

出国技术考察报告

西德地质工作考察

(内部资料·注意保存)



冶金工业部情报研究总所

出国技术考察报告

西德地质工作考察

(内部资料·注意保存)

冶金工业部情报研究总所
一九八〇年五月

前 言

根据中、西德科技协定项目，我冶金地质考察组一行八人，由西德联邦政府经济部接待，于1979年10月18日至11月8日对西德地质工作进行了考察。

这次考察，是以矿物质成分研究方法、水文地质勘探为重点，在我驻西德使馆的关怀和协助下，根据我们的要求，德方作了具体安排和接待，考察和参观了十八个单位，一个研究院、四所大学、五个企业公司、五个矿山、两个工厂、一个矿山经济协会。

在矿石物质成分和同位素地质测试技术方面，考察了西德联邦地学与原料研究院地球化学和矿物处、地球物理、慕尼黑大学普通地质和应用地质学院，以及鲁齐公司矿山地质处岩矿鉴定室。

在水文地质勘探方面，参观访问了联邦地学与原料研究院水文地质勘探室和工程地质室、内奥尼铁矿、莱茵煤矿札尔茨吉特铁矿。

此外，还参观访问了普拉克拉物探公司、普拉塞公司、伊塔克国际深井钻公司、麦根铅锌矿、拉美尔斯伯格铅锌矿、沃尔特机械钻探工厂、蔡司公司、汉诺威大学、汉诺威工业大学、慕尼黑工业大学等单位，对西德地质工作航空物探、航空地质、钻探设备等作了一般性考察了解。

考察组到达西德后，联邦政府经济部能源司司长恩格尔曼（Engelmann）和付司长谢尔先后会见并宴请考察组全体成员，同时我们还接触了西德矿业界许多人士。

尽管这次考察时间很短（实际工作日14天），但由于德方对我要求都作了较周密的安排，特别是在我们考察之初正是华主席到西德访问，因而我们也普遍受到了所有访问单位的热情友好地接待。同时在总的日程无法改变的情况下，我们在重点单位采取了分组活动，重点深入的措施，多访问了一些单位，多看了一些东西，因此收获还是比较丰富的，完成了原定的任务，现将参观了解的情况作一综合介绍。

冶金部赴西德地质考察组

余 忠 高 桓 周传新 朱 凯
王继伦 孙延绵 张永交 杨兴正

目 录

前言	
一、西德的矿产资源及地质概况	(1)
二、岩石矿物和同位素地质测试技术	(4)
三、西德矿区水文地质工作的一般情况	(9)
四、关于物化探工作和遥感地质	(13)
五、几点建议	(16)
附件	
札尔茨吉特地区哈佛拉维斯铁矿	(19)
拉麦尔斯贝格铅锌矿	(20)
麦根铅锌矿山	(22)
考察单位一览表	(23)

一、西德的矿产资源及地质概况

西德位于欧洲中部，面积为24.79万平方公里，人口6168万人，是一个资本主义工业发达的国家。但矿产资源贫乏，铁矿总储量为36亿吨，平均品位32%，主要分布于北莱茵-威斯特伐伦、埃森和下萨克森。其中以札尔茨吉特铁矿为最大，主要是沉积型褐铁矿。在哈茨地区有拉美尔斯贝格多金属矿床以及麦根铅锌矿等（详见附件）。西德矿产的自给率很低，铁矿石为5%，铜矿石为1%，铅矿石为25%，锌矿石为40%，而镍、铬、锰、钨、锡、钼等几乎全部依靠进口。

西德地质构造，分为南北两个部分，南部为高地，北部为低地。前者经历过多次构造岩浆活动，许多重要矿产如煤、铁、铀和多金属矿床均产于此地。北部低地属于沉积盆地，为油气、钾盐主要产区。

西德地质工作有如下一些特点：

（一）西德虽有一些铁、铜、铅锌等金属矿床，并进行了开发，但都由于矿床经济价值不大，而陆续停采。目前所剩矿山不多，特别是六十年代以来，在西德已经没有新的重要发现和发展。但是随着现代技术在地质工作中的应用，他们仍然在国内加强了区域性的和对已经开发的矿区深部及其外围的找矿工作。例如从1973年以来，他们就规划了在西德进行第一期普查勘探计划，联邦政府拨款1200万马克，对巴伐利亚州东部超基性岩中的镍矿（镍品位0.4%）、凯泽斯图尔火成岩中的铌钽矿深部、黑林山地区的铅锌矿，曼斯费尔德国页岩中的含铜片岩、含铜斑岩等有望地区进行研究和找矿工作并获得一些初步成果。据说在凯泽斯图尔地区的铌钽矿床已增加到3400吨以上。在莱茵地区也找到新的层状铜铅锌矿床。

（二）除了直接进行找矿勘探工作以外，他们还十分重视基础地质工作的深化。目前，他们正在对西德的1:25000的地质图进行重新修测。主要目的是为了提高地质图的精度和质量，以利进一步确定有望地区进行找矿。例如，他们规定在植被发育地区，每幅地质图要打深度为3-4米的3000-5000个浅钻，在平原地区每平方公里要打30-45个手摇钻。在填图的同时要进行物化探扫面，每平方公里要采1个样品。这些工作主要由各州地质调查所去完成。

