

文章编号: 0258-7106(2012)03-0449-10

古溶洞控矿构造在青藏高原中部的发现及意义*

——以茶曲帕查铅锌矿床为例

张洪瑞¹, 杨天南¹, 宋玉财¹, 侯增谦¹, 杨竹森², 田世洪², 刘英超¹, 李连松³,
王贵仁³, 汪元奎³, 刘群³

(1 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 2 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京 100037;
3 青海第五地质矿产勘查院, 青海 西宁 810028)

摘要 青藏高原中部茶曲帕查矿区铅锌矿化与张性碳酸盐岩角砾伴生。钻孔资料揭示, 该套角砾岩在平面上、垂向上分布无规律, 露头表现为杂乱堆垛, 角砾空隙间常充填泥质物, 与泥质物接触部位发育同沉积变形, 说明角砾为古溶洞内坍塌形成。茶曲帕查矿区古溶洞内含有坍塌灰岩角砾和泥质充填物, 分别发育不同形式的铅锌矿化。溶洞的形成很可能与地下水对碳酸盐岩的溶蚀有关, 坍塌发生在早中新世, 与五道梁组沉积同时发生。古溶洞成矿作用在青藏高原中部的提出, 对认识该区矿床成因、区域铅锌找矿模式等方面均具有重要意义。

关键词 地质学, 古溶洞, 控矿构造, 铅锌矿床, 茶曲帕查, 青藏高原中部

中图分类号: P613

文献标志码: A

Discovery of paleo-karst type lead-zinc deposit in Qinghai-Tibetan Plateau and its significance: A case study of Chaqupacha deposit

ZHANG HongRui¹, YANG TianNan¹, SONG YuCai¹, HOU ZengQian¹, YANG ZhuSen², TIAN ShiHong²,
LIU YingChao¹, LI LianSong³, WANG GuiRen³, WANG YuanKui³ and LIU Qun³

(1 Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 No. 5 Institute of Geology and Mineral Resources Exploration, Xining 810028, Qinghai, China)

Abstract

The main host rocks for Pb-Zn mineralization of the Chaqupacha deposit are calcite matrix breccias that occur within the Permian limestone. This paper presents the breccia field relations and petrographic characteristics acquired during detailed mapping and drilling. The breccias do not occur at a fixed level whether in longitudinal or vertical section but appear to be random and irregular. Marls always fill in the space between carbonate breccias, and syn-sedimentary deformation structures occur at the contact zone between the limestone breccias and marl. These phenomena indicate that the breccias were formed by collapse in paleo-caves. Two types of compositions can be recognized in paleo-caves, i. e., collapsed breccias and marl filling, which show significant differences in mineralization. The paleo-caves originated possibly from subaerial karstification and collapsed in early Miocene,

* 本文受国家 973 项目(2009CB421001)、国家自然科学基金项目(U09336051 和 41102040)和中央级公益性基本业务费专项基金(J1123)联合资助

第一作者简介 张洪瑞, 男, 1982 年生, 博士, 助理研究员, 矿床学专业。Email: hongrui_1982@126.com

通讯作者 侯增谦, 男, 1961 年生, 博士, 研究员, 博士生导师, 长期从事大陆成矿作用研究。Email: houzengqian@126.com

收稿日期 2012-01-22; 改回日期 2012-04-18。张绮玲编辑。

simultaneously with the sedimentation of Wudaoliang Formation. The discovery of paleo-caves mineralization in central Qinghai-Tibetan Plateau has great enlightenment for regional prospecting model of lead-zinc deposits, and the relationship between paleo-caves and mineralization type of the Chaqupacha deposit is of reference value for lead-zinc exploration.

Key words: geology, paleo-karst, ore-control structure, lead-zinc deposit, Chaqupacha, central of Qinghai-Tibetan Plateau

作为一种重要的控矿构造,古溶洞系统中经常出现铅、锌、金、铀等矿化(翟裕生,1993)。虽然对古溶洞构造尚存争议,但世界上大多数MVT型铅锌矿床都与古溶洞构造有或多或少的成因联系(Ohle, 1985; Sass-Gustkiewicz, 1996; Lee et al., 2002; Corbella et al., 2004; Leach et al., 2005)。在中国也有很多铅锌矿床可能受溶洞构造的控制,如四川会理天宝山(王则江,1985)、会东大梁子(王则江,1985)、广东仁化凡口(刘功余等,1988)、江苏南京栖霞山(肖振民等,1984)、湖南江永(汪劲草等,2000)、桂西高龙(罗允义,2003)等。这类与古溶洞构造相关的矿床常常发育在具有长期稳定的台地相沉积地区,如扬子板块内部及其周缘。相对而言,具有长期而复杂的地质演化历史的造山带,其内的古溶洞与矿化关系的问题还没有引起重视。最近,笔者在青藏高原,这一世界最典型的造山带内部发现可能存在古溶洞构造控制的铅锌矿床(张洪瑞,2010;宋玉财等,2011),详细解剖这类矿床不仅有助于了解古溶洞构造的发育、形态及其对成矿的控制,还有利于指导找矿勘查实践。本文选取青藏高原中部茶曲帕查铅锌矿床为研究对象,基于最新勘查进展,通过矿区地质填图和钻孔编录,结合显微构造研究,试图厘定溶蚀坍塌角砾、鉴别古溶洞结构特点、矿化特点,进而探讨古溶洞构造与铅锌成矿的关系。这些认识对青藏高原中部地区铅锌矿床的成因及勘察均具有启示。

1 矿区地质

茶曲帕查矿床位于青海沱沱河南岸,东距青藏公路沱沱河大桥约60 km,2011年底已控制铅+锌资源量165万吨,是目前青藏高原中部最大的沉积岩容矿铅锌矿床(图1)。该矿床处于与印-亚大陆碰撞有关的古新世—中新世沱沱河盆地边缘,矿区主要地质单元为EW向条带状连续出露的3套地层:中新世五道梁组、晚二叠世那益雄组、中二叠世九十道班组(图2)。九十道班组(P_j)在矿区主要出露其

上部岩性段,为浅灰色中厚层生物碎屑灰岩、泥晶灰岩、碳质灰岩。那益雄组(P_n)在矿区北部主要为石英钙质细砂岩、岩屑砂岩、泥岩,南部出现少量安山岩、火山角砾岩、熔结凝灰岩。其中,矿区中部的那益雄组碎屑岩中侵入了晚二叠世石英正长斑岩体(张洪瑞等,2010)。五道梁组(N_w)为一套中新世湖相沉积,主要岩性为浅青灰色薄层状泥灰岩夹土黄色薄层泥岩,含膏盐层。

