

# 四川新津观音寺泥塑背景墙加固锚杆材料的选择和使用

周萍 王健 吴鹏

(陕西省文物保护研究院, 陕西 西安 710075)

**摘要:** 2009年,在维修四川新建观音寺泥塑的过程中,发现泥塑背景墙体脱开、断裂、变形等现象十分严重,针对这种情况,现场筛选和设计了碳纤维拉杆、垫片等加固材料,最终成功将背景墙恢复原位。

**关键词:** 泥塑 背景墙 加固材料

**ABSTRACT:** In 2009, during the process of the maintenance project of the Guanyin Temple in Xinjin, Sichuan, the severe splitting, breaching and deforming of the backdrop wall of the clay sculptures drew serious concerns. To deal with these problems, anchor rods and spacers made of carbon fiber were chosen as reinforcing gadgets to restore and strengthen the backdrop wall.

**KEY WORDS:** Clay Sculptures; Backdrop Wall; Reinforcing Materials

## 引言

新津观音寺是川西著名佛教禅林之一,位于四川省新津县永商镇宝桥村。观音寺内的明代建筑、壁画以及塑像具有很高的历史、艺术、和科学价值,为研究川西佛教艺术、社会生活等提供了宝贵的实物资料,是珍贵的文化遗产。1965年被四川省人民政府公布为四川省重点文物保护单位,2001被中华人民共和国国务院公布为全国重点文物保护单位。

观音殿为观音寺内大殿,面阔五开间,进深十架椽,占地面积333平方米。现存塑像有653尊,此殿主供观音三大士和五百罗汉像。根据观音像右边莲花瓣上的题记,此殿塑像完成于明成化十一年(1475),距今已有532年的历史。2007年,我们在实施观音殿泥塑保护项目时,发现了泥塑的背景墙出现了断裂、断开等现象,整个墙体的稳定性十分差,墙体上的小罗汉岌岌可危。观音寺墙体为四川地区特有的竹篱笆墙,即在竹篱笆两面裹覆以泥层,殿内东西两侧的泥塑背景墙就是依附竹篱笆墙而建,竹篱笆墙体为非承重墙体,其承重主要靠木柱支撑。2008年,编制了背景墙加固方案并通过评审实施。2009年,对观音殿内的泥塑和背景墙进行了加固保

护处理,主要包括前期检测分析、加固材料的筛选试验、加固方法试验、表面清理、加固实施、泥塑缺失部位的补全以及表面封护处理。本文重点介绍加固锚杆的选择和使用方法。

## 一、观音殿泥塑背景墙现状

观音殿背景墙上共有小罗汉470余尊,主要为浮雕和圆雕相结合的大型壁塑,生动地展现了三大佛教胜地神话般迷人的景色。但是由于塑像制作年代久远,材料本身老化严重,加之四川地区气候潮湿(湿度常年保持在85%以上,极端季节能够达到98%)、信徒朝拜等诸多因素的影响,殿内塑像病害比较严重,尤其是泥塑的背景墙以及支撑体多处出现开裂、断裂、脱落、变形等病害,比较严重的部位要使用木支架进行支护,否则有坍塌的隐患。

## 二、泥塑和背景墙加固方法

观音殿内小罗汉背景墙主要分布在殿内的东西两侧,长15、宽5米左右。墙体开裂最严重的地方集中在东墙北部和西墙的中部,尤其是东墙北部开裂、倾斜非常严重,裂缝最宽处达5厘米,墙体向前倾斜约30度左右。墙体最高处的个别小罗汉倾斜度在60度以上,情况十分危急,随时有脱落的危险。



1

2

图一 观音店泥塑背景墙现状

1. 北墙严重破损施工前支撑 2. 裂缝最宽处可达5厘米

通过对支撑墙体的结构分析和整体稳定性评估,鉴于支撑墙体的整体相对稳定,因此只需要对病害严重的部位进行局部的加固处理。由于作为塑像支撑体的竹篱笆墙为非承重墙,背景墙自重较大,仅靠化学粘结的办法已经无法有效的固定小罗汉和墙体。根据病害特点,需对局部变形、开裂的墙体使用传统工艺粘结和锚杆加固的办法才能使墙体稳定。

### (一) 锚杆材料的选择

锚杆作为一种有效的锚固手段,被越来越多地应用到文物保护领域。新津观音寺观音殿外墙是四川特有的轻质竹篱笆泥墙,因此对锚杆材料的要求比较特殊。既要充分考虑到锚杆的加固韧性和强度,还要考虑轻质墙体和泥塑背景墙的承重,以及加固后加固点的拉力等问题<sup>[1]</sup>。基于以上因素的综合分析,我们筛选了目前比较常用的几种材料:不锈钢拉杆,普通钢拉杆,各种金属丝等;竹、木拉杆,碳素纤维拉杆,玻璃钢拉杆等。

材料的筛选方法主要包括:

#### 1. 背景墙重量的计算

(1) 每平方米的佛像数量按照 10 尊计算

(2) 平均每个佛像重量(g)

$v$  (体积) = 0.15 (宽) × 0.1

(厚) × 0.5 (高) = 0.0075 (m<sup>3</sup>)

