土壤吸附汞、气汞测量在厚婆坳矿区的找矿效果

常凤池* 李德亮 孙凤舟 吴志坚 甘立水 罗庆超
（冶金部物探公司） （广东省有色地质931队）

广东省潮安县厚婆坳锡铅锌矿，是一个具有几百年开采历史的老矿山，目前储量出现危机。多年来，为解决矿山的资源问题，在矿区及其外围，曾先后开展过几次较大规模的地质勘探，也做过比较详细的物化探综合扫面工作。但由于区内大面积厚覆盖层的影响和含炭质岩石的干扰，地质效果不理想。

为了研究厚层覆盖条件下的找矿方法，我们在矿区的中区开展了土壤吸附汞测量（又称热释汞）。为了和壤中吸附汞对比，在区内还做了壤中气汞测量。结果表明，这两种相态的汞异常基本吻合，土壤吸附汞异常和壤中气汞异常，在平面上构成数条汞量的高浓度带。部分异常经过钻探工程验证，均已见到工业矿体。由于这些新矿体的发现，使矿山的储量增长，开始扭转矿山的危机局面。

概　况

（一）矿区地质概况　矿区位于潮汕平原北缘，在区域上属田东河与水美断裂南侧，军田—洋铁岭背斜的北东倾伏端。区内断裂发育，并具多期活动的特点，其中最大的断裂F_1，目前认为呈北西走向，延伸达1100米。除此之外，还广泛发育着一些平推断层，这类断层多被矿液充填，构成了一个近似菱形的成矿格局。出露地层属晚三叠世到早侏罗世的一套海陆交互相沉积。主要岩石为中粒石英砂岩、泥质粉砂岩、炭质页岩等。岩浆岩为石英斑岩．煌斑岩、辉绿岩，呈岩脉（墙）产出。矿床属以中温为主的中、高温热液矿床，矿体（脉）严格受断裂或裂隙控制。原生矿物有锡石、磁黄铁矿、黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等；氧化矿物有褐铁矿、铜蓝；非金金属矿物有石英、电气石、绿泥石、方解石、绢云母和石髓。

（二）景观条件及覆盖层特点　矿区范围有山地和平原，山地分布在矿区中心，由一些30～80米高的山丘毗连而成。区内成壤作用良好，有红壤、棕壤、黄壤等，残坡积物的厚度为3～6米，最厚达12米，在剖面上A、B、C三层清晰可见。冲积层分布在平原、山沟或河谷两岸，厚度20～40米；各层之间呈整合接触，从上到下粒度由细变粗，具冲积建造常有的分选作用特点。土壤的性质分为粘土层、砂质粘土层、砂质层、砂砾层，这代表了一个完整的冲积程序。

本次工作区选在矿区的东区和中区，总面积为0.5平方公里。

（三）仪器及方法　本期工作使用了单光束原子吸收测汞仪，最低检测限为2×10^{-11}克，测定上限为6×10^{-9}克。土壤吸附汞测量工作网度为20×80米。根据对三种不同粒级的试验，选择了小于80目的混合粒度。热释温度为150℃，加热时间为5分钟。壤中气汞测量网度为20×160。由于壤中气体的补给条件与大气不同，使得壤中气汞的含量并不与采样体积呈简单的正比关系，通过试验，确定采样体积为5升，含量以绝对量表示。

工作区内汞的含量特征

（一）土壤吸附汞、气汞的背景含量　区内汞的背景含量，在运积物上一般高于残坡积物，特别是土壤吸附汞，可发生较大范围的变化。不同的岩石和土壤，虽然由于性质不同，对土壤吸附汞和气汞测量有影响，但未造成较大差异。在整个测区内，岩浆岩上方残坡土壤中，吸附汞和气汞的背景含量都比较高。地表的人工堆积（如废石堆、选矿尾砂、河岸堆积物等）对土壤吸附汞可造成很强的干扰异常，但对壤中气汞测量影响不大。不同景观条件下土壤吸附汞和气汞的背景含量分布见图1。

