四川龙门山北段泥盆-三叠系数字沉积地质路线建设进展

汇报人：钟瀚霆

成都理工大学

2020.12.6

汇报提纲

一、背景与目标

二、方案与进展

三、问题与思考

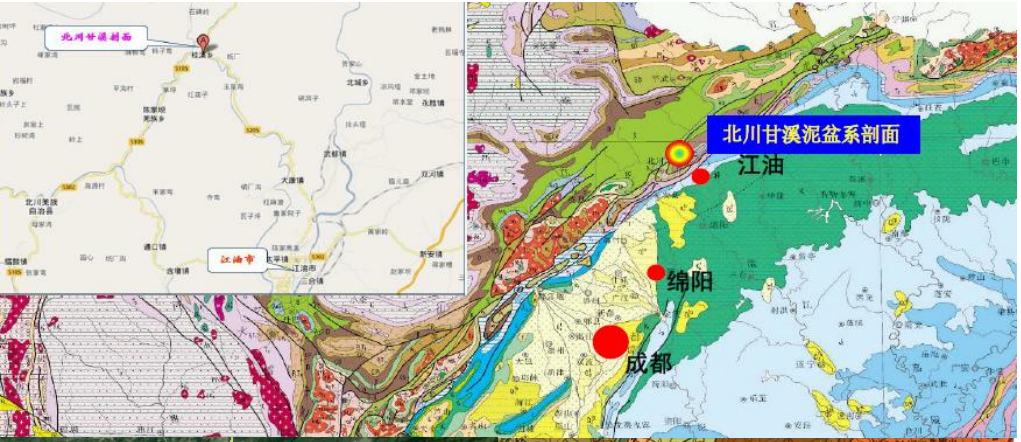
汇报提纲

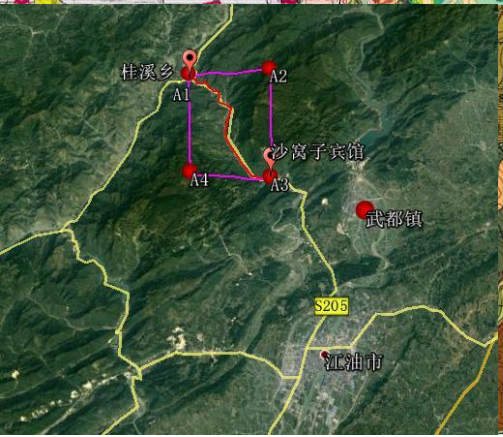
一、背景与目标

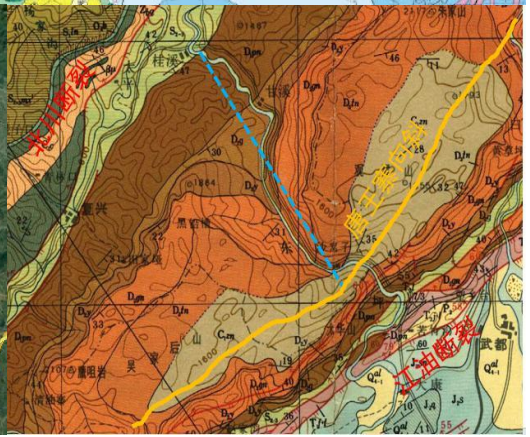
二、方案与进展

三、问题与思考

一、背景与目标——四川龙门山北川甘溪泥盆系剖面

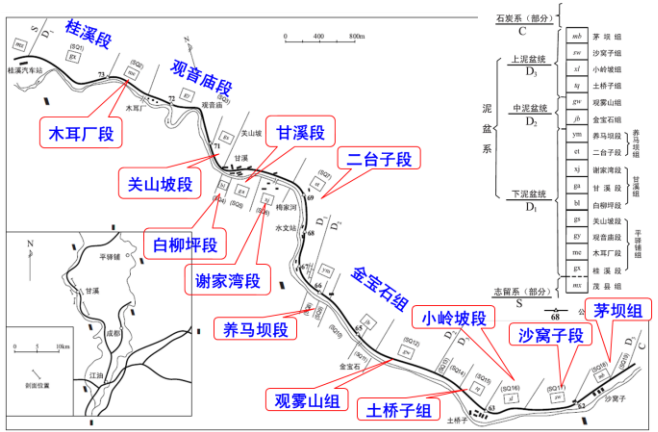






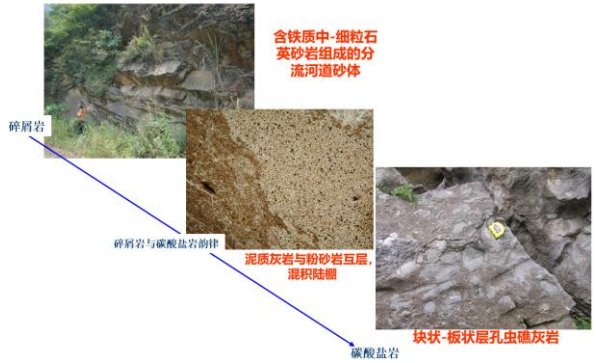
- **龙门北川甘溪泥盆系剖面**位于北川羌族自治县桂溪镇甘溪乡境内 ，距离江油市直线距离22km，距成都200公里，约2.5小时车程，交通位置便利。

- **剖面地层总厚度约为4600m**，起点始于北川桂溪镇，经甘溪乡，终于沙窝子村，自北西向南东连续延伸达10km以上，剖面主体分布于平通河畔的公路边。

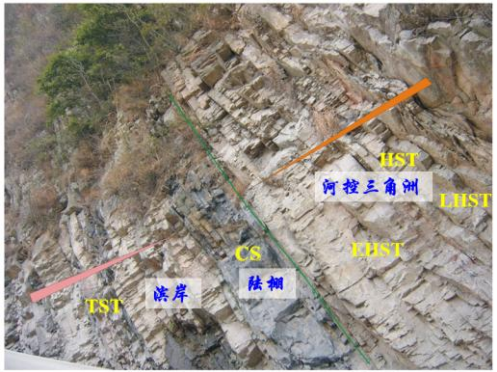


一、背景与目标——四川龙门山北川甘溪泥盆系剖面

复杂的“三段式”岩性组合



丰富的层序地层界面和旋回记录



类型多样的沉积构造


大型槽状交错层理



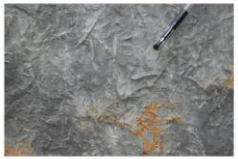
潮汐层理


逆行沙丘层理


重荷模构造

丰富的生物化石


阔石燕化石


虫管化石


角石和腕足化石


三叶虫化石


蜂巢珊瑚


层孔虫


A. 2 层，腕足类 *Euryspirifer beichuanensis*


B. 3 层，腕足类 *Howellella papaoensis*


C. 3 层，腕足类 *Rostrospirifer multiplicatus*


D. 3 层，腕足类 *Euryspirifer kuma liuensis*


E. 3 层，虫管化石


F. 5 层，角石化石


G. 12 层，苔藓虫化石


H. 15 层，阔石燕 *Euryspirifer beichuanensis*


I. 15 层，双壳类 *Sinochonetes minutisulcatus*


J. 15 层，双壳类 *Paracyclas meijiayuanensis*


K. 15 层，三叶虫 *Gravicalymens xiejiawanensis*


L. 16 层，块状的蜂巢珊瑚 *Favosites fedovtovi*

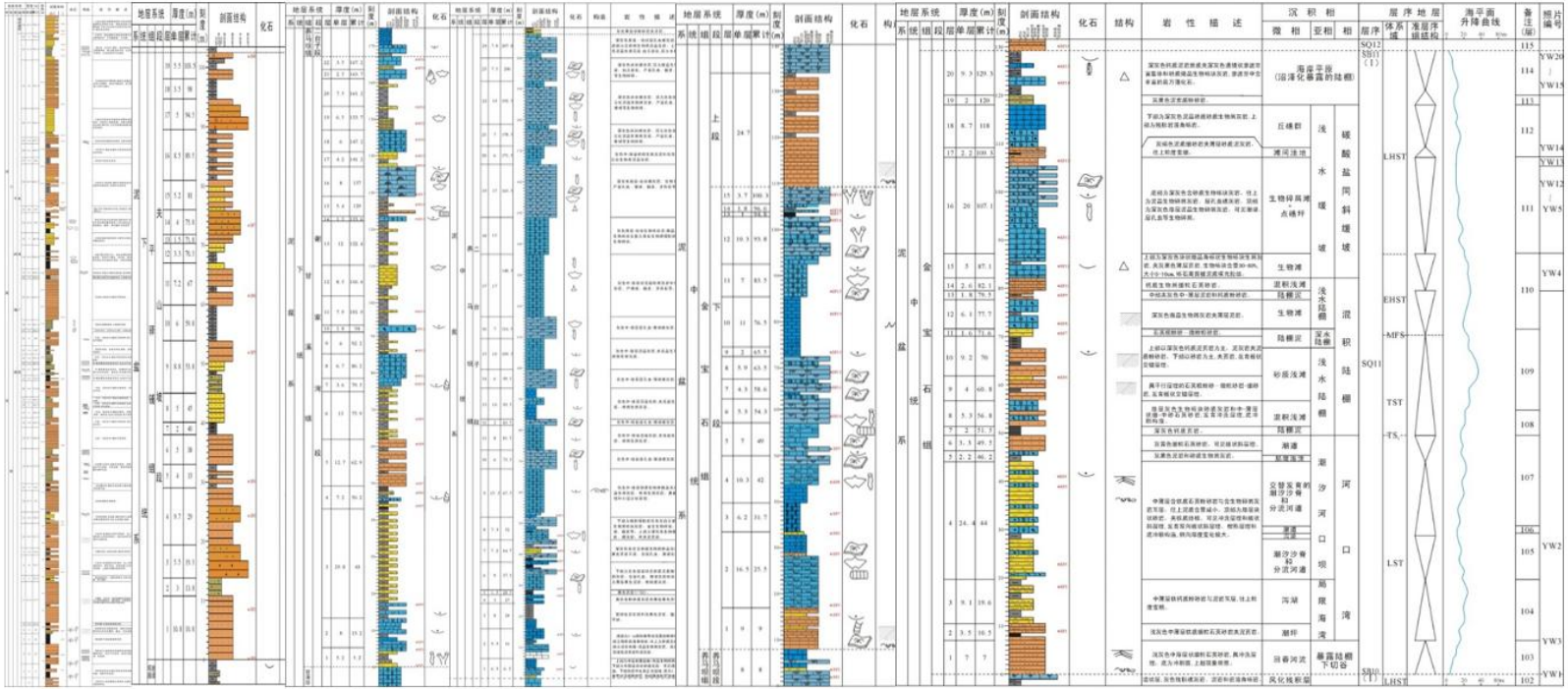

M. 21 层，腕足类 *Otospirifer* sp.，呈密集的介壳层产出情况


N. 21 层，腕足类 *Otospirifer* sp.


O. 21 层，腕足类 *Atrypa* sp.

一、背景与目标——四川龙门山北川甘溪泥盆系剖面

- 该剖面基础研究扎实，多年来积累形成了一套含多条地质考察路线的集地层、沉积相与层序地层等研究为一体的完整泥盆系剖面资料。

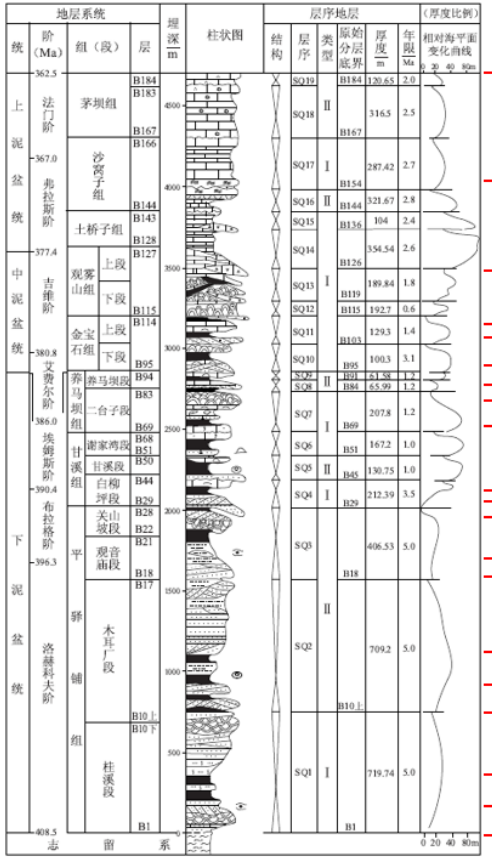


一、背景与目标——四川龙门山北川甘溪泥盆系剖面

- 该剖面在第30届国际地质大会上被确定为中国的**泥盆系标准剖面**，已成为研究我国泥盆系地层的理想地区之一，也是全球古生代气候变化对比研究的重要地区；
- 第三届全国沉积学大会、第五届全国油气储层学术研讨会、第五次油气藏地质及开发工程国家重点实验室国际研讨会和盆地构造研究前缘与新进展国际研讨会等国内重大学术会议的首选地质考察剖面。



