维普资讯 http://www.cqvip.com

第9卷，第3期　　矿　物　岩　石　　Vol.9, №3
1989年9月　　MINERALS AND ROCKS　　Sept., 1989

新疆萨尔托海超镁铁岩的岩石成因研究

杨　武　亮

（江苏省地矿局，南京）

[摘要] 新疆萨尔托海蛇绿岩主要由上部火山岩和下部超镁铁岩组成。本文研究了超镁铁岩的岩石学、岩石化学和地球化学特征，并讨论了岩石成因。超镁铁岩是地幔物质部分熔融的残余；熔融程度的差异产生了性质不同的岩石；超镁铁岩以构造方式侵位于弧后微扩张环境中。

萨尔托海超镁铁岩是萨尔托海蛇绿岩的一部分，位于准噶尔盆地西侧，达拉布特蛇绿岩带的东部。岩石出露面积约 15km²，长约20km（图1）。长期以来，该岩石一直被认为是岩浆侵入的产物。根据笔者研究，发现许多现象和特征是岩浆侵入观点所难以解释的，因而提出了另一种可能的成因。

1　区域地质概述

本区超镁铁岩的东南侧下伏岩层为中泥盆统达拉布特组的下段，主要为一套变质砂岩，砂砾岩、粉砂岩、粉砂质泥岩等。这套岩石属于边缘海型复理石沉积。位于超镁铁岩西北侧的上覆岩层以灰绿色凝灰岩、细碧岩和玄武岩为主，还有辉绿岩、凝灰质粉砂岩夹有含放射虫化石的透镜状硅质岩。玄武岩的枕状构造虽然可见但不普遍。

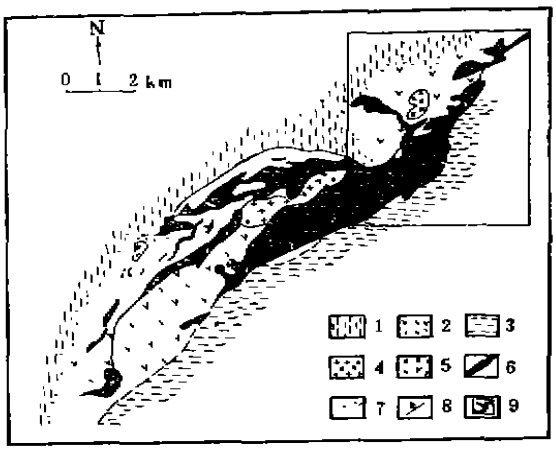


图1　萨尔托海超镁铁岩体地质图

1. 凝灰质碎屑沉积岩；2. 中、基性喷出岩；3. 碎屑沉积岩夹生物灰岩；4. 花岗岩；5. 辉长岩；6. 超镁铁岩；7. 岩相界线；8. 逆断层；9. 萨尔托海铬铁矿区范围

（据新疆地质七队）

此外，本区还有辉长岩和花岗岩，前者多分布在超镁铁岩与火山岩的接触带附近，少数呈岩块分布在超镁铁岩边部；后者侵入在超镁铁岩中。

因而本区蛇绿岩套主要由上部火山岩和下部超镁铁岩组成，堆晶岩较少。

区内后期断裂构造发育，破坏了超镁铁岩与围岩的接触关系。在超镁铁岩与火山岩之间可见到宽约1—2m的构造破碎带，而超镁铁岩与复理石沉积层的接触面多被后期的钠长斑岩充填，局部可见动热变质角岩化现象，使岩体的围岩发育了约 20cm 宽的角岩化凝灰质粉砂岩。

维普资讯 http://www.cqvip.com

超镁铁岩中赋存有豆荚状工业铬铁矿和非金属石棉矿，火山岩中有金矿产出，因而研究本区超镁铁岩的成因有助于对矿床的研究。

2 岩石学特征

超镁铁岩的主要岩石类型有斜辉辉橄岩、纯橄岩及斜辉橄榄岩和二辉橄榄岩。各种岩石的分带现象不明显，主要呈渐变过渡关系。岩体中部主要为斜辉辉橄岩和纯橄岩组合，边部则主要为斜辉辉橄岩和斜辉橄榄岩组合。铬铁矿主要赋存在中部组合中，二辉橄榄岩则分布在斜辉橄榄岩中。

