地质与矿产

山东平度刘戈庄石墨矿地质特征及找矿标志

颜玲亚[1]，陈军元[2]，杜华中[1]，孙淑贤[1]，周雯[1]

（1. 中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队，山东 济南　250100；2. 中国建筑材料工业地质勘查中心，北京　100035）

摘要：刘戈庄石墨矿为赋存于古元古代荆山群陡崖组徐村段含石墨变质岩系地层中的沉积变质型矿床，严格受地层层位控制，含矿岩性为石墨黑云斜长片麻岩、石墨透辉变粒岩、石墨透闪透灰岩，变质相达麻粒岩相，经历多期区域变质作用形成。该文采用最新成矿理论，对典型矿床的构造背景、物质来源进行了研究，确定了刘戈庄石墨矿矿床成矿模式，对利用该模式进行石墨矿成矿预具有一定的指导意义。

关键词：石墨矿；地质特征；成矿模式；刘戈庄；山东平度

中图分类号：P619.252　　文献标识码：A

2010 年，为完成山东省地质调查院下达的《山东省石墨矿矿产资源潜力评价》，任务书编号：资[2008-01-15]，笔者系统地研究了平度市刘戈庄石墨矿典型矿床，山东省石墨矿成矿规律，进行了山东省石墨矿成矿远景预测。通过对刘戈庄石墨矿典型矿床研究，采用最新的成矿理论，最新研究成果，对原有地质资料进行重新梳理，对成矿层位进行重新厘定，对典型矿床的构造背景、物质来源、成因机制等进行研究，确定了刘戈庄石墨矿矿床成矿要素和成矿模式，对利用刘戈庄石墨矿成矿模式进行石墨矿产成矿预测和找矿具有一定的指导意义①。

1　矿区地质概况

刘戈庄石墨矿区位于平度市城西北 27 km 处，行政区划隶属于平度市官庄乡。

大地构造位置属华北板块（Ⅰ）胶辽古陆块（Ⅱ）胶东裂谷（Ⅲ）胶北陆缘活动带（Ⅳ）莱州-明村残存古裂谷（Ⅴ）之栖霞复背斜的南翼西段。区内广泛出露古元古代荆山群野头组和陡崖组变质地层。陡崖组与野头组呈整合接触。褶皱构造较发育，有刘戈庄向斜和南坦坡背斜，为轴向 NE 的短轴倾没褶皱。断裂构造有 NE 向和 NW 向两组。NE 向与地层走向一致，是控矿构造，多具压性特征。NW 向为成矿后构造，断距达 800 m，对矿层起破坏作用。岩浆岩不发育，仅在矿区西部的水桃林片岩段发现少量的石英脉和伟晶岩脉。

石墨矿产于荆山群陡崖组徐村段，其岩性为石墨黑云斜长片麻岩、石墨透闪透辉岩、混合质石墨黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、蛇纹透辉大理岩。含矿岩性层厚度 124.02～437.85 m。由于受 NW 和近 SN 断裂（多为正断层）影响，地层沿 NE 方向被切成 4 块。

2　矿床地质特征

2.1　矿层特征

刘戈庄石墨矿为一大型矿床。矿区有 4 个含矿带、11 个含矿层，赋存 29 个石墨矿体。矿体均产于陡崖组徐村段，矿层地表形态及特征见图 1。

第Ⅱ含矿带规模最大，位于刘戈庄向斜南翼，产于陡崖组徐村段中部，由含石墨岩石组成，岩性为石墨黑云斜长片麻岩、石墨透闪透辉岩和混合质石墨黑云斜长片麻岩。在向斜转折端，石墨矿层厚度增大。Ⅱ-1 矿层是主矿层（图 2），规模大，地表分布于 F9 和 F11 断裂之间，中间被 F10，F16，F17 切割成 4 段。矿层呈层状，长度 2 454 m，控制最大斜深 420

*收稿日期：2011-09-22；修订日期：2012-01-05；编辑：曹丽丽

作者简介：颜玲亚（1968—），女，河北曲阳人，工程师，主要从事非金属资源潜力评价；E-mail：tontru-yan@sohu.com。

①中国建筑材料工业地质勘查中心山东总队，山东省石墨矿潜力评价成果报告，2010 年。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

