaffeite-2N'2S from the Xianghualing tin-poly-metallic ore field, Hunan Province, China. *The Canadian Mineralogist*, 50(1): 21-29
- Yang Z M, Giester G, Ding K S, Tillmanns E. 2012b. Hezuolinite, $(\text{Sr}, \text{REE})_4\text{Zr}(\text{Ti}, \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+})_2\text{Ti}_2\text{O}_8(\text{Si}_2\text{O}_7)_2$, a new mineral species of the chevkinite group from Saima alkaline complex, Liaoning Province, NE China. *European Journal of Mineralogy*, 24(1): 189-196
- Yang Z M, Giester G, Mao Q, Ma Y G, Zhang D, Li H. 2017. Zinco-botryogen, $\text{ZnFe}^{3+}(\text{SO}_4)_2(\text{OH}) \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: Validation as a mineral species and new data. *Mineralogy and Petrology*, 111(3): 363-372
- Yu Z X, Cheng F Y, Ma H W. 2009. Lisiguangite, CuPtBiS_3 , a new platinum-group mineral from the Yanshan Mountains, Hebei, China. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 83(2): 238-244
- Yu Z X, Hao Z G, Wang H G, Yin S P, Cai J H. 2011. Jichengite $3\text{CuI}_2\text{S}_4 \cdot (\text{Ni}, \text{Fe})_9\text{S}_8$, a new mineral, and its crystal structure. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 85(5): 1022-1027
- Yu Z X, Wang H G. 2017. The crystal structure of lisiguangite. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 91(4): 1270-1275
- Zhang P H, Zhu J C, Zhao Z H, Gu X P, Lin J F. 2004. Zincospiro-fite, a new tellurite mineral species from the Zhongshangou gold de-

posit, Hebei Province, People's Republic of China. The Canadian Mineralogist, 42(3): 763-768

白文吉, 施倪承, 方青松, 李国武, 杨经绥, 熊明, 戎合. 2006. 新矿物: 罗布莎矿. 地质学报, 80(10): 1487-1490

蔡长金. 1986. 金矿物及其产状. 岩石矿物学杂志, 5(2): 147-157

蔡剑辉. 2020a. 2016 年全球发现的新矿物种. 岩石矿物学杂志, 39(3): 335-384

蔡剑辉. 2020b. 2017 年全球发现的新矿物种. 岩石矿物学杂志, 39(2): 218-256

曹荣龙. 1964. 水钙榴石——一种富含铁的水石榴石. 地质学报, 44(2): 219-228

陈代演, 王冠鑫, 邹振西, 陈郁明. 2001. 新矿物——铊明矾. 矿物学报, 21(3): 271-277

陈敬中, 杨光明, 潘兆槽, 施倪存, 彭志忠. 1989. 新矿物——彭志忠石的发现及研究. 矿物学报, 9(1): 20-24

陈立昌, 唐翠青, 张建洪, 刘振云. 1994. 沅江矿——一种金和锡的新矿物. 岩石矿物学杂志, 13(3): 232-238

陈鸣, 束今赋, 毛河光. 2008. 谢氏超晶石: 一种 FeCr_2O_4 高压多形新矿物. 科学通报, 53(17): 2060-2063

陈鸣. 2012. 超高压矿物研究进展. 矿物岩石地球化学通报, 31(5): 428-432

陈振玠, 郭永芬, 曾骥良, 许文渊, 王凤阁. 1979. 硫金银矿的发现和 研究. 科学通报, (18): 843-848

丁孝石, 白鸽, 袁忠信, 孙鲁仁. 1981. 羟硅铍钒铋矿——一个富铈、铍硅酸盐新矿物. 地质论评, 27(5): 459-466

丁孝石, 白鸽, 袁忠信, 刘金定. 1984. 兴安石 (Xinganite) 的新资料. 岩石矿物及测试, 3(1): 46-48, 45

范光, 李国武, 沈敢富, 徐金沙, 戴婕. 2013. 栾锂云母: 锂云母系列的新成员. 矿物学报, 33(4): 713-721

范光, 葛祥坤, 李婷, 于阿朋, 王涛. 2020. 我国核地质系统发现的新矿物评述. 世界核地质科学, 37(1): 1-9

傅平秋, 孔佑华, 龚国洪, 邵美成, 千金子. 1987. 白云鄂博矿的晶体结构. 矿物学报, 7(4): 299-304

傅平秋, 苏贤泽. 1987. 新矿物——白云鄂博矿. 矿物学报, 7(4): 289-297

葛祥坤, 范光, 李国武, 沈敢富, 陈璋如, 艾钰洁. 2018. Crichtonite 族矿物在我国的研究进展与冕宁铀矿的发现. 矿物学报, 38(2): 234-240

