

四川省雷波县瓦岗磷矿地质特征 及矿床成因分析

李亮,张雄,邱光亮

(四川省冶金地质勘查局六〇六大队,成都 611730)

摘要: 四川省雷波县瓦岗磷矿位于川西南磷矿矿集区的南部,矿体赋存于下寒武统麦地坪组第二段,呈层状展布于瓦尼觉背斜两翼,含矿建造为硅质岩-碳酸岩-磷块岩,矿石结构构造为球状、团块状、条带状,文章通过对矿石和围岩地质特征研究,认为矿床形成于海湾潮下低能带的古地理环境,成因主要为富磷生物碎屑沉积聚集而成。

关键词: 瓦岗磷矿;地质特征;矿床成因;古地理环境;沉积相;四川省

中图分类号: P613;P619.213 **文献标识码:** A

0 引言

扬子陆块西南缘的川西南磷矿是我国重要的磷矿资源产地,目前已经发现了小沟、莫红、马颈子—牛牛寨、卡哈洛、巴姑等多个大、中型磷矿床^[1-4],而且具有很好的资源潜力^[5]。雷波瓦岗磷矿位于该矿集区的南部,成矿地质条件与上述磷矿床相似。本文通过对瓦岗磷矿的地质特征分析,探讨其矿床成因,为该矿床的地质勘查及外围找矿提供一定的借鉴。

1 区域地质概况

四川省雷波县瓦岗磷矿区处于上扬子台坳的凉山陷褶束之雷波穹褶束^[6],矿区位于汉源—甘洛断裂和峨边—金阳断裂所挟的区域中。区域地层属扬子地层分区的峨眉小区^[7],除缺失泥盆系、石炭系以外,从新元古界—中生界地层发育较为齐全。寒武系连续沉积于上震旦统灯影组之上,下寒武统麦地坪组的海相镁质碳酸盐岩建造的中部出现一套含磷

岩系,是区域重要的含磷层位。区域构造线为SN向,在此基础上发育一系列次级的NE向褶皱和断裂构造(图1),褶皱多为短轴背(向)斜,背斜相对紧密,向斜则较为宽缓,断裂以近SN向、NE向和NW向居多,也有部分近EW向局域性断裂出现,SN向断裂多平行展布于金沙江附近,为峨边—金阳大断裂的组成部分。区域磷矿体主要受背斜构造的控制,断裂构造往往对磷矿层造成破坏和改造。

2 矿区地质特征

2.1 地层岩性

瓦岗矿区出露地层主要有震旦系、寒武系、奥陶系、志留系等地层单元。新元古界上震旦统灯影组上段(Z_2dn^2)小面积分布于瓦尼觉背斜的核部,呈长条状NE向展布,未见底,岩性主要为中厚—巨厚层状灰—灰白色硅质条带白云岩、燧石条带白云岩、硅质白云岩;风化后岩石呈黄灰—灰白色,有刀砍状纹理。寒武系为一套滨海—浅海相碎屑岩及碳酸盐岩沉积,代表由海进到海退再至海进的沉积相旋回。根据岩性、岩相及化石组合,分为下统的麦地坪组(ϵ_1m)、筇竹寺组(ϵ_1q)、沧浪铺组(ϵ_1c)、龙王庙

收稿日期: 2018-08-22; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 李亮(1967—),男,高级工程师,主要从事地质矿产勘查与评价。通信地址:四川省成都市郫都区一里东街249号;邮政编码:611730;E-mail:376195022@qq.com