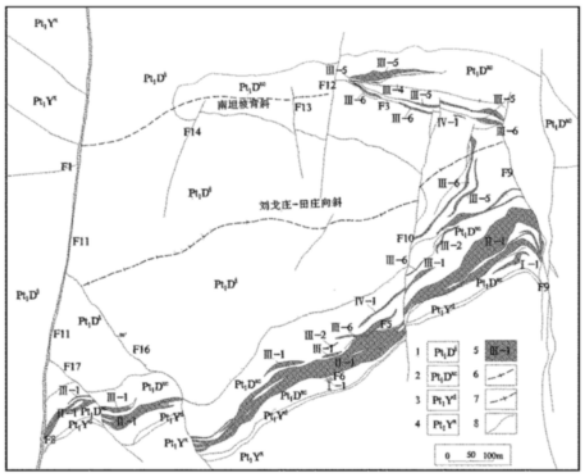


图 1　平度刘戈庄石墨矿床地质简图

1—陡崖组水桃林段；2—陡崖组徐村段；3—野头组定国寺段；4—野头组祥山段；5—石墨矿带-矿层及编号；6—向斜；7—背斜；8—断层

m，厚度 15～72 m，平均 43 m，变化系数 38%，为厚度变化很小的矿层，具有东厚西薄、东部完整西部夹石较多的特点。矿层产状和地层一致，总体走向 55°，倾向 NW，倾角 35°～55°。其余矿层多为透镜状、扁豆状，沿走向长几十米至 300 m，斜深 30～180 m，厚度 4～40 m，倾角 30°～65°①。

矿层围岩为徐村段斜长角闪岩，直接顶、底板往往为含石墨黑云斜长片麻岩或石墨透闪透辉岩，厚度数米至十余米，与矿层呈渐变过渡关系。

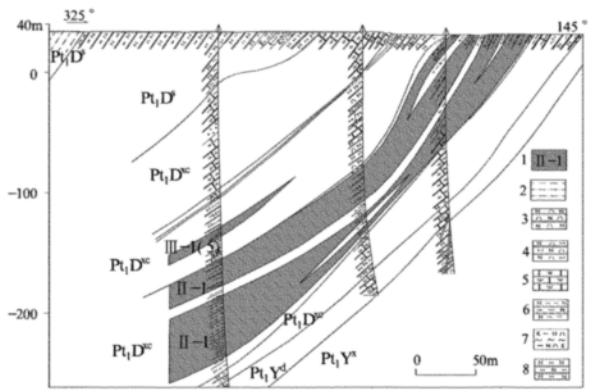


图 2　山东省平度市刘戈庄矿区 8 勘探线剖面图

1—石墨矿体及编号；2—黑云变粒岩；3—斜长角闪岩；4—透辉斜长角闪岩；5—蛇纹大理岩；6—石墨黑云斜长片麻岩；7—斜长角闪混合岩；8—长石石英岩

2.2　矿石特征

2.2.1　矿石类型

刘戈庄石墨矿为晶质石墨矿石，以片麻状、鳞片浸染状矿石为主，极少数为块状、斑点状构造。

片麻状、鳞片浸染状矿石几乎占矿区资源储量的全部，主要可分为以下 3 种自然类型：

(1)透闪透辉岩型石墨矿石

为主要矿石类型，约占矿区总资源储量的 80%。

矿石为鳞片柱粒状变晶结构，少数为鳞片纤维状变晶结构，鳞片浸染状、片麻状构造。矿物成分：透辉石 10%～50%，透闪石 10%～50%，局部被后期碳酸盐岩矿物交代；斜长石 5%～30%，多为中长石，常被绢云母交代；黑云母 5%～10%；石墨 7%～12%，多为单体，分散分布，少数呈集合体；金属矿物以磁黄铁矿为主，次为黄铁矿，少量磁铁矿、黄铜矿、白铁矿等。副矿物为锆石、磷灰石。

石墨赋存状态在各类矿石中有所差异。斜长透辉岩型、透闪透辉岩型及透辉变粒岩型矿石中，石墨多呈细小鳞片分布于透辉石、透闪石的边缘，少数在透辉石中呈包体。石墨鳞片多在 0.5 mm 以下。黑云斜长片麻岩型矿石，石墨多与黑云母连生或间叠，石墨鳞片直径 0.5～1 mm。

(2)混合质片麻岩型石墨矿石

主要发育在Ⅱ-1 矿层底部，深部变薄或尖灭。此类矿石约占矿区总资源储量的 15%～17%。

矿石为鳞片花岗变晶结构，片麻状、条带状、眼球状构造。矿物成分：斜长石 20%，为更-中长石、中拉长石，有的被钾长石交代，普遍被绢云母或后期碳酸盐岩矿物交代；石英 20%，粒状，多呈残留体、条状集合体；黑云母 10%；石墨 8%～15%，多与黑云母间叠出现，有的石墨晶体间隙有碳酸盐岩或金属矿物，极少量石墨分布于长石、石英之间。石墨晶体平直，少数弯曲。

