

杭州西湖周边地质遗迹景观及其意义

傅隐鸿

浙江科技学院,杭州,310023

内容提要:杭州西湖文化景观已列入世界文化遗产名录,作为西湖文化景观的载体和组成要素的西湖自然景观,深藏着众多的地质遗迹。杭州西湖周边地质研究程度比较高,但是该区地质遗迹景观调查和研究较少。本文在杭州西湖景区自然景观地质遗迹特征研究的基础上,分析研究了杭州西湖地质遗迹景观类型及其价值。认为三叠纪中—晚期的印支构造运动形成的西湖复向斜及其与之伴生的断层构造对西湖周边群山的发育起到了关键控制作用。西湖及其周边地质景观,根据景观分类大体可以归纳为地质地貌类、水体类、岩溶类、构造类和火山岩类景观五大类。其中西湖属于潟湖逐渐与海隔绝和水体淡化而成的湖泊;而钱塘江发育则与区域性的深大断裂球川——萧山断裂在燕山期以后拉张有关。杭州西湖及其周边各种地质遗迹景观与地质构造运动、中生代火山活动和后期碳酸盐岩分布地区的喀斯特风化有关,这些地质作用不但给这一地区造就了美丽的自然风景,同时使得这一地区具有丰富的地质研究、教学、科普宣传、旅游以及研究人文历史等方面的价值;对于提高西湖自然景观的科学性认识和文化内涵具有重要理论意义和现实意义。为更好地保护西湖美景和杭州可持续性发展,建议申报杭州西湖国家级地质公园。

关键词:西湖;杭州;地质遗迹;地质公园;景观价值

杭州西湖是国家重点风景名胜区,2011年正式列入世界文化景观遗产名录,以秀丽的湖光山色和璀璨的文物古迹闻名天下;区域总面积60 km²,其中湖面水域面积5.6 km²。西湖周围群山分布面积约35 km²,风景十分优美。以西湖为中心,三面环山,中涵碧水;区内山、水、石、洞、峰、谷、江、湖自然景观丰富多彩,楼台亭阁文物古迹丰蕴灿烂,真可谓山外青山楼外楼。

西湖自然山水是西湖景观的自然载体和重要组成部分,但以往很少有人从地质遗迹景观角度进行分析与阐述。西湖自然山水有古潟湖、褶皱山的特色,这些秀丽的山水是历史地质遗迹,包括岩石、化石、地层、地质构造等地质地貌景观。研究西湖地质地貌、自然景观对于充实西湖景观内涵、保护西湖自然景观和提升西湖价值具有十分重要的意义。本文从地质学角度来分析和阐述西湖及其周边地质遗迹背景及其对西湖风景区的影响。

1 西湖自然景观地质背景

地质历史时期的杭州西湖地区,古生代处于扬子板块南边缘地带的钱塘江拗陷区内(图1)。早古

生代经受海侵,到志留纪末才大幅度海退成陆;晚古生代,本地经历了完整的海进海退旋回。上泥盆统西湖组(颜铁增,1992;顾明光等,2009)为海陆交互相沉积,下石炭统是滨岸和陆棚相碎屑岩沉积;中石炭统黄龙组至中二叠统下部为台地浅海碳酸盐岩相为主的生物碎屑灰岩或微晶灰岩;中二叠统上部孤峰组为深海湾盆地相含泥质硅质沉积^①。中生代后期有陆相火山喷发岩和火山碎屑岩的黄尖组。新生代主要是地壳升降运动引起的地表海进海退沉积地层。

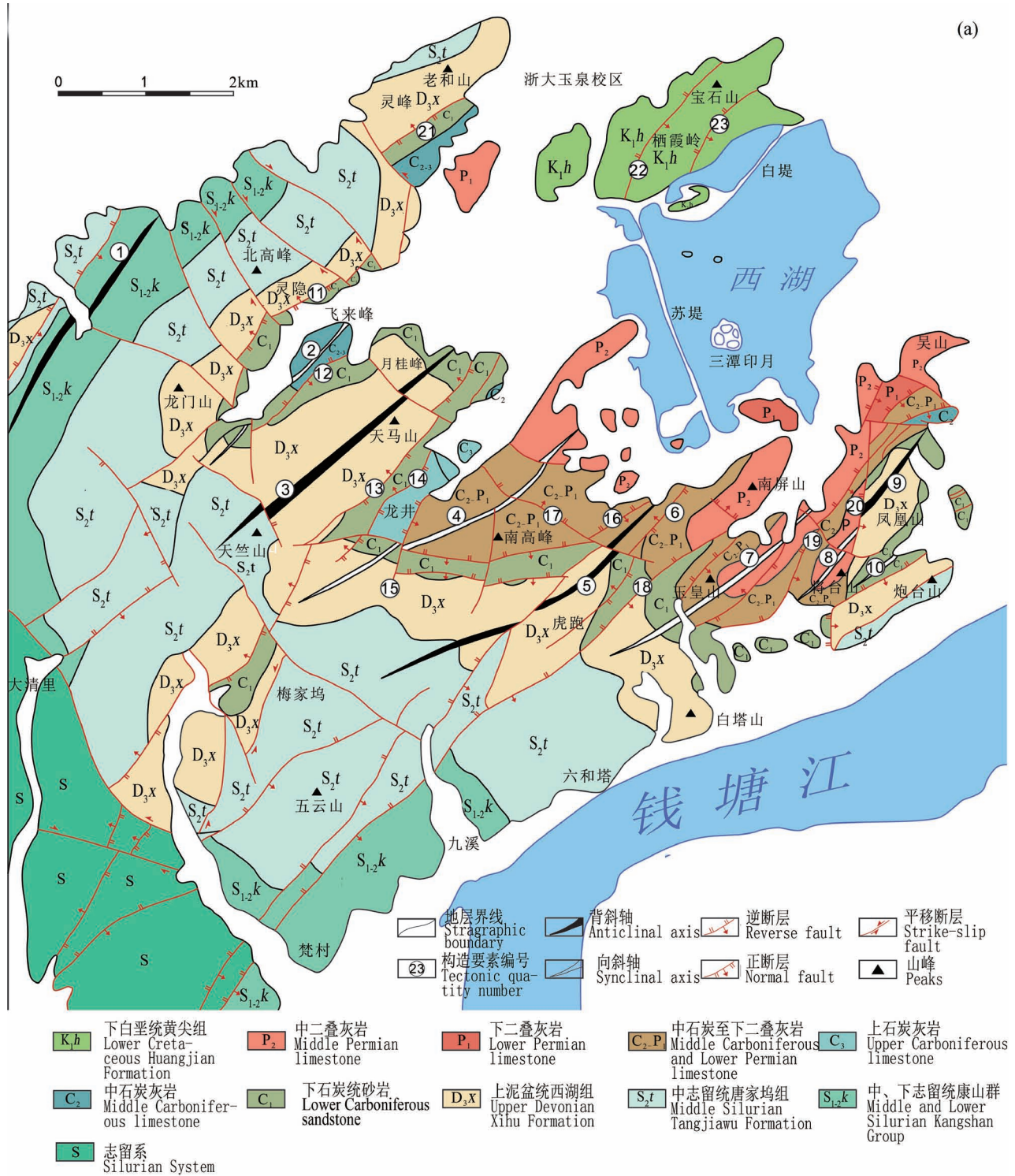
杭州位于扬子板块的南缘,东南侧为华夏板块,本区构造运动多期而复杂,特别是印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动的地质构造遗迹较为明显。印支运动产生的西湖复向斜及其与之伴生的断层构造对西湖群山的形成起控制和制约作用(图1)。燕山运动的火山与断裂对西湖复向斜进行了改造。喜马拉雅运动在本区主要表现为地表的差异升降:西湖西南群山的抬升、杭州市区的沉降。在地壳升降运动引起的海进海退过程中形成的古潟湖和以后淡水化的西湖,就是地壳运动的地质遗迹资源。