（三）西德从事地质勘探工作的部门，主要由以下几种体制组成。一是联邦政府和各州设立的官方机构，如联邦地学和原料研究院（简称B·G·R），是联邦政府最高的代表机构，属联邦经济部领导，设在汉诺威，也是政府主要的咨询和参谋部门，现有职工603人，其中博士以上的人员约250多人。75年工作经费2920万马克。各州共有11个地质调查所，职工人数不等，多至380人，少至4人。二是各企业公司所属的地质机构和地质工作者，有的是从事企业本身开发的矿山深部和外围的找矿勘探。有的是为国外开发矿产资源承担找矿勘探任务。例如我们这次访问的鲁齐公司近几年在加拿大、奥地利、泰国分别找到和勘探了锡、钨、铅锌三个中型以上的矿床。麦根铅锌矿从十九世纪中期开采到现在，老矿区开采已近尾声。近几年来，他们在矿区外围35平方公里的范围内进行找矿勘探，每年投资120-150万马克。三是各个高等院校及其附属的研究机构参加的地质勘探工作，我

们对全面情况没有了解，但是仅就慕尼黑大学普通地质和应用地质学院介绍的情况说明，他们近年来就曾在意大利、南非、利比里亚进行过很多矿区的找矿勘探。如在意大利就进行过20个汞锑矿区的工作，包括通过区域性的物化探工作取得了各种数据，并判定有望地区进行了详细调查等。

进行矿区找矿勘探力量究竟有多少？开动多少钻机，往往是不固定的，几乎没有专门单纯从事地质勘探的施工队伍。据我们了解，一般是在某一特定的找矿勘探任务下，由一家或几家合作抽调几个地质人员进行地质工作。如需要进行钻探和山地工程时则临时雇用工人进行施工。例如，麦根铅锌矿只有两个地质人员，其中一人在泰国工作。麦根矿区外围35平方公里的找矿工作，就是这样完成的。鲁齐公司对加拿大铜镍矿床进行找矿勘探时，用了三年的时间，就获得450万吨储量（Ni 1.2%，Cu 0.6%），只用了42个人，其中38人还是在加拿大雇用的临时工。其主要工作量是航空电磁法，先选择最有利的区段，然后地面化探采样检查，用少量的钻孔圈定矿体。又如，我们这次访问的普拉克拉从事地质物理勘探的公司，他们有一个330人的设备制造车间，但当制造任务不饱满时，就派出150人参加野外地质勘探工作，55人参加找矿和进行钻探工程。他们在加纳都曾打过2000口钻孔水井，获利润5000万马克。

（四）现代技术被普遍应用在各个地质工作的环节，从而保证了在找矿难度很大的情况下获得较好的地质效果。

首先，从找矿手段来说，他们从七十年代以来，物化探方法有了很大的发展。例如，航电在西德是1972年才开始的，但是进展很快。目前他们采用Dighem法，其灵敏度很高，可以发现9 ppm的异常，并且可以区别由浮土或覆盖层引起的干扰，有关这方面情况，下面将详细介绍。

其次，各种大量的地质数据，从地形制图、地质剖面、矿体圈定、储量计算到矿床成因研究，都是由电子计算机完成的。岩矿鉴定及测试分析的仪器，如定量图象分析电视显微镜、电子显微镜、电子探针、原子吸收光谱、X-射线衍射仪、X-射线荧光光谱、发射光谱等各种仪器，均配备电子计算机和终端设备。从而保证迅速准确的获得各种微量、微区的定性、定量的数据。例如，地学与原料研究院的一台x-射线荧光光谱仪，只用4分钟分析了10个样品20个元素。杜塞尔多夫矿山勘探公司，他们根据我国攀枝花矿区的原始地质资料上万个数据，用电子计算机重新圈定矿体并作出了矿床地质模型，绘制了225张地质图件，完成这样繁重的任务，只用了七天。据说这些工作完全用人工来作的话，五个地质人员，最少需要半年的时间才能完成。

他们的钻探设备，一般都是全液压的车装式的，省人省力。例如，维尔特（Wirth）钻机制造厂生产的B-O小型车装式钻机，可打500-800米深，只需二个人操作。

由于普遍采用现代技术和交通工具，地质工作效率也是很高的。例如，他们进行多元素的分散流水化学的地球化学调查，编制全国地球化学多元素分布图，他们规定每平方公里取一个样，分析Pb、Ag、Co、Cu、U、Ni、Cd、F，同时分析水的电阻率，全部数据达450万个，这样大量的工作，只由15个人四年半的时间完成。

（五）西德的地质工作者十分重视地质工作的经济效果。用他们的术语叫做“经济地质”。某种金属矿产，目前国际市场的价格怎样，矿床是单一金属，还是多金属，含量多少？开采起来是盈利还是亏本，这是他们在投入深部勘探时首先要考虑的原则。从矿区

的选择，每个步骤的确定以及勘探程度的深浅，这种原则都是贯彻始终的。他们绝不轻易地去勘探那些当前尚不能利用的或经济上不合算的呆矿、滞矿。就是进行勘探工作的一些项目，他们也往往把深部工程作为一种对地面航空等物化深工作或其他各种方法所圈定的矿体进行验证性质的工作。如上面提到鲁齐公司在泰国对铅锌矿的勘探，开始是作的化探和地质填图，在40平方公里的范围内作了普查，按 200×50 米取样5500个；第二步根据化探异常又进行加密，用15米深的浅孔在原岩中取样（最深150米），共计打了51个钻孔，6700米，计算含铅8.5%，锌3.5%的矿石储量150万吨，满足其每年生产精矿1.5万吨的规模，地质勘探工作就告一段落。

