65

胶东区域岩石铅同位素 地球化学背景研究

陈振胜 张理刚 刘敬秀 王炳成 徐金方 郑文深 (地质矿产部宜昌地质矿产研究所) (山东省地质科学研究所)

提 要 通过对胶东地区与金矿有关的地层、中基性脉岩、花岗岩以及碱性玄武岩的铅同位素地球 化学背景的研究和对比,给出区域各主要地质体的铅同位素组成值域。应用华北铅构造模式图,论 证了区域花岗岩主要源于胶东群变质岩。其中形成于中生代的与成矿有主要关系的花岗岩(郭家岭 式花岗岩和滦家河式花岗岩)及中基性脉岩主要是胶东群重熔结晶分异的产物,而前中生代的某些 花岗岩则为胶东群交代混合岩化的产物。区域碱性玄武岩由华南地幔向北下插后喷发形成。 **关键词** 铅同位素 铅构造模式 胶东区域

铅同位素地质发展至今,已有近50年的历史,然而铅同位素地质理论及其应用仍处于争论 与探索之中。如何解释铅同位素组成,其应用领域和信息意义是什么?由于模式年龄在大多数 情况下未能给出有意义的结论,目前在国内正逐步淘汰,而国外早已摒弃。究其原因,模式年龄 的严格前提及假设计算条件很难与复杂的地质过程取得共鸣。70年代末 Doe 和 Zartman (1979)^[1]提出的铅构造模式,具体应用到中国的地质情况也遇到许多问题,其根本原因在于该 模式未曾对中国的有关资料加以考虑。在这种情况下,建立中国的区域铅构造模式显得很有必 要。张理刚等^[2]通过对中国东部中生代花岗岩长石的构造环境同位素地质学开展研究后,建立 起华北、华南区域铅构造模式。我们认为,就目前的铅同位素地质研究而言,重点应放在示踪对 比上,即在区域范围内以不同岩性、地质体等为单元,了解其铅同位素构成特征,通过与矿床铅 同位素组成的对比研究示踪矿质来源,辅助判断矿床成因。在此基础上,发展大区域直至全球 性的铅同位素构造区域划分理论,指导各区域及重点片有利矿种和专属矿种的寻找。

胶东地区是我国黄金基地之一。对该区各种地质体铅同位素地质背景的研究,有助于了解 它们的铅同位素组成变化规律及其关系,对示踪矿床成矿物质来源,研究矿床成因将起到重要 的作用。

受经费限制,本次研究重点对一些缺少铅同位素数据或数据很少的地质体作了铅同位素数据补充分析测试工作,而对胶东群及区域新生代碱性玄武岩等则主要应用前人的成果。

66

1 区域地层铅同位素组成

目前多数学者认为在胶东地区,与成岩成矿有直接关系的地层主要是胶东群变质岩。盘马 矿带金矿的主要赋矿围岩即胶东群。

杨士望^[3]对胶东群不同岩性段作过系统的铅同位素分析研究。表1列出胶东群全岩铅同位 素组成。其中²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=17.012~18.025;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.149~15.762;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=36.783 ~38.824。王义文^[4]报道了胶东群变质岩中副矿物方铅矿及变质岩中铅锌硫化物脉的铅同位 素组成为:²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=17.115~17.354;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.347~15.454;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=37.260~ 37.825,它们均介于胶东群全岩铅组成值域内。图1为胶东群铅同位素组成在华北铅构造模式 图上的投影域。其中 M 为华北地幔演化线;MHLC 代表地幔型(物质)高级(变质)下地壳演化 线;CHLC 代表地壳型高级下地壳演化线;LUC 代表低级上地壳演化线;LLC 则代表介于 CHLC 和 LUC 区域变质环境中的低级下地壳演化线^[2]。

岩 性	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源
浅泣岩	17. 575	15. 358	37.292	
斜长角闪岩	17.274	15. 437	37.616	
斜长角闪岩	17.041	15. 328	37. 308	
斜长角闪岩	17.051	15. 345	37. 226	杨士望,
斜长角闪岩	17.733	15.505	37.038	1986[3]
斜长角闪岩	17.021	15. 357	36.955	
斜长角闪岩	18.025	15.758	38. 824	
斜长角闪岩	17.396	15. 438	37.340	
斜长片麻岩	17.400	15.434	37.595	
斜长片麻岩	17. 194	15.149	36. 783	
斜长片麻岩	17.156	15. 328	37.286	
斜长片麻岩	17.889	15.762	38. 182	
变粗玄岩	17.164	15. 382	37.376	
麻粒岩	17.546	15.462	37.472	
斜长角闪岩	17.390	15. 432	37. 450	王义文,1988[4]

