

赤峰—朝阳地区金矿床 铅同位素特征及矿床成因

刘 纲 关广岳

(东北工学院)

提 要 赤峰—朝阳地区金矿床主要产在太古代变质岩和海西、燕山期花岗岩组成的隆起带中。铅同位素研究表明:本区金矿床的成矿物质有两个来源,一个是太古代变质岩层,另一个是上地幔,二者在燕山晚期混合形成矿床。

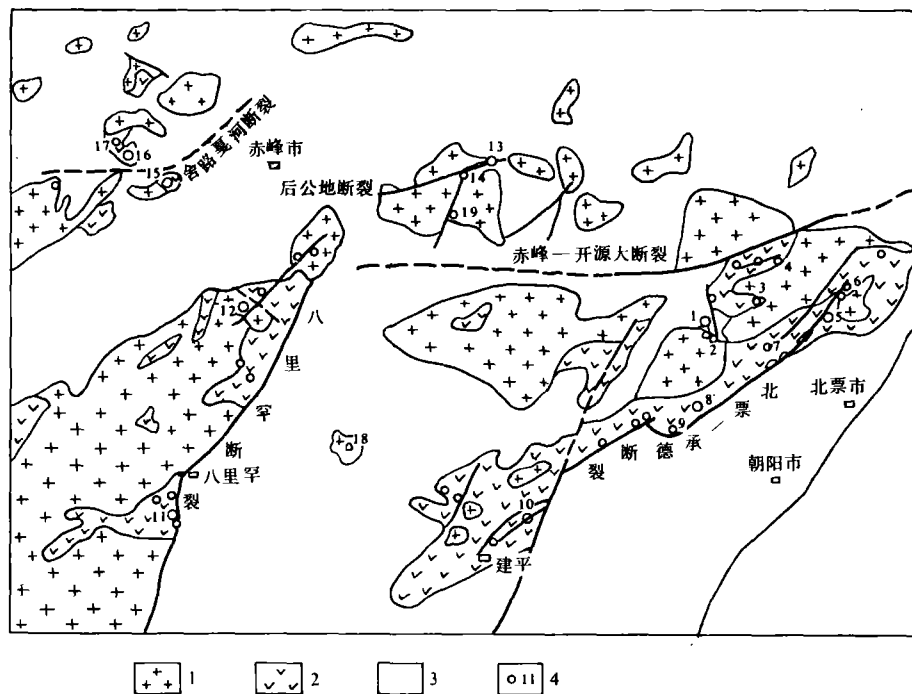
关键词 赤峰—朝阳 金矿床 铅同位素物质来源 成因

内蒙赤峰—辽宁朝阳地区有着丰富的金矿资源,是华北地台7个主要金矿集中区之一,已发现各种规模的金矿床十几处,矿化点一百多个。本文应用铅同位素方法,探讨了区内金矿床的成矿物质来源和矿床成因。

1 地质背景

本区位于华北地台和内蒙大兴安岭华力西地槽的交接地带,以台区为主,分界线大致是赤峰—开源大断裂。台区内分布有老府、喀喇沁和努鲁儿虎三个北东向的花岗岩—变质岩隆起带,它们之间是侏罗纪的拗陷带(图1)。隆起带中的变质岩属于太古代建平群小塔子沟组或者大营子组,以斜长角闪片麻岩、黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩为主。混合岩化强烈。前人采用锆石 U—Pb 法测定本区片麻岩的年龄为2500Ma 左右。带内花岗质岩石以花岗岩、二长花岗岩和石英二长岩为主,多呈岩基状,与太古代变质岩紧密相连,向北可跨过槽台界限侵入到槽区的晚古生代地层中,形成于海西或燕山早期。带中还可见到各种燕山晚期的闪长岩类和斑状花岗岩类的岩株或岩脉,它们受断裂控制明显,往往与成矿关系密切,有的伴随基性—超基性小岩体。前人采用 K—Ar 法测定它们的成岩时代为80~150Ma^[1]。

