48-55

维普资讯 http://www.cqvip.com

t

可控深度电法勘探

李治华 (冶金部第一地质勘查局·河北三河市)

P 631.325

⁴ 以改变地下电流密度分布状态的方法,造成地下某深度域电流密度达极大,使地质体处于最佳激发状态,提高地质体异常的信噪比,从 而达到强化欲探测深度地质体异常的目的。研究、实验及勘查实践证明,不同勘探深度组成的地电断面图,能量化地给出地质一物性体的空间位置及产状,为复杂形体的定量解释及解释的自动化创造了条件。

关键词 可控深度 电流密度 强化异常 数据处理 , 电 法 喜的才来



1 引言

Д

提高电法勘探深度,是 几代物探工作者所追求的, 国内外同行都研究过。如 E M、柯维亚柯夫斯基所著《电

法勘探》中,记载了在乌拉尔等电位线法勘查 中 H. K. 澳夫琴尼柯夫和 C. B. 沙纳耶夫都曾 研究克服低阻浮土影响、降低背景、提高信噪 比的方法来强化异常,提高了勘探深度。在 II. M. Enox 的《电剖面法》著作中讲到他和他 的同事们研究了四极及偶极装置的屏障法, Т、П. Саковчевый 研究过单极屏障法,并发表 了野外工作实例,效果明显。在国内,黄启声 研究过屏障法,费锡铨研究过聚焦法,都获得 不少成果。上述研究主要侧重于发现异常,特 别是克服低阻浮土的屏障作用,研究范围是 电阻率剖面。其他方法尚未见诸文献。我们 于 1974 年开始实验研究,后因故暂停,1981 ~1983 年正式开展了理论及实验(电阻网 络、水槽)研究,随后在一些矿区勘查中应用, 并经钻探验证。其目的,一方面是压制浅部地 质噪声的干扰,突出探测深度上异常的信噪 比,增加勘探深度;另方面是要得到复杂形态 物性体空间位置、形态的解释方法,以达到三

本文 1993 年1 月收到,1994 年 2 月改回,吴贝编辑。

维填图的目的。

2 方法的理论基础

人工电场的电法异常强度,除决定于地 质体的物性差异、规模及埋深等自然参数外, 还决定于激励地质体的电流密度的大小。一 个地质体的激励电流密度为 0 时,就不可能 产生异常。从视电阻率的微分表达式 $\rho_{i} = (j_{mn}/j_{0}) \cdot \rho_{0}$ 来看, ρ_{i} 异常与 j_{mn}/j_{0} 成正比, 令 $j_{ma} = j_{0} + j'_{h}$,则电阻率的相对异常 $\Delta \rho_{i}/\rho_{0}$ $= j'_{h}/j_{0}$, j'_{h} 为地下 H 深处地质体受电流密 度 j_{h} 激发在地表产生的电流密度异常部分, $j'_{h} = f(j_{h})$ 。在电法勘探中想增强相对异常 的强度以提高勘探深度即归结为增大 j'_{h}/j_{0} 比值问题。

为达到增强相对异常强度,我们采用减 小,⁶的方法,建立一个与基本电流方向相反 的电流补偿装置,使地表及浅部有效电流密 度大大减小,以提高 j[']_b/j₀比值。图1为均匀 介质二维电阻网络相应 入; 值测得的断面电 位电流场分布特征。右为 MN 中心点下方电 流密度随深度变化的曲线。

以均匀介质中埋藏一个球体的四极法为 例,介质电阻率为 ρ.,球体电阻率为 ρ.,球体 半径为 a,球心埋深为 H,基本极距为 L,补 偿极距为 $l, l/L = \lambda$.基本电流为 I_{AB} ,补偿电 AB中心垂线上 H 深的电流密度为 流为 $I_{A'B'}$ 与 I_{AB} 反向。 $I_{A'B'}/I_{AB} = \tau(\tau = 0 \sim 1)$ 。

$$\frac{j_{h}}{\frac{l}{\pi L_{2}}} = \frac{1}{\left[1 + (\frac{H}{L})^{2}\right]^{\frac{3}{2}}} - \frac{\lambda \cdot \tau}{\left[\lambda^{2} + (\frac{H^{2}}{L})^{\frac{3}{2}}\right]}$$
(1)

