

西秦岭糜署岭岩浆混合花岗岩
地球化学特征及构造意义

李注苍^{1,2}, 李永军¹, 曾俊杰², 冯备战², 毕明波¹, 杨俊泉¹
(1. 长安大学 地球科学与国土资源学院, 陕西 西安 710054; 2. 甘肃省地质勘查院, 甘肃 兰州 730000)

[摘要] 西秦岭糜署岭岩体是壳幔岩浆混合的产物。从寄主岩石和基性端元暗色微细粒镁铁质包体的主要元素、稀土元素岩石地球化学研究入手, 深入探讨了糜署岭岩体是壳源和幔源两类岩浆混合形成的混浆花岗岩, 其岩石地球化学特征介于壳源和幔源两个端元之间并有显著的过渡特征, 表明二者在岩浆侵位过程中发生过不同程度地物质成分交换。这对研究西秦岭中生代壳幔混合作用和地壳增生有重要意义。

[关键词] 岩浆岩; 岩浆混合; 地球化学; 构造意义; 糜署岭; 西秦岭; 甘肃

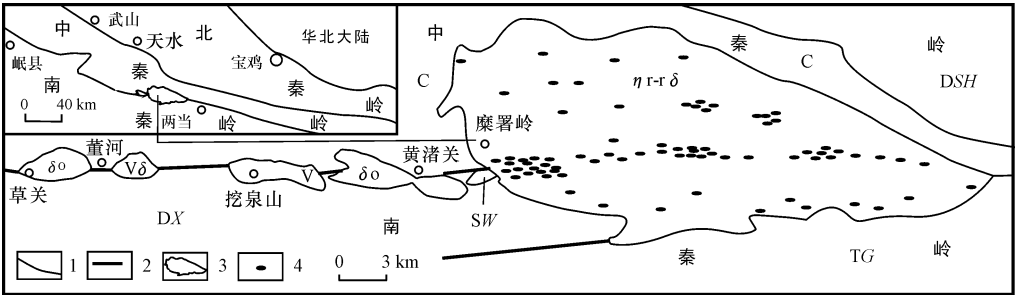
[中图分类号] P588.11⁺5 [文献标识码] A [文章编号] 1672-6561(2005)02-0012-05

[作者简介] 李注苍(1968-), 男, 甘肃白银人, 工程师, 硕士研究生, 从事区域地质调查研究。

1 地质特征

糜署岭岩体位于西秦岭东段甘肃省徽县麻沿河乡糜署岭—高桥乡一带, 地理坐标为东经 105°45′~106°15′, 北纬 33°54′~34°07′。岩体侵位于分割中秦岭与南秦岭的近东西向区域性大断裂带中^[1,2], 与围岩呈侵入接触。岩体呈岩基状产出, 平面展布呈扁饼状, 长约50 km, 东窄西宽, 最宽处达

15 km, 长轴方向与区域构造线基本一致, 出露面积约 445 km², 沿此断裂带向西还有黄渚关、挖泉山、草关和董河岩体出露(图 1)。研究表明, 分割南秦岭与中秦岭的黄渚关大断裂带, 宽 50~200 m, 挤压破碎强烈, 构造透镜体发育, 具多期活动的特点。其两侧沉积与变形特征具显著差别, 表明该断裂带对沉积盆地的形成与区域构造演化具有重要的控制作用。在航磁、区域重力及表壳磁场特征图上, 沿该断裂带为一明显的异常梯度带^[3]。



TG—三叠系官亭群; C—石炭系; DSH—泥盆系舒家坝群; DX—泥盆系西汉水群;
SW—志留系吴家山岩群; ηγ—二长花岗岩; γδ—花岗闪长岩; δo—石英闪长岩; Vδ—辉
长闪长岩; V—辉长岩; 1—地质界线; 2—区域性断裂; 3—岩体; 4—镁铁质微粒包体

图 1 糜署岭岩浆带地质略图

Fig. 1 Geological sketch map of the Mishuling intrusion zoon

岩体北缘围岩是中秦岭泥盆系舒家坝群变钙质粉砂岩、板岩及石炭系板岩、砂岩;西南缘围岩是南秦岭泥盆系西汉水群碳酸盐岩建造及少量志留系吴家山群变石英砂岩、黑云母石英片岩;南缘围岩是南秦岭三叠系官亭群深水碳酸盐岩、碎屑岩^[1]。

