

中国浅成低温热液型金矿床地质特征及研究现状

鄢云飞¹, 谭俊¹, 李闫华¹, 阮诗昆²

(1. 中国地质大学 资源学院, 湖北 武汉 430074; 2. 紫金矿业集团股份有限公司, 福建 上杭 364200)

摘要: 自 20 世纪 70 年代环太平洋地区发现大批浅成低温热液型金矿以来, 浅成低温热液型金矿已经成为当前金矿地质研究的热点, 它也是目前世界上最为重要的金矿床类型之一。浅成低温热液型金矿床的形成时代受其所处大地构造环境演化的控制。一般产于岛弧环境或大陆边缘环境的中—酸性陆相火山岩系及相邻岩石中。根据矿物组合及蚀变特征, 浅成低温热液型金矿床可划分为高硫化型和低硫化型。高硫化型浅成低温热液金矿床与斑岩型铜—金矿床往往密切共生, 它们可能是同一成矿系统的产物。理论上, 中国浅成低温热液型金矿的成矿条件比较优越, 找矿前景广阔。

关键词: 浅成低温热液; 金矿床; 地质特征

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

文章编号: 1671-1211(2007)01-0007-05

0 引言

浅成低温热液型矿床是金(银)矿床的一种重要类型。在 20 世纪 80 年代发现的 10 个超大型金矿中, 浅成低温热液型金矿就占一半, 且在 20 世纪 90 年代仍不断有所发现。自 20 世纪 70 年代以来, 世界上总共发现超过 20 个储量 >100 t 的浅成低温热液型金矿床。它已经成为当今世界上最为重要、最具价值的金矿床类型之一。近些年召开的国际地质大会、国际矿床地质大会、国际矿床学会议等发表的论文也有相当一部分是关于浅成低温热液型金矿床的, 它亦成为当前国际矿床学界研究的热点之一。

1 概念的沿革

“浅成低温热液”这一术语可追溯至 1922 年, 美国学者 W·Lindgren 在对热液矿床按其形成的温度和深度进行分类研究时首次提出“epithermal”一词, 在其 1933 年给出的定义中用来规范流体的来源、成矿深度和成矿温度等。“epithermal”一词的原意即具有浅成热液和低温热液的双重涵义, 即地壳深部热液上升到浅部 (<1.5 km), 在较低温度 (50~200) 和压力条件下形成的矿床, 矿床形成的温度与其形成深度一般为正消长关系。中国的一些地质学家曾将浅成低温热液型金矿床称之为陆相火山岩型金矿床、火山—一次火山岩型金矿床等, 强调的是火山—岩浆本身的热液系统, 同时也注重成矿地质环境的低温、浅成等特点^[1-6]。但是, 后来人们发现许多热液矿床的形成温度并不总是与其深

度呈正相关关系, 因而又有不少学者对 Lindgren 的定义进行了修改。随着在陆相火山岩区一大批与陆相火山作用有关的热液型金矿的发现, 以及 20 世纪七八十年代同位素地球化学的快速发展及应用, 人们认识到形成浅成低温热液矿床的成矿热液并不是只有单一的岩浆热液来源, 还包括了火山岩地区的地热(热泉)系统以及大量的大气降水等的加入, 成矿的温度上限也很快被提高到至少 300 左右^[7-10]。目前来说, 虽然有关“浅成低温热液型金矿”的定义缺少许多金属矿床分类中常见的特定性, 但优点是这一术语精简地概括并确证了上世纪末发现的(主要是环太平洋地区)众多该型金矿的成矿环境(地壳浅部, 低—中温条件)和成矿作用。因此, 虽然我们现在所理解的“浅成低温热液”与上世纪二三十年代 Lindgren 提出的“epithermal”已经有较大不同, 但人们仍然乐于接受和使用这一术语。

2 成矿的大地构造背景、分布及类型划分

从世界范围以及中国浅成低温热液型金矿床的地域分布及目前的研究成果来看: 该型金矿主要集中在 3 个巨型的成矿域, 即: 环太平洋成矿域; 地中海—喜马拉雅成矿域; 古亚洲(中亚—蒙古)成矿域^[11]。考察浅成低温热液型金矿床主要集中分布的这些成矿域, 我们发现这些地区均处于火山—岛弧环境或古大陆边缘环境。通过对这些地区产出的金矿床(体)的分析, 发现此类矿床(体)几乎毫无例外地受到与火山作用有关的构造控制, 尤其是受古火山口或破火山机构的控制, 流体及古地热活动比较活跃, 区域断裂在引导热

