

# 北京地区某基坑边坡支护变形分析及建议

秦俊生<sup>1,2</sup>, 王成彪<sup>1</sup>, 程 剑<sup>3</sup>

(1. 中国地质大学(北京)工程技术学院, 北京 100083; 2. 北京市地质矿产勘查开发总公司, 北京 100050; 3. 北京市地质工程设计研究院, 北京 密云 101500)

**摘要:**通过北京地区某基坑开挖工程中的变形情况,分析该工程基坑边坡变形的根本原因,同时通过该工程的情况,反思在岩土工程设计及施工过程中遇见该类饱和的细颗粒地层时应当注意的事项,最后对在此类地层中施工时的一些难点提出了解决方法。

**关键词:**基坑支护; 预应力锚杆; 细颗粒土层; 边坡变形; 预警值

**中图分类号:** TU473.2    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-7428(2011)04-0036-05

**Analysis on Deformation of Excavation Slope Protection in Beijing and the Suggestion/QIN Jun-sheng<sup>1,2</sup>, WANG Cheng-biao<sup>1</sup>, CHENG Jian<sup>3</sup>** (1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2. Beijing Corporation of Geo-exploration and Mineral Development, Beijing 100050, China; 3. Beijing Institute of Geo-engineering Design and Research, Miyun Beijing 101500, China)

**Abstract:** According to the deformation of an excavation engineering in Beijing, analysis was made on the basic reasons of the excavation slope deformation; and based on the situation, construction attentions in such saturated fine particle formations were considered with the solving methods.

**Key words:** foundation pit support; fine particle soil; deformation of excavation slope; early warning value

## 0 前言

依据北京市地方标准,基坑侧壁重要性是根据基坑深度、周边建筑物及管线情况来确定,进而可以确定边坡位移的控制值。在大多数基坑工程,控制边坡变形最常用、最有效的方法是施工预应力锚杆,重点工程中还可以根据安放锚杆应力计监控支护体系受力变化,通过监测数据的反馈来验证设计过程。但在特殊的工程地质条件下,其控制边坡变形的能力则不能有效发挥,对此须高度重视此类条件下采用预应力锚杆存在的隐患。细颗粒土层如粉土、粘性土、粉细砂等组合条件下,当降水效果不理想,其土体在开挖后,会出现坡面渗流水、流土现象,且不易控制,严重时立刻产生局部坍塌;而此时锚杆施工采用常规方法的成孔、注浆,受水的影响,其质量均会很差,对锚杆的锚固力则有明显的消弱,对边坡变形控制会不尽如人意,此时过度信任锚杆对基坑变形的控制则会产生一些比较严重的后果。同时,当边坡附近的管线如自来水、污水等管线出现渗漏水的情况时,更会加剧边坡变形,最终可能因边坡变形过大而出现失稳,更有可能发生坍塌等事故。如何保证预应力锚杆在特殊的工程地质条件下仍能发挥

其控制变形的能力是一个比较困难的事情。本文在分析实例的基础上,分析了预应力锚杆控制基坑变形失效的根本原因,并提出一些在岩土工程设计和施工过程中应注意的技术难点和相应的解决方法。

## 1 工程概况

拟建场地位于北京市朝阳区酒仙桥附近,为一栋地上2~9层、地下2层的办公楼,建筑面积32987.8 m<sup>3</sup>,结构类型为框剪结构,基础类型为筏板基础。

本工程±0.00=35.95 m,自然地面平均标高为35.19 m左右。拟开挖的基坑为L形,东西方向最长约100 m,南北方向宽约90 m,基坑北侧槽底标高为-11.56 m(绝对标高24.39 m),南侧基坑槽底标高为-10.46 m(绝对标高25.49 m)。根据自然地面标高,基坑拟开挖深度除局部为10.77 m外,大部分均为9.67 m。

### 1.1 场区地层条件

地层描述如下(见图1):

表层为人工堆积层、粘质粉土填土①层,房渣土①<sub>1</sub>层,标高位于33.09~35.38 m;第四系沉积层位

收稿日期:2010-12-14

作者简介:秦俊生(1970-),男(汉族),安徽人,中国地质大学(北京)博士研究生,北京市地质矿产勘查开发总公司副总经理、高级工程师,地质工程专业,从事地质工程施工与管理工作,北京市西城区南纬路4号北京地矿总公司,flowboy@163.com。