- **发育多种类型的沉积环境**
- **国内最详尽的层序地层学资料**
- **国际影响和科研价值巨大**



一、背景与目标——成都理工大学沉积学及层序地层学野外实习基地

该剖面作为成都理工大学沉积地质研究院研究生教学经典剖面，开展了二十余年的综合性建设

1、学生实习情况

自2000年以来，甘溪泥盆系剖面就已成为成都理工大学地学类研究生进行沉积学及层序地层学野外实习的重要基地，先后完成50余批次约600余名地学类研究生的野外实践教学任务；

2、科研考察及培训情况

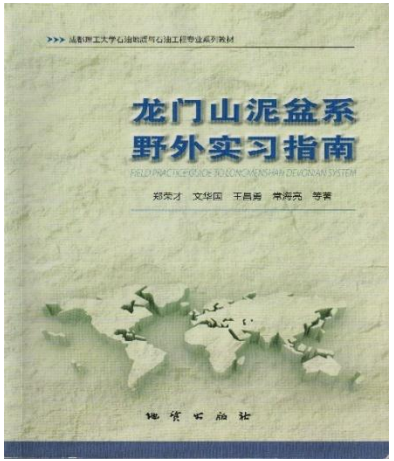
近年来，中石化股份公司、中石油勘探开发研究院、中海石油研究中心和中国石油大学等石油企业、科研和教学单位人员共计30余批次前往龙门山区甘溪泥盆系剖面进行实地考察和培训学习；

3、教材及学术成果

出版教材1部：《龙门山泥盆系野外实习指南》（地质出版社，2016）；发表学术论文近20篇。







一、背景与目标

定位与直接目标

1、**实践教学基地：**培养地球科学相关专业硕士研究生的实践教学基地

2、**产学研结合平台：**相关生产部门和科研单位沉积学、层序地层学、古生物学野外综合培训和考察基地

3、**基础地质科研平台：**泥盆纪古地理、古环境、古生物、古构造演化过程等基础地质科学研究的重要平台

从线下到线上，现实与虚拟仿真相结合





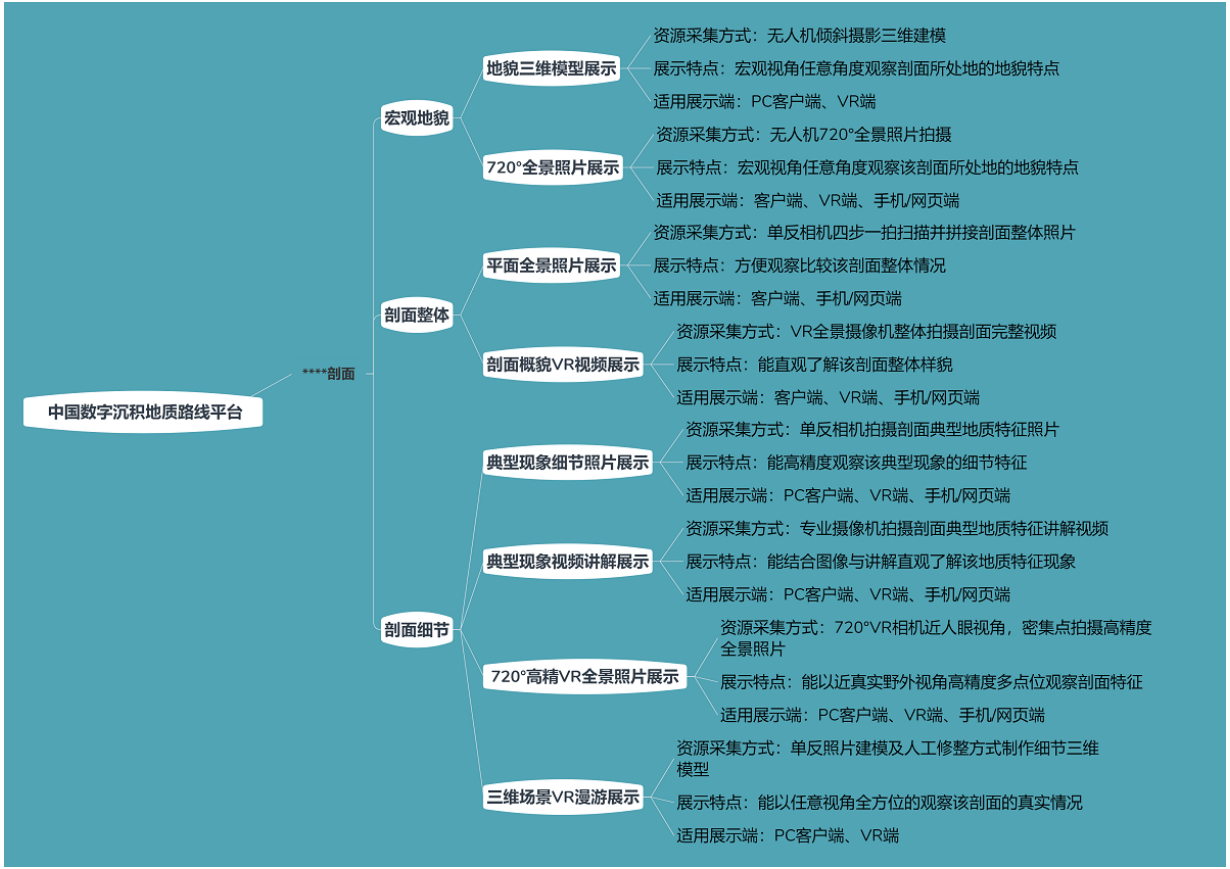
一、背景与目标

围绕三大核心目的：

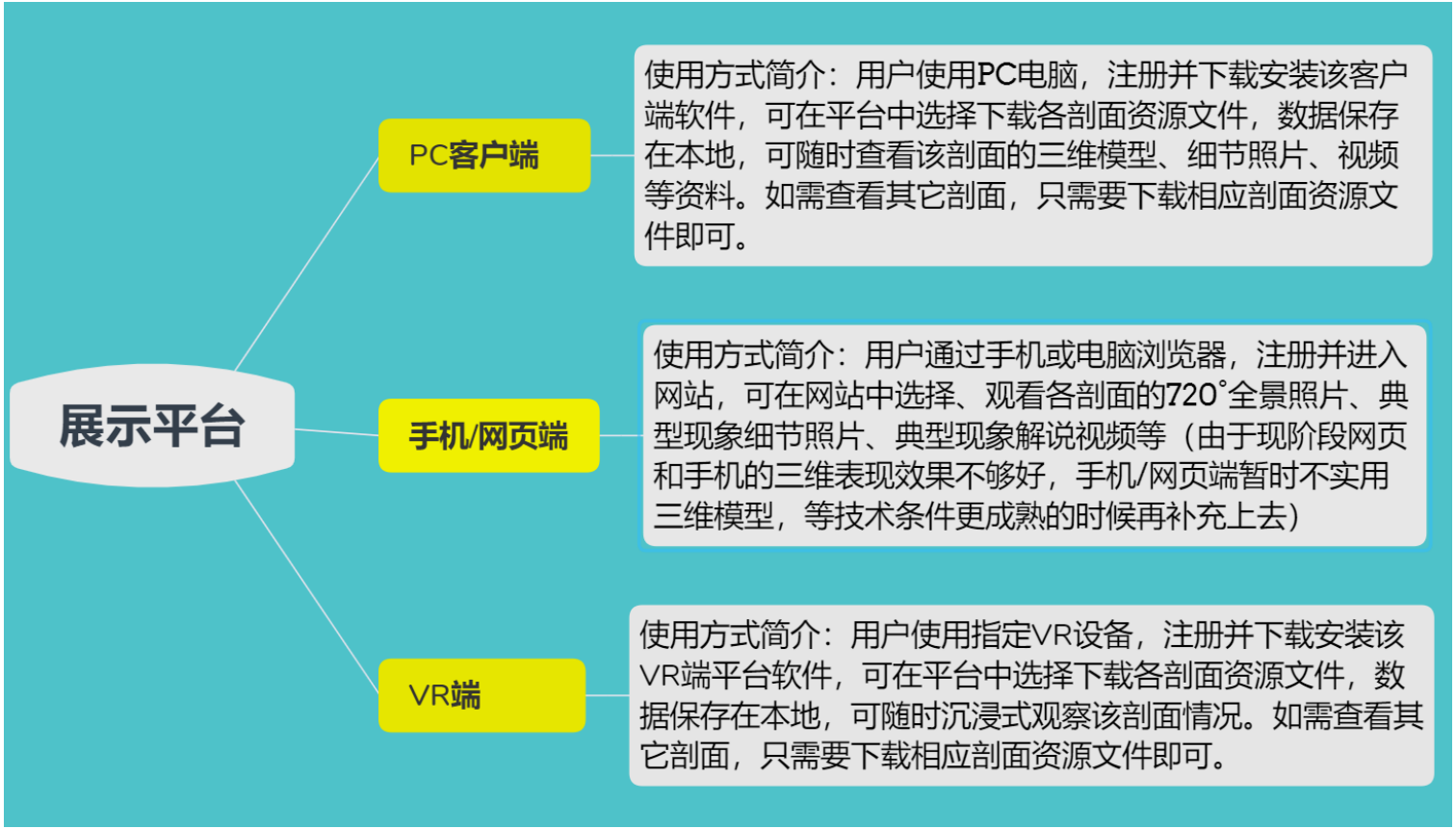
- 让学生身临其境的进行野外实习
- 让地质学家身临其境的从事野外科研工作
- 让更多感兴趣的人身临其境的感受地质的魅力



