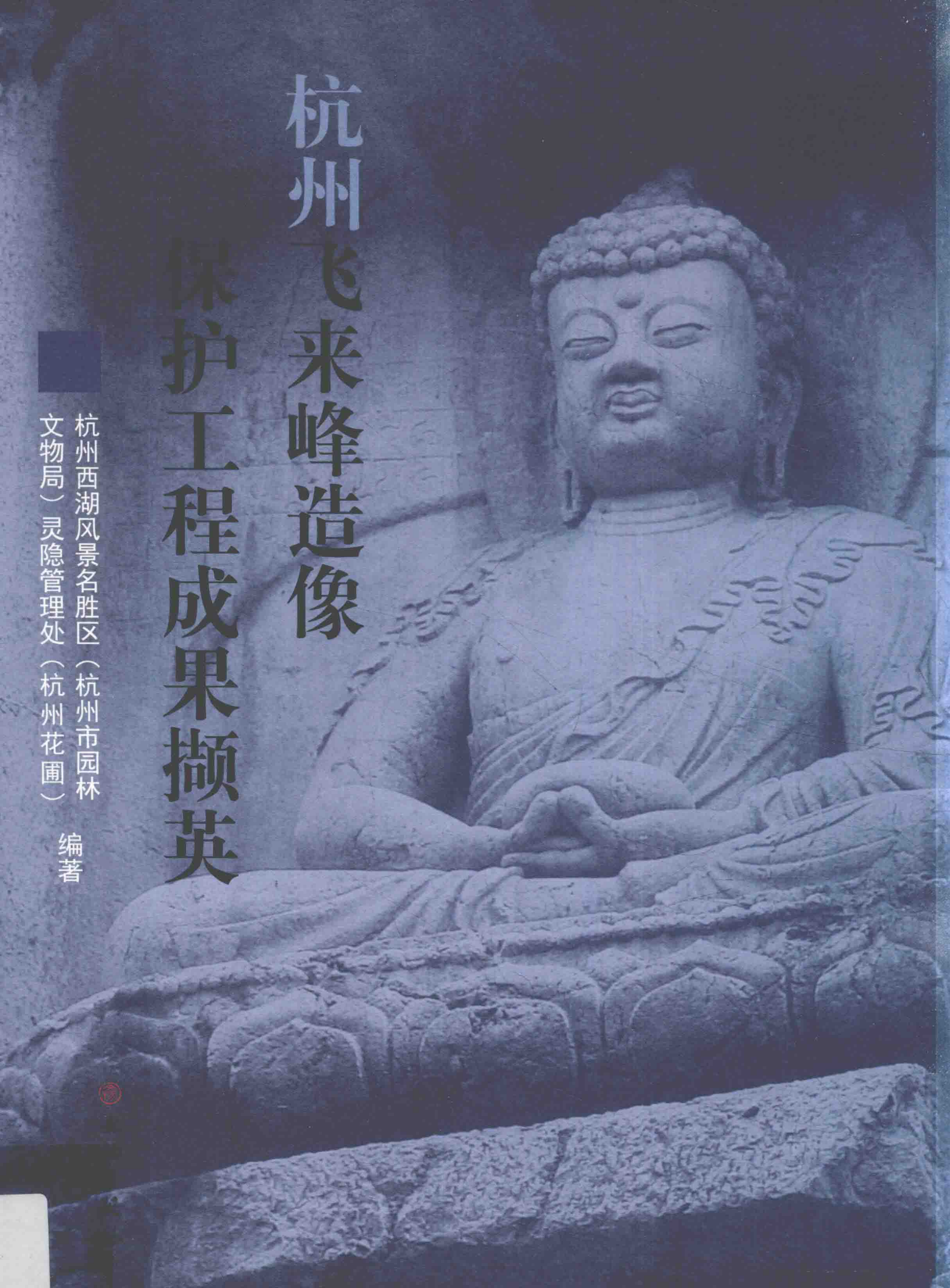


杭州飞来峰造像

保护工程成果撷英

杭州西湖风景名胜区分区（杭州市园林文物局）灵隐管理处（杭州花圃）

编著



杭州飞来峰造像 保护工程成果撷英

杭州西湖风景名胜区（杭州市园林文物局）灵隐管理处（杭州花圃） 编著

唐宇力 主编

图书在版编目 (CIP) 数据

杭州飞来峰造像保护工程成果撷英 / 唐宇力主编; 杭州西湖风景名胜区 (杭州市园林文物局) 灵隐管理处 (杭州花圃) 编著. —北京: 文物出版社, 2017.1
ISBN 978-7-5010-4859-5