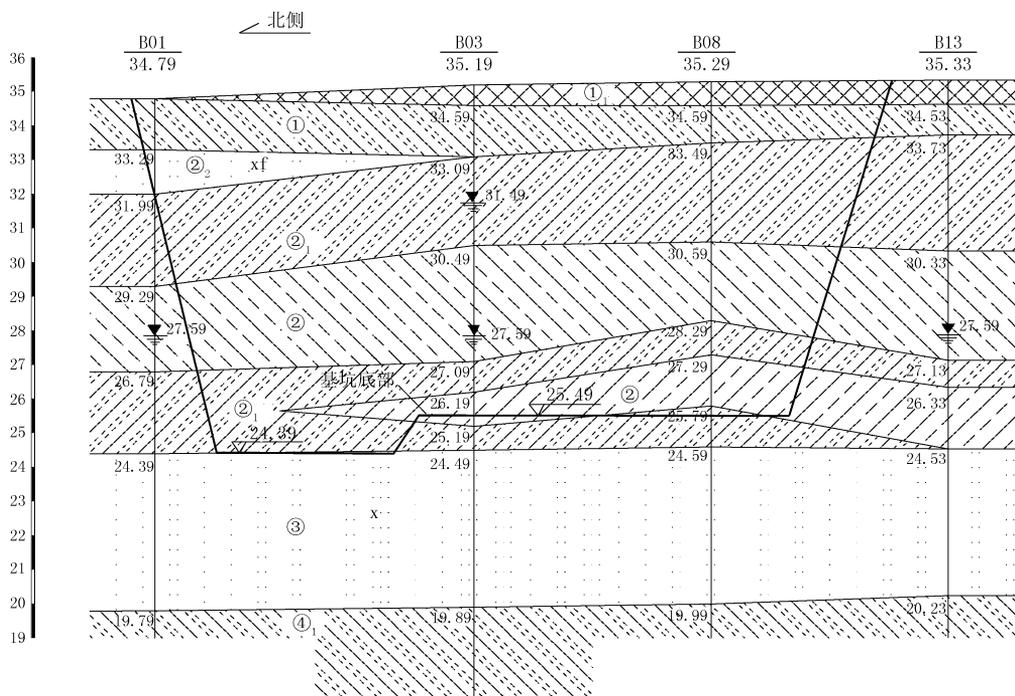


图 1 基坑典型地质剖面简图

于人工堆积层之下,为粉质粘土、重粉质粘土②层, 层,标高为 4.74 ~ 34.11 m。  
 粘质粉土、砂质粉土②<sub>1</sub>层,细砂、粉砂②<sub>2</sub>层,细砂 层, 基坑支护深度内主要岩土层物理力学性质见表  
 ③层,粉质粘土③<sub>1</sub>层,粘质粉土③<sub>2</sub>层,粉质粘土④ 1。

表 1 基坑支护深度内主要岩土层物理力学性质简表

层号	土层名称	饱和度 $S_r$	孔隙比 $e$	塑性指数 $I_p$	液性指数 $I_L$	压缩模量 $E_s$		天然快剪	
						$P_0 \sim P_0 + 100 \text{ kPa}$	$P_0 \sim P_0 + 200 \text{ kPa}$	粘聚力 $c/\text{kPa}$	内摩擦角 $\varphi/(\text{°})$
①	人工堆积层							10	20
① <sub>1</sub>	房渣土							2	25
②	粘质粉土、重粉质粉土	0.98	0.85	14.14	0.56	5.55	6.41	21.0(16 ~ 24)	8.88(7.0 ~ 11.0)
② <sub>1</sub>	粉质粘土、砂质粉土	0.97	0.61	7.16	0.31	13.13	15.8	20.0(19 ~ 22)	33.0(24.0 ~ 38.0)
② <sub>2</sub>	细砂、粉砂					20.0	20.0		
③	细砂					33.0	33.0		
④ <sub>1</sub>	粉质粘土、砂质粉土	0.94	0.54	9.05	0.20	15.72	17.21		

