维普资讯 http://www.cqvip.com

第6卷 第2期 高 校 地 质 学 报 Vol.6 No.2
2000年6月 Geological Journal of China Universities June,2000
文章编号:1006-7493(2000)02-0178-10

碲矿物综述

钱汉东,陈 武,谢家东,黄 瑾
(南京大学 地球科学系,江苏 南京 210093)

摘 要:对世界上已经发现报道的,以及被国际矿物学会新矿物和矿物命名委员会批准承认的分散元素碲的172个矿物种类作了初步总结,并对碲矿物的晶体化学组成、产出的地质条件和碲元素的地球化学特征、以及我国对碲矿物学研究的现状和存在的问题进行了综述和探讨。

关 键 词:碲;碲矿物;分散元素;地球化学
中图分类号:P578.1 **文献标识码**:A

碲元素(Te)发现于1782年,金属碲呈亮铅灰色。碲与镉、锗、镓、铟、硒、铊、钪、铼等均属分散元素。它在地壳中平均丰度值很低($6<10^{-6}$)[1],因而一些学者认为:"分散元素不形成独立的矿床、它们以伴生元素的方式赋存于其他元素的矿床内"[2]。然而,近年来国内外一系列重要的碲化物型金银矿床和金银多金属矿床的发现和地质勘查研究表明,分散元素碲的地球化学性状远比传统认识的要活跃得多,它不仅可以大规模富集、矿化,在一定条件下同样也可以形成独立的、或具有经济价值的矿床或工业矿体,如古巴的佛罗伦萨碲金银矿床[3],美国科罗拉州的克里普克碲金矿床[4],斐济的瓦图库拉(Ahmad, M. et al., 1987)和前苏联的北哈萨克斯坦的碲金矿床(Spiridov, E. M. et al., 1990),以及我国四川大水沟碲铋金矿床[5]、山东归来庄碲金矿床[6],河南北岭碲化物型金矿(李增慧等,1995)和湖南大坊金银碲化物型多金属矿床(王福山,1991)等。与此同时亦开展了包括与金、银和铂族元素有关的矿物学和矿床地质学在内的科学研究[7~10](於祖相,1994;1995;田澍章,1995 和曹志敏,1995 等)。

1 碲矿物晶体化学特征

碲(Te)位于化学周期表的第六族ⅥA亚族,原子量为127.60。碲原子处于基态时的电子构型为$5s^25p^4$,最外层有6个电子[11]。

在自然界,碲的产出除了个别形成自然碲和碲的混合物外,主要是与 Au、Ag 和铂族元素以及 Pb、Bi、Cu、Fe、Zn、Ni 等金属元素形成碲化物,碲硫(硒)化物,以及碲的氧化物和含氧盐等矿物种类。根据有关方面的资料统计,1980年前世界上已发现并被国际矿物学会新矿物与矿物命名委员会(CNMMN,IMA)正式承认的碲矿物有95种[12]。近十多年来,随着科学技术的进步,由于广泛地采用了电子探针、电子显微镜等现代矿物微束分析技术,不仅扩大和深化了对已知的碲矿物的晶体化学和矿物学特征的认识,而且还发现了一批新的碲矿物。1981年以来,世界各地相继又新发现和报道的碲矿物就达80余种[13~25]。在至今已发现和正式报道的172个碲矿物种中(包括部分未正式命名的碲矿物),按其晶体化学的性质和特征可分为六

收稿日期:1999-12-2;修订日期:2000-1-18
基金项目:国家自然科学基金资助项目(49772101)

维普资讯 http://www.cqvip.com

大类(附表1),其中自然元素单质(1个),占碲矿物总数的0.6%,碲化物类矿物(70个)占40.7%;碲硫(硒)化物类矿物(42个)占24.4%,碲的氧化物(39个)占22.7%,含氧盐(20个)占11.6%。另有4个碲矿物名称已被CNMMN IMA废弃或未被批准使用(附表2)。相比较而言,在碲矿物种类中,碲化物、碲硫(硒)化物类矿物和碲的氧化物占了绝大多数,而其他种类的碲矿物的数量相对较少。

碲的金属原子半径为0.1352nm①,在形成化合物时则可以多种价态出现,并具有不同的配位数和相应的离子半径,$^{VI}Te^{-2}$ 2.21nm *②;$^{III}Te^{+4}$ 0.52nm, $^{IV}Te^{+4}$ 0.66nm, $^{VI}Te^{+4}$ 0.97nm, $^{IV}Te^{+6}$ 0.43nm, $^{VI}Te^{+6}$ 0.56nm *②。正由于碲元素的特殊化学配位的多样性,在现已发现的碲矿物中,分散元素碲表现出一种令人颇为感兴趣的晶体化学特征。在自然界中,它除了可以Te^0价态形成独立的自然碲Te矿物或与硒形成天然混合物碲硒矿外,还可表现为-2价或-3价,与某些金属形成碲化物,如碲汞矿HgTe、碲锑矿Sb_2Te_3和楚碲铋矿BiTe等;此外在与氧等化合时则失去电子,表现为+4价,如副黄碲矿TeO_2、碲铅石$PbTe^{4+}O_3$;甚至呈+6价,如复碲铅石$Pb_3H_2(Te^{4+}O_3)(Te^{6+}O_6)$和赤路矿$Bi_6Te_2^{6-}Mo_2^{6+}O_{21}$[30]等。众所周知,由于Te与S、Se在地球化学性质方面具有某些相似性,Te元素可以进入硫化物的晶格形成含碲硫化物矿物,如Tapalpite $Ag_3Bi(S,Te)_3$,碲黝铜矿$Cu_{12-x}(Sb,As)_4(Te,S)_{13}$。除此以外,碲元素还可与S、Se元素一起形成碲硒硫化物,如Kurilite $(Au,Ag)_2(Te,Se,S,)$等;而和As、Sb、Bi元素则可以形成复杂的含碲的砷、锑、铋硫化物,如硫锑铋镍矿$Ni_9(Bi,Sb,As,Te)_2S_8$等。