I. ①杭… II. ①唐… ②杭… III. ①摩崖造像—佛像—文物保护—杭州 IV. ①K879.3

中国版本图书馆CIP数据核字 (2016) 第303196号

杭州飞来峰造像保护工程成果撷英

编 著: 杭州西湖风景名胜区 (杭州市园林文物局) 灵隐管理处 (杭州花圃)
主 编: 唐宇力

责任编辑: 王 媛
封面设计: 周小玮
责任校对: 李 薇
责任印制: 张道奇

出版发行: 文物出版社
社 址: 北京市东直门内北小街2号楼
邮 编: 100007
网 址: <http://www.wenwu.com>
邮 箱: web@wenwu.com
经 销: 新华书店
制 版: 北京文博利奥印刷有限公司
印 刷: 文物出版社印刷厂
开 本: 889mm×1194mm 1/16
印 张: 12
版 次: 2017年1月第1版
印 次: 2017年1月第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-5010-4859-5
定 价: 228.00元

本书版权独家所有, 非经授权, 不得复制翻印

《杭州飞来峰造像保护工程成果撷英》编辑委员会

主 编：唐宇力

执行主编：王丽雅

顾 问：蔡正全

委 员：金忠良 房云峰 李树一 陈 刚 陈建强

李宏松 郑书民

撰 稿：唐宇力 王丽雅 张克燮 吴于振 汤 瑶

俞军芳 韦胜利 张兵峰

摄 影：张克燮 吴于振 韦胜利

序 言

飞来峰造像位于浙江省杭州市西湖风景名胜区西郊的灵隐景区内。经统计，区内共有造像115龕、390余尊，目前保存尚好的有100龕，记345尊造像和百余款题刻，主要分布于飞来峰北麓的崖壁及青林、玉乳、龙泓三大洞内和呼猿洞附近，其中不乏上乘之作。

飞来峰造像于1961年4月15日被浙江省人民政府公布为省级重点文物保护单位；1982年2月23日被国务院列入全国重点文物保护单位；2011年6月24日作为“中国杭州西湖文化景观”的重要构成部分被列入世界文化遗产名录。

飞来峰造像至今已历经1000多年，现存石刻造像和题刻均已产生了不同程度的环境地质病害，影响了文物的长期保存。为确保造像的长期保护，由杭州市园林文物局灵隐管理处（杭州花圃）主持，于2000年起正式启动飞来峰造像保护工程，对造像群进行了划区域、分年度的综合保护治理方案。

飞来峰造像一期保护工程于2000年启动。由于缺乏类似工程经验，一期工程定性为试验性保护工程，选取了地质病害相对严重，水文单元、地形地貌又有所区别的龙泓区（21龕~29龕造像）和冷泉区（59龕~68龕造像）两个区域进行保护治理。2005年保护治理完成后取得了非常好的效果，给之后的保护治理工作指明了方向，奠定了技术基础。后续飞来峰造像二期保护工程，选取了龙泓洞（15龕~20龕造像）、一线天（30龕~33龕造像）、呼猿洞（72龕~77龕造像）三个区域进行治理，于2013年初完成，被列为浙江省文物保护示范工程，并入围“首届（2013年度）全国十佳文物维修工程评选”终评。

飞来峰造像一期、二期保护工程实施过程中引进了先进的文化遗产保护理念和技术手段，取得了大量的研究成果，有效改善了飞来峰造像本体的保存状况，为南方石质文物保护工作积累了重要的实践经验。期间还培养了一批文物保护领域的优秀中青年人才，取得了显著成效。

本书是对飞来峰造像保护工程的一次科学总结，如实记述了工程从组织、勘察、设计、实施到验收的整个过程，最大限度的保留了文物的历史、艺术信息。同时本书把飞来峰造像作为南方石质文物的典型案例进行研究，梳理形成了科学的工程经验总结，为今后类似工程的实施提供了借鉴。

编者

2016年12月

目 录

第一章 飞来峰造像概况.....	1
第二章 保护工程设计.....	11
第三章 保护工程施工技术.....	21
第四章 保护工程组织与管理.....	31
第五章 工程总结及建议.....	36
第六章 工程验收情况.....	39
附录一 飞来峰造像保护工程大事记.....	41
附录二 飞来峰造像保护工程总体区域施工前后对比.....	45
附录三 飞来峰造像保护工程佛龕前后对比.....	57
附录四 飞来峰造像一期保护工程竣工图.....	125
附录五 飞来峰造像二期保护工程竣工图.....	169
后 记.....	181

第一章 飞来峰造像概况

第一节 文物概况

一、地理位置

飞来峰造像位于浙江省杭州市西湖风景名胜区西郊的灵隐景区内，距西湖西岸2.5~3千米，中心地理坐标北纬30°15'，东经120°12'。造像区位于冷泉溪右岸，与灵隐寺隔溪相望，造像雕凿于飞来峰北麓的山崖岩壁之上。（图1-1）