### 1.2 场区水文地质条件

根据岩土工程勘察报告,在勘探深度范围内,于钻孔内实测到 2 层地下水,地下水类型、静止水位埋深及主要含水层情况参见表 2。

表 2 地下水状况一览表

地下水类型	水位埋深/m	水位标高/m	含水层
上层滞水	2.30 ~ 3.80	31.49 ~ 33.04	粉质粘土、粘质粉土② <sub>1</sub> 层,细砂、粉砂② <sub>2</sub> 层
承压水	7.20 ~ 7.90	27.34 ~ 27.92	细砂③层

### 1.3 场区周边条件

拟开挖基坑的东侧紧邻小区围墙,其北段围墙内为一栋 27 层已有建筑,距离建筑红线为 8.0 m;小区地下车库分布于基坑东侧北段及中段外侧,距离建筑红线 6.4 m 左右,地下室基础埋深在 9 m 左

右;东南段距离建筑红线 17 m 为一栋 13 层的住宅;基坑南侧距离建筑红线 8 m 为小区道路,其建筑红线外存有多条管线:如小区污水、雨水、自来水以及天然气管线等;基坑北侧及西侧场地较大。

## 2 基坑支护设计

### 2.1 地下水处理措施

根据勘察报告提供的地下水情况,影响基坑开挖的仅为第一层地下水:上层滞水,埋深在 2.30 ~ 3.80 m。在基坑开挖过程中采取管井封闭降水措施,降水井井深 18 m,距基坑上口线 1.0 m 布置,井距 7.5 m,共 51 眼,对坡面可能出现的渗漏水,采取插管导流措施,必要时配合明排处理,以保证边坡支护工作顺利进行及边坡的稳定。

### 2.2 基坑支护设计简介

受周边建筑物、管线以及现场施工荷载的影响,基坑开挖过程中原则上采用桩锚支护体系,局部(基坑西侧及北侧)桩顶设置3.5 m的土钉墙。

基坑侧壁重要性系数均取1.1。

基坑支护共分4段(见图2):基坑东侧分I段、II段,南侧为III段,西侧、北侧为IV段。

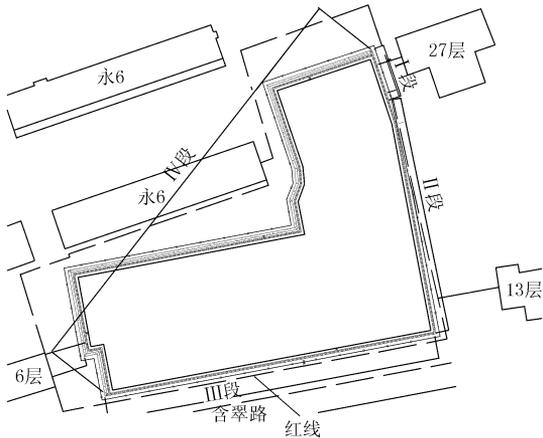


图2 基坑支护平面布置图

基坑支护形式共分2种:

采用桩锚支护体系的区段: I段, II段;

采用土钉墙/喷锚+桩锚支护体系的区段: III段, IV段。

本基坑桩顶水平位移允许最大值确定为20 mm,报警值确定为16 mm。

### 2.3 支护设计参数简述

(1) 基坑东侧 I 段, II 段周边场地狭小、距离建筑物很近,均采用桩锚支护体系。护坡桩于地表施工,一道预应力锚杆(一桩一锚、锚杆10.5 m 锚固段,5.0 m 自由段,锁定力180 kN,用2[20a 槽钢锁定)。

(2) 基坑南侧 III 段受场地外需堆放现场生活设施的影响,地表以下50 cm 范围内自然放坡、直接锚喷,桩顶位于锚喷以下,一道预应力锚杆(两桩一锚、锚杆13.0 m 锚固段,5.0 m 自由段,锁定力180 kN,用2[20a 槽钢锁定)。

(3) 基坑西侧及北侧 IV 段周边场地较大,可以进行放坡支护,故采用支护高度为3.5 m、放坡系数为1:0.2的土钉墙+桩锚的支护体系,一道预应力锚杆(两桩一锚、锚杆14.0 m 锚固段,5.0 m 自由段,锁定力180 kN,用2[20a 槽钢锁定)。

