高密度电阻率法
在建设工程探测中的应用

浙江省工程物探勘察院
赵竹占　　教授级高工
13606642404
E-mail:hzzhaozz@126.com



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技





PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术

§ 采用往地下供电建立人工电场,利用岩土的电差异在地表的电位差,来达到划分岩性地层分层、寻找岩溶土洞、确定地质构造、判别地下含水层和确定地质灾害成因等作用，同时也应用于管线探测，古文物探测，地下人防工程探测等工程中。

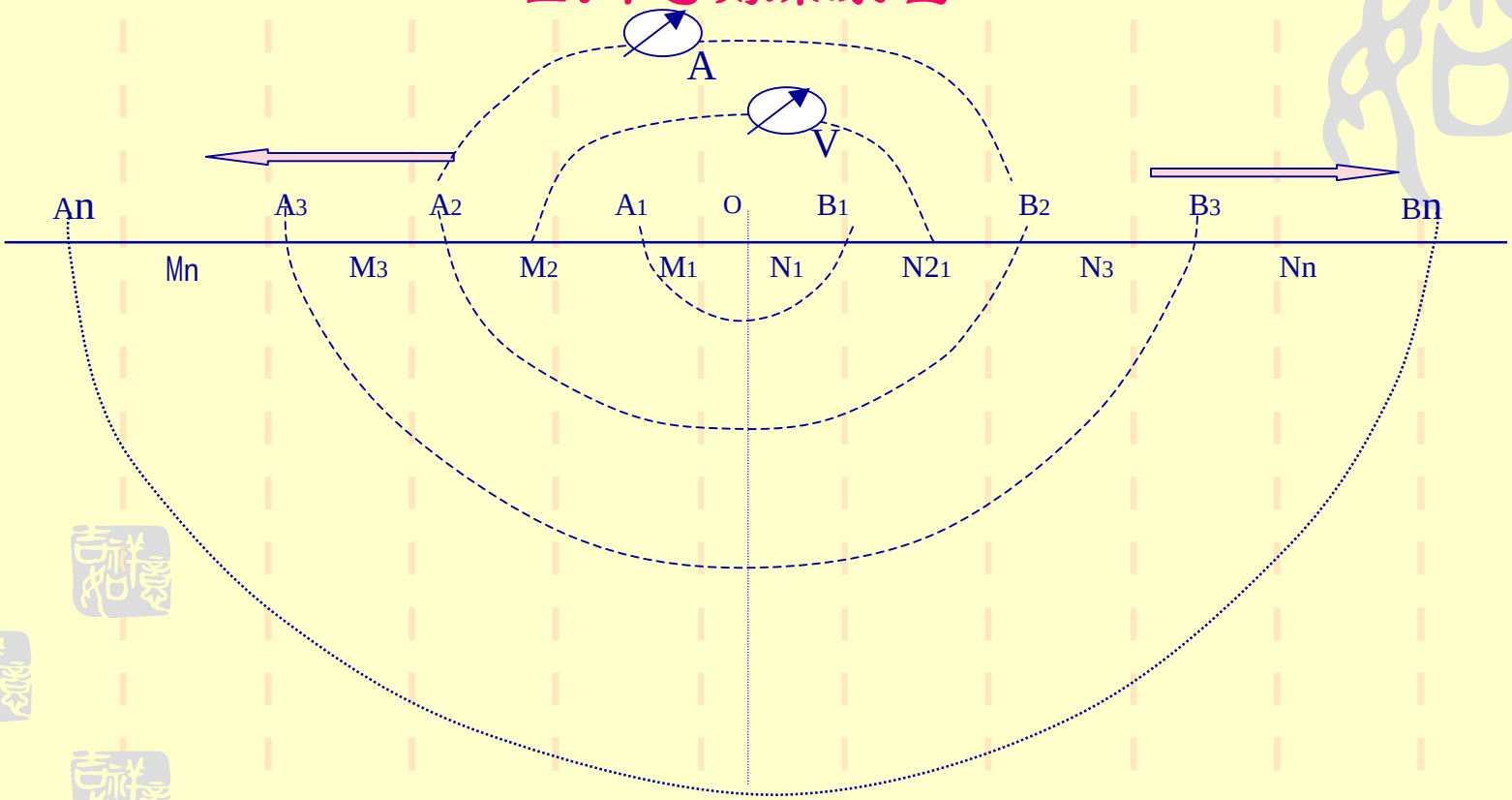
§ *电剖面法、电测深法、高密度电法*

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- 高密度电阻率法是高精度的直流电法方法。它是集电剖面法和电测深的观测特点为一体的　一种地学层析成像技术。
  - 高密度电阻率法也称“密电极法”、“多电极法”、“电阻率CT”等，1992年和1995年日本东京召开的国际地学层析成像会议上，采用统一的名称—电阻率层析成像（RT）,取代以往的不同名称。
  - 从工作布置上看，电极密度大是电阻率层析成像技术区别于常规电阻率法的最大特点。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

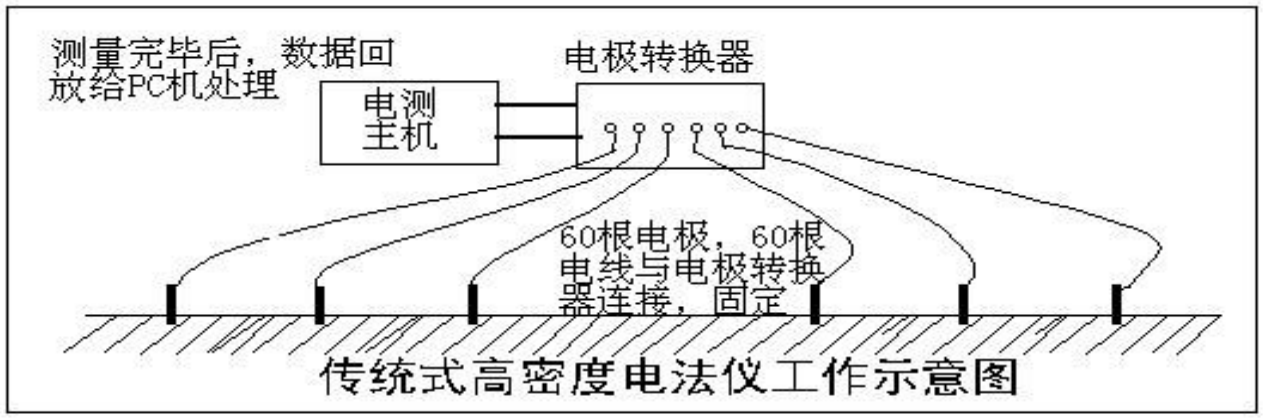
垂向电测深原理



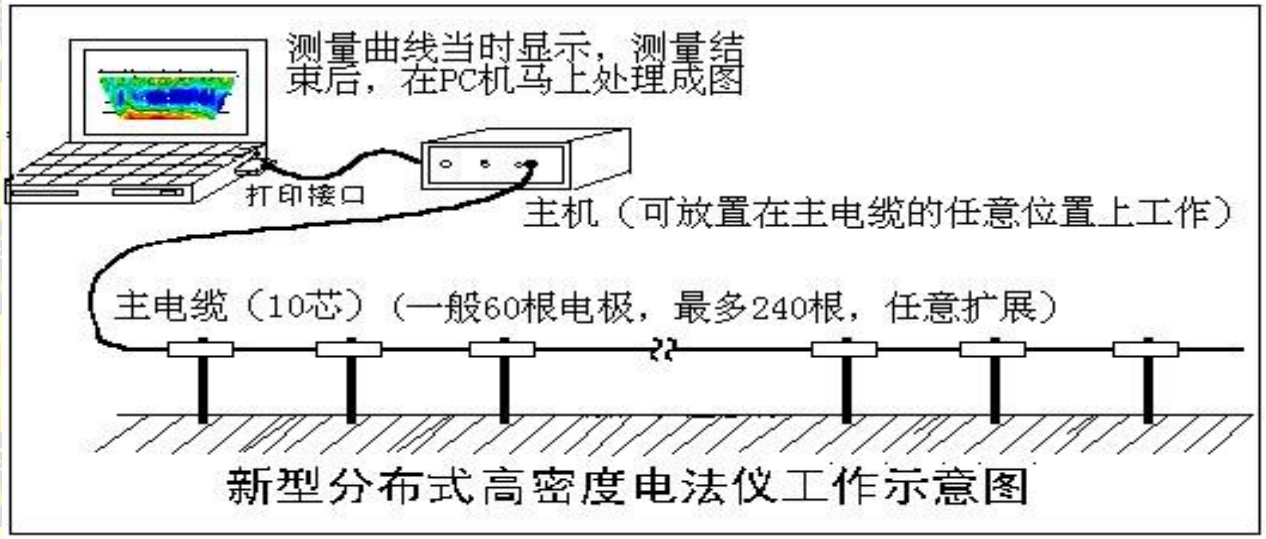
电测深法是电法勘探的基本方法，是研究指定地点的岩层电阻率随深度变化的方法，在地面上以测点为中心，从近到远逐渐增加观测装置距离进行测量，可测得由表层到深层不同深度范围的视电阻率值，从而反映由浅到深的地层情况变化。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法的两大类型



传统式高密度电法仪工作示意图

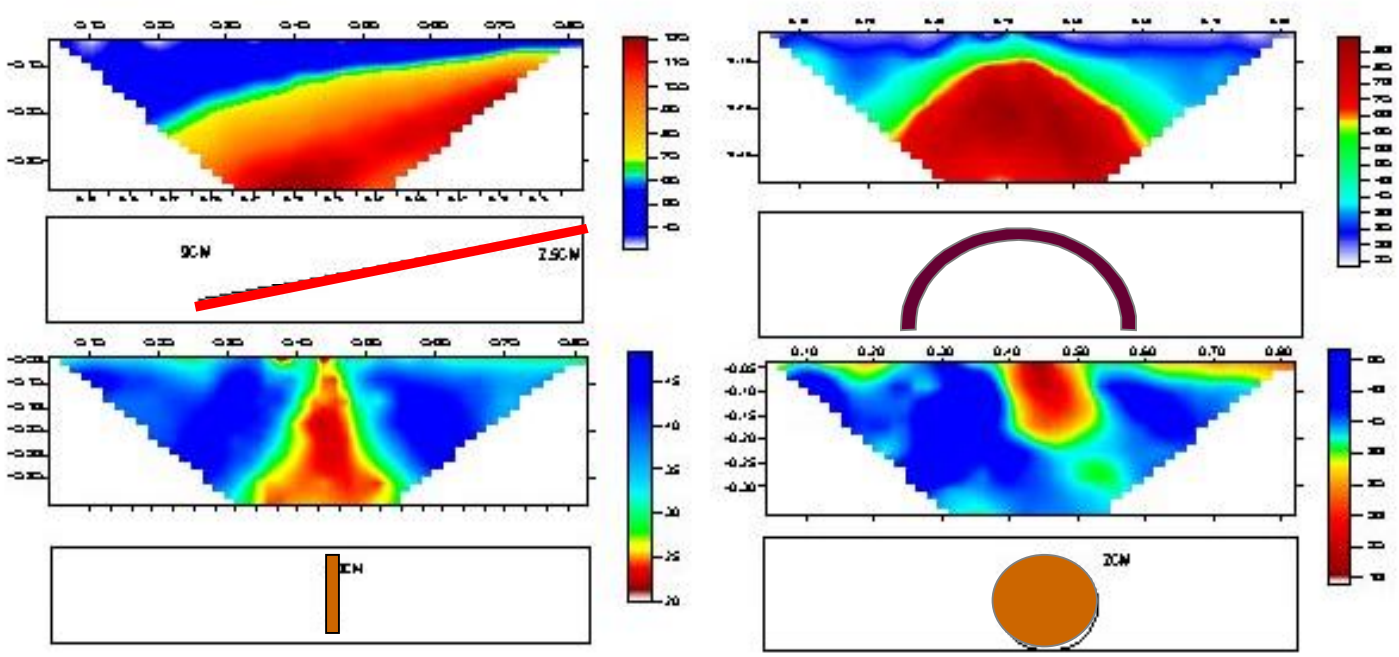


新型分布式高密度电法仪工作示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术

水槽模型实验结果



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

某高速公路选址物探（浅地震电法）勘察工作现场



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

现场2

高密度电法探测技术布设探测电缆



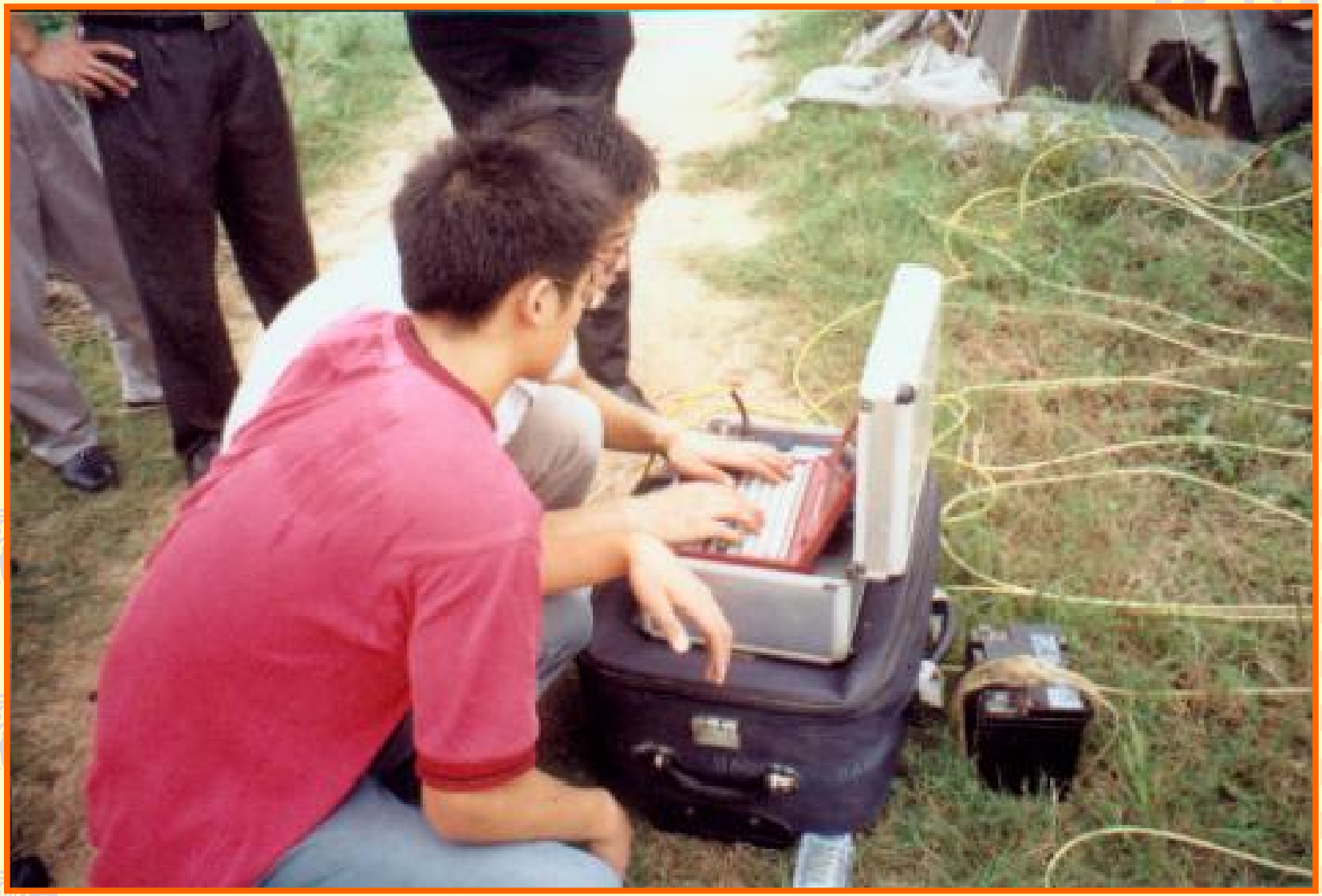
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术实地探测



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术资料采集



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø仪器设备

- 国内外生产高密度电阻率法仪器的厂家众多，。
- 重庆奔腾数控技术研究所生产的WGMD-2型高密度电阻率测量系统。
- 重庆地质仪器厂60道DUK-2型高密度电法系统
- 吉林大学E60BN型高密度电法工作站
- 北方公司LZSD-C型自动数字电仪
- 常用电源:由日产YAMAHA汽油发电机提供交流电，并经整流、稳压后输出，最大输出电压为500V。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电阻率法
在采空区岩溶调查中的应用研究

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- 概　述
- 地球物理前提探讨
- 方法技术
- 方法试验
- 工程实例－杨家采空区调查
- 结论与建议

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

一、概　述

Ø项目来源及任务：

§“高密度电阻率法在采空区岩溶调查中的应用研究”课题为浙江省地质勘查局2002年度经过调整后确定的科研项目。

§本课题拟通过对高密度电阻率法的应用研究，得出合理的应用参数及地球物理模型，并通过在多个采空区及岩溶调查项目的实施，验证其应用效果。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø背景：

- § 由于我省是著名的非金属大省，非金属矿的大量开采，尤其是无序开采，导致矿山留下无穷隐患。采空区已渐渐成为当前较大的灾害源，影响城市的规划和发展；岩溶塌陷灾害事件频发也说明性质不稳定的岩溶分布区正日益影响人们正常的生活以及工程建设的安全。
- § 高密度电阻法是八十年代中、后期渐渐成熟起来的一类高精度直流电法方法。国内曾有学者研究认为高密度电阻率法是调查10—30m采空区的首选方法之一。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø技术路线：

§ 接受任务→熟悉方法原理、仪器性能、软件功能→方法试验→掌握方法的特点→生产应用(实践检验）。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø主要成果：

- § 通过本项目的研究，肯定了高密度电阻率法对采空区、岩溶等地下空洞进行探测的有效性；
- § 采用方法试验的形式，认识到了各种装置的特点，并摸索了有效的数据处理方法；
- § 将本项目的成果应用到生产实际中，也取得了较好的地质效果。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

二、 地球物理前提探讨

- 地下采空区和岩溶在利用物探手段，尤其是高密度电阻率法进行探测时可以作为同一地质——地球物理模型，其实质上的区别在于，采空区由人为形成，岩溶由自然形成。国内也习惯于将采空区、防空洞、涵管、涵洞、动物洞穴、岩溶等物理性质有别于周围介质的地下有形体，统称为地下空洞。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- 高密度电阻率法的理论基础是静电场理论，是以探测目标体和周围介质存在电阻率差异为物理前提的。
  - 分析采空区、岩溶的地球物理特征，不难发现，采空区、岩溶与围岩在电性上普遍存在差异。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

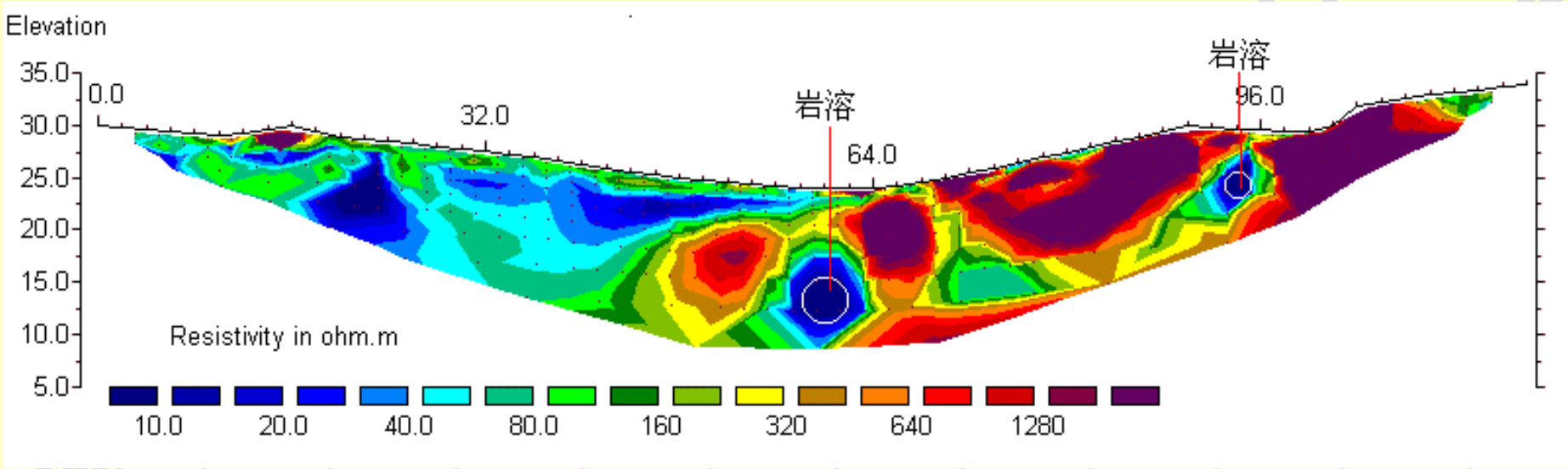


图2-1 西湖西进工程岩溶探测反演成果图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

三、方法技术

Ø方法原理

直流电阻率法，是以岩土介质的导电性差异为基础，通过仪器观测和研究人工在地层中建立的稳定电流场的分布规律，达到解决地质问题的一类地球物理方法。

q从观测方式来看，直流电阻率法可以分为电剖面法和电测深法两类。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