矿区地层变形强烈,二叠纪地层普遍经历了至少2期褶皱变形,形成叠加褶皱;早新生代挤压作用造成中二叠世九十道班组灰岩逆冲到晚二叠世那益雄组碎屑岩之上,局部逆冲到古近纪沱沱河组粗碎屑岩之上。上述变形二叠系地层及逆冲断层被中新世五道梁组不整合覆盖。五道梁组沉积时,区域地壳已进入伸展阶段,表现为九十道班组内部的正断层以及五道梁组与二叠系之间的同沉积正断层(张洪瑞等,2011)。同沉积正断层在矿区中部替代不整合界线,地球物理资料表明其断面向北陡倾(王贵仁等,2012)。

铅锌矿体赋存在中二叠世九十道班组灰岩内部或中二叠世灰岩与中新世泥灰岩的接触部位,与角砾岩密切共生。空间上呈不连续的板状、透镜状、脉状,单个矿体厚度通常不超过10 m。矿石矿物主要是方铅矿、闪锌矿、黄铁矿,脉石矿物以方解石为主,次为重晶石。王贵仁等(2012)总结矿区原生矿石主要有2种类型:①方铅矿交代灰岩角砾岩间的泥灰质/钙质胶结物(充填物);②皮壳状-糖粒状方解石±方铅矿围绕灰岩角砾。另外,还见有极少量方铅矿或方解石+闪锌矿呈脉状穿切灰岩角砾。矿物组合与穿插关系显示热液矿化期次为:①脉状黄铁矿;②灰岩中脉状/浸染状方铅矿±黄铁矿、交代灰岩角砾间胶结物的方铅矿±方解石;③皮壳状-糖粒状方解石±生长在其边缘的方铅矿(宋玉财,2009;王贵仁等,2012)。围岩热液蚀变不强,以方解石化为主,强矿化部位偶有泥化。

矿区矿化局部出现在中新世五道梁组泥灰岩

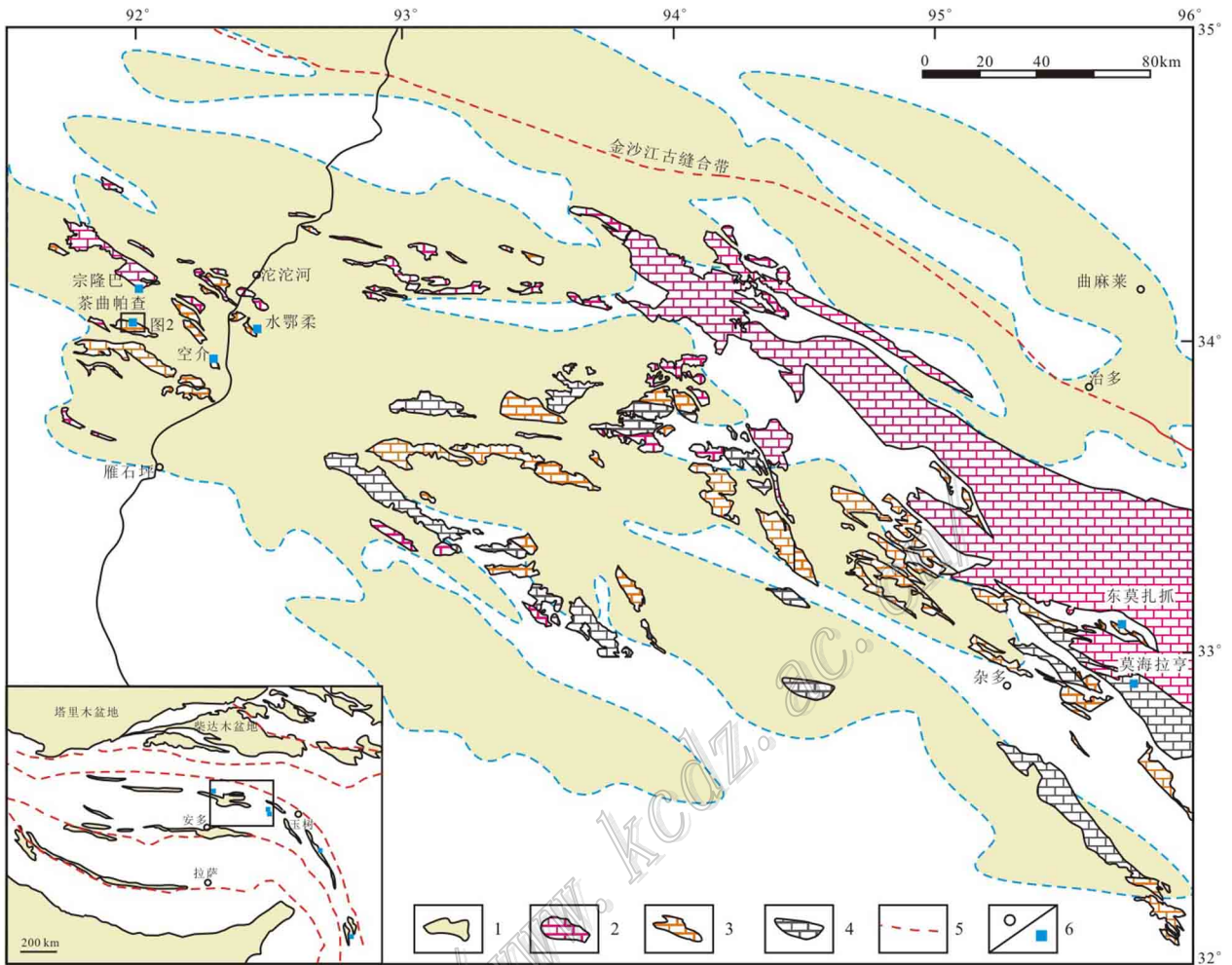


图1 青藏高原中部地质简图,蓝虚线圈定的黄色区域代表中新世古大湖分布(Wu et al., 2008)

1—新生代沉积; 2—三叠纪灰岩; 3—二叠纪灰岩; 4—石炭纪灰岩; 5—古缝合带; 6—城市/矿床

Fig. 1 Simplified geological map of central Qinghai-Tibetan Plateau in the yellow area surrounded by blue dotted line representing the spatial distribution of Miocene lakes (after Wu et al., 2008)

1—Cenozoic sediments; 2—Triassic limestone; 3—Permian limestone; 4—Carboniferous limestone; 5—Paleo-sutures; 6—City/Deposit

