

甘肃与火山岩有关的铜矿预测与勘查

杜玉良¹, 殷先明², 贾群子¹, 殷勇²

(1. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054; 2. 甘肃省地矿局, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 在分析前人研究成果与以往地质资料基础上, 结合找矿实践, 将甘肃与火山岩有关铜矿分为八种类型, 圈出 8 个找矿预测区。认为与火山岩有关的铜矿勘查不能仅局限于火山岩层或火山构造, 晚期构造、岩浆热液活动与成矿作用对先期成矿的叠加、富集及矿床(体)最终定位的影响极为重要。针对新一轮找矿工作提出了具体的思路与建议。

关键词: 甘肃; 与火山岩有关铜矿; 成矿预测; 勘查方向

中图分类号: P612 **文献标识码:** A

1 概况

与火山岩有关的铜多金属矿床是世界上发现最早的矿床类型之一。甘肃境内目前已发现与火山岩有关的铜矿床(点)100 多处。其中, 大型铜矿床 1 处, 中型 5 处, 小型 19 处, 是甘肃铜矿主要工业类型之一。该类铜矿主要分布在北祁连, 其次是碧口和北山地区(图 1)。甘肃北祁连山是我国及世界重要的与火山岩有关的铜多金属成矿省, 从地质构造背景、地球化学异常特征(张翔等, 2006)与成矿条件等分析, 甘肃北祁连等地区的与火山岩有关的铜多金属矿仍具有很大的找矿潜力。

甘肃火山岩及其有关的铜矿研究程度较高。众多单位与研究者从不同角度进行了不懈地研究探索, 获得了诸多认识与成果(宋叔和, 1980; 夏林圻等, 2001; 1998, 1980; 边千韬, 1989; 邹介人等, 1999; 宋学信等, 1998; 李向民等, 2000; 邱国柱等, 1993)。尤其是板块构造理论的引入与运用, 拓展了区域成矿研究的思路。但与火山岩有关的铜矿勘查工作相对薄弱。自 20 世纪 50 年代发现白银

厂矿田之后, 虽经勘查研究者们几十年努力, 由于投入不足等, 并未获得理想的勘查进展与新发现。目前的主要问题是有效运用长期形成的研究认识与成果, 促进与火山岩有关的铜矿勘查工作, 加快找矿步伐, 实现与火山岩有关铜矿找矿的新突破。

2 与火山岩有关的铜矿类型与找矿预测区

甘肃与火山岩有关的铜矿因其产出地质构造背景与成矿条件的差异, 不同地区、甚至在北祁连的东、西部成矿特征变化也较大。为便于勘查者掌握和区分不同地段与火山岩有关铜矿的特点, 根据成矿背景和含矿建造的特征, 将甘肃与火山岩有关的铜矿分为白银厂、石居里、蛟龙掌、孔雀山、镜铁山、陈家庙、筏子坝、马鬃山型等八种类型(表 1)。