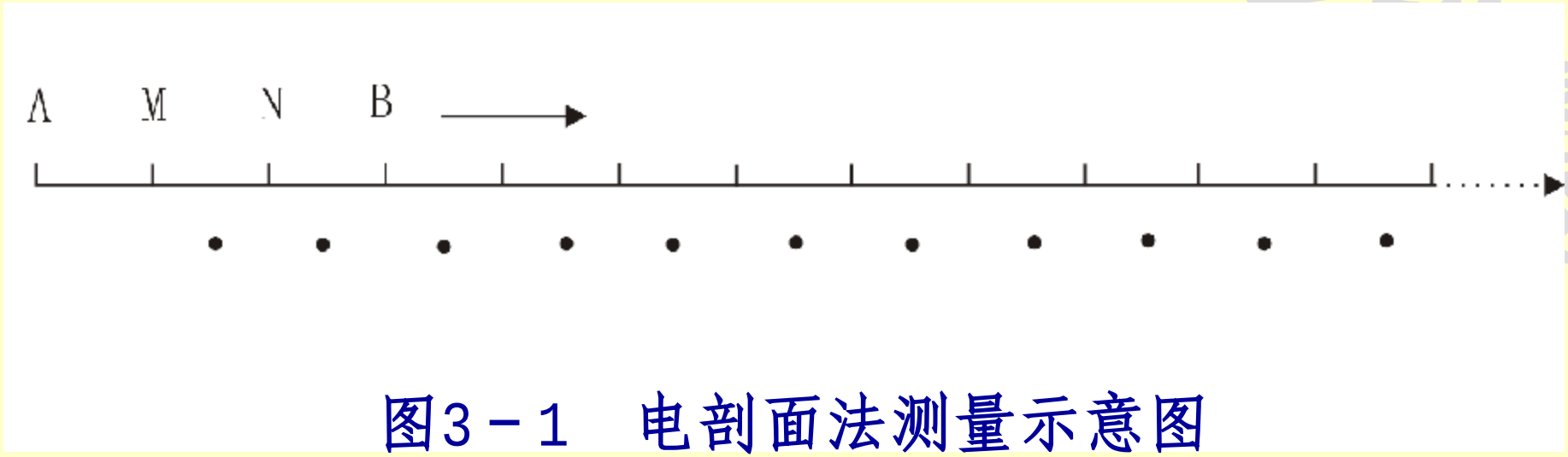


图3－1　电剖面法测量示意图

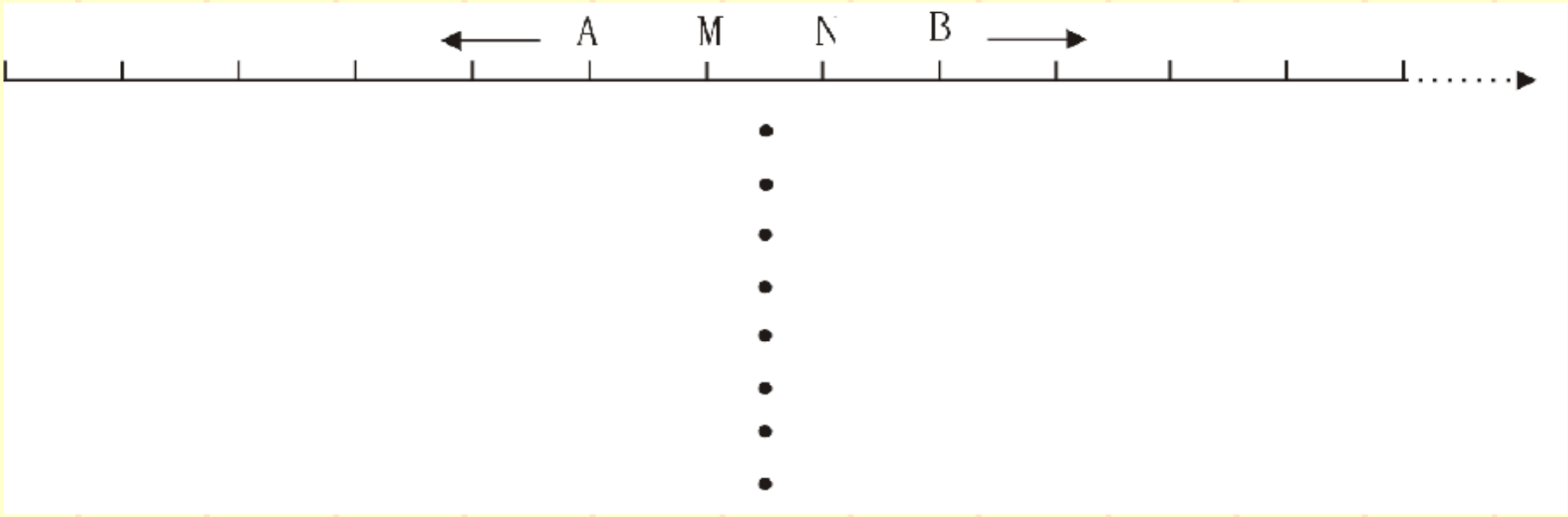


图3－2　电测深法测量示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø观测系统

ü固定断面扫描测量：

以剖面线为单位，如α排列（图3-3）、β排列、γ排列、δA、δB、α_2排列；

ü变断面连续滚动扫描测量：

以滚动线为单位，如A-M、三极排列A—MN、三极排列AB—M、偶极排列AB—MN滚动、三极MN—B（图3-4）、四极测深排列A—MN—B、矩形排列A—MN。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

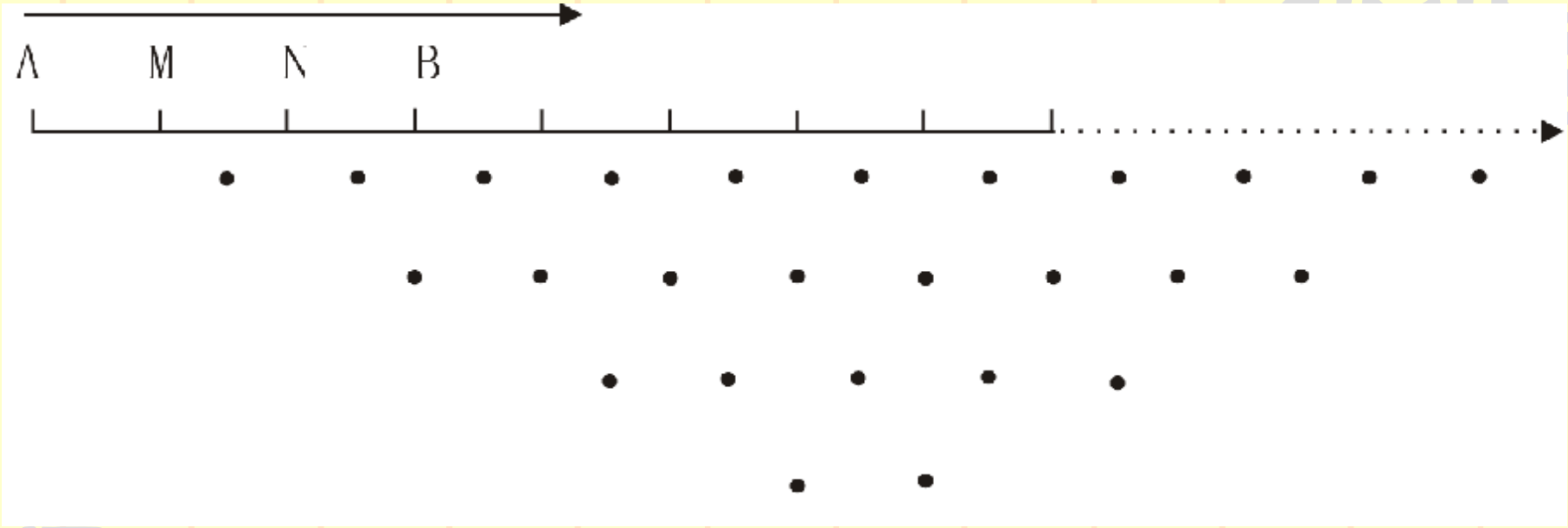


图3-3　AMNB排列测量断面示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

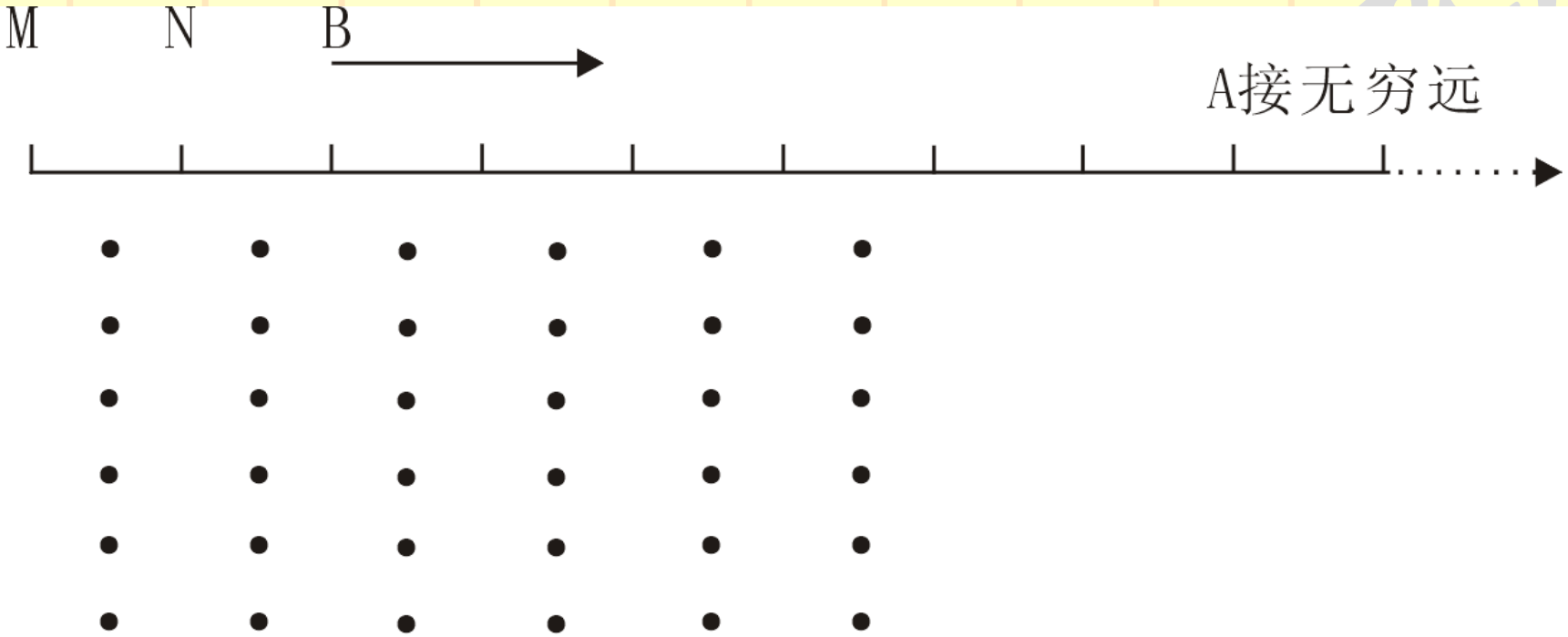


图3-4 MN-B排列测量断面示意图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø数据处理

- RES2DINV软件是利用最小二乘法原理设计的能自动拟合测量资料的地下二维电阻率模型的反演计算程序。它的原理是通过不断地调整初始模型参数使正演曲线与实际曲线的差值达到最小，由此所得的最终模型参数作为反演结果。
- 为提高对目标体的纵向分辨率，在数据处理过程中编制了纵向分辨率比值效应H参数的据转换程序，并对部分测线MN—B装置的观数据进行了转换处理。

$$H(i+1,\ j) = r_a(i+1,\ j) / r_a(i,\ j)$$

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



图3-5　H参数转换处理程序界面

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø质量评价

- § 高密度电阻率法，至今仍采用《电阻率面法技术规程》（DZ/T0073—1993）工
- § 有些采用重复观测计算相对均方误差的法进行。
- § 我们在实际工作中采用不同装置的观测果进行趋势比较的办法来进行质量评价。（图3-6a、图3-6b）。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

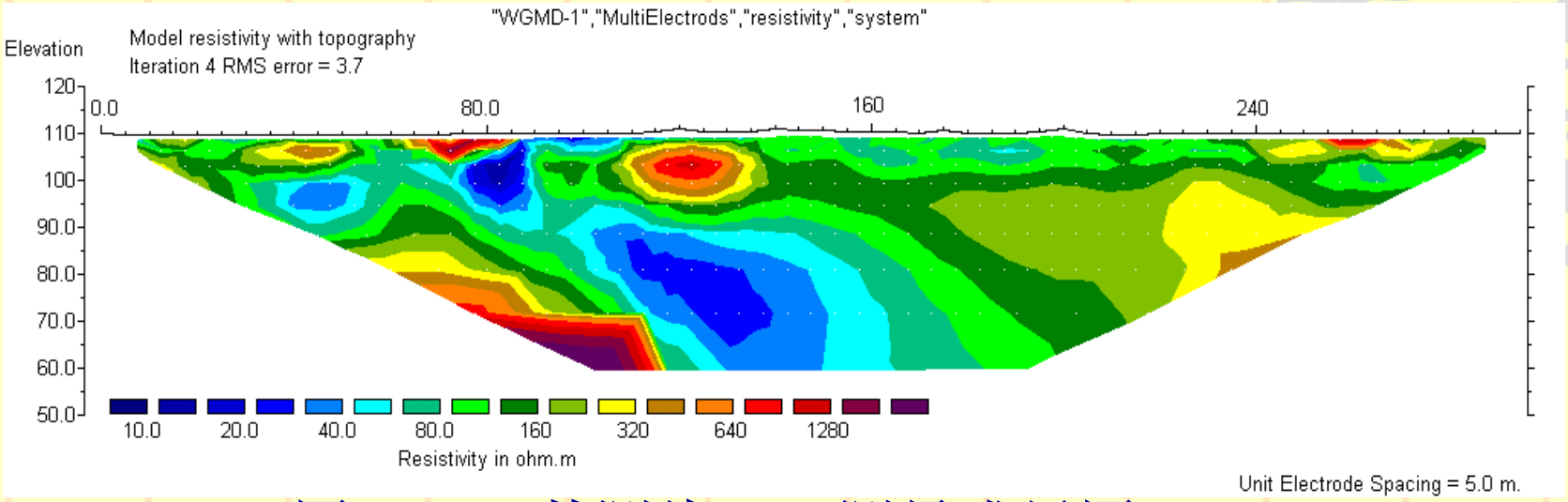


图3-6a　某测线AMNB测量成果图

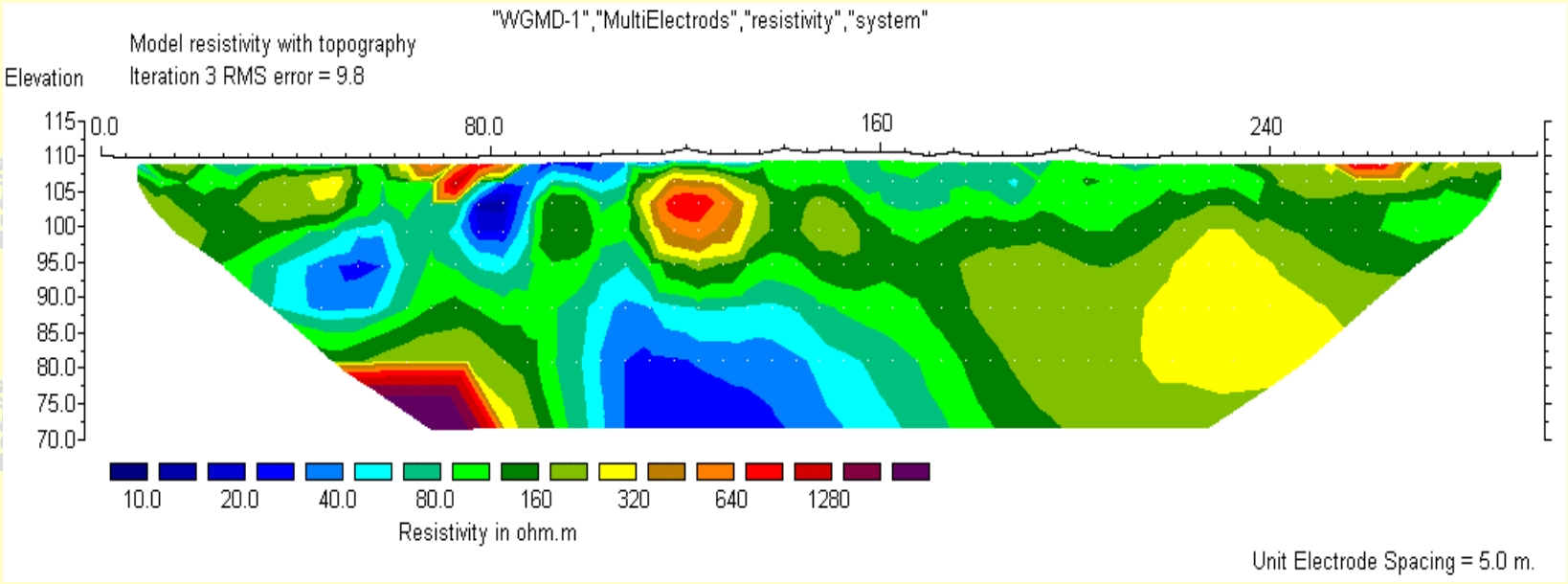


图3-6b 某测线A—MN—B测量成果图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

四、方法试验

- 为了突出电阻率层析成像技术（RT）在采空区、岩溶调查中的应用效果，在肯定方法有效的基础上，优选合理的观测装置和有关技术参数，为调查工作提供技术支撑，是方法试验工作应解决的问题。
- 方法试验是物探工作实现“由已知到未知”的核心工作。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø地球物理模型及工作布置

