

西南石窟文獻

第七卷

中國西南文獻叢書



中國西南文獻叢書·第八輯

西南石窟文獻

第七卷



本卷目錄

一	重慶大足卧佛滲水病害的治理	王金華撰·····	一
二	隧洞排水法治理大足石刻滲水病害	方雲 魏海雲 王金華撰·····	八
三	大足石刻的水害治理	童登金撰·····	一三
四	石窟寺滲水和治理	蔣思維撰·····	二一
五	大足北山石窟的保護·滲水病害的防治研究	賈瑞廣撰·····	二七
六	北山石窟滲水特征及其對造象岩體的破壞作用	汪東雲 張贊勛 付林森 姚金石撰·····	四〇
七	北山典型石窟滲水狀況及變化趨勢·典型窟滲水病害研究之一	汪東雲 張贊勛 付林森 姚金石撰·····	五二
八	北山典型石窟風化產物化學特征及變化規律·典型窟滲水病害研究之二	汪東雲 張贊勛 付林森 姚金石撰·····	六四

九	大足北山石窟的水害和治理	蔣思維	謝本立撰·····	七八
十	寶頂山石窟卧佛滲水病害形成原因分析			
十一	寶頂石刻區污染地下水對造像岩體的破壞作用	汪東雲	張贊勛	付林森
				姚金石撰·····
				八五
十二	寶頂石窟的排水係統	席周寬	蔣思維	陳卉麗撰·····
				一〇七
十三	概述北山石刻治水	燕學鋒撰·····		一一七
十四	四川地區古代石刻風化原因的研究	曾中懋撰·····		一二五
十五	大足石刻砂岩的岩石學特征	張贊勛	付林森	姚金石
				汪東雲撰·····
				一三五
十六	大足石刻風化物可溶鹽形成及破壞作用機理			
		張贊勛	付林森	汪東雲
				姚金石撰·····
				一四四
十七	大足石刻保護劑防酸雨、抗風化的機理探討	蔡素德	謝本立	蔣思維撰·····
				一六〇
十八	大足石刻岩石分析及防風化研究	王鏞先	華佩冬撰·····	一六八

十九	大足石窟造像化學保護劑的選擇初探	蔡素德 楊俊峰 郭相穎 謝本立 燕學鋒撰……	一七二
二十	北山石窟岩體風化現狀及控制因素	汪東雲 付林森 姚金石 張贊勛撰……	一八〇
二十一	北山石窟岩體風化產物的形成及其破壞作用	張贊勛 汪東雲 付林森 姚金石撰……	一九一
二十二	大足北山典型石窟風化產物化學特征及其破壞作用	汪東雲 張贊勛 付林森 姚金石 謝本立撰……	二〇五
二十三	北山石窟風化產物可溶鹽形成的水文地球化學機理	張贊勛 付林森 汪東雲 姚金石 謝本立撰……	二一八
二十四	寶頂山卧佛風化破壞原因	汪東雲 張贊勛 謝本立撰……	二二九
二十五	寶頂山石窟岩體風化破壞的作用因素分析	汪東雲 張贊勛 付林森 姚金石 謝本立撰……	二三三

二十六	寶頂山石窟造像岩壁風化產物化學特征及形成分析	
	汪東雲 張贊勛 付林森 姚金石 謝本立 燕學鋒撰……	二四七
二十七	寶頂山石窟的風化治理 蔣思維撰……	二六九
二十八	石刻防酸雨抗風化研究 蔡素德 陳明風 謝本立 蔣思維撰……	二七六
二十九	寶頂石窟岩體軟弱夾層帶造像探究	
	席周寬 蔣思維 陳卉麗 謝本立撰……	二八七
三十	大足石刻穩定性分析及病害處理方案 牟會龍 凌榮華撰……	二九五
三十一	大足石刻保護岩體穩定性預測研究	
	胡振瀛 範幸義 朱作榮 常中仁 劉 星撰……	三二二
三十二	寶頂山石窟柳本尊龕頂板保護加固 蔣思維 王金華撰……	三三三
三十三	大足石窟岩體補強材料初步研究 丁濟新 計麗珠撰……	三四〇
三十四	大足寶頂石窟圓覺洞的綜合保護維修 燕學鋒撰……	三四九
三十五	大足石刻的氣象環境特征 陳卉麗 蔣思維 席周寬撰……	三六一

