

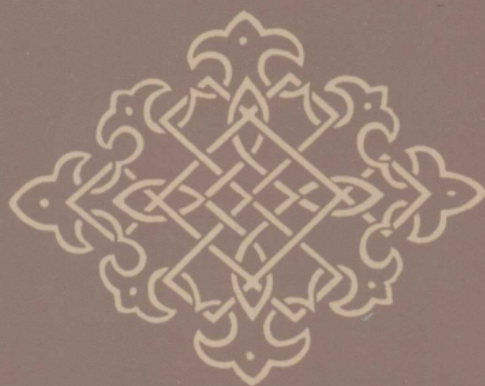
第五卷 盐类矿物

# 矿物典

第一分册

砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物

李锦平 王立本 李 艺 等编著  
赖来仁 郭月敏 刘亚玲



地质出版社

# KUANG WU DIAN

ISBN 978-7-116-05574-2



9 787116 055742 >

定价：80.00元

# 矿 物 典

(第五卷 盐类矿物)

## 第一分册

砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物

李锦平 王立本 李 艺 等编著  
赖来仁 郭月敏 刘亚玲

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书为《矿物典》第五卷第一分册的内容,即砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬、铌、钽、铀、镭等各种盐类矿物。根据现行的矿物晶体化学分类,铌、钽、铀、镭等的含氧化合物均已归入复杂氧化物大类中,因此不属于该分册收录的内容。共收入砷酸盐类矿物 292 种、硒酸盐类矿物 25 种、碲酸盐类矿物 47 种、钒酸盐类矿物 99 种、钨酸盐类矿物 14 种、钼酸盐类矿物 24 种、铬酸盐类矿物 12 种,总计 513 种。上篇叙述的是中国有产地和矿物学资料报道的矿物种,下篇中收入的是中国现无产地和矿物学资料报道的矿物种。

其特点可归纳为以下几个方面:

1. 总共收集、甄别属于砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物 513 种(截止于 2007 年 12 月以前发表的),其中首次收入了 1994 年以来由国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会(IMA-CNMMN)批准并公开发表的新矿物百余种;根据矿物研究的新进展对于过去在国内已公布的矿物资料进行了补充和订正。

2. 每个矿物种的描述中,尽量给出矿物的产状、矿物共生组合及与其他矿物的关系。首次(在力所能及的情况下)给出了各矿物种的 X 射线粉晶衍射数据的原始数据卡片号(ICDD-JCPDS)和该矿物的主要(或原始)参考文献,便于读者追索和查询。

3. 严格按照 IMA-CNMMN 关于矿物命名的原则审定矿物名称,对于未经 IMA-CNMMN 批准的矿物,一律不赋予名称,代之以未定名矿物进行描述。对近年来由 IMA-CNMMN 通过废除(或失效)的矿物名称进行了说明,并在其名称后面加上问号,以便说明矿物种名称的动态变化。

4. 对于砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物中,已经建立矿物族的矿物,按照其所属的矿物族进行分类描述。同族矿物在化学组成及晶体结构特征两方面具有可对比性。由于砷、钒酸盐类矿物及硒、碲酸盐类矿物常在化学组成和晶体结构两方面具有相似性,故在相应的章节中一并进行了叙述。对于未建族的砷酸盐类矿物按照正酸盐和亚酸盐进行了归类,并在其中按照无水、含水、含羟基(卤素)、含复合阴离子团等进行了进一步划分;对钒酸盐类矿物也按其无水、含水、含羟基、含复合阴离子团进行分类,对于由多个不同类型的钒-氧多面体结合形成的复杂链状结构的钒酸盐矿物归于钒氧盐类进行描述。

5. 与已经编辑出版《中国矿物志》第一卷和第四卷不同的是,本书研究成果一并收入了中国目前尚无产地或矿物学资料报道的矿物,旨在使读者全面了解所涉及的各大类矿物的最新研究状况,以便促进我国新矿物研究工作的发展。

### 图书在版编目(CIP)数据

矿物典. 第 5 卷. 第 1 分册. 中国的砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物/李锦平等编著. —北京:地质出版社,2008. 1

ISBN 978-7-116-05574-2

I. 矿… II. 李… III. ①矿物-简介②盐类矿床-简介-中国 IV. P57

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 000549 号

组稿编辑:王大军 白 铁

责任编辑:白 铁 郝梓国 孙海田

责任校对:黄苏峰

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路 31 号,100083

电 话:(010)82324508(邮购部);(010)82324579(编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: [zbs@gph.com.cn](mailto:zbs@gph.com.cn)

传 真:(010)82310759

印 刷:北京地大彩印厂

开 本:787 mm × 1092 mm<sup>1/16</sup>

印 张:29.25

字 数:700 千字

印 数:1—1500 册

版 次:2008 年 1 月北京第 1 版·第 1 次印刷

定 价:80.00 元

书 号:ISBN 978-7-116-05574-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

# 前 言

矿物是构成地质体的基本物质,是特定地质作用的产物,人类对于矿物的认识是一个不断丰富发展的过程、当前国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会(IMA-CNMMN)确定的矿物质和矿物种的概念为:矿物质是地球和外来天体中天然产出的固体,系由地球物理和地球化学作用形成的物质;矿物种则是具有确定的化学组成和结晶学性质的矿物质,并赋予特定的名称。矿物具有资源和环境的双重属性,其资源属性表现在一些矿物可直接构成可利用的矿产资源,或者具有指示某种矿产资源可能存在的意义;其环境属性则表现在矿物反映其所形成的特定地球物理和地球化学条件。随科学技术的发展和进步人类对于矿物的这两种属性的认识愈加深入。