中,并且见到胶结灰岩角砾岩的五道梁期泥灰质物质被方铅矿所交代,反映出矿床形成晚于或近等于中新世五道梁组沉积期(宋玉财等,2011)。

2 含矿角砾

地表地质调查及钻探工程揭露矿区发育大量灰岩角砾,其与铅锌矿物密切共生。这种含矿角砾在地表分布局限,规模也较小,主要出现在地表20 m以下。单一钻孔剖面揭露,角砾岩并不是限定在固定层位,而是无规律分布,一条300 m的钻孔垂向剖面上,厚度>5 m的角砾岩带可出现10余次(图3, Zk702),即使是互相邻近的2个钻孔,角砾岩带出现的标高与频率也完全不同,可见角砾岩的分布并没

有形成产状稳定的角砾岩带,与断层作用形成的构造角砾岩带分布方式明显不同。

角砾成分主要为灰岩,次棱角状一次圆状,颗粒大小不一,有钙质、泥质两种胶结方式。钙质胶结时,胶结物主要为方解石,围绕角砾生长。角砾较大时表现为颗粒支撑(图4a),较小则表现为基质支撑(图4b),角砾局部具有定向性,长轴近水平排列,局部呈堆垛排列的叠瓦状(图4d)。角砾间多发育方解石未充填完全的孔洞,孔洞壁上簇状结构明显(图4a),在某些较大的孔洞中,还见有泥质层沉积,水平纹层清楚(图4d)。泥质胶结时,角砾呈棱角状,灰岩颗粒支撑(图4c)或泥质基质支撑(图4e),泥质成分分层清楚(图4c、4e),灰岩角砾与泥岩接触的底面发育明显的同沉积变形(图4f)。显微镜下还观察到灰岩

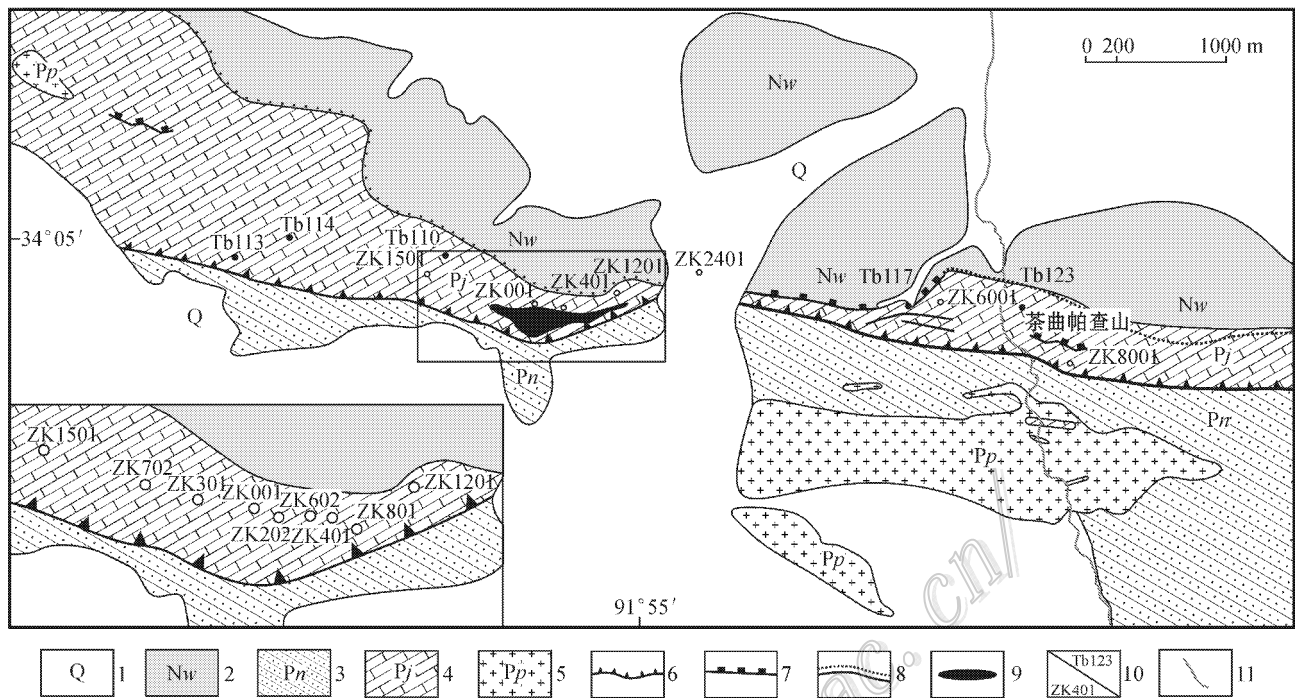


图2 沱沱河地区茶曲帕查矿区地质图(左下图示钻孔位置)

1—第四系;2—五道梁组;3—那益雄组;4—九十道班组;5—正长斑岩;6—逆断层;7—正断层;8—不整合;9—矿体;
10—钻孔/点位;11—河流

Fig. 2 Simplified geological map of the Chaqupacha deposit, Tuotuohe area (drilling location shown in lower left map)
1—Quaternary; 2—Wudaoliang Formation; 3—Nayixiong Formation; 4—Jiushidaoban Formation; 5—Syenite porphyry; 6—Reversal fault;
7—Normal fault; 8—Unconformity; 9—Ore body; 10—Drilling/point position; 11—River

角砾间的泥质纹层内包裹有灰岩颗粒,包裹颗粒周围由弯曲纹层形成软沉积变形构造(图5c),说明角砾是跌落于泥质层中,两者共同沉积而成。钙质、泥质2种胶结物可共同产出(图4d),也见钙质交代或充填泥质(图4e、4f)。个别钻孔还揭露出九十道班组灰岩中含有厚达10m的五道梁组泥岩(Zk602,图3)。

样品Tb117-3为这种角砾的特征及分布提供了一个微型实例(图5a、5b)。在生物碎屑灰岩围成的空腔内,发育2期方解石:早期方解石颗粒较小,层薄,有杂质;后期为粗大晶形,对壁生长。两期方解石中间有明显的充填间隔,间隔带为一层褐铁矿吸附,在空腔未梢则发育灰岩、方解石角砾,次棱角状、次圆状,大小不一,杂乱排列,被泥、铁质胶结,基质支撑。空腔末端向中部过渡地段角砾大小变均一,定向排列(图5b),说明角砾岩的形成可分为2个阶段:早期快速沉积和晚期缓慢沉积。