基于甘肃与火山岩有关的铜矿床(点)成矿时代多期次、成矿类型多样性, 以及空间上成群出现、分段集中等典型特征, 提出了 8 个找矿预测区(表 2)。

收稿日期: 2009-01-09; 修回日期: 2009-03-11

基金项目: 中国地质调查局项目(编码: 1212010660203)资助

作者简介: 杜玉良(1960-), 男, 2002 年毕业于中国地质大学(北京), 博士学位, 高级工程师(教授级), 从事区域地质矿产调查研究工作。

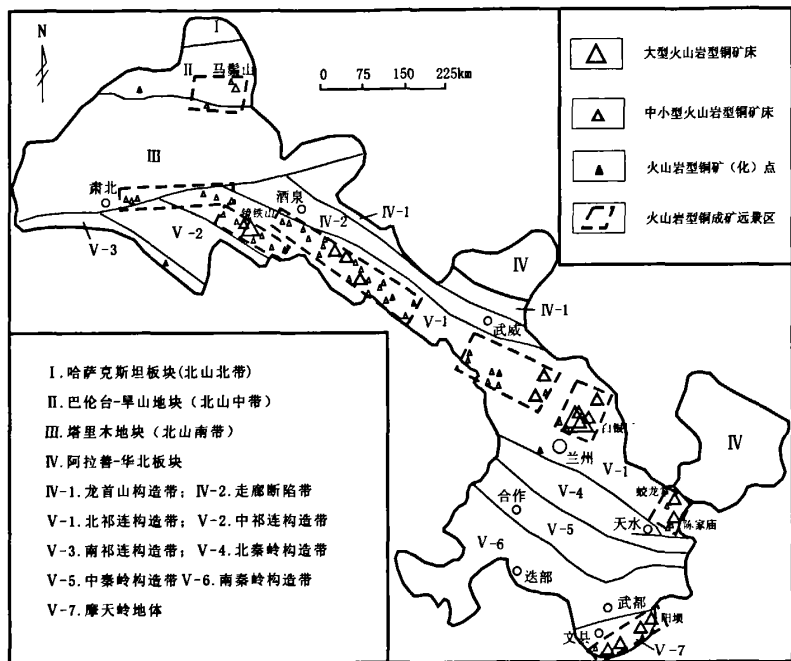


图 1 甘肃与火山岩有关铜矿分布及预测区示意图

Fig. 1 Sketch map showing distribution and prospective areas of copper deposits relative to volcanics in Gansu Province

3 勘查工作建议

3.1 突出重点区与成矿类型, 实现点上突破

依据上述预测区的成矿地质条件与资源潜力分析, 应重点开展一类预测区的找矿工作。在白银厂诸矿床及其外围矿床(点)与异常区, 大胆使用钻探工程, 沿主要矿体走向与深部延伸、控矿构造及矿化带等有利地段追踪探索, 攻深找盲; 外围的石青洞、二道湾和黑石山等地段, 应按照白银厂的找矿模式, 逐步开展检查验证工作。阳坝—筏子坝、错沟—九个泉预测区, 继续加强石居里、筏子坝等铜矿床主要矿体走向与延深方向追索工作; 选择开展矿床点集中分布区, 且在同一矿化带延伸、两个以上矿点相距较近(1~5 km 为宜)地段, 以含矿层、控矿构造和异常为纽带, 开展已知矿床(点)主要矿体相向追踪、连接的勘查方式, 扩大矿床(体)规模。如文县筏子坝-袁家山铜矿的连接, 康县阳坝-柯家沟-杜坝铜矿、吴家沟-铁炉沟铜矿的连接; 肃南石

居里铜矿区内主要矿体间的连接, 摆浪沟几个铜矿点之间的联系等。二、三类预测区, 应在重要矿床点走向与深部追踪的基础上, 加强矿点与矿点、矿点与异常的连接及检查验证工作。

“黑矿型”(白银厂)、“塞浦路斯型”(石居里)、“别子型”(筏子坝)等矿床类型, 是与火山岩有关铜矿主要的成矿类型, 也是甘肃的主攻类型。应树立在这些主要成矿类型发育地区寻找大矿的信心和勇气, 加大工作投入, 以打破甘肃与火山岩有关铜矿找矿多年“沉闷”与一些地区“只见星星, 不见月亮”的局面。

3.2 深入总结成矿规律, 拓宽勘查思路

按照与火山岩有关铜成矿理论与主要成矿规律, 进行重点选区等找矿战略部署; 结合矿床(体)发育规律与大型矿床形成条件研究, 采取合理的勘查战术。在以往工作基础上, 拓宽找矿思路, 积极探索与火山岩有关铜矿勘查的新路子。一是重视在铜矿化富集区开展构造系统调查与主要控矿因素

表 1 甘肃与火山岩有关的铜多金属矿床类型划分及主要特征对比

Tab. 1 The types of copper deposits relative to the volcanics and comparison of their characteristics in Gansu Province