表 1 单斜辉石单矿物成分（%）

序号	1	2	3	4	5	6
SiO_2	52.09	45.65	51.60	54.41	53.04	52.28
TiO_2	0.45	0.19			0.00	0.07
Al_2O_3	6.67	5.03	7.68	4.17	3.29	3.48
Cr_2O_3	0.69	1.06	0.72	1.26	1.38	1.45
Fe_2O_3	0.92	4.08				
FeO	1.67	1.77	2.64	2.10	2.34	1.91
MnO	0.10	0.11			0.10	0.03
MgO	14.49	16.62	13.62	16.49	17.43	16.45
NiO	0.03	0.048	0.07	0.00	0.04	0.01
CoO	0.006	0.002				
CaO	20.76	22.29	19.65	22.99	23.17	24.73
Na_2O	1.75	0.11	1.79	0.59	0.21	0.22
K_2O	0.06	0.20	0.07	0.07	0.06	0.05
P_2O_5	0.02	0.007			0.00	0.04
H_2O^+	0.30	3.08				
Σ	100.01	97.70	97.84	102.08	101.06	100.72
En	46.8	46.5	46.6	48.2	49.2	46.6
Wo	48.6	44.9	48.3	48.3	47.0	50.3
Fs	4.5	8.6	5.1	3.4	3.7	3.1

1—4引自西安地矿所资料；5—6 由地质教育中心探针室分析。

超镁铁岩的蚀变普遍强烈，主要为蛇纹石化、碳酸盐化和滑石化。二辉橄榄岩蚀变较弱，地表不易风化，呈团块状产出。向外过渡为蚀变稍强的斜辉橄榄岩，再向外是蚀变较强的斜辉辉橄岩及纯橄岩。

这几种岩石在显微结构、矿物组合等方面具有逐渐过渡的性质。二辉橄榄岩具粗粒结构，橄榄石、斜方辉石和单斜辉石相互之间镶嵌连生。镁橄榄石多呈半自形、它形粒状，具塑性变形现象。斜辉橄榄岩虽具粗粒结构，但与前者相比，单斜辉石较少。这两个岩石均发现橄榄石内有扭折带。斜辉辉橄岩和纯橄岩蚀变较强，原生矿物颗粒很少，岩石定名依靠绢石含量和全岩分析，两者均呈蛇纹石的网环结构。绢石的形态表明辉石有压扁拉长现象。以上岩石均含副矿物铬尖晶石，在各种岩石中其形态是逐渐过渡的：在二辉橄榄岩和斜辉橄榄岩中呈文象状，斜辉辉橄岩中多为半自形到它形的粒状，而纯橄岩中则为半自形到自形的粒状。

辉石和铬尖晶石在各类超镁铁岩中的系统变化为我们研究岩石成因可以提供帮助。本区的单斜辉石均为含铬透辉石（表1），当本区的地幔原岩为二辉橄榄岩时，随着部分熔融作用的发生和增强，单斜辉石和斜方辉石相继熔融。在这之中，易熔组分转移，而难熔组分形成了铬尖晶石。岩石中辉石含量的减少和铬尖晶石晶形的逐渐完好反映了岩石经历的部分熔融程度增强。

本区超镁铁岩中的橄榄石均为镁橄榄石（表2），其Fo变化范围小(Fo 90.6—92.4)。这种成分有限的富镁橄榄石只能是地幔物质部分熔融的残余。

维普资讯 http://www.cqvip.com

表 2　橄榄石单矿物化学成分（%）

样品序号	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	41.60	40.27	40.85	40.38	42.55	49.84	41.60	41.75
TiO_2	0.004		0.08	0.02	0.01	0.00	0.00	0.09
Al_2O_3	0.29	0.15	0.17	0.26	0.22	0.00	0.00	0.00
Cr_2O_3	0.10	0.10	0.06	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00
Fe_2O_3	0.57	2.13	0.86	0.56	1.16			
FeO	7.19	8.13	7.98	7.80	6.86	8.74	9.11	8.65
MnO	0.20	0.14	0.13	0.07	0.12	0.31	0.11	0.19
MgO	48.89	49.36	50.14	45.69	46.94	49.06	49.90	49.64
NiO	0.33	0.45	0.36	0.19	0.39	0.32	0.53	0.22
CoO	0.014	0.014	0.015	0.004	0.015			
CaO	0.09	0.017	0.09	1.22	0.09	0.00	0.01	0.02
Na_2O	0.02	0.02	0.07	0.06	0.10	0.36	0.05	0.30
K_2O			0.05		0.05	0.00	0.04	0.00
P_2O_5	0.01	0.08	0.005	0.15	0.07	0.03	0.00	0.05
Σ	99.31	100.86	100.86	96.40	98.69	99.66	101.35	100.91
Fo	92.2	91.4	91.9	91.4	92.4	90.6	90.7	90.9