- v 地球物理模型
  - q 东寺山Ⅰ线地球物理模型
  - q 东寺山Ⅱ线地球物理模型
- v 工作布置



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

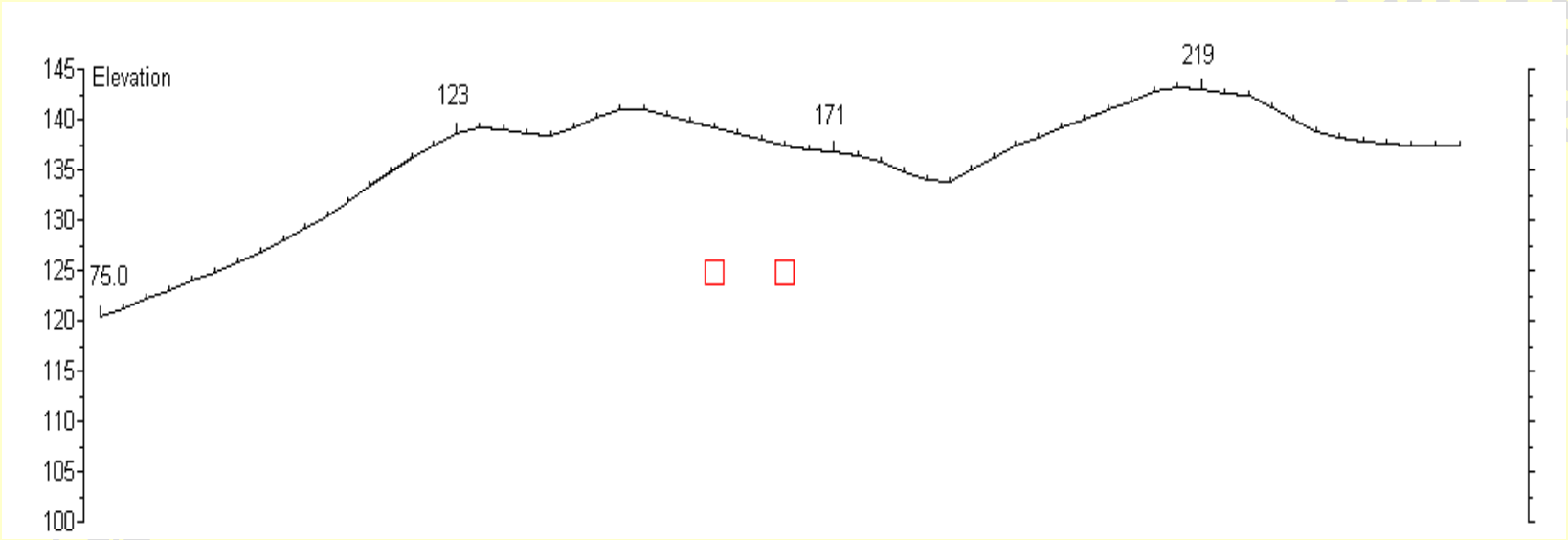


图4－1　东寺山I线物理模型示意图

模型说明：I号测线下有两个巷道，规格2.5米×2.5米，其中心位置分别位于155/I、165/I的下方，相对于150/I的埋藏深度约为20米。测线与巷道走向基本垂直。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

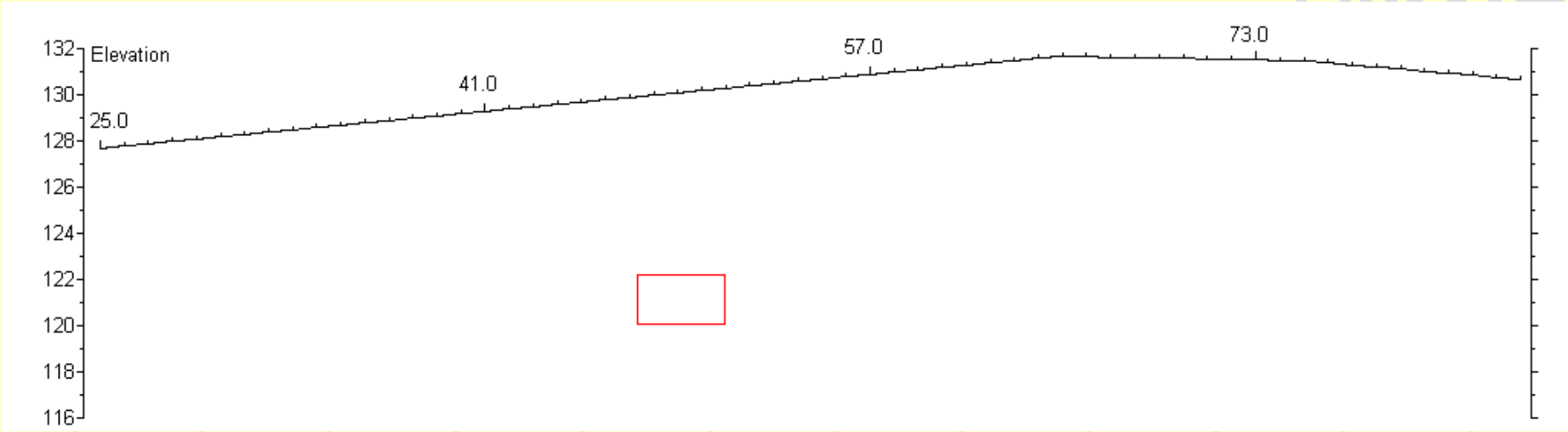
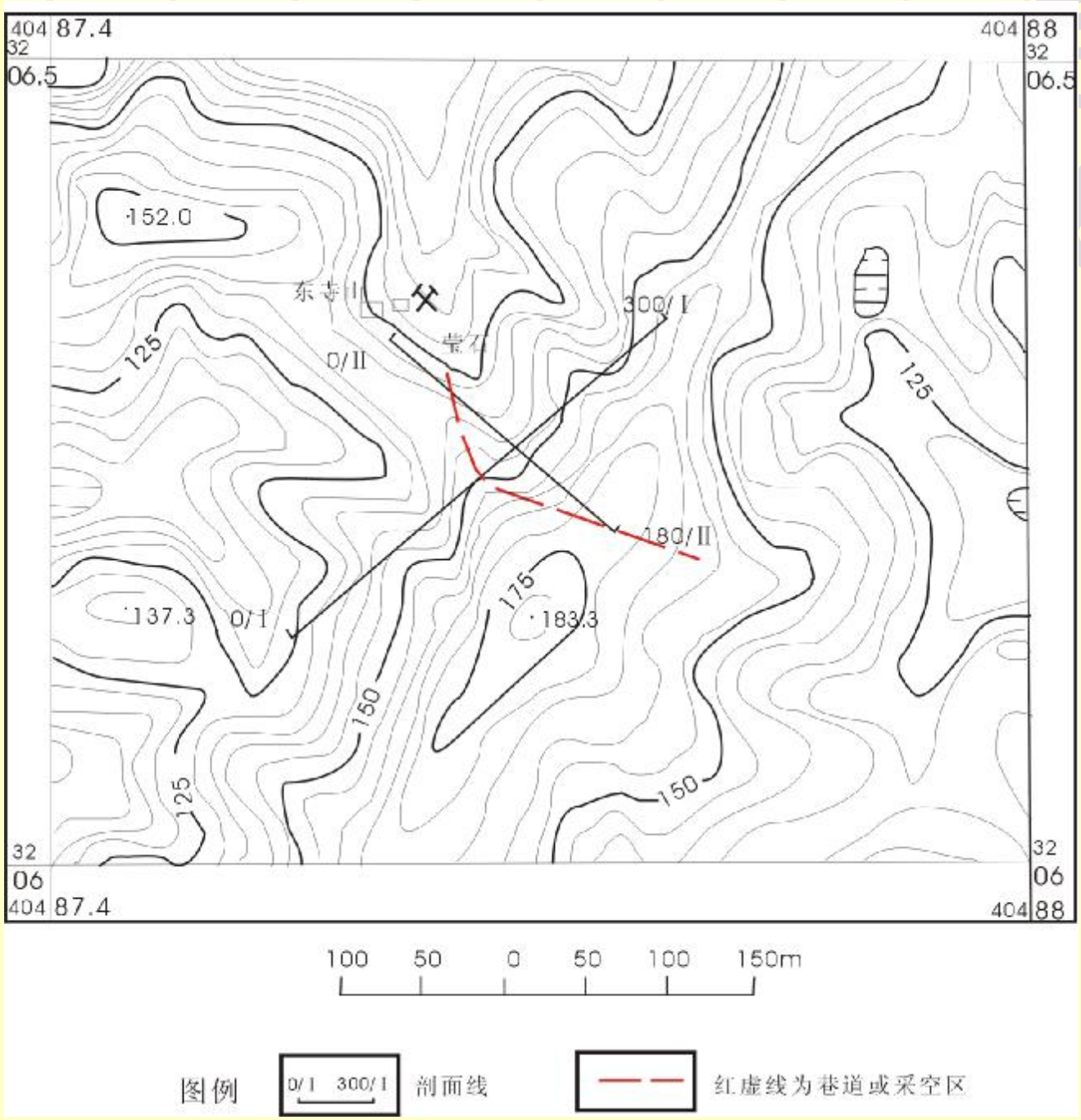


图4－2　东寺山II线物理模型示意图

模型说明：采矿巷道规格2米×2米，位于48/II附近的正下方，埋深约8米。II号测线与此巷道呈小角度斜交，在测线范围内的巷道规格为4米×2米。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

图4-3 东寺山工区试验工作布置图



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø资料整理及数据处理

- 采用RES2DINV软件对各个装置类型观测的数据进行地形改正、正演反演计算。
- 正演、反演计算过程中也进行了试验，选择了如：减少边块效应、采用精细网格、检查电阻率模型等参数。同时对等值线进行了归一化处理，确保同色阶对应相同的视电阻率值。
- 对东寺山II线MN—B装置的观测数据进行了纵向分辨率比值效应参数H转换处理，取较好的效果。

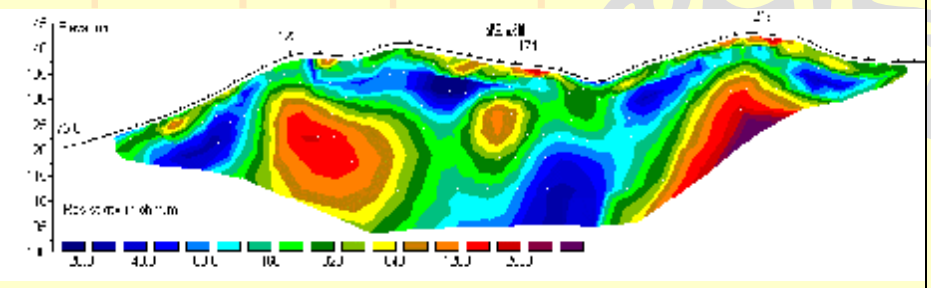
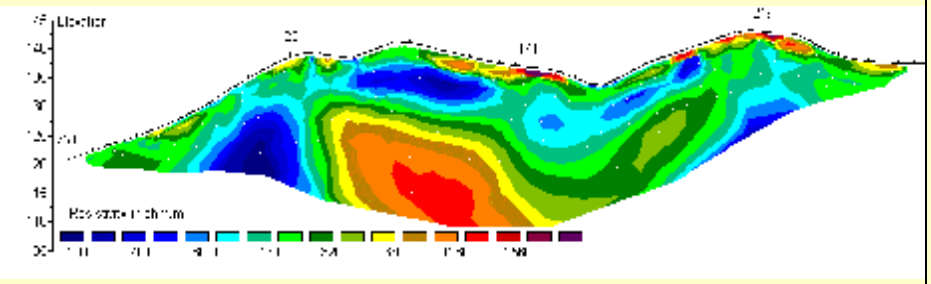
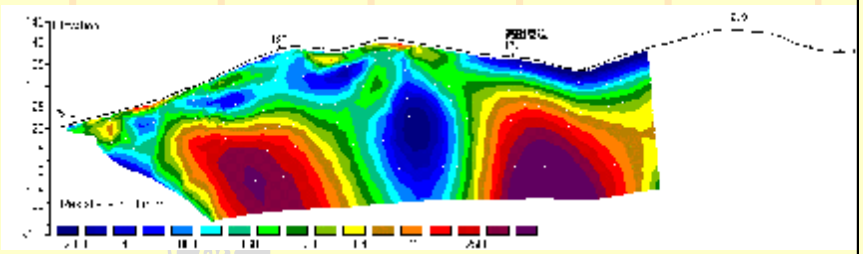
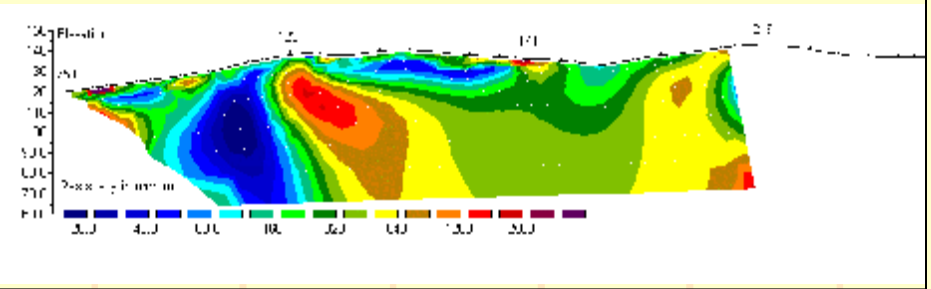
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø资料解释

- v 东寺山I线的资料解释
- v 东寺山II线的资料解释
  - q 反演成果图的解释
  - q MN—B装置H参数图的解释
- v 洞径与埋深的定量计算
  - q 目前尚无完整的理论推导公式。
  - q 但是对一种特定的装置形式而言，异常的形态、特征与地质体之间存在一定的关系。

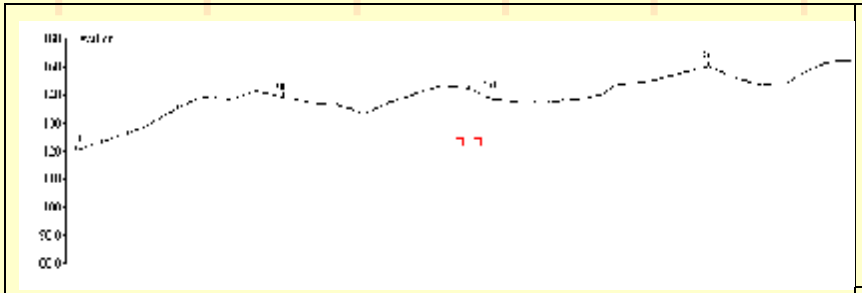
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

图 4-4　　武义县东寺山工作区 I 号测线高密度电阻率测量方法试验成果图

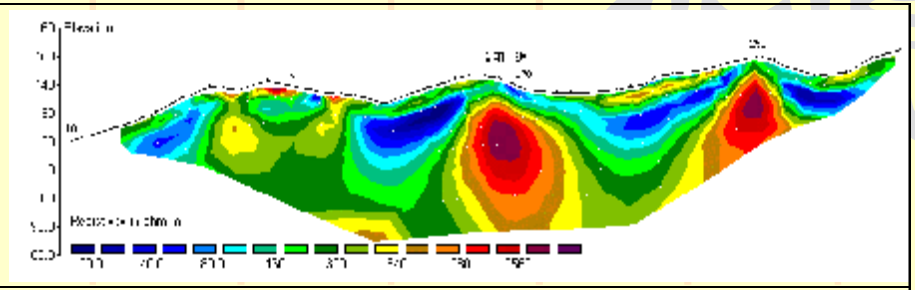
<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>物理模型示意图</td><td>观测装置：AMNB</td></tr>
<tr><td>据推测，I 号测线下有两个巷道，规格 2.5 米×2.5 米，其中心位置分别位于 155/I、165/I 的下方，埋藏深度约为 20 米。</td><td></td></tr>
<tr><td>模型说明</td><td>观测装置：ABMN</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>观测装置：　MN—B</td><td>观测装置：A—M</td></tr>
</table>