| 矿床类型 | 地质环境与发育位置 | 成岩（矿）时代 | 含矿火山岩组合与矿床产出特征 | 成矿元素组合 | 矿床 |
|------|----------------------------|--------------------------------------|--|--|--------------------------|
| 白银厂型 | 裂谷-岛弧中的初始裂谷环境。北祁连山东段 | ϵ_{1-2} | 细碧岩-角斑岩-石英角斑岩组合；火山岩为中心式喷发，具双峰式典型特征。矿床产于古火山喷口或其附近、火山喷口斜坡 | $\text{Cu-Zn} \rightarrow \text{Zn-Pb-Cu} \rightarrow \text{Pb-Zn-Cu}$ | 白银厂折腰山、火焰山、铜厂沟、小铁山和四个圈矿床 |
| 石居里型 | 弧后盆地中的扩张脊。北祁连西段 | O_{1-2} O_{2-3} | 细碧岩组合，主要含矿岩石为枕状、块状基性熔岩和凝灰质熔岩。矿床地质模型为蘑菇状，蘑菇茎代表沿热液通道的柱状矿体，蘑菇伞代表在热液喷口周围海底展开的透镜状、似层状矿体，伞翼之下为基性火山岩，伞上常覆盖碧玉岩。含微细粒赤铁矿硅质岩（碧玉岩）与矿体有一定相伴关系 | Cu-Zn, Cu | 石居里、九个泉、猪嘴哩吧等矿床 |
| 蛟龙掌型 | 被动陆缘裂陷（谷）。北祁连东段 | O_3 | 细碧岩-角斑岩-石英角斑岩组合；具双峰式特征。矿床产于火山岩建造顶部沉积岩中。围岩蚀变范围广，具明显的分带性。平面上，由中心向边部蚀变由强变弱；垂向上，由浅而深，蚀变由强变弱 | Pb-Zn-Cu | 蛟龙掌铅锌铜矿床 |
| 孔雀山型 | 弧前陆缘裂谷。北祁连西段-阿尔金北段 | ϵ_{2-3} | 中基性火山岩、超基性岩侵入。铜（铁）矿体呈扁豆状，分布于超基性岩内及接触带上。王文广等认为该类矿床与日本波川别子型矿带相似 | Fe-Cu, Cu | 孔雀山、凤凰山矿点 |
| 镜铁山型 | 活动大陆边缘弧后裂谷盆地。北祁连西段 | Ch | 中基性、酸性火山岩。铁铜矿赋存于长城系中上部碎屑岩夹硅质岩、灰岩、火山碎屑岩层中。铜矿层分布在铁矿层下盘底板围岩中，形成上铁、中铜、下金三层结构的铁、铜、金三位一体的成矿模式。推测铁铜同源，为火山喷气-沉积型矿床，经过一定程度的后期改造 | Fe-Cu-Au | 镜铁山铁铜矿床 |
| 陈家庙型 | 活动陆缘裂谷。北祁连东段 | Ch | 变细碧角斑岩。含矿岩系的原岩为一套海相火山岩-正常沉积岩组合。矿体赋存于石英片岩、斜长角闪片岩与华力西期闪长岩、印支-燕山期花岗岩接触部位。具有含铜磁铁矿型与含铜黄铁矿型矿床过渡复合的特征。晚期中酸性岩浆活动对成矿元素的富集及矿体重新定位有一定的影响作用 | Fe-Cu | 陈家庙铁铜矿床 |
| 筏子坝型 | 火山岛弧和弧后盆地过渡带。扬子板块西北边缘碧口增生体 | Jx | 细碧岩-角斑岩-石英角斑岩组合。矿床产于蓟县纪火山岩系中，主要岩石类型为：细碧岩、细碧凝灰岩、石英角斑凝灰岩、凝灰质千枚岩和少量（含铜）磁（赤）铁石英岩。矿体主要赋存于绿色和浅色岩系过渡带的磁（赤）铁石英岩中，为海底火山喷气沉积产物。矿化类型主要有：含铜磁（赤）铁石英岩型、含铜黄铁矿型和含铜细碧凝灰岩型 | Cu-Zn | 阳坝、杜坝、筏子坝、白皂等铜矿床点 |
| 马鬃山型 | 弧后盆地。北山中带 | S_1 | 矿体产于安山岩和安山质凝灰岩中。矿体与围岩产状一致，均赋存于弱分异的爆发-沉积岩相内。矿石类型为斑铜矿和黄铜矿-闪锌矿两种。该矿床成因属于火山喷发沉积-岩浆热液叠加改造型矿床 | Cu-Fe-Cu-Zn | 马鬃山煤窑北铜矿 |