通过球体中心主剖面上距点源 R 处点上的电位为

$$U = \frac{l\rho_0}{2\pi} \left\{ \frac{1}{R} + 2\sum_{k=0}^{\infty} \frac{k(\mu-1)}{k+(k+1)\mu} \frac{a^{2k+1}}{d^{k-1}r^{k+1}} \cdot p_k(\cos\theta) \right\}$$

式中 $\rho_k(\cos\theta)$ 为勒让得多项式。为讨论方便, 表达式可简化为: 取 k=1,此时在 A、B、A'、B'中心点的电阻率

$$\rho_{i} = \rho_{0} \left\{ 1 + 2 \frac{\lambda^{2}}{\lambda^{2} - \tau} \cdot \frac{\mu - 1}{1 + 2\mu} (\frac{a}{H})^{3} \cdot \left[\frac{1}{[1 + (\frac{H}{L})^{2}]^{\frac{2}{3}}} - \frac{\lambda \cdot \tau}{[\lambda^{2} + (\frac{H}{L})^{2}]^{\frac{3}{2}}} \right] \right\}$$
(2)



图 1 二维电阻网络模拟机上可控深度装置实测等位线与电流线图 $\frac{l}{L} = \lambda = 0.3557$; $\frac{L}{L} = z = 0.14$

(2)式用相对异常表示为

$$\frac{\rho_{*} - \rho_{0}}{\rho_{0}} = 2 \frac{\lambda^{2}}{\lambda^{2} - r} \cdot \frac{\mu - 1}{1 + 2\mu} (\frac{a}{H})^{3} \cdot \left[\frac{1}{\left[1 + (\frac{H}{L})^{2}\right]^{\frac{2}{3}}} - \frac{\lambda \cdot r}{\left[\lambda^{2} + (\frac{H}{L})^{2}\right]^{\frac{3}{2}}}\right]$$
(3)

(1)式当 H=0 时

$$\frac{j_0}{l} = \frac{\lambda^2 - \tau}{\lambda^2}$$
(4)

将(1)、(4)式代入(3)式后面括弧内得

$$\frac{\Delta \rho_{\bullet}}{\rho_{0}} = \frac{\rho_{\bullet} - \rho_{0}}{\rho_{0}} = 2 \, \frac{\mu - 1}{1 + 2\mu} (\frac{a}{H})^{3} \cdot \frac{j_{h}}{j_{0}} \tag{5}$$

.49

式中 $\mu = \frac{\rho_1}{\rho_0}$ 由(5)式可以看到如下结论:

2.1 球体异常决定于球体与围岩电性比 μ、 球体半径 a、球心埋深 H,这 3 个参数;当球 体一定时其值不变,所以我们称(5)式前半部 为自然参数。

2.2 球体异常除决定于自然参数外,还决定 于 j_h/j₀值,它可以通过调整 λ、τ 得到改变, 从而达到增强异常强度的目的。

2.3 在均匀电场中 $j_{k}/j_{0}=1$,则异常表达式 与均匀场中球体异常表达式一致,可见(5)式 $j_{A/A}(j_{k})(L,T)$ 尽管是近似的,也足以说明问题。

为详细考察 $\Delta \rho_i / \rho_0 = j_h / j_0$ 间的变化关 系,应用镜象法公式分别计算了良导电球体 对称四极法 $\Delta \rho_i / \rho_0$ 极大值及可控深度装置 的 $\Delta \rho_s / \rho_0$ 极大值随球心埋深 H 的变化,同时 也计算了四极法和可控深度法 j_h / j_0 的变化。 在测量电极 MN 中心的中垂线上令 a/H 保 持一定,即矿体自然数对 $\Delta \rho_s / \rho_0$ 的贡献一 样,由浅部向深部逐渐移动球体,使球体处于 不同的 j_h / j_0 激励状态下,计算不同深度上 $\Delta \rho_s / \rho_0$ 的极大值变化,其结果如图 2。