* 执笔者

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

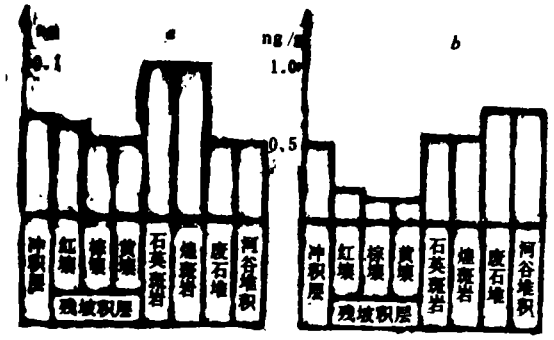

图 1　测区壤中气汞（a）和吸附汞（b）背景值分布

（二）已知矿上吸附汞、气汞的含量特征

1.㊵号脉：东区㊵号矿脉，呈北西走向，倾向南东，氧化矿体距地表50米。矿脉厚度大、延伸长、品位高，是本区的主要矿脉之一。由方铅矿、闪锌矿、黄铁矿等组成的致密块状矿石中，含汞量为0.44ppm，穿过该矿脉的15线地表吸附汞和气汞的测量结果表明，在矿体的前缘及主矿体上的上盘土壤中，都有吸附汞和气汞异常存在（图 2 ）。特别是土壤吸附汞，其含量稳定，在此剖面上较气汞异常更清晰地反映了深部的㊵号矿脉。

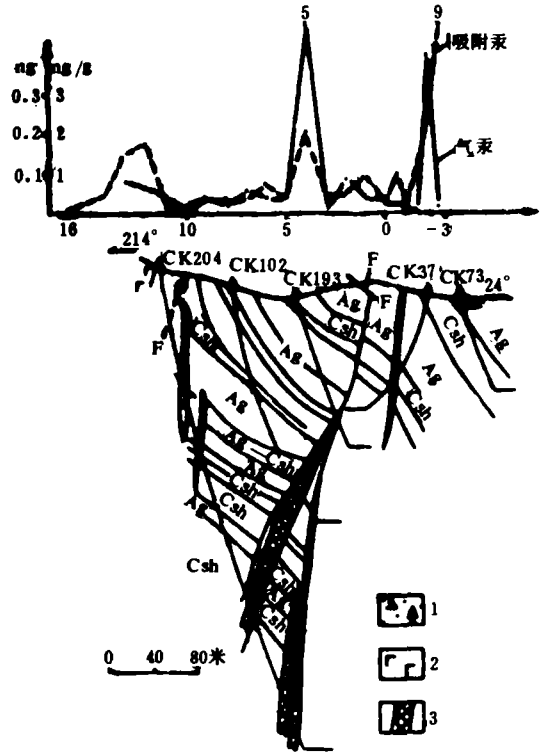

图 2　测区15线综合剖面图

Ag—中粒石英砂岩；　Csh—泥质粉砂岩；

1—残积坡积冲积层，　2—煌斑岩；　3—锡铅锌矿体

2.㊼号脉：㊼号矿脉是矿山在 2 号井施工过程中发现的。931队经过详细调查，施工了ＣＫ401，ＣＫ403孔，证实该矿脉在中区的存在，并且在㊼号脉的下盘，发现有一条与㊼号脉相平行的㊿号脉。我们将这两条埋深70～150米的矿脉也做为已知，在地表做了壤中吸附汞和气汞测量，结果都有异常显示。

两个已知地段的测量结果表明，在矿体上方土壤中，土壤吸附汞和气汞测量都有明显的异常，尽管二者由于各种因素的影响，在某些地段并不十分吻合，但都能说明以这两种汞量异常来寻找深部的盲矿体（脉），具有良好的效果。

找矿效果

（一）工作结果及初步预测　土壤吸附汞测量和壤中气汞测量，在区内共圈出 7 个异常（图 3 ），其中Ⅰ、Ⅱ、$Ⅳ_2$号异常，是由已知的㊵、㊿、㊺号脉所引起；$Ⅳ_1$号异常经ＣＫ403孔验证，可能为一条近东西向展布的石英斑岩脉所引起；Ⅵ号异常是一单一吸附汞异常，地表检查认为是由河岸的人工堆积污染所致；Ⅶ号异常区内废石堆等人工堆积广布，对吸附汞测量可造成影响，但在吸附汞异常上，气汞异常也有较好反映，根据气汞测量的污染试验，废石堆等人工堆积，对气汞测量不能造成大的干扰，因此该异常的价值和意义仍需进一步研究。