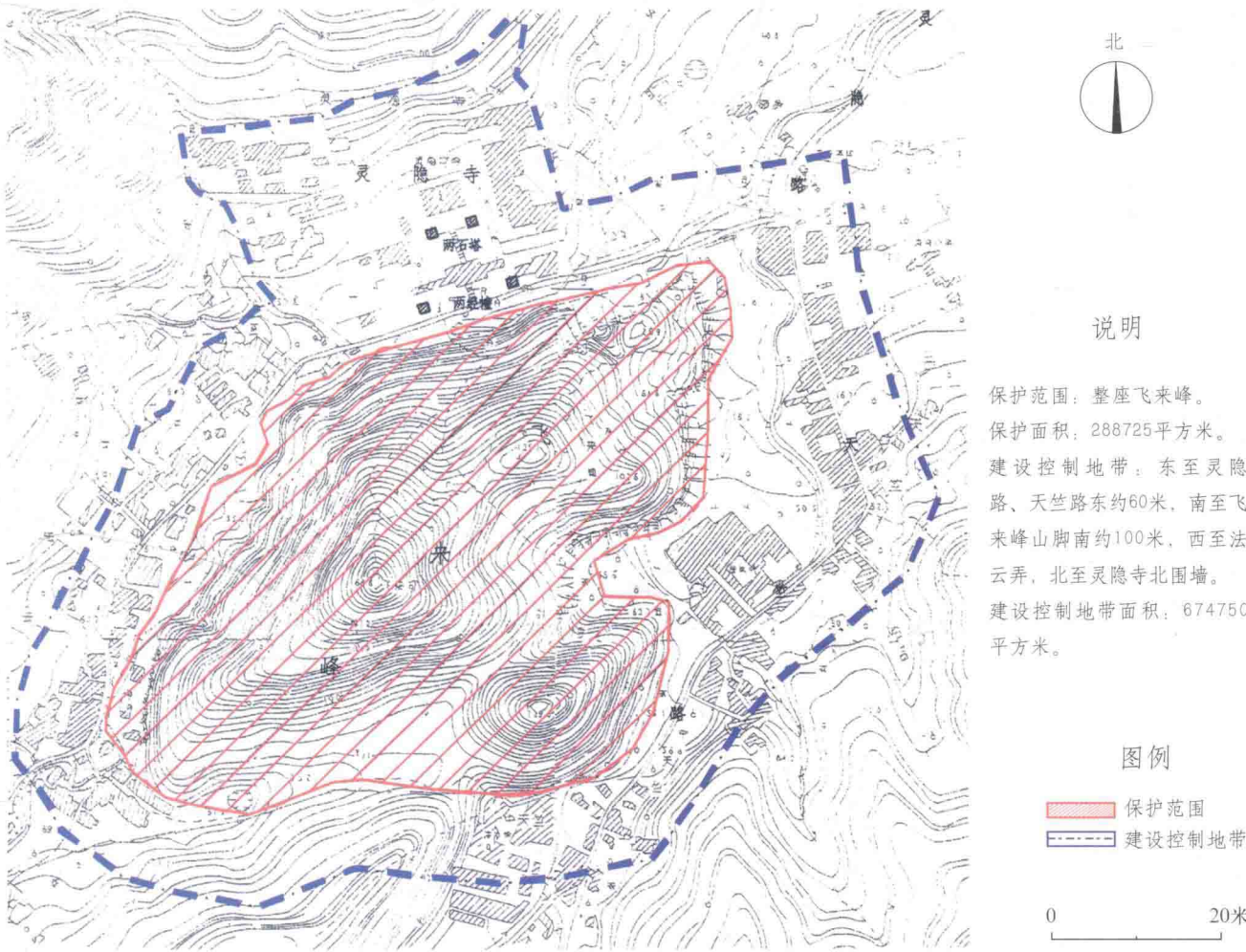


图1-1 飞来峰保护范围及建设控制地带图

二、基本情况

根据飞来峰地形地貌特点，经文物工作者多年勘察研究，现飞来峰造像集中段共有在编造像100龕。主要分布于飞来峰岩壁之上及青林洞、玉乳洞、龙泓洞三大洞内。其中飞来峰岩壁之上分布有80龕（编号01~80），青林洞分布有12龕（编号81~92），玉乳洞分布有5龕（编号93~97），龙泓洞分布有3龕（编号98~100），总计造像约390余尊，其中保存较为完好的有345尊，是浙江省最大的一处摩崖造像群。

三、历史沿革

唐代陆羽《灵隐寺记》载：“有僧于岩上周围镌罗汉佛菩萨。”因此，可以推断飞来峰造像始刻年代应早于唐。但目前可寻最早的造像是第82龕，刻于五代后周广顺元年（951）题记为滕绍宗雕造的“西方三圣”。五代以后至北宋、南宋、元、明历代大量增刻。目前，五代造像2龕，分布在山顶和青林洞口；宋代造像25龕，分布在玉乳洞、青林洞南、龙泓洞、冷泉溪南侧一带，其中第43龕南宋布袋弥勒像是飞来峰造像中最大的一龕，龕周长达990厘米；元代造像69龕，年代最早者为至元十九年（1282）所刻，除龙泓洞内一龕菩萨坐像外，其余分布在冷泉溪南岸和青林、玉乳、龙泓、呼猿各洞周围的岩壁之上；明代造像4龕。