1—5 引自西安地矿所资料；6—8 由地质教育中心探针室分析；1—3 样品来自纯橄岩；4—7 样品来自二辉橄榄岩，8 号样品来自斜辉橄榄岩。

3　岩石化学特征

本区各类超镁铁岩的岩石化学对比(表3)表明，纯橄岩和斜辉辉橄岩的Al_2O_3和CaO含量较低、而Cr_2O_3、MgO较高；二辉橄榄岩的Al_2O_3、CaO含量较高，而Cr_2O_3、MgO较低；斜辉橄榄岩的化学成分大多介于中间。这种成分上的变化与其它变质橄榄岩是一致的。

本区超镁铁岩的M/F比值较高，为7.5～9.5，均属蛇绿岩套中典型的超镁铁岩。在Al_2O_3—CaO—MgO三角图上（图2），本区超镁铁岩与世界上主要变质橄榄岩相似[1]，投影范围集中。同时也显示了二辉橄榄岩和斜辉橄榄岩比纯橄岩和斜辉辉橄岩更富Al_2O_3、CaO的特征。岩石的$MgO/(MgO+\langle FeO\rangle)$相近（表3），表明岩石化学成分的近似性，不可能是岩浆分异产生。

以上岩石化学特征说明本区超镁铁岩是地幔物质不同程度部分熔融的残余。

表 3　超镁铁岩的岩石化学成分

岩石名称	纯橄岩	斜辉辉橄岩	橄榄岩	二辉橄榄岩
样品数	56	37	18	4
SiO_2	39.45	43.50	44.46	44.55
TiO_2	0.02	0.03	0.01	0.27
Al_2O_3	1.39	1.27	1.77	2.87
Cr_2O_3	0.84	0.62	0.52	0.52
Fe_2O_3	6.82	5.70	6.10	5.54
FeO	3.62	2.74	2.57	3.32
MgO	46.81	44.84	43.53	38.03
MnO	0.12	0.10	0.09	0.12
NiO	0.32	0.26	0.28	0.12
CoO	0.01	0.01	0.01	0.01
CaO	0.40	0.45	0.67	4.46
K_2O	0.07	0.05	—	0.04
Na_2O	0.09	0.07	—	0.12
M/(M+F)	0.83	0.85	0.84	0.82

注：M/(M+F)为$MgO/(MgO+FeO+0.9Fe_2O_3)$

维普资讯 http://www.cqvip.com

4 地球化学特征

超镁铁岩的稀土元素标准化图解（图3）表明，二辉橄榄岩的稀土元素亏损不大，稀土丰度接近球粒陨石的丰度，比原始地幔的稀土丰度（约两倍的球粒陨石丰度）显轻稀土亏损，$(La/Yb)_{CN}<1$，图解上表现为向左倾斜，说明该岩石是轻度亏损的地幔物质。斜辉辉橄岩的中稀土亏损严重，标准化图解具V型。纯橄岩的稀土丰度比斜辉辉橄岩更低，代表了部分熔融程度更高的地幔残余。本区橄长岩的稀土含量高于球粒陨石，具铕的正异常，$(La/Yb)_{CN}>1$，可能是地幔物质部分熔融的熔体形成。

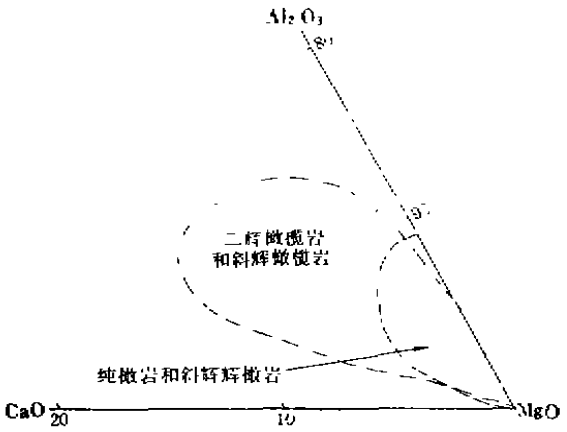


图2 萨尔托海超镁铁岩的Al_2O_3—CaO—MgO图

超镁铁岩不仅亏损了稀土元素，而且还亏损了K、Sr等组分，相对富含耐熔组分Cr、Co、Ni等（表4）。从用Jagoutz等人[2]的原始地幔过渡元素丰度标准化的图解上（图4），

