

2018 年度国家虚拟仿真实验教学项目申报表

学 校 名 称	同济大学
实 验 教 学 项 目 名 称	基础地质实验
所 属 课 程 名 称	基础地质\普通地质学\工程地质
所 属 专 业 代 码	081401
实 验 教 学 项 目 负 责 人 姓 名	王建秀
实 验 教 学 项 目 负 责 人 电 话	13916185056
有 效 链 接 网 址	http://tmxg.tongji.edu.cn/jcdz/

教育部高等教育司 制

二〇一八年七月

填写说明和要求

1. 以 Word 文档格式，如实填写各项。
2. 表格文本中的中外文名词第一次出现时，要写清全称和缩写，再次出现时可以使用缩写。
3. 所属专业代码，依据《普通高等学校本科专业目录（2012 年）》填写 6 位代码。
4. 涉密内容不填写，有可能涉密和不宜大范围公开的内容，请特别说明。
5. 表格各栏目可根据内容进行调整。

1. 实验教学项目教学服务团队情况

1-1 实验教学项目负责人情况					
姓名	王建秀	性别	男	出生年月	1971年4月
学历	博士研究生	学位	博士	电话	021-65983923
专业技术职务	教授	行政职务		手机	13916185056
院系	土木工程学院地下建筑与工程系			电子邮箱	wangjianxiu@tongji.edu.cn
地址	上海市四平路1239号			邮编	200092
<p>教学研究情况：主持的教学研究课题（含课题名称、来源、年限，不超过5项）；作为第一署名人在国内外公开发行的刊物上发表的教学研究论文（含题目、刊物名称、时间，不超过10项）；获得的教学表彰/奖励（不超过5项）。</p> <p>1. 主持的教学研究课题</p> <p>[1] “地质学+”虚拟教学体系与竞技虚拟教学 App 开发，同济大学教学改革研究与建设项目，2015.10-2017.10。</p> <p>[2] 基础地质实验，同济大学第三期精品实验建设项目，2010.9-2012.9。</p> <p>[3] 基于三维表面形貌及虚拟现实技术的岩矿鉴定虚拟试验系统，同济大学第五期实验教改项目，2009.5-2011.5。</p> <p>[4] 3D 扫描-3D 打印技术在基础地质实验教学中的应用，同济大学第十期实验教改课题，2014.10-2016.10。</p> <p>[5] 4013 虚拟地质实验室（基础地质实验），同济大学第十二期实验教改项目，2017.01-2018.12。</p> <p>2. 发表的教学研究论文</p> <p>[1] 王建秀，刘笑天，居哲超，吴林波，殷尧，刘琦，杨坪. 3D 打印技术在基础地质矿物教学中的应用[J]. 教育教学论坛，2015，51:1-2。</p> <p>[2] 王建秀，刘笑天，居哲超，殷尧，吴林波，刘琦，杨坪. 3D 扫描-3D 数字重建-3D 打印技术在地质教学中的应用[J]. 教育教学论坛，2016，42:160-161。</p> <p>[3] 王建秀，高峰. 辅助地质类课程教学的“地质学+”APP 的设计与实现[J]. 教</p>					

育教学论坛, 2017, 33:268-270。

- [4] 王建秀, 唐益群, 杨坪, 陈建峰. 非地质类专业工程地质实习教学方法探讨[J]. 教育教学论坛, 2012, 31:124-125。
- [5] 王建秀, 周洁, 蒋佳翊, 刘琦, 叶真华.4013 虚拟地质实验室概念设计[J]. 中国地质教育, 已经录用, 2018.10。
- [6] Jianxiu Wang (王建秀), Liu, X.T., Xiang, J.D., Jiang, Y.H. Laboratory model tests on bottom aquitard water inrush in a foundation pit [J]. ENVIRON EARTH SCI (2016) 75:1072。
- [7] 杨坪, 石振明, 唐益群, 王建秀. 实验教学示范中心网络环境特色模块建设与网络化管理[J]. 教育教学论坛, 2013, 23: 238-239。
- [8] 杨坪, 王海林, 石振明, 唐益群, 王建秀. 岩矿实验课程课堂与网络双结合教学模式[J]. 教育教学论坛, 2013, 36: 185-187。
- [9] 杨坪, 章斯豪, 黄雨, 王建秀. 基于游戏场景的工程物探考核新模式[J]. 当代教育理论与实践, 2016, 8(11): 66-68。
- [10] 杨坪, 周飞棚, 薛守宝, 王建秀, 宋立.模块化程序在工程物探教学中的应用[J].中国地质教育, 2018, 27 (1): 70-73。

3. 获得的教学表彰/奖励

- [1] 王建秀, 唐益群, 杨坪, 石振明, 刘琦.岩矿鉴定实验教学体系创新的理论与实践.2012 年度同济大学教学成果奖(12068), 二等奖。
- [2] 王建秀, 唐益群, 杨坪, 石振明, 刘琦.3D 扫描、3D 打印及 App 辅助基础地质教学方法与应用, 2017 年度同济大学教学成果奖, 二等奖。
- [3] 王建秀.2016 年度同济大学育才教育奖励金, 二等奖。
- [4] 王建秀.2014 年度同济大学土木工程学院“我心目中的好导师”。
- [5] 唐益群, 王建秀, 杨坪, 周念清.探索研究生课程教学模式、教学方法的改革.2012 年度同济大学教学成果奖 (10065), 鼓励奖。

学术研究情况：近五年来承担的学术研究课题（含课题名称、来源、年限、本人所起作用，不超过5项）；在国内外公开发表刊物上发表的学术论文（含题目、刊物名称、署名次序与时间，不超过5项）；获得的学术研究表彰/奖励（含奖项名称、授予单位、署名次序、时间，不超过5项）

1. 主持的学术研究课题

- [1] 大型地下工程施工对既有基础设施影响的机理与应用示范，上海市科委，2018.07-2021.07，课题负责人。
- [2] 围海造陆区吹填土固结大变形过程中污染物运移机制与清洁地基处理技术研究，地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室，2018.07-2020.07，课题负责人。
- [3] 潜埋岩溶对地铁振动的动力响应及潜在岩溶塌陷机制，中国地质科学院岩溶地质研究所课题，2017.10-2019.10，课题负责人。
- [4] 厦门第二西通道（海沧隧道）工程超浅埋暗挖双连拱隧道三导洞施工关键技术研究，厦门路桥集团，2017.07-2019.09，课题负责人。
- [5] 循环荷载-冲击荷载作用下海岛吹填机场跑道稳定性与长期沉降特性研究，上海市浦江计划课题，2015.07-2018.10，课题负责人。

2. 发表的学术论文

- [1] Wang, J.X., Liu, X.T., Liu, S.L., Wu, Y.B., Wu, L.G., Lou, R.X., Lu, J.S., 2017. Field experiment and numerical simulation of coupling non-Darcy flow caused by curtain and pumping well in foundation pit dewatering. *J. Hydrol.* 549: 277-293.
- [2] Wang, J.X., Wu, L.B., Deng, Y.S., Song, D.S., Liu, W.J., Hu, M.Z., Liu, X.T., Zhou, J., 2017. Investigation and evaluation of contamination in dredged reclaimed land in China. *Mar. Georesour. Geotec.* 2: 1-14.
- [3] Wang, J.X., Liu, X.T., Jiang, Y.H., Chen J., Chen Q.W., Jiang, S.M., Zhou, N.Q., 2017. Critical distance between copper mining roadway and a vertical water-blocked body. *Q. J. Eng. Geol. Hydroge.* 50(4): 460-471.
- [4] Wang, J.X., Liu, X.T., Liu, J.X., Wu, L.B., Guo, Q.F., Yang, Q., Lu, J.S., 2017. Dewatering of a 32.55 m deep foundation pit in MAMA under leakage risk conditions. *KSCE J. Civ. Eng.* 16: 1-18.

[5] Wang, J.X., Deng, Y.S., Ma, R.Q., Liu, X.T., Guo, Q.F., Liu, S.L., Shao, Y.L., Wu, L.B., Zhou, J., Yang, T.L., Wang, H.M., Huang, X.L., 2017. Model test on partial expansion in stratified subsidence during foundation pit dewatering. J. Hydrol. 557: 489-508.

3. 获得的学术研究表彰/奖励

- [1] 基坑降水中 MAMA 组合地层的沉降机制与帷幕-井群控沉体系，教育部，科技进步奖二等奖，排名第 1，2015 年
- [2] 地铁车站深基坑降水中的墙-井作用机理与施工控制技术，教育部，科技进步奖二等奖，排名第 1，2010 年
- [3] 饱和软粘土的动力响应特征及对地铁振动荷载敏感性分析，教育部，自然科学奖二等奖，排名第 4，2013 年
- [4] 冶金工业旋流池成套建造技术，上海市，技术发明奖二等奖，排名第 5，2016 年
- [5] 扩建型轨道交通枢纽站超深基坑工程安全和环境安全双控技术，上海市，科技进步奖二等奖，排名第 5，2015 年

1-2 实验教学项目教学服务团队情况

1-2-1 团队主要成员（5 人以内）

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	王建秀	同济大学	教授	学术带头人	在线教学	服务
2	石振明	同济大学	教授	处长	在线教学	服务
3	刘琦	同济大学	副研究员		在线教学	服务
4	周洁	同济大学	助理研究员		技术支持	支持
5	叶真华	同济大学	讲师		在线教学	服务

1-2-1 团队其他成员

序号	姓名	所在单位	专业技术职务	行政职务	承担任务	备注
1	杨坪	同济大学	副教授	副书记	技术支持	服务
2	俞松波	同济大学	工程师	副主任	技术支持	服务
3	曹培	同济大学	工程师		技术支持	服务
4	陈超	上海维程计算机信息技术有限公司	网络工程师		网络支持	支持

5	曹海娇	北京世纪超星信息技术发展有限责任公司	编导		动画支持	支持
6	张宗飞	北京世纪超星信息技术发展有限责任公司	后期工程师		后期支持	支持
7	石 聪	北京世纪超星信息技术发展有限责任公司	后期工程师		后期支持	支持
8	于 龙	北京世纪超星信息技术发展有限责任公司	摄像师		信息采集	支持
9	殷天山	北京世纪超星信息技术发展有限责任公司	摄像师		摄像支持	支持
10	于晓文	上海曼恒数字技术股份有限公司		项目经理	内容开发	支持
11	吕艺青	上海曼恒数字技术股份有限公司		技术主管	内容开发	支持
12	李小龙	上海曼恒数字技术股份有限公司		销售经理	市场推广	支持
13	邓沿生	同济大学	博士生		课程内容	支持
14	徐 娜	同济大学	博士生		课程协助	支持
15	吴晓玉	同济大学	博士生		课程协助	支持
16	刘月圆	同济大学	硕士生		课程协助	支持
17	张宇澄	同济大学	硕士生		课程协助	支持