谷湘平, Watanabe M, 谢先德, 彭省临, Nakamuta Y, Ohkawa M, Hoshino K, Ohsumi K, Shibata Y. 2008. 陈国达矿 ($\text{Ag}_9\text{FeTe}_2\text{S}_4$): 胶东地区金矿床中发现的硫碲化物新矿物. 科学通报, 53(17): 2064-2070

湖北地质学院 X 光实验室. 1974. 星叶石族矿物的晶体化学. 地质科学, (1): 18-33

黄蕴慧, 杜绍华, 周秀仲. 1988. 香花岭岩石矿床与矿物. 北京: 北京科学技术出版社, 115-116

李国武, 杨光明, 马喆生, 施倪承, 熊明, 沈敢富, 范海福. 2005. 新矿物丁道衡矿的晶体结构. 矿物学报, 25(4): 313-320

李国武, 马喆生, 傅小土, 施倪承, 熊明. 2014. 新矿物富铜泡石 (Tanganite). 高校地质学报, 20(增刊): 10

李国武, 杨光明, 熊明. 2014. 烧绿石超族矿物分类新方案及烧绿石超族矿物. 矿物学报, 34(2): 153-158

李国武, 施倪承, 白文吉, 方青松, 熊明. 2015. 西藏罗布莎铬铁矿中发现的七种金属互化物新矿物. 矿物学报, 35(1): 13-18

李国武, 薛源, 谢英美. 2018. 新矿物碲钨矿的矿物学特征及成因探讨. 矿物岩石地球化学通报, 37(2): 186-191

李锡林. 1989. 中国科学院地球化学研究所发现的新矿物. 矿物岩石地球化学通报, 8(4): 265-266

刘建昌. 1979. 一种钨的新矿物——蓟县矿 $\text{Pb}(\text{W}, \text{Fe}^{3+})_2(\text{O}, \text{OH})_7$. 地质学报, (1): 45-49, 92

刘家军, 李国武, 毛骞, 吴胜华, 柳振江, 苏尚国, 熊明, 余晓艳. 2012. 新矿物——汉江石. 矿物学报, 32(2): 173-182

陆琦, 彭志忠. 1987. 蒙山矿的晶体结构. 岩石矿物学杂志, 6(3): 221-229

罗梅, 王月文. 1999. 若尔盖巴西金矿床铜铀矿 (Cu_2Zn) 的发现及其地质意义. 矿物学报, 19(1): 20-22

马喆生, 钱荣耀, 彭志忠. 1980. 单斜铜泡石——云南东川发现的一种含水的铜的砷酸盐新矿物. 地质学报, 54(2): 134-143

Mandarino J A, de Fourestier J. 2005. 首次在中国发现的矿物. 矿物学报, 25(3): 217-229

毛水和, 周学粹. 1989. 铌铈钨矿及其基质矿物——等轴铁钨矿. 矿物学报, 9(2): 136-140

Nickel E H, Grice J D. 1999. 国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会关于矿物命名的程序和原则(1997 年). 岩石矿物学杂志, 18(3): 273-285