一、背景与目标——产品画像

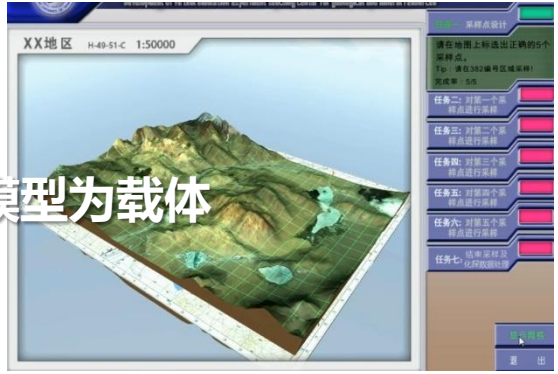

中国数字沉积地质路线平台
****剖面
宏观地貌
地貌三维模型展示
资源采集方式：无人机倾斜摄影三维建模
展示特点：宏观视角任意角度观察剖面所处地的地貌特点
适用展示端：PC客户端、VR端
720°全景照片展示
资源采集方式：无人机720°全景照片拍摄
展示特点：宏观视角任意角度观察该剖面所处地的地貌特点
适用展示端：客户端、VR端、手机/网页端
剖面整体
平面全景照片展示
资源采集方式：单反相机四步一拍扫描并拼接剖面整体照片
展示特点：方便观察比较该剖面整体情况
适用展示端：客户端、手机/网页端
剖面概貌VR视频展示
资源采集方式：VR全景摄像机整体拍摄剖面完整视频
展示特点：能直观了解该剖面整体样貌
适用展示端：客户端、VR端、手机/网页端
剖面细节
典型现象细节照片展示
资源采集方式：单反相机拍摄剖面典型地质特征照片
展示特点：能高精度观察该典型现象的细节特征
适用展示端：PC客户端、VR端、手机/网页端
典型现象视频讲解展示
资源采集方式：专业摄像机拍摄剖面典型地质特征讲解视频
展示特点：能结合图像与讲解直观了解该地质特征现象
适用展示端：PC客户端、VR端、手机/网页端
720°高精VR全景照片展示
资源采集方式：720°VR相机近人眼视角，密集点拍摄高精度全景照片
展示特点：能以近真实野外视角高精度多点位观察剖面特征
适用展示端：PC客户端、VR端、手机/网页端
三维场景VR漫游展示
资源采集方式：单反照片建模及人工修整方式制作细节三维模型
展示特点：能以任意视角全方位的观察该剖面的真实情况
适用展示端：PC客户端、VR端

一、背景与目标——产品画像


展示平台
PC客户端
使用方式简介：用户使用PC电脑，注册并下载安装该客户端软件，可在平台中选择下载各剖面资源文件，数据保存在本地，可随时查看该剖面的三维模型、细节照片、视频等资料。如需查看其它剖面，只需要下载相应剖面资源文件即可。
手机/网页端
使用方式简介：用户通过手机或电脑浏览器，注册并进入网站，可在网站中选择、观看各剖面的720°全景照片、典型现象细节照片、典型现象解说视频等（由于现阶段网页和手机的三维表现效果不够好，手机/网页端暂时不实用三维模型，等技术条件更成熟的时候再补充上去）
VR端
使用方式简介：用户使用指定VR设备，注册并下载安装该VR端平台软件，可在平台中选择下载各剖面资源文件，数据保存在本地，可随时沉浸式观察该剖面情况。如需查看其它剖面，只需要下载相应剖面资源文件即可。

一、背景与目标——产品画像

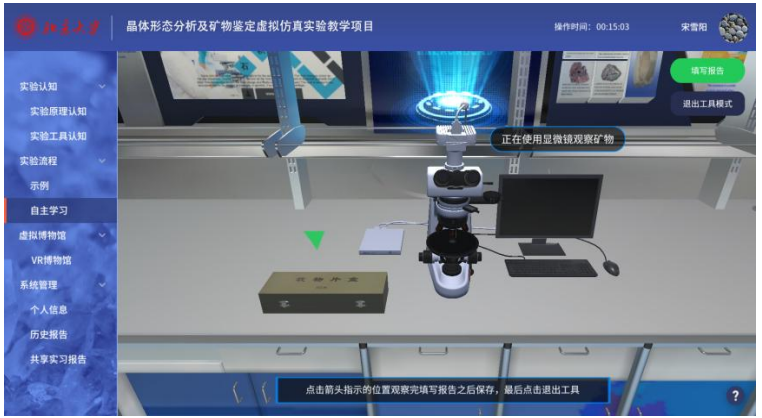

区域三维模型为载体


XX地区 H-49-51-C 1:50000


Lab: Grand Canyon Layers of Time
Watch the video below and listen to Dr. Karlstrom discuss the layers of the Grand Canyon.
When you have finished click "Continue"
CONTINUE
融合典型露头近地表
高精度数字模型
Variations in the time gaps at the Great Unconformity


典型的层序界面


请选择采集重量:
20g
50g
100g
200g
500g
采样完毕!
新测仪器
指南针
标记牌
收集袋
采 集
结 束 采 样


晶体形态分析及矿物鉴定虚拟仿真实验教学项目
操作时间: 00:15:03
宋雪阳
实验认知
实验原理认知
实验工具认知
实验流程
示例
自主学习
虚拟博物馆
VR博物馆
系统管理
个人信息
历史报告
共享实习报告
填写报告
退出工具模式
正在使用显微镜观察矿物
点击箭头指示的位置观察完填写报告之后保存，最后点击退出工具