为了研究地质经济问题，还在地学与原料研究院设立了经济地质处，下设资源经济室，其主要任务是观察搜集世界范围需要和提供金属原料的状况，包括储量、矿山开发、价值、成本、工艺流程、外贸情况等。金属矿产资源室主要任务是对各国的地质矿床资源情况进行搜集分析，然后根据联邦政府的技术援助计划，承担对外进行地质勘探的技术协作任务，本身力量不足时就组织私营企业一道去完成。非金属矿产资源室则研究国内外各种非金属矿产在日常生活和国民经济中所占的比例及其价值，主要工作对象是硅酸盐类岩石矿物。他们研究火山岩玄武岩，因为玄武岩可以代替石棉作化学纤维（ SiO_2 含量在34-44%以上的）。他们认为今后将是非金属世界。矿山经济室就更明确地提出他的任务是从经济角度对矿区进行选择，从开采价值到开采方法、投资问题、设计方案、选矿运输、冶炼、成品的市场价格，都由他们来研究。他们说在他们的社会制度下，要力求花最少的投资又获得最大的经济效果。因此每个步骤完成都要严格考虑下一步值得不值得进一步进行，他们还意味深长地说：“现在衡量每个步骤的尺度越来越严格了”。该研究院承担的上述经济地质的研究任务，主要是为其政府也为一些企业公司起到顾问和咨询的作用。

（六）企业都进行多种经营。在我们这次考察中，除了研究单位和高等院校以外，我们所接触到的各个企业公司，几乎都是即可承担技术设计，又可提供勘探开采和选矿装备。同时又可以从事地质勘探工作。例如，上面提到的普拉克拉（Prakla）物探公司，似乎他们是专门从事地震方法的勘探公司，但实际上他们从航空物探到卫片图像数字处理与解释、钻探工程什么都干。设备制造也不仅仅是搞地震法用的振动器，其他像地震勘探钻机、集成电路的导航装置，各种物探仪器都进行生产，甚至从事海洋调查，船上许多设备也是他们造的。正如他们的一位推销业务主任所说的，他们销售产品的项目，远远超过了地球物理科学。又如拉美尔斯贝格铅锌矿，除了采、选、冶铅锌矿外，他们还组织专门的石油普查小组进行石油钻探，并承担水井钻探任务。西德有名的蔡司仪器公司，在我们访问中不仅看到他们生产出来的大量新型光学仪器设备，同时也看到他们正在承担矿物岩石鉴定和刑事案件侦破鉴定工作。总之，看来西德的好多企业，为了多获得利润，一方面进行专业化的联合，另一方面为了发挥企业内部的潜力，又在向多种经营方面发展。至于工程技术人员也往往是一专多能的。一个地质工程师或地质博士也往往同时是采选冶的内行。有的企业一班生产，任务不满时，则组织人们研究“绝窍”。

由于以上原因，一般企业的产值和劳动生产率都很高。例如维尔特国际钻井设备厂1000名职工每年贸易额达1亿马克。伊塔克钻井设备厂，职工320人，一班制，七点上班下午三点半下班。全年贸易额1.1亿马克。塞勒市钻探机械厂职工160人，年贸易额1500万马克。

（七）西德为了保证国内矿产资源的需要，大量派出人员到国外进行地质勘探工作。

其投资来源及作法，我们在访问鲁齐公司时，作了详细的询问。例如，该公司在加拿大勘探铜镍矿床时，是由加拿大、西德、日本三方合作进行的。每方各付三分之一的费用，西德应付的三分之一的费用中，75%由西德联邦政府支付，其他25%由鲁齐公司的母公司即金属公司支付。西德政府支付费用比例的大小，是根据各企业采用找矿技术的先进程度来决定的。如果采用一般技术，政府支付费用的比例可能小于50%。找到矿产后，则由三方合作开采，从矿山利润中回收地质勘探投资。

二、岩石矿物和同位素地质测试技术

(一) 西德的测试技术装备及其方法

岩矿、同位素地质等测试技术装备及其方法，是比较先进和齐全的，普遍采用了电子计算机技术。

地学与原料研究院在岩石、矿物、同位素地质、地球化学、矿床研究方面、有以下测试仪器设备。

1. 一套自动化的矿样加工设备。由碎样机、棒磨机、球磨机、振动筛、缩分器等组成自动化的样品加工系统，承担全院的样品加工任务。

2. 一套矿物分离仪器设备。设有中型、小型摇床、振摆摇床、重液分离、电磁选机、浮选机、选形机以及介电分离仪等。也是承担全院的矿物分离任务的，为同位素地质年龄测定、单矿物化学分析以及沉积岩的研究，提供单矿物样品。

3. 偏光显微镜、反射偏光显微镜、显微光度计、显微硬度计、显微投影仪以及双筒镜等，数量很多。大部仪器都是卡尔—蔡司公司的产品。

4. X-射线衍射仪（两台），配备粉晶，单晶等各种规格的全套照相机。两台仪器，都是飞利浦公司产品。一台是PW-1730型专作粉晶分析鉴定矿物用的。另一台是PW-1120型配备电子计算机，作单晶分析、结构分析以及矿物定量用的。

5. X-射线荧光光谱仪（一台），配备电子计算机，是飞利浦公司的新产品，PW-1400型。

6. 75型等离子直读光谱仪（一台），配备电子计算机，IARRELL-ASH750型。

7. 发射光谱仪（一台），是购置美国的部件，自己组装的，并配备电子计算机。

以上三台不同类型光谱仪，承担全院的岩矿、化探分析任务，由光谱化学室统一管理。

8. 质谱计，共八台，其中六台是测定同位素地质年龄，均配备电子计算机。这六台其中一台是英国制造新产品MM-30型，另一台也是英国的MM-1200型。其余四台是西德MAT-CH₄型。另外有两台是专作稳定同位素分析用的。

