

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

## 赴大陸參加「第六屆廢棄物地下處置 學術研討會」

研提人單位：台灣電力公司/核能後端營運處

姓名/職稱：吳才基/處長

金啟明/組長

李宗倫/組長

參訪期間：105年8月22日至8月27日

報告日期：105年9月19日

# 出國報告審核表

出國報告名稱：赴大陸參加「第六屆廢棄物地下處置學術研討會」

出國人姓名 (2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
吳才基	處長	台灣電力公司/核後端處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>開會</u> (例如國際會議、國際比賽、業務接洽)	

出國期間：105 年 8 月 22 日至 105 年 8 月 27 日 報告繳交日期：105 年 9 月 19 日

出國人員	計畫主辦	審核項目
自我審核	機關審核	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2.格式完整(具備「政府機關(構)人員從事兩岸交流活動注意事項」規定之報告內容)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4.內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5.建議具參考價值
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6..送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7..送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8.退回補正,原因:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1)不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3)內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4)抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5)引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6)電子檔案未依格式辦理
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(7)未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表:
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1)辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2)於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3).其他
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10.其他處理意見及方式:

總經理  
特別助理  
105.9.21  
陳正中

總經理  
105.9.21  
鍾炳利

報告人  單位 專業總 總經理  副總經理 :   
 主管 :  工程師 : 出國

說明：  
 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。  
 二、審核作業應於報告提出後二個月內完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務報告資訊網為原則」。

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴大陸參加「第六屆廢棄物地下處置學術研討會」

頁數 145 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司/陳德隆/(02)23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：

- 1.吳才基/台灣電力公司/核能後端營運處/處長/(02)23683419
- 2.金啟明/台灣電力公司/核能後端營運處/組長/(02)23657210~2250
- 3.李宗倫/台灣電力公司/核能後端營運處/組長/(02)23657210~2207

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他-開會

出國期間：自 105 年 8 月 22 日至 105 年 8 月 27 日

出國地區：大陸

報告日期：105 年 9 月 19 日

分類號/目：

關鍵詞：高放射性廢棄物、處置

內容摘要：(二百至三百字)

本次出國之任務在赴大陸參加第六屆廢棄物地下處置學術研討會，並於會後赴高放射性廢棄物深層地質處置設施北山預選區與坑探設施進行現場技術參訪。本屆研討會針對高放射性廢棄物深層地質處置，邀請相關領域專家進行學術專題報告，分享彼此經驗，討論主題包括：廢棄物地下處置的理論、實踐探索、工程實例、新技術與新方法與國際進展等，提供一個充分交流的平台，探討相關領域的研究成果和實際經驗。研討會後進行地下坑探設施的技術考察，現場踏勘地下坑探設施的環境與建置情形及坑探設施內的試驗項目。本次出國可全面了解大陸高放射性廢棄物深層地質處置的發展與技術水準，應持續固定派員參加，加強多方互相交流與技術討論的能量。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

## 政府機關(構)人員從事兩岸交流活動(參加會議)報告

### 壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：赴大陸參加「第六屆廢棄物地下處置學術研討會」
- 二、活動日期：105 年 8 月 22 日至 105 年 8 月 27 日
- 三、主辦單位：大陸岩石力學與工程學會廢棄物地下處置專業委員會
- 四、報告撰寫人服務單位：吳才基/台電公司/核後端處/處長  
金啟明/台電公司/核後端處/組長  
李宗倫/台電公司/核後端處/組長

### 貳、活動(會議)重點

#### 一、活動性質：

##### (一)參加廢棄物地下處置學術研討會

大陸廢棄物地下處置專業委員會自 2006 年成立，為推動廢棄物地下處置研究的發展，定期每兩年舉辦一次學術研討會，今(105)年為第六屆廢棄物地下處置學術研討會，於 2016 年 8 月 23、24 日在甘肅敦煌太陽酒店敦煌廳會議室進行召開。本屆研討會針對高放射性廢棄物深層地質處置，邀請相關領域專家進行學術專題報告，分享彼此經驗，討論主題包括：廢棄物地下處置的理論、實踐探索、工程實例、新技術與新方法與國際進展等。

##### (二)技術參訪北山高放射性廢棄物預選區與坑探設施

研討會後於 8 月 24、25 日赴高放射性廢棄物深層地質處置設施北山預選區與坑探設施進行現場技術參訪。北山坑探設施於 2015 年 6 月 26 日正式開工，預計在 2016 年 12 月底完成坑探設施之全部開挖工作，係地下實驗室開挖前的先導計畫，其目的在練習開挖技術、驗證地表物理調查預測之準確度並進行地下水之相關實驗。

#### 二、活動內容：

##### (一)行程



時間	地點	工作內容重點
8.22		去程(台北→西安→敦煌)
8.23~24	敦煌市	參加廢棄物地下處置學術研討會
8.25~26	敦煌→玉門→ 北山→玉門→ 廣州	北山高放射性廢棄物預選區 與坑探設施參訪
8.27		返程(廣州→台北)

## (二)與會人員

本次學術研討會包含大陸、捷克及台灣等地區約 100 多位學者、專家、學生與會；台灣方面有 30 多人參加，分別來自中華核能學會、原子能委員會、台灣電力公司、工業技術研究院、核能研究所、台灣大學、清華大學、中央大學、淡江大學等單位。主辦單位並特別邀請捷克放射性廢棄物專責機構局長 Jiri Slovak 專題報告。

## (三)內容與結果：

### 1、參加廢棄物地下處置學術研討會：

本次研討會特邀報告 16 篇、專題學術報告 12 篇，現就計畫管理方面之內容摘要如下：

#### (1) 開幕式與貴賓致詞

大會開幕式由廢棄物地下處置專業委員會主席王駒主持並進行引言，引言中提到本屆研討會有來自大陸、捷克及台灣等地區的學者、學生與會，也簡短說明了大陸目前已從長達 30 年的場址篩選研究階段，進入地下實驗室設計概念階段，繼續邁向地下實驗室之開挖技術研究，做為未來地下實驗室建造的基礎。中長期目標將為：完善規劃與計畫管理、國內外數據差異分析、地下實驗室建置推動與加強國際合作。續由環境保護部核安全總工程師劉華、中核集團總工程師雷增光

致歡迎詞，兩人均提到目前大陸對於高低放廢棄物地質處置的重點為：積極推展處置技術發展、建置高放地下實驗室與 5 個中低放處置場、推展民眾溝通、公眾參與、科普宣傳。



會場照片



會場照片

(2) 放射性廢棄物處置急待開拓的科技領域(中核集團 潘自強)

於 1997 年獲選為大陸工程院院士，是大陸輻射防護和環境保護專家，因提出了「放射性廢棄物管理應以處置為中心的觀點」，奠定了大陸放射性廢棄物安全管理的基礎。本次報告強調高放地下處置是核能應用國家必走之路，屬於長期的工作，必須動員各方力量、逐步推進，政府應儘速成立專責機構、加速法規的修訂、推動中等深度處置場、提升研發的層次與經費並負責基礎建設的先期投入(如交通)；而核安全、廢棄物安全、輻射安全與核保安是最重要的考量。

(3) 中等深度處置規劃和研究的若干思考(中核集團 陳寶軍)

論述中等深度處置場的必要性、中等深度的處置概念，此概念應用於長壽命的中低放廢棄物，此類廢棄物不適用於近地表處置，但又不需要用到深地層處置，目前的推行困難為：源項特徵不清、分類標準仍在修訂、科研工程基礎弱與公眾敏感性高。

(4) 高放射性廢棄物地質處置地下實驗室選址及場址評估(核工業北京地質研究院 王駒)

說明地下實驗室在高放射性廢棄物深層地質處置全程工作上的重要性，是從理論研究與技術發展進入到實際演練，具有承上啟下的階段性關鍵定位；地下實驗室的建置是高放射性廢棄物深層地質處置必要的步驟。大陸目前雖然尚未確定其最終處置場址，但由於地下實驗室建置的必要性，考量整體計畫的進程及需求，核工業北京地質研究院透過場址篩選與評價工作，於甘肅、新疆、內蒙古、西南、華南、華東等六

大處置場預選區中，共篩選出 11 個處置場預選地段，以這些地段的場址評選成果為基礎，再篩選出 9 個花崗岩地下實驗室候選場址，並根據地下實驗室選址篩選準則及參考國外地下實驗室的經驗，選出 4 個地下實驗室初步候選場址，依序為新場(甘肅)、沙棗園(甘肅)、雅滿蘇(新疆)與諾日公(內蒙古)場址。希望能於 2020 年完成建置地下實驗室、2050 年完成最終處置場的計畫目標。

(5) 高放射性廢棄物地下實驗室設計研究進展(中核第四研究設計院 榮峰)

說明地下實驗室建置的目的為：進行地質調查、獲得潛在處置母岩的天然障蔽與遲滯參數、開發驗證、取得地下處置設施的設計參數、展示安全性與公眾溝通之用。以新場地段為假想位置，開展地下實驗室主體結構的研究，研究內容包括深度定位、空間布置及施工條件；至於地下實驗室主體結構概念方案初步規劃有斜坡道方案與豎井方案及其差異之比較，也於報告中說明開挖工法之考量。

(6) Progress of the Czech Republic Deep Geological Repository Program (捷克放射性廢棄物專責機構局長 Jiri Slovak)

說明放射性廢棄物的法規要求；捷克從 1992 年到 2013 年的選址過程亦遭遇民眾抗爭而改變策略；目前就 7 個候選場址進行地表之地質調查工作，規劃 2017 年篩選出 4 個候選場址，2020 年篩選出 2 個候選場址，2025 年決定場址，2030 年於選定之場址開始建置地下實驗室，2065 年處置場開始運轉。

參考國際經驗，業已完成 Bukov Underground Research Facility，屬花崗岩，位處地下 550 公尺深，有一條長度 90 公尺的實驗坑道。

為成功的完成選址工作，捷克成立 34 人的工作小組，其中 7 個場址代表共 14 人，非政府組織 9 人，國會 2 人；工作小組的任務在保證決策程序是清楚的以及訂定回饋方案。

(7) 高放射性廢棄物地質處置選址要素與北山候選場址(環保部核與輻射安全中心 常向東)

環保部核與輻射安全中心係屬官方之管制機關，簡報內容包括選址程序、選址要素、北山候選場址適宜性評價，結論認為北山與國外處置場址相比並對照處置設施的要求，北山具有極大的優勢；至於，對未來處置場的選址工作，則建議執行場址評價要與管理環節聯繫(亦即大陸目前缺乏計畫整合之專責單位)、完善場址可行性評估所需之技術建置、儘快落實處置場場址、地下實驗室與處置場場址不可分割、合理的應對公眾關切。

(8) 含長壽命核種中低放射性廢棄物中等深度處置發展展望(中核清原公司 范仲)

中核清原公司成立於 1995 年，該公司經國家授權從事核設施除役、放射性廢棄物處理、低放射性廢棄物處置場建造與運轉、放射性物質運輸以及運輸相關的包裝容器研發和銷售等業務。該公司目前擁有並負責甘肅北山第一座中低放射性廢棄物西北處置場之運轉，該處置場不得存放含長壽命核種之中低放射性廢棄物。

簡報內容包括建置含長壽命核種中低放射性廢棄物中等深度處置場的必要性與急迫性、國外技術發展現況與建議，其結論為鑒於長壽命核種中低放射性廢棄物之構成特點，盡快開展並推動中等深度處置場是安全經濟與確實的解決方案和必然的選擇，亦是完善放射性廢棄物處置體系的重要工作，更是核能發展和安全利用的重要保障措施。

(9) 緩衝回填材料砌塊制備技術研究進展(核工業北京地質研究院 劉月妙)

劉月妙博士是核工業北京地質研究院研究員，主導了熱-水-力-化學耦合大型實驗系統與實驗室的建立，利用自行設計與研發的實驗系統，預計進行長達 10 年的緩衝材料長期性能研究，目前已經成功進行了 5 年。實驗系統以縮小尺度模擬實際的處置系統，利用調整溫度、壓力，進而即時量測參數數據，以了解緩衝材料隨處置時間過去後的物理變化與化學變化。目前正在發展真實尺寸緩衝回填材料砌塊的製備技術，向國外採購大型機具，以期建立自主知識產權；利用高廟子膨潤土已經成功設計模具與壓製出大型砌塊，但仍待發展相關的品質檢測技術。

(10) 專題學術報告

8 月 24 日安排專題學術報告 12 篇，內容簡述如下：

在數值模擬方面，有討論圍岩三維離散裂隙網路建模技術、地下實驗室候選場址三維地質建模研究與三維離散裂隙網路流動及傳輸不確定性分析等。

在多場耦合與緩衝回填材料特性研究方面，有討論緩衝材料



多場耦合試驗台架研究成果、壓實膨潤土氣體滲透特性研究、高放廢棄物地質處置地學資料庫開發設計與建立、北山坑探設施介紹。

## 2、參訪北山高放射性廢棄物深層地質處置預選區與坑探設施:

本次技術參訪甘肅北山預選區，目標是位於北山舊井岩體的坑探設施。北山地區的面積相當大，大致分布在嘉峪關至敦煌之廣域區間(兩城市距離約 385 公里)；離坑探設施最近的一個城市為玉門鎮，由會議地點敦煌市到玉門鎮車程需 4 小時至 5 小時，從玉門鎮到坑探設施需 2 小時至 3 小時車程，其中約 2 小時是沒有公路的戈壁礫石沙漠地形。本次參訪由核工業北京地質研究院環境工程研究所陳亮副所長帶隊，至坑探設施進行現勘，北京地質研究院王駒副院長亦在現場招待並與研究人員交換對於雙方高放計畫工作進展與現場調查的經驗與心得。

### (1) 大陸高放射性廢棄物深層地質處置預選區

大陸高放射性廢棄物地質處置的選址工作，由核工業北京地質研究院負責，自 1985 年開始，歷經全國性篩選(1985 年~1986 年)、區域篩選(1986 年~1989 年)及地段篩選(1989 年起預選場址定在甘肅北山地區，展開該地區之調查與評估工作)等，1990 年~1999 年間中國大陸選址工作主要集中在甘肅北山地區，篩選出了舊井、新場向陽山、算井子、野馬泉、沙棗園等較具合適性的花崗岩地段；自 1999 年至 2005 年屬於研究發展的前期階段，啟動實質性的研究，包括北山深層地質鑽孔與場址評估。2006 年迄今，屬於研究發展的後期階段，本期間的顯著特性是進入有政府規劃指導的階段，並擴大大學

術界之研發參與。另，於新疆與內蒙古預選區啟動鑽孔工作，以增加候選場址的可選擇性。2007 年大陸國務院明確提出 2020 年要完成地下實驗室，2011 年確定北山為第一優先預選區，其後進行坑探設施之規劃與開挖以及地下實驗室可能地點之鑽探迄今；於 2021 年~2040 年之間，將進行最終處置場的評價、篩選與場址確認；最後階段為處置場建設階段(2041 年~2050 年)。

### (2) 北山為第一優先預選區之條件

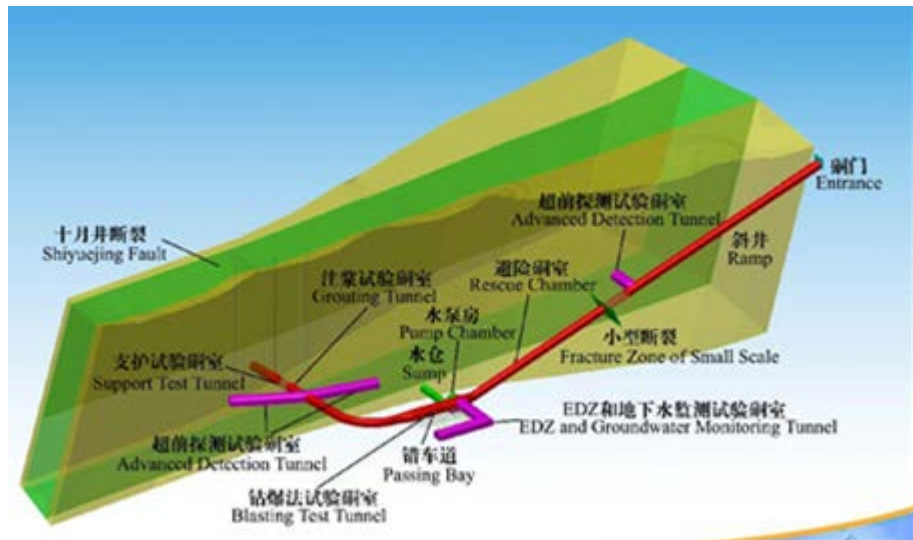
甘肅北山地區作為第一預選區，有下列因素：北山地區氣候乾旱，年降雨量僅 1 公分，地表水及地下水都十分貧乏；海拔高度約 1,600 公尺左右，為典型荒漠與戈壁景觀，類似美國 Yucca Mountain 場址；北山地區人煙稀少，沒有工業和農業活動；北山地區大面積分布花崗岩岩體，構成了良好的處置場圍岩，鑽探岩心顯示條件良好；北山地區為一地殼穩定區；地下水模擬結果顯示，北山預選區到河西走廊地區，地下水遷移時間接近 2 萬年，呈現出導水介質的低滲透特性，以及地下水流速緩慢。

### (3) 舊井花崗岩體與坑探設施

坑探設施位置並非地下實驗室之位置、亦非處置場之位置，其位於北山的舊井地段，在玉門鎮北方約 75 公里處。舊井岩體屬於黑雲母花崗岩，岩體周圍有舊井斷裂、十月井斷裂。坑探設施建置的目的是為地下實驗室開挖、監測、支撐和不良地質體超前探測等工程安全技術研究提供試驗平台，同時也為地下實驗室動態資料管理系統提供初步的測試平台。

坑探設施於 2015 年 6 月 26 日正式開工，預計在 2016 年 12 月完成主體開挖工作並持續進行相關試驗工作。

北山坑探設施主體結構主要由斜井、錯車道和一系列試驗硐室組成。斜井段總長度約 146 公尺，傾角為  $20^\circ$ ，為東南走向，寬度為 2.8 m、高度約為 2.6 m；錯車段以及其他試驗硐室的深度為地下 50 公尺。目前，超前探測試驗硐室、注漿試驗硐室與支護試驗硐室尚未完成開挖，預測將會碰到十月井斷裂，可提供實驗的良好機會。



坑探設施示意圖



坑探設施入口



錯車道



斜井(斜坡道)

北山坑探設施洞口上方與周圍岩體可見花崗岩體明顯遭遇不同程度風化與解壓節理產生，但進入坑探斜井後岩體則為新鮮圍岩，在距離洞口約 30 公尺與 75 公尺附近有出現小斷裂帶，有滲水情形；除了上述滲水情形之外，地下岩體內部也有大小裂隙，裂隙帶中亦有少數滲水情形，亦可發現岩水反應所產生之白色方解石結晶或粉膏狀碳酸鈣聚集。



地下水監測試驗硐室

到達斜井底部側向有一個長度約 20 公尺的硐室，是開挖擾動帶和地下水監測試驗硐室，此試驗硐室目的之一是為了研究開挖擾動帶影響範圍，此硐室在主坑繼續開挖前就開鑿好，並先佈設相關監測儀器，以評估主坑開挖期間的影響。另外，此硐室內也佈設有地下水壓力監測儀器，用以連續監測不同開挖階段之地下水壓力變化。

坑探內現場試驗項目主要包括：(i)硐室鑽爆開挖現場試驗：針對不同爆破參數組合條件下的爆破振動和開挖損傷區進行監測和分析，結合花崗岩岩體工程地質條件，提出地下實驗室工程鑽爆法施工參數方案。(ii)硐室開挖損傷區評價現場試驗：結合現場鑽爆試驗，對不同開挖損傷區監測方法的測量範圍和精度等進行測試和對比分析，評估其在地下實驗室工程建設中的適用性，初步提出滿足地下實驗室需求的開挖損傷區評價方法。(iii)近場圍岩導水斷裂帶探測現場試驗：研發低頻組合天線探地雷達等儀器，針對北山坑探設施開展不良地質體探測，建立以透地雷達為主的導水裂隙帶和小斷層等不良地質體的高精度探測組合技術，為地下實驗室硐室開挖儲備必需的技術。(ix)圍岩變形監測現場試驗：監測北山坑探設施關鍵斷面的拱頂下沉、內部位移等變化規律，分析不同監測方法的適用性，為地下實驗室圍岩變形監測系統的建立提供初步依據。(x)動力災害監測現場試驗：監測北山坑探設施施工過程中的微震分佈特徵，提出反映北山工程地質條件下圍岩破裂特徵的監測分量，初步提供可應用於地下實驗室的動力災害預測方案。(xi)注漿技術現場試驗：進行現場注漿

試驗，展開注漿材料及工法最佳化研究，初步提出北山工程地質條件下的注漿材料、注漿工法及參數，為地下實驗室建設提供技術依據。(Xii)現場動態資料管理系統研究：建立和測試北山坑探設施動態資料管理系統，為地下實驗室現場資料管理提供參考。(Xiii)硯室視覺化研究：借助三維雷射掃描等技術，獲得北山坑探設施精細三維視覺化模型，可大量減少人工量測裂隙並提升精準度。

參觀完地下坑探設施之後，另前往不遠處之北山地下坑探設施野外基地，此野外基地由數個住辦兩用可移動貨櫃組成，是數年來不斷改良與設備提昇的成果，利用聯結車，將各種設備從北京拉至此地，貨櫃內含會議室、寢室、廚房，配有廚師，食物與淡水必須定時自玉門鎮載運到現地，生活機能不佳；另外，野地勘查配備了四輪傳動越野車，能越過無路的沙漠、旱谷及碎石坡，顯示野地調查機動能力相當完備。

三、 遭遇之問題：無。

四、 我方因應方法及效果：無。

五、 心得及建議：

(一)大陸高放射性廢棄物處置計畫目前最明確的目標，就是推動 2020 年完成地下實驗室的建立，在地下實驗室場址篩選上也已經將目標縮小至高放處置場第一預選區甘肅北山地區的花崗岩體，並已於舊井岩體內建置一座先導性質的地下坑探設施，作為以後地下實驗室建置前的技術測試平台。大陸參考國際間的作法，建立地下實驗室，除建立自主技術外，亦可作為公眾溝通的有效工具。

(二)核工業北京地質研究院本身可以授予學位，從研究所碩博士就可以



培養執行計畫所需要的人才，畢業後的年輕研究人員也能繼續留在項目計畫中擔任要務，也因此整體研究人員的年齡都很輕，跟著資深的研究人員直接深入現場工作，相當具有獨立研究與完成工作的能力。

(三)整個研討會過程中，可以看到分析技術發展的廣度，精度也有所提升，目前進行中的地下坑探設施或許簡單，仍然大幅提升了工程技術能力。與會人士中，見到年輕人的參與投入，發表了多篇相關基礎試驗技術、數值模擬與資料庫整合展現等論文，隨著經驗的累積與傳承，對於一個需要長時間從理論建立、實驗執行、技術發展到最終現場驗證的處置計畫來說，是非常重要的關鍵。

(四)大陸已意識到公眾參與之重要，已有呼籲儘速成立專責機構以整合計畫管理與民意溝通。

(五)「廢棄物地下處置學術研討會」每兩年舉辦一次，可全面了解大陸的發展與技術水準，應持續固定派員參加，加強多方互相交流與技術討論的能量。

參、謹檢附參加本次活動(會議)之相關資料如附件，請備查。

職



吳才基/台電公司/核能後端營運處/處長



金啟明/台電公司/核能後端營運處/組長



李宗倫/台電公司/核能後端營運處/組長

# 放射性废物处置

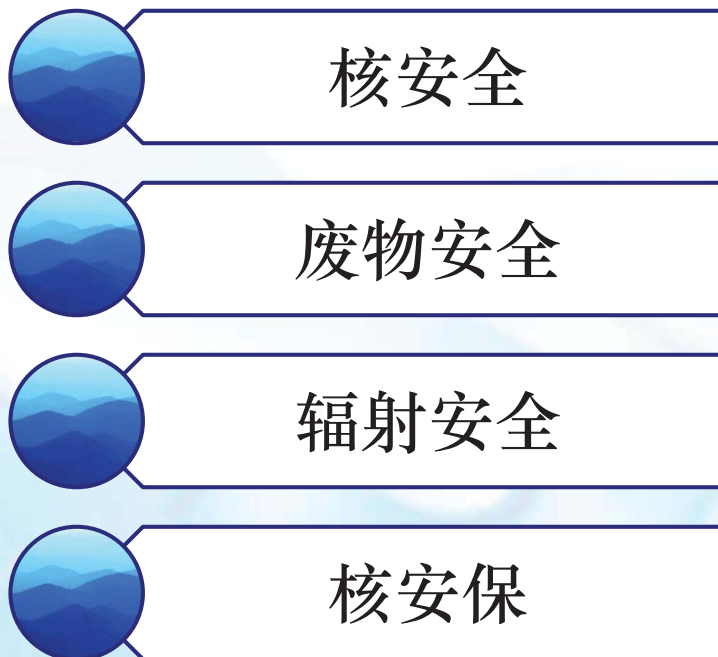
## 核能发展中急待开拓的新的科技领域

潘自强  
中核集团科技委  
(2016年8月23日·甘肃 敦煌)

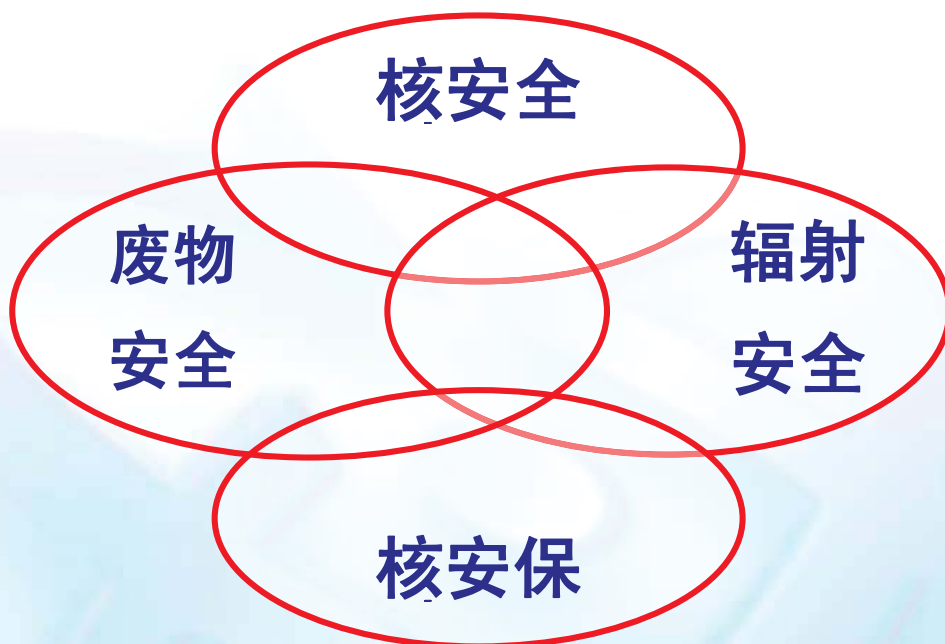
## 目 录

- 1. 前言
- 2. 放射性废物处置时急待开拓的新的技术领域
- 3. 放射性废物处置（管理）的特点：  
以国家为主体
  - 3.1 管理的基本原则
  - 3.2 国外的法规和机构
  - 3.3 加强管理的建议

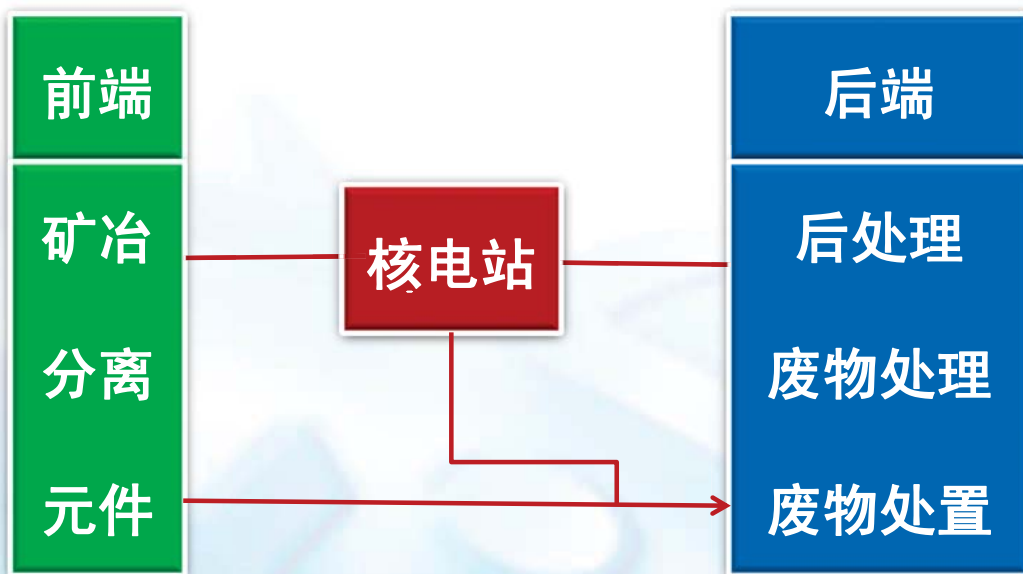
# 1. 前言



# 1. 前言



# 1. 前言



# 1. 前言

## 后端被忽视

高放废物处理和废物处置  
还在起步阶段





# 1. 前言

- 废物管理的中心
- 废物处置
- 废物管理的基本原则
- 废物最小化

 中核集团  
CNNC 

## 2. 放射性废物处置时急待开拓的新的技术领域

### 时间尺度长

- 低放      300~500年
- 中放      1000~1万年
- 高放      1万~10万年

## 2.放射性废物处置时急待开拓的新的技术领域

- 体系复杂
- 包气带
- 浅地层
- 深地层

## 2.放射性废物处置时急待开拓的新的技术领域

- 非能动安全
- 可回取，但不影响安全



## 2.放射性废物处置时急待开拓的新的技术领域

### 安全全过程系统法分析

- 美国：整体系统性能分析
- 法国：档案
- 德国：安全分析
- IAEA：安全论证文件

## 2.放射性废物处置时急待开拓的新的技术领域

- 人工屏障
- 评价模型和参数
- 坚稳度分析
- 风险指引

## 3.1 管理的基本原则

### 基本安全原则 (10条) IAEA

- 必须保护当前和今后的人类和环境免于辐射危险。  
.....放射性废物管理应避免给子孙后代造成不应有的负担。即产生废物的几代人必须为废物的长期管理寻求并采用安全可靠和环境上可接受的解决方案, 并考虑回收和重复利用的可能。

## 3.1 管理的基本原则

### 放射性废物处置具体安全要求 (SSR-5) 等

#### 要求1: 政府的职责

政府需要制定和维持促进安全的适当政策、法律和监管框架, 并放在此框架内就放射性废物处置设施的选址、设计、建造、运行和关闭进行明确的职责分工。这必须包括在国家一级确认建造各种类型的处置设施的必要性; 确定各类设施建造和许可证审批的步骤; 以及进行明确的职责分工, 确保财政和其他资源以及对计划建造的处置设施规定独立的监管职能。

## 3. 放射性废物处置(管理)的特点

### 3.1 管理的基本原则

#### 放射性废物处置具体安全要求（SSR-5）等

#### 要求2：监管机构的职责

监管机构必须制定不同类型的放射性废物处置设施建设的监管要求，并须说明满足许可证审批过程各阶段要求的程序。

监管机构还必须确定每个设施的建造、运行和关闭的条件，并须开展确保满足这些条件运行所需的活动。

## 3. 放射性废物处置(管理)的特点

### 3.1 管理的基本原则

#### 放射性废物处置具体安全要求（SSR-5）等

#### 要求3：营运者的职责

放射性废物处置设施的营运者必须对设施的安全负责。营运者必须开展安全评定并编写和保持安全论证文件，并须根据国家战略、遵照监管要求在法律和监管基础结构范围内开展有关场址选择和评价、设计、建造、运行、关闭及必要时进行关闭后监视的一切必要活动。



# 3. 放射性废物处置(管理)的特点

## 3.1 管理的基本原则

### 放射性废物处置具体安全要求 (SSR-5) 等

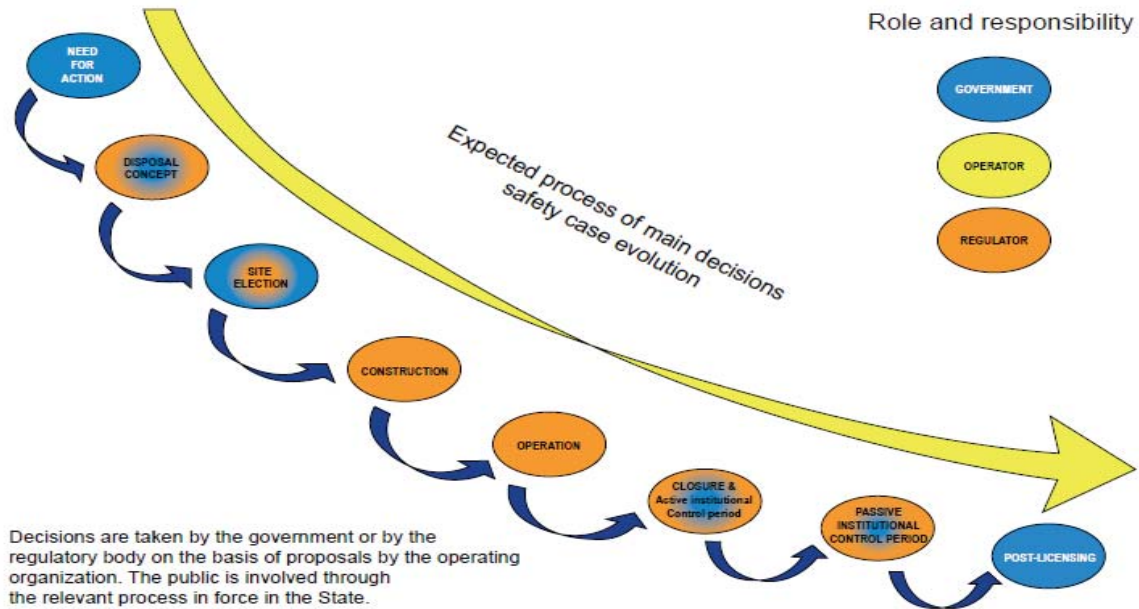


FIG. 2. Typical steps in the process of developing a near surface disposal facility.

