最新资料：

国际斯特里帕项目

瑞典一报废铁矿中的试验站进展报告

Hans Carlsson

斯特里帕（Stripa）项目是在瑞典中部一个报废铁矿中实施的一个国际合作项目。这个在地下深处结晶岩中实施的项目，其目的是在一种实际的环境中，研究与核电站产生的高放废物处置有关的各种问题。斯特里帕只是一个试验站，不打算在这个矿中使用或贮存任何放射性物质。

这个项目是在经济合作与发展组织核能机构（OECD/NEA）倡仪下，作为一个自主项目而实施的。瑞典核燃料和废物管理公司研究与发展处在各参加国代表指导下管理这个项目。参加国有加拿大、芬兰、法国、日本、西班牙、瑞典、瑞士、联合王国和美国。

这个项目始于1980年，若干研究课题现已完成，余下的工作将在1986年完成。不过，目前正在进行的有关追加研究的协商，将使这个项目延长。这些实验主要是在360米水平上的、灰色－浅红色块状中粒花岗岩中进行的。

1980—1986年研究计划

斯特里帕项目包括一些目的、预算和时间表各不相同的分项目。研究基本上集中于以下几方面：

- 断裂带的探测和测绘
- 地下水情况和核素迁移
- 膨润粘土作为充填和密封材料

所得研究结果均发表在按季出版的内部技术报告中。1985年6月组办的一次国际专题讨论会上介绍了这些实验和结果。这次专题讨论会的报告集可通过经济合作与发展组织核能机构得到*。

断裂带的探测和测绘

核废物将在很长时期内仍有放射性。因此，必须评价放射性废物处置库中放射性核素释放的可能性，以及放射性核素向生物圈迁移的过程。唯一可能的释放机制是核素在流动的地下水中溶解和迁移。地下水的主流出现于现有的断裂带中。因此，描述这些断裂带的性质是极其重要的。

“联络巷道研究”的目的，是发展和试验为探测和测绘断裂带所需的地球物理学方法和水力学方法，以及相应的仪器。已开发和试验过的方法有电磁（雷达）法、地震法和水力学（正弦）法。

这些在单个和多个钻孔中进行的研究称为联络巷道测量。各种信号通过岩石传播时，断裂带等扰动便会影响这种传播。断裂带的位置和方向，可以通过大量钻孔剖面试验测定。

主要研究工作是在斯特里帕矿360米水平上一个特殊设计的钻孔中进行的。体积约为300万立方米的岩石中打有扇形排列的6个钻孔，钻孔间距是不同的，最大间距达到200米。为了提供一个数据库，使得用

Carlsson 先生在瑞典核燃料和废物管理公司（(SKB) 研究与发展处（斯德哥尔摩）任职。

* 地址是 38, Boulevard Suchet, 75016 Paris, France

新发展方法所得结果能被比较，已经实施一项“标准”单钻孔研究的综合计划。

新雷达系统

一种新的钻孔雷达系统已建成，并在斯特里帕矿做了试验，结果表明距钻孔100米远的断裂带能产生明显的反射。目前已经得到的一些结果证明，在断裂带研究中，钻孔雷达系统是大有潜力的。尤为令人鼓舞的是大多数断裂带都能很好反射雷达波。

在雷达测量数据分析过程中，除先前用岩芯图和测井数据得到的断裂带外，还发现了若干新的断裂带。所有主要反射都已得到考虑，它们证明这一方法是可靠的。

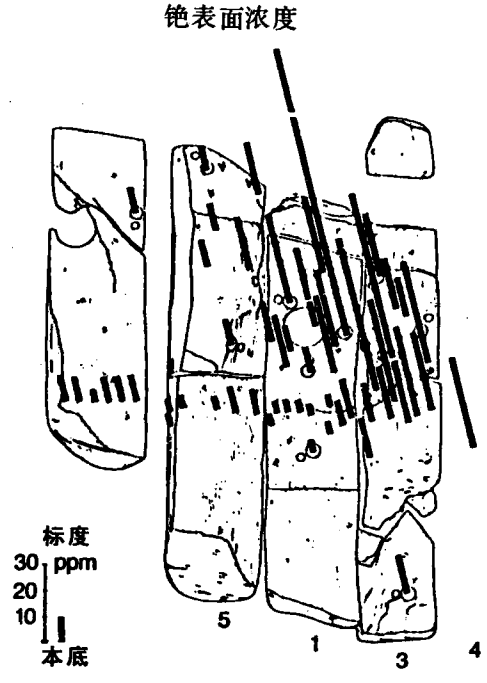
总之，实验结果表明，在探测和描述断裂带方面，雷达系统是很有效的。虽然还要对断裂区做许多物理描述性工作，但有关描述断裂带方向的纯几何问题显然是容易解决的。