脉体以微斜长石为主，约 20%～40%，呈条纹状。在微斜长石脉体边缘，石墨鳞片明显增大。金属矿物以磁黄铁矿、黄铁矿为主，含少量磁铁矿、钛铁矿、黄铜矿。副矿物为锆石、磷灰石、榍石等。

(3)碎裂岩型石墨矿石

主要沿走向断裂带、层间挤压构造带分布。此

① 山东省第四地质队，山东省平度市刘戈庄石墨矿初步勘探地质报告，1982 年。

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

类矿石较多是碎裂岩，具有不同程度的压碎，一般原岩成分及结构保留较清楚，石墨鳞片呈弯曲状，局部碾成粉末。在应力集中的断裂面附近，出现糜梭岩、千糜岩，其中石墨大都变为隐晶质粉末，无工业意义。该类矿石仅占矿区资源储量的 3%左右。

2.2.2　矿石化学成分

石墨矿石中固定碳含量一般为 2.5%～6.5%，最高 7.93%。Ⅱ-1 矿层平均品位为 3.34%，变化系数 28%，具有东富西贫、浅富深贫的特征。轻微混合岩化品位增高，强烈混合岩化品位降低。原生石墨矿石中，硫含量一般 2%～5%，最高 6.85%。Ⅱ-1 矿层勘探地段，硫含量 2.83%。含硫矿物中，磁黄铁矿占 60%，黄铁矿占 40%，多沿片理呈不规则脉状或团块状分布，局部可见磁黄铁矿沿石墨解理裂隙充填交代。矿石中 TiO_2 含量一般 0.50%～0.70%，个别样品＞1%。矿石中亲硫元素(Cu，Mo，Pb，Zn)总量与固定碳含量呈正相相关关系，相关系数 0.994。矿石主要化学成分见表 1。

表 1　矿石主要化学成分

矿石类型		化学成分(%)												
		MnO	TiO_2	P_2O_5	S	SiO_2	Fe_2O_3	FeO	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	Ae_2O_3	烧失量	固定碳
透闪透辉岩型	风化	0.01	0.64	0.04	0.08	53.26	5.52	0.43	4.87	4.57	2.07	2.84	14.74	10.67	2.09
	原生	0.02	0.50	0.07	3.53	54.09	4.10	4.14	7.16	6.37	1.97	2.17	11.55	7.30	3.99
混合质片麻岩型	风化	0.04	0.69	0.05	0.19	62.8	13.06	0.52	0.8	82.23	1.67	3.69	15.54	8.74	6.64
	原生	0.04	0.78	0.08	2.36	58.49	3.72	3.48	3.46	3.37	1.81	4.34	14.8	15.09	6.20

3　刘戈庄石墨矿成矿要素特征

刘戈庄石墨矿成矿要素依据矿床的地质环境和矿床特征 2 大要素进行划分。地质环境要素又细分成矿时代、成矿层位、岩石类型、岩石结构、构造背景、成矿环境 6 类；矿床特征要素又细分矿物组合、结构构造、混合岩化作用、体积含矿率及控矿构造 5 类，共划分 11 类。

3.1　地质环境

成矿时代：古元古代(1 800～2 050 Ma)。

成矿层位：荆山群陡崖组徐村段，严格受地层层位控制。

岩石类型：与成矿有关的岩性为蛇纹大理岩、斜长角闪岩、石墨黑云斜长片麻岩、石墨透辉变粒岩、石墨透闪透灰岩。

岩石结构：柱粒状变晶结构、鳞片变晶结构、镶嵌变晶结构。

构造背景：华北陆块(Ⅰ)、胶辽古陆块(Ⅱ)、胶东裂谷(Ⅲ)、胶北陆源活动块(Ⅳ)、莱州-明村残存古裂谷(Ⅴ)。

成矿环境：华北陆块与扬子陆块碰撞后，在华北陆块南缘形成拗拉槽或被动大陆边缘海盆，在半稳定构造条件下，形成了含高碳、铝为特征的陆源碎屑-富镁碳酸盐岩陆棚滨浅海沉积建造，局部层位夹基性火山岩和硅铁质岩。经中高温区域变质后，达到角闪麻粒岩相-高角闪岩相，形成了古元古代荆山群含石墨变粒岩-片麻岩沉积建造中成为孔兹岩系石墨矿床。

