

# 鲁甸地震、鲁甸自然铜矿与地球深部 排气作用的关系探讨 ——来自宽角地震资料的证据

张景廉<sup>1</sup>, 房乃珍<sup>1</sup>, 陈娟<sup>1</sup>, 杜乐天<sup>2</sup>, 朱炳泉<sup>3</sup>

(1. 中国石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国核工业北京地质研究院, 北京 100029;  
3. 中国科学院广州地球化学研究所, 广东 广州 510640)

**摘要:** 云南鲁甸地震自2014年8月3日发生以来,已有几年。鲁甸地震引发不少学者、专家的关注。文章注意到一些与之不被人注意的、看似毫不相干的事件,提出了他们之间存在着内在联系的新观点,希望引起有关部门的重视。(1) 云南鲁甸地震是被著名地震学家强祖基教授准确预报了的。强祖基教授根据气象卫星红外图像的异常分布预测地震震级、地震时间及地点。这一情况证明了地震与地球排气作用是有关的。(2) 云南鲁甸曾在2002年被朱炳泉教授成功发现了自然铜矿床。自然铜是呈零价的铜元素集合体。铜通常是+1、+2价,要把这种呈+1、+2价的铜离子还原成呈零价的自然铜,需要极还原性的地质地球化学环境,这种环境只有富含氢气的天然气才具有,而这也只有地球深部的天然气才具有上述特点,这是古代二叠纪玄武岩喷发才有的地球化学环境,这是一个奇妙的天然“冶炼”过程,值得地质矿床学家、冶炼学家认真反思!(3) 云南丽江—贵州清镇纵剖面的二维地壳速度结构图揭示,在鲁甸地区10~15 km的中地壳具有低速特征,这种低速(也常常是高导的)特征表明中地壳是个塑性层,有巨量的天然气,正是这种天然气的爆炸才导致了鲁甸地震的发生。鲁甸地震与2008年5月四川汶川地震的发生机制是一致的,也与陕西华县8级地震(渭河盆地)、宁夏海源8.5级地震(六盘山盆地)、宁夏银川地震、河北唐山地震、辽宁海城地震等的形成机理是一致的。云南鲁甸地震与地球深部气体之间的成因联系,对地震机理的认识有一定普遍意义。

**关键词:** 鲁甸地震;鲁甸自然铜矿床;二维速度结构图;卫星红外云图;氢气的还原作用;地震机理

**中图分类号:** P315.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3504(2018)01-0001-05

张景廉,房乃珍,陈娟,等.2018.鲁甸地震、鲁甸自然铜矿与地球深部排气作用的关系探讨——来自宽角地震资料的证据[J].东华理工大学学报:自然科学版,41(1):1-5.

Zhang Jing-lian, Fang Nai-zhen, Chen Juan, et al. 2018. On the relationship among Ludian earthquake, native copper deposit in Ludian and deep earth degassing——based on wide angle seismic data[J]. Journal of East China University of Technology (Natural Science), 41(1):1-5.

地震、天然产出的自然铜、天然气、低速高导带等看似不相关的地质现象和过程,其间存在着某种内在关联。探索这些关联的规律,可能带给人们一些启示,甚至改变相关地质现象的成因认识(杜乐天等,1999;杜乐天,1996a,1996b;张景廉,2001,2004;张景廉等,2008,2011;胡宝群等,2011;梁光河,2017;岳中琦,2013)。

## 1 鲁甸地震

### 1.1 鲁甸地震的发生

2014年8月3日,云南鲁甸发生6.5级地震,导致617人死亡。关于这次地震,主流学术界已发表了不少论文(徐涛等,2014;张广伟等,2014;赵仲和,2014;曾佐勋等,2014)。

事实上,2014年4月,著名地震学家强祖基等根据卫星红外云图预测了云南东北会发生7级以上地震。而在2014年5月30日盈江等发生的6.1级、4.3级地震均是鲁甸6.5地震的前兆地震(李寻等,2014)。

他们认为,根据气象卫星红外图像,地震区在

收稿日期:2017-11-16

作者简介:张景廉(1941—),男,研究员,地球化学专业。E-mail:fangnz@petrochina.com.cn

震前有一个增温区,而地震震级则与异常面积大小有关,而且可以根据增温异常演化特征可找出未来地震的震中位置;当增温异常发展到鼎盛时期后,则可在几天至60天内进行短期和临震预报(强祖基等 2010;赵得秀等 2012)。