四、价值评估

飞来峰造像中第82龕的五代造像“西方三圣”，造像坐于高束腰仰莲须弥座之上，身后缘饰火焰纹背光，保留了晚唐的风格。

北宋造像第6龕“卢舍那佛会”刻于乾兴元年（1022），壶门式花头龕高146厘米、宽150厘米。本尊卢舍那，头戴宝冠，身着圆领通肩袈裟，端坐于高束腰莲座之上，双手做说法状；左侧文殊菩萨骑狮，由拂霖牵引；右侧普贤菩萨骑象，由獠蛮牵引；又有菩萨4尊、天王4尊分立两旁；龕楣上端有飞天两身，戴宝冠，着天衣，佩璎珞，捧鲜花，凌空飞舞散花；龕外侧刻乾兴元年（1022）胡承德造像题记。

龙泓洞口北侧第21龕由3幅宋代浮雕组成，全长660厘米、高100厘米。第一组浮雕是白马驮经，浮雕高僧两尊，身后饰头光，似长途跋涉状，右上角分别刻“摄摩腾”、“竺法兰”字样，其后一人牵马，上刻“从人”两字；第二组浮雕是三国曹魏僧人朱士行往西域取经求法；第三组浮雕是唐玄奘取经，唐僧双手合十，作缓步前行状。

第43龕南宋布袋弥勒像，龕周长达990厘米。主像布袋弥勒粗眉大眼，喜笑颜开，一手按布袋，一手执念珠，袒腰踞坐，自然生动。两侧围绕十八罗汉，依山势布局，或静或动，姿态各异。这是飞来峰南宋造像的代表作。

飞来峰造像中以元代造像最多，始自至元十九年（1282），终于至元二十九年（1292）。据明田汝成《西湖游览志余》二十五卷载：“时江南释教都总统永福杨琏真伽，自至元二十二年至二十四年，恢复佛寺三十余所，如四圣观音，昔之孤山寺也。弃道为僧者七八百人，皆挂冠于上永福寺帝师殿梁间，

而飞来峰石壁皆镌佛像。”

在冷泉溪南岸与壑雷亭隔溪相对处现存第66龕造像，龕高270厘米、宽220厘米，平顶。内刻无量寿佛坐像，高206厘米，头顶螺发、肉髻，着半披肩袈裟，全跏趺坐式，作禅定相。龕下有长篇《大元国杭州佛国山石像赞》：“永福杨总统，江淮驰重望。旌灵鹫山中，向飞来峰上。凿破苍崖石，现出黄金像。佛名无量亦无边，一切入瞻仰。树此功德幢，无能为此况。入此大施门，喜有大丞相。省府众名官，相继来称尝。其一佛二佛口起模画样，花木四时春，可以作供养。猿鸟四时啼，可以作回响。日月无尽灯，烟云无尽藏。华雨而纷纷，国风而荡荡。愿祝圣明君，与佛寿无量。为法界众生，尽除烦恼障。我作如是说，此语即非妄。至元二十六年重阳日住灵隐虎岩净伏谨述。大都海云易庵子安丹书。武林钱永昌刊。”文中“杨总统”即杨琏真伽，作为“江淮诸路释教都总统”的杨琏真伽是当时杭州宗教事务管理机构的最高管理者，也是飞来峰元代造像的主要施主之一。至元二十八年（1291），杨因盗掘宋陵、侵吞官物，先遭弹劾后被赦免，为报朝廷恩典，便在飞来峰大兴造像。因此，飞来峰元代造像的规模与杨琏真伽及当时的历史背景有着极其密切的联系。

飞来峰造像中的元代造像不乏上乘之作，是当时藏传佛教造像艺术的代表。其中：

第3龕青林洞口上方“华严三圣”，刻于至元十九年（1282），龕高240厘米、宽400厘米，弧拱顶。本尊毘卢遮那，高155厘米，头戴五佛宝冠，耳垂珥珰，着菩萨装，全跏趺坐于莲座上，双手作五字剑印；左侧为文殊菩萨，右侧为普贤菩萨，均戴宝冠，披薄纱，佩璎珞，作半跏趺坐式；旁有徐僧录造像题记。

在呼猿洞有两龕至元二十九年（1292）杨琏真伽命工镌造的石像：第76龕为无量寿佛、文殊菩萨、救度佛母像，本尊高220厘米，作禅定印；右侧文殊菩萨右手举剑；左侧救度佛母右手作施愿印，高150厘米，均坐于亚字形须弥座上。第75龕为“西方三圣”，本尊阿弥陀佛，高205厘米，全跏趺坐式；左右胁侍观世音和大势至菩萨，各高150厘米，均半跏趺坐于亚字须弥座上。两龕造像均有题记。

第26龕大白伞佛母像，龕高235厘米、宽160厘米，像高154厘米。头戴宝冠，上身赤裸，全跏趺坐于仰莲座上，左手持伞盖。龕楣上刻藏文、汉文各一行，汉文为“一切如来顶髻中出大白伞盖佛母”。