矿物学是研究岩石学、矿床学、地球化学等地质学科的基础学科,随着科学技术的发展,应用矿物学成果和知识的学科领域日益广泛。因此,通过《中国矿物志》的编著与出版,可以了解我国的矿物种类、特征、产状及分布规律等,从而为国民经济建设、矿产资源综合利用、新矿物材料及环境功能材料的开发及诸地质学科的研究和发展提供可靠的资料、数据和信息。

历经二十余年的调研和资料积累,1984年由中国地质学会矿物学专业委员会制定了《中国矿物志》编著计划,就编著《中国矿物志》的目的和意义、编写形式、专著内容和设计、组织机构、内容要求等问题进行了详细论述。尽管这个编著计划,已不能完全适应当前科研体制改革形势和学科发展的需要,但在当时对于推动国内矿物学的发展确实起到了重要作用。在由计划经济向市场经济体制转型的大形势下,仍以计划经济形式实施1984年《中国矿物志》编著计划,无疑遇到了很大的困难。尽管如此,在当时各有关上级单位的大力支持下,于20世纪90年代初编著出版了《中国矿物志》第四卷,即卤化物矿物、氧卤化物及氢氧卤化物;2000年12月出版了第一卷,即自然元素单质及其金属互化物矿物。

《中国矿物志》根据矿物结构及结晶化学分类划分为7卷17册:

第一卷 自然元素、金属互化物及碳、硅、氮、磷化物

第二卷 硫化物及硫酸盐

第一分册 硫化物

第二分册 硫酸盐矿物

第三卷 氧化物、氢氧化物(羟化物)

第一分册 简单氧化物

第二分册 复杂氧化物

第三分册 羟化物

第四分册  $\text{SiO}_2$  族矿物

第四卷 卤化物矿物、氧卤化物及氢氧卤化物

## 第五卷 盐类矿物(除硅酸盐)

第一分册 砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬、铌、钽、铀、锑等各种盐类矿物

第二分册 碳酸盐、硼酸盐、磷酸盐及硫酸盐类矿物；包括碘、硝酸盐类矿物

## 第六卷 硅酸盐矿物

第一分册 正硅酸盐(孤立四面体[SiO<sub>4</sub>])及[Si<sub>2</sub>O<sub>7</sub>]矿物

第二分册 环状结构矿物

第三分册 单链结构矿物

第四分册 双链结构矿物

第五分册 架状结构矿物

第六分册 层状结构矿物

## 第七卷 有机矿物

由此可见,《中国矿物志》的编著任务还十分繁重。

为逐渐实施这个编著任务,中国地质调查局于2000年批准设立了《中国矿物立典研究》项目,该项目为期三年,其总体目标任务:①编写《中国矿物志》第三卷第一分册;②编写《中国矿物志》第五卷第一分册;③修改《中国矿物志》出版计划。

由于新编的《中国矿物志》,不仅包含了中国发现的矿物,也包含了国内尚未发现(或无矿物数据)的,且在国外发现发表的矿物。故此套书在出版中改为《矿物典》,其卷数、册数与名称不变。

本书的内容即为第五卷第一分册的研究成果。与以往的做法不同的是:①本书收录的资料来源为公开发表的学术专著和论文,以及经过立项和主管部门评审验收的科研和勘查报告(未公开出版),旨在确保资料的可靠性;②除我国已有产地和资料报道的矿物外,还列出了目前我国尚无报道或尚未发现的有关矿物的详细资料(截止于2007年底前国外发表的矿物),目的在于为读者提供一部有关矿物类别完全的信息,便于各领域读者使用和查询;③每种矿物均提供了原始的或主要的参考文献,便于读者根据需要做进一步追溯;④每种矿物尽量提供了国际衍射数据中心的粉晶衍射数据的卡片号(ICDD-JCPDS);收入的矿物均为国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会(IMA-CNMMN)承认的矿物种,其中文名称则参考由中国新矿物及矿物命名委员会审定的《英汉矿物种名称》(科学出版社,1984)和中国新矿物及矿物命名委员会于《岩石矿物学杂志》陆续公布的新矿物名称(截止于1994年12月),个别矿物的名称根据其最新的研究有所更正。1995年以来的新矿物,则根据中国新矿物及矿物命名委员会的矿物种中文命名原则冠名。