18	顾其伟	同济大学	硕士生		课程协助	支持
19	赵宇	同济大学	硕士生		课程助教	支持
20	崔韬	同济大学	硕士生		课程协助	支持
21	龙冠宏	同济大学	硕士生		课程协助	支持
22	武昭	同济大学	硕士生		课程协助	支持
23	吴林波	同济大学	博士生		课程助教	支持
24	刘笑天	同济大学	博士生		课程视频	支持
25	殷尧	同济大学	博士生		课程内容	支持
项目团队总人数：30（人）高校人员数量：21（人）企业人员数量：9（人）						

注：1. 教学服务团队成员所在单位需如实填写，可与负责人不在同一单位。

2. 教学服务团队须有在线教学服务人员和技术支持人员，请在备注中说明。

2. 实验教学项目描述

2-1 名称

基础地质实验。

2-2 实验目的

结合课堂教学中讲授的矿物岩石物理力学性质、成分、结构与构造，学习矿物岩石的鉴定和描述方法，认识常见的矿物、岩石标本。熟悉矿物岩石的基本特性，能够在虚拟仿真实验系统和实验室熟练鉴定常用的矿物和岩石标本。

2-3 实验原理（或对应的知识点）

知识点数量： 85 （个）

本实验为《基础地质》课程的配套系列实验。实验课共分为9次，分别是非硅酸盐矿物1次，硅酸盐矿物1次，岩浆岩2次，沉积岩2次，变质岩2次，岩矿标本及古生物化石参观1次，最后采用矿物随机鉴定的方法进行考核。实验的内容主要涉及《基础地质》课程教材《普通地质学》（第三版）（舒良树主编，地质出版社）中第1章绪论、第2章矿物、第3章岩浆作用与火成岩、第4章外力地质作用与沉积岩、第5章变质作用与变质岩。

涉及到的理论知识点主要有：

（1）矿物部分：克拉克值、矿物、晶体、非晶体、晶面、同质多像、类质同像、矿物集合体、透明度、光泽、颜色、条痕、硬度、摩氏硬度计、解理、断口、硅氧四面体、造岩矿物、硅酸盐矿物。

（2）岩浆岩部分：喷出岩(火山岩)、火山碎屑岩、熔岩、浮岩、柱状节理、玄武岩、侵入作用、侵入岩、围岩、浅成侵入、深成侵入、结晶分异作用、连续反应系列、不连续反应系、鲍温反应系列、隐晶质结构、显晶质结构、非晶质结构、斑状结构、块状构造、流动构造、气孔构造、杏仁构造、层状构造。

（3）沉积岩部分：碎屑结构、分选性、圆度、非碎屑结构、沉积构造、层理、交错层理、层面、递变层理、波痕、泥裂、缝合线、结核、印模、砾岩、砂岩、粉砂岩、粘土岩、硅质岩、硅质页岩、内碎屑、生物碎屑、竹叶状灰片。

（4）变质岩部分：变质作用、变质岩、变质矿物、变晶结构、变晶、变余结构、板状构造、斑状构造、片状构造、片理、麻状构造、变余构造、接触热

变质作用、接触交代变质作用、区域变质作用、混合岩化作用。

2-4 实验仪器设备（装置或软件等）

基础地质实验虚拟仿真教学系统（同济大学精品实验项目），3D 打印模型，放大镜，摩氏硬度计，无釉瓷版，稀盐酸，地质锤。

2-5 实验材料（或预设参数等）

虚拟仿真数字化的矿物和岩石标本。

矿物

一

1 黄铁矿；2 磁铁矿；3 石英；4 方解石；5 白云石；6 方铅矿；7 萤石；
8 石膏；
9 黄铜矿；10 闪锌矿；11 赤铁矿；12 重晶石；13 石墨；14 铝土矿；15 磷灰石

二

16 斜长石；17 正长石；18 橄榄石；19 辉石；20 角闪石；21 黑云母；22 石榴子石；
23 高岭土；24 蓝晶石；25 红柱石；26 滑石；27 绿泥石；28 透辉石；
29 十字石；
30 蛇纹石；31 绿帘石

岩浆岩

一

32 橄榄岩；33 辉长岩；34 闪长岩；35 花岗岩；36 正长岩；37 斑状花岗岩；
38 花岗闪长岩；39 霞石正长岩；40 细粒花岗岩；41 辉岩；

二

42 辉绿岩；43 玄武岩；44 安山岩；45 正长斑岩；46 粗面岩；47 流纹岩；
48 伟晶岩
49 煌斑岩；50 闪长玢岩；51 浮岩；

沉积岩

一

52 砾 岩；53 石英砂岩；54 长石砂岩；55 细砂岩；56 粉砂岩；57 硬粉砂岩；58 凝灰岩；59 火山角砾岩；

二

60 泥 岩；61 页 岩；62 石灰岩；63 白云质灰岩；64 竹叶状灰岩；65 鲕状灰岩；66 生物灰岩；67 炭质页岩；68 油页岩

变质岩

一

69 红柱石板岩；70 板 岩；71 千枚岩；72 绿泥石片岩；73 云母石英片岩；74 片麻岩；75 石英岩；76 大理岩；

二

77 矽嘎岩；78 云英岩；79 斜长角闪岩；80 构造角砾岩；81 糜棱岩；82 角闪石片岩

2-6 实验教学方法（举例说明采用的教学方法的使用目的、实施过程与实施效果）

1. 使用目的

在**教学实验室空间资源有限，开放时间有限**的情况下，利用**虚拟仿真实验教学系统**，在课前提供虚拟浏览服务，实现学生课前预习；在课后提供虚拟实验服务，实现学生虚拟实验；在虚拟实验后提供虚拟考试服务，实现学生课后复习和测试。为学生掌握肉眼鉴定岩石和矿物**提供充分的信息资源和无限的服务**。

2. 实施过程

采用虚实结合的实验教学方法。实验教学在实验室进行，在实验之前和之后，学生可通过虚拟仿真实验教学系统登陆网站，进入网站点击岩石和矿物标本，进行虚拟观察和描述。通过“地质学+”在线系统提供移动端（Android版）的虚拟考试，通过“地质学+”微信公众号提供虚拟补充知识。

基础地质知识是地质工程、土木工程专业本科生知识体系中重要的组成部分，其中地质体的三维形态与结构特征是课堂讲授的重点和难点。而传统的语言描述、图片展示、录影介绍等手段已经远远不能满足学生日益增长的学习需求，无法平衡基础地质教学中知识面“宽”和“深”的矛盾问题。如何在当前

的教育背景下丰富教学内容和方法、引入学科热点问题的探讨、加强学生学习自主性和积极性是基础地质教学亟待解决的问题。

本虚拟仿真实验教学系统引入了新型教学理念、方法和手段，具体实施过程包括：

(1) 登陆基础地质虚拟仿真实验项目网站了解课程概况

登陆虚拟仿真实验网站（图 2.1），了解实验概况。虚拟仿真实验提供的栏目包括：项目概况、教学队伍、实验教学、教学视频、项目特色、虚拟实验、岩矿目录、三维形貌、地质学+App 和微信公众号等。



图 2.1 虚拟仿真课程网站总页面

(2) 下载教学大纲及教学文件

浏览实验教学，了解教学目标和基本原理、实验设备及材料、实验教学方法和虚拟仿真教学的基本操作步骤（图 2.2），下载教学大纲、主要知识档案、教学讲义、教学团队发表的教学论文等。学习虚拟仿真实验操作的基本步骤（图 2.3）。



图 2.2 主要教学文件下载

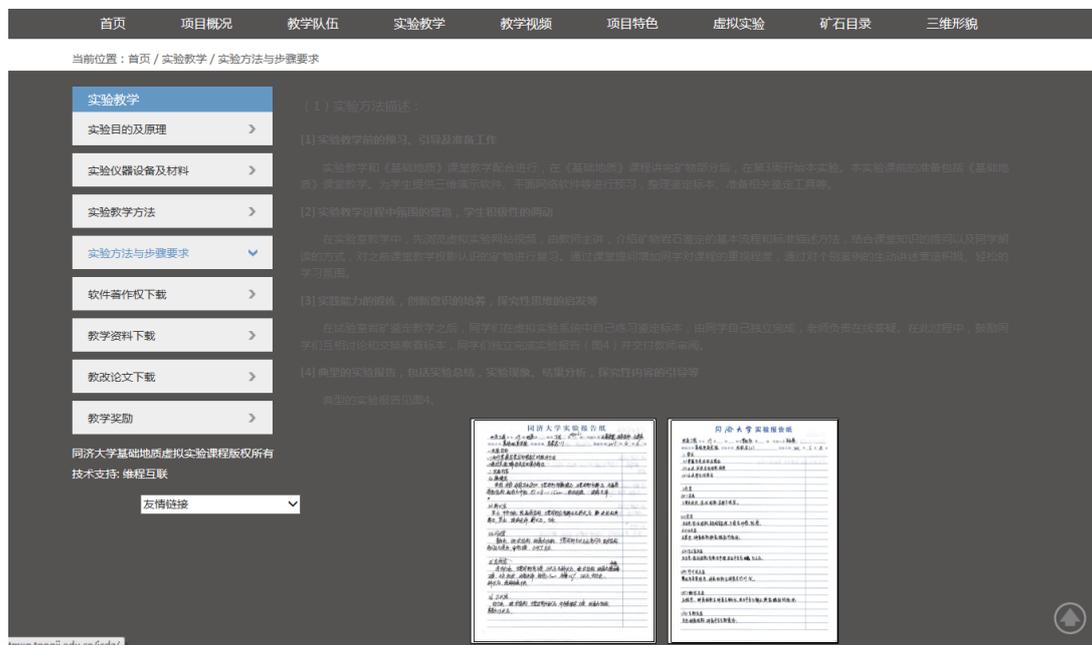


图 2.3 虚拟仿真实验步骤

(3) 利用岩矿目录学习矿物岩石标本的标准描述

虚拟仿真实验教学系统给出了相关所有矿物、岩石的实验室照片以及相关标准描述，对于矿物包括：编号、中英文名称、化学组成、晶体结构、形态、物理性质、成因产状、鉴定特征、用途和附图等。对于岩石包括：编号、中英文名称、类别、起源、外观、矿物成分、描述、用途及附图等（图 2.4~2.5）。