收稿日期: 2006-09-13; 改回日期: 2006-11-08

作者简介: 鄢云飞 (1979-), 男, 在读硕士研究生, 研究方向: 矿物学、岩石学、矿床学。E-mail: home_xf@163.com

液运动及矿体就位方面起重要作用^[12-16]。笔者这里要指出的是:大多数情况下,浅成低温热液型金矿在时间和空间上都与陆相火山岩伴生,并与次火山侵入体有关。此外,浅成低温热液型金矿及其分类体系是国外学者(主要是 H·F·Bonham、P·Heald、B·R·Berger等)对主要处于环太平洋等地新生代岛弧环境下一系列金(银)矿床的总结,其本身带有地区性。因此,笔者认为:一般意义上的浅成低温热液型金矿应当指与火山(次火山)作用相关的成矿体系,这样才更具有成因上的特征意义,而不宜将容矿围岩为沉积岩类型

的碳酸盐岩中所形成的卡林型金矿包含在内。而后者也是一个带有地区性且具特征意义的金矿床类型,这一金矿类型主要集中分布于中国西南诸省^[17]。世界上的三大浅成低温热液型金矿成矿域均通过中国境内。中国东部台湾(金瓜石金矿等)^[18,19]位于环太平洋成矿域西部带内带;东北地区^[20]、华北地区^[21]、大陆东南沿海地区^[22,23]位于环太平洋成矿域的外带;西南(青藏高原、三江地区^[24])地区位于地中海—喜马拉雅成矿域的东段;兴蒙—天山地区(新疆阿希金矿等)^[25,26]则位于古亚洲成矿域上(图1,据参考文献[22]修改)。

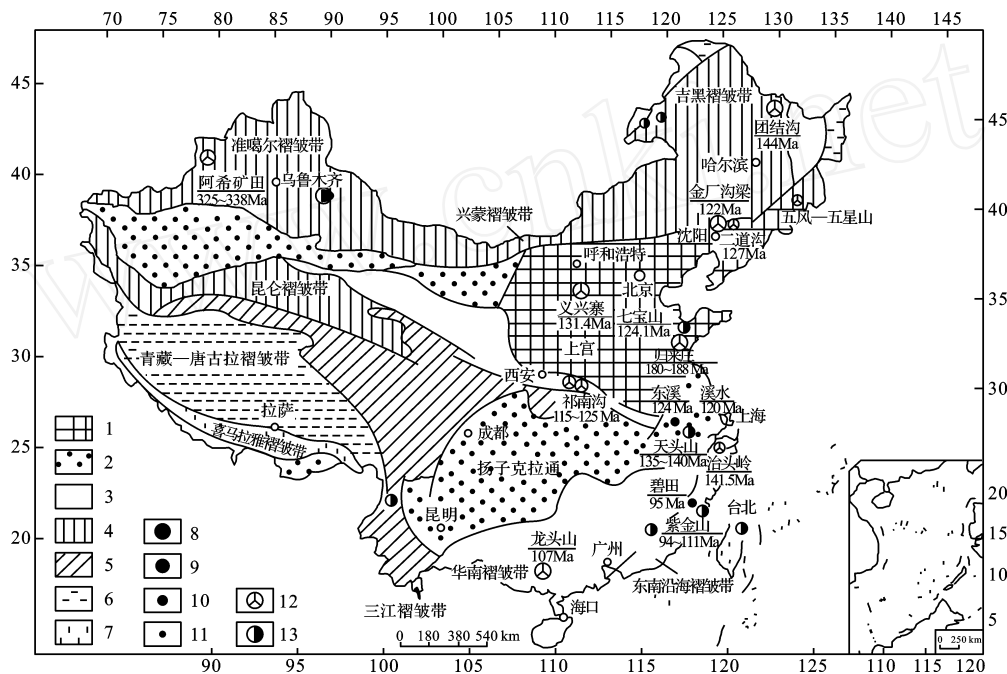


图1 中国浅成低温热液金矿时空分布简图(据毛景文等,2003)

Fig.1 The temporal-spatial distribution of epithermal gold deposits in China(after Mao et al,2003)