3 铅锌矿化

茶曲帕查矿区铅锌矿化主要与灰岩角砾伴生,在角砾外围发育皮壳状矿脉,构成矿区最常见的矿石结构(帽徽结构,cockade texture,Taylor,2009)。围限灰岩角砾的皮壳一般由方铅矿+方解石组成,宽度1~5mm;皮壳层外围一般为稍晚期的白色粗晶方解石,形成晶簇结构(vug texture,图4a、4e);角砾间泥质充填物中也发育脉状方解石+方铅矿(图5e),方解石与方铅矿呈自形—半自形形态(图5f)。

样品Zk602-2为矿质沉淀与泥质沉淀间的时空关系提供了良好实例。该样品取自Zk602钻孔340m附近的一段灰岩空腔内,其上下都是结晶灰岩。该样品在手标本下为皮壳状矿化灰岩角砾岩,显微镜下观察灰岩角砾具有不规则浑圆状、港湾状边界,被土黄色细纹层状泥质岩围绕。矿化发育在纹层状

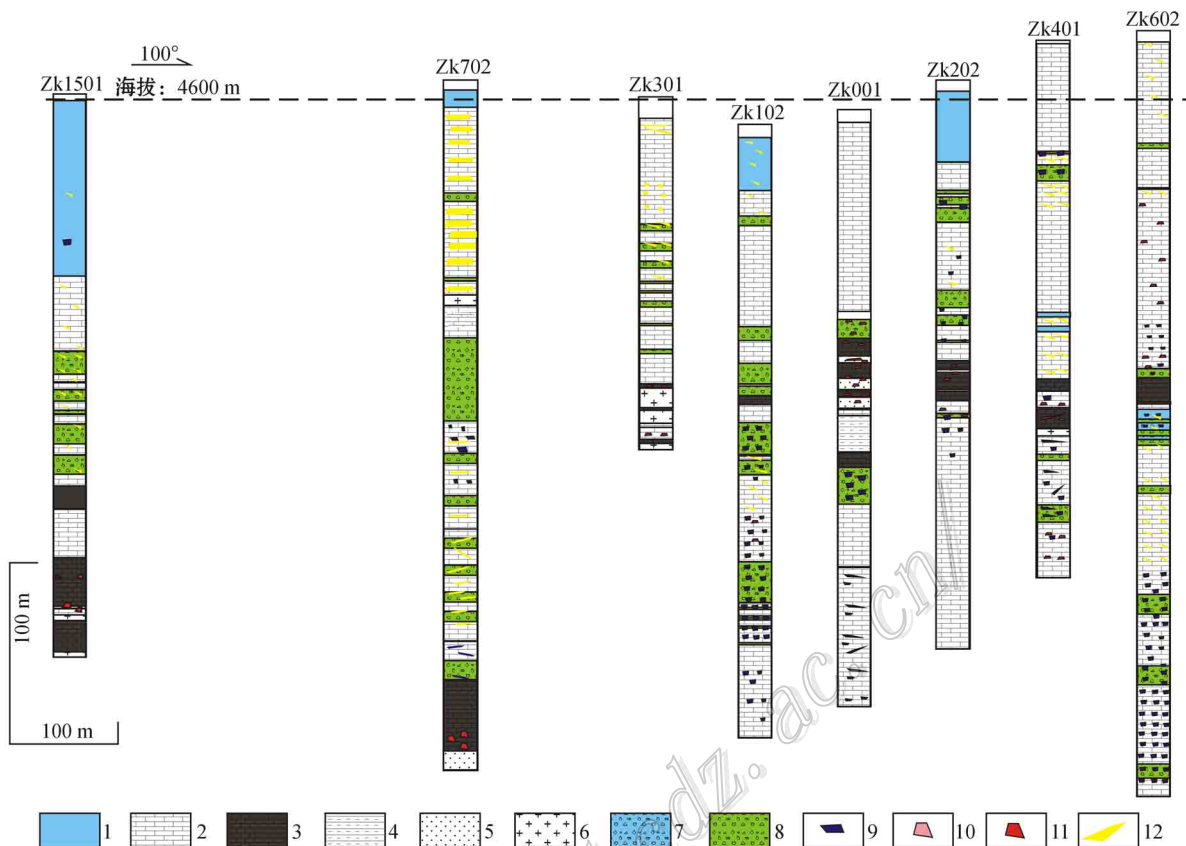


图 3 茶曲帕查矿区东西向岩性垂向变化(钻孔位置如图 2 所示,据宋玉财,2009)

由图可见灰岩破碎带在垂向上无规律,横向上没有可比性,无法构成连续的构造带,说明不是由统一的构造破碎引起

1—泥灰岩; 2—灰岩; 3—碳质灰岩; 4—泥岩; 5—砂岩; 6—正长斑岩; 7—泥质胶结灰岩角砾; 8—钙质胶结灰岩角砾; 9—方铅矿化; 10—闪锌矿化; 11—黄铁矿化; 12—次生菱锌矿

Fig. 3 Lithologic vertical change in EW direction in the Chaqupacha deposit (drilling location shown in Fig. 2, after Song, 2009)

Drilling has indicated that the breccias do not occur at a fixed level but appear in random and irregular distribution, even in adjacent drill holes 50 m away

1—Marl; 2—Limestone; 3—Carbonaceous limestone; 4—Mudstone; 5—Sandstone; 6—Syenite porphyry; 7—Limestone breccias with marl cement; 8—Limestone breccias with calcareous cement; 9—Galena; 10—Sphalerite; 11—Pyrite; 12—Smithsonite

泥质外圈和灰岩角砾内部,主要为他形粒状方铅矿,也见少量闪锌矿,以不均匀替代的形式出现(图 5d),说明矿质沉淀稍晚于泥质沉积。

4 讨论

4.1 溶蚀坍塌角砾

矿区矿化主要与灰岩角砾共生,对该套角砾岩的分析有助于理解矿床成因、指导找矿勘探。茶曲帕查矿区含矿角砾在宏观和微观尺度上主要以杂乱堆垛的形式出现,角砾分布没有限定在固定层位,形态有棱角状,也有浑圆状,角砾间被泥质、钙质充填