云南鲁甸地震的发生,证明了“强祖基地震预测法”的正确。奇怪的是,成功预测鲁甸地震的是一位83岁的老人和他的团队。令人不解的是:地震学界主流媒体对这一成功预报表现了惊人的沉默(商昭等 2014;李寻 2014)。

## 1.2 鲁甸地震与地球化学急变带

鲁甸地震震中位于铅同位素地球化学急变带,从北西转为东北的转折点上,急变带(40线)两侧Nd同位素从 $\varepsilon \approx 0$ (东侧)增至 $\varepsilon = +3$ 。滇东北地球化学急变带标志着该区岩石圈结构和厚度的急剧变化带。软流圈物质上涌和横向迁移在岩石圈结构的急剧变化带将产生浅层巨大应力,是发生大地震的重要原因。按照朱炳泉(2010)的观点,鲁甸地震与板块构造无关。

## 2 鲁甸的自然铜矿床

### 2.1 自然铜矿的成矿特点

朱炳泉等(2002a, 2002b)较早指出,在滇黔边界存在一条代表地幔深断裂—岩石圈不连续界面的北西向构造隐性地球化学急变带,并根据其北东侧远高于东侧地区的Cu-Ni-Pt-Pb异常,以其地球化学急变带成矿的分带性规律,在2002年发现了鲁甸一沿河自然铜矿床。他们认为,鲁甸一沿河一带的铜矿床与美国基韦诺铜矿较为相似,提出这是目前世界上第二个基韦诺型铜矿床(矿石类型为自然铜—氧化铜组合),矿床层位位于中、下三叠统至峨眉山玄武岩顶部第四段(约90m),主要矿化段位于过渡带至峨眉山玄武岩第四段硅质沥青之间(15~50m)(朱炳泉等 2002a, 2002b, 2005;朱炳泉 2003a, 2003b)。

### 2.2 自然铜矿石的气液包裹体特征

自然铜矿石中石英、方解石的气液包裹体的激光拉曼成分研究、均一温度、盐度测定表明:1、2期成矿流体主要为卤水,气液比小(一般5%~10%),W(NaCl)为8%~22%,气相为 $\text{CH}_4$ ,均一温度为80~260℃。除卤水外,还有以古石油为代表的有机流体,古石油包裹体由液态烃(以芳香烃为

主)、固体沥青和气相组成(李厚民等 2011)。

### 2.3 自然铜矿(及一些自然金属矿石)的形成机制

以往的研究表明,金伯利岩中有一些呈自然元素的金属、非金属,如 $\text{Fe}^0$ ,  $\text{Si}^0$ ,  $\text{Ti}^0$ ,  $\text{Mg}^0$ ,等(路凤香等 1992;赵磊等 1993)。

杜乐天等(1999)认为,金伯利岩筒中有天然气,而且是极强的还原气体,最有可能的是氢气和烃。据报道,俄罗斯雅库特金伯利岩筒已发现有天然气燃烧。事实上,陨石、月球岩中也有一些自然元素。

据报道(杜乐天,1996a,1996b):

- (1) 阿尔卑斯山超镁铁的蚀变带发现自然金属,在蛇纹岩中有 $\text{Fe}^0$ 。
- (2) 乌拉尔纯橄榄岩中 $\text{Fe}^0$ 与蛇纹岩、磁铁矿共生,打钻时发生气喷,气体成分为 $\text{H}_2$  80%,  $\text{CH}_4$  10%,  $\text{N}_2$  10%(注意:主要是氢气)。
- (3) 金矿石中有 $\text{Si}^0$ ,  $\text{Al}^0$ ,  $\text{Fe}^0$ 。
- (4) 矽卡岩矿床中有 $\text{Cr}^0$ ,  $\text{Si}^0$ ,  $\text{Fe}^0$ 。
- (5) 塔吉克斯坦硅化镁矽卡岩中有 $\text{Al}^0$ 。
- (6) 南滨海油气田也发现有 $\text{Fe}^0$ 。
- (7) 卤水沉积物中发现有 $\text{Hg}^0$ ,  $\text{As}^0$ ,  $\text{Sb}^0$ ,  $\text{Au}^0$ ,  $\text{Ag}^0$ 。
- (8) 大洋Mn结核中有 $\text{Fe}^0$ ,  $\text{Al}^0$ ,  $\text{Au}^0$ ,  $\text{Sn}^0$ ,  $\text{Cu}^0$ ……