第五卷第一分册,即砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬、铌、钽、铀、锑等各种盐类矿物。根据现行的矿物晶体化学分类,铌、钽、铀、锑等的含氧化合物均已归入复杂氧化物大类中,因此不属于该分册收录的内容。是否属于砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物,一般取决于其晶体结构的研究结果。在未完成晶体结构分析的矿物中,往往很难决定其应归属于盐类亦或复杂氧化物大类,遇到这种情况时则将其纳入该分册中。本书共收入砷酸盐类矿物292种、硒酸盐类矿物25种、碲酸盐类矿物47种、钒酸盐类矿物99种、钨酸盐类矿物14种、钼酸盐类矿物24种、铬酸盐类矿物12种,总计513种。上篇叙述的是中国有产地和矿物学资料报道的矿物种,下篇中收入的是中国现无产地和矿物学资料报道的矿物种。

以砷酸盐类矿物为例,截止于2007年底统计国际上现已发现的矿物有292种,但我国有

详细资料报道的矿物只有 34 种;同样的情况还有钒酸盐类、硒酸盐类和碲酸盐类,我国鲜有矿物学资料报道,其中多为近几年国外发现的新矿物。这类矿物一般生成于地表氧化条件,尤其是已开采贱金属和贵金属矿床矿山的老硐和废矿堆在现代地表的地球化学条件下形成的矿物。多数碲酸盐新矿物溶解于稀酸,是造成矿山地表水和地下水污染的污染源之一。对这类矿物进行研究具有重要的环境矿物学意义。我国矿物学工作者似应加强这类矿物的矿物学研究。

其特点可归纳为以下几个方面:

1) 总共收集、甄别属于砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物 513 种(截止于 2007 年 12 月),其中首次收入了 1994 年以来由国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会(IMA-CN-MMN)批准并公开发表的新矿物百余种;根据矿物研究的进展对于过去在国内公布的矿物资料进行了补充和订正,力求将最新资料介绍给读者。

2) 每个矿物种的描述中,尽量给出矿物的产状、矿物共生组合及与其他矿物的关系。首次(在力所能及的情况下)给出了各矿物种的 X 射线粉晶衍射数据的原始数据卡片号(ICDD-JCPDS)和该矿物的主要(或原始)参考文献,便于读者追索和查询。

3) 严格按照 IMA-CNMMN 关于矿物命名的原则审定矿物名称,对于未经 IMA-CN-MMN 批准的矿物,一律不赋予名称,代之以未定名矿物进行描述。对近年来由 IMA-CN-MMN 通过废除(或失效)的矿物名称进行了说明,并在其名称后面加上问号,以便说明矿物种名称的动态变化。

4) 对于砷、硒、碲、钒、钨、钼、铬等盐类矿物中,已经建立矿物族的矿物,按照其所属的矿物族进行分类描述。同族矿物在化学组成及晶体结构特征两方面具有可对比性。由于砷、钒酸盐类矿物及硒、碲酸盐类矿物常在化学组成和晶体结构两方面具有相似性,故在相应的章节中一并进行了叙述。对于未见族的碲酸盐类矿物按照正酸盐和亚酸盐,进行了归类,并在其中按照无水、含水、含羟基(卤素)、含复合阴离子团等进行了进一步划分;对钒酸盐类矿物也按其无水、含水、含羟基、含复合阴离子团进行分类,对于由多个不同类型的钒-氧多面体结合形成的复杂链状结构的钒酸盐矿物归于钒氧盐类进行描述。

5) 与已经编辑出版《中国矿物志》第一卷和第四卷不同的是,本书研究成果首次尝试收入了中国目前尚无产地或矿物学资料报道的矿物和新矿物资料,旨在使读者全面了解所涉及的各大类矿物的最新研究状况,以便促进我国新矿物研究工作的发展。

本书上篇第一、二章由广西师范大学李艺和中国有色金属总公司桂林地质矿产研究院赖来仁以及中国地质科学院矿产资源研究所李锦平编写,其余各章节均由李锦平、王立本、郭月敏、刘亚玲共同完成,并由李锦平、王立本审定、修改定稿;其中全部图件的计算机清绘由刘亚玲完成。

本书项目实施过程中,中国地质科学院科技处和中国地质科学院矿产资源研究所曾给予大力支持。全国地质图书馆和中国地质科学院地质所和矿产资源所图书室给予了大力协助。黄蕴慧研究员对于该项目予以了支持和关注,后因身体原因未能继续参加该项目工作;中国地质科学院矿产资源研究所电子探针实验室周剑雄研究员和红外光谱实验室郭立鹤研究员协助完成了样品测试工作。项目组对上述领导、各位专家同行以及本书所引用的文献的作者们,表示最诚挚的感谢!

鉴于本书所涉及的矿物种数较多,工作时间较短,对于每种矿物的晶体结构细节的叙述不够详细;又限于我们的水平,深感书中各章节中还存在不少问题,敬请各位评审专家批评指正。

# 目 次

## 上 篇

### 中国的砷、钒、钨、钼、铬、硒、碲等各种盐类矿物

第一章 中国砷酸盐类矿物 .....	( 3 )
第二章 中国钒酸盐类矿物 .....	(101)
第三章 中国钨、钼、铬酸盐类矿物 .....	(135)
第四章 中国硒、碲酸盐类矿物 .....	(162)