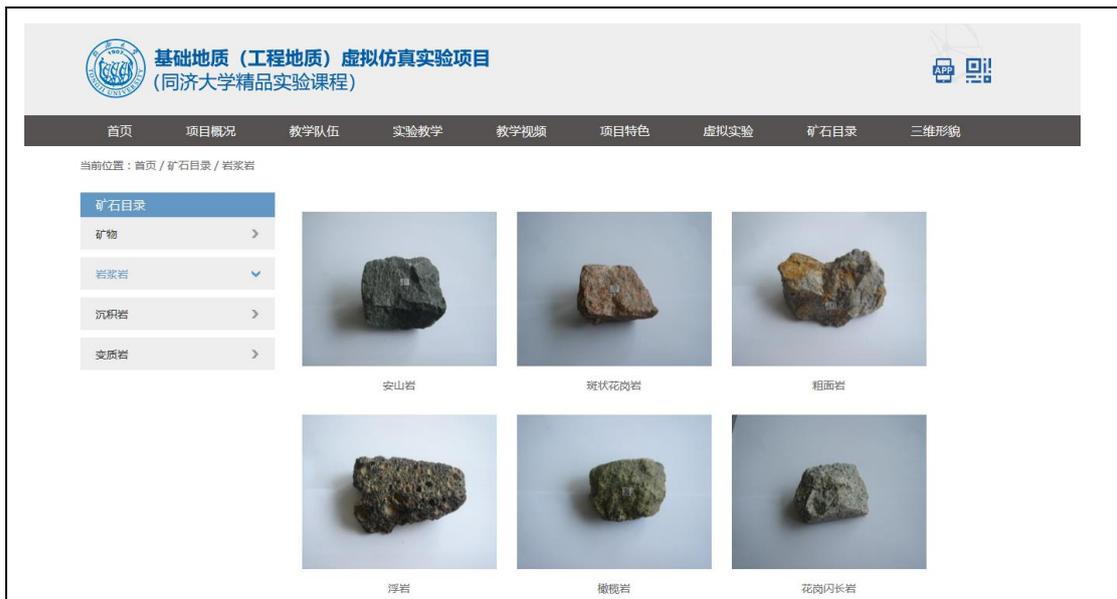


图 2.4 标本标准描述目录



图 2.5 代表性标本的标准描述

(4) 利用全套实验教学视频为同学预习、学习和复习提供支持

拍摄了岩矿教学实验课程随堂的教学视频（图 2.6~2.11），作为同学们实验前预习、学习以及实验后复习的参考依据，为实现课堂教学和虚拟教学无缝对接奠定基础。





图 2.8 实验教学视频截图（2）



图 2.9 实验教学视频截图（3）



图 2.10 实验教学视频截图（4）



图 2.11 实验教学视频截图（5）

（5）利用 3D 建模技术建立矿物晶体 32 种对称型三维可视化模型

针对传统教学中用二维线条表示三维模型不够直观形象问题（表 2.1，图 2.12），基于晶体学的基本知识（图 2.13），利用 ShapeV7.1、Rhino、3Ds Max 等软件建立 32 类点群对称型晶体的三维数字模型（图 2.14）。

表 2.1 晶体的对称分类

晶族	晶系	对称特点	对称型	对称型符号		晶类名称
				圣弗里斯符号	国际符号	
低级晶族	三斜晶系	无 L^2 , 无 P	L^1	C_1	1	单面
			C	$C_i=S_2$	1	平行双面
	单斜晶系	L^2 或 P 不多于 1 个	L^2	C_2	2	轴双面
			P	$C_{2h}=C_s$	m	反映双面
			L^2PC	C_{2h}	$2/m$	斜方柱
	斜方晶系	L^2 或 P 多于 1 个	$3L^2$	$D_2=V$	222	斜方四面体
			L^22P	C_{2v}	$mm2$	斜方单锥
			$3L^23PC$	$D_{2h}=V_h$	mmm	斜方双锥
	中级晶族	四方晶系	有一个 L^4 或 L_i^4	L^4	C_4	4
L^42L^2				D_4	422	四方偏方面体
L^4PC				C_{4h}	$4/m$	四方双锥
L^4P				C_{4v}	$4mm$	复四方单锥
L^44L^25PC				D_{4h}	$4/mmm$	复四方双锥
L_i^4				S_4	4	四方四面体
$L_i^42L^22P$				$D_{2d}=V_d$	$42m$	复四方偏三角面体
三方晶系		有 1 个 L^3 或 L_i^3	L^3	C_3	3	三方单锥
			L^33L^2	D_3	32	三方偏方面体
			$L^3C=L_i^3$	$C_{i3}=S_6$	3	复三方单锥
			L^33P	C_{3v}	$3m$	菱面体
			$L^33L^23PC=L_i^33L^23P$	D_{3d}	$3m$	复三方偏三角面体
中级晶族	六方晶系	有 1 个 L^6 或 L_i^6	L^6	C_6	6	六方单锥
			L^66L^2	D_6	62	六方偏方面体
			L^6PC	C_{6h}	$6/m$	六方双锥
			L^66P	C_{6v}	$6mm$	复六方单锥
			L^66L^27PC	D_{6h}	$6/mmm$	复六方双锥
			$L_i^6=L^3P$	C_{3h}	6	三方双锥
			$L_i^63L^23P=L^33L^24P$	D_{3h}	$62m$	复三方双锥
高级晶族	等轴晶系	有 4 个 L^3	$3L^24L^3$	T	23	五角三四面体
			$3L^24L^33PC$	T_h	$m3$	偏方复十二面体
			$3L_i^44L^36P$	T_d	$43m$	六四面体
			$3L^44L^36L^2$	O	43	五角三八面体
			$3L^44L^36L^29PC$	O_h	$m3m$	六八面体

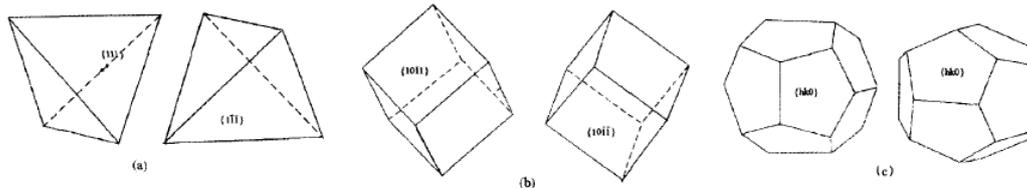


图 2.12 传统教学中的二维模型

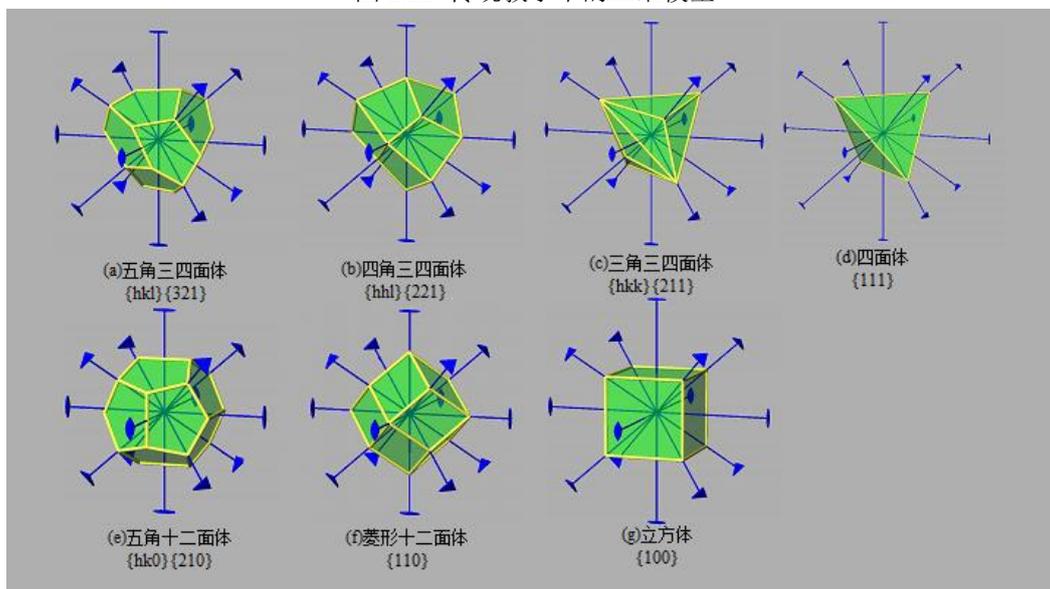
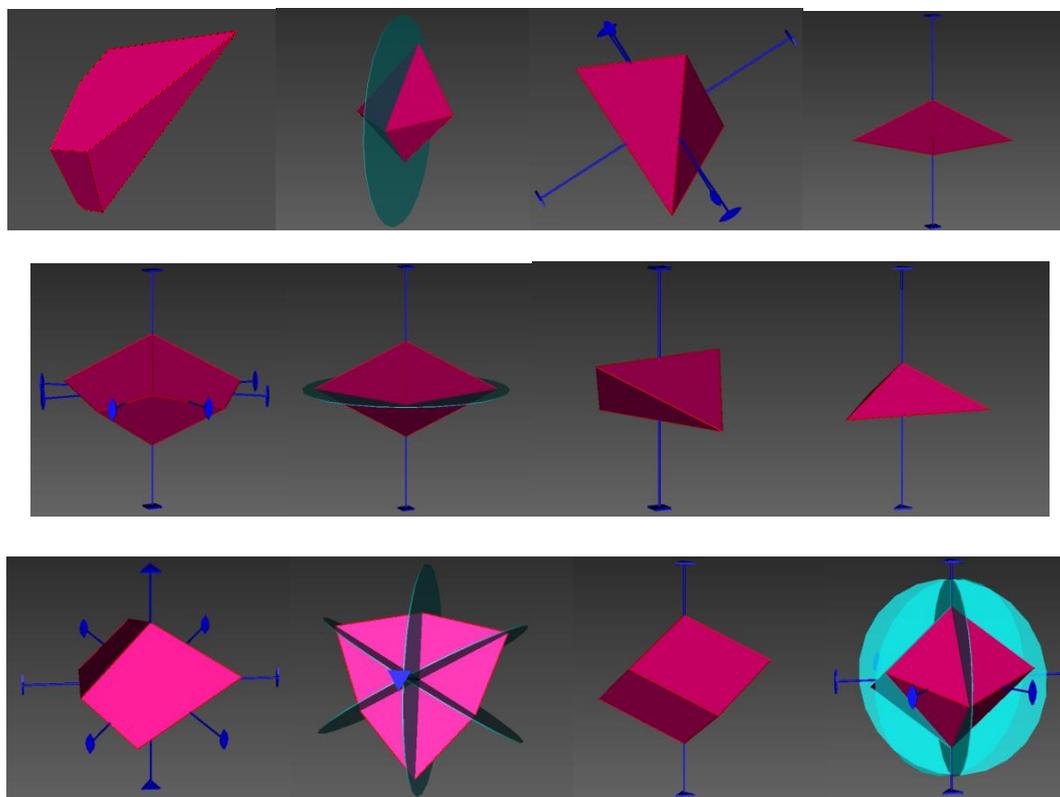