表2 与火山岩有关的铜矿找矿预测区

Tab.2 Prospective areas of copper deposits relative to the volcanics

| 预测区及类别 | 位置 | 预测依据与勘查方向 |
|---------------------|-----------------|--|
| 牛圈子—马鞍山预测区 (三类) | 北山中部马鞍山—通畅口一带 | 主要发育马鞍山型火山喷发沉积-岩浆热液叠加改造型矿床。其次有火山热液和岩浆热液铜矿。该区工作程度低。下志留统海相火山岩-沉积岩系中成矿元素 Cu、Pb、Zn、Ag 富集程度高, 构成一个较好的矿源层。已发现铜矿点、矿化点 20 余处。野马井—通畅口地区成矿条件有利, 具较大的找矿远景 |
| 照壁山—孔雀山预测区 (三类) | 阿尔金与祁连构造带交汇地段 | 发育别子型铜多金属矿。该区总体工作程度低。已发现孔雀山、凤凰山、大河坝、尕秀、三个泉等矿点。喷发岩与超基性侵入岩常常形影相随, 铜矿化多在超基性侵入岩中或接触带中。火山岩带断续长 100 多 km, 宽 10~20km。预测有远景的是孔雀山和凤凰山两地区 |
| 柳沟峡—九个青羊预测区 (二类) | 北祁连西段柳沟峡—九个青羊一带 | 已发现镜铁山铁铜矿床。矿化与下古生界海相火山岩及长城系火山沉积岩系关系密切。在吊大板沟—石油河脑及九个青羊—分水岭一带, 多形成以 Cu、Au 为主的多元素组合异常。类比镜铁山型找矿模式, 镜铁山、柳沟峡、九个青羊和古浪峡地区铜找矿潜力大。预测区内对该类型铜矿勘查工作程度极低, 有近 50 处铁矿值得进一步研究和勘查。铁含矿层位中岩相变化趋势等特征, 对扩大找铜线索、缩小靶区很有意义 |
| 错沟—石居里预测区 (一类) | 北祁连西段错沟—寺大隆一带 | 发育石居里型铜矿, 为北祁连西段成矿条件最好地区。铜矿床点达 60 余处, 铜异常成群出现、分段集中, 形成 5 个集中区。工作程度低。分南、北两个亚带; 北亚带长 120km, 沿错沟—石居里—桦木沟分布; 南亚带长约 70km, 沿大岔—寺大隆分布。石居里铜矿深部以及九个泉、摆浪沟、错沟等找矿前景好 |
| 天祝—景泰预测区 (二类) | 北祁连中段天祝—景泰县一带 | 白银厂型矿床找矿有利地区。主要含矿地层为中—上奥陶统火山岩系顶部的硅质岩夹凝灰质千枚岩、玄武岩。区内有猪咀哑吧、石青铜小型铜矿两处, 铜矿点、矿化点共 12 处。有远景的是老虎山和石青铜两个地区, 注意加强北东向构造与北西向构造带交汇部位找矿 |
| 白银矿田及外围预测区 (一类) | 北祁连东段白银矿田及外围 | 白银矿田以火山岩成矿为基础, 热液对循环成矿作用为中心, 寻找可能存在的新矿床。白银厂矿田内已知 5 个工业矿床及外围地区深部找矿前景大; 在火焰山东和铜厂沟—拉牌沟火山喷口寻找隐伏矿。外围的银铜沟、二道湾和黑石山地区, 应加强地物化遥异的检查验证 |
| 蛟龙掌—陈家庙预测区 (二类) | 北祁连东段蛟龙掌—清水县一带 | 陈家庙型铜矿成矿有利区。预测区北部蛟龙掌多金属矿为钻探检查磁异常所发现。该区除蛟龙掌外, 尚有铜多金属矿点 5 处; 区内尚有方家湾、槐树沟、范家堡等多处航磁异常、化探异常。其中槐树沟一带深穿透化探 Ag、Zu、Pb、Cu 综合异常优于蛟龙掌。蛟龙掌深部及近外围仍有较大的找矿潜力。南部陈家庙铁铜矿是磁法检查和钻探验证发现并进行评价的, 其外围有铜矿化点 4 处。开拓长城纪细碧角闪岩铁铜找矿; 北北东向构造及晚期岩浆活动对成矿的影响, 是该区找矿突破的切入点 |
| 阳坝—筏子坝预测区 (一类) | 杨子地块西北缘碧口—阳坝一带 | 筏子坝型铜矿找矿有利区。多为上世纪 60 年代发现的铜矿点, 仅阳坝铜矿进行过评价勘探。筏子坝铜矿主矿体深部延深达 360m, 走向和深部控制不够。白皂、冯家里、大山里等铜矿具一定找矿远景。预测区有两个富集区: 阳坝富集区有阳坝和杜坝小型铜矿 2 处, 矿点 4 处; 筏子坝富集区有筏子坝中型铜矿 1 处, 小型矿床 2 处, 矿点 5 处。找矿重点是矿床、点主要矿体走向延伸和深部控制 |