表1 胶东群变质岩铅同位素组成

Table 1 Lead isotope compositions of Jiaodong Group metamorphic rocks

从图1中看出,胶东群岩石多数铅同位素数据点落在 CHLC 与 LLC 之间,少数在 LUC 之上

或 MHLC 演化线之下。这就表明,胶东群变质地层不仅物质组成复杂,而且所遭受的区域变质 程度的不均匀性也非常明显(变质程度的差异导致 U、Th 丢失的不均匀),胶东群中既含有幔 源物质、地幔型高级下地壳和地壳型高级下地壳物质,也还含有低级下地壳和低级上地壳乃至 高级上地壳岩石。事实上,胶东群中既含有高级区域变质岩——麻粒岩和角闪麻粒岩相岩石, 也有各种角闪岩、变粒岩以及片麻岩等中高级、中低级区域变质岩,代表的是造山带物质建造。



Fig. 1 Plumbotectonics of Jiaodong Group metamorphic rocks

2 区域花岗岩类的铅同位素组成

2.1 郭家岭式花岗岩铅同位素组成

郭家岭式花岗岩分布于招掖地区,包括三山岛、上庄、北截、丛家和郭家岭等斑状花岗闪长岩体^[5]。该类花岗岩以肉红色长石斑晶为特色。本次研究中选测了上庄、三山岛、郭家岭、北截岩体中的长石铅同位素组成,连同前人资料列表2。可以看出,郭家岭式花岗岩的长石铅同位素组成为²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 16.408~17.851;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15.342~15.581;²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 36.645~38.394。反映在图2上,除一个数据点在LUC之上外,大部分投影点落在低级下地壳(LLC)和地壳型高级下地壳(CHLC)演化线之间。

68

资料来源	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	矿物	岩 体
	36.645	15.342	16.408	长石	三山岛
-	37.909	15.466	17.188	长石	上庄
	38. 394	15.581	17.851	长石	北截
	37.869	15. 485	17.256	长石	郭家岭
张理刚,1988[6]	37.518	15.401	16.852	长石	上庄
王义文,1988[4]	37. 571	15.405	17.124	长石	郭家岭
马振东,1988[7]	37.624	15.409	17.386	长石	郭家岭
	37.647	15.444	17.154		平均

表2 郭家岭式花岗岩铅同位素组成

Table 2 Lead isotope compositions of Guojialing style granite bodies



图2 郭家岭式花岗岩铅构造模式图

Fig. 2 Plumbotectonics of Guojialing style granite bodies

2.2 "玲珑"花岗岩铅同位素组成

深入的野外观察和同位素年龄资料表明,"玲珑"花岗岩是由许多大小各异,成岩时代不同 的花岗岩体构成的复式岩基^[5]。我们把它们归为两类来讨论,一类是燕山期滦家河式中粗粒二 长花岗岩,另一类是前燕山期花岗岩。

2.2.1 滦家河式花岗岩铅同位素组成

滦家河式花岗岩包括郭家店岩体、岗山岩体和滦家河岩体^[5]。其铅同位素组成列表3。其中 ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=16.948~17.313;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.276~15.513,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=37.480~38.622。数 据投影在图3上,可以看出滦家河式岩体铅同位素投影点值域与郭家岭式花岗岩的一致,表明 这两类燕山期花岗岩体的来源物质是相似或相同的。

			-		
岩体	矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源
郭家店	长石	16.948	15. 392	37.688	
郭家店	长石	17.088	15. 472	37.634	徐金方等,
滦家河	长石	17.282	15. 276	38.622	1989[5]
岗 山	长石	17.313	15.513	37. 480	
"玲珑"中粗	长石	17.229	15.433	37.816	王义文,1988[4]
粒花岗岩					
平均		17.172	15. 417	37.848	

表3 滦家河式花岗岩铅同位素组成 Table 3 Lead isotope compositions of Luanjiahe style granite bodies

2.2.2 前燕山期"玲珑"花岗岩铅同位素组成

胶东地区金矿成矿时代集中在燕山晚期,前燕山期花岗岩与成矿通常关系不大。但有一些 很重要的金矿体产出在玲珑本地(双顶)片麻状花岗岩中,如玲珑金矿和台上金矿等。表4和图4 中给出了这些岩体的铅同位素组成。从图4中看出,投影点范围多在 LLC 演化线上下,少数落 在 LUC 以上。