# 3. 放射性废物处置(管理)的特点

## 3.1 管理的基本原则

### 《核安全法》（草案）

- **第三十四条（放射性废物处置场的规划）** 核设施所在地省级人民政府负责低水平放射性废物处置场的选址规划。国务院军工核安全监管部門负责中、高水平放射性废物处置场所的选址规划，报国务院批准后实施。

除需特别调度处置的以外，低水平放射性固体废物一般应当在废物所在省、自治区、直辖市区域内处置，中、高水平放射性固体废物经由军工核安全监督管理部門确定，实施集中处置。

## 3. 放射性废物处置(管理)的特点

### 3.2 国外的法规和机构

#### 美国机构

- 核废物技术评议委员会（国会）
- 民用放射性废物管理局（DOE）
- 环境管理办公室（DOE）
- 核管会（监管）
- 环境保护署（有关标准）

## 3. 放射性废物处置(管理)的特点

### 3.2 国外的法规和机构

#### 美国法律

- 核废物政策法（1983）
- 核废物政策修正法（1987）
- 相关法规

原子能法（1954）

国家环境政策法（1969）

能源政策法（1992）

## 3. 放射性废物处置(管理)的特点

### 3.2 国外的法规和机构

#### 法国法律

- 核废物法（1991）
- 放射性材料和废物可持续管理规划法（2006）
- 相关法规

环境法等

## 3. 放射性废物处置(管理)的特点

### 3.2 国外的法规和机构

#### 法国机构

- 国家评审委员会（国会，政府）
- 放射性废物管理局
- 核安全局（监管）
- 原委会（分离嬗变和长期贮存研究）



## 3.2 国外的法规和机构

### 俄国法律

- 关于放射性废物管理与俄罗斯联邦某些立法的变更 2011. 7

- 相关法律

原子能利用法 1995. 11

辐射防护法 1996. 1

环境保护法 2002. 7

## 3.2 国外的法规和机构

### 俄国机构

- 执行 国家原子能公司

- 审管 联邦环境、工业与核监督局

### 3.3 加强管理的建议

- 建立国家放射性废物管理机构
- 设立国家放射性废物管理公司

统一管理高放和中放的废物处置

### 3.3 加强管理的建议

- 尽快改变我国放射性废物法规和导则滞后的现状（国家核安全局已制定计划）

### 3.3 加强管理的建议

- 制定国家层次的放射性废物管理科研规划
- 建立以地下实验室为核心的国家高放废物地质处置研究平台
- 尽快启动中等深度处置场的建设

### 3.3 加强管理的建议

- 在科技部和国家自然科学基金项目中设立高放废物地质处置专项

# 含长寿命低中放废物中等深度处置 规划及科研的若干思考

陈宝军

中核集团核环保工程事业部

2016年8月

## 目 录

- 1 开展中等深度处置的必要性
- 2 面临的差距和问题
- 3 中等深度处置规划和科研策划
- 4 下一步工作建议



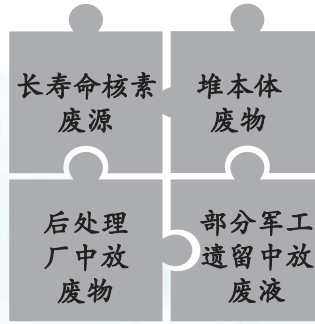
# 一、开展中等深度处置的必要性

## ● 国内废物处置需求—长寿命低中放废物



近地表处置  
不适宜原因

- 在300~500年范围无法衰变至对人类和环境无害的程度。
- 需要提供更大程度的包容与隔离。

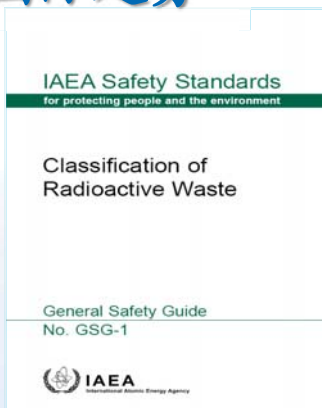


深地质处置  
不适宜原因

- 不需要为处置期间的热传导采取工程措施或仅采取有限措施。
- 废物量大，不经济。
- 研发阶段，短期内难以处置。

# 一、开展中等深度处置的必要性

## ● 国际趋势



2009年，IAEA发布最新安全导则《放射性废物的分类》，针对长寿命中低放废物明确提出了“中等深度处置”的解决方案。



瑞典SFR



韩国月城处置场



芬兰Olkiluoto处置库

结论：可采用该处置方式解决我国现存此类废物处置难题

## 二、面临的差距和问题

### 规划尚起步

- 源项特征不清
- 尚未列入国家规划
- 资金筹措、管理机制尚需明确

### 标准缺失

- 我国废物分类标准尚在修订

### 科研工程基础弱

- 工程屏障系统与处置工艺，建造、处置技术，安全评价方法等需研究。
- 缺乏工程经验

### 公众支持


涉核项目建设公众敏感度高

## 三、中等深度处置规划和科研策划

### ● 已开展的工作




编制初步工作计划，明确分阶段工作内容



集团公司领导专题研究，要求：对标国际，先做好顶层设计



院士专家专题研究，建议将甘肃作为首选预选区，2025年建成中等深度处置库



废物源项初步调查，对两厂三院、军队、清华等单位废物现存及预计产生情况进行调研

## ●工作思路

### 总体策划 协调推进

- 以建成中等深度处置库为目标，明确业主单位，做好顶层设计
- 科研工程协调推进，加快工作进度

### 科研先行 集智攻关

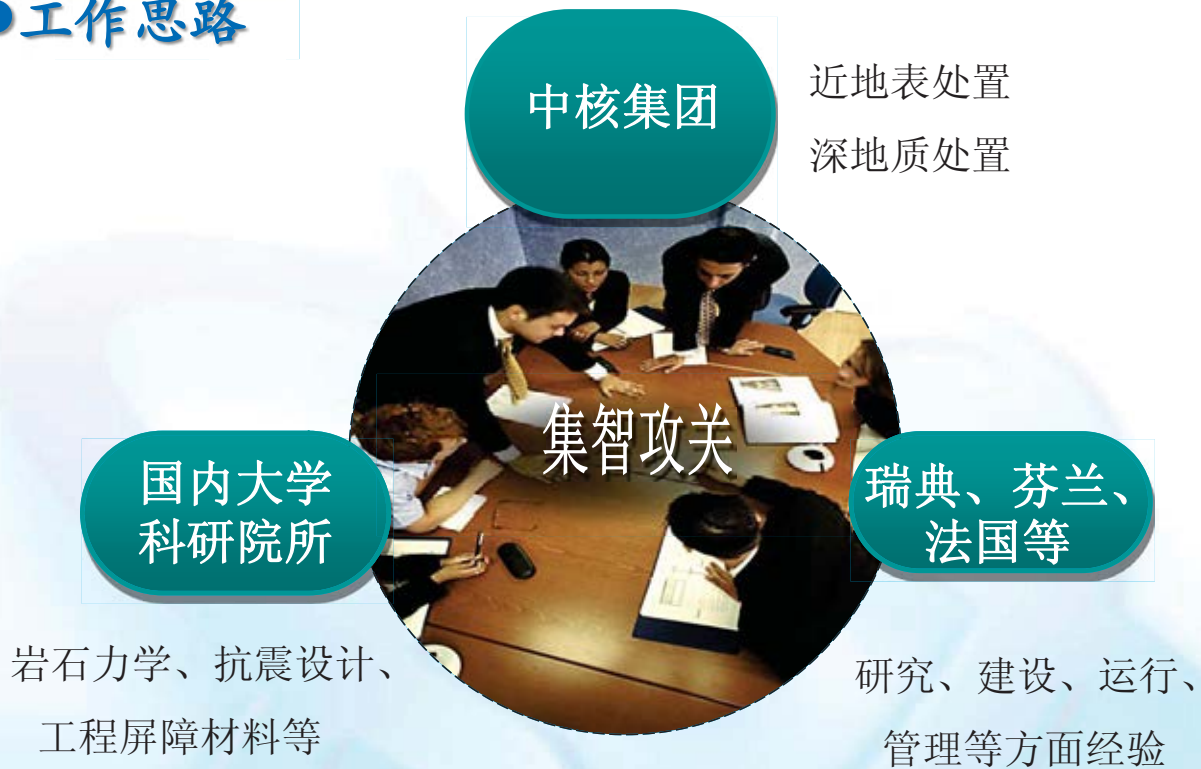
- 开展废物源项、场址选址要求、安全环境评价、工程经济性方面研究
- 集中全社会优势力量，充分借鉴国外经验。

## ●工作思路





#### ●工作思路



#### ●科研策划



## 四、下一步工作建议

- 1 组织开展规划研究，尽快列入国家相关规划
- 2 积极开展相关体制机制及管理政策方面的研究
- 3 尽快发布废物分类标准

谢谢!

第六届废物地下处置学术研讨会，2016年8月23日，敦煌

# 我国高放废物地质处置 地下实验室 场址筛选

王驹

中核集团核工业北京地质研究院

## 汇报提纲

- 背景情况
- 地下实验室主要工作进展
- 下步工作计划
- 建议



## ● 国家十三五规划（2016年3月人大会议）：

提出建设我国高放处置地下实验室的目标任务

- 2006年原国防科工委、科技部和原国家环保总局联合发布的《高放废物地质处置研究发展规划指南，提出我国应在2020年前后完成地下实验室的可行性研究，完成地下实验室建造的安全审评。
- 2007年，国务院批准的《核电中长期发展规划（2005—2020年）》，明确 **2020年建成我国高放废物地质处置地下实验室的目标。**



- 国务院2012年10月16日发布:

《核安全与放射性污染防治“十二五”规划  
及2020年远景目标》

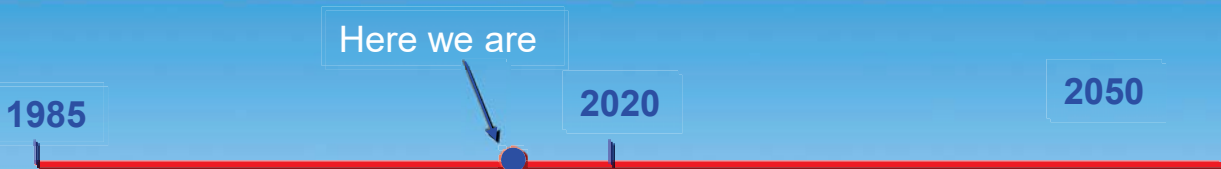
- 国防科工局发布:《军工核安全规划》

- 核设施退役和废物治理十三五规划

**均再次明确提出 2020年  
建成我国高放处置地下实验室的目标任务**



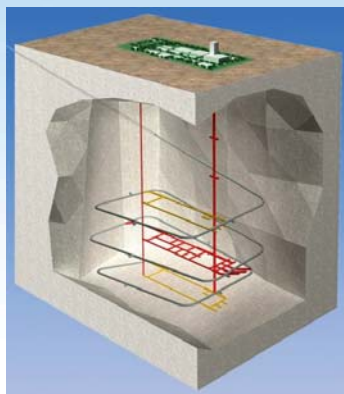
## 我国高放废物地质处置三部曲目标

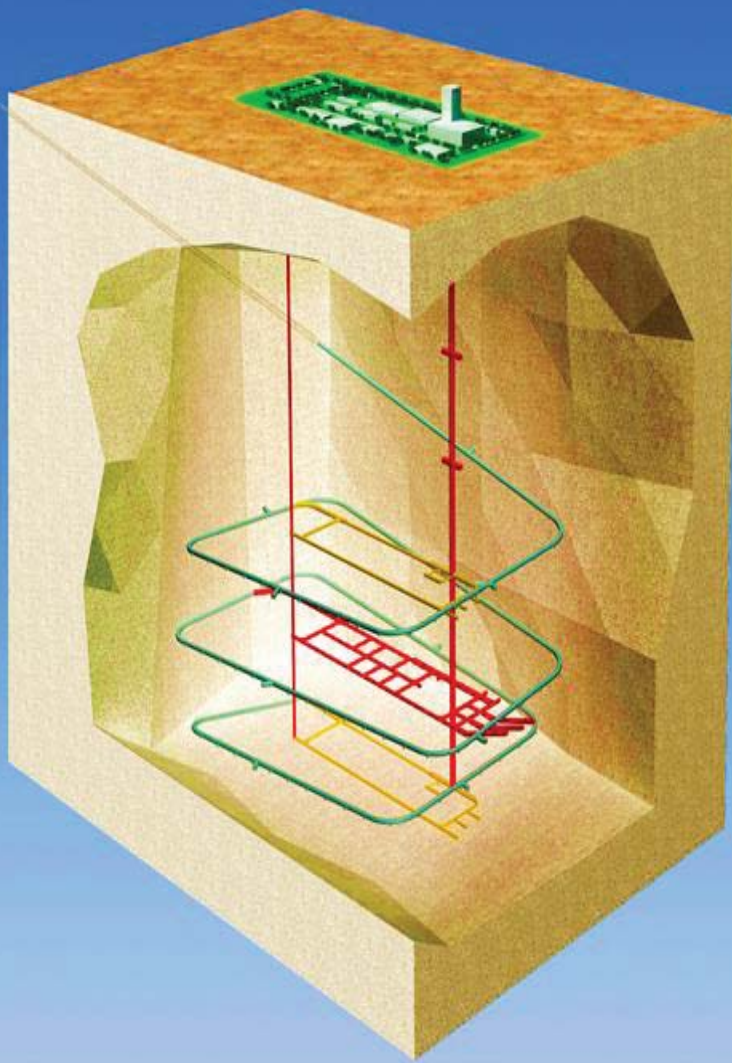


选址

地下实验室

处置库





目标：

2020年建成地下实验室，  
这个地下实验室

应当成为：

三废专项的标志性工程

中国环保的标志性工程

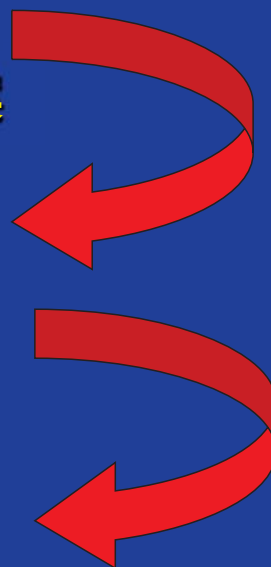
## 国家批复的地下实验室项目

- 地下实验室安全技术研究
- 地下实验室工程前期科研
- 地下实验室工程建设（立项建议书2016年7月上已经报）



# 完成的相关工作

- 地下实验室若干战略问题研究
- 地下实验室战略规划和实施方案
- 地下实验室选址准则
- 地下实验室选址方案
- 地下实验室选址报告
- 地下实验室立项建议书



## 建设我国地下实验室的战略：

### 建设“特定场区型”地下实验室

#### 优点：

- 评价场址，数据可直接为工程设计和安全评价服务
- 有可能扩大为真实的处置库
- 可以避免处置库场址的审批周期
- 培训人员
- 方法学研究

这是我国目前较为现实的考虑。



- 建设在特定场区（处置库重点预选区）的、
- 有代表性的岩石之中的、
- 大型的、
- 功能较为完备且具有扩展功能的、
- 位于560米深度的、
- 具有国际先进水平的、
- 面向国内外完全开放的、
- 为高放废物处置研发服务的科研设施和平台。

## 地下实验室选址准则（报批稿）

- **地下实验室选址准则（报批稿）已经通过了国防科工局组织的专家评审**
- **选址准则包括：**
  - **基本准则**
  - **排除性准则**
  - **具体准则**

- 应当位于我国高放废物地质处置库重点预选区
- 应当位于有代表性的岩体或岩层中
- 场址能够满足开展各种地下现场实验的要求
- 场址应当获得当地政府和居民的同意
- 场址应当满足国家有关工程建设和环境保护等要求

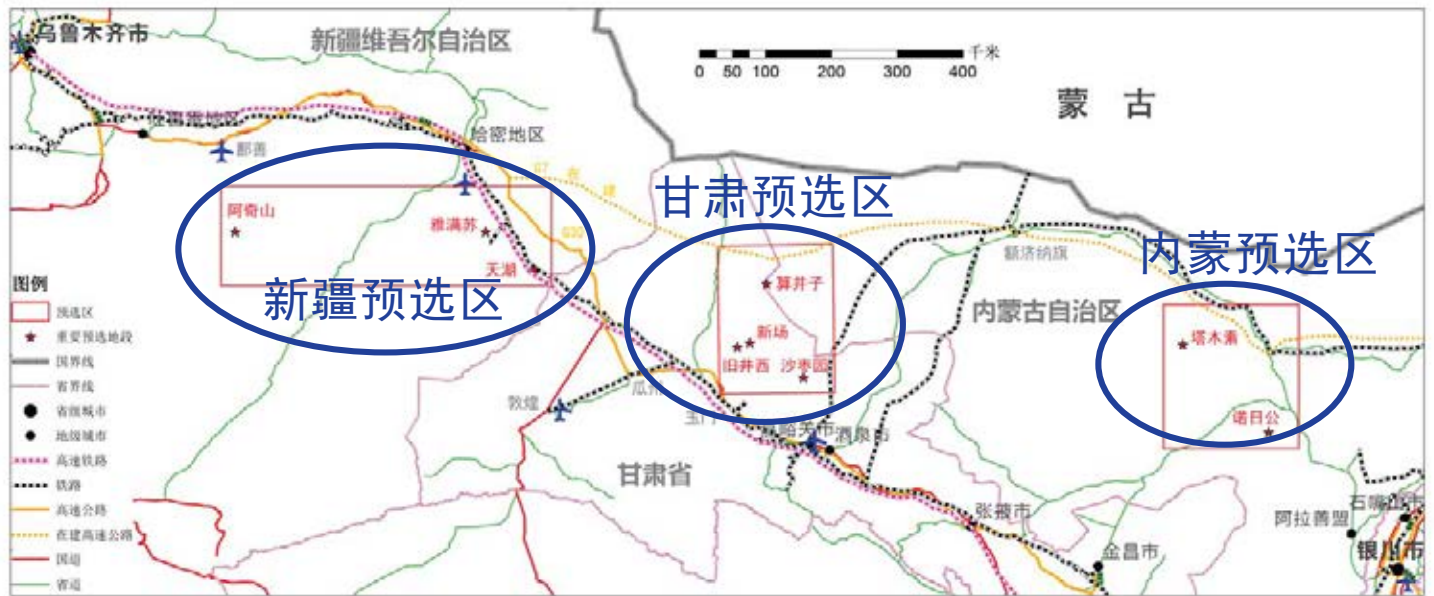
核工业北京地质研究院, Beijing Research Institute of Uranium Geology

## 地下实验室工程前期科研项目

- 选址工作取得重要进展, 编制了“地下实验室场址筛选技术报告”
- 提出了地下实验室初步设计方案
- 得到了甘肃省政府的全力支持:

# 地下实验室选址目标:

- 从三个预选区的 9 个场址中筛选出地下实验室场址

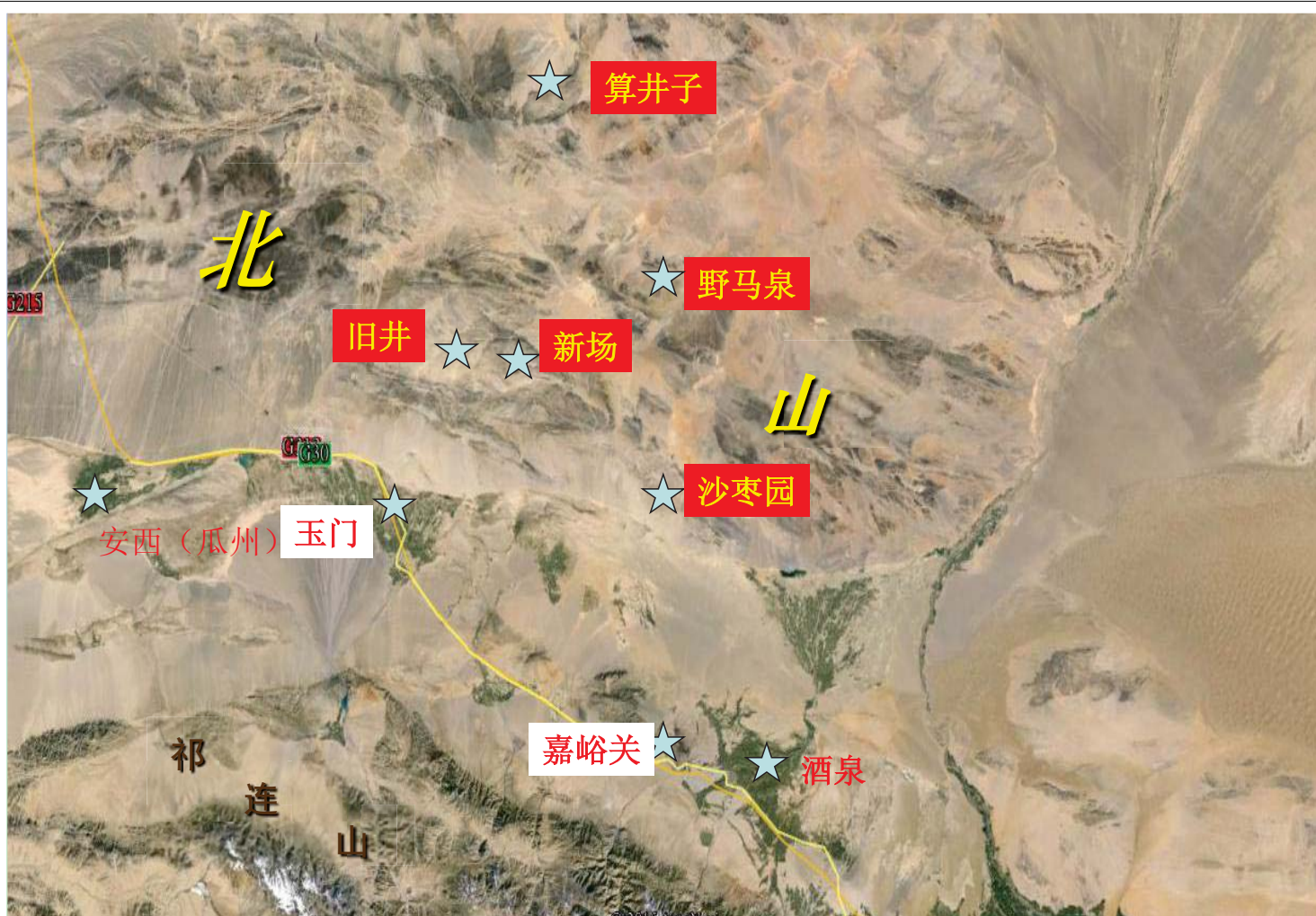


## 甘肃北山的 4 个场址

在区域地壳稳定性研究、区域地质研究和区域水文地质研究的基础上，共筛选出 4 个场址：

- 旧井西场址
- 新场场址
- 沙枣园场址
- 算井子场址





甘肃北山预选区新场、沙枣园场址位置示意图



## 国家国防科工局支持的 6 期项目

北山 1 期：1999-2000

北山 2 期：2002-2003

北山 3 期：2005-2007

北山 4 期：2007-2010

北山 5 期：2011-2013

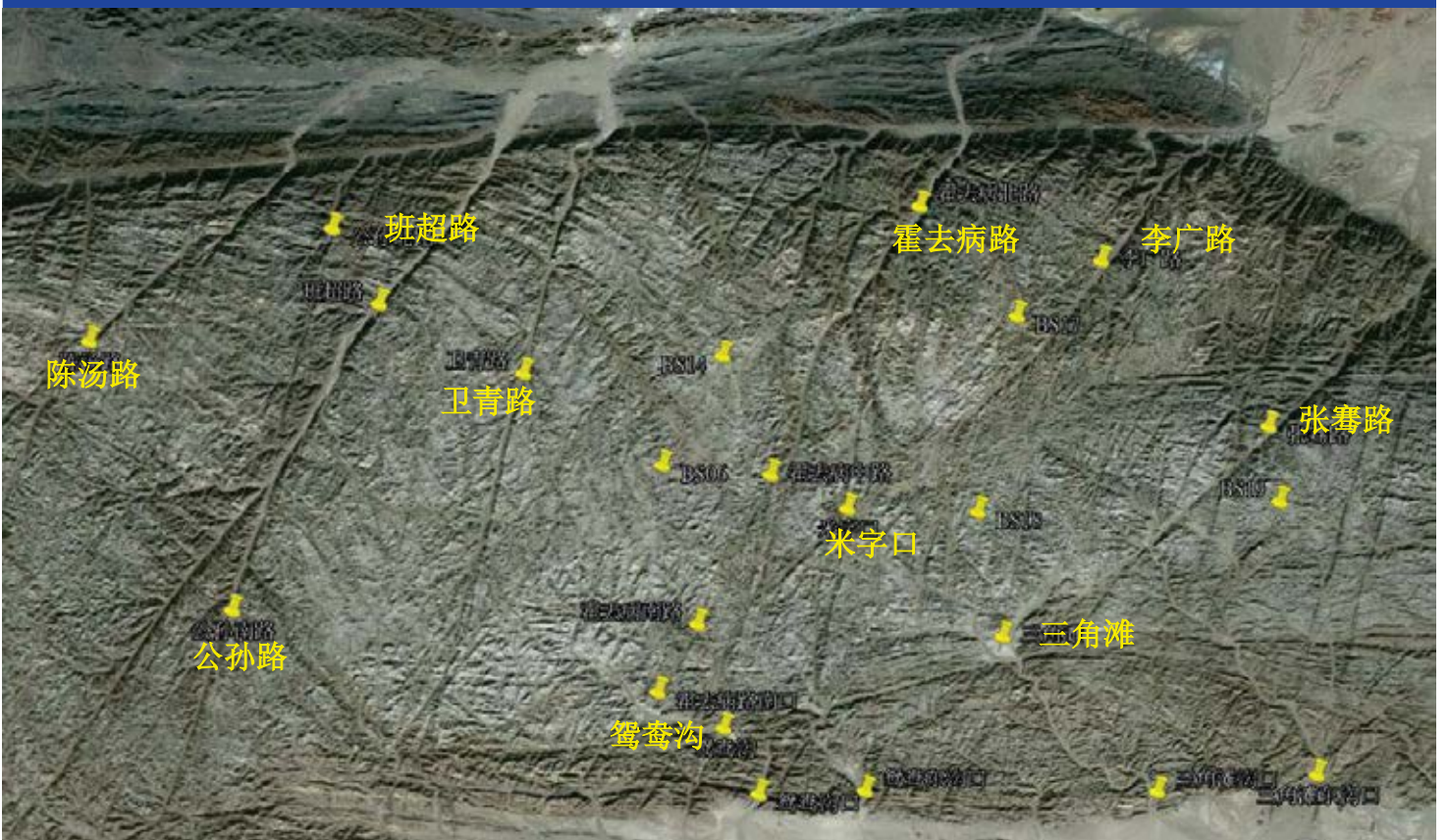
北山 6 期：2014-2016





新场场址地貌

## 新场场址的地名---以汉朝大将命名







新场场址卫星影像图



## 场址勘探工作

BS26



BS27





# 深部岩石十分完整



中核集团核工业北京地质研究院  
CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology



## 北山社会经济条件

- 人烟稀少
- 无可利用的土地
- 无大型矿产
- 经济前景暗淡
- 交通方便
- 气候干旱
- 降雨量小 70 mm
- 蒸发量大 3000 mm
- 地形平坦
- 无常年河流
- 距甘肃省府兰州800 km
- 距肃北县城 300 km



# 2011年7月

## 甘肃北山预选区被确定为我国 高放废物处置库首选预选区

核工业北京地质研究院, Beijing Research Institute of Uranium Geology



### 为确定地下实验室场址已经完成大量准备工作

- 对每一个场址均开展了系统性的场址评价：
  - 地面地质调查、水文地质调查、
  - 地球物理测量、钻孔施工等



研究院  
um Geology



# 地下实验室场址比选原则

- 以“地下实验室选址导则”为指导
- 考虑选址因素的权重：把社会经济条件和任务条件放在首位，尤其是把地方政府的态度和距离已有核设施的远近作为最优先考虑的因素，然后再考虑其他因素
- 定性与定量结合，以定性为主
- 循序渐进、分步进行

地方政府的态度 + 距离核设施的远近

# 地下实验室场址比选过程

- 先从甘肃选出 2 个场址
- 再从新疆选出 1 个场址
- 再从内蒙选出 1 个场址
- 排序：对上述 4 个场址排序
- 再排序：选出推荐场址和备选场址

# 1、从甘肃北山的 4 个场址中选出 2 个场址



甘肃北山预选地段相对位置示意图

## 北山场址对比：工程与建造条件

场址名称	岩石单轴抗压强度 (Mpa)	岩体地应力条件	岩体结构面分布特征	岩体工程质量 $Q_{HLW}$	工程与建造配套条件	适宜性评价
旧井西	139.5	<17MPa, $K_{FHV}=0.7\sim 2.42$ ; $K_{Fth}=1.4\sim 1.7$ 以构造应力为主导	深部结构面密度: 小于 $8.69m^{-1}$ 钻孔400m以下部分破碎带占比: 15.99%	80	相对高差小于30m。 场址周围交通运输条件较为便利; 周围无供水供电设施, 其中心到最近的输电线路、取水点距离分别约30km、75km。 场址区内不存在发生自然地质灾害的地质条件。	基本适宜
新场	188.4	<25MPa, $K_{Fth}=1.48$ 以构造应力为主导	深部结构面密度: $2.85m^{-1}$ 钻孔400m以下部分破碎带占比: 0	260	相对高差小于50m。 场址周围交通运输条件较为便利; 周围无供水供电设施, 其中心到最近的输电线路、取水点距离分别约4km、85km。 场址区内不存在发生自然地质灾害的地质条件。	适宜
沙枣园	160.0	<31MPa, $K_{Fth}=1.65$ 以构造应力为主导	深部结构面密度: $3.73m^{-1}$ 钻孔400m以下部分破碎带占比: 20.9%	121	相对高差小于50m。 场址周围交通运输条件较为便利; 周围无供水供电设施, 其中心到最近的输电线路、取水点距离分别约70km、70km。距离甘肃核技术产业园约30km。 场址区内不存在发生自然地质灾害的地质条件。	适宜
算井子	160.0	<22MPa, $K_{FHV}=1.0\sim 2.0$ ; $K_{Fth}=1.18\sim 1.65$ 以构造应力为主导	深部结构面密度: $4.46m^{-1}$ 钻孔400m以下部分破碎带占比: 2.8%	196	相对高差小于50m。 场址周围交通运输条件较差; 周围无供水供电设施, 其中心到最近的输电线路、取水点距离较远。 场址区内不存在发生自然地质灾害的地质条件。	基本适宜



# 北山场址对比—岩体工程质量评价结果



## 北山场址对比

	距地下水 排泄区距离	距离中核 产业园	排序
新 场	较远	较远 (80km)	1
沙枣园	很近	较近 (30 km)	2



- 1、新 场
- 2、沙枣园
- 3、算井子
- 4、旧井



甘肃北山预选地段相对位置示意图

## 候选场址筛选初步结果



由于甘肃北山：

- 是我国高放废物处置库首选预选区
- 位于中核甘肃核工业产业园附近
- 具有有利的地质、水文等条件

因此甘肃北山的 2 个场址排在最前面

- 1、新场
- 2、沙枣园
- 3、雅满苏
- 4、诺日公



# 地下实验室选址专家咨询会议

- 2016年1月12日在北京召开
- 6位院士和23位各方面专家参会
- 详细报告了甘肃、内蒙、新疆候选场址的情况

**专家经过讨论、投票，提出了推荐场址建议**

# 地下实验室选址专家咨询会议

- 2016年1月12日在北京召开
- 6位院士和23位各方面专家参会
- 详细报告了甘肃、内蒙、新疆候选场址的情况
- 专家经过详细讨论、投票，提出了推荐场址建议
- 我们将以此为基础，编制“地下实验室场址筛选报告”，提出场址的建议方案和场址筛选报告，上报国防科工局



# 参会单位、专家

- 国防科工局、环保部、新疆
- 404厂、瑞能公司、中辐院、原子能院、
- 中核集团总部、中国科学院、中国地震局
- 北大、南大、地大、同济大学、东华理工大学等
- 瑞典专家（崔大庆）
- 专业包括：地质、水文、环境、工程、核安全、化学等
- 6位院士：潘自强、钱七虎、阮可强、蔡美峰、侯立安、王思敬

## URL选址专家咨询会现场（2016.1.12）



**结论：**  
新场-推荐场址；  
沙枣园-备选场址。

# 专家咨询会结论：

## 全票建议：

- 甘肃北山的新场场址为推荐场址
- 甘肃北山的沙枣园为备选场址

核工业北京地质研究院, Beijing Research Institute of Uranium Geology



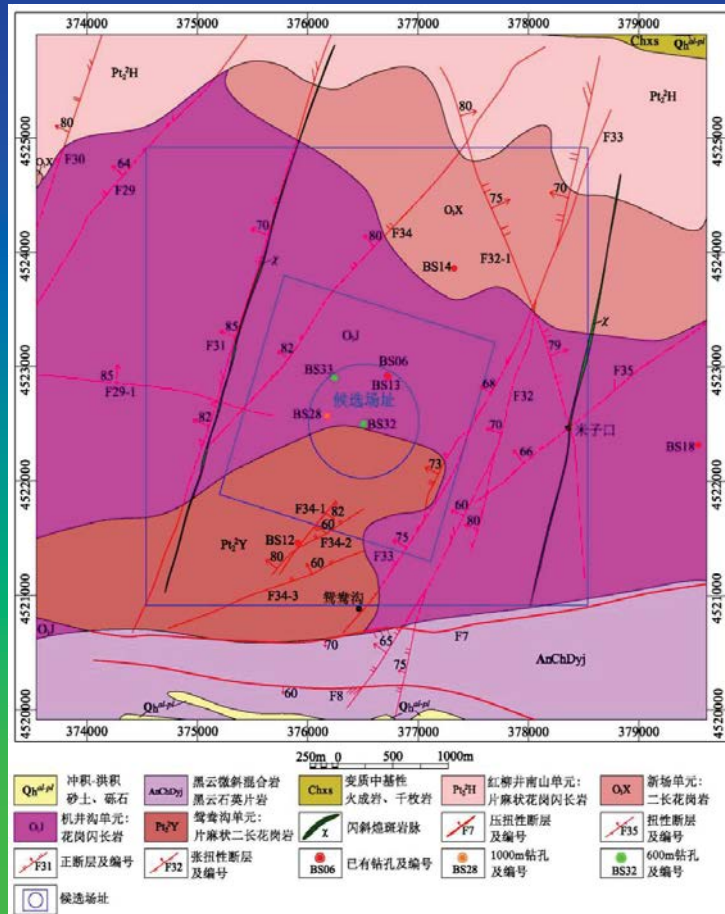
**(2016.2.19-2.20):**  
核地研院+四院23人赴  
北山踏勘场址



中核第四研究设计工程有限公司  
The Fourth Research and Design Engineering Co., Ltd.