显然,只有深部强烈强还原气体,才可使呈氧化状态(+1, +2, +3价)的金属还原成零价的自然金属。

因此,火山岩喷发过程中,强还原的氢气流与金属的硫化物(或氧化物)发生强烈的还原作用,当0价的 $\text{H}_2$ 还原了呈+2, +3价的金属化合物,使之形成呈0价的自然元素,而呈0价的 $\text{H}_2$ 气则变成了+1价,如有碳(C)则可能形成烃类(如 $\text{CH}_4$ 等)。

根据上述分析,鲁甸自然铜矿的形成也就不难解释了,即在玄武岩喷发过程中,强大的 $\text{H}_2$ 流对一些金属(Cu)的化合物发生还原作用,使Cu从+2, +1价变成0价,而 $\text{H}_2$ 气则形成如烃类的化合物( $\text{H}^0$ 变成 $\text{H}^{+1}$ ),鲁甸铜矿有大量的沥青即是证据。近来有研究表明,通过氢还原使褐铁矿的纳米结构化相变形成零价铁( $\text{Fe}^0$ )(刘海波等 2016)。

鉴于此,可以形象地称作在鲁甸这个地方发生了天然的冶炼过程,生成了自然铜。即“可以不经

过冶炼,直接从岩石中提取金属”(杜乐天,1996a,1996b)。这一点在未来的矿冶生产中的作用不容低估。

近来,张良钜等(2015)在四川南部玄武岩晶洞中发现沥青与自然铜矿物共生则是另一个实例。另据报道,李子颖等在冀东 330 铀矿床、诸广 302 铀矿床,用光电能谱方法检测到自然金属铀 U<sup>0</sup>(陈瑜,2015),这进一步说明了氢气在铀成矿中的重大作用。

### 2.4 鲁甸自然铜与考古文化

鲁甸铜矿的高放射性铅的特点为我国青铜器考古研究提供了示踪作用。研究表明,在中国存在一些古代青铜器的高放射性铅曾使考古人员十分迷惑,即在青铜器考古现场及周围找不到相应的古铜矿床。

据朱炳泉(2010)研究,中国目前有一些考古青铜器由于其高放射性铅的特点,目前找不到铜矿原产地,如:殷墟墓青铜器的<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 19 ~ 20, <sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 15.8 ~ 16.5, <sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb = 40 ~ 45.2,而中原地区没有发现有如此高放射成因铅的矿产资源;另外,江西新干大洋洲、湖北黄陂盘龙城等地的青铜器也具有高放射成因铅的特征;1990 年代发现的三星堆及 21 世纪初发现的金沙青铜器也有高放射成因铅组成(金正耀,2008)。鉴于上述情况,朱炳泉(2010)、金正耀(2008)提出了这些青铜器的矿产可能源于云南的假设,也就是说鲁甸铜矿可能是商代青铜器的原矿料。

### 3 云南丽江—贵州清镇宽角地震资料揭示的信息

2012 年 6 月,中国科学院地质与地球物理研究所沿丽江—攀枝花—清镇近东西向纵测线,实施了 6 炮人工源爆破(药量总计 17.5 t TNT,单炮药量 2.4 ~ 3.9 t),纵测线剖面长 650 km,三分量数字地震仪记录了地壳至上地幔顶部不同深度范围、不同属性的深层地震波场信息。

徐涛等(2015)公布了该剖面的二维地震速度结构(图 1)。

从图 1 可以看出,在 SP03 处有一地震低速异常带,它的  $v_p = 5.8 \sim 5.9 \text{ km/s}$ ,明显低于周围的 6.0 ~ 6.8 km/s,即中地壳低速带,它的埋深约 4 ~ 15 km。这个低速带是个塑性流体带,有大量的气体。

正是这些气体向上喷发、爆炸,导致发生了鲁甸 6.5 级地震,这种过程与张景廉等(2008,2011)讨论汶川地震成因的情况完全一致。在鲁甸还发现了呈零价的自然铜矿床,该发现更进一步证实了这种气体是氢气及烃类气体,而强祖基教授的卫星红外图的预测方法更从更深层次证实了上述论据的正确。事实上,笔者多年来一直致力于研究中地壳低速层与油气、地震的关系(张景廉,2001,2004,2014)。