区内金矿床(点)主要分布在台区,其次在槽区,但都限制于隆起带的范围内。金矿床主要为脉状矿床,具有含金黄铁石英脉、含金硫化物石英脉和含金蚀变破碎带等三种矿化类型。



图例说明: 1. 海西或燕山期花岗岩 2. 太古代变质岩 3. 震旦纪以后地层 4. 金矿床(点)

图1 赤峰—朝阳地区地质简图

Fig. 1 Schematic geological map of Chifeng-Chaoyang Area

说明: 1. 金厂沟梁 2. 辽宁二道沟 3. 大黑山 4. 黄花沟 5. 沙金沟 6. 迷力营子 7. 平房 8. 东五家子 9. 小塔子沟 10. 中三家 11. 热水 12. 安家营子 13. 撰山子 14. 梨树沟 15. 红花沟 16. 莲花山 17. 柴胡兰子 18. 东风 19. 烧锅营子

2 铅同位素组成特征

前人及作者测定了区内部分金矿床的铅同位素组成,共得到30多组数据(表1)。总的看,铅同位素比值变化较大, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从14.977到18.295, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从14.988到15.599, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 从35.14到38.292,但是每个矿床内部却相差较小。单阶段模式年龄在100~1800Ma之间,与矿床实际形成年龄明显不符。

把各矿床的铅同位素比值的平均值(表2)投影到 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图上(图2A、B),投影点大致排成两条直线。而全部数据在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图上(图3)的投影点均落在单阶段增长曲线弦上,没有超出该曲线的范围。

因此认为,本区金矿床的铅同位素属异常铅,图中直线是异常铅线。

用回归分析处理这些数据(不含红花沟矿)求得图2A中 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的相关系数为 $r=0.985$,异常铅直线斜率 $b=0.1765$,截距 $a=12.353$,直线方程为 $Y=0.1765X+12.353$ 。