# 地质条件



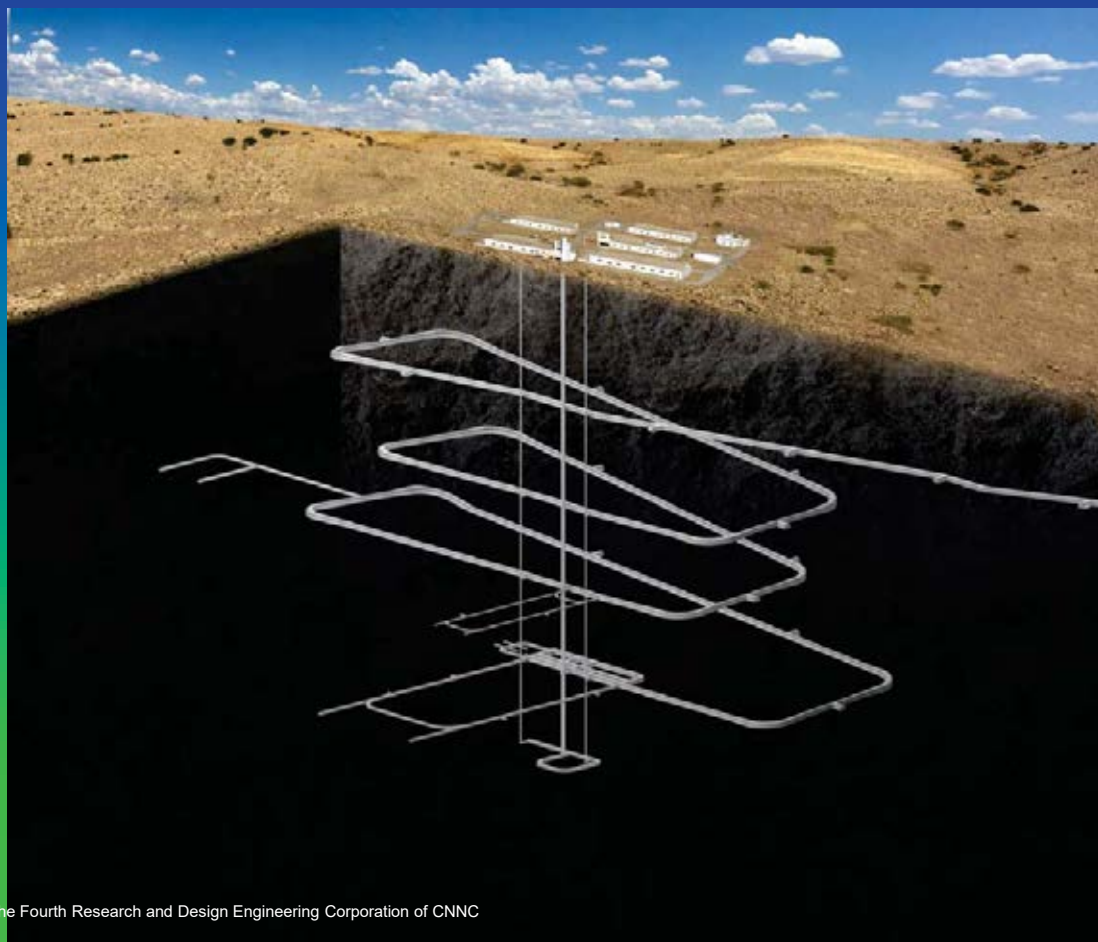
中核集团核工业北京地质研究院  
CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology

## BS32 部分岩心 66根长根岩心



中核集团核工业北京地质研究院  
CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology

# 地下实验室初步设计方案 1



The Fourth Research and Design Engineering Corporation of CNNC

质研究院  
anium Geology

# 地下实验室初步设计方案 2



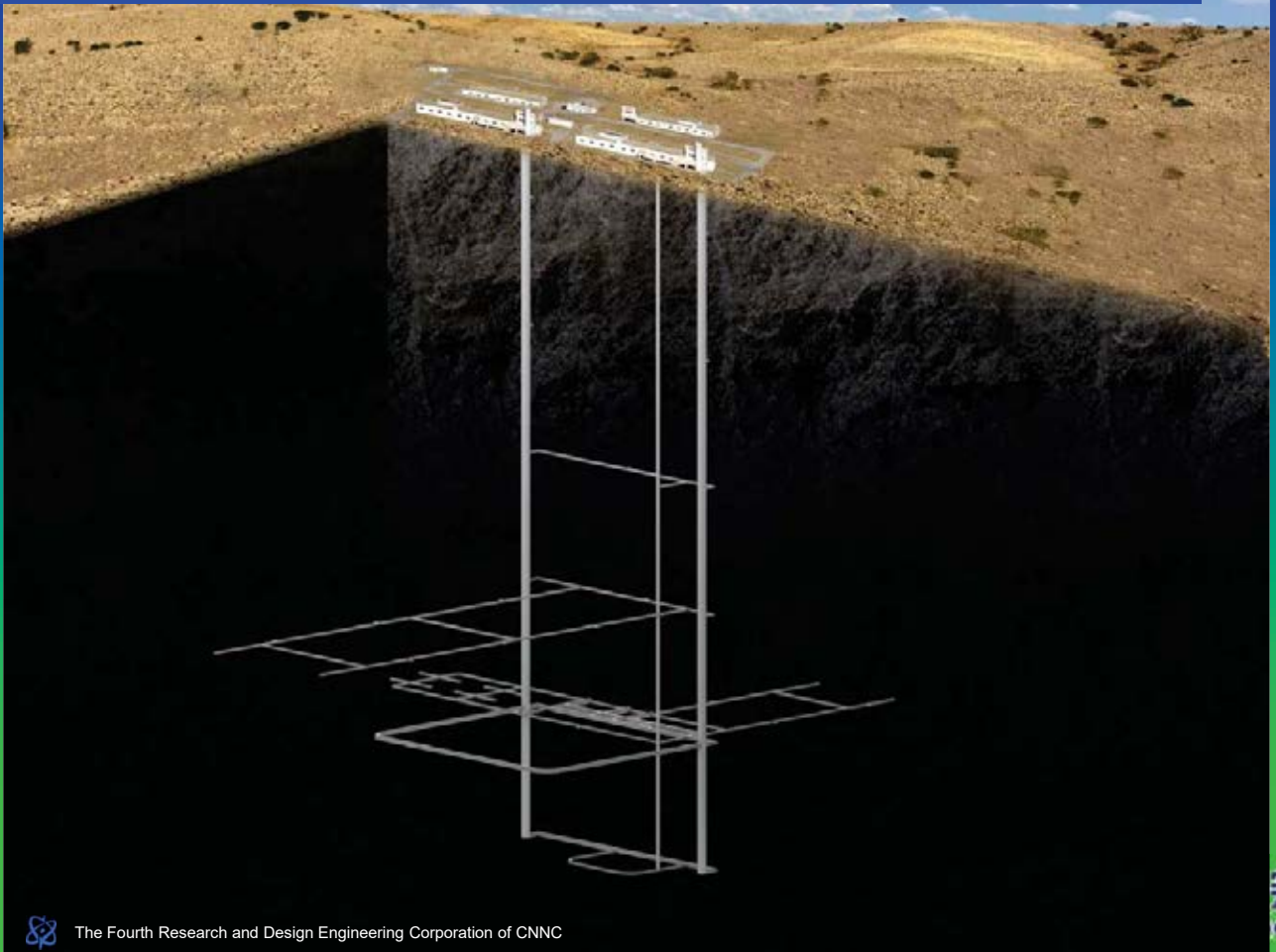
The Fourth Research and Design Engineering Corporation of CNNC

中核第四研究设计工程有限公司  
The Fourth Research and Design Engineering Corporation of CNNC

中核集团核工业北京地质研究院  
CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology

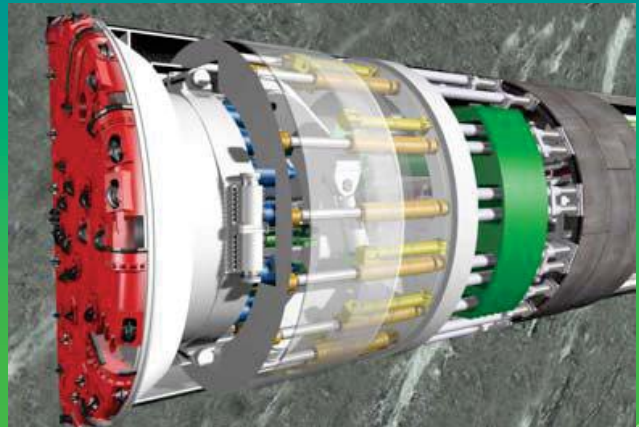


# 地下实验室初步设计方案 3

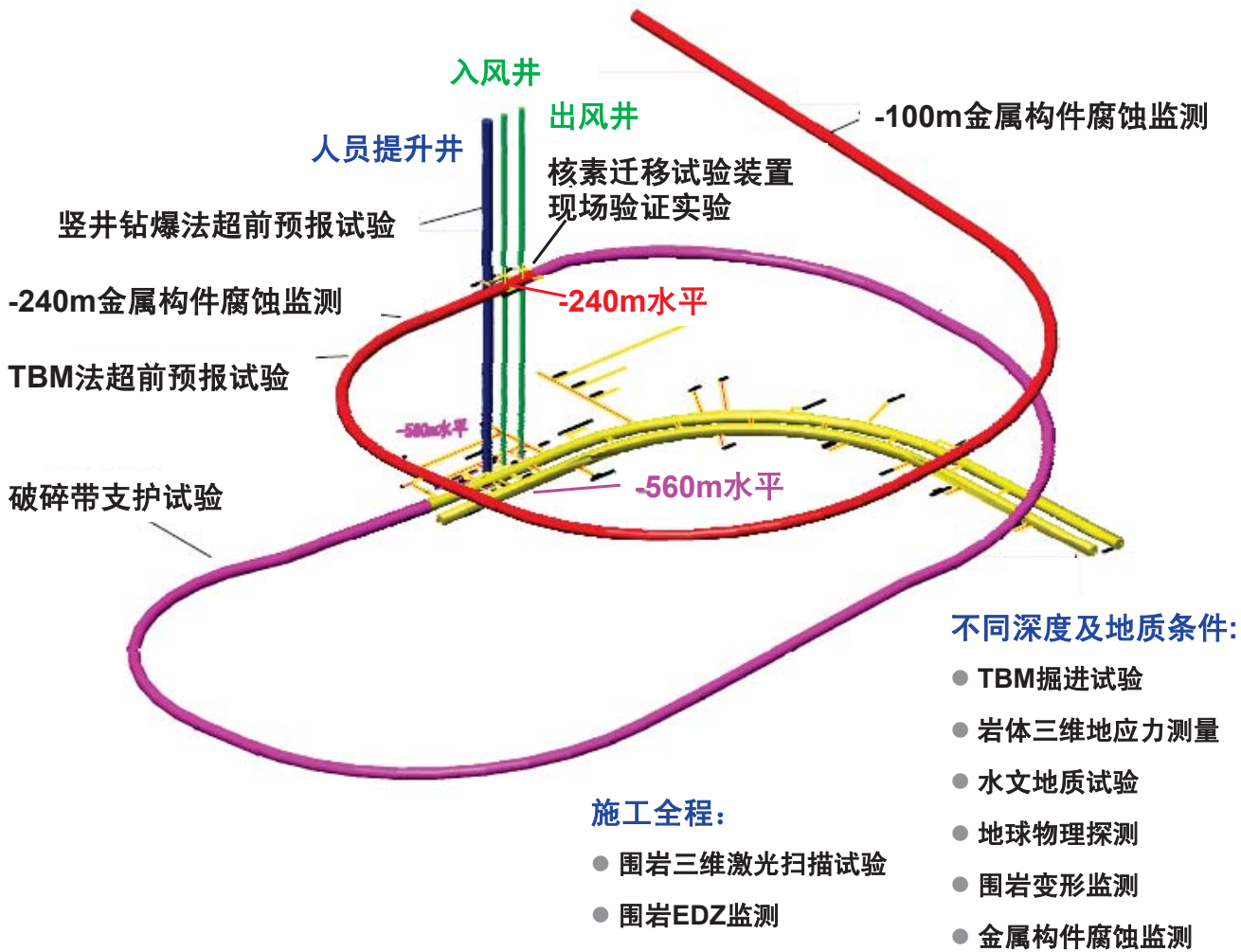


The Fourth Research and Design Engineering Corporation of CNNC

研究院  
Geology



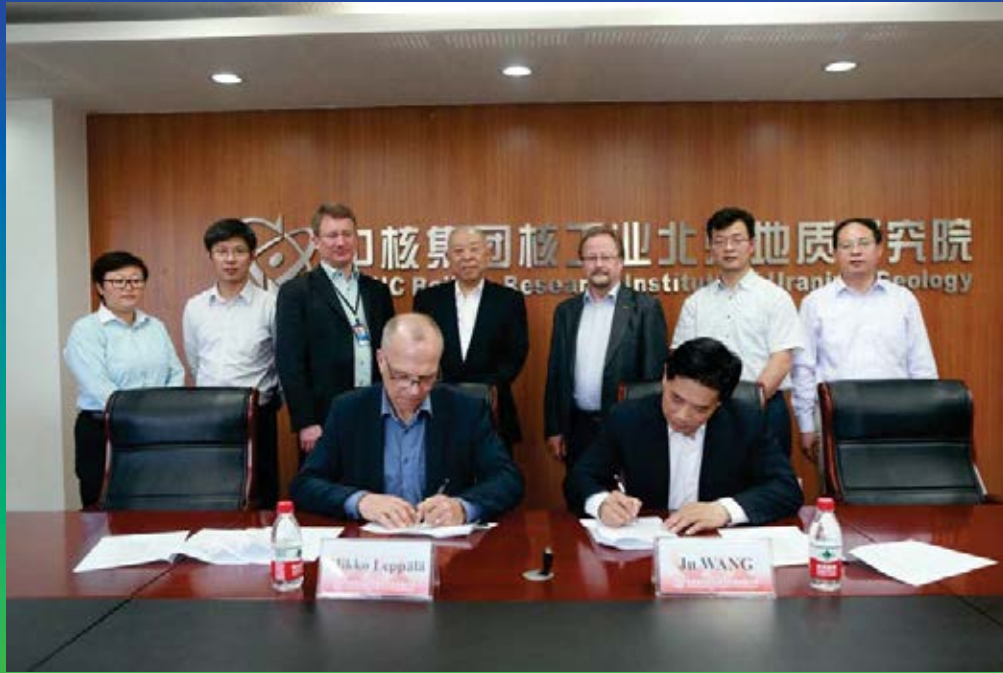
## 地下实验室建设过程中拟开展的现场试验——斜坡道与竖井试验布置



## 国际合作

- 在 IAEA-TC 项目的支持指导下开展研究、设计
- 与瑞典、芬兰、法国签署了合作备忘录
- 已经派人赴瑞典、芬兰培训
- 瑞典专家、芬兰专家将和我们一起工作





## 我院和核四院组团访问法国Meuse/Hante-Marne地下实验室





衷心感谢  
大力支持和指导



# Progress of the Czech Republic Deep Geological Repository Program

**SÚRAO – Radioactive Waste Repository Authority**

**Jiří Slovák**  
Managing Director

BRIUG – SÚRAO Workshop on Cooperation in the Field of Deep Geological Repository Development  
August 22, 2016, Dunhuang, China

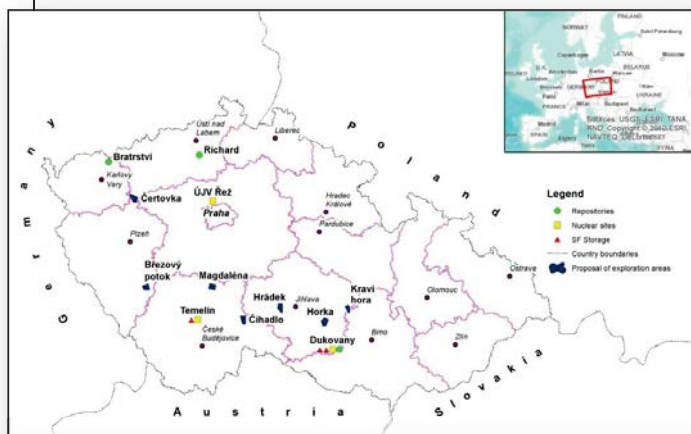
## Legislative Principles and Responsibility

**Act on the Peaceful Uses of Nuclear Energy and Ionizing Radiation**  
= Atomic act – 18/1997 Coll.

**The main principles:**

- **Radioactive Waste** – all wastes with a contamination (content) of radionuclides (natural or artificial nuclides) – except for those wastes occurring due to mining
- **The state guarantees** the safe disposal of all radioactive waste.
- **Producers** of radioactive waste **are required to bear all the costs** associated with its management from the time of origin to its disposal.
- In order to provide for activities associated with radioactive waste disposal, the Ministry of Industry and Trade set up the **Radioactive Waste Repository Authority (RAWRA)** as a state organization - established on 1st June 1997
- The NPP operator is responsible for NPP decommissioning and the processing of RAW prior to its final disposal
- **Nuclear account** - Ministry of Finance, Czech National Bank
- The import of radioactive waste to the Czech Republic is forbidden

# National Strategic Documents and latest Government Decisions



2002 – Government approved the **CR RAWM concept**

12/2014 – Government takes into account the **Update of the RAWM Concept (Policy)**

- final approval - SEA – public hearings expected in the first half of 2016

5 and 9/2015 – Minister of the Env. approved licences for the 1st stage of **geo. surveys for a DGR at 7 sites**

5/2015 – Government approval of the **Update of the National Energy Strategy**

- 4 new NPP units (Dukovany 2 + Temelin 2)
- **2025 start of new NPP construction**
- Commissioning between 2033 - 2037



## Responsibility Financial Aspects of RAW Disposal

### Nuclear Account = NO TAXPAYER system

More than 100 RAW producers in the CR

- The biggest - ČEZ a.s.
- Others – ÚJV Řež, UJP Zbraslav, hospitals, industry, ...

Responsibility of producers:

- To manage RAW only by means of a licence issued by SONS
- **To pay charges** for the disposal of RAW (today and also concerning the future DGR)

Nuclear account

- Operated by the Czech National Bank
- Managed by the Ministry of finance of the CR

Operator of  
NPPs

- 50 Kč (less than 2 €) per 1 electricity MWh produced by the NPP

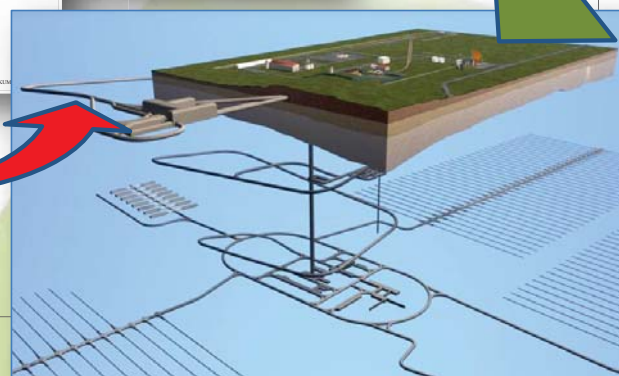
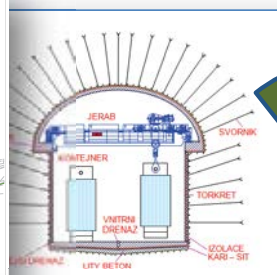
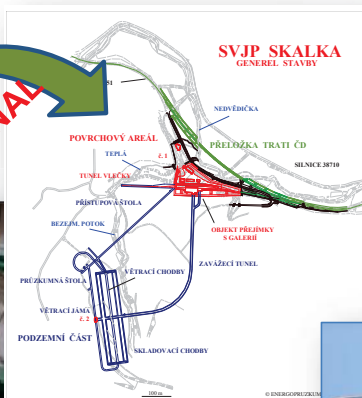
Others  
producers =  
per 1 / 200  
litre drum

- 30 906 Kč - for disposal
- 34 488 Kč – for storage and future disposal in the DGR

**Nuclear Account  
2015 = 24.4 bil. CZK = app. 900 mil. €**

# Spent Nuclear Fuel Management

NPP → Storage at NPP sites → Central Interim storage (optional) → DGR 2065



**Interim Storage of SNF**  
**CASTOR casks – transport and storage container**  
 440/84 assemblies,  
 1000/19 assemblies



## Geological Disposal of Spent Nuclear Fuel in the Czech Republic

Reference Design of CZ DGR 2011

The basic fuel back end concept

- **Direct disposal of SNF in steel based canisters in a crystalline host rock**
- Surface facility – SNF / HLW reception
- Encapsulation facility – in the underground near the Surface facility
- Disposal level – Supercontainer facility
- Disposal of HLW in separate part

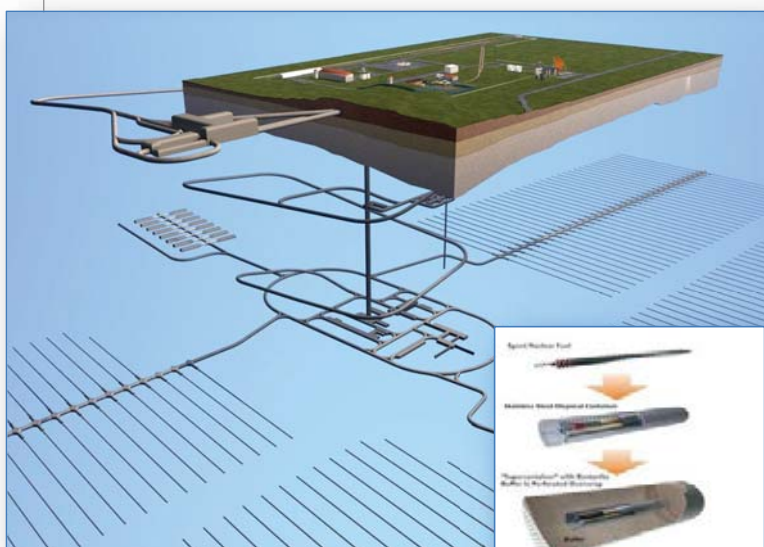
Site selection and evaluation

- Final site selection till 2025
- Final site approval 2030 – 2045 – in on site URL

Construction 2050 - 2065

Operation 2065 – 2140

- Progressive construction along SNF emplacement





## Direct SNF disposal in a DGR

- **2020** – Two suitable sites = **Two candidate sites**
- **2025** – **Selection of final site** (and alternate)
- 2030 – Construction of URL
- **2065** – **DGR Commissioning**

Responsible solution

Till 2050 - time to reach Responsible Decision



## Two decades (since 1992) of DGR siting in the CzR

	What happened, what has been done
1992 – 2002	• Project development, screening of CzR, reference design of DGR, generic studies
2003	• <b>Decision on 6 sites, starting GeoBariera project – only airborne geological survey</b>
2003 – 2005	• Strong local public opposition at all sites
2005	• <b>Government reaction - stop all geological work for „... to find local public acceptance...“</b>
2008	• Focus on military (and others) areas, Military area Boletice site as back site
2010	• New additional site – Kraví hora – near U-mining • <b>New strategy for selection of 4 sites based on VOLUNTARY participation of local municipalities</b> • <b>Establishing of Working Group for Dialogue about DGR in the CzR</b>
2012	• New strategy (2010) showed up be unworkable option, <b>responsibility is not possible to give to municipalities – responsibility is role of the state</b>
2013	• <b>Modification of the site selection strategy ..... (7) → (4) → (2) → (1)</b> • <b>3 stages of the investigation, first stage to narrow down number of sites as well as affected municipalities by only surface geological survey</b>

# Current DGR Site Selection Strategy

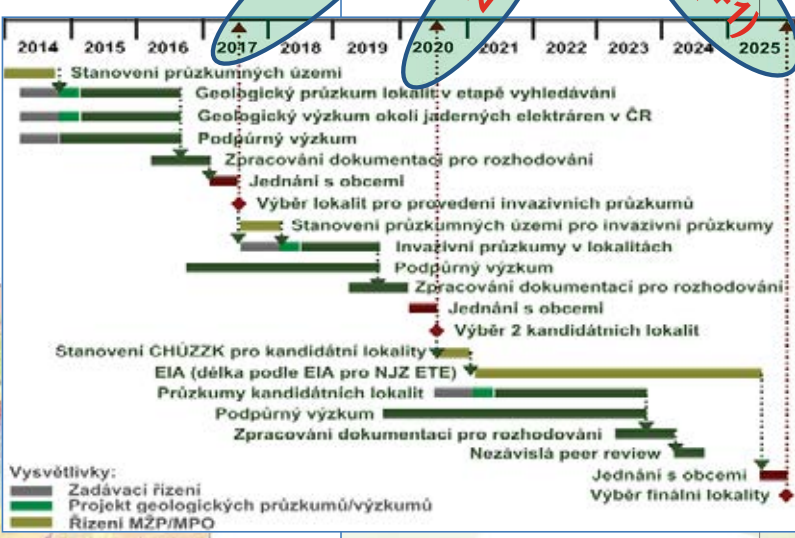
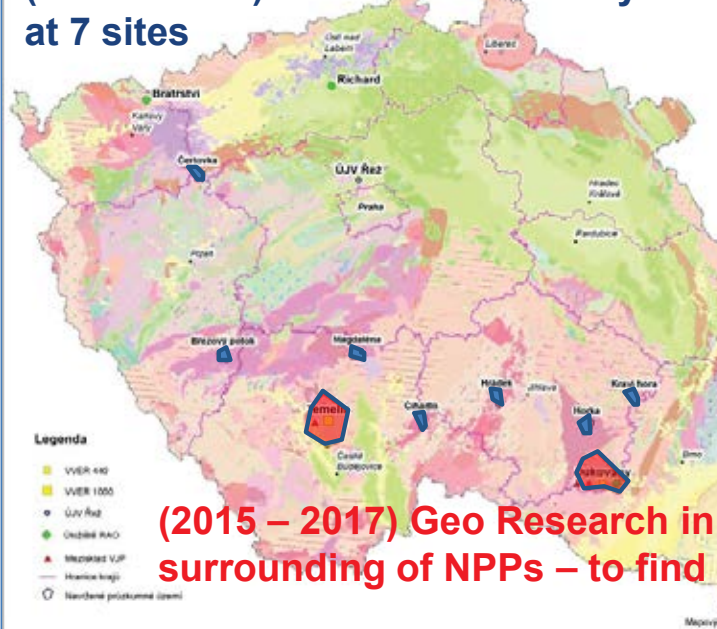


SÚRAO

RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY AUTHORITY



(2015 – 2017) Surface Geo survey at 7 sites



(2015 – 2017) Geo Research in the surrounding of NPPs – to find (2) new sites

## Stages and Activities of DGR Siting



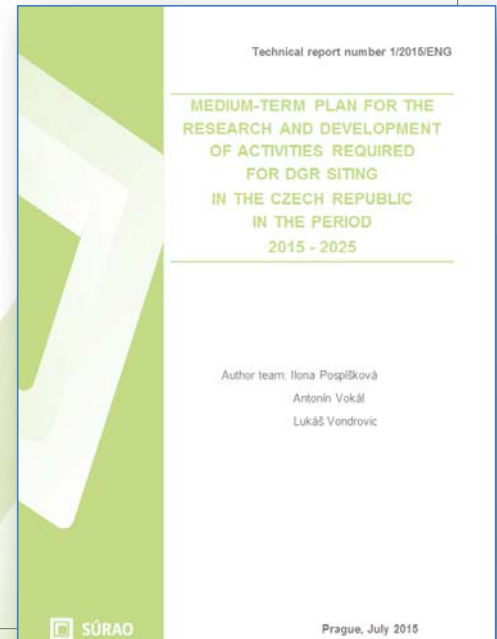
SÚRAO

RADIOACTIVE WASTE REPOSITORY AUTHORITY

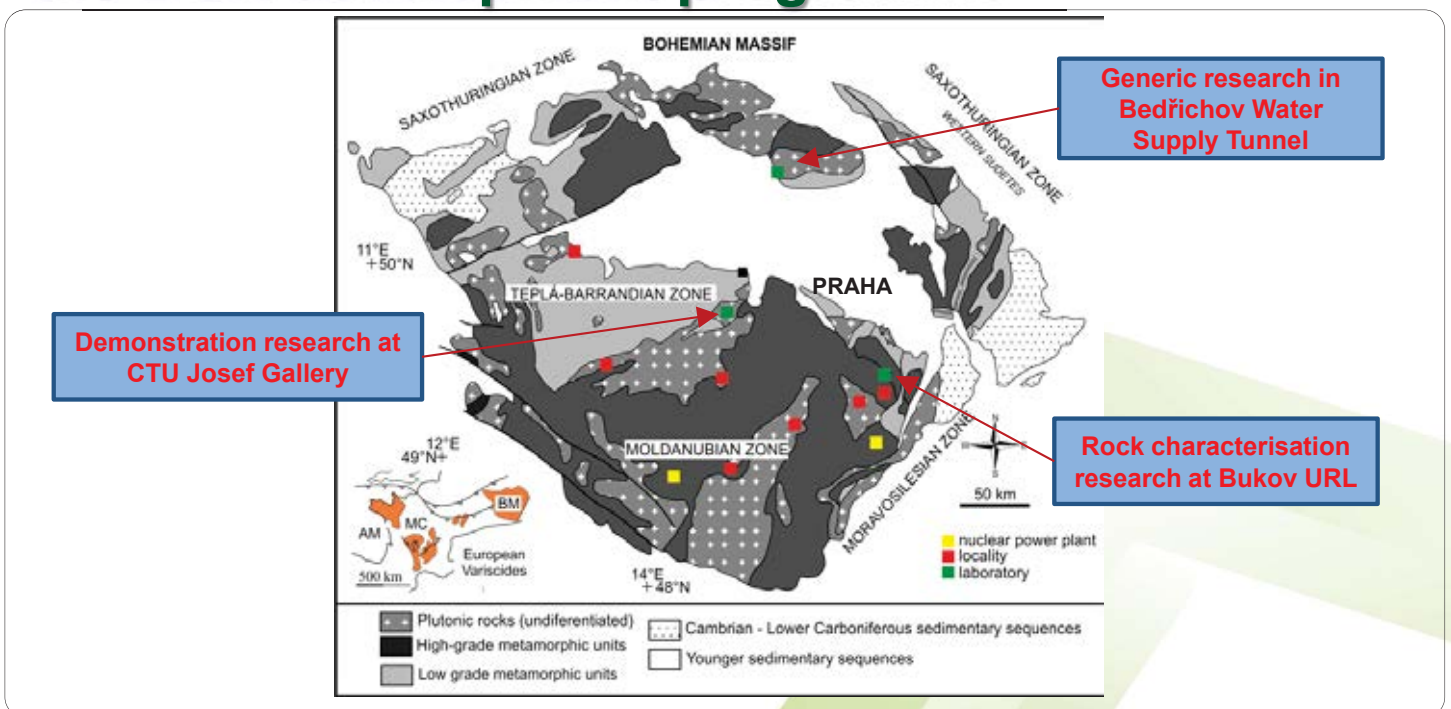
STAGE	ACTIVITIES / DECISION MAKING DOCUMENTS	No. OF SITES	SCHEDULE
<p><b>Areas Reduction + Tentative sites selection</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surface geological investigation</li> <li>Boundary of host rock massive determination</li> <li>Estimation of faults and fracture zones with deep water circulation</li> <li><b>Prefeasibility studies</b> updating</li> <li><b>Safety cases</b> - used only generic data</li> <li><b>Public opinion poll</b> – on site and regional studies</li> </ul>	<p><b>7</b> preselected sites</p>	2013 - 2016
<p><b>Two Candidate sites selection</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Geological investigation using drilling</li> <li>Boundary of host rock massive in the depth</li> <li>Preliminary host rock characterisation</li> <li><b>Site specific feasibility studies</b></li> <li><b>Preliminary site specific safety cases</b></li> <li><b>Local municipalities statements</b></li> </ul>	<p><b>4</b> potential sites</p>	2017 - 2020
<p><b>Final site selection</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Detail geological investigation (borehole drilling)</li> <li>Detail host rock characterisation</li> <li><b>DGR's Site specific design</b></li> <li><b>EIA studies</b></li> <li><b>Site specific Safety cases</b></li> <li><b>Local municipalities statement</b></li> </ul>	<p><b>2</b> candidate sites</p>	2020 - 2025

# Main Objectives of the RD&D Programme in the period 2015 - 2025

- To support the siting programme for the selection of the most suitable candidate sites for DGR siting
- To adapt a DGR design suitable for candidate sites
- To support the Safety Case of the disposal concept and its adaptation at the selected sites
- To support environmental impact assessments
- To facilitate the communication of the results to stakeholders and increase DGR acceptability



