

## 岩性差异对石材开发利用方式的影响研究——以长屿硐天和龙游石窟为例

杨秋彬, 叶玮\*, 吕惠进, 王学焯, 颜丽美, 吴江洁, 刘超凡 (浙江师范大学地理环境学院, 浙江金华 321004)

**摘要** 通过野外调查, 结合历史文献资料的梳理, 分析岩性对石材资源利用方式的影响, 比较长屿硐天、龙游石窟开发方式的差异, 为今后更加合理开发利用提供科学依据。研究发现, 两个区域由于岩性差异, 在开采和利用方式上存在不同: 长屿硐天以露天、半露天开采为主, 以石板为主要开采对象, 石料广泛用于建筑、生活用品、石雕; 龙游石窟以地下开采为主, 开采对象为条石, 主要用于建造墙基、塔基、桥基。因此, 岩石性质对区域石材资源的开发利用方式有决定性的影响。

**关键词** 岩性差异; 石材资源; 长屿硐天; 龙游石窟

**中图分类号** S26 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)15-04819-04

## Effect of Lithology Properties on Stone Resources' Utilization of Changyudongtian and the Longyou Grotto

YANG Qiu-bin, YE Wei et al (College of Geographic and Environmental Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua, Zhejiang 321004)

**Abstract** Through field investigation, combined with historical documents, effects of lithology properties on utilization way of stone resources were analyzed. The different utilization ways between Changyudongtian and Longyou Grotto were compared, so as to provide a scientific basis to future development. The research shows that Changyudongtian and Longyou Grotto have difference in stone utilization because of lithology properties. Firstly, Changyudongtian is open-pit mining while the Longyou Grotto is underground mining. Secondly, the rock material resource in Changyu is slab stone, different from stone band in the Longyou Grotto. Thirdly, the stone resource of Changyudongtian is widely used in building, daily articles and stone carving, but in the Longyou Grotto, it is only used for construction. To conclude, lithology plays a decisive role in the development and utilization of stone resource.

**Key words** Lithology properties; Stone resource; Changyudongtian; Longyou Grotto

浙江省地貌特征呈“七山一水二分田”的格局, 因所处的大地构造单元独特, 在长期的地质演化历史进程中, 形成了种类多样且储藏量大的石材资源, 奠定了浙江省在中国石材资源开发业中的地位。由于地层、岩性、地貌、水文、区位、采石历史、经济发展水平等因素的差异, 石材资源的开发利用方式存在区域差异。温岭长屿硐天主要开采中生代的火山碎屑岩, 开发历史悠久, 已被批准设立为国家矿山公园, 在浙东南地区具有典型性和代表性。龙游石窟主要的开采对象是中生代红色盆地中的粉砂岩, 形成了典型的人工丹霞地貌, 在浙江省境内的中生代红色岩系分布区具有典型性和代表性。上述两个区域由于地理环境条件的差异, 导致石材资源开发方式的地域分异。笔者通过野外调查, 文献资料整理的方法, 分析岩性差异对长屿硐天和龙游石窟开发方式的影响, 探索石材资源开发利用方式的空间差异规律, 以探究人与自然地理环境和谐相处之道。

## 1 长屿硐天和龙游石窟岩性差异

## 1.1 长屿硐天岩性特征

**1.1.1 长屿硐天概况。**长屿硐天位于温黄平原南部, 分布在台州湾南隅温岭市中部的楼岙山、黄监山、凤凰山一带<sup>[1]</sup>, 面积约 10 km<sup>2</sup>。该区为亚热带季风气候, 全年温和湿润, 年均温 17.4 ℃, 年均降雨量 1 702.1 mm, 雨量丰富; 该区主要地貌类型为低山丘陵, 受流水侵蚀作用影响明显, 早白垩世的流纹质火山碎屑岩是当地重要的岩石类型, 其次为少量的流纹斑岩等次火山岩, 2005 年成为雁荡山世界地质公园的一