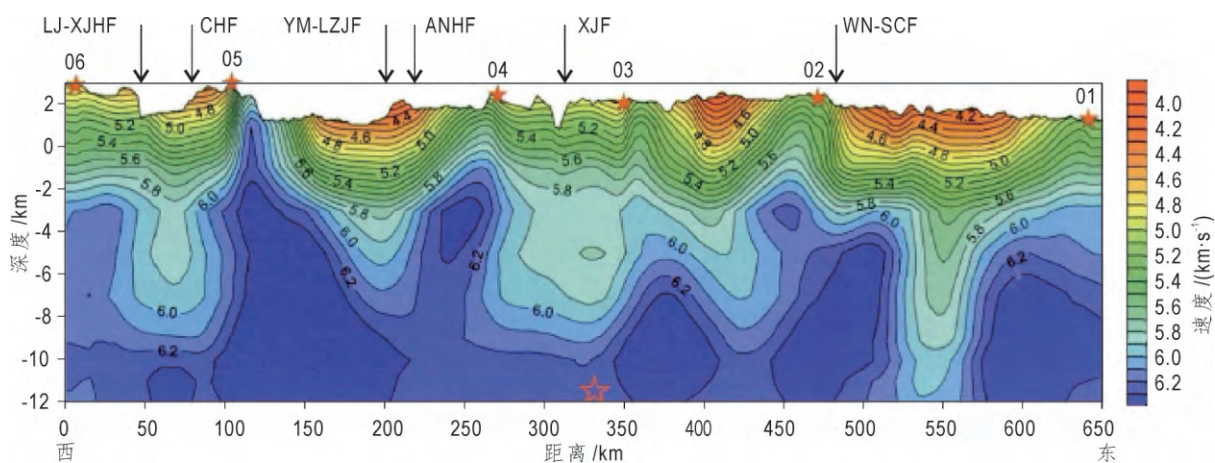


图 1 丽江-清镇纵剖面二维速度结构(徐涛等,2015)

Fig.1 Two dimensional velocity profile of Lijiang-Qingzhen

红色实心五角星为人工源炮点位置,红色空心五角星表示主震在剖面的投影。主要断裂:LJ-XJHF,丽江-小金河断裂;CHF,程海断裂;YM-LZJF,元谋-绿汁江断裂;ANHF,安宁河断裂;XJF,小江断裂;WN-SCF,威宁-水城断裂

#### 4 鲁甸地震主断裂的气体测量

鲁甸地震后,刘耀炜等(2015)对龙头山镇进行了气体测量( $Rn$ ,  $H_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ ,  $O_2$ 等)。

结果显示,在地震主断裂处土壤  $Rn$  的含量  $1.52 \times 10^5$  Bq/m<sup>3</sup>,这明显高于断层两侧(约350 m)的  $5.13 \times 10^4$  Bq/m<sup>3</sup>;  $H_2$  浓度高达  $45 \times 10^{-6}$ ,而离开破裂带的测点则没有观测到  $H_2$ (浓度小于仪器检测极限  $1 \times 10^{-6}$ )。

#### 5 汶川地震断裂的重要现象

王焕等(2015)对汶川地震断裂的观察与研究揭示了几个十分重要的现象:

- (1) 地震过程中有大量流体存在;
- (2) 石墨局部富集;
- (3) 极低的动态摩擦系数(0.02);
- (4) 断裂带快速愈合。

显然,(3)、(4)点表明地震是个开放的体系,与板块挤压状态相悖,石墨的形成表明呈  $CO_2$  的 +4价 C 还原成了呈 0 价的石墨,这种环境是十分还原性的。

#### 6 结论

综合上述证据和分析,得出以下认识:

(1) 鲁甸 6.5 级地震被强祖基教授等成功预报(通过卫星红外图),表明地球深部排气是导致鲁甸地震发生的主要因素。

(2) 鲁甸自然铜矿床的被朱炳泉发现,则从另一角度表明鲁甸地区曾发生过地球深部排气作用,这种深部气体是有强还原性质的氢气和烃类气体。铜矿床分布大量沥青表明烃类也参与了自然铜的成矿作用。

(3) 丽江—清镇剖面的二维地壳速度结构图揭示了在鲁甸地区的中地壳具低速—高导特征,表明鲁甸地区地壳中有大量的天然气,正是这种天然气的爆炸才导致了鲁甸地震的发生。可以说鲁甸地震的发生与 2008 年四川汶川地震的发生机制是相同的。

(4) 鲁甸地震发生后在其主断裂的气体测量获得了大量氢气的存在,则是天然气存在的实物证据。

#### 参考文献

陈瑜. 2015. 在自然界发现金属铀属意外惊喜[N/OL]. 科技日报

[2015-10-20]. [http://digitalpaper.stdaily.com/http\\_www.kjrb.com/kjrb/html/2015-10/21/content\\_320550.htm?div=-1](http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2015-10/21/content_320550.htm?div=-1).