第61龕尊胜佛母，龕呈凸字形，本尊不空罽索观音，三面八臂，容相丰满端丽，戴冠挂珥珰，上身半裸，饰璎珞，手执法器，结跏趺坐于莲台；左右胁侍菩萨身着轻衣，面带微笑，体态婀娜；两侧为四尊金刚，瞠目踞步，手掌兵器。龕上部有喇嘛塔，两侧各有供养天一尊，戴宝冠，托宝钵，乘祥云，作飞来状。

综上所述，飞来峰元代造像有以下特点：龕有平顶和拱券两种；佛像多螺髻高尖，菩萨宝冠上部外敞，纹饰繁缛；莲座上沿饰莲珠纹，亚字形须弥座；头光和身光均素面，体现了密宗造像的形制特征。因此，飞来峰元代造像从一个侧面反映了当时政教合一的历史背景，弥补了中国造像艺术史的缺环。



图1-2 飞来峰造像标志碑

1961年4月15日，浙江省人民政府公布飞来峰造像为省级重点文物保护单位。1982年2月23日，由国务院公布为全国重点文物保护单位。2011年6月24日，作为杭州西湖文化景观的主要组成部分列入世界遗产名录。（图1-2）

第二节 造像区自然环境状况

飞来峰造像赋存的自然环境总体上具有以下特点：区内溪流横贯，沟谷纵横，溶洞深邃相连，气候温湿，绿树葱郁。以五洞（龙泓洞、玉乳洞、射旭洞、青林洞、呼猿洞）三涧（南涧、西涧、北涧）一池（冷泉池）构成了造像群总体的自然风貌。

一、地形地貌

造像区位于飞来峰北麓山崖岩壁上。崖面高差为8~15米。地形单元属灵隐低山丘陵区，由碳酸盐岩构成低丘。区内沟谷发育，致使丘陵地形起伏不平，各有差异。冷泉溪由西南至东北流经本区。区内莲花峰为制高点，海拔高程168.6米，飞来峰冷泉溪底为最低点，海拔高程39米，相对高差约125米。由于石灰岩易受流水侵蚀，所以在区内形成了相对发育的岩溶地貌，较大的溶洞有龙泓洞、射旭洞、玉乳洞、青林洞等。

二、地层岩性

石刻区出露的地层为石炭系中统船山组（C_{2c}）灰色—深灰色生物碎屑灰岩、藻灰结核灰岩，以及第四系（Q₄）的残坡积、崩坡积和冲洪积层。第四系残坡积物成分为棕红色粉质黏土，厚度一般小于1米；崩坡积物成分为灰岩块石，最大直径大于3米，分布于陡崖之下；冲洪积物分布于冷泉溪内，主要成分为卵砾石及含砾石黏土。

造像所赋存岩层出露厚度>100米，岩石软硬适中，适于雕刻。灰岩质地纯，抗溶蚀能力差。岩石的物理力学性质见表1-1及图1-3。根据X射线衍射、X射线荧光成分分析结果（No. 1、No. 2）表明，灰岩中方解石含量为98%，化学成分以CaO为主（表1-2、1-3；图1-4）。根据岩石薄片鉴定结果表明，生物碎屑含量达15%~20%，具粉晶—微晶结构，因此造像赋存地层岩石应定名为生物碎屑粉晶—微晶灰岩。

表1-1 岩石物理力学实验成果表

试样	深度	岩性	干密度	饱和密度	饱和吸水率	干单轴抗压强度	弹性模量	变形模量	泊松比	饱和单轴抗压强度	弹性模量	变形模量	泊松比
			g/cm ³	g/cm ³	%	MPa	Gpa	Gpa		Mpa	Gpa	Gpa	
1-1	地表	灰岩	2.63	2.63	0.62	70.3	22.40	14.72	0.180	46.2	11.74	7.77	0.088
						66.8	19.31	13.23	0.304	47.6	14.06	8.92	0.290
2-1	地表	灰岩	2.58	2.60	0.63	48.1*	8.23	6.49	0.059	54.8	20.06	12.36	0.324
						61.8	16.71	12.11	0.456	54.4	13.24	7.74	0.420

测试条件：温度20℃，相对湿度55% 测试依据：GB/T50123-99

测试仪器及编号：电动伺服材料试验机1346型

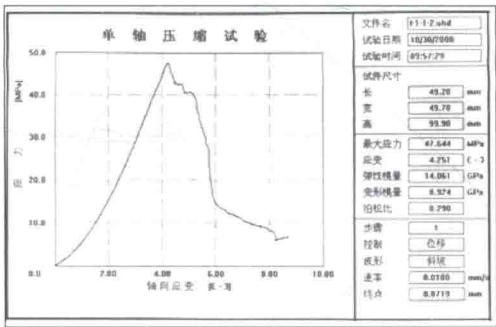


图1-3 单轴压缩试验成果图

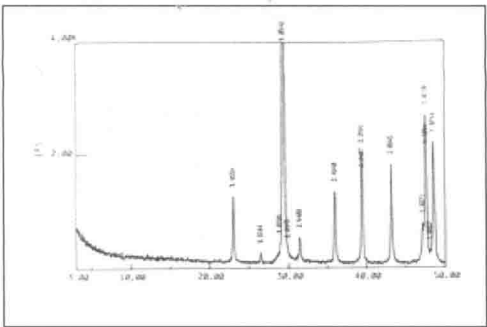


图1-4 X射线衍射图谱

表1-2 X荧光成分分析结果

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Ti ₂ O	烧失
No.1	0.47	0.21	0.14	54.27	0.39	0.08	0.02	0.03	43.48
No.2	0.60	0.23	0.18	54.02	0.29	0.07	0.02	0.03	43.35
No.3	3.85	1.78	0.71	51.17	0.20	0.09	0.08	0.06	41.59

