



尾矿坝选址三维虚拟仿真实验

南京大学地球系统科学国家级虚拟仿真实验教学中心

2021年6月



提 纲

- 课程概况
- 实验内容
- 相关科研



提 纲

- **课程概况**
- **实验内容**
- **相关科研**

- 选址分析是在一定地理区域内为一个或多个项目落地对象选定位置，使某一指标或综合指标达到最优的过程，其实质是一个多因素综合决策最优化问题的求解过程。
- 尾矿坝选址可以着重考虑两个方面：尾矿库区选择和大坝选址。尾矿库区选择是选择最适宜建设尾矿库的区域（如山谷），大坝选址是在选择的库区内确定大坝的具体位置。
- 尾矿库区选择一般需要考虑以下因素：尾矿库下游方向无居民点、工矿企业、铁路干线、高速公路。避开地质断裂带、滑坡等地质灾害区域。尾矿坝址靠近矿厂，并位于矿厂的下游方向。有足够的库容。库区山谷纵深要长，纵坡要缓。
- 根据山谷地形条件，兼顾库容和土方量，确定尾矿坝位置。坝顶高程要高于坝址的谷底高程、低于山脊高程。根据坝底、坝顶高程和三维地形估算出库容和土方量。根据每年尾矿排放量和尾矿库库容，评估大坝选址方案的合理性。



教学目标

- **巩固地理空间数据采集的基础知识。** 通过仿真库区空间数据采集全过程，宣传生态文明建设理念，引导学生认知空间数据采集的作业过程、仪器设备，学习地理空间数据采集、处理的原理和方法，训练空间数据处理的实践技能，提高学生生态文明意识。
- **掌握数字三维场景构建的基本技能。** 引导学生了解三维场景构建流程，学习三维场景构建的知识和方法，让学生自主体验学习相关参数设置对三维场景构建结果的影响，充分了解环境保护和国土安全的重要性。
- **培养虚拟仿真三维选址分析的能力。** 学习三维选址分析的原理，掌握各种地理环境要素对库区、尾矿坝选址的影响，熟悉三维选址分析的过程和方法，培养学生的科学思维、自主学习能力以及资源保护和国土安全意识。

教学设计

■ 设计了野外实践、地理信息、虚拟现实相结合的实验

- ▶ 打造“沉浸式、交互式、网络化”的虚拟三维场景，用虚拟场景模拟解决现实问题
- ▶ 虚拟与现实、理论与实践融合的实验设计模式，加深了对GIS专业理论的掌握

■ 提出了任务驱动式和自由探索式融合的情景教学方法

- ▶ 采用案例式教学，注重通过多种媒介辅助知识讲解，激发学生自由探索学习
- ▶ 嵌入容错机制，引导学生自行纠错，促进学生从被动接受知识到主动学习的转变

■ 构建了贯彻OBE教学理念的虚拟仿真实验动态评价体系

- ▶ 以学生能力培养为导向强化过程考核，动态客观考查学生
- ▶ 根据学生和教师的反馈意见，持续改进系统的考核评价体系

实验的必要性和实用性

■ 必要性

- 尾矿坝通常位于复杂地形、高危或极端环境地区，选址难度大
- 尾矿坝选址实地踏勘范围大，选址成本高、消耗大
- 尾矿坝定址后难以重新规划选址，属于不可逆操作

■ 实用性

- 以实际需求为驱动，三维可视复杂地理环境，夯实学生空间分析技能
- 以科学问题为导引，借助地理虚拟仿真技术，培养学生综合创新能力
- 以生态建设为目标，面向国家需求开展教研，培育学生服务社会意识



实验的合理性和先进性

■ 教学设计合理性

- 依托国家重点研发计划项目，设计创新实验教学课程内容
- 面向问题培养综合分析能力，建设高阶虚拟仿真实验资源
- 由易到难地设计循序渐进实验，适度提高实验学习挑战难度

■ 实验系统先进性

- 虚拟仿真技术、地理信息技术与野外实践深度融合
- 数字三维真实场景，提供了可重复的实验和验证过程
- 前沿科研成果直接支撑任务驱动和自由探究实验



提 纲

- 课程概况
- 实验内容
- 相关科研

实验区



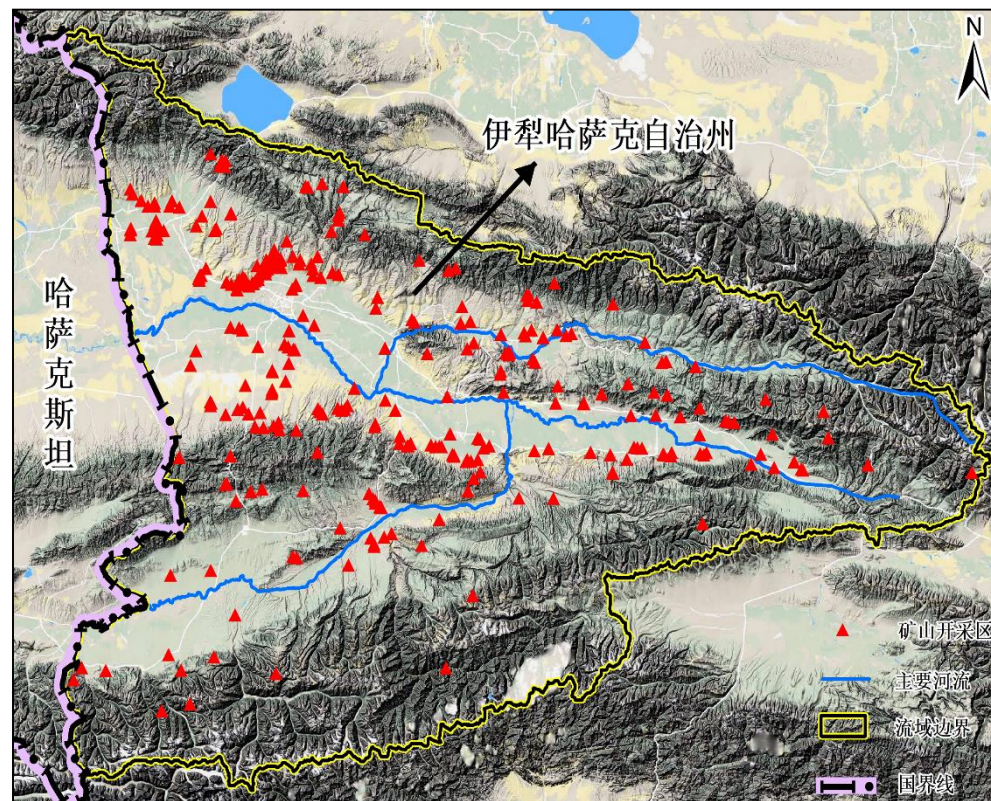
- 伊犁河是西北流量最大的国际河流，流域矿产丰富
- 矿产开发活动增加，大量尾矿堆积，尾矿溢出威胁下游生态环境，尾矿坝为尾矿阻拦的坝体构筑物
- 合理的空间选址成为保障尾矿库安全的关键，但尾矿坝选址成本高、消耗高、环境高危、操作不可逆



伊犁河



尾矿坝



伊犁河流域尾矿库分布示意图

实验系统架构



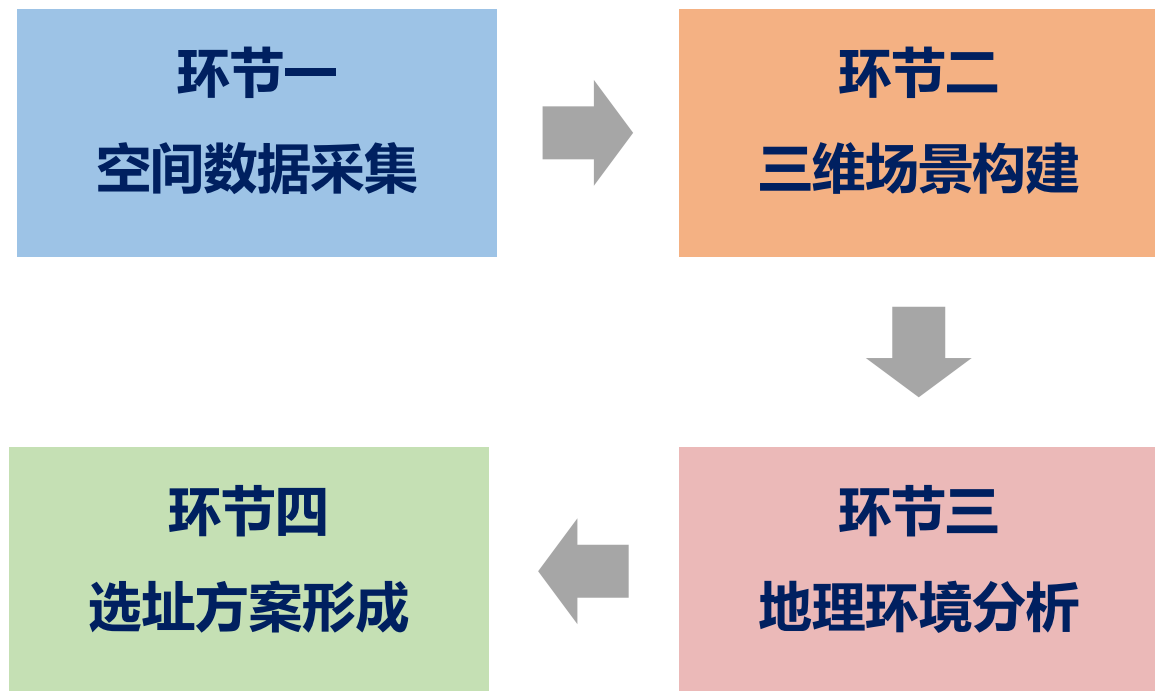


实验教学方法

- **观察法：包括采集设备认知、地理环境分析等**
- **控制变量法：主要用于无人机航线设计**
- **自主设计法：主要运用于库区三维场景构建、安全邻域分析和几何校正**
- **比较法：主要运用于点云数据滤波和重采样**
- **试错法：实验中选择大坝位置并进行安全评估**

实验教学过程

尾矿坝选址三维虚拟仿真实验 (四个环节19个步骤)



尾矿坝选址三维虚拟仿真实验

课程背景	实验背景、目的、流程	1、实验背景:	2、实验目的:	3、实验流程:
尾矿坝选址三维虚拟仿真相关介绍		以尾矿库坝体选址真实案例为驱动, 依托真实观测数据, 全要素、全视角地展示选址过程。	通过虚拟与现实、理论与实践融合, 引导学生学习专业知识, 培养学生科学思维和创新能力。	新手引导→实验简介→空间数据采集→三维场景构建→地理环境分析→选址方案形成→实验报告与讨论。
实验环节	实验步骤	实验内容	实验方法	
空间数据采集	认知体验 + 综合设计 采集设备认知 无人机航线设计 空间数据采集 数据几何校正 遥感影像拼接	• 认知无人机、LiDAR等仪器设备 • 设计无人机航线 • 采集光学遥感影像和LiDAR点云数据 • 去除光学遥感影像几何畸变 • 拼接光学遥感影像数据	观察法 模型法 控制变量法 自主设计法	
三维场景构建	综合设计 点云数据滤波 点云数据重采样 DEM建立 三维场景构建	• 区分点云数据地形点和非地形点 • 重采样生成指定分辨率的点云数据 • 库区点云数据插值建立DEM • 参照遥感影像, 重构库区三维场景	模型法 比较法 观察法 自主设计法	
地理环境分析	探究实验 地理环境调查 矿厂与山谷距离量算 最大库容计算 山谷纵深量算 平均纵坡计算 汇水面积计算 库区位置选择	• 调查地质灾害点、气象、土壤和植被信息 • 量算矿厂到山谷的距离 • 计算山谷最大库容 • 量算山谷纵深 • 计算山谷平均纵坡 • 计算山谷汇水面积 • 根据调查信息, 选择库区位置	模型法 比较法 观察法 自主设计法	
选址方案形成	探究实验 安全邻域分析 尾矿坝位置确定 尾矿坝选址评估	• 设定缓冲区, 进行安全邻域分析 • 合理确定建坝位置 • 进行尾矿坝选址方案评估	试错法 自主设计法	
教学与操作				
报告与讨论	实验总结	1、综合实验报告: 基于实验的每一步操作, 形成综合的实验报告, 客观判断学生实验学习情况。 2、系统测试卷: 通过系统测试题, 进一步考核学生对实验涉及知识的掌握情况。 3、讨论区交流: 围绕课程学习、实验操作等, 学生可在讨论区自由发言。		
综合实验报告 系统测试卷 讨论区交流学习				