9. 电子探针（一台），配备电子计算机和能谱仪，西门子公司产品，是全院的微区分析的主要仪器。

10. 测汞仪和卤族分析等仪器。

在慕尼黑大学的普通地质与应用地质学院，我们除看到上述类似仪器外，他们还有一台电子显微镜，是英国剑桥公司产品。

鲁齐公司矿山地质处，是产业部门，主要有光学方法显微镜以及X-射线分析仪等基本的岩矿鉴定手段。

上述三个单位对岩石矿物及同位素地质测试技术，开展了以下技术方法。

(1) 矿物分离方法：地质与原料研究院专门设有岩石矿物分离室，有九名科技人员，由一位博士领导，仪器设备较多。仅电磁选机就有十二台。

他们开展的矿物分离方法，仍然是世界通用的常规方法，有重选、浮选、电磁选、电介分离以及按矿物形态和粒度特征分离等方法。但值得提出的是小型振摆摇床专门作细粒级矿物分离的，是从加拿大引进的。床面长约40cm宽为15cm左右，可以三度空间运动、前后、上下左右同时振动。运行时声音很小，分离效果很好。适用于150 μ ，到60 μ 矿物粒度。

(2) 岩矿鉴定方法。地质与原料研究院主要有光学显微镜方法和X-射线分析、电子探针分析以及荧光光谱、原子吸收光谱，发射光谱等物理技术分析方法。

光学方法，仍然是用显微镜、旋转台等传统的光学方法，没有开展新方法的研究。但是矿物的反射率测定、显微硬度测定，所用的仪器是卡尔-蔡司公司的新产品。显微光度计，带数字显示和台式计算器，所用标样为碳化钨制品。显微硬度计由自动加压砝码测定数据。

此外，显微镜配备有投图仪装置。一台仪器可以几个人同时观察，便于集体讨论和研究。

对贾明一列别特夫测定折光率新方法和矿物旋光性质的研究，他们只做了文献方面的了解，没有专门研究。说明他们在岩矿鉴定方法的研究上，不是把光学方法做为重点，而是把力量投入到X-射线分析、电子探针分析、X-射线荧光光谱、原子吸收光谱、发射光谱分析等物理技术方法上，这是值得注意的动向。

X-射线分析方法。有两台X-射线衍射仪，一台是专门作矿物粉晶鉴定工作，特别是应用大直径照相机进行一个颗粒矿物的粉晶分析，作为鉴定矿物基本数据。另一台专门做研究工作的。开展各晶系的晶胞参数测定和晶体结构分析工作。全部测试数据的处理，是由电子计算机来完成的。

电子探针分析方法，是他们矿物微区化学成分分析的主要手段。除做多元素或全成分分析外，还开展了矿物中元素赋存状态和类质同像系列矿物的亚种研究。如他们研究铬尖晶石系列矿物，把分析的大量数据，汇编在三角图上，进行分区分类的研究，做出了若干相图。

(3) 岩石、矿石、矿物化学成分分析。主要是应用物理分析方法。目前除样品制备是采用传统的溶样方法外，测定工作基本上是由物理方法代替了传统的分析法。

(4) 矿物定量方法。地质与原料研究院和慕尼黑大学普通地质与应用地质学院，基本上不采用显微镜和人工重砂定量方法，而是由物理技术方法所代替，应用X-射线衍射仪，由电子计算机处理数据，测定岩石或矿石中的各种矿物的含量。

在西德还有定量图像分析电视显微镜。专门供矿物定量和粒度分析用，可自动扫描，自动定量，最后由电子计算机报出数据。这种仪器是卡尔-蔡司公司设计生产的新产品。型号是MICRO-VIDEOMAT TV。

这种仪器工作原理，电视系统是该仪器的最重要的工作部件。测定的薄片或光片装在显微镜的扫描台上，由扫描台按程序移动，逐个视域进行测定。

当仪器处于工作状态时,显微镜通过光学系统将样品的影像投射到电视摄像管的表面上。再通过仪器的高分辨扫描把影像信号转为视频然后数字化转为几十万个像点的固定点阵。应用复杂的电视系统和数字处理元件,测量出影像的强度及相邻影像点的关系,并把它们分类处理,由计算机完成,报出矿物含量和粒度大小的百分比。

当然除应用上述物理技术方法外,在西德也还有应用显微镜方法进行矿物定量、粒度分析、解离分析以及重砂定量方法。如杜塞尔多夫勘探与矿山公司、鲁齐公司矿山地质处等。

(5) 电子显微镜方法。慕尼黑大学普通地质与应用地质学院用电子显微镜除研究粘土类矿物和沉积岩之外,还进行微体古生物的鉴定和研究工作。这个大学在应用电子显微镜在23亿年的 Kurmum 建造里发现一种球状有机物 (Spherical Organogenic) 微体化石,目前正在研究定名。

(6) 同位素地质方法。地质与原料研究院设有同位素地质年龄室(他们称为物理年龄室)和稳定同位素地质室。

目前,他们主要发展同位素地质年代学方法,其测定方法是比较齐全的,建立了铷锶法、铀钍铅法、钾氩法、碳14法和氦法等。明年准备建立钐钐法。

质谱测试技术,用一台MM-30型固体质谱计承担铷锶法和铀钍铅法测定任务。每年可完成上千个样品,这是少见的。如铷锶法一年要完成一千个样品。

MM-1200质谱计不仅仪器本身带有计算机,而且还将氦分离系统与质谱计组装在一起,从析氦到质谱测定和报出数据,全是自动化的,工作效率很高,5分钟就可测定一个样品。

对钾氩法测试技术,也做了较大的改进。他们把六十年代的西德 Atlas MAT-CH₄ 型质谱计从真空系统、进样系统都作了改装。将质谱计与氦分离系统(稀释法)组装在一起还配备了电子计算机,实现了从氦分离到质谱测定的自动化。改装后的CH₄质谱计把分析数据,直接转换在纸带上输送到电子计算机储存,通过终端设备控制台,按编好的程序,可随时调用数据,进行数据处理和研究工作。