胶结,泥质甚至发育水平纹层。这些特征明显区别于构造角砾和流体角砾,符合坍塌角砾的特征(collapse breccias, Jebrak, 1997)。显微镜下还可见灰岩角砾外围呈不规则港湾状(图 5d),说明灰岩经历了化学溶蚀过程。脉体晶簇结构表明九十道班组灰岩中含有大量空隙,部分空隙中甚至充填有厚达 10 m 的五道梁组泥岩,说明古溶洞在茶曲帕查矿区的存在。目前尚不能断定钙质胶结灰岩角砾的成因,但泥质胶结灰岩角砾中角砾与泥质的接触关系表明坍塌事件的存在。

4.2 溶洞形成时代及成因

溶洞系统在地质演化中异常活跃,其突出特点

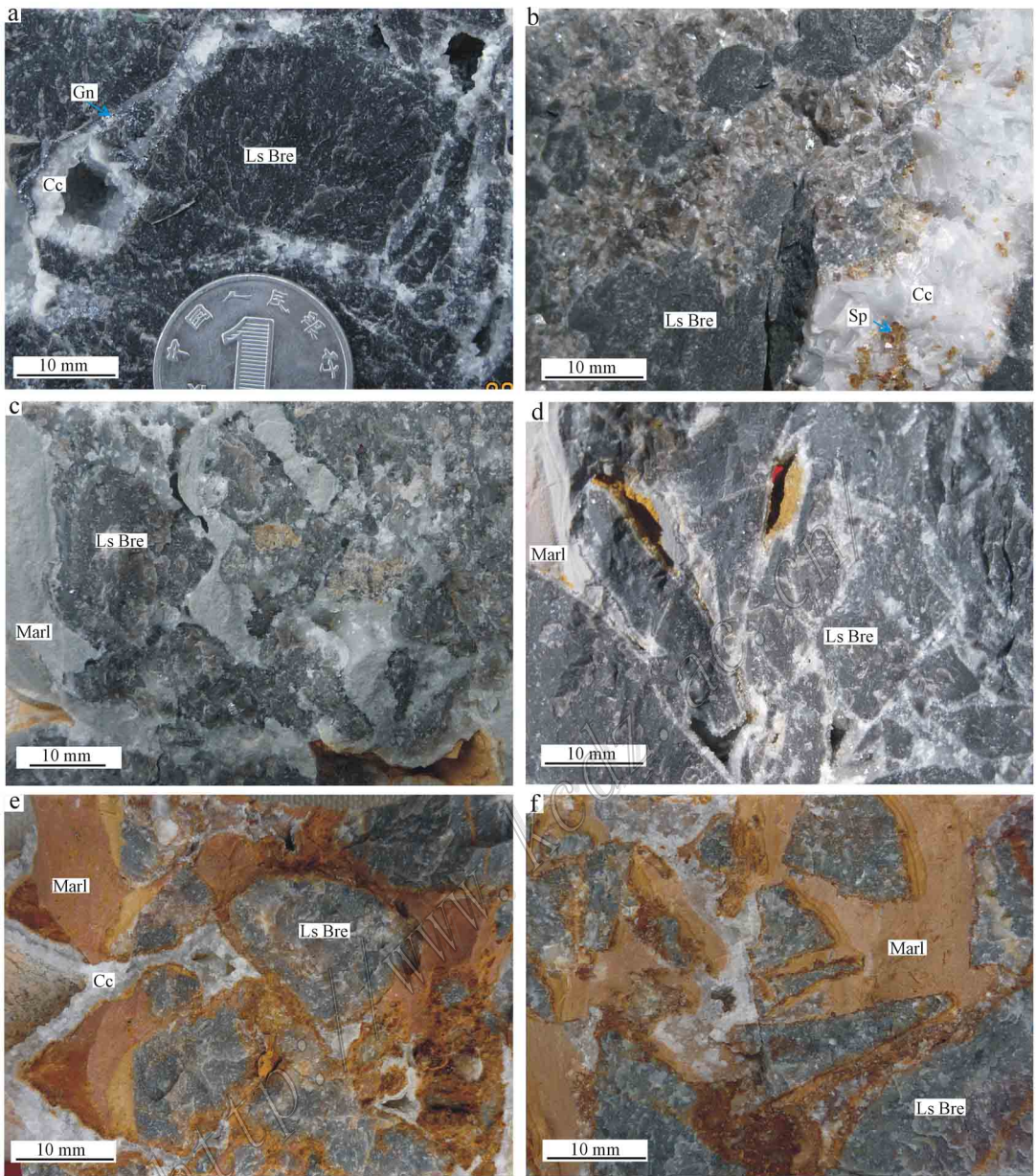


图4 茶曲帕查矿区角砾特征

a. 方解石+方铅矿充填灰岩角砾间隙,取自 Zk001 下 280 m 处; b. 灰色方解石胶结灰岩角砾,晚期白色方解石+闪锌矿充填空隙,取自 Zk8001 下 80 m 处; c. 泥质充填灰岩角砾,左侧可见水平纹层,取自 Zk1201 下 90 m 处; d. 叠瓦状灰岩角砾被方解石脉皮壳状包裹,砾间可见水平状泥质充填,取自 Zk8001 下 220 m 处; e. 泥质胶结灰岩角砾,泥质可见水平状纹层,取自 Zk1201 下 130 m 处; f. 灰岩角砾与泥质,其接触底面发育同沉积变形,取自 Zk1201 下 120 m 处。Gn—方铅矿; Sp—闪锌矿; Cc—方解石; Ls Bre—灰岩角砾

Fig. 4 Breccia features of the Chaqupacha deposit

a. Limestone breccias surrounded by colloform calcite and galena, sample taken from the depth of 280 m in Zk001 drill hole; b. Limestone breccias cemented by gray calcite, the space left filled with later calcite and sphalerite, sample taken from the depth of 80 m in Zk8001 drill hole; c. limestone breccias filled with gray mud, with horizontal bedding on the left, sample taken from the depth of 90 m in Zk1201 drill hole; d. Limestone breccias locally arranged in imbricate pattern surrounded by colloform calcite and galena, with horizontal bedding of argillaceous cement, sample taken from 220 m in Zk8001 drill hole; e. Limestone breccias surrounded by mud, sample taken from the depth of 130m in Zk1201 drill hole; f. syndimentary deformation structures at the bottom contact between the limestone breccias and marl, sample taken from the depth of 120 m in Zk1201 drill hole. Gn—Galena; Sp—Sphalerite; Cc—Calcite; Ls Bre—Limestone breccias

