

# 国宝“白鹤梁”

葛修闻

“世界第一古代水文站”白鹤梁题刻位于正在兴建的长江三峡水利枢纽水库区涪陵城北长江中。从唐朝广德元年(公元763年)以来,我国人民用刻石鱼的方式将历年来的枯水位镌刻在白鹤梁岩壁上至今已有1200多年的历史。长江三峡水利枢纽即将建成。由于白鹤梁位于三峡水库库底,2009年以后她将永远不能再见天日。为了保护白鹤梁这一瑰宝,使她能够继续与国内和国际参观者见面,根据本文作者的建议方案,经国家批准,白鹤梁题刻原址水下保护工程正在紧张地进行着。目前水下部分的主体工程已经抢修完成,其它配套工程正在紧张施工。



图1 三峡水利枢纽—涪陵—白鹤梁地理位置图

## 一、白鹤梁古水文题刻概况

从唐朝广德元年(公元763年)以来,我国人民用刻石鱼的方式将历年来的枯水位镌刻在白鹤梁岩壁上至今已有1200多年的历史,故而白鹤梁题刻被人们视为“世界第一古代水文站”。“白鹤梁”因早年白鹤聚集梁上而得名。

白鹤梁位于重庆市所属涪陵城北江心,距乌江与长江汇合处约1km,是一道天然石梁,长约1600m,宽约25m,东西向延伸与长江平行。白鹤梁梁脊标高为140m,比长江最高洪水位低约30m。

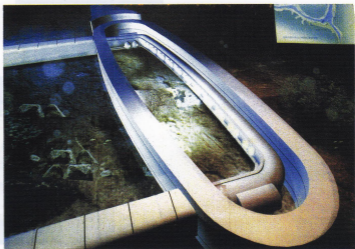
白鹤梁分上、中、下三段，题刻集中在长约220m的中段石梁上，特别是中段东区。白鹤梁的岩面是较平整的浅色薄层砂岩，以 $14.5^\circ$ 的倾角北向长江主航道，为题刻提供了良好条件。据不完全统计：白鹤梁有文字题刻165段，三万余字，其中唐代1段，宋代98段，元代5段，明代16段，清代24段，民国14段，年代不详者7段。石鱼雕刻18尾，其中立体浮雕1尾，浅浮雕2尾，平面线雕15尾。此外，尚有线雕白鹤1只，观音3尊。这些题刻与浮雕分布于不同位置、没于冬季常年库水位线以下，只有在水位很低的年份的冬季，江水枯竭时才显露水面。据统计，每3、5年才能露出一次。我国祖先刻石鱼作为水位标记，每当江水退石鱼现时，就预兆丰收年景来临，即“石鱼出水兆丰年”。历代的人们将石鱼出水的时间，石鱼距水位线之间的尺度，观察者的姓名，以及石鱼显现时的情景用诗词、题文等形式刻记在石梁上。

## 二、白鹤梁的地理位置

白鹤梁古水文题刻位于正在兴建的长江三峡水利枢纽的库区之内（参见图1）。涪陵市地处乌江入长江口，素为川东重要商埠，是乌江流域最大的物资交流中心，涪陵市居住有汉、土家、苗、回、蒙古等民族，历史悠久，文物古迹众多。在两千余处文物古迹中，以白鹤梁题刻最为有名，是长江三峡水库淹没区内最早的一处全国重点文物保护单位。

## 三、白鹤梁古水文题刻的科学价值

白鹤梁上所刻石鱼，实际上是前人用来记录江水水位最枯的标志，为研究长江水文、区域及全球气候变化的历史规律提供了极好的实物佐证，具有很好的科学价值。唐广德元年（公元七六三年）以前，白鹤梁上刻有石鱼两尾，现存一尾，长六十厘米，并有隶书“石鱼”二字。该鱼刻究竟早在广德元年何时有待继续考证。清康熙二十四年，涪州牧肖星拱命重刻双鲤石鱼来替代唐鱼，其下题有“重镌双鱼记”（参见图2）。据考证，双鱼鱼眼相当于川江航道部门当地



白鹤梁工程效果图 艺人供图



图2 石鱼水标



图4 横刻木鱼



图5 张泽范高浮雕鱼



图3 黄庭坚题名



图6 孙海刻

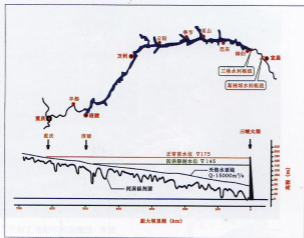


图7 三峡水库回水示意图

水尺零点，而唐鱼腹相当于涪陵地区现代水文站历年枯水位的平均值。

根据石鱼及有关笔记，我们的先人记录有1200年来的72个枯水年份的水位，留下极其珍贵的水文资料，图2给出的是最珍贵的一处石鱼水标。古代水文站资料表明，这1200百多年来长江的最枯水位发生在宋朝绍兴十年（即公元1140年），当时是“水去鱼下十尺”。