2 西湖及其周边群山的地质地貌特征

2.1 西湖及其周边群山的地质特征

西湖群山的形成可以追溯到大约二亿多年前的三叠纪,印支运动的挤压形成了由西南向北东倾伏的西湖复向斜构造,为西湖群山地质构造奠定了基础。西湖复向斜由十几个次一级构造组成,其中保

存比较完整的有飞来峰向斜、天马山背斜、南高峰向斜、青龙山背斜、玉皇山向斜、将台山向斜、凤凰山背斜、桃花山向斜等(图 1a)。白垩纪早期,太平洋板块与欧亚板块斜向碰撞,浙闽地区火山活动强烈,产生了北东向的浙闽火山弧,处于此火山弧边缘的西湖地区的西北部也发生了火山喷发,在葛岭—宝石



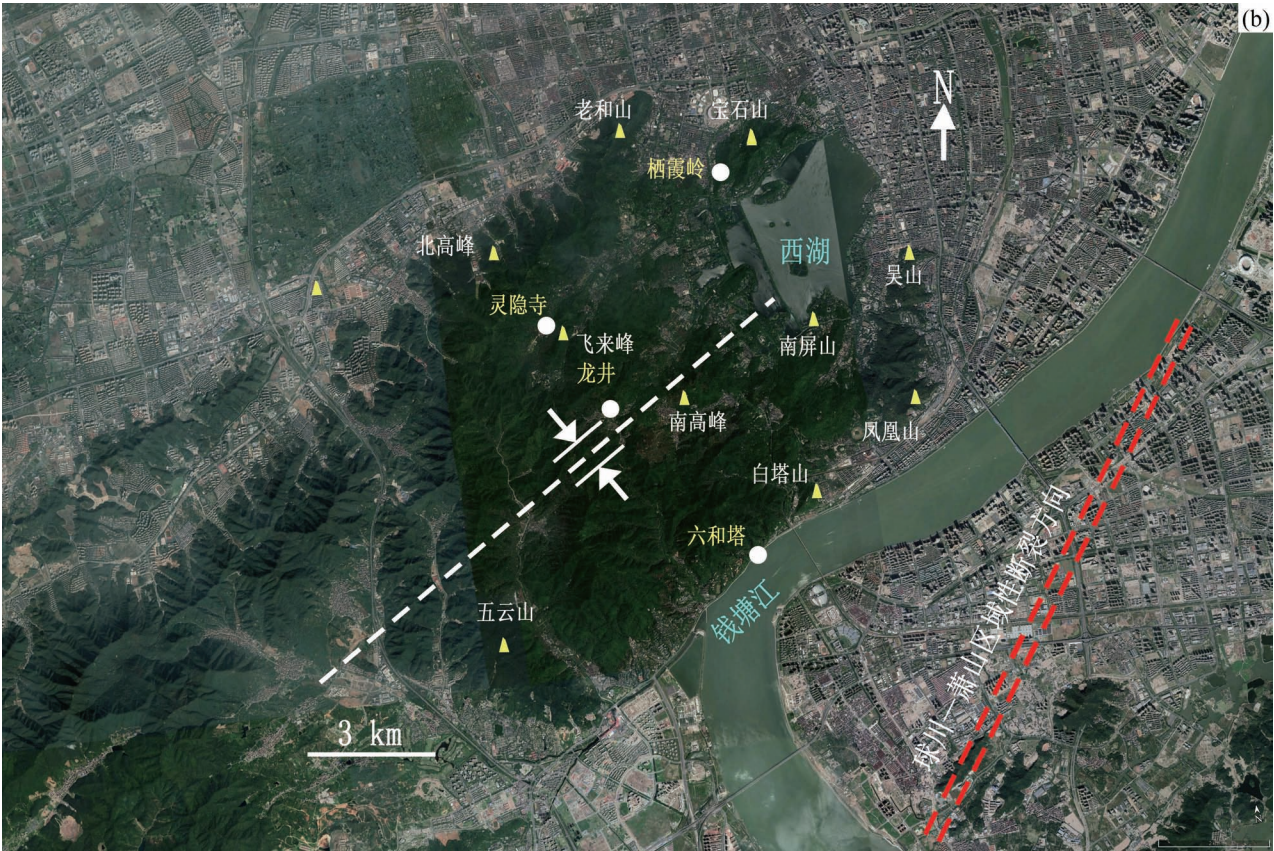


图 1 杭州西湖及其周边地层、地质构造与地质景观分布图:(a) 西湖地区地质图,部分地质界线依据浙江省地矿局^②);(b) 谷歌卫星图表示西湖及其周边主要地质景观和构造线方向(据 google earth)

