

山西南部传统建筑屋面瓦特点及其修复技术标准研究

Characteristics of Historic Roof tiles and Proposed Technical Standard for Restoration of traditional architecture in the Southern Shanxi Province, China

戴仕炳

(同济大学建筑与城市规划学院历史建筑保护实验中心、上海、200092)

黄继忠

(山西省文物局、山西太原、030000)

沈子美

(同济大学建筑与城市规划学院、上海、200092)

周月娥 居发玲

(上海保文建筑工程咨询有限公司、上海、201700)

摘要: 山西南部早期古建筑屋面构造在防水保护木屋架等方面具有“堵”、“储”、“疏”三个方面的功能,屋面瓦是第一道防线。屋面坍塌可导致建筑整体或附属文物发生毁灭性的破坏,屋面翻新是山西南部修缮工程最重要组成部分。在研究国内外屋面瓦质量检测方法基础上,开发出测定屋面瓦质量的技术方法,参照古代瓦的特点提出屋面瓦的主要质量标准。

关键词: 山西南部 古建筑 屋面瓦 透水率 质量标准

Abstract: Historic roofing have three function in terms of protection of historic traditional architectural timber elements, waterproofing, storage and balancing of moisture. Roof tiles are first waterproofing barrier. New roofing is one of the most important measurements to restore the ancient buildings The most common defects are cracking of clay roof tiles, delamination of binder, plant settlements, deterioration of clay tiles, etc. The most important intervention during the conservation process is to reinstall roof in Southern Part of Shanxi Province.. The preliminary research results show the historic clay roof tiles are thick, show low water permeability. It has proposed to use same quality roof tiles as historic and to construct with same materials and thickness. The new alteration tiles shall be tested according to European Standards. The roofs shall be maintained routinely.

Keyword: Southern Shanxi, ancient architecture, Roofing, water permeability Technical standard

1 山西南部传统建筑保护工程概述

山西南部指运城、长治、临汾、晋城四市。得益于历史、宗教、地理及气候,众多建筑实物得以遗存。从“十一五”以来,国家启动了山西南部早期建筑保护工程,对山西南部元及元以前的全国重点文物保护单位的古建筑进行系统的保护及维修。

保护修复工程的实践中发现一个突出问题是,如何量化传统材料的性能,制定修复

工程采用的替代材料的质量标准。从 2012 年, 山西省文物局与同济大学历史建筑保护实验中心组成的团队开始对古建筑传统材料进行了研究, 本论文即是此研究的部分成果。

2 屋面构造及其功能

大量的现场勘查和测绘等工作表明,影响山西南部早期建筑耐久性的关键因素之一是屋面,屋面不仅是最重要的文物建筑的一部分(图1),它对保护其他附属文物也起到至关重要的作用(图2)。因此,屋面翻修常常是最重要的修缮步骤之一。而影响屋面耐久性的除屋面整个结构、构造和材料工艺之外,屋面瓦的质量直接关系到屋面乃至整个建筑能否得到长久保存。因为古建筑屋面结构破坏和梁架糟朽的最主要原因之一是大气降水对各种材料的直接或间接影响,而大气降水能否进入古建筑屋面的第一道关口即是屋面的瓦。但是迄今为止,国内尚缺乏对文物建筑屋面瓦的系统研究,特别是屋面瓦的透水性能及其影响因素。