仪器型号：德国西门子SRS-303型X射线荧光光谱分析仪

表1-3 X射线衍射物相分析结果

样品编号	方解石	石英等杂质
No.1	>98%	<2%
No.2	>98%	<2%
No.3	>90%	<5%

三、地质构造

造像区地质构造属扬子准地台东部钱塘台褶带。飞来峰山体为西湖复向斜中一向斜构造。飞来峰向斜地层单一，由石炭系船山组灰岩组成，岩层倾角较平缓，两翼基本对称。造像区位于飞来峰向斜的北西翼，倾向125°~168°，倾角18°~33°，岩层产状变化较大。

造像区内断裂不发育，主要分布有北西向和北东向两组构造节理。从理公塔至冷泉池西岸，沿250米测线进行的节理测量统计结果表明，区内共发现构造节理120条，构造节理密度为0.48条/米（图1-5）。其中走向北西320°~340°一组节理较为密集，多陡倾角，隙宽较大，裂隙中有泥质充填和植物根系生长，根劈作用和溶蚀作用是使裂隙加宽的主要原因；走向北东30°~70°的一组节理相对稀疏。当这两组节理与崖面大致平行时，往往构成岩体的崩塌滑动面。除上述两组节理外，岩体内还发育有层面节理和风化卸荷裂隙，构造节理和层面节理互相交切，将区内岩体切割成巨块状分离体。这些分离体在重力作用下易产生朝临空方向的崩塌，是区内主要的动力地质现象。构造节理、层面节理和风化卸荷裂隙交切，构成区内渗水裂隙网络系统，成为地下水的渗流通道和储存空间。

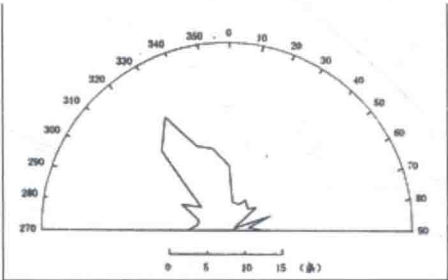


图1-5 节理玫瑰花图

四、水文条件

造像区所在飞来峰在地貌上为独立低丘，构成相对独立的水文地质单元。区内主要接受大气降水补给，以莲花峰为中心，汇水面积约0.35平方千米。区内地下水类型为岩溶裂隙水。在飞来峰北侧山脚，由冷泉池至龙泓洞一线溪沟中泉点露头较多，出露高程为39~44米，均为下降泉。据测量其中冷泉流量为2升/秒，水样水化学分析结果表明，按库尔洛夫分类标准，造像区地下水属低矿化度、弱碱性重碳酸钙型（表1-4）。地下水化学成分表明地下水的循环条件较好，主要为大气降水补给。

表1-4 泉水水质分析成果表

离子		mg/L	meq/L	meq%	采样日期	2000/9/24	采样深度			
阳 离 子	Ca ²⁺	63.49	3.17	84.46	水温		气温			
	Mg ²⁺	5.25	0.43	10.91	嗅		味			
	Fe ³⁺				pH值	7.71	沉淀			
	Fe ²⁺				项目	mg/L	项目	mg/L	项目	德度
	NH ₄ ⁺				矿化度	302.26	As		全硬度	10.09
	Na ⁺	8.50	0.34	8.63	游CO ₂		Hg ²⁺		永久硬度	1.57
	K ⁺				侵CO ₂		CN ⁻		暂时硬度	8.52
					耗氧量		Cr ⁶⁺		负硬度	/
	合计	77.24	3.94	100.0	可溶SiO ₂		Cr ³⁺		总碱度	8.52
					F ⁻		酚		Cu ²⁺	
阴 离 子	CL ⁻	9.93	0.28	7.11	H ₂ S				Pb ²⁺	
	SO ₄ ²⁻	29.59	0.62	15.74					Zn ²⁺	
	HCO ₃ ³⁻	185.50	3.04	77.15	库尔洛夫表达式					
	CO ₃ ²⁻				细菌分析		细菌总数		大肠杆菌	
	OH ⁻						个/ml	指数个/升	菌值ml	
	合计	225.02	3.94	100.0						

综上所述，造像区的补径排条件如下：大气降水除以面流的形式顺地表排出外，部分大气降水经残坡积层和溶蚀裂隙垂直入渗，以莲花峰和屏莲峰一线为地下水的分水岭，向四周产生径流，在作为排泄区的冷泉溪一带以下降泉的形式排出区外。