图 2.13 等轴晶体推导



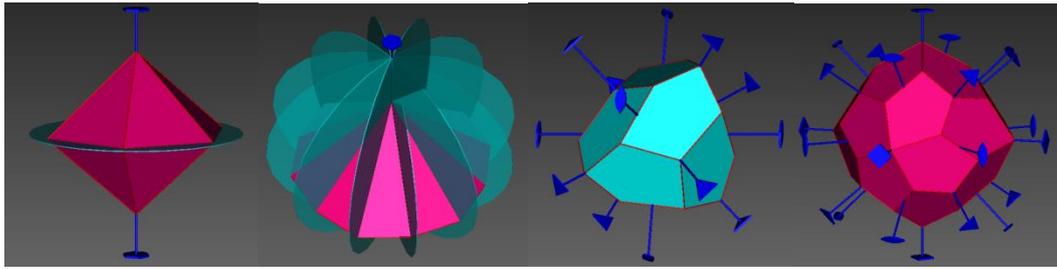


图 2.14 晶体结构 3D 数字模型

(6) 利用 3D 扫描与 3D 数字重建技术建立标本和野外地质体的 3D 虚拟教学模型

利用便携式 3D 扫描仪采集标本和野外岩体、岩石、小规模断层、褶皱等的三维形貌点云数据，在 Skanect、Geomagic 三维建模软件中对其进行 3D 数字化重建（图 2.15-2.16），用于基础地质课堂教学。



图 2.15 3D 打印的实验室教学岩石标本数字模型



(a)野外岩石可见光照片



(b)3D 扫描后重建岩石的 3D 数字模型

图 2.16 岩体野外赋存照片及岩体结构 3D 扫描模重建数字模型

(7) 利用 3D 建模与 3D 打印技术建立矿物晶体理论模型、野外岩体及工程的 3D 实体教学模型

基于“逆向工程”方法，采用 Cura 软件对三维数字模型进行支撑网格划分和切片处理，利用荷兰 Ultimaker 开源技术 3D 打印机（图 2.17）按照控制指令逐层打印成型小型、轻质化的矿物晶体和地质体模型，将虚拟数字模型转化为每位同学手中轻巧的小比尺模型（图 2.18-2.21），用于基础地质教学，对于提高教学效率、实现参与式教学具有重要意义。

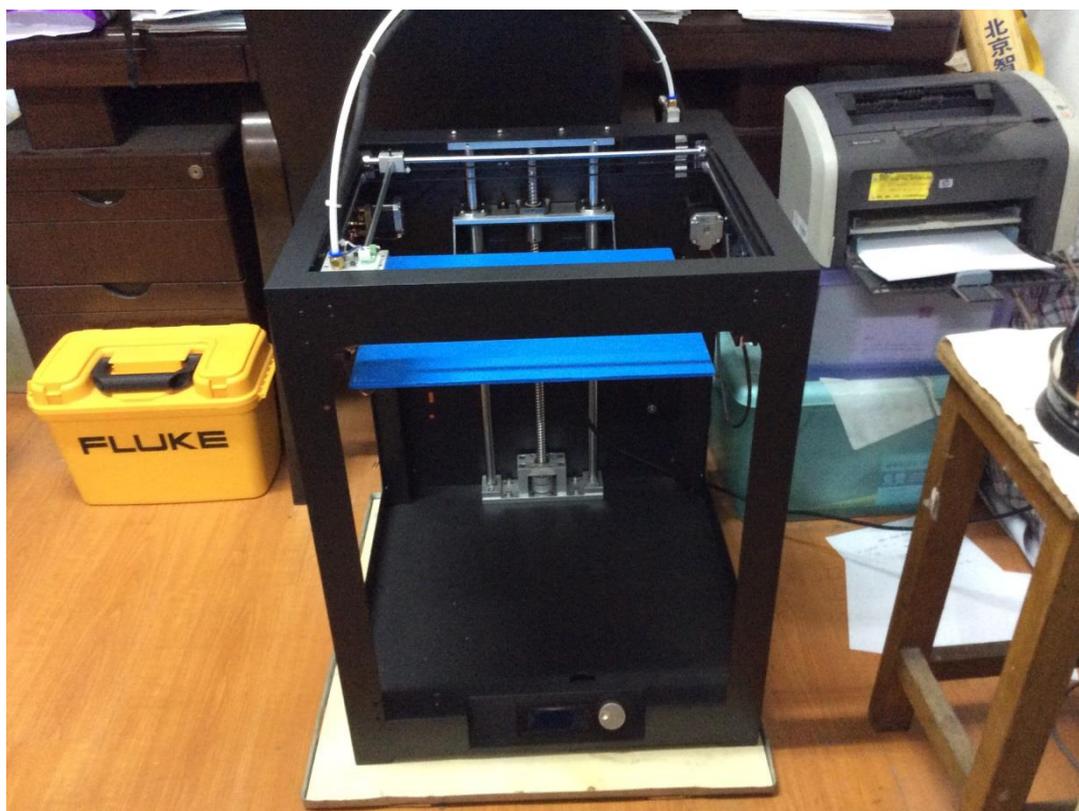
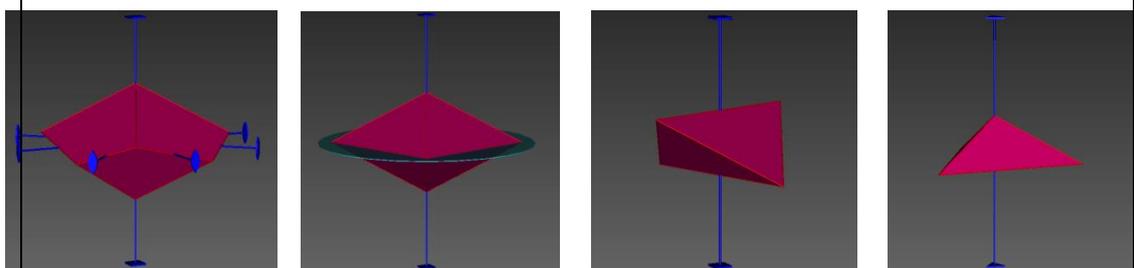
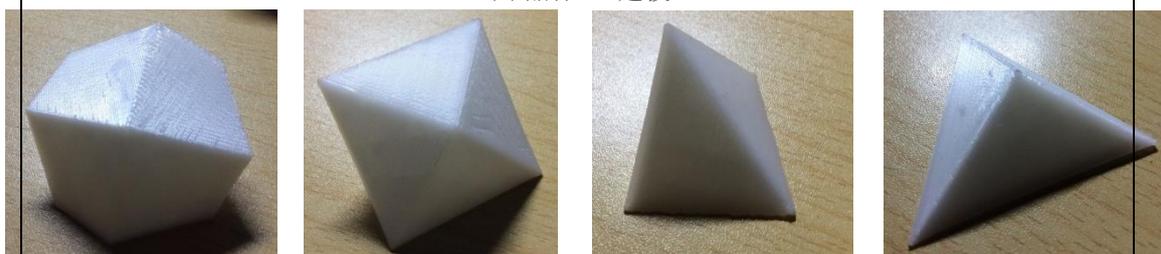