分析, 以寻找大型矿床为目标, 总体部署勘查工作。二是根据已知矿床(点)主要矿体发育和成矿元素富集特征, 注意加强矿床多期次、多作用、多类型叠加、复合成矿研究, 抓住主要控矿因素, 寻找富

集部位。尤其应加强祁连山、北山等地区中生代成矿作用以及印支—燕山期北北东向构造-岩浆热液活动对先期成矿的富集作用研究(杜玉良等, 2003; 毛景文等, 2005)。三是在与火山岩有关铜矿发育区,

加强铜多金属综合找矿,注意寻找斑岩型、矽卡岩型等其他类型矿产。

甘肃与火山岩有关铜矿勘查,不能局限于含矿火山岩层、岩相以及古火山构造方面。应加强晚期构造、岩浆活动与成矿作用对先期成矿的叠加、富集作用研究,摸清矿床形成与最终定位的主控因素。许多矿床主要矿体的分布与富铜矿石发育、异常展布方向等特征,能够给予我们在确定勘查思路与找矿方向等方面一些启示。例如:白银厂矿田及外围遥感影像所显示的北东向(线、环)构造、地球化学异常分布等特征(廖桂香等,2007),一定程度上揭示了多期次、多方向构造与岩浆活动复合的特点。筏子坝主要铜矿体沿片理化构造带分布,块状矿石中含有含铜基性侵入岩的角砾;矿体沿走向可能出现尖灭再现(侧现)。陈家庙铜铁矿的主要成矿元素及矿石矿物组合、主要铁铜矿体受北北东向断裂构造带控制,显示了晚期(印支—燕山期)构造与中酸性岩浆活动参与的特征,值得进一步工作中重视。石居里铜矿主要块状富矿体,沿北西、北北东向两组断裂交汇部位分布;阳坝铜矿主要矿体地表厚度仅几米,向深部突变为数十米,反映了断裂构造对矿体形成与最终定位的影响作用。这一系列成矿现象,可能揭示了晚期构造、岩浆活动与成矿作用对与火山岩有关铜多金属成矿的贡献。

3.3 合理开展物化探工作

物化探在铜多金属矿勘查中起着重要作用。要结合地质与成矿特征,针对性地开展;重视物化探对含矿构造、岩石等主要控矿因素与成矿间接条件的调查分析。化探应注意加强铜矿元素异常组合研究,特别是上晕元素组合、铜元素表生迁移特征分析等;对以往化探资料进行二次开发和系统分析,从中提取找矿信息。物探在与火山岩有关铜矿勘查中,要有针对性地选择激电、磁法、重力等方法或组合;隐伏矿体可选用瞬变电磁法、钻孔原生晕与井中物探、被动源电法等。条件艰苦地区,应选择地形影响小、易修正和工作效率高、勘查深度大的可控源音频大地电磁测深等方法。

参考文献 (References):

宋叔和.黄铁矿型多金属矿床——世界范围一些主要矿床类型对比和研究趋势[J].中国地质科学院矿床地质研

究所刊,1980,第3号:1-33.

夏林圻,等.北祁连山构造-火山岩岩浆-成矿动力学[M].北京:中国大地出版社.2001.

夏林圻,夏祖春,任有祥,等.祁连山及邻区火山作用与成矿[M].北京:地质出版社.1998.

成岗.白银厂黄铁矿型矿床的若干地质特征[J].地质与勘探.1980,(9).

边千韬.白银矿田地质构造及成矿模式[M].北京:地震出版社,1989.

郭介人,于浦生,贾群子,等.海相火山沉积岩区铁-铜-硫成矿系列及铁-铜型矿床[M].北京:地质出版社,1999.

宋学信,郭月敏,徐庆生,等.甘肃文县筏子坝铜矿床的稳定同位素地球化学特征[J].矿床地质,1998,17(增刊):779-782.