表4 前燕山期"玲珑"花岗岩铅同位素4

岩 体	矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源	
台上	长石	17.161	15.540	38.068	本文	
双顶	长石	17.277	15.658	38. 345	徐金方等,1989[5]	
玲珑花岗岩	长石(2)	17.313	15.421	37.720	张均等,1988 ^①	
玲珑花岗岩	长石	17. 229	15. 433	37.816	王义文,1988[4]	
十里铺正长岩脉	长石	17. 458	15.365	37.663	本文	
云 山	长石	17.454	15. 393	37.751		
崔召	长石	16.911	15.401	37.335	徐金方等,1989 ^[5]	

17.144

长石

罗 山

Table 4 Lead isotope compositions of pre-Yanshanian"Linglong"granitoids

①张均,等,胶东西北部金的成矿系列(山东招掖地区金成矿规律及预测研究论文集,No.1).中国地质大学黄金研究所编,1988

15.453

37.714



图3 滦家河式花岗岩铅构造模式图

Fig. 3 Plumbotectonics of Luanjiahe style granite bodies

表5 昆嵛山复式岩基铅同位素组成

Table 5 Lead isotope compositions of Kunyushan complex batholiths

岩 体	矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源
金青顶	长石	17. 433	15.697	38.600	
全 青 顶 团 块 状 伟晶岩	长石	16. 984	15. 408	37. 410	本文
红石头	全岩	17.16	15.63	37.72	
红石头	全岩	17. 37	15.44	37. 57	徐金方等,
红石头	全岩	16.76	15.37	37.10	1989[5]
晒 字	全岩	16.40	15.33	36. 99	
晒 字	全岩	16. 81	15.35	36.96	
昆嵛山	长石(5)	17.002	15. 425	37. 302	王义文,1988[4]
平	均	16. 990	15.444	37. 457	





图4 前燕山期"玲珑"花岗岩铅构造模式图

Fig. 4 Plumbotectonics of pre-Yanshanian" Linglong granitoids

表6 胶东地区其它岩体铅同位素组成

Table 6 Lead isotope compositions of other granite bodies in Jiaodong region

岩 体	矿物	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源
文 登 荣 城 牙 山 三佛山	长石 长石 长石 长石	17.250 17.618 17.399 17.562	15.459 15.497 15.194 15.634	37. 575 37. 929 37. 853 38. 155	本文
香 夼 香 夼 香 夼	长石 长石 长石	17.449 17.665 17.545	15. 498 15. 598 15. 476	37.906 37.992 37.818	张乾, 1990 ^[8]

2.3 昆嵛山复式岩基铅同位素组成

牟乳金矿带的主要赋矿围岩即昆嵛山复式花岗岩,包括红石头、晒字、将军石、垛固顶等岩体。表5为昆嵛山复式花岗岩长石及全岩铅同位素组成。其中²⁰⁶ Pb/²⁰⁴ Pb = 16.40~17.433,

²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.33~15.697,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=36.96~38.600。另一件为金青顶金矿区团块状伟晶 岩长石铅同位素组成。从图5中可以看出,昆嵛山复式岩体铅同位素组成点主要落在 LLC 与 CHLC 之间;两件铅同位素数据明显离群,可能原因为源区物质不均匀。



图5 昆嵛山复式岩体铅构造模式图

Fig. 5 Plumbotectonics of kunyushan complex batholiths

2.4 区域其它花岗岩体铅同位素组成

从完整对比的角度出发,挑选了胶东地区东部的荣城岩体、文登岩体以及三佛山、牙山岩体测定其长石铅同位素组成。结果示于表6和图6中。可以发现,这些岩体铅同位素组成数据集中,主要落在低级下地壳演化线(LLC)附近,部分在低级上地壳(LUC)演化线之上。

3 区域暗色脉岩铅同位素组成

胶东地区脉岩发育,尤以中基性暗色脉岩与金矿化有密切关系,有些矿区如三甲金矿,矿体的直接围岩几乎均为暗色脉岩。表7为区域暗色脉岩铅同位素组成并示于图7中。其中²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb=17.196~18.151,²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.482~16.159,²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=37.815~39.716。台上暗色脉岩具有最高的铅同位素比值,与玲珑本地花岗岩铅同位素组成一致。从图7中看出,胶东地区暗色中基性脉岩全岩铅同位素组成并不是位于华北地幔演化线(M)上,而是在低级上地壳(LUC)演化线上下,直接表明它们并非华北地幔来源。



图6 胶东地区其它岩体铅构造模式图

Fig. 6 Plumbotectonics of other granite bodies in jiaodong region

表7 区域中基性脉岩铅同位素组成

Table 7 Lead isotope compositions of intermediate-basic dike rocks

矿区	岩脉	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	资料来源
台上	中基性岩脉	18. 151	16. 159	39.716	
三 甲	中基性岩脉	17.767	15.602	38.144	
金青顶	中基性岩脉	17.295	15.661	37.992	本文
夏甸	中基性岩脉	17.196	15. 482	37.815	
十里铺	中基性岩脉	17.906	15.591	38. 459	