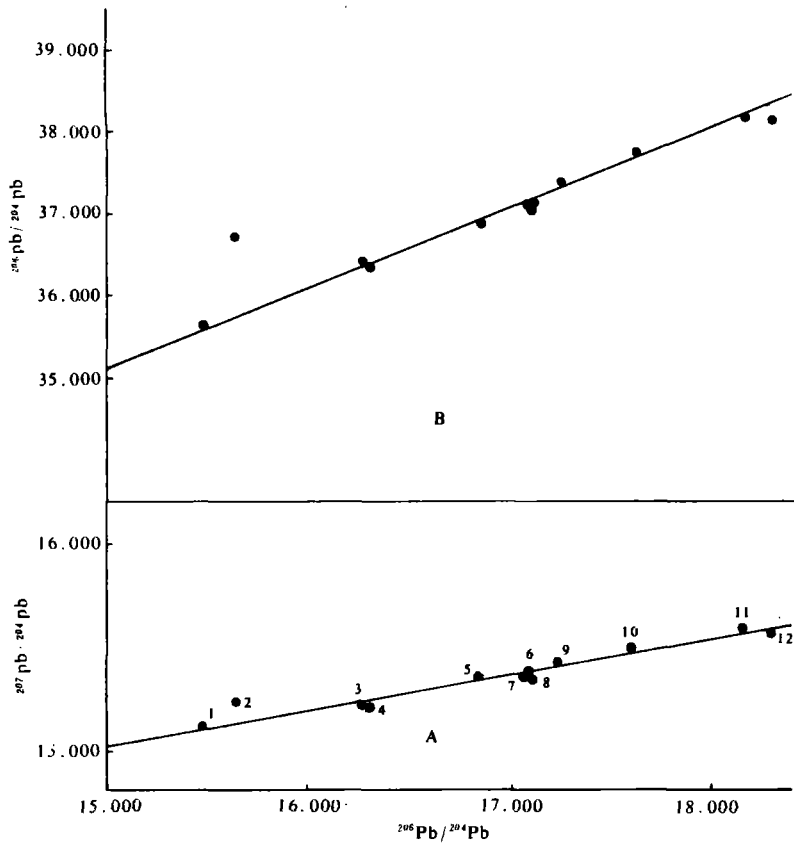


图2 铅同位素组成相关图

Fig. 2 Plot of lead isotope correlation

说明:图中数字所代表的矿床见表2

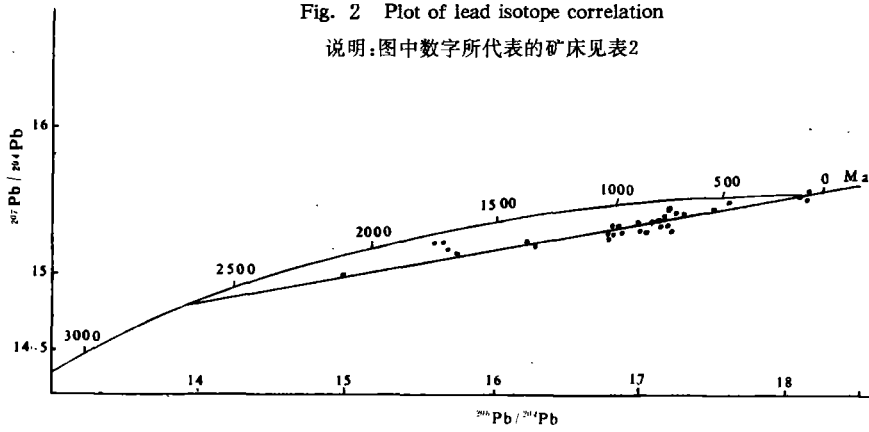


图3 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$

Fig. 3 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ to $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram

353; 图2B中 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的相关系数 $r' = 0.9905$, 斜率 $b' = 0.9793$, 截距 $a' = 20.448$, 直线方程为 $Y' = 0.9793X + 20.448$ 。

表1 铅同位素组成

Table 1 Lead isotope composition

顺序号	样号	测定矿物	采样地点	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	资料来源
1	D-1	Py	东五家金矿	14.977	14.988	35.0145	本文
2	D-2	Py	同上	15.771	15.157	36.006	同上
3	D-3	Py	同上	15.728	15.185	35.929	同上
4	H-1	Py	红花沟金矿	15.681	15.220	36.680	同上
5	H-3	Py	同上	15.616	15.233	36.737	同上
6	F-2	Py	东风金矿	16.272	15.216	36.477	同上
7	Mi-1		迷力营子金矿	16.308	15.206	36.356	王子华 ^①
8	Ma-1		马户沟金矿	16.841	15.357	36.827	同上
9	J-1	Ga	金厂沟梁金矿	17.249	15.321	37.150	内蒙古地质三队 ^②
10	J-2	Ga	同上	16.840	15.272	36.768	同上
11	J-3	Ga	同上	16.897	15.305	36.813	同上
12	J-4	Py	同上	17.213	15.352	37.005	同上
13	J-5	Py	同上	17.260	15.353	37.215	同上
14	J-6	Py	同上	17.316	15.406	37.148	同上
15	J-7	Py	同上	17.395	15.405	37.426	同上
16	J-8	Py	同上	17.195	15.454	37.181	同上
17	TZd-1	Ga	金厂沟梁金矿	16.8684	15.3292	36.9909	张立东 ^③
18	TZD	Ga	同上	16.8437	15.2796	36.8257	同上
19	35-3	Py	同上	16.8326	15.2882	36.8374	同上
20	35-4-1	Py	同上	17.0053	15.3515	37.1124	同上
21	TBF	Ga	二道沟金矿	17.1231	15.3796	37.2486	同上
22	TBX1	Py	同上	17.0465	15.3185	37.1592	同上
23	TD18-16	Py	常皋沟金矿	17.0499	15.3109	37.0118	同上
24	TD18-15	Py	同上	17.1673	15.3693	37.2571	同上
25	Pb-3	Ga	安家营子金矿	17.176	15.397	37.379	冶金一队 ^④
26	Pb-4	Ga	同上	17.236	15.443	37.507	同上
27	A-58		同上	17.306	15.441	37.438	本文
28	R-1	Ga	热水金矿	17.639	15.473	37.882	同上
29	R-6	Py	同上	17.543	15.451	37.809	同上
30	Z-7.8	Py	撰山子金矿	18.127	15.566	38.165	同上
31	Z-18	Ga	同上	18.155	15.537	38.090	同上
32	Z-32	Py	同上	18.196	15.599	38.292	同上
33	M-1	Ga	喇嘛板矿	18.295	15.559	38.172	王义文 ^⑤