## 下 篇

### 中国尚无产地和无矿物学数据报道的砷、钒、钨、钼、 铬、硒、碲等各种盐类矿物

第一章 砷、钒酸盐类矿物 (已建族) 的矿物种 .....	(169)
砷钙镁石族 (Adelite group) .....	(169)
磷锰钠石族 (Alluaudite group) .....	(172)
磷灰石族 (Apatite group) .....	(175)
水砷铁铜石族 (Arthurite group) .....	(180)
钙铀云母族 (Autunite group) .....	(182)
砷铅铁矾族 (Beudantite group) .....	(184)
羟钒锰铅矿族 (Brackebuschite group) .....	(187)
纤磷钙铝石族 (Crandallite group) .....	(191)
羟钒锌铅石族 (Descloizite group) .....	(195)
磷钙锰石族 (Fairfieldite group) .....	(198)
变钙铀云母族 (Meta-autunite group) .....	(200)
砷铋铜石族 (Mixite group) .....	(205)
独居石族 (Monazite group) .....	(209)
毒铁石族 (Pharmacosiderite group) .....	(211)
砷钴钙石族 (Roselite group) .....	(213)



砷铁锌铅石族 (Tsumcorite group) .....	(215)
磷铝石族 (Variscite group) .....	(229)
蓝铁矿族 (Vivianite group) .....	(230)
<b>第二章 砷酸盐类矿物 (未分族) 的矿物种</b> .....	(233)
无水砷酸盐类矿物.....	(233)
无水亚砷酸盐类矿物.....	(244)
含卤素无水砷酸盐类矿物.....	(250)
含卤素无水亚砷酸盐类矿物.....	(253)
含水砷酸盐类矿物.....	(255)
含羟基砷酸盐类矿物.....	(286)
含水和羟基 (卤素) 的砷酸盐类矿物.....	(304)
含水或羟基 (卤素) 的亚砷酸盐类矿物.....	(320)
含复合阴离子团的砷酸盐类矿物.....	(324)
含复合阴离子团的亚砷酸盐类矿物.....	(331)
<b>第三章 钒酸盐类矿物 (未分族) 的矿物种</b> .....	(334)
无水钒酸盐类矿物.....	(334)
含水钒酸盐类矿物.....	(344)
含羟基钒酸盐类矿物.....	(348)
含水和羟基的钒酸盐类矿物.....	(351)
含附加阴离子团的钒酸盐类矿物.....	(354)
无水钒氧盐类矿物.....	(355)
含水钒氧盐类矿物.....	(358)
<b>第四章 铬、钼、钨酸盐类矿物 (未分族) 的矿物种</b> .....	(375)
铬酸盐类矿物.....	(375)
钼酸盐类矿物.....	(381)
钨酸盐类矿物.....	(391)
<b>第五章 硒、碲酸盐类矿物 (未分族) 的矿物种</b> .....	(398)
硒酸盐和亚硒酸盐类矿物.....	(398)
碲酸盐类和亚碲酸盐类矿物.....	(410)
<b>中文索引</b> .....	(437)
<b>英文索引</b> .....	(449)

## 上 篇

中国的砷、钒、钨、钼、铬、硒、碲  
等各种盐类矿物



# 第一章 中国砷酸盐类矿物

羟砷锌石(Adamite)



斜方晶系,空间群  $Pn\bar{m}$ ,  $Z=4$

羟砷锌石(原称水砷锌矿),最先在 1866 年发现于智利,其后在德国、法国、土耳其及南非、墨西哥等地均有发现<sup>[1,2]</sup>。在我国,该矿物见产出于云南个旧矿区、广东迅塘矿区、吉林双金矿区和内蒙古额济纳旗老硇沟金矿矿床氧化带中。但仅有广东迅塘矿区<sup>[3]</sup>和内蒙古额济纳旗老硇沟<sup>[4]</sup>产出的该矿物有较详细的矿物学资料报道。

## 1. 广东迅塘羟砷锌石

**[产地、产状及共(伴)生矿物]** 羟砷锌石产出于广东迅塘矽卡型铜锌锡矿床氧化带附近的残坡积层的天然重砂矿物中,与锡石、石榴子石、绿帘石、石英、白铅矿、蓝铜矿、黄铁矿、孔雀石等矿物伴生。

**[晶体形态]** 羟砷锌石呈柱状自形半自形晶,粒径约为 0.01~0.02mm,集合体呈放射状、葡萄状,大小可达 1~2mm。

**[物理性质]** 颜色淡绿至绿色,条痕白色。透明,玻璃光泽。 $\{010\}$ 解理良好,断口不平整至半贝壳状。摩氏硬度 3.5,实测密度  $4.35\text{g}/\text{cm}^3$ ,计算密度  $4.39\text{g}/\text{cm}^3$ 。

**[光学性质]** 该矿物在透射光下呈无色或微带黄色调的绿色。二轴晶(+),  $2V=87.4^\circ$ 。多色性中等。光性方位  $N_p//a$ ,  $N_m//c$ ,  $N_g//b$ 。正突起高,平行消光。干涉色高。折射率  $N_p=1.717$ ,  $N_m=1.720$ ,  $N_g=1.735$ 。