图 2.17 Ultimaker 3D 打印机



(a) 晶体 3D 建模



(b) 3D 打印出的教学模型

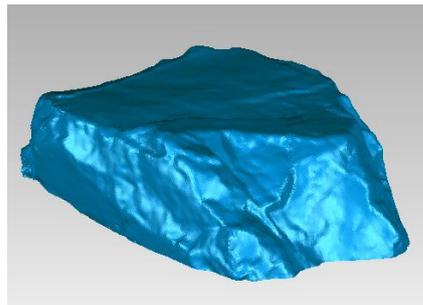
图 2.18 晶体对称型的 3D 建模与 3D 打印模型



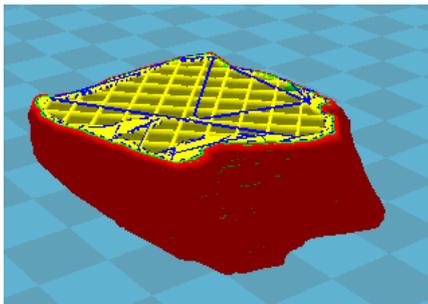
图 2.19 传统模型和 3D 打印模型的对比



(a) 数码照片



(b) 3D 数字模型

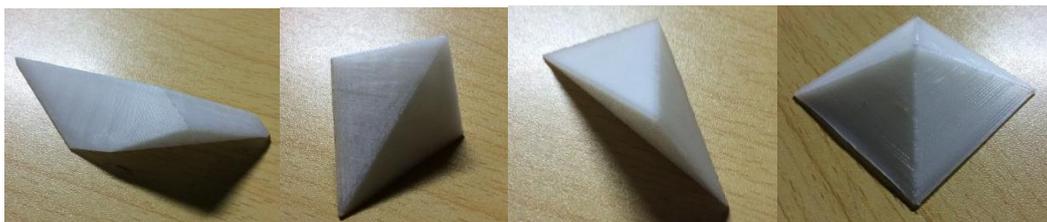


(c) 3D 数字打印模型



(d) 实体打印模型

图 2.20 岩体结构“逆向工程”全过程模型图



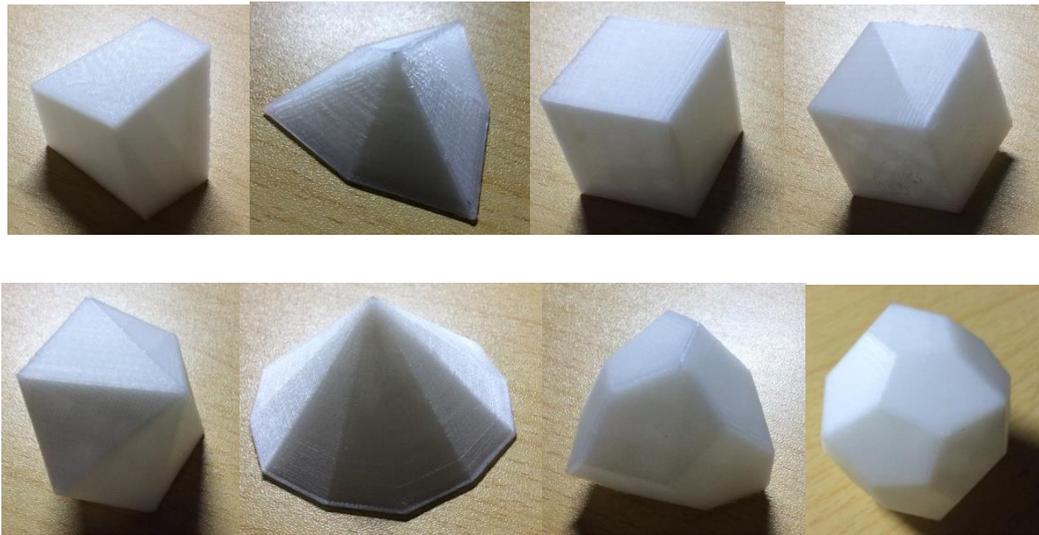


图 2.21 3D 打印的晶体 3D 实体模型

(8) 基于 3D 扫描和 3D 数字重建技术，开发虚拟岩矿实验教学系统，用于虚拟实验教学

在基于互联网平台构建的“虚拟岩矿实验教学系统”中，集成了 3D 扫描、3D 重建技术，将原来的实验室岩矿图片标本转化为教学系统内的三维数字模型（图 2.22），利用数字摄影技术，实现了岩石矿物形态、颜色、光泽的高保真，在进行岩矿肉眼鉴定时可达到与真实标本同样的效果，有效解决了实验室开放时间不足，同学们观察标本时间不够的问题。

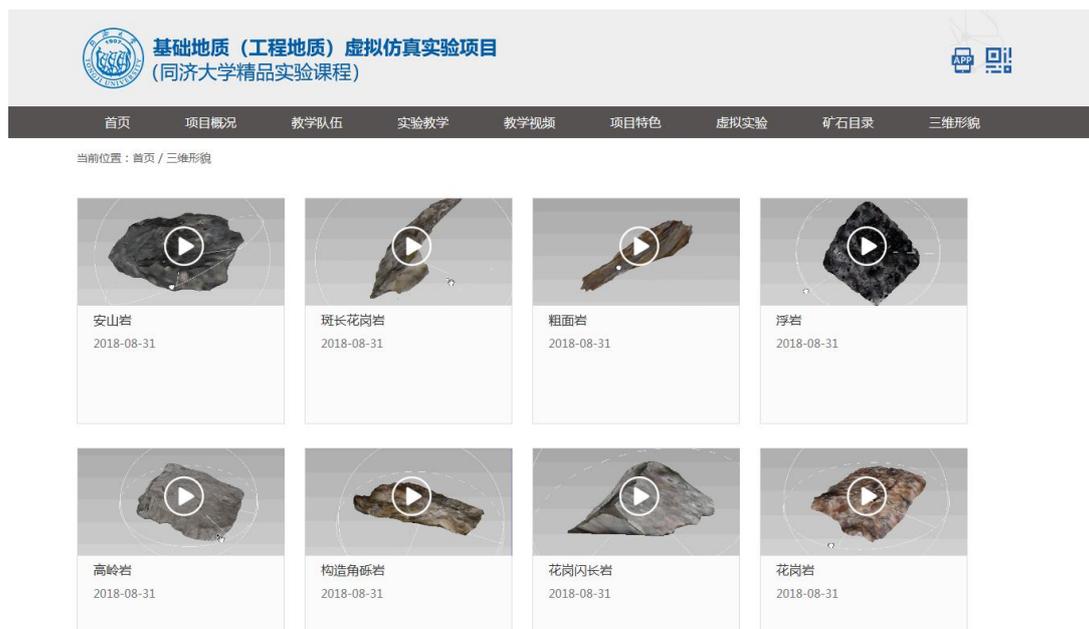


图 2.22 3D 扫描和重建的数字化模型

(9) 基于数字摄影及 Flash 开发矿物及岩石标本的三维虚拟教学系统

开发基础地质虚拟仿真实验项目（图 2.23），在设定光照的情况下，采用高分辨率数码单反相机连续拍摄矿物多角度照片，然后利用 Flash 软件，对照片进行拼接和处理。照片采集采用 Pentax Km 单镜头反光照相机，矿物标本每旋转 30 度角拍摄一次，每个标本至少采集 12 张照片，然后使用 Adobe PhotoShop CS4 对原始照片进行处理。动画制作采用 Adobe Flash 8.0 软件，先将处理好的照片制作成元件，然后插入场景中，通过 Flash 脚本控制各元件动作。在同学浏览该照片时，通过照片的连续旋转高精度地展现岩矿的颜色、光泽、解理、断口等。基于编写的基础地质实验教材和讲义（图 2.24），开放了专用的软件系统（图 2.25）共完成了 82 块标本的三维形貌工作。方解石在不同角度形成解理的过程见图 2.26，黄铁矿的观察和鉴定见图 2.27-2.30。石英的观察见图 2.31-2.32。

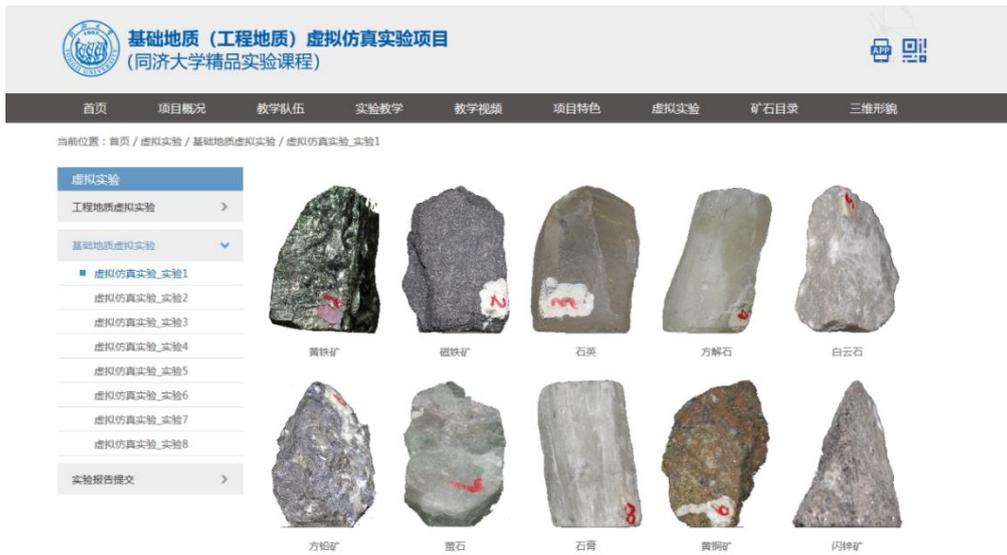


图 2.23 虚拟实验教学系统

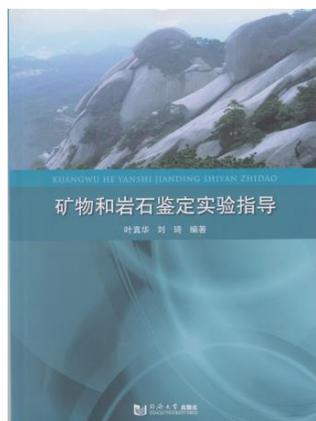


图 2.24 矿物和岩石鉴定实验指导



图 2.25 虚拟实验教学系统



图 2.26 虚拟教学系统中方解石解理的演示



图 2.27 选择观察黄铁矿形貌

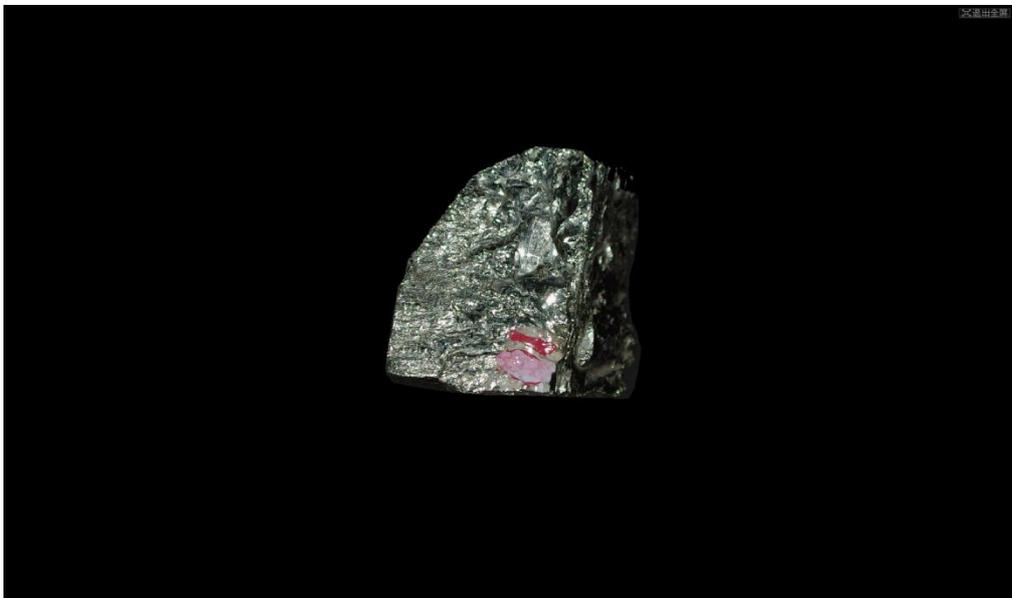


图 2.28 旋转前矿物光泽及形貌 (1)



图 2.29 旋转前矿物光泽及形貌 (2)