Fig. 1 Geological map showing strata, tectonics and distribution of geological landscapes of West Lake and its surrounding area in Hangzhou City: (a) Modified geological map of the Hangzhou City based on the base map (Geological and Mineral Bureau of Zhejiang Province^②); (b) image showing main mountains and major tectonic lines(from google earth)

构造:① 龙驹坞背斜;② 飞来峰向斜;③ 天马山背斜;④ 南高峰向斜;⑤ 青龙山背斜;⑥ 九曜山单斜;⑦ 玉皇山向斜;⑧ 将台山向斜;⑨ 凤凰山背斜;⑩ 桃花山向斜;⑪ 灵隐涧断层;⑫ 天喜山断层;⑬ 棋盘山断层;⑭ 青台山断层;⑮ 龙井寺断层;⑯ 满觉陇断层;⑰ 南高峰断层;⑱ 梯云岭断层;⑲ 慈云岭断层;⑳ 于子山墓断层;㉑ 灵峰断层;㉒ 栖霞岭断层;㉓ 宝石山断层

Tectonics.: ① Longjuwu Anticline; ② Feilaifeng Syncline; ③ Tianmashan Anticline; ④ Nangaofeng Syncline; ⑤ Qinglongshan Anticline; ⑥ Jiuyaoshan Monocline; ⑦ Yuhuangshan Syncline; ⑧ Jiangtaishan Syncline; ⑨ Fenghuangshan Anticline; ⑩ Taohuashan Syncline; ⑪ Lingyinjian Fault; ⑫ Tianxishan Fault; ⑬ Qipanshan Fault; ⑭ Qingtaishan Fault; ⑮ Longjingsi Fault; ⑯ Manjuelong Fault; ⑰ Nangaofeng Fault; ⑱ Tiyunling Fault; ⑲ Ciyunling Fault; ⑳ Yuzishanmu Fault; ㉑ Lingfeng Fault; ㉒ Qixialing Fault; ㉓ Baoshishan Fault

山堆积了黄尖组(K_1h)火山岩。白垩纪中晚期,本区构造挤压,产生了北北东、北东东向断裂和节理,把宝葛岭—宝石山火山体切割为菱形状;同时断裂作用也切割了西湖复向斜,进一步使本区构造图案复杂化。另外,西湖复向斜周围的北、东和南发育了燕山期断陷盆地,即三墩坳陷、乔司坳陷和钱塘江坳陷。总之,中生代以来,杭州地区的地壳主要经历印支、燕山运动;形成了复杂而有规律的构造遗迹,其中印支构造为骨架;燕山期构造叠加其上;燕山期末本区构造总体面貌和地形起伏基本轮廓也就基本定

型。新构造运动期,本区西南部抬升和东北部沉降更加明显;因此西湖群山由西南往北东山势由高及低可分为三个圈层。

外圈群山是西湖复向斜的扬起端,是西湖西南抬升的高山丘陵区;主要有北高峰、天竺山、琅玕岭和五云山等,由志留系、泥盆系岩屑石英砂岩构成,岩性坚硬抗风化;属高丘陵山地,山脊清晰,雄奇挺拔。

中圈群山主要有飞来峰、南高峰、玉皇山等,构成山体的岩石以石炭系、二叠系石灰岩为主,富含各

种古生物化石;基本是向斜山地,属于低峰峦地质地貌类景观,岩性易被酸化雨溶蚀,喀斯特岩溶地貌发育,地貌景观为西湖群山之秀。

内圈群山位于西湖复向斜的倾伏端,是西湖西南部丘陵与东北部沉降平原的过度区域;主要指环湖低矮的吴山、夕照山、丁家山和三台山等。另外,西湖西北缘的宝石山、栖霞岭等,由中生代火山碎屑岩组成,海拔百米左右,为低丘地形,特别是宝石山主要由含碧玉熔结凝灰岩构成,由于地质构造和风化的共同作用使得地貌景观奇峰异突,蔚为壮观。

西湖群山峰峦之间常常被沟谷错开,这种沟谷发育主要受断层和岩性控制,沟谷发育的溪流往往给西湖提供了涓涓流水,是西湖淡水的重要径流。断层也可以把山峰错开,使得西湖山峰层层叠嶂,山外有山。代表景观如双峰插云、五云山、北高峰与美人峰、天马山、南高峰、玉皇山、慈云岭、凤凰山、梯云岭、三天竺、栖霞幽谷等。

2.2 西湖成因及地质特征

西湖成因众云纷说,归纳起来大致有10种说法(王国平等,2014),主要有“火山湖说”、“潟湖说”、“沙洲湖说”等等。本文认为西湖形成是地质构造、火山作用和海平面升降,以及人工疏浚共同作用,成就了天时地利人和的璀璨明珠。

西湖群山骨架是印支构造运动揉挤了地壳表层,使早已形成的古生代地层成为裙边状褶皱,即以西湖为中心,并向西湖方向倾伏的西湖复向斜构造;复向斜的核部倾伏端位于三台山、丁家山一带,核部地层为下二叠统一—中二叠统灰岩及中二叠统上部孤峰组硅质砂页岩;孤峰组岩性松软,受到挤压岩石支离破碎,易于风化剥蚀,天长地久形成洼地。中生代时期由于太平洋板块向欧亚板块俯冲挤压,导致杭州西湖附近强烈火山活动。据地质资料记载:杭州构造火山盆地内,“葛岭火山机构喷发中心位于断桥一带,并于关帝庙附近发现火山通道。其火山岩岩层向通道方向倾斜,布格重力场显示火山岩底界中间深,向四周渐浅,可能表明火山活动经历过中心塌陷”^⑥。致使原来西湖复向斜构造洼地进一步下沉。而西湖北部火山沉积岩堆积成葛岭—宝石山,从而马蹄形的西湖群山基本形成,北部的宝石山与南边的吴山成了两个岬角。这就为西湖的形成创造了天然地质地形条件。新生代的地壳升降运动使得本地区经受多次海平面变化引起海进海退,又为西湖形成提供了古地理自然条件。研究表明:全新世中期,西湖及东部的杭州市区是海湾,全新世晚