注:①王子华,辽宁凌源—北票一带金矿地质特征,辽宁地质论文集,1986。

②内蒙地质三队,金厂沟梁金矿地质勘探报告,1986。

③张立东,金厂沟梁地区金矿床地质特征及成因,硕士论文,1988。

④冶金一队,安家营子金矿地质勘探报告,1986。

表2 主要金矿床铅同位素组成平均值

Table 2 Average values of Lead isotope composition of the major gold deposits

顺序号	矿床名称	测定矿物	测定数	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源
1	东五家子	Py	3	15.492	15.110	36.650	本文
2	红花沟	Py	2	15.649	15.226	36.712	同上
3	东风	Py	1	16.272	15.216	36.477	同上
4	迷力营子		1	16.308	15.206	36.356	王子华1982
5	马户沟		1	16.841	15.357	36.827	同上
6	金厂沟梁	Py Ga	12	17.093	15.363	37.057	张立东1988及
7	二道沟	Py Ga	2	17.0848	15.3491	37.2039	内蒙地质三队
8	常皋沟	Py	2	17.1086	15.3401	37.1345	张立东1988
9	安家营子	Py	3	17.239	15.427	37.441	冶金一队
10	热水	Py	2	17.591	15.462	37.846	本文
11	撰山子	Py Ga	3	18.159	15.567	38.182	同上
12	喇嘛板	Ga	1	18.295	15.559	38.172	王义文

Py-黄铁矿 Ga-方铅矿

3 铅同位素结果的解释和讨论

对于上述一套异常铅可以用铅同位素两阶段演化(两阶段铅)或者两种来源铅混合的结果来解释^{[2][3][4]}。前者把异常铅线看成二次等时线,后者则看成不同来源的混合线,尽管它们的地质意义不同,但数学表达式完全一致:

$$m = \frac{1}{137.8} \times \frac{(e^{\lambda_2 t_1} - e^{\lambda_2 t_2})}{(e^{\lambda_1 t_1} - e^{\lambda_1 t_2})}$$
 (1)

式中 m——代表异常铅线的斜率,即 b 值 t₁——代表第一阶段铀铅体系的定位年龄 t₂——代表矿化年龄 λ₁、λ₂——分别为²³⁵U、²³⁸U 的衰变常数。

许多研究者用铅的两阶段演化模式,解释华北地台其它金矿集中区具有线性特点的铅同位素组成^{[5][6]}。他们认为第一阶段从地球形成到太古代地层发生变质形成变质岩,原 μ 值 (²³⁸U/²⁰⁴Pb) 为 8.99 的铀铅体系分解,形成具有不同 μ 值的子体系(源区),第二阶段从变质后到太古代地层重熔,形成重溶花岗岩和金矿床。铅脱离各自的铀铅子体系,形成一套异常铅。因此认为铅是来自太古代变质岩层。

但是根据近年来对变质岩的铅同位素以及含铀量的研究情况看,变质作用往往使铀亏损,变质程度越深,亏损越厉害^{[2][7]}。据艾永德等(1990)的研究,本区变质岩全岩的单阶段铅模式年龄均小于 200Ma,反映了铀亏损的特点。林尔为^[6]计算出冀东地区变质岩的 μ 值,一般小于 5.3,也表明发生了铀亏损。如果是这样,则太古代地层重熔后所形成的铅同位素组成应该继承 μ 值低的特点,含放射性成因铅少。可是本区有些金矿床放射性成因铅的含量很高,如撰山子、