稳定同位素测试方法,目前只开展碳(C¹³/C¹²)稳定同位素工作,测定碳氢化合物,探索和解决油气生成的层位以及研究矿化温度等问题。其他方法尚未建立。硫稳定同位素测定,是由哥丁根大学配合完成的。

此外,我们还参观了西德卡尔—蔡司公司最近设计出厂的显微镜等光学仪器。这些仪器是:

(1) 标准型透光、反射偏光显微镜(标准—08、18、20型等)。

(2) 大型万能科研显微镜。特点是性能好,视域宽广、清晰,附件多(包括旋转台、光度计、硬度计、加热台、冷却台、照相机、投图仪、电视、图像分析仪等)。可供岩矿、金相、生物以及各种材料的鉴定。所以被称之为“万能的”、“通用的”科研显微镜。

(3) 大型荧光显微镜。

(4) 直立式透射光、反射光显微镜。体形不同一般显微镜,为长方形。是卡尔—蔡司公司新设计的产品。他们针对地质、生物、医药、金相、化工、无线电元件等材料的检验,设计了六种型号,并配置不同的附件。仪器总型号:ZEISS AXIOMAT。六种专用型号:NDC、IDC、NAC、IAC、NDC-POI、UV-NDPC。有两种型号,适用于地质科

研工作。

一种是AX10MAT NDC-P01型,带有 $4\times 5^{\circ}/35\text{mm}$ 照相机和万能旋转台。薄片旋转方位,是机械控制操作。仪器视域开阔,矿物颜色真实,观察矿物干涉图十分清晰。

另一种是AX10MAT UT-NDPC型,带有自动系统扫描台、光度计、电视、定量图像分析、电视系统以及计算机及其软件程序、控制台、打字机等。不仅可以测定矿物各种光性数据,还可自动进行矿物定量。

(5)显微硬度计,配备自动加压砧码装置,测定方便、迅速。

(6)显微光度计,有三种型号。Microscope Photometer 01、05和SF型显微光度计装在1M35型显微镜上,测量最小矿物的粒度为 0.05mm 。仪器配备一套标样,为碳化钨制品。

(7)电视显微镜(Television microscopy)。这种显微镜将电视系统装在万能科研显微镜上,并配备荧光屏,可供显微镜下集体讨论和研究。

(8)定量图像分析电视显微镜。型号为MICRO-VIDEOMAT 1型、2型。可供矿物定量、粒度分析以及航空或卫星照片分析用。仪器结构复杂。主要有万能科研显微镜,配备电视装置、荧光屏、计算机、打字机等,组装在一个工作台上。全套设备的价格为17万马克。

(9)电子显微镜,型号EM109型。除有透射光、反射光光学系统之外,还有摄影显微镜、显微照相装置、单聚焦、双聚焦显微光度计系统、电视图像分析、数字转化器和扫描台等附属设备软件系统。

(二)西德测试技术特点

1. 采用电子计算机的自动化测试技术

X-射线衍射仪、电子探针、X-射线荧光光谱、等离子直读光谱、发射光谱、质谱以及卡尔-蔡司公司设计的定量图像分析电视显微镜等,均配备电子计算机及软件系统。甚至,像显微光度计这样比较简单的仪器,也配了台式计算器。

在岩矿鉴定、矿石分析、同位素地质、地球化学、化探、物探等研究工作,普遍采用电子计算机,是标志着他们的地质科研工作进入到一个新的水平,是测试技术先进的一个重要标志。

他们采用电子计算机的作法,并不是单机采用,而是将上述仪器所测定的数据,按编制的程序输送到计算中心里储存,各主要研究室,测试室都配备电子计算机终端设备,控制台、显示器、打印机、X-Y仪(绘图仪)等。这样可随时用终端设备调用数据,实现“人机对话”,进行数据处理和研究工作。

地质与原料研究院采用电子计算机进行地质科研工作,是经历了八年的筹备和研究,才达到今天这样的水平。从1968年起,首先由一名地质学家、一名计算机专家、一名数学家组成了一个三人小组,研究地质原始数据的收集与加工成图使用电子计算机问题,到1975年建成了DASCH系统。据该院的地球物理发展科主任、同位素地质年代学家I. Wendt教授说,同位素地质年龄测定等测试实验室采用电子计算机技术,到1975年才逐渐完成的。

2. 高效、快速的测试能力

各类仪器由于采用电子计算机,加之操作熟练,讲究工作效率,因而形成了高效、快

速的测试能力。

例如，X-射线荧光光谱（PW-1400型），可连续测定10种常量元素，只用4—5分钟，十几种的痕迹元素也只用几分钟。一年可完成4000多个样品的定量分析，每个样品有6个以上元素或10几个元素，最多的达20几个元素。

又如，等离子直读光谱仪（750型），也是高效率的。它具有“三高”特点：高速度，15秒钟测定15个元素；高效率，按仪器设计的能力以八小时为一班，一天可测定300个样品。据测试人员介绍，一个人一天可测200个样品，每个样品6个元素；高精度，1%含量 $\pm 0.01\%$ 。对合金样品最低含量可测到0.0001~0.001%。

电子探针分析，在4分钟内可完成一个微区的多元素或全成分的分析。

同位素地质年龄样品，铷锶法一年可完成1000个样品的年龄数据。钾氩法应用改装的CH₄质谱计每天完成6个样品，每个样品要测定8次，寻找最佳值。应用MM-1200质谱计（氩分离系统与质谱计组装一起），每次同时做4个样品分析，每次加热一小时，测定20分钟。

3. 少而精的测试仪器

地质与原料研究院设有四个处、八个学科、四十多个研究室，有六百多研究人员（其中博士、教授二百五十多名），承担本国和国外八十多个国家或地区的科研任务。任务这么大，研究领域又很广泛，但岩矿、化探方面的测试仪器并不多，只有一台X-射线荧光光谱、一台原子吸收光谱、一台发射光谱、一台电子探针和两台X-射线衍射线，总共六大件仪器。