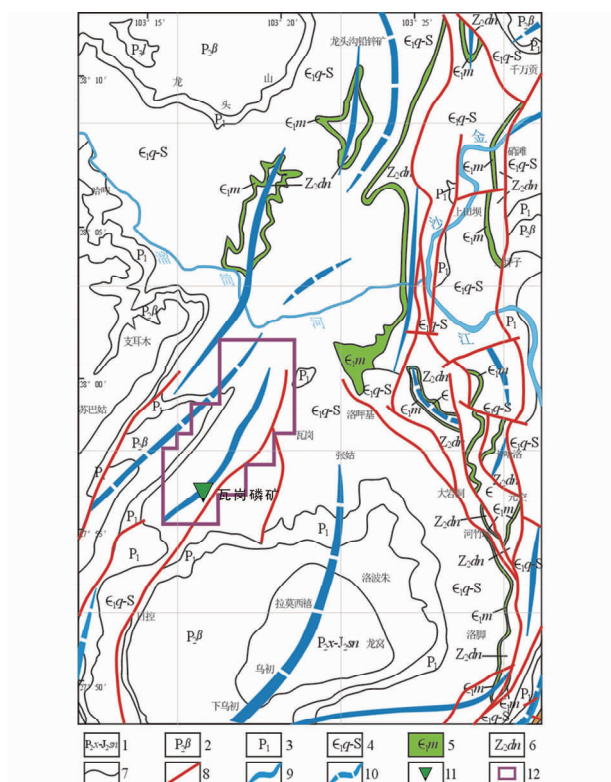


图1 雷波瓦岗磷矿区域地质略图

Fig. 1 Regional geological sketch of the Wagang phosphorus deposit

1. 上二叠统宣威组-中侏罗统遂宁组;
2. 上二叠统峨眉山玄武岩组; 3. 下二叠统;
4. 下寒武统筇竹寺组-志留系; 5. 下寒武统麦地坪组;
6. 上震旦统灯影组; 7. 地质界线; 8. 断裂;
9. 背斜轴; 10. 向斜轴; 11. 瓦岗磷矿; 12. 工作区

组($\epsilon_1 l$), 中统的陡坡寺组($\epsilon_2 d$)、西王庙组($\epsilon_2 x$), 上统的二道水组($\epsilon_3 e$); 其中的麦地坪组是区域昆阳式沉积型磷矿的赋存层位。奥陶系为浅海相碎屑岩及碳酸盐岩沉积; 志留系亦为浅海相碎屑岩及碳酸盐岩沉积。

2.2 构造

瓦岗磷矿区直接受控于瓦尼觉背斜, 背斜的东南翼被平行展布的金阳断裂和瓦尼沃断裂切割破坏, 断裂对磷矿层的产状产生一定的影响。

(1) 瓦尼觉背斜。背斜呈斜歪倾伏状斜贯矿区, 全长约 13 km; 背斜轴整体为 NE 向(图 2), 北部向北东倾伏, 倾伏角平均为 9° , 其中南段较平缓, 北段较陡, 北段最大倾伏角可达 $18^\circ \sim 21^\circ$; 受金阳断裂和瓦尼沃断裂的影响, 背斜南段轴面向 SEE 方向斜歪, 两翼地层倾斜呈不对称状, 往北逐渐过渡为对称背斜, 背斜西翼的地层倾角 $40^\circ \sim 58^\circ$, 东翼较陡为 $45^\circ \sim 75^\circ$ 。背斜扬起端轴部出露最老地层为上震旦

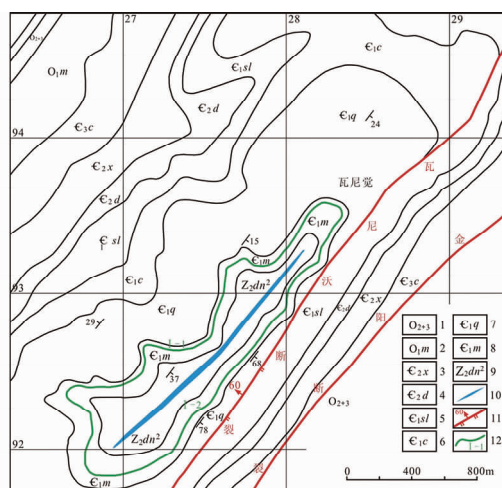


图2 瓦岗磷矿地质简图

Fig. 2 Simplified geological map of the Wagang phosphorus deposit

1. 中、上奥陶统并层; 2. 下奥陶统; 3. 中寒武统西王庙组;
4. 中寒武统陡坡寺组; 5. 下寒武统石龙洞组;
6. 下寒武统沧浪铺组; 7. 下寒武统筇竹寺组;
8. 下寒武统麦地坪组; 9. 上震旦统灯影组;
10. 背斜轴; 11. 逆断层; 12. 磷矿体及编号

统灯影组上段, 两翼地层分别为麦地坪组、筇竹寺组、沧浪铺组、龙王庙组、陡坡寺组、西王庙组、二道水组、湄潭组等, 东南的局部地段地层直立, 甚至出现倒转。

(2) 金阳断裂。断裂走向 NE—NNE, 倾向 NW, 倾角 $70^\circ \sim 80^\circ$, 为压性逆冲断层(图 2)。从工作区的东南侧通过, 出露长度约 14 km。断裂切割新元古界和寒武系等地层, 形成的断裂破碎带宽达 40 余米, 对地层的破坏较大, 由于强烈的挤压、揉皱作用, 地层的产状变化较大。