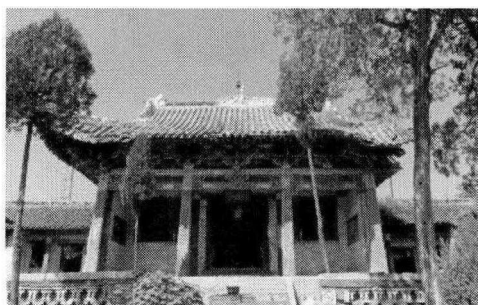


图1 山西南部的早期建筑屋面

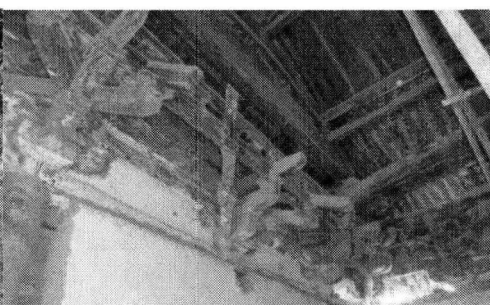


图2 屋架下的梁、斗拱及彩绘

山西南部早期建筑得屋面构造一般具有以下特点（以霍州观音庙元代戏台屋面为例），屋面上部第一层为望板层，厚约 2.5cm，且为整块木板；第二层下层灰泥背（苦背），厚约 2.5cm，材料为土加少量麦秸，可能含有少量石灰；第三层为上层灰泥背（苦背），厚约 3cm，材料为土加石灰。筒瓦下为单独的灰泥层，厚约 5cm，材料为土加石灰。

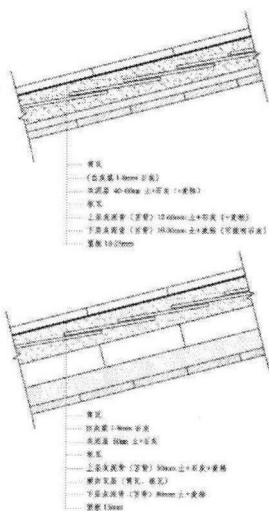


图3 屋面瓦的构造(霍州元代戏台)

从功能上看,上述屋面在防水方面具有“堵”、“储”、“疏”三个方面的功能,核心是保证水进入到望板、梁等木材中,而保古建筑长治久安。

堵: 指主要通过瓦及灰浆将雨水及时排泄掉, 瓦及灰浆的质量, 特别是屋面瓦的抗

渗性能决定了堵的效果。

储：指一旦瓦面发生渗漏后，渗水能够储存在灰背等内部，而不进入到望板等木材中。所以要求灰背具有高孔隙率、高吸水性和足够的厚度。

疏：指储存在屋面的水汽在干燥的季节能够快速扩散蒸发掉，由于水汽扩散的主要方向是从内向外，所以，没有上釉的粘土瓦比琉璃瓦更有利湿气的扩散。

限于篇幅，本文主要讨论起到“堵”的作用的屋面瓦的质量检测方法、山西南部旧屋面瓦的性能及新瓦质量技术指标。

3 旧瓦的质量检测方法

目前我国在传统砖瓦质量检验标准方面存在着标准缺失或不全等问题[1]，现有的《建筑琉璃制品》(JC/ T 765-2006) 标准[2]、《烧结瓦》(GB/T 21149-2007)标准[3]主要针对新的屋面瓦，不仅检测方法不适合历史旧瓦，而且部分指标为定性的（表 2）。刘大可于 2006 年对传统砖瓦提出了技术指标[4]，其中提出重量吸水率作为瓦的质量的评定指标。参照欧洲 DIN EN539 对烧结屋面瓦的质量要求及相应检测方法[5, 6, 7, 8]，可以看出，中欧在瓦质量的检测方法及技术指标方面存在很大差异（表 2）。

如果从屋面构造的防水功能角度，屋面瓦的最重要的质量指标为透水率、吸水率、耐久性（以抗冻性为代表）。在透水率检测方面，本次研究将卡斯特瓶[9]进行改进，并采用 15 分钟吸水率换算成与欧洲标准 DIN EN539-1 可对比的透水率。

表 1 中国与欧洲屋面瓦的检测方法及指标

来源	刘大可（2006）		中国 GB/T21149-2007		德国标准	
	检测方法	指标	检测方法	指标	检测方法	指标
透水率			GB/T 21149-2007	3h 背面无水滴出现	DIN EN539-1	$\leq 0.5 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{d}$
抗冻性能	在 -15~-20° ℃ 冰冻条件	15 个循环	在 -15~-20° ℃ 冰冻条件	15 个循环	DIN EN 539-2	150 个循环
吸水率	重量吸水率	优等: $\leq 15\%$ 合格 $\leq 21\%$	重量吸水率	I 类小于 6% II: 6-10% II: 10-18% (21% 青瓦)		未设定指标