彭志忠, 马喆生. 1963. 星叶石的晶体结构. 科学通报, (5): 67-69

彭志忠, 张建洪, 西门露露. 1978. 评我国近年来发现的铂族元素新矿物. 地质学报, 52(4): 326-336

彭志忠, 张建洪, 束今赋. 1983. 钽闪叶石的晶体结构. 科学通报, 28(4): 237-240

齐玲仪. 1974. 易解石-钼易解石族的新变种——钛钼矿. 地质学报, 48(1): 91-94

秦善, 刘金秋, 迟振卿. 2016. 矿物学发展现状及我国矿物学前景展望. 地质论评, 62(4): 970-978

曲一华, 韩蔚田, 钱自强, 刘来保, 闵霖生. 1965. 三方硼镁石——一种新硼酸盐矿物. 地质学报, 45(3): 298-305

曲懿华, 韩蔚田, 蔡克勤. 1975. 我国首次发现的盐镁芒硝的矿物学研究. 地质学报, 49(2): 180-186

邵殿信, 周剑雄, 张建洪, 鲍大喜. 1984. 新矿物——滦河矿的研究. 矿物学报, (2): 97-101

沈敢富. 1998. 阿山矿之否定. 矿物学报, 18(2): 230-233

沈敢富, 杨光明, 徐金沙. 2005. 牦牛坪矿-(Ce): 一种新发现的稀土元素矿物. 沉积与特提斯地质, 25(1-2): 210-216

沈敢富, 徐金沙, 姚鹏, 李国武. 2017. 凤成石: 异性石族矿物 N(5)位贫钠的空位类似物新种. 矿物学报, 37(1-2): 140-151

沈敢富, 任光明, 范光, 曲凯, 刘琰, 叶青培. 2019. 角闪石超族矿物的命名: 挑战与机遇——以新矿物“钾绿钙闪石”的发现为例. 世界核地质科学, 36(4): 193-198

沈今川, 宓锦校. 1992. 对于氟碳铈钨矿 (Cordylite-Ce) 成分与结构的质疑. 岩石矿物学杂志, 11(1): 69-74

施倪承, 马喆生, 张乃娴, 丁奎首. 1978. 等轴铈铋钨矿 (丰滦矿) 的晶体结构. 科学通报, (8): 499-501

施倪承, 李国武, 熊明, 马喆生. 2005. 西藏罗布莎铁族元素金属互化物矿物及其成因探讨. 岩石矿物学杂志, 24(5): 443-446

施倪承, 白文吉, 李国武, 熊明, 方青松, 杨经绥, 马喆生, 戎合. 2009. 雅鲁矿: 一种金属碳化物新矿物. 地质学报, 83(1): 25

-30

帅德权, 张如柏, 罗梅, 张经武. 1998. 天然铜锌系列中的铜锌矿物 (Cu₂Zn) 的研究. 矿物学报, 18(4): 509-513

涂光炽, 李锡林, 谢先德, 尹树森. 1964. 锌赤铁矾和锌叶绿矾——两种新的硫酸盐变种矿物. 地质科学, 5(4): 313-330

王贤觉. 1978. 一个新矿物——磷钙钍矿. 科学通报, (12): 743-745

王濮, 潘兆橧, 翁玲宝. 1982. 系统矿物学(上册). 北京: 地质出版社, 1-666

王濮, 李国武. 2014. 1958-2012 年在中国发现的新矿物. 地学前缘, 21(1): 40-51

魏明秀. 1981. 硫金银矿晶体结构研究的新资料. 地质科学, 24(3): 232-234

吴尚全, 杨翼, 宋群. 1992. 新的金矿物——珲春矿 (Au₂Pb). 矿物学报, 12(4): 319-322

谢先德, Minitti M E, 陈鸣, 毛河光, 王德强, 束今赋, 费英伟. 2003. 涂氏磷钙石: 一种磷酸盐高压相新矿物. 地球化学, 32(6): 566-568

熊明, 马喆生, 彭志忠. 1988. 新矿物——安康矿. 科学通报, (18): 1401-1404

徐金沙, 杨光明, 李国武, 邬志亮, 沈致富. 2008. 新矿物丁道衡矿-(Ce): 珀硅钽铈矿的同质多象体和硅钽铈矿亚族 C(1) 位上的钽类似矿物. 矿物学报, 28(3): 237-243

徐金沙, 李国武, 沈致富. 2012. 首次在白云鄂博铁矿发现的矿物种述评. 地质学报, 86(5): 842-848

徐金沙, 李国武, 范光, 葛祥坤, 祝向平, 沈致富. 2019. 红河石 Ca₁₈(□, Ca)₂Fe²⁺Al₄(Fe³⁺, Mg, Al)₈(□, B)₄BSi₁₈O₆₉(O, OH)₉——符山石族新矿物. 地质学报, 93(1): 138-146