寄主岩石为似斑状结构, 基质中细粒半自形粒状结构, 块状构造, 其矿物体积分数分别为: 斑晶钾长石约占 20%, 呈板状, 自形或半自形晶, 粒径 1~4 cm; 基质主要矿物为斜长石 35%~45%, 呈自形板状, 粒径 2~5 mm; 钾长石, 约 20%, 半自形或它形不规则粒状, 粒径 2~5 mm; 石英 16%~29%, 粒径 1~3 mm, 呈它形不规则粒状充填与其他矿物颗粒之间; 黑云母<10%, 粒径 1~3 mm。副矿物磷灰石、榍石、磁铁矿、锆石等。

镁铁质微细粒包体(简称 MME)的岩性为二长辉长岩-正长辉长岩。岩石具有细粒半自形粒状结构, 斜长石呈自形-半自形柱状, 聚片双晶发育。辉石矿物呈粒状充填其中, 黑云母呈板状且生长受到其他矿物的限制, 边缘成港湾状。可以见到早期晶出的长石被角闪石等暗色矿物交代, 边缘为不规则状, 部分长石成为暗色矿物的包裹晶, 见针状磷灰石插在其他矿物之间, 部分边界见冷凝边^[4]。

岩体总体特征是由寄主岩石和镁铁质微细粒包体组成, 在镁铁质微细粒包体分布较少区域, 寄主岩石岩性以正长花岗岩为主; 反之, 则以石英二长闪长岩-石英闪长岩-辉长闪长岩为主。由此可见, 基性岩浆与酸性岩浆混合比例以及成分交换程度的强弱, 决定了寄主岩石的岩性特征和变化, 并强烈显示了岩浆混合的信息^[5, 10]。

2 岩石地球化学特征

主要岩石类型岩石化学分析结果见表 1。糜署岭岩体寄主岩石铝饱和度 $Al_2O_3 > (Na_2O + K_2O + CaO)$ 为过铝质岩类, ANKC 值 $0.69 \sim 1.01 < 1.1$ (平均值为 0.89), 判别为 S 型花岗岩。与之相对比, MME 的铝饱和度 $(Na_2O + K_2O + CaO) < (Al_2O_3 < Na_2O + K_2O)$ 为次铝质岩类, ANKC 值为 $0.50 \sim 0.72 < 1.1$ (平均值为 0.60), 也判别为 S 型花岗岩。但是在 ACF 图解(图 2)中寄主岩体岩石落于 S 区, 暗色微细粒包体 MME 落于 I 区。在

A/MF-C/MF 图解(图 3)中, 寄主岩体岩石主要落于基性岩部分熔融区, 少量样品落于变杂砂岩部分熔融区。只有基本未被幔源岩浆混合的样品(1号样品)落于变泥质部分熔融区, 而其他样品均在基性岩的部分熔融区, 表明只有真正代表壳源的酸性端元岩浆是 S 型的, 是由地壳成熟度较高的变泥质部分熔融岩体产物。而基性端元岩浆是 I 型, 是来自幔源的岩浆。深源基性岩浆的挤入总量以及与酸性岩浆成分交换的能力影响着寄主岩石的岩石地球化学, 从而使 2 类岩浆混合的岩类具有过渡性质。