一、背景与目标——产品画像

露头宏观：

图层1：岩石地层单元的划分和界线；

图层2：特殊沉积单元的显示，如河道、堤岸、席状砂体等；

图层3：岩层、层序界线临摹和解释（如上超、侵蚀、下超、顶超等）；

图层4：断层等构造地质线状要素；

露头微观：

图层5：划分岩相类型并提供相应的沉积环境解释，也允许学者新建岩相符号和解释；如果分辨率不够，可以弹出新窗口显示；

图层6：沉积构造，视分辨率，如果放大看不清楚，采用点标注链接图片或视频方式；

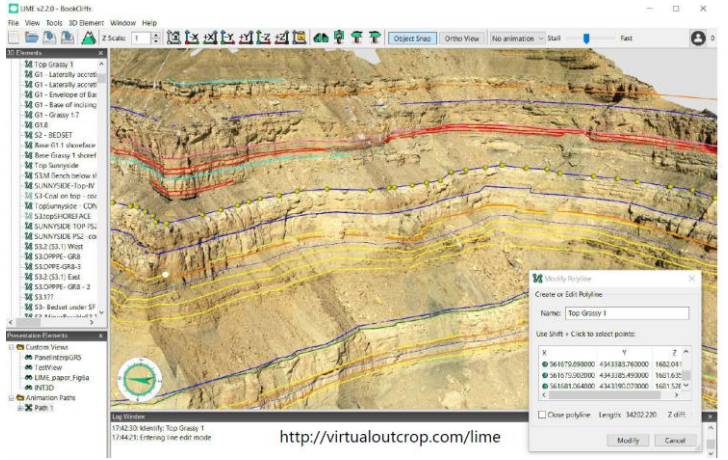
图层7：古水流依据和方向；

图层8：叠加纯色或者岩性花纹充填的面状要素以显示岩性；

图层9：镜下、点链接图片形式，并有镜下描述的定名；

地球化学：

图层10：采样点链接图片和表格形式。





汇报提纲

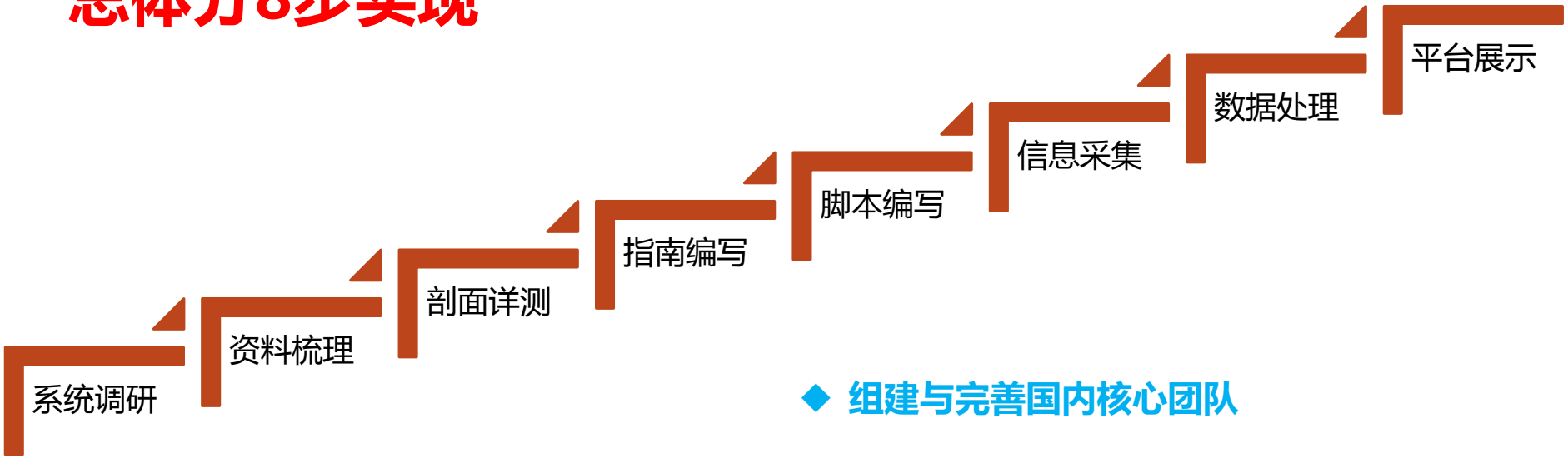
一、背景与目标

二、方案与进展

三、问题与思考

二、方案与进展——总体规划

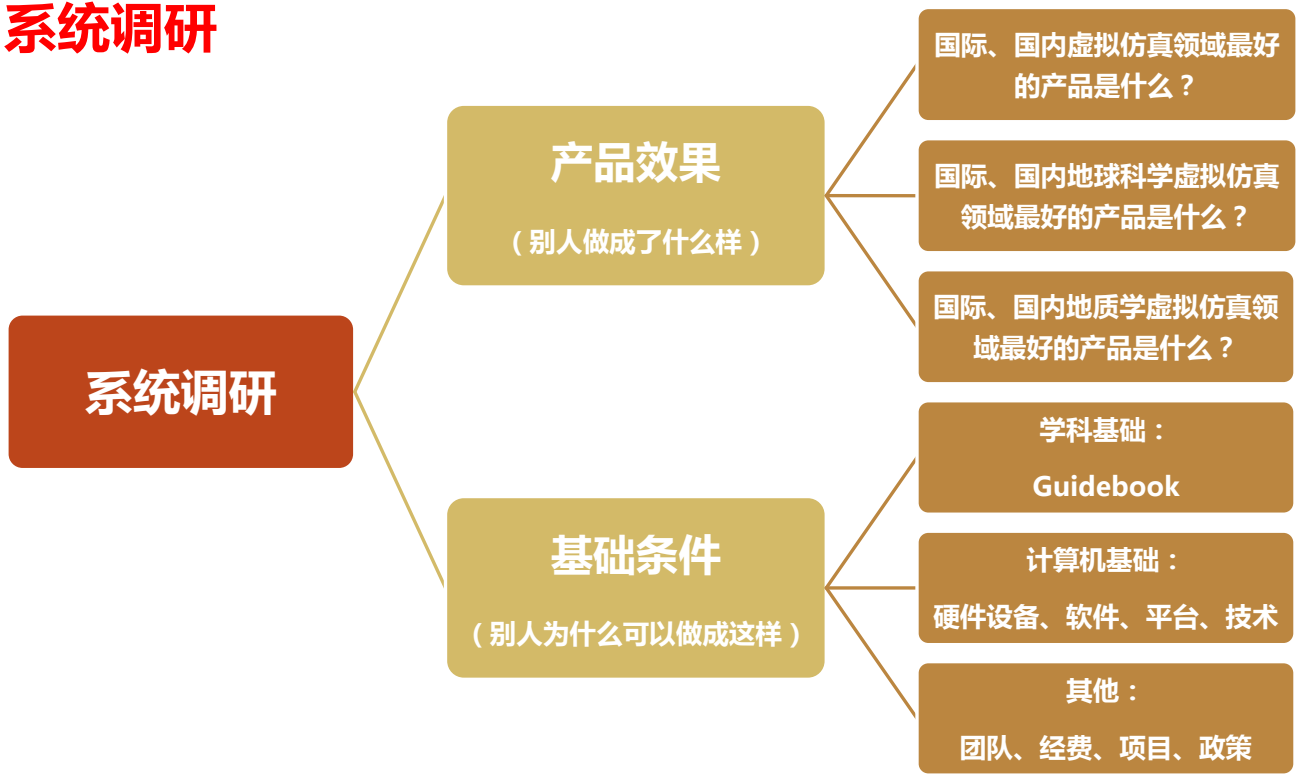
总体分8步实现



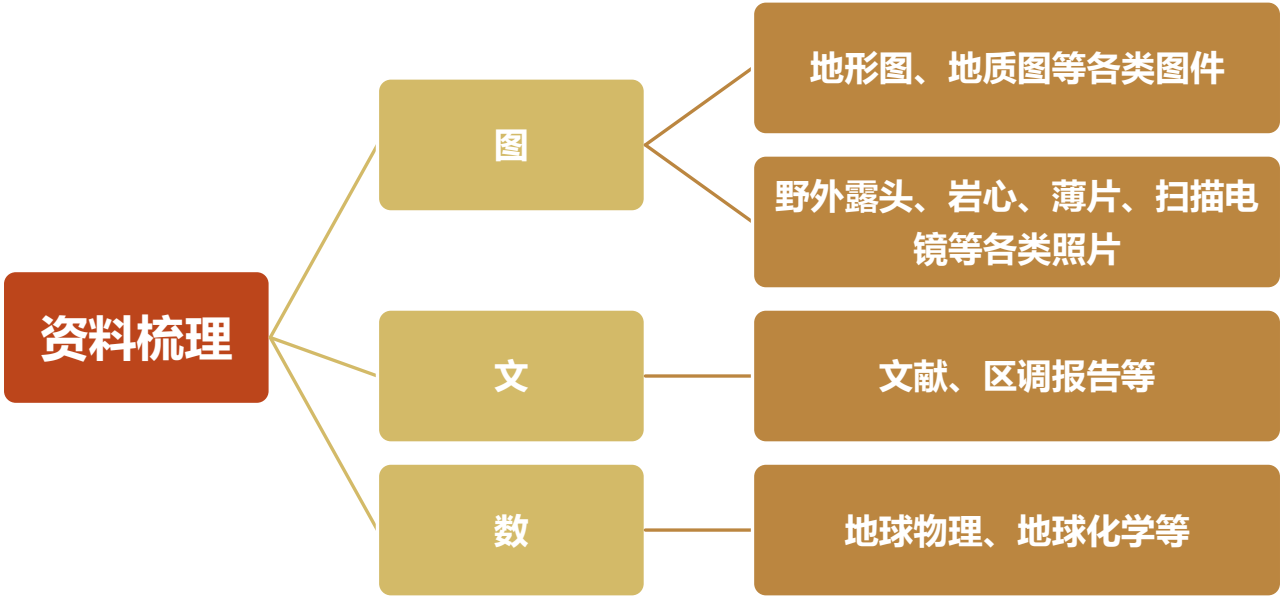
- 组建与完善国内核心团队
- 寻求国际、国内合作（地质、软件、平台）
- 编写数字沉积剖面建设的标准化工作手册

二、方案与进展

第一步：系统调研



第二步：资料梳理



形成数字剖面基础资料库，纳入深时数字地球（ DDE ）平台

第三步：剖面详测（第一轮信息采集）

- 基于已有资料，确认信息、查漏补缺
- 整体航拍、重要段点拍摄

第四步：指南编写

结合资料及剖面实际情况，从科学意义、研究应用价值、科普价值、人才培养与教学价值等方面，总结描述本数字地质剖面的“卖点”、“亮点”、“优势和特色”等，编制地质指南（Guidebook）

第五步：脚本编写

学科专家和虚拟仿真专家协作，基于地质指南，共同编写剖面脚本

基于功能与面向对象，分为两个层面：

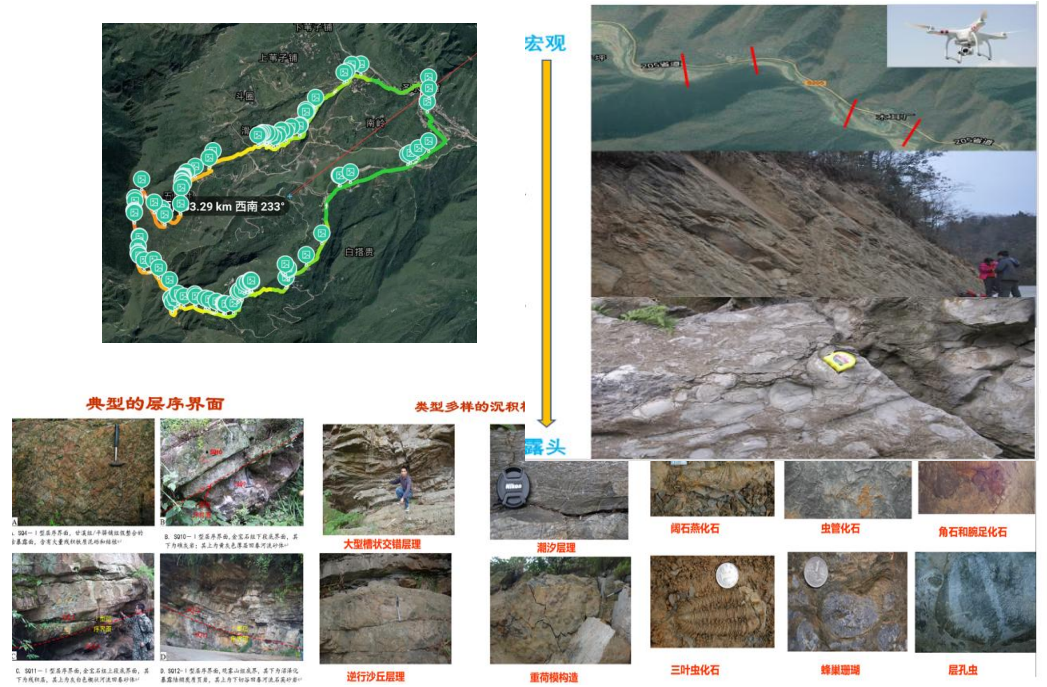
- 采集层面——面向前期采集人员，主要是对野外信息采集的要求，包括野外需要拍摄哪些内容、如何拍摄、要达到何种效果等
- 产品层面——面向后期开发人员，主要是对整个产品的描述，包括产品包含的功能模块、用户的操作流程、每个界面需要呈现的信息以及呈现方式等

基于内容，分为：人才培养、科学研究、科学普及

第六步：第二轮信息采集

在对剖面有了详尽而深刻的认识后，根据拍摄脚本，完成第二轮信息采集

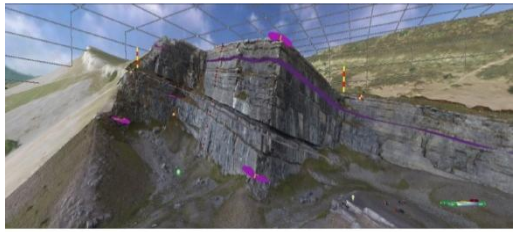
- **采集内容：**宏观剖面、界线、岩性、层序结构、沉积构造、古生物化石等肉眼可见的宏观-微观地质现象
- **数据类型：**地质视频、全景照片、露头照片、微观图片、样品、数据等；
- **数据库需求：**实现野外数据及时输入、上传、记录并保存，以备后期制作调用



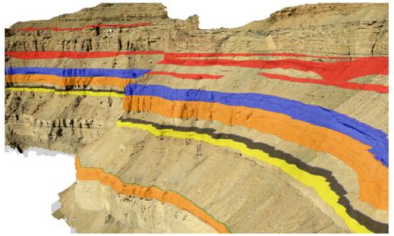
第七步：数据处理

完成所有信息准备后，开发人员根据产品脚本中的产品画像，选择最优技术方案，进行技术分解，完成产品实现

- 360度全景——720°全景——3D模型
- 面——线——点有机融合
- 宏观——微观







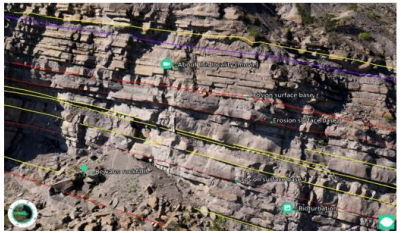
自行设计展示3D模型的网页：挪威-英国VOG团队V3Geo为例



3D模型展示网页Strechfab: 意大利GeoVires为例





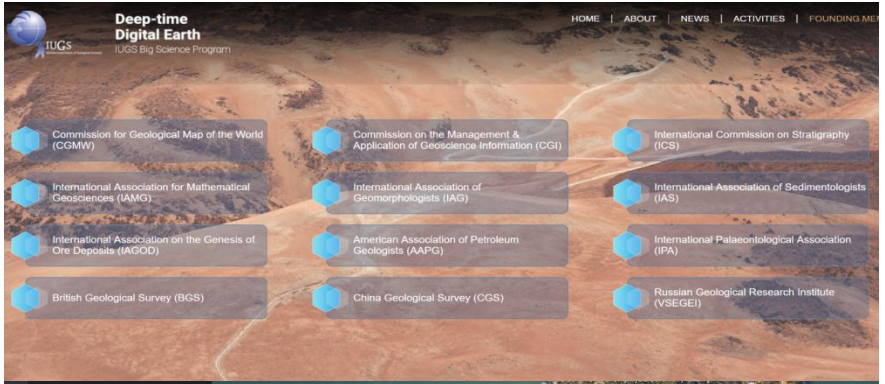


二、方案与进展

第八步：平台展示

- 建立自己的PC客户端和移动端软件、建立自己的网页
- **展示模式：**Google Earth（streetcar2 Subduction模式）、3D模型展示网页，Strechfab，建立本项目的账号然后上传3D模型即可，支持VR模式（参考GeoVires的思路）
- **软件方式：**软件中提供加载3D模型的接口。参考Lime软件。缺点在于要下载和安装软件，优点在于用户可以使用软件的强大编辑功能。

基于DDE平台发布





二、方案与进展

在全过程中

- 组建与完善国内核心团队
- 寻求国际、国内合作（地质、软件、平台）
- 编写数字沉积剖面建设的标准化工作手册

工作手册（面向当前开发人员及未来合作开发者的手册：在建设前统筹指导、在建设中规范操作管理、在建设后总结反思）

手册主要内容包括且不限于：

0、本手册的目的：说明这本手册针对哪些人，为什么需要这本手册，读这本手册可以了解到什么

1、本条虚拟仿真剖面建设的目的及意义

2、本条虚拟仿真剖面简介（人才培养、科学研究、科学普及）：本虚拟仿真剖面是什么（地质层面、虚拟仿真层面总概述）？产品总体画像是怎么样的？可以实现哪些核心功能（核心功能概述）？