期,由于海平变化,长江和钱塘江挟带的泥沙不断堆积,三角洲陆地不断扩大,在钱塘江漏斗状河口地貌的条件下,由于江流和潮流共同作用,形成杭州湾巨大的沙坎,沙坎的北部分布在杭州市区东部,吴山和宝石山组成的两个岬角以及杭州北东的低山丘更加强了西湖东部的沙坎不断加积,使西湖东部逐渐被堵塞,西湖被演变为潟湖(陈吉余等,1964;汪品先等,1979)。张霞等(2018)研究晚第四纪钱塘江下切河口充填物物源特征证实了这个观点。可见西湖三面环山的地形是孕育西湖的重要条件,而钱塘江口涌潮的冲击则是推动这个海湾或潟湖形成西湖的动力。

著名科学家竺可桢1919年考察西湖并提出西湖的潟湖成因说,他认为西湖原先是钱塘江口的一个小小港湾,是钱塘江挟带泥沙沉积,堵塞了古港湾口成潟湖(竺可桢,1921)。汪品先等(1979)认为在第四纪期间,西湖经历了山间谷地—淡水湖—早期潟湖—海湾—晚潟湖—淡水湖的演变过程;晚潟湖阶段始于2500年前。《西湖通史》编撰者倾向于晚潟湖期始于4500年前(王国平等,2014)。晚潟湖期以后,天然降水和水域周围的群山的溪流涓涓注入西湖,逐渐淡化湖水,据史料记载东汉郡议曹华信发动钱塘市民筑海塘,使江湖彻底分离,西湖进入淡水湖及沼泽化阶段,然后经过历代劳动人民对西湖疏浚治理,终于成就了天人合一的西湖天下美景。

2.3 钱塘江的形成及其景观地质特征

钱塘江是浙江第一大河,古名浙江,自西至东贯穿皖南和浙北汇入东海。一般上游(北源)称新安江,径流到建德梅城与南源的兰江汇合后的桐庐—富阳段称富春江,再到闻家堰汇入浦阳江后的杭州段称钱塘江。钱塘江是古越文化的发祥地,是华夏文明摇篮之一。

钱塘江的形成和发育与区域性深大断裂球川——萧山断裂有着密切的联系;这条前古生代形成的断裂到燕山期以后转为拉张,使附近地层产生断裂乃至断陷,形成富春江—钱塘江断陷盆地,沉积了下白垩统朝川组河流砂砾建造;局部有中基性熔岩及中基性岩侵入^⑦。资料表明由于该断裂在杭州附近被北西—南东向的孝丰—三门断裂切割,使沿球川—萧山断裂北东向发育的富春江——钱塘江河道在杭州附近发生直角转折,形成反“之”形(丁伯阳等,2003);加之在河流发育过程中,凹岸侵入和凸岸堆积的河流作用下,逐渐形成了钱塘江两岸河口地貌和今天的钱塘江特有的“之”字型美丽河曲

图案。

钱塘江以大潮奇观闻名于世,江水滚滚向东流入东海。其河口属于强潮型河口,平面上呈巨大的喇叭形,外口大,内口小。外口的杭州湾口南北两岸相距约 100 km,至澉浦仅 21 km(张霞等,2018),再上至海宁盐官只有 2.5 km,杭州处则为 1 km。况且钱塘江河道因河口沙坎所在,自澉浦起河床急剧抬高,致使河床容量突然变小,大量潮水涌入变浅的河道,使潮头受阻,而后面的潮水又急速推进,不断地后浪推前浪,形成了天下无双的钱塘江涌潮。独特的地质地貌环境,形成了汹涌澎湃、气势磅礴的钱塘江涌潮天下奇观。代表景观有六和听涛、美女坝观潮、盐官看潮、钱塘江海塘及两岸风光。

2.4 宝石山—葛岭景观地质特征

早白垩世中期,杭州西湖北东曾经火山爆发,火山碎屑岩分布大致范围西至浙江大学玉泉校区,东至延安路,南至三潭印月,北至古荡三墩一带;为中心式古火山,火山通道位于关帝庙附近^⑨,沉积了一套称为黄尖组(K_1h)的火山岩和火山碎屑岩。徐克定^⑩研究认为宝石山葛岭具有三大地质景观:中心式古火山、多彩碧玉和山崩遗迹。代表地质景观有宝石流霞、川正洞、寿星石、葛岭、栖霞岭、紫云洞、卧云洞等。

2.5 岩溶地貌景观地质特征

喀斯特岩溶地貌自然景观主要见于西湖群山各向斜核部的石炭系—二叠系灰岩中,分布于飞来峰、龙井、翁家山、南高峰、九曜山、玉皇山、将台山、吴山、玉泉等地。石炭系—二叠系石灰岩,生物碎屑灰岩, $CaCO_3$ 纯度高,化石丰富,岩溶较为发育,多形成溶芽、溶洞、溶斗、落水洞、地下暗河。这种溶蚀地质遗迹的发育常常受岩性和构造的控制;如南高峰向斜南翼著名的‘烟霞三洞’景观,即在不同的高程上发育了石屋洞、水乐洞和烟霞洞,成因上主要受满觉陇断层(图 1a,F16)控制外,其次是由于新生代以来西湖山区逐渐抬升运动而造成的结果,使溶洞分布在不同的高程上。岩溶作用遗迹代表性的地质景观有:飞来峰、玉乳洞和一线天、龙井山园、南高峰、千人洞、烟霞洞、水乐洞、石屋洞、玉皇山、紫来洞、吴山天风及十二生肖像等。

2.6 西湖群山中泉形成的地质条件和特征

泉是地下水在地表的露头,西湖群山中比较知名的泉水主要有三种:

(1) 碳酸盐岩类型岩溶泉水,主要受岩性和构造控制。本地石炭系、二叠系碳酸盐岩纯度高,岩溶

发育,含水量较丰富,特别在向斜核部倾伏端和断裂发育的部位,有利于地下水的流动、渗透和富集,往往形成溶洞或富水带,断裂或裂隙又成了地下水的通道到地表即成泉。著名的有玉泉、冷泉、龙井泉等。

(2) 沉积岩基岩裂隙泉水,此类地下水受岩石的坚硬程度和构造发育密切相关。一般说硬脆性岩石构造裂隙发育较好,裂隙开放性也好,含水性也较好。特别是泥盆系上统西湖组(D_3x)石英砂砾岩,岩性坚硬性脆,石英砂岩中的地下水纯度高,质量上乘,例如著名虎跑泉就赋存在西湖组的断层裂隙中;素有“龙井茶叶,虎跑泉水”之美称。