**[化学组成]** 用电子探针分析该矿物 3 个颗粒的平均化学成分结果见表 1-1。据此计算该矿物的结晶化学分子式为  $(\text{Zn}_{1.415}\text{Cu}_{0.564})_{1.979}(\text{AsO}_4)_{1.01}(\text{OH})_{0.99}$ ,简化分子式为  $(\text{Zn}, \text{Cu})_2(\text{AsO}_4)(\text{OH})$ 。

表 1-1 广东迅塘羟砷锌石化学成分的电子探针分析结果( $w_B/\%$ )

序号	CuO	ZnO	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	Σ
1	19.33	36.12	41.10		
2	19.37	36.79	42.11		
3	8.71	48.78	39.51		
平均	15.80	40.56	40.91	3.14 <sup>①</sup>	100.41

①据文献[3]。

**[化学性质]** 该矿物易溶于稀 HCl,用钼酸铵试验显砷的反应。

**[结晶学特征]** 根据粉晶衍射数据,用最小二乘法进行指标化,计算出的晶胞参数为  $a=8.349\text{Å}$ ,  $b=8.522\text{Å}$ ,  $c=6.038\text{Å}$ 。据文献<sup>[2]</sup>,羟砷铅石属斜方晶系,空间群为  $Pn\bar{m}$ 。

[X 射线粉晶衍射数据] 该矿物的粉晶 X 射线分析结果见表 1-2, 与 JCPDS 6-536 卡片的数据基本一致。

表 1-2 羟砷锌石的 X 射线粉晶数据

羟砷锌石(广东迅塘) <sup>①</sup>			JCPDS 6-536		羟砷锌石(广东迅塘) <sup>①</sup>			JCPDS 6-536	
<i>I</i>	<i>d</i> /Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> /Å	<i>I</i>	<i>d</i> /Å	<i>hkl</i>	<i>I</i>	<i>d</i> /Å
6	5.93	110	60	5.94			114	5	1.462
1	5.41		5	5.48			512	5	1.434
8	4.86	101	90	4.90			551	5	1.408
5	4.21	111	60	4.24	1	1.399	252	10	1.395
4	3.76	120	40	3.76			522	10	1.377
		002	20	3.06	3	1.348			
8	2.99	220	90	2.97	3	1.332			
8	2.69	112	80	2.70	2	1.315			
		310	40	2.64	2	1.303			
1	2.573	031	30	2.58	5	1.281			
10	2.447	131	100	2.45	0.5	1.230			
		311	50	2.42	0.5	1.214			
3	2.352	122	40	2.36	0.5	1.200			
		400	10	2.07	0.5	1.179			
1	1.997	410	10	2.02	1	1.168			
1	1.948	103,013	30	1.958	0.5	1.149			
		140	20	1.912	0.5	1.133			
		240	20	1.888	2	1.118			
1	1.847	232	10	1.851	5	1.100			
		241	10	1.811	3	1.088			
2	1.773	123	10	1.778	0.5	1.076			
2	1.731	042	10	1.738	1	1.066			
		142	20	1.708	4	1.060			
3	1.667	332	30	1.658	1	1.043			
1	1.639	341	10	1.622	0.5	1.030			
		151,133	80	1.608	0.5	1.020			
9	1.605	422,250	30	1.581	3	0.999			
		511	30	1.570	1	0.992			
3	1.509	004	40	1.483					

①实验条件: 照相法,  $D = 57.3\text{mm}$ ,  $\text{FeK}\alpha$ ,  $35\text{kV}$ ,  $15\text{mA}$ 。

[红外吸收光谱特征] 羟砷锌石的红外吸收光谱分析(KBr 压片, 用 Perkin-Elmer580-B 型红外光谱仪记录)结果如图 1-1。从红外吸收光谱曲线看出, 该矿物在波数  $3480\text{cm}^{-1}$  处有  $[\text{OH}]^-$  的伸缩振动吸收带; 在波数  $837、810\text{cm}^{-1}$  处有  $[\text{AsO}_4]^{3-}$  的  $\nu_3$  伸缩振动吸收带; 在波数  $527\text{cm}^{-1}$  处有  $[\text{AsO}_4]^{3-}$  的  $\nu_4$  弯曲振动吸收带, 另外还有波数  $1035、1012、384、326\text{cm}^{-1}$  的吸收带。