水力学的试验

“联络巷道研究”的水力学试验部分，包括各种水力学信号在两个或更多钻孔间的传播，当信号通过含水岩石时，它便会在断裂带和岩石基质的相互作用的影响下发生变化。对信号所受扰动进行数学分析，可以定量地确定各个有关的水文地质学参数。在联络巷道试验中，同时使用了几种“标准的”干扰技术和更新的正弦方法。另外，在研究中使用了几乎所有的单个钻孔试验方法，其中包括恒定流量法、恒定压力法、缓动和脉冲试验方法等。

试验系统虽然是为在斯特里帕矿360米水平上使用设计的，但同样适合在任何水压超过大气压的矿山洞穴中进行水文地质测量。

在斯特里帕矿完成了一次地震联络巷道研究，现正在进行数据分析，并将这些数据与雷达和水力学测量结果进行对比。然而，地震研究宜在震源和接收机之间距离大于500米的条件下进行，这使得斯特里帕矿不太适于做试验场地。因此，除斯特里帕矿以外，位于瑞典北部的吉地（Gidea）已作为辅助试验场地。以前，SKB 曾根据选择乏燃料潜在处置库址计划，对吉地场地地质条件做过详尽的研究。



为有助于预测放射性核素在岩石中的迁移，科研人员向单个断裂带注入示踪剂，然后沿断裂带钻孔取样，监视示踪剂的移动。图为注入点附近铯的分布情况（来源：SKB ）

地下水状况和核素迁移

斯特里帕矿研究的部分目的是确定斯特里帕地下水的演化，制定一个有关结晶岩石含水取样和分析的全面计划。水样取自地表以下最大深度1200米处。现在已从这些研究中得到一个初步结论：不同溶解组分表明地下水的停留时间不同。这是因为地下水具有不同的来源和不同的演化历史。这种演化历史并不一定与地下水本身的整个演化有关。因此，解释地下水年龄测定结果时应该注意这一点。

为了预测放射性核素随岩石断裂区中地下水迁移的情况，必须了解这种迁移涉及的各种过程。为了定量地表示这些过程，需要使用现实条件下实际断裂区中的流动和迁移数据。用于预测的模型，必须包括对各种重要过程和机制的描述。

花岗岩中放射性废物处置库安全分析的迁移模拟试验，是建立在下述假设基础上的：如果放射性核素从放射性废物中浸出，几乎全部重要的放射性核素也必将与基岩发生化学的或物理的作用，从而使放射性核素大部被滞留。放射性核素释放降低的程度取决于水的流速、吸收率和各个反应之间的平衡，以及废物与流动水的接触面积。

在所谓“单个断裂带中核素迁移”的研究中，向单个断裂带注入吸附的和不吸附的两种示踪剂来模拟放射性核素。从离注入点约5米处沿断裂带钻出的取样孔中，监测这些示踪剂的到达时间和浓度。此外，用金刚石钻进提取注入点附近断裂带中的样品。现场试验结果以及支助性实验室试验结果表明，以下两种机制对于降低迁移中的放射性核素的释放速率具有重大

作为追踪水流实验的一部分，为取得水样，科学家们在实验的水平巷道中敷以塑料薄板（来源：SKB）

意义：

·放射性核素向断裂带附近岩石基体扩散并随后被吸附在内表面上。

·断裂带内的成沟作用，即断裂带只有某些部分允许水流过。

第一种机制，大大地增强了基岩阻留放射性核素的能力。第二种机制由于减小流动水和基岩的接触面积而对第一种机制起着抵消作用，也可能形成一些"快速"沟道。

大规模核素迁移试验

目前正在斯特里帕矿进行大规模示踪剂迁移实验，其目的是弄清结晶岩中长达50米距离内水通道的空间分布。

实验场地位于360米水平上。因为这个水平恰好在地下水位之下，所以水不断地流进这个水平巷道。将一些不能被吸附的示踪剂注入这个水流中。该试验场地是两个交叉水平巷道，全长100米。向上钻出3个深度约为70米的竖直注入孔。从这3个注入孔的9个不同区段注入示踪剂，这些区段的渗透性高于岩石的平均渗透性。为取得供进一步分析用的水样，在水平巷道的整个顶部和侧壁的一些部分敷以塑料薄板。