2 碲矿物的地球化学特征

自然界中通常与碲元素相结合形成碲化物矿物的金属元素,按其地球化学元素的性质可将其分为四组(图1)。(1)铜组:Cu、Au、Ag元素;(2)铂组:Pt、Pd、Ru、Ir、Os等元素;(3)铋组:

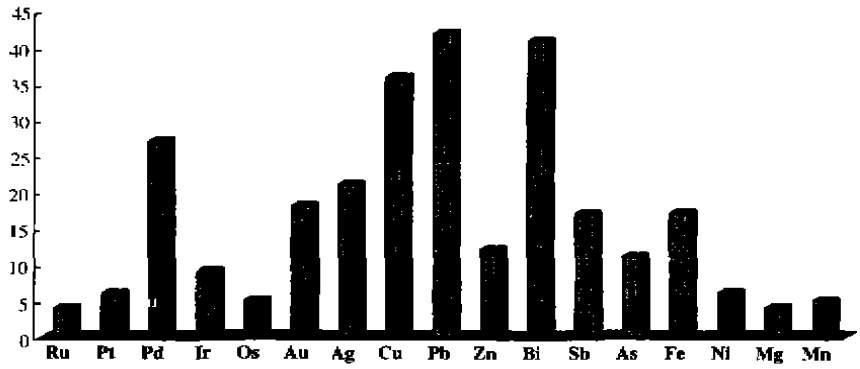


图1 与碲形成碲矿物的主要化学元素频率直方图

Fig.1 Frequency histogram of major chemical elements forming tellurium minerals.

Bi、As、Sb、Pb、Zn等元素;(4)铁组:Fe、Mg、Ni、Mn等元素。其中铜组元素组成的碲化物矿物种类最多,而铁组金属元素组成的碲化物矿物种类相对较少。分散元素碲的地球化学性质受其电子构型和地质地球化学作用制约,在不同的物理化学条件下,明显地表现出在高温时高度

①据同公度,1982,原数据以Å单位表示,1Å=0.1nm.

②*者据Shannon & Prewitt (1969)和Shannon(1976);其他引自Pauling.

维普资讯 http://www.cqvip.com

分散，亲氧性；而在中、低温条件下富集、成矿，呈现出亲硫性的双重地球化学特点。对碲矿物的共生组合和矿物析出顺序特征的观察结果表明，碲化物的生成明显晚于金属硫化物，与自然金的形成时间相近，且多与自然金共生。其在大多数矿床中形成许多含金(银)贵金属元素的碲化物矿物，其中某些矿床还具有相当的规模，如四川大水沟碲铋矿床，山东归来庄碲金矿床和河南东坪碲金矿床等。因而碲化物矿物在一些与岩浆热液和火山作用密切相关的金银矿床中表现出一些独特的碲化物多金属矿物组合和特殊的地球化学特征。在原生矿中，金、银主要赋存在碲化物或硫化物矿物中。伴生金、银(多金属)矿床中的重要标型矿物群是碲化物。金和微量元素的典型组合特征首先是 Au－Te，两者之间的关系是"共生而又相关"[26]，这一特殊的共生组合关系和标型特征，深刻地反映了矿床中伴生金、银成矿作用的特定物理化学条件和环境。因此，在一些重要的金、银和铂族元素贵金属热液矿床中，碲元素和碲化物矿物是重要的地球化学示踪元素和指示矿物。

在氧化条件下，碲易失去外层电子形成 Te^{4+}、或 Te^{6+} 价态，在还原条件及酸性介质条件下，可还原成自然碲 Te 或以 $(TeO_3)^{-2}$、$(TeO_6)^{-6}$ 形式出现。由于在氧化带中碲化物通常相对稳定，因此它们常见于砂矿床中，且距原生矿床露头较近，故可作为寻找金、银贵金属矿床重要的地球化学标志之一。

3 碲矿物产出的地质特征

碲矿物由于种类较多，形成的物理化学条件和产出的地质时代和产状也不尽相同，因而表现出成矿的多样性和复杂性。研究表明，我国碲矿物按产出的主要地质特征大致可分为四种类型：(1)太古代绿片岩中的石英脉型金矿，如小秦岭的扬寨峪金矿、张家口的小营盘金矿等；(2)与第三纪或中生代火山岩、次火山岩和岩浆侵入作用有关的浅成热液金银矿床，如山东归来庄碲金矿床、浙江遂昌银坑山金银矿床和江苏溧水金矿等；(3)次生氧化型碲金银矿，如陕西洛南(氧化带)金矿；(4)砂矿型金矿床等。其中具有工业和经济价值的矿床类型主要是前两类含金、银碲化物型矿床。

碲化物矿物的形成和产出随其生成地质环境条件的变化而不同。在早期基性、超基性活动早期阶段或岩浆结晶过程中，由于碲受到硫的萃取作用可形成大量的富集，往往以类质同像的形式分散于硫化物的晶格中。在多数硫化物晶出以后，在高碲逸度的条件下，Te 与 Au、Ag、Bi、Cu 和 Pt 族等金属元素结合可形成碲化物矿物。与火山或岩浆作用有关的热液活动阶段是碲元素最主要的富集和成矿作用阶段，碲化物的生成与自然金、自然银，以及铂族金属矿物的形成时间较相近，且多与其共生，因此出现碲化物富集的地段往往也是金、银和铂族元素比较富集的地段，其中某些矿床还具有相当的规模。与热液活动作用有关的石英脉状矿化中常常也可含有程度可观的金、银碲化物，以及自然碲矿物。碲化物矿化和富集是热液型金、银和铂族金属矿床的重要找矿标志。