1. 太古代基底; 2. 元古代基底; 3. 加黑东造山带; 4. 海西造山带; 5. 印支造山带; 6. 燕山造山带; 7. 喜马拉雅造山带; 8. >100 t; 9. >20 t; 10. >5 t; 11. <5 t; 12. 低硫型; 13. 高硫型。

浅成低温热液型金矿床的分类一直是国内外学者关注的焦点,有关该型金矿的分类中国学者也发表过一些论著^[27-29]。目前在国内外比较流行的分类源于 Bonham (1986)^[30]、Heald (1987)^[31]等人依据矿物组合和蚀变特征划分的。即:冰长石—绢云母型和酸性硫酸盐型。Hedenquist (1987)^[32]又根据矿化流体中 S 的氧化还原价态提出用低硫 (LS, Low Sulphidation) 和高硫化作用 (HS, High Sulphidation) 以区分前者在具体的矿床中特征矿物不明显的弊端。Berger (1989)^[33]等人对 Heald (1987) 等人的分类做了改进,即用石英—明矾石型代替酸性硫酸盐型以与冰长石—绢云母型相对应。这一分类已得到人们的公认和接受并被广泛引用,中国学者根据国内新发现此类矿床的具体特点又

在此分类基础上补充增加了富砷化物型^[34]、热泉型等。据介绍^[35],近年来国外关于浅成低温热液型金矿床的分类又有新的发展。Hedenquist等 (2000)^[36]提出了矿床特征介于高硫化型 (HS) 与低硫化型 (LS) 之间的中硫化型 (Intermediate sulphidation, IS) 矿床; Corbett (2002)^[37]提出了岩浆弧背景下浅成低温热液型金矿的构造环境分类;以及 Cooke等 (2003)^[38]提出的针对新发现的浅成低温热液型金矿床的特征描述性分类等。

3 矿床主要地质特征及研究现状

受成矿大地构造背景的制约,中国浅成低温热液型金矿主要分布于晚中生代地台活化区(东北及东部沿海)和古生代裂谷带(西北新疆地区)以及新生代

(台湾地区)。据一些学者对中国各地该型金矿的研究^[20, 22, 39],中国浅成低温热液型金矿的形成大都与火山断陷盆地或隆起区断裂发育的火山岩带有关,火山机构控矿是他们的共同特征,其主要地质特征如下:

3.1 成矿时代

在世界范围内,浅成低温热液型金矿的成矿时代比较新,绝大多数形成于中—新生代。环太平洋东部的矿床成矿时代比西部的新。中国东部地区除台湾的金瓜石金矿形成于更新世外,其余多数金矿形成于中生代的 J-K 时期(如:黑龙江团结沟金矿的成矿年龄为 144 Ma,辽宁二道沟金矿成矿年龄为 127 Ma,山东七宝山金矿成矿年龄约 124 Ma,福建紫金山矿区该型金(银)矿床的成矿年龄在 94~111 Ma 等),其成矿年龄均在 145~67 Ma 之间^[40]。西部的中亚—蒙古成矿域,该型金矿的形成时代从晚古生代的泥盆纪(阔尔真阔腊金矿床)一直延续到石炭、二叠纪(西天山阿希金矿床、东天山石英滩金矿床等)。20 世纪 90 年代以来,在中国西北地区发现大批形成于晚古生代的浅成低温热液型金矿床,表明这一时期可能是该型金矿的又一重要成矿期。

3.2 矿体及矿化特征

中国浅成低温热液型金矿的矿化深度普遍较浅,反映该型金矿的浅成特点。如不考虑长期剥蚀作用的因素,矿体多赋存于近地表或地表下 100~1 000 m 范围内,国外少数矿床矿化深度可达 2 km。矿体主要以脉状为主,包括复杂的树枝状脉、板状脉、细脉和网状脉,其次为浸染状矿层和产在爆发角砾岩状的细脉浸染状矿筒、囊状透镜体。矿石一般为贫硫化物型,含金量品位变化较大。主要矿石矿物为自然金、自然银、银金矿和(载金)硫化物(矿物)等,如:黄铁矿、方铅矿、黄铜矿等;脉石矿物为石英、玉髓、绢云母、方解石、明矾石、冰长石等。而以玉髓、明矾石、冰长石等为较具特征的标志性矿物^[41]。

