

# 清代关中粮仓建筑设计研究 ——以丰图义仓为例

石 英<sup>1</sup>, 王 雪<sup>1,2</sup>

(1. 西安建筑科技大学 建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西安建筑科技大学 省部共建西部绿色建筑国家重点实验室, 陕西 西安 710055)

**摘要:**以清代关中地区的粮仓建筑丰图义仓为对象,从场地选址、空间组织、围护结构和建筑排水等方面对其兼顾粮食储存与军事防御的设计特点进行了分析与研究,为了解粮仓围护结构的热稳定性,通过对 4 个监测点分别为北面粮仓、东面仓房、仓院、仓外廊檐下的 24 小时温湿度持续监测,监测结果表明不需要任何通风除湿设备,仅依靠其的合理设计,就能为粮食储藏提供一个适宜储存,温湿度在合理波动范围之内的有利条件,为今后粮仓建筑建设提供依据。

**关键词:**丰图义仓;粮仓;储藏;防御;建筑设计

中图分类号: TU267+.1

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2018)06-0872-06

## Research on granary architecture of the central shaanxi plain in the Qing Dynasty ——Fengtuyi granary for example

SHI Ying<sup>1</sup>, WANG Xue<sup>1,2</sup>

(1. School of Arch., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China;

2. State Key Laboratory of Green Building in Western China., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** To farming times in Guanzhong area of Granary building fengtuyi granary for object, from site location, and space organization, and enclosure structure and building drainage, aspects on its both food store and military defense of design features for has analysis and research, for understand granary enclosure structure of hot stability, through on four monitoring points respectively for North granary, and East barn, and warehouse hospital, and warehouse outside corridor Xia of 24 hours temperature humidity continued monitoring, monitoring results showed that not need any ventilation dehumidification equipment, only relies on its of reasonable design, Will be able to provide a suitable storage for grain storage, favorable conditions of temperature and humidity within a reasonable range, provide the basis for future Barn building.

**Key words:** Fengtuyi granary; granary; storage; defense; architecture

陕西渭河平原东部,与黄河西岸滩地接壤处,大荔朝邑镇南寨子老崖顶上,矗立着一座外观古朴的清代建筑——丰图义仓,曾被慈禧太后批为“天下第一仓”,建于清光绪八年(公元 1882 年)。是我国目前所存的清代大型粮仓建筑之一。其独特的选址、精巧的布局和功能充分展现了我国农耕时期的仓储文化、建筑文化等,具有重要的研究价值和历史意义<sup>[1]</sup>。

目前,丰图义仓研究的相关文献还较少,文献[2]注重从粮食文化、粮仓历史、建筑艺术角度

研究丰图义仓;文献[3]注重研究仓储的保障体系,明确仓储保障体系的保障对象,内容;文献[4]对比分析了储粮指标,并将其物理参数与普通房式粮仓建筑作对比分析;文献[5]主要针对建筑设计 with 建筑排水进行研究与分析。尚无从防御和储藏设计两个角度研究丰图义仓的文献,笔者侧重研究了该仓的选址、空间组织、围护结构和建筑排水等主要内容,重点研究其储藏与防御设计特点,探求粮仓设计对形成储存粮食的适宜条件、原因,明确合理的粮仓设计,节约设备的条件<sup>[6]</sup>,

收稿日期: 2015-12-08

修改稿日期: 2017-01-09

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2017YFC0702903-02);住房和城乡建设部科技计划项目(2017-K10-002);陕西省教育厅自然科学基金资助项目(17JK1735, 18JK0454)

第一作者: 石 英(1985—),女,博士生,讲师,主要研究建筑设计理论. E-mail: rosesy0601@163.com

对今后粮仓建筑建设具有借鉴意义<sup>[7]</sup>。

## 1 场地选址

### 1.1 地理位置

丰图义仓所在地,位于黄河、渭河、洛河交汇处的关中平原,有肥沃的土地和河滩,地质地貌、气候条件优越。自古以来就是农业经济发达地区,但也是旱涝灾害多发地带。在此造仓,可以丰收年入,歉收年出,赈灾备荒。该仓依塬而建,地势高,土质坚硬,通风良好,气候干燥,排水方便,适宜粮食储存。