在氧化(表生)作用阶段，由于碲化物的化学性质比较稳定，因此它们可以在原生矿床附近形成砂矿床。碲的表生矿物相对比较少见，有时生成碲铋华或黄碲矿。从酸性介质条件中还原的自然碲，通常保存在铁帽－褐铁矿中，因此碲元素的相对富集是重要的地球化学找矿标志之一。目前有资料表明，有些碲元素的相对富集还存在于某些含钴硫砷化物、砷化物，磷酸盐、碳酸盐，以及含锡、含铀或铀铣等的矿物中。这些碲矿物组合虽然少见(如铀碲矿和碳碲矿)，但却从另一方面反映出碲元素还可在一些特定的地质环境条件和成矿物理化学条件中富集并

维普资讯 http://www.cqvip.com

形成独立的碲矿物。一般来说,在伟晶岩与气成热液矿床中,碲元素不形成具有工业经济价值的富集。必须指出的是自然界中碲矿物的形成、产出的结晶作用和成矿作用是一个相当复杂的过程,尚待进一步的深入研究。

4 我国发现的碲矿物

有关资料分析表明,世界上大多数金、银矿床中都产有碲化物矿物,由于其含量较低,颗粒微细,不易被发现,未能引起足够的重视。近年来,国内外一系列重要的碲化物型金银矿床和金银多金属矿床的相继发现和勘查使碲矿物的研究也得以引起重视。我国矿物学者在碲矿物研究方面也做了大量工作,并发现了若干碲的新矿物:於祖相[27~29]在河北省北部滦河流域的纯橄榄岩体内的铬矿中,先后发现并确定了铱的碲矿物——双峰矿(shuangfengite)$IrTe_2$和高台矿(gaotaiite)Ir_3Te_8,以及马营矿(mayingite) IrBiTe和富碲马营矿Ir_2BiTe_3。杨秀珍、李德忍等[30]在湖南花岗斑岩型铜矿床的石英脉中发现了与石英、辉铋矿、辉钼矿、硫碲铋矿共生的碲的新矿物——赤路矿(chiluite) $Bi_6Te_2Mo_2O_{21}$。孙志富、雒克定等[31]在北京市平谷县杨家洼金矿氧化带的人工重砂中发现了一个新的铋亚碲酸盐矿物——平谷矿($Bi_6Te_2O_{13}$)。此外,战新志[32]在新疆喀拉通铜镍矿床中发现了一个属于$PrTe_2-PdTe_2-NiTe_2$矿物系列中过渡的新变种矿物——铋钯碲镍矿(Ni, Pd)(Te, Bi)$_2$。周新春,刘良等[33]在陕西洛南县鸳鹿金矿床氧化带中鉴定出了碲锰铅矿$PbMnTeO_6$,这是该矿物在国内的首次发现。朱惠娟、杨宝善等[34]在小秦岭金矿田中找到了两种罕见的碲矿物——碲铋铅矿和自然碲。田澍章、陈静渝等[35]首次在河南省灵宝县出岔一乱石和桐沟的两个石英脉岩金矿中发现、并研究了硫碲铋铅金矿($AuPb_2BiTe_2S_3$)。战新志、蒋国贤等[36]在云南省大硐厂铅锌矿床中则发现了与自然铋、辉铋铅矿共生的硫碲铋矿A(Bi_4TeS_2)。

5 结 论

碲是能与金、银、铂族元素化合并形成相应矿物的少数几种元素中最重要的一种元素,因此金、银或多金属碲化物型矿床是一种重要的金、银贵金属矿床类型。这类矿床矿体由于产出层位浅、易于开采,具有投资少,经济效益高等优点。另一方面碲化物矿物的富集、结晶,表现出多阶段、多期性和多样化的成矿作用特点,蕴含着丰富的成矿成因信息,因而普遍受到地质和矿业界的高度重视。

但由于自然界产出的碲矿物颗粒细小,数量较少,以及实验分析条件的限制,以往并未引起人们足够的重视,同时,对碲矿物的产出地质条件、地球化学性状以及形成机制认识甚少,矿物学的研究程度相对还较差,有些新发现的碲矿物还缺乏详细的矿物学资料,因此加强碲矿物的晶体化学的系统研究,丰富和完善碲矿物学资料,对于阐明碲-金、银贵金属矿床的成因,确定找矿标志,指导矿床的找矿勘探将具有十分重要的理论和现实意义。