3、建设总体思路及总路线图（采集前、采集中、采集后）

4、各分支介绍，具体包括：

4.1、地质层面的核心展示内容（参考国际经典剖面的Guidebook）

4.1.1、总体展示目标

4.1.2、各观察点

4.1.3、参考文献

……

4.2、技术流程方面

4.2.1、技术路线图

4.2.2、功能模块详图

4.2.3、技术节点分解

4.2.4、技术及软件的可行性分析

……

5、经费预算

6、开发团队；分工及协作原则

汇报提纲

一、背景与目标

二、方案与进展

三、问题与思考

二、方案与进展——1、明确目标剖面

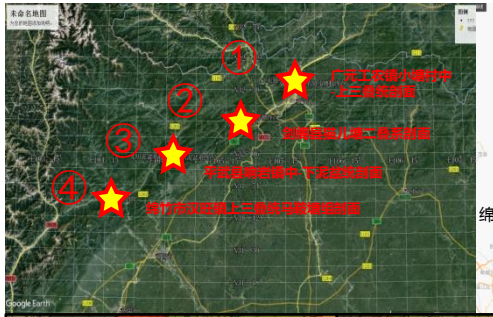
剖面名称

① 四川省广元市工农镇小塘村中-上三叠统雷口坡-须家河组剖面

② 四川省广元市剑阁县猫儿塘二叠系剖面（梁山组-栖霞组-茅口组-吴家坪组-大隆组）

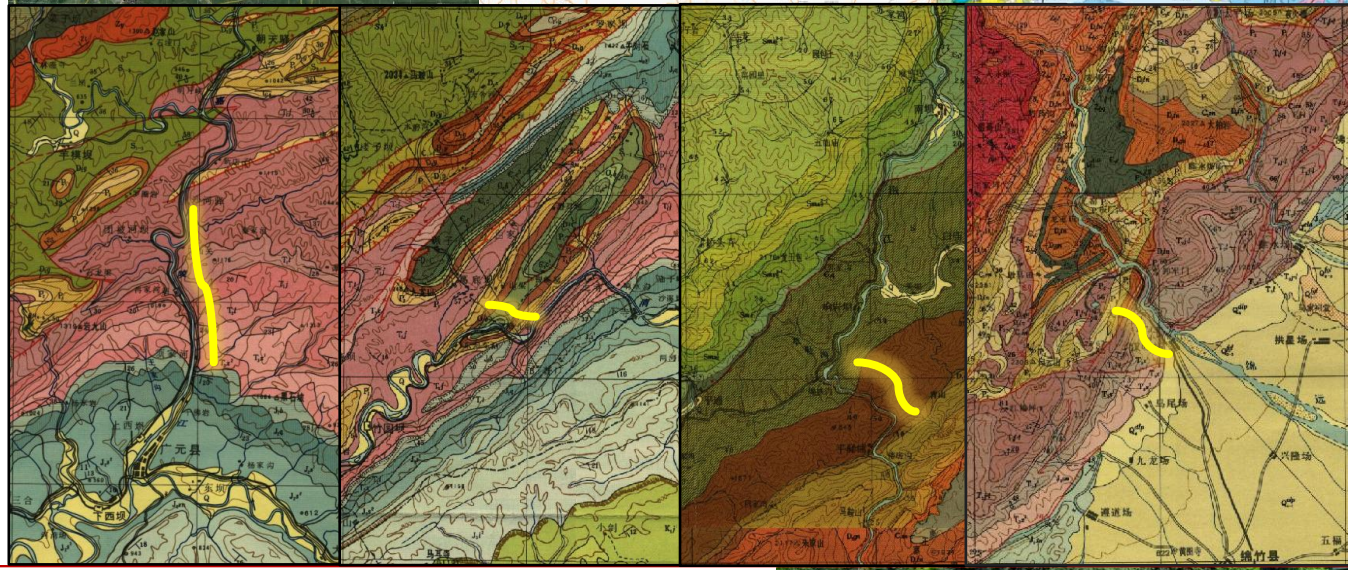
③ 四川省绵阳市平武县中-下泥盆统金宝石-养马坝-平驿铺组剖面

④ 四川省绵竹市汉旺镇上三叠统马鞍塘组剖面









二、方案与进展——2、梳理剖面已有资料

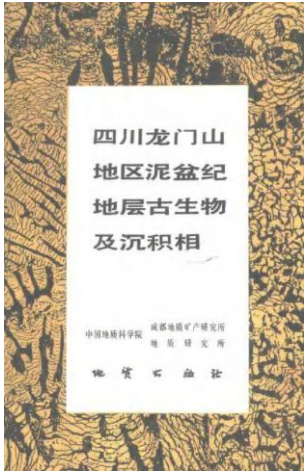




图2-1 龙门山区泥盆系地层露头分布和剖面位置示意.cdr
图2-2 四川龙门山甘溪泥盆系剖面路线图.cdr
图2-3 北川甘溪泥盆系剖面地层划分与沉积-层序综合柱状图.cdr
图2-4 龙门山区泥盆系生物群落和分异度与海平面升降关系.cdr
图2-5 龙门山区泥盆系划层序分和海平面变化及其与北美-西欧-西南西
图2-6 甘溪剖面泥盆系碳、锶同位素地层曲线与Ⅲ级T-R旋回关系.cdr
图2-7 地质时期中的全球海水碳、锶同位素Ⅱ级T-R旋回曲线.cdr
图2-8 龙门山区泥盆纪沉积盆地构造 - 沉积演化示意图.cdr
图2-9 龙门山区不同类型泥盆系的划分和对比图.cdr
图2-10 龙门山泥盆纪早期古地理图略.cdr
图2-11 龙门山泥盆纪晚期古地理图略.cdr
图2-12 龙门山泥盆系沉积曲线图.cdr
图2-13 龙门山泥盆系裂谷盆地的成因模式.cdr
图2-14 下泥盆统平驿铺组木耳厂段实测地层综合柱状图.cdr
图2-15 下泥盆统平驿铺组木耳厂段实测地层综合柱状图.cdr
图2-16 下泥盆统平驿铺组关山坡段实测地层综合柱状图.cdr
图2-17 下泥盆统甘溪组谢家湾段实测地层综合柱状图.cdr
图2-19 下泥盆统养马坝组二台子段实测地层综合柱状图.cdr
图2-21 下泥盆统养马坝组养马坝段中下部实测地层综合柱状图.cdr
图2-22 甘溪剖面中泥盆统金宝石组下段实测地层综合柱状图.cdr
图2-25 中泥盆统金宝石组上段地层综合柱状图.cdr
图2-26 中泥盆统观雾山组下段沉积相和层序地层综合柱状图.cdr
图2-27 上泥盆统土桥子组沉积相和层序地层综合柱状图.cdr
图2-28 上泥盆统茅坝组沉积相和层序地层综合柱状图.cdr

第35卷 第4期 2008年8月
成都理工大学学报(自然科学版)
JOURNAL OF CHENGDU UNIVERSITY OF TECHNOLOGY (Science & Technology Edition)
Vol. 35 No. 4 Aug. 2008
[文章编号] 1671-9727(2008)04-0366-05

汶川大地震与龙门山构造带

林茂炳
(成都理工大学地球科学学院,成都 610059)

地层沿革	下泥盆统						中泥盆统			上泥盆统				下石炭统
侯鸿飞(1988)	桂溪组	木耳厂组	观音庙组	关山坡组	白柳坪组	甘溪组	谢家湾组	二台子组	养马坝组	金宝石组	观雾山组	土桥子组	小岭坡组	沙窝子组	茅坝组	长滩子组
四川地矿局地层清理方案(1994)	平驿铺组				白柳坪组	甘溪组	谢家湾组	养马坝组	金宝石组		观雾山组	土桥子组	沙窝子组		茅坝组	
刘文均等,1995,略有修改	桂溪段	木耳厂段	观音庙段	关山坡段	白柳坪段	甘溪段	谢家湾段	二台子段	养马坝段	下段	上段	观雾山组(D_3g)	土桥子组(D_3t)	小岭坡段	沙窝子段	茅坝组(D_3m)	长滩子组(C_1)
	平驿铺组(D_1p)				甘溪组(D_2g)			养马坝组(D_2y)	金宝石组(D_2j)					沙窝子组(D_3s)			



二、方案与进展——3、剖面踏勘及详测



9.19-9.20 北川踏勘

二、方案与进展——3、剖面踏勘及详测







9月29日，响岩镇泥盆系金宝石组剖面踏勘

二、方案与进展——3、剖面踏勘及详测



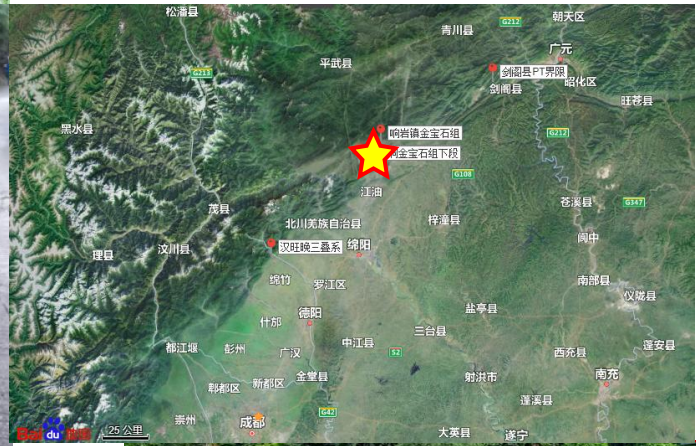




9月30日-10月3日，

猿王洞泥盆系金宝石组剖面

- ✓ **剖面编录200米**
- ✓ **样品采集230件**
- ✓ **现场记号标记**





二、方案与进展——3、剖面踏勘及详测








二、方案与进展——4、撰写试点剖面野外指南

龙门山北川甘溪泥盆系数字剖面考察指南

编写人：文华国 李凤杰 金鑫

目 录

前言 4
第一部分 龙门山北川甘溪剖面泥盆系地质特征及剖面介绍 6
1.1 区域构造背景 6
1.2 甘溪剖面泥盆系地层划分及特征 7
1.3 构造—沉积演化特征和古地理重建 11
第二部分 龙门山北川甘溪剖面及周缘泥盆系研究现状 17
2.1 文献调研分析 17
2.2 研究现状概述 19
第三部分 龙门山北川甘溪泥盆系数字剖面考察路线介绍 24
3.1 考察路线 1—平驿铺组三角洲-滨岸-浅海陆棚陆源碎屑沉积 24
3.1.1 考察点 1：河口湾沉积 25
3.1.2 考察点 2：三角洲沉积 26
3.1.3 考察点 3：陆源碎屑滨岸沉积 27
3.1.4 考察点 4：碎屑陆棚沉积 29
3.2 考察路线 2—甘溪组混积滨岸-陆棚沉积 30
3.2.1 考察点 1：混积滨岸沉积 30
3.2.2 考察点 2：混积陆棚沉积 30
3.2.3 考察点 3：白柳坪段 *Zoophycos* 遗迹化石 31
3.2.4 考察点 4：谢家湾段混积陆棚风暴沉积 32
3.3 考察路线 3—养马坝组二台子段碳酸盐岩沉积 36
3.3.1 考察点 1：台地边缘生物礁 38
3.3.2 考察点 2：礁前塌积微相 38
3.3.3 考察点 3：礁坪滩微相 38
3.3.4 考察点 4：礁后泻湖微相 39
3.4 考察路线 4—金宝石组混合沉积 39
3.4.1 考察点 1：暴露陆棚—河流回春 39
3.4.2 考察点 2：暴露陆棚—有障壁海岸 42
3.4.3 考察点 3：碳酸盐缓坡沉积 42
3.4.4 考察点 4：河口湾沉积 45
3.4.5 考察点 5：混积陆棚沉积 45
3.4.6 考察点 6：海岸平原—渗滤盐 45
3.5 考察路线 5—观雾山组碳酸盐岩沉积 45
3.5.1 考察点 1：河流回春 45
3.5.2 考察点 2：无障壁海岸沉积 46
3.5.3 考察点 3：碳酸盐岩缓坡沉积 46
3.5.4 考察点 4：碳酸盐岩台地沉积 46
3.6 考察路线 6—土桥子组碳酸盐岩沉积 48
3.6.1 考察点 1：碳酸盐岩远端变陡缓坡沉积 48
3.6.2 考察点 2：碳酸盐岩台地沉积 51
3.6.3 考察点 3：盆地相沉积 53
3.7 考察路线 7—茅坝组碳酸盐岩沉积 53
3.7.1 考察点 1：开阔台地沉积 53
3.7.2 考察点 2：局限台地沉积 56
第四部分 野外考察时间安排建议及安全须知 59
4.1 野外考察时间安排建议 59
4.2 野外安全须知 59
第五部分 主要参考文献 62



二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理

- 采集区域：北川县贵溪镇九皇山景区附近
- 采集面积：约1.4平方公里
- 建模思路：高空完成整体三维模型的建设，与近地表无人机特定露头点三维模型进行融合。实现高空看整体，放大看局部的功能。



数据采集设备

- 1.大疆M300RTK无人机配备禅思H20云台相机
- 2.大疆悟2无人机配备禅思X7云台相机



M300RTK



“悟”Inspire 2

航线扫描

- 航线规划：M300无人机完成高空航线扫描
- 区域情况：作业区海拔最高1150米，最低550米。
- 起 飞 点：九皇山景区玻璃栈道平台
- 起飞海拔：1070米
- 航线高度：设计航线相对高度200米
- 飞行架次：2架次（1架次正摄、1架次60° 倾斜）
- 影像数量：788张