杜乐天,强祖基. 1999. 气体致震:一个可能的地震成因. 流体地球科学进展[M]. 北京:地震出版社.

杜乐天. 1996a. 烃碱流体地球化学原理[M]. 北京:科学出版社:460-475,486.

杜乐天. 1996b. 地幔流体与软流层(体)地球化学[M]. 北京:地质出版社:411.

胡宝群,吕古贤,孙占学,等. 2011. 热液矿床水相变控矿理论初探[J]. 地质通报,30(4):565-572.

金正耀. 2008. 中国铅同位素考古[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社:33-56,167-175.

李厚民,毛景文,张长青. 2011. 滇黔交界地区玄武岩铜矿流体包裹体地球化学特征[J]. 地球科学与环境学报,33(1):14-33

李寻,商昭. 2014. 强祖基教授和他的地震预报学[J]. 休闲读品(天下)(2):111-113.

李寻. 2014. 再谈强祖基教授的地震预报学[J]. 休闲读品(天下)(3):9-12.

梁光河. 2017. 从汶川地震探讨隐爆与成矿过程[J]. 岩石学报,33(2):326-338.

刘海波,张如玉,陈天虎,等. 2016. 褐铁矿纳米结构化相变零价铁及其除磷性能[J]. 矿物岩石地球化学通报,35(1):64-69.

刘耀炜,任宏微,张磊,等. 2015. 鲁甸 6.5 级地震地下流体典型异常与前兆机理分析[J]. 地震地质,37(1):307-317.

路凤香,赵磊,郑建平,等. 1992. 有关金伯利岩定义的讨论——来自岩相学的证据[G]//岩石学论文集. 武汉:中国地质大学出版社:23-29

强祖基,冯嵩乃,曾佐勋,等. 2010. 卫星热红外地震短临预测方法研究[J]. 地学前缘,17(5):254-262.

商昭,李寻. 2014. 强祖基先生预测云南鲁甸地震始末[J]. 休闲读品(天下)(3):6-8.

王焕,李海兵,司家亮,等. 2015. 汶川地震断裂作用研究新认识[J]. 地球学报,36(3):257-270.

徐涛,张明辉,田小波,等. 2014. 丽江—清镇剖面上地壳速度结构及其与鲁甸 Ms6.5 级地震孕震环境的关系[J]. 地球物理学报,57:3069-3079.

徐涛,张中杰,刘宝峰,等. 2015. 峨眉山大火成岩省地壳速度结构与古地幔柱活动遗迹来自丽江—清镇宽角地震资料的约束[J]. 中国科学:地球科学,45(5):565-576.

岳中琦. 2013. 汶川地震与山崩地裂的极高压甲烷天然气成因和机理[J]. 地学前缘,20(6):15-20.

曾佐勋,刘根深,李献瑞,等. 2014. 鲁甸地震(Ms6.5)临震预测、中期预测及中地壳流变结构[J]. 地球科学—中国地质大学学报,39(12):1751-1762.

张广伟,雷建设,梁姗姗,等. 2014. 2014年8月3日云南鲁甸 Ms6.5 级地震序列重定位与震源机制研究[J]. 地球物理学报,57(9):3018-3027.

张景廉,杜乐天,张虎权,等. 2008. 汶川大地震与中地壳低速、高导层的成因关系初探[J]. 西北地震学报,30(4):405-412.

张景廉,杜乐天. 2011. 再论汶川大地震与深部气体的关系[J]. 西北地震学报,33(1):96-101.