护坡桩参数均为桩径600 mm,桩间距1200 mm,护坡桩采用长螺旋钻成孔压灌混凝土后插钢筋笼施工工艺;预应力锚杆直径为150 mm,采用长螺

旋干钻方法成孔。

各侧支护设计见图3。

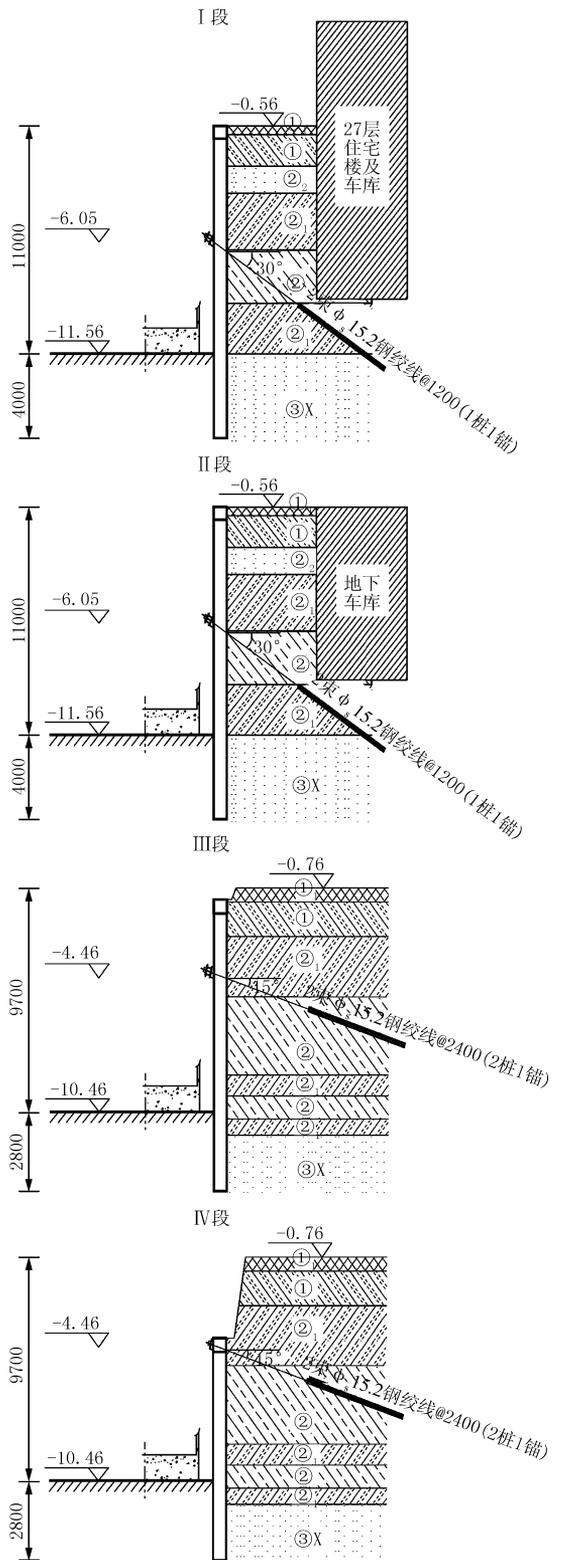


图3 基坑支护剖面图

### 3 基坑开挖及变形情况

基坑四周在预应力锚杆施工之前,基坑变形速

率及变形值一直很正常,最大值不到 10 mm。预应力锚杆于 2007 年 6 月 20 日全部施工完毕,养护 3 天,张拉后即进行土方开挖和桩间土锚喷,6 月 29 日上午基坑周边的桩顶位移观测的最大值为 13 mm;6 月 29 日下午大雨,根据监测数据发现大雨后桩顶位移变形速率明显增大,7 月 3 日最大位移已达到 18 mm,超出设计预警值,并接近边坡位移允许最大值;随即对局部变形较大的区域进行加固。7 月 11 日,基坑土方、支护施工除马道外全部完毕,当天晚 11 时左右,基坑南侧支护上口线 2.0 m 处一条自来水管线破裂,自来水由侧壁流至基坑内,同时基坑边坡位移监测到桩顶位移最大值已达到 35 mm,并且仍在变形中。发现这一情况后,现场采取用 32a 工字钢临时支撑的办法对边坡进行加固、同时关闭自来水管线阀门;7 月 12 日晨该侧位移值达到