环节一：空间数据采集

■ 步骤1 采集设备认知

- 认识多旋翼无人机、GNSS、光学传感器、LiDAR传感器等设备



环节一：空间数据采集

步骤2 无人机航线设计

学习无人机航线设计原理、参数设置、无人机航线设计实验操作



无人航线设计

航线设置

航线标准设计参考

无人机最高航速	26米/秒
无人机最大飞行高度(相对高度)	120米
航向重叠度范围	56%~65%
旁向重叠度范围	13%~35%

无人机飞行相对高度-地面分辨率参考表	
相对航高	地面分辨率
8米	0.5米
16米	1米
32米	2米
48米	3米
64米	4米
80米	5米

生成航线



无人航线设计

航线设置

航线标准设计参考

无人机最高航速	26米/秒
无人机最大飞行高度(相对高度)	120米
航向重叠度范围	56%~65%
旁向重叠度范围	13%~35%

无人机飞行相对高度-地面分辨率参考表	
相对航高	地面分辨率
8米	0.5米
16米	1米
32米	2米
48米	3米
64米	4米
80米	5米

保存航线

环节一：空间数据采集

■ 步骤3 空间数据采集

- 使用无人机分别采集光学遥感数据、LiDAR点云数据



环节一：空间数据采集

步骤4 数据几何校正

学习利用仿射变换进行遥感影像畸变的几何校正



环节一：空间数据采集

■ 步骤5 遥感影像拼接

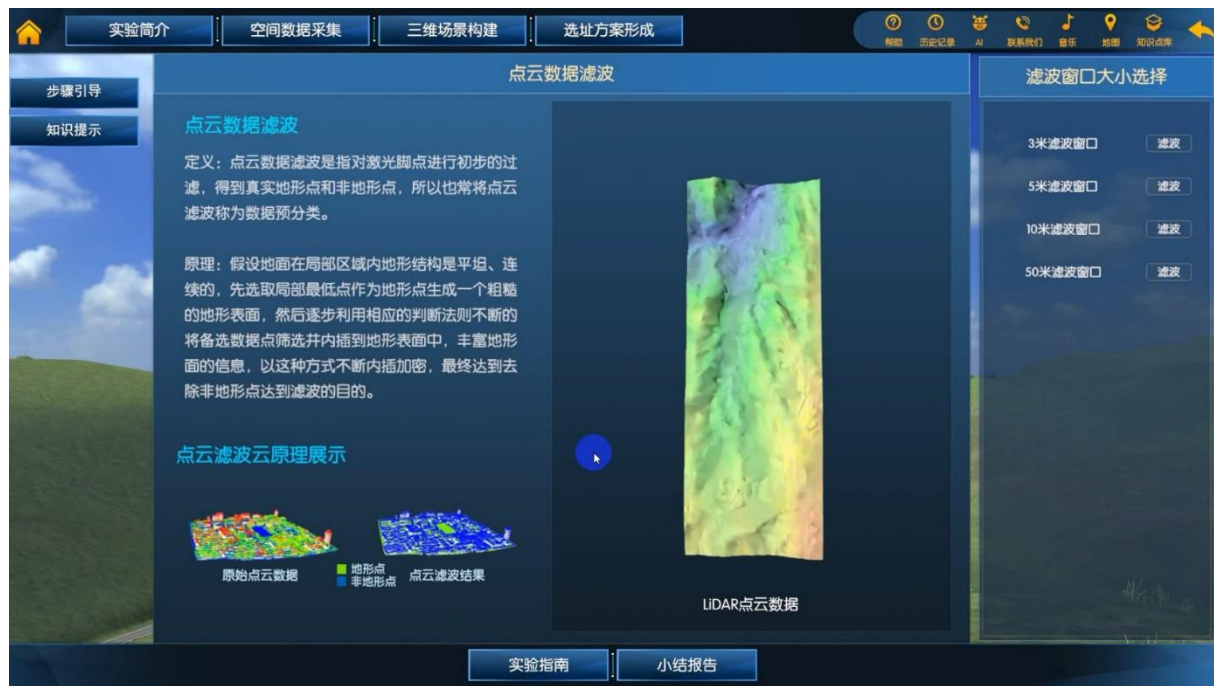
- 学习数据裁切和拼接原理，进行遥感数据和LiDAR点云重叠数据裁切



环节二：三维场景构建

步骤6 点云数据滤波

依据输入的滤波窗口参数，提取地形特征点和地物特征点



实验简介 | 空间数据采集 | 三维场景构建 | 选址方案形成

帮助 | 历史记录 | AI | 联系我们 | 音乐 | 地图 | 知识库

步骤引导 | 知识提示

点云数据滤波

定义：点云数据滤波是指对激光脚点进行初步的过滤，得到真实地形点和非地形点，所以也常将点云滤波称为数据预分类。

原理：假设地面在局部区域内地形结构是平坦、连续的，先选取局部最低点作为地形点生成一个粗糙的地形表面，然后逐步利用相应的判断法则不断的将备选数据点筛选并内插到地形表面中，丰富地形面的信息，以这种方式不断内插加密，最终达到去除非地形点达到滤波的目的。

点云滤波云原理展示

原始点云数据 | 地形点 | 非地形点 | 点云滤波结果

LIDAR点云数据

滤波窗口大小选择

3米滤波窗口

5米滤波窗口

10米滤波窗口

50米滤波窗口

实验指南 | 小结报告



实验简介 | 空间数据采集 | 三维场景构建 | 选址方案形成

帮助 | 历史记录 | AI | 联系我们 | 音乐 | 地图 | 知识库

步骤引导 | 知识提示

点云数据滤波

定义：点云数据滤波是指对激光脚点进行初步的过滤，得到真实地形点和非地形点，所以也常将点云滤波称为数据预分类。

原理：假设地面在局部区域内地形结构是平坦、连续的，先选取局部最低点作为地形点生成一个粗糙的地形表面，然后逐步利用相应的判断法则不断的将备选数据点筛选并内插到地形表面中，丰富地形面的信息，以这种方式不断内插加密，最终达到去除非地形点达到滤波的目的。

点云滤波云原理展示

原始点云数据 | 地形点 | 非地形点 | 点云滤波结果

50米滤波效果图

保存数据

滤波窗口大小选择

3米滤波窗口

5米滤波窗口

10米滤波窗口

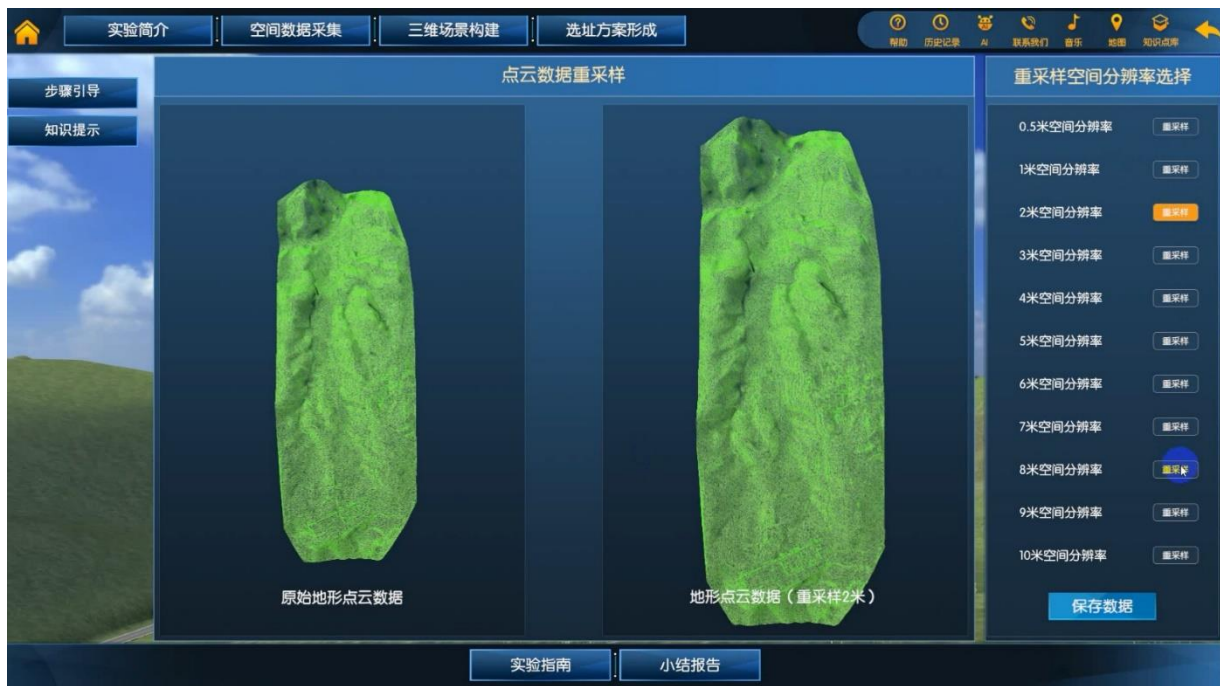
50米滤波窗口

实验指南 | 小结报告

环节二：三维场景构建

步骤7 点云数据重采样

调节空间分辨率，生成不同空间分辨率的点云数据



环节二：三维场景构建

步骤8 DEM建立

- 对点云数据，选择空间分辨率，建立尾矿库区DEM



环节二：三维场景构建

■ 步骤9 三维场景构建

- 动态添加、删除地物等场景要素，人机交互构建尾矿库区三维场景



环节三：地理环境分析

步骤10 地理环境调查

在三维尾矿库区场景内，了解区域的降水、土壤、气温和地质灾害点等地理环境要素



环节三：地理环境分析

步骤11 矿厂与山谷距离量算

测量矿厂到各个山谷之间的距离

实验简介 | 空间数据采集 | 三维场景构建 | 选址方案形成

帮助 | 历史记录 | AI | 联系我们 | 音乐 | 地图 | 知识库

步骤引导 | 知识提示

测距 | 土壤 | 降雨 | 气温

库区地形分析

矿厂与山谷距离量算

山谷最大库容计算

山谷纵深量算

平均纵坡计算

汇水面积计算



数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)				
最大库容 (万立方米)				
山谷纵深 (米)				
平均纵坡 (%)				
汇水面积 (平方公里)				

记录数据 | 下一步

实验指南 | 小结报告 | 记录表

实验简介 | 空间数据采集 | 三维场景构建 | 选址方案形成

帮助 | 历史记录 | AI | 联系我们 | 音乐 | 地图 | 知识库

步骤引导 | 知识提示

测距 | 土壤 | 降雨 | 气温

库区地形分析

矿厂与山谷距离量算

山谷最大库容计算

山谷纵深量算

平均纵坡计算

汇水面积计算



数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)		153	516	890
最大库容 (万立方米)				
山谷纵深 (米)				
平均纵坡 (%)				
汇水面积 (平方公里)				

记录数据 | 下一步

实验指南 | 小结报告 | 记录表

环节三：地理环境分析

步骤12 最大库容计算

计算各个山谷的最大库容



库区地形分析

距离量算

山谷	A山谷	B山谷	C山谷
数据			
矿厂与山谷距离 (米)			
最大库容 (万立方米)			
山谷纵深 (米)			
平均纵坡 (%)			
汇水面积 (平方公里)			



库区地形分析

最大库容计算

山谷	A山谷	B山谷	C山谷
数据			
矿厂与山谷距离 (米)	153	516	890
最大库容 (万立方米)	16648	6159	9297
山谷纵深 (米)			
平均纵坡 (%)			
汇水面积 (平方公里)			

环节三：地理环境分析

步骤13 山谷纵深量算

量算各个山谷的山谷纵深



库区地形分析

山谷纵深量算

数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)				
最大库容 (万立方米)				
山谷纵深 (米)				
平均纵坡 (%)				
汇水面积 (平方公里)				



库区地形分析

山谷纵深量算

数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)		153	516	890
最大库容 (万立方米)		16648	6159	9297
山谷纵深 (米)		1672	1479	1614
平均纵坡 (%)				
汇水面积 (平方公里)				

环节三：地理环境分析

步骤14 平均纵坡计算

量算各个山谷的平均纵坡



库区地形分析

数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)				
最大库容 (万立方米)				
山谷纵深 (米)				
平均纵坡 (%)				
汇水面积 (平方公里)				



库区地形分析

数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)		153	516	890
最大库容 (万立方米)		16648	6159	9297
山谷纵深 (米)		1672	1479	1614
平均纵坡 (%)		14.3	14.4	14.0
汇水面积 (平方公里)				

环节三：地理环境分析

步骤15 汇水面积计算

计算各个山谷的汇水面积

实验简介 | 空间数据采集 | 三维场景构建 | 选址方案形成

步骤引导 | 知识提示

测距 | 土壤 | 降雨 | 气温

库区地形分析

矿厂与山谷距离量算

山谷最大库容计算

山谷纵深量算

平均纵坡计算

汇水面积计算



数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)				
最大库容 (万立方米)				
山谷纵深 (米)				
平均纵坡 (%)				
汇水面积 (平方公里)				