第一作者简介:钱汉东,男,1952年生,副教授,矿物学专业。

维普资讯 http://www.cqvip.com

附表 1 碲矿物一览表

Table 1 List of tellurium minerals

分类	序号	中文名称	英文名称	化学式	晶系	备注
自然元素	1	自然碲	Tellurium	Te	三方	Reichenstein, 1782
碲化物	2	碲铅矿	Altaite	PbTe	等轴	Rose, 1837
	3	碲铜金矿	Bessmertnovite	$Au_4Cu(Te,Pb)$	斜方	Э. М. Спиридомов, 1979
	4	碲铅铜金矿	Bilibinskite	$Au_3Cu_2PbTe_2$	假等轴	Э. М. Спиридомов, 1978
	5	碲铁铜金矿	Bogdanovite	$Au_5(Cu,Fe)_3(Te,Pb)_2$	等轴	Э. М. Спиридомов, 1978
	6	亮碲锑钯矿	Borovskite	Pd_3SbTe_4	等轴	А. А. Яловой, 1973
	7	碲金矿	Calaverite	$AuTe_2$	单斜	F. A. Genth, 1861
	8	碲汞矿	Coloradoite	HgTe	等轴	F. A. Genth, 1877
	9	粒碲银矿	Empressite	AgTe	斜方	Bradley, 1914; L. J. Cabri, 1965
	10	斜方碲铁矿	Frohbergite	$FeTe_2$	斜方	Thompson, 1947
	11	高台矿	Gaotaiite	Ir_3Te_8	等轴	於祖相, 1995
	12	赫碲铋矿	Hedleyite	Bi_2Te or Bi_7Te_3	三方	Warren, 1945
	13	碲银铜矿	Henryite	$Cu_{3.77}Ag_{3.01}Te_{4.00}$		Bull. Minéralogue, 106, 511
	14	β-碲银矿	Hessite(－High)	Ag_2Te	等轴	Z. K. Tokody, 1932
	15	α-碲银矿	Hessite(－Low)	Ag_2Te	单斜	Rose, 1830
	16	六方碲锑钯镍矿	Hexatestibiopanickelite	$(Ni,Pd)_2SbTe$	六方	於祖相, 1974
	17	伊碲镍矿	Imgreite	NiTe	六方	О. Е. Юшко -Захаров, 1964
	18	凯碲钯矿	Keithconnite	$Pd_{20}Te_7$	三方	P. Bayliss, 1990
	19	科契卡尔石	Kochkarite	$PbBi_4Te_7$	三方	E. M. Spiridonov, 1989
	20	针碲金铜矿	Kostovite	$AuCuTe_4$	单斜	G. Terziev, 1966
	21	黄碲钯矿	Kotulskite	PdTe	六方	А. Д. Генкин, 1963
	22	斜方碲金矿	Krennerite	$AuTe_2$	斜方	Krenner, 1877
	23	等轴铋碲铂矿	Maslovite	PtBiTe	等轴	В. А. Коваленкер, 1979
	24	斜方碲钴矿	Mattagamite	$CoTe_2$	斜方	R. J. Thorpe, 1973
	25	马营矿	Mayingite	Ir_3BiTe	等轴	於祖相, 1995
	26	碲镍矿	Melonite	$NiTe_2$	三方	F. A. Genth, 1868
	27	碲钯矿	Merenskyite	$PdTe_2$	三方	G. A. Kingston, 1966
	28	等轴铋碲钯矿	Michenerite	PdBiTe	等轴	J. E. Hawley, 1958
	29	碲铂矿	Moncheite	$PtTe_2$	三方	А. Д. Генкин, 1963
	30	亮碲金矿	Montbrayite	Au_2Te_3	三斜	Peacock, 1946
	31		Oulankaite	$(Pd,Pt)_5(Cu,Fe)_4SnTe_2S_2$	四方	A. Yu. Barkov, 1996
	32	碲金银矿	Petzite	Ag_3AuTe_2	等轴	Haidinger, 1845
	33	叶碲铋矿	Pilsenite	Bi_4Te_3	三方	
	34	碲铜矿	Rickardite	Cu_3Te_2 or Cu_7Te_5	四方	Ford, 1904
	35	碲铅铋矿	Rucklidgeite	$(Bi,Pb)_3Te_4$	三方	Rucklidge, 1969
	36	双峰矿	Shuangfengite	$IrTe_2$	斜方	於祖相, 1994
	37	碲钯银矿	Sopcheite	$Ag_4Pd_3Te_4$		Zap. Vses, Min. Obsch, 111, 118－121
	38	六方碲银矿	Stuetzite	Ag_5Te_3 or Ag_7Te_4	六方	Schrauf, 1878; Imamov, 1966
	39	针碲金银矿	Sylvanite	$AuAgTe_4$	单斜	Necker, 1835
	40	碲银钯矿	Telargpalite	$(Pd,Ag)_{4+x}Te$	等轴	В. А. Коваленкер, 1974
	41	碲铋矿	Tellurobismuthite	Bi_2Te_3	三方	Balch, 1863
	42	斜碲钯矿	Telluropalladinite	Pd_9Te_4	单斜	Can. Mineral., 1979, Vol. 17, 589