# The role of URL research in the DGR development programme





## Ongoing R&D activities

### National level – Experimental projects

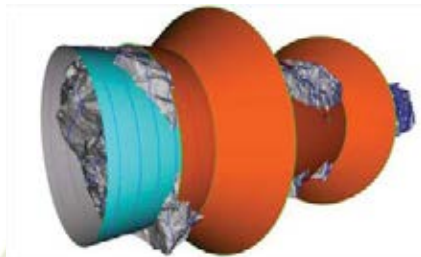
- Laboratories (CTU, UJV, CVR)
  - ✓ Material corrosion tests
  - ✓ Bentonite behaviour
- Bedřichov Water Supply Tunnel
  - ✓ supporting methodologies (structural, hydrogeological mapping,..)
  - ✓ development of the monitoring system (seismic, geophysical measurements)
  - ✓ support for mathematical modelling
- URC Josef (Josef Gallery)
  - ✓ in situ experiments:
    - ✓ thermal load
    - ✓ bentonite changes
    - ✓ plug and seal experiments
- URF Bukov
  - ✓ methodology (mining operation, characterization)
  - ✓ experimental program



## Ongoing R&D activities

### Joint research activities at the bilateral or international level

- IAEA
  - ✓ URF network
- NEA-OECD
  - ✓ Member of RWMC , IGSC groups
  - ✓ RepMet, TBD, RK&M projects
- IGD-TP (Implementing Geological Disposal – Technology Platform)
  - ✓ DOPAS, CAST, PETRUS III, JOPRAD, MODERN 2020, CEBAMA, BELBAR
- Bilateral (Nagra - Grimsel)
  - ✓ LTD, LASMO, MaCoTe, FEBEX-DP
- DECOVALEX 2015, EBS Task Force (SKB)

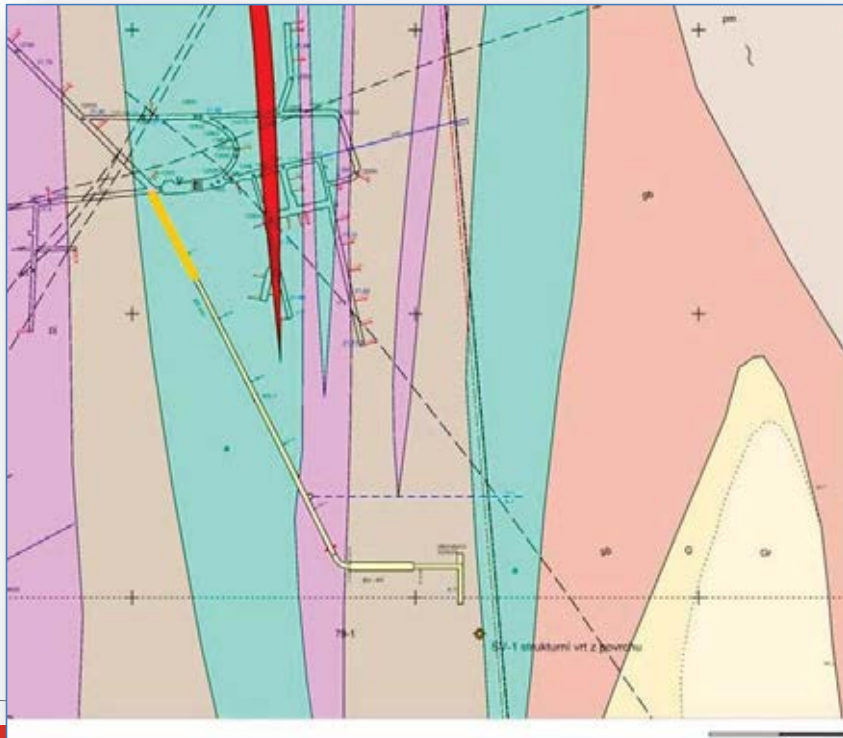


# Bukov Underground Research Facility



SÚRAO

RADIOACTIVE  
WASTE REPOSITORY  
AUTHORITY



**Location** in the separate part of U-mine in the crystalline rocks, close to site Kravi hora

## Construction

- Depth – 550 m below surface
- Construction – 8/2013 – 6/2016
  - 1st research project parallel with construction – **Pilot Rock Characterisation / Site Descriptive Model**
- Operation until 2025...?? – till final DGR site selection)

## Geology

- Crystalline rocks – gneisses, migmatites with lenses of amphibolites
- NNW-SSE and NE-SW trending fractures and fault zones

## Bukov URF

### Phase I: Construction (2013-2015)

#### Design - 2 facilities:

1. **20 m technological niche in two profiles**
  - 0-10 m: 9,2 m<sup>2</sup>
  - 10-20 m: 14,5 m<sup>2</sup>
  - Testing different drill and blasting methods
2. **90 m laboratory tunnel**
  - (E-W trending)
  - 4 experimental niches
  - „smooth blasting“

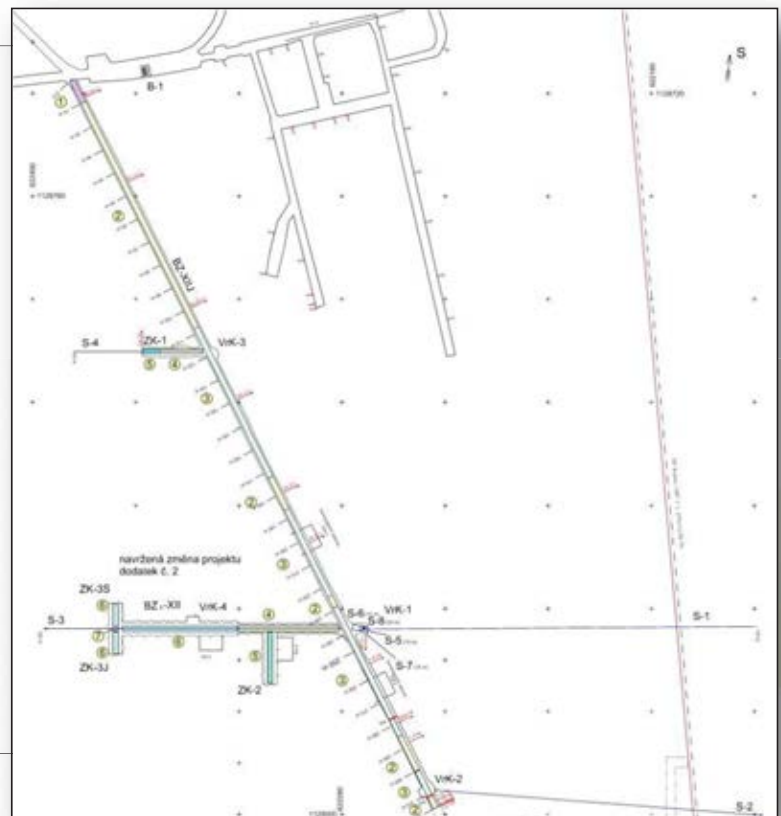
### Phase II: Experiments (2016-2020)

- In progress

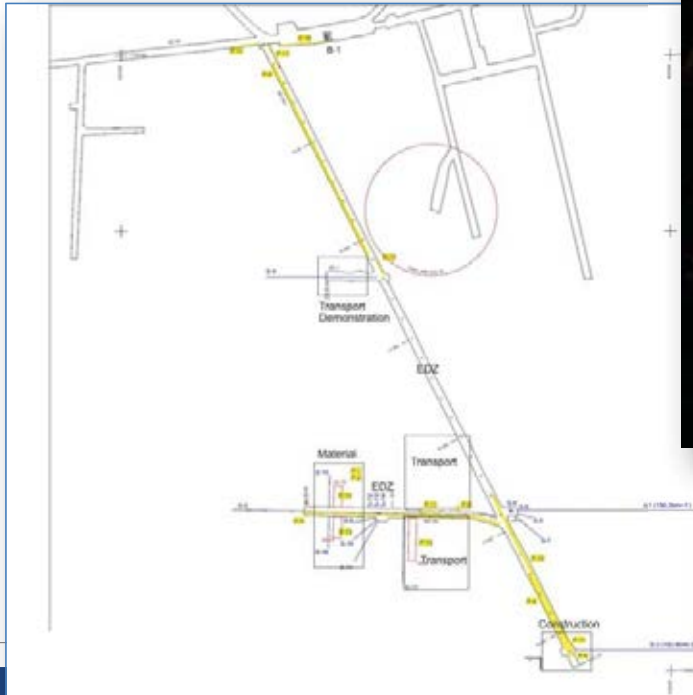


SÚRAO

RADIOACTIVE  
WASTE REPOSITORY  
AUTHORITY



- Experiment location



## URF Bukov - Development of RD plan

### 7 areas of underground research:

- Characterization - performed
- Monitoring
- Transport
- Materials behaviour
- EDZ development
- Construction techniques
- Demonstration of repository



# International Information Exchange and Cooperation in RAWM

## An important assumption for successful and credible site selection

### General level – exchange of information

- ✓ Club of Agencies
- ✓ Regular Bilateral Meetings with Germany and Austria – nuclear safety and RAWM

### Cooperative level

- ✓ MoU - ANDRA
- ✓ Cooperation Agreement NAGRA, Posiva, GRS
- ✓ IGD TP membership

### Technical level

- ✓ SKB – technical support of new CR Reference design 2011
- ✓ Participation in international projects
  - ✓ IGD TP / DOPAS, CEBAMA, Modern, Cast, Petrus II, JOPRAD
  - ✓ Nagra / GTS – LTD, MaCoTe, Lasmo, FEBEX DP
  - ✓ Decovalex 2011, 2015, EBS Task Force
  - ✓ NEA/OECD – FSC, IAEA – URF network,

# Working group for Dialogue on a DGR = Public Involving Strategy

## Institutionalization of WG for Dialogue:

**2010 – establishment of WG for Dialogue on a DGR – advisory group**

**2015 - New WG for Dialogue - a regular part of the Government Energy and Raw Materials Strategy Committee**

- **5** delegates of ministries and state organisations – MTI (3), MEnv. (1), SONS (1)
- 2 delegates from concerned local municipalities – in total **14**
- 1 delegate from local NGO – in total **7**
- **2** delegates from CR NGOs
- **2** delegates from both chambers of Parliament
- **1** representative from SÚRAO
- **1** lawyer - delegate nominated by municipalities
- **1** expert nominated from the Sociological Institute of the CR Academy of Sciences
- **1** scientific expert nominated by municipalities

**New WG for Dialogue  
34 delegates**

# Successful Site Selection – how to do it?

**Guarantees and Motivation** – main issues for WG for Dialogue meetings

**GUARANTEE = clear decision-making process** (supported by legislation)

- Who will decide? (before commencing standard application)
  - At present SÚRAO only decides and the Government approves SÚRAO's plans
- How will the issue be decided?
  - Clear site selection criteria - SURAO has issued the Site Selection Criteria for the First stage of the process
- Clear role of municipalities concerned
  - Currently municipalities participate in the standard procedure and can set up conditions only
  - Future – local Public control and information committee

## MOTIVATION / ADDED VALUE

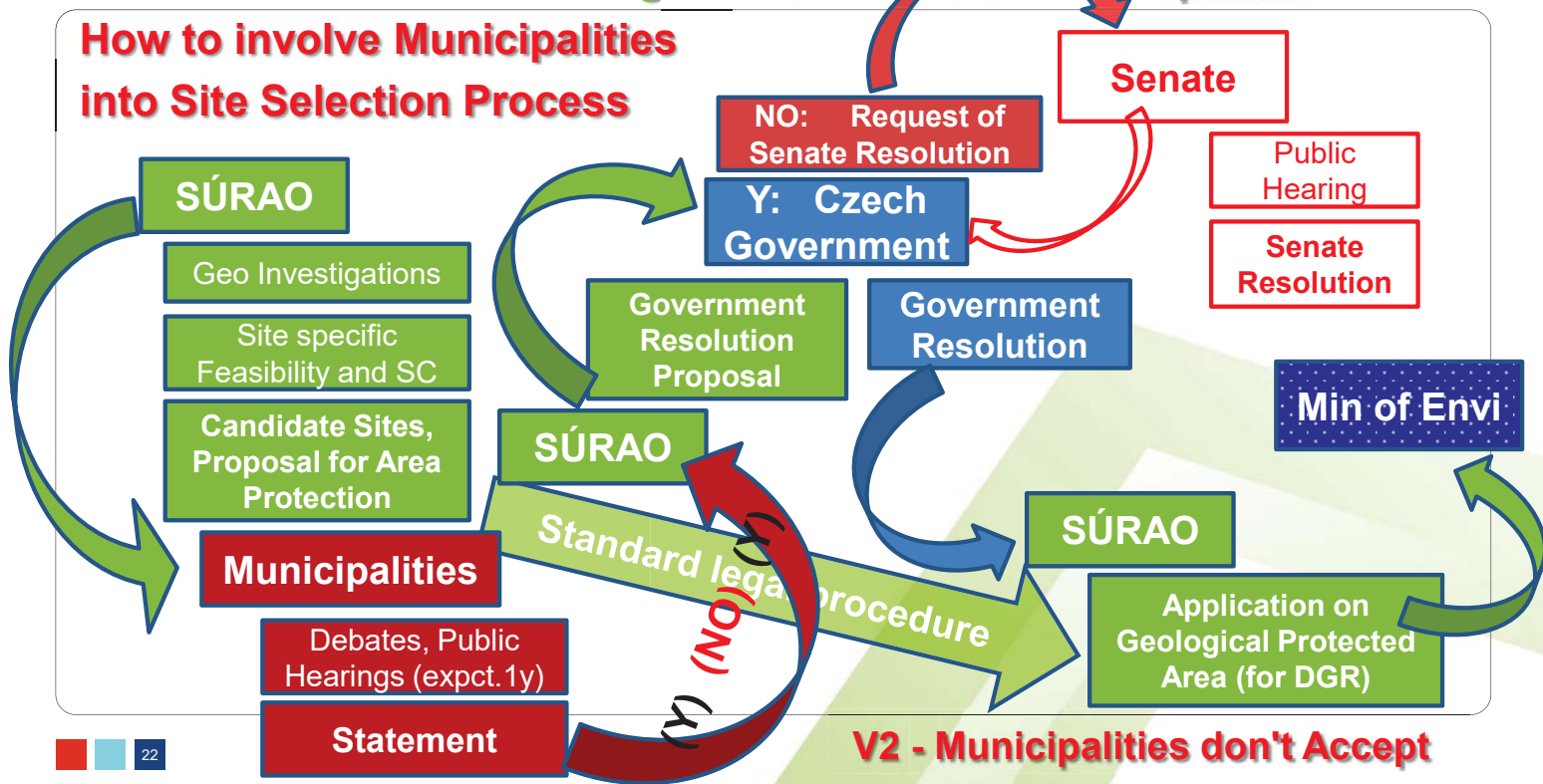
- Direct payment into municipality budgets
- Support for local development – local development projects
- Support for regional development – microregional development projects



## Candidate and Final Site Decision Making Process

Discussion at the WG Dialogue - new DGR act – **lex Specialis**:

### How to involve Municipalities into Site Selection Process



# Conclusions

## Current progress in RAWM

- ✓ SÚRAO is implementing the national strategy for RAW disposal
- ✓ SÚRAO is fulfilling its responsibility to prepare a DGR for the future disposal of SNF / HLW; progress in the DGR siting process is evident
- ✓ Transparency and informing the public forms an integral part of SÚRAO's everyday work

## Future Challenges

- ✓ Successful Site selection of two candidate and final site till 2025
- ✓ Disposal concept fitted site specific conditions and fully meets safety requirements
- ✓ Involving URF Bukov into international cooperation to increase SÚRAO capability for successful implementing of DGR development
- ✓ Specific Act on how the public will be involved in the decision-making process to select two candidate sites and one final site for the future DGR
- ✓ Fair and balanced added value for participating municipalities in the DGR decision-making process



**Thank you for your attention**  
[slovak@surao.cz](mailto:slovak@surao.cz)





# 高放废物地质处置场选址要素 与北山候选厂址

环境保护部核与辐射安全中心

常向东

2016年8月

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



## 主要内容

- 一、高放废物处置场选址程序
- 二、高放废物处置场选址要素
- 三、北山候选厂址适宜性评价
- 四、对处置场选址工作的建议

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



## 一、高放废物处置场选址程序

- 1、选址是贯彻纵深防御核安全理念的首个环节
- 2、高放废物处置场选址与核电选址程序的一致性
- 3、选址程序与监管程序



### 1、选址是贯彻纵深防御核安全理念的首个环节

#### (1) 高放废物处置库场址的安全要求与特性：

超长的寿期

稳定的隔离

#### (2) 与其他核设施相比高放废物处置库选址更加重要：

核电选址是利益和安全的平衡，而高放废物处置库选址重在安全；

核电安全重在设施的设计，高放废物处置库更多依赖场址固有安全，而且这种安全要持久和稳定。



## 2、高放废物处置场选址与核电选址程序的一致性

### (1) 核电厂选址程序:

厂址查勘阶段—通过比选提出候选厂址和推荐厂址

厂址评价阶段—评价并确认推荐厂址

运行前的阶段—完善与厂址相关的设计

### (2) 处置场选址程序:

规划选址阶段—提出预选区和可能的预选地段

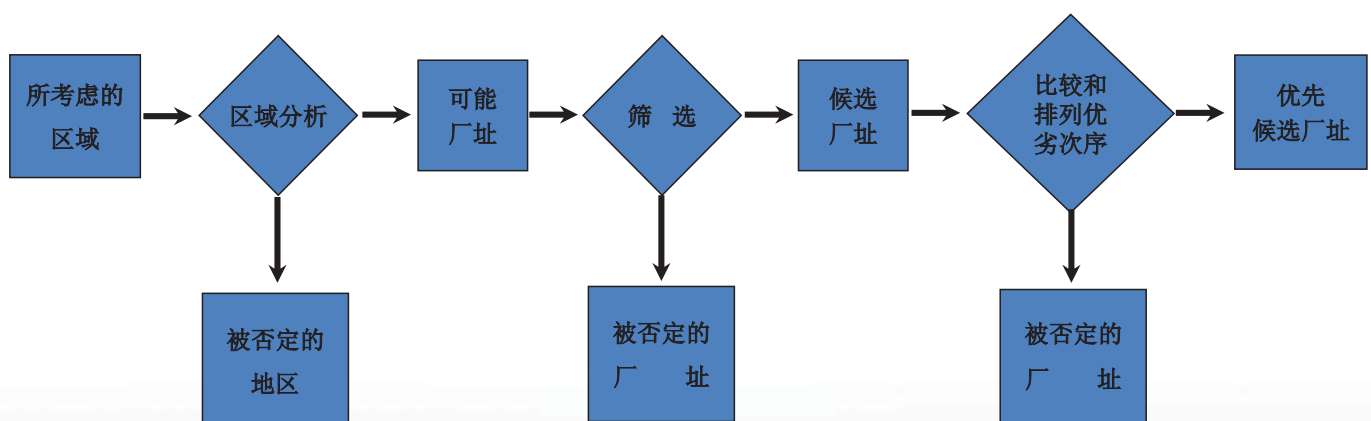
区域调查阶段—提出预选区内的候选场址

场址评价阶段—比较候选场址提出推荐厂址

场址确认阶段—确认场址的适宜性和相关的设计



## 核电厂选址程序







## 3、选址程序与管理程序

初可阶段（厂址查勘阶段） （比选厂址）	项目建议书（？）
可行性研究阶段（厂址评价阶段） （确认厂址） （？）	— 厂址安全分析报告审评 核电厂厂址选择审查意见书 — 环境影响评价报告审评 环境影响评价报告书
初步设计阶段（厂址评价阶段）	— PSAR审评 核电厂建造许可证
运行前期阶段（核电厂建造阶段）	— FSAR审评 核电厂装料及运行许可证



## 二、高放废物处置场选址要素

### 1、地质条件：

应具备良好的地质隔离、稳定和足够大的地质体；

### 2、未来自然变化（构造与地震活动）：

地质构造运动稳定、断裂构造不活动不发育、地震活动弱；

### 3、水文地质：

地下水位埋深大、流速低、流程长，能限制放射性核素迁移；

### 4、地球化学：

有利于限制放射性核素释放（阻滞、吸附能力强）；

### 5、人类活动：

人类活动不能影响处置系统隔离能力的地区；



## 二、高放废物处置场选址要素

### 6、建造和工程条件：

岩体的地质、水文、力学等特性有利于建造和工程施工；

### 7、废物运输：

便于废物运输，对环境和公众影响小；

### 8、环境保护：

技术、经济、社会影响尽量小，有利于环保；

### 9、土地利用

尽量选在土地利用价值低的场址！

### 10、社会经济和人文条件

远离经济发达地区、远离人口密集区、公众和社会可接受！



## 核电厂选址要求

### (1) 核安全：

防御极端外部事件，包括地震、地质、水文、气象以及可能的外部人为事件（911后扩展到大型飞机恶意撞击）；

### (2) 环境影响（辐射安全）：

与环境相容，包括社会环境和自然环境

### (3) 应急可行：

纵深防御，特别是人口分布

### (4) 公众接受度与社会稳定风险：



## 高放废物处置场选址要素与核电厂的主要区别

- 1、外部事件的影响因素和影响方式不同（地质与地震）
- 2、对环境的影响方式不同（水文地质）
- 3、高放废物处置场址无应急问题但要求更加严格
- 4、公众接受度的问题更加复杂！



## 三、北山候选厂址适宜性评价

- 1、选址程序的适宜性
- 2、北山候选厂址的适宜性





# 1、选址程序的适宜性

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



## 北山项目研究

- 筛选出处置库预选场址
- 筛选出地下实验室场址
- 建立场址评价方法
- 为我国高放废物处置库筛选奠定基础
- 如果场址合适，经国家有关部门批准后，建设地下实验室、处置库

## 研究概况

- 1989 年开始在北山工作：调研性质
- 2000 年开始施工钻孔：系统性的评价
- 在国防科工委的支持下开展工作
- 属于研究开发性质
- 有一支与国际接轨、按国际标准开展工作的研究队伍开展工作
- 大量的国际国内合作：200 多位国外专家考察过北山

## 国家国防科工局支持的 6 期项目

北山 1 期：1999-2000

北山 2 期：2002-2003

北山 3 期：2005-2007

北山 4 期：2007-2010

北山 5 期：2011-2013

北山 6 期：2014-2016

## IAEA技术合作项目

- 1999-2001年：第1期
- 2003-2005年：第2期
- 2007-2011年：第3期
- 2009-2011年：第4期
- 2014-2016年：第5期

## 正在北山开展的工作

- 实验室安全技术研究：施工北山坑探设施
- 开展地下实验室选址：施工4个钻孔
- 开展处置库选址工作：施工2个钻孔
- 地球物理测量：电法、电磁法





# 我国高放废物地质处置三部曲目标

1985

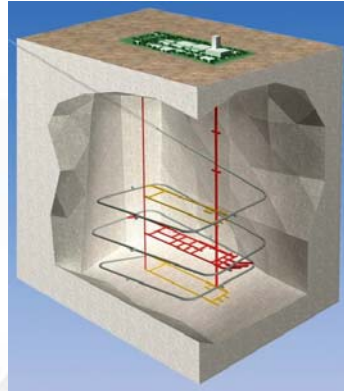
2020

2050

选址

地下实验室

处置库



## 1、选址程序的适宜性



- (1) 处置库选址过程符合选址程序要求
- (2) 目前选址阶段定位 ( ? )
- (3) 实际的选址调查评价与管理程序不协调 ( ? )
- (4) 尽快落实厂址促进协调建设

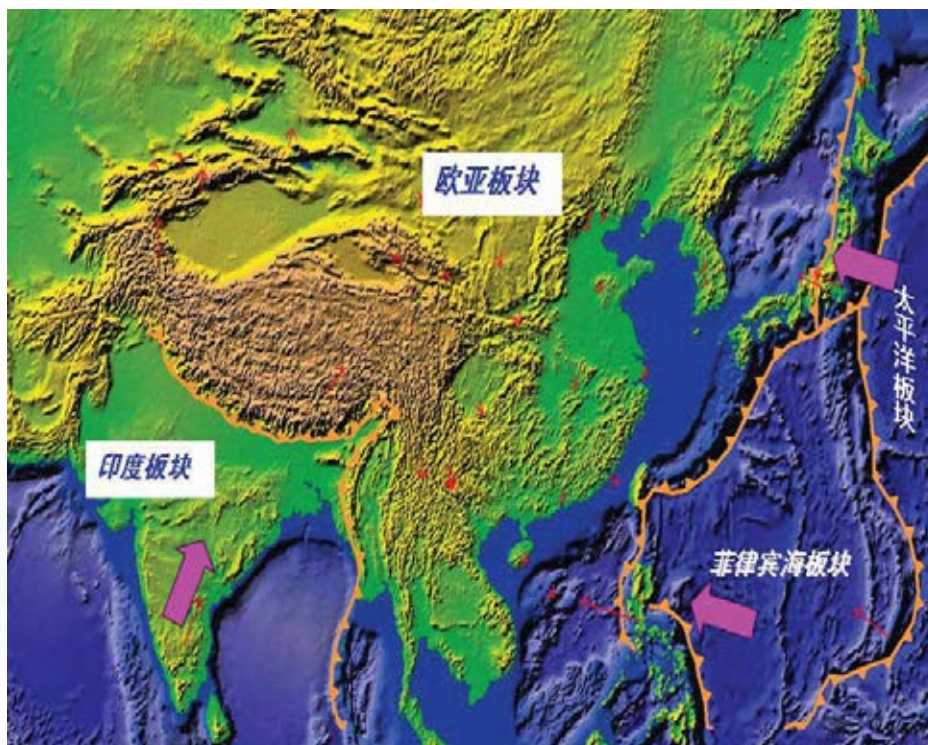


## 2、北山候选厂址的适宜性

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



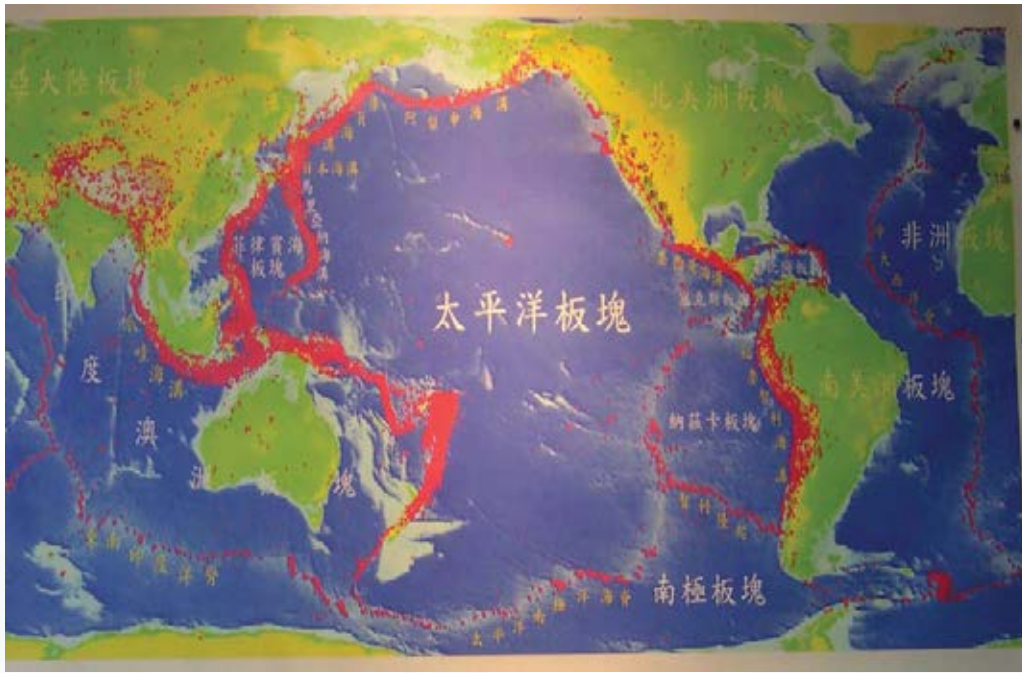
## 中国周边的板块分布以及宽缓的陆架







# 环太平洋地震带分布图

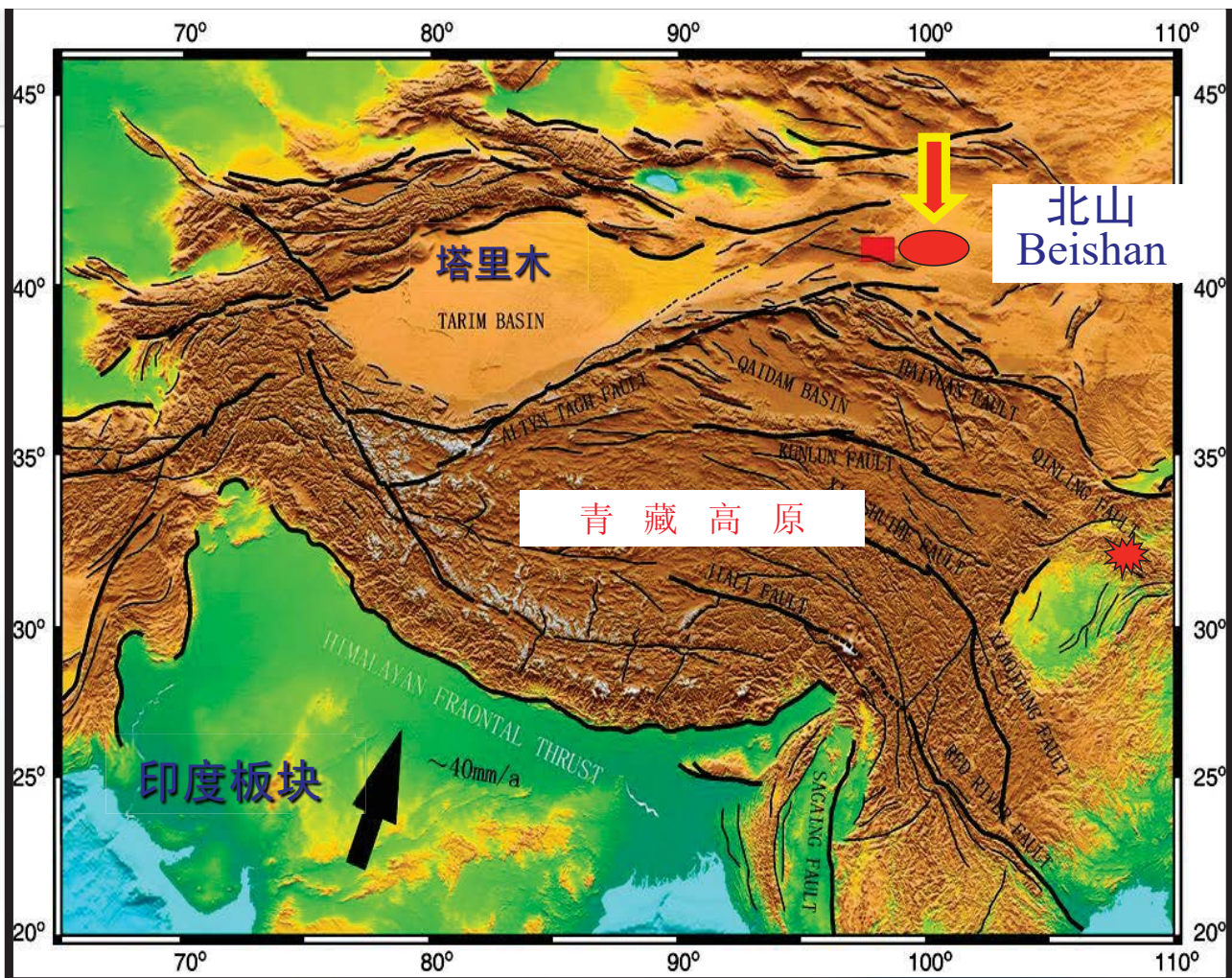


2016-9-6

核与辐射安全中心PPT(请键入标题)