理论计算表明,普通四极法的异常 $\Delta \rho_{a}/\rho_{o}$ 与球体受激励电流密度大小正相关,其变 化与电流密度随深度变化趋势一致,两者相 关系数 r=0.99。浅部异常最大,达0.24,即 24%,向深处随 j_{a} 减小而减小。可控深度的 异常与可控深度装置地下电流密度的变化基 本一致,浅部异常小,随深度电流密度 j_{a} 的 增加异常增大,在深度在 140 单位时,达到极 值为 99%,然后逐步衰减,两者相关系数 r= 0.74。异常与电流密度变化间的差别,是两者 峰值不在一个深度上 j_{a} 极大值在 105 单位 处,相差约 0.5a,如果把球体产生的异常看 作由电偶极子产生,中心位于 H' = H - 0.5a时,则两者极大值一致,r=1 呈完全线性相 关。从异常值大、勘探深度也大的角度讨论, 埋深 H=140 时,可控深度异常值达 99%, 而普通四极法仅为 17%,提高异常强度近 6 倍。可见,可控深度方法具有显著增强异常的 作用。从理论上讲,H=300 时,可控深度法 异常尚存 58%,普通四极法仅为 7%。第二个 特点是,可控深度装置能起大大增强深部异 常、压制浅部异常的作用,并且有最佳响应深 度,犹如一个带通信号放大器,通过调整带通 的深度达到控制勘探深度的目的。



图 2 MN 中心点下方电流密度随深度变化及良导 , 球体不同位置异常值理论计算图

L=200 单位;l=100 单位; $\lambda=0.5$;r=0.9;a/H=0.5; $\rho_1=$ 0;①为四极法中心点下方电流密度 f_1 随深度变化曲线;② 为四极法球体异常 Δρ₂/ ρ_0 随深度变化曲线;③为可控深度 法中心点下方电流密度 f_1 随深度变化曲线;④可控深度球 体 Δρ₂/ ρ_0 异常随深度变化曲线

从激发极化法来看,这个结果就更加容易理解。被激发的地质体(如矿体)的激发极 化异常与激发电流密度成正比,激发电流密

度等于 0 处的地质体不产生极化率异常,由于地表电流密度的减小而使一次电位减小, $\eta_s = \Delta v_2 / \Delta v_1$ 异常得到增加。

最佳响应深度为 j_b 极大点深度,将(1) 式对深度 H 求微分令其等于 0,得出

$$H|_{J_{h}=\mathfrak{G}\star} = L \cdot \sqrt{\frac{(\lambda \cdot \tau)^{\frac{2}{5}} - \lambda^{2}}{1 - (\lambda \cdot \tau)^{\frac{2}{5}}}}.$$
(6)

50

最佳响应深度,可以通过调整 L(AB) 2)、 λ、τ 来达到。对应不同的 L、λ、τ 值就相对有 一个最佳响应深度。λ、τ 一旦给定,最佳响应 深度只决定于 L。当 L、λ、τ 一定,最佳响应深 度一定,即勘探深度一定。

3 方法应用实例

3.1 河北某金矿床





金矿体赋存在超基性岩体的强烈硅化、 黄铁矿化蚀变体中。剖面表明矿体为高阻体, 围岩为低阻体,矿体上方有明显的高阻异常, 为钻探验证进行了电测深剖面工作。钻探揭 露 I、I、I号矿体下延很小,准备停钻,根据 电测深资料分析,深部仍有高阻异常,于是继 续钻进,在深部超基性岩与片麻岩接触带附 近新发现 2 层矿体。根据可控深度电法原理, 对电测深剖面进行了换算,令τ=0.9λ²。处理 结果见图 3。可控深度结果表明了在低阻超 基性岩中存在一延深有限的高阻体,产状向 南倾,高阻体范围略大于矿体分布范围,空间 形态与地质情况一致。另一方面,清晰地表现 出超基性岩体与片麻岩下接触带的大致位 置,根据 ZK0-1、ZK0-3 孔见矿情况向上追索 二孔 ZK0-4 和 ZK0-5 结果均见矿体和接触 带。这一结果与普通测深拟断面比较,它能清 楚地反映出倾斜矿化带及超基性岩体产状, 并且能确定出地质体空间规模及分布轮廓, 是常规方法所不能解决的。

3.2 河北省北沟金矿床

矿床赋存于二长岩与片麻岩接触带的二 长岩中,其蚀变为硅化、黄铁矿化、钾化等。在 电法普查找矿中发现高阻高极化异常,推断 该异常与金矿有关,准备钻探验证,然而电阻 率异常与激发极化异常位置不重合。为搞清 两种异常源的空间位置与形态,对垂向电测 深密料进行了可控深度方法处理, $\tau=0.9\lambda^2$, 结果见图 4。由电性断面看到 3 种地质体以 不同形态分布在不同空间位置。电阻率高阻 体形态近似等轴状,低阻体以中倾角北倾,高 阻体周围为中等电阻率介质围绕。而激发极 化体在高阻体与围岩接触带外部出现局部激 发极化异常。经过3个钻孔验证,在高阻核心 (硅化强烈处)见到富矿体,在其边缘见贫矿 体。ZK3-2 专门验证中等电阻率的片麻岩中 的激发极化异常,验证结果在外接触带片麻 岩中见有黄铁矿化与金矿化,说明矿体主要 与强烈硅化有关。这个例子有 2 点应注意, 即:①富矿产于强硅化核部,电阻率在硅化体 边缘等值线密集,与钻孔揭露的接触带基本 一致。②钻孔揭露的低阻局部具高极化地质 体为超基性岩,如 ZK3-1、ZK3-3。其边界与 ρ,的0值线之误差在3%左右。