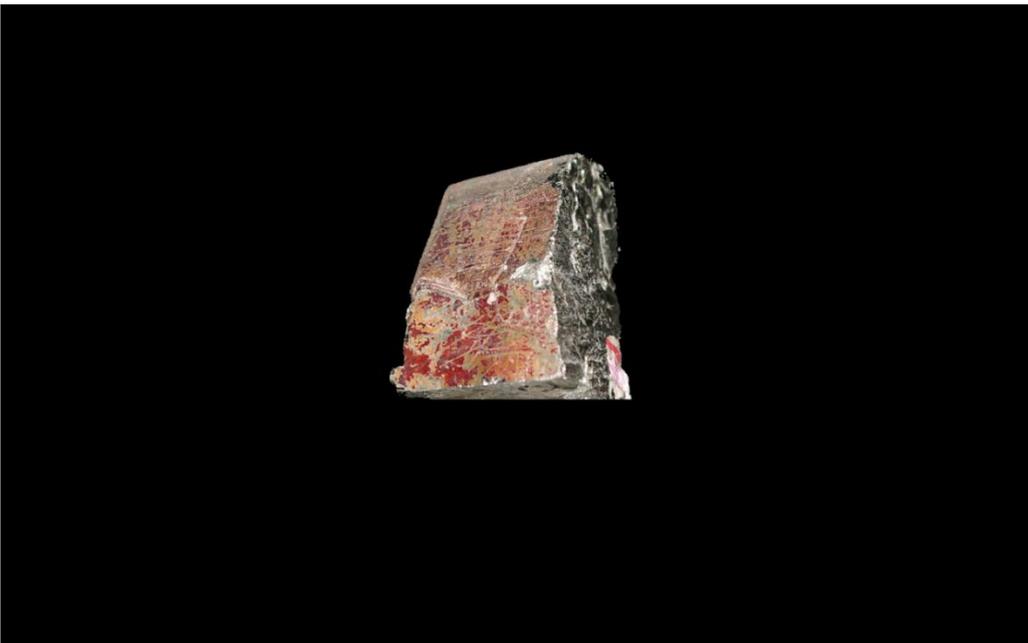


图 2.30 旋转前矿物光泽及形貌 (3)



图 2.31 石英旋转前矿物光泽及形貌 (1)



图 2.32 石英旋转后矿物光泽及形貌 (1)

基础地质虚拟仿真实验的鉴定标本有 82 块，参观标本有数百块。通过虚拟仿真系统的后台可维护系统数据库，更新标本和相关教学知识体系（图 2.33-2.34）。整个虚拟仿真实验部分已经获得了软件著作权（图 2.35）。



图 2.33 虚拟仿真实验教学系统后台界面（1）



图 2.34 虚拟仿真实验教学系统后台界面（2）



图 2.35 虚拟仿真实验教学系统软件著作权

（10）基于网络云的“地质学+”虚拟竞技教学移动 App 软件，用于学生碎片时间学习、复习与虚拟考试

以基础地质专业为背景开展需求分析，设计了软件系统的体系结

构，基于安卓平台开发了“地质学+”虚拟竞技教学 App 软件（图 2.36~2.37），有效地调动学生自主学习的积极性，使其成为课堂教学之外的辅助课程学习的重要环节。



图 2.36 “地质学+” App 和微信公众号的下载和关注



图 2.37 “地质学+” App 软件

(11) 基于“地质学+”微信公众号，用于发布学习信息，拓展基础知识和进行网上答疑

随着微信在人们生活中的使用频率越来越高，微信公众号在人们获取信息的来源中占据了很高的比例，因此对原来主要以虚拟竞技教学 App 为主的设计思想进行了扩展，提出了“地质学+”微信公众号的新模块，开设了名为“地质学 plus”的微信公众号（图 2.38），不定期在公众号发布课程相关知识、课程相关题目、地质领域最新研究成果等内容供订阅者阅读、获取信息。将微信公众号等平台与教学相结合，一方面加强老师和学生之间的沟通；另一方面便于老师对教学资料的管理，例如通过微信公众号平台进行相关的教学测试、给学生发布专业相关前沿成果进展等。用于发布课外学习材料，网上答疑，重要知识点解析，学生学习情况网上投票与调查等。



图 2.38 “地质学+”微信公众号

3. 实施效果

本实验教学系统在同济大学地质工程和土木工程专业 2013-2017 级学生中试用，作为《基础地质》和《工程地质》配套的实验课程《基础地质实验》和《工程地质实验》的有力补充，使用效果良好。

为充分满足课堂直观教学需求，将 3D 扫描、3D 数字重建、3D 打印及虚拟网络竞技等辅助教学手段引入基础地质教学当中。有效地解决了同学们对于基础地质及其拓展学习的需求，激发学生们的学习兴趣，获得了同学一致好评

和良好的反馈。具体应用情况：

(1) 将 3D 扫描技术应用于 2014-2016 本科生基础地质实习，在苏州虎丘公园、烈士陵园、灵岩山、天平山、砚瓦山等野外实习路线开展岩体结构的三维扫描与室内三维重建工作。

(2) 利用 3D 重建技术建立了 32 种晶体和多种岩石矿物的三维数字模型，应用于 2014-2018 年地质工程与土木工程本科生的课堂教学。

(3) 利用 3D 打印技术制作了矿物晶体和岩石三维实体模型，应用于 2014-2018 年地质工程专业本科生的基础地质实验教学。

(4) 基础地质实验虚拟现实系统以网站形式进行展示教学，用于 2012-2018 年地质工程专业本科生的课外学习。

(5) 微信公众号与手机 APP 软件在 2016-2018 同济大学地质工程专业本科生教学中开展示范性应用，通过答题、科普、三维展示进行互动教学。

(6) 以后期开发的“地质学+”App 为例，针对学生用户的需求进行了问卷调查，共发放问卷 80 份，收回问卷 55 份，其中有效问卷 49 份，无效问卷 6 份。问卷调查表明，得到了学生的充分肯定。

研究成果先后在 **2014 和 2018 年** 获得了**同济大学教学成果二等奖**（图 2.39）。

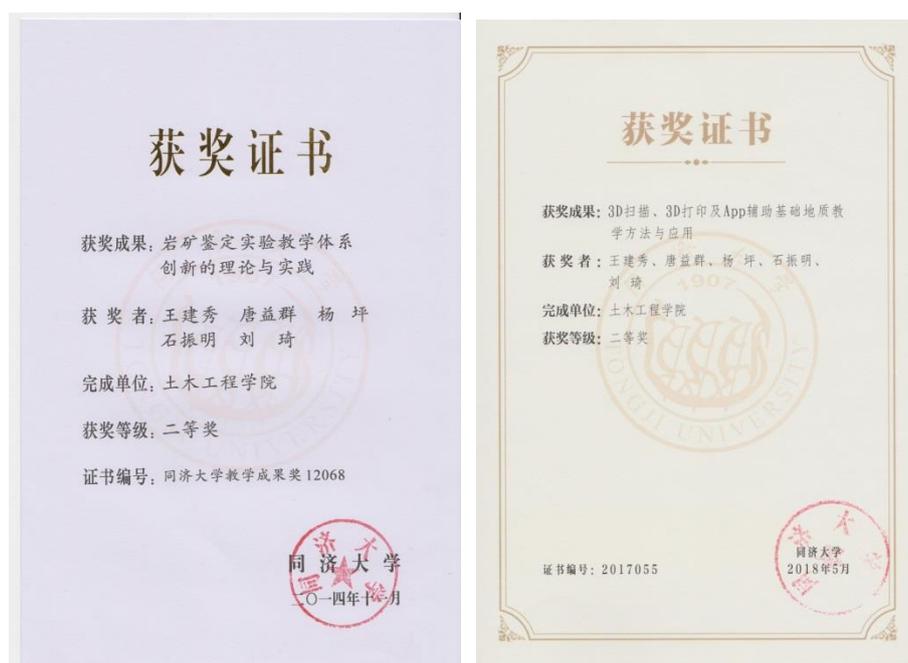


图 2.39 研究成果获得的教学成果奖

2-7 实验方法与步骤要求（学生交互性操作步骤应不少于 10 步）

1. 实验方法描述

(1) 实验教学前的预习、引导及准备工作

虚拟仿真实验教学和《基础地质》、《基础地质实验》课堂教学配合进行，在《基础地质》课程讲完矿物部分后，在第 3 周开始基础地质实验。实验课前的准备包括《基础地质》课堂教学和虚拟仿真教学。学生基于虚拟仿真实验系统进行预习和复习，整理鉴定标本、准备相关鉴定工具等。

(2) 虚拟实验教学过程中氛围的营造，学生积极性的调动

在实验室教学中，课前行虚拟仿真实验，浏览虚拟实验网站视频，由教师主讲，介绍矿物岩石鉴定的基本流程和标准描述方法，结合课堂知识的提问以及同学朗读的方式，对之前课堂教学投影认识的矿物进行复习。课后，学生通过虚拟仿真实验系统复习课堂所学内容，进行虚拟考试，通过微信公众号和地质学+提问增加同学对课程的重视程度，通过对个别案例的生动讲述营造积极、轻松的学习氛围。

(3) 实践能力的锻炼，创新意识的培养，探究性思维的启发等

在试验室岩矿鉴定教学之后，同学们在虚拟实验系统中自己练习鉴定标本，由同学自己独立完成，老师负责在线答疑。在此过程中，鼓励同学们互相讨论和交换察看标本，同学们独立完成实验报告（图 2.40）并交付教师审阅。

学校：		专业：		届：		班：				
姓名		组号：		同组人员：						
实验日期：		年		月		日				
标本编号	矿物名称	形状	颜色	条痕	光泽	解理	硬度	密度	其它特性	
1	黄铁矿									
2	磁铁矿									
3	石英									
4	方解石									
5	白云石									
6	方铅矿									
7	萤石									
8	石膏									
9	黄铜矿									
10	闪锌矿									
11	赤铁矿									
12	重晶石									
13	石墨									
14	铝土矿									
15	磷灰石									

图 2.40 虚拟实验系统给出的实验报告标准格式

(4) 典型的实验报告，包括实验总结，实验现象、结果分析，探究性内容的引导等

典型的实验报告见图 2.41。

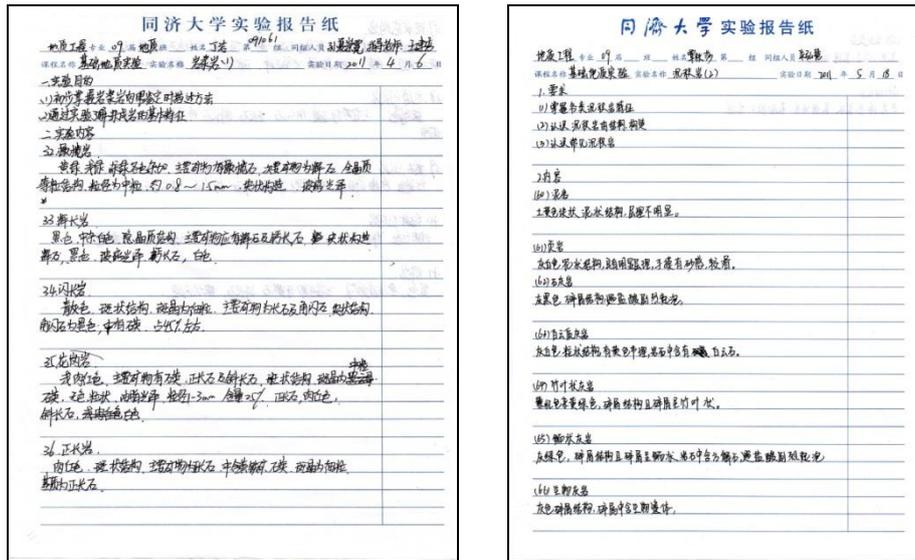


图 2.41 同学独立编写的虚拟实验报告

本项目在地质类课程教学中引入基于“移动互联网”和“互联网+”的虚拟教学理念，完成了基于便携设备（手机、平板电脑）“地质学+”虚拟竞技教学软件系统（Geo++）v1.0 的开发。使得学生可以利用碎片时间的教学与学习，有效调动学生自主学习的积极性，成为了课堂教学之外的辅助课程学习的重要环节，对教学效率和水平的提高起到了积极作用。对地质学课程的教学具有重要意义，也对其他专业类课程的教学具有借鉴和启发意义。