浅成低温热液型金矿的矿化常常发生在具有良好分异的火山岩区、陆上火山碎屑岩和许多小型的次火山侵入体内。矿化方式为脉状、网脉状和浸染状,不同的矿化方式多共存于一个矿床中,而以一种方式为主。有些矿床的矿化具有分带性,地表为热泉沉淀,向下为浸染状及网脉状矿化,最下部为脉状矿化。网脉状矿化多发育于构造拐弯、交汇和构造切割脆性岩层的部位;浸染状矿床的矿化产于蚀变围岩中,矿体与围岩渐渐过渡。冰长石—绢云母型矿床只有少数是浸染型矿床,而石英—明矾石型矿床则以浸染型矿床居多。

3.3 围岩及其蚀变特征

浅成低温热液型金矿床的围岩主要是一些陆相火

山岩(次火山岩)。这些赋矿岩石具有偏酸性或碱性的特点。低硫化的冰长石—绢云母型金矿床的围岩是典型的钙碱安山岩、英安岩、流纹英安岩或流纹岩;高硫化的石英—明矾石型金矿床围岩主要是流纹英安岩,这说明该类型矿床的围岩可能就是提供成矿物质和能量的深部侵入体的一个连续整体^[13, 31, 42]。

浅成低温热液型金矿床的热液蚀变十分明显。综合全国各地该类型金矿床的研究发现其围岩蚀变具有很大的相似性。主要有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿泥石化;其次为高岭土化、冰长石化、明矾石化。另外,在中国东北地区还有发育普遍而强烈的萤石化。金矿化常与硅化有关而且十分普遍,似乎硅化成了该类型金矿成矿的一个必要条件。围岩蚀变一般还具有明显的分带性。Bonham 等关于浅成低温热液型金矿床的分类就是基于其蚀变矿物组合的不同而划分的。冰长石—绢云母型矿床在靠近网脉、裂隙附近主要发育钾长石化(特征矿物即是冰长石)、硅化(石英、玉髓)和绿泥石化;向外依次为绢云母化带、青盘岩化带。这一围岩蚀变作用是由近中性的热水或天水促发的,含矿流体呈中—弱酸性,具低的盐度和低硫的特征。石英—明矾石型矿床在靠近网脉、裂隙附近主要发育硅化和高级泥化(主要是明矾石和高岭石,其次为叶腊石、地开石等);向外依次为泥化带、青盘岩化带。

3.4 成因及成矿模式分析

有关浅成低温热液型金矿床的成因,多年来已经提出了多种成因模式及假说,有代表性的包括:岩浆热液成因说、同源说、沉积改造成因说、大气降水成矿模式及热泉沉积模式说等等。虽然我们已知区域构造背景是该型金矿形成的一个重要控制因素,但是不同类型的浅成低温热液金矿热液流体是如何在这一背景下最终定位形成的,仍然是一个关于成矿流体来源、运移、沉淀的问题。但是,目前为止人们还不太清楚流体混合是如何导致矿石和脉石的沉淀,或者使成矿物质在地下热水中富集的。

从已有的发现及研究来看,浅成低温热液型金矿的成矿系统被认为主要是与岩浆弧区的火山—次火山活动及晚古生代后的碰撞造山期的岩浆活动有关。总之,该类型金矿的成因与各类岩浆岩的关系十分密切,当前的研究主要集中在与斑岩及碱性岩的研究上。Sillitoe (1997)^[43]在对环太平洋区的大型浅成低温热液型金矿研究时指出,大约 20% 的该类型金矿与碱性岩有关,而这类岩石在整个太平洋地区分布不超过 3%。与斑岩型矿床关系的探究来自这样的事实:浅成低温热液型矿床深部发现大量的斑岩型矿化,或者在斑岩型矿床附近发