记录数据 | 下一步

实验指南 | 小结报告 | 记录表

实验简介 | 空间数据采集 | 三维场景构建 | 选址方案形成

步骤引导 | 知识提示

测距 | 土壤 | 降雨 | 气温

库区地形分析

矿厂与山谷距离量算

山谷最大库容计算

山谷纵深量算

平均纵坡计算

汇水面积计算



数据	山谷	A山谷	B山谷	C山谷
矿厂与山谷距离 (米)		153	516	890
最大库容 (万立方米)		16648	6159	9297
山谷纵深 (米)		1672	1479	1614
平均纵坡 (%)		14.3	14.4	14.0
汇水面积 (平方公里)		1.14	0.64	0.89

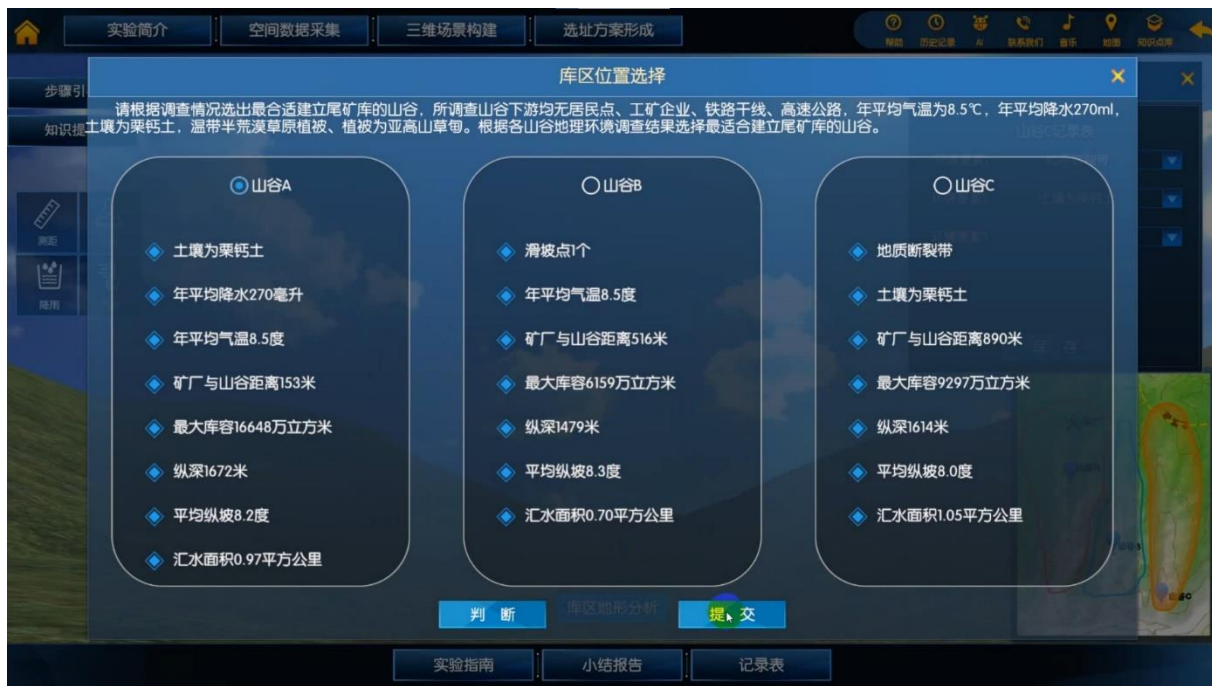
记录数据 | 下一步

实验指南 | 小结报告 | 记录表

环节三：地理环境分析

步骤16 库区位置选择

展示山坡、山谷调查信息，初步判定尾矿库区待选位置的合理性



库区位置选择

请根据调查情况选出最合适建立尾矿库的山谷，所调查山谷下游均无居民点、工矿企业、铁路干线、高速公路，年平均气温为8.5℃，年平均降水270ml，土壤为栗钙土，温带半荒漠草原植被、植被为亚高山草甸。根据各山谷地理环境调查结果选择最适合建立尾矿库的山谷。

山谷A	山谷B	山谷C
<ul style="list-style-type: none">土壤为栗钙土年平均降水270毫升年平均气温8.5度矿厂与山谷距离153米最大库容16648万立方米纵深1672米平均纵坡8.2度汇水面积0.97平方公里	<ul style="list-style-type: none">滑坡点1个年平均气温8.5度矿厂与山谷距离516米最大库容6159万立方米纵深1479米平均纵坡8.3度汇水面积0.70平方公里	<ul style="list-style-type: none">地质断裂带土壤为栗钙土矿厂与山谷距离890米最大库容9297万立方米纵深1614米平均纵坡8.0度汇水面积1.05平方公里

判断 提交



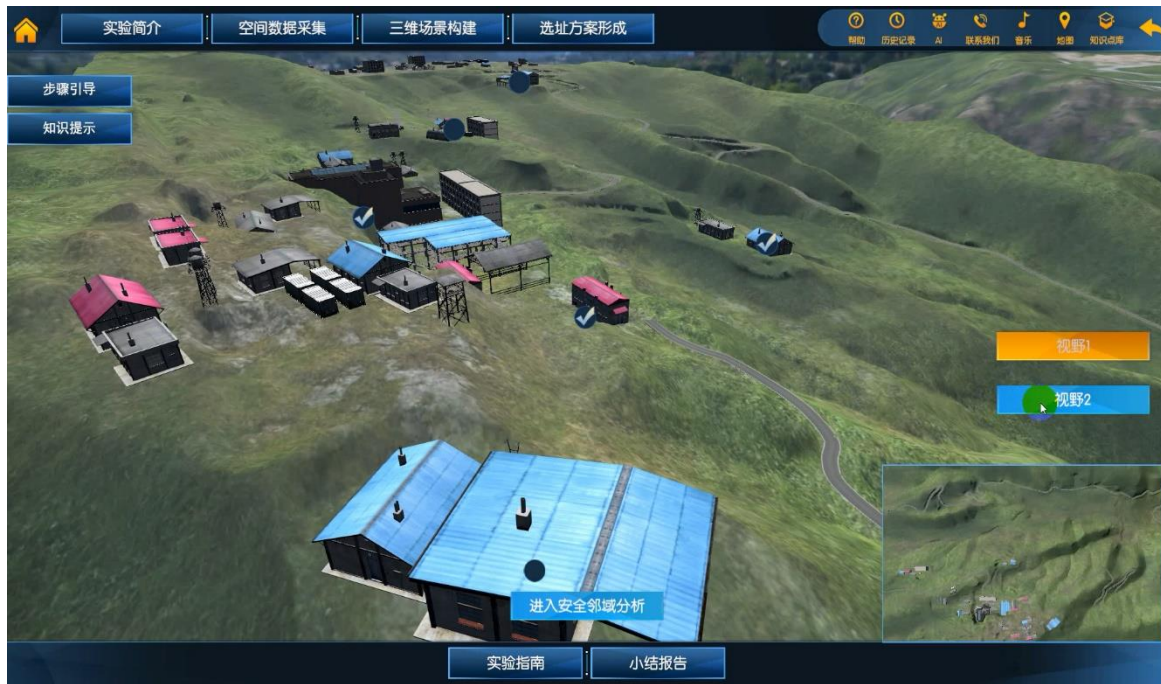
恭喜你选择正确

下一步

环节四：选址方案形成

■ 步骤17 安全邻域分析

- 对重要地理要素（如河流、房屋等）做缓冲区分析，观察其安全邻域



环节四：选址方案形成

■ 步骤18 尾矿坝位置确定

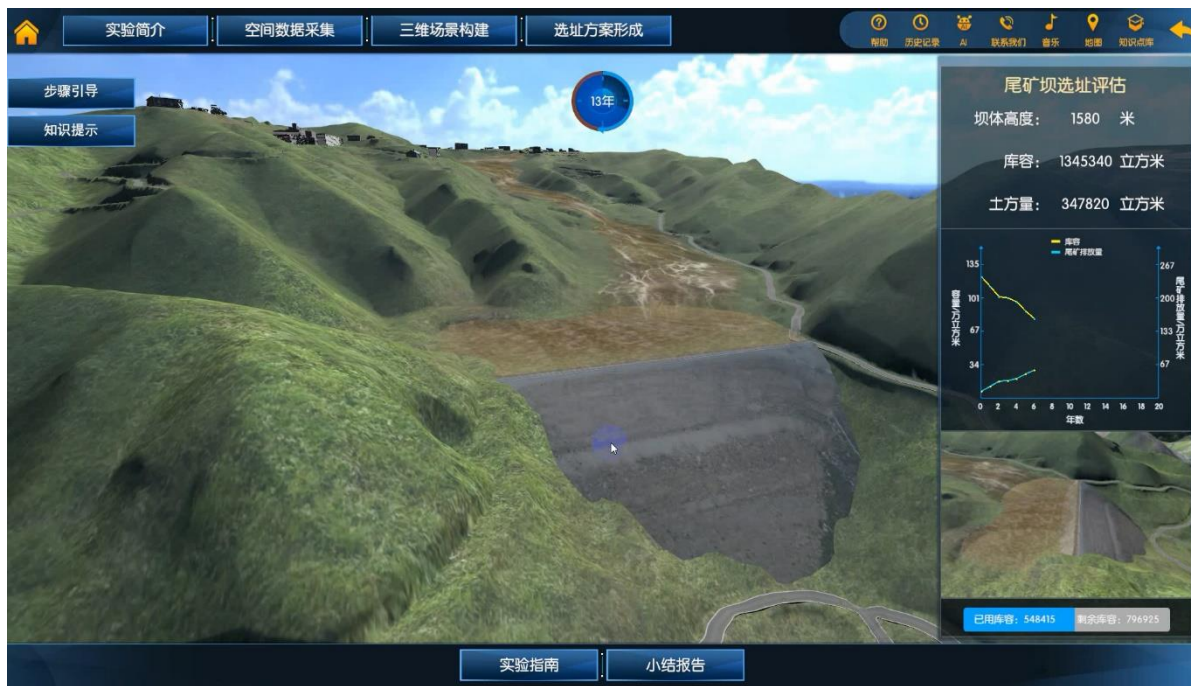
- 输入坝体位置、坝高等参数，计算库容和大坝建造土方量，通过比较选择尾矿坝位置



环节四：选址方案形成

步骤19 尾矿坝选址评估

依据尾矿年排放量，科学评估多目标尾矿坝选址的适用性



尾矿坝选址评估

坝体高度: 1580 米
库容: 1345340 立方米
土方量: 347820 立方米

尾矿年排放量

年数	尾矿年排放量 (立方米)
0	135
2	101
4	67
6	34
8	0
10	0
12	0
14	0
16	0
18	0
20	0

已用库容: 548415 剩余库容: 796925



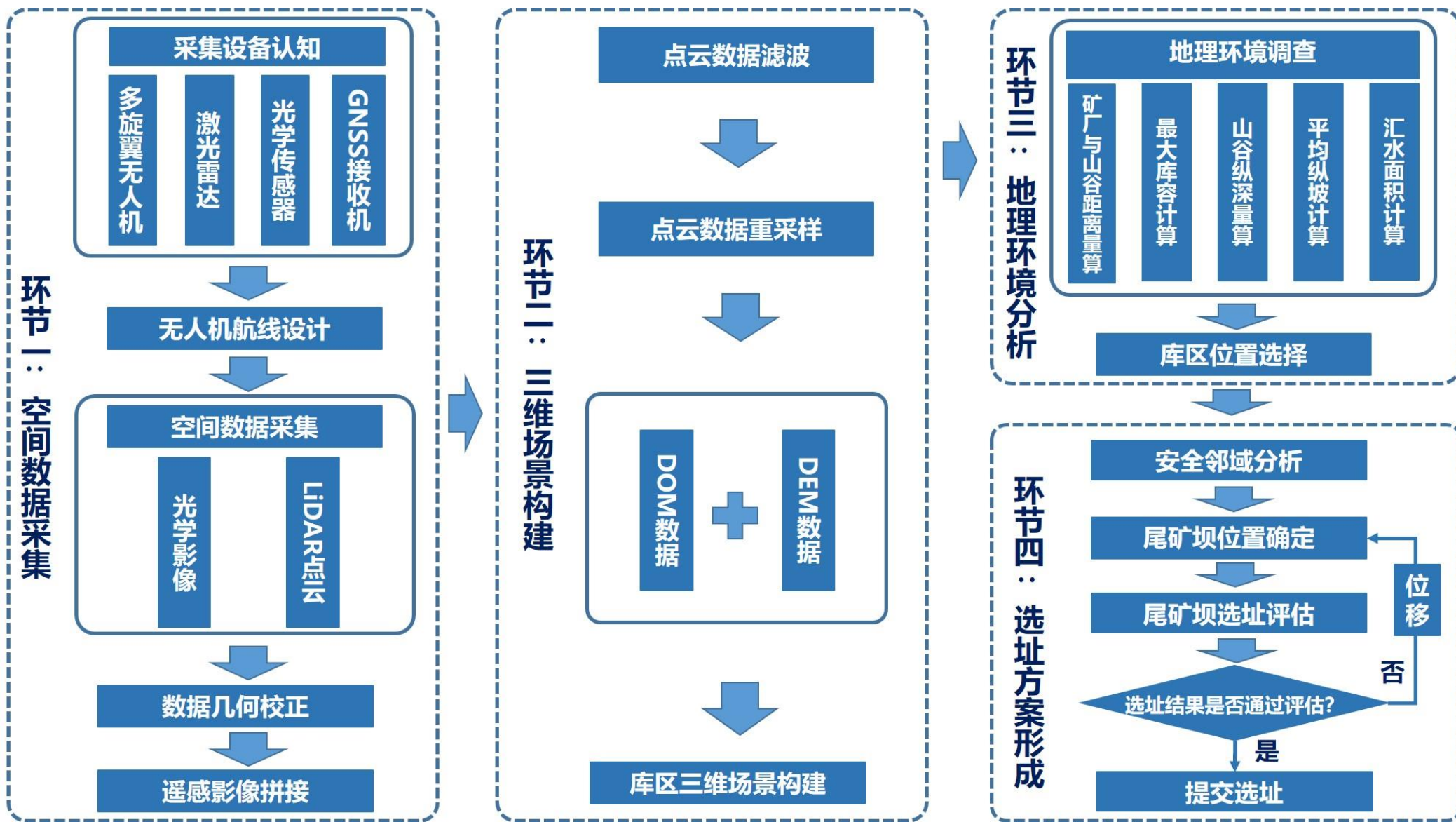
选址方案确定

所调查山谷下游均无居民点、工矿企业、铁路干线、高速公路，年平均气温为8.5℃，年平均降水270ml，土壤为栗钙土，温带半荒漠草原植被、植被为亚高山草甸。根据各山谷地理环境调查结果选择最适合建立尾矿库的山谷。