3.2　矿床特征

矿物组合：石墨、透辉石、透闪石、斜长石、黑云母。

结构构造：粒状、交代、填隙、包含结构；条带状、角砾状、脉状、浸染状、团块状构造。

混合岩化作用：沉积变质型石墨矿混合岩化作用明显，混合岩化作用使石墨鳞片变大。

体积含矿率：刘戈庄石墨矿体积含矿为 0.052 63。

控矿构造：刘戈庄-田庄向斜为刘戈庄石墨矿主要控矿构造，矿层产于向斜的南翼及转折端。

4　矿床成因及成矿模式分析

4.1　原岩建造

该矿床发现含石墨云母硅线石榴黑云斜长片麻岩，这种富铝的硅线石往往是粘土岩的重要标志。主矿层含石榴斜长角闪岩，其层位稳定，厚度变化大，斜长角闪岩是基性喷出岩流的特征；第四含矿带

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

顶部为厚层蛇纹石大理岩，底部含多层透镜状大理岩，大理岩为碳酸盐岩变质而成。由以上特征推断，其原岩建造为含碳质粘土岩-中基性火山岩-碳酸盐岩建造。

4.2　区域变质作用

据研究，含有相当数量的有机物质的泥沙质沉积岩，只有在变质作用过程中，岩石中的有机物质遭受一系列的分解反应，才能导致晶质石墨的产生[4]。含碳质粘土岩沉积建造经受区域变质作用的改造，在强烈的热力和定向压力下形成基底褶皱构造，使富碳质粘土岩沉积建造产生分解形成石墨，达到高角闪岩相-麻粒岩相变质，重结晶和片理化使鳞片状石墨矿产生并富集，形成工业矿体。几乎所有工业矿床都出自变质作用或内生作用，但以前者工业价值最大。

4.3　含矿变质建造

石墨矿含矿变质建造为斜长角闪岩-石黑云母片麻岩-透闪透辉岩-大理岩变质建造。

4.4　成因成矿模式分析

刘戈庄石墨矿形成于古元古代。古元古代长期剥蚀的胶北古陆边缘，处于相对稳定的滨海—浅海环境，温暖湿润的气候条件，使原始生物大量繁衍，为原岩沉积提供了有机质[5]；海底基性火山喷发携带 CO_2 亦产生部分碳质。由于后期盆地闭合作用，受 NNW—SSE 向的强烈挤压，形成具有格架性质的轴向 NEE 的多期褶皱构造，大多经历了角闪岩相-角闪麻粒岩相的中高级变质作用，同步伴随区域动热变质作用，使岩石中的有机质产生一系列的分解反应，原岩中的碳质成为粒径较大的鳞片晶质石墨，逐渐富集而形成矿层。综上所述，刘戈庄石墨矿是沉积变质型石墨矿。刘戈庄石墨矿成矿成因模式见图 3。

5　找矿标志

(1)陡崖组徐村段是赋存石墨矿的主要层位。徐村段中部两层大理岩之间的石墨透闪透辉石、石墨黑云斜长片麻岩-斜长角闪岩组合是石墨矿层赋存的主要场所，因此，石墨透闪透辉岩、石墨黑云斜长片麻岩可作为石墨矿的直接找矿标志。

(2)石墨含矿带多半分布在区域性褶皱构造的翼部及其转折端附近。

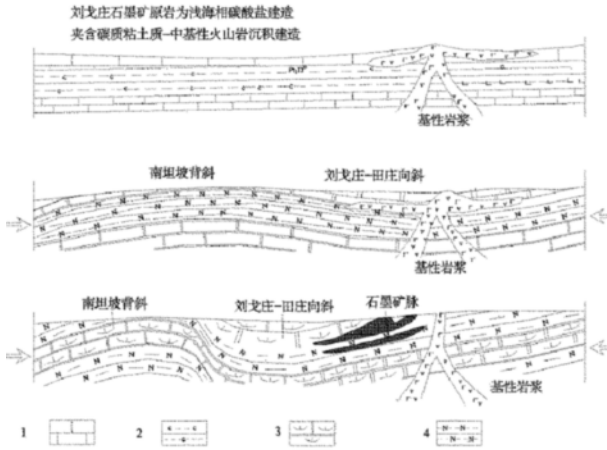


图 3　刘戈庄石墨矿成因成矿模式图

(根据刘戈庄石墨矿地质报告编制)