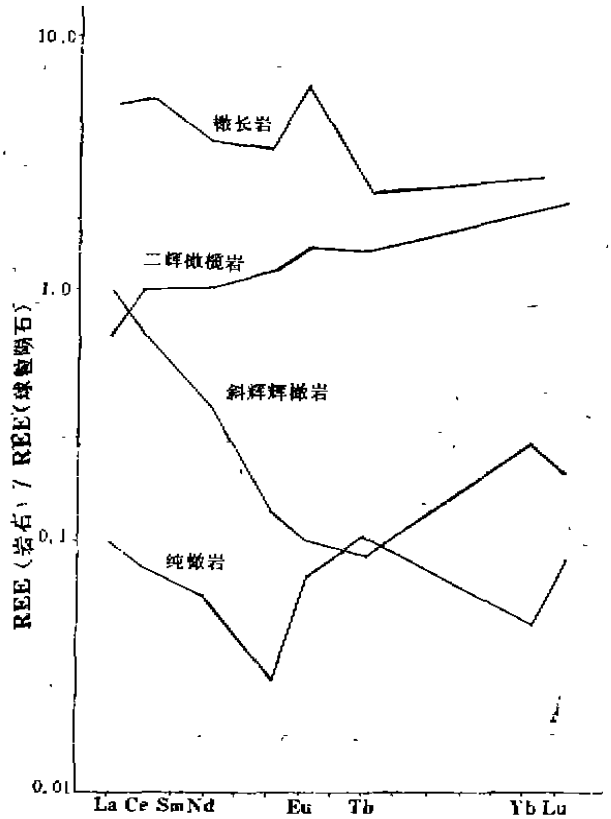


图3 萨尔托海岩石的稀土元素标准化图解

表4 萨尔托海岩石的微量元素含量

岩石名称	斜辉辉橄岩	纯橄岩	纯橄岩	辉长岩
K*	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Sr	2.66	7.26	6.67	10.59
Pb	18.18	16.93	19.23	<13.00
Cu	5.72	4.84	21.67	73.45
Sc	7.80	5.93	10.22	34.15
Ti	34.79	51.62	365.10	3480.00
V	31.59	24.89	44.48	16.50
Cr	1423.00	1898.00	1704.00	108.00
Mn	662.70	882.80	697.10	1072.00
Fe*	4.53	4.84	4.88	5.30
Co	65.81	74.65	69.01	27.76
Ni	1571.00	1821.00	1556.00	51.79

* 单位为重量百分数，其余为PPm．地科院测试所陈小龙分析．

维普资讯 http://www.cqvip.com

可以得知，本区各种超镁铁岩的过渡元素标准化图解相近，均显 Ti 亏损，各种元素比原始地幔值有不同程度的亏损。这种情况类似于 Ligurian[3] 蛇绿岩。亏损过渡元素同样显示了岩石的地幔残留性质。辉长岩的过渡元素明显不同于超镁铁岩，具 Ti 的正异常，而严重亏损耐熔组分 Cr、Ni，表明其成因不同于超镁铁岩。

在超镁铁岩研究中，铂族元素对判别成因是一种有效的方法[4]。图 5 是经球粒陨石标准化的图解，作图时为消除误差，样品采用了趋势线。从图可见，变质橄榄岩与层状岩浆杂岩体明显不同，前者亏损 Pt、Pd，而后者富集 Pt、Pd。本区岩石严重亏损铂族元素，图解接近蛇绿岩型式。