(3) 火山岩系裂隙泉水,本区中生代白垩系火山构造裂隙水,含水量相对较少,例如白沙泉。

3 西湖地质遗迹景观类型

西湖地质遗迹景观典型而集中分布在西湖风景名胜区内。西湖地区地质景观丰富多彩,依景观分类大体可归纳为:地质地貌类景观、水体类景观、岩溶类景观、构造类景观、火山岩类景观等(表 1)。

4 西湖地质遗迹景观的价值

4.1 地球科学研究价值

杭州西湖及周边地质研究程度较高,例如,1868 年,德国人李希霍芬(F. von. Richthofen)对杭州附近古生代地层调查。清宣统二年(1910)章鸿钊考察杭州地质并著有《中国杭州一带地质》。竺可桢考察杭州西湖后提出杭州西湖是潟湖成因说(竺可桢,1921)。许多著名地质古生物学专家对杭州石炭二叠纪和奥陶纪地层古生物、地质构造进行了野外考察和深入研究;浙江省地质工作者对西湖地质进行了大量的地质调查和研究。

本区地质具有扬子板块与华夏板块过渡特色。下古生代地层发育和古生物群特征(罗以达等,2008),印支构造组合、燕山期断裂和火山活动特征,以及吴磊伯(吴磊伯等,1951)提出的临安山字型 and 杭州棋盘格式构造组合,乃至西湖形成的时间、钱塘江河流作用等诸多问题都值得进一步深入研究和讨论。

在世界范围内,潟湖的发展一般到后期都走向消亡,而曾经是潟湖的杭州西湖经历了 2600 多年的演变,仍然那样美丽多姿是全球少有的。钱江河口独特的地质地貌条件下形成的涌潮更是世界奇观;钱塘江涌潮与人们为抗争涌潮而筑的古海塘已经具

备申报世界自然与文化双遗产的特征、标准和价值(李云鹏等,2017)。国家级西溪湿地公园是大自然与人类和谐的又一杰作。这些地质遗迹都是湖泊学、河流科学、湿地科学和古地理学非常好的研究课题。

4.2 地质地貌科普与教学价值

杭州西湖及外围地区地层发育齐全,从南华系到第四纪,除三叠纪以外的地层几乎都有出露,各类岩石缤纷纷呈,构造现象多期特征明显,丘陵、平原、河流湖泊,喀斯特地貌等应有尽有,记载了杭州西湖及周边地区地质历史;这些地层及其所含的各类化石、地质构造和地貌地质遗迹是研究杭州地质发展的宏篇巨著;也是地质地理专业教学研究和实习的

理想场所。杭州西湖地质是华东众多院校地质地理专业的教学实习基地,20 世纪 80 年代以来全国地质学青少年夏令营、浙江地学夏令营多次在杭州举行。西湖地质对于地质教学与研究 and 科学普及价值可见一斑。

4.3 美学价值

杭州西湖文化景观已于 2011 年列入世界遗产,作为世界文化遗产载体的西湖自然山水景观,其优美性和美学价值不言而喻。西湖群山虽没有泰山的雄伟、也没有华山的峻险;但她马蹄形环布在西湖南、西、北三面,海拔高程从 34 m 到 400 m,分成多个层次,层峦叠嶂,层次分明,真所谓山外青山楼外楼。呈现出体量小、层次多、视角低、轮廓清的视觉

表 1 杭州西湖景区主要地质景观类型、成因和美学特征一览表

Table 1 Main types, geological origin, aesthetic features of landscapes in the West Lake area of Hangzhou City

地质景观类型	地质遗迹	景观名称	地质成因	美学特征	人文景观
水体类景观	湖泊	杭州西湖	古潟湖演化成淡水湖泊	三面云山一面城景观格局;诗情画意江南特色东方美	2011 年列入世界文化景观遗产名录;西湖十景;三堤三岛
		湘湖	4000 多年前古潟湖沼泽化后埋没。北宋人工复湖	八千年古舟,三万顷碧波	湘湖八景
	河曲	钱塘江河曲 钱江涌潮	中新生代以来断陷盆地发育相联系、独特河口与潮汐作用	之字型柔美河曲与气势磅礴钱塘江怒潮力量美,刚柔相济	六和听涛;美女坝;六和塔;盐官观潮
	岩溶泉水	冷泉	受断裂与喀斯特岩溶相关地质条件控制的岩溶裂隙泉	断裂形成的“V”型沟谷中的冷泉,溪流清凉与宁静	灵隐寺;飞来峰摩崖石刻;冷泉亭等风景;楼台亭阁
		龙井泉		幽静山泉、悠久的龙井茶文化和美丽的龙井传说	龙井寺;龙井茶园
		玉泉		清澈泉水;花卉梅兰竹菊;春桃夏荷秋桂冬梅	杭州植物园;玉泉胜景;灵峰探梅
	裂隙泉水	虎跑泉	位于青龙山背斜西南扬起端,西湖组石英砂岩中三组节理发育,并受断层阻隔,地形上是山间小盆地有利于地下水的富集	泉水甘冽,沁人心脾,为杭州泉水之冠,与龙井茶是西湖双绝	虎跑梦泉;李叔同纪念馆
	湿地	西溪湿地	燕山晚期形成的三墩拗陷盆地内发育而成	中国首个集城市湿地、农耕湿地、文化湿地为一体国家级湿地公园	西溪国家湿地公园三堤十景;中国湿地博物馆
地质地貌类景观	丘陵山地貌	西湖周边群山	印支期西南扬起,北东倾伏的西湖复向斜构造,中生代构造运动和火山岩及新构造运动抬升作用	马蹄形群山怀抱西湖碧水,舒缓柔和的山脊轮廓、层层叠嶂的山峦;山外有山的三面云山和谐自然美景	西湖景区各山景;儒释道寺庙及其文化景观
	地层遗迹	荆山岭、板桥奥陶系地层剖面	江南地层区与扬子地层区过渡型奥陶纪沉积	海相地层与丰富的动物化石记录自然之美	地层古生物遗迹参观点
		钱塘江铁路铗剖面	上志留统至下石炭统碎屑岩	古生代滨海相地层和陆相地层	记载地质历史时期的古地理考察点
		龙井—南高峰剖面	石炭系—二叠系古生物地层剖面	石炭系—二叠纪碳酸盐岩,丰富的海相化石;地质历史发展教科书,沧海桑田实证	龙井山园;翁家山;南高峰;丁家山