个园区, 2010 年成为国家矿山公园。

**1.1.2 长屿硐天岩性。**根据区域地质资料, 温岭处于浙江省东南沿海火山岩带东南段, 中生代火山活动强烈, 火山岩分布广泛, 区内出露地层大部分为中生代上侏罗统磨石山群火山沉积岩系<sup>[2]</sup>, 还有一小部分为第四系地层。灰白色流纹质角砾凝灰岩为长屿硐天采石的主要对象, 形成凝灰岩的古火山碎屑锥体, 中心由珍珠岩和流纹斑岩组成, 外围是席状展开的火山碎屑流堆积物, 整个火山锥底面 30 km<sup>2</sup> 左右, 高约 500 m<sup>[3]</sup>。这一带喷发的火山碎屑主要是被抛射入高空后降落下来的, 属空落凝灰岩, 其形成原因为火山爆发, 围岩崩碎形成的碎屑物被抛至高空, 通过风力搬运和重力作用后, 碎屑物降落, 经压实和水化学胶结过程形成岩石, 因而岩石成岩时温度较低, 未经历熔结作用, 使得该地含角砾凝灰岩结构较疏松, 密度较小, 利于开发利用。凝灰岩形成后受后期构造破坏和剥蚀影响小, 大部分岩石粒度在 0.1~0.25 mm, 材质细腻。长屿地区凝灰岩强度中偏上, 一般民用已经足够。此外长屿硐天凝灰岩具有储藏量大、厚度大、完整性大、规模大、成层性好、保存好等特点, 为大规模开采提供了基础。

## 1.2 龙游石窟岩性特征

**1.2.1 龙游石窟概况。**龙游石窟地处金衢盆地西部, 位于浙江省龙游县, 处于钱塘江上游衢江北岸河漫滩以上的丘陵地带, 为亚热带季风气候, 年均温 17.3 ℃, 多年平均降水量 1 622 mm, 集中于 3~6 月, 地形以丘陵为主<sup>[3]</sup>。由于所在层处于两大古陆块的碰撞地带, 所以地质历史时期常发生沉降, 第三纪衢江红砂岩广泛沉积。自龙游石窟被发现以来, 其用途之谜仍未解开, 不同学者看法不同, 有藏军说、仓库说、采石说、采石非唯一目的说、陵墓说、祭祀说、矿寇所居说、地下宫殿说<sup>[4-12]</sup>。但是, 可以肯定的是, 龙游石窟是我国

**基金项目** 2013 国家级大学生创新创业训练计划项目。

**作者简介** 杨秋彬(1992-), 女, 浙江温州人, 本科生, 专业: 地理科学。  
\* 通讯作者, 博士, 硕士生导师, 从事第四纪沉积与环境研究。

**收稿日期** 2014-04-28

古代最高水平的地下空间开发利用工程<sup>[13]</sup>,其开凿出的石材被外运利用,红色砂岩、粉砂岩是其主要开凿对象。

**1.2.2 龙游石窟岩性。**龙游石窟分布于由水平层状岩层构成的上白垩统金华组二段之中<sup>[14]</sup>,棕红、浅棕红色粉砂岩、细砂岩是该段主要岩石,此外还有灰白色厚层状砂岩、砂砾岩透镜体和砾砂岩。该区红砂岩岩体强度中偏下,利于人工开凿;岩体结构为块状、完整状。

砂岩最大的特点就是易风化。据现有研究资料,龙游石窟洞室砂岩矿物成分由碎屑物(70%)和胶结物(30%)组成:碎屑物有石英、长石、锆石、锐钛矿、电气石等,其中石英占65%,长石、锆石、锐钛矿、电气石约占5%;胶结物主要为泥质物质和方解石,其中泥质物质含量大于20%,方解石分布很不均匀<sup>[14-15]</sup>。李黎、谷本亲伯通过X-射线衍射分析,发现龙游石窟砂岩泥质胶结物组成成分有石英、斜长石、蒙脱石、伊利石、绿泥石、方解石和赤铁矿,蒙脱石含量较高<sup>[15]</sup>。由于蒙脱石是膨胀性黏土矿物,在反复吸水膨胀和失水收缩的作用下,会减弱龙游石窟砂岩的抗风化能力。