Ⅲ、Ⅴ号异常由吸附汞和气汞异常组成，异常形态规则，呈长带状展布。Ⅲ号异常位于㊼号脉的北侧，Ⅴ号异常位于㊿号脉南侧，这两个异常和$Ⅳ_1$、$Ⅳ_2$号异常构成四条平行排列的高汞浓度带。根据Ⅲ、Ⅴ号异常的展布方向和本区成矿特点，认为是由两条矿脉引起的异常。$Ⅳ_2$号异常在91线以西反映了㊼和㊿号脉的存在，以东则指示㊼、㊿号脉的延展。

（二）找矿效果和经济效益

1.$Ⅳ_2$号异常验证结果：为了查清㊼、㊿号矿脉的延伸情况，先后施工了ＣＫ409，ＣＫ440，ＣＫ408孔（原设计孔），结果都见到了工业矿体（图 4 、5），从而控制了㊼、㊿号脉的走向、延伸和规模。

2.Ⅴ号异常的验证结果：Ⅴ号异常范围内的覆盖物主要为残坡积物。经地表槽探工程揭露，见到由强

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

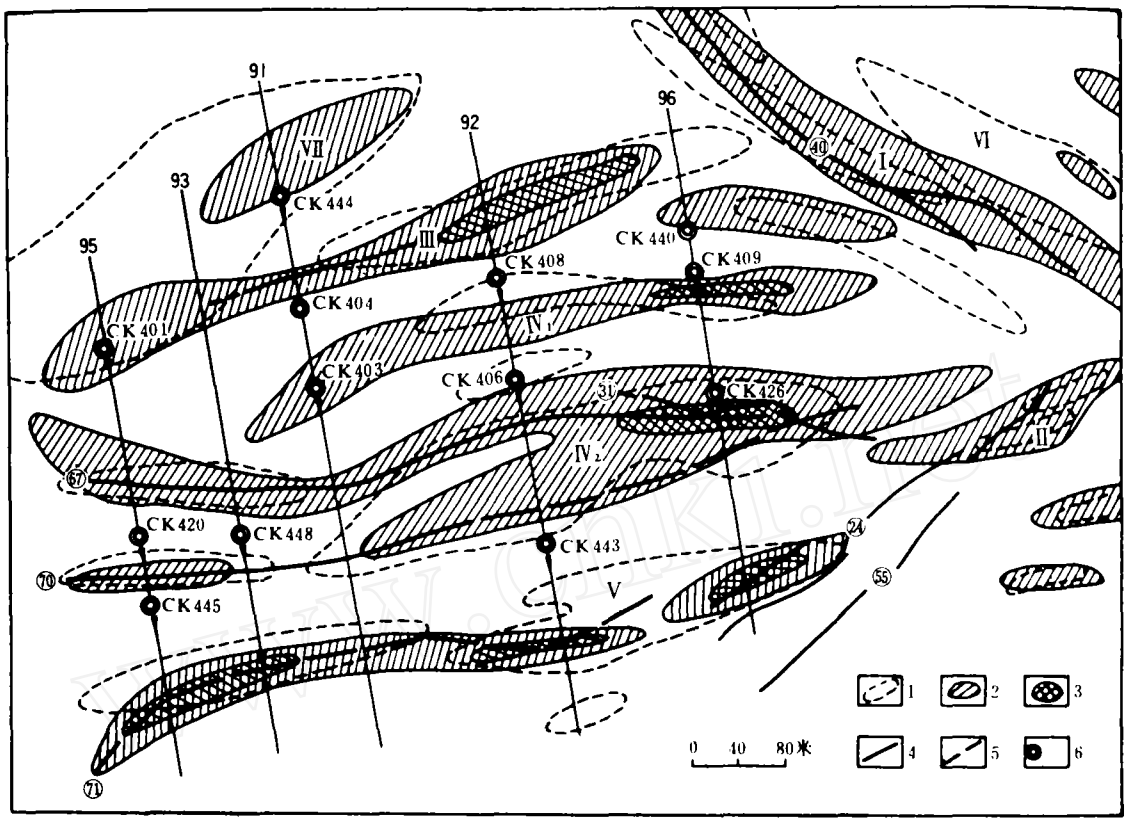

图3　测区壤中吸附汞及壤中气汞异常分布及验证情况

1—壤中吸附汞异常；　2—壤中气汞异常（Hg>14ng）；　3—壤中气汞异常（Hg>40ng）；

4—已知矿体　5—新发现矿体；　6—验证钻孔