上述古水文资料对研究长江流域的综合开发、内河航运、农田灌溉、桥梁建设、城市供水等有着重要的科学价值。设计葛洲坝电站和三峡水利枢纽工程时都参考了这些水文资料。1974年联合国教科文组织在巴黎召开的国际水文会议上，我国代表介绍了白鹤梁题刻古代水文站的情况，引起了专家学者们的极大兴趣。可以说白鹤梁是世界上目前所发现的时间最早、延续时间最长、数量最多的枯水位水文题刻。埃及尼罗河中虽有类似的水文石刻题刻，但数量及延续时间远逊于白鹤梁。

#### 四、白鹤梁古文题刻的历史价值和艺术价值

自唐迄今，历代文人雅士、官吏商贾，过往涪陵，值石鱼出水，治舟来白鹤梁上，驻足流连，吟诗作赋，题刻江心，姓名可考者300余人，史有传者如

黄庭坚、朱昂、秦九韶、刘甲、黄寿、王士桢等人。题记囊括了各派书法，文字有汉字、篆文，书法篆、隶、行、草、楷皆备，风格颜、柳、欧、苏具全。宋代大文学家黄庭坚谪居涪州时所书“元符庚辰涪翁来”题铭，寥寥数字，永留心态气宇（参见图3）。清光绪七年（公元1881年）孙海所题“白鹤梁”（97cm×47cm），镌刻划划有神、结构端庄，内含奔放，气势纵横（参见图6）。

白鹤梁以其水下碑文之多、历史之悠久、水情记录之翔实、题记内容之丰富、形式之多姿多形，与长江及环境的混成一体，堪称一大水下奇观，称为“水下碑林”也不为过。

#### 五、长江三峡工程和白鹤梁古文题刻

长江三峡水利枢纽工程自1992年动工兴建，2009年将完工建成，历时17年。三峡工程是世界上最宏伟的水力发电工程、双线五级船闸航道工程。三峡大坝建成后形成的三峡大水库长达600余公里，尾水达重庆市，图7是三峡回水示意图。从图7可以看出，长江三峡工程建成后的白鹤梁位于涪陵区段的水库库底，水无见天日之时。根据科学实验得知，大概在三峡工程完工后的30年左右，白鹤梁古文题刻将葬身在三峡

水库的淤泥之中。

#### 六、多年来研究过的保护白鹤梁方案和评述

自1994年以来由国家主管部门组织对白鹤梁的保护方案作过大规模深入研究，为了节省篇幅，这里只简要介绍两种典型的保护方案。

第一种方案为天津大学提出的“水晶宫”方案。方案建议建造水下保护壳将主要的题刻罩起来。这个水下保护壳采用双层拱壳，尺度为20m×120m，壳体内无水，为了防渗、阻漏、保护基岩，沿基础进行帷幕灌浆，设有过江通道。这个方案的特点是：人可以进入到白鹤梁古文题刻处，直接观赏。但众所周知，这样大的壳体将承受40余米水头的高压，实质上是一种“压力容器”，壳体尺度大，作用荷载大，内部是“大通仓”，壳体一旦在某处有损伤或开裂将导致整个溃坏，无可挽救，人员将无可幸免。另外，帷幕施工过程中可能危及白鹤梁题刻安全，因为是在薄砂层上的镌刻。即使建成帷幕，由于内外的压力差很大，总是会有地下水渗流场，地下水会从层状岩体的层间外露渗漏，导致白鹤梁被毁的可能性极大。此外，价格昂贵，施工周期长，也将对航运造成严重影响。虽作了方案研究并经多次会议讨论，“水晶宫”方案在1998年被彻底否定，但随之带来了严重的后遗症：似乎修建白鹤梁水下保护工程的路是一条“绝路”。