### 1.2 交通条件

这一地带自古就是秦晋交通的咽喉要道,扼守古渡驿道,义仓北临临晋古道,东临黄河,陆路水路均十分方便,便于农作物的纳入和调出,有效地保证了粮食的补给。

### 1.3 政治经济军事方面。

义仓东、南、北三面悬崖绝壁,并修有护城河,形成三面高险,西面连塬的独特高显地势,进可攻,退可守,居高临下,占据了有利的制高点,形成一个军事堡垒,守卫着崖下古朝邑这一历史军事重镇<sup>[7]</sup>。



图1 丰图义仓总平面

Fig. 1 Site planning of fengtu charitable granary



图2 丰图义仓外仓城环境

Fig. 2 Environment of outside wall of fengtu charitable granary

## 2 空间组织

### 2.1 布局方式

丰图义仓分为内城和外城。外城夯土筑城,坐东朝西,城门在西侧。其占地约 42 021 m<sup>2</sup>,西城门顶与城角堡有望孔和射击口,均有防御功能。外城门是两扇铁质大门,且门上有铁铤眼,便于观察敌情的同时做好射击准备,门顶上有 8 处水洞防止敌人火攻仓城。

内仓城占地约 11 039 m<sup>2</sup>,其中东西长 133 m,南北宽 83 m,四周封闭形成一个内部院落。南侧有东、西两门,分别作为储粮入口与出粮口,行车通畅、互不干扰。仓城墙内环列粮仓 58 间,每间面阔约 4 m,进深约 9~12 m,全仓可储粮 5 220 吨。丰图义仓内城墙围合布局,城中有城。城墙内为仓洞,仓洞依墙而建,并形成环形回廊,仓顶及仓城内广场为晾晒粮食的空地,仓院内有水井可供人畜饮水。

围合式院落很早就出现于远古时期,围合使野兽们不易轻易进入,使人感觉安全与安定,中国封建农耕时期,农业生产作为主要的生活方式,给人们在心灵上打上深深的烙印,在建筑形式上反映就是“围合”空间,农耕文明它需要一种稳定的、安全的环境保障日常生产,防止受到他人的侵扰,体现一种“防”的心理特征。这一精神特质反映在传统建筑形式就表现为“围合”<sup>[8]</sup>。内向性领域空间,适应了当时传统农业社会的生活方式。这种四幢建筑背外朝内的布局,四周连续的实体界面加强了心理内向性的暗示,因而防御性好是丰图义仓采用内院式布局的重要原因<sup>[9]</sup>。险要的地理位置加上城中城的布局固若金汤,城内广场可作为阅兵演练的场所,又兼顾储粮、积草功能。北墙上的仓楼可观察指挥。



图3 院落式建筑布局方式

Fig. 3 courtyard space layout

## 2.2 仓房内部设计

粮仓每间仓房内表面以及仓房底部都用灰土处理,可以防腐防潮,提高了储存条件。

仓洞内由松木铺成的木地板,在离底面 40 cm 高度支架悬空。木板与底部地面、墙面形成通风道,风道四周有排气孔,一便于通风,带走室内的潮湿空气,保持仓洞内的干燥。二便于放猫,避免粮食受到鼠害。

仓房进深两端上部有通风窗,外窗直接开口至仓城外表面,保证其温湿度在合理波动范围内的状态下,能够获得少量的通风,让粮食获得更好的储藏条件。

仓门采用发券结构,门槛内部地面 0.5 m,厚 60 m。仓门采用插板式,可依据储粮情况增加或降低高度,最顶部插板可以根据气候条件打开,排出室内潮气,使仓房干燥。



图4 丰图义仓仓洞图

Fig. 4 The room in fengtu charitable granary

仓房呈拱券式相互联排,因而当仓房堆积满粮食后,仓墙间互相抵消侧压力,降低仓墙因两侧粮食的侧压力发生的受力变形,增强建筑整体的稳固性<sup>[10]</sup>。

## 3 围护结构

内仓城看似城墙,实则仓、城合二为一。58 间仓洞在墙体内呈砖窑式环隔排列,采用这种材料与建筑形式,既能继承土窑所具有的冬暖夏凉长处,又能克服土窑的潮湿,塌陷劣势,具有很好的热稳定性。