五、气候条件

杭州市地处亚热带季风区，气候温和，雨量充沛，四季分明。冬夏季风交替显著，气温适中，日照较多，空气湿润。

区内多年日平均气温为 16.4°C 。一年中最低气温在1月，平均气温 4.2°C ，极端最低气温为 -10.1°C 。最高气温在7月，平均气温 28.6°C ，极端最高气温为 42.1°C 。

多年平均降水量900~1600毫米，最高月降水量514.9毫米，最高日降水量141.6毫米。全年各时期的降水比例：春雨期（3~4月）占17%，梅雨期（5~6月）占27%，秋雨期（9月）占12%。多年平均降雨天数为130~170天，日降雨量25~49.9毫米的大雨天数平均每年为10.1天，日降雨量大于50毫米的暴雨天数平均每年2~3天，多发生在春雨和梅雨季节。区内降水日趋酸化，雨水样水质分析结果表明降水的pH值偏酸性。又据降雨监测，杭州市降雨年日平均pH值从原5.33下降至4.27，降雨酸度已提高了近10倍。冬季的降雨pH值最小，为3.37；春秋季节次之，为3.44~3.50；夏季最大，为4.83。静风或弱风时pH平均值最小，在3.85~4.21；在偏北风条件下，酸雨率最高，达57%。

多年平均日照数每年1800~2000小时，多年平均相对湿度80%~82%，多年平均蒸发量1200~1400毫米。杭州市地处亚热带季风区，风向随季节变化，冬季盛行偏北风，夏季多为东南风。7~9月为台风期，平均风速为2.6米/秒，最大风速28米/秒。

六、地震条件

杭州市地震活动与球川—萧山深断裂、昌化—余姚深断裂以及临安—马金深断裂自全新世以来的多次活动有关，尤其与前两个深断裂交叉部位的活动关系最大。地震多为弱震（3~5级）和微震（1~3级）。

七、土壤与植被

造像区土壤属棕红色粉质黏土，是一种深度风化的矿物质土壤。母质中的原生矿物为铝硅酸盐，呈红色或黄红色。pH值6.55。有机质含量一般在土层深度8~35厘米处为1.79%，0.5~8厘米处为3.45%。

飞来峰地区植被以常绿阔叶类、落叶阔叶类木本植物为主，古树名木较多。据调查，区内共有古树89株，其中一级保护古树49株、二级保护古树40株；名木5种，其中银杏16株、香樟12株、枫香14株、七叶树4株、珊瑚朴16株。被列为国家重点保护植物的有天木栏（三级保护植物）、浙江润楠、山拐枣、光皮树。

第三节 造像区环境地质病害现状

飞来峰造像从五代至今历经1000多年，在长期自然营力和人为因素的影响下，目前造像、石刻、题记已产生了不同程度的环境地质病害。

一、危岩崩塌

因区内岩体受两组陡倾的构造节理、缓倾的层面节理及风化卸荷裂隙的控制，使岩体多被切割成巨块状分离体，这些分离体在重力作用下易产生朝临空方向的崩塌。这种动力地质现象在区内随处可见，最大的崩落块体直径达3~4米。据了解，第79龕左侧曾崩落过上吨重的岩块。

在切割岩体的裂隙中，构造节理起侧向切割面作用；层面节理起水平切割面作用；卸荷裂隙面与崖面近平行，起崩落面和滑移面作用；风化裂隙一般不规则，是干湿交替作用下形成的胀缩裂隙。

裂隙交切在造像区内形成局部的危岩体。这些不稳定块体的滑动和倾覆直接威胁石刻造像，也给游客安全带来极大的隐患。

据调查，造像龕周围存在岩体崩塌问题的约有29处，龕号分别为2、3、5、9、10、14、16、18、19、20、22、24、25、26、27、28、33、34、36、39、42、49、53、65、66、67、72、73、79。

二、渗水侵蚀

因造像群高程均高于地下水露头，所以地下水位的波动对造像岩体无直接影响。造像区渗水病害主要受季节性渗水的影响，是大气降水垂直入渗过程中产生的。大气降水首先通过覆盖层垂直入渗进入宽大的构造节理，通过裂隙网络通道产生渗流，当石刻立壁切割这些含水裂隙时，就会导致石刻立壁表面有地下水渗出或浸出，形成渗水或潮湿。这是飞来峰造像渗水侵蚀的主要原因。因此，渗水区域、渗水量和渗水时间，与造像龕所处位置的裂隙发育程度、顶部的汇水面积、地表覆盖层的厚度及降雨强度有着密切的关系。

渗水病害主要表现为表面潮湿、沿裂隙滴挂，严重部位长有青苔和溶蚀附积现象。据调查，渗水集中区域在冷泉溪南岸一线。

三、溶蚀

飞来峰造像区发育有两层水平溶洞。第一层溶洞的分布高程相当于现在冷泉溪谷底的高程，应为全新世形成的水平溶洞，目前泉水出露高程也大致与此层水平溶洞高程相当。第二层溶洞的分布高程相当于冷泉溪Ⅱ级阶地，包括青林洞、玉乳洞、龙泓洞、射旭洞和呼猿洞等，应为晚更新世形成的溶洞。