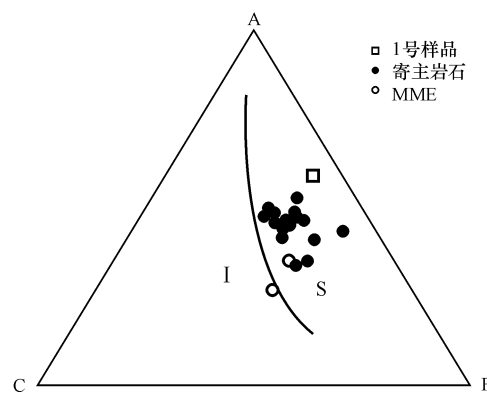


图 2 糜署岭岩体 A-C-F 图解

Fig. 2 A-C-F diagram of Mishuling

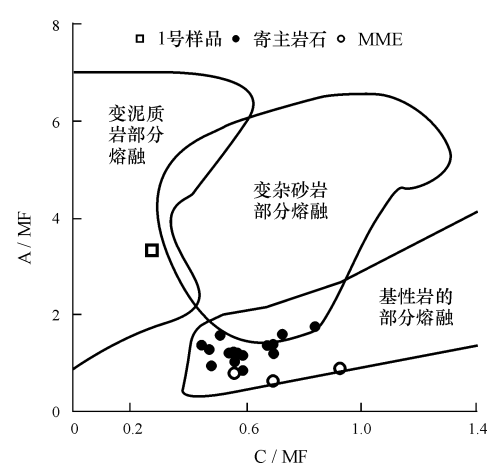


图 3 A/MF-C/MF 图解

Fig. 3 A/MF-C/MF diagram of Mishuling

与中国代表性地区花岗岩、石英二长岩对比(表 1), 糜署岭岩体寄主岩石具有以下重要特征:

(1) SiO_2 质量分数平均值为 63.98%, 明显低于中国花岗岩平均值, 略低于中国石英二长岩, 高于中国闪长岩平均值。

(2) Al_2O_3 质量分数平均值为 15.47%, 显著高于中国花岗岩平均值, 与中国石英二长岩平均值基

表 1 糜署岭岩石类型岩石化学组成对比

Table 1 Contrast of the main oxide contents between the Mishuling

$w_B / \%$

样号	岩性	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	正长二长花岗岩	73.58	0.14	13.35	0.05	2.16	0.04	0.34	0.6	3.47	4.98	0.05
2	黑云二长花岗岩	67.06	0.57	14.49	0.00	3.70	0.04	1.51	2.55	3.80	4.23	0.56
3	石英二长岩	61.68	0.68	15.33	2.04	2.50	0.09	2.49	4.74	3.61	4.61	0.85
4	石英二长岩	63.82	0.75	15.92	1.14	3.63	0.10	2.62	3.93	3.70	3.80	0.20
5	黑云石英二长岩	65.56	0.59	15.38	1.06	2.70	0.11	1.37	4.07	3.83	4.33	0.23
6	黑云石英二长岩	64.28	0.70	15.75	1.60	2.76	0.24	1.50	3.91	3.80	4.12	0.18
7	黑云石英二长岩	65.54	0.67	15.72	0.30	3.62	0.12	1.66	3.69	4.00	3.96	0.16
8	黑云石英二长岩	61.66	0.89	16.56	0.18	4.74	0.06	2.51	4.07	4.02	4.37	0.51
9	黑云石英二长岩	60.64	0.80	16.60	1.51	4.04	0.05	2.51	4.58	3.86	4.22	0.56
10	黑云石英二长岩	61.28	0.86	15.80	0.05	4.91	0.13	3.84	4.45	3.66	3.66	0.20
11	花岗闪长岩	64.20	0.64	15.84	1.26	4.02	0.08	1.94	3.21	3.29	4.01	0.18
12	二长花岗闪长岩	66.88	0.57	14.64	0.73	3.80	0.07	1.71	2.61	3.38	4.06	0.16
13	石英二长闪长岩	60.07	0.84	16.13	2.37	3.78	0.06	2.91	4.85	3.74	3.56	0.14
14	石英二长闪长岩	63.58	0.65	16.23	1.72	2.85	0.10	2.04	4.35	4.37	3.85	0.23
15	石英二长闪长岩	63.28	0.73	15.64	0.66	3.94	0.13	1.89	4.20	3.76	3.94	0.18
16	石英二长闪长岩	61.84	0.50	16.56	1.08	4.46	0.10	2.35	4.30	3.32	3.41	0.16
17	石英二长闪长岩	62.68	0.93	13.14	1.48	4.66	0.12	2.80	5.05	3.65	3.55	0.34
18	MME, 角闪二长岩	56.34	1.17	13.43	0.96	5.26	0.12	2.86	8.13	4.61	3.95	0.43
19	MME, 辉长二长岩	50.15	0.96	14.58	2.19	5.19	0.12	5.32	8.94	2.66	5.02	0.26
20	MME, 辉长闪长岩	55.86	0.83	15.72	1.80	5.06	0.05	4.23	6.23	3.68	4.03	0.24
	中国辉长岩	47.62	1.67	14.52	4.09	9.73	0.22	6.47	8.75	2.97	1.18	0.46
	中国闪长岩	57.39	0.89	16.42	3.10	4.15	0.18	3.77	5.58	4.26	2.57	0.37
	中国石英二长岩	65.74	0.75	15.89	1.87	2.52	0.13	1.64	3.27	3.29	3.67	0.20
	中国花岗岩	71.27	0.25	14.25	1.24	1.62	0.08	0.08	1.62	3.79	4.03	0.16