(3) 瓦尼沃断层。断层位于矿区的东南部, 金阳断裂西侧, 走向 NE 向, 倾向 W, 倾角 60° , 与金阳断裂呈小角度相交于矿区以南, 是金阳断裂的次级断裂, 断裂南段的断距较大, 向北断距逐渐变小, 直至达瓦以北断裂消失, 该断裂在矿区南部与金阳断裂共同作用, 导致 2 条断裂之间的地层产状发生倒转, 断层破碎带宽 4~10 m, 断裂面不明显, 断裂为高角度逆断层。

2.3 矿体地质特征

2.3.1 含磷层位特征

瓦岗矿区含磷层位为下寒武统麦地坪组($\epsilon_1 m$), 岩性以白云岩、磷块岩为主, 少量硅质岩(含燧石的条带或团块)。根据实测剖面测算, 矿区

麦地坪组地层厚度为 84.44 m,磷块岩分布于麦地坪组的中部,其上、下层位均为白云岩。含磷地层特征详述于下:

上覆:筇竹寺组($\in_1q$)灰黑色含砾砂岩,底部见一层 5~10 mm 厚的铁锰质古风化壳 0.71 m

-----假整合-----

麦地坪组三段($\in_1m^3$)

⑪深灰-灰黑色薄-中层状细晶白云岩 0.7 m

⑩深灰-灰黑色薄-中层状细晶白云岩,夹浑圆状砂岩结核 27.1 m

⑨灰黑-深灰色薄层状含磷砂状白云岩 7.1 m

麦地坪组二段($\in_1m^2$)

⑧灰-浅灰色中厚层状磷质白云岩 7.1 m

⑦灰黑色纹层状、条带状磷块岩夹浅灰色薄层状隐晶、粉晶白云岩 4.2 m

⑥黑色薄-中层状致密磷块岩 1.8 m

⑤灰黑色条带状、纹层状白云质磷块岩 9.7 m

④灰-深灰色薄层状、条带状含硅质条带磷质白云岩,局部见磷质团块 1.6 m

麦地坪组一段($\in_1m^1$)

③浅灰-灰色薄层状燧石条带白云岩 17.1 m

②浅灰-紫红色薄层状含燧石条带铁质白云岩 2.1 m

①灰白色中厚层状燧石条带微晶-隐晶白云岩 5.9 m

-----整合-----

下伏:上震旦统灯影组二段(Z_bdn^2)浅灰色巨厚层状细晶-粉晶硅石白云岩 >50 m

2.3.2 矿体(层)特征

矿区磷矿层地表出露于瓦尼觉背斜翼部的麦地坪组中,平面上呈 NE 向延长的环状条带状展布,长轴方向长 2.28 km。沿磷矿层地表露头线与褶皱轴线相交的位置,将磷矿层划分为 I-1 矿体和 I-2 矿体(见图 2)。

(1) I-1 矿体。I-1 矿体位于背斜和北西翼,矿体露头线长度达 3.02 km,出露最高标高 2 340 m,最低标高 2 095 m,相对高差 245 m;矿体呈层状产出,走向长度为 2.25 km;由于距褶皱轴线较近,所以矿体产状平缓,局部为水平产状,深部的产状变化有待进一步的查证;矿体厚度 5.69~11.44 m,平均厚度 7.65 m;矿石品位 $w(P_2O_5) = 12.28\% \sim 26.58\%$,平均 17.06%;酸不溶物含量 5.33%~33.85%,平均 16.92%。

(2) I-2 矿体。I-2 矿体位于背斜的南东翼,露头线长 2.57 km,出露最高标高 2 265 m,最低标高 1 890 m,相对高差 375 m。矿体呈层状,走向长度为 2.28 km,矿体倾向 125°,矿体倾角由西向东逐渐变陡(19°~76°),在瓦尼沃断层附近矿体近于直立;矿体厚度 4.98~11.44 m,平均厚度 7.01 m;矿石品位 $w(P_2O_5) = 12.28\% \sim 28.09\%$,平均 17.36%;酸不溶物含量 5.18%~33.85%,平均 18.07%。

2.3.3 矿体(层)结构、顶底板特征及对比

矿区磷矿层以其中部夹磷质白云岩、含磷硅质白云岩为标志层,可将磷矿层划分为上、下 2 个分层,具有双层结构,上、下分层之间有一层夹石隔开,这一特点与区域上同类型磷矿床是类似的。根据矿体的这个特点并结合矿石结构构造特征等进行矿层的对比划分(图 3)。