烈绢云母化、硅化、绿泥石化和稀疏褐铁矿细脉组成的蚀变带。蚀变带近东西走向，带内岩石裂隙发育，有的地段具明显破碎现象。1984年931队先后施工了CK426，CK443、CK448、CK445孔进行深部验证，结果都见到了工业矿体(图4、5、6、7)，所见新矿体编为⑦1号。目前Ⅴ号异常已控制长度约480米，⑦1号脉控深120米，矿体平均厚度为3.54米，矿石多为致密块状或浸染状，金属的品位为：Sn0.32%，Pb1.08%，Zn1.44%，而且含较高的Ag，可综合利用。

3.Ⅲ号异常的验证结果：由于Ⅲ号异常正位于山脚堆积和运积物上，覆盖层厚度较大，地表揭露比较困难。为了验证该异常，首先在异常发育较好的92线设计了CK444/92，但因正位于果园内，故在施工时改为CK444/91孔进行试打。在孔深21.27～75.85米、135.15米、155.25～157.92米处，分别见到了由方铅矿、闪锌矿、黄铁矿组成的细脉带。在135.15米处，是一条1.2厘米宽的细脉，完全由方铅矿、闪锌矿所充填，在其上下盘6米范围内，亦有稀疏的小脉存在；另外，在这三段矿化带上绿泥石化、黄铁矿化、硅化等蚀变非常强烈。初步认为Ⅲ号异常也为一条近东西向的工业矿脉所引起，931队决定继续验证，并着重在92线以东加密工程。