$q$  (比重) 泥塑的比重按照

1.5g 计算

$g = v \times q \times 1000 = 11.25 \text{kg}$

(3) 每平方米佛像的向外拉力 ( $f_1$ )

$f_1 = g \times \mu_1 \times 10 = 2.25 \text{ (kg)}$

$\mu_1$  为泥塑的倾斜角度, 按

照 0.2 计算

(4) 每平方米背景墙的向外拉力 ( $f_2$ )

$f_2 = 0.1 \times 1 \times 1 \times q \times \mu_2 \times 1000 = 7.5 \text{ (kg)}$

$\mu_2$  为背景墙倾斜角度, 按照 0.05 计算

(5) 每平方米背景墙开裂处所受的总拉力 ( $f$ )

$f = f_1 + f_2 = 9.75 \text{ (kg)} = 95.55 \text{ (N)} = 9.555 \times 10^{-5} \text{ (Mpa)}$

#### 2. 以竹拉杆为参照物, 进行材料对比试验

能够满足要求的材料有多种, 无机材料包括: 不锈钢拉杆, 普通钢拉杆, 各种金属丝等; 有机材料包括: 竹、木拉杆, 碳素纤维拉杆, 玻璃钢拉杆等。根据现场情况及当地气候等因素, 要求使用的材料具有较强的耐久性和抗腐蚀性, 较高的强度, 较好的施工便利性, 较轻的自重等。由于竹拉杆属于较为传统的使用材料, 因此, 以竹拉杆为参照物, 对下列材料进行对比 (表一)。

从以上的计算和检测可以看出, 碳素纤维和不锈钢材料较之其它材料性能比较理想, 能够满足背景墙加固要求。其中, 碳素纤维具有抗拉强度高、耐腐蚀性强、可操作性好和重量轻等优点<sup>[2]</sup>; 不锈钢材料

表一 材料对比

材料名称	比重 (g/cm <sup>3</sup> )	抗拉性能 (Mpa)	耐腐蚀性	是否污染	耐久性	操作性能	综合性能
不锈钢	7.8	340	好	否	好	较好	好
普通钢	7.8	340	差	是	一般	较好	一般
普通钢、铁丝	7.8	< 340	差	是	差	较好	差
碳素纤维	1.8	3400	好	否	好	好	好
玻璃纤维		< 340	好	否	差	好	一般
竹	< 1	差	差	否	差	一般	差
木	< 1	差	差	否	差	一般	很差

虽然性能优秀,但是因为自重较大,只在墙体中有木结构的特殊部位使用。因此选择碳素纤维材料为拉杆和垫板,使用拉杆连接的方法对开裂的背景墙体进行加固维修。

### (二) 拉杆的制作要求及做法

碳素纤维的学名叫“聚丙烯腈基碳纤维”,是由碳纤维与相关的基体树脂(如环氧树脂)备制的复合材料,其多项物理力学性能可以与金属媲美。碳纤维主要是由碳元素组成的一种特种纤维,其含碳量随种类不同而异,一般在90%以上。碳纤维具有一般碳素材料的特性,如耐高温、耐摩擦、导电、导热及耐腐蚀等,但与一般碳素材料不同的是,其外形有显著的各向异性、柔软、可加工成各种织物,沿纤维轴方向表现出很高的强度。碳纤维比重小,因此有很高的比强度。由于它特有的耐高温(>3000℃),耐烧蚀,热膨胀系数小,及高比强度、高比模量等特性,广泛应用于航天、航空、化工、电子及体育器材等领域。

但是,市场上目前没有专门生产的适合于竹篱笆墙体加固的碳纤维材料,因此我们在市场上选购了各种直径的碳纤维圆杆和各种密度的碳纤维布,进行了加固用拉杆的制作。根据试验和应用,最后选定两种材料作为加固拉杆,一是直径为6毫米的碳纤维圆杆;二是以碳纤维布包裹的竹芯拉杆。具体制作工艺如下。

1. 实验用拉杆均制作成直径小(等)于6毫米的圆柱形,总长度为400毫米。现场试验拉杆长度根据现场实际情况确定。

2. 碳素纤维拉杆为以细竹竿为芯材,以碳素纤维卷裹而成。

3. 试验拉杆制作图(图二):

根据背景墙的构造,制作一竹篱笆,然后两面抹上掺有纤维的黄泥,制作成一仿制的背景墙。在仿制的背景墙上粘贴碳素纤维垫板,垫板由碳素纤维制成,碳素纤维布层数分为二层、四层、六层三种。特制碳素纤维拉杆和垫片。在仿制背景墙上钻通孔,碳素纤维拉杆穿通,两端与垫片粘接牢固。

### (三) 施工基本程序

施工的操作思路是,在背景墙上穿孔(直径约6毫米),穿透支撑体的竹夹板墙,用碳纤维拉杆(长度按现场尺寸定)两头加垫板,将背景墙和竹篱笆墙铆接;铆接的点位间隔1500~2000毫米。铆接完成后,所有缝隙及开裂部位采用传统工艺进行修补。具体工艺如下。