## 2 长屿洞天 and 龙游石窟开发方式差异

### 2.1 采石方式差异

**2.1.1 长屿洞天采石方式。**长屿洞天主要采取竖井开采、平硐运输、连硐扩展的石材资源开发模式。开采石料有条石与石板两种,长屿地区凭借当地角砾凝灰岩厚度巨大的特点,以开采石板为主。其石板开采的主要工序自古流传下来没有太大变化,一直沿用铁钎和榔头相结合的手工生产工艺。采石的主要流程为开面试题—打岩头与打销—打断—拄岩及划线—凿铮—出板六大工序。图1a为打岩头打

销留下的排孔遗迹,凿出排孔后,石工根据开采石板大小凿出补孔(图1b),然后由4~6个石工同时工作完成出板。

采石形成的采坑形式主要为阶坎式、直穴式和覆钟式3种。阶坎式(图1c)和直穴式均属露天开采,是比较原始的采矿方式,位于突出而完整的岩壁上,有水平和竖向两种采石面组成,呈簸箕状。基岩裸露的山坡表层或浅层多采用此种采石方式,一般规模较小。直穴式采坑现多因有积水而成石水塘,比如凌霄硐一带。覆钟式(图1d)属半露天采石方式,一般从山侧开口,自地表向下开采,入口小,但随着开采深度的加大,向下开采面积逐渐扩大,直至开采结束,形成覆钟式的采坑。

长屿洞天石材资源开发较早,至今已有1500多年历史,期间形成了28个大小不等的硐群,硐体一般高40m,宽30~50m,其中最高达73.4m,最宽达56.8m,规模之大令人震惊。规模如此宏大的硐群虽然没有支撑的石柱或岩柱,却能屹立千年而不坍塌。究其原因,古人在开采石材时,利用穹形结构保证洞内的稳定性,不同于龙游石窟。

**2.1.2 龙游石窟开凿方式。**从洞内形态特征可见,龙游石窟和长屿洞天的开凿方式有显著区别。龙游石窟内并没有发现与长屿洞天类似的排孔、补孔遗迹,但是洞内顶板、墙壁和岩柱的表面随处可见排列整齐的斜向纹理(图1e,f)和水平纹理。水平纹理高约8~10cm,斜向纹理每层高度约50~70cm,与民间所用的条石高度相符。洞顶上形成放射状凿痕,洞窟内形成环状凿痕,由条状石材分层开采、逐层下剥的方法所致<sup>[12,16-17]</sup>。鱼尾柱(图1g)是龙游石窟另一大特点:朝洞口一面宽而方,朝洞内的窄而尖,同时以弧形方式过渡<sup>[18]</sup>。



注:a.长屿洞天采石排孔遗迹;b.长屿洞天采石遗迹;c.长屿洞天露天阶坎式采石遗迹;d.长屿洞天覆钟式采石遗迹;e.龙游石窟洞内规则凿痕;f.龙游石窟洞内形态结构;g.龙游石窟鱼尾形石柱。

图1 两地野外调查图像资料

洞窟开凿从洞口开始,入洞后再对待开凿的岩体进行分层开挖,越向下开凿面积越大,最终形成斜顶结构,同时留下鱼尾形岩柱,台阶、洞窟整体呈倒斗形结构。通过对斜顶与

平顶两种模型下的应力和位移的对比分析,发现斜顶结构在应力方面远优于平顶结构;对比分析鱼尾形岩柱和方形岩柱的应力与位移情况,鱼尾形岩柱具有更好的阻止顶板下沉的

功能<sup>[13]</sup>。从斜坡洞顶岩体的倾向和倾角与岩体主干组节理裂隙面基本一致这一点,足以说明倒斗形结构的形成与岩体特征关系密切。古人通过顺层开凿,可以节省时间精力,提高工作效率。考虑到洞内的采光问题,大部分洞的开口朝向西南。综上,长屿洞天与龙游石窟采石方式差异体现在以下