比泉水露点高出3米以上的岩体中，目前以垂直溶蚀为主。雨水沿裂隙网络下渗，在下渗的过程中溶蚀裂隙和层面两侧的岩石，导致内部溶洞、溶沟、溶槽、溶孔的增多和增宽，从而增加了裂隙导水网络的联通性。

这一过程产生三种不良后果：①裂隙加宽，导致局部危岩体稳定性下降。②裂隙导水网络的联通性增加，使含水裂隙增多，渗水途径更为复杂。③岩体表层成为入渗水流的排泄点，在龕檐、侧壁和各种雕刻上形成溶孔、溶沟和溶槽，并在排泄点附近形成较大面积的钙质淀积层，覆盖雕刻品。

四、风化

飞来峰造像表层以物理风化和化学风化作用为主。

石刻岩体受温差作用和干湿变化的影响，表层产生大量的风化裂隙。灰岩温差应力系数一般为 $0.2 \sim 0.25 \text{MPa} \cdot ^\circ\text{C}$ 。若按年平均温差变幅为 24.4°C 计，则岩石表面的温差应力为 $4.8 \sim 6.1 \text{MPa}$ 。

化学风化主要表现为大气降水在与石材中矿物进行化学反应的过程中，使石材内部结构构造遭到破坏，成分发生改变，产生一些在地表条件下稳定的新矿物。在造像区取岩体表面物质进行矿物成分分析，结果表明残留在风化残积物中的主要成分为方解石（ $>90\%$ ）、石英等杂质（ $<5\%$ ）。又据X射线荧光成分分析结果表明，风化残积物中 Fe_2O_3 、 Al_2O_3 和 SiO_2 的含量分别比新鲜岩石提高了 $5 \sim 8$ 倍。此外，水化作用和氧化作用均会在造像岩石表层产生褐铁矿交代浸染。新生成的褐铁矿会在石雕表面产生黑褐色浸染，破坏石雕艺术品的外观，如第27龕造像的下颌处的褐黄色浸染。

造像区的生物风化主要表现为植物根系的根劈作用。根系在构造裂隙中生长使隙宽加大，岩体进一步破裂，导致局部岩块稳定性下降。另一方面，苔藓等低等植物在造像表面生长，所分泌的有机酸类物质以及长期附积在岩石表面的遗骸，都对石材具有腐蚀作用。

五、环境污染

由于大气环境的污染造成空气中的二氧化硫、硝酸根离子含量增高，形成酸雨、酸雾，这些有害成分与造像表层岩石组分发生水化学作用，从而加剧溶蚀作用，使造像表面破坏速度加快。另一方面，游客在灵隐景区燃放鞭炮也导致造像区小环境质量的下降。

六、人为因素

因飞来峰造像属开放型露天展示，部分造像龕与游客间仅做简单隔离设施，因而人为的触摸和攀援难于避免，对造像的长期维护和文物安全而言是极大的隐患。

第二章 保护工程设计

第一节 设计依据、原则及保护思路

一、方案设计依据

- (1) 《中华人民共和国文物保护法》
- (2) 《中华人民共和国文物保护法实施细则》
- (3) 《文物保护工程管理办法》
- (4) 《纪念建筑、古建筑、石窟寺等修缮工程管理办法》
- (5) 《中国文物古迹保护准则》
- (6) 《“十五”期间杭州飞来峰石刻造像抢救保护计划》
- (7) 浙江省文物局对保护工程设计方案的批复意见等

二、保护原则

第一，依照“抢救第一，保护为主”的原则，综合考量造像区的保存现状，应将危岩加固、防渗工程放在飞来峰造像抢险保护工作的首位。

第二，造像所在岩体岩溶发育程度极高，但在治理危岩和防渗工程方面，岩溶地区的工程实践尚需进行试验性施工。本着对文物负责的态度，在具备成功工程实例的基础上，方可进行大规模的工程实践。因此，飞来峰造像一期保护工程应定位于试验性设计、施工的基础上，在勘察、设计和施工中作好检测和室内实验、评价论证工作。

第三，造像区的保护工程应强调综合治理，在保护文物主体的同时，应注重文物赋存自然和人文环境的保护。

第四，区内珍稀古木、树种是飞来峰景区的有机组成部分，在保护植被环境的同时，应适当调整植被的分布结构，降低植被对造像主体的影响。

第五，适当调整参观路线，增加造像龛周边的防护设施，降低人为因素对造像的影响。

第六，结合保护工程，加强对造像及造像题记的整理、编录、校核工作，以及造像区的现状测绘工作。

此外，在进行造像抢险保护工程的同时，应尽快制订飞来峰景区的保护规划，使开放展示在文物主体保护的基础上更趋于合理化、科学化。