(1) 下分层。在矿区内层位比较稳定,以暗灰色、深灰色薄层状、条带状、纹层状磷块岩为主,厚度 2.52~5.20 m。

(2) 中部夹石。主要为浅灰-深灰色硅质白云岩、砂屑白云岩、磷质白云岩等,厚度 0~3.9 m 不等。

(3) 上分层。层位最为稳定,以薄-中厚层状砂

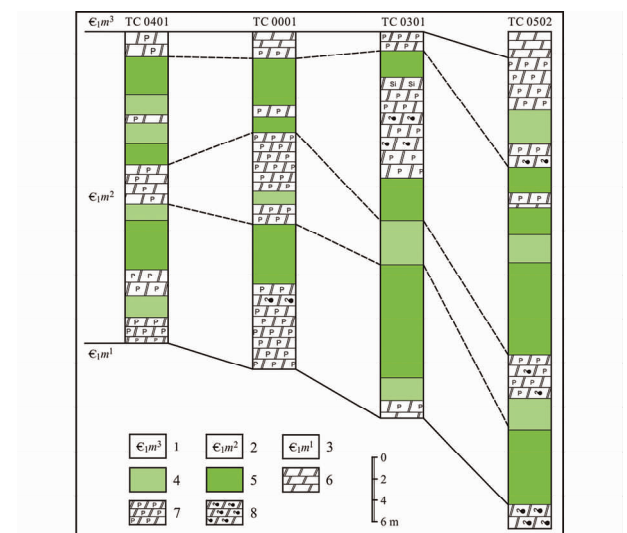


图 3 I-2 磷矿体槽探揭露柱状对比图

Fig. 3 Trenching exposed columns of phosphorus ore body I-2

1. 下寒武统麦地坪组三段; 2. 下寒武统麦地坪组二段;
3. 下寒武统麦地坪组一段; 4. 磷块岩 $w(P_2O_5) = 12\% \sim 15\%$;
5. 磷块岩 $w(P_2O_5) > 15\%$; 6. 白云岩;
7. 磷质白云岩; 8. 燧石条带白云岩

屑磷块岩为主,夹纹层状(条带状)白云质磷块岩,厚度 2.42~6.36 m。

矿石矿物(磷酸盐矿物)主要为胶磷矿,胶磷矿多呈团粒状、鲕状、砂屑状等集合体分布于岩石之中;脉石矿物主要为白云石、方解石、硅质等,硅质物与磷的含量通常呈反相关关系。

磷矿石结构以隐晶质结构、砂屑结构为主,次为鲕粒结构、胶状结构等;矿石构造有致密块状构造(图 4a)、条带状(纹层状)构造(图 4b)、后生溶蚀(多孔)构造等,其中以条带状(纹层状)构造较为多见。

3 矿床成因探讨

3.1 沉积古地理及沉积相

早震旦世,海侵的范围仅涉及湘黔和川东等地,西昌—滇中地区仍为陆相沉积,沉积了澄江砂岩、陆相火山岩和碎屑岩。到了晚震旦世,海侵向西昌—滇中方向扩展,在川滇古岛链以东、川中浅水台地以西的滇东北—川西南地区形成呈近 SN 向的滨岸—近岸浅海区;在长 650 km,宽 150 km 的浅海区中,出现了多个三面局限,仅东南方与广海相连的、较为封闭的海湾^[8],构成上扬子海中最主要的聚磷盆地,在川西南地区出现了马边、雷波、会东等沉降中心,瓦岗磷矿区位于雷波沉降中心^[9](图 5)。

寒武世初,在上震旦统灯影组之上连续沉积了下寒武统麦地坪组一段的浅灰、紫红色薄层状含燧石条带铁质白云岩、灰白色中厚层状燧石条带微晶—隐晶白云岩,显示潮间—潮上带的低能氧化环境;硅质岩主要分布于沉积拗陷区,多产于磷块岩的下部,成层性好,与磷块岩、白云岩密切共生^[10],通常含硅质(燧石条带)白云岩位于麦地坪组的底部。