维普资讯 http://www.cqvip.com

续 表

分类	序号	中文名称	英文名称	化学式	晶系	备注
碲化物	43	碲锑矿	Tellurantimony	Sb_2Te_3	三方	R.J.Thope,1973
	44	碲汞钯矿	Temagamite	Pd_3HgTe_3	斜方	L.J.Cabri,1973
	45	等轴碲锑钯矿	Testibiopalladite	Pd(Sb,Bi)Te	等轴	於祖相, 1974
	46	楚碲铋矿	Tsumoite	BiTe	三方	Shimazaci,1978
	47	文砷钯矿	Vincentite	$(Pd,Pt)_3(As,Sb,Te)$	单斜	E.F.Stumpfl,1974
	48	碲铋银矿	Volynskite	$AgBiTe_2$	斜方	М.С.Бессмертная,1963
	49	软碲铜矿	Vulcanite	CuTe	斜方	E.N.Cameron,1961
	50	β-黑碲铜矿	Weissite(-High)	Cu_2Te	假等轴	W.P.Crawford,1927
	51	α-黑碲铜矿	Weissite(-Low)	Cu_2Te	六方	1828
	52		Unnamed	Mo_3Te_4		J.Pasava, 1993
	53		Unnamed	$SbTe_2$		G.Cioflica.1992
	54		Unnamed	$Au_3(Ag,Pb)As_2Te_3$		J.D.Grice,1989
	55		Unnamed	Pd_6AgTe_4		T. L. Grokhovskaya, 1992
	56		Unnamed	Ru_2Te_3		D.Hagen,1990
	57		Unnamed	Pd_6Te_3		T. L. Grokhovskaya, 1989
	58		Unnamed	$(Ru,Rh)(Te,Sb)_2$		S.Trstic,1997
	59		Unnamed	$(Ru,Rh,Ir)(Te,Sb,As)_2$		S.Krstic,1997
	60		Unnamed	(Ir,Os)(As,Te)		N.Tolstyk,1997
	61		Unnamed	(Ir,Os)(Te,As)		N.Tolstyk,1997
	62		Unnamed	Au(Te,Tl)		V.Nechaev,1993
	63		Unnamed	$(Pd,Ag)_2(Te,Pb,Sb,Sn)$		N.S.Rudsthevsky,1995
	64		Unnamed	$(Pd,Ni)_{0.44}(Te,Sb)_{0.56}$		Y.Chen,1993
	65		Unnamed	$(Pd,Cu)_2Te_3$		Petrunov,1992
	66		Unnamed	$(Pd,Ag,Ni)_3Te_4$		Petrunov,1992
	67		Unnamed	$(Ir,Os)Te_2$		N.Tolstyk,1997
	68		Unnamed	$AuAgTe_3$		蔡长金,1993
	69		Unnamed	(Ru,Ir,Os)Te		N.Tolstyk,1997
	70		Unnamed	(Bi,Pb,Pd)Te		F.L.C.D'Orey,1990
	71		Unnamed	$Pd_6(As,Sb,Te)_3$		Th.Weiser,1996
碲硫(硒)化物	72	硫碲铋铅矿	Aleksite	$PbBi_2S_2Te_2$	三方	А.Г.Липовецкий,1978
	73		Baksanite	$Bi_6(Te_2S_3)$	三方	I.V.Pekov,1996
	74	碲硒铜矿	Bambollaite	$Cu(Se,Te)_2$	四方	Harris,1972
	75	巴克霍恩矿	Buckhornite	$Pb_2AuBiTe_2S_3$	斜方	C.A.Francis, 1992
	76	硫碲银矿	Cervelleite	Ag_4TeS		A.J.Criddle,1989
	77	硒硫碲铋矿	Csiklovaite	$Bi_2Te(S,Se)_2$	三方	A.S.Povarencykh,1972
	78	碲黝铜矿	Goldfieldite	$Cu_{12-x}(Sb,As)_4(Te,S)_{13}$	等轴	Ransom,1909
	79	硫锑铋镍矿	Hauchecornite	$Ni_9(Bi,Sb,As,Te)_2S_8$	四方	Amer. Min.,1950,Vol.35,No.5-6
	80	因硫碲铋矿	Ingodite	Bi_2TeS		E.N.Zavy'alow,1981
	81	硫碲铋矿 A	Joseite A	Bi_4TeS_2	三方	Kenngott,1853
	82	硫碲铋矿 B	Joseite B	Bi_4Te_2S	三方	Damour,1845
	83	硒碲铋矿	Kawazulite	$Bi_2(Te,Se,S)_3$	三方	R.Miller,1981;M.Shimizu,1995
	84	硒碲镍矿	Kitkaite	NiSeTe	三方	Hakli,1965
	85		Kurilite	$(Au,Ag)_2(Te,Se,S)$	等轴	V.A.Kovalenker,1989
	86	叶碲金矿	Nagyagite	$Pb_5Au(Te,Sb)_4S_{5-8}$ or $Pb_{13}Au_2Sb_3Te_6S_{16}$	斜方	E.M.Spindonov,1991 C.J.Stanley,1994
	87		Oulankaite	$(Pd,Pt)_5(Cu,Fe)_4SnTe_2S_2$		A.Yu.Barkov,1996
	88	硒碲铋铅矿	Poubaite	$PbBi_2Se_2(Te,S)_2$	三方	Cech,1978
	89	若氯碲铅矿	Radhakrishnaite	$PbTe_3(Cl,S)_2$		A.D.Genkin,1985