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

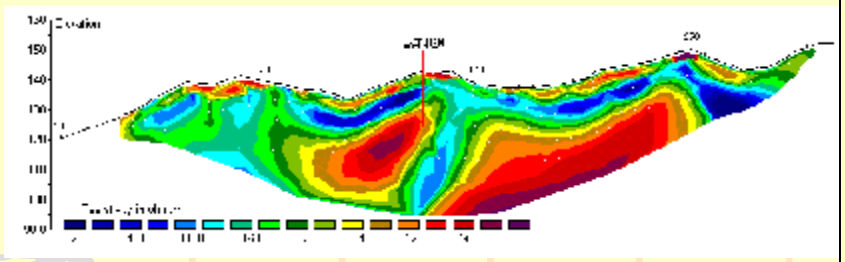
图 4-5　　武义县东寺山工作区 I 号测线高密度电阻率测量方法试验成果图



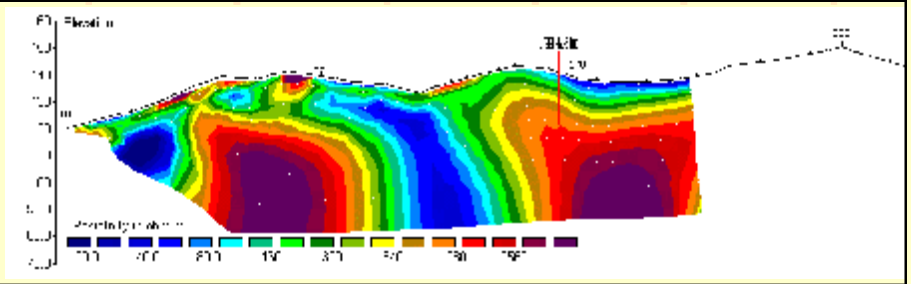
物理模型示意图



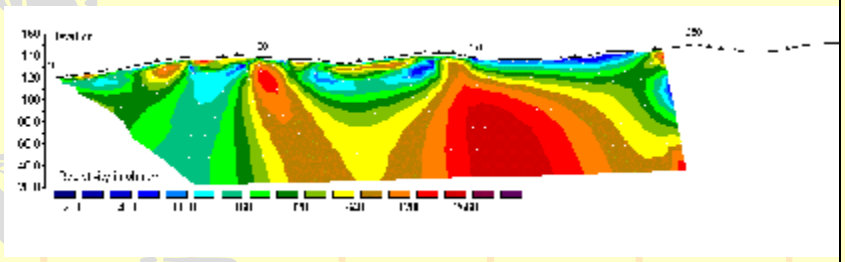
观测装置：AMNB



观测装置：ABMN



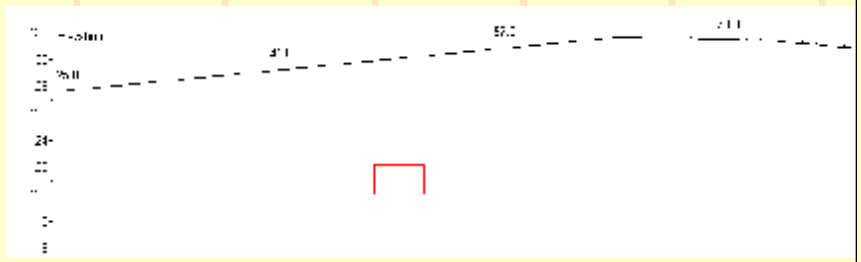
观测装置：　MN—B



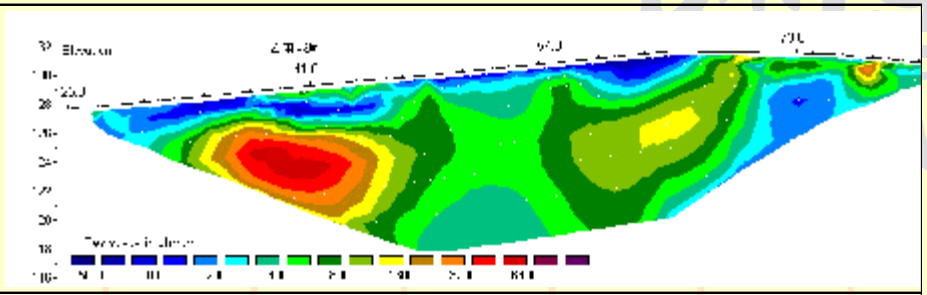
观测装置：A—M

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

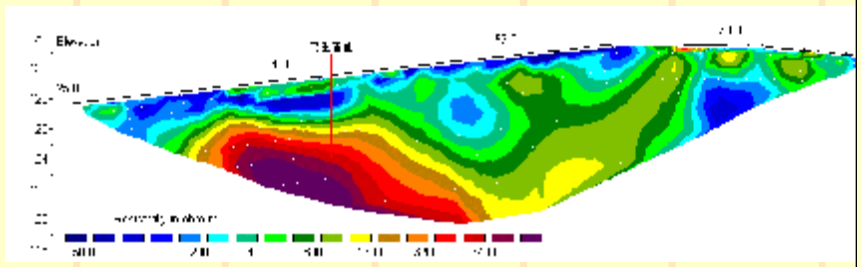
图 4-6　　武义县东寺山工作区 II 号测线高密度电阻率测量方法试验成果图



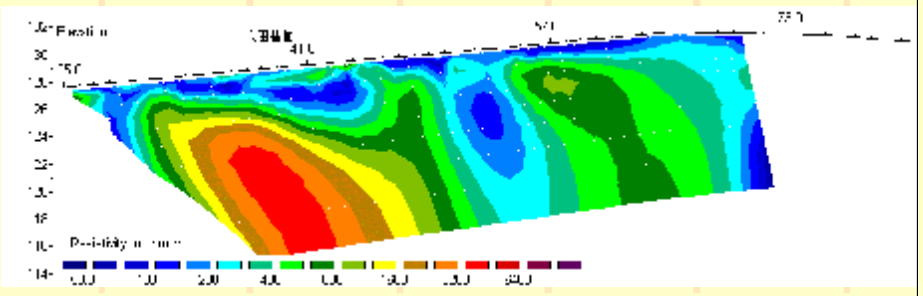
物理模型示意图



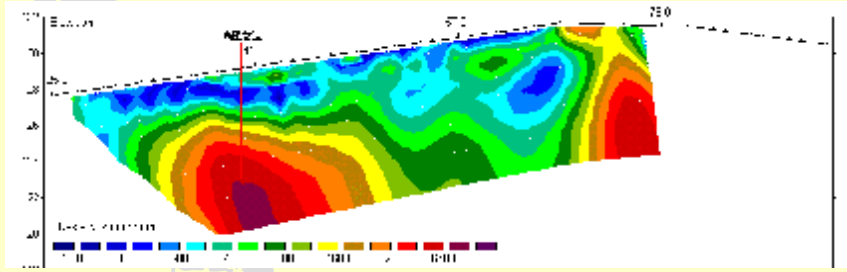
观测装置：AMNB



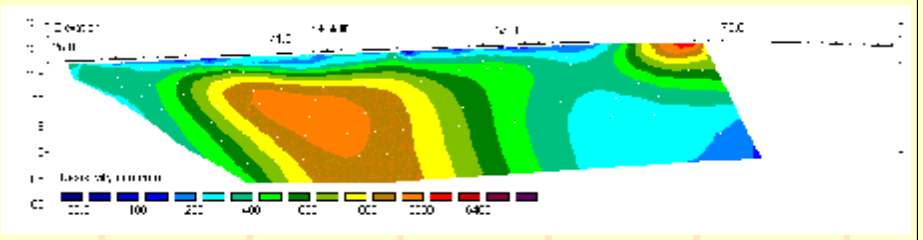
观测装置：ABMN



观测装置：　MN—B



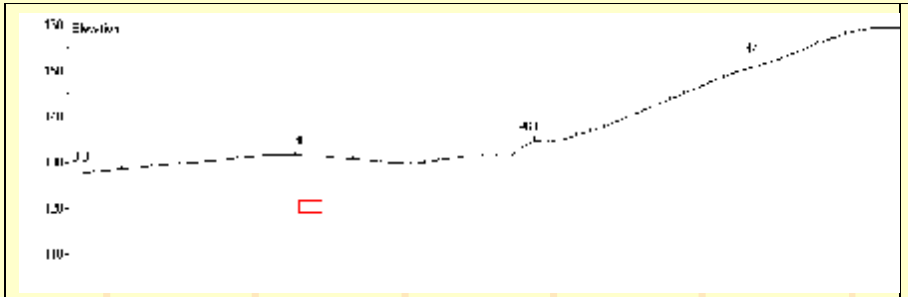
观测装置：AB—MN



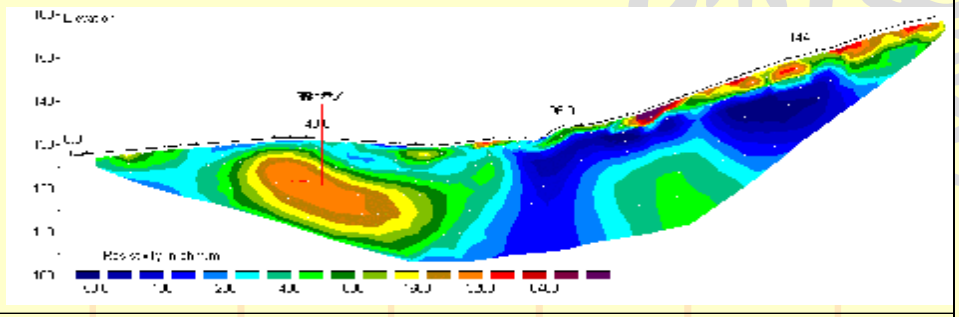
观测装置：A—M

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

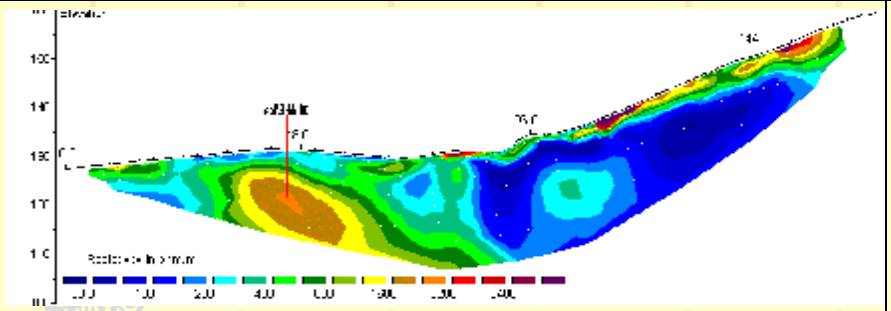
图 4-7　　武义县东寺山工作区 II 号测线高密度电阻率测量方法试验成果图



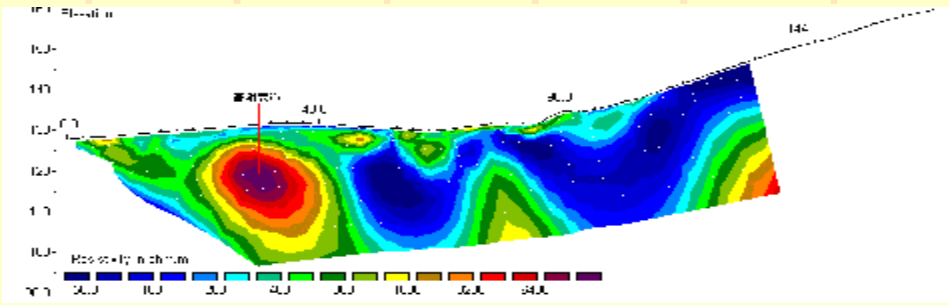
物理模型示意图



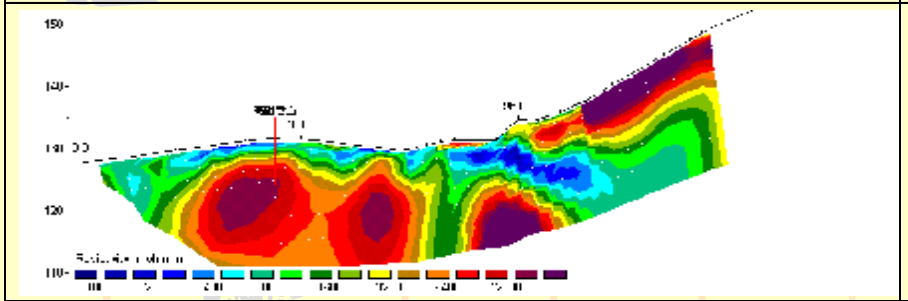
观测装置：AMNB



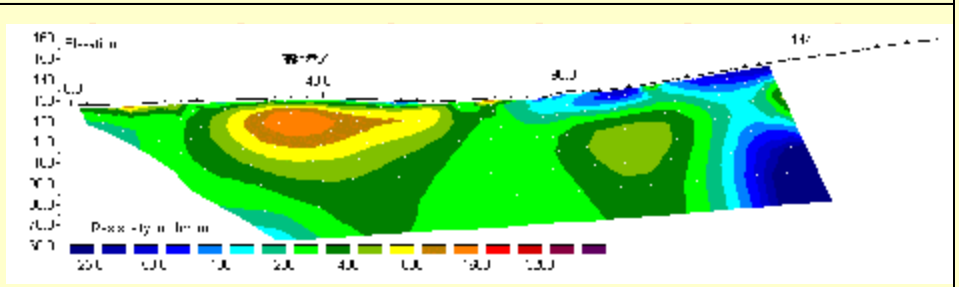
观测装置：ABMN



观测装置：　MN—B



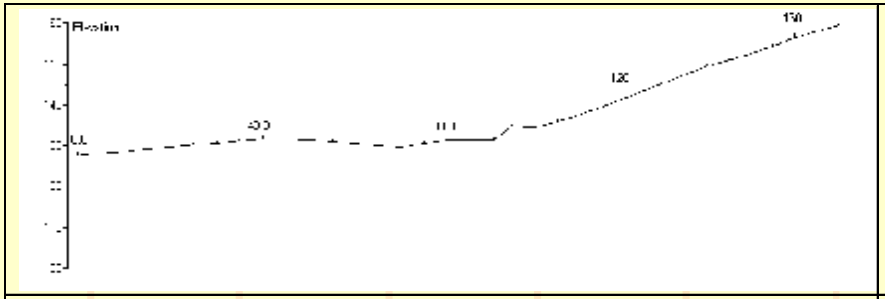
观测装置：AB—MN



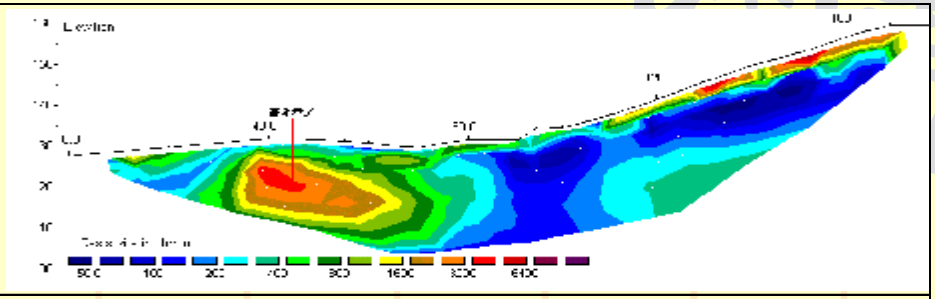
观测装置：A—M

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

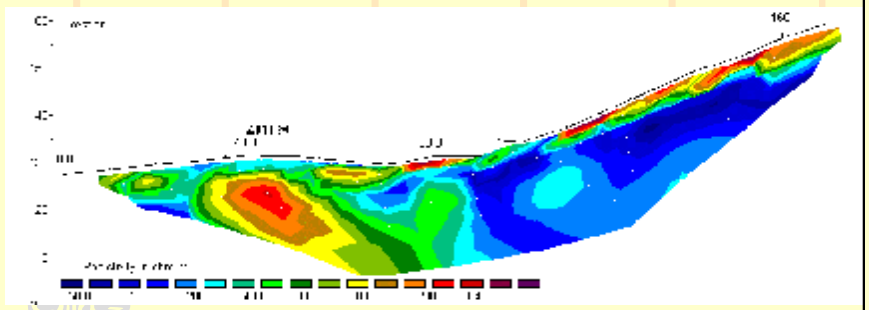
图 4-8　　武义县东寺山工作区 II 号测线高密度电阻率测量方法试验成果图



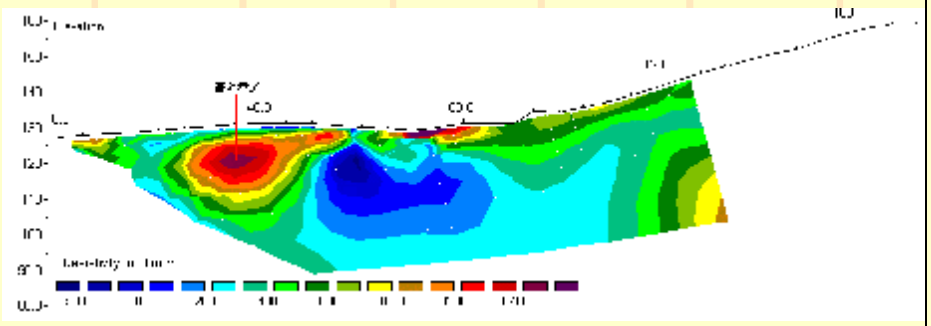
地球物理示意图



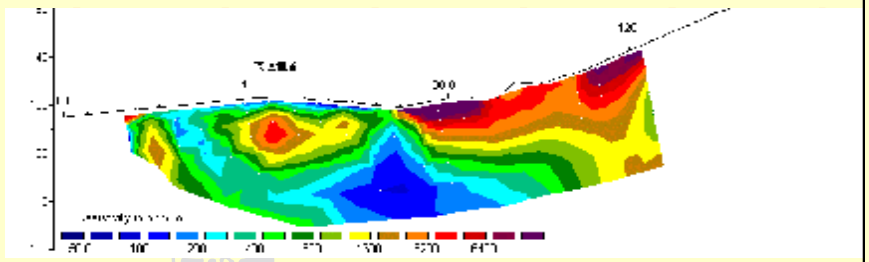
观测装置：AMNB



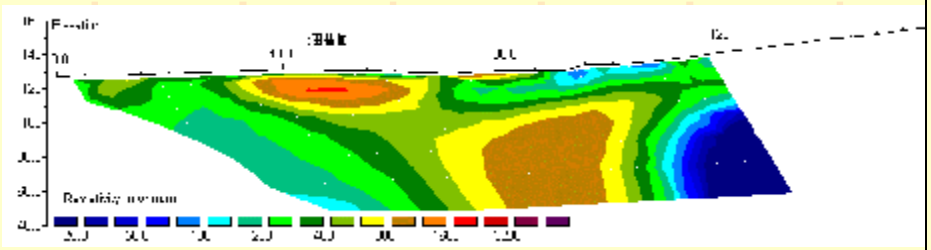
观测装置：ABMN



观测装置：　MN—B



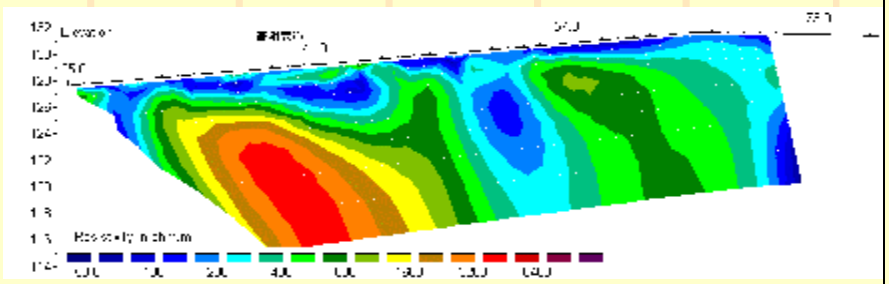
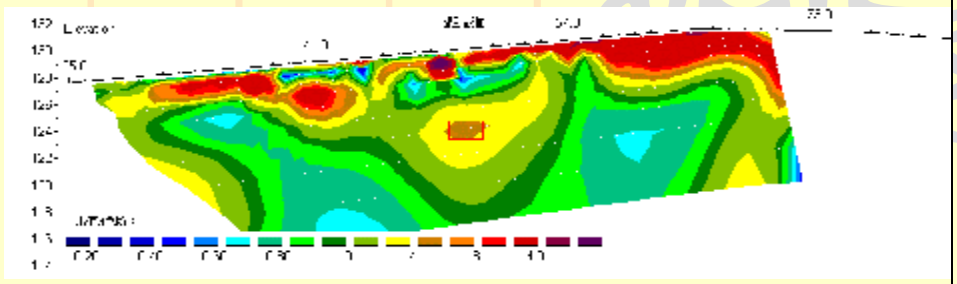
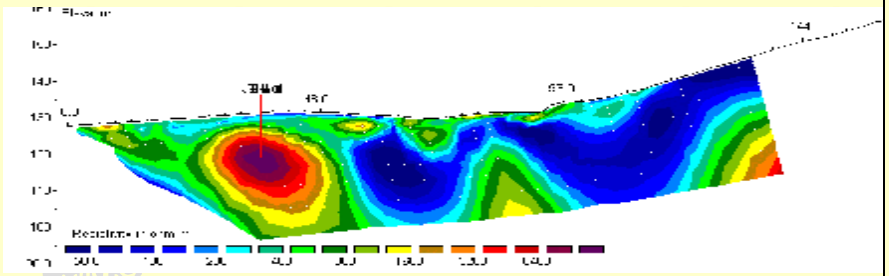
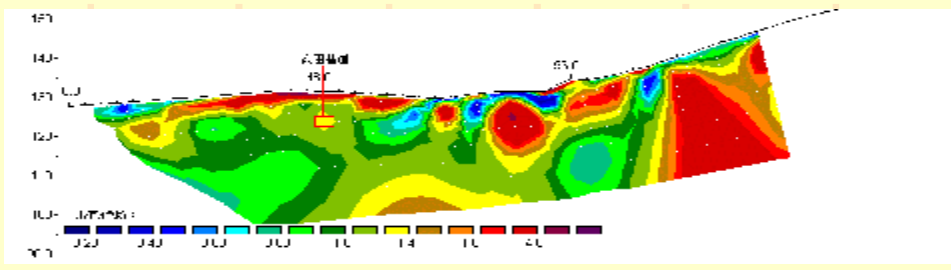
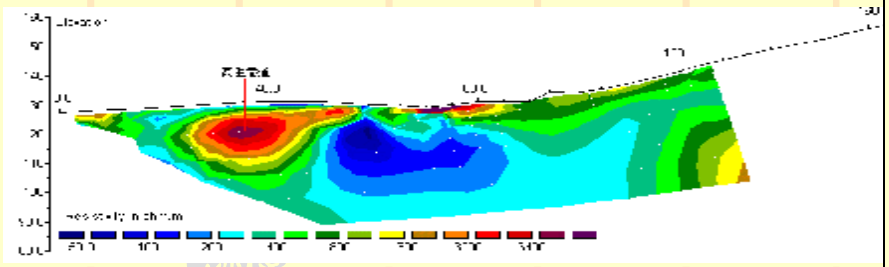
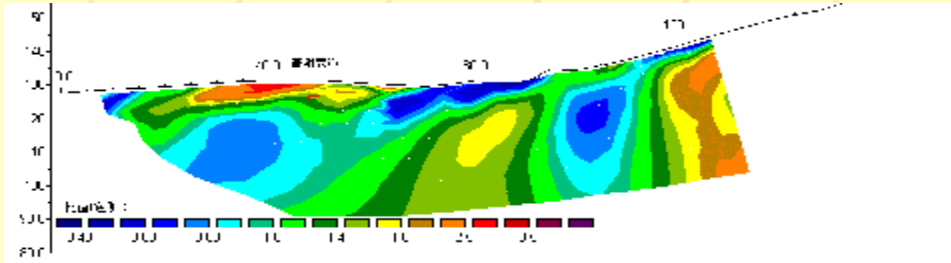
观测装置：AB—MN



观测装置：A—M

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

图 4-9　　武义县东寺山工作区 II 号测线高密度电阻率测量方法试验成果图

	
观测装置： MN—B；电极距：1m	比值效应（H）参数图
	
观测装置： MN—B；电极距：3m	比值效应参数图
	
观测装置： MN—B；电极距：5m	比值效应参数图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

q近似计算公式

§温纳装置：$H \approx 3/5\ AO_{max}$，　$D \approx 1/4\ X$

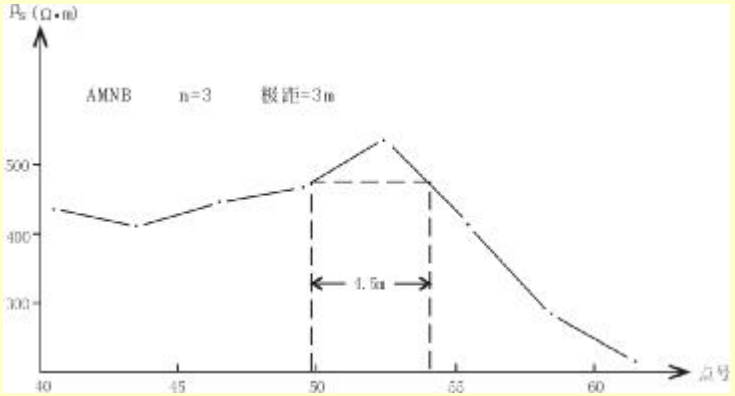
§偶极装置：$H \approx 1/3\ AO_{max}$，$D \approx 1/3\ X$