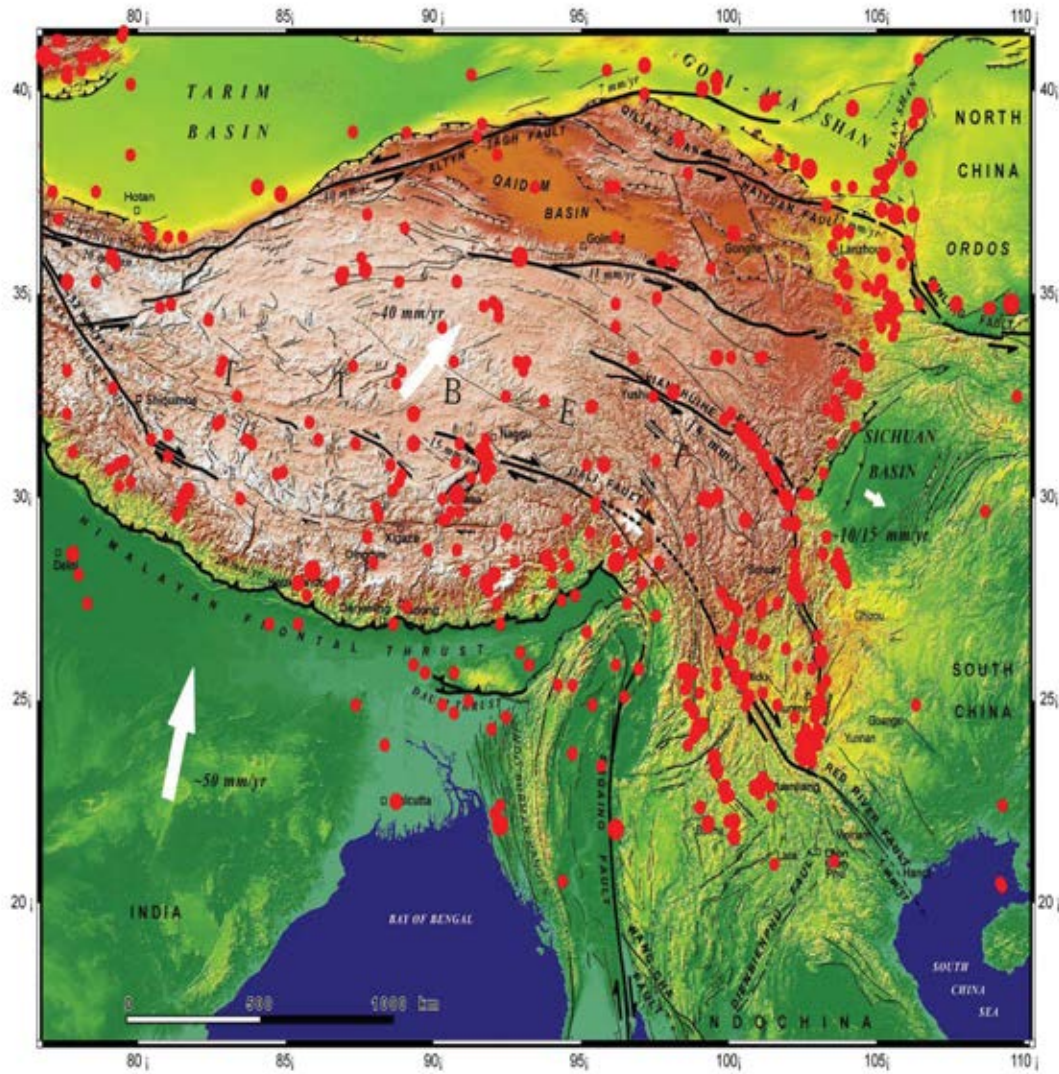
WEBSITE <http://www.china-nsc.cn/>

31

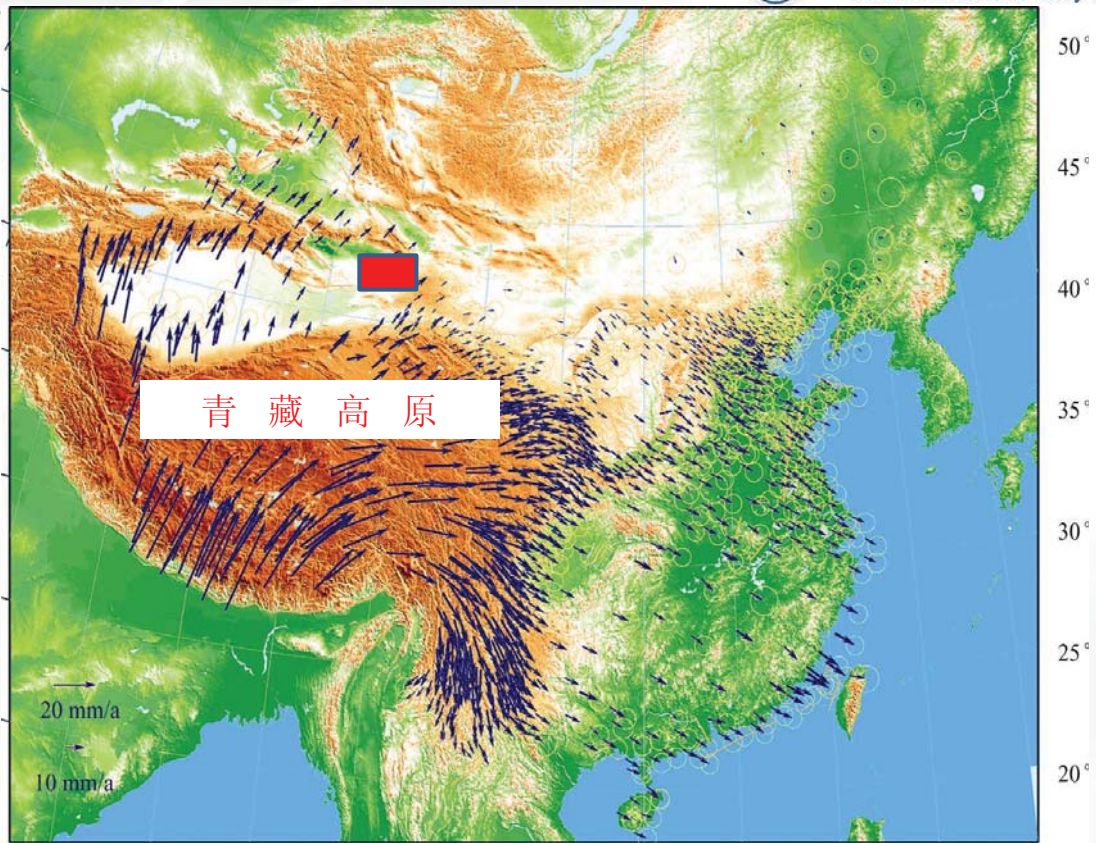


北山区域地形图 Location of Beishan





## 甘肃北山预选区区域稳定性问题——GPS水平速度



### 甘肃北山预选区及周围地区GPS水平运动速度分布图



北山预选区

旧井  
Jiujin

新场  
xingchang

312国道

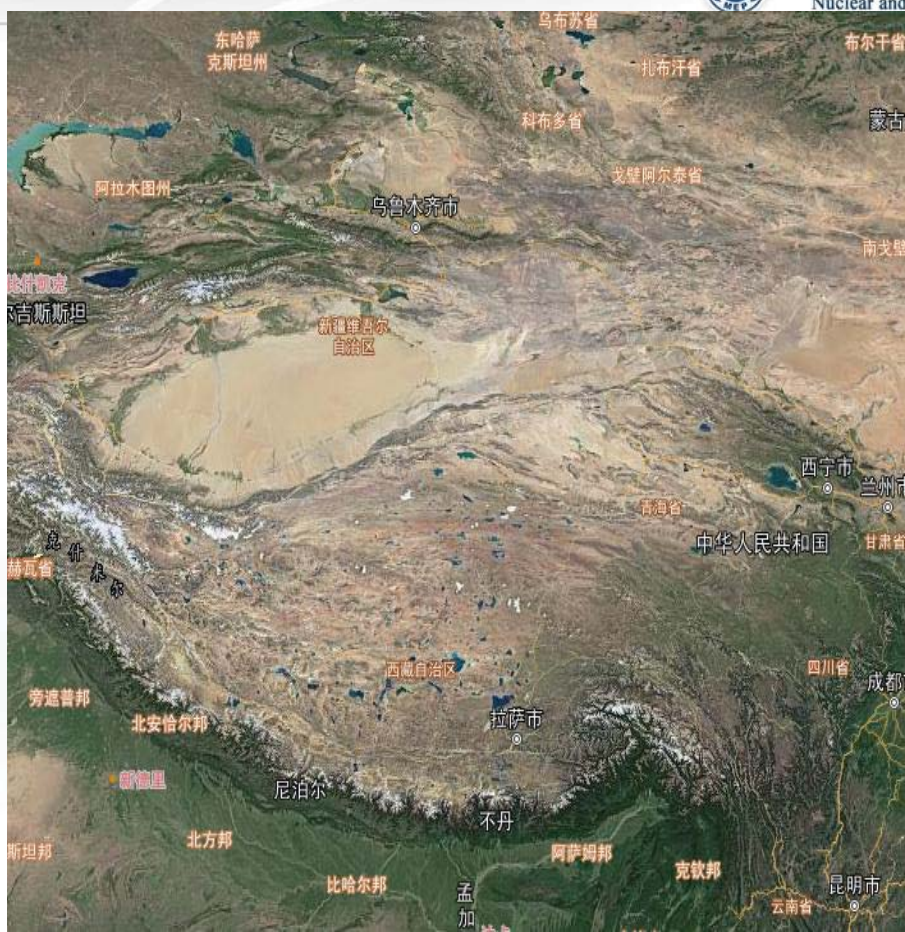
安西 Anxi

Yumen 玉门市

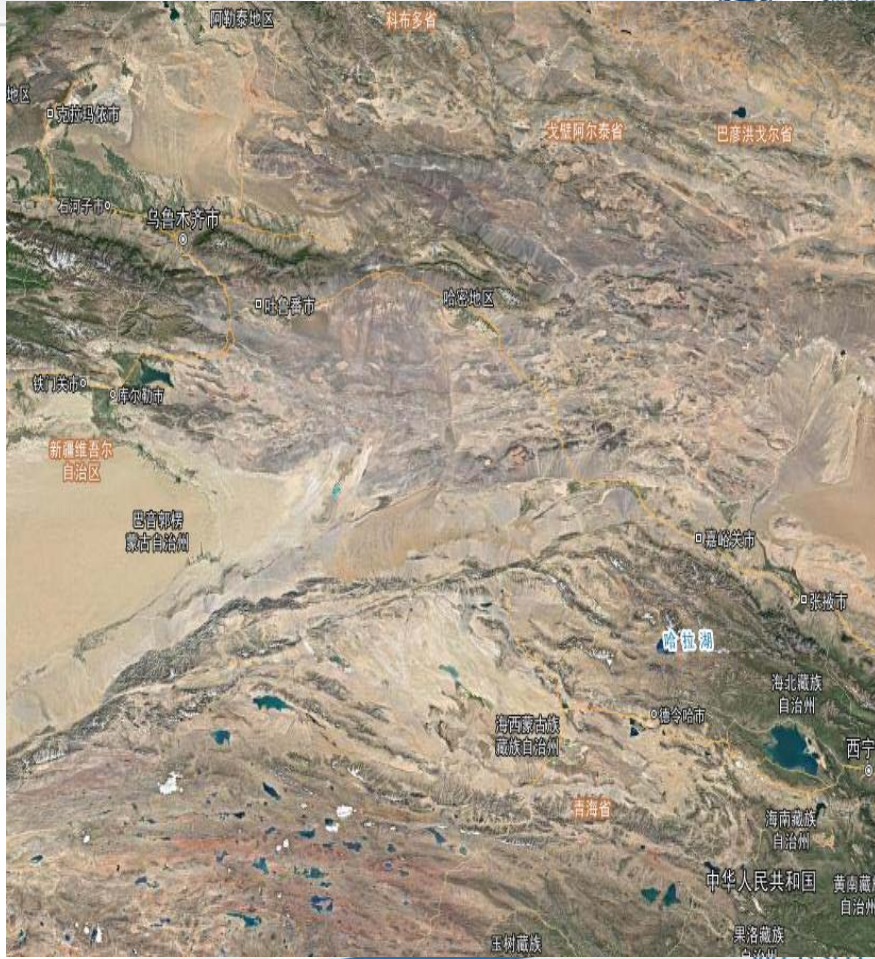
Changma 昌马冲积扇

Jiayuguan  
Pass 嘉峪关

北山预选区的位置









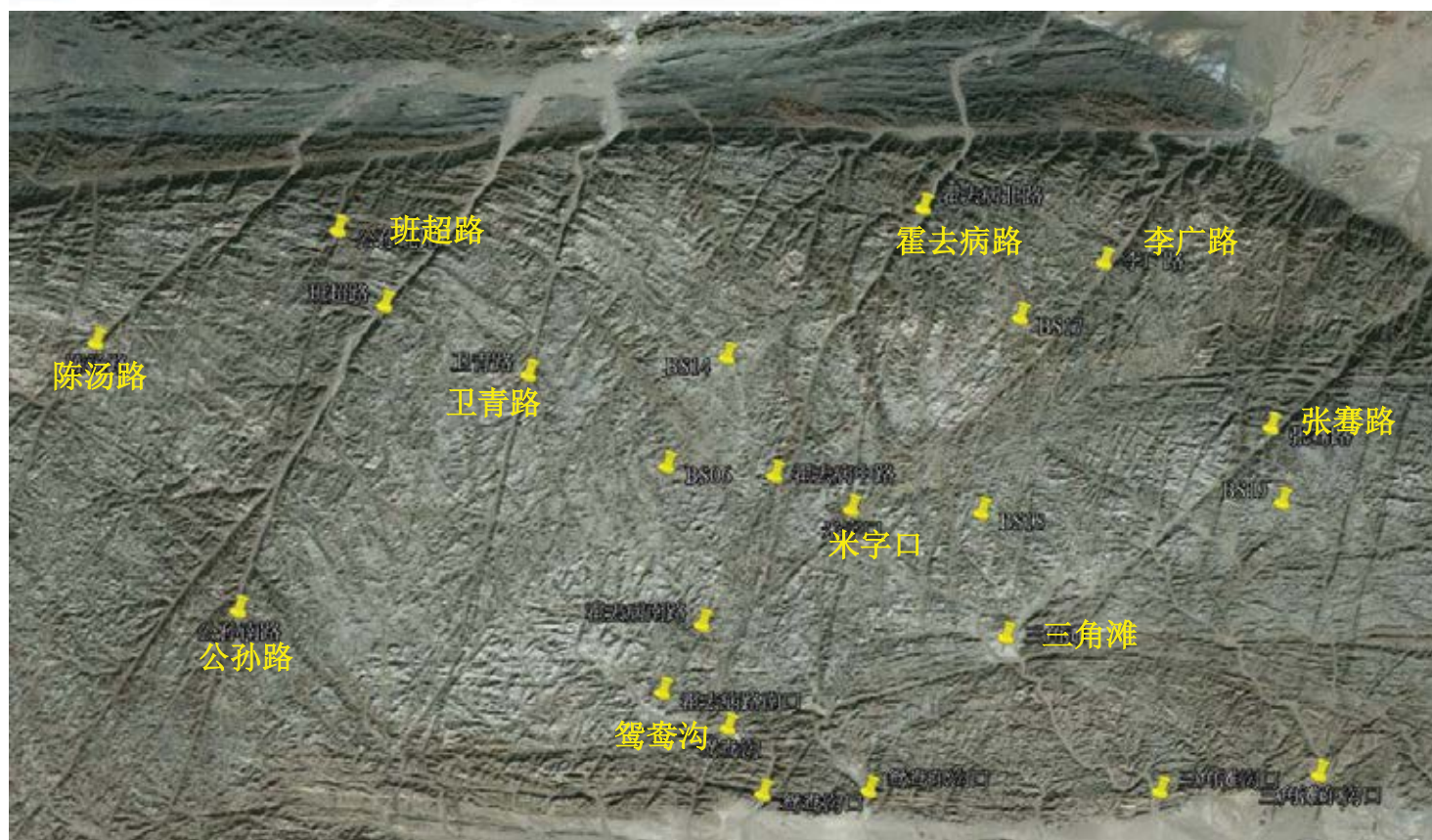






WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>

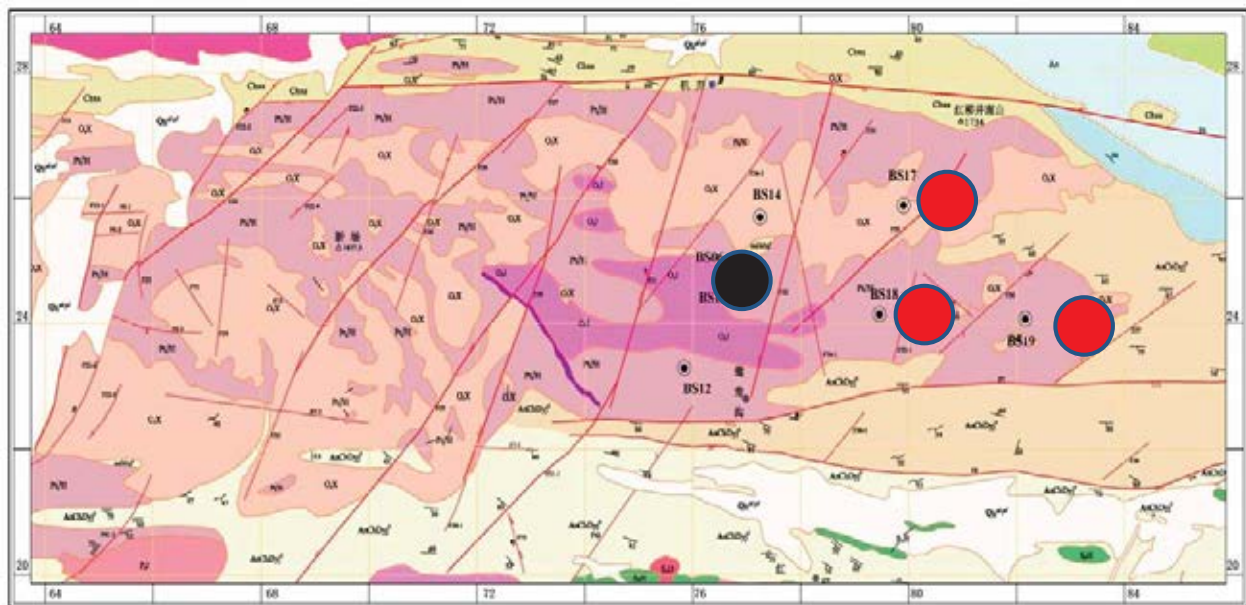
## 新场岩体的地名---以汉朝大将命名







## 钻探工程施工



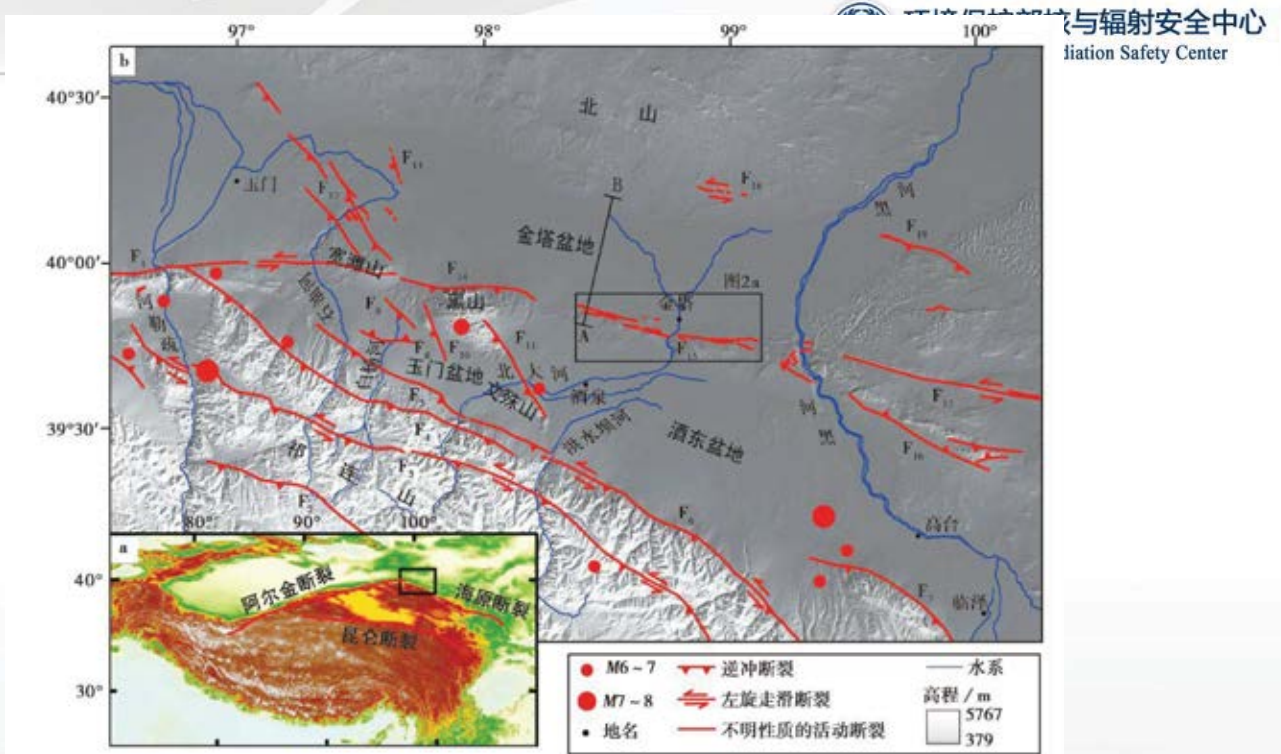
图例

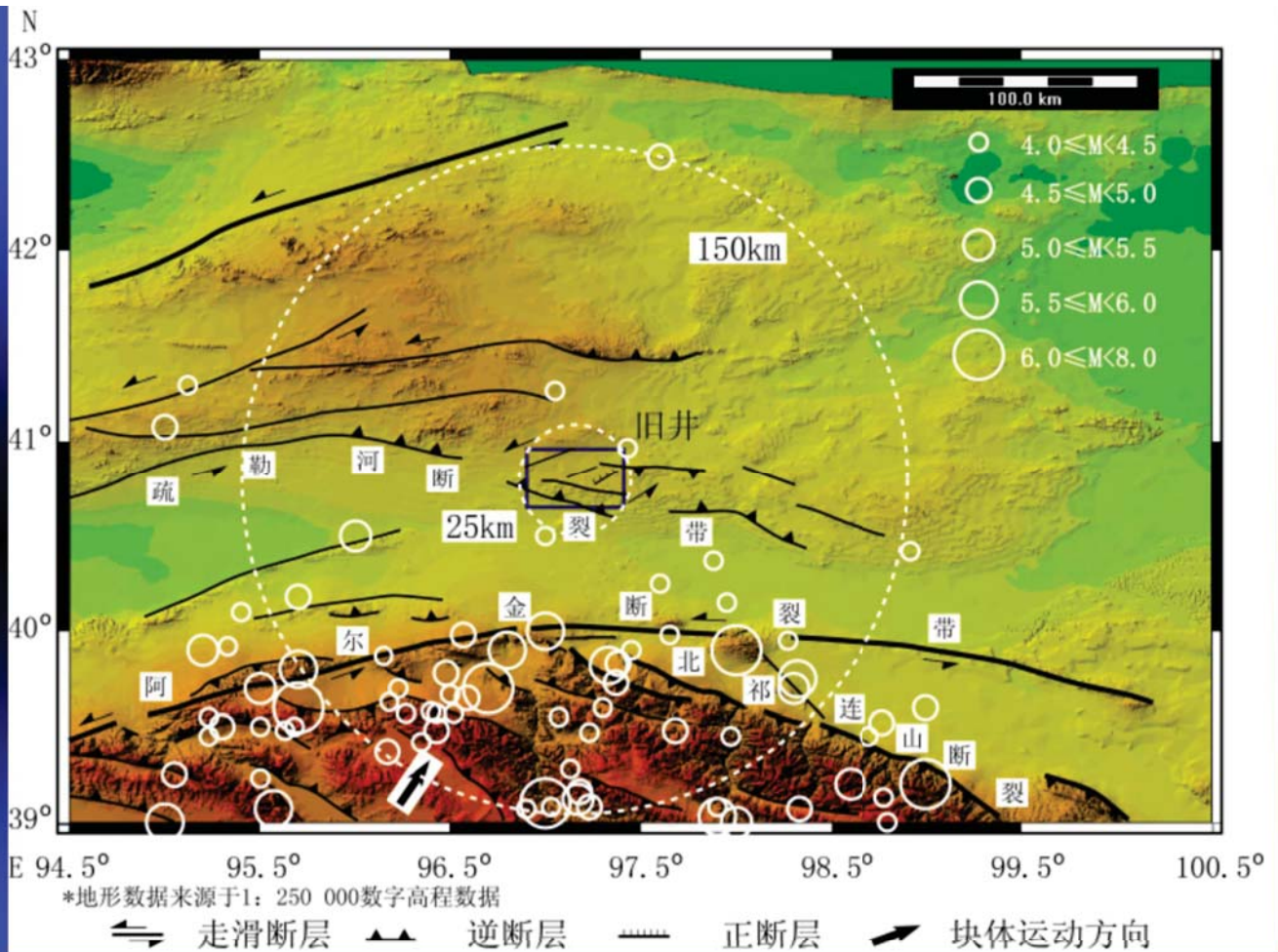
Qh <sup>pl</sup> 冲积—洪积砂土、砾石	J <sub>2</sub> <sup>s</sup> 砾岩、长石砂岩、含砾粉砂质泥岩	J <sub>2</sub> <sup>sh</sup> 砾岩、砂岩、粉砂岩、煤层	Chxx 变质中基性火山岩	A <sub>1</sub> Ch <sub>2</sub> 石英岩段	A <sub>1</sub> Ch <sub>1</sub> 千枚状片岩段	P <sub>2</sub> J 夏茂槽单元	S <sub>2</sub> D 地质井西单元
S <sub>2</sub> H 红柱滩单元	O <sub>2</sub> X 新场单元	O <sub>2</sub> J 机井沟单元	Pt <sub>2</sub> h 红墩井南山单元	断层	地质界线	-60 地层产状	8500 钻孔及编号

## 新场岩体钻孔布置



- 区域大地构造特征及其演化历史
- 区域地球物理场特征及地壳结构分区
- 区域深断裂特征；区域地震活动性
- 区域新构造运动特征
- 区域现代构造应力场及其计算机模拟
- TM遥感影像地质解译
- 对预选区区域地壳稳定性进行分级
- 研究表明北山地区区域地壳稳定



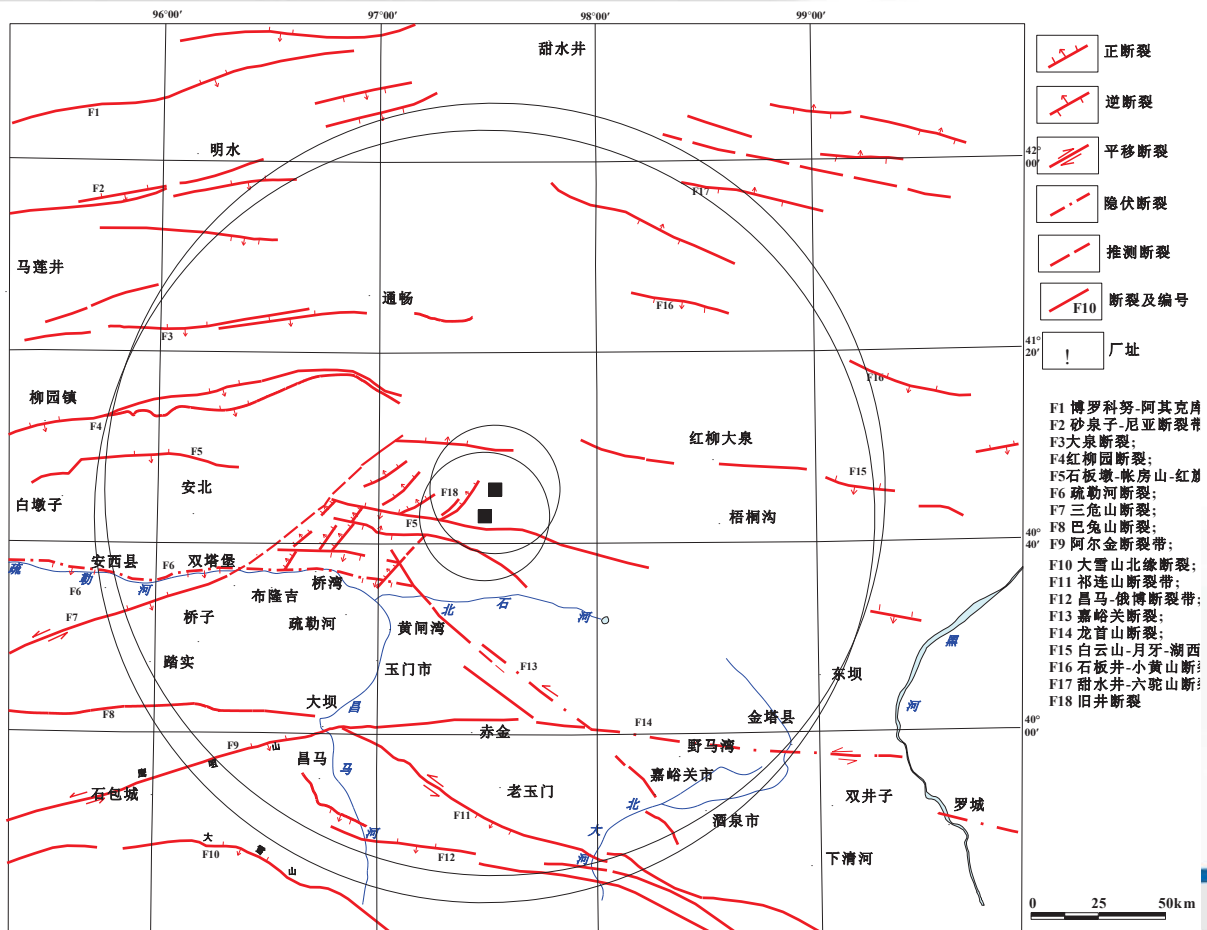


北山及附近邻区活动构造、地震分布图  
(地震资料: 1600~2003.10)

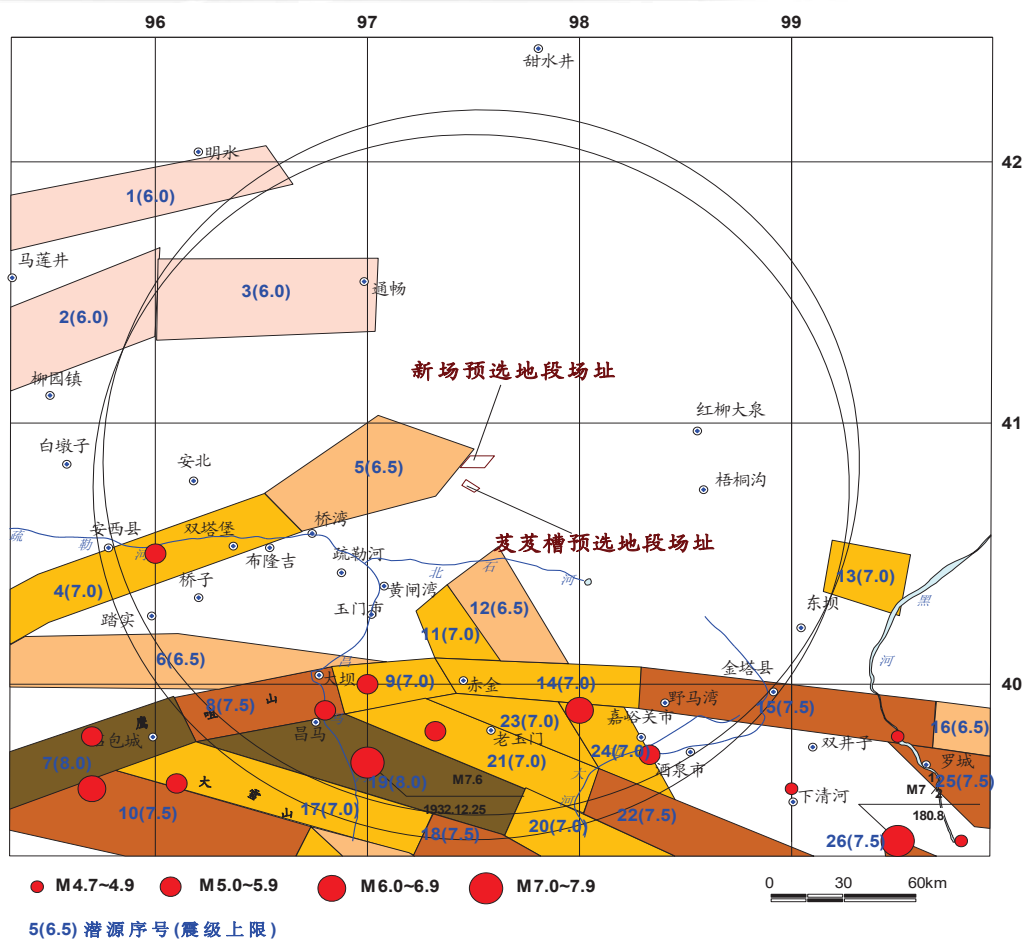
## 地震安全性评价研究范围



环境保护部核与辐射安全中心  
Nuclear and Radiation Safety Center







[www.chinansc.cn/](http://www.chinansc.cn/)







## 卫星影像中的高放处置厂址位置示意1



WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



## 卫星影像中的高放处置厂址位置示意2



WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>





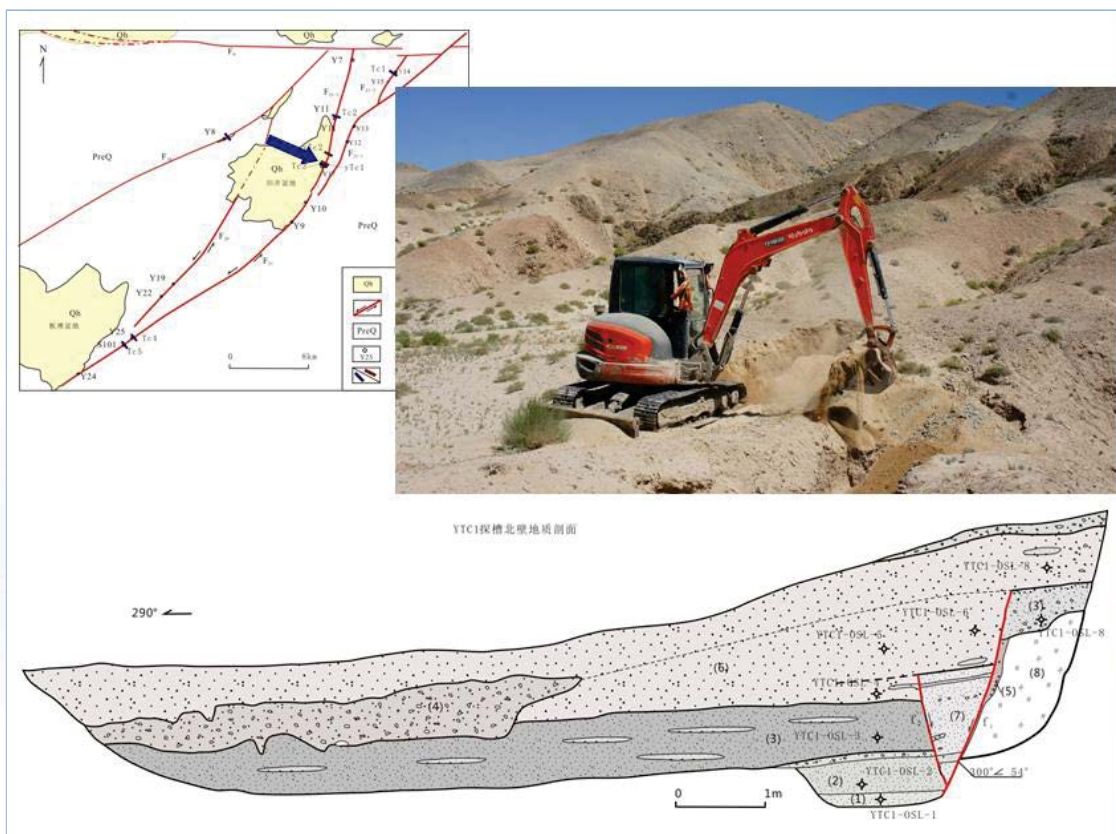
## 旧井西断裂 (F20)、旧井断裂 (F21)