该院的光谱化学室，承担全院的矿石、岩石、矿物以及化探样品分析任务。单就化探样品来说，一年要完成8~9万个样品，还有大量的岩矿样品分析任务。但也只有上述的三台不同类型的光谱仪。地球化学、矿物学处，只有一台电子探针、两台X-射线衍射仪，承担全院的矿物、地球化学、矿床方面的矿物粉晶分析、晶胞参数测定、晶体结构分析和微区化学成分分析任务。

仪器数量虽然不多，但配套、种类较全、质量佳、性能好，效率高。他们认为，哪个国家生产的仪器好，就买哪个国家的。现在用的上述六大精密仪器，都是飞利浦公司、西门子公司产品。而且仪器充分发挥了作用。如X-射线荧光光谱分析，除做岩矿、化探样品化学成分分析外，还承担环境保护样品分析任务，如河水的悬浮物、沉淀物，空气中的尘埃，废水，废料，土壤中的有害物以及植物分析等。

4. 洁净的实验条件

我们看到的西德研究单位、大学、企业公司的科研室、实验室、设计室全是空调，室内密封良好，没有噪音。科研人员安安静静地工作，称得上是“文明科研”。

地质与原料研究院，特别重视实验条件设置。他们的样品加工室，样品破碎、筛析都是在密封条件下工作的，保证样品不互相混染。在样品加工室里察觉不到有粉尘，室内养金鱼和花草。

同位素地质年龄测定室，由于进行铷锶、铀钍铅同位素分离，要在本底 10^{-9} 克/克以下进行同位素分离工作，因而实验条件设置得很好。除空调外，门窗密封、塑料墙壁，室内空气通过高效过滤器调节送入。

对样品溶液的加热蒸发、离子交换分离操作，都是在洁净室，有机玻璃操作箱，氮气

流防尘罩和净化空气通风柜里进行工作。

对所有的蒸馏水和试剂要经过几次净化。纯化方法，采用迺沸蒸馏，用红外灯在液面上加热，溶液不沸腾，不生气泡，这样才能保证蒸馏水的纯净。

5. 重视同位素地质研究工作

同位素地质学(西德称为同位素地球化学),是地质科学领域里新发展的边缘学科。在地质与原料研究院占有突出的位置。

从仪器装备上看,同位素地质年龄室(他们叫做物理年龄室)的仪器很多。仅质谱计就六台,而且有两台是新购置的七十年代的产品。开展的方法也齐全。已建立铀钍、铀钍、钾氩、碳14(C^{14}) 氟法等,明年建立钐钐法并派人去美国学习。同位素地质年代学方法,应有尽有,适应测定年龄范围,从老到新。稳定同位素地质室还有两台质谱计。两个研究室领导人都是学科主任或研究处的负责人兼任。

通过考察,使我们认识到什么是现代化的地质科研测试技术。过去我们认为现代化的测试技术,就是引进近代生产的仪器。其实单纯有近代单机仪器,并不是现代化的测试技术的标志,而是必须配备电子计算机特别是外部设备和软件系统,各研究室、实验室配备终端设备,实现“人机对话”,自动进样,自动报数据,自动处理数据,自动成图的测试系统,才是现代自动化测试技术。

另外，测试仪器不在于多，而在于精，在于配套，和集中使用。地质与原料研究院，虽然是西德的地质科研中心，政府资源方面的顾问，还承包国外八十多个国家或地区的任务，然而他们除质谱仪较多外，在岩矿、化探方面也只六大件仪器，都集中使用，充分发挥作用。

我们感到这两点是值得我们借鉴的。为加强冶金地质找矿勘探和科研工作, 尽快实现岩矿、同位素地质、矿床地质、化探工作的测试技术现代化、快出数据、多出数据, 建议将最近从国外购置的一些大型精密测试仪器, 安装在水电供应正常、气温条件良好、交通方便、图书资料丰富、便于国内外技术交流以及液氮、氩气、同位素等供应充足的城市里的科研单位, 并要迅速安装好、调试好、使用好、维护好, 投入大量测试工作。这是第一步。

第二步,要配备能够储存大批数据的计算机,尤其是要配备好外部设备和软件系统,特别是终端设备包括控制台、显示器、X-Y仪(绘图仪)、打印机,实现“人机对话”,自动进样、自动报数据、自动处理数据、自动成图的测试系列。

三、西德矿区水文地质工作的一般情况

矿区水文地质工作，是考察的重点之一。我们带着冀东铁矿区、邯邢铁矿区、姑山铁矿区等水文地质问题，访问了地质与原料研究院水文地质勘探室和工程地质室、扎尔吉茨特铁矿、内奥尼铁矿和莱茵煤矿。

访问地学与原料研究院时，除听取他们关于国内外水文地质工作情况以及各种水文地质工作方法的技术状况的介绍外，并就邯邢铁矿矿井疏干方法和冀东司、马、贾铁矿区的疏干问题与他们进行了探讨。

扎尔茨吉特铁矿，为沉积型褐铁矿床，顶板为白垩纪石灰岩，是矿区主要含水层。底板为侏罗纪砂页岩。矿石储量较大，但年产量只有100万吨，地下水不大，矿井总排水量 $3\text{米}^3/\text{分}$ ，采用井下疏干，疏干效果良好。

内奥尼铁矿，为沉积型褐铁矿，底板为白云岩，是矿区主要含水层。顶板为砂质粘土，矿体走向约一公里，厚度 $50\sim 60$ 米，产状近于水平，铁矿储量3000万吨埋深 $185\sim 200$ 米。采用坑下开采，年产量50万吨，地下水较大，排水量达 $50\text{米}^3/\text{分}$ （每日7.5万吨），在坑下放水减压，顶水采矿，水位已下降70米（已排水三年），最低工作面仍有60米水头，下步计划加大排水量，企图全部疏干。