由木柱支撑的仓窑间的砖瓦结构檐廊,四面贯通,呈环状,既可防雨防潮,又可临时储粮。仓窑外墙厚度约为 1 m,窑顶厚度大约 0.8 m。建筑内墙材料采用夯土,该材料密度约 1 700 kg/m<sup>3</sup>,传热

阻大,使得热稳定性好。此围护结构对室外温度波的衰减和延迟能力强,能够减轻室外气候变化对室内热环境的影响<sup>[11]</sup>。尽管寒冬与炎夏,但只需要提供少量通风,就容易保证一个合理波动范围之内的室内热环境<sup>[12]</sup>。

如图 5 为了解粮仓的保温隔热性能,选择夏季和冬季典型性天气对室内外四点进行温湿度测量。选用温湿度自计仪 Thermo Recorder 72Ui,测量温度范围: -40~110 ℃,湿度范围: 10%~95% RH,连续 24 小时记录,每小时记录一次数据,保证测点数据完全同步记录。四个测点分别位于北面粮仓、东部空仓、仓院内和仓外檐廊下,均选在室内外中心位置,离地面高度为 1.5 m。

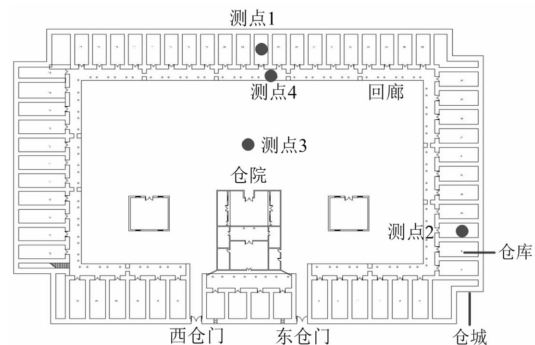


图5 内仓城平面测点示意图

Fig. 5 Ground floor plan of fengtu charitable granary

测试时,粮仓内有储粮,未干扰粮仓正常储存状态<sup>[13]</sup>。夏季测量数据参考文献[4]。冬季时粮食因呼吸作用,会释放大量热量,需要将内扰热及时释放出去,在建筑上须开门窗通风散热,门尺寸为 2.3 m×1.4 m,门上窗尺寸为 0.8 m×1 m,外窗 0.8 m×0.6 m,通风有效面积 4.6 m<sup>2</sup>,冬季北面粮仓测试点位于满仓粮食顶部,离仓底 3 m,测试结果如下图 5~图 8 所示,数据统计结果如表 1~2 所示。