露头扫描

- 航线规划：悟2无人机近地表露头三维扫描
- 露头长度：200米
- 起 飞 点：桂溪河岸近露头处
- 起飞海拔：583米
- 航线高度：航点相对高度15-200米垂直扫描
- 飞行架次：3架次（手动飞行）
- 影像数量：332张

二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理

10月4日，技术团队抵达成都

- ✓ 郑彦威-地大北京-飞手
- ✓ 余晓-地大北京-现场
- ✓ 奚镜纶-地理所-地质宝现场

10月5日，猿王洞泥盆系金宝石组剖面

- ✓ 无人机
- ✓ 全景照片
- ✓ AR采集



二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理





10月6日，猿王洞泥盆系金宝石组剖面

- ✓ 精细图像采集
- ✓ 宏观图像采集
- ✓ AR采集



二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理







10月7日，响岩镇泥盆系金宝石组剖面

- ✓ 视频拍摄
- ✓ 样品采集
- ✓ 精细照片
- ✓ AR采集



二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理

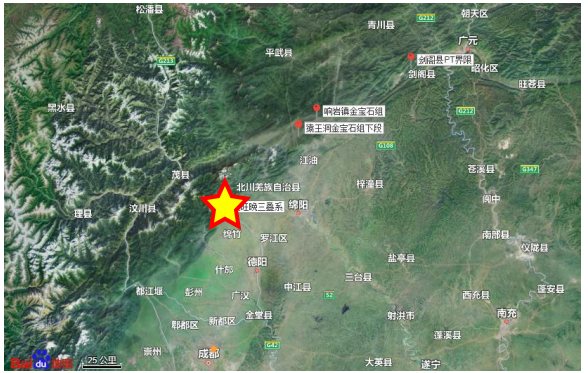






10月8日，汉旺镇三叠系晚期

- ✓ 剖面标记
- ✓ 取样
- ✓ AR采集



二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理

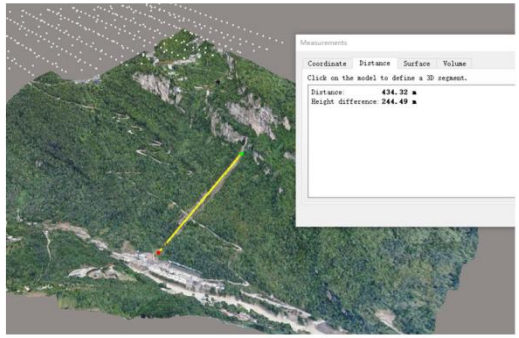
数据处理

- 空三处理软件：重建大师
- 三维建模软件：ContextCapture
- 浏览软件：ContextCapture Viewer、 DasViewer。





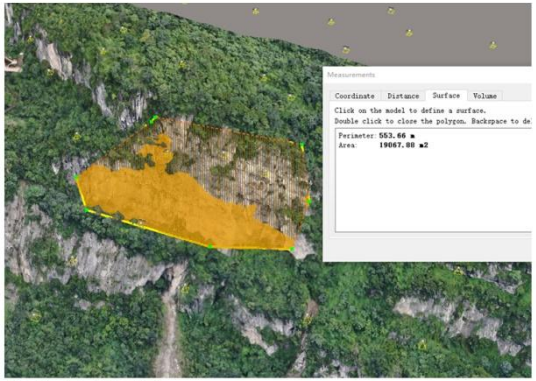
- 点位测量



- 两点测距、高程差

可实现功能：

- 1. 任意点测定经纬度海拔高度
- 2. 任意选择两点可测定距离与高程差，以计算倾角、坡度等
- 3. 任意圈定范围可测定周长、面积
- 4. 衍生根据算法可实现倾角、坡度等矢量计算



- 面积与周长测量



- 面积与周长测量

二、方案与进展——4、无人机第一轮信息采集及数据处理



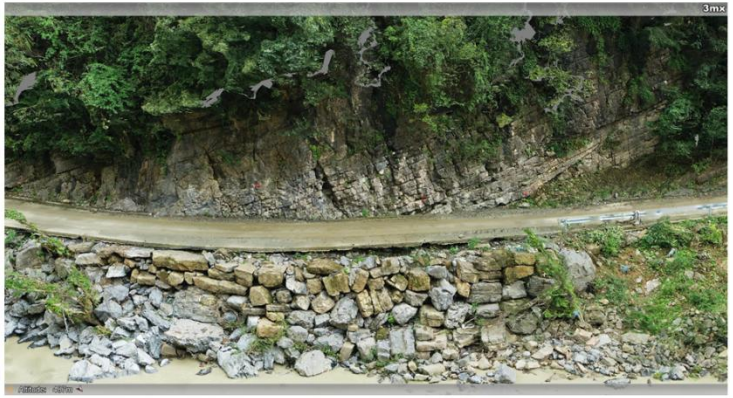
九皇山融合模型

浏览软件：DasViewer

二、方案与进展——5、无人机第一轮信息采集及数据处理



近地表三维区域模型



近地表三维模型细节

地面露头模型





二、方案与进展——6、撰写试点剖面拍摄及展示脚本

附表2-6 四川北川县桂溪镇甘溪中泥盆统金宝石组上段（D_2j^2）数字剖面现场拍摄、采集信息表（现场拍摄脚本）

该段剖面位于猿王洞景区停车场至景区的盘山公路上，沿路边分布，出露极完整和观察非常方便。剖面起点地理坐标位置为：东经104° 40′ 30.40″，北纬31° 55′ 21.03″，终点地理坐标位置为：东经 104° 40′ 42.29″，北纬31° 55′ 33.38″,总厚129.3m，细分为24个小层。1.沿公路使用无人机连续拍摄连续岩石露头影像和连续照片（含地层组界线及分层界线）；2.对植被遮挡或需要突出显现的典型地质现象（包括：界限、构造、岩性细节、沉积构造、古生物化石等）采用手持摄像机和相机拍摄局部连续影像和照片；3.沿剖面使用无人机扫描,用于地质建模。

序号	地层组	地层代号	层号		厚度（m）	沉积特征	重点拍摄内容	拍摄技术要求	备注
			原层号	新层号					
1	金宝石组	D_2j^2	B103	1	7	浅灰色中-厚层状中-细粒石英砂岩，具板状交错层理，其底面为大型冲刷面，垂直下切谷走向，呈模状侧向逐层充填和上超下切谷的现象非常明显，属典型的暴露陆棚上回春河流砂体充填物。	1.层序界线连续影像和照片；2.清晰的岩石露头（石英砂岩）；3.沉积构造（冲刷面、交错层理、下切河谷、上超）；4.层序界面类型与特征；5.沉积相暴露陆棚和碎屑岩无障壁滨岸：河流。	由于植被覆盖严重，需部分揭露	
2				2	3.5	厚3.5m，浅灰色中-薄层细粒石英砂岩夹薄粉砂质泥页岩。	1. 岩石露头（石英砂岩、泥页岩）；2. 沉积构造；3. 沉积相：河口湾有障壁海岸潮坪。		
3			B104	3	9.1	棕红色中-薄层含铁钙质粉砂岩与泥岩互层。	1. 岩石露头（粉砂岩和泥岩互层）；2. 沉积构造；3. 沉积相：河口湾有障壁海岸泻湖。		
4			B105	4	24.4	灰黄色，棕红色中-薄层含铁质粉-细粒石英砂岩与灰色含生物屑灰岩互层。砂岩中可见冲洗层理，大型板状斜层理、双向板状和楔形交错层理，砂体呈侧向厚度变化很大的透镜体产出。	1. 岩石露头（石英砂岩、生屑灰岩）；2. 沉积构造（冲洗层理、交错层理，透镜状砂体）和生物化石；3. 沉积相：河口湾潮沙沙脊和分流河道、潮道、泻湖。		
5			B106	5	2.2	深灰色泥岩、泥灰岩为主，上部夹有砂质生物屑灰岩。	1. 岩石露头（泥岩和泥灰岩）；2. 沉积构造与生物化石（腕足、层孔虫、海百合茎）；3. 沉积相：河口湾局限海湾。		
6				6	3.3	厚层块状砂岩，含铁质结核，发育冲洗层理，板状斜层理，双向板状斜层理和楔形交错层理及底冲刷构造，砂体呈侧向厚度变化很大的透镜体产出。	1. 岩石露头（细砂岩）；2. 沉积构造（冲洗层理和交错层理）；3. 沉积相：河口湾潮道。		
7				7	2	深灰色薄层状钙质页岩，风化后呈叶片状。	1. 岩石露头（页岩）；2. 沉积构造；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚泥沉积。		
8			B107	8	5.3	灰色厚层状含砂质生物碎块灰岩与中-薄层状细-中砂石英砂岩互层，砂岩中发育有冲洗层理和底冲刷构造。	1. 岩石露头（石英砂岩和生屑灰岩）；2. 沉积构造（冲洗层理和底冲刷面）与生物化石（腕足、层孔虫等）；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚浅滩沉积。		
9				9	4	灰黄色粉砂、细粒石英，发育板状交错层理。	1. 岩石露头（石英砂岩）；2. 沉积构造（板状交错层理）；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚砂质浅滩沉积。		
10				10	6.7	黄灰色粉-细粒石英砂岩，夹灰色薄层页岩，砂岩中发育板状交理，页岩中生物钻孔和扰动构造非常发育。	1. 岩石露头（石英砂岩、页岩）；2. 沉积构造（交错层理）和生物化石（遗迹化石）；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚砂质浅滩和陆棚泥沉积。		
11				11	2.5	深灰色钙质泥页岩、泥灰岩，夹泥质粉砂岩。	1. 岩石露头（钙质泥岩和泥灰岩）；2. 沉积构造；3. 沉积相：混积陆棚—深水陆棚泥沉积；4. 层序界限：CS段。		
12				12	1.6	石英粉砂岩。	1. 岩石露头（砂岩）；2. 沉积构造（交错层理）；3. 沉积相：混积陆棚—深水陆棚。		
13			B108	13	6.1	深灰色微晶生物屑灰岩夹薄层页岩。	1. 岩石露头（微晶生屑灰层、页岩）；2. 沉积构造；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚生屑滩沉积。		
14				14	1.8	灰色中-薄层页岩夹钙质粉砂质页岩。	1. 岩石露头（页岩）；2. 沉积构造与生物化石；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚泥沉积。		
15				15	2.6	含生物屑钙质细粒石英砂岩。	1. 岩石露头（生屑灰岩、砂岩）；2. 沉积构造与生物化石；3. 沉积相：混积陆棚—浅水陆棚混积浅滩沉积。		

By 邓斌

数字地质剖面拍摄脚本（模版）

（征求意见稿）

《数字地质剖面拍摄脚本》（以下简称拍摄脚本）为 DDE 项目制作拍摄数字地质剖面统一规定的用于野外拍摄、资料收集、制作的文字脚本，是数字地质剖面现场拍摄、资料收集和制作的重要文字资料和操作流程依据。《拍摄脚本》格式模版由项目组统一制定，《拍摄脚本》内容由承担具体的数字地质剖面的课题组在剖面拍摄、资料采集前完成，提交 DDE 项目组审查批准后，方可组织实施野外数字地质剖面的拍摄和资料采集工作。《拍摄脚本》是数字地质剖面现场资料采集施工和剖面验收的主要技术依据。各课题组应按照《拍摄脚本》（模版）的要求，并结合具体剖面的地质、地理、交通、露头等具体情况认真编写《拍摄脚本》，确保 DDE 制作的数字地质剖面的科学性和规范性。