第二类方案可概括为“就地保护，异地陈展”方案。这类方案的所谓“就地保护”实质就是“就地淤埋”。这种方案认为，在目前的施工技术水平与经济条件下只宜采取水下泥沙淹没自然保护（预先对水文题刻采用局部加固和保护措施），以便将来在经济与施工技术等条件有了长足的进步，且具有开发价值时，也就是经过一二百年后由我们的子孙后代再去挖掘出来使它的原始风貌重现于世人面前。方案的另一部分是在防汛堤消落区某一高程上用模拟材料按1:1的尺度复建白鹤梁（模型）陈列馆，以期再现白鹤梁的某些景观。这种保护方案等于我国向全世界无声地宣布，目前我们没有技术能力和经济实力在水下原址去保护白鹤梁，只好将她的“土埋”

了,这必将在国际和国内对伟大的三峡工程和我国的文保工作带来严重的负面影响,也定会遭到国内外一些人士的责备和嘲笑。我们的子孙也不一定会对“一二百年后再去挖掘”之说惋惜。因为这期间它们将无法亲睹这国之瑰宝。何况经过长期泥沙淤埋过的白鹤梁古水文题刻是否会安全无损也无科学定论。建一些假文物去展览似乎也不符合文物保护工作的原则。但由于时间紧急,三峡水库蓄水在即,而且又没有新的合理的保护方案在各次全国会议上提出过,2001年2月,国家在涪陵召开的评审会似乎事先已确定要按这个方案实施,并要求作有关的工程设计。

## 七、具有创新性的保护白鹤梁古水文题刻方案之提出

本人非常偶然地参加了2001年2月的涪陵会议。在这次会议上,本人第一次知道各种保护方案及其演变过程。对会议要采取的方案,本人有颇多疑虑。我自天开会,晚上一直考虑有否新方案可以更好地保护白鹤梁?一种新的方法逐步形成了,在会议通过采用“就地保护,异地陈展”方案后,经大会组织者同意,本人补充发言,提出了一种基于“无压力容器”概念的新的原址水下保护工程方案,经讨论获得了全体评委一致赞同。会议建议有关部门对此新方案能予以认真研究和考虑。

## 八、“无压力容器”原址水下保护白鹤梁古水文题刻方案的成立、批准和开工

上述新方案经过国家有关部门的研究,在半年后,即2001年9月经国务院三峡工程建设委员会办公室、国家文物



图8 白鹤梁水下保护工程开工

局及重庆市政府同意,由本文作者负责,由长江水利委员会长江规划勘察设计院(以下简称长江设计院)配合,用三个月时间编制相关的可行性研究报告。2002年3月,可行性研究报告的修改稿得到有关领导部门的正式批准后,立即进行工程设计。设计工作由长江设计院负责,本文作者任设计院该项目的顾问并兼任投资方重庆市峡江文物保护工程有限公司的顾问。由于此项工程的复杂性,设计单位还邀请了中科院武汉岩土力学研究所、上海交大岩土力学与工程研究所、铁道部第四勘测设计院、武昌造船厂、华中科技大学、武汉大学、重庆西南水科所、重庆交通大学等单位分工开展了九项专题研究。这九项专题研究名称如下:(1)涪陵白鹤梁题刻原址水下保护工程(以下简称水下保护工程)对流态、流势影响的实验研究;(2)水下保护工程三维非线性结构分析;(3)水下交通廊道(沉管方案)专题研究;(4)水下保护工程参观廊道设计的专题研究;(5)水下照明及CCD遥测系统;(6)水下保护工程内外压平

衡和滤清的循环水系统;(7)水下保护工程安全健康监测系统;(8)水下保护工程施工方法研究;(9)航道航运问题研究。2002年10月总体设计完成,同年十二月工程设计和概算得到国家有关部门批准。

2003年2月13日,白鹤梁水下保护工程正式开工。A标段由青岛海军某工程队承担,主要做部分围堰浇筑清基和炸礁等工作,是为B标段主体工程做准备的。三峡水库拟定的调度方案对工程进度有严重影响。原先拟定的调度方案如下:2003年~2007年汛期,坝前运行水位为135m;2007年汛后~2009年汛期,三峡水库按156~135~145方案运行,2009年汛后,三峡水库具备蓄水至175m,达到最终规模运行的条件。坝前水位按175~145~156方案调度。由于电力之急需,经中央批准上述方案2005年已修改为在2006年汛后三峡水库按156~135~145方案运行,即提前一年蓄水到156米水平。这样一来,我们水下主体工程修建就少了整整一个枯水季,因此B标段施工我们就面临着“背水一战”的严峻局面。B标段工作由大桥工程局一公司组建的白鹤梁工程经理部来承担。特别是经过2004年11月至2005年4月这一个枯水季节的紧张施工,白鹤梁古水文题刻水下保护工程中的主体工程抢修完成,为整个工程奠定了坚实基础。