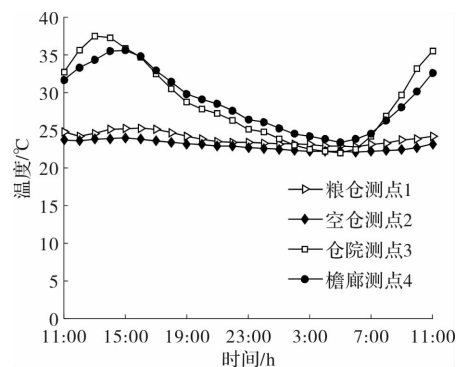


图6 夏季粮仓温度变化曲线图

Fig. 6 The temperature change of fengtu charitable granary in summer

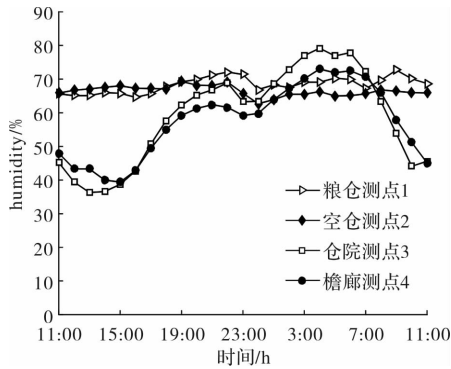


图 7 夏季粮仓湿度变化曲线图

Fig. 7 The humidity change of fengtu charitable

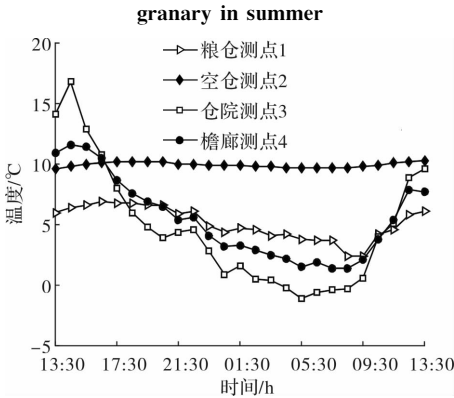


图 8 冬季粮仓温度变化曲线图

Fig. 8 The temperature change of fengtu charitable granary in winter

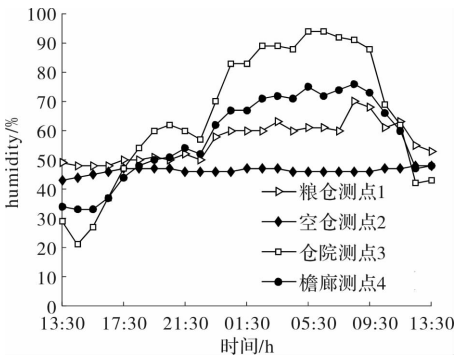


图 9 冬季粮仓湿度变化曲线图

Fig. 9 The humidity change of fengtu charitable granary in winter

如图 6 的温度曲线可以看出, 粮仓及空仓温度变化平稳, 波动小, 粮仓温度略高于空仓温度, 而仓院和檐廊的温度变化大, 檐廊温度变化与仓院温度变化具有较强的相关性, 其温度波动小于仓院. 表 1 的统计数据结果也表明了这种趋势, 空仓的温度变化均方差为 0.64, 为四个测点中波动程度最小, 粮仓温度变化均方差为 0.81, 其波动程度次之, 相比于仓院和檐廊的波动明显要小. 图 7 的湿度变化图及表 1 的湿度数据统计结果也说

明了这种情况.

表 1 夏季粮仓温度湿度数据统计表

Tab. 1 Data Statistics of temperature and humidity of fengtu charitable granary in summer

	测点号	最小值 /°C	最大值 /°C	均值 /°C	均方差
温度	1	22.80	25.30	23.88	0.81
	2	22.10	24.00	22.94	0.64
	3	22.00	37.50	28.89	5.27
	4	23.40	35.60	28.95	4.06
湿度	1	64.60	72.70	68.36	2.35
	2	62.70	69.30	66.48	1.52
	3	36.30	79.20	58.74	14.29
	4	39.40	73.00	57.36	10.96

表 2 冬季粮仓温度湿度数据统计表

Tab. 2 Data Statistics of temperature and humidity of fengtu charitable granary in winter

	测点号	最小值 /°C	最大值 /°C	均值 /°C	均方差
温度	1	2.40	6.90	5.13	1.37
	2	9.60	10.30	9.94	0.21
	3	-1.10	16.80	4.72	5.05
	4	1.40	11.60	5.46	3.35
湿度	1	48.00	70.00	56.36	6.55
	2	43.00	48.00	46.28	1.10
	3	21.00	94.00	65.24	23.30
	4	33.00	76.00	57.48	14.45

冬季的情况与夏季类似, 因冬季粮仓存粮通风需要, 其粮仓温度及湿度的均方差比夏季要大, 但相比于仓院和廊檐仍然要小的多, 空仓温湿度变化不明显, 可近似为恒温恒湿的环境. 虽然冬季仓院平均温度低于空仓平均温度, 但其平均相对湿度为 65.24%, 要明显高于空仓平均相对湿度的 46.28%, 显然在相对低温的条件下, 保持较低的湿度是有利于粮食储存的.

综合图 5~图 8, 表 1~表 2, 证明粮仓可以为粮食的储存提供一个较低的温度和湿度条件, 且在一定程度上保持合理波动范围之内, 这主要得益于粮仓夯土厚重型墙体的合理设计.