4 区域碱性玄武岩铅同位素组成

为了探讨上地幔与区域金矿成矿的关系,我们搜集了区域已知碱性玄武岩铅同位素组成 资料列表8,并投影在图7中。可以看出,胶东地区碱性玄武岩铅同位素组成落在华北 LUC 演化 线右侧,偏离了华北地幔线(M)。



图7 区域中基性脉岩和玄武岩铅构造模式图

Fig. 7 Plumbotectonics of regional intermediate-basic dikes and basalts

表8 区域玄武岩铅同位素组成

Table 8 Lead isotope compositions of basalt in Jiaodong region

岩性或产状	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ РЬ/ ²⁰⁴ РЬ	资料来源
玄武岩,蓬莱五里桥	18. 210	15. 502	38.300	
玄武岩,蓬莱五里桥	18.384	15. 555	38. 340	
玄武岩,蓬莱五里桥	18.253	15. 523	38.518	mate that all dates
玄武岩,蓬莱赤山	18.179	15. 530	38.517	陈道公等,
玄武岩,栖霞山崩	18.363	15.562	38.289	1985[4]
玄武岩,栖貫山崩	18.203	15.555	38.257	
玄武岩,栖霞大方山	18. 292	15. 539	38.284	



1. 郭家岭式花岗岩
 2. 胶东群
 3. 中基性脉岩
 4. 前燕山期"玲珑"花岗岩
 5. 漆家河式花岗岩

图8 招披矿带主要地质体铅同位素值域

 Fig. 8 Lead isotope value ranges of the main geological bodies in the 花岗岩仍可能对成矿起重要作用。

 Zhaoyuan-yexian mineralization belt

 此外.区域暗色脉岩在该矿带部分

矿床中也很发育。图9示意出包括 胶东群在内的四种地质体铅同位 素组成。昆嵛山岩体铅同位素组成 明显低于胶东群,与岩体形成于晚 元古代有关

图10为盘马矿带各地质体铅 同位素组成对比图。除胶东群作为 直接赋矿岩石外,该带尚发育大量 暗色脉岩。虽然矿带内未见花岗岩 体存在,我们假定深部存在隐伏岩 体,并以前述区域其它岩体铅同位 素组成值域代表,该值域包括矿带 邻区牙山岩体和香夼岩体的铅同 位素组成。

5 区域各矿带主要地质 体铅同位素组成对比

图8表示出郭家岭式花岗岩、 两类玲珑花岗岩、暗色脉岩及胶东 群已知铅同位素组成范围。在胶东 地区,与金矿有关的岩石主要是花 岗岩、脉岩和胶东群。招掖矿带的 主要地质体铅同位素组成在图8中 可得到直观的比较。可以看出,它 10的铅同位素组成域基本上是重

牟乳矿带的主要赋矿围岩为 晚元古代昆嵛山复式岩基,它很难 与中生代成矿动力有关,郭家岭式 花岗岩仍可能对成矿起重要作用。 此外,区域暗色脉岩在该矿带部分



昆崙山复式岩体 2. 郭家岭式花岗岩 3. 中基性脉岩 4. 胶东群
 图9 牟乳矿带主要地质体铅同位素值域

Fig. 9 Lead isotope value ranges of the main geological bodies in the Muping-Rushan mineralization belt

6 胶东区域铅同位素地球化学及岩浆岩的可能演化

从图8、9、10铅同位素对比示踪中看出,中生代郭家岭式岩体、滦家河式岩体(以及牙山、香 夼等岩体)的铅同位素组成值域和变化趋势接近胶东群铅同位素值域,表明中生代花岗岩继承 了胶东群变质岩的铅同位素组合模式。但由于胶东群岩石铅同位素数据为全岩铅,多少有一些 放射成因铅的积累,使胶东群²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb比值稍高。胶东群变质岩铅同位素平均值为²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 17.388、²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb=15.433、²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb=37.475,如果将它投影到华北区域铅构造模式图 上,落在华北地幔线(M)与低级下地壳(LLC)之间,与中生代二类花岗岩平均值的展布方向一 致,表明中生代花岗岩在很大程度上可能是由胶东群演化而来的(图11)。晚元古代昆嵛山岩体 长石和全岩铅同位素组成位于胶东群平均值域之左,显然与岩体形成年龄较老有关,但它主要 仍可能是由胶东群演变而来。