1. 进行施工试验的同时,对背景墙开裂、倾斜、断裂以及小罗汉脱落等部位进行勘察,并在图纸上标出具体位置和主要病害类型,为下一步施工创造条件。

2. 对已经明确要加固的部位,首先进行工程力学测算,测算出单位面积的受力状况,以便科学布点,达到应用最少的点位取得最佳的加固效果。并根据每个不同的加固部位,现场制作长度、直径不同的拉杆和垫板。

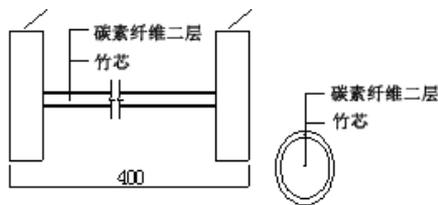
3. 对开裂倾斜的背景墙进行清理,然后进行复位施工并进行拉接加固。

一般裂缝、变形部位背景墙处理方法:

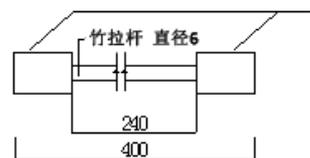
1. 对需加固的部位进行照片和文字资料的收集整理,绘制病害图示。

2. 对裂缝部位进行除尘清理,主要的处理方法有吸尘器吸取、毛刷清除、棉签清洗等措施。

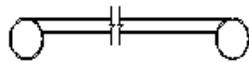
3. 对背景墙上松动的小罗汉进行加固。加固以传统工艺为主,辅助使用了用环氧类结构胶粘结。对于松动的底部使用与原固定材料相一致的竹子锚固,



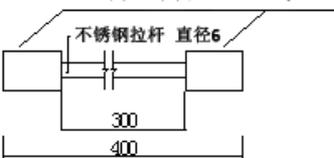
碳纤维拉杆试件制作图



竹拉杆试件制作图



卡头直径为16至25之间,长50  
不锈钢拉杆直径6



不锈钢拉杆试件制作图

说明:

1. 碳素纤维拉杆为内裹竹芯,外包碳素纤维碳素纤维满涂结构胶。
2. 不锈钢拉杆为用不锈钢加工,卡头为普通钢筋焊接在不锈钢拉杆上。
3. 竹拉杆为用天然竹子整体加工而成。

图二 试验拉杆制作图



图三 东墙加固后效果图

此次项目根据观音寺泥塑背景墙的实际现状，制作了弹性好、强度高、耐老化的轻质碳纤维拉杆和垫片，替代了过去常用的不锈钢、木质、竹制等锚杆材料，成功地把碳素纤维这一现代加固工程中广泛使用的材料应用到泥塑加固保护工程中，为文物

加固工程拓展了一种新的材料和工艺。这种加固方法和材料尤其适合竹篱笆轻质墙体的加固。方案最初的设计是想利用这种材料和方法使得开裂、变形的背景墙处于一种稳定的状态，但是在4个月的工程实施期间，项目组不断调校拉杆的受力状态，通过墙体支

- 用环氧胶粘结，表面用黄泥进行修复，大漆腻子防潮处理。
4. 根据背景墙残损情况，进行布点打孔。
  5. 为减小钻孔作业对墙体的震动，使用高速电钻钻孔。为保护土质背景墙，采用干钻钻头钻孔，孔洞直径小于10毫米。
  6. 在布点位置完成钻孔作业后，使用碳纤维拉杆和垫片进行加固。

墙内有木梁、木柱部位的墙体加固处理方法。

1. 对于背景墙内有梁、柱的部分，混合使用碳纤维拉杆和不锈钢拉杆。一般墙体用碳纤维拉杆，和木柱、木梁连接部位使用不锈钢螺钉直接将背景墙拉接加固。

2. 对于墙体内木梁已经脱离主体结构，但是还能够复位的部分，由于墙体自重过大，只能不锈钢拉杆复位并固定。首先用吸尘器除去裂缝中的灰尘，适量灌入环氧类结构胶，调校木架，并配合不锈钢拉杆，使木支架逐步回位背景墙，最终使背景墙回复原状。

3. 完成拉接加固作业后，修补内外墙表面

### (三) 加固效果评估

加固工程拓展了一种新的材料和工艺。这种加固方法和材料尤其适合竹篱笆轻质墙体的加固。方案最初的设计是想利用这种材料和方法使得开裂、变形的背景墙处于一种稳定的状态，但是在4个月的工程实施期间，项目组不断调校拉杆的受力状态，通过墙体支

护、外力推送、局部固定等方法，成功地将背景墙整体推回了原位，没有发生新的开裂、变形等病害。倾斜的小罗汉也通过底部锚杆加固、粘结固定等措施回到最初的位置。安装碳纤维拉杆和垫片处的背景墙泥土没有出现松动、开裂，进一步说明拉杆和垫片的拉伸性、强度等物理性能比较优异。

### 参考文献：

1. 贺福：《碳纤维及其应用技术》，化学工业出版社，2004年。
2. 薛伟辰张蜀洪《碳纤维塑料筋锚杆界面粘结强度试验研究》《建筑材料学报》2007年第4期。