选址编号	评估结果	谷底高程(米)	坝顶高程(米)	库容(立方米)	土方量(立方米)
选址编号2	评估失败	1551	1580	1345340	347820
选址编号5	评估成功	1552	1590	2607195	330855
选址编号6	评估成功	1552	1588	2307497	342018

继续选址 提交方案

实验教学过程回顾

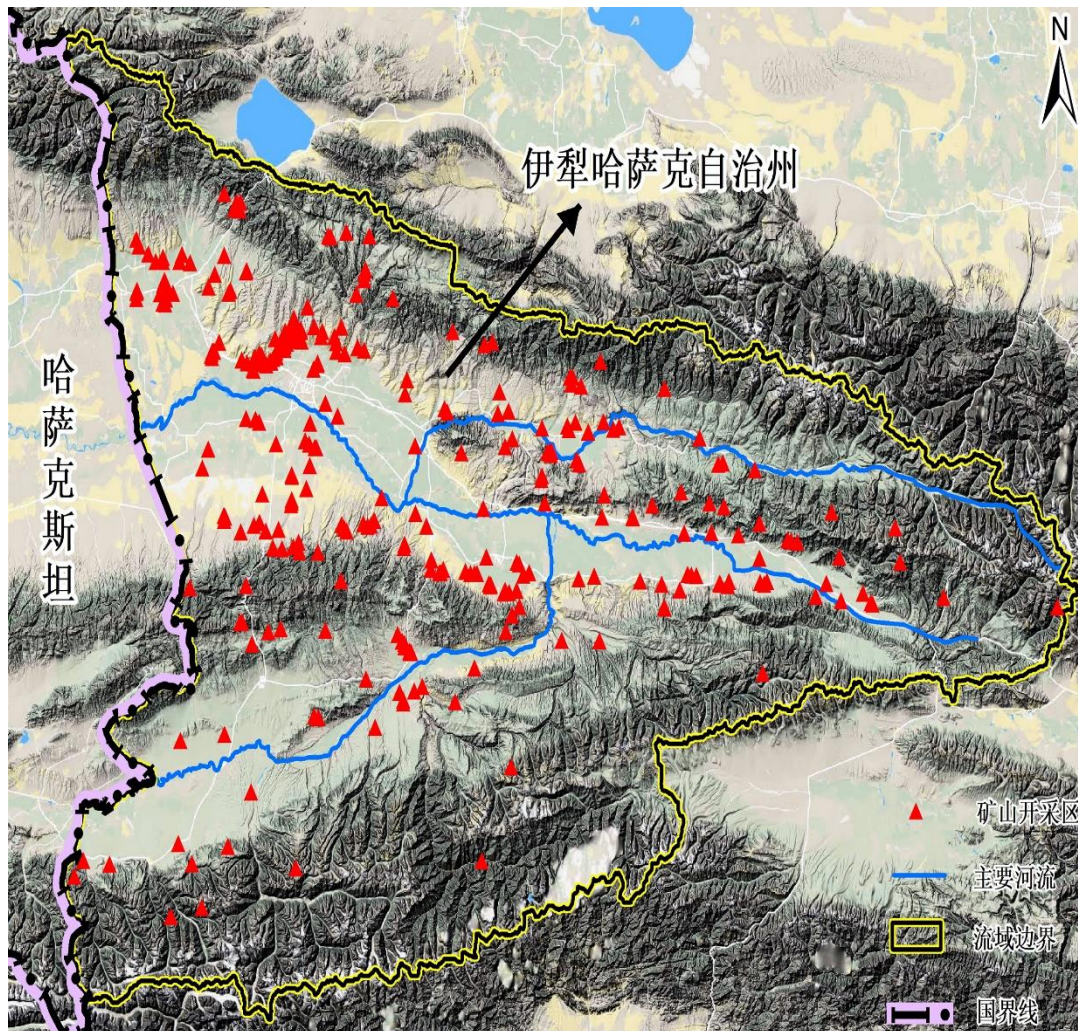




提 纲

- 课程概况
- 实验内容
- 相关科研

尾矿坝安全监测与应急响应



伊犁河尾矿:

- 高放射性铀
- 剧毒氰化钾

触发条件

堤坝溃决

河湖灾难

中哈关系

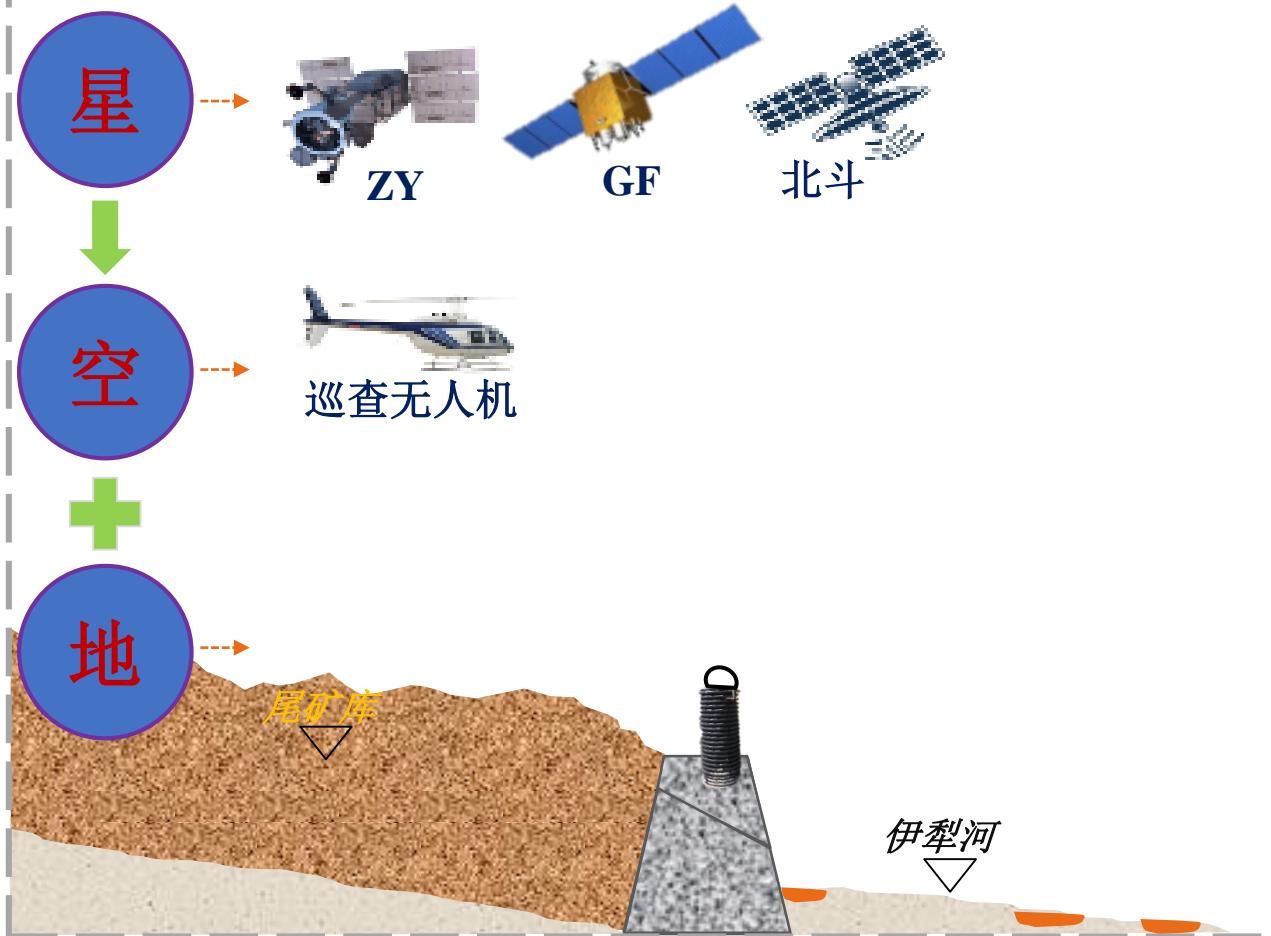
监测、预警、应急响应

应急响应时间 < 2小时

尾矿坝安全监测与应急响应



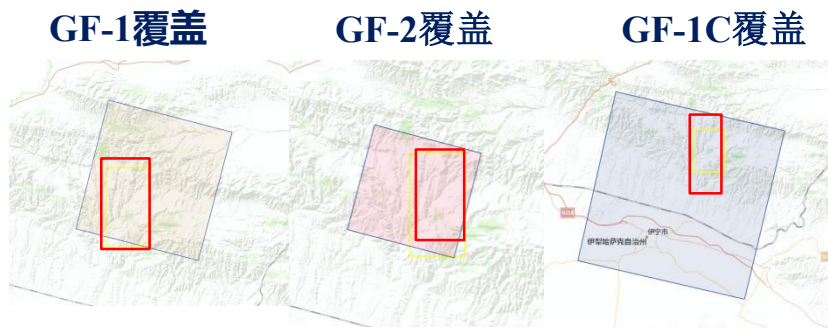
尾矿库坝安全多源遥感协同立体常态监测



尾矿坝安全监测与应急响应

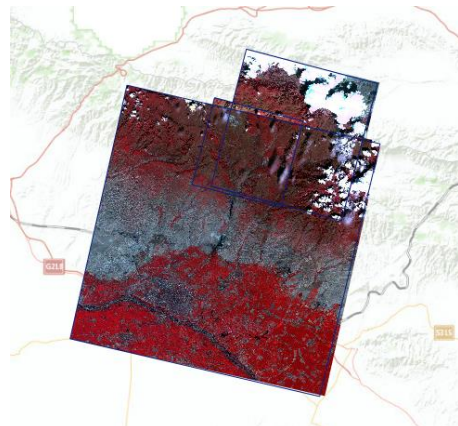
多源国产卫星协同观测

- ✓ 制定了AX金矿多星遥感拍摄方案
- ✓ 优化设计方案包括GF-1、GF-2、GF-1C等国产卫星

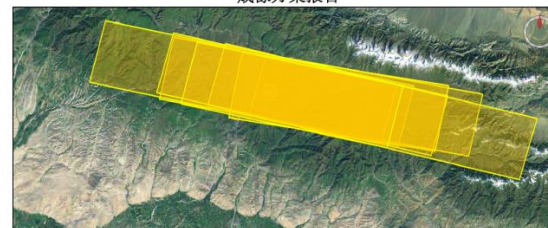


AX金矿多源卫星遥感影像覆盖 (2019年)

GF-1、GF-2、GF-1C
遥感影像 (2019年)