地质景观类型	地质遗迹	景观名称	地质成因	美学特征	人文景观
地质构造类景观	地质构造遗迹(向斜山)	飞来峰	向斜核部为中上石炭统灰岩,北西南三面为下石炭砂砾岩	山峰低矮(169 m)山脊山峰轮廓清晰,喀斯特丰富多彩,老树古藤盘根错节。奇石、古木、幽洞、佛像的神奇宁静美	溶洞和沿溪峭壁上摩崖石刻、佛教造像 354 尊;灵隐禅踪
		南高峰	西湖复向斜的核部,倾伏端在丁家山,扬起端在翁家山以西、核部是二叠纪地层	海拔 257 m,群山之核心山峰,与北高峰遥相呼应,构成西湖十景之一双峰插云。	峰顶有晋代南高峰塔遗址;双峰插云;千人洞;烟霞三洞及造像
		玉皇山将台山	向斜核部为石炭二叠系灰岩,向斜轴向西湖方向倾伏	山体俊美,与凤凰山有龙飞凤舞之美称;山顶瞭望钱塘江河曲和西湖,江湖、群山美景尽收眼底	玉皇飞云;望江亭;福星观;慈云宫;道教文化
	地质构造遗迹(背斜山)	北高峰	位于龙驹坞倒转背斜的南翼,唐家坞组与西湖组砂砾岩构成	与飞来峰对峙,海拔 315 m,为南宋提名西湖十景“双峰插云”的北峰	著名佛教文化胜地,峰顶有原建于唐宋的佛塔佛庙,山腰有韬光寺,南面山麓有灵隐寺
		天马山	向东北方向倾伏背斜,核部主要为西湖组石英砂砾岩	位于西湖以西,海拔 276 m;山形略似马鞍,远望如烈马奔腾,气势雄伟	北临天竺三寺南近龙井寺;周围为西湖龙井茶园;禅茶文化景观
		青龙山	向东北倾伏背斜,轴向东北 40°,由叶家塘组组成,西南扬起端(虎跑)核部为西湖组	伏于西湖西南,南高峰与九曜山之间的“青龙”	满陇桂雨;定慧禅寺;济公传说、弘一法师故事为特色的人文景观
		凤凰山	背斜核部为泥盆系西湖组组成,轴向北东 30°向西湖方向倾伏	位于西湖之南、吴山之西,主峰海拔 178 m。山形如展翅起飞的凤凰	隋唐杭州城、五代吴越国都子城和南宋皇城遗址,万松书院等儒家文化
	裂 迹(断 沟谷)	韬光寺沟谷;三天竺溪谷;梯云岭沟谷;慈云岭沟谷;栖霞岭沟谷	分别受韬光断层、天喜山断层、梯云岭断层、慈云岭断层和栖霞岭断层控制和影响	使西湖群山峰峦错落有致,层次分明,峰峦叠嶂,山外有山的自然美	天竺三寺;慈云宫;紫云洞;栖霞五洞;岳墓栖霞
	岩溶类景观	喀斯特地貌	岩溶溶洞:玉乳洞、青林洞、龙泓洞、千人洞、烟霞洞、水乐洞、石屋洞、紫来洞、通天洞、十二生肖像等喀斯特地貌	可溶性石灰岩受弱酸性水溶蚀而成;受新生代构造运动控制,溶洞分布在不同高程上	多数溶洞壁上有石刻或造像,是自然天成和人文历史的艺术品。
火山构造景观	火山构造遗迹	宝石山—葛岭	下白垩统黄尖组火山碎屑岩,紫红色含碧玉熔结凝灰岩;中心式火山爆发、多彩碧玉、山崩悬崖遗迹	海拔 125 m,山不高,却峻险,初阳晚霞真流彩。相传道教葛洪曾炼丹于此	宝石流霞;紫云胜景;初阳台;抱扑道院;川正洞;寿星石;保俶塔
		孤山	葛岭山的一部分,由下白垩统黄尖组火山碎屑岩构成	位于西湖偏北湖面,海拔 34 m,碧波环绕。山景如瀛洲仙景。	隋永福寺、南宋四圣延观遗址,清代康熙行宫。中山公园、文澜阁、西泠印社、平湖秋月、放鹤亭
其他	古人类遗迹	跨湖桥遗址	新石器遗址;湘湖八景	7000 多年跨湖桥文化;世界最早独木舟;美丽自然景观与古人类遗址交相辉映	越王城遗址;跨湖桥遗址博物馆
		良渚老和山	良渚文化遗址	5300~4500 年良渚文化——中华五千年文明的实证。2019 年列入世界遗产名录	中国良渚文化古城遗址;良渚博物院

美特点。群山中众多的沟谷、泉水、岩洞、森林、溪流或幽情、或奇险、或妩媚、或挺秀。一千多年来文化景观日臻完美,文人骚客诗书画作盛情赞美。湖光山色、诗情画意、美不胜收。

4.4 历史文化价值

西湖群山和西湖水域共同体现了西湖自然山水景观的优美轮廓和诗情画意;承载了丰富的历史文化内涵;西湖五个内湖的发展都记载着历代西湖管

理者和劳动人民的辛劳和功绩,而且有案可稽。西湖众多景观各有其形成、发展和历史记载,在上百处文化史迹中融汇了中国儒、释、道主流文化。大量丰富精美的历史文化遗迹点缀在湖光山色中;包括寺院、佛塔、石刻造像、寺庙、道观、城门遗址、行宫等;南宋题名的西湖十景(张炜等,2011)、六和塔、净慈寺、灵隐寺、飞来峰、岳飞墓(庙)、保俶塔、文澜阁、抱扑道院、清行宫遗址、西冷印社、龙井、虎跑、玉皇山等,形成人文历史与自然景观交相辉映的景观特色。以飞来峰为例,该峰不高,仅海拔 169 m,地质地貌上位于北高峰与天马山背斜之间,是西湖复向斜内的一个向斜小山丘。由于向西南方向扬起,使得飞来峰向斜的北、西和南均出露下石炭统砂岩,而核部地层是石炭系灰岩,易受溶蚀作用侵蚀,喀斯特地貌发育,溶洞、溶沟、溶芽、一线天随处可见,是很有特色地质景观;相传东晋(公元 317~420 年)印度和尚慧理称该峰为飞来峰。自五代(公元 907~960 年)以来,在飞来峰青林洞、玉乳洞、龙泓洞等天然溶洞、以及冷泉溪沿岸的悬崖等处留下众多历史遗迹;现存造像 115 龕,390 余尊和大量的摩崖石刻^⑥,其中弥勒坐像为宋代艺术的代表作,飞来峰造像群是我国江南少见的石窟瑰宝,并诞生了大量民间故事传说。