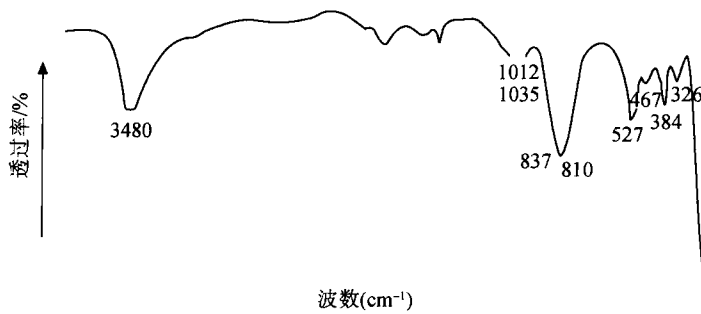


图 1-1 广东迅塘羟砷锌石的红外吸收光谱

**[与其他矿物种的关系]** 羟砷锌石  $[Zn_2(AsO_4)(OH)]$  与橄榄铜矿  $[Cu_2(AsO_4)(OH)]$  同属  $A_2(XO_4)Z_q$  型的含羟基砷酸盐类矿物, Cu、Zn 两者离子半径相近, 它们之间可互相置换。由 Cu 取代或部分取代 Zn, 则成为橄榄铜矿或成为两者之间的过渡类型矿物。因此这两者常常共生在一起。在广东迅塘发现的羟砷锌石  $(Zn, Cu)_2(AsO_4)(OH)$  含 Cu 较高, 平均达 15.8%, 这与标准羟砷锌石  $[Zn_2(AsO_4)(OH)]$  相比较, 显然 Cu 取代了该矿物晶格中的部分 Zn, 这与在法国所发现的含 Cu 较高的羟砷锌石较为相似。

**[资源和环境属性]** 羟砷锌石常常发育于富砷的原生锌(铜)硫化物矿床氧化带中, 属于次生矿物, 常常与菱锌矿、方解石、孔雀石、蓝铜矿、褐铁矿、橄榄铜矿、异极矿和石英等伴生。这类次生矿物是在高温多雨亚热带气候的表生条件下所形成。羟砷锌石等砷酸盐类矿物的发育则往往与原生矿石中的毒砂含量及闪锌矿、黄铜矿的含量密切相关, 也与上部矿体的氧化带的发育程度有关。化学活动性较强的锌、铜在氧化作用和酸性淋滤作用下往往呈溶液状态, 并与由毒砂分解形成的砷酸根离子结合而形成砷酸盐类矿物。广东迅塘的羟砷锌石即产在矽卡岩型铜锌锡矿床附近的残坡积层的重砂矿物中。因此, 通过对氧化带次生砷酸盐矿物的研究, 可以提供一定的找矿矿物学标志。

## 2. 内蒙古老洞沟羟砷锌石

**[产地、产状及共(伴)生矿物]** 产于内蒙古自治区额济纳旗老洞沟金矿脉氧化带矿石的空洞中。与臭葱石、褐铁矿、针铁矿、砷钙锌石、自然金、自然银、石英、方解石、蛋白石等共生。

**[晶体形态]** 羟砷锌石常呈集合体或单个晶体产出, 晶体大小为  $1.8\text{mm} \times 1.5\text{mm} \sim 3.5\text{mm} \times 2.5\text{mm}$ 。其晶体单形均为斜方双锥, 晶体聚形可能由两组斜方柱所组成。

**[物理性质]** 淡黄绿色, 有的无色。透明, 玻璃光泽。有紫外线下呈黄绿色。解理  $\{101\}$  完全,  $\{010\}$  不完全。断面呈贝壳状, 性脆。计算密度  $4.44\text{g}/\text{cm}^3$ 。

**[光学性质]** 在透射光下为无色透明。二轴晶(+),  $2V = 87^\circ$ 。无多色性。干涉色二级蓝绿。平行消光, 正延性。实测折射率(自然光)  $N_g = 1.761$ ,  $N_m = 1.738$ ,  $N_p = 1.719$ 。

**[化学组成]** 化学分析结果 ( $w_B/\%$ ) 为: ZnO 56.18, Cu 0.46, PbO 0.13,  $Fe_2O_3$  0.004,  $As_2O_5$  39.89,  $H_2O$  3.31, 总计 99.97。计算结晶化学分子式为  $(Zn_{1.97}Cu_{0.02})_{1.99}(AsO_4)(OH)$ , 简化分子式为  $Zn_2(AsO_4)(OH)$ 。

**[结晶学特征]** 据文献<sup>[2]</sup>, 羟砷锌石属斜方晶系, 空间群  $Pnmm$ 。黄典豪等对表 1-3 中

带星号的 32 条衍射线进行了指标化,求得晶胞参数  $a = 8.304\text{\AA}$ ,  $b = 8.516\text{\AA}$ ,  $c = 6.054\text{\AA}$ , 单位晶胞分子数  $Z$  为 4。