成像方案报告



详细信息										
总覆盖率: 100.00% 方案创建时间: 2019-07-24 16:39:40										
卫星	传感器	左右侧摆	前后侧摆	成像模式	波束	升降轨	左右视	起始时间	结束时间	覆盖率 (%)
GF-1B	CCD	6.50	0.00	MS	-	降	-	2019-08-05 13:44:02	2019-08-05 13:44:04	100.00
GF-1B	CCD	6.50	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-05 13:44:02	2019-08-05 13:44:04	100.00
GF-1D	CCD	-7.00	0.00	MS	-	降	-	2019-08-04 13:52:29	2019-08-04 13:52:31	100.00
GF-1D	CCD	-7.00	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 13:52:29	2019-08-04 13:52:31	100.00
ZY-1 02C	P/MS	-8.90	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 13:13:34	2019-08-04 13:13:36	100.00
ZY-1 02C	P/MS	-8.90	0.00	MS	-	降	-	2019-08-04 13:13:34	2019-08-04 13:13:36	100.00
ZY-1 02C	HR	-9.25	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 13:13:34	2019-08-04 13:13:36	100.00
ZY-03	TDI CCD2	15.85	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 15:08:12	2019-08-04 15:08:14	100.00
ZY-03	TDI CCD3	15.85	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 15:08:12	2019-08-04 15:08:14	100.00
ZY-03	TDI CCD1	15.85	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 15:08:12	2019-08-04 15:08:14	100.00
GF-1	CCD 2	-23.30	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 15:20:29	2019-08-04 15:20:31	100.00
GF-1	CCD 2	-23.30	0.00	MS	-	降	-	2019-08-04 15:20:29	2019-08-04 15:20:31	100.00
GF-2	CCD	-11.00	0.00	PAN	-	降	-	2019-08-04 14:00:52	2019-08-04 14:00:54	100.00
GF-2	CCD	-11.00	0.00	MS	-	降	-	2019-08-04 14:00:52	2019-08-04 14:00:54	100.00

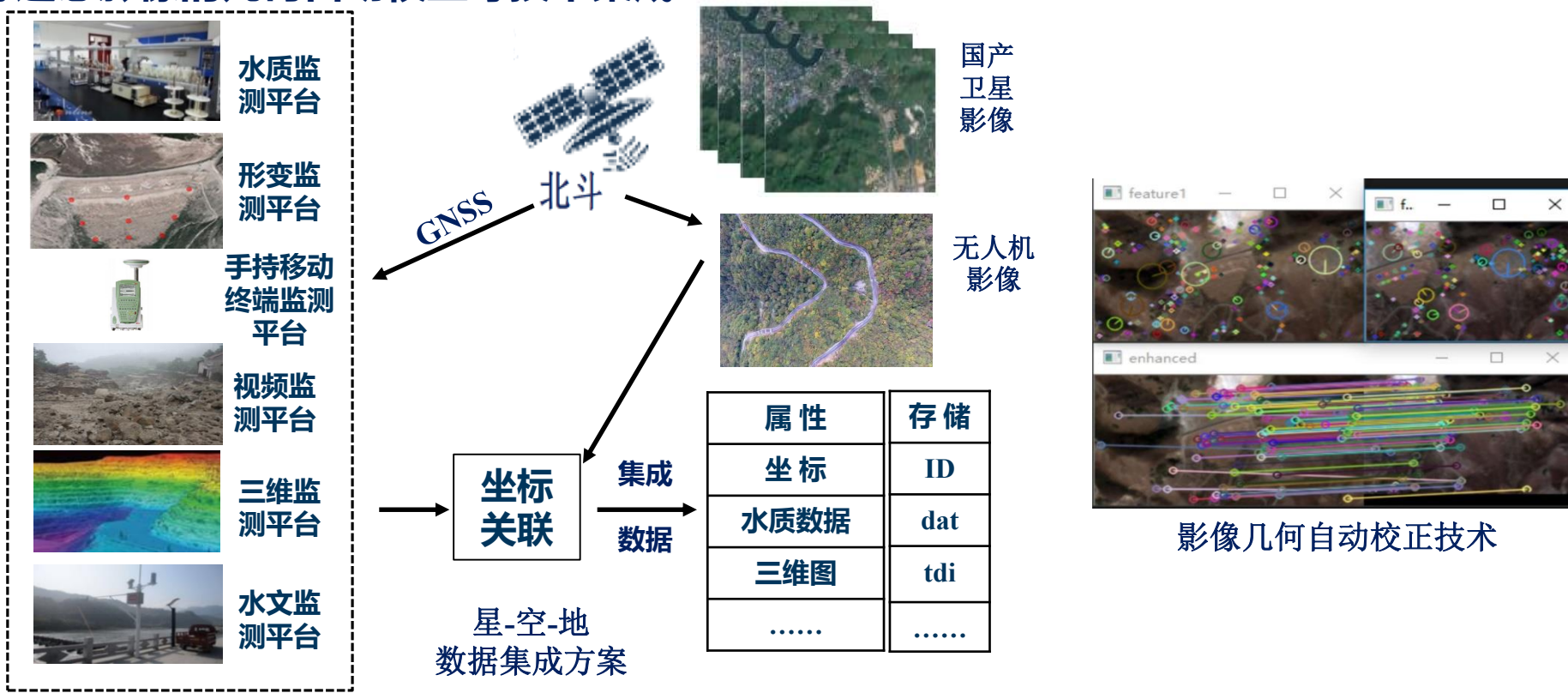
AX金矿多星联合成像规划方案 (2019年)



尾矿坝安全监测与应急响应

星-空-地遥感立体监测

- ✓ 提出了星-空-地多源数据的协同获取机制和集成方案
- ✓ 实现多源遥感影像的几何自动校正等技术集成



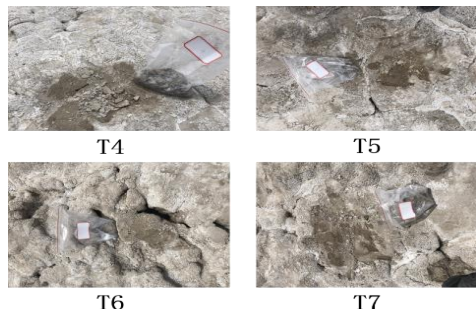
常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → 快速采集 → 实时处理 → 实时传输 → 辅助决策

尾矿坝安全监测与应急响应



地面观测

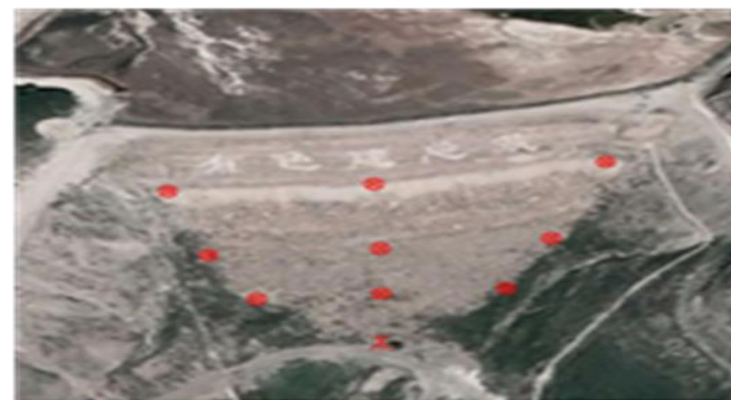
✓ 完成了矿区实地综合试验，实现控制点布设、三维激光扫描、尾矿光谱测量等



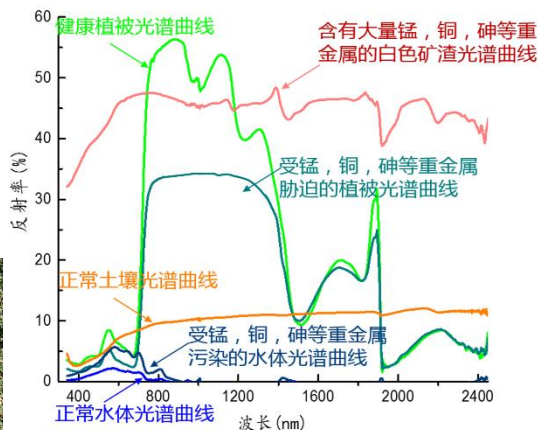
废渣及正常土壤采样



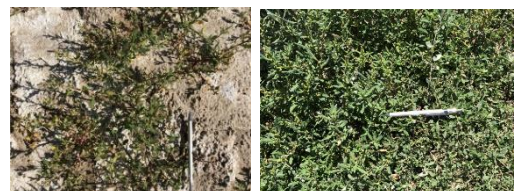
尾矿库区域控制点数据采集



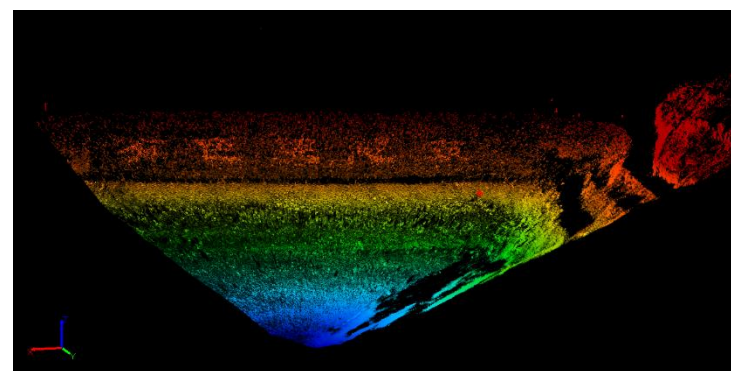
水体样本，污染区及未污染区



尾矿库区域典型地物光谱采集



植被采集，污染区及未污染区



矿坝正面三维激光点云数据

常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → 快速采集 → 实时处理 → 实时传输 → 辅助决策

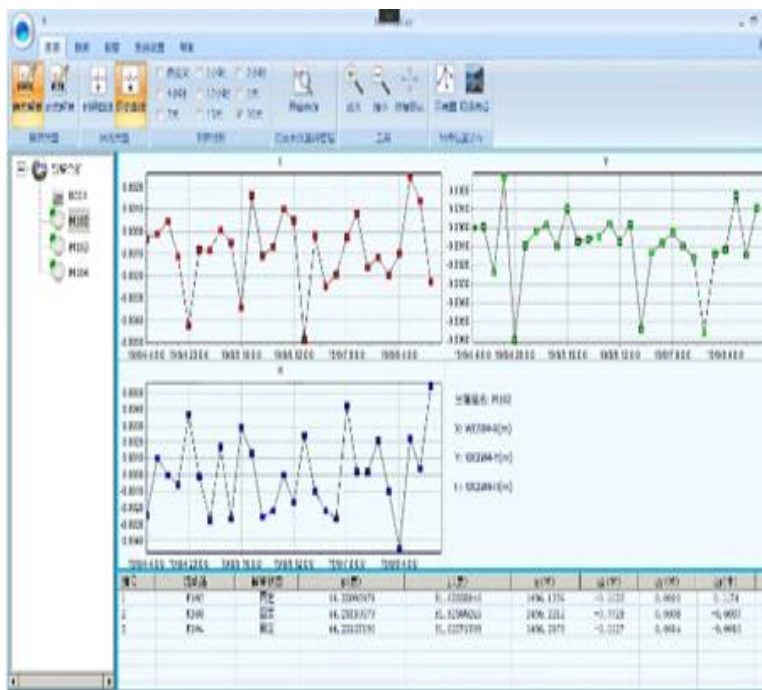
尾矿坝安全监测与应急响应

地面观测

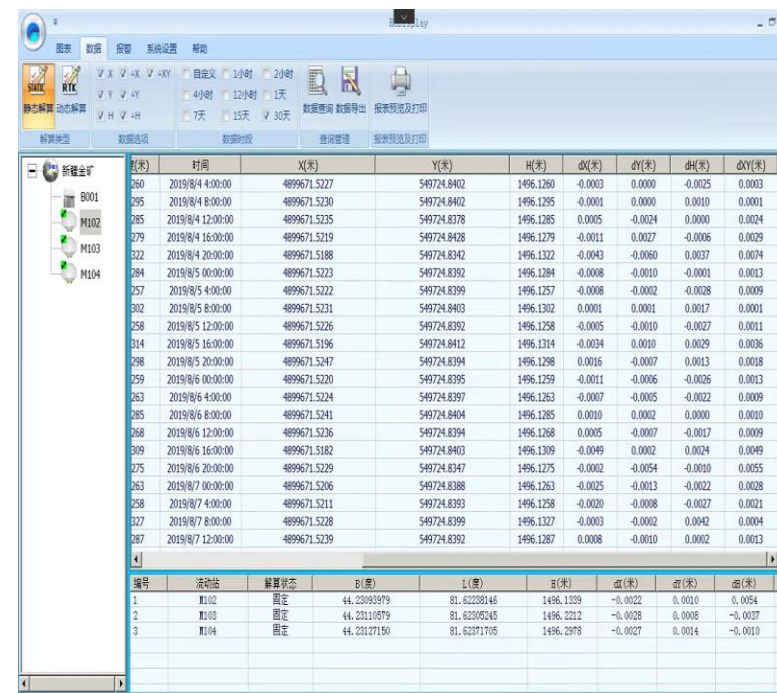
- ✓ 布设完成用于尾矿库坝体日常变形监测GNSS设备
- ✓ 变形监测系统软件运行平稳可靠，应用效果良好