- 张景廉. 2001. 论石油的无机成因[M]. 北京: 石油工业出版社.
- 张景廉. 2004. 论中地壳及地质意义[J]. 新疆石油地质, 25(1): 90-94.
- 张景廉. 2014. 二论石油的无机成因[M]. 北京: 石油工业出版社.
- 张良钜, 胡蕙驿, 曾伟来, 等. 2015. 川南玄武岩晶洞中的沥青与铜矿物球粒研究[J]. 高校地质学报, 21(2): 177-185.
- 赵得秀, 强祖基. 2012. 地震是可以预测的[M]. 西安: 西北大学出版社.
- 赵磊, 路凤香, 任迎新, 等. 1993. 在金伯利岩中新发现的几种矿物及其意义[J]. 矿物岩石学杂志, 12(3): 283-287.
- 赵仲和. 2014. 2014年8月3日云南鲁甸 M6.5 地震的地震波能量[J]. 国际地震动态, (9): 24-28.
- 朱炳泉, 常向阳, 胡耀国, 等. 2002b. 滇—黔边境鲁甸沿河铜矿床的发现与峨眉山大火成岩省找矿新思路[J]. 地球科学进展, 17(6): 912-917.
- 朱炳泉, 戴樟谟, 胡耀国, 等. 2005. 滇东北峨眉山玄武岩中两阶段自然铜矿化的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 与 U-Th-Pb 年龄证据[J]. 地球化学, 34(3): 235-247.
- 朱炳泉, 胡耀国, 张正伟, 等. 2002a. 滇黔地球化学边界似基韦诺(Keweenaw)型铜矿的发现[J]. 中国科学(B 辑), 32(增刊): 49-59.
- 朱炳泉. 2003a. 大陆溢流玄武岩成矿体系与基韦诺(Keweenaw)型铜矿床[J]. 地质地球化学, 31(2): 1-8.
- 朱炳泉. 2003b. 关于峨眉山溢流玄武岩省资源勘查的几个问题[J]. 中国地质, 30(4): 406-412.
- 朱炳泉. 2010. 中国商代矿物资源利用的几个地球化学谜案[J]. 矿物学报(增刊): 109-110.

## On the Relationship among Ludian Earthquake, Native Copper Deposit in Ludian and Deep Earth Degassing

— Based on Wide Angle Seismic Data

ZHANG Jing-lian<sup>1</sup>, FANG Nai-zhen<sup>1</sup>, CHEN Juan<sup>1</sup>, DU Le-tian<sup>2</sup>, ZHU Bing-quan<sup>3</sup>

(1. Northwest Branch of Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Lanzhou, GS 730020, China; 2. Beijing Research Institute of Uranium Geology, Beijing 100029, China; 3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, GD 510640, China)

**Abstract:** Ludian earthquake in Yunnan, occurred on August 3, 2014, caused many scholars and experts concern. This paper finds some evidences that are ignored or seemingly unrelated, puts forward new opinions, and hopes to attract the attention of the relevant departments. (1) Ludian earthquake in Yunnan had been accurately predicted by professor Qiang Zuji who is a famous earthquake scientist. According to abnormal distribution of the satellite infrared cloud image, professor Qiang Zuji predicted Ludian earthquake's magnitude, time and location. This fact proves that the earthquake is related to deep earth degassing. (2) In 2002, Zhu Bingquan, a famous isotope geochemist, discovered the native copper deposit in Ludian. Natural copper is an aggregate of zero valent copper elements, and copper is usually an aggregate of +1 ion or +2 ion, but reduction of geological and geochemical environment has to be needed when +1 ion or +2 copper ion is reduced to zero valent copper ion of native copper. Of course, everyone knows reduction geochemical environment with rich hydrogen is just offered by natural gas which was Permian basalts erupting in deep earth. The formation of native copper is a wonderful natural "smelting" process, and is worthy of serious reflection on the geological minerals and smelting experts. (3) Two dimensional velocity structure diagram of Yunnan Lijiang-Guizhou Qingzhen profile reveals low velocity features about 10-15 km in the middle crust in Ludian area. These features show that there is plastic layer and a huge amount of natural gas in middle crust, and show Ludian earthquake was been occurred by the natural gas explosion. Ludian earthquake has the same earthquake mechanism with the magnitude 8 Wenchuan earthquake in Sichuan province in China on May 12, 2008, the magnitude 8 Huaxian in Shanxi province (located in Weihe basin), the magnitude 8.5 Haiyuan earthquake in Ningxia province (located in Liupanshan basin), Yinchuan earthquake in Ningxia province, Tangshan earthquake, and Haicheng earthquake in Liaoning province. It is an universal significance to understand earthquake mechanism by the genetic relationship between the Ludian earthquake and the deep natural gas in Yunnan.

**Key Words:** Ludian earthquake; native copper deposit in Ludian; two dimensional velocity structure diagram; satellite infrared cloud image; hydrogen reduction; earthquake mechanism