表 1-3 额旗老硐沟羟砷锌石的 X 射线粉晶衍射数据

L93-15			JCPDS 39-1354			L93-15			JCPDS 39-1354			L93-15			JCPDS 39-1354								
内蒙古额旗老硐沟 羟砷锌石 (Adamite)			羟砷锌石 (Adamite)			内蒙古额旗老硐沟 羟砷锌石 (Adamite)			羟砷锌石 (Adamite)			内蒙古额旗老硐沟 羟砷锌石 (Adamite)			羟砷锌石 (Adamite)								
<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>I</i>	<i>hkl</i>	<i>d</i>	<i>I</i>						
	6.55	1				400*	2.077	4	400	2.077	6	422*	1.5888	28	422	1.5897	35						
110*	5.90	30	110	5.95	30	410*	2.009	5	132	2.011	6	511*	1.5750	25	511	1.5753	40						
011	4.915	44	011	4.939	40	312	1.9852	3	312	1.9866	3	520	1.5483	3	520	1.5484	2						
101*	4.862	100	101	4.893	70	103*	1.9616	13	013, 103	1.9640	15				233	1.5305	1						
020	4.341	1				141	1.9519	8	141	1.9541	11	004*	1.5130	18	004	1.5153	40						
111*	4.226	36	110	4.247	35	113*	1.9135	11	411	1.9139	11	440*	1.4874	16	440	1.4878	25						
200	4.142	6	200	4.157	6	240*	1.8836	10	331	1.8850	12	342	1.4744	2	342	1.4754	2						
120*	3.780	16	120	3.793	13	232*	1.8526	5	232	1.8550	6	114*	1.4665	3	114	1.4578	5						
210	3.726	18	210	3.733	20	322	1.8424	3	322	1.8435	2				152	1.4628	3						
121	3.277	2				241*	1.8076	2	241	1.8102	2	350	1.4497	1	350	1.4520	1						
022*	3.023	22	002	3.029	25	123*	1.7841	1	421	1.7846	1				143	1.4436	4						
220*	2.969	72	220	2.975	100	042*	1.7419	5	042	1.7434	6	512*	1.4357	5	512	1.4360	6						
112*	2.693	78	122	2.700	70	402	1.7119	18	402	1.7128	19	晶胞参数			晶胞参数								
			130	2.688	30	223	1.6695	8	223, 150	1.6707	15	$a = 8.304\text{\AA}$			$a = 8.309(3)\text{\AA}$								
221	2.664	14	221	2.671	17	332	1.6585	22	332	1.6595	35	$b = 8.516\text{\AA}$			$b = 8.527(3)\text{\AA}$								
310*	2.630	27	310	2.634	30	332*	1.6581	12				$c = 6.054\text{\AA}$			$c = 6.058(2)\text{\AA}$								
031*	2.569	13	031	2.573	15	033	1.6449	5	033	1.6462	8	实验条件: Philips 1700 自动粉末衍 射系统;自动发散 狭缝,扫描范围 $10^\circ \sim 65^\circ$ ;步长 $0.02^\circ$ ,测量时间 1秒;CuK $\alpha$ (石墨 单色器),45kV, 40mA						CuK $\alpha_1$ 辐射(单色 器),X 射线衍射 仪					
301*	2.517	29	301	2.519	20	303*	1.6302	18	303, 510	1.6313	19												
022	2.466	51	022	2.469	65				341	1.6270	13												
131*	2.443	100	131	2.458	60	431*	1.6132	21	133	1.6147	13												
			202	2.448	55	242	1.6063	44	151	1.6106	13												
311*	2.413	52	311	2.415	65	501*	1.6016	33	242	1.6075	65												
230*	2.348	34	212	2.352	40				313, 501	1.6025	35												
320	2.320	3	320	2.323	3																		
231	2.199	1																					

[X 射线粉晶衍射数据] 见表 1-3。

[红外吸收光谱特征] 由图 1-2 所示,光谱曲线显示陡折的伸缩振动吸收带  $3544\text{cm}^{-1}$ ,代表晶体结构中有  $(\text{OH})^-$ ,而非结晶水。伸缩振动吸收带  $\nu_3$   $824\text{cm}^{-1}$  和  $891\text{cm}^{-1}$  以及变形振动吸收带  $\nu_4$   $472\text{cm}^{-1}$  和  $534\text{cm}^{-1}$  代表存在  $(\text{AsO}_4)^{3-}$  阴离子团。吸收带  $1023\text{cm}^{-1}$  未指定,可能是 M-O-H 的变形振动所致。其红外谱特征与 R.J.Hill<sup>[2]</sup> 所报道的羟砷锌石的相类似。

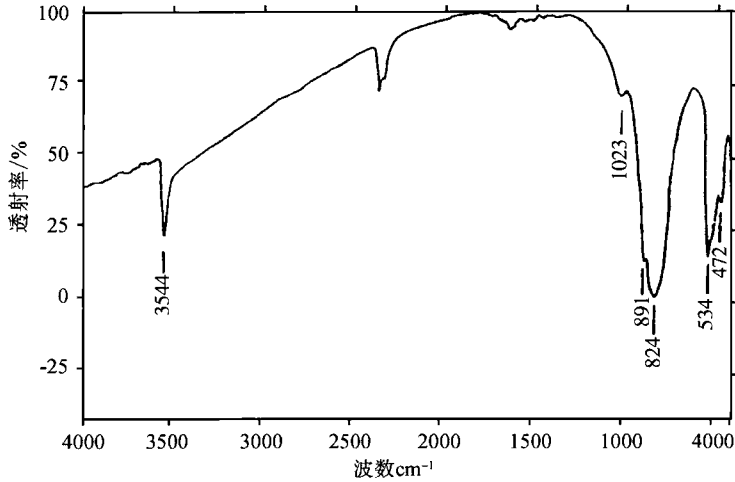


图 1-2 内蒙古羟砷锌石红外光谱图  
分析者:中国地质科学院矿床地质研究所 郭立鹤

**[主要参考文献]**

- [1] C Palache, H Berman & C Frondel. Dana's System of Mineralogy, 1951, Vol. II : 864~866.
- [2] Hill R J. The crystal structure and infrared properties of adamite. American Mineralogist, 1976, 61: 979~986.
- [3] 赖来仁, 李艺. 广东迅塘矿区发现羟砷锌石. 矿物岩石, 1989, (2): 122~124.
- [4] 黄典豪等. 我国首次发现的砷钙锌石和羟砷锌石的矿物学特征及其意义. 岩石矿物学杂志, 1996, 15(3): 259~268.