尾矿库坝体变形监测设备（2019.07）



变形监测系统软件



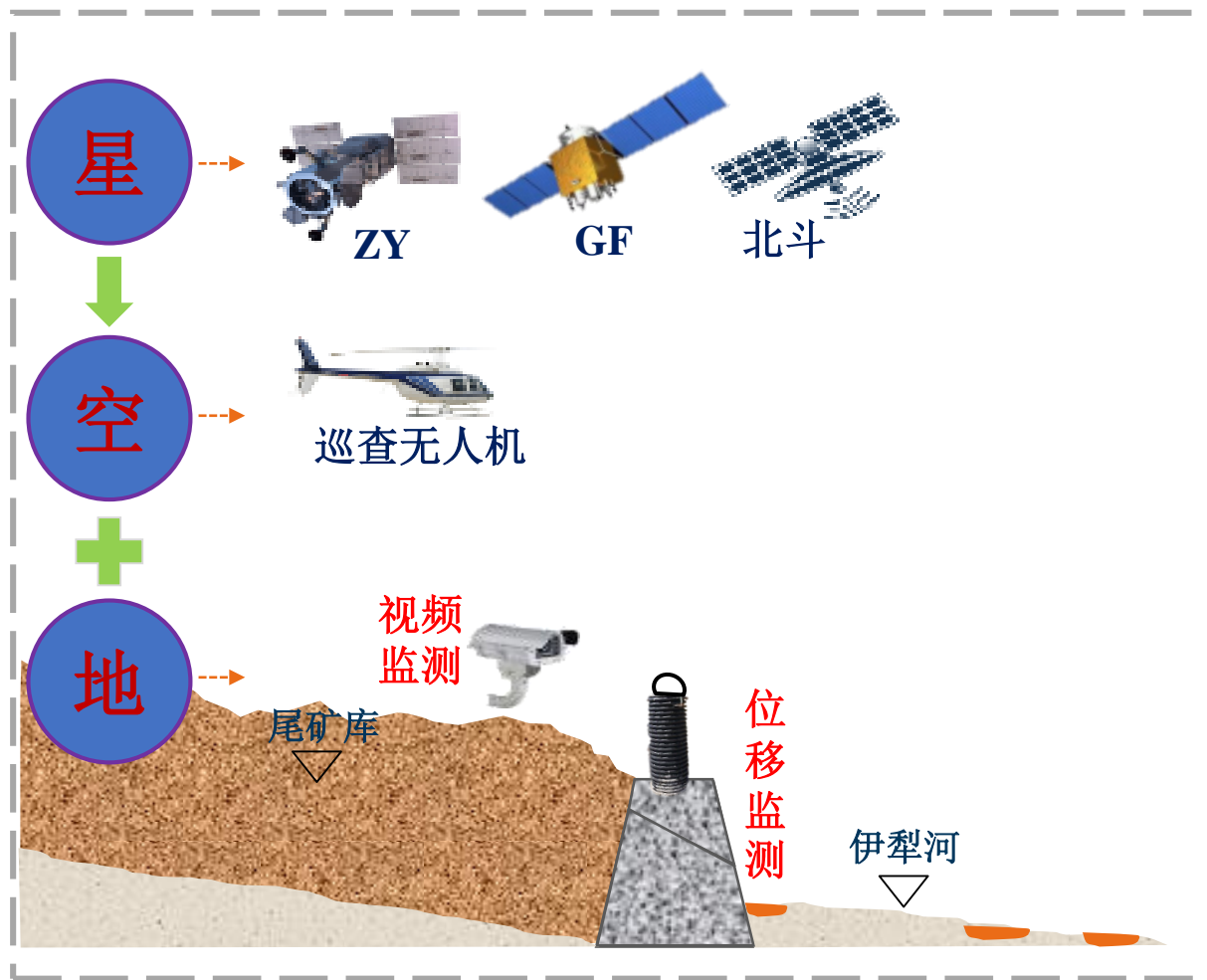
变形监测系统软件



尾矿坝安全监测与应急响应



警情预报



尾矿库坝体



尾矿

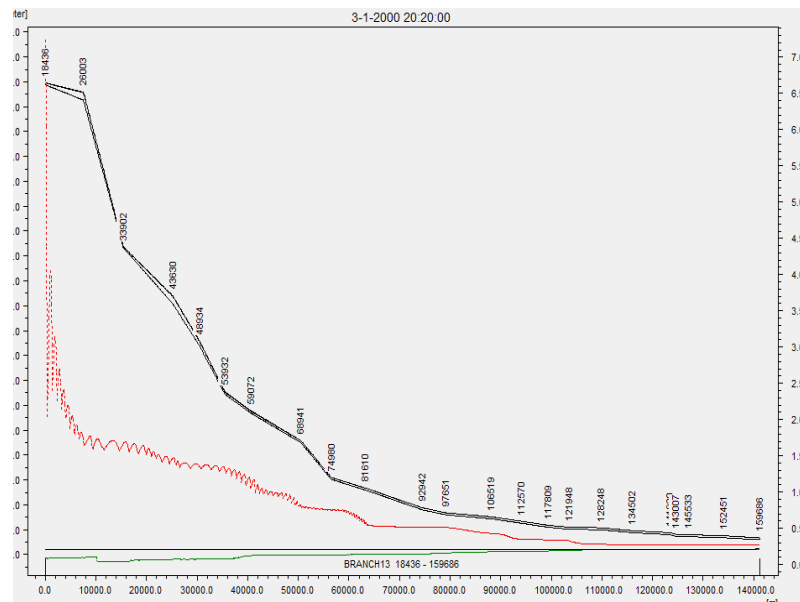
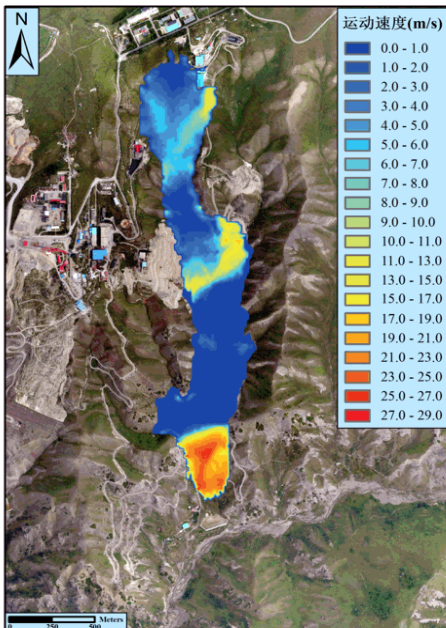
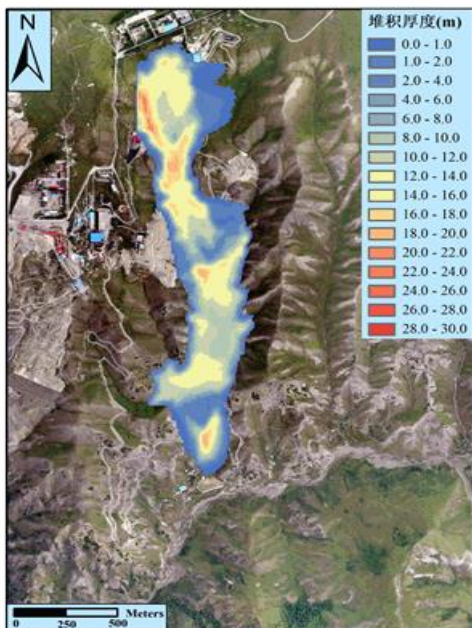
常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → 快速采集 → 实时处理 → 实时传输 → 辅助决策

国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

尾矿坝安全监测与应急响应

警情预报

- ✓ 分析AX金矿尾矿库堆积形态动态变化，模拟溃坝运动及洪水沿河道演进过程
- ✓ AX金矿溃坝泄洪量3000 m³ 情景下，溃坝洪峰将于2.5小时后到达AX河下游水库，7小时到达伊犁河干流，53小时到达出境口