式中：AO_{max}—ρ_s最大值对应的AO值；

X—ρ_s最大值的一半所对应的横剖面的宽度；

D—采空区半径。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



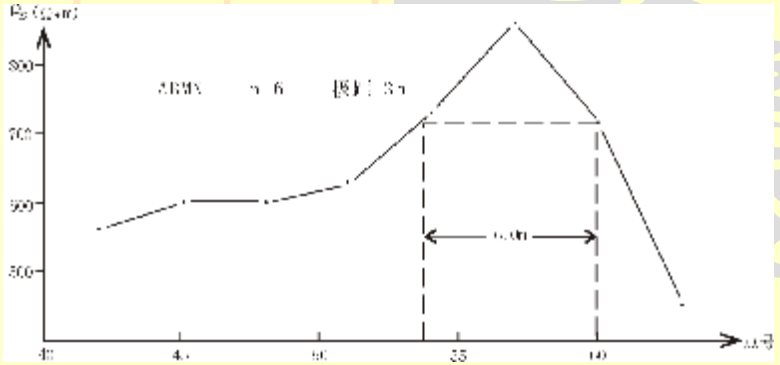
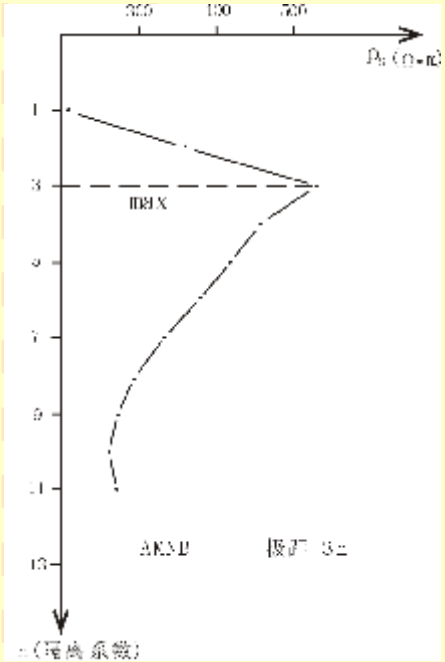


图4-10a　东寺山II线横向视电阻率特征曲线

q 图示



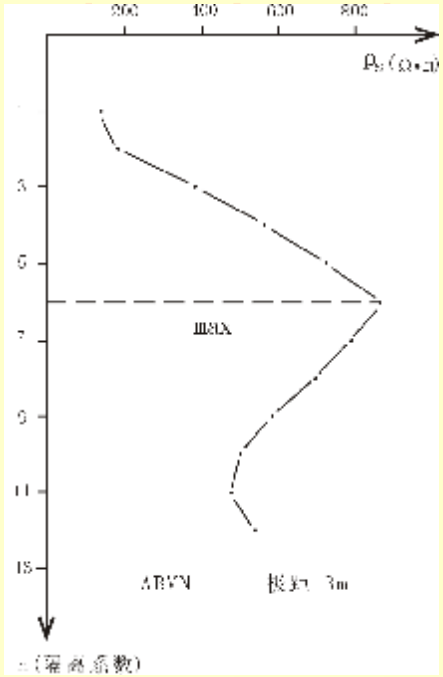


图4-10b　东寺山II线纵向视电阻率特征曲线

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

q检验表

表 1　近似公式求解模型参数一览表

装置类型	参数	II 线			I 线	
		1m 极距	3m 极距	5m 极距	3m 极距	5m 极距
AMNB	n	11	3	2	6	5
	D	0.9	1.1	2.0	3.8	4.2
	H	9.9	8.1	9.0	21.6	22.5
ABMN	n	17	6	4	10	8
	D	1.7	2.0	2.7	6.3	9.0
	H	8.5	9.0	10.0	15.0	20.0

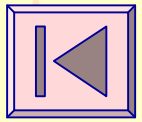
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø结　论

- 从本次方法试验的结果可以看出：在被试验五种观测装置中， AMNB装置对异常反应的灵敏度相对较低、稳定性相对较好；偶极AB—MN）对异常反应的灵敏度高，稳定性相较差，尤其是AB—MN遇异常体观测结果容易荡；三极（MN-B）装置的横向分辨率较高，纵向分辨率相对较低，可以通过计算H参数的办法来提高纵向分辨率。A—M装置的勘探深度较大，在纵向上相对规模较小的地质体容易被忽视，但可以发现相对埋深规模较大的采空区。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- 一般地说，电极距越小分辨率越高，但勘探深度越小。也即分辨率和勘探深度是一对辩证的矛盾，在野外工作中应根据目标体的规模、埋深（洞径埋深比）灵活掌握。
- 可以利用AMNB、ABMN的观测结果，运用近似计算公式对采空区的规模、埋深进行定量计算。
- 依据方法试验的结果，优选α排列（AMNB），三极（MNB）作为调查采空区、岩溶的观测装置，必要时采用β排列（ABMN）进行观测。在室内资料整理过程中应有目的地进行一些H参数处理工作。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

五、实例—杨家采空区调查

- Ø概　况（工作布置示意图）
- Ø资料解释
- Ø结　论
  - v杨家工作区存在形态各异的地下采空区。其中II线、VI线上的采空区规模相对较小，IV线、V线上的采空区规模相对较尤其是IV线所探测的采空区宽度在25m～35m；

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- Ⅶ线、Ⅲ线上的采空区呈现出高阻特征，Ⅳ线、Ⅴ线、Ⅵ线上的采空区则表现为低阻特征，说明Ⅲ线的采空区与Ⅳ线的采空区并不相互连通；
- Ⅷ线上的采空区埋深较大，Ⅳ线、Ⅴ线上的采空区埋深较小，据计算Ⅳ线、Ⅴ线采空区的顶面埋深在20m～25m左右，详见图5-1（杨家工作区物探工作布置暨成果推断图）。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

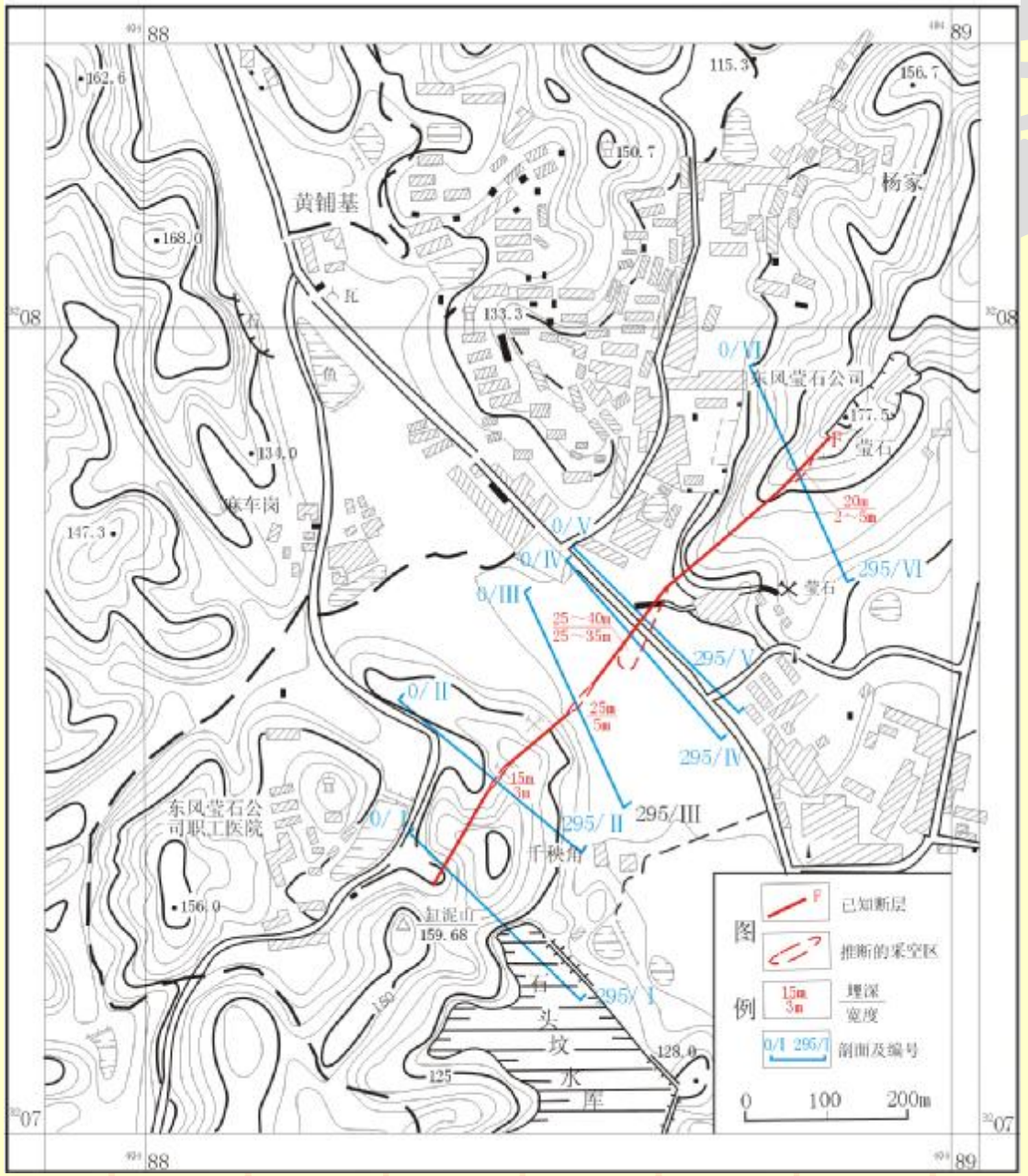


图5-1 杨家工作区物探工作布置暨成果推断图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

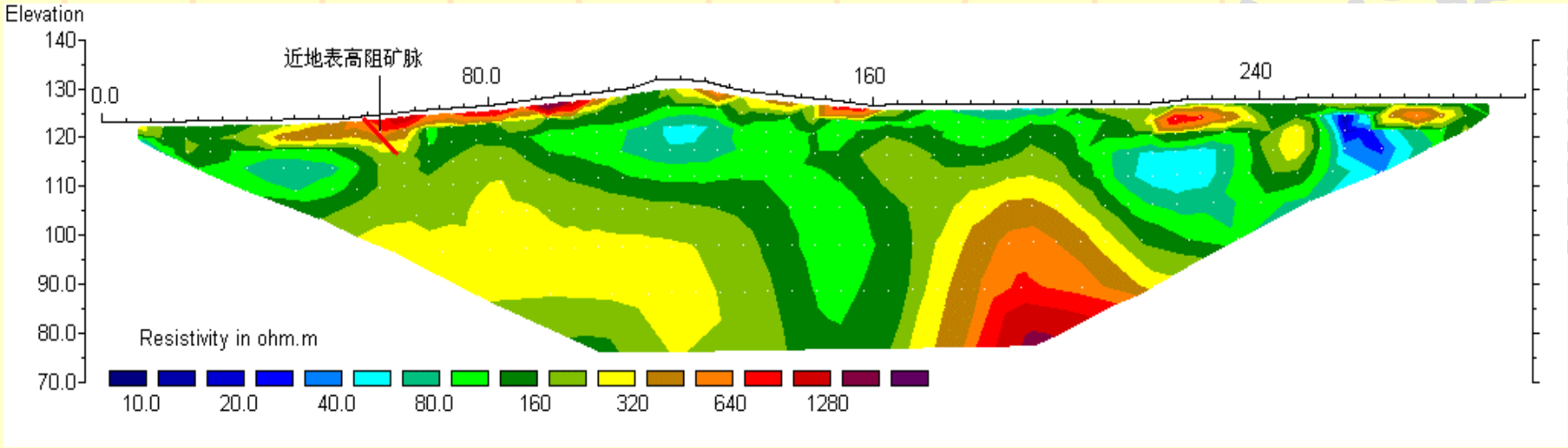


图5-2　I线AMNB装置反演推断成果图

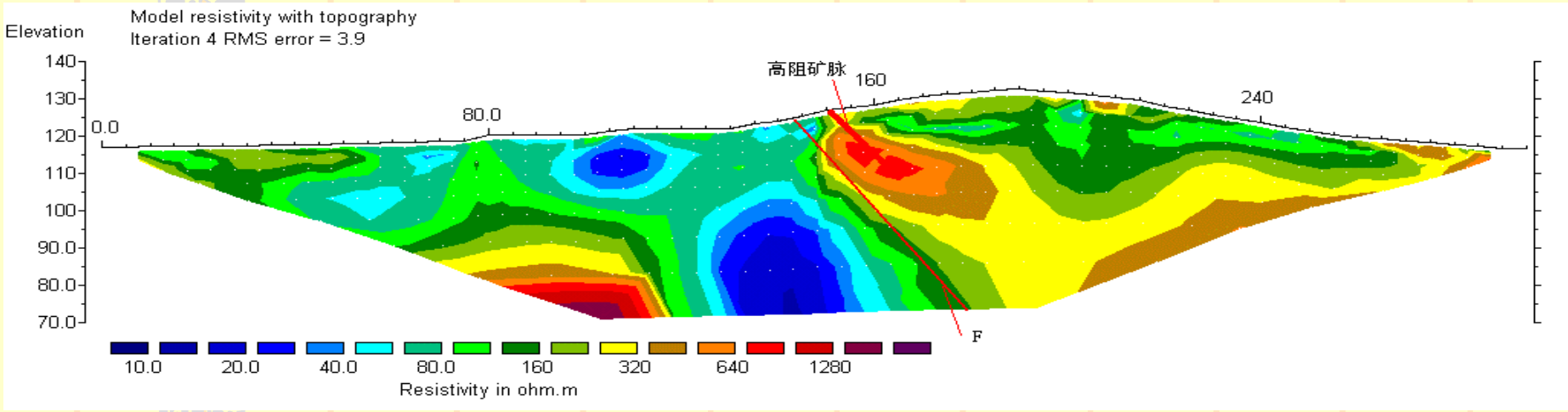


图5-3　II线AMNB装置反演推断成果图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

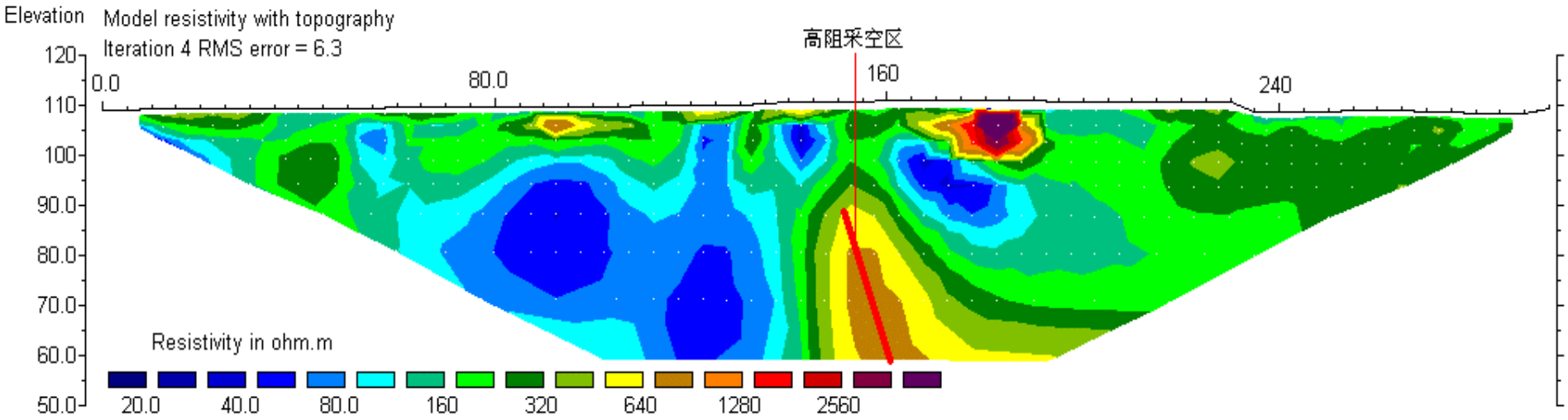


图5-4　III线AMNB装置反演推断成果图

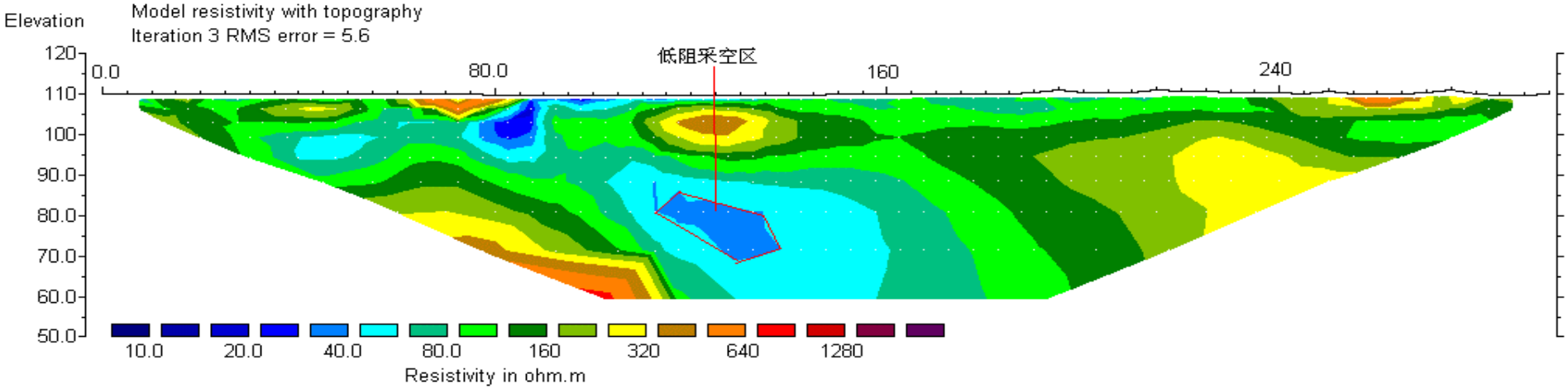


图5-5－1　IV线AMNB装置反演推断成果图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

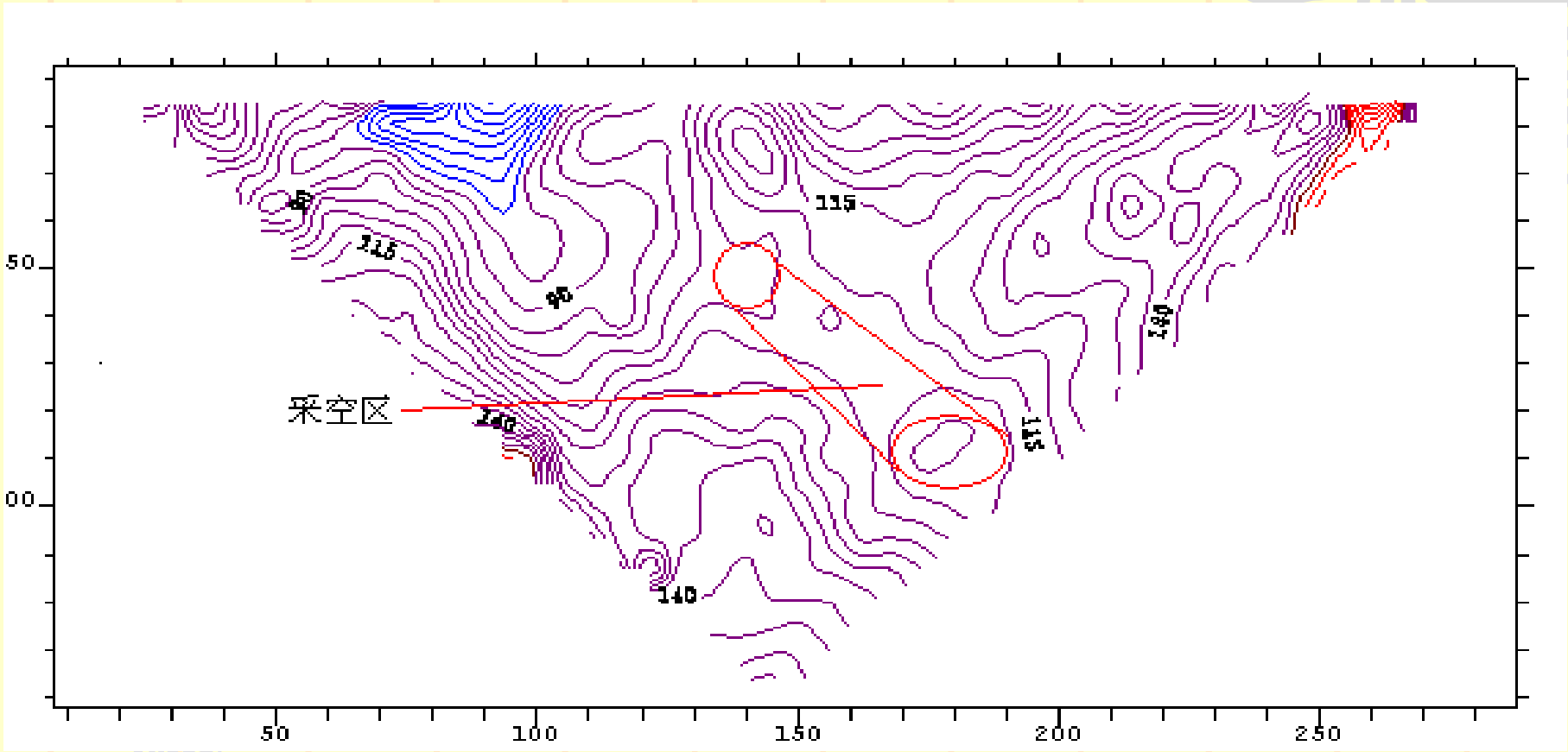
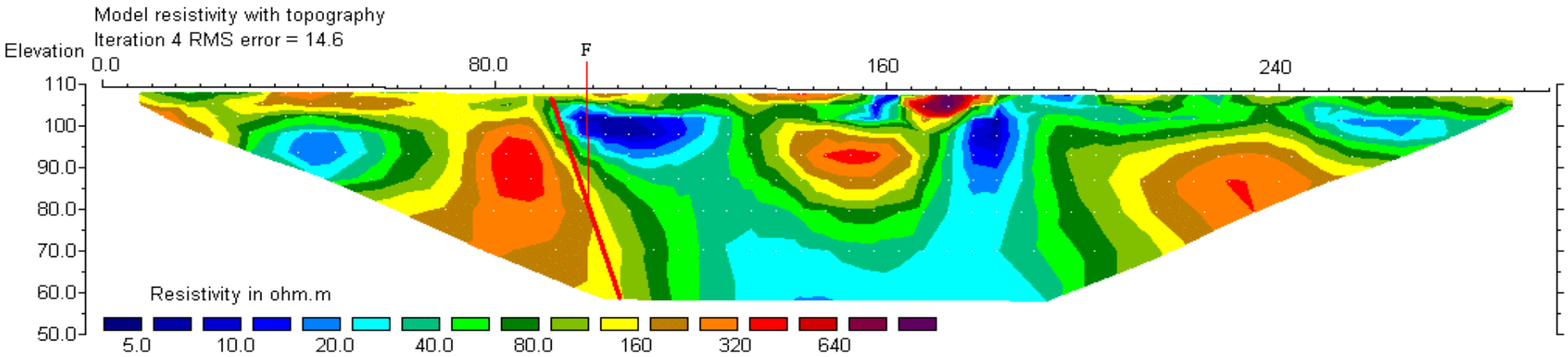