2. 学生交互性操作步骤说明

- (1) 打开虚拟仿真实验项目网站，浏览课程主要内容，了解学习的基本要求、操作方法、认识教师团队，下载主要教学文件。
- (2) 打开岩矿目录，学习并浏览主要矿物标准描述。
- (3) 打开教学视频，预习、学习或复习主要岩矿鉴定的方法。
- (4) 打开虚拟地质实验系统选择实验（图 2-42）。



图 2-42 选择实验

(5) 在选择实验中分别选定需要鉴定的标本 (图 2-43)。

当前位置: 首页 / 虚拟实验 / 基础地质虚拟实验 / 虚拟仿真实验_实验4



图 2-42 选择实验中的标本

(6) 利用 3D 打印的样本配合识别矿物晶体几何外形。

(7) 通过交互操作, 选择地质锤敲击, 观察解理形成的过程。

(8) 打开应用地质学+“微信公众号”接受补充知识 (图 2-43)。

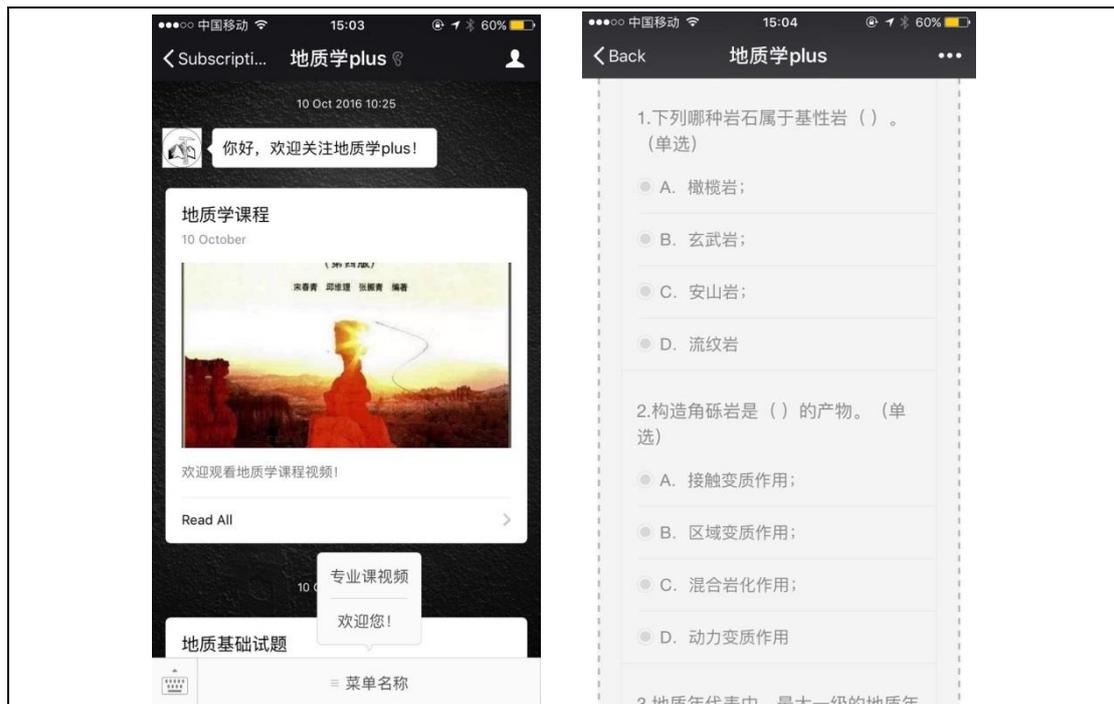


图 2.43 “地质学+”微信公众号

(9) 打开应用“地质学+”虚拟竞技教学软件系统 (Geo++) v1.0。在“地质学+”概念设计的基础之上, 利用 Java 语言实现了“地质学+”虚拟竞技教学软件系统 (Geo++) v1.0 的开发。本系统由前端 APP、一个云数据库和一个后台题库系统构成。前端 APP 由系统主模块、顺序练习模块、模拟考试模块、我的收藏模块、我的错题模块、历史成绩模块、一个云数据库和一个后台题库系统构成。

(10) 进行顺序练习。练习部分会逐条显示考题, 点击任意选项会提示正确答案并且可查看题解或收藏该题供复习 (图 2.44)。

(11) 模拟考试。模拟考试试题会在题库中随机抽取, 并有时间限制, 答完后手动交卷或时间到后自动交卷查看分数 (图 2.45)。

(12) 收藏学习过程, 在我的收藏查看在顺序练习和模拟考试做题中用户收藏的题目。

(13) 在我的错题中查看在顺序练习和模拟考试做题中用户答错的题目历史成绩, 查看用户在过去历次模拟考试中得到的成绩。

(14) 自定义题库。在 APP 的开发中, 采用 eclipse 开发平台, 基于 Android 系统, 利用 Java 语言进行编程开发。同时开发了后台题库系统 (图 2.46), 该系统开放给学生, 让接受授权的学生在没有编程基础的情况下可实现题库的

修改，增加，删除等更新功能。

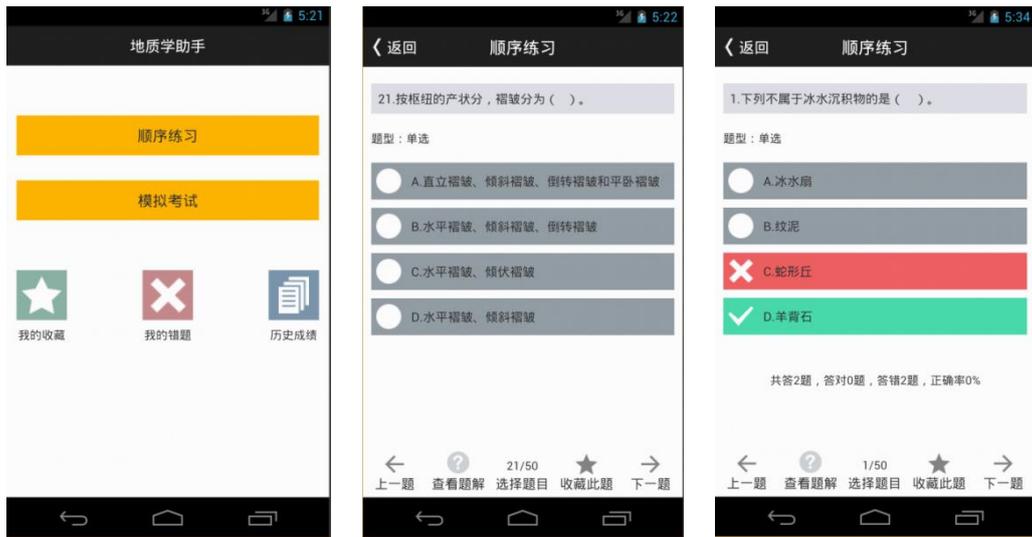


图 2.44 主界面、顺序练习界面



图 2.45 模拟考试界面、历史成绩界面

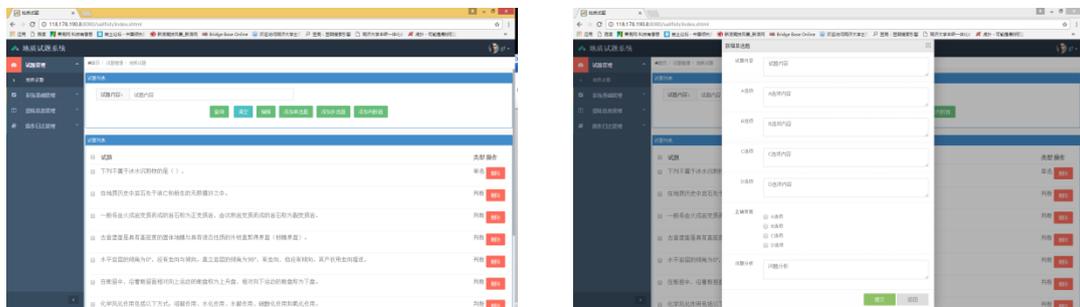


图 2.46 后台题库系统

2-8 实验结果与结论要求

- (1) 是否记录每步实验结果： 是 否
- (2) 实验结果与结论要求： 实验报告 心得体会 其他_____
- (3) 其他描述：

2-9 考核要求

能用肉眼熟练鉴定包括岩石、矿物在内的 82 块代表性标本。

2-10 面向学生要求

1. 专业与年级要求

地质工程，勘察技术与工程，土木工程，岩土工程，隧道与地下建筑工程，水利工程，港口航道与海岸工程，环境工程，资源勘查工程，地球物理勘探工程，采矿工程，水文地质，水文学与水资源等专业开设《基础地质》、《普通地质学》、《工程地质》、《基础地质实验》、《工程地质实验》课程的一年级或二年级大学本科生。

2. 基本知识和能力要求

学习过《基础地质》、《普通地质学》、《工程地质》基础知识，掌握岩石和矿物以及地质构造等基础知识。要求具有理论结合实际的能力。

2-11 实验项目应用情况

- (1) 上线时间： 2012 年
- (2) 开放时间： 2012 年
- (3) 已服务过的学生人数： 700
- (4) 是否面向社会提供服务： 是 否

3. 实验教学项目相关网络要求描述

3-1 有效链接网址

<http://tmxg.tongji.edu.cn/jcdz/>

3-2 网络条件要求

- (1) 说明客户端到服务器的带宽要求（需提供测试带宽服务）
带宽：2M。
- (2) 说明能够提供的并发响应数量（需提供在线排队提示服务）
每次上课人数为 50 人，设计并发数量为 100 人。