厚婆坳矿区应用土壤吸附汞和壤中气汞测量方法，有效地发现了深部的盲矿体（脉），取得了良好的找矿效果，使矿山的储量危机局面得到初步解决，经济效益显著。

异常形成机理的初步认识

对汞的迁移，转化及异常形成，几年来国内外学者进行了广泛的研究，认为地表汞异常的形成，除与矿体中含汞矿物有关外，还与矿体中硫化物多寡、矿

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

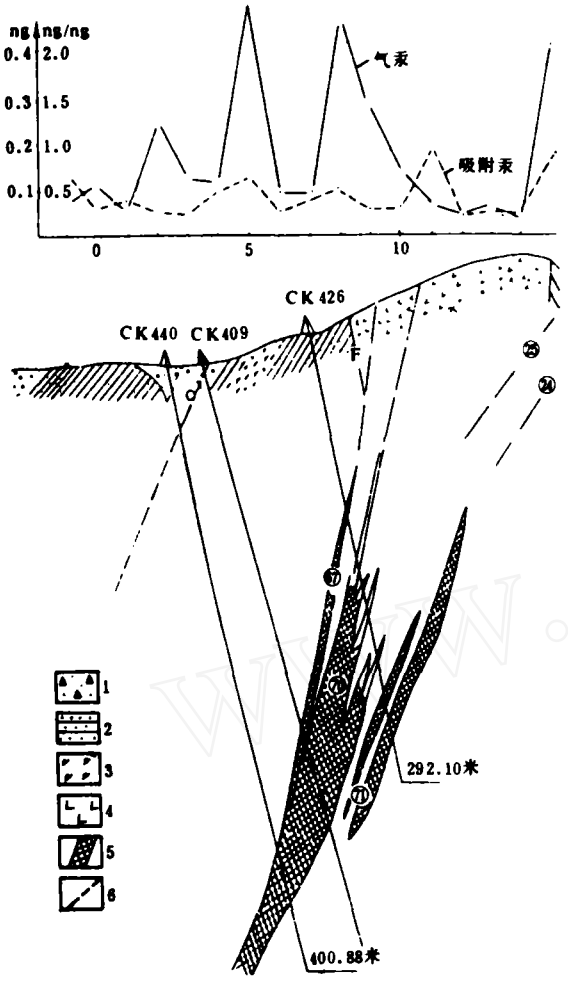

图4　96线Ⅳ、Ⅴ异常验证情况

1—第四系；2—石英砂岩；3—泥质粉砂岩；4—煌斑岩脉；5—矿体；6—推测矿体

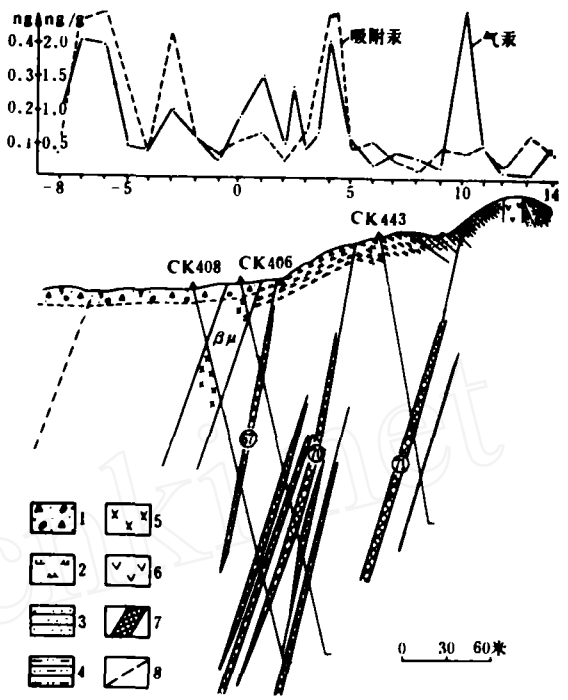

图5　92线Ⅳ、Ⅴ号异常验证情况

1—第四系；2—泥质粉砂岩；3—中粒石英砂岩；4—泥质粉砂岩夹炭质页岩；5—辉绿岩脉；6—煌斑岩脉；7—矿体；8—推测矿体

体产状、氧化程度有关。而断裂（含矿）或裂隙的发育程度、地下水中Cl^-的存在、地表土壤的厚度、土壤的性质和储气条件，则是影响汞异常发育的外部因素。经过两年来的研究，对厚婆坳矿区汞的迁移转化和异常形成的初步认识是：

（一）汞异常形成的内部因素

1.厚婆坳矿是以中温为主的中、高温热液硫化物矿床。矿体中虽然未见有汞的矿物，但在由方铅矿，闪锌矿等组成的致密块状矿石中，汞的含量很高，平均值为0.44ppm，说明硫化矿体是汞的主要赋存体。

2.从95线穿脉坑道的观察，无论是⑥⑦还是⑦⓪、⑦①号脉，矿体产状都很陡，这对汞的迁移有利。

3.矿体氧化强烈且深度较大。如在东区－48米中段，可见到氧化矿体和原生矿体共存。在氧化矿石中，硫化物已全都消失，矿石变为“蜂窝”状，含汞量为0.19ppm，说明原生矿石中的汞，已随着矿石的氧化而被释出一部分，这部分汞是地表汞异常的主要来源。

（二）汞的迁移形式及异常形成外部条件　通过实地观察和实验，认为以下两种迁移形式都是存在的。

1.矿区的断裂和裂隙，一般属于开放或半开放型，如在CK420孔的施工中，曾发生严重的钻孔漏水现象，为堵漏放入的红色泥浆，在深部－115米中段的含矿断裂带上流出。再如区内含矿断裂的含水多少，与地表降雨关系密切。这些资料说明，区内的断裂或裂隙，都有着良好的导气条件，矿体中产生的游离汞，通过这些有利构造以气态形式向上迁移，无疑是一种重要形式。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