溃坝模拟

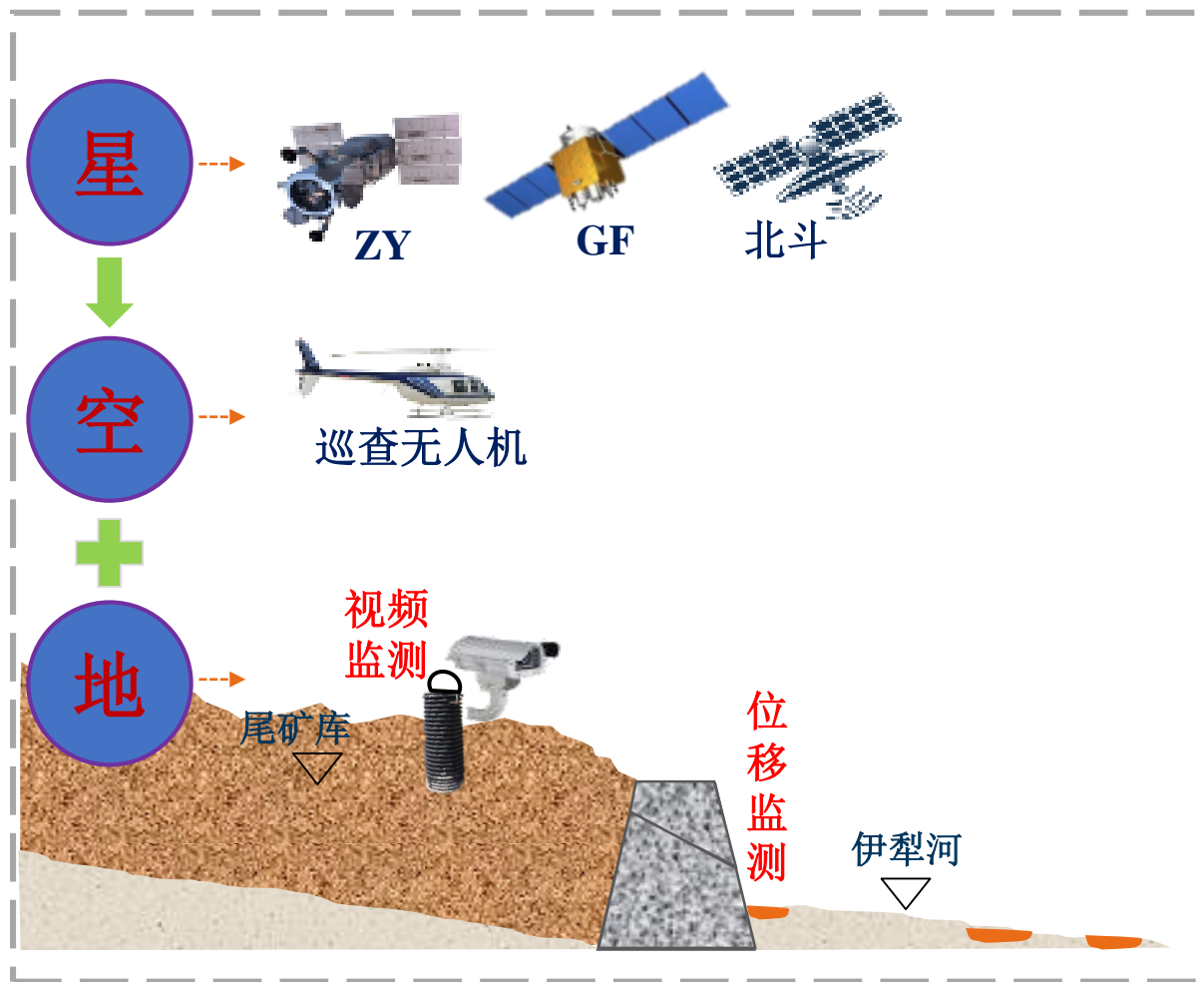
尾矿库堆积形态动态变化



尾矿坝安全监测与应急响应



灾害触警



国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

尾矿坝安全监测与应急响应



➤ 灾害触警



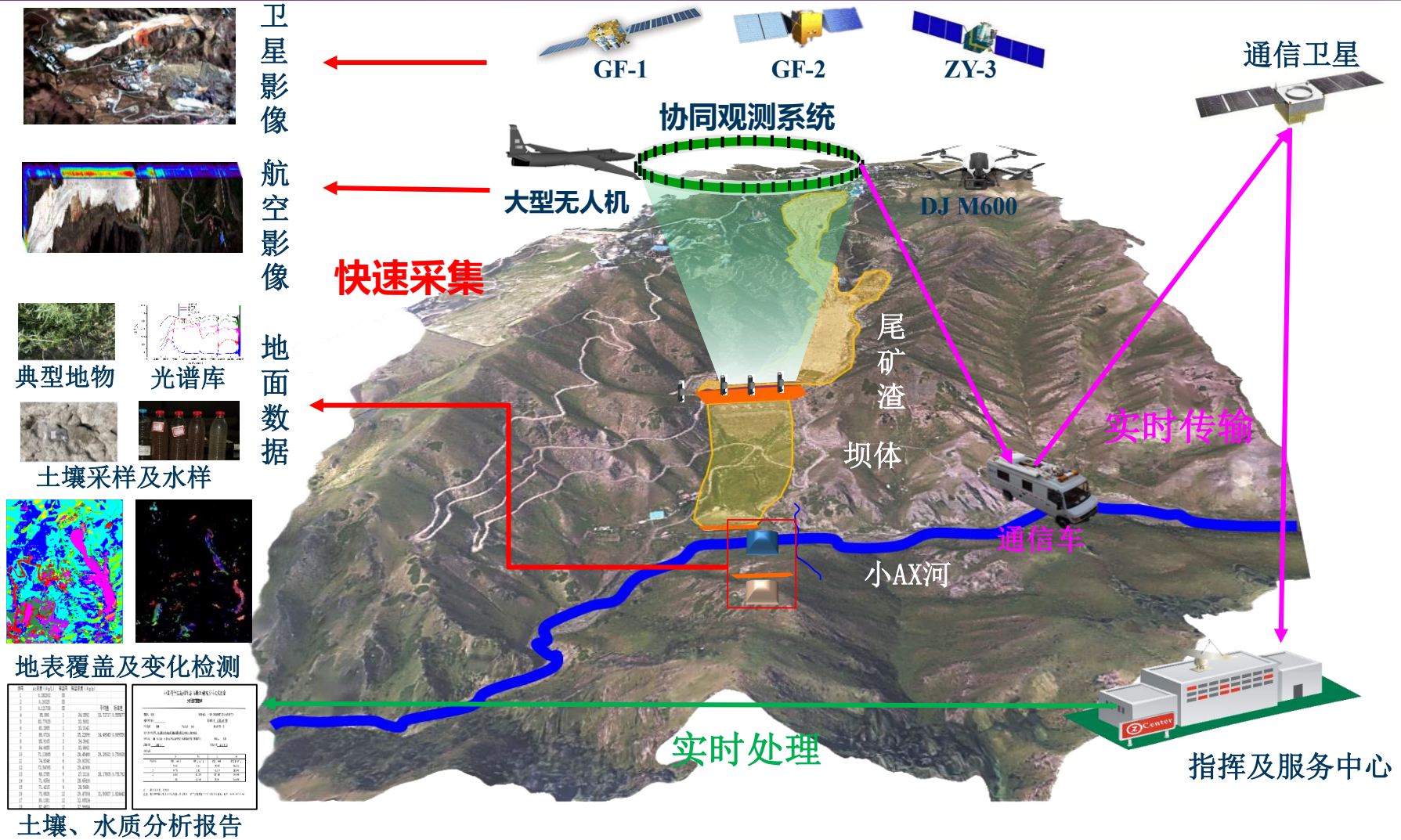
- ✓ 与矿区安防人员交流
- ✓ 勘察矿区地形地貌
- ✓ 与矿方应急响应队伍联动
- ✓ 无人机采集应急数据
- ✓ 采集尾矿库土样和水样
- ✓ 采集尾矿库激光三维数据

2019年8月项目组第二次奔赴矿区



国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

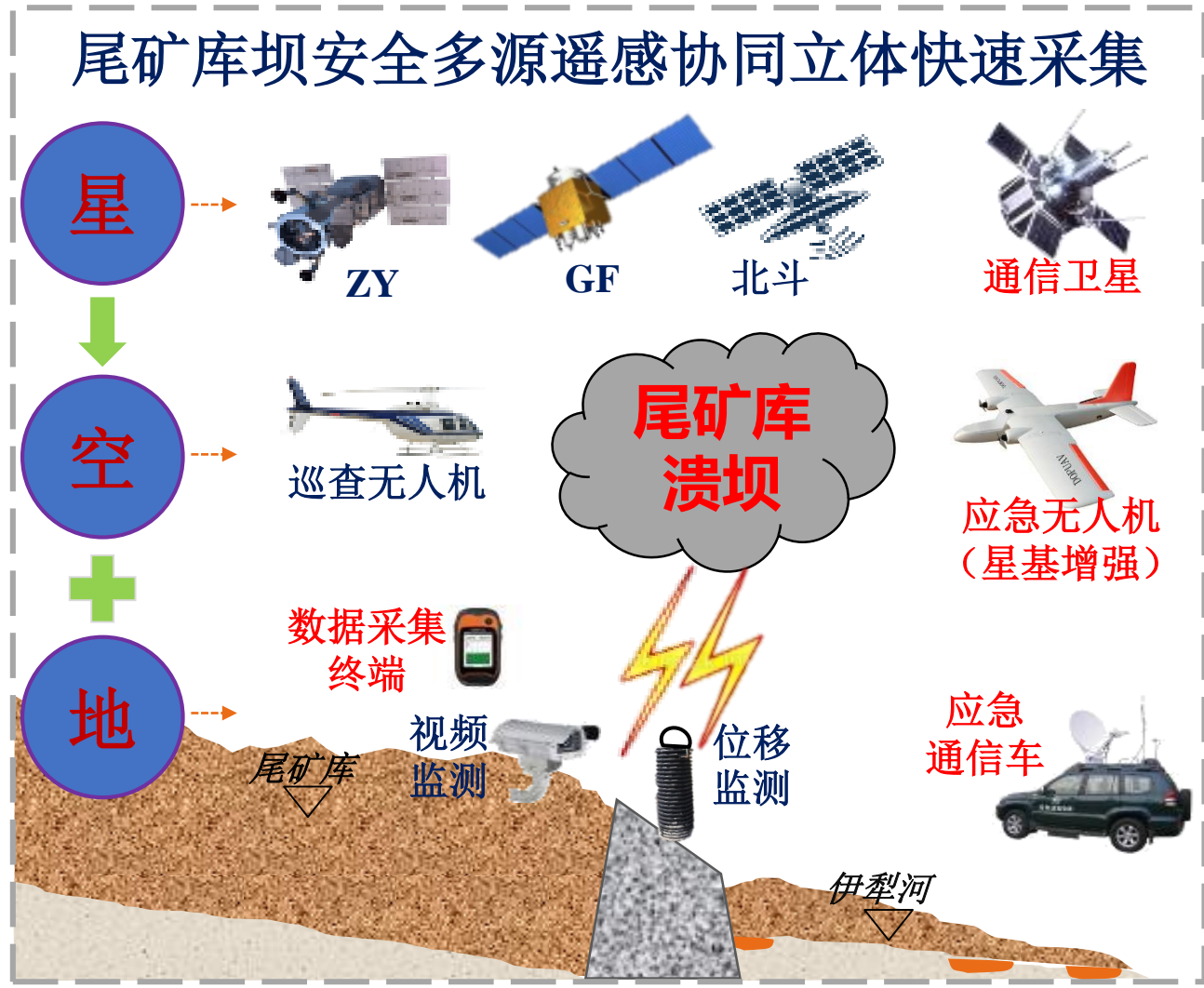
尾矿坝安全监测与应急响应



常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → **快速采集** → 实时处理 → 实时传输 → 辅助决策

国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

尾矿坝安全监测与应急响应



常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → **快速采集** → 实时处理 → 实时传输 → 辅助决策

国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

尾矿坝安全监测与应急响应



应急响应信息快速采集



国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

尾矿坝安全监测与应急响应



应急响应信息快速采集



旋翼机航拍前调试



无人机航拍路线设计



无人机起飞



地面控制测量



三维点云设备架设调试



水文数据获取

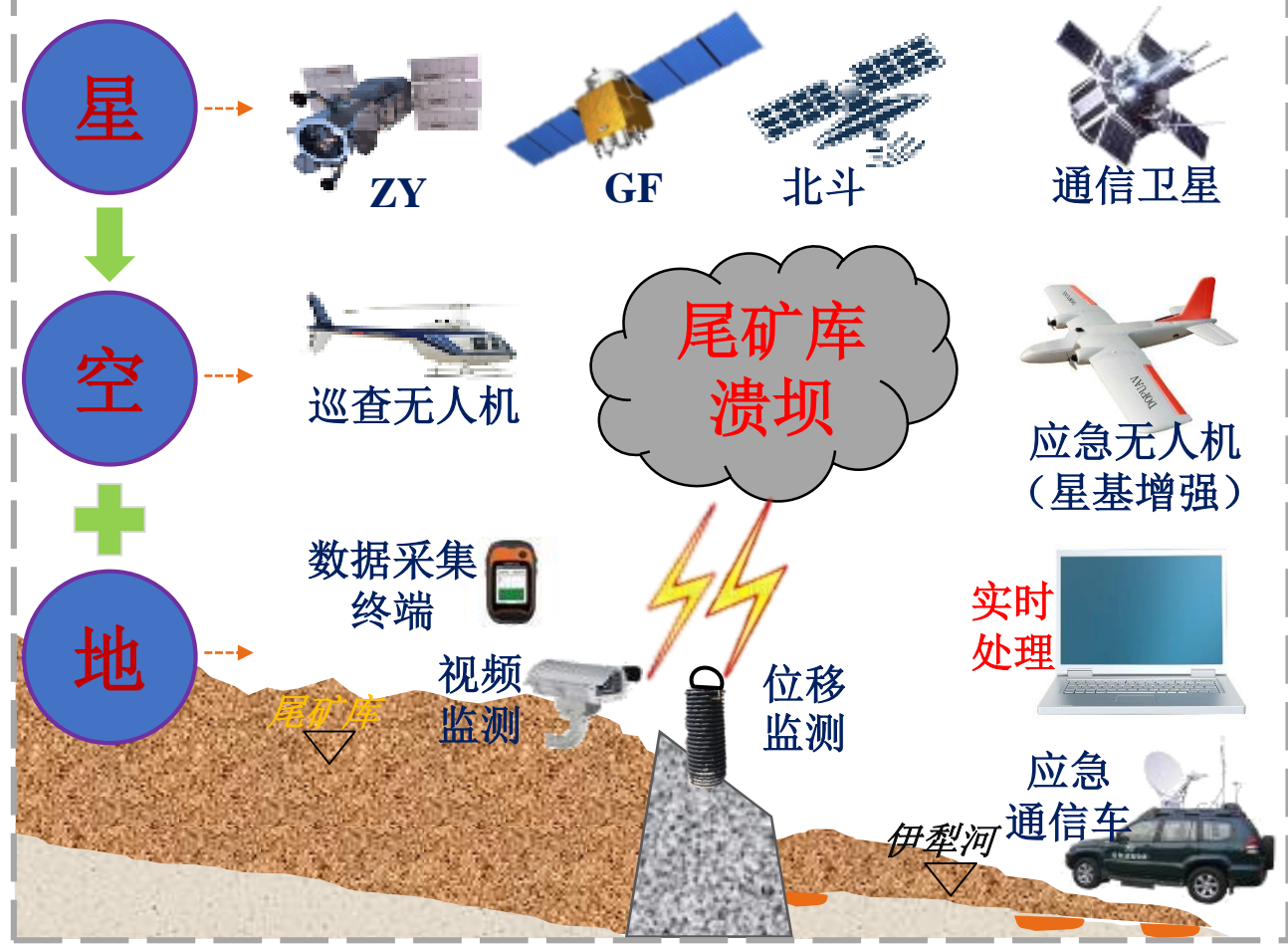


国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

尾矿坝安全监测与应急响应



尾矿库坝安全多源遥感应急信息实时处理



常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → 快速采集 → 实时处理 → 实时传输 → 辅助决策

国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范 (项目编号：2017YFB0504200)

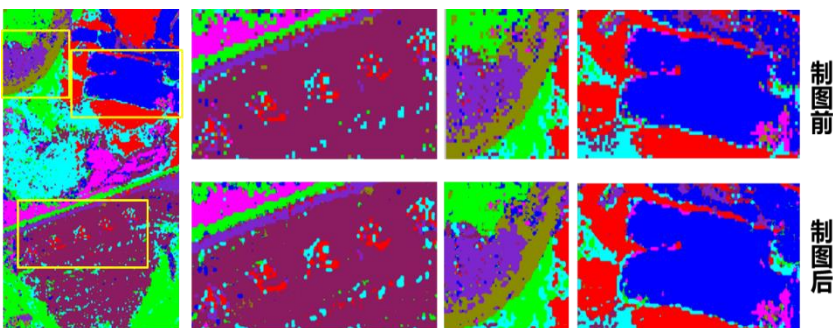
尾矿坝安全监测与应急响应

应急响应信息实时处理

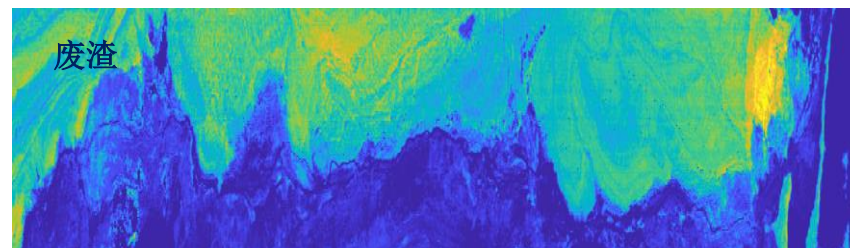
✓ 获取AX金矿三维实景模型，完成尾矿库高光谱影像的地物丰度图、地表覆盖分类及亚像元制图等工作