3个方面:①开采石材类型不同:长屿洞天以石板为主,龙游石窟以条石为主。②开采形式不同,长屿洞天以露天、半露天方式开采,龙游石窟进行地下开采。③开采场地结构不同,长屿洞天半露天开采呈覆钟式,利用了穹形结构的稳定性,龙游石窟地下开采呈倒斗形结构,加上鱼尾岩柱支撑洞体。



注:a.石板房;b.凝灰岩石材;c.张元勋旧居柱础;d.金清大桥;e.麻糍闸;f.石亭;g.石墓;h.石凳石桌;i.石秤砣;j.石磨;k.石雕作品;l.石窗。

图2 长屿洞天凝灰岩用途

**2.2 利用方式差异** 长屿洞天地区凝灰岩由于强度适中、石质细腻、色彩多样等特点,加之储藏量和开采量巨大,在日常生活中被广泛应用于民居、桥梁、墓地、水利工程、道路、军事防御设施以及各类生产生活用具;利用凝灰岩石质细腻的特点,当地石雕工艺历史悠久,产品种类包罗万象。概括而言,长屿石利用方式有三大方向。

**2.2.1 作为建筑材料。**在采石场附近的自然村落中保留有大量用石板建造的石板房(图2a),景区内保存了161栋各个时期的石板民居,市级文物保护单位张元勋故居以石板(图

2b)为材料建造(图2c),从地面到墙壁,再到房柱,均以凝灰岩为材料;在新河古镇周边则保留有59座完全用石板建造的明清古桥和4座宋代闸桥<sup>[19]</sup>。建于清嘉庆年间的省级文物保护单位金清大桥(图2d)建造精致,横跨金清港,至今依然保存完好;全国重点文物保护单位新河水闸闸桥群始建于宋朝,由中闸、麻糍闸(图2e)、北闸、下卢闸组成,在水利史和建筑史上意义重大;在景区中还发现全由凝灰岩建造的石亭(图2f);此外,新河镇地区的坟墓(图2g)也多由石板建成。

**2.2.2 制成生活用具。**如石桌、石凳(图2h)、石浴缸、石碗、

石秤砣(图2i)、石锁、石屏风、石磨(图2j)、石马槽、石脸盆、石井、石质洗衣板、石鼓、石撵等。在生活中应用广泛。

**2.2.3 作为石雕原材料。**长屿石雕艺人利用凝灰岩雕刻出石狮子、石虎、石麒麟、石龙柱,在石梁、石柱、石壁上雕刻龙凤呈祥、天女散花、嫦娥奔月、鲤鱼跳龙门、六鹤枫松、梅兰竹菊等装饰图案(图2k),具有艺术观赏价值。各色石窗(图2l)展示了当地人健康长寿的愿望。

龙游石窟红砂岩与凝灰岩相比强度小,容易风化,用途没有凝灰岩广泛,主要作为建筑材料建造房屋、桥梁、塔基<sup>[20]</sup>等,基本不加工成生活用具或进行精细雕刻。

在实地调查中发现,全部用红砂岩建造的民居数量不多,且保存情况较好的民居建造年代新近。如林场的一间长

约30 m的民居(图3a),龙游石窟出口处一座由纯红砂岩建造的房屋(图3b),保存完整性较好,但是林场民房一墙角处(图3c)红砂岩风化物已经堆积。而时间稍久的红砂岩房屋则风化严重,如在五爪垄附近的一座房屋(图3d),墙体出现裂缝,已经处于坍塌的边缘。这说明了红砂岩是较易风化的岩石,用其建造的房屋需要经常进行维护。除用于建造房屋主体外,红砂岩广泛用于建造墙基。如在定埠村发现多处由红砂岩建造的墙基(图3efg)。此外,在调查过程中还发现用红砂岩堆砌而成的房柱(图3hi)。用红砂岩建造的房屋都为单层建筑,而温岭长屿地区石板房则多为双层建筑。