3 旧瓦的检测结果

通过对山西南部不同时代瓦的厚度、密度、总孔隙率、透水率等比较测定可以看出，古代的瓦厚度比较大，而且随着年代越近，厚度越薄。从霍州观音庙的观测发现，从金代到现代，筒瓦的厚度越来越薄，古代瓦的厚度普遍大于或等于 15mm。在相同吸水性能的前提下，瓦的厚度越大，其阻水和储水的能力越大。而从高平市定林寺不同类型、不同年代的瓦的厚度与透水率的关系来看（图 4），旧的板瓦和筒瓦的透水率均低于新瓦和不太旧的瓦。

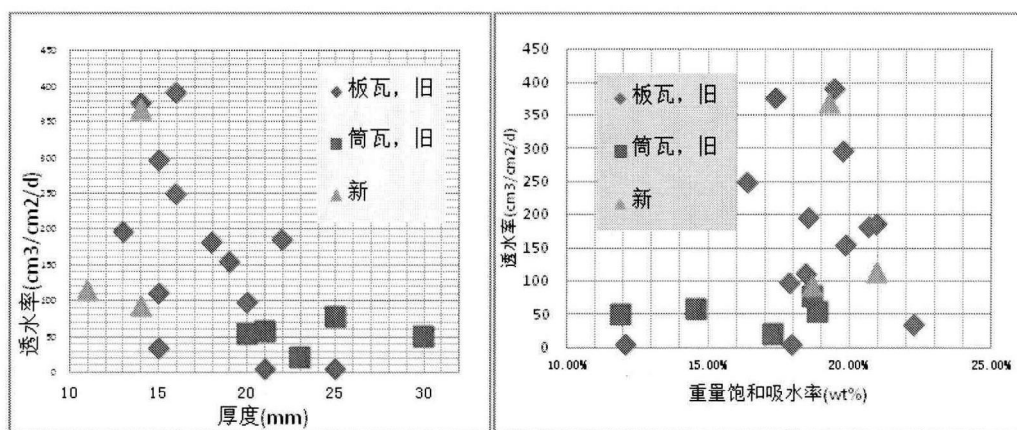


图4 透水率与瓦的厚度（左）、重量饱和吸水率的关系

尽管大量的实验研究仍在进行中，但从已有的研究成果来看，不同时代的瓦具有不同的特点。古代的瓦特别是筒瓦厚度明显大于新瓦，而孔隙率小于新瓦；古代板瓦和筒瓦的毛细吸水系数均远小于新瓦（表2），说明古代不同时期的瓦的透水性能均低于现代的瓦，对于古建筑的屋面具有更好的保护作用。

表2 不同年代瓦的性能比较

性能 \ 种类	霍州市观音庙			高平市定林寺		
	筒瓦	板瓦	新瓦	筒瓦	板瓦	新瓦
厚度(mm)	≥20	≥15	≤15	≥20	≥15	≤15
密度(g/cm³)	≥2.4	≥2.2	2.48	≥2.6	≥2.4	2.5-2.8
孔隙率(%)	≤28%	≤25%	28%	≤32%	≤41%	30-41%
毛细吸水系数 (kg/m²/h ^{1/2})	≤15	≤15	95	≤12	≤12	19-26
饱和质量吸水率(wt%)	≤19%	≤21%	19	≤18%	≤21%	18-21%
容重(g/cm³)	≥1.7	≥1.7	1.8	≥1.7	≥1.6	1.6-1.7