图5-5－2　IV线AMNB装置等值线图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



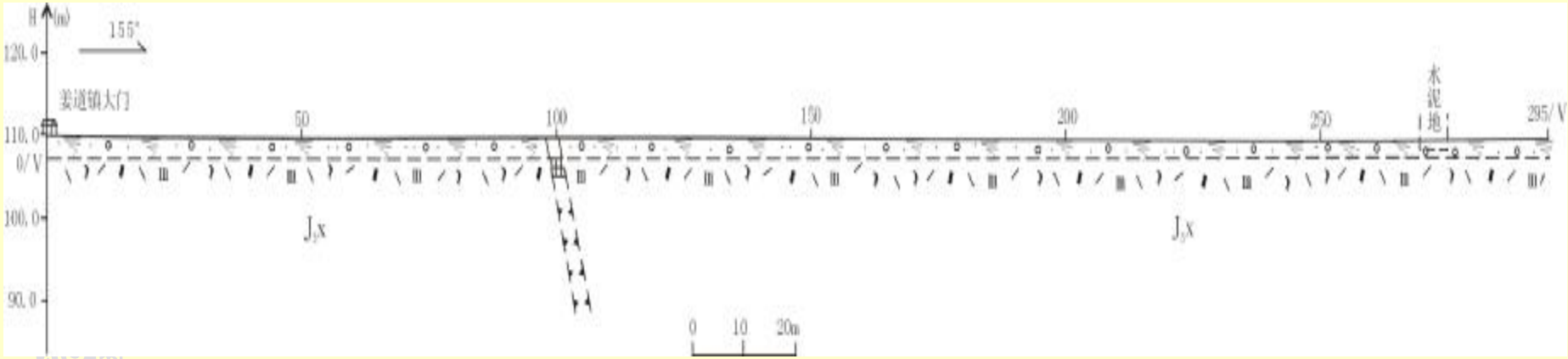
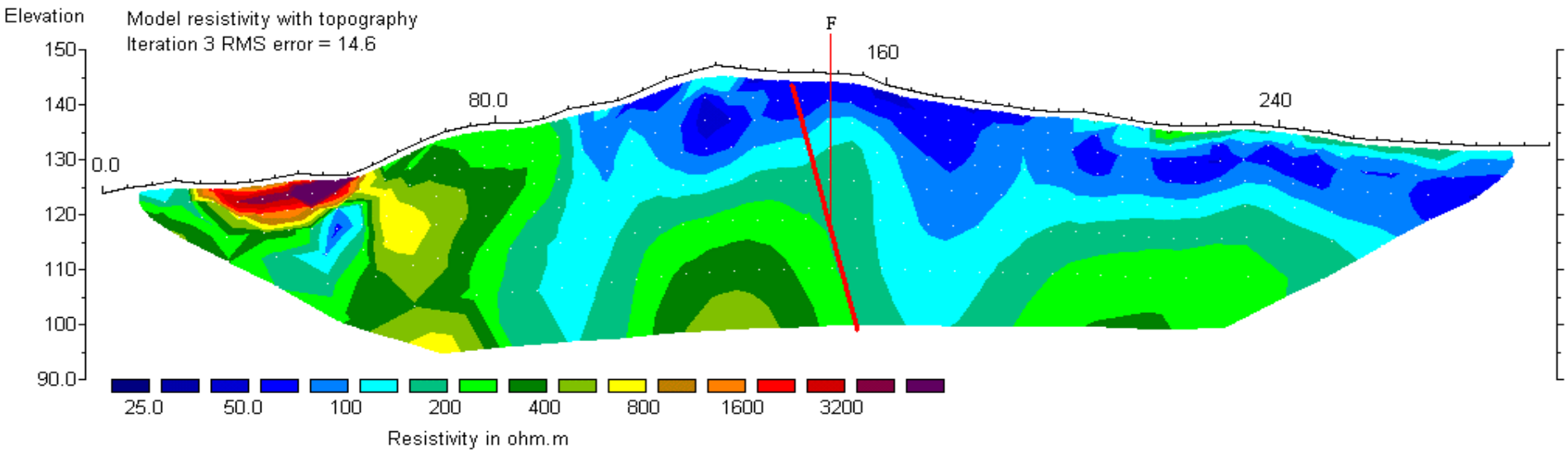


图5-6　V线AMNB装置反演推断成果及实测地质剖面图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn



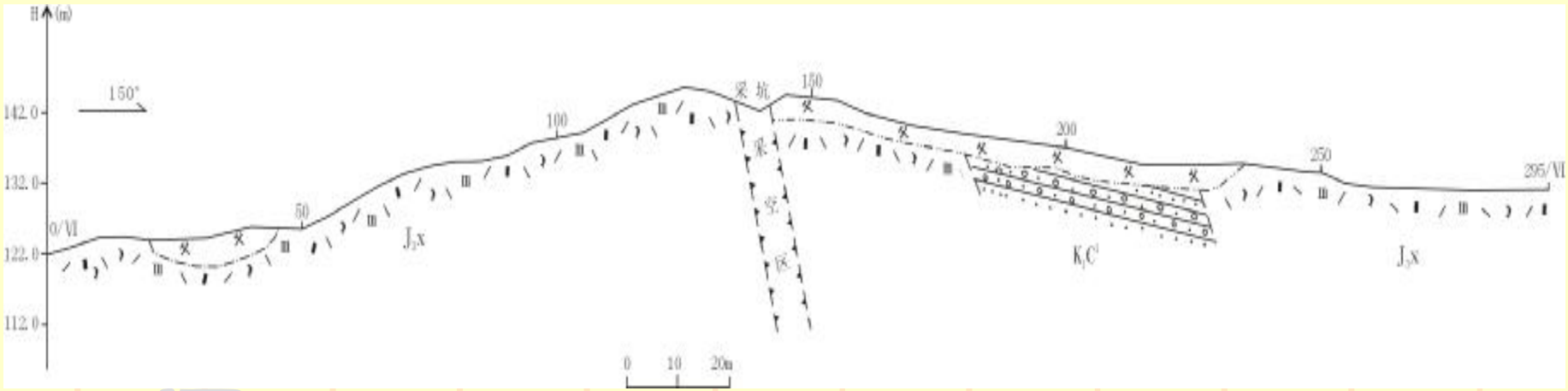


图5-1-9　VI线A-MN-B装置反演推断成果及实测地质剖面图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

六、结论与建议

Ø结　论

- v只要物性前提存在，高密度电阻率法可以对采空区、岩溶等地下空洞进行有效探测。但应强调综合分析。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

v经过方法试验，认识了各种装置的特点：AMNB装置对异常反应的灵敏度较低、稳定性较好；偶极（ABMN，AB—MN）对异常反应的灵敏度高，稳定性较差，尤其是AB—MN遇异常体观测结果容易振荡；三极（MN-B）装置的横向分辨率较高，而纵向分辨率相对较低，可以通过计算H参数的办法来提高纵向分辨率。A—M装置的勘探深度较大，在纵向上相对规模较小的地质体容易被忽视，但可以发现相对埋深规模较大的采空区。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- 电极距越小分辨率越高，但勘探深度越小。也即分辨率和勘探深度是一对辩证的矛盾，在野外工作中应根据目标体的埋深、规模（即洞径埋深比）灵活掌握。
- 对采空区、岩溶的规模、埋深等特征可利用AMNB、ABMN的观测结果，运用近似计算公式进行定量计算。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

Ø存在的问题及建议

v对于发育在岩性接触带上的岩溶，由于电阻率差异不明显，在高密度电阻率断面上形成梯级带，在这种情况下很难对岩溶的形态进行准确地判断（图6—1）。

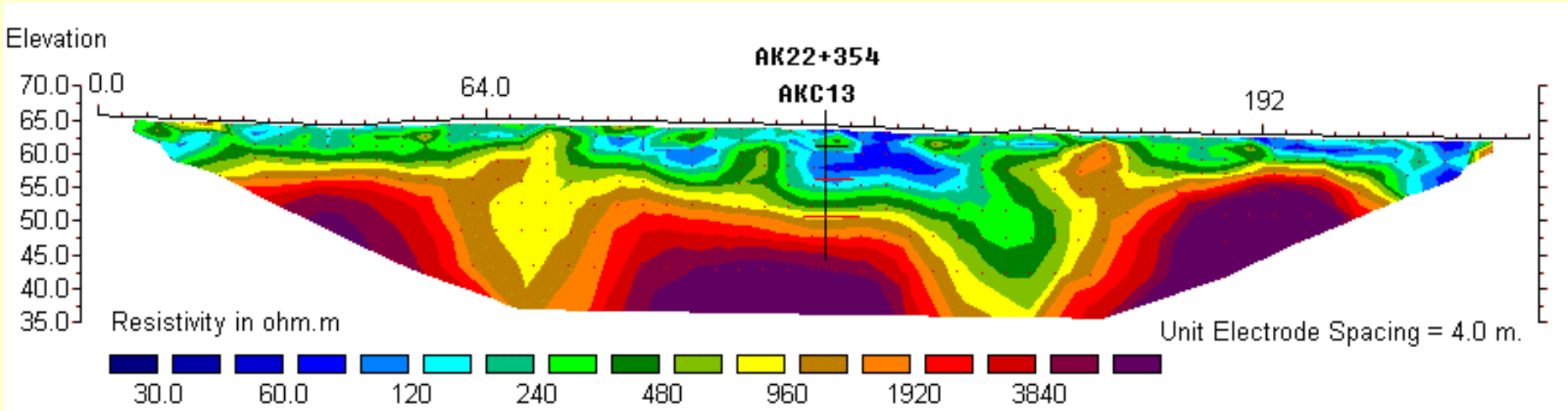


图 6－1　某地 8 线 ABMN 装置反演成果图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

- 规模、间距相对埋深较小时，两相邻洞体不易区分，往往形成一个异常，会导致对异常的错误推断。
- 对于用高密度电阻率法难以探测的采空区、岩溶建议采用其它物探方法进行探测；另外对于推断的异常也应加强验证，以便利用验证资料进一步指导物探的解释工作。

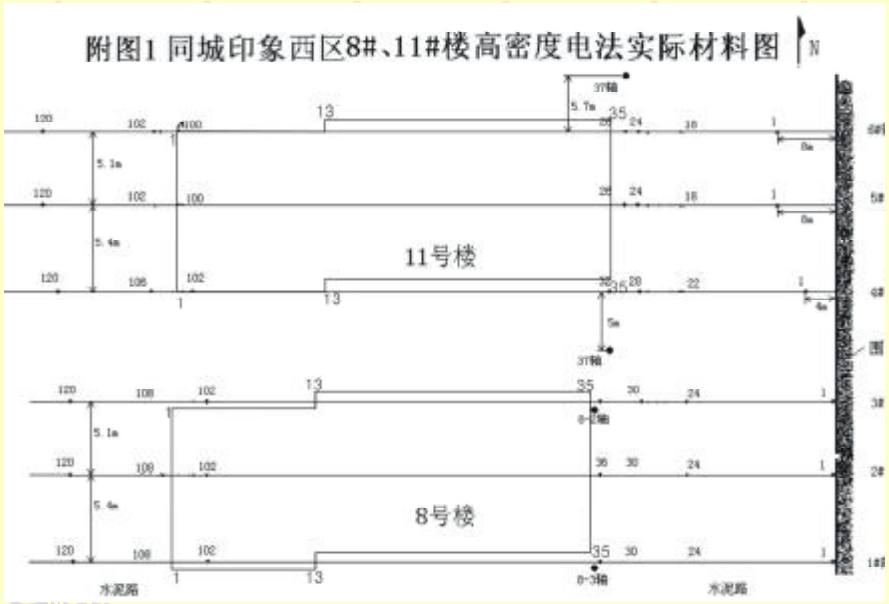
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

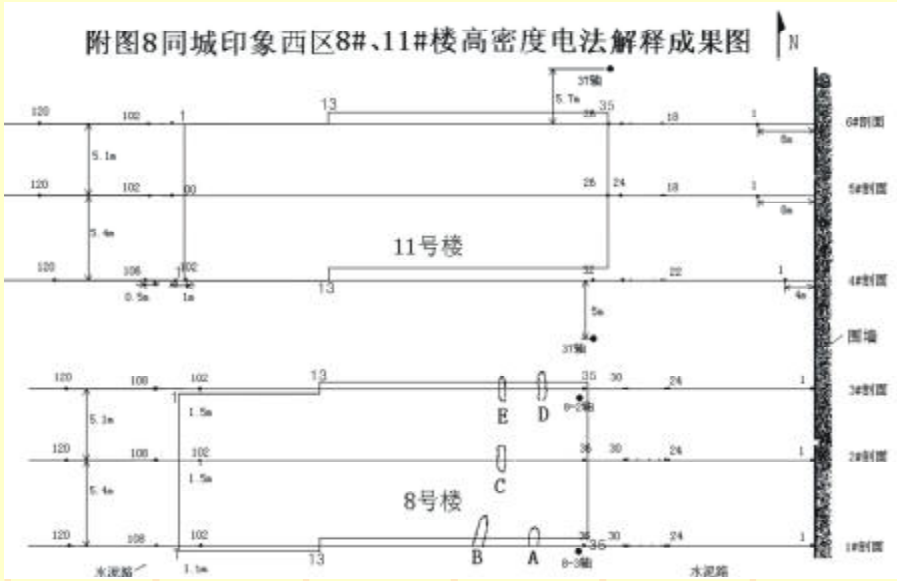
实例2

- 杭州广大房地产有限公司拟建的杭州山河·同城印象西区8＃11＃号楼位于杭州市余杭区余杭镇宝林东路北侧，一期工程西侧(图1），由浙江省建筑设计院设计，拟建21幢住宅楼，建筑面积约59000m²，总投资约为1.25亿，该工程施工总包为浙江省建工集团总公司，浙江中兴建设监理有限公司监理。
- 设计基础采用人工挖孔灌注桩基础，采用⑤－3中风化泥灰岩为桩端持力层，由于在地质勘察时个别钻孔发现有灰岩溶蚀裂隙或溶洞（坑、沟）中的流塑淤泥充填物。为此，特委托我公司采用地球物理探测技术对西区场地8＃11＃号楼的地基地层及基岩进行探测，为桩基设计及施工采用科学的方案作出合理的决策。本次探测的主要任务：
- 1、查明场区内岩溶分布的空间形态。
- 2 、查明场区内有无土洞及开口溶洞等不良地质条件。