维普资讯 http://www.cqvip.com

续 表

分类		序号	中文名称	英文名称	化学式	晶系	备注
碲		90		Saddlebackite	$Pb_2Bi_2Te_2S_3$	六方	R. M. Clarke, 1997
		91	碲硒铋矿	Skippenite	Bi_2Se_2Te		Z. Johan, 1987
		92	硫楚碲铋矿	Sulphotsumoite	Bi_3Te_2S		Zap. Vses. Min. Obsch, 111
		93		Tapalpite	$Ag_3Bi(S,Te)_3$		L. Pedro, 1869
		94	硫碲铋镍矿	Tellurohauchecornite	Ni_9BiTeS_8	四方	
		95	等轴碲铋钯矿	Tetradymite	Bi_2Te_2S	等轴	Haidinger, 1831
		96	齐尼格里亚矿	Tsnigriite	$Ag_9SbTe_3(S,Se)_3$	单斜	S. M. Sandomirskya, 1992
		97	瓦西尔石	Vasilite	$(Pd,Cu)_{16}(S,Te)_7$	等轴	A. V. Atanosov, 1990
		98		Unnamed	$Pb_2Bi_5Te_5S_2$		E. M. Spirnodov, 1995
	硫	99		Unnamed	Pd(Sb,Te,Bi)		G. Beaydoin, 1990
		100		Unnamed	$Pb_2Bi_2Te_2S_3$	三方	E. M. Spirinodov, 1995
	(硒)	101		Unnamed	$Pb_2Bi_3Te_2S_3$		E. M. Spirinodov, 1995
		102		Unnamed	$PbBi_4Te_2S_2$		E. M. Spirinodov, 1995
		103		Unnamed	$PbBi_4Te_3S$		E. M. Spirinodov, 1995
	化	104		Unnamed	$Pb_2Bi_2TeS_3$		E. M. Spirinodov, 1995
		105		Unnamed	Ag_3TeS		A. Piestrzynski, 1994
	物	106		Unnamed	$Ag_9(Sb,As)Te_2S_4$		Xiaomao, Zhang, 1994
		107		Unnamed	$(Pd,Cu)_9SnTe_2S_2$		A. Yu. Barkov, 1992
		108		Unnamed	Te_3Se_4		V. A. Kovalenker, 1989
		109		Unnamed	$Bi_3(Se_2Te,S)_4$		A. V. Yefimov, 1988
		110		Unnamed	$Bi_3(Te,Se,S)_4$		M. Shimizu, 1995
		111		Unnamed	$(Pd,Cu,Pt,Fe)_9Sn(Te,S)_4$		T. L. Grokhovskaya, 1992
		112		Unnamed	$(Ir,Os)(S,As,Te)_2$		N. Tolstyk, 1997
		113		Unnamed	$(Bi,Pb)_3(Te,S)_4$		R. F. de Souza Lima, 1996
碲		114	巴碲铜矿	Balyakinite	$CuTeO_3$	单斜	E. M. Spiridonov, 1980
		115	碲钙石	Carlfriesite	$CaTe_2^{4+}Te^{6+}O_8$	单斜	S. A. Williams
		116	赤路矿	Chiluite	$Bi_6Te_2^{5+}Mo_2^{6+}O_{21}$	六方	杨秀珍等, 1985
		117	克碲铀矿	Cliffordite	UTe_3O_8	等轴	R. V. Gaines, 1969
		118	碲铅石	Fairbankite	$PbTe^{4+}O_3$	三斜	S. A. Williams, 1979
		119	碲锌锰石	Denningite	$(Mn,Zn)Te_2O_5$	四方	Mandarino, 1961
		120	铁黄碲矿	* Ferrotellurite	$FeTeO_4$(?)		F. A. Genth, 1877
	无	121	碲锰铅石	Kuranakhite	$PbMn^{4+}Te^{6+}O_6$	斜方	С. В. Яблокова, 1975
		122	碲汞石	* Magnolite	Hg_2TeO_4		F. A. Genth, 1877
氧	水	123	副黄碲矿	Paratellurite	TeO_2	四方	Switzer, 1960
		124	平谷矿	Pingguite	$Bi_6Te_2O_{13}$	斜方	孙志富, 1994
	氧	125	斜方碲铅石	Plumbotellurite	$\alpha-PbTe^{4+}O_3$	斜方	E. M. Siriidonov, 1982
		126	亚碲铜矿	Rajite	$CuTe_2^{4+}O_5$	单斜	S. A. Williams, 1979
	化	127	碲铀矿	Schmitterite	$(UO_2)TeO_3$	斜方	R. A. Gaines, 1971
化		128	碲锰锌石	* Spiroffite	$(Mn,Zn)_2Te_3O_8$	单斜	J. A. Mandarino, 1962
	物	129	黄碲矿	Tellurite	TeO_2	斜方	Petz, 1842
		130	钛碲矿	Winstanleyite	$TiTe_3^{4+}O_8$	等轴	S. A. Williams, 1979
		131	雅碲锌石	Yafsoanite	$(Zn,Ca,Pb)_3TeO_6$		Zap. Vses. Min. Obsch, 111
物		132		Unnamed	$Au_4Pb_3Te_2O_{11}$		蔡长金, 1993
		133		Unnamed	$(Au,Pb)_3TeO_2$		蔡长金, 1993
		134	黄碲铁石	Cuzticite	$Fe_2^{3+}Te^{6+}O_6\cdot 3H_2O$		S. A. Williams, 1982
		135	砷碲锌铅石	Dugganite	$Pb_3Zn_3Te(As,V,Si)_2(O,OH)_{14}$	斜方	A. A. Kim, 1988
		136	碲铁石	Emmonsite	$Fe_2^{3+}Te_3^{4+}O_9\cdot 2H_2O$	三斜	Hillebrand, 1885