通过上述两例结果说明,对倾斜层、等轴 状断面的空间定位、反映产状特征,都获得良 好效果,并且对参数测定的精度要求不严格, 51

方法的等效性范围较窄。



图 4 北沟金矿床可控深度 A 和 7, 剖面图 1-A 等值线;2-7, 等值线;3-金矿体;4-太古界片麻岩;5-辉 石岩;Si-硅化体

3.3 压制水平电性不均匀层影响分离局部 地质体异常

在內蒙古铬铁矿矿床上试验电法找纯橄 岩或铬铁矿时,由于水平电性层垂直方向不 均匀,导致纯橄岩异常不明显,见图 5 之曲线 ①(AB/2=340m)。电测深 166 号点为无纯 橄岩的正常 3 层地电断面曲线,作为区域背 景,采用变 r 值方法使它们在 MN 中心不产 生异常即 $j_0=0$ 。运用场的叠加原理,当 AB与 A'B' 在 MN 间产生的电位差大小相等、 方向相反时,MN 间电流密度为 0。令此时的 $I_{AB}/I_{AB}=r_0$,推导得

$$\tau_{\mathfrak{o}} = \frac{K_{A^{\prime}B^{\prime}}}{K_{AB}} \cdot \frac{\rho_{\mathfrak{s}}^{AB}}{\rho_{\mathfrak{s}}^{A^{\prime}B}}$$

ρ^{AB}、ρ^{A'B'}分别为基本装置与补偿装置在3层 断面上相应的视电阻率值 K^{AB}、K^{A'B'}分别为 52 两裝置的裝置系数。 ρ^{AB} 、 $\rho^{A'B'}$ 可以由无矿背 景地段实测,也可由已知参数的电测深标准 曲线上查到。本实例是以 166 号测深点为参 考点,按(7)式计算 L=340m,l=65m的 r 值 为 0.0154,此时可控深度异常见曲线②,异 常极明显,其最佳响应深度按(6)式计算 H=88m。纯橄岩体实际的上、下缘深度分别为 60m、115m,纯橄岩体处于最佳激发环境之 中。如果 L=340m,l=150m,r=0.1,结果如 曲线③,异常又不明显了,此时最佳响应深度 H=122m,越出纯橄岩体下缘,异常当然要 变小。同时反映出可控深度异常指示地质体 空间位置的确切程度。

分离局部异常,图5中电测深166号点 为正常地段,200号点为异常点,两者差别仅 在100~600m极距段有反应,为研究异常的 地质体特征,采用了与前述压制水平电性层 的类似方法,将166号点作为背景,使用(7) 式分别计算每对极距的 r 值,计算出相应的 L、λ、τ值的ρ。值,并根据公式(6)计算最佳响 应深度 H,根据计算的 H 与相应的 p, 画成 p, 随深度变化曲线④。这就是从测深曲线分离 出的局部异常, o. 异常在 AB/2=150m 时出 现极小值对应纯橄岩体,用公式(6)计算最佳 响应深度 H=73.5m,相当于纯橄岩体上下 缘的中点上移了中点到上缘距离的一半,与 前面讨论的球体异常极值的位置相近。曲线 ④犹如一条测井曲线,上下界线清楚,确定地 质体位置十分方便。