3-3 用户操作系统要求（如 Windows、Unix、IOS、Android 等）

- (1) 计算机操作系统和版本要求
Windows 和 Android（“地质学+”部分）。
- (2) 其他计算终端操作系统和版本要求
- (3) 支持移动端：是 否

3-4 用户非操作系统软件配置要求（如浏览器、特定软件等）

- (1) 需要特定插件 是 否
(勾选是请填写) 插件名称_____插件容量_____
下载链接_____
- (2) 其他计算终端非操作系统软件配置要求（需说明是否可提供相关软件下载服务）

3-5 用户硬件配置要求（如主频、内存、显存、存储容量等）

- (1) 计算机硬件配置要求
双核处理器+2G 内存+集成显卡+机械硬盘（大于 100G）。
- (2) 其他计算终端硬件配置要求

3-6 用户特殊外置硬件要求（如可穿戴设备等）

- (1) 计算机特殊外置硬件要求
- (2) 其他计算终端特殊外置硬件要求

4. 实验教学项目技术架构及主要研发技术

指标		内容
系统架构图及简要说明		
实验教 学项目	开发技术（如：3D 仿真、VR 技术、AR 技术、动画技术、WebGL 技术、OpenGL 技术等）	3D 仿真、动画技术
	开发工具（如：VIVE WAVE、Daydream 、 Unity3d 、Virtools、Cult3D、Visual Studio、Adobe Flash、百度 VR 内容展示 SDK 等）	Visual Studio、Adobe Flash
	项目品质（如：单场景模型总面数、贴图分辨率、每帧渲染次数、动作反馈时间、显示刷新率、分辨率等）	
管理 平台	开发语言（如：JAVA、.Net、PHP 等）	.Net
	开发工具（如：Eclipse、Visual Studio、NetBeans、百度 VR 课堂 SDK 等）	Visual Studio, Eclipse
	采用的数据库（如：HBASE、Mysql、SQL Server、Oracle 等）	SQL Server

5. 实验教学项目特色

(体现虚拟仿真实验项目建设的必要性及先进性、教学方式方法、评价体系及对传统教学的延伸与拓展等方面的特色情况介绍。)

1. 必要性及先进性

基础地质实验标本多(图 5.1)、实验室空间小、开放时间有限,无法满足同学们日益增长学习需求,开发全时开放、无限次操作、与实验实完全相同的虚拟仿真标本,可有效地解决实验室时空局限性和管理问题。



图 5.1 需要同学掌握的鉴定标本

以往理论教学模型用平面展示、不直观,教学物理模型大、少、移动困难(图 5.2),无法满足多人学习需求,基于 3D 建模、3D 扫描、3D 打印开发虚拟仿真实验和 3D 打印模型(图 5.3),解决理论模型直观化和物理模型轻量化问题。



图 5.2 用于理论教学的笨重物理模型



图 5.3 用虚拟仿真的 3D 打印模型与传统物理模型

2. 教学思路

基础地质虚拟仿真实验以提高学生精准实验能力为目标，以学生全过程主动参与为前提，以理论-实验-实践一体化流程为路径，以虚拟实验系统、App 教学软件为载体，建立具备宏观地学背景、系统概念、生动、高效传递知识、提升综合能力的虚拟仿真实验课程。

本虚拟实验的设计思想体现在“三个转变”：

(1) 从传统的教师讲授、学生同步鉴定的“教师”-“学生”单向知识传递理念，转向“教师”-“虚拟实验系统”-“学生”的多向反馈、知识反复传递。

(2) 从传统的“课堂教学”、“实验教学”、“实习教学”分别实施，转向

“课堂教学-实验教学-实习教学”虚拟一体化实施。

(3) 从单纯的课上学习，转向翻转课堂式的课前-课中-课后学习，考核实验能力（鉴定标本）转向敬业精神、综合知识、工作能力、动手能力多层面考核。

3. 教学方法

(1) 采用参与式、课题式的虚实结合的虚拟仿真教学方法。老师带领同学学习虚拟仿真实验系统的功能和操作，并与课堂教学相结合。在虚拟仿真实验实施前，先通过课堂教学（视频教学），简述该类岩石的成因机制和结构构造特征，让学生了解此类岩石成生的大的地质背景。接下来，针对典型虚拟仿真实验布置任务，将不同的标本分配给不同的同学，请其利用课余时间，通过搜集资料，通过虚拟仿真实验系统，仔细研究其在标本和现场尺度下的特征和辨别方法，并在实验课上分别发言，讲述自己的认识。教师在同学们讲述完成后，进行总结，总结各种标本的鉴定方法。然后，请同学们自行组织课题小组，讨论各种标本和理想标本的异同，辨认和识别标本的矿物、结构和构造。

(2) 将 3D 扫描和 3D 数字重建技术引入基础地质实验虚拟仿真教学，建立可用于 3D 展示的矿物晶体、矿物、岩石数字模型，对于提高教学效率、实现参与式教学具有重要意义。

(3) 将 3D 打印技术引入基础地质实验虚拟仿真教学，将虚拟模型转化为三维实体，将教师展示的笨重模型转化为每个同学手中使用的轻巧的小比尺模型，大大提高同学的直观认识。

(4) 基于 Android 平台开发了“地质学+”虚拟竞技教学 App 软件，有效地调动学生自主学习的积极性，使其成为课堂教学之外的辅助课程学习的重要环节。

(5) 基于微信平台推出了“地质学+”学习公众号，用于发布课外学习材料，网上答疑，重要知识点解析，学生学习情况网上投票与调查等。

(6) 基于互联网平台构建的“虚拟岩矿实验教学系统”中，集成了 3D 扫描、3D 重建技术，将原来的实验室岩矿图片标本转化为教学系统内的三维数

字仿真模型，有效解决了实验室开放时间不足，同学们观察标本时间不够的问题。

(7) App 与野外三维全景浏览：未来利用无人机平台，携带 Geo Pro 运动摄像系统，在苏州、杭州、巢湖等地，对岩浆岩的野外露头进行航拍。对野外采集的试样和标本进行 3D 扫描。开发 App 系统，将野外全景和岩石标本用 App 软件形式展现，让学生在课外碎片时间进行浏览和学习。

4. 评价体系

采用多层级考核体系，在虚拟教学中引入多层级考核体系，建立包括：参与度、积极性、动手能力、基础知识、组织能力、小组贡献度、创新性等在内的多指标综合评分体系，以矿物标本的双盲鉴定与理论基础论述为基础，综合给定评定成绩。

5. 传统教学的延伸与拓展

利用教学视频和教学标准网页，让学生可与传统课堂教学相结合，复习和预习相关知识。同时，还引入翻转课堂的教学理念，让学生在课下利用虚拟教学系统学习相关知识，然后到课堂完成鉴定作业，而教师由传授知识改为现场答疑。

6. 实验教学项目持续建设服务计划

(本实验教学项目今后 5 年继续向高校和社会开放服务计划, 包括面向高校的教学推广应用计划、持续建设与更新、持续提供教学服务计划等, 不超过 600 字。)

1. 持续建设与更新计划

(1) 由现有单机操作模式向全面 VR 模式发展, 建成兼容单机和 VR 的虚拟仿真实验模式

本系统将在未来 5 年继续建设, 将与“曼恒数字”公司合作, 继续在电脑单机版的基础上引入 VR 等新设备和新技术。通过增强沉浸式体验的 VR 方式提升虚拟实验教学效果。

(2) 由现有的虚拟仿真实验项目向虚拟仿真实验室发展, 建成 4013 虚拟地质实验室

目前, 已经获批同济大学虚拟仿真建设项目, 委托相应专业公司实施 **4013 虚拟地质实验室** 虚拟仿真系统开发, 由原来单个的虚拟仿真实验项目向集成了多实验(包括薄片鉴定)的虚拟仿真实验室发展。教学知识体系与现有研究水平同步更新。

(3) 由现有的虚拟仿真实验向虚拟实习发展, 建成 VR 虚拟地质实习系统

计划将虚拟实习引入本虚拟实验系统中, 让学生在虚拟实验室认识岩矿后, 在三维 VR 系统中开展虚拟实习, 在 VR 虚拟系统中, 从标本尺度的岩矿鉴定转向现场原位的岩矿鉴定, 为全国高校提供全套的基础地质实习-实践教学服务。

2. 面向高校的教学推广应用计划

(1) 建立开放的开发体系, 联合国内高校梳理不同教材知识体系, 建设基础地质实验通用虚拟教学体系标准

本课程将联合国内各高校, 请他们参与虚拟地质实验室的开发, 针对不同教学体系中不同教材所厘定的基础地质和工程地质知识进行梳理, 提供除南京大学/同济大学教材体系以外其他高校课程中相关标本的数字化工作, 通过提

供更多选择提高兼容性，建设虚拟地质实验室开发标准，为全国以至于全球高校提供相应的网络虚拟课程。

(2) 联合专业开发公司，开发基于虚拟仿真的 VR 虚拟仿真实验-实习课程通用平台

目前正在**维程教育**（上海维程计算机信息技术有限公司）、**超星教育**（北京世纪超星信息技术发展有限责任公司）、**筑邦测控**（上海筑邦测控科技有限公司）和**曼恒数字**（上海曼恒数字技术股份有限公司）的支持下，开发可商业化推广应用的虚拟仿真地质实验室和虚拟仿真实习实验室软件系统，建成后可向全国高校开放相关的服务。

3. 面向社会的推广与持续服务计划

本课题组已经编写了用于通识教育和社会学习的简本基础地质实验教材，可在不用大规模学习的情况下，为有兴趣和有应用需求的社会人员提供推广和持续服务。

7. 诚信承诺

本人已认真填写并检查以上材料，保证内容真实有效。

实验教学项目负责人（签字）：

年 月 日

8. 申报学校承诺意见

本学校已按照申报要求对申报的虚拟仿真实验教学项目在校内进行公示，并审核实验教学项目的内容符合申报要求和注意事项、符合相关法律法规和教学纪律要求等。经评审评价，现择优申报。

本虚拟仿真实验教学项目如果被认定为“国家虚拟仿真实验教学项目”，学校承诺将监督和保障该实验教学项目面向高校和社会开放并提供教学服务不少于5年，支持和监督教学服务团队对实验教学项目进行持续改进完善和服务。

（其他需要说明的意见。）

主管校领导（签字）：

（学校公章）

年 月 日