45 mm,不再发生变化,随即进行加固措施的施工。

基坑水平位移观测点布置如图 4。位移观测数据见表 3。

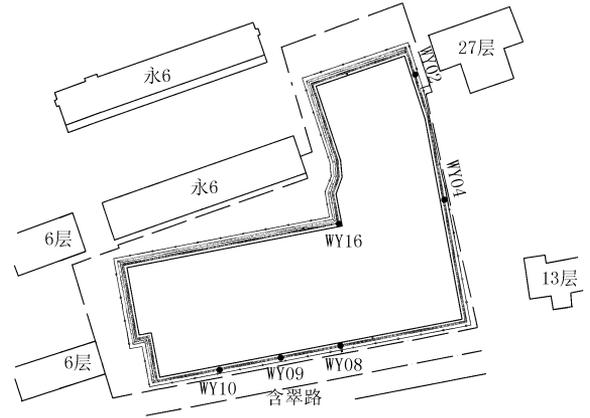


图 4 基坑水平位移观测点布置图(局部)

表 3 施工过程中基坑水平位移观测数据(局部)

水平观测点变形数据	WY02	WY04	WY08	WY09	WY10	WY16
6月20日锚杆未施工前	9.8 mm	8.5 mm	8.5 mm	9.5 mm	8.8 mm	8.5 mm
6月29日大雨前观测数据	11.0 mm	9.5 mm	12.0 mm	13.0 mm	12.5 mm	11.5 mm
7月3日大雨后观测数据	13.0 mm	11.0 mm	16.5 mm	18.0 mm	17.0 mm	14.0 mm
7月8日第一次局部加固后观测数据	13.5 mm	11.0 mm	17.5 mm	20.0 mm	18.5 mm	14.0 mm
7月11日基坑南侧涌水时观测数据	14.0 mm	11.5 mm	24.0 mm	35.0 mm	26.0 mm	14.5 mm
7月12日涌水控制后观测数据	14.0 mm	11.5 mm	27.0 mm	45.0 mm	30.0 mm	14.5 mm
7月17日第二次局部加固后观测数据	14.0 mm	11.5 mm	30.0 mm	49.0 mm	32.0 mm	14.5 mm

注:WY04处水平位移因变形较小,且未超过设计允许值,没有进行加固;WY02、WY16外侧有重要建筑物,为确保安全,进行了一次局部加固;WY08、WY09、WY10处在基坑开挖前后进行2次加固。

## 4 变形分析

### 4.1 从基坑边坡支护设计上分析

本工程基坑支护设计采用理正深基坑软件进行计算,计算书中,基坑变形最大值仅为 15.5 mm,而在施工期间,因动载、雨水以及管线等多方面因素的影响,实际变形值远远超过计算值以及变形控制值,具体原因分析如下。

(1) 基坑周边荷载取值考虑不周: 基坑南侧(Ⅲ)距离建筑物边线 10 m 处为一条市政规划道路,为基坑土方外运必经之路,大型载重车辆在经过减震带时产生的动载对支护结构的安全性有较为严重的影响,但在原设计方案中未予以考虑。

(2) 未对开挖深度范围内的饱和细颗粒土层有足够的重视: 根据岩土工程勘察报告②层粉质粘土、重粉质粘土和②<sub>1</sub>层粘质粉土、砂质粉土均为饱和,并且②层粉质粘土、重粉质粘土可塑、较软~中硬,内摩擦角平均值仅为 8.88°。而在方案设计过程中,一是根据以往的施工经验较大幅度提高了地层的岩土工程参数;二是细颗粒土层中采用常规的管

井降水,但其效果极差,短时间内没有达到疏干的目的;三是忽略该饱和状态的土层中水对锚杆锚固力的影响,在没有添加任何外加剂的情况下直接采用普通螺旋钻机进行锚杆施工。

(3) 未对周边管线有足够的重视: 基坑南侧存在平行基坑的多条管线,如污水、雨水以及自来水管线等,在基坑开挖过程中未对管线进行位移监测和对管线部位进行加固处理,以至于在桩顶位移达到一定数值时,导致自来水管线破裂,进而更一步加大了该侧的边坡位移。

### 4.2 从基坑边坡支护施工上分析

(1) 基坑周边未进行硬化: 基坑南侧上口线与道路之间有 8 m 左右的空间,施工期间存有材料、设施等,但未对路面进行硬化处理,以至于雨水渗入地层,对支护体系的稳定产生很大的负面影响。