夯土厚重型墙体热稳定好, 冬季时该墙体内部壁面温度高于室内空气温度, 表现为辐射热量, 而普通材质墙体热稳定有限, 则表现为从室内吸

热, 冬天时夯土厚重型墙体粮仓内空气温度比普通墙体的室内空气温度高。在夏季时, 这种情况则相反, 夯土厚墙体壁面温度比室内空气温度低, 会从室内带走热量, 普通墙体则是内表面温度高于室内空气温度, 表现为放出热量。所以在这种厚重型夯土墙体结构建筑中使人感觉凉快一些, 该物理属性让粮仓常年平均温度都保持在  $19^{\circ}\text{C}$  左右。建成百年沿用至今仍可以保持粮食储存温湿度在合理波动范围以内的储粮要求。这种墙体结构适应当地气候, 采用了当地材料, 满足了室内热环境要求<sup>[14]</sup>。

#### 4 排水设计

丰图义仓仍发挥着储粮功能, 与其他的建筑排水设计直接相关。下雨时, 这种卓越的排水设计让粮仓从仓顶到庭院, 排水通畅, 雨停即干。

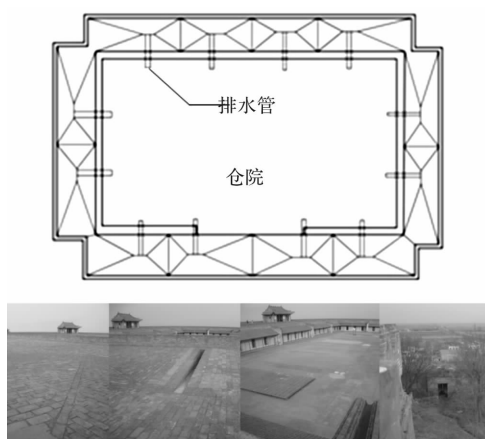


图 10 丰图义仓排水示意图

Fig. 10 drain off water sketch of fengtu charitable granary

仓房上面的地面由青砖铺成, 共分成 12 个排水区域, 每个区域周边高, 中间低, 形成四坡, 以  $1/12$  的坡度巧妙地将雨水汇集于中间。再由 12 个 5 m 长的导水墙内含 U 型铁铸水槽, 将雨水排向院内, 导水墙的设计避免让仓房顶形成积水, 不会造成雨水淋湿仓城, 同时又可作为支撑墙, 防火墙。

院内地面向南微倾, 使得雨水汇聚院内两处排水口, 通过暗渠排出内仓城, 明渠排至外仓城门东小门处, 由青砖砌水道连暗渠排入崖下, 以防止院内积水。

#### 5 结论

丰图义仓从选址、布局、建筑设计及其技术等方面展现了中华民族高度的智慧与结晶, 承载

了我国仓政、仓储历史、仓储文化, 特别是粮仓建筑历史, 不愧为“天下第一仓”。丰图义仓建成至今都为储粮之用, 为当地丰年储粮、荒年赈灾做出卓越功绩。是一座既能储藏、又能防火防盗防入侵的防御性粮仓。

本文在调研和理论研究的基础上, 得出丰图义仓可指导今后粮仓的设计建议包括以下四点:

(1) 合理的选址策略。该仓地处三角洲, 北部与东岳庙相对, 共同扼守崖下的朝坂古道, 地势高燥的得天独优势加上厚实坚固的寨墙, 保障了粮食储藏的安全。

若建筑功能需要环境干燥, 通风, 就应选在地势高, 通风好, 排水利的开阔处, 若建筑功能要求其环境阴凉, 封闭, 则应选遮阳、背坡、通风低洼处。

(2) 适宜的被动式生态建筑技术措施。

研究被动式、造价低廉、就地取材的绿色建筑技术措施, 对我国今后建筑的发展具有现实指导意义。该粮仓有地垄风启示, 现代建筑可以采用楼层双层界面通风设计。

(3) 生态建筑材料的选用

仓房厚实的夯土墙体。在不需要任何通风除湿设备条件下, 就能保障粮仓在合理的温湿度波动范围, 为储粮提供有利环境。

现代建筑应继承传统建筑中因地制宜、就地取材优势, 选择容易得到和加工的, 无污染的传统生态建材。例如土坯、草泥等在传统建筑中常见的材料。这两类建筑材料不仅保温隔热性能良好, 而且也有很好的防火性。

(4) 建筑构件多功能性设计

仓顶的分区找坡与排水墙合理设计保障了雨天粮仓的排水通畅, 巧妙的建筑排水墙充当屋顶排水, 粮食输送, 防火墙, 支撑墙的作用, 使粮仓更加稳固, 百年屹立。

受“丰图义仓”导水墙设计之启发, 可考虑将现代建筑遮阳, 导风板等构件做多功能考虑, 及可利用中庭、管道井、楼梯间等兼作通风功能。

#### 参考文献 References

- [1] 叶玲. 浅析丰图义仓的建筑特点及保护与利用[J]. 兰台世界, 2014(20): 62-63.  
YE Ling. The analysis of the architectural characteristics, protection and utilization of fengtu yicang[J]. Lantai World, 2014(20): 62-63.