图9 白鹤梁题刻中段东区题刻分布图

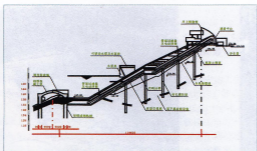


图10 白鹤梁被保护匾刻在保护体中的位置

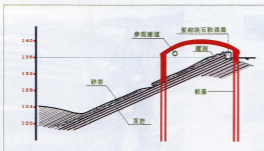


图11 白鹤梁工程地质剖面图

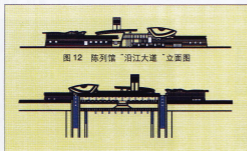


图12 陈列馆“沿江大道”立面图

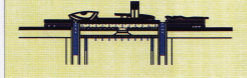


图13 陈列馆沿江立面图

## 九、无压力容器方案的基本内容

白鹤梁古文题刻原址水下保护工程采用无压力容器方案的基本要点如下:

1. 水库水位与水下保护壳体内的水位基本保持相同,这是与“水晶宫方案”最重大的区别。这样的结构不管水位如何变化,壳体内外压基本相同,因而简称为“无压力容器”,从而避免“水晶宫”方案中种种难以克服的或风险极大的各种技术难关。

2. 长江水水质好,是保护白鹤梁最理想的介质,1200余年历史就是明证,但需要适当滤去悬浮质,以防淤积,并使水质透明度高,利于参观者观看题刻。

3. 白鹤梁中段东部70余米区段上集中有大部分主要题刻,修建水下保护工程主要在这个区段(参见图9)。

4. 围住白鹤梁题刻的是平面上呈椭圆形、厚度为3.5米左右的钢筋混凝土土墙——称之为导墙,如图9的石刻密集区段被导墙及穹顶保护着,见图10、图11。

5. 导墙上覆盖有厚度为1米左右高配钢筋混凝土穹顶壳体,不拆卸的内模板采用不锈钢复合板,图11是工程地质剖面图。

6. 由于是“无压力容器”,机理上保证不会出现严重事故,这种主体保护工程具有可修复性,造价相对便宜、施工期短。

7. 在任何时候参观人群可进入岸上陈列馆通过耐压的斜坡交通廊道和水平交通廊道进入位于保护壳体内部的钢质参观廊道,通过观察窗直接观赏白鹤梁古文题刻。(参见题图,图中所示是2009年前枯水时的情况,2009年以后保护壳体将永远在水下了)。

8. 备有水下灯光照明及先进的水中摄像装置,参观者除了可操纵设备对白鹤梁题刻进行观赏,也可对题刻的每个字进行仔细观赏。

9. 特设蛙人进出口,特定游客可由蛙人导游引导到题刻前参观。

10. 参观者可在岸上陈列馆厅内操控水中摄像装置欣赏题刻,图12、图13是陈列馆的立面图。由于陈列馆建设尚未开工,陈列馆建筑形式还可能变化。

11. 可以在三个枯水季节将水下关键工程部分完成,符合国家最近做出的三峡工程提前蓄水的进度。施工期碍航不严重。

12. 与“水晶宫”方案相比,费用相对要低很多。

## 十、白鹤梁古文题刻原址水下保护工程主体部分的施工

水下主体工程的施工是白鹤梁水下保护工程成败的关键。由于椭圆形导墙位于斜坡上,旁边就是深水航道,流速很大,经研究采用整体刚性模板(如图14),浇筑水下混凝土。经过艰苦努力围堰顺利合拢,抽水后为后续工程干地施工创造了十分有利条件。合拢后的施工现场见图15。参观廊道是白鹤梁原址水下保护工程中的关键性的金属结构。直径为3.2m壁厚28mm的圆形钢管要承受40多米水头的压力,完全按照潜水艇的标准来设计和制造。

图16是在成都化工压力容器厂内制造的一节参观廊道从成都起运的情



图14 整体钢性模板浇筑水下混凝土



图17 参观廊道安装在导洞腔体内



图15 围堰合拢后的施工现场



图18 弯顶钢骨架安装



图16 参观廊道从生产厂起运



图19 上下游水平交通廊道施工

况。图中管道有五只圆形筒是观察窗口。每只观察窗部安装有双层玻璃，这种特种树脂玻璃的直径为800mm，厚度为82mm。整条观察廊道共有七节管道组成，装有23只观察窗，一只救生球仓和一只设备球仓需和七节管道都吊装到导洞腔体内。最大一节管道重量达45吨。各节管道要准确定位和无水焊接。拼缝的准确度要求十分严格。全部焊缝要经过多种手段严格检查并必需100%合格。图17所示的是拼装焊接好的参观廊道安装在保护壳腔体内的情景。图18