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

大楼基础桩底岩溶土洞调查-------高密度电法



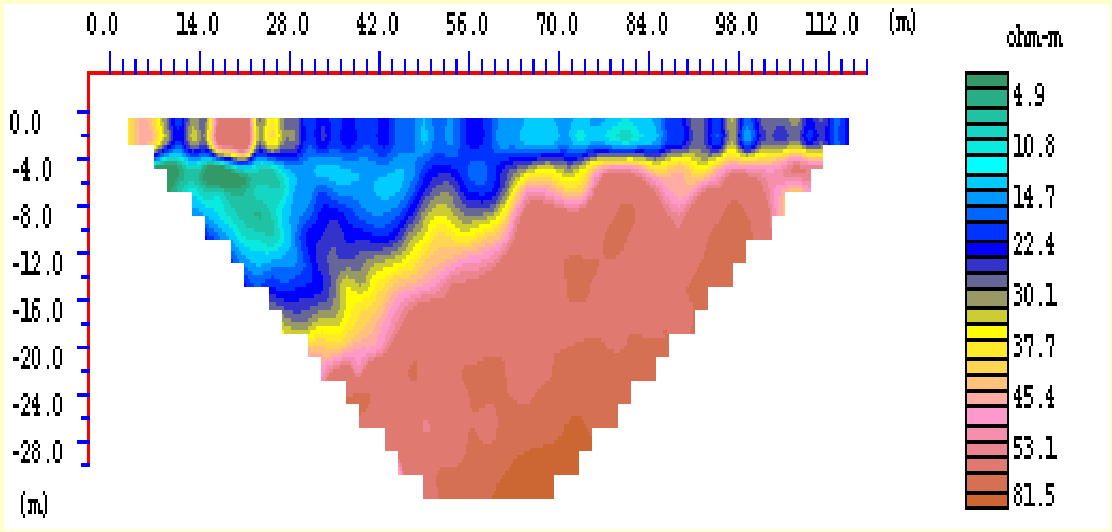


PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

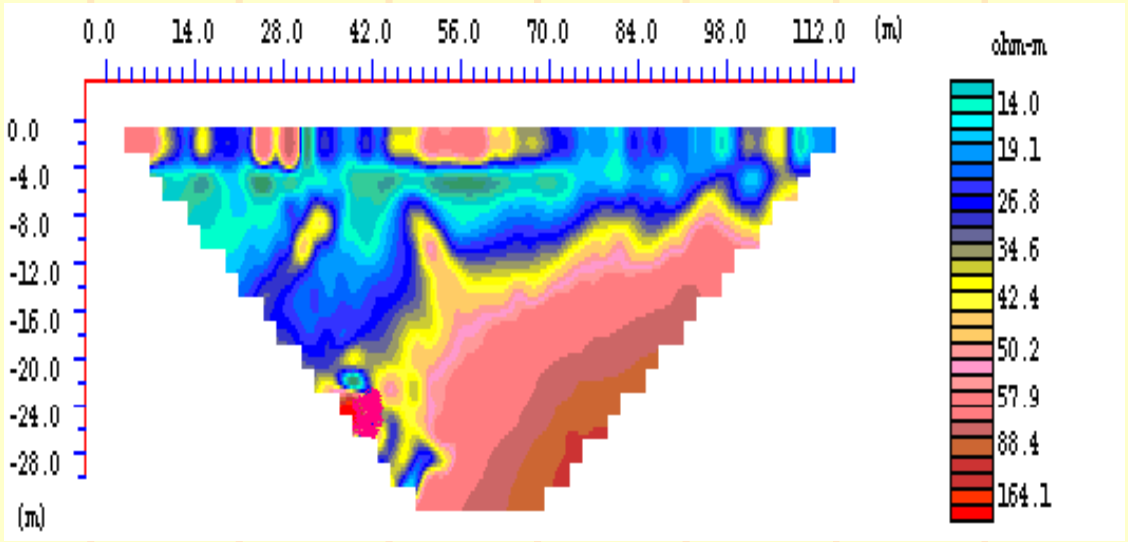
大楼基础桩底岩溶土洞调查-------高密度电法

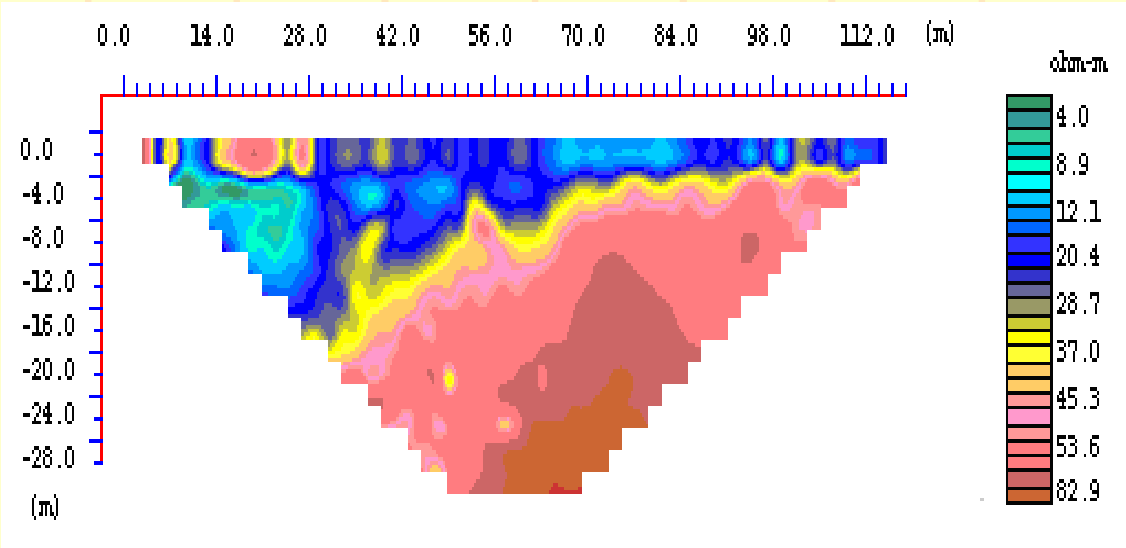
排列采用温纳装置测量。在每幢楼布置三条剖面，每排列电极为60根，电极距为2m，仪器按照设定的程序依次移动供电电极A和B及测量电极M和N并计算相应的装置系数（K），通过测读供电电流（I）和测量电极间的电压（△V），计算出对应点的电阻率值ρs=K×△V /I 。仪器采用中装集团重庆地质仪器厂生产的DZD－6和DUK－2组成的高密度电法测量系统，采集数据记录在仪器存储器中。

在2号楼做了4、5、6三条剖面(图3)，分析基岩总的趋势也存在西浅向东倾伏，但在基岩内未发现低阻体，说明该楼的基础没有岩溶存在。但在基岩面分析；在56点附近的3～4m范围内存在有灰岩面的古溶沟和溶蚀带现象。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

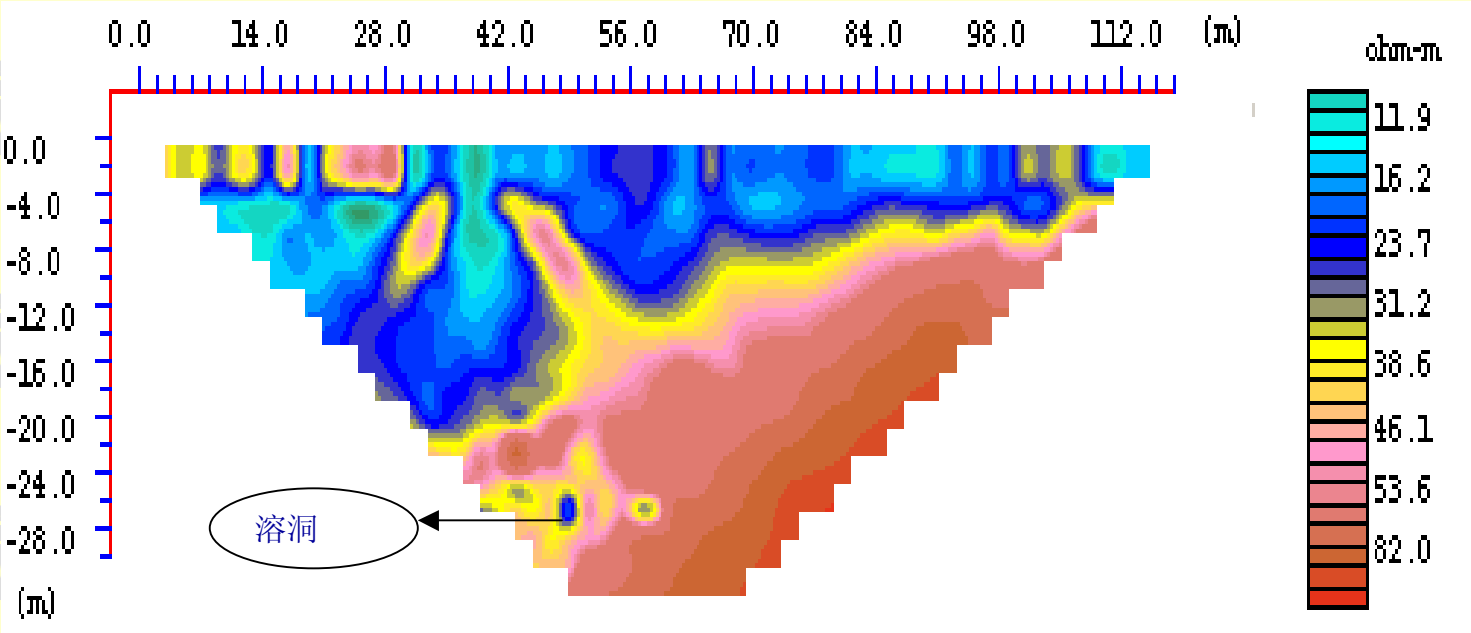




PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

大楼基础桩底岩溶土洞调查--------高密度电法

从图分析，在1号楼1、2、3剖面，基岩总的趋势为西浅向东倾伏，东部的埋深达20.0 ~22.0m，而在48～50点之间存在着离地面27m深的直径约2～3m的溶洞，其洞高度达3m左右，由于该溶洞距基岩面下有9～10m，对于直径0.8m的嵌岩人工挖孔桩没有影响。



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

实例3、宁波大岙垃圾填埋场物探选址

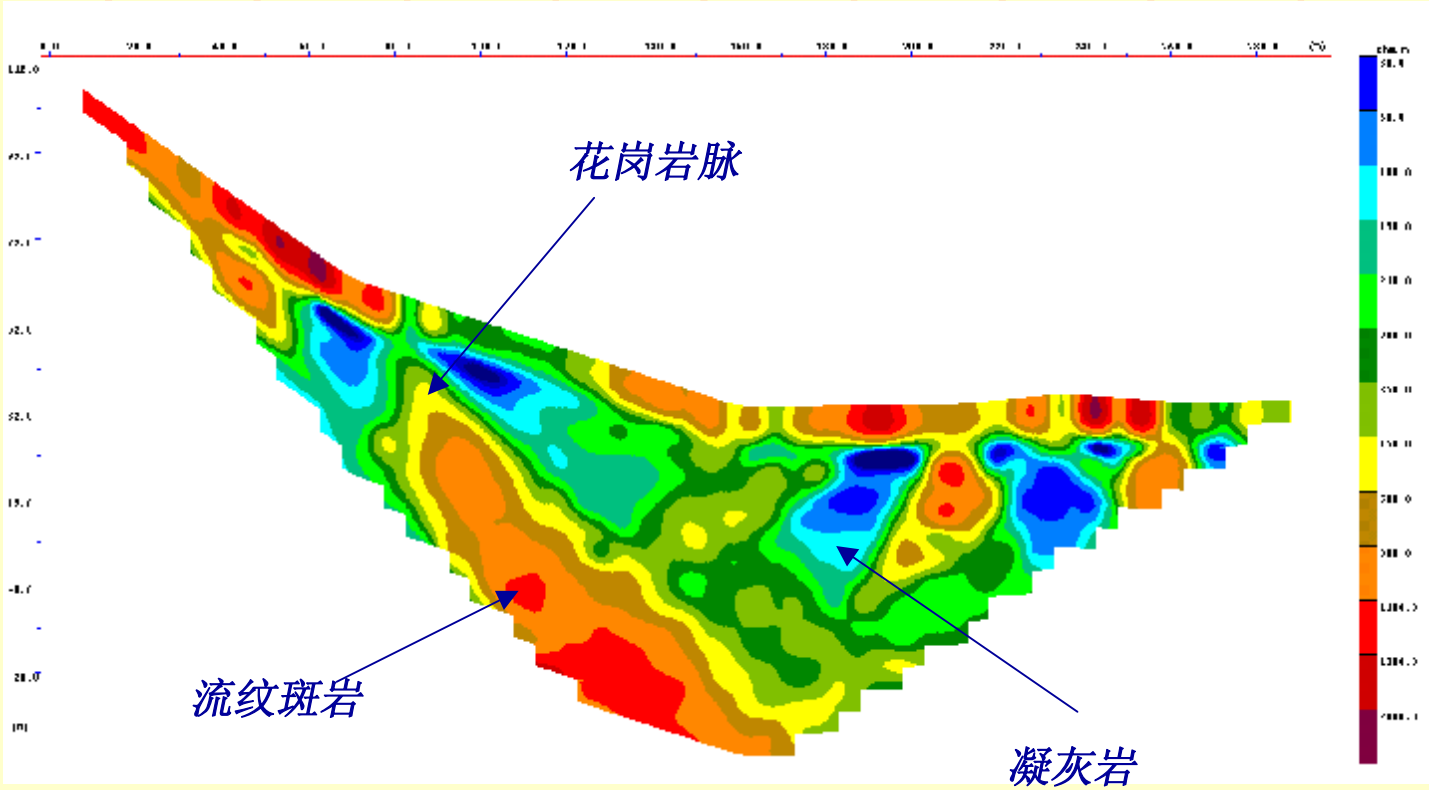
- 20年垃圾填埋场选址工程勘察发现断层,要求物探:
- 1:查明区内不同岩性接触带位置
- 2:查明断层位置、宽度、走向
- 3：查明断层含水性

方法：浅地震、高密度电法

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

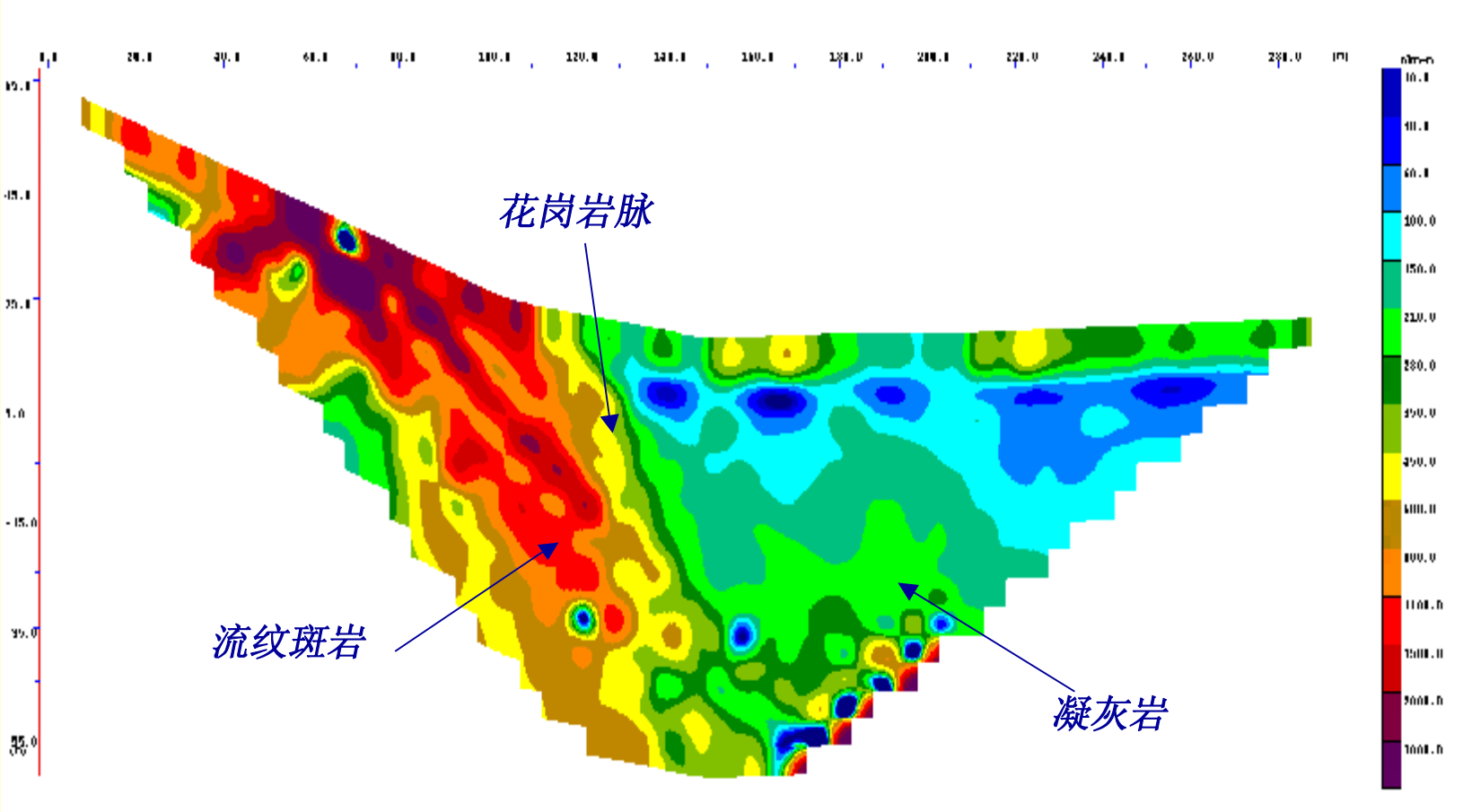
宁波大岙垃圾填埋场物探高密度电法探测技术

任务:1.查明基岩接触带、岩性、断裂构造
2.查明第四系厚度及基岩形态



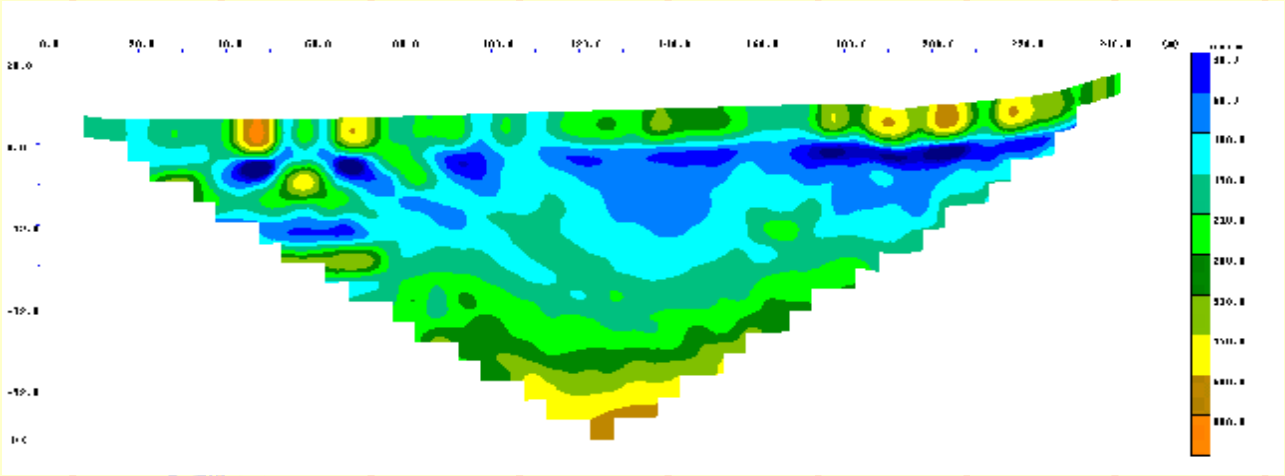
PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术 宁波大岙垃圾填埋场物探选址