本一样, 低于中国闪长岩平均值。

(3) FeO_{tot} 及 MgO 质量分数显著高于中国花岗岩和中国石英二长岩平均值。

(4) CaO 质量分数也远远高于中国花岗岩平均值, 高于中国石英二长岩平均值, 低于中国闪长岩平均值。

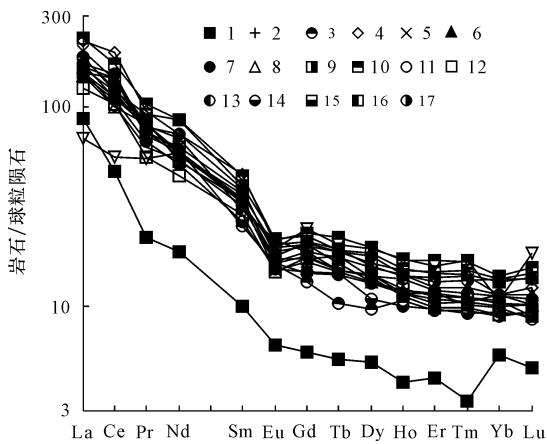
(5) K₂O 和 Na₂O 质量分数略低于中国花岗岩平均值, 明显低于中国石英二长岩平均值。

与中国代表性地区辉长岩、中国闪长岩相对比, 糜署岭岩体中的基性端元 MME 具有异常高 SiO₂, K₂O, 这一特征与寄主岩石完全相同, 但显著低 Fe₂O₃, FeO, MgO 和 CaO, 其质量分数仅是中国辉长岩、中国闪长岩平均值的 1/2~1/4, 这些表明基性端元有大量 Fe₂O₃, FeO, MgO 的带出, 同时也有大量酸性端元 SiO₂, K₂O 的带入。上述特点说明, 基性端元 MME 与寄主岩之间通过混合与双扩散对流作用, 可以造成使二者发生不同程度的物质、成分及能量交换。

3 稀土元素地球化学特征

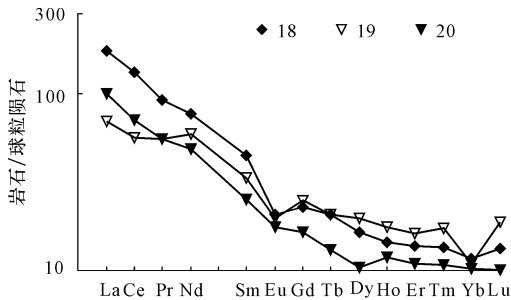
糜署岭寄主岩石稀土总质量分数平均值为 236.8×10^{-6} , LREE 平均值为 200.66×10^{-6} , 轻稀土相对富集, 而重稀土亏损。暗色微细粒包体 MME 稀土总质量分数平均值为 196.54×10^{-6} , LREE 平均值为 157.34×10^{-6} , 暗色微细粒包体 MME 具轻稀土亏损, 重稀土富集。从寄主岩石和暗色微细粒包体 MME 稀土配分模式图中可以看出, 二者稀土配分模式图差异不大, 为右倾式和弱铈负异常(图 4, 图 5)。

对于大多数岩浆体系来说, 斜长石是分离结晶的矿物相。铈与斜长石分离中钙的晶体化学性质相似而从熔体中进入斜长石钙的位置, 所以斜长石分离而使残余熔浆中铈亏损^[1]。因此, 幔源岩浆不具铈负异常, 而壳源岩浆具明显地铈负异常。糜署岭岩体由于壳-幔岩浆相互作用和物质成分的交流



1 - 正长二长花岗岩; 2 - 黑云二长花岗岩; 3, 4 - 石英二长岩; 5~10 - 黑云石英二长岩; 11 - 花岗闪长岩; 12 - 二长花岗闪长岩; 13~17 - 石英二长闪长岩
图4 糜署岭岩体寄主岩石稀土元素分布型式