现大量的浅成低温热液型矿床。如中国著名的福建紫金山 Au-Cu 矿区^[44]及吉林延边的小西南岔 Au-Cu 矿床^[45]等。对此, Sillitoe (1990, 1997)^[43, 46]认为浅成低温热液金矿床与斑岩型矿床属于同一成矿体系, 前者的深部为斑岩体及有关矿化, 后者为前者的形成提供热能及部分成矿流体, 从而建立了两者的关系模式; Eaton (1993)^[47]更是指出: 浅成热液系统与斑岩矿化之间具有成因联系, 并指出酸性硫酸盐型矿化系统是斑岩铜矿热液系统在浅部的表现。Corbett (2002) 则用图解方式展现了岩浆弧背景下浅成低温热液型 Au-Ag 矿床、斑岩型 Cu-Au 矿床和矽卡岩型矿床形成的理想概念模式。中国一些专家学者也指出, 浅成低温热液矿床向深部可以转变或过渡为斑岩型矿床, 并提出火山-次火山-侵入-热液(热泉)与斑岩成矿作用的关系需要运用程裕淇的成矿系列思想来分析, 才能得出较为合理的解释。另外, 近年来还有学者就浅成低温热液型金矿床与卡林型金矿的关系进行了研究, 并认为卡林型金矿与浅成低温热液型金矿的主要区别是它们的主岩不同。

3.5 研究现状

20世纪80年代以来, 浅成低温热液型金矿无论在探矿实践还是理论研究上均取得了一系列有突破性的重大进展。诸如 Bonham (1986)、Heald等 (1987)、Berger等 (1989) 关于浅成低温热液型金矿床体系的建立及分类, Heald等 (1987)、Sillitoe等 (1990, 1997)、Corbett (2002) 等关于浅成低温热液矿床与其他侵入体或矿床, 尤其是斑岩型矿床之间的成因联系。这些科研成果介绍到国内后被广泛采用并频繁见诸国内刊物, 对中国的浅成低温热液型金矿研究产生了重大而积极的影响。在中国, 尤其是上世纪新疆阿希大型金矿和福建紫金山特大型金矿的发现极大地推动和丰富了本国在浅成低温热液型金矿方面的理论研究和实践探索。进入21世纪, 随着金的分析提取及冶炼技术的发展进步, 一些难选冶、低品位的矿床逐渐得以开发。因而在探矿方面, 人们更强调和期待在中国找到那些低品位、大吨位的浅成低温热液型金矿。总的来说, 目前人们已经摆脱了浅成低温热液型金矿床仅仅形成于岛弧及大陆边缘地区一些年轻的火山岩系中的思想束缚, 发现并认识到在内陆地区一些晚古生代陆相火山岩系中也可以赋存一定规模的浅成低温热液型金矿的事实。随着研究的深入, 人们开始着重探究各种浅成低温热液型金矿的形成机理、区别于卡林型、斑岩型金矿的本质特征以及与钙碱性火山-一次火山岩的成生联系、与斑岩型矿床是否深部岩浆同源等问题, 而后者对探矿实践则有着重大的理论指导意义。

4 结语

综合近年来的研究成果, 形成浅成低温热液型金矿床必须具备如下条件:

- (1) 成矿体系深部存在侵入体, 这个深部的侵入体的主要作用是给地下水的循环提供能量;
- (2) 必须存在大量的成矿流体及成矿物质来源;
- (3) 存在有利于热水循环的断裂带。

从已有的事实看, 火山岩虽已不再是浅成低温热液型金矿的必要围岩, 但是, 笔者在这里要强调的是: 浅成低温热液型金矿与岩浆热液、火山岩有着千丝万缕的联系, 大多数该型金矿仍产于火山断陷盆地或火山岩发育地区。

中国虽处于浅成低温热液型金矿有利的成矿区域内, 但在单一矿床规模和资源总量上, 一直以来少有重大的突破, 应该继续加强该型金矿的研究及找矿工作。结合国外一些大型浅成低温热液金矿的发现经验, 我们认为, 中国火山岩区的详细地质填图和地质调查应该得到加强, 应当把地球物理和地球化学方法与详细填图结合起来, 在寻找浅成低温热液型金矿床的同时也应当对与之关系密切的斑岩型矿床的存在与否给予足够的关注。

参考文献:

- [1] 袁见齐, 朱上庆, 翟裕生, 主编. 矿床学 [M]. 北京: 地质出版社, 1985.
- [2] Lindgren W. Mineral Deposits [M]. 4th ed. New York: McGraw Hill, 1933: 1 - 930.
- [3] V. F. Hollister, 主编. 浅成低温热液贵金属矿床 [M]. 周明宝, 刘莉萍, 译. 乌鲁木齐: 新疆有色金属公司出版, 1988.
- [4] White N C, Hedenquist J W. Epithermal environments and styles of mineralization - variation and their cause, and guidelines for exploration [J]. Jour Geochem. Exploration, 1990, 36: 445 - 474.
- [5] 赵爱林, 李景春, 王力, 等. 金矿床研究的回顾与展望 [J]. 地质与资源, 2003, 12(2): 125 - 128.
- [6] 闫升好. 浅成热液金矿成因研究现状与讨论 [J]. 黄金科学技术, 1998, 6(2): 11 - 17.
- [7] 杨天奇, 魏仪方, 何高文. 中国陆相火山岩区特大型金矿床模型 [M]. 北京: 冶金工业出版社, 1994.
- [8] 庞奖励. 浅成低温热液金矿研究现状及其趋势 [J]. 黄金地质, 1995, 1(3): 34 - 38.
- [9] 丰成有. 火山岩区浅成低温热液金矿床研究进展 [J]. 地学工程进展, 1998, 15(1): 10 - 15.
- [10] 张德全, 等. 福建紫金山矿床——我国首例石英-明矾石型浅成低温热液铜金矿床 [J]. 地质论评, 1991, 37(6): 481 - 490.
- [11] 毋瑞身. 低温浅成热液金矿若干问题讨论 [J]. 贵金属地质, 1993, 29(1): 47 - 53.
- [12] 应汉龙. 浅成低温热液金矿床的全球背景 [J]. 贵金属地质,