三十六	大足石刻的環境保護	蔣思維	席周寬	陳卉麗撰……………	三七〇
三十七	大足寶頂石窟廟會期環境監測	席周寬	蔣思維撰……………		三七九
三十八	二〇〇〇年寶頂石窟氣象特征	周濤	鄧啓兵撰……………		三八七
三十九	大足寶頂石窟環境監測分析	陳卉麗	席周寬	蔣思維撰……………	三九七
四十	溶鹽、菌類對大足石刻的危害及其保護處理				
四十一	大足寶頂石刻區溶鹽病害分析及防治初探	王蕙貞	朱虹	宋迪生撰……………	四〇六
四十二	寶頂山石窟滲水病害形成特征及環境綜合治理	王蕙貞	朱虹	宋迪生撰……………	四一五
四十三	大足縣酸雨形成分佈特征及其對石刻造象的破壞作用	汪東雲	張贊勛	付林森	姚金石
				謝本立撰……………	四三三
四十四	寶頂山石窟區石刻保護水體質量評價	汪東雲	張贊勛	付林森	姚金石
				謝本立	燕學鋒撰……………
					四五〇

	汪東雲 張贊勛 傅林森 姚金石 謝本立 燕學鋒撰……	四六九
四十五	大足石刻加固工程中的檢測工作 黃克忠撰……	四八五
四十六	大足石刻維修工程四十年回顧 鄧之金撰……	四九五
四十七	化學材料在大足石刻維修保護中的選擇和應用 曾中懋撰……	五一二
四十八	大足寶頂石窟彩繪顏料初步分析 鄭利平 席周寬撰……	五二〇
四十九	大足石刻的保護與展望 童登金撰……	五二七
五十	淺談文物維修工作中應注意的幾個問題 劉 堅撰……	五三八
五十一	大足石刻古代高度建築的典範·多寶塔 陳正宇撰……	五四一

重慶大足卧佛滲水病害的治理

王金華

大足石刻——寶頂山區、北山區、南山區、石門山區、石篆山區石刻為全國重點文物保護單位。卧佛造像（釋迦涅槃像）位於寶頂山石刻區，長三十一米，高七米，頭北脚南，背東面西，下半身隱入崖體中，右肩陷入地下，造像慧眼微閉，神態安詳，氣勢宏偉，意境深邃，具有極高的藝術、宗教價值。

由於卧佛一直遭受滲水病害的侵蝕，卧佛頭部、胸部、腹部呈綫狀、帶狀、滴水狀、點狀滲水。這些滲水部位，雨季時呈滲水、潮濕、苔蘚類生物附着狀態，旱季呈黑色、灰色斑狀或膿胞狀變色附着物狀態，嚴重地損害了卧佛的形象和價值。

為了解决卧佛的滲水病害，早在六十年代初，就開始進行調查工作，並提出了幾種卧佛滲水治理的設計方案。由於設計方案不盡完善及周圍環境——一些居民、飯館等建築影響了治理工作的實施，因此，卧佛滲水問題一直未能得到解决。一九九七年，大足石刻藝術博物館為申報世界文化遺產工作的需要，拆除了卧佛周圍的民居、飯館等一些建築，為卧佛滲水治理工作創造了條件，在進行了全面、科學的調查工作基礎上，通過總結前一段工作經驗和征求多方意見、建議，提出了統籌計劃、分步實施的治理方案。

一、寶頂山石刻區的自然條件與地質概況

（一）氣象特點

寶頂山石刻區屬亞熱帶濕潤氣候區，其特點是雨量充沛，空氣濕度大，日照偏少，秋季和初夏多綿雨，年平均氣溫攝氏十六點八度，年平均降雨量為一千一百毫米，年平均相對濕度百分之八十，雨季時達百分之百。

(二) 地形地貌

寶頂山石刻區地貌為侵蝕剝蝕坪狀低山，相對高差一百至一百米。大佛灣造像位於龍潭溝支溝大佛灣中，谷底高程四百七十五至四百八十五米，四周坪狀殘丘高程五百二十五至五百三十米，大佛灣形如馬蹄形，溝的南北兩側為十至二十米高的砂岩陡崖，摩崖造像就雕刻在兩側砂岩體上，溝的東端源頭跌水陡坎下，雕造有卧佛造像。源頭坎上方為聖迹水池，面積約一千平方米。

(三) 地層岩性

石刻區的大佛灣溝底及坪頂坡分佈厚一至四米的第四係沉積物，其餘大部分出露地層為侏羅係上統遂寧組上段的泥岩和砂岩。大佛灣摩崖造像位於第二層砂岩上(S₂₋₁)。該層砂岩呈紫灰色，為厚層至巨厚層細粒長石石英砂岩，岩體完整性好。