Fig. 4 REE distribution patterns in the host rocks of Mishuling granite



18 - MME, 角闪二长岩; 19 - MME, 辉长二长岩; 20 - MME, 辉长闪长岩

图5 糜署岭岩体 MME 稀土元素分布型式

Fig. 5 REE distribution patterns in the MME of Mishuling granite

换,使得寄主岩石和暗色微细粒包体 MME 都具较弱的钕负异常,这可从斜长石的异常环带、长石斑晶嵌入 MME 和它们的长石排号相同等特征得以证实^[4]。

4 构造意义

在 $\lg \tau - \lg \sigma$ 构造环境图解(图6)中,寄主岩石样点全部落在造山带区,而暗色微细粒包体 MME 全部落在派生区;而在 $R_1 - R_2$ 构造环境图解(图7)中,寄主岩石体岩石基本全部落在碰撞后抬升区,而暗色微细粒包体 MME 全部落在造山带区之外。图6,图7说明,寄主岩石和暗色微细粒包体 MME 非同源。如果是同源岩浆,它们在图中应落于同一区域内,但事实相反。暗色微细粒包体 MME 是幔

源岩浆,由于发生混化混染作用,有壳源成分的加入,因而它既不落在地幔分离区,也不落在壳源区。其同位素年龄也佐证了糜署岭岩体的寄主岩石和暗色微细粒包体 MME 是同时形成的^[4],且幔源岩浆与壳源岩浆也是同时产生的^[3,4,12],这是2类岩浆混合的重要证据。

综上所述,糜署岭岩体是与黄渚关深大断裂密切相关的壳幔岩浆混合形成的混浆花岗岩。幔源基性岩浆和壳源酸性岩浆在成岩与结晶分异过程中,酸性端元中有大量基性端元成分加入,而基性端元又有酸性端元特征组分带入的信息。糜署岭岩体记录了这一地质时期壳幔岩浆动力作用和地壳增生的重要信息,该岩体的地球化学信息表明了黄渚关大断裂带是通达地幔的深大断裂。成岩过程中的拉张型构造环境和强力就位的动力学机制,也反映了黄渚关断裂带在这一时期的活动特性和重要表现。

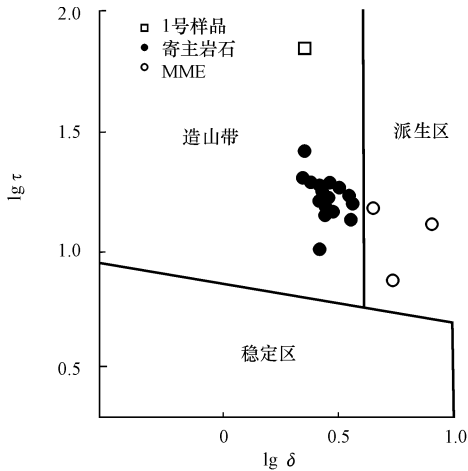


图6 $\lg \tau - \lg \delta$ 构造环境图解

Fig. 6 $\lg \tau - \lg \delta$ tectonic environments discrimination diagram of Mishuling

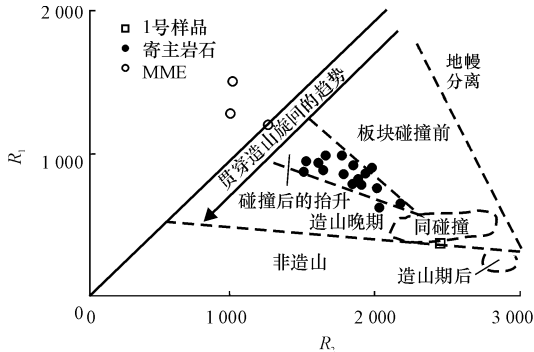


图7 $R_1 - R_2$ 构造环境图解

Fig. 7 $R_1 - R_2$ tectonic environments discrimination diagram of Mishuling

[参 考 文 献]

[1] 霍福臣, 李永军. 西秦岭造山带的建造与地质演化[M]. 西安: 西北大学出版社, 1995.

[2] 李永军, 霍福臣. 西秦岭东段侵入岩的构造成因类型[J]. 甘肃地质学报, 1996, 5(1): 30 ~ 34.

[3] 李永军, 谢其山, 栾新东, 等. 西秦岭糜署岭岩浆带的成因及构造意义[J]. 新疆地质, 2004, 22(4): 374 ~ 377.