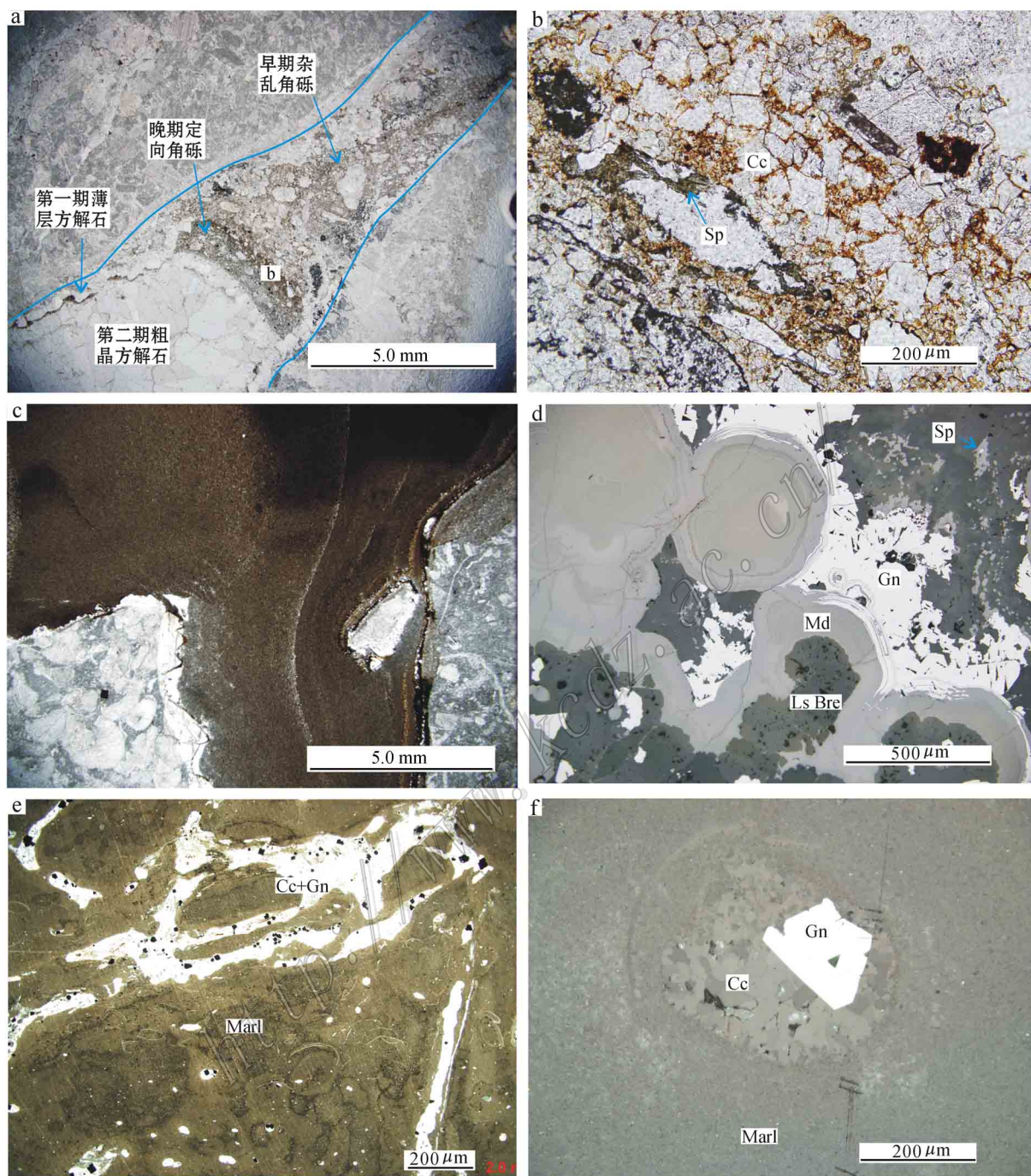


图5 茶曲帕查矿区矿化显微镜下照片

a. 生物碎屑灰岩空腔内的坍塌角砾；b. 空腔末端向中部过渡地段大小均一、定向排列的钙质角砾，泥、铁质胶结；c. 灰岩角砾间的泥质充填，注意到泥质层理在包裹角砾附近的软沉积变形；d. 泥质皮壳状围绕灰岩角砾生长，方铅矿、闪锌矿交代灰岩及泥质；e. 泥灰岩中的脉状方解石+方铅矿；f. 泥灰岩中的自形方解石+方铅矿。Gn—方铅矿；Sp—闪锌矿；Cc—方解石；Ls Bre—灰岩角砾

Fig. 5 Microscopic mineralization features of the Chaqupacha deposit

a. Collapse breccias in bioclastic limestone cavity; b. Calcareous breccias with marl and ferrous cement in the transition zone between terminal and middle part of the cavity, note those breccias have similar particle size and directional alignment; c. Marl filling in the space between carbonate breccias, note the soft sediment deformation shown by bedding bending; d. Limestone breccias surrounded by colloform marl, galena and sphalerite replacement texture; e. Calcite and galena vein in marl; f. Euhedral-granular texture of calcite and galena in marl

Gn—Galena; Sp—Sphalerite; Cc—Calcite; Ls Bre—Limestone breccias

在于具有可再生性,即可以因地形抬升、气候变化等原因停止发育,还可以因条件变化造成古溶洞再激活再溶蚀(Bosak, 2008)。区域资料表明,青藏高原在晚古生代至新生代的漫长地质年代中都有碳酸盐岩的发育(如赵政璋等, 2001),为溶蚀作用提供了广阔空间,而岩溶作用在三叠纪(陈文西等, 2007;王剑等, 2007)、白垩纪(马孝达, 1981)、古近纪(崔之久等, 1996)、新近纪(Cui et al., 1996)都有发育。茶曲帕查矿区古溶洞发育在中二叠世碳酸盐岩中,角砾成分也都是中二叠世碳酸盐岩,没有为溶蚀时代提供进一步证据,因此尚难判断矿区岩溶的起始时间。

关于溶洞的形成,目前主要有3种成因模式:地下水溶蚀、膏岩溶蚀和热液溶蚀(如McDonnell et al., 2007)。在碳酸盐岩分布区,地下水溶蚀灰岩或白云岩形成地下水道系统,重力作用造成溶洞的坍塌(Palmer, 1991),这种溶洞的形成一般是由多个溶洞通道合并坍塌而来(Loucks, 1999; Loucks et al., 2004)。当围岩中存在膏盐时,膏盐溶蚀殆尽后上覆岩层坍塌(Friedman, 1997; Ge et al., 1998; Bertoni et al., 2005; Eliassen et al., 2005),坍塌的角砾中会有大量膏盐残留,坍塌后膏盐体上方的地表发育对称的逆断层,向两侧至膏盐体与围岩接触地段转变为正断层,形成中间的挤压带和两侧的伸展带(Ge et al., 1998)。热液岩溶由地下热水上升产生,流体中硫化物沉淀,同时生酸造成碳酸盐岩的溶蚀(Corbella et al., 2004),受地下热水分布的限制溶蚀规模有限(Leach et al., 2010)。