(四) 地質構造 石刻區地層產狀近水平，傾角一至四度，發育有四組構造裂隙：(一) 走向NW三百一十五度至三百三十度，傾向N₇₀近直立。(二) 走向二百七十度二百八十度，傾角近直立。(三) 走向NE二百至四百，傾向NW近直立。(四) 走向SN近直立。除上述構造裂隙外，部分地段發育有層面裂隙，岸邊卸荷裂隙，風化裂隙等。

(五) 水文地質條件

大佛灣頂部地表覆蓋層為第四紀沉積物和風化泥岩。因石刻所在砂岩體大部分區域完整性較好，相當於阻水層，在砂岩體與上部覆蓋層交界面間存有第一層上層滯水。局部發育有構造裂隙，層面

裂隙的地帶，地表水或上層滯水保存在此區域或沿裂隙面運移，形成基岩裂隙水，當裂隙與石刻崖壁相交切，裂隙水在此露頭時，造成石刻區的滲水病害。

二、卧佛滲水的調查工作

為查清卧佛的水源、滲流方式、滲流途徑、滲流區域及滲水的污染程度，進行了三種有效、科學的調查方法：

- (一) 石刻區的工程地質、水文地質條件調查。
- (二) 卧佛周邊視電阻率、電測深等方法的物探勘察。
- (三) 卧佛滲水點的水樣全分析調查。

三、佛滲水的機理

(一) 卧佛雕鑿在大佛灣溝頭陡壁岩體上，此部位是周圍分水嶺以內零點八平方公里區域地表水的唯一泄流區和地下水的主要露頭。卧佛滲水是卧佛所在砂岩體的上層滯水和地表水卜滲，沿岩體各類裂隙滲流造成的。其水源為大氣降水和卧佛周邊區域的生活用水，其中聖迹池水為最主要的水源和污染源。

(二) 聖迹池與卧佛最短距離十四米，池中間發育有一條寬三至四米，深五至七米的沖溝。聖迹池水沿池底岩體的構造裂隙，層面裂隙滲流或聖迹池水繞壩沿卧佛所在岩體與覆蓋層的界面面滲流，在卧佛身上出現露頭，造成卧佛滲水病害。卧佛臉部、頸部、胸腹部水樣分析說明滲水為污染水，滲水點附着物以芒硝、泡碱、硝石、石鹽等可溶鹽為主，為污染水沉積物，水樣與附着物的組分與

聖迹池污染水的污染成分相同。

(三) 卧佛周圍區域的地表水源與地表水下滲形成二次水源——上層滯水，一部分沿岩體與覆蓋層交界面運移，一部分沿裂隙下滲形成基岩裂隙水。物探結果表明：聖迹池西南至卧佛胸部區域，卧佛脚部至南坡區域，聖迹池西北角至卧佛頭部區域為視電阻率低異常區，說明了這些區域為基岩裂隙含水帶或基岩裂隙水運移帶，與水源——卧佛滲水部位正好相對應。

(四) 卧佛所在岩體基岩裂隙水的滲流體係是由構造裂隙、層面裂隙組成的網絡，其特點是：裂隙細小或夾泥，連通率低，沒有大裂隙的滲流主通道，網絡面之間的水力聯係較小，即使在同一水頭作用下，相鄰裂隙間的水力聯係也較弱。要切斷此類裂隙水的滲流或導掉裂隙中的水，須切斷大部分裂隙面，才能形成有效的降落漏斗，起到截水排水的作用。

(五) 卧佛頂板上部存在的兩股滲水，長年不息，流量隨季節稍有不同，雨季時流量大，旱季時流量小，水質中度污染，說明此滲水補給源較穩定，補給面積大，有污染源。這兩股水位於卧佛所在砂岩體與上覆第四紀沉積物的交接面部位，為上層滯水的露頭，水質污染與上方寺廟的生活污水有關。此滲水沿崖壁下流，造成卧佛下半身區域長年潮濕，這就加劇了石刻的風化破壞。

四、卧佛滲水的治理計劃

由於卧佛滲水來源廣、途徑多，因此，其治理與周圍環境的整治密不可分，卧佛治水工程是一項綜合性工程，采取整治環境，聖迹池防滲，截水排水隧洞，截水明溝，大孔徑鑽孔相結合的措施，分兩個階段實施。