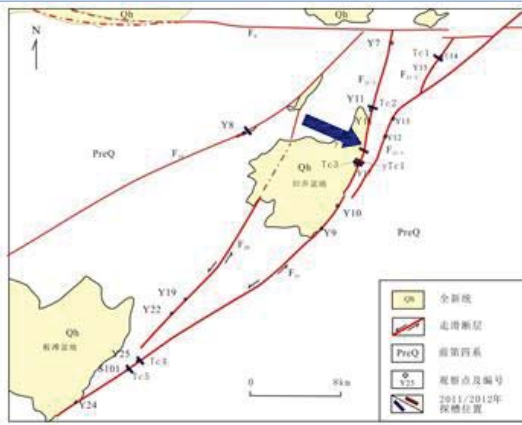
WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



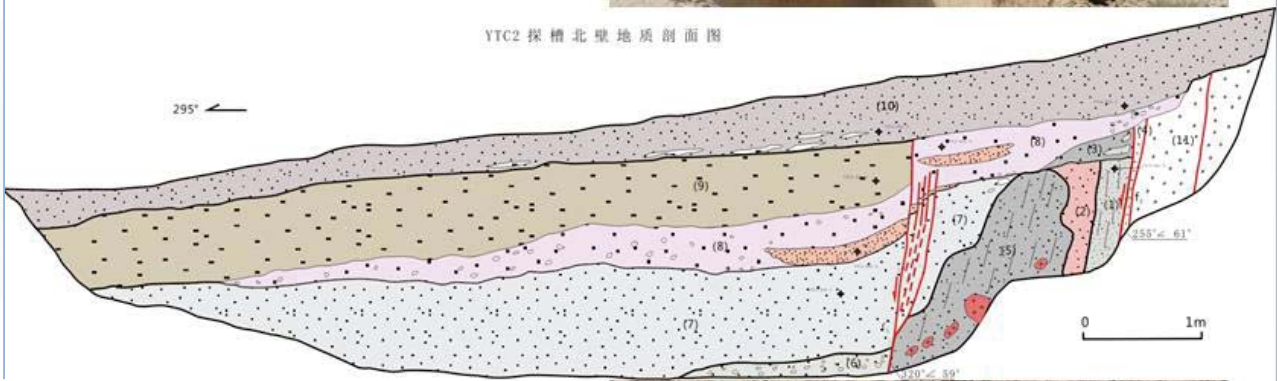
## 旧井断裂探槽与剖面示意



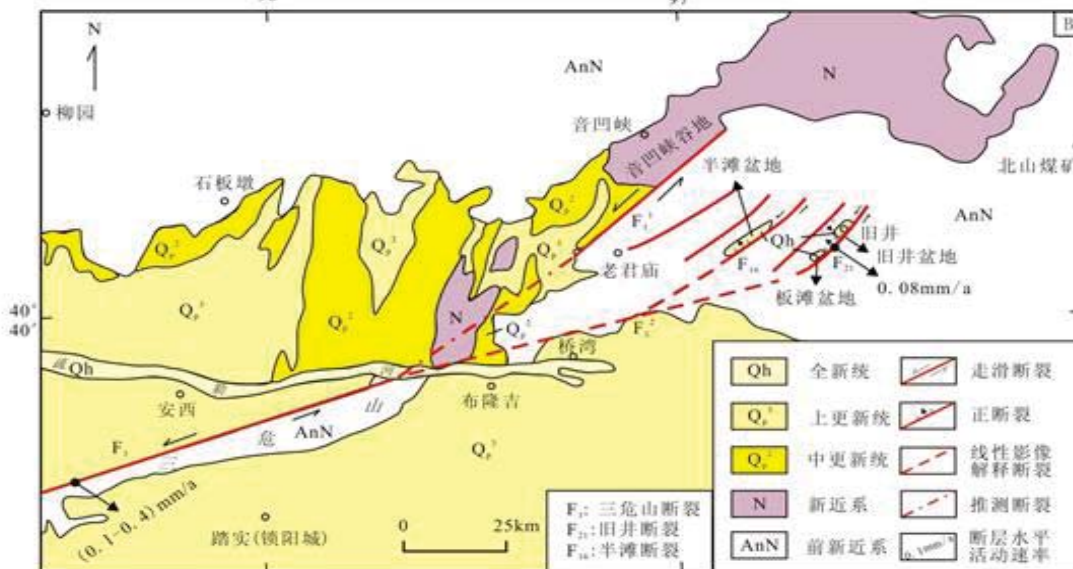
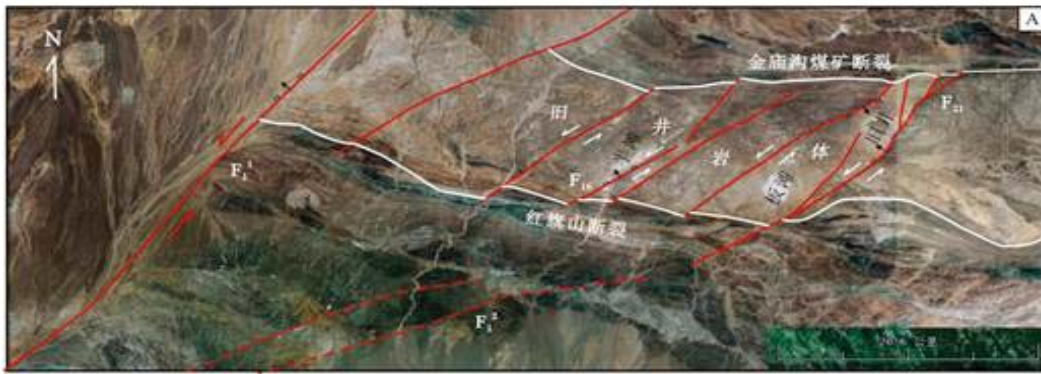




YTC2探槽北壁地质剖面图



WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>

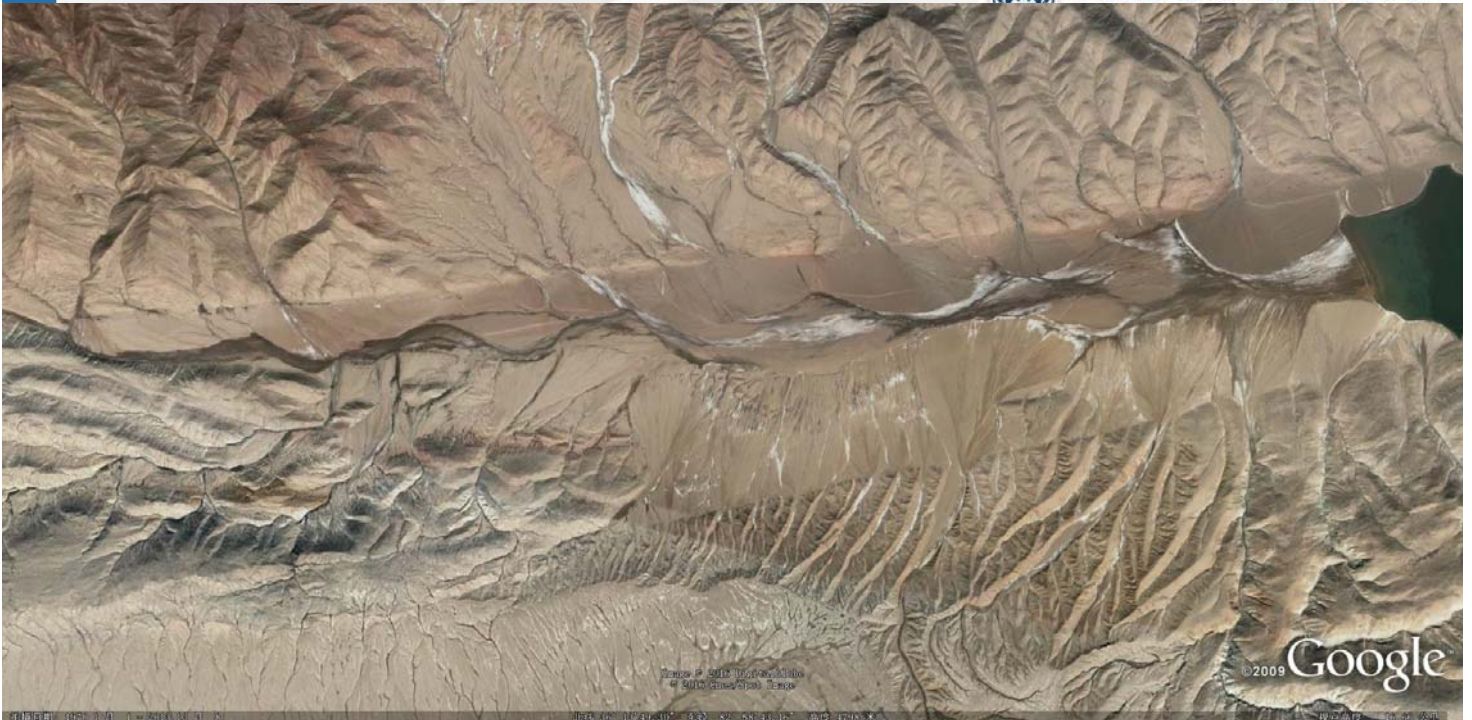


旧井断裂系形成的动力学分析图（影像来自Google earth）



## 取得的主要成果

- 地震安全性分析研究表明，区域地震活动不均匀，北山地区地震活动频度低，强度小；
- 近区域范围史料未记载到4.7级以上地震；
- 场址5km范围内没有记录到2.0级以上地震。
- 区域范围的新构造运动主要表现为祁连山区强烈隆升，中部的河西走廊和安西为差异性沉降，北部的北山为弱隆起，为地壳相对稳定的地区，现今构造变形微弱；
- 近区域范围内仅有1个6.5级的发震构造，即沿旧井断裂、旧井西断裂和半滩断裂确定的桥湾-旧井发震构造，它紧邻新场预选地段场址的西部，距离芨芨槽预选地段场址8km。



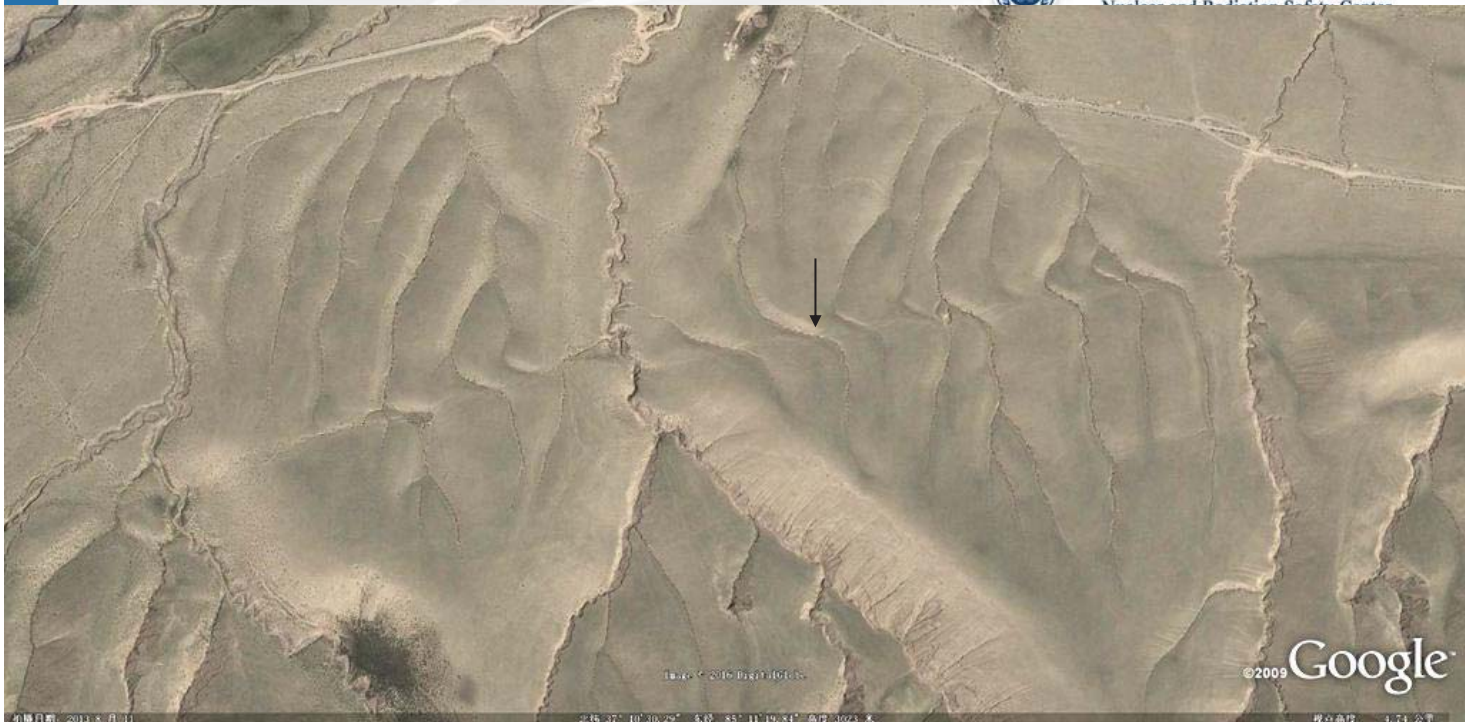
## 与其他活动断裂的对比

阿尔金断裂卫星影像，以左旋走滑为主，因此，断裂呈直线状，断错各类地貌面



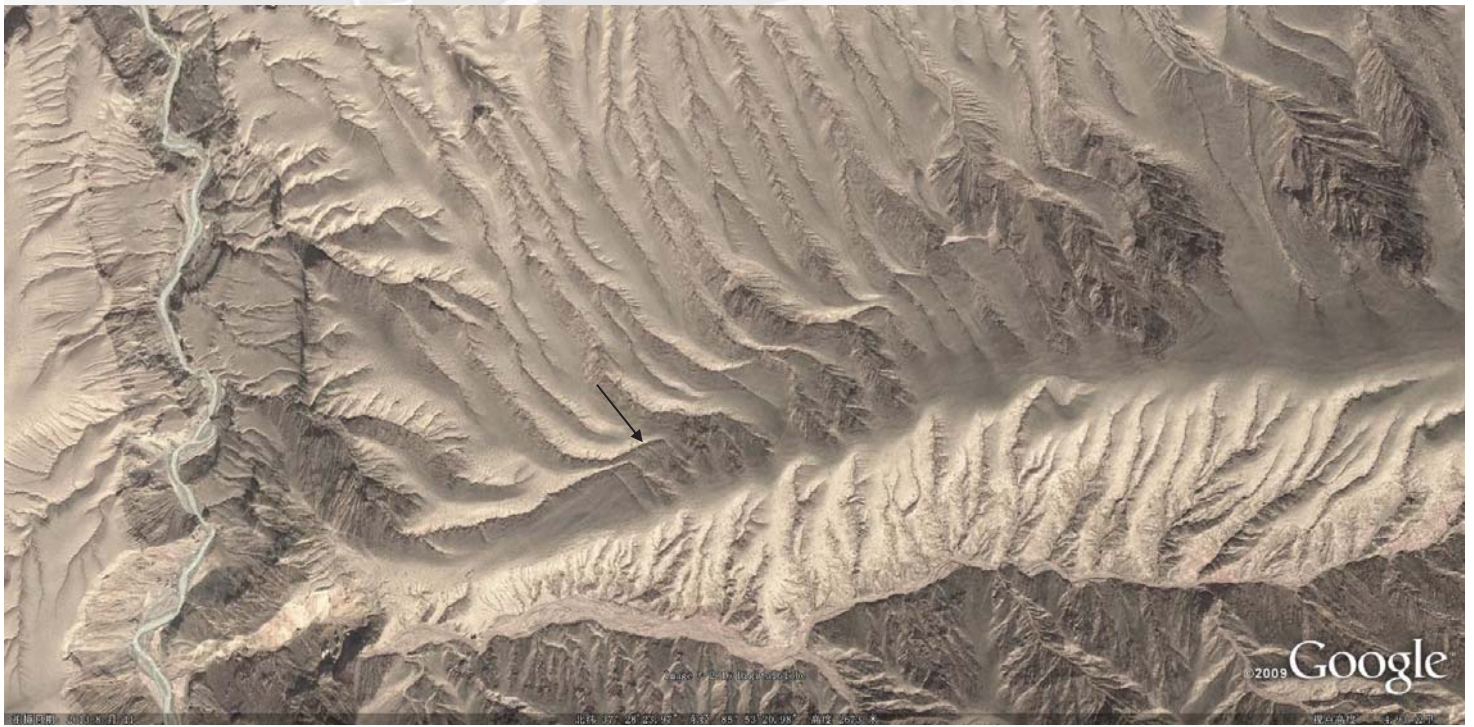


大冲沟的左旋位移，以公里计



一系列小冲沟的左旋位移，以米计





一系列小冲沟的左旋位移，以米计

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



祁连山断裂以逆冲为主，断裂往往呈曲线状，不是很笔直，祁连山与酒西盆地

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



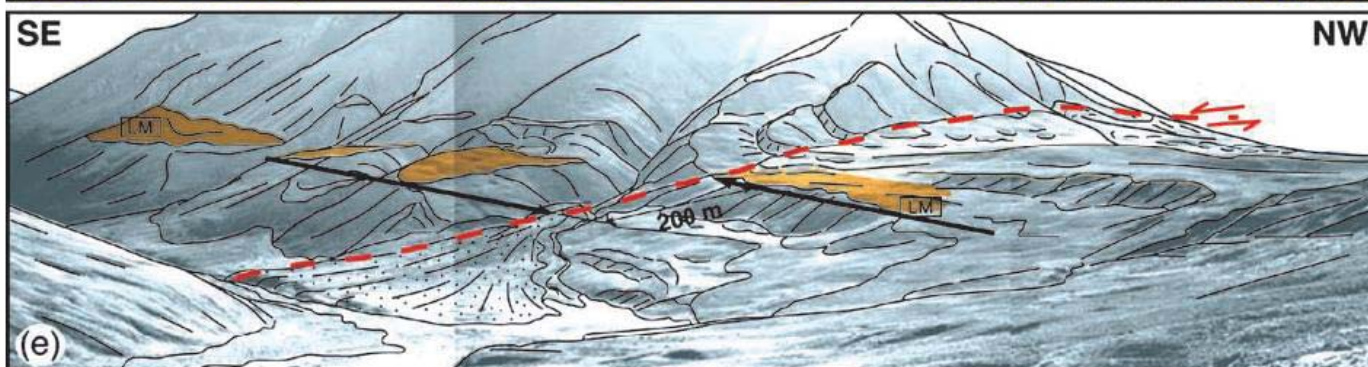


祁连山冷龙岭断裂陡坎地貌

WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>

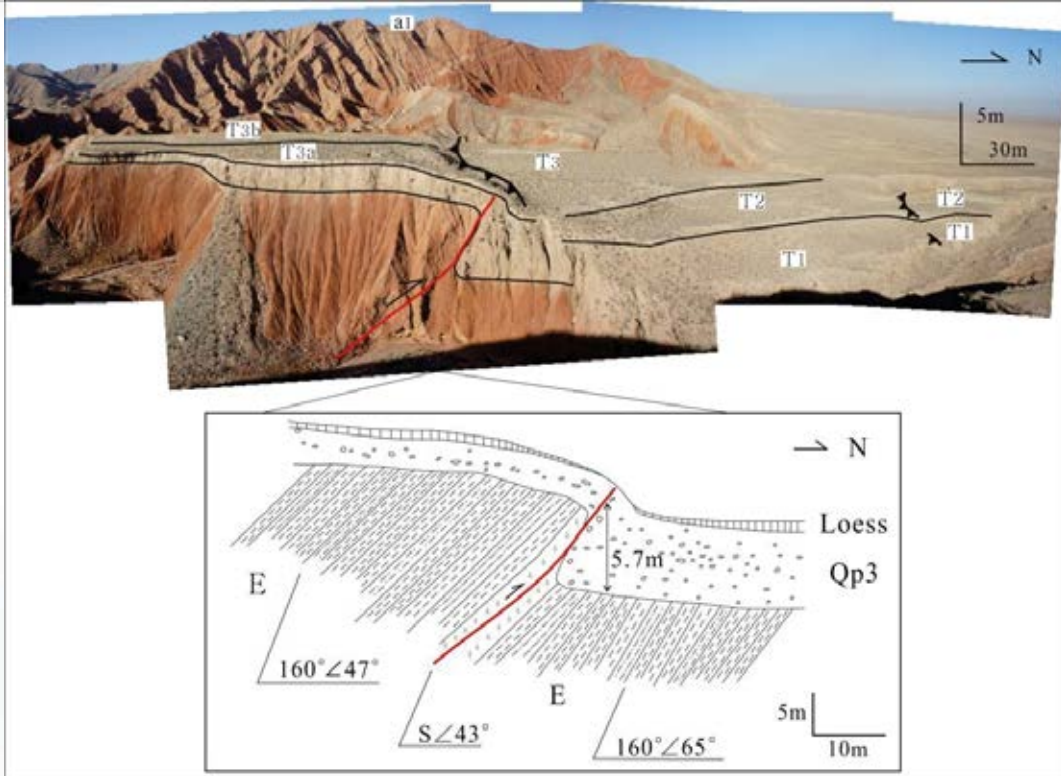


环境保护部核与辐射安全中心  
Nuclear and Radiation Safety Center



WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>

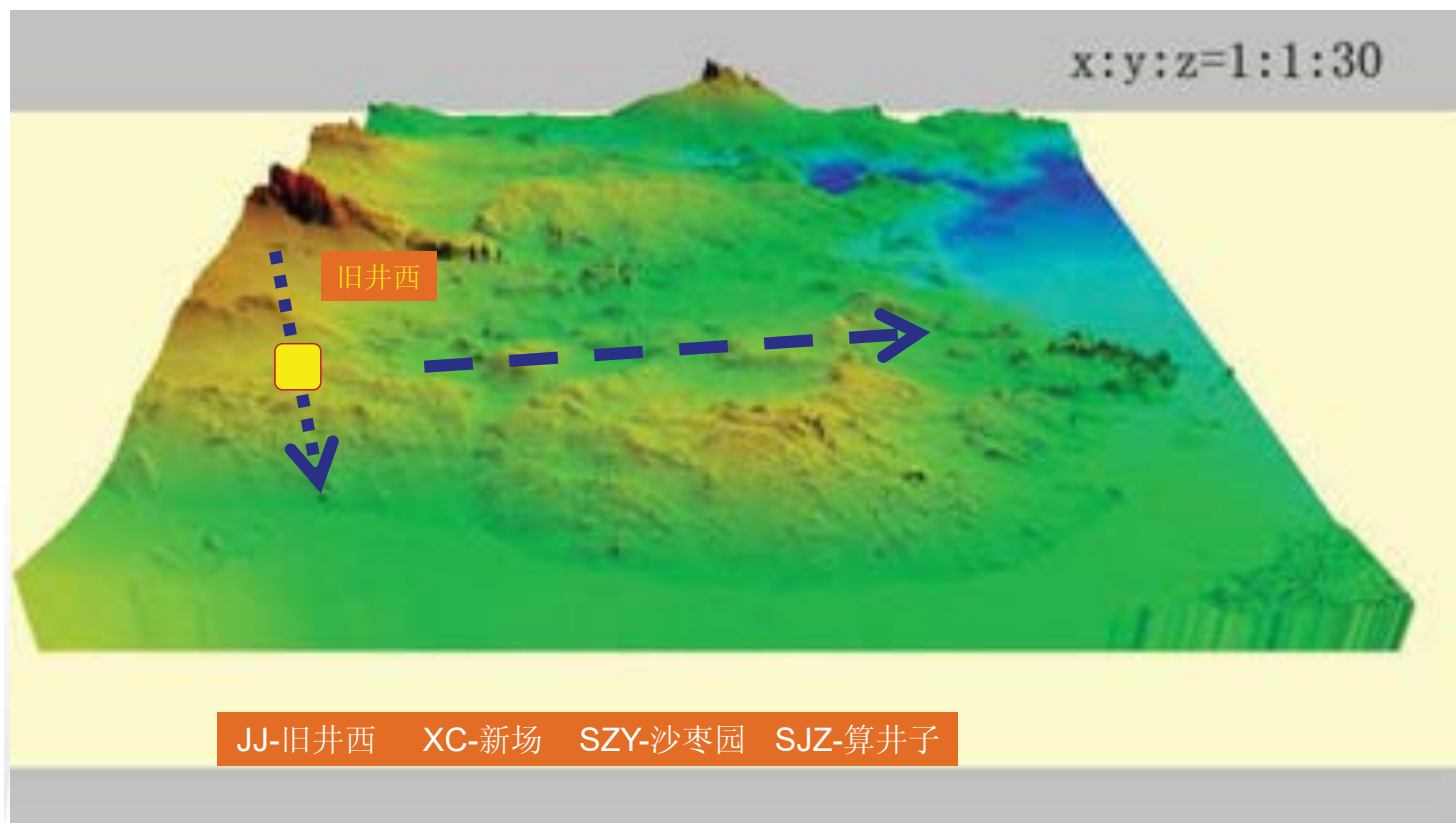




酒泉南祁连山山前  
断层照片和剖面图



# 旧井西候选场址 水文地质特征



WEBSITE <http://www.chinansc.cn/>



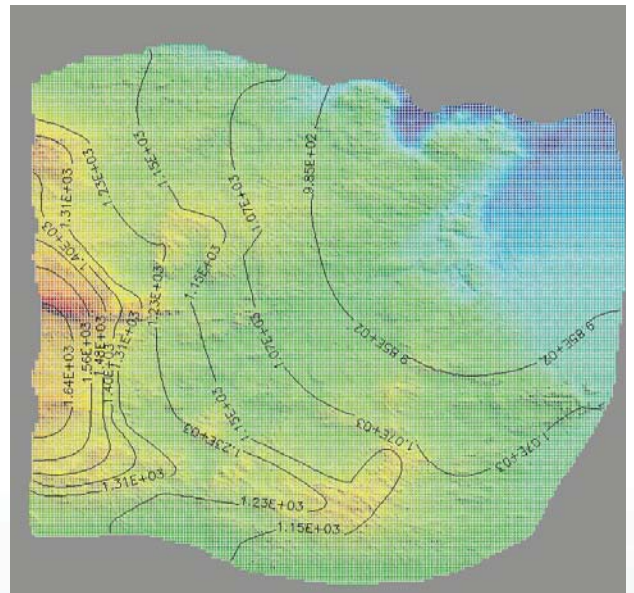
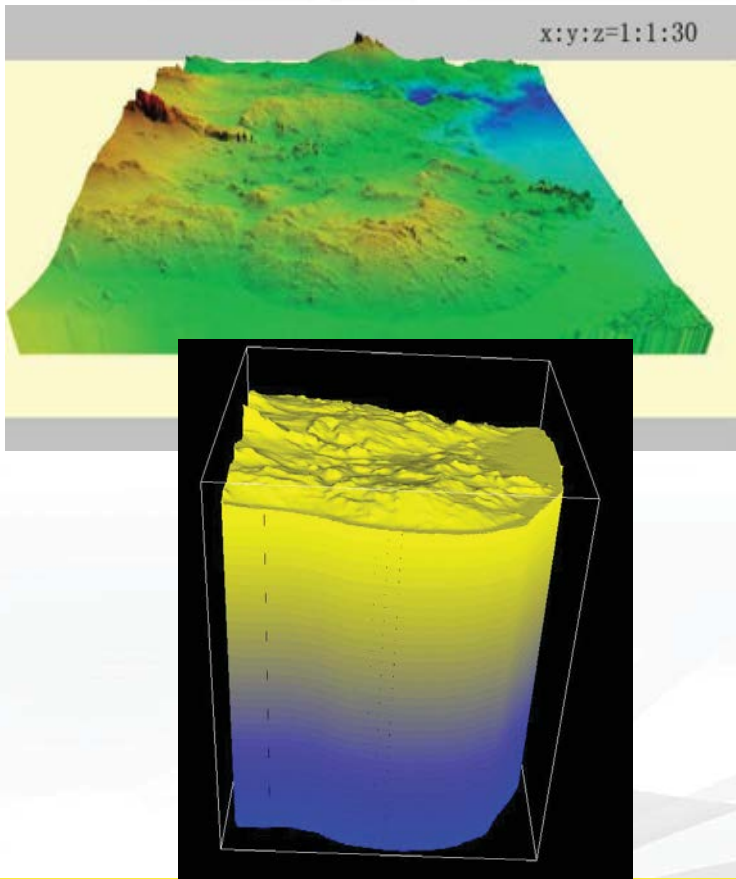
## 水文地质特征



环境保护部核与辐射安全中心  
Nuclear and Radiation Safety Center

- 位于北山区域地下水系统的径流区
- 距区域排泄区直线距离 60-150 公里
- 地下水具有弱含水，低渗透特点。
- 具有高矿化，偏碱性，饱和多种粘土矿物的特点。
- 在过去的若干年内，区内地下水位呈下降趋势。
- 过去几十年中气候向更干旱方向发展。
- 地下水为还原性，矿化度高，呈饱和状态
- 说明水文地质条件有利于废物处置





模拟水头等值线

## 地理位置和配套条件



## 甘肃北山场址

- 社会经济条件有利
- 地壳稳定
- 花岗岩体规模巨大、完整、裂隙较少
- 水文地质条件有利：地下水弱含水、低渗透、低流速、还原性
- 工程地质：岩体工程质量好，
- 岩石高强度、高密度、低渗透
- 地应力适中

## 北山社会经济条件

- 人烟稀少
- 无可利用的土地
- 无大型矿产
- 经济前景暗淡
- 交通方便
- 气候干旱
- 降雨量小 70 mm
- 蒸发量大 3000 mm
- 地形平坦
- 无常年河流
- 距甘肃省府兰州800 km
- 距肃北县城 300 km





与国外处置库场址相比，对照处置库的要求，  
**北山具有极大的优势**



核工业北京地质研究院，Beijing Research Institute of Uranium Geology



环境保护部核与辐射安全中心  
Nuclear and Radiation Safety Center

## 四、对处置场选址工作的建议

- 1、选址评价工作要和相关管理环节联系起来；
- 2、完善与厂址可行性相关专题，并经审评落实；
- 3、具备确认场址的条件，尽快落实处置场场址；
- 4、实验室建设和处置场不可分割；
- 5、积极合理地应对公众关切！





# 谢谢!



# 我国含长寿命核素低中放废物 中等深度处置发展展望

范 仲

中核清原公司

2016年8月 甘肃·敦煌



## 目 录

### 一 前言

### 二 我国开展放射性废物中等深度处置的必要性

- 2.1 国家放射性废物分类和处置管理标准的要求
- 2.2 废物源项初步分析
- 2.3 开展中等深度处置工作的必要性和紧迫性

### 三 国外中等深度处置技术发展状况

### 四 开展我国中等深度处置工作的建议

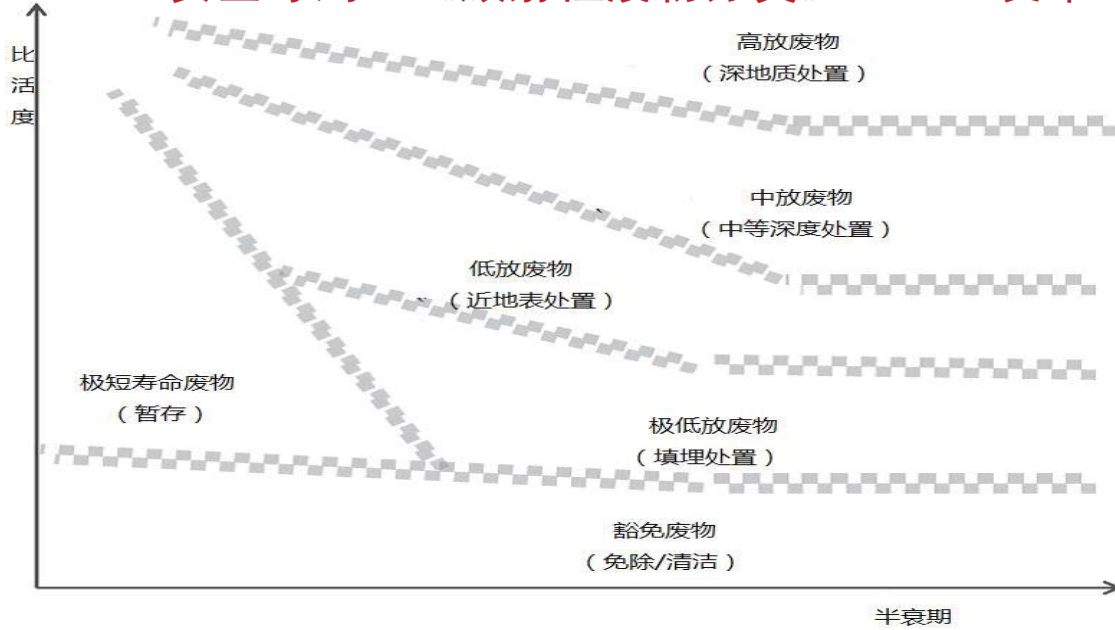
- 4.1 需要开展的相关研究和科研
- 4.2 对未来工作的展望

### 五 结语



# 一、前言

## 1.1 IAEA安全导则：《放射性废物分类》（2009发布）



## 1.2 我国从2013年开始准备工程科研课题研究

已完成放射性废物中等深度处置前期科研项目建议书编制和上报。



# 二、我国开展放射性废物中等深度处置的必要性

## 2.1 我国放射性废物分类和处置管理标准的要求

放射性废物分类 GB9133 (1995)