莱茵煤矿是西德最大的露天矿，也是目前世界地下水最大的矿山。

莱茵煤矿为第三纪形成的褐煤，上覆有厚大的第四纪松散层，构造轮廓为一倾状向斜，两翼埋深较浅，中心部分埋深500米以下。煤矿总储量550亿吨，为露天开采，有5个采场，年产1.2亿吨。我们重点参观了一个采场，共有六个台阶，每个台阶高50米，露天采场中心深度已达300米。矿区疏干方法，采用地表占孔排水疏干，五个矿采场统一规划，联合疏干，钻孔打在向斜的轴部。钻孔最大直径1.7米。内下汗水泵，最大汗水泵排水量 $32\text{米}^3/\text{分}$ 。全部共有排水井约1700眼，工作的约1000眼，总排水量 $37\text{米}^3/\text{秒}$ （每日约320万吨）。已超前疏干30米，疏干效果良好，边坡稳定。矿区主要含水层为第四纪砂砾石层，水源为大区域降雨补给，该区年降雨量约700毫米，分布较均匀，水源补给稳定。

（一）西德矿区水文地质勘探方法和勘探程序

勘探方法和程序，和我们大体相同，勘探工作包括下列各项：

- （1）水文地质测绘（包括收集资料）
- （2）水文地质钻探
- （3）抽水试验
- （4）地下水动态观测
- （5）水量计算
- （6）地下水综合治理

在水文地质测绘中，他们强调综合水文地质测绘，在适宜的条件下，尽可能要采用物探，为钻孔设计提供更多的依据，尽量减少钻探工作量。并且很重视水质的研究。

在西德勘探和矿山建设，是由一家公司统一完成的，不提交很复杂的勘探报告，对地下水的规律认识以后，就转入治理。

在勘探程序上，强调循序渐进，先普查，后钻探，最后抽水试验。在前期的工作中，如发现水文地质条件不是很复杂，后一步的工作就不作了。

（二）勘探阶段和勘探程度

1. 勘探阶段

西德全国1/50000水文地质测绘已经完成，有些地区已绘制了1/25000水文地质图。

一般水文地质条件简单或中等的矿区，在地质勘探阶段，只作一般的简易水文地质工作。如内奥尼铁矿，水文地质条件比较复杂，地质勘探打了五万米钻，未作专门水文地质工作。

水文地质条件很复杂的矿区，在地质勘探时，同时进行专门水文地质工作。如莱茵煤矿一个计划81年建设的矿区，15年前就进行了详细的专门水文地质工作，现还在进行。

2. 勘探程度

水文地质条件简单或中等的矿区，无论在勘探阶段或矿山建设阶段，水文地质勘探程度都不高，水大一点，就多放一台泵。一些水文地质条件很复杂的矿区，他们的工作是很细的。如莱茵煤矿有5000个钻孔的水文地质资料，建立了完整的水文地质数学模型，研究程度是很高的。

他们对矿区水文地质的勘探阶段和勘探程度是很灵活的，没有固定的规范。完全从技术的需要和经济的合理来考虑。

(三) 各项水文地质工作的技术状况

1. 水文地质测绘

西德本国区域水文地质测绘，已经完成。现在多是国外项目。其测绘方法，在交通方便的地区，一般是配上交通工具，按传统的方法进行。在交通不便的荒野高山，多采用航空遥感遥测技术。

用地质的方法进行水文地质测绘以后，在有条件的地区，根据任务的需要，开展物探工作（主要是地表电法，和航空电磁法）提交综合水文地质测绘成果。

2. 钻孔水文地质工作

水文地质钻孔（包括简易水文地质钻孔）。必须取得含水层水位、厚度、富水性和隔水层性质的资料。他们主张对含水层要分层或分段（对厚大的含水层）进行研究。除要作好钻孔取样和水文地质编录外，还要进行水文地质物探测井、井下照像和井下电视扫描，深度7000米，孔径50毫米的钻孔，仍可进行测试。

西德的钻探技术比较先进，钻机大多是全液压移动式，1—15型水井钻机，钻头为碳化钨牙轮钻头，在砂砾层中施工，孔径1.7米，每天一班作业，一星期可实进300米。（孔深300—400米）

3. 抽水试验

无论在地表或钻孔内，水文地质物探在广泛应用。但目前的效果，仅限于定性阶段，或某一局部点定量参数的测试。一些带有整体性的水文地质参数（如含水层整个面上的导水性），还必须采用群孔抽水试验来获得。尤其是含水性极不均一的石灰岩岩溶裂隙含水层，只有通过强大的抽水试验，才能了解其真实的导水性能，并据此进行水量预测。

一些水文地质条件复杂的矿区，要分层或分段进行抽水试验，并要有相应的观测系统。

4. 地下水动态观测

西德对地下水观测很重视，建立了全国性的地下水观测网，所有观测孔都纳入了国家计划。

观测内容很全面：包括气象、地表水，地下排水量、地下水位、水质等的变化规律。

5. 水量计算

水量较大的矿区，水量计算工作是作的很细的。如莱茵煤矿，有5000个钻孔的水文地质资料、有大量的抽水试验资料、有完整的长期观测系统，最远的观测孔达30公里，收集了与地下水有关的各种因素的数据，建立了较完整的水文地质数学模型，电子计算机可随时预报流量和水位的关系。