李向民,彭礼贵,等.甘肃白银矿田东部矿床成矿和找矿模式[M].北京:地质出版社,2000.

邱国柱,刘永丰.甘肃康县阳坝金钴铜矿床地质特征与成矿机制[J].秦巴金矿论文集,1993,147-161.

张翔,刘建宏等.北祁连成矿带地球化学块体含矿性评价[J].地质与勘探,2006,42(3):42-48.

杜玉良,汤中立,蔡克勤,等.秦岭—祁连山带印支—燕山期构造与大型—超大型矿床的形成关系[J].矿床地质,2003,22(1):65-71.

毛景文,谢桂青,张作衡,等.中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其地球动力学背景[J].岩石学报,2005,21(1):169-188.

廖桂香,王世称,许亚明,等.白银厂矿区及外围区域地质背景、地球化学异常特征及找矿潜力[J].地质与勘探,2007.42(23):42-48.

XIA L. Q., XIA Z. C., XU X. Y., YANG H. Q., LI Z. P., YANG J. G., Li W. Y., Zhao D. H., Song Z. B., Li X. M. and YU P. S. Structures volcanic magmas — metallogenic power theory of north Qilian [M]. China Univ. Geosci. Press. Beijing, 2001; 1-296 (in Chinese).

XIA L. Q., XIA Z. C., REN Y. X., Zuo G. C., Qiu J. X., Peng L. G., Wang D. W., Yang W. R., Wu J. R., XIA W. H., QIN G. J. and YU P. S. Volcanism and metallogenic of the Qilian Mountain and neighboring [M]. Geol. Pub. House. Beijing, 1998. 1-215 (in Chinese).

WU Jieren, YU Pusheng, JIA Qunzi. Iron-copper-sulfur metallogenic series and iron-copper type deposit in marine volcanic-sedimentary formation area [M]. Geological Publishing House, Beijing, 1999; 1-168 (in

- Chinese) .
- LI X. M., PENG L. G., HE Q., CAI C. L., and WANG X. A. Mineralization and ore-search model of Eastern deposit in Baiyin ore-field, Gansu Province [M] . Geol. Pub. House, Beijing, 2000; 96-134 (in Chinese)
- ZHANG Xiang, LIU Jian-hong, LI Zhi-heng, SU Jian-ping, WANG Xing. Ore-bearing potentials of geochemical blocks in North Qilian metallogenic belt[J]. *Geology and Prospecting*, 2006, 43 (2): 28-32 (in Chinese with English abstract) .
- DU Yuliang, TANG Zhonli, CAI Kebin, LI Wenyuan, ZHANG Tao. Relationship between Indosinian-Yanshanian tectonic framework and large-superlarge mineral deposits in Qinling-Qilian orogenic belt [J] . *Mineral deposits*, 2003, 22 (1): 65-71 (in Chinese with English abstract) .
- MAO J. W., XIE G. Q., ZHAN Z. H., et al. Mesozoic large-scale metallogenic pulses in North China and corresponding geodynamic settings [J] . *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21 (1) : 169-188 (in Chinese with English abstract) .
- LIAO Guixiang, WANG Shicheng, XU Yaming, LIU Jing. Geological setting, geochemical anomaly and prospecting potentiality in the Baiyinchang mine and outskirts, Gansu province [J] . *Geology and Prospecting*, 2007, 43 (2): 28-32 (in Chinese with English abstract) .

Prediction and Prospecting of Copper Deposits Relative to Volcanics in Gansu Province

DU Yu-liang¹, YIN Xian-ming², JIA Qun-zi¹, YIN Yong²

(1. *Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China;*

2. *Gansu Provincial Bureau of Geology and Minerals Development, Lanzhou 73000, China*))

Abstract: On the bases of previous geological literatures and achievements, the copper deposits relative to volcanics in Gansu Province are divided into 8 types; furthermore, 8 prospective areas for prospecting copper deposits relative to volcanics are circled out. It is supposed that prospecting copper deposits relative to volcanics should not be confined in volcanic strata and structures only, but the effect of late stage structures, magmatic hydro-thermal activities, and mineralization on pre-stacking, enrichment, and the final localization of deposits is of vital importance. Finally, the particular thoughts and propositions have been put forward for the newest turn of prospecting.

Key words: Gansu; copper deposits relative to volcanics; metallogenic prediction; prospecting direction