红砂岩也用于建造桥梁,龙游石窟附近的一座小桥(图3j)桥基及桥面围栏处(图3k)均为红砂岩,而受力较集中的



注:a. 林场石屋;b. 龙游石窟出口处石屋;c. 林场石屋墙角红砂岩;d. 五爪垄附近石屋;e. 民居墙基1;;f. 民居墙基2;g. 民居墙基3;h. 定埠民房; i. 定埠民房局部;j. 石窟附近小桥;k. 小桥局部;l. 停埠桥。

图3 龙游石窟红砂岩用途

分发挥移民脱贫致富的主体作用。同时,政府要通过鲜活事例,引导移民充分就业,解决他们从农民进入市民行列在思想意识、外在环境方面的障碍,形成政府引导、企业吸纳、自主择业的良好氛围。

**2.2 加强因地制宜的产业培育** 各级党委政府应在激发移民自力更生、艰苦奋斗的同时,积极帮助移民抓住特色、开发特色,找到符合自身条件的发展之路。发展要做好规划、立足长远、通过调整产业结构,发展多种经营,让移民有事可做,生活更好。

**2.3 加强劳务品牌打造促进劳务输出** 劳务输出是企业吸纳移民就业之外的一条好路子,既是一项利国利民的事情,也是一项投资少、见效快的项目。它能使外出务工人员开阔眼界,增长见识,转变观念,也能够通过劳务输出带回新的理念和经验,带动一批人主动就业和创业。而打造劳务品牌是扩大劳务影响力、扩大劳务输出规模、提高劳务输出效益必不可少的“绿卡”和名片。劳务品牌作为做大做强劳务产业的核心和关键,应根据当地自然特色、人文环境、生活习惯、经济社会发展水平、劳务输转状况以及市场需求科学定位。目前,劳务输出的竞争已经更多的成为质量竞争、品牌竞争,谁能早一步形成自己的品牌,谁就能在劳务市场上占得先机。

(上接第 4822 页)

拱形洞则选用硬度和抗风化能力高的岩石。停埠桥(图 31)建于清道光年间,桥身也用红砂岩建成。始建于明代嘉靖十二年(1534 年)的横山塔塔基及须弥座也以砂岩砌成。相对长屿地区凝灰岩的细腻,红砂岩石质显得比较粗糙,一般不作为石雕的原材料,而是直接拿来使用,未经精雕细琢。

### 3 结论

笔者通过野外调查和资料梳理,初步展开了对长屿硐天和龙游石窟石材资源开发利用的研究。研究表明:①岩性是影响石材资源开发利用方式的重要因素,不同岩性石材开采方式不同,而且用途也不同。②温岭长屿硐天和衢州龙游石窟受岩性影响,形成了两种不同的开发利用方式:长屿硐天地处东南沿海火山碎屑岩分布区,岩石以流纹质角砾凝灰岩为主,岩石抗风化能力强,多以露天半露天方式开采;龙游石窟所在地区为中生代红层盆地,以砂岩、粉砂岩为主,岩石在地表易于风化,所以多进行地下采掘。③岩性不仅决定了石材的开采方式,也影响石材的利用方式。长屿硐天的石材多以石板形式产出,洞体利用穹形构造保证稳定性,石材用途广泛,尤其是石雕艺术发展完善;龙游石窟石材多以石条产出,洞内利用斜顶结构和鱼尾形石柱支撑顶板相结合的方式保证洞窟的稳定,石材主要用于建筑物基底部分,不进行精细加工。

由此可见,人类活动与自然环境关系密切,合理的资源利用开发方式是人和环境和谐相处之道。古人根据地理环境的地域性特征,因地制宜地开发资源,促进了可持续发展。

**2.4 加强各类培训** 移民群众搬迁前居住偏僻,受居住环境影响,思想保守,观念落后,科学文化水平普遍偏低。他们不仅缺乏适应新环境的基本生活常识,对于就业也常常束手无策,加强培训可以有效的解决这一问题。但就业培训应建立机制,重视中长期培训,因地因事因人制宜,培训内容需有一定的专业化程度,具有一定的技术含量,具有一定的针对性,满足就业需求。同时,积极探索政企、政校、校企合作模式,从培训计划、培训内容、培训过程、培训质量和培训结果都严格监督和考核,真正提高培训效果,提高就业率。