3.4 关于消除浅部不均匀物性体异常的例 子

当探测深部地质体时,浅部电性不均匀 会引起异常复杂化,使深部低缓异常模糊不 清。为突出深部异常压制浅部异常,也可通过 使地下某深度电流密度为 0,来压制那个深 度地质体异常。图 6 是二维电阻网络模拟试 验结果。普通四极剖面法在深部大模型上获 Δρ./ρ。为 17%的 ρ. 异常,而两侧浅部小模型 上获 16%ρ. 异常,异常值相当。可控深度法 λ =0.2,τ=0.25 时观测结果为曲线①电流密 度在小模型中心附近为 0,使 ρ, 异常曲线① 小模型异常消失,而深部大模型异常 ρ, 极小 值幅度增大到 46%,起到了压制浅部、增强 深部信息的目的。异常呈高阻是由于地表电 流与深部反向之故,曲线②③虽有增强深部 异常作用,但浅部异常并未消失,主要原因是 曲线②③电流密度在浅部地质体处不为0所 致。如要浅部地质体不在同一个深度,可以调 节 $j_h=0$ 的深度各个消除。 $j_h=0$ 点的深度可 由(8)式求得。





1-铬铁矿;2-纯橄岩;3-斜辉橄岩;①AB/2=340m的普通四极法异常曲线;②可控深度 AB/2=340m、A'B'/2=65m,r= 0、0154 异常曲线;③可控深度 AB/2=340m,A'B'/2=150m,r=0.1 异常曲线;④200 号测深点可控深度换算的电阻率随深 度的变化曲线

$$H|_{j_{h}=0} = L \cdot \sqrt{\frac{(\lambda \cdot r)^{\frac{2}{3}} - \lambda^{2}}{1 - (\lambda \cdot r)^{\frac{2}{3}}}} \quad (8) \quad 4 \quad \text{可控深度数据处理}$$

53

4.1 p. 值计算

野外及实验直接测量可控深度装置 MN极间电位差 ΔU,AB送入地下电流 I,确 定τ值后,A 表达式为



图 6 二维电阻网络上压制浅部地质体异常提高 深部地质体异常试验结果

(A)为常规对称四极法,(B)为可控深度对称四极法,a-网 络基本步长, $\rho_0 = 1000\Omega \cdot m_1 \rho_1 = 0.1 \rho_0, \rho_2 = 5\rho_0, ①L = 20a, l = 4a, r = 0.25 电阻率及中心点下方电流密度 j, 随深$ 度变化曲线,②L = 20a, l = 6u, r = 0.25 电阻率异常及中心点下方电流密度 j, 随深度变化曲线;③L = 20a, l = 8a, r = 0.25 电阻率异常以及中心点下方电流密度 j, 随深度变化

对三极或联剖的可控度装置系数

$$K = \frac{2\pi}{MN} \cdot \frac{1}{\frac{1}{L^2 - (\frac{MN}{2})^2} - \tau \frac{1}{l^2 - (\frac{MN}{2})^2}}$$

 4.2 关于τ值的确定 无论直接测量还是数据处理,τ值的确 54 定都很重要,关系到压制浅部增强深部信息的程度。当地表无电流时的r值叫 r_0 ,

$$\tau_{o} = \frac{l^{2} - (\frac{MN}{2})^{2}}{L^{2} - (\frac{MN}{2})^{2}}$$

>0 By, $\tau_{o} = \frac{l^{2}}{L^{2}} = \lambda^{2}$

采用 $\tau = \tau_0$ 作野外測量时,由于 $K = \infty$ 所以只測量 $\Delta V/I$,不计算电阻率。为获得电 阻率结果,一般令 $\tau = (0.9 \sim 0.95)\tau_0$,即可满 足需要。为获得地下某深度电流密度为0时, 应 $\tau > \tau_0$,一般令 $\tau = (1.05 \rightarrow 1.1)\tau_0$ 。

4.3 资料转换

为充分利用以往双四极电剖面垂向电测 深资料,可以转换为可控深度资料,以利突出 深部异常并进行量化解释。

根据电位互换原理,转换双四极法公式

$$\frac{\rho_{\bullet}}{K} = \frac{\rho_{\bullet}^{AB}}{K^{AB}} - \tau \frac{\rho_{\bullet}^{A'B'}}{K^{A'B'}}$$
(10)

如果 MN→0 时,公式简化为

$$\rho_{s} = \frac{\lambda^{2}}{\lambda^{2} - \tau} \left(\rho_{s}^{AB} - \frac{\tau}{\lambda^{2}} \rho_{s}^{A'B'} \right) \qquad (11)$$

K 为可控深度装置系数,K^{AB}、K^{AB}、H^{AB} 分别为四 极法大极距小极距的装置系数。ρ,的角标分 别为 AB 极、A' B' 极观测结果。

三极装置或联剖装置

$$\frac{\rho_{i}^{AA'}}{K} = \frac{\rho_{i}^{A}}{K_{A}} - \tau \frac{\rho_{i}^{A'}}{K_{A'}}$$
(12)