喇嘛板、热水金矿,其中 μ 值最高可达8.59。显然用太古代地层变质加重熔这种两阶段演化模式来解释上述一套异常铅是不符合实际情况的。

作者认为本区这一套异常铅反映了铅的两种不同来源,是两种正常铅混合造成的。各种地质证据已显示本区金矿床大致在燕山晚期形成,所以我们假设矿化年龄 $t_2=100\text{Ma}$,将 t_2 代入式(1)中,求得 $t_1=2624\text{Ma}$ 。这个值是第一种正常铅的形成年龄。而图3中直线与曲线的下交点代表第一种正常铅的组成,上交点代表第二种正常铅的组成。

为了进一步分析第二种正常铅的来源,把代表本区金矿床铅同位素组成的异常铅线的上半部分投到 Doe 和 Zartman^[8] 铅构造图上(图4),可以看出代表第二种正常铅的一端落在造山带曲线和上地幔曲线之间的大洋火山岩区内,和幔源的含金属沉积物投影范围相近。而且第二种正常铅的 μ 值(8.62)也与地幔的 μ 值(8.92)^[8]接近,与上地壳(12.24)及造山带(10.87)的相差较大。因此作者认为第二种正常铅来自上地幔。另外本区许多与金矿床关系密切的小岩株具有钨元素负异常不明显、轻稀土富集、全岩氧同位素为7.8左右、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 一般小于0.708等特点,反映出成岩物质至少有一部分是幔源的,与铅同位素指示意义相一致。从上地幔来的正常铅在100Ma以前一直在 $\mu=8.62$ 左右的封闭环境内演化,100Ma时和太古代地层中的铅混合。

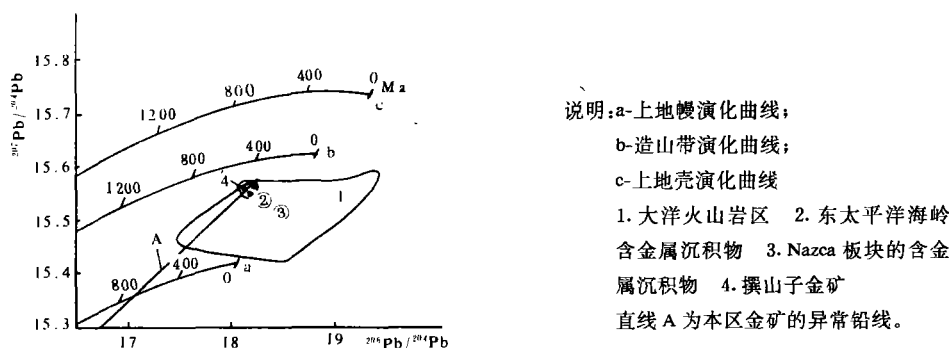


图4 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 对 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图

Fig. 4 Geotectonic environment diagram of $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ to $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$

区内金矿床的铅同位素比值在空间分布上和断裂有一定关系。从图2、3中可以看出,一、二级大断裂附近的金矿床(如撰山子、热水)含放射性成因铅比较高,位于异常铅线的上部;而分布在隆起带内部,但明显受到次一级断裂控制的金矿床(如金厂沟梁、二道沟、安家营子)含放射性成因铅比较低,位于异常铅线的中部;受大断裂控制不明显的金矿床(如东五家子、红花沟)放射性成因铅含量最低。因此认为,正常铅的混合是沿大断裂发生的。离大断裂越近,幔源铅混入就越多。据铅同位素测试结果,我们推断,金作为成矿作用的主要产物,也是由上地幔和变质岩层混合而来。