- [2] 杨宇峤. “百年仓廩, 邑城屏藩”——解读清代丰图义仓建筑. 同济大学学报(社会科学版), 2007(3): 47-52  
YANG Yuqiao. “An Old Granary Building Ever for Military Defense”——A Study on the Fengtu Charitable Granary in Qing Dynasty[J]. Journal of Tongji University; Social Science Section, 2007(3): 47-52.
- [3] 胡波. 讨论清代陕西黄土高原地区农村的仓储保障体系[D]. 西安: 陕西师范大学, 2002.  
HU Bo. On Rural Barn Storage Security System Operated in Loess Plateau Area of Shaanxi Province in Qing Dynasty[D]. Xi'an: Shaanxi Normal University, 2002.
- [4] 肖晶. 基于生态设计理念的传统建筑技术研究——以陕西大荔丰图义仓为例[D]. 西安: 长安大学, 2012  
XIAO Jing. Study on the traditional architectural technology based on eco-design concept——an example of fengtu charitable granary building in Dali Shaanxi [D]. Xi'an: Chang'an University, 2012.
- [5] 石英, 汪俊旭. 黄土高原粮仓建筑的设计研究——以陕西丰图义仓为例[J]. 建筑与文化, 2013(8): 80-81.  
SHI Ying, WANG Junxu. Research On Granary Design In The Loess Plateau: Fengtuyicang In Shaanxi Province For Example[J]. Architecture and culture, 2013(8): 80-81.
- [6] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 粮仓平仓房设计规范: GB 50320-2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.  
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of People's Republic of China, General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of People's Republic of China. Code for design of grain storehouses: GB50320-2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [7] 王树声. 黄河晋陕沿岸历史城市人居环境营造研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2006: 106-107  
WANG Shusheng. Study on human settlements construction of the historic cities in shanxi and shaanxi along the yellow river [D]. Xi'an: Xi'an Univ. of Arch. & tech., 2009.
- [8] 李宏东. “院落式”布局模式在山地住区规划中的应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2013.  
LI Hongdong. “Courtyard” lay out pattern application in the mountainous residential planning[D]. Chongqing: Chongqing University, 2013.
- [9] 闫增峰, 刘加平. 厚重型建筑围护结构的传热计算方法[J]. 四川建筑科学研究, 2003(3): 101-103  
YAN Zengfeng, LIU Jiaping. A method for the heat transfer calculation of thick-and-heavy envelope[J]. Building Science Research of Sichuan, 2003(3): 101-103.
- [10] 刘启波, 李慧玲, 周娜, 刘启泓. 生态化理念下社会主义新农村住区规划与建筑设计的优化设计研究——以关中地区农村住区为例[J]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2011, 43(6): 875-881  
LIU Qibo, LI Huiling, ZHOU Na, et al. Optimization design of settlements planning and design under eco-concept in the new socialist countryside—with rural settlements in Guanzhong Region as an example [J]. J. of Xi'an Arch. & Tech. University (Natural Science Edition), 2011, 43(6): 875-881.
- [11] 石英. 复合理念导向下社区日间照料中心空间优化模式[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2015, 47(6): 905-909.  
SHI Ying. Space optimization model for day-care centres in community with the idea of complex area planning oriented[J]. J. of Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2015, 47(6): 905-909.
- [12] 吴良镛. 广义建筑学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2011: 143.  
WU Liangyong. A General Theory of Architecture [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2011: 143.
- [13] 姜涌. 建筑构造——材料、构法、节点[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011: 52-54  
JIANG Yong. Building constuction—materials, methods and details [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2011: 52-54.
- [14] 刘加平. 建筑物理[M]. (第4版). 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.  
LIU Jiaping. Building physics [M]. 4th ed. Beijing: China Architecture & Building Press, 2009.

(编辑 吴海西)