- 1999, 8(4): 241 - 250.
- [13] 张元厚, 张世红. 岩浆热液系统金矿床研究进展 [J]. 黄金, 2005, 26(10): 10 - 14.
- [14] 吴国学, 刘连登. 浅成热液金矿研究综述 [J]. 世界地质, 2001, 20(3): 262 - 266.
- [15] 马芳, 蒋少涌. 与陆相火山岩有关的铁、铜、金矿床成矿地质特征及矿床成因 [J]. 地质找矿论丛, 2005, 20(4): 233 - 241.
- [16] 张德会. 浅成热液成矿系统模型研究评述 [J]. 地球科学进展, 1996, 11(6): 563 - 568.
- [17] 李朝阳. 中国低温热液矿床集中分布区的一些地质特点 [J]. 地学前缘, 1999, 6(1): 163 - 170.
- [18] 沈阳地质矿产研究所. 编. 金矿地质论文集 [M]. 北京: 地质出版社, 1986.
- [19] 俞广钧. 编著. 金矿床地质学 [M]. 重庆: 重庆大学出版社, 1991.
- [20] 祁进平, 陈衍景, Franco Pirajno. 东北地区浅成低温热液矿床的地质特征和构造背景 [J]. 矿物岩石, 2005, 25(2): 47 - 59.
- [21] 祁进平, 陈衍景, 李强之. 华北克拉通北缘浅成低温热液矿床: 时空分布和构造环境 [J]. 矿物岩石, 2004, 24(3): 82 - 92.
- [22] 毛景文, 李晓峰, 张作衡, 等. 中国东部中生代浅成热液金矿的类型、特征及其地球动力学背景 [J]. 高校地质学报, 2003, 9(4): 620 - 637.
- [23] 陶奎元, 薛怀民, 毛建仁, 等. 中国东南沿海大(中)型浅成中低温热液矿床——斑岩型矿床评价的地质准则、成矿模式及其找矿意义 [J]. 火山地质与矿产, 1996, 17(1-2): 26 - 40.
- [24] 侯宗林, 郭光裕. 云南腾冲—梁河地热系统与现代热泉型金矿化作用 [J]. 地质论评, 1991, 37(5): 243 - 249.
- [25] 王金良. 新疆北部浅成低温热液金矿地质特征 [J]. 有色金属矿产与勘查, 1997, 6(6): 321 - 325.
- [26] 姜晓玮, 王永江. 西天山阿希型金成矿系列及其成因 [J]. 中国地质, 2002, 29(2): 203 - 207.
- [27] 杨永强, 张渊. 浅成脉状金矿床及其分类概述 [J]. 长春地质学院学报, 1994, 24(3): 278 - 283.
- [28] 刘连登, 陈国华, 吴国学, 等. 我国浅成低温热液金矿的分类探讨 [J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(3): 222 - 226.
- [29] 胡受奚, 王文斌. 与火山次火山侵入热液作用有关的金矿床分类探讨 [J]. 黄金地质, 1997, 3(3): 25 - 29.
- [30] Bonham H F Jr. Models for volcanic - hosted epithermal precious metal deposits: A review [C]. Volcanism, hydrothermal systems and related mineralization. Hamilton: International Volcanological Congress, 1986: 13 - 17.
- [31] Heald P, Foley N K, Hayba D O. Comparative anatomy of volcanic - hosted epithermal deposits: acid - sulfate and adularia - sericite types [J]. Economic Geology, 1987, 82(1): 1 - 26.
- [32] Hendenquist J W. Volcanic - related hydrothermal systems in the Circum - Pacific basin and their potential for mineralization [J]. Mining Geology, 1987, 37(3): 347 - 364.
- [33] Berger B R, Henry R W. Advances in the understanding of epithermal gold - silver deposits, with special reference to the Western United State [J]. Econ Geol, 1989, 6: 405 - 423.
- [34] 邱检生, 王德滋, 任启江, 等. 我国首例砾金型浅成低温热液金矿床——山东平邑归来庄金矿床 [J]. 地质与勘探, 1994, 30(1): 7 - 12.
- [35] 江思宏, 聂凤军, 张义, 等. 浅成低温热液型金矿床研究最新进展 [J]. 地学前缘, 2004, 11(2): 401 - 411.
- [36] Hendenquist J W, Arribas R A, Gonzalez U E. Exploration for epithermal gold deposits [J]. Reviews in Economic Geology, 2000, 13: 245 - 277.
- [37] Corbett G. Epithermal gold for explorationists [J]. A IG Journal - Applied Geoscientific Practice and Research in Australia 2002, 1 - 26.
- [38] Cooke D R, Deyell C L. Descriptive names for epithermal deposits: Their implications for inferring fluid chemistry and ore genesis [C]. Eliopoulos et al. Proceedings of the Seventh Biennial SGA Meeting - Mineral Exploration and Sustainable Development Rotterdam: Millpress Science Publishers, 2003: 457 - 460.
- [39] 毋瑞身, 田昌烈, 杨芳林, 等. 新疆阿希地区金矿概论 [J]. 贵金属地质, 1996, 5(1): 5 - 21.
- [40] 林宝钦. 中国东部冰长石—绢云母型低温浅成热液金矿 [J]. 贵金属地质, 1992, 1(4): 199 - 206.
- [41] 沙德铭, 苑丽华. 浅成低温热液型金矿特点、分布和找矿前景 [J]. 地质与资源, 2003, 12(2): 115 - 124.
- [42] 陈根文, 夏斌, 肖振宇, 等. 浅成低温热液矿床特征及在我国的找矿方向 [J]. 地质与资源, 2001, 10(3): 165 - 171.
- [43] Sillitoe R H. Characteristics and controls of the largest porphyry copper - gold and epithermal gold deposits in the Circum - Pacific region [J]. Australian Journal of Earth Science, 1997, 44: 373 - 388.
- [44] 张德全, 余宏泉, 李大新, 等. 紫金山地区的斑岩—浅成热液成矿系统 [J]. 地质学报, 2003, 77(2): 253 - 261.
- [45] 芮宗瑶, 张洪涛, 王龙生, 等. 吉林延边地区斑岩型——浅成热液型金铜矿床 [J]. 矿床地质, 1995, 14(2): 99 - 126.
- [46] Sillitoe R H, Bonham Jr H F. Sediment - hosted gold deposits: Distal product of magmatic - hydrothermal systems [J]. Geology, 1990, 18: 157 - 161.
- [47] Eaton P C, Setterfield N. The relationship between epithermal and porphyry hydrothermal systems within the Tavua Caldera, Fiji [J]. Econ Geol, 1993, 88: 1053 - 1083.

Geological Characteristics of Epithermal Gold Deposits and Status Quo of Researches in China

YAN Yun-fei¹, TAN Jun¹, LI Yan-hua¹, RUAN Shi-kun²

(1. The Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences Wuhan, Hubei 430074; 2. Zijinshan Gold Mine, Zijin Mining Group Co., Ltd. Shanghai, Fujian 364200)

Abstract: Since large quantities of epithermal gold deposits were discovered in Circum - Pacific region in 1970 's, it has already become the hot spot of the gold deposits research these days. It is also one of the most important gold deposit types in the world. The metallogenic period of epithermal gold deposit is predominantly controlled by the tectonic evolution. Epithermal gold deposit is generally hosted by intermediate - acid volcanic rock series and adjacent (下转 46 页)