类别	级别	名称	放射性浓度 $A_v$ , Bq/m <sup>3</sup>				
气载废物	I	低放	排放限值 $<A_v \leq 4 \times 10^7$				
	II	中放	$4 \times 10^7 < A_v$				
			放射性浓度 $A_v$ , Bq/L				
液体废物	I	低放	排放限值 $<A_v \leq 4 \times 10^6$				
	II	中放	$4 \times 10^6 < A_v \leq 4 \times 10^{10}$				
	III	高放	$4 \times 10^{10} < A_v$				
			放射性比活度 $A_m$ , Bq/kg				
固体废物			$T_{1/2} \leq 60d$	$60d < T_{1/2} \leq 5a^{1)}$	$5a < T_{1/2} \leq 30a^{2)}$	$30a < T_{1/2}$	$\alpha$ 废物
	I	低放	清洁解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	清洁解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	清洁解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	清洁解控水平 $< A_m \leq 4 \times 10^6$	对于 $\alpha$ 发射体核素： 单个货包中 $A_m$ 大于 $4 \times 10^6$ Bq/kg， 对于近地表处置设施，多个包装的平均 $A_m$ 大于 $4 \times 10^5$ Bq/kg
	II	中放	$4 \times 10^6 < A_m$	$4 \times 10^6 < A_m$	$4 \times 10^6 < A_m^{3)}$ $\leq 4 \times 10^{11}$	$4 \times 10^6 < A_m^{3)}$ $\leq 4 \times 10^{10}$	
III	高放	—	—	$4 \times 10^{11} < A_m^{4)}$	$4 \times 10^{10} < A_m^{4)}$		





## 二、我国开展放射性废物中等深度处置的必要性

### 2.1 我国放射性废物分类和处置管理标准的要求

近地表废物处置		GB9132
废物接收半衰期条件	废物接收活度标准	废物处置去向
$T_{1/2} \leq 5a$	任何比活度的废物	可进行废物处置
$5a < T_{1/2} \leq 30a$	比活度 $\leq 3.7 \times 10^{10} \text{Bq/kg}$	
300~500年内比活度能降到非放射性固体废物水平的其它废物		
特殊情况的废物（长寿命低中放废物）		
$5a < T_{1/2} \leq 30a$	$3.7 \times 10^{10} \text{Bq/kg} < \text{比活度} \leq 4 \times 10^{11} \text{Bq/kg}$	根据国内处置标准，该类废物尚无去处，但是其客观存在，且数量多
$T_{1/2} > 30a$	比活度不高，不能确定在300a~500a内能降到非放射性固体废物水平的要求	



## 二、我国开展放射性废物中等深度处置的必要性

### 2.3 开展中等深度处置的必要性和紧迫性

**深地质处置：** 工程建造费高； 包装容器材料特殊、费用高； **处置成本高。**

**中等深度处置：** 建设**周期较短**； **安全**； 相对深地质处置**处置成本低。**

**初步源项统计：** 现存需要中等深度处置的废物量已达**几万立方米**，  
十五年后增加一倍。

**面临困难：** **贮存条件不足**， **管理成本和安全风险增加。**

特别是随着一些早期军工设施退役和废物治理工作的深入开展，产生的某些**废物对安全贮存和管理带来很大的压力和挑战。**



### 三、国外中等深度处置技术发展状况

国外中等深度处置设施一览表

处置设施	废物类型	废物体积	处置形式	处置深度	围岩	现状
瑞典SFR	短寿命低中放废物	63,000m <sup>3</sup>	巷道、筒仓	海底下约50m	片麻岩和花岗岩	已运行
瑞典SFL	长寿命低中放废物	16,000m <sup>3</sup>	巷道	比SFR深, >60m	结晶岩	概念设计
芬兰处置库 Olkiluoto	低中放废物	100,000m <sup>3</sup>	筒仓	60m~95m	闪长岩	已运行
芬兰的Loviiisa 处置库	低中放废物		巷道	110m	花岗岩	已运行
韩国月城处置库	核电厂产生的低中放废物为主	20,000m <sup>3</sup>	筒仓	80~130m	沉积岩	已运行
美国GCD	低放废物和少量超铀废物		大钻孔	36m	凝灰岩	已关闭
日本中等深度处置设施	核电站相对高水平低放废物、低活度TRU、铀废物	20,000m <sup>3</sup>	巷道	50~100m		选址阶段
法国中等深度处置	长寿命低放废物	210,000m <sup>3</sup>	巷道	200m	粘土岩	选址阶段
南非小钻孔	废放射源		小钻孔	45m~100m		概念设计



### 三、国外中等深度处置技术发展状况

国外中等深度处置废物类型：

瑞典：核电长寿命低中放废物为主（堆内构件、堆本体、压力容器等）

芬兰：核电低放和沥青固化中放废物（<sup>60</sup>Co, <sup>63</sup>Ni, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>14</sup>C）

法国：稀土和铀转换产生含镭废物和气冷堆石墨废物（<sup>226</sup>Ra、<sup>14</sup>C、<sup>36</sup>Cl）

日本：核电、后处理、铀浓缩和燃料组装产生的含长寿命放射性核素废物，浓度大于近地表处置场接收限值

美国：含氚废物和含<sup>239</sup>Pu的超铀废物

中等深度处置代表性核素：

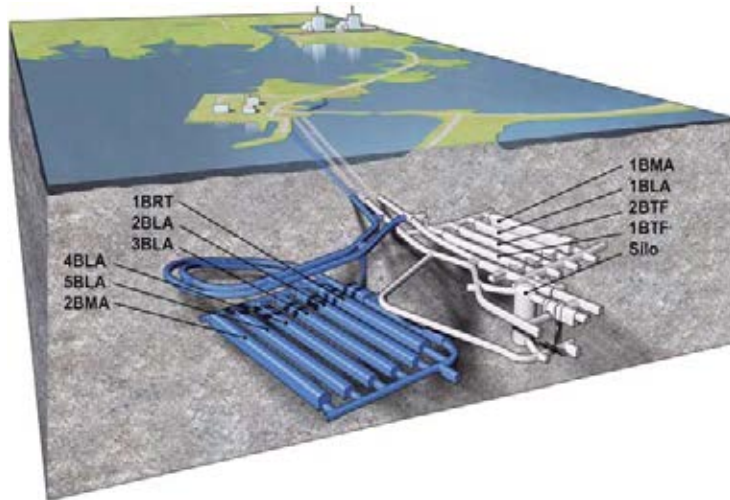
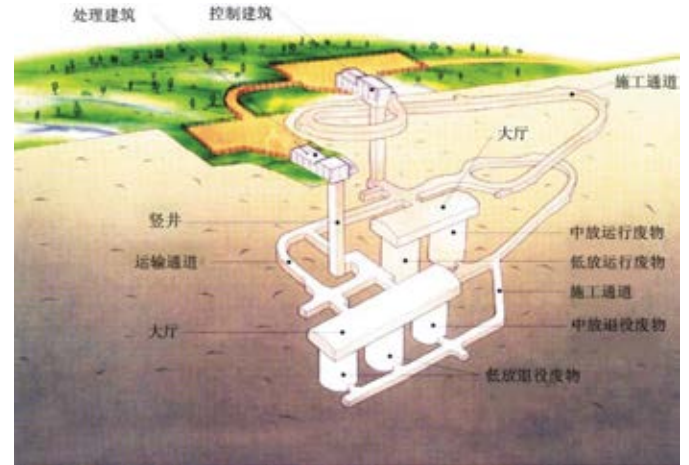
核素	<sup>241</sup> Am	<sup>226</sup> Ra	<sup>14</sup> C	<sup>36</sup> Cl	<sup>238</sup> Pu	<sup>63</sup> Ni	<sup>137</sup> Cs	<sup>90</sup> Sr	<sup>3</sup> H	α核素(部分)
半衰期(年)	432	1600	5730	40万	87.7	96	30	29	12.4	1.0E+08Bq/kg



### 三、国外中等深度处置技术发展状况

#### 瑞典SFR处置库

1BMA、2BMA和筒仓：处置中放废物；  
 1BTF、2BTF：处置低活度中放废物；  
 1BRT：处置堆压力容器；  
 其它设施处置低放废物



#### 芬兰Olkiluoto低中放废物处置库

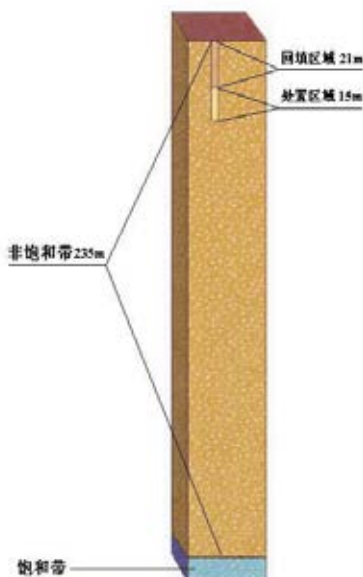
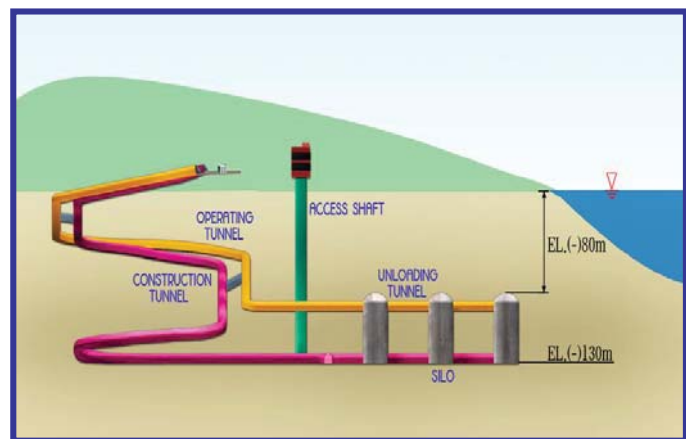
1980年建造，1992年运行；海底60~95m，库容10万m<sup>3</sup>，主要核素为<sup>60</sup>Co，<sup>63</sup>Ni，<sup>137</sup>Cs，<sup>90</sup>Sr，<sup>14</sup>C



### 三、国外中等深度处置技术发展状况

#### 美国大孔径处置GCD

1983年完成建造，设计处置钻孔深36m深、直径3m。



#### 韩国月城处置库

2014年12月运行，海平面下约80-130m  
 处置容量为16万m<sup>3</sup>，一期工程2万m<sup>3</sup>





### 三、国外中等深度处置技术发展状况

#### 日本中等深度处置研发概况

中等深度处置的废物：核电厂运行和退役拆除的堆芯、后处理运行和退役以及铀浓缩、燃料组装产生的含长寿命放射性核素。预测废物量约二万 $m^3$ 。设施于地下50~100米。2005年启动处置设施的示范试验，2007年开始建造地下全尺寸模拟试验装置，2010年部分设施完成建造。

主要核素和限值 (Bq/ton)： $^{14}C \leq 1 \cdot 10^{13}$ 、 $^{36}Cl \leq 1 \cdot 10^{11}$ 、 $^{99}Tc \leq 1 \cdot 10^{11}$ 、 $^{129}I \leq 1 \cdot 10^{19}$ 、 $\alpha \leq 1 \cdot 10^{10}$



### 四、开展我国中等深度处置工作的建议

#### 4.1 需要开展的相关科研

**工程科研目的：**工程立项、建设设计、安审等必须的前期研究。

三阶段策划：**顶层设计**

**规划研究**（可研同步）

**工程应用研究**（初设同步）

**重要研究内容：**

- 1) **建立放射性废物中等深度处置的战略规划**（顶层设计）；
- 2) **代表性核素特征研究**；
- 3) **处置库场址适宜性研究**（甘肃）；
- 4) **中等深度处置工程特殊技术及其经济性研究**；
- 5) **处置安全全过程系统分析和安全评价研究等**。





## 结 语

中等深度处置是针对低中放含长寿命核素废物的长期安全处置而开发的废物处置方式，随着中等深度处置环境向地下延伸和天然屏障状态改变，在与生物圈隔离和对核素释放阻滞以及对人类活动入侵等，相对于近地表处置具有更好的性能，相对于深地质处置具备更大的经济性优势。国际上已有成熟实践经验。

鉴于我国核废物的构成特点，尽快开展中等深度处置科研和早日推进设施建设是安全、经济、彻底解决含长寿命核素低中放废物处置现实和必然的选择，是完善我国放射性废物处置体系的重要工作，更是我国核能发展和安全利用的重要保障措施。



欢迎批评指正！



# 缓冲回填材料砌块制备技术 研究进展

刘月妙

核工业北京地质研究院



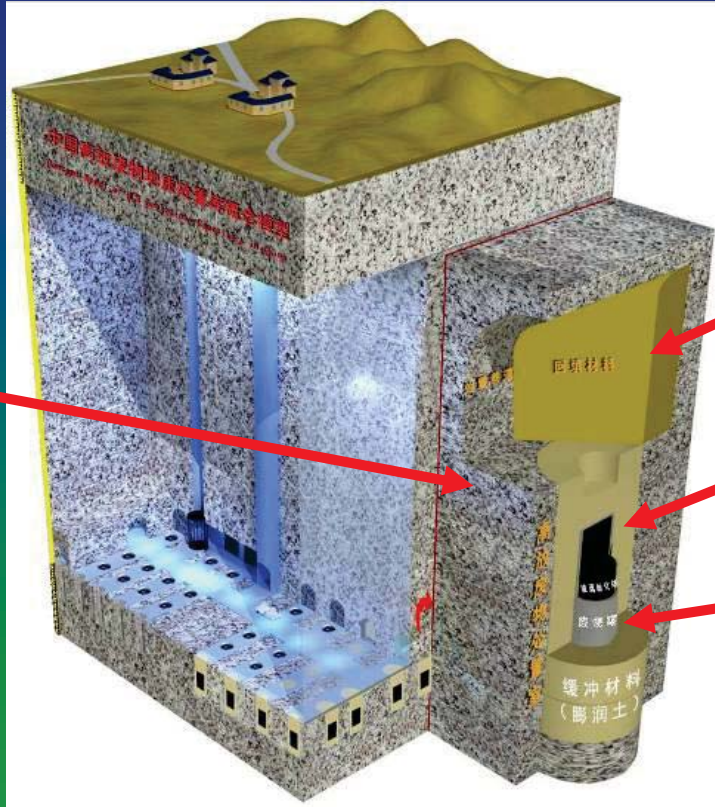
## 汇报提纲

- 研究的必要性
- 国外研究进展
- 国内研究进展
- 急需开展的研究内容和关键技术





多重屏障体系



膨润土

回填材料

缓冲材料

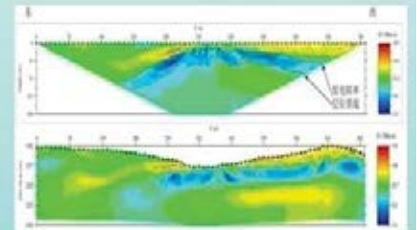
玻璃固化体和废物罐

## 天然高庙子钠基膨润土样品采集

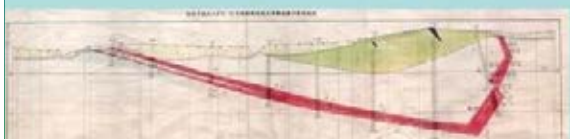


高庙子膨润土矿床位于内蒙古自治区，距北京300公里。矿区面积72平方公里，储量为1.6亿吨，其中四分之三为钠基膨润土。

The GMZ bentonite deposit is located in the northern Chinese Inner Mongolia autonomous region, 300 km northwest from Beijing. There are 160 million tons with 120 million tons Na-bentonite reserves in the deposit and the mine area is about 72 km<sup>2</sup>.



24V电阻率剖面图及带地形形译图  
Resistor section map of 24V



样品采集



样品加工



膨润土提纯

- 掌握缓冲回填材料砌块的制备技术
- 对砌块的质量和工程性质进行评价
- ◆ 为地下实验室和处置库缓冲回填材料设计提供参数
- ◆ 形成一套具有我国自主知识产权的缓冲回填材料大型砌块制备技术
- ◆ 为缓冲回填材料工业化制备提供技术支持

瑞典、法国、瑞士、日本等均已提出了相应的处置库概念设计方案，对缓冲回填材料提出了相应的要求。

1990年开始，加拿大、瑞典、比利时、日本和捷克等国科学家开始制备缓冲回填材料大型砌块，并对本国高放废物处置库预选膨润土进行热-水-力耦合条件下的长期性能实验。



## 瑞典制备缓冲材料大型砌块

2吨重的砌块



3万吨压力机

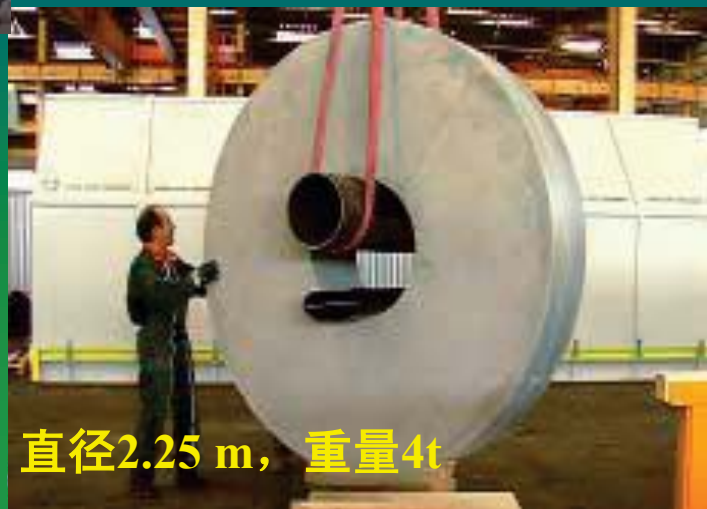
处置乏燃料

法国缓冲回填材料砌块的制备



法国 ANDRA 60000t压力机

处置乏燃料

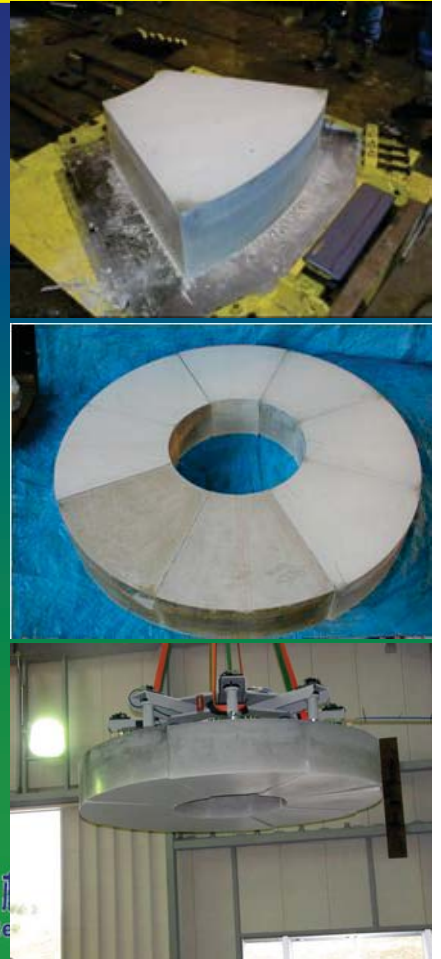


直径2.25 m, 重量4t



# 国外研究进展

## 日本缓冲回填材料 砌块的制备



处置玻璃固化体 核集团  
CNNC Beijing Research Institute of Uranium Geology

# 国外研究进展

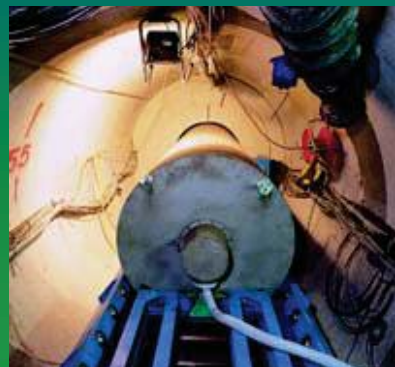
## 比利时 Mock-Up OPHELIE (1991 – 2004/2009)



## 西班牙 FEBEX (室内 1996-2012)



## 西班牙 FEBEX (瑞士 Grimsel 地下实验室 1996-2004)





国外对作为缓冲回填材料的膨润土的物理、化学和力学等特性已作了较多的试验研究，也进行了一些缓冲回填材料的热-水-力耦合性能模型试验和数值模拟研究。

但对多场耦合作用下砌块之间的界面特性、工程布置方式及砌块组合后的整体性能处于研究阶段，尚未确定缓冲回填材料砌块组合方案。



## 我国缓冲/回填材料30年研究进展 CHINESE BUFFER/BACKFILL MATERIAL STUDY IN 25 YEARS



中国膨润土矿床分布图  
BENTONITE DEPOSITS IN CHINA



高庙子膨润土矿床浅部钙基膨润土  
Excavation of Ca-Bentonite



高庙子膨润土矿床深部钠基膨润土  
Excavation of Na-Bentonite



中国缓冲材料热-水-力-化学耦合长期性能  
大型试验台架  
T-H-M-C China-Mock-up

1986  
缓冲材料与膨润土矿床选择  
Buffer material and Bentonite  
deposit selection

膨润土矿床筛选依据  
Bentonite mine selection

- 矿床规模 Scale
- 矿石质量 Quality
- 开采条件及成本  
Mining condition & cost
- 交通运输条件 Transportation

1996  
高庙子钙基膨润土性能研究  
Study on GMZ Ca-bentonite

2001  
高庙子钠基膨润土性能和  
长期性能研究  
Study on GMZ Na-bentonite

已开展的缓冲材料性能研究  
Research work about buffer material

- 化学成分和矿物组成研究  
Chemical and Mineral characteristics
- 热传导性能研究 Thermal conductivity
- 渗透特性研究 Hydraulic conductivity
- 力学特性研究 Mechanical property
- 化学缓冲性能研究 Water-bentonite reaction

- 核素迁移研究 Nuclide migration
- 添加剂研究 Additive
- 多场耦合特性试验研究 Mock-up test
- 多场耦合数值模型研究 Numerical modeling
- 缓冲材料的制备 Buffer Fabrication





# 中国缓冲材料热-水-力-化学耦合性能大型试验台架

## T-H-M-C China-Mock-up



核地研院自主设计，独具特色和更接近高放废物地质处置工程。  
1:2尺寸，标志着我国缓冲材料研究进入工程应用研究阶段。

2011年7月8日正式运行，希望运行10年。

2010年9月

## 新闻报道 2011.7.20



### 核地研院自主设计 我国首台高放废物缓冲材料 大型试验台架正式启动运行

为高放废物地质处置库工程屏障设计提供可靠依据

本报讯 7月8日,经过十个月试运行后,我国首台缓冲材料热-水-力-化学耦合性能大型试验台架在核工业北京地质研究院正式启动运行。这是我国首台高放废物地质处置缓冲材料大型试验台架,它的成功建成标志着我国缓冲材料研究进入工程应用研究阶段,也标志着核地研院高放废物地质处置缓冲材料研究达到了一个新的水平。

缓冲材料作为地质处置库中多重屏障系统的重要组成部分,是填充在废物罐和地质体之间的最后一道人工屏障,起着工程屏障、水力学屏障、化学屏障、传学和散失放射性废物热等重要作用,是地质处置库安全性和稳定性的有效保障。缓冲材料大型试验台架的运行,标志着我国已具备开展模拟高放废物地质处置库条件下缓冲材料长期性能试验和建立缓冲材料长期性能评价方法的

能力,将为高放废物地质处置库屏障设计、概念设计、工程材料的选择、处置化学和安全评价研究等提供参数与理论依据,为保证我国核能事业可持续发展

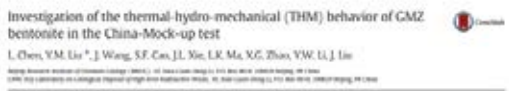
和环境保护提供技术基础。核地研院在国防科工部和中核集团等的大力支持下,于2008年开始开展缓冲材料大型试验台架建设和试验研究,并于2010年9月自主设计建成我国首台缓冲材料热-水-力-化学耦合性能大型试验台架(China-Mock-Up)。其设计基于中国高放废物地质处置概念模型,是一台独具特色和更接近高放废物地质处置工程的试验台架。

2010年,欧盟启动“高放废物地质处置工程屏障长期性能研究”(PEBS)项目,该项目是目前世界上高放废物地质处置工程屏障长期性能研究最前沿的课题,研究内容涉及7个专题组成,研究周期为4年,项目承担单位由欧洲5个国家的15个研究所和中国与日本的2个研究



外国专家参观试验台架

组成,核工业北京地质研究院以缓冲材料大型试验台架为基础,作为唯一的中方合作单位,成为该项目全职成员单位,参加项目的所有相关研究。China-Mock-Up建成后,国际原子能机构(IAEA)和欧盟专家先后参观并高度评价了其研究水平。(马利科)





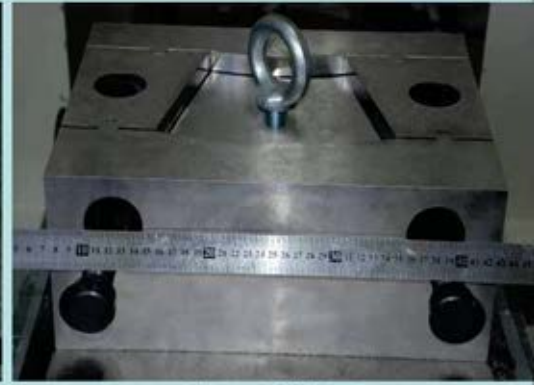
# 压实模具与压力机



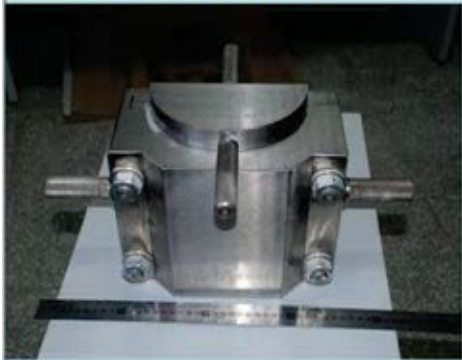
圆柱形模具



长方体模具



扇形模具



半圆形模具



扇形模具



压力机

# 缓冲回填材料砌块



压实膨润土颗粒



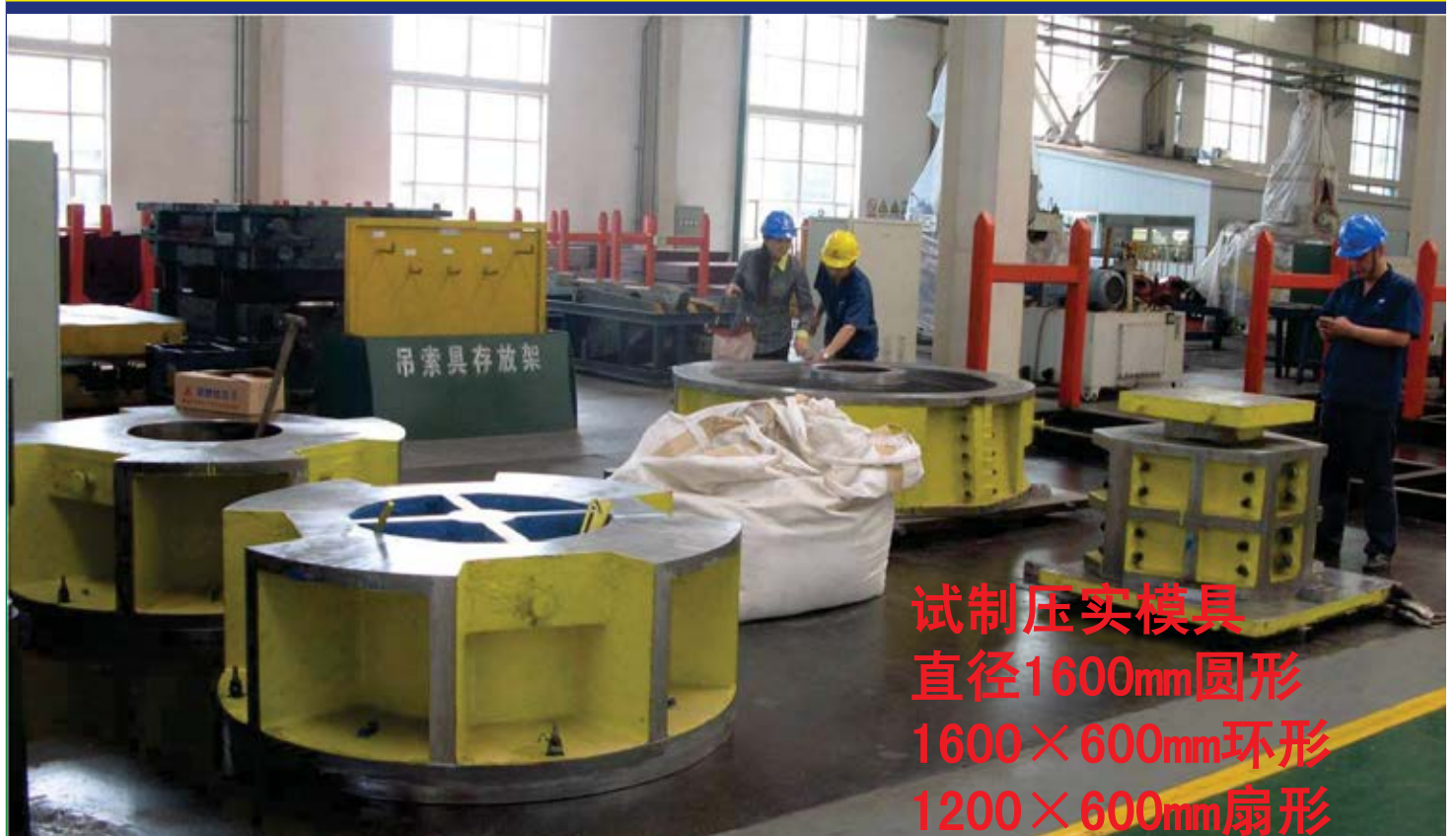


## 大型压力机

最大试验力：200,000kN

(2000吨)

压盘尺寸：2000×2000mm



试制压实模具

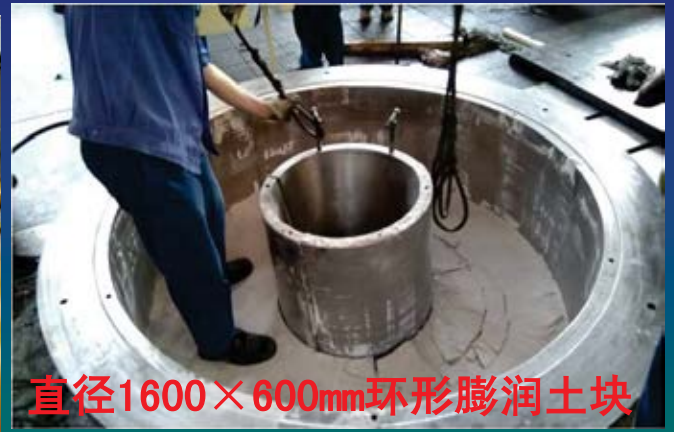
直径1600mm圆形

1600×600mm环形

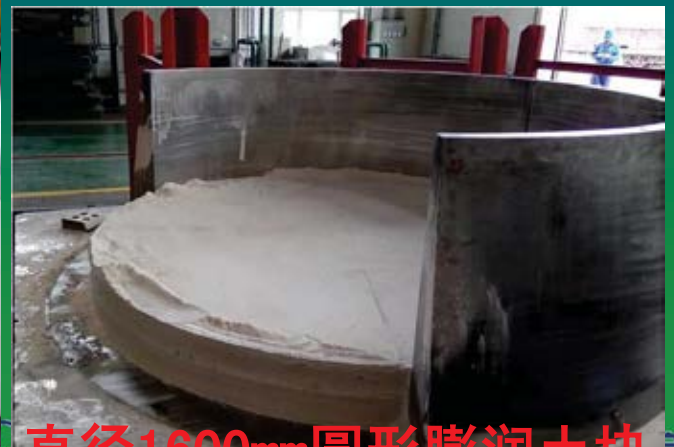
1200×600mm扇形



## 试制大型膨润土块



## 直径1600×600mm环形膨润土块

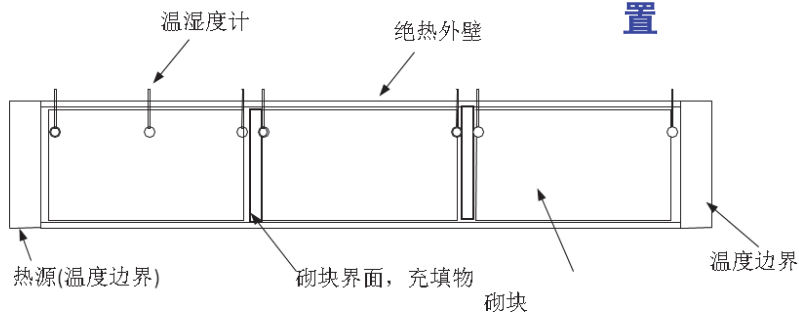


## 直径1600mm圆形膨润土块

## 急需开展的研究内容和关键技术

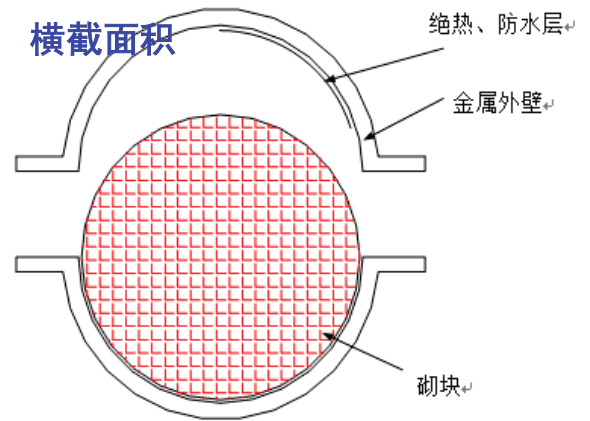
- 2006年联合发布的“高放废物地质处置研究开发规划指南”明确指出，我国高放废物采用深地质处置的方式，并且明确提出了**2020年建成我国高放废物地质处置地下实验室**的目标。
- 我国在缓冲回填材料基本特性的试验研究方面已经取得了重要成果，但是在高放废物地质处置缓冲回填材料大型砌块制备领域研究基础薄弱，尚无可支撑开展地下实验室缓冲回填材料长期性能研究的核心技术。
- 为了确保地下实验室建成后现场原位实验的顺利进行，急需开展缓冲回填材料砌块的制备技术及其工程性质研究。