大规模核素迁移试验的初步数据表明，在所考虑的范围内，岩石中的水流是不均匀的。显然，在这个范围内，水流是不能作为均质多孔介质流来描述的。相反，沟流似乎起着重要作用。

缓冲和密封试验

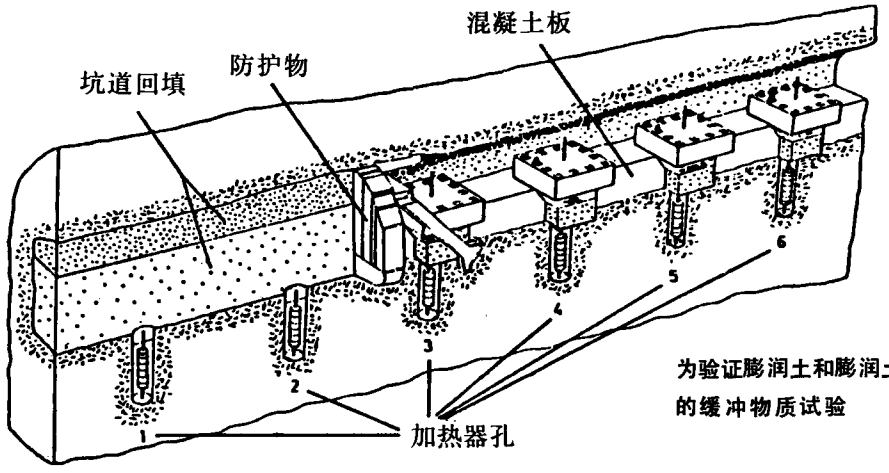
"缓冲物质试验"始于1980年，完成于1985年。直径0.75米、深度3.5米的6个大钻孔作为模拟废物金属容器的放置孔，金属容器周围填有充分压实的膨润土并以砂子和膨润土的混合物作覆盖层。实验水平巷道的一部分已用砂子/膨润土混合物完全填塞。

这项试验的目的，是验证在实验条件下以膨润土为基础缓冲物质的适用性和预测的功能。因此，测量了温度、水吸收、膨胀和水压。加热器功率曾选为600瓦，而在1200和1800瓦高功率下进行的补充试验也已完成。在试验10到40个月后，挖开放置孔仔细观察膨润土。用同样方法，在试验33个月后挖开水平巷道的填充部分。

绝大部分现场工作已于1984年完成。实验非常成功，所得结果表明在水渗透和膨胀后，膨润土填塞了所有的孔隙，于是验证了过去所得到的实验室数据。

在目前进行的一些试验中，人们正在研究膨润粘土作为钻孔、矿井和隧道密封物质的可能性。钻孔密封实验的目的，是试验膨润土的应用技术和熟化速度，以及粘土材料对岩石的附着力。钻孔中装有用多孔铜管或钢网管围住的充分压实的膨润土柱状体。

与矿井和隧道交会的含水断裂区或断裂带，也可用充分压实的膨润土密封或隔开。在矿井密封试验中，两个膨润土塞是用模拟含水断裂带的填砂注入室分隔开的。将注入流与以前用混凝土而不是膨润土塞进行



为验证膨润土和膨润土与粘土混合物的屏障功能所做的缓冲物质试验

的参比试验相比较，便可得到所需的实验结果。

此外，还研究了用充分压实的膨润土来密封与水平巷道相交的、高度断裂的含水区的可能性。用埋入砂中的水管模拟含水断裂带。一切准备工作已就绪。即使在高水压（ 3 MPa ）下，初步试验表明，膨润土密封能力极好，与预测一致。

技术参考文献

- *Stripa Project — Annual Report 1984,* SKB, Stripa Project TR 85-07, Stockholm (1985).
- *Annual Research and Development Report 1984,* SKB, TR 85-01, Stockholm (1985).
- *Stripa Project — Executive Summary of the Phase I Activities,* SKB, Stockholm (in press).
- *Radioactive Waste Disposal — In Situ Experiments in Granite,* Proceedings of the Second NEA/Stripa Project Symposium, OECD/NEA, Paris (1985).