(2) 预应力锚杆养护时间不够和基坑土方开挖速度过快: 因受工期的影响,锚杆养护 3 天后即进行了张拉,并对剩余土方进行了开挖,其速度过快,导致部分锚杆锚固体与锚索之间的粘结力破坏,锚杆整体锚固力降低,从而导致基坑变形的增大。

(3)边坡支护施工信息未及时反馈:在基坑开挖和预应力锚杆施工过程中,未及时向设计人员反馈地层和施工信息,错过了修正支护设计参数的最佳时间,为之后的边坡位移埋下隐患。

## 5 建议

该地区为古河道淤积地层,地质条件比较特殊,在设计施工方面应从以下几方面加以注意。

### 5.1 设计方面

在方案设计阶段,作为设计人员须深入研究岩土工程勘察报告中的水土特点,应考虑到特殊的水土组合所面临的隐患。尤其在粉土、粘性土、粉细砂等细颗粒土层组合条件下,超饱和的细颗粒土体在不降水,或降水效果不佳条件下,开挖后,会出现不同程度的坡面渗流水、流土现象,且不易控制,在此情况下如采用常规方法成孔,注浆的锚杆质量一般较差。因此,对基坑支护设计来说,应采取信息化设计,及时掌握现场情况,及时调整方案。

### 5.2 注意边坡外侧管线

应高度重视边坡外侧附近的管线,在设计及施

工阶段,应调查清楚管线实际状况,同时应考虑到一旦出现管线渗漏水,其对边坡支护可能引发的负面影响程度。具备相关条件的情况下应并对渗漏水管道进行必要处理以及对管线部位进行加固,避免渗漏水对边坡土体严重浸润,加速边坡变形,同时避免变形过大而造成管线破裂,以导致更大的事故。

### 5.3 开挖进程方面

根据现场揭露出的土质实际状况,及时调整开挖段长度、深度以及速度,确保边坡稳定。

### 5.4 锚杆施工质量方面

对于超饱和的细颗粒土体,须采取有效的成孔、注浆工艺,确保施工质量。在工期比较紧迫、常规养护时间不够的情况下,可根据相关规范要求添加外加剂,以保证锚杆锚固力。

## 参考文献:

- [1] DB 11/489 - 2007, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [2] JGJ 120 - 99, 建筑基坑支护技术规程[S].
- [3] JGJ/T 111 - 98, 建筑与市政降水工程技术规范[S].
- [4] GB 50086 - 2001, 锚杆喷射混凝土支护技术规范[S].

## 推广成熟技术、扩大服务领域

### ——全国岩心钻探技术交流研讨会在海南成功召开

本刊讯 2011年3月18~22日,中国地质调查局科技外事部在海南海口成功举办了"全国岩心钻探技术交流研讨会"。国土资源部高咨中心王宝才副主任,中国地质调查局科技外事部柏琴副巡视员、李志忠处长,矿产资源所张佳文副所长,海南地质局龚汉松副局长,海南地调院傅杨荣院长,北京探矿工程研究所何远信所长和刘三意副所长等出席会议。来自全国10多个省区市从事矿产勘探、钻探、物化遥和地质环境的专业技术人员及科研管理人员共103位代表参加了会议。

培训研讨会邀请10多位专家围绕着钻探技术经济学研究与应用、浅钻技术在地质找矿中的战略意义、浅层取样钻技术新成果、浅覆盖区应用浅钻取样的化探方法技术、深部钻探新型金刚石钻头碎岩技术、复杂地层冲洗液技术新成果、钻孔漏失机理与堵漏技术研究、复杂地层取心技术研究、国内外钻井泥浆检测技术最新进展、钻井液固控系统在地质钻探中的应用等十多个专题进行了报告,并展开广泛研讨,受到与会专家代表的热烈欢迎。

本次研讨会为全面开展实施"地质找矿突破战略行动"提供了很好的交流平台,促进了钻探新技术新方法在国内的广泛应用及全面推广,也进一步推动全国岩心钻探新技术的普及,快速提高复杂地层钻进效率,提升了全行业地质找矿能力。



会议由中国地质调查局科技外事部主办,北京探矿工程研究所承办,得到海南地质局和地调院的大力支持。

(王新萍 供稿)