## 垂直向力和热传导测试装置

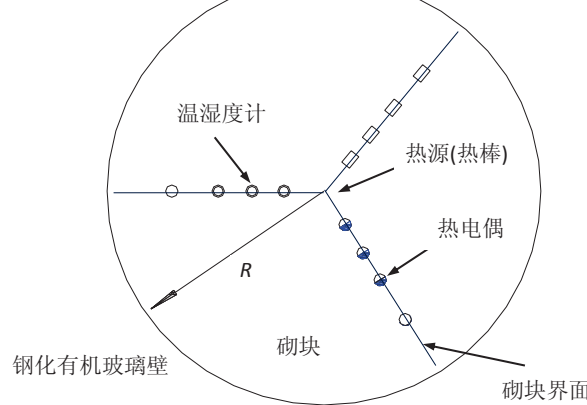


## 纵向布置

## 横截面积



## 水平向界面水力和热传导测试装置



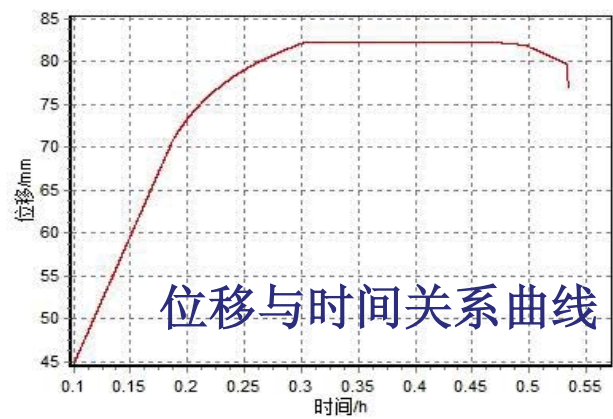
北京交通大学

核工业北京地质研究院  
Research Institute of Uranium Geology

# 急需解决的关键技术

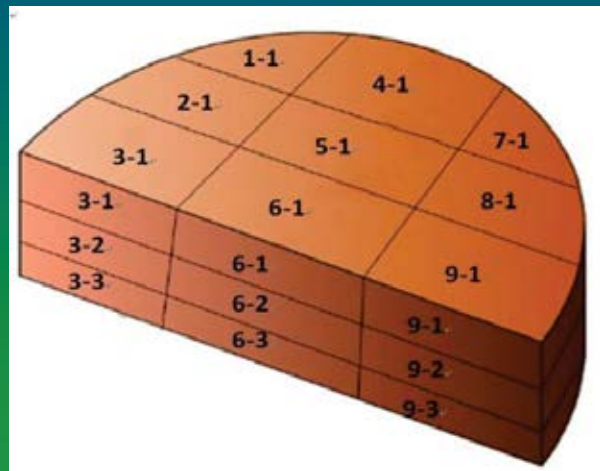
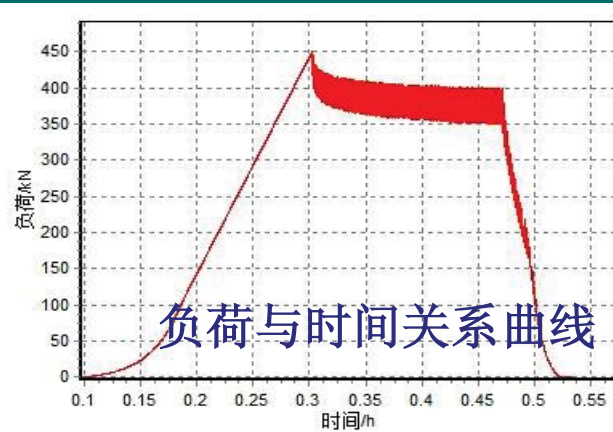
- (1) 缓冲回填材料大型砌块关键制备技术
- (2) 缓冲回填材料砌块完整性与均一性检测技术
- (3) 缓冲回填材料砌块工程性质评价技术
- (4) 缓冲回填材料砌块界面特性测试及分析技术





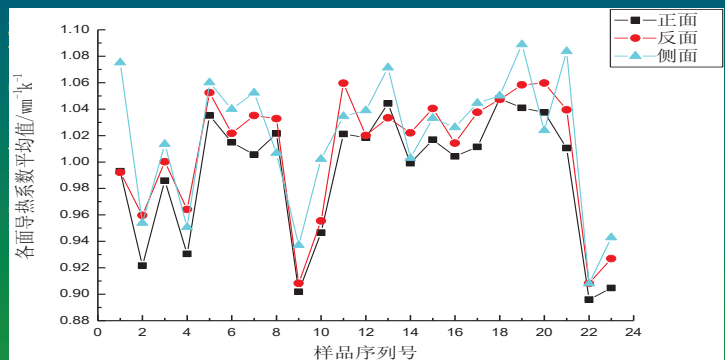
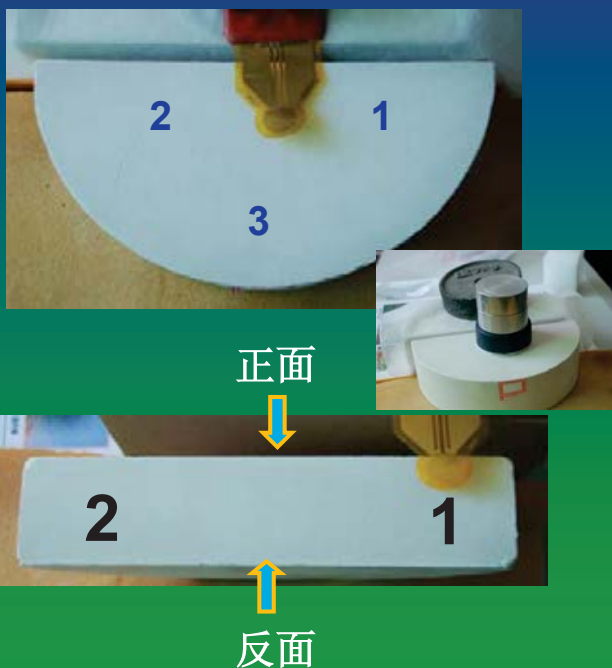
严格控制压制速度，确保压实膨润土块的密度较均匀，并且不易开裂。

测量压实膨润土块切割后密度均匀性



## 测量方法

每块膨润土块共有8测点



膨润土块各面的导热系数变化趋势相同





欢迎指导与合作研究

核工业北京地质研究院, Beijing Research Institute of Uranium Geology



谢谢!  
Thank you!



## 高放废物处置

# 北山坑探设施工程介绍

陈亮

核工业北京地质研究院



## 汇报提纲

- 研究背景和目的
- 工程主体设计
- 现场试验布局及研究方案
- 最新工作进展



1985

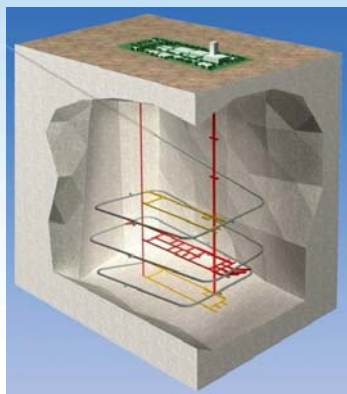
2020

2050

选址

地下实验室

处置库



### Step 1: URL基本理论和方法研究

- 设计和建造技术研究
- 现场试验方法研究
- 安全控制技术研发
- 长期稳定性评价方法研究

### Step 3: URL建设

- 地表设施
- 竖井和斜坡道
- 试验巷道
- 其他辅助系统



### Step 2: URL前期工程科研

- 选址
- 总体试验方案制定
- 工程结构设计
- 安全控制体系设计
- 动态数据管理平台研发



- 为地下实验室开挖、监测、支护和不良地质体超前探测等工程安全技术研究提供试验平台；
- 研发地下实验室科研数据动态管理技术；
- 构建地下实验室工程建设和科研管理模式。

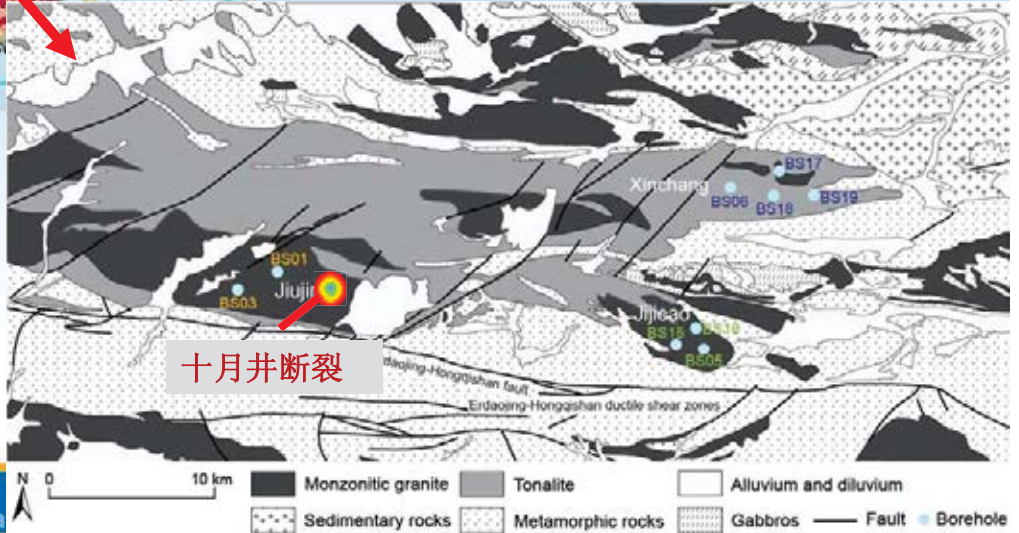


单位名称	任务分工
核工业北京地质研究院	总负责；钻爆法研究、动态数据管理、三维裂隙建模
中核第四研究设计工程有限公司	工程设计；注浆技术研究
四川大学	动力灾害特征参量监测及预测
中国矿业大学（北京）	不良地质体超前探测
中国人民解放军理工大学	围岩变形监测方法
中国科学院武汉岩土力学研究所	EDZ评价、围岩支护方法和地下水监测





甘肃北山预选区  
旧井岩体十月井断裂附近

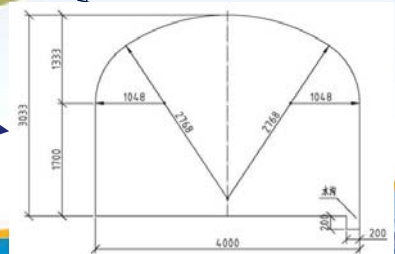
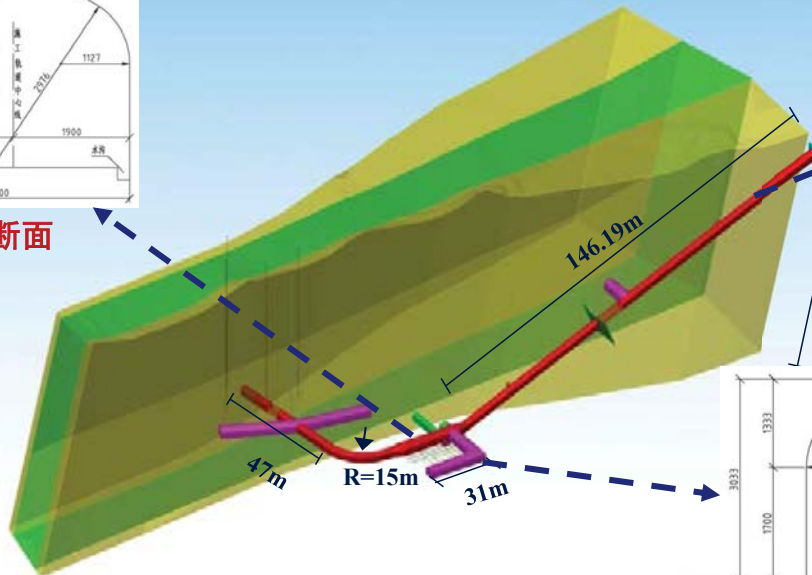
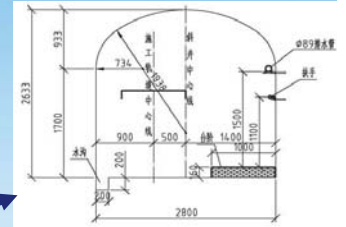
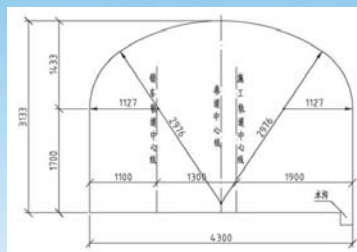


北东走向  
左旋走滑断层

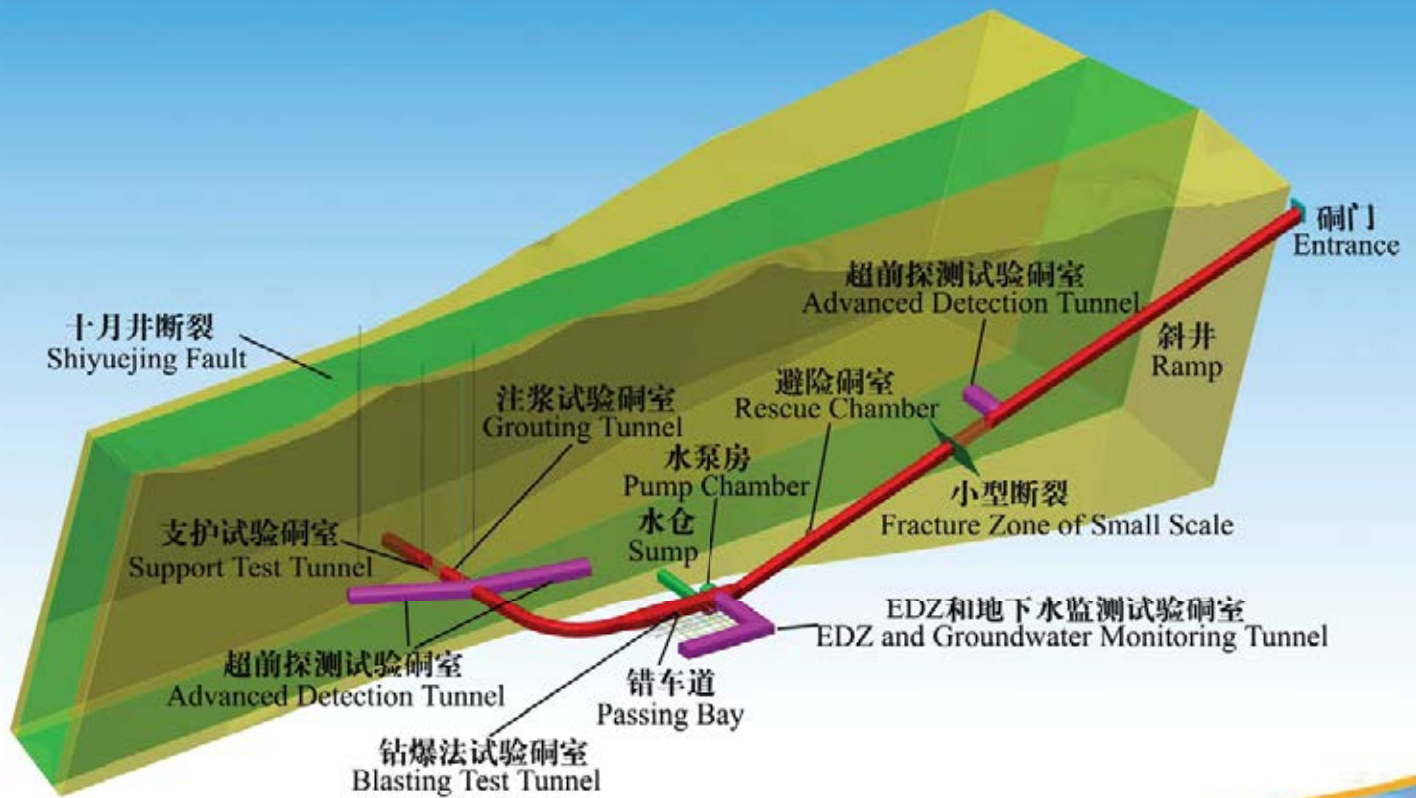
十月井断裂

## 主体结构

工程最大埋深50m。工程结构主要由斜坡道（146米长，倾角 $20^\circ$ ）、平巷（132米长）、试验巷道（92米长）、水仓和通风钻孔等组成。







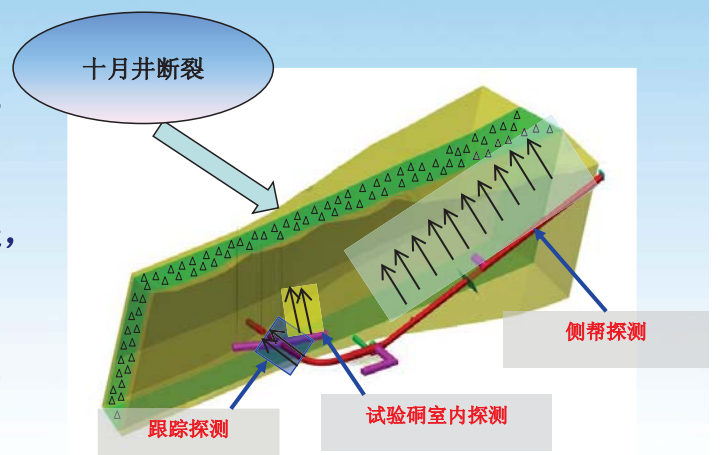
## 不良地质体超前探测试验方案

### 试验目的

建立以探地雷达为主的导水裂隙带和小断层等不良地质体的高精度探测组合技术，为地下实验室隧道开挖和施工提供安全保障。

### 试验方案

- **断层破碎带跟踪探测：**在掌子面布设十字测线，每隔5米跟踪探测一次。
- **两侧侧帮精细探测：**在侧帮中部布置测线，按照方法不同，探测点距0.01~0.1米。
- **洞室精细探测：**洞室侧壁布置测线，洞室1、2探测点距0.02米，洞室3、4探测点距0.05米。



## 试验目的

根据注浆材料扩散、充填效果，完善现场注浆工艺参数（材料配比、注浆压力、注浆时间），为后续地下实验室注浆设计提供参考。

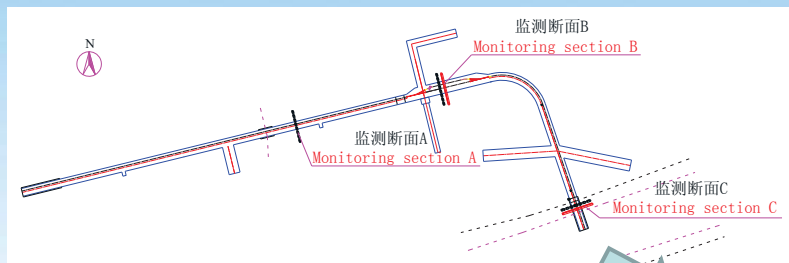
## 试验方案



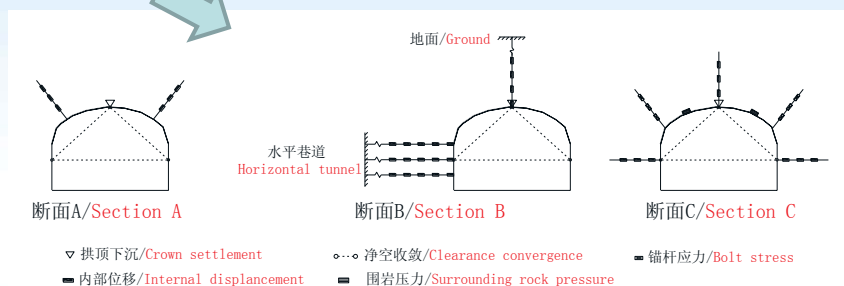
## 试验目的

分析不同围岩变形监测方法的适用性，提出围岩变形的人工监测和自动监测方法，为建立地下实验室施工过程中围岩变形监测技术体系提供依据。

## 试验方案



共布置2个自动监测断面和3个人工监测断面。

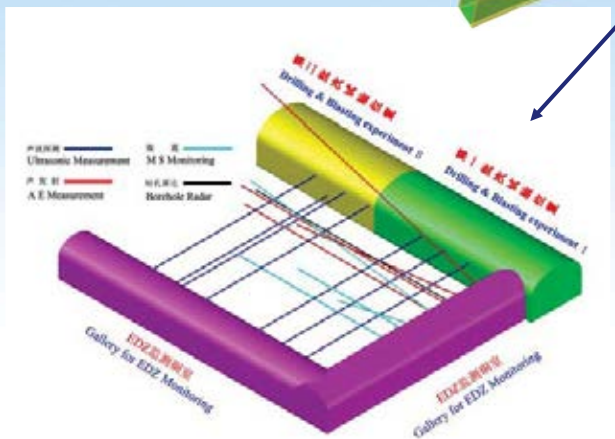




## 试验目的

结合现场钻爆试验，开展EDZ监测方法在花岗岩中的测量范围和精度等的对比分析，优化钻爆参数，建立符合北山预选区地下实验室需求的EDZ评价方法体系。

## 试验方案



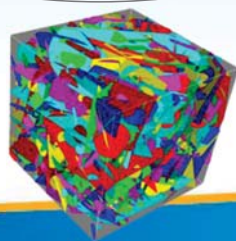
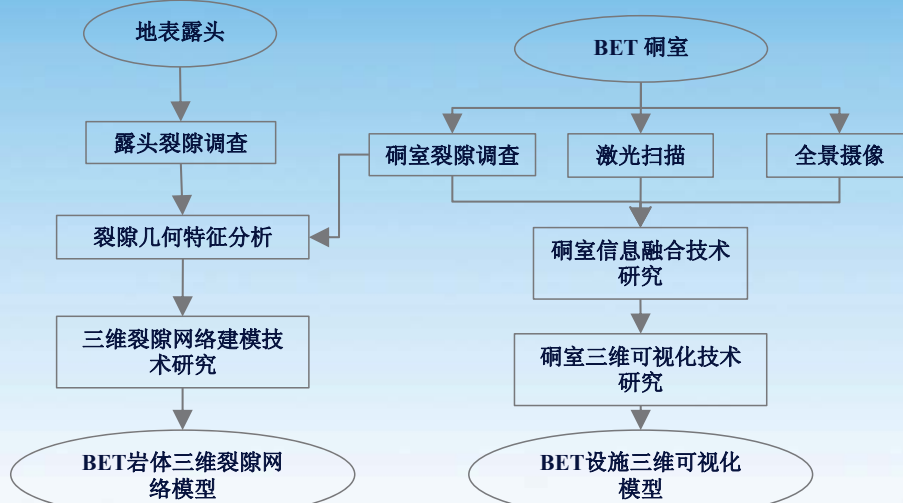
- 1) 开挖前和开挖后的钻孔取芯、岩芯编录和岩芯室内物理力学试验；
- 2) 开挖前和开挖后的超声波、钻孔电视、钻孔雷达探测；
- 3) 开挖期间和开挖后的微震和声发射在线监测。



## 研究目的

通过地表露头调查和洞室裂隙编录，改进裂隙调查方法，优化三维裂隙网络建模方法。借助三维激光扫描、实时摄像等技术，实现北山坑探设施三维可视化。

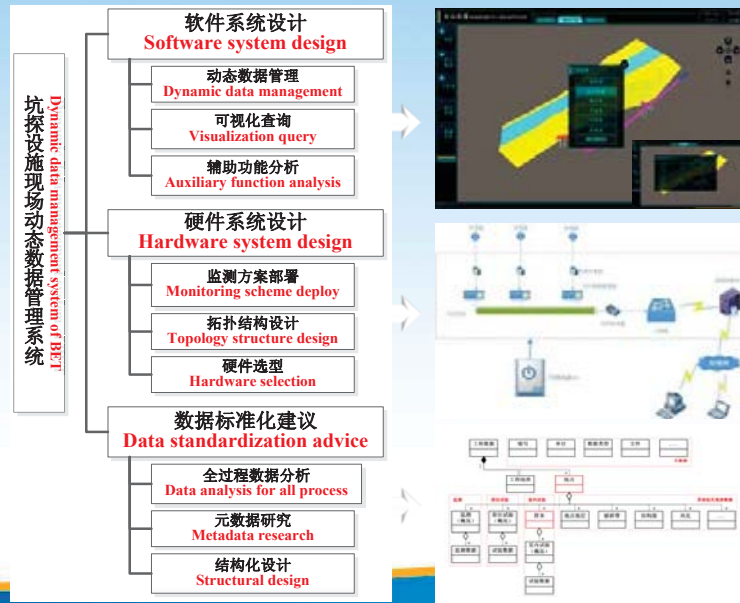
## 研究方案



## 研究目的

以北山坑探设施勘探信息、工程信息和试验数据的高效和规范化管理为目标，制订试验数据从产生到存储、交换的标准化方案，建立北山坑探设施动态数据管理系统，为地下实验室数据管理提供研究基础。

## 研究方案



# 工程最新进展





2015年6月26日 北山坑探设施开工



北山第一炮



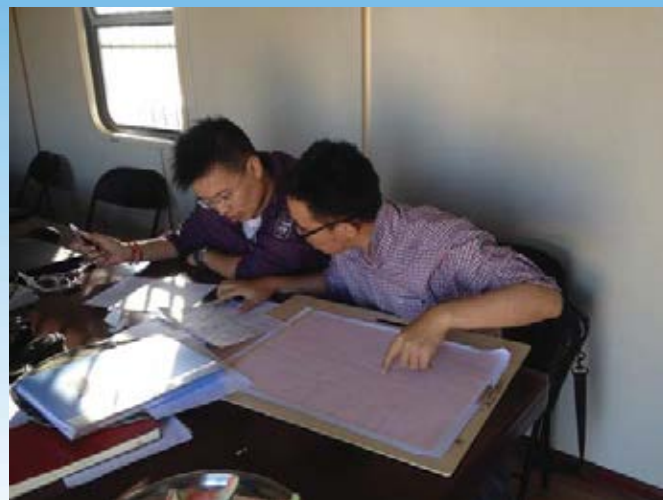
参研单位代表合影







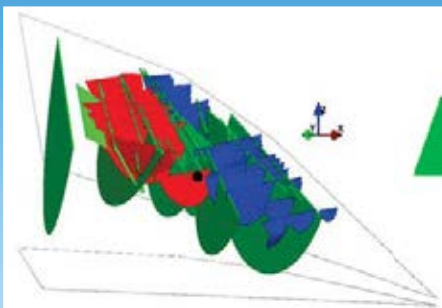
坑探设施硐口



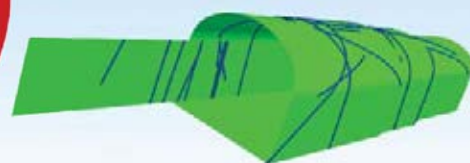
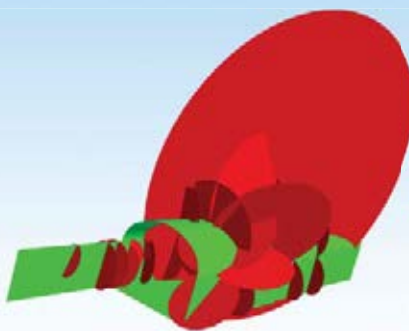
硐室裂隙编录







基于地表露头裂隙信息的三维裂隙建模



基于硐室迹线信息的三维裂隙建模



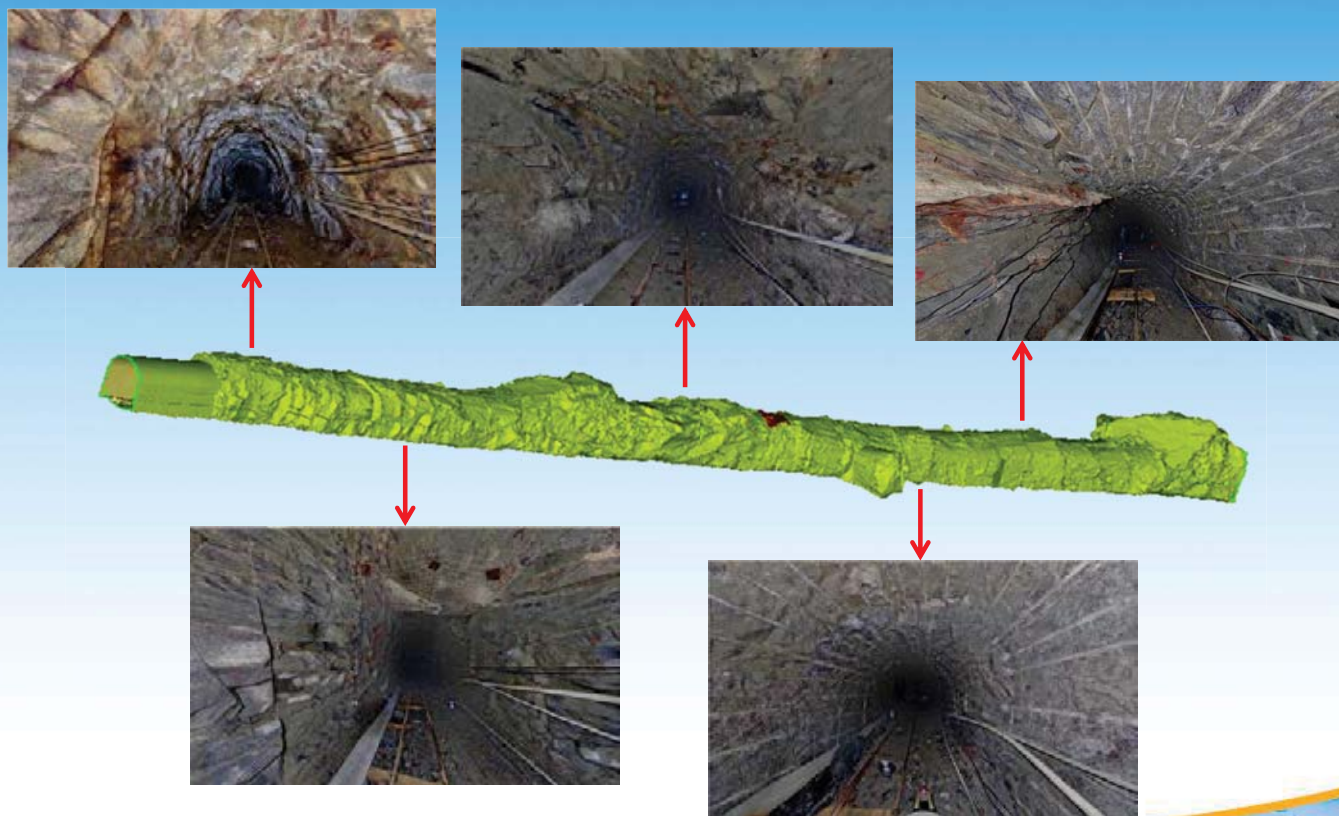
EDZ试验现场测量











已经获得斜坡道前83m的三维点云数据和彩色图像。



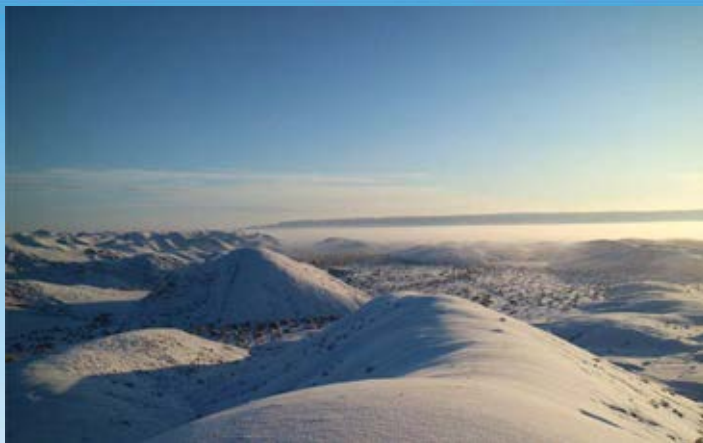






## 安全管理挑战：

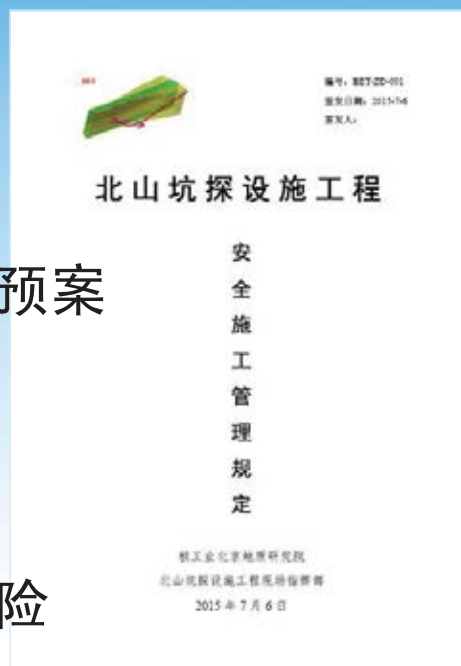
- 自然环境恶劣
- 交通极为不便
- 无通讯信号
- 工程地质条件复杂
- 穿插进行现场试验
- 安全管理要求高



## 《北山坑探设施工程安全施工管理规定》

### 参研单位职责

- 开展安全教育培训
- 做好现场试验风险辨识和安全预案
- 遵守现场安全管理规定
- 配备符合要求的防护用品
- 现场作业人员办理意外伤害保险



## 现场试验安全管理流程

核地研院  
指挥部

江核建项目部  
安全管理人员全程陪同



工程例会



安全培训



入井宣誓



潘院士接受安全告知





国际原子能机构专家来访



谢谢!