当 MN→0 时

$$\rho_{\bullet}^{AA^{\bullet}} = \frac{\lambda^2}{\lambda^2 - \tau} (\rho_{\bullet}^A - \frac{\tau}{\lambda^2} \rho_{\bullet}^{A^{\prime}}) \qquad (13)$$

其他装置读者可自己推导,激发极化法的转 换公式为

$$\eta_{s} = \frac{\eta_{s}^{AB} \cdot \rho_{s}^{AB} - \frac{\tau}{\lambda^{2}} \eta_{s}^{A'B'} \cdot \rho_{s}^{A'B'}}{\rho_{s}^{AB} - \frac{\tau}{\lambda^{2}} \rho_{s}^{A'B'}} \quad (14)$$

4.4 编制电测深地电断面图

电测深工作有一系列极距,按需要可将 相邻两极距组成对,也可每隔一个极距组成 一对,构成可控深度测深。用(10)至(14)式计 算 A 及 n,同时按(6)式计算出最佳响应深 度 H,按算术比例尺点出 H 点位置,标出 A 和 n.值,一个剖面的几个测深点可构成一个 断面,勾绘出的等值线形态及空间位置,就可 作为解释结果。

5 结论

可控深度电法经过两年多的理论研究及 模型试验,通过10年来对6个矿区的实践及 工程验证,方法理论成立,实践检验效果良 好。方法具有显著增强深源地质体异常信噪 比压制浅源异常的功能,能提高勘探深度。通 过调整电流密度等于0的深度,可消除或压 制浅源体异常,电流密度0点的深度将下半 空间分成两种电流方向的激励场,利用它的 特点可区别异常源的位置,这方面的潜力尚 待开发。电测深电性断面能形象地描绘电性体的产状形态及空间位置,其精度在书查找 矿阶段是可以接受的,为解释自动化提供了 条件。本方法对剖面上为近等轴状体,薄层水 平层,薄至中等厚度的倾斜层应用效果显著, 对厚水平层未显示多大的优越性。应用常规 电法结果进行数据处理为可控深度结果,实 践证明误差不大,说明偶然误差在解释中容 易剔除。本文所举方法应用实例皆为常规方 法测量结果换算而成,由于可控深度野外测 量方法较复杂,因此尚未有直接测量结果是 一不足。今后需要逐步实践补充。近年来对 本方法也有人持不同的学术观点,但实践是 检验真理的唯一标准,相信通过进一步扩大 实践范围,方法将更成熟。

曾参加本方法部分理论研究、模型实验 及野外工作的有李永年、季祝林、吕桂玉、杨 宏勇、王湘瑞等同事,实际资料来自我局物探 队,在此一并致谢。

Depth-Controled Electrical Survey

LI Zhihua

This paper discusses the Depth-Controled Electrical Survey (DCES) which can retribute underground current density and make it to be maximum at an imterested depth range. While a geological body surveyed is in optimum induced condition, the S/ N ratio will be increased and the anomaly of the geological body enhanced. It is proved by theoretic deduction, model experiments and field measu rements that geoelectric profiles at different depths can quantitative show the position and occurrence of the geological body. This would be favourable to quantitative and automatic interpretation of sophisticated geological bodies.

(上接第47页)

I

- 8. <u>康显</u>桂,河北省宽城峪耳崖花岗岩体特征,成因及含 金性研究,南京大学地球科学系硕士论文,1990.
- 金性研究.南京大学地球科学系硕士论文,1990. 9 Swanra jran jan Bis was, Thomas Walsh, Gerhard Bart
- et al. Thermal metamorphism of primitive mete meteror-

ires -XI. The enstatite meterorites, origin and evolution of a parent body , Geochimica of Cosmochimica Acta , 1980,44,2097~2110.

Discovery of Cosmic Dust and Its Feature in Jidong Granite and Metamorphic Rocks of Qianxi Group

Kang Xiangu, Chen Kerong, Che Xiaoming, Kang Jundu

For the first time strong magnetic ferruginous spherules were discovered in rueryau. Huluyu and Sandaowan rock bodies of Jidong and in the metamorphic rocks of Qianxi group basement. After a lot of work was carried out , it has been confirmed that they belong to the same kind of cosmic dust. It is the first time to find the cosmic dust in Qianxi group metamorphic rocks.

55