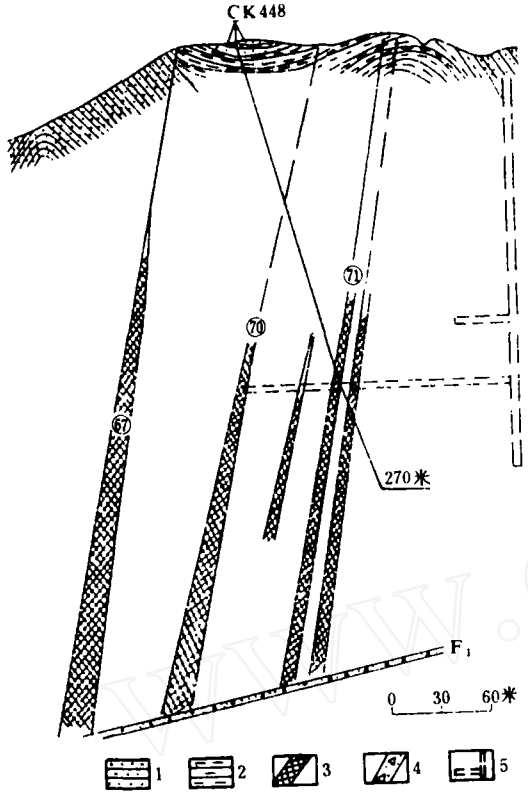

图 6　93线Ⅴ号异常验证情况

1—中粒石英砂岩；2—炭质页岩；3—矿体；4—断裂带；5—竖井

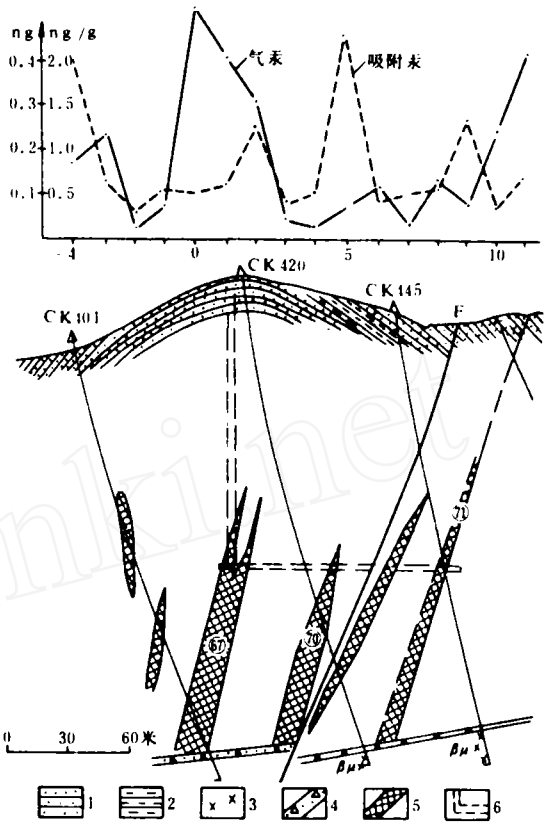

图 7　95线Ⅴ号异常验证情况

1—中粒石英砂岩；2—炭质页岩；3—辉绿岩；4—矿体；5—断层；6—竖井

2.通过对㊵号、㊼号、㊿号、71号脉中断层泥和裂隙泥中吸附汞的测定，发现㊵号脉旁侧断层泥中的含汞量为0.13ppm，㊼、㊿、71号脉旁侧断层泥中汞量为0.04ppm。南京大学地质系曾对矿区成矿组份做过较深入研究，认为厚婆坳矿富S，Cl而贫F。当地环保部门通过对矿区周围地下水及地表水的测定，也证实了区内Cl具有一定含量。因此，矿体所淋滤出的汞离子，有可能与Cl结合成稳定的络合物，并以此形式沿断裂或裂隙向上迁移，也是完全可能的。

3.矿区具有较好的储气条件，从整个矿区景观条件分析，无论是运积物层还是残坡积层，都具有着一定厚度，这对汞起到了“保存”作用。

4.区内土壤的pH值为4.5～5.5，经验证明，在这中偏酸性的土壤中，有利于地表汞的转化和异常的形成。

厚婆坳矿区应用土壤吸附汞和壤中气汞测量找矿的实践说明，在厚层残坡积和外来运积物覆盖区，用来寻找与断裂或裂隙有关的含汞硫化物Sn，Pb，Zn多金属矿床，土壤吸附汞和壤中气汞测量是一种有效的方法。

工作中得到胡国廉工程师的指导，赖文明同志参加了部分工作，原931队总地质师李泽华同志给予了大力支持，在成文过程中，得到李惠、陈建帮工程师的鼓励和帮助，在此一并致谢！

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net