**砷钙镁石(Adelite)**



斜方晶系,  $P2_12_12_1, Z = 4$

**[产地、产状及共(伴)生矿物]** 砷钙镁石最早发现于瑞典朗班<sup>[1,2]</sup>, 产出于锰矿床中, 与钙砷铅石、褐锰矿、黑锰矿等共生。该矿物在我国仅见有一矿物名称的报导, 无矿物学研究数据, 产出于云南个旧锡铜多金属矿床氧化带中<sup>[3]</sup>, 与砷钙铜石、橄榄铜矿、砷铅石、臭葱石等共(伴)生产出。在此将瑞典产出的该矿物学资料阐述如下。

**[晶体形态]** 砷钙镁石的单晶呈依{001}扁平, 沿[100]延长的板状, 但晶体少见, 集合体呈团块状。

**[物理性质]** 颜色为无色、灰至浅蓝灰色、黄至浅黄灰色、灰绿色。透明, 玻璃光泽。断口贝壳状到不平整。摩氏硬度 5, 实测密度  $3.73\text{g}/\text{cm}^3$ , 计算密度  $3.79\text{g}/\text{cm}^3$ 。

**[光学性质]** 二轴晶(+),  $2V = 68^\circ \sim 90^\circ$ 。折射率  $N_g = 1.731, N_m = 1.721, N_p = 1.712$ 。

**[化学组成]** 据文献<sup>[1]</sup>, 瑞典产出的砷钙镁石的化学成分见表 1-4, 其简化分子式为



CaMg(AsO<sub>4</sub>)(OH)。

表 1-4 砷钙镁石的化学成分 (w<sub>B</sub>/%)

产地 \ 组分	CaO	BaO	PbO	MgO	MnO	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	其余	总和
瑞典	24.04	0.23	2.79	17.90	0.48	50.28	3.90	0.40	100.02
理论值	25.45			18.30		52.17	4.08		100.00

**[结晶学特征]** 斜方晶系,空间群  $P2_12_12_1$ 。晶胞参数为  $a = 7.43\text{\AA}$ ,  $b = 8.85\text{\AA}$ ,  $c = 5.88\text{\AA}$ , 单位晶胞分子数  $Z$  为 4。

**[主要 X 射线粉晶衍射数据  $d/\text{\AA}(I)$ ]**<sup>[2]</sup> 3.16(10), 4.13(7), 2.59(7), 2.33(7), 1.609(7), 4.96(6), 2.98(6)。

**[与其他矿物种的关系]** 砷钙镁石与砷钙锌石、砷钙铜石和砷铜铅石等属同族矿物成员,且为等结构矿物。该矿物中的钙可被铅代替,砷可被磷代替和 OH 被氟代替。

**[资源和环境属性]** 在我国,该矿物产出于云南个旧锡铜多金属矿床氧化带中,介质环境为中性—弱碱性,是氧化带中的表生矿物。

#### [主要参考文献]

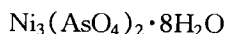
[1] C Palache, H Berman and C Frondel. Dana's System of Mineralogy. Vol. II: 1951, 804~806.

[2] Arkiv för Mineralogie och Geologi. 1968, 4(30): 499~541, esp.501.

[3] 庄永秋,王任重等. 云南个旧锡铜多金属矿床. 北京:地震出版社, 1996, 108.

[4] H Effenberger et al. Structural investigation of adelite and cobaltaustinite, two members of the Adelite-descloizite Group. EMPG IX, Ninth International Symposium on Experimental Mineralogy, Petrology and Geochemistry. Zürich, Switzerland, Book of Abstract, 2002, 30.

### 镍华(Annabergite)



单斜晶系,空间群  $C2/m$ ,  $Z = 2$

**[产地、产状及共(伴)生矿物]** 镍华是含镍、钴硫化物矿床氧化带中较常见的次生矿物,在安徽铜陵铜矿、湖北大冶铜铁矿、江西铜矿、湖南黄沙坪铅锌矿和吉林通化铜矿的氧化带中均见有产出,常为镍和钴的砷化物氧化而成,常与钴华、臭葱石、孔雀石、镍矾、碧矾、砷铁矿、水砷锌矿和褐铁矿等共生。但在国内未见到详细的矿物学资料报道,以下将国外已发表的该矿物的矿物学资料描述。

**[晶体形态]** 镍华呈柱状晶体,或依 {010} 呈板状,集合体皮壳状、土状或粉末状。

**[物理性质]** 颜色为白色、灰色、浅绿至深黄绿色、浅玫瑰色或淡粉色,条痕色稍浅。透明至半透明,弱金刚光泽,解理面上珍珠光泽,土状集合体暗淡无光泽。解理 {010} 完全, {100} 和 {102} 不完全。摩氏硬度 1.5~2.5,薄片具挠性。实测密度  $3.07\text{g/cm}^3$ , 计算密度