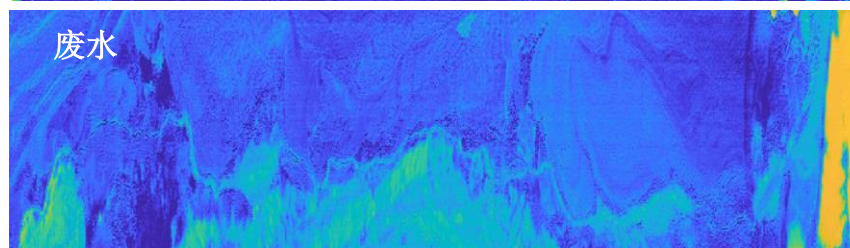
矿区三维实景模型



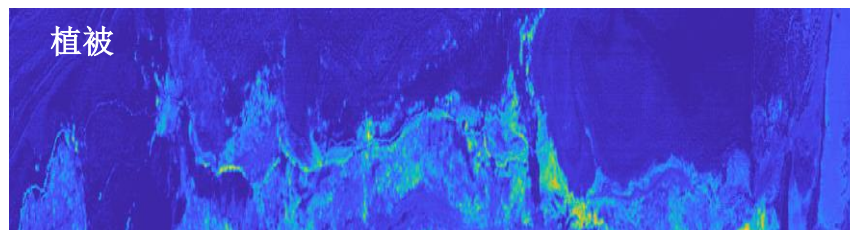
尾矿库高光谱亚像元制图结果



废渣



废水



植被

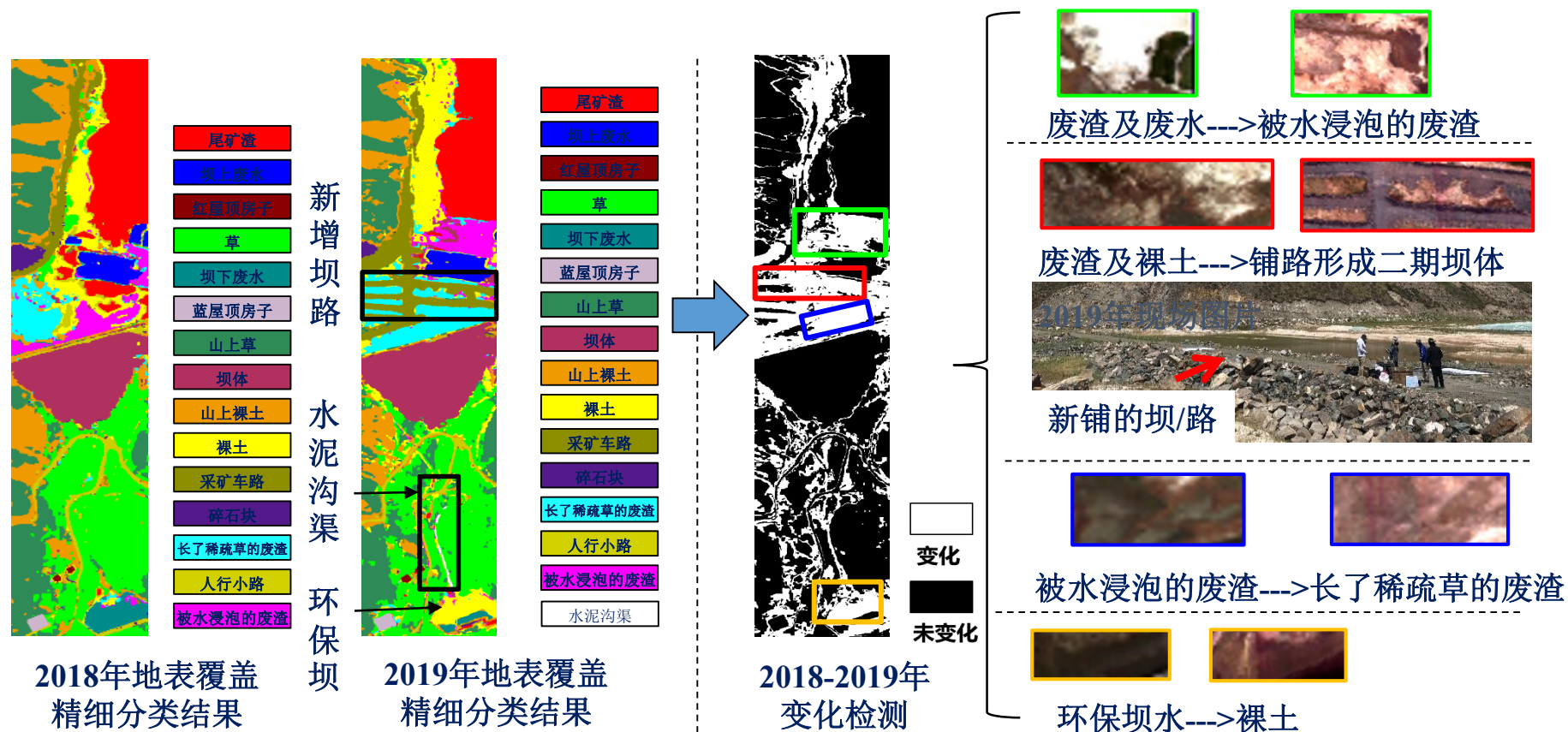
矿区地物丰度



尾矿坝安全监测与应急响应

应急响应信息实时处理

✓ 基于实时采集的无人机高光谱影像进行地表覆盖快速精细分类，实现尾矿库区域精细变化检测





尾矿坝安全监测与应急响应

应急响应信息实时处理

通过采集尾矿库蓄水池水体样本，发现“砷”严重超标，对生态环境产生威胁

中国科学院新疆生态与地理研究所中心实验室
分析测试报告单

委托人: 刘英
检测单位: 中国科学院新疆生态与地理研究所
测试报告编号: _____ 检测项目: 金属元素含量
样品名称: 水样 样品状态: 液态 样品数量: 4个
检测设备及型号: 电感耦合等离子体质谱仪美国安捷伦8800 (ICP-MS)
检测标准: HJ 700-2014 水质 65种元素的测定 电感耦合等离子体质谱法 测试人: 王瑶
采样时间: 2018-8-7 审核: 中国科学院新疆生态与地理研究所中心实验室数据专用章
检测结果:

样品名称	Cr	Mn	Cu	As
浓度 (ug/L)	浓度 (ug/L)	浓度 (ug/L)	浓度 (ug/L)	浓度 (ug/L)
1	0.570	2.937	39.422	296.256
2	0.777	2.163	41.119	248.001
3	0.806	12.271	107.546	436.993
4	1.425	20.751	86.461	459.089

注: ---低于检出限, 未检出
注: 测试结果仅对送来的样品负责, 如有疑问, 请在收到报告3日内向本中心查询。电话: 0991-782311600

水样编号	金属元素含量 (ug/L)			
	铬	锰	铜	砷
1	0.507 ↓	2.937 ↓	39.422 ↓	296.256 ↑
2	0.777 ↓	2.163 ↓	41.119 ↓	248.001 ↑
3	0.806 ↓	12.271 ↓	107.546 ↓	436.993 ↑
4	1.425 ↓	20.751 ↓	86.461 ↓	459.089 ↑

水样重金属检测报告

- I类 主要适用于源头水、国家自然保护区;
- II类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾类产卵场、仔稚幼鱼的索饵场等;
- III类 主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道、水产养殖区等渔业水域及游泳区;
- IV类 主要适用于一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区;
- V类 主要适用于农业用水区及一般景观要求水域。

Cr 0.01 0.05 0.05 0.05 0.1 mg/L Mn 0.1 0.1 0.1 0.1 0.1 mg/L
Cu 0.01 1 1 1 1 mg/L **As 0.05 0.05 0.05 0.1 0.1 mg/L**

GB 3838-2002 《地表水环境质量标准》

水体样本金属元素含量



尾矿坝安全监测与应急响应



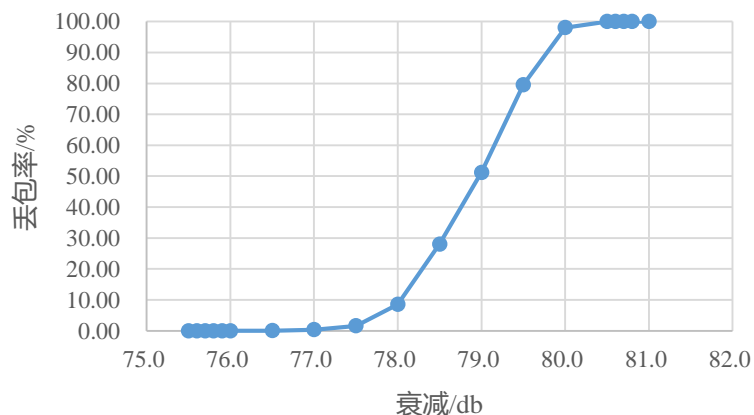
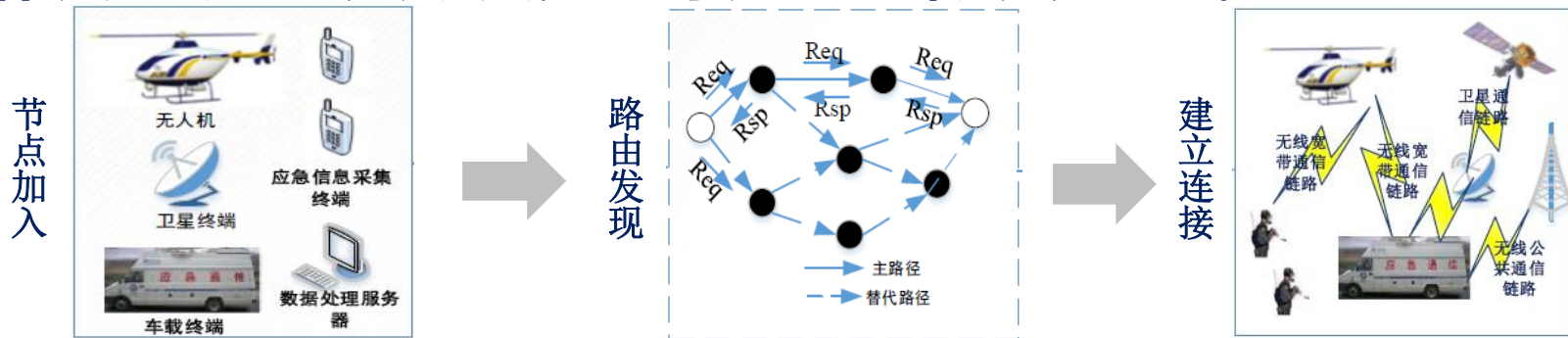
常态监测 → 警情预报 → 灾害触警 → 快速采集 → 实时处理 → **实时传输** → 辅助决策

国家重点研发计划项目：国土资源与生态环境安全监测系统集成技术及应急响应示范（项目编号：2017YFB0504200）

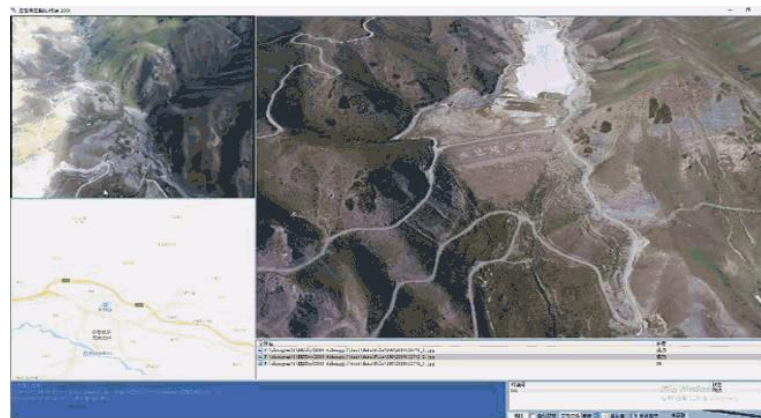
尾矿坝安全监测与应急响应

应急响应信息实时传输

完成异构网络节点加入、路由发现、连接建立等功能的设计、开发与测试



无人机宽带通信链路模拟环境丢包率测试



应急响应系统模拟界面图



尾矿坝安全监测与应急响应



应急响应信息实时传输

✓ 系统实现LoRa线性组网，模块工作正常，北斗移动终端APP实现数据实时显示



终端节点



中继节点

网关节点



节点	余(ppm)	经度(°)
1	00.003	081.621102
3	00.000	081.624307
2	00.003	081.623798
1	00.005	081.621100
1	00.005	081.621103
3	00.008	81.349122
1	00.005	081.283117
3	00.000	081.282735
2	00.006	081.283127
0	00.000	081.282787



LoRa组网地面测试结果-北斗移动终端



尾矿坝安全监测与应急响应



尾矿库坝安全多源遥感协同辅助决策



预报，救灾...



国土资源与生态安全监测信息中心





谢谢!