南岸为 8.68~4.0 m,而其它干、支堤为 7.07~3.5 m,这种现象正好说明管涌的产生除主要受水动力条件控制外,还与各堤段的堤基土体结构、堤基土的性质有关。

从历史的过程看,在一些堤段,当外江水位突破临界水位后,即产生渗透变形破坏,在历次整险加固中,特别是 20 世纪 80 年代末和 90 年代初的整险加固,对渗透变形重点险段采用了表层吹填压盖等措施,加大覆盖层厚度,增加其渗透途径,减弱水头压力,以达到防止管涌的发生,在同样洪水水位条件下,险情已基本得到控制。“98 洪水”险情表明,有些险工段又发生了重大管涌险情,证明洪水水位已突破了上次整险加固的设防标准。“98 洪水”后又进行了新一轮的整险加固,经以工程地质条件中等的荆江大堤盐卡—观音寺典型剖面为计算模型,并根据长期观测的资料验证,其临界水力坡降在 1.13 左右。有关研究表明,即使三峡工程建成以后,在上述提到的观音寺、木沉渊等地段,在百年一遇的大洪水条件下,影响荆江洪水水位上升的条件,即江汉—洞庭湖平原区构造沉降、大堤约束的单一性河道、泥沙淤积等并没有得到根本改善,荆江洪水水位还将不断上升。在外江洪水水位达到某一水位时,又可能突破这一临界水力坡降产生新的渗透变形,到那时,又需对堤防进行新一轮的加固,而后再突破又加固,如此反复和恶性循环,会产生迫使堤防不断加高的发展趋势。在这种条件下,除了每一次加固所需的资金和技术都

可能数倍或数十倍于上一次外,作为特殊的挡水建筑物,大堤自身强度、堤基的容许承载力(一般为 80~120 kPa)也不允许再无限地加高(现堤高 12~17 m),因此,防洪只能另寻出路。如变单向的洞庭湖调蓄为双向的江汉(北)—洞庭湖(南)调蓄洪,分洪放淤等,控制洪水水位上升,以提高堤防的安全度和防洪效益。

4 结语

高堤防高洪水水位是形成管涌的控制条件,随着国家经济实力的增强和技术水平的提高,在一定条件下可以对堤防进行有效整险加固,以防止产生渗透变形,提高堤防安全度。但是随着洪水位的不断上升,堤防加高加固会受到一定限制,因此,防治管涌还要注意控制洪水水位上升的问题。

参考文献:

- [1] 荆江大堤志编纂委员会. 荆江大堤志 [M]. 南京:河海大学出版社, 1989.
- [2] 郭希哲,叶升安,等. 湖北省水利水电工程地质 [R]. 荆州:湖北省水文地质工程地质大队, 1986.
- [3] 王俊生,孙树基,等. 荆江大堤整险加固工程地质勘察 [R]. 荆州:湖北省水文地质工程地质大队, 1996.
- [4] 陈国金,孙锡年,等. 长江中游荆江及江汉平原水患区环境地质调查评价 [R]. 荆州:湖北省地质调查院水工环所, 2003.

Analysis of Environmental Geological Conditions for Dike Piping and the Reinforcement

SUN Jian

(1. Hubei Institute of Hydrological and Engineering Geological Investigation, Jingzhou, Hubei 434020)

Abstract: The Jingjiang river bank is the life or death belt for the north Jingjiang plain. Thus it's very important that the analysis of environmental geological conditions for dike piping and method research in the reinforcement of dike. The formation of piping is controlled by the structure, physical and mechanical properties of the soil for the base of dike and flood level. It is feasible for prevention of piping by pressure-relief well for hydraulic pressure. But when flood level is rising gradually, controlling the flood level's rising is also very important to prevent dike piping.

Key words: bank of Jingjiang river; piping; reinforcement; pressure-relief well; flood level rising

(上接 11 页)

rocks in island arc or continental margin. The epithermal gold deposit can be divided into two types according to the features of mineral assemblage and alteration: high sulfur type & low sulfur type. The high-sulfur epithermal gold deposits show generally paragenetic relationship with porphyry copper-gold deposits and they may be products of the same mineralization system. Theoretically, the conditions for epithermal gold deposits mineralization are quite good in China. Thus it is surely a bright future for prospecting of such deposits.

Key words: epithermal; gold deposit; geological characteristics