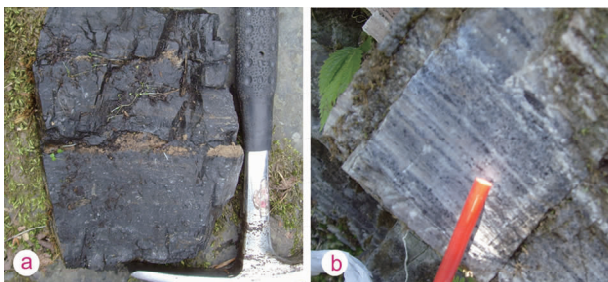


图 4 磷矿石的矿石构造照片

Fig. 4 Photo showing phosphorus ore

a. 块状构造; b. 条带状(纹层状)构造

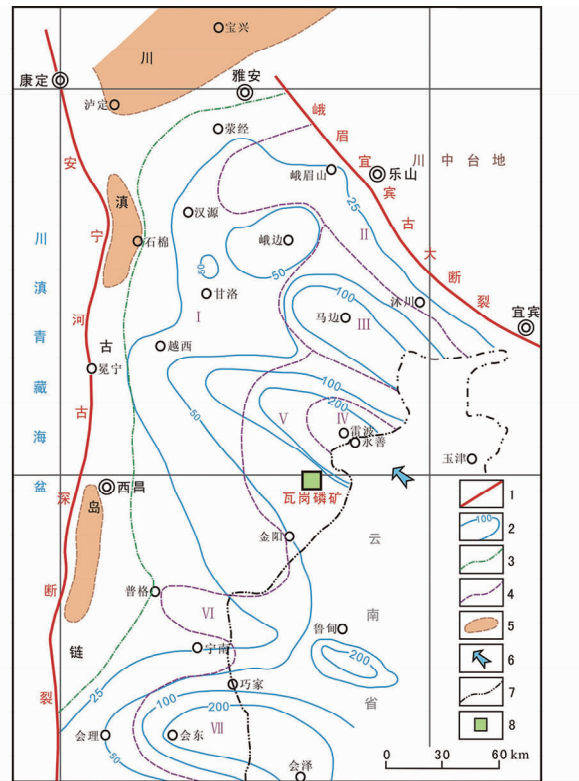


图 5 雷波瓦岗磷矿岩相古地理图^[9]

Fig. 5 Lithofacies and palaeogeographic map of Wagang phosphorus deposit

1. 断裂; 2. 沉积等厚线; 3. 麦地坪组分界线; 4. 沉积相区界线;
5. 水下高地; 6. 海侵方向; 7. 省界; 8. 矿区位置
- I. 石棉—会理潮上泥坪; II. 峨眉潮间坪;
- III. 马边局限潮下浅滩; IV. 雷边海湾;
- V. 雷波—牛牛寨潮下浅滩; VI. 普格潮间坪;
- VII. 会东潮间沙坝

随着海侵的加剧,在隐晶质白云岩之上分布有深灰—黑色燧石,黑色薄层—中厚层状含硅质碳质的胶磷矿,胶磷矿呈团粒状、鲕状、砂屑状集合体,分布于岩石之中;脉石矿物主要为白云石、方解石、硅质,矿石中的硅质物与磷的含量多呈反相关关系;矿石结构以隐晶质结构、砂屑结构为主,次为鲕粒结构、胶状结构;矿石构造以条带状(纹层状)构造为主,以及致密块状构造、后生溶蚀(多孔)构造。磷矿层为浅海—滨海相胶体生物(化学)沉积显示潮下带的低能还原环境。

在磷矿层之上,沉积了深灰—灰黑色薄层—中层状细晶白云岩,夹有浑圆状砂岩结核、灰黑—深灰色薄层状含磷砂状白云岩,显示出区内仍处于潮下带低能还原环境。

3.2 矿床成因分析

寒武纪初,川滇古岛链东侧至川中极浅水台之

间,形成了多个浅海海湾,海湾三面为水下隆起环绕,仅南东方向面临广海,海水入侵时会正面接受洋流,物质来源非常丰富;另外,在上升洋流的驱动下,西部川西青藏高原槽的富磷质海水会越过川滇古岛链之间的缺口部位(即陆缘坳^[11])进入川西南的浅海海湾区,多来源的富磷海水在海洋边缘的海湾水下浅滩部位不断聚集。