1—碳酸盐岩；2—含碳质粘土岩；3—蛇纹石大理岩；4—斜长角闪岩

(3)石墨是良导体，激电异常往往与石墨地层相吻合，异常强度在一定程度上反映石墨含量的多少，电法测量对石墨矿普查找矿是极有效的方法。

6　结语

刘戈庄石墨矿为沉积变质型石墨矿，位于胶西北金、石墨、滑石、菱镁矿成矿亚带(Ⅳ-1)平度石墨成矿区中，区域成矿条件稳定。成矿时代为古元古代，成矿层位为古元古代荆山群陡崖组徐村段，原岩建造为基型火山岩-碳质粘土岩-碳酸盐岩建造，含矿变质建造为斜长角闪岩-石黑云母片麻岩-透闪透辉岩-大理岩变质建造，变质程度达高角闪岩相-麻粒岩相。含石墨岩层多半以层状、似层状、透镜状分布于褶皱构造翼部及转折端。

参考文献：

[1] 张增奇，刘明渭，宋志勇，等. 山东省岩石地层[M]. 武汉：中国地质大学出版社，1996.

[2] 刘浩龙，王国斌，熊群. 中国矿床模式：古陆边缘以沉积变质型为容矿岩石的石墨矿床成矿模式[M]. 北京：地质出版社，1991.

[3] 都城秋穗. 变质作用与变质带[M]. 周云生译，北京：地质出版社，1979.

[4] 谭冠民，莫如爵. 1994 中国石墨矿床[M]. 北京：地质出版社，1994.

[5] 孔庆友，张天祯，于学峰，等. 山东矿床[M]. 济南：山东科学技术出版社，2006.

(下转第 17 页)

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

形式加强对饮用天然矿泉水的管理和保护，加强地表水与地下水资源的统一管理和调用，成立泗水县矿泉水行业协会，整合规范企业行为，维护市场秩序，提高市场竞争力。

(3)坚持可持续发展观点，系统开发、确立品牌、增强泗水县矿泉水的市场竞争力，并且达到合理开发利用和保护泗水县矿泉水资源。

(4)开发过程中，切实加强对矿泉水开采量、地下水位、水温、水质等的动态监测，并做好监测记录，建立监测档案，掌握其动态变化规律；加强资源与环境保护工作，建立矿泉水水源地卫生防护区，防止水质污染。

(5)矿泉水开发区域尽可能杜绝无组织排放废水，有关废水、固废治理设施必须严格做到防渗处理。

参考文献：

[1] GB8573-2008. 中华人民共和国国家标准：饮用天然矿泉水[S].

[2] 张宏陶. 水质分析大全[M]. 北京：科学技术文献出版社，1997.

[3] 高国华，周金生. 矿泉水的评价与合理开发利用[M]. 北京：地震出版社，1990.

Distribution Characteristics and Suggestion for Development of Mineral Water Fields in Southern Limestone Area in Sishui County

XIAO Weiguo[1], FENG Fengling[2], WANG Jining[1], FENG Keyin[1], FU Juan[1], WANG Lulin[2]

(1. Shandong Monitoring Center of Geological Environment, Shandong Jinan 250014, China; 2. State Grid of China Technology College, Shandong Jinan 250002; 3. Sishui Bureau of Land and Resources, Shandong Sishui 273200, China)

Abstract: On the basis of investigating and monitoring ground water in Sishui county, combining with the former information and comprehensive analysis, recognition of mineral water fields in southern limestone area in Sishui have been introduced. Geological background, distribution characteristics of mineral water fields in this area have been introduced as well, and suggestions for development are put forward. It wll provide some references for further development of mineral water fields in Sishui county.

Key words: Mineral water fields; faulted structure ;development; south part of Sishui county

(上接第 14 页)

Geological Characteristics and Prospecting Criteria of Liugezhuang Graphite Deposit in Pingdu City of Shandong Province

YAN Lingya[1], CHEN Junyuan[2], DU Huazhong[1], SUN Shuxian[1], ZHOU Wen[1]

(1. Shandong Brigade of Geological Surveying Center of China Building Materials Industry, Shandong Jinan 250100, China; 2. Geological Surveying Center of China Building Materials Industry, Beijing 100035, China)

Abstract: Systematic graphite deposit prospecting work in Shandong province began in 1957. It mainly concentrated in Nanshu area of Laixi city, and submitted a large number of exploration achievements. Nanshu graphite deposit is a sedimentary metamorphic deposit in grahpite－bearing metamorphic rocks in Xucun setion of Douya formation in Proterozoic Jingshan group. It is strictly controlled by stratigraphic strata, and experienced multi－phase regional metamorphisms. Shandong graphite deposits have the same origin with Nanshu graphite deposit. Thus, such graphite deposits in Shandong province are named as" Nanshu type" graphite deposits in this paper.

Key words: Graphite deposit; geological characteristics; mineralization model; Liugezhuang; Pingdu city in Shandong province

?1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net