### 3 小结

生态移民工作任务繁重,是贫困地区值得重视的一大问题。笔者借鉴了河南、贵州、福建和广西系外省相关的经验,为宁夏移民务工就业的发展提供几点启示。

### 参考文献

- [1] 李淑萍. 宁夏生态移民的经验及启示[J]. 中共银川市委党校学报, 2012, 14(6): 27.
- [2] 赖检发. 广西岩溶地区生态移民调查[J]. 西部大开发, 2005(8): 34.
- [3] 自治区人民政府办公厅. 关于印发宁夏中部干旱带县内生态移民规划提要(2007 年-2011 年)的通知[Z]. 宁夏回族自治区人民政府公报, 2008.
- [4] BURCHELL B, SEHNBRUCH K, PIASNA A, et al. The quality of employment and decent work: definitions, methodologies, and ongoing debates[J]. Camb J Econ, 2014, 38: 459-477.

### 参考文献

- [1] 陈耀华, 朱镜颖. 世界遗产视角下的长屿硐天石文化景观[J]. 中国园林, 2012(7): 13-18.
- [2] 牟会亮, 潘炜, 杨志法. 浙江温岭长屿硐天工程地质与洞窟稳定性初步研究报告[R]. 中国科学院地质与地球物理研究所工程地质力学重点实验室, 2005: 10.
- [3] 浙江省龙游县志编委会. 龙游县志[C]. 北京: 中华书局出版社, 1991.
- [4] 徐云峰. 龙游石窟为姑蔑遗存[J]. 寻根, 1992(12): 19-22.
- [5] 天工. 从气象要素分析龙游石窟[N]. 衢州日报, 1998-08-19.
- [6] 席辉. 乡土建筑与龙游石窟的关系探析[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(17): 9360-9361, 9379.
- [7] 郑东彪. 龙游石窟可能是传说中的灵虚宫[N]. 衢州日报, 1998-07-15.
- [8] 朱土生. 姑蔑摩崖“翠光岩”及其龙游石窟文化[C]//龙游县委宣传部, 龙游县旅游局, 龙游县政协文史会. 千古之谜——龙游石窟. 龙游, 1998: 63-68.
- [9] 孟朝红. 龙游发现神秘地下大石窟群[N]. 中国化工报, 1998-10-03.
- [10] 徐旭, 谢荣斌. 为要采石筑海塘——龙游石窟成因新考[N]. 衢州日报, 1998-07-29.
- [11] 褚良才. 石窟之谜[R]. 中央电视台走进科学节目, 2012-07-11.
- [12] 田志美, 叶玮, 朱丽东, 等. 龙游石窟成因初探[J]. 浙江师范大学学报: 自然科学版, 2008, 31(1): 97-103.
- [13] 杨志法, 岳中琦, 李丽慧. 龙游石窟大型古地下工程洞室群科学技术问题研究[C]. 北京: 科学出版社, 2010: 27, 144-151.
- [14] 李黎, 谷本亲伯. 龙游石窟地质环境及病害的初步调查[J]. 敦煌研究, 2002(4): 92-96.
- [15] 李黎, 谷本亲伯. 龙游石窟砂岩的泥质胶结物研究[J]. 工程地质学报, 2005, 13(2): 189-194.
- [16] 柴福有, 陈昌华. 浙江衢州地区红砂岩石室群成因探析[J]. 南方文物, 2003(1): 41-47.
- [17] 戴湘毅, 阙维民, 李辉, 等. 龙游石窟的成因及遗产价值分析[J]. 人文地理, 2012(5): 42-47.
- [18] 杨志法, 占跃平. 龙游石窟工程地质条件分析及保护对策初步研究[J]. 工程地质学报, 2000, 8(3): 291-295.
- [19] 拟建浙江省温岭市长屿硐天国家矿山公园申报书[Z]. 温岭市人民政府, 2010: 4-5.
- [20] 李辉, 李新峰, 武弘麟. 龙游石窟与花山石窟比较研究[J]. 中国园林, 2012(7): 26-31.