一、数字地质剖面基本情况

1、 数字地质剖面名称

数字地质剖面名称采用“省+县+乡（镇）地名+特定剖面名+特定地质属性+地质剖面类型”的命名方式。

特定剖面名：地质学界对部分知名剖面的习惯剖面叫法，如“龙门山甘溪剖面”，视情况可无。

特定地质属性包括：①地质时代属性，如“**泥盆纪**”；②地质构



二、方案与进展——6、撰写试点剖面拍摄及展示脚本

泥盆系金宝石组顶部数字剖面拍摄脚本（征求意见稿）

本脚本以邓斌老师的《数字地质剖面拍摄脚本》（模板）为基础，结合泥盆系金宝石组顶部的实地特点，拟编辑形成以一个人物带领、一个故事引入、统一标准编辑的拍摄脚本。

一、系统界面引导进入

通过一个显示当时环境的虚拟三维界面进入引导层面（图 1）。之后，显示所在剖面位置图，该图可以三维可视，可以往前往后，往左往右（图 2）；在该视图下，该剖面有六个功能，分别是“沉积故事”、“地质剖面”、“相关文献”、“取样”、“照片”、“知乎”；不同功能介绍如下文所述。



图 1. 龙门山标准剖面的引导界面图









By 温龙彬

二、方案与进展——7、扩充拍摄设备

照片扫全景、典型现象



佳能5d4

3040万像素CMOS传感器
7fps连拍速度，
Live View下追焦连拍
4.3fps；
影像处理器：DIGIC6+；
可拍摄24/30fps 4K视频；
图像分辨率：
约3010万像素
（6720×4480）
61个对焦点，41个十字对焦点，全部支持f/8对焦，弱光对焦可达-3EV（Live View下-4EV）

视频拍摄典型现象



索尼PXW-FS7

类型：高清摄像机
传感器：Exmor CMOS
液晶屏像素：156万
快门:1/3-1/9000秒
白平衡：预设，内存A，内存B（1500K-50000K），自动追踪白平衡
最低照明度(lux)：0.7流明
录音系统：LPCM 24 bit，48 kHz，4通道

大、小旋翼无人机因地制宜拍摄建模照片



大疆经纬M300 RTK

最大飞行高度500 m
最大飞行时间：55 min
悬停精度　垂直：
±0.1m（视觉定位正常工作时）
±0.5m（GPS正常工作时）
±0.1m（RTK定位正常工作时）



WP-E2全画幅量测型相机

画幅	35.9*24mm
像素	7952*5304
重量	635g（含云台）
尺寸	160*142*138mm
储存	128G插拔式TF卡
图传	1080P
云台	三轴增稳0.1°
录像	支持超清4K



大疆御Mavic 2

飞行速度：72km/h
飞行时间：31分钟
悬停精度　垂直：
± 0.1 m（视觉定位正常时）
± 0.5 m（GPS正常工作时）
相机：2000万有效像素
最大分辨率：5472×3684
图片格式：JPEG/DNG

二、方案与进展——7、扩充拍摄设备（720°全景）

超广角VR扫全景



尼康D750

相机类型：单反数码相机
相机画幅：全画幅相机
总像素：约2493万像素
有效像素：约2432万像素
操作模式：带全手动功能
传感器类型：CMOS传感器
传感器尺寸：5.9×24.0mm
影像处理系统：EXPEED 4



尼康卡扣8mm鱼眼镜头

商品毛重：200.00g
卡口：尼康卡口
适用机身类型：单反
滤镜直径：其他
镜头类型：广角定焦
画幅：APS-C



720全景专业拍摄云台

商品毛重：5.0kg
商品产地：中国大陆
承重：6kg-10kg
产品类型：云台
产品材质：铝合金
云台类型：全景云台

VR扫全景

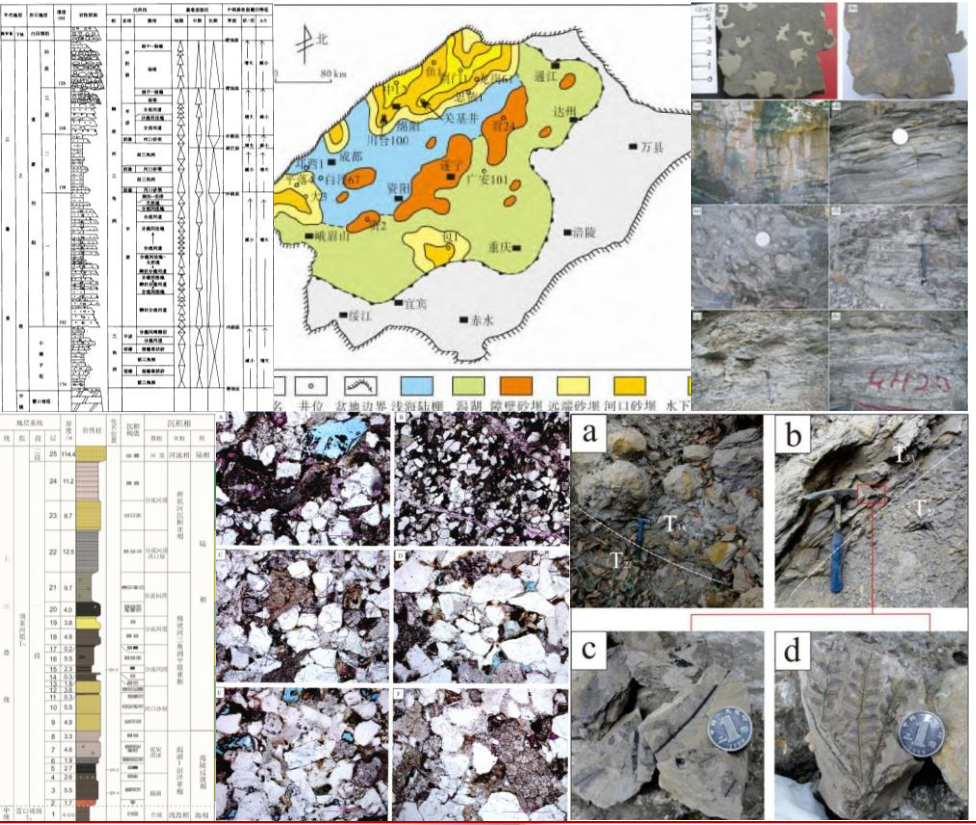


Insta360 ONE R

有效像素：1900万
最高分辨率：5312×3552
图像分辨率：5312×3552（3:2）
5312×2988（16:9）
曝光补偿：±4EV
文件格式：JPG，RAW，MP4

二、方案与进展——8、第二轮信息采集

① 四川省广元市工农镇小塘村中-上三叠统雷口坡-须家河组剖面



中-上三叠统雷口坡-徐家河组剖面位于四川省广元市工农镇小塘村。**剖面厚约900m，共划分93层**。

上三叠统小塘子组与中三叠统为不整合接触，与马鞍塘组 (或汉旺组) 为连续沉积关系；与上覆须家河组须二段为假整合接触关系, 存在明显的岩性、岩相及古生物组合的突变。主要为一套海相或海陆过渡砂泥岩。

该剖面地层中, 可识别出5类层序界面的不整合面，具有重要的科研及教学意义，可为研究龙门山的形成过程和天然气资源预测与勘探方向的确定提供了重要参考。

二、方案与进展——8、第二轮信息采集

① 四川省广元市工农镇小塘村中-上三叠统雷口坡-须家河组剖面



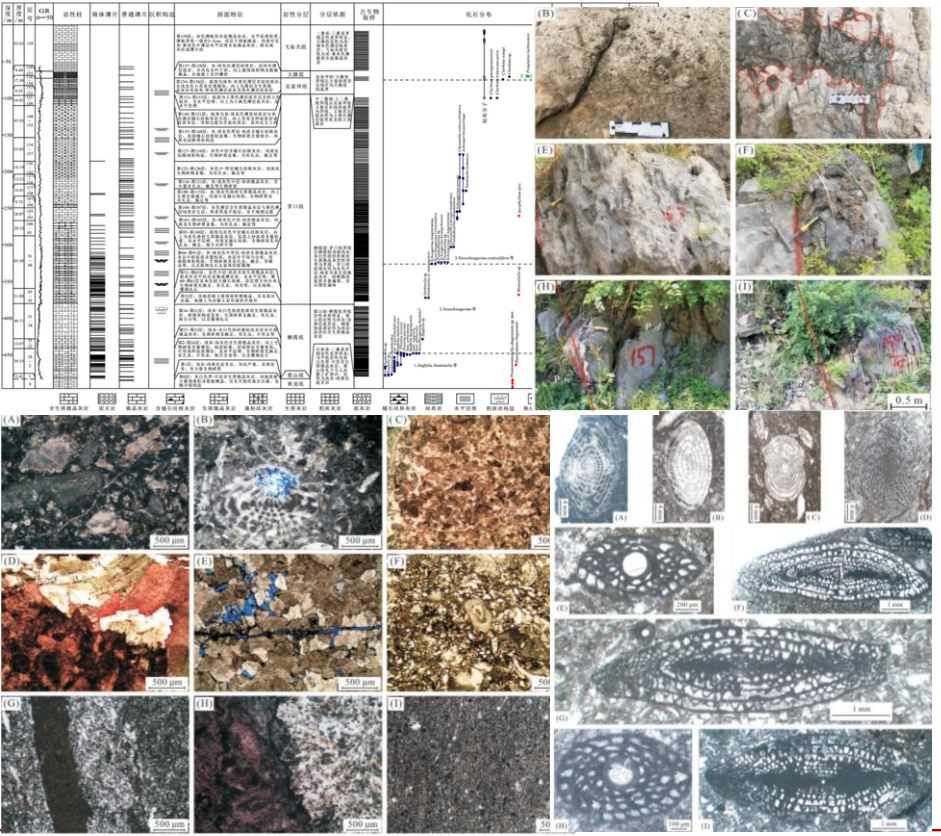







二、方案与进展——8、第二轮信息采集

② 四川省广元市剑阁县猫儿塘二叠系剖面（梁山组-栖霞组-茅口组-吴家坪组-大隆组）



剑阁猫儿塘二叠系剖面位于四川省广元市剑阁县上寺乡桅杆村。该剖面位于清江河畔，露头较好，植被掩盖少，**剖面总长度378.8m，共划分75层**。

发育下二叠统梁山组（P_1l），中二叠统栖霞组（P_2q）、茅口组（P_2m），上二叠统吴家坪组（P_3w）、大隆组（P_3d），下伏地层为石炭系地层，上覆地层为下三叠统飞仙关组。

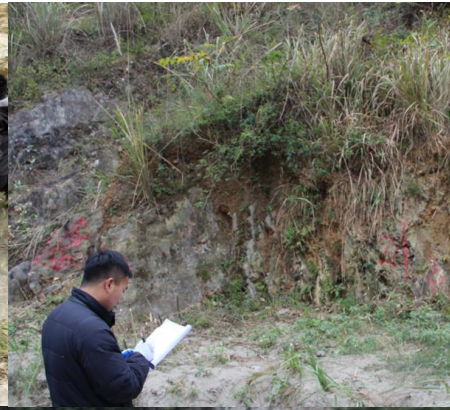
剖面主要发育泥晶灰岩、豹斑灰岩、泥质条带灰岩、生物碎屑灰岩、白云岩、泥岩、硅质岩等。