[4] 李永军, 王冉, 李注苍, 等. 西秦岭糜署岭镁铁质微粒包体的特征及成因[J]. 地质通报, 2003, 22(7): 33 ~ 36.

[5] 肖庆辉, 邓晋福, 马大铨, 等. 花岗岩研究思维与方法[M]. 北京: 地质出版社, 2002.

[6] Didier J. 花岗岩及其包体——包体与花岗岩成因关系[M]. 姜胜章译. 北京: 地质出版社, 1981.

[7] 李永军, 刘社华, 李注苍, 等. 西秦岭温泉花岗岩体岩浆混合作用的地球化学信息[J]. 地质与勘探, 2003, 39(6): 506 ~ 511.

[8] 王涛. 花岗岩混合成因研究及大陆动力学意义[J]. 岩石学报, 2000, 16(2): 161 ~ 168.

[9] 江万. 中酸性侵入岩中铁镁质微粒包体及其意义[J]. 地质科技情报, 1996, 15(1): 13 ~ 18.

[10] 马昌前. 花岗岩类岩浆动力学——理论方法及鄂东花岗岩类例析[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1994.

[11] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992.

[12] 李永军, 赵仁夫, 李注苍, 等. 岩浆混合花岗岩微量元素成因图解尝试——以西秦岭温泉岩体为例[J]. 长安大学学报(地球科学版), 2003, 25(3): 7 ~ 11.

Geochemical features of Mishuling hybrid magma granite
and its tectonic significance in Western Qinling

LI Zhu cang^{1,2}, LI Yong jun¹, ZENG Jun jie², FENG Bei zhan², BI Ming bo¹, YANG Jun quan¹

(1. School of Earth Sciences and Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China;

2. Gansu Bureau of Geology and Mineral Exploration, Lanzhou 730000, China)

Abstract The Mishuling granite of western Qinling originates from the mixture of crust and mantle magmas. This paper further clarifies the geochemistry of the major elements and the REEs in the granite and the muhc microenclaves, which is typied of obvious transitional characteristics between crust and mantle derived magmas, indicating their exchange of compositions in variable extent as the magmas intruded and the hgrid origin of the granite. This has important significance for studying the Mesozoic crust mantle mixing and the crustal accretion there.

Key words magmatic rock; magmatic hybridization; geochemistry; tectonic significance; Mishuling; Western Qinling; Gansu Province

[英文审定: 杨家喜]

欢迎赐稿 欢迎订阅
《地球科学与环境学报》

《地球科学与环境学报》(1979 年创刊, 刊名先后为《西安地质学院学报》、《西安工程学院学报》、《长安大学学报(地球科学版)》、《地球科学与环境学报》) 是教育部主管、长安大学主办的地学综合类学术期刊。20 世纪 80 年代以来, 她先后被《美国化学文摘》、《美国地质学题录与索引》、《俄罗斯文摘杂志》、《中国核心期刊(遴选) 数据库》、《中国科学引文数据库》、《中国地质文摘》、《中国石油文摘》等国内外十余家著名权威文摘或数据库固定收录。

《地球科学与环境学报》编委会由 40 多名专家学者组成, 其中包括 17 名中国科学院与中国工程院院士、2 名长江学者。本刊以发展地球科学以及与之相交叉的环境科学的理论与创新为己任, 并将为此而作出不懈地努力。本刊刊登内容主要有基础地质与矿产地质、水文地质与工程地质、环境地质与生态地质、地球物理、地球信息科学等, 她重点报道地学前缘及交叉学科的高水平科技成果, 突出西部大开发中资源勘查、干旱与半干旱地区地质与生态环境保护以及国家重要基础工程建设中重大地质科技问题的研究特色, 将我国尤其是西部地区的地质与生态环境方面的高水平科技成果推向世界。在此, 热忱欢迎广大地学科技工作者为本刊撰写论文, 对高质量特别是国家各种基金项目或重大科技攻关项目产出的论文将优先发表。

本刊现为季刊, 每季末月出版, 96 页, 每册定价 8 元, 邮发代号 52-280, 国外代号 Q4115, 邮局漏订者亦可直接同本刊编辑部联系。

本刊地址: 西安市雁塔路南段 126 号长安大学雁塔校区; 邮政编码: 710054; 电话: (029) 82339978 85585151;
E-mail: dkjyxb@chd.edu.cn