4.5 自然生态价值

西湖景区属于北亚热带季风性湿润气候,三面环山、北东有钱塘江、杭嘉湖平原和杭州湾入海;四季分明,雨量充沛,空气湿润,植被类型从森林向湿地过渡。春桃、夏荷、秋桂、冬梅各有风韵;保护了 300 年以上的古树名木 125 株。除了气候条件以外,优越的生态系统得益于西湖群山在新构造运动中形成的不同时期不同高程的侵蚀面、河流阶地、喀斯特洞穴;不同高度阶地上沉积了不同类型的土壤母质和土壤。特别值得一提的是,西湖群山丘陵山中的山地黄壤,以及山地外围的红壤低丘,土壤为微酸性(pH 值小于 5)表土有机质含量大于 4%,结构松散,透气性好,磷、钙、镁含量丰富;如此优质的自然环境,非常适合茶叶生长,著名的龙井茶就产于西湖群山中。

4.6 精神文明价值

纵观钱塘江景观,闻家堰以上至富春江为山明水秀型景观,犹如名画《富春山居图》,给人以淡泊明志、宁静致远的人文情怀感受。

闻家堰下游至海盐澉浦是钱塘江涌潮最为特征的河口段,涌潮时潮景千变万化,“一线潮”、“交叉

潮”、“回头潮”潮水汹涌澎湃、排山倒海、蔚为壮观,给人以威武雄壮、热血拼搏的力量。

海盐澉浦以下为钱塘江河口的潮流段——杭州湾,河面豁然开阔,北岸由于河流侵蚀和海潮侵蚀双重作用,形成深水资源,建成良港;南岸河漫滩则有大片湿地,改善了生态又成了旅游观光地,给人以海纳百川、宽容大度的广博胸怀之感。

西湖自然景色更具诗情画意,正如孤山中山公园西湖天下景亭柱上黄文中撰楹联:“水水山山处处明明秀秀,晴晴雨雨时时好好奇奇”;给人以睿智开朗、理想创意的活力。

钱塘江原生态的壮美景观和西湖人文自然的秀丽风光给浙江精神奠定了坚毅进取、开拓创新、勇往直前、睿智善美的精神文化基石。

5 建议建立杭州西湖地质公园

西湖如此秀美,钱塘江如此壮观,钱塘江自然景观和西湖美景的保护,近年来已经做了不少工作,也取得了一些成果;并且,杭州西湖成为世界文化景观遗产地;然而,杭州西湖后申遗时代的保护和管理压力仍然很多(杨小茹等,2011);景观保护和地质灾害防治方面的工作也需要加强和刻不容缓地去做。

建立地质公园是国际上保护和开放利用地质遗迹景观资源的通行做法。就成熟旅游区而言,有条件的地方建立地质公园对于地质景观、自然景观的保护,优化生态系统,提高和深化景观景点的科学性和互动性,提高旅游区历史文化内涵等等都具有重要的意义和价值。因此为了更好地保护杭州西湖地质遗迹景观,促进杭州可持续发展,建议建立杭州西湖国家级地质公园。其优势明显:

(1) 西湖地质景观的典型性和稀有性。杭州的江河、湖泊、群山和平原的地质地貌地质遗迹景观非常丰富。有专家把杭州地质遗迹资源划分为西湖、良渚、鸬鸟和河上四个区块(顾明光等,2008)。其中西湖区块地质遗迹景观最为集中、丰富而经典。西湖自然山水具有古潟湖、褶皱山的特色。西湖四周具有“三面云山一面城”的空间特色;这些景观的基本格局都是地质作用下形成的地质遗迹,在近 60 km² 的面积空间内,蕴藏着如此典型的地质构造、河流、湖泊、地层和化石等地质景观,在国内是不多见的,其自然属性的多样性和稀有性也是显而易见的。

(2) 杭州西湖是国家级风景名胜区、世界文化遗产,全国乃至世界知名度很高,已经具备完善的旅游设施和交通条件,更有利于在本地区开展地球科

学研究和地学科普工作的展开、有利于人们观光旅游和欣赏自然景观。

综上所述,西湖以及西湖群山的地质遗迹景观、自然生态环境和人文历史景观特性,具有重要的科学价值和文化价值;已经完全具备申报国家级地质公园的基本条件和优势。

致谢:感谢傅肃雷副教授在收集地质资料和野外考察期间的指导,并提出宝贵修改意见。

注 释 / Notes

① 浙江省地质调查院. 2004. 杭州市幅区域地质调查成果报告 1 : 250000.
② 浙江省地质矿产局编制. 1984. 杭州地质图 1 : 25000
③ 浙江省地质调查大队五分队. 1987. 城市地质综合调查报告, 杭州幅、临浦幅, 1 : 50000.
④ 徐克定. 2016. 杭州宝石山三大地质景观初步研究. 见: 浙江地质学会 2016 年学术年会论文集. 253~260.
⑤ 中华人民共和国文物局. 2009. 申报世界文化遗产: 中国杭州西湖文化景观.