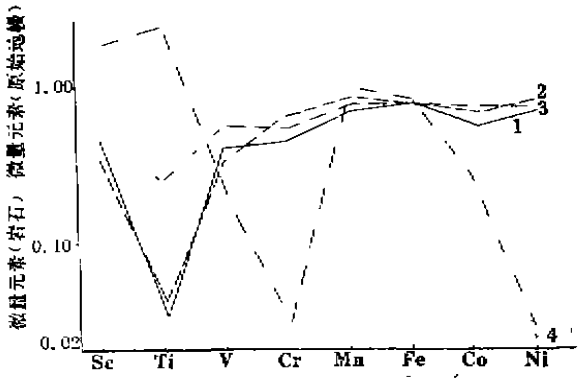


图 4　萨尔托海岩石的微量元素标准化图解

1. 斜辉辉橄岩；2. 纯橄岩；3. 纯橄岩；4. 辉长岩；

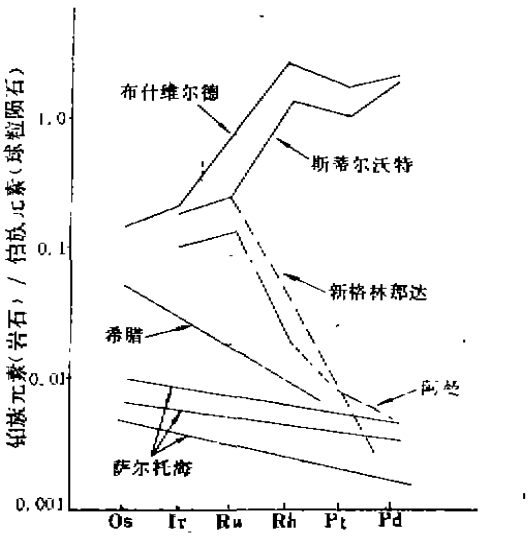


图 5　超镁铁岩的铂族元素标准化图解

表 5　本区岩石锶同位素初始比*

序　号	岩　　石	$^{87}Sr/^{86}Sr$
1	橄长岩	0.704082
2	异剥岩	0.705372
3	橄榄辉石岩	0.704723
4	斜辉橄榄岩	0.706198
5	二辉橄榄岩	0.707326
6	纯橄岩	0.708455
7	斜辉辉橄岩	0.71247

* 由西安地矿所李行、彭礼贵提供。

锶的独特地球化学特性使其成为研究岩石成因的重要手段。本区（表 5）斜辉辉橄岩、纯橄岩、斜辉橄榄岩和二辉橄榄岩的锶同位素比值较高，这种高的锶同位素比值只能是地幔物质熔融残体的证据。而橄长岩、异剥岩和橄榄辉石岩的锶同位素比值较低，可能是岩浆熔融作用的产物。这种锶同位素的特征与世界上其他蛇绿岩是一致的[1]。

5　成因讨论

根据以上论述，笔者认为，萨尔托海超镁铁岩不是岩浆侵入的产物，而是地幔物质部分熔融的残余体。熔融程度从二辉橄榄岩→斜辉橄榄岩→斜辉辉橄岩→纯橄岩逐渐增高，因而造成各种岩石在岩石学、岩石化学和地球化学上的过渡现象。

蛇绿岩的形成环境主要由火山岩研究所决定。萨尔托海蛇绿岩的上部火山岩有细碧岩和

维普资讯 http://www.cqvip.com

玄武岩等。细碧岩多为杏仁状，较少球粒结构；玄武岩的枕状构造存在，但不普遍。这些特征说明本区蛇绿岩不是典型的大洋中脊产物。根据微量元素和稀土元素地球化学研究（图6—7），本区火山岩主要具岛弧火山岩特征，兼具洋中脊特征，而只有弧后盆地微扩张条件下可以产生这种类型的火山岩。同时，超镁铁岩的下伏围岩为边缘海型复理石沉积，超镁铁岩的变形组构不大明显等特征支持了火山岩的研究结论。