作者认为本区金矿床是在原有的花岗岩—变质岩带基础上形成的。海西或燕山早期,太古

代地层重熔形成大量的花岗岩浆,通过类底劈作用侵入到太古代地层中,形成花岗岩—变质岩隆起带。燕山运动晚期,由于受太平洋板块俯冲运动的影响,导致本区深大断裂再次活动,幔源岩浆流体沿深大断裂上升到太古代地层中,并与其反应、同熔形成一系列花岗—花岗闪长质混合岩浆。这种“混浆”沿次一级断裂侵入形成一些小的斑状花岗岩、花岗闪长岩或者闪长岩岩株、岩脉。该类岩浆后期分异出来的含金热液进入到有利的环境中沉淀富集成矿。不同来源的铅、金等元素在这个过程中发生混合。如果混合岩浆中太古代地层成份多,那么其相应形成的矿床含放射性成因铅则低,反之则高。

4 结论

a. 本区金矿床的铅同位素组成属异常铅,它们在 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 各比值相关图上成线性分布。异常铅线和单阶段正常铅演化曲线有两个交点,一个是 $t_1=2624$ 百万年,另一个是 $t_2=100$ 百万年。

b. 异常铅线不是二次等时线,而是代表混合线。反映本区金矿床的成矿物质有两个来源,一个是太古代变质岩层,另一个是上地幔,两者在燕山晚期岩浆同熔过程中发生混合。

c. 金矿床铅同位素组成和断裂关系密切,矿床离深大断裂越近含放射性成因铅也越多,表明混入的幔源物质也越多。

d. 壳幔混合岩浆热液形成本区金矿。

参考文献

- 1 李俊华、夏德兴,《同位素年龄手册》,原子能出版社,1978
- 2 福尔, G., 《同位素地质学原理》(中译本),地质出版社,1970,190
- 3 芦武长,铅同位素在矿床地质上的应用,《矿床学参考书》上册,1985,241~246
- 4 Doe, B. R., and Stacey, J. S., The application of Lead isotopes to the problems of ore genesis and prospect evaluation; a review, *Economy Geology*, Vol. 69, 1974, 757~776
- 5 王义文,中国金矿床稳定同位素地球化学研究,《国际金矿地质与勘探学术讨论会论文集》,东北工学院出版社,1989, 550~551
- 6 林尔为,冀东金矿集中区的铅同位素研究,长春地质学院学报, (4)1985, 1—9
- 7 王剑峰,《铀矿地球化学教程》,核工业部出版社,1986
- 8 Doe, B. R. and Zartman, R. E., 显生宙的铅结构,《热液矿床地球化学》上册(中译本),1979, 49、72

THE LEAD ISOTOPE COMPOSITION AND ORE GENESIS OF GOLD DEPOSITS IN CHIFENG-CHAOYANG AREA IN NORTHEAST OF CHINA

Liu Gang Guan Guangyue

(Northeast University of Technology)

Abstract

The gold deposits in Chifeng-Chaoyang Area are located in the uplifted zones which are consisted of Archean metamorphic rocks and Hercynian-Yanshanian granites.

The pyrites and galenas from the gold deposits in the area display a significant range of lead isotope compositions and fall on a linear array in the $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ diagram. We consider that the linear array may have been produced by the mixing of lead from two different sources. One is Archean metamorphic rock and the other is upper mantle.

The gold mineralization is closely related to the granites and diorites of the late Yanshan period about 100Ma.

学术交流

▲ 1991年3月35日至29日冶金工业部科技工作会议在天津召开。到会代表来自全国冶金系统约300余人。冶金工业部副部长段瑞钰同志参加了会议,并作了重要讲话。国家科委副主任朱丽兰同志,天津市市委常委王成怀同志也出席了这次会议。

▲ 1991年4月15日至20日冶金地质科技工作会议在冶金工业部天津地质研究院召开。冶金工业部地勘总局姚培慧总工程师作了题为《冶金地质工作“七五”回顾与“八五”展望》的报告。全面总结了“七五”期间冶金地质科技战线所取得的巨大成绩,讨论了“八五”规划,部署了1991年的工作安排。并要求冶金地质的广大科技人员和各级科研管理部门振奋精神,团结一致,克服困难,开拓进取,开创冶金地质科技工作的新局面,为冶金工业的发展和国民经济建设做出新的、更大的贡献。