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; The literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)
陈吉余, 罗祖德, 陈德昌, 徐海根, 乔彭年. 1964. 钱塘江河口沙坝的形成和历史演变. 地理学报, 30(2) : 109~122.
丁伯阳, 叶继青, 孟凡丽, 陶海冰. 2003. 杭州市周边构造和断层及其对建构筑物的影响. 浙江工业大学学报, 31(6) : 329~323.
顾明光, 龚日祥, 王勤荣, 俞国华. 2008. 杭州市地质遗迹资源特征及保护开发建议. 资源与产业, 10(4) : 87~92.
顾明光, 龚日祥, 颜铁增, 卢成忠, 汪建国, 覃兆松. 2009. 杭州上泥盆统西湖组露头层序地层研究. 华南地质与矿产, (1) : 8~13.
李云鹏, 扎西端智, 陈方舟. 2017. 钱塘江涌潮与古海塘遗产价值分析及申遗建议. 浙江水利水电学院学报, 29(6) : 1~6.
罗以达, 俞国华, 张岩, 梁河, 陈小友, 吴鸣. 2008. 浙江杭州地区中下奥陶统岩石地层研究. 中国地质, 35(4) : 648~655.
汪品先, 叶国樑, 卞云华. 1979. 从微体化石看杭州西湖历史. 海洋与湖沼, 10(4) : 373~381.
王国平, 等. 2014. 西湖通史. 杭州: 杭州出版社: 4~394.
吴磊伯, 李铭德. 1951. 浙江北部地质构造轮廓. 中国科学, 2(1) : 97~119.
颜铁增. 1992. 浙江唐家坞组西湖组的微古植物及其地层划分对比. 中国区域地质, 1992(2) : 111~117.
杨小茹, 华芳, 黄文柳, 吕剑. 2011. 杭州西湖后申遗时代的保护与管理. 中国园林, 9(6) : 39~42.

张炜, 马军山, 韩林. 2011. 杭州西湖文化景观的景观价值要素分析. 中国城市林业, 9(6) : 29~31.
张霞, 林春明, 杨守业, 高抒, Robert W D. 2018. 晚第四纪钱塘江下切河谷充填物源特征. 古地理学报, 20(5) : 877~892.
竺可桢. 1921. 杭州西湖生成的原因. 科学, 6(4) : 381~386.
Chen Jiyu, Luo Zhude, Chen Dechang. 1964#. Formation and historical evolution of the sand bank at the mouth of Qiantang River. Acta Geographica Sinica, 30(2) : 109~123.
Ding Boyang, Ye Jiqing, Meng Fanli, Tao Haibing. 2003&. The tectonics around Hangzhou and the fault's influence on construction. Journal of Zhejiang University of Technology, 31(3) : 319~313.
Gu Mingguang, Gong Rixiang, Yan Tiezeng, Lu Chengzhong, Wang Jiangguo, Qin Zhaosong. 2009&. Study on outcrop sequence stratigraphy of Upper Devonian Xihu Formation in Hangzhou. Geology and Mineral Resources of South China, (1) : 8~13.
Gu Mingguang, Gong Rixiang, Wang, Qinrong, Yu Guohua. 2008 &. Protection and development of geological relic resources in Hangzhou city. Resources & Industries, 10(4) : 88~92.
Li Yunpeng, Zhaxi Duanzhi, Chen Fangzhou. 2017&. Heritage values of Qiantang Tidal Bore and ancient seawall and world heritage application. J. Zhejiang Univ. of Water Res. & Electric Pow., 29(6) : 1~6
Luo Yida, Yu Guohua, Zhang Yan, Liang He, Chen Xiaoyou, Wu Ming. 2008&. Middle - Lower Ordovician lithostratigraphy in Hangzhou area, Zhejiang. Geology in China, 35(4) : 648~655.
Wang Gouping. 2014#. General History of West Lake. Hangzhou: Hangzhou Publishing House: 4~394.
Wang Pinxian, Ye Guoliang, Bian Yunhua. 1979&. Micropaleontological evidence for the history of West Lake, Hangzhou, Zhejiang Province, China. Oceanologia et Limnologia Sinica, 10(4) : 373~382.
Wu Leibo, Li Mingde. 1951#. Geotectonic outline of northern Zhejiang, Science in China part A.
Yan Tiezeng. 1992&. The microflora of the Tang jiawu and XiHu Formations in Zhejiang and their stratigraphical division and correlation. Regional Geology of China, (2) : 111~117
Yang Xiaoru, Hua Fang, Huang Wenliu, Lü Jian. 2011&. The protection and management of Hangzhou West Lake in The “Post Biding-for-Heritage Era”. Scientia Sinica, 9(6) : 39~42.
Zhang Wei, Ma Junshan Han Lin. 2011&. Analysis on landscape value elements of West Lake culture landscape in Hangzhou City. Journal of Chinese Urban Forestry, 9(6) : 29~31.
Zhang Xia, Lin Chunming, Yang Shouye, Gao Shu. 2018&. Provenance for the late Quaternary Qiantang River incised-valley fill. Journal of palaeogeography (Chinese Edition), 20(5) : 877~892.
Zhu Kezhen. 1921#. Reasons for the formation of West Lake in Hangzhou. Science, 6(4) : 381~386

On the geological landscapes heritages and their significances of West Lake
and its surrounding area in Hangzhou

FU Yinhong

Zhejiang University of Science and Technology, Hangzhou, 310023

Abstract: The West Lake in Hangzhou City has become one of the world cultural heritages. As the core of cultural and beautiful natural landscapes of Hangzhou City, the West Lake also contains rich geological contents, but systematic investigation and research from geological perspective are still lacking. The Xihu (the West Lake) complex syncline and associated faults formed during the Middle Triassic Indosinian Movement played a critical role in controlling the current topography around the West Lake. The geological landscape around the West Lake can be summarized into five main types: they are geological topographic, waterbody, karst topographic, tectonic and volcanic landscapes respectively. The West Lake was formed from a lagoon and gradually became a freshwater lake after it was separated from the coastal sea during sea-level rise and fall and artificial dredging. The Qiantang River is related to the extension of the major Qiuchuan—Xiaoshan Fault in this region. The natural landscapes and karst topography in the Hangzhou area were mainly related to strong Mesozoic volcanic activities and subsequent weathering of the carbonate strata. All those geological effects not only enriched the contents in geological research, teaching, popular sciences, tourism and cultural education, but also greatly enhance the international recognition and cultural significance of West Lake and surrounding area. It is desirable to suggest that the West Lake and her surrounding area should be listed as a national geopark in order to protect their beautiful natural landscapes and keep the sustainable development of Hangzhou City.

Keywords: West Lake; Hangzhou; geological heritage; geopark; landscape value

First Author: FU Yinhong, female, born in 1980, master, lecture, is mainly engages in teaching and researching work of environmental art design; address: No. 318, Liuhe Road, Hangzhou, Zhejiang, 310023, China; Email: 36659839@qq.com

Manuscript received on: 2019-08-10; Accepted on: 2019-12-24; Edited by: ZHANG Yuxu

Doi: 10.16509/j.georeview.2020.02.016