所示的是弯顶钢骨架的安装。图19是上下游水平交通廊道施工情况。到2005年5月，水平交通廊道已全部完工，2005年9月，斜坡交通廊道也已基本完工，最上部的一节因要与陈列馆相连尚未浇筑混凝土。

目前正在陆续进行保护体内各项设备的安装调试工作，主要是如下八大系统：

1. 循环水系统——保证保护体内外水压差很小，符合设计要求，并滤去悬浮质使水质如自来水一样洁净，并在

一定周期内自动更换水体。

2. 水下照明系统——共计有150套LED大功率灯具，每套水下LED白色光灯具功率达63瓦。

3. 水下摄像系统——共计有28套能自动跟踪目标水下摄像装置，以供参观者使用，达到看清楚每个字的目标。

4. 消防系统。

5. 救生和供高压气系统。

6. 参观廊道及交通廊道的空调及通风系统。

7. 保护体内低压供电照明系统。

### 8. 保护体健康诊断系统。

此外,斜坡交通廊道内供参观者上下的垂直高差达40米的大型斜坡电梯也已在设计和制造中。地面建筑,如陈列馆等虽不受水位的影响,但也将在今后近期内招标和开工。可以预期再过一二年后,白鹤梁古文题刻原址水下保护工程将竣工,并向国内外参观者开放。据了解,国际上也无这种类型古文物水下保护工程先例。我们相信,在上级领导单位正确领导和各有关部门的共同努力下,白鹤梁工程一定能如期完成,将为长江三峡工程和我国的文物保护工作增光,为世界所瞩目。

## 十一、结论

(一)白鹤梁古文题刻是我国古代科学文明成就的优秀代表,在国际上举世无双,白鹤梁水下碑林也是文化瑰宝。伟大三峡工程的兴建将使其位于三峡水库库底。进行科学的保护十分必要,白鹤梁古文题刻原址水下保护工程的建成将为三峡工程和我国的文物保护工作树立范例。

(二)由于这一古代水文站是以石鱼水标为指示器,脱离母岩、进行搬迁的方法是不可取的,就地淤埋的方法也是不妥的。

(三)对白鹤梁古文题刻采用以“无压容器”概念为基础的原址水下保护的原则是正确的。

(四)“无压容器”概念克服了修建水工保护工程在力学、结构和岩土学方面的重大技术难题,技术上是可行和合理的。

(五)科学创新是我们科研工作的灵魂,是我们提出“无压容器”型白鹤梁原址水下保护工程的指导方针。

(六)“无压容器”水下保护工程方案之所以得以成立是各级领导和各方人士大力支持的结果。立项的过程也“说明党和政府对文物保护和科学建议是重视和采纳的”(引自全国人大路甬祥副委员长的批语)。

## 十二、致谢

(一)谨以此文向所有为白鹤梁的保护付出过心血和智慧的人表示感谢,不论其提出的方案、意见或建议最后是

否被采纳。

(二)感谢国务院三峡工程建设委员会办公室、中国国家文物局和重庆市人民政府对白鹤梁保护工程的关心和指导!

(三)感谢中国工程院,中国科学院对本项工作的关心和支持!

(四)感谢中国长江三峡工程开发总公司对本项工作的大力支持!

(五)感谢上海交通大学,中国科学院武汉岩土力学研究所的大力支持!

### 参考文献

1. 世界第一古代水文站白鹤梁,中国人民政治协商会议四川省委委员会涪陵地区工作委员会编,1995,中国三峡出版社

2. 水下碑林白鹤梁,陈曦震 主编,1995,四川人民出版社

### 作者简介:

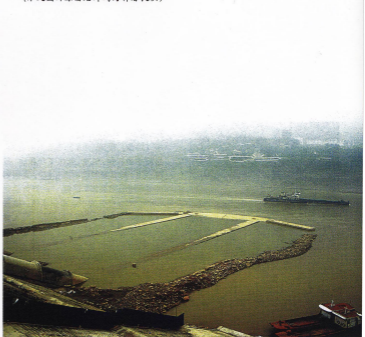
葛修润,男,1934年7月生,1959年7月毕业于前苏联捷德萨建筑工程学院水工结构专业。1995年当选为中国工程院院士。

(编辑:田宗伟)

(本文图片除署名外均为作者提供)



正在进行廊道内部施工 艺人 摄



2005年底施工进入尾期的白鹤梁工程 艺人 摄