该剖面有较多地质现象，地层连续出露，化石种类多样，相对适合作为一个二叠系标准剖面教学点。

二、方案与进展——8、第二轮信息采集

② 四川省广元市剑阁县猫儿塘二叠系剖面（梁山组-栖霞组-茅口组-吴家坪组-大隆组）



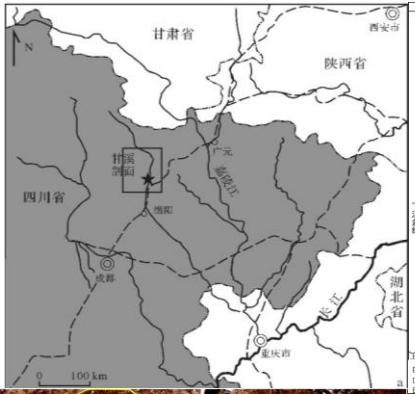



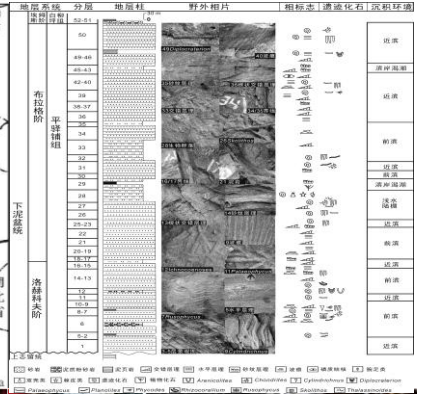


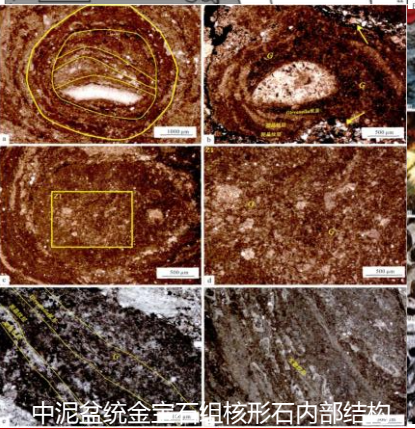


二、方案与进展——8、第二轮信息采集

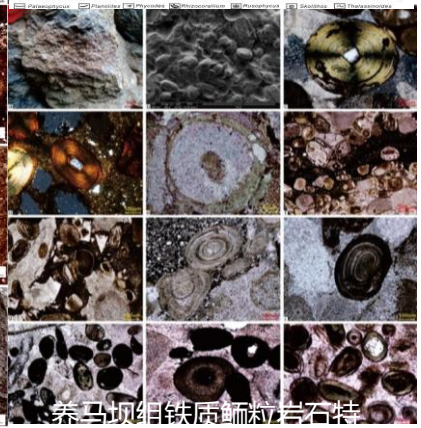
③ 四川省绵阳市平武县中-下泥盆统金宝石-养马坝-平驿铺组剖面







中泥盆统金宝石组核形石内部结构



养马坝组铁质鲕粒岩石特

响岩泥盆系剖面位于四川省绵阳市平武县响岩镇涪江边，露头较好，植被掩盖少，**剖面路线总长约10Km**。

其中养马坝组分为下泥盆统二台子段（D_1e）和中泥盆统养马坝段（D_2y）。二台子段厚约500m，以发育大套巨厚礁、滩相灰岩为特征；养马坝段厚约200m，以生屑灰岩-泥灰岩互层为特征，下部风暴沉积特征明显，顶部以出现*Zdimiri*腕足化石富集层作为标志，之上为金宝石组底部厚层砂岩。

中泥盆统金宝石组（D_2j ）厚约300m，为砂岩、泥岩（泥灰岩）、瘤状灰岩、生屑灰岩和礁灰岩的不等厚互层组合,顶部以出现鸮头贝化石富集层作为标志。

响岩剖面岩石和古生物化石类型多样，沉积构造和层序界面十分典型，出露良好，便于教学观察。

二、方案与进展——8、第二轮信息采集

③ 四川省绵阳市平武县中-下泥盆统金宝石-养马坝-平驿铺组剖面





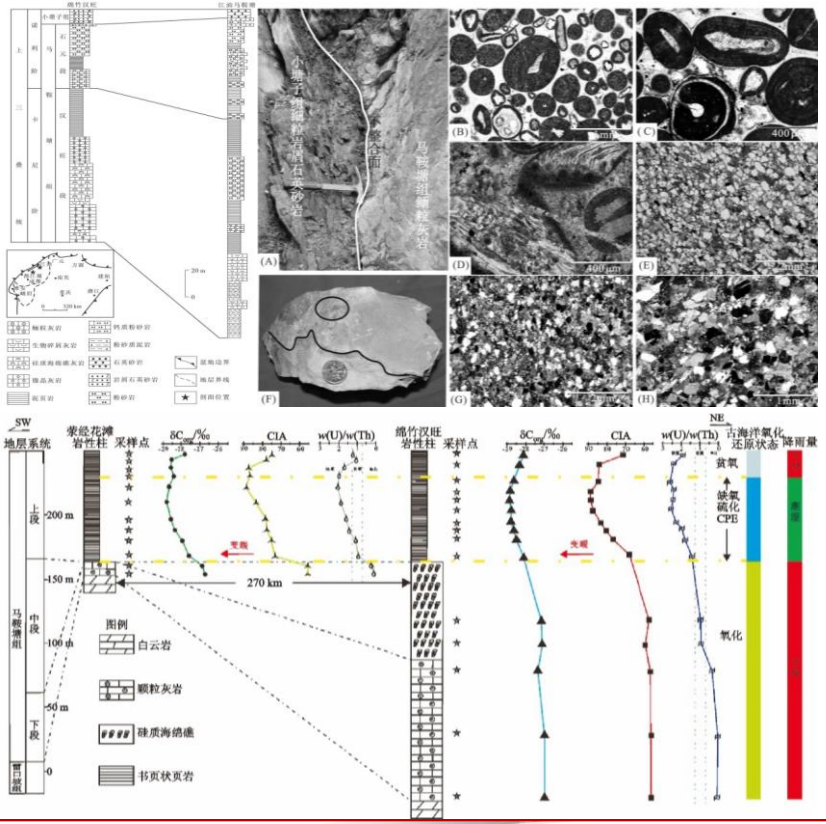






二、方案与进展——8、第二轮信息采集

④ 四川省绵竹市汉旺镇上三叠统马鞍塘组剖面



汉旺剖面位于四川省绵竹市汉旺镇西北约1公里的青岩沟。**马鞍塘组地层厚度大于44m，共划分27层**。

该套地层岩性发育主要分为两段：下段以鲕粒灰岩、生屑灰岩、海绵丘灰岩为主的碳酸盐岩沉积；上段深黑色泥岩、含粉砂质泥岩夹透镜状砂岩为主的碎屑岩沉积。

该层位古生物化石多样，岩石类型丰富，沉积相变化清晰；沉积构造特征典型，是良好的科普、科研素材。马鞍塘组中部的岩性转换事件，碳酸盐岩沉积突然中止，取而代之的为上覆碎屑岩沉积，预示着重大的沉积环境改变，能够为探究龙门山前陆盆地早期演化记录和机理提供证据；也能够为研究硅质海绵生物丘生长和死亡提供新的研究思路。

二、方案与进展——8、第二轮信息采集

④ 四川省绵竹市汉旺镇上三叠统马鞍塘组剖面



二、方案与进展——8、第二轮信息采集完成工作量

	细节视频 （.MXF格式）	细节、平扫照片 （.CR2格式）	全景视频 （.insv格式）	经纬M300 RTK照片 （.jpg格式）	御Mavic 2照片 （.jpg格式）
小塘村剖面	40G	727张	21G	464余张	756张
猫儿塘剖面	17.5G	256张	9.8G		992张
响岩镇剖面	43G	1500张	65G		592张
汉旺剖面	5.22G	135张	2.19G		

二、方案与进展——9、数据建模与展示

数据处理

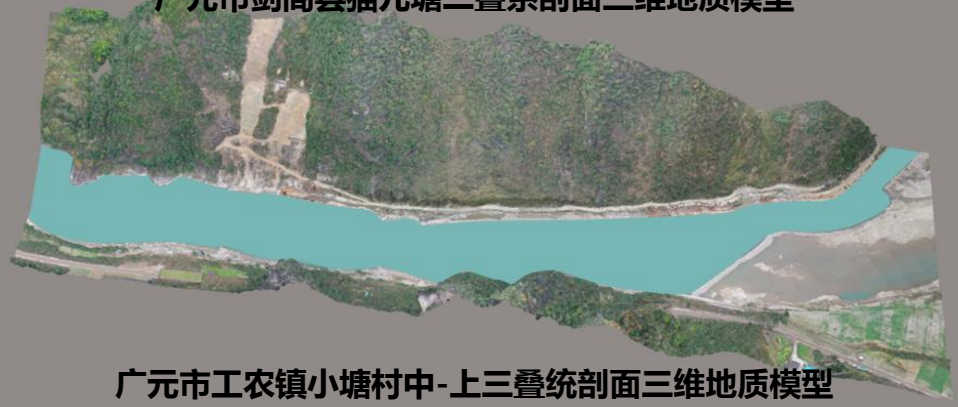
- 建模软件：Smart 3d、Photoscan
- 修模软件：天际航DP-modeler ；
- 浏览软件：ContextCapture Viewer等



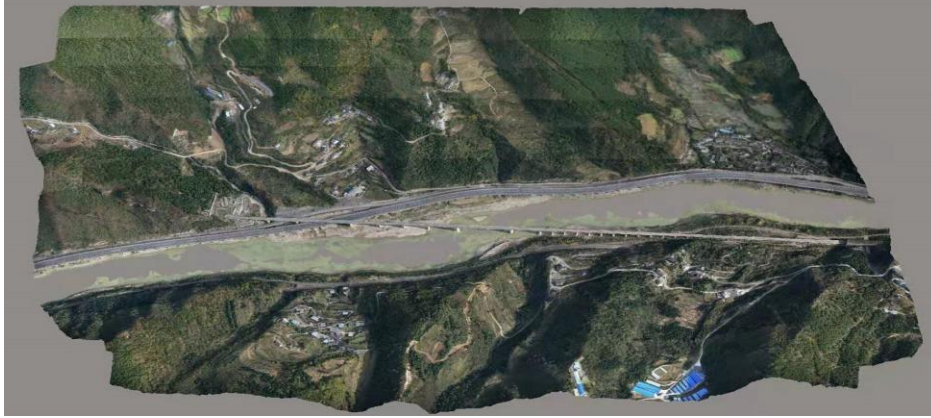
可实现功能：

1. 任意点测定经纬度海拔高度
2. 任意选择两点可测定距离与高程差，以计算倾角、坡度等
3. 任意圈定范围可测定周长、面积
4. 衍生根据算法可实现倾角、坡度等矢量计算

广元市剑阁县猫儿塘二叠系剖面三维地质模型



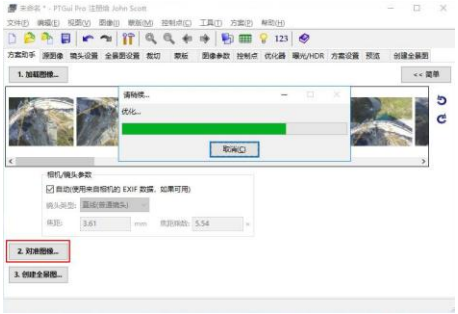
广元市工农镇小塘村中-上三叠统剖面三维地质模型



二、方案与进展——9、数据建模与展示（720°全景）

数据处理

- 全景拼接制作软件：PTGui pro;
- 照片处理软件：Photoshop;
- 720全景浏览软件：PTGuiViewer。



720全景特点

- 对剖面现状进行高精度高还原度展示；
- 可使用VR设备近距离观察剖面情况；
- 虚拟观察视角类似真实野外考察视角。



三、问题与思考

- **信息采集**

部分剖面位置处于禁飞区域附近或不具备无人机飞行条件（剖面两侧山地落差过大、找不到合适的起飞点，导致无人机无法在安全高度飞行），如何完成三维地质模型建立所需的照片。

- **产品功能**

如何从已知中获取未知

- **团队配置**

虚拟仿真层面的技术力量不足，需要依靠学科交叉与团队合作

1、DDE体系内安排技术专家深度参与项目，参与产品论证、设计和开发等

2、前期先与成熟公司合作，后期引入及培养人才

- **管理机制**

各任务单元如何高效协作，实质性推进所负责任务；

如何提高建设团队的积极性，保证系统的建设、维护与更新

谢谢，

请批评指正！