越来越多,在海水压力下降时,大量的二氧化碳溢出海面,或者形成沉淀成为碳酸盐岩,当磷酸盐到了饱和或者过饱和状态,中谊村期陆缘近岸区域发生沉积,同时在。

海洋化学的资料表明^[12],海水中磷的浓度很低,一般不超过 70×10^{-9} ,处于不饱和状态,以无机方式在海水中聚集磷质是难以实现的。研究证实^[12-15],磷的原始物源是含磷的陆源碎屑和富磷的海洋生物。菌藻可以大量吸收海水中的磷质^[15],富磷的生物尸体碎屑和含磷陆源碎屑构成海底淤泥,在沉积-成岩过程中通过生物氧化还原反应,大量的磷质从有机残体和陆源碎屑中溶解出来进入到孔隙水中,经过与海水的不断交换,形成富二氧化碳、富磷酸盐的海水在海湾内循环流动,随着水压的减小,水温的升高,造成 CO_2 的大量逸出,pH 值升高;在水体震荡分选作用、固结作用、磷酸盐交代、次生富集作用的联合作用之下,发生磷矿的沉积。原生的胶磷矿多呈球粒状、内砂屑状,凝胶状胶磷矿多呈鲕粒的同心壳圈或作胶结物^[15];磷块岩为黑-灰黑色,磷质颗粒均一、细小,为粉砂状,粒径约为 0.05 mm;胶磷矿和隧石平行排布,形成细纹层状,显示潮下带的低能静水环境标志^[16]。

参考文献:

- [1] 赵伟,陈敏,唐茂林,等. 四川雷波县小沟磷矿床地质特征及成因[J]. 四川地质学报, 2015, 35(3): 399-403.
- [2] 郭谢君. 雷波莫红磷矿床特征及成因浅析[J]. 四川地质学报, 2013, 33(3): 276-281.
- [3] 欧荣平. 四川雷波马颈子—牛牛寨地区磷矿床地质特征及找矿远景[J]. 四川地质学报, 2012, 32(1): 16-19.
- [4] 曾毅夫,何永建,曾祥贵,等. 四川雷波巴姑磷矿地质特征及找矿前景分析[J]. 四川地质学报, 2013, 33(1): 78-81.
- [5] 夏学惠,袁俊宏,杜家海,等. 中国沉积磷矿分布特征及资源潜力[J]. 武汉工程大学学报, 2011, 33(2): 6-11.
- [6] 四川地质矿产厅. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社, 1989.
- [7] 辜学达,刘啸虎. 四川省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1997.
- [8] 王崇武,朱隆光,阙竟成,等. 扬子西区早寒武世磷块岩矿床形成的地质背景[J]. 云南地质, 1985(1): 35-60.
- [9] 黎治忠. 四川省马边县老河坝磷矿矿区地质特征及矿床成因探讨[J]. 中国西部科技, 2010, 9(2): 11-14+17.
- [10] 陈志明,陈其英. 扬子地台早寒武世梅树村早期的古地理及其磷块岩展布特征[J]. 地质科学, 1987(3): 246-257.
- [11] 东野脉兴. 上升洋流与陆缘坳[J]. 化工矿产地质, 1996, 18(3): 156-162.
- [12] 邓小林,姚超美,王吉平,等. 扬子地区磷矿成矿规律[J]. 化工矿产地质, 2009, 31(1): 1-12.
- [13] 东野脉兴. 海相磷块岩成因理论的沿革与发展趋势[J]. 化工矿产地质, 1992(3): 3-7.
- [14] 曾允孚,沈丽娟,何廷贵. 滇东磷块岩的沉积环境和成矿机理[J]. 矿物岩石, 1989(2): 45-59.
- [15] 曾允孚,张世山. 滇东下寒武统生物磷块岩的形成机制[J]. 矿物岩石, 1993(2): 49-56.
- [16] 许善任,谭喜生,郭嘉文,等. 滇东寒武纪早期磷块岩的沉积相[J]. 云南地质, 1983(3): 200-209.

Geological characteristics and genesis of the Wagang phosphorus deposit in Leibo county, Sichuan province

LI Liang, ZHANG Xiong, QIU Guangliang

(Exploration Team 606 of Sichuan Metallurgical & Geological Exploration Bureau, Chengdu 611730, China)

Abstract: The phosphate deposit is located in the southern part of phosphorus ore deposit-clustered area in the west Sichuan province. Ore bodies occur in 2nd member of Lower Cambrian Maidiping formation as layers at two limbs of Waijue anticline. Siliceous rock-carbonate rock-phosphate rock is the ore-bearing formation. The ore is in spherical, clumps, banded structure. We studied geological characteristics of the country rock and considered that the deposit is formed under subtidal low energy zone environment by accumulation phosphorus-rich biofragments.

Key Words: Wagang phosphorus deposit; geological characteristics; deposit genesis; paleogeographic environment; sedimentary facies; Sichuan province