维普资讯 http://www.cqvip.com

续 表

分类		序号	中文名称	英文名称	化学式	晶系	备注
碲氧化物	含水氧化物	137		Frankhawthorneite	$Cu_2Te^{6+}O_4(HO)_2$	单斜	A. C. Roberts, 1995
		138	水碲铜石	Graemite	$CuTeO_3\cdot H_2O$	斜方	S. A. Williams, 1975
		139		Jensenite	$Cu_2Te^{6+}O_6\cdot 2H_2O$		A. C. Roberts, 1996
		140		Keystoneite	$Na_{0.07}K_{0.02}Mg_{0.3}[(Ni_{1.26}Fe^{3+}_{0.47}Mn_{0.10})_{\Sigma 1.83}Te_{3.04}O_{9.00}]\cdot 4.52H_2O$		R. Miletich, 1995
		141	碲铅铜石	Khinite	$PbCu_3Te^{6+}O_4(OH)_6$	斜方	S. A. Williams, 1978
		142		Leisingite	$Cu(Mg,Cu,Fe,Zn)_2Te^{6+}O_6\cdot 6H_2O$	三方	A. C. Roberts, 1996
		143	水碲铁矿	Macksyite	$Fe^{3+}Te_2O_5(OH)$	四方	Frondel, 1944
		144	立方碲铜石	Mcalpineite	$Cu_3TeO_6\cdot H_2O$	等轴	A. C. Roberts, 1995
		145	碲铋华	Montanite	$Bi_2TeO_6\cdot 2H_2O$		F. A. Genth, 1868
		146	副碲铅铜石	Parakhinite	$PbCu_3Te^{6+}O_4(OH)_6$	六方	S. A. Williams, 1978
		147	水硫碲铅石	Schieffelinite	$Pb(Te,S)O_4\cdot H_2O$	斜方	
		148	水羟碲铁石	Sonoraite	$Fe^{3+}Te^{4+}O_3(OH)\cdot H_2O$	单斜	R. V. Gaines, 1968
		149	碲铜石	Teineite	$CuTeO_3\cdot 2H_2O$	斜方	Yoshimure, 1939
		150	绿碲铜石	Xocomecatlite	$Cu_3Te^{6+}O_4(OH)_4$	斜方	S. A. Williams, 1975
		151		Сонорант	$Fe_2^{3+}Te_2^{4+}O_7\cdot 3H_2O$	单斜	R. V. Gaines, 1968
		152		Unnamed	$(Cu_{2.92}Zn_{0.02})_{\Sigma 2.94}Te^{6+}_{01}O_{5.97}\cdot 2.03H_2O$		
碲氧盐	含	153	硅碲铁铅石	Burckhardtite	$Pb_2(Fe^{3+},Mn^{3+})Te^{4+}(AlSi_3)O_{12}(OH)_2\cdot H_2O$	单斜	R. V. Gaines, 1979
		154	羟碲铜矿	Cesbronite	$Cu_5(TeO_3)_2(OH)_6\cdot 2H_2O$	斜方	S. A. Williams, 1974
		155	彻雷奈克石	Cheremnykhite	$Pb_3Zn_3TeO_6(VO_4)_2$	斜方	A. A. Kim, 1990
		156	碲铅铜石	Choloalite	$CuPb(TeO_3)_2\cdot 2H_2O$	等轴	D. W. Powell, 1994
		157	红碲铅铁石	Ezdite	$Pb_2Fe_6^{3+}(Te^{4+}O_3)_3(Te^{6+}O_6)(HO)_{10}\cdot 8H_2O$		S. A. Williams, 1982
		158	复碲铅石	Girdite	$Pb_3H_2(Te^{4+}O_3)(Te^{6+}O_6)$	单斜	S. A. Williams, 1979
		159		Jusbite	$Cu_5(Te^{6+}O_4)_2(As^{5+}O_4)\cdot 2.3H_2O$	三斜	A. C. Roberts, 1997
		160	巾碲铁石	Kinichilite	$Mg_{0.5}[(Mn,Zn)Fe^{3+}(TeO_3)_3]\cdot 4.5H_2O$	六方	R. Miletich, 1995
		161	库克斯石	Kuksite	$Pb_3Zn_3TeO_6(PO_4)_3$	斜方	A. A. Kim, 1990
		162	碲铅铀矿	Moctezumite	$Pb(UO_2)(TeO_3)_2$	单斜	R. V. Gaines, 1965
		163	碳碲钙石	Mroseite	$CaTe^{4+}(CO_3)O_2$	斜方	J. A. Mandarino, 1975
		164	水碲氢铅石	Oboyerite	$Pb_6H_6(Te^{4+}O_3)_2(Te^{6+}O_6)_2\cdot 2H_2O$	三斜	S. A. Williams, 1979
		165	碲铁矾	Poughite	$Fe_2^{3+}(TeO_3)_2(SO_4)\cdot 3H_2O$	斜方	R. V. Gaines, 1968
		166	羟碲铜锌石	Quetzalcoatlite	$Zn_8Cu_4(TeO_3)_3(OH)_{18}$	六方	S. A. Williams, 1978
		167	水氯碲铜石	Tlalocite	$(Cu,Zn)_{16}(Te^{4+}O_4)_2Cl(OH)_{25}\cdot 27H_2O$	单斜	S. A. Williams, 1975
		168	硫碲铜钙石	Tlapallite	$H_6(Ca,Pb)_2(Cu,Zn)_3(SO_4)(Te^{4+}O_3)_4(Te^{6+}O_6)$	单斜	S. A. Williams, 1978
		169		Utahite	$Cu_5Zn_3(Te^{6+}O_4)_4(OH)_8\cdot 7H_2O$		A. C. Roberts, 1997
		170	水碲锌矿	Zemannite	$Mg_{0.5}[ZnFe^{3+}(TeO_3)_3]4.5H_2O$ $(Zn,Fe^{2+})_2(Te^{4+}O_3)_3Na_xH_{2x}\cdot nH_2O$	六方 六方	J. A. Mandarino, 1969 R. Miletich, 1995
		171		Unnamed	$Au_4(PbO)_3(TeO_4)_2$		R. Miletich, 1995
		172		Kolarite	$PbTeCl_2$		A. D. Genkin, 1985

本表主要参考文献[12~26],资料截止日期为1999年底

维普资讯 http://www.cqvip.com

附表 2 已废弃或未批准采用的碲矿物名称

Table 2 The list of tellurium mineral names discredited by the CNMMN

序号	废 弃 矿 物 名 称	备 注
1	承铂矿 (Chengbolite)=不含铋的碲铂矿(bismuth-absent Moncheite)	C. Roessler, 1897; 孙未君等, 1973 Mineralogical Magazine, 43(1980), 1055
2	燕中矿(Yanzhongite)=黄碲钯矿(Kotulskite)	Mineralogical Magazine, 43(1980), 1055
3	格碲硫铋矿(Grünlingite)=硫碲铋矿 A(Joseite A) +辉铋矿(Bismuthinite)的混合物	A. S. Povarencykh, 1972 Am. Min., 67(1982), 855
4	叶碲铋矿(Wehrlite)=叶碲铋矿 (Pilsenite) + 碲银矿 (Hessite)的混合物	T. Ozawa, 1982, Am. Min., 69(1984), 215

资料引自 E. H Nickel 和 J. A. Mandarino, Mineralogical Magazine, April 1988, 52:274～292.