第一階段：整治聖迹池，建築鋼筋混凝土截水壩，建立專門的防滲排污管道，解決聖迹池水向

卧佛的滲流和水質污染問題。此項工程已於一九九八年六月底完工。

第二階段：第一階段工程實施後，觀察卧佛的滲水情況，根據第一階段工程治理效果，決定是否實施下一步工作。如果卧佛滲水仍沒有得到有效治理，實施第二階段工程——在卧佛後部一定距離開鑿截水排水隧洞，切斷或導流卧佛周圍岩體的基岩裂隙水，在卧佛頂部地面與隧洞相對應的位置開鑿截水明溝，截斷卧佛岩體與上覆沉積物交界面間的上層滯水，明溝與隧洞之間佈設大孔徑鑽孔，截斷隧洞上部的基岩裂隙水，並將切斷的上層滯水，基岩裂隙水導入隧洞中排掉。

五、复合型防滲鋼筋混凝土截水壩的建造

第一階段工程除整治聖迹池美化環境建立專門的排污管道，改善水質外，主要工作是建造防滲截水壩，解決因聖迹池水引起的卧佛滲水病害。

截水壩的結構，直接關係到截水壩的質量和防滲效果。建設部一九九五年發出的《關於推廣建築防水工程新技術的指導意見（討論稿）》中指出：『……在地下室防水工程中，重點推廣自防水混凝土結構與防水卷材或塗料相結合的剛柔防水方案……』。根據本工程防滲要求高的特點和當地的技術條件，我們採用技術先進、施工工藝簡單、易操作、防滲效果明顯的措施，建造了鋼筋混凝土截水壩加有機硅SNA-210防水砂漿加A係列建築用水基型環氧樹脂塗膜的复合型截水壩結構。

（一）鋼筋混凝土截水壩

原設計截水壩採用補償性膨脹水泥自防水混凝土結構，由於施工單位技術條件有限以及受當地條件限制，採用四百二十五號普通硅酸鹽水泥，壩長五十二米，壩牆厚三十厘米，為保證壩體剛度，雙面佈設直徑八網格二百乘三百的鋼筋，壩基嵌入新鮮岩石的深度大於一百厘米。此種結構的截水

壩，具有一定的防滲截水作用。

(二) 有機硅防水砂漿

在壩的迎水面抹二十至三十毫米厚的有機硅SNA-210防水砂漿，這種砂漿因加入了主要成份爲甲基硅醇鈉的高聚物有機硅，因此結構致密、不收縮、不開裂，具有良好的防水效果。使用方法如下：

1 配比(1) 硅水等於有機硅防水劑：水等於一比八至十(體積比)；(2) 砂漿等於水泥比砂比硅水等於一比二點五比零點五(體積比)。

2 施工工藝(1) 基底處理：用鋼絲刷清除表面浮土、松散物及油污，對孔隙先用鑿子剔成寬二十毫米、深二十至三十毫米的凹槽，用有機硅砂漿修補。(2) 配制砂漿：按配比稱料，砂、水泥攪拌均勻後，加入硅水充分攪拌。(3) 壩牆基面刷硅水(防水劑：水等於一比七，體積比)一道，並趁濕進行下道工序施工。(4) 抹結合層：用硅水涂刷後的基面上抹二至三毫米厚的水泥素漿，爲使防水砂漿能與該結合層牢固粘接，在水泥素漿初凝後開始下道工序施工。(5) 抹有機硅防水砂漿：採用底層與面層兩遍作法，底層厚十至十二毫米，底層初凝後進行面層施工，面層厚八至十毫米。(6) 養護：防水砂漿在凝固直二至二十四後，視空氣濕度，噴水養護。因SNA-210防水劑爲鹼性材料，施工應避免灼傷。

(三) 塗抹水基型環氧樹脂防水膜

選用高分子防水涂料——水基型環氧樹脂塗膜作爲附加防水層，起到了多道防綫、剛柔結合的『雙保險』作用

1 係列水基型環氧樹脂，爲甲乙雙組分反應型高分子防水材料。由於分子結構中含有較多的

活潑基團和促進基團，極易形成高度網狀交聯結構，對干、濕基材面有很好的附着力和粘結性。

(1) 施工工藝 ①甲、乙組分按一比(零點七至一)的重量比混合攪拌形成乳液，并使混合液冷卻不超過攝氏四十度，即可使用。為保證塗料質量，每次配料混合量不超過五升，十至六十分時間內用完。②塗抹施工可根據要求塗二至三遍，次一遍的塗抹方向應與上一遍的塗抹方向垂直，塗膜厚度達二至三毫米。③塗敷施工八小時內，防止明水濺落在塗膜上，影響成膜質量，塗膜的固化時間約為一天，固化的塗膜，結構致密、附着力強，具有良好的防水、拒水功能和抗擊性能。