4 屋面瓦的质量指标建议

山西南部保护维修早期建筑时所使用的瓦的质量指标的参照物应该有2个，一个是历史屋面瓦，特别是尺寸、表观质量等，古代瓦的防水、机械物理性能（如抗折强度）、耐久性等方面的指标应该是新瓦达到的最低指标，因为这些屋面瓦已经经过了百年以上的老化。另一个参照物为新的工业标准制定的指标，毕竟今天使用的材料是21世纪生产出来的。

所拟定的质量指标在测试方法方面需要量化，并能和国际接轨。同时，所有的测试方法必须具备可操作性，直观明了，接地气，能直接应用并指导实际工程。

在质量等级划分方面，建议将屋面瓦只分合格品与不合格品2类。当屋面瓦的所有技术指标达到要求时为合格品。当技术指标中的任何一项没有达到要求时，被标定为不合格品。考虑到有效合理利用资源，不合格品经过本标准确定的处置方法或其他传统方法处置到达到指标要求时，可以标识为后合格品。

瓦的规格与结构尺寸宜以待修建筑勘察测绘的规格尺寸相同，曲度或弧度也基本相同。尺寸容许误差为2%内。而厚度是最重要的参数，要求维修不同时代的古建筑时所使用的瓦首先必须满足其厚度要求，高厚度也有利拒水和储水。屋面瓦其他的外观质量抗折性能测试及指标需要满足GB/T21149-2007的要求。

为达到防渗效果,一个很重要的指标就是其防渗性能要优于至少等于古代的瓦的防渗性能,透水率的检测宜参照欧洲标准定量化,平均值 $\leq 0.5 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{d}$,最大值 $\leq 0.6 \text{ cm}^3/\text{cm}^2/\text{d}$ 。初步的建筑物理学模拟说明,在同样的屋面构造体系下,不透水的屋面瓦可以保持屋架木材的含水率低于 12%,以有效防止木材的腐烂(H.-P. Leimer, 个人通讯)。

耐久性角度,冻融循环宜达到或接近 150 个湿式循环,古代保存到今天的瓦已经经历了远远大于 150 个冻融循环,现有国标 GB/T21149-2007 标准的 15 个干式循环对于古建筑保护而言要求太低。而重量吸水率与瓦的透水率、耐久性等关系不大,不宜作为瓦的质量指标。

致谢

本文为山西省文物局与同济大学联合开展的“山西南部工程早期建筑材料及其保护修复技术研究”课题部分研究成果。研究过程得到了高密度人居环境生态与节能(同济大学)教育部重点实验室(历史建筑保护实验中心)、山西省古建筑保护研究所、山西省古建筑维修质量监督站、长治市文物旅游局、平遥朝杰古建工程公司、上海德赛堡建筑材料有限公司、上海保文建筑工程咨询有限公司、上海文保建筑工程有限公司等单位的大量支持,在此表示感谢。

参考文献

- [1] GJJ38 -91, 古建筑修建工程质量检测评定标准(北方地区)[S].
- [2] JC/T7652006, 建筑琉璃制品[S].
- [3] GB/T21149-2007, 烧结瓦[S].
- [4] 刘大可.传统青砖青瓦质量检验参考标准[J], 古建园林技术, 2006, 4: 56-62.
- [5] Wolf-Rüdiger Metje Keramische und mineralische gebundene Baustoffe, in Scholz & Hiese Baustoffkenntnis[J], 16. Auflage, Werner Verlag, Germany, 2007, 60-64
- [6] BS EN 1304-2005, Clay roofing tiles and fittings - product definitions and specifications[S].
- [7] DIN EN 539-1, Clay roofing tiles for discontinuous laying-determination of physical characteristics -part 1 Impermeability test[S].
- [8] DIN EN 539-2, Clay roofing tiles for discontinuous laying-determination of physical characteristics -part 2 frost thaw test[S].
- [9] R. Karsten Bauchemie. Handbuch für Studium und Praktis[J], 10. Auflage, C.F. Müller Verlag Heidelberg, Germany, 1997, 397-404.