杨经绥, 白文吉, 方青松, 戎合. 2008. 西藏罗布莎蛇绿岩铬铁矿中的超高压矿物和新矿物(综述). 地球学报, 29(3): 263-274

杨主明, Gerald Giester, 毛萼, 马玉光, 张迪, 李禾. 2017. 锌赤铁矾 ZnFe³⁺(SO₄)₂(OH)·7H₂O: 新矿物的厘定. 中国矿物岩石地球化学学会第九次全国会员代表大会暨第 16 届学术年会文集. 矿物岩石地球化学通报, 36(增刊): 60

尹京武, 李国武, 杨光明, 潘宝明, 葛祥坤, 徐海明, 王军. 2016. 氟钠烧绿石——一种烧绿石超族的新矿物. 矿物学报, 36(1): 34-37

於祖相, 傅国芬, 师占义. 1964. 河西石 NiMg(CO₃)₂. 地质学报, 44(2): 213-218

於祖相, 林树人, 赵宝, 方青松, 黄其顺. 1974. 我国某地区含铂岩体中铂族元素的及伴生的新矿物初步研究. 地质学报, (2): 202-218

於祖相. 1981. 马兰矿、钴-马兰矿(大营矿)的补充与修正. 地质论评, 27(1): 55-57

於祖相. 1984. 古北矿、喜峰矿——燕山地区宇宙尘中的两种新矿物. 岩石矿物及测试, 3(3): 231-237

於祖相. 1994. 新矿物双峰矿——铈的二碲化物. 矿物学报, 14(4): 322-326

於祖相. 1995. 新矿物马营矿——铈的碲、铋化物. 矿物学报, 15(1): 5-8

於祖相. 1996. 新矿物马兰矿——自然界中首次发现三价铂、三价铈与铜的硫化物. 地质学报, 70(4): 309-314

於祖相. 1997. 新矿物长城矿——铈的硫铋化物. 地质学报, 71(4): 336-339

张建洪, 彭志忠. 1981. 我国发现的新矿物. 地球科学, 15(2): 85-98

张培善, 陶克捷. 1981. 新矿物中华铈矿 Ba₂Ce(CO₃)₃F. 地质科学, 1(2): 195-196

张培善, 陶克捷. 1986. 白云鄂博矿物学. 北京: 科学出版社, 106-107

张培善, 陶克捷, 杨主明. 2000. 我国稀土铈钽矿物学研究回顾与展望. 高校地质学报, 6(2): 126-131

张培善, 王中刚. 2013. 白云鄂博发现三种云母族新矿物: 杨主明云母、氟木下云母和氟铁金云母. 矿物学报, (增刊): 282-283

张如柏, 田慧新, 彭志忠, 马喆生, 韩凤鸣, 景泽被. 1980. 新矿物——阿山矿 (Nb, Ta, U, Fe, Mn)₄O₈. 科学通报, (14): 648-650

张如柏, 龚夏生, 周振冬, 范良明, 帅德权. 1981. 沐川矿——一种新的含水的钼硫化物. 地球化学, (2): 120-127

张如柏. 1998. 中国新矿物种名录. 矿物学报, 18(2): 254-260

张如柏, 张玉玉, 洪洲, 毛治华, 刘发禄, 习计. 2002. 蔡承云石 (Fe²⁺3Al₂(SO₄)₆·30H₂O)——一种含水的硫酸盐矿物. 中南工业大学学报(自然科学版), 33(4): 331-334

郑钰纯, 黄振恒. 1989. 钴硅锌矿——一个富钴的硅锌矿变种. 矿物学报, 9(1): 33-36

中国科学院贵阳地球化学研究所, 铂矿研究组, 电子探针分析组, X 射线粉晶分析组, 选矿组. 1974. 钼和镍的碲铋化物及其他铂族金属新矿物、新变种. 地球化学, (3): 169-181

周剑雄, 杨国杰, 张建洪. 1984. 我国金伯利岩中发现的蒙山矿. 矿物学报, (3): 193-198

周正, 曹亚文. 1997. 中国新矿物综述. 岩石矿物学杂志, 16(1): 81-90

(本文责任编辑:刘莹;英文审校:张兴春)