茶曲帕查矿区溶洞发育在中二叠世灰岩中,区域上未见该套岩石伴生膏盐(如赵政璋等, 2001),而且溶洞中角砾多为灰岩,显微镜下也未见膏盐残留,故溶洞的膏盐溶蚀模式可排除。溶洞发育碳酸盐岩中,显微镜下见碳酸盐岩被溶蚀呈港湾状,结合区域上与矿区数百公里远的治多、花石峡等地都有溶蚀作用的报道(崔之久等, 1996),说明地下水溶蚀在溶洞形成过程中起了重要作用。

钻孔可见灰岩角砾与泥质间发育软沉积变形、近水平堆垛的角砾间甚至有水平泥质纹层,这些现象说明溶洞坍塌与五道梁组泥质沉淀近同时。沉积相分析表明,五道梁组沉积时矿区附近为古大湖环境(Wu et al., 2008)。湖内泥质很可能沿矿区北部同沉积正断层贯入溶洞,该断层活动有可能造就了溶洞的坍塌。

4.3 溶洞控矿

由含矿灰岩角砾的描述和古溶洞的识别分析可知,茶曲帕查古溶洞构造主要由2部分物质组成:坍塌灰岩角砾和泥质充填物。这两者都与铅锌矿化有密切关系。坍塌灰岩角砾外围发育皮壳状矿脉,泥质充填物中含有脉状矿化。这两种矿化提供了矿区绝大部分矿石量,反映了溶洞构造对成矿起主要控制作用。

矿石结构构造特征对成矿过程提供了有力证据。矿区脉状、晶簇状、皮壳状方解石+方铅矿表明矿质是开放空间充填的产物(Taylor, 2009);方铅矿对坍塌角砾及泥质充填物的交代现象说明成矿发生在溶洞坍塌之后。

4.4 在青藏高原发现的意义

由上述分析可知,茶曲帕查矿床可能为古溶洞构造控制的新近纪铅锌矿床。区域资料表明,矿区所处位置在晚古生代—早中生代活动陆缘环境(Yang et al., 2011),大片碳酸盐岩于此时沉积(图1),为溶洞发育提供了物质基础;此后多次不整合运动及多阶段抬升过程,为地下水大规模溶蚀活动提供了可能。这类矿床在青藏高原的发现具有重要意义,表明溶洞控矿不只限制在稳定台地相区,也可发育于多期活动造山区。

4.5 对区域勘查的启示及找矿标志

近年来,青藏高原中部的铅锌矿产勘探取得了重大进展,已发现茶曲帕查、东莫扎抓、莫海拉亨等3个大型铅锌矿床和纳保扎龙、宗隆巴、空介、水鄂柔等十余处中小型矿床或矿点(图1),它们大多产于晚古生代—中生代的碳酸盐岩中,由于基础地质研究工作的欠缺,矿床成因尚不清楚,找矿勘探思路较为混乱,严重影响了进一步的找矿突破。

茶曲帕查古溶洞控矿构造对建立区域铅锌找矿模式具有重要启示。矿区溶洞构造及矿质开放充填等特征表明,茶曲帕查属于典型的MVT型矿床(宋玉财等, 2011),这种矿床经常是成群成带产出(Leach et al., 2005)。实际上,青藏高原中部治多、花石峡、安多等地区已经有溶蚀孔洞的报道(崔之久等, 1996),说明青藏高原中部古溶洞的广泛存在,为铅锌成矿提供了背景支持。这些地区溶洞中的方解石裂变径迹年代为早中新世—中中新世(Cui et al., 1996),与茶曲帕查成矿时代相符。中新世,青藏高原中部的古大湖北抵昆仑山南,南达念青唐古拉山,东至治多、杂多、曲麻莱,西至西金乌兰湖、乌兰乌拉

湖一带,面积超过 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$ (Wu et al., 2008)。图1中勾勒出中新世沉积区域,其与古老碳酸盐岩的叠加部位溶洞成矿大有潜力。

茶曲帕查古溶洞控矿构造的厘定对铅锌矿产的实际勘查也有借鉴和指导作用。张性角砾和泥质充填物是溶洞存在的重要标志,围绕角砾的皮壳状矿化是溶洞控矿构造中的典型矿石构造。另外,除碳酸盐岩外,溶洞中的泥质充填物也可能含有脉状矿化。

5 结 论

(1) 茶曲帕查铅锌矿床的矿化与灰岩角砾密切相关,灰岩角砾具有溶洞坍塌角砾特点。

(2) 溶洞坍塌与充填泥质物的沉淀同时发生,成矿发生在溶洞坍塌之后。

(3) 该矿床可能为古控洞构造控制的新近纪铅锌矿床。这类矿床不一定限制在稳定台地相发育区,也可以出现在青藏高原等多期活动造山区。

(4) 古溶洞控矿构造在青藏高原的提出对拓宽区域找矿思路具有重要启示意义。

参考文献/References

陈文西,王 剑,汪正江,付修根. 2007. 藏北羌塘盆地菊花山地区晚三叠世古岩溶不整合面的发现及其意义[J]. 地质论评, 53(5): 699-703.

崔之久,洪 云,高全洲,陈怀录. 1996. 青藏高原东北部古喀斯特过程与环境[J]. 地理学报, 51(5): 408-417.

刘功余,邓自强,张美良. 1988. 岩溶矿床的研究现状及展望[J]. 中国岩溶, 9(1): 1-13.

罗允义. 2003. 桂西古岩溶型金矿地质特征[J]. 中国地质, 30(2): 179-185.

马孝达. 1981. 西藏中部奇林湖北岸的岩溶地貌[J]. 地质论评, 27(3): 274-276.

宋玉财. 2009. “三江”沉积岩容矿贱金属矿床发育特点与成矿模型[D]. 博士后出站报告. 北京: 中国地质科学院.

宋玉财,侯增谦,杨天南,张洪瑞,杨竹森,田世洪,刘英超,王晓虎,刘燕学,薛传东,王光辉,李 政. 2011. “三江”喜马拉雅期沉积岩容矿贱金属矿床基本特征与成因类型[J]. 岩石矿物学杂志, 30(3): 355-380.