参考文献:

[1] 黎彤. 化学元素的地球丰度[J]. 地球化学, 1976,(3):167～174.

[2] 俞志杰. 分散元素矿床[A]. 见:程裕淇主编. 大百科全书(地质学卷)[M]. 北京·上海:中国大百科全书出版社, 1993. 197.

[3] Bortinikov N S, Kramer K H, Genkin A D, et al., Paragenesis of gold and silver tellurides in the Florencia deposit, Cuba [J]. Inter. Geol. Rev. 1988, (30): 294～306.

[4] Thompson T B, Trippel A D, Dwelley P C. Mineralized veins and breccias of the Cripple Creek district, Colorado [J]. Econ. Geol., 1985, (80): 1669～1688.

[5] 陈毓川,毛景文,周剑雄,等. 四川省石棉县大水沟碲铋金矿床—世界首例以碲为主的独立碲矿床[A]. 第五届全国矿床会议论文集[C],北京:地质出版社,1993. 437～439.

[6] 刘广哲. 归来庄金矿床中金矿物与载金矿物的标型意义[J]. 山东地质,1994,(2):57～65.

[7] 银剑钊,陈毓川,周剑雄,等. 世界首例独立碲矿床的矿物学研究[J]. 矿物岩石地球化学通讯,1994,(3): 153～155.

[8] 罗镇宽. 浙江银坑山金银矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质,1985,(4):47～55.

[9] Zhou Jianping, Chen Wu. A study on forming conditions of Ag-Au-Telluride in some hydrothermal gold deposits[A]. The 15th General Meeting of International Mineralogical, (Abstracts)[C], 1990, (2): 138～140.

[10] 张招崇,李兆乃. 一个值得重视的金矿类型-碲化物型[J]. 贵金属地质,1994,(3):58～64.

[11] 刘英俊,曹励明,李兆麟,等. 元素地球化学[M]. 北京: 科学出版社,1984. 407～414.

[12] 中国新矿物及矿物命名委员会.英汉矿物种名称[M]. 北京:科学出版社,1984.

[13] 郭宗山,叶庆同. 新矿物(1981-1988)[J]. 中国地质科学院矿床地质研究所所刊,1990,(1): 73～258.

[14] 郭宗山. 经国际矿物学会(IMA)新矿物及矿物命名委员会(CNMMN)批准 1990 年发表的新矿物[J]. 岩石矿物学杂志,1991,10(4): 350～353.

[15] 黄蕴慧,蔡剑辉,曹亚文. 新矿物(1991.1-1992.6)[J]. 岩石矿物学杂志,1993,12(1):51～57.

[16] 黄蕴慧,蔡剑辉,曹亚文. 新矿物(1992.7-1992.12)[J]. 岩石矿物学杂志,1998,17(1):48～67.

[17] 黄蕴慧,蔡剑辉,曹亚文. 新矿物(1994.1-1994.12)[J]. 岩石矿物学杂志,1999,18(1):50～64.

[18] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1992, 77.

[19] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1993, 78.

[20] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1994, 79.

[21] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1995, 80.

[22] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1996, 81.

[23] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1997, 82.

维普资讯 http://www.cqvip.com

[24] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1998, 83.
[25] Jambor J L et al. New mineral names [J]. American Mineralogist. 1999, 84.
[26] 丁俊华、许文渊、吴厚泽. 中国伴生金矿床[M]. 北京:地质出版社. 1996.
[27] 於祖相. 新矿物双峰矿——铱的二碲化物[J]. 矿物学报,1994,14 (4): 322～326.
[28] 於祖相. 新矿物马营矿——铱的碲、铋化物[J]. 矿物学报,1995,15 (1): 5～8.
[29] 於祖相. 新矿物高台矿——铱的碲化物[J]. 矿物学报,1995,15 (1): 1～4.
[30] 杨秀珍,李德忍. 新矿物——赤路矿的发现与研究[J]. 矿物学报,1985, 9 (1): 8～14.
[31] 孙志富,雒克定,谭发兰, 等. 一个新的铋亚碲酸盐矿物——平谷矿[J]. 矿物学报,1994, 14 (4): 315～321.
[32] 战新志. 新变种矿物——铋钯碲镍矿[J]. 矿物学报,1995, 15 (2): 150～154.
[33] 周新春,刘良,王世忠,等. 碲锰铅矿在中国的首次发现[J]. 矿物学报,1997, 17 (2): 115～119.
[34] 朱慧娟,杨宝善,李玉衡, 等. 小秦岭金矿田中的两种罕见矿物——碲铅铋矿和自然碲[J]. 矿物学报, 1989, 9 (1): 37～41.
[35] 田澍章,陈静渝,李秀梅, 等. 硫碲铋铅金矿在我国的首次发现和研究[J]. 矿物学报,1994, 14 (3): 241～246.
[36] 战新志,蒋国贤. 云南大硐厂铅锌矿床中的硫碲铋矿 A [J]. 矿物学报,1995,15 (4): 422～424.

A Review of Tellurium Minerals

QIAN Han-dong, CHEN Wu, XIE Jia-dong, HUANG Jing
(*Department of Earth Sciences, Nanjing University*. 210093)

Abstract: This paper preliminary summarises 172 tellurium miuerals which have been reported in literatures and formally approved by the Commission on Minerals and Mineral Names (CNMMN) of the International Mineralogical Association (IMA). A list of these minerals is given as a table. The major element chemical compositions, geochemical features, geochemistry and modes of occurrences of tellurium minerals, and the achievements acquired in tellurium mineralogy of China are reviewed. Finally the problems concerning the further studies of tellurium mineralogy and geochemistry are also discussed.

Key words: tellurium; tellurium minerals; dispersed elements; geochemistry