在疏干时，对单井出水量的规律，也进行了深入的研究。随着水位的下降，水头的减

少,单井的出水量将逐步减少,据此他们拟定了疏干井群的合理布局、水井排水设备的替换计划和加密井的施工方案。

这种计算系统,只在水文地质条件比较复杂、水量较大、工作程度较高、资料较完整的地区,才进行。水量不很大的矿区,一般不建立水文地质数学模型进行复杂的电算。

6. 工程地质工作

西德很重视综合勘探,工程地质和水文地质勘探是结合进行的。在一些有厚大松散层复盖的露天采坑,对土层要系统进行工程地质采样,作物理性、水理性和力学性试验。对粘性土的厚状样,进行三轴剪切试验(最好动静都作),并取一定样品,作矿物成份和化学分析,测其化学成分和有机质含量。

边坡设计用两种方法

① 土力学法(多用有限单元计算)

② 经验对比法。

两种方法互相验证,互相补充。

7. 综合研究和资料整理

地表水文地质测绘资料、物探资料、钻孔水文地质资料、抽水试验、长期动态观测资料以及各种试样测试数据等,都认真作系统研究,并对各种资料进行分析和综合,建立完整的水文地质体的概念或水文地质数学模型。

所有水文地质资料的整理分析、贮存、检索到绘制多种图件,都已广泛采用电子计算机,因此工作效率很高,成果质量较好。

(四) 地下水的综合治理

1. 矿井疏干

矿井一般都事先疏干,保证良好的作业条件。如内奥尼铁矿,含水层为白云岩,岩溶裂隙发育极不均一,且深部发育较差,在坑下打了69个放水孔,只有7个水量较大,他们进行了多次专题研究,感到在地表用钻孔很难控制深部的岩溶和裂隙,(深度200米,据他们讲,目前世界上没有探测深部裂隙岩溶的有效方法),因此采用坑下放水疏干。

内奥尼铁矿的疏干方案,对邯邢铁矿疏干方案的选择,有一定的启示。邯邢铁矿埋深500~600米,石灰石深部岩溶裂隙发育较差,且极不均一,外国钻孔排水,在建矿初期或洪水期,可起一定的作用,但作为疏干排水的主要措施,是值得研究的。

关于第四纪松散层的疏干,一般都存在残余水头,疏干困难。但莱茵煤矿,厚大的第四系,仅用简单的钻孔排水,都消灭了残余水头,取得良好的疏干效果。

莱茵煤矿排水37米³/秒(每日320万吨),为治理大水矿床的地下水提供了经验。冀东司、马、贾铁矿总水量,比莱茵小,且扬程只有几十米,排水是可以解决的。但这些矿区从上至下含水层和隔水层交替排列,分布稳定,且产状水平;疏干时各含水层残余水头,很难处理。在矿坑疏干问题上,要根据本矿区的特点,努力探寻新的途径。

2. 地下水的综合治理

西德特别重视地下水的综合治理工作。在矿井疏干方面:几个矿区毗邻时,不是考虑单矿疏干,而是全面规划,统一布置,联合疏干。经济技术效果都很好。

在排水供水方面:充分考虑供排结合,莱茵煤矿附设有自来水公司,供水量达100万吨/日。

他们极为重视地下水资源的保护,对地下水物理化学成份的动态变化,进行观测,保护水源,防止污染。

另外对环境保护也很重视,采矿后填坑造地,规划住宅,植树种草,造田,美化环境都作得比较好。

(五) 几点体会

1. 矿区水文地质勘探,既要考虑矿山建设的实际需要,又要考虑经济效果。一些水文地质条件中水量不大的矿区,不必进行过多的专门水文地质工作。如预测水量有些偏差,生产中容易处理。一些无关紧要的问题,没有必要都查清楚。

一些水文地质条件复杂的矿区,要考虑矿山建设的实际需要,把条件查清楚。不要从本本和规范出发回避矿区的具体矛盾,主要矛盾未解决,设计不能进行,影响矿山建设。

2. 要加强水文物探工作

水文物探是比较经济和科学的方法,在空中,地表和钻孔内都能广泛应用,应多作物探工作,少打钻孔,节约资金。

3. 要加强矿山水文地质工作

矿区水文地质勘探,只是查明矿区的水文地质条件,认识地下水的规律。矿区地下水的实际治理,是矿山水文地质工作的范畴,这项工作复杂的,要加强。

4. 对地下水要综合治理

地下水是流动的,可相互转化。

几个矿区在一起,要考虑联合疏干。

供水和排水,地表水和地下水,工业用水和农业用水,目前现状和长远发展形势,要结合考虑,要全面规划,综合治理,变害为利。

四、关于物化探工作和遥感地质

(一) 西德物化探工作的若干特点

1. 在组织方面 西德各州都有地质调查所。但物化探工作主要集中在下萨克森州地质调查所,该所设有“全国协作任务处”。他们认为这样集中使用物化探力量在经济上和技术上都较为合理和有利。

地质与原料研究院下设地球物理处和地球化学与矿物处负责物化探科研和在国外的物化探找矿工作。以地球物理处为例,下设地球物理研究发展科(包括理论地球物理和地震研究室、电磁法研究发展室、数据加工处理室以及物理年龄室等)和地球物理勘探科(包括矿床物探室、地下水物探室、航空物探室、航空地球物理解释室、直升飞机地球物理室、海洋地球物理室等)。他们将物探科研和实际应用既从组织上分开,又使之密切配合,分工合作,这样有利于提高科研水平和找矿效果。

此外,较大的物探单位还有政府投资的普拉克拉地震地球物理有限公司。主要搞石油与煤炭的地震勘探工作(包括海洋地震),其他也搞航空重磁测量及放射性测量,以及卫片和航片的解释工作等,并拥有大型电子计算机处理数据。公司下属的一个地震设备制造厂,不仅生产物探仪器设备,还承担找矿任务和利用自己生产的地震勘探钻到非洲打井