汪劲草,常家良. 2000. 湖南江永铅锌矿床岩溶成矿构造系列及其演化[J]. 地质找矿论丛, 15(2): 159-165.

王贵仁,宋玉财,邹公明,侯增谦,杨竹森,杨天南,张洪瑞,刘燕

学,李 政,汪元奎,刘 群,然见多杰,赵呈祥,翟忠保. 2012. 青海南部茶曲帕查 Pb-Zn 矿床的勘查历史、现状与下一步找矿方向[J]. 岩石矿物学杂志, 31(1): 79-90.

王 剑,付修根,陈文西,汪正江. 2007. 藏北羌塘盆地晚三叠世古风化壳地质地球化学特征及其意义[J]. 沉积学报, 25(4): 487-494.

王则江. 1985. 我国南方一些古岩溶洞穴沉积铅锌矿床的成矿特征[J]. 矿物岩石, 3(1): 1-11.

肖振民,郭晓山. 1984. 栖霞山铅锌矿区古岩溶发育及其控矿性[J]. 地质论评, 30(4): 365-370.

翟裕生. 1993. 矿田构造学[M]. 北京: 地质出版社.

张洪瑞. 2010. 三江北段沉积岩容矿铅锌矿床矿区构造变形与控矿模型[D]. 博士学位论文. 北京: 中国地质科学院.

张洪瑞,侯增谦,杨天南,宋玉财,李 政,王召林,王晓虎,汪元奎,刘 群. 2010. 青藏高原北羌塘南缘俯冲型石英正长斑岩的发现: 来自地球化学分析证据[J]. 地质论评, 56(3): 403-412.

张洪瑞,杨天南,侯增谦,宋玉财,汪元奎,刘 群. 2011. 三江北段茶曲帕查矿区构造变形与铅锌矿化[J]. 岩石矿物学杂志, 30(3): 475-486.

赵政璋,李永铁,叶和飞. 2001. 青藏高原地层[M]. 北京: 科学出版社.

Bertoni C and Cartwright J A. 2005. 3D seismic analysis of circular evaporite dissolution structures, Eastern Mediterranean[J]. Journal of the Geological Society, 162(6): 909-926.

Bosak P. 2008. Karst processes and time[J]. Geologos, 14(1): 19-36.

Corbella M, Ayora C and Cardellach E. 2004. Hydrothermal mixing, carbonate dissolution and sulfide precipitation in Mississippi Valley-type deposits[J]. Mineralium Deposita, 39(3): 344-357.

Cui Z J, Gao Q Z, Liu G N, Pan B T and Chen H L. 1996. Planation surfaces, palaeokarst and uplift of Xizang (Tibet) Plateau[J]. Science in China (Ser. D Earth Sciences), 39: 391-400.

Eliassen A and Talbot M R. 2005. Solution-collapse breccias of the Minkinfjellet and Wordiekammen Formations, Central Spitsbergen, Svalbard: a large gypsum palaeokarst system[J]. Sedimentology, 52(4): 775-794.

Friedman G M. 1997. Dissolution-collapse breccias and paleokarst resulting from dissolution of evaporite rocks, especially sulfates[J]. Carbonates and Evaporites, 12(1): 53-63.

Ge H and Jackson M P A. 1998. Physical modeling of structures formed by salt withdrawal: Implications for deformation caused by salt dissolution[J]. AAPG Bulletin, 82: 228-250.

Jebrak M. 1997. Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution[J]. Ore Geology Reviews, 12(3): 111-134.

Leach D L, Sangster D L, Kelly K D, Large R R, Garven G, Allen C R, Gutzmer J and Walter S. 2005. Sediment-hosted lead-zinc deposits: A global perspective[A]. In: Hedenquist J W, Thompson J

- F H , Goldfarb R J and Richards J P , eds. SEG 100th Anniversary Special Publication. 561-607.
- Leach D L , Taylor R D , Fey D L , Diehl S F and Saltus R W. 2010. A deposit model for Mississippi Valley-Type lead-zinc ores , chap. A of Mineral deposit models for resource assessment [C]. U. S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2010-5070-A.
- Lee M J and Wilkinson J J. 2002. Cementation , hydrothermal alteration , and Zn-Pb mineralization of carbonate breccias in the Irish Midlands : textural evidence from the Cooleen zone , near Silvermines , County Tipperary [J]. Economic Geology , 97 (3) : 653-662.
- Loucks R G. 1999. Paleocave carbonate reservoirs : Origins , burial-depth modifications , spatial complexity , and reservoir implications [J]. AAPG Bulletin , 83 : 1795-1834.
- Loucks R G , Mescher P K and McMechan G A. 2004. Three-dimensional architecture of a coalesced , collapsed-paleocave system in the Lower Ordovician Ellenburger Group , central Texas [J]. AAPG Bulletin , 88 (5) : 545-564.
- McDonnell A , Loucks R G and Dooley T. 2007. Quantifying the origin and geometry of circular sag structures in northern Fort Worth Basin , Texas : Paleocave collapse , pull-apart fault systems , or hydrothermal alteration [J]. AAPG Bulletin , 91 (9) : 1295-1318.
- Ohle E L. 1985. Breccias in Mississippi Valley-type deposits [J]. Econ. Geol. , 80 (6) : 1736-1752.
- Palmer A N. 1991. Origin and morphology of limestone caves [J]. Geological Society of America Bulletin , 103 (1) : 1-21.
- Sass-Gustkiewicz M. 1996. Internal sediments as a key to understanding the hydrothermal karst origin of the Upper Silesian Zn-Pb ore deposits [A] in : Sangster D F , ed. Carbonate-hosted lead-zinc deposits [M]. Economic Geology , Special Publication. 171-181.
- Taylor R. 2009. Ore Textures : Recognition and Interpretation [M]. Springer Verlag.
- Wu Z H , Barosh P J , Wu Z H , Hu D G , Zhao X and Ye P S. 2008. Vast early Miocene lakes of the central Tibetan Plateau [J]. Geological Society of America Bulletin , 120 (9-10) : 1326-1337.
- Yang T N , Zhang H R , Liu Y X , Wang Z L , Song Y C , Yang Z S , Tian S H , Xie H Q and Hou K J. 2011. Permo-Triassic arc magmatism in central Tibet : Evidence from zircon U-Pb geochronology , Hf isotopes , rare earth elements , and bulk geochemistry [J]. Chemical Geology , 284 : 270-282.

<http://www.kcdz.com>