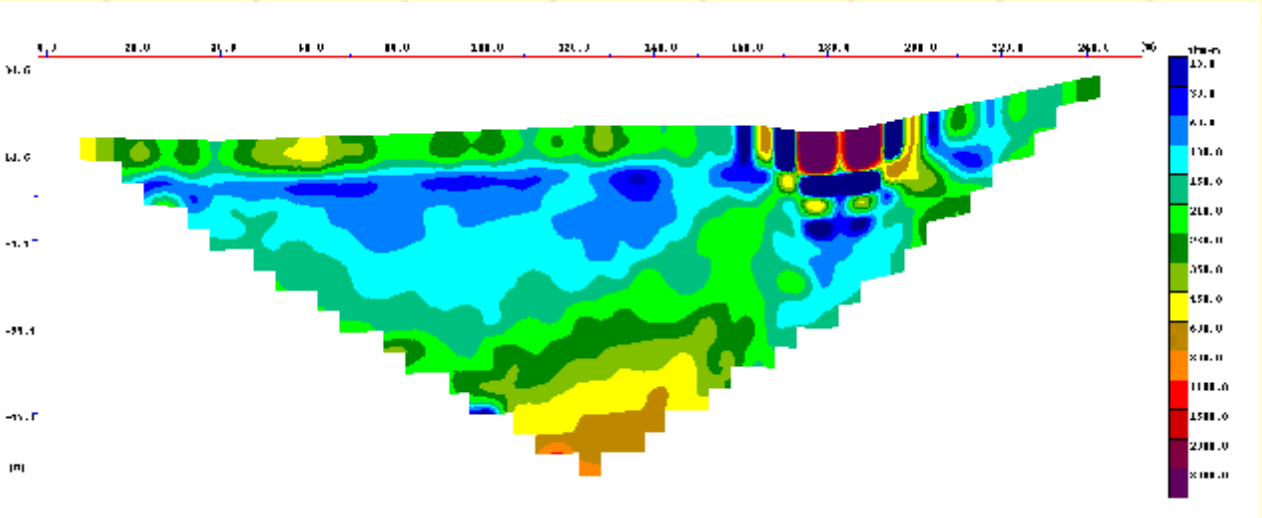


PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术 *宁波大岙垃圾填埋场物探选址*

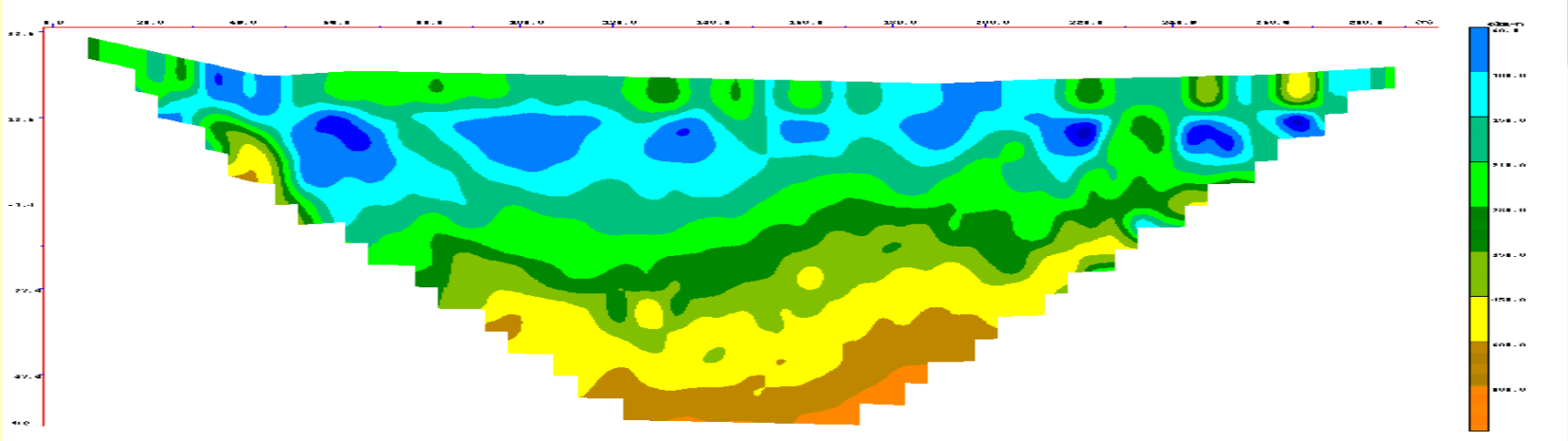


由下而上电阻率逐渐增大，表示从第四系，基岩全风化，半风化，微风化直至新鲜基岩。

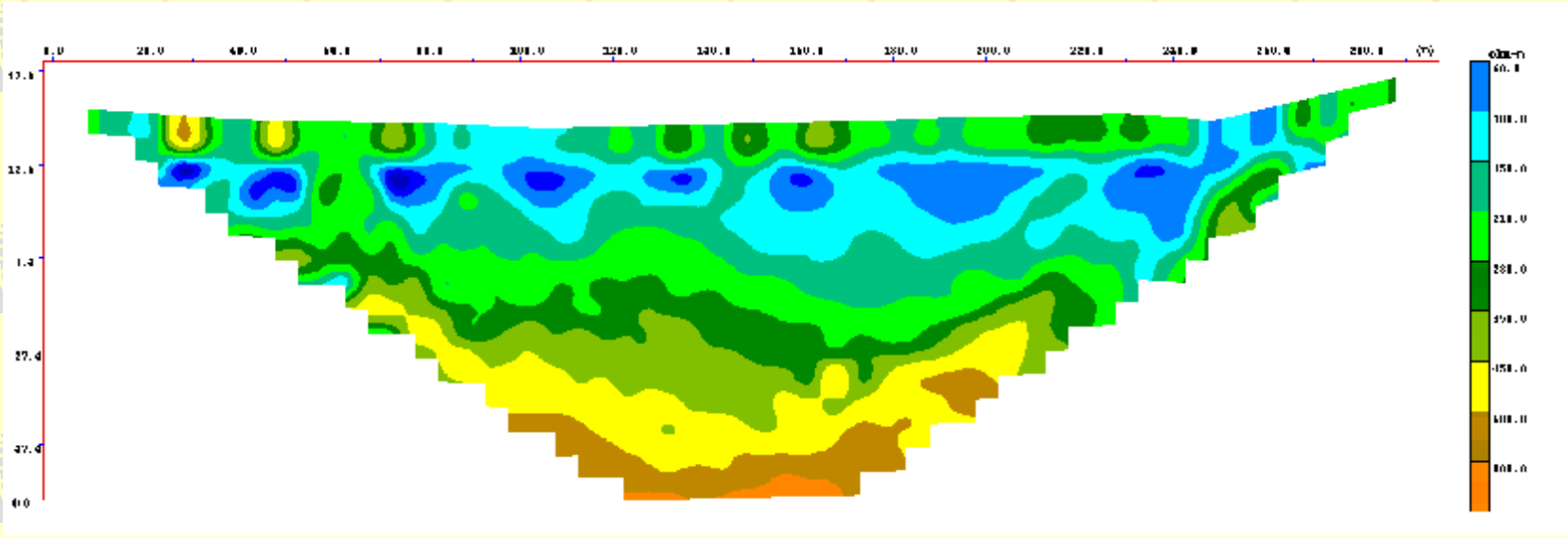


PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术 *宁波大岙垃圾填埋场物探选址*

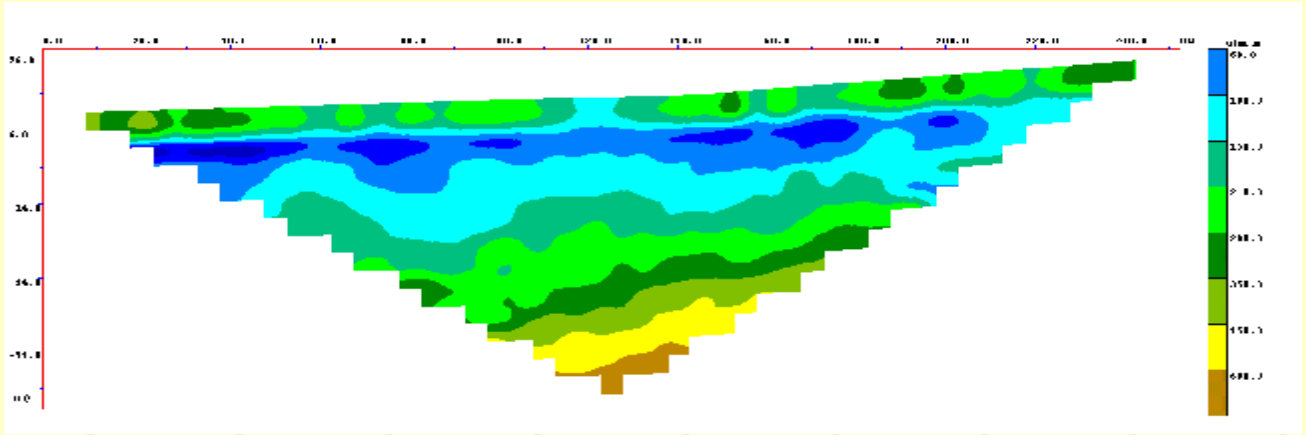


由下而上电阻率逐渐增大，表示从第四系，基岩全风化，半风化，微风化直至新鲜基岩。

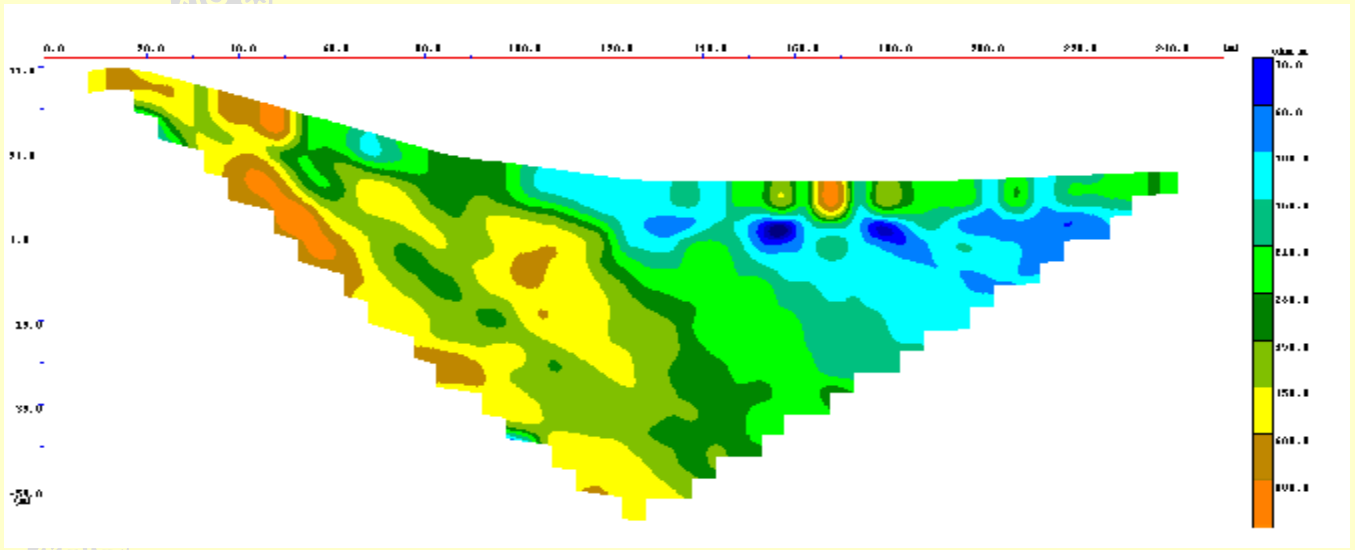


PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术 *宁波大岙垃圾填埋场物探选址*



由下而上电阻率逐渐增大，表示从第四系，基岩全风化，半风化，微风化直至新鲜基岩。



二套不同地层的接触：左侧为基岩，右侧为第四系

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

高密度电法探测技术

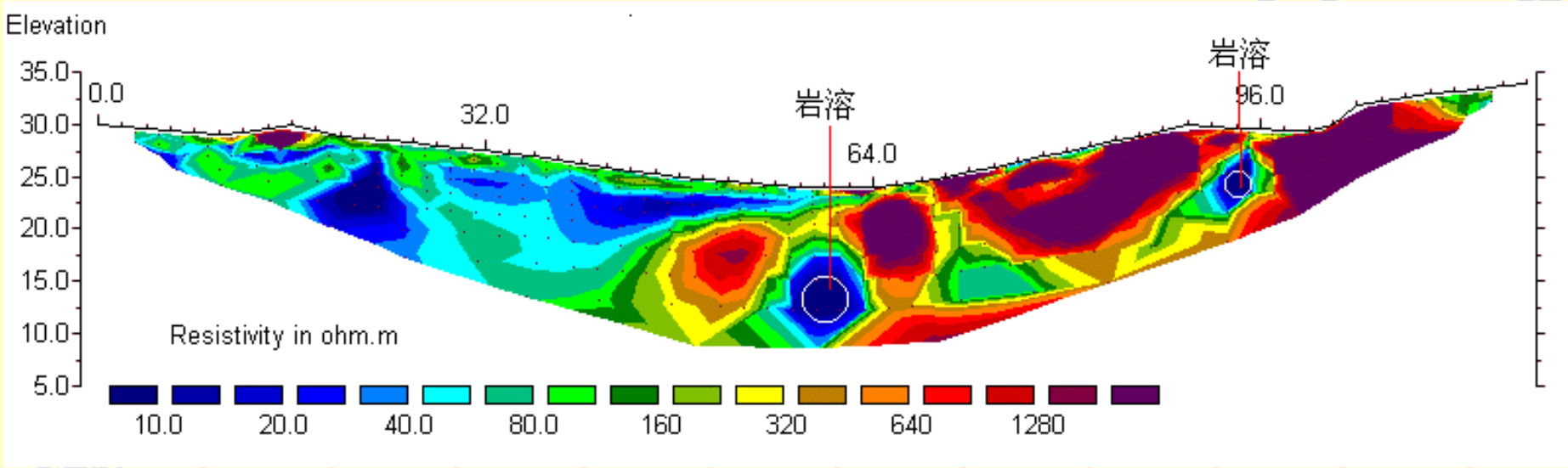


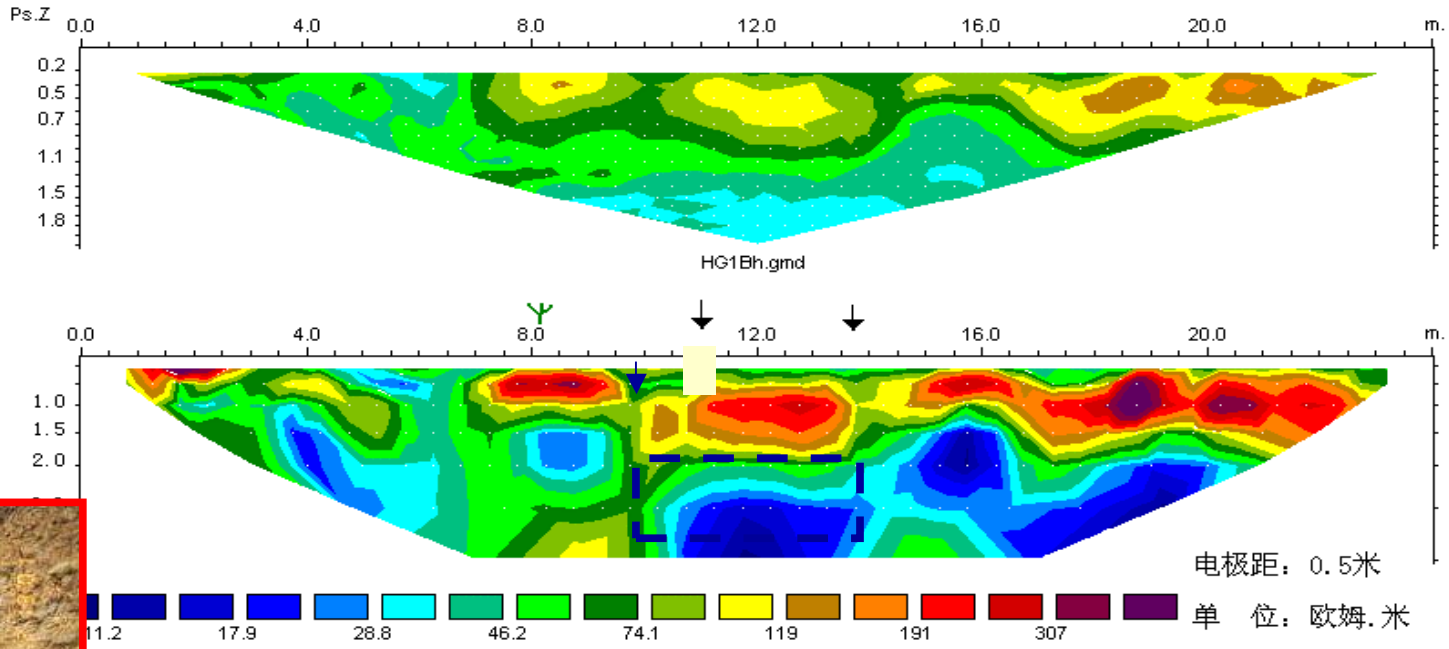
图2-1 西湖西进工程岩溶探测反演成果图

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

实例4

高密度电法探测技术

华中科技大学废弃放射源水泥池
高密度电法探测解释剖面



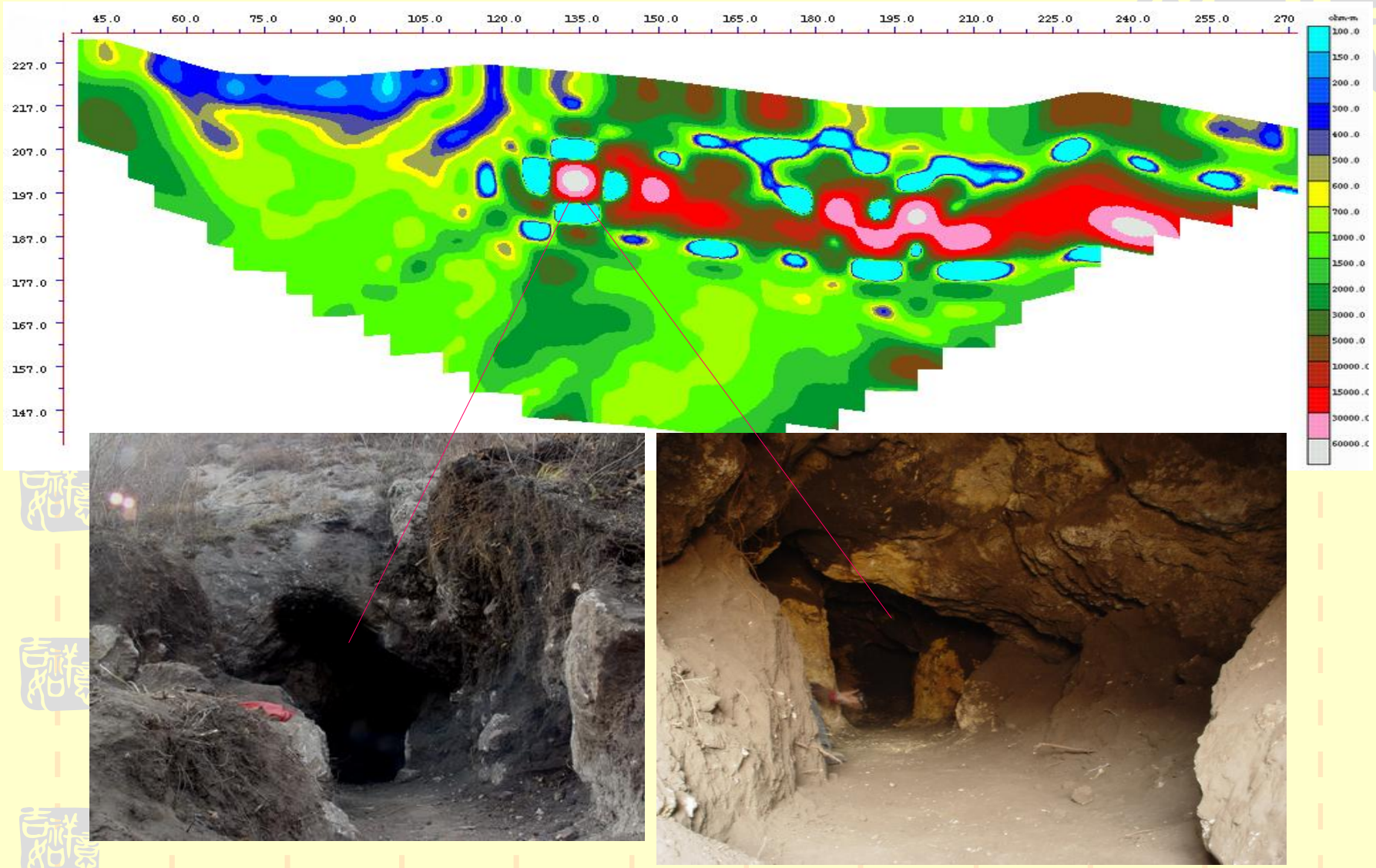
中国地质大学地球物理系提供



废弃放射源水泥池
高密度电法勘探及验证

PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

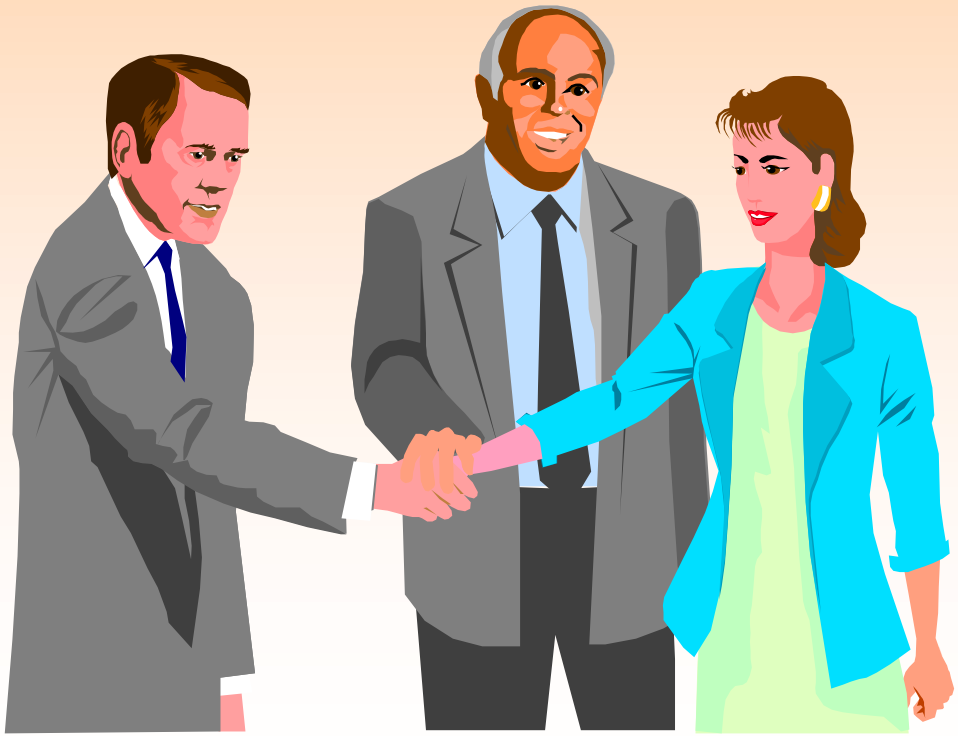
高密度电法探测技术 溶洞物探



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn

欢迎批评指正！

谢谢！



PDF 文件使用 "pdfFactory Pro" 试用版本创建 www.fineprint.cn