如果郭家岭式、滦家河式 以及牙山等岩体是由华北地幔 物质与胶东群同熔或混熔形成 的,那么所形成的花岗岩铅同 位素组成值域应位于胶东群变 质岩全岩铅平均值之右侧,因 为胶东群中原始地幔物质(及 一些地壳沉积物质)遭受过中 级以上区域变质作用,产生了 U、Th 丢失,因此胶东群铅同位 素组成应低于地幔物质的,自 然由这二者混熔产生的花岗岩 铅同位素组成就肯定要高出胶 东群的。因此,郭家岭式等中生 代花岗岩,从铅同位素地球化 学特征上看,在形成时可能并 没有新的华北地幔物质直接混 入,而主要是由胶东群(内含原 始地幔物质)重熔产生。



1.胶东群 2.区域其它岩体 3.中基性脉岩 1.1.胶东群 2.区域其它岩体 3.中基性脉岩 1.1.0.重马矿带主要地质体铅同位素值域



胶东地区暗色脉岩全岩铅同位素组成,相对于中生代花岗岩和多数胶东群变质岩,明显具 有较高的放射成因铅积累(图7),尤其是²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 比值较高。由于暗色脉岩与新生代碱性玄 武岩铅同位素组成截然不同,因此不可能由幔源物质演化而来。我们认为,暗色脉岩可能是由 胶东群深熔后由分异作用产生的中基性部分的物质形成的。

至于区域新生代碱性玄武岩,它们的铅同位素组成偏离了华北地幔线,而与华南地慢[2]的

完全相同。因此我们认为其最可能的原因是华南岩石圈板片向北下插引起华南地幔物质在该 区喷发而形成碱性玄武岩。

铅同位素分析得到宜昌地质矿产研究所铀-铅组同仁及王可法同志的指导和协助,特此表示感谢。



1. 胶东群 2. 郭家岭式花岗岩 3. 浓家河式花岗岩 4. 昆嵛山复式岩体
 图11 区域几种主要地质体的铅同位素平均值投影点

Fig. 11 Lead isotope mean value points of several main geological bodies in Jiaodong region

参考文献

- 1 Doe B R and Zartman R E. Plumbotectonics in Barnes H (ed). Geochemistry of hydrothermal ore deposit(chapter 2). 1979, 22~70
- 2 张理刚,王可法,陈振胜,等.东亚岩石圈同位素化学结构及动力学.科学出版社,1993
- 3 杨士望.论胶东半岛西北部胶东群地层、金的矿源层和金矿床的层控性质.地质找矿论丛,1986,(3):39~49
- 4 王义文.胶东西北地区金矿床铅同位素特征及其地质意义.长春地质学院学报,1988,(3):277~286
- 5 徐金方,沈步云,牛良柱,郑文深.胶北地块与金矿有关的花岗岩类的研究.山东地质,1989,(2)
- 6 张理刚.长石铅和矿石铅同位素组成及其地质意义.矿床地质,1988,(2):55~64
- 7 马振东.中朝准地台原生金矿铅同位素特征及有关问题的探讨.地球科学一中国地质大学学报,1988,(4):395~402

第九卷 第一期

8 张乾,山东香夼斑岩型铅锌矿床的地球化学特征及成因探讨,地质找矿论丛,1990,(2):12~19

9 陈道公,彭子成.山东新生代火山岩 K-Ar 年齡和 Pb-Sr 同位素特征.地球化学,1985,(4):293~303

A STUDY ON LEAD ISOTOPE GEOCHEMICAL BACKGROUNDS OF GEOLOGICAL BODIES IN JIAODONG REGION

Chen Zhensheng¹, Zhang Ligang¹, Wang Bingcheng², Xu Jinfang²,

Zheng Wenshen², Liu Jingxiu¹

(¹Yichang Institute of Geology and Muneral Resources, 443003 ²Geological Science Institute of Shandong Province, 250014)

Abstract

Through study and comparison on lead isotope geochemical backgrounds of strata, intermediate-basic dikes, granitoids and alkalibasalts with which gold mineralizations are associated in jiaodong region, the value ranges of lead isotope compositions of each kind of main geological bodies in this region are given. Using plumbotectonics of northern China, we point out that regional granitoids are dominantly stemed from Jiaodong Group metamorphic rocks, Mesozoic granitoids and intermediate-basic dikes associated with gold mineralization are probably the products of remelting and crystallization-differentiation of Jiaodong Group, while some of the pre-Mesozoic granitoids are the products of migmatization of the Jiaodong Group Alkali-basalt in this area formed from southern China mantle by eruptiong after inserting down toward northern China plate.