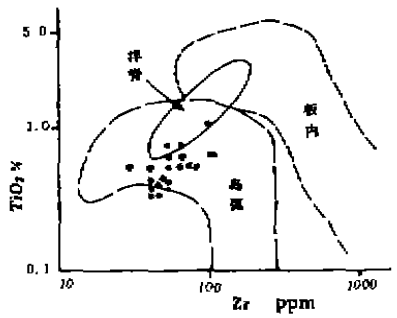


图6 火山岩TiO_2～Zr的关系

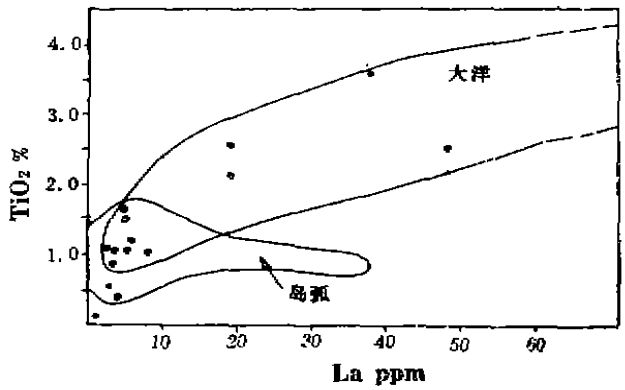


图7 萨尔托海火山岩TiO_2～La的关系
（据文献[5]）

野外工作还发现，超镁铁岩的两侧围岩有片理化现象，远离岩体片理化减弱，岩体南侧围岩比北侧围岩片理化要强。这也许反映了超镁铁岩的构造侵位。从准噶尔盆地西北缘的区域构造研究[6][7][8][9]来看，准噶尔盆地西北缘有推覆构造存在，其前缘最大推覆距离约20km，而达拉布特等断裂是推覆构造的根部断陷带。根部断陷带的物质主要表现为底辟上升，兼有推覆性质，萨尔托海超镁铁岩就是在这种条件下侵位的；在早期弧后盆地拉张环境下，玄武岩喷发，而弧后盆地封闭时，断裂转为压性条件，为地幔物质侵位创造了条件。

本文承蒙地矿部地质所白文吉研究员审阅初稿并提出修改意见，新疆地矿局七队为野外工作提供了方便，笔者在此一并致谢。

参 考 文 献

[1] Coleman R.G 1977; 鲍佩声译：蛇绿岩，地质出版社，1982年，29～31页、55～60页。
[2] Jagoutz、E.et al：The abundances of major、minor and trace elements in the earth is mantle as derived from primitive ultramafic nodules. Proc.Lunar Planet.Sci.Conf.10th. 1979, p.2031—2050.
[3] Ottonello.G.et al: J.Petrology, 1984, 25（2）: 343—372.
[4] LiPin, B.R.: Am.Jour.Sci., 1984, 284: 507—529.
[5] 霍有光：中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊，1985，（10）。
[6] 龙绮妹：新疆石油地质，1983，（1）。
[7] 张国俊、杨文俊：新疆石油地质，1983，（1）。
[8] 伍致中：石油与天然气，1985，6（2）。
[9] 谭试典：石油与天然气，1985，6（2）。

（收稿日期：1987—03—16）

维普资讯 http://www.cqvip.com

PETROGENETIC STUDY OF ULTRAMAFIC ROCKS OF SARTOHAI, XINJIANG

Yang Wuliang

(Bureau of Geology and mineral Resources of Jiangsu, Nanjing)

Abstract

The ophiolite in Sartohai, Xinjiang is composed of volcanic rocks in the upper part and ultramafic rocks in the lower part. This paper deals with characteristics of petrology, petrochemistry and geochemistry of the ultramafic rocks as well as petrogensis. The author suggests that the ultramafic rocks are residues of partial melting of mantle rocks, and different degrees of melting produced distinct rocks. Ultramafic rocks are emplaced in the terms of tectonic intrusion in back-arc minute spreading setting.

四川省科技期刊编辑学会第三次学术会议暨第二届理事会选举会议简报（摘登）

四川省科技期刊编辑学会第三次学术会议暨第二届理事会选举会议于1989年4月11～13日在重庆北碚西南师范大学学术交流中心举行。

到会的本会团体会员代表、优秀论文获奖者、常务理事会成员共106人，其中女同志27人。代表中高级职称者41人，占38.7%，中级职称者45人，占42.5%；年龄60岁以上的7人，占6.6%，45～60岁的47人，占44.4%，45岁以下的52人，占49.0%。

4月11日上午9时半，省科技期刊编辑学会第一届理事会副理事长兼秘书长陈奎宁同志宣布会议开幕。省学会理事钟学恒同志致开幕词。陈奎宁同志宣读中国科技期刊编辑学会的贺电，省学会常委王少湘同志宣读了省科协的贺信，理事年维洁同志宣读了西南高校学报研究会的贺信。大会还收到一些期刊编辑部的贺信。

西南师范大学校长钟章成教授出席了开幕式，他在致词中表示欢迎大会在西南师大召开，预祝大会成功。他高度评价科技期刊的作用，他说，“是否重视科技期刊的出版，是衡量领导素质的很重要的一条”。重庆市科协唐志尧副主席专程到会讲话，他分析了四川科技人员的优势，指出学会和科协的改革势在必行，它关系到学会的活力。