六、結束語

卧佛治水第一階段工程已於一九九八年六月底完工，根據此工程實施後決定是否實施第二階段工程。

在石質文物尤其是野外規模較大、不可移動的石質文物破壞因素中，水的作用——浸濕軟化作用、機械溶蝕、沖蝕作用、化學潛蝕作用以及由此引起的鹽類積聚、微生物生長等，危害極大。水的治理是一項複雜的綜合性工程——要採用排、導、截、防滲、堵等多種措施。每種措施應根據其環境條件，地質條件及病因的實際情況決定，但應借鑒當代科學技術，以便使治水效果更加明顯、有效。往往水的治理不是一次就能湊效，需要根據水變化的動態，多次治理，不斷完善。

參考文獻

- 〔一〕 潘別桐、方雲《大足縣寶頂山石刻區滲水病害及防治對策研究大足石刻勘察專題報告》一九九二年。
- 〔二〕 汪東雲、張贊勛、付金森《寶頂山石窟卧佛滲水病害形成原因分析》水文地質工程地質，一九九二年。

隧洞排水法治理大足石刻滲水病害

方雲 魏海雲 王金華

引言

大足北山石刻區位於重慶市大足縣城北一公里處。石刻造像開鑿於公元八九二年，歷時二百五十多年建成。北山造像近萬軀，主要分佈在佛灣約龕窟之中。北山石刻是中國晚期石窟藝術的優秀代表作，在文化藝術和宗教史上都占有重要地位^{〔一〕}。

一千多年來，在長期自然營力作用的影響下，北山石刻岩體產生了嚴重的滲水病害。滲水病害使洞壁岩石干濕交替變化，加速了岩石的風化，使造像破碎剝落，大足石刻藝術品遭到了較嚴重的破壞。

本文在室內外綜合研究的基礎上，對北山石刻岩體進行了滲水病害的成因分析，首次提出採用隧洞排水法對大足北山石刻滲水病害進行治理。施工結果表明，隧洞排水方法是治理石窟岩體滲水病害的有效措施及方法。

一、石刻區水文地質條件分析

大足北山石刻區的氣候溫暖，雨量充沛。年平均氣溫為攝氏十七點三度。一年中最冷時間為一月份，平均氣溫為攝氏六點六度；最熱時間為七月份，平均氣溫為攝氏二十七點四度。歷年極端最高氣溫為攝氏四十度，極端最低氣溫為零下攝氏三點四度。年平均降雨量為一千零六點六毫米，最

大年降雨量爲一千四百六十八毫米，最小年降雨量爲六百七十六點九毫米降水季節分配不均，年中的四至九月份降雨最多，總量達八百零四毫米，占全年降水量的百分之八十。日降水量最大爲一百四十七毫米，年平均水面蒸發量爲八百五十毫米，降水量比蒸發量多一百五十毫米。

石刻區爲『坪狀』丘陵地形，平均海拔五百米左右，相對切割深度五十至一百米。丘陵頂部由厚層的砂岩組成，丘陵斜坡由砂、泥岩疊置而成。岩層產狀近水平。砂岩在地形上爲直立陡壁或陡坡，泥岩組成緩坡。丘陵頂部高程五百四十米左右，爲地表分水嶺，研究區內溝谷不發育。

石刻區除零星分佈的第四係崩塌、坡積、殘積物外，均爲侏羅係上統的紅色砂泥岩。石刻區的岩石爲非含水的、具極低滲透性的岩石類型。

石刻區構造簡單，地層產狀平緩，爲近水平的岩層。區內無斷裂發育，僅發育三組構造節理和一組層面節理。層面節理與構造節理交切構成了石刻區的裂隙網絡系統，成爲地下水儲存和滲流的空間和通道。據統計，百分之四十以上的節理有滲水或浸水現象。除上述兩類節理外，岩體表層還發育有風化裂隙。

對石刻區井泉的調查資料表明，井泉水出露的高程大約與三層砂岩和泥岩接觸面的高程相當。所有的泉均爲下降泉。泉的流量均小於每秒鐘零點一升，且季節性變化很大。地下水的循環條件較好，區內地下水來源於大氣降水的補給。實測結果表明井水水位的變化與降雨量之間有較好的相關性。

石刻區內的主要含水體是基岩表層的風化裂隙帶。根據物探及現場調查的資料顯示，風化帶的厚度一般均爲六至八米，而在有殘坡積層的地段，殘坡積物與基岩交界面處有一良好的地下水含水體。據此推斷，風化裂隙含水層的厚度爲八至十米。