

大跨度传统纯石牌楼的技术创新与实践

——以宝鸡新行政广场“石牌楼”为例

张晓瑞^{1,2}, 蔺宝钢^{1,2}, 焦海洲¹

(1. 西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055; 2. 西部建筑科技国家重点实验室(筹), 陕西 西安 710055)

摘 要: 坚固是一座建筑存在的根本, 也是使用者安全问题的保证. 先进结构技术构成了推动建筑快速发展的主导力量. 通过预应力技术改变石构件截面上的应力分布、状态和性质, 使其满足规范规定的各项安全标准, 并使石材的冷脆性得到一些弹塑性改善, 从而拓宽石材的应用范围. 同时将预应力技术与传统榫卯技术相结合, 解决了石材作为建筑材料不能用于大跨度承重构件的难题, 为此类项目的实施提供了理论依据.

关键词: 石材结构; 大跨度; 预应力技术

中图分类号: TU754. 4, TU755. 2+2

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2011)01-0096-05

今天, 现代建筑发展日新月异, 先进结构技术构成了推动建筑快速发展的主导力量. 然而在成功发展现代建筑的同时, 如何完整的保持发扬自己的民族传统建筑, 既不牺牲固有的传统观念、传统结构形式, 又能很成功的融会贯通现代结构技术, 进行创新和发展使之交叉融合超越传统结构技术的束缚是建筑师们亟待解决的一个课题. 古罗马建筑理论家维特鲁威在《建筑十书》中提出了建筑三要素: “实用、坚固、美观”, 即现在人们通常说的建筑功能、结构技术和建筑艺术, 这三个要素中“坚固”是尤其重要的. 因为它是一座建筑存在的根本, 也是使用者安全问题的保证, 5·12 汶川大地震的惨痛教训, 重新让大家认识到这一点的重要性, 而建筑的坚固是依靠先进的结构技术为支撑来完成的.

1 传统建筑与新技术结合的意义

地域文化的形成是由于当地独特的自然地理环境与社会人文环境相互作用的结果. 而宝鸡古称陈仓, 历史悠久, 是中华人文始祖炎帝神农氏的诞生地. 据陕西省地方志记载, 中华人文始祖黄帝也曾建都陈仓. 它还是周秦王朝的发祥地, 境内文物资源丰富, 其中以青铜器为最, 被誉为“青铜器之乡”. 而西周是中华礼制文化的奠基朝代, 其精美的青铜器堪称先秦时期之最. 因此在宝鸡新行政广场“纯石牌楼”设计实践中如何采用新的建筑技术建一座传统牌楼再现宝鸡地域文化的特质, 塑造新的城市文化的精神内涵是具有实践意义的.

2 传承历史、新技术的结合、上演文化

目前我们可以借鉴参考的牌楼几乎全为明、清两代的遗存, 其文化内涵的历史感显然不能与周、秦两代相提并论. 而周、秦时期的地面建筑已无遗存, 只有牌楼有较多的文字记载或雕刻、画像借以参考. 因此如何更好的让这种传统建筑能充分传承地域文化和建筑文化, 必需从形式、尺度、材料、结构技术、雕刻图案等多角度、多方面去考虑. 因此采用何种建筑形式、结构形式, 在现代的广场空间环境下如何确定建筑物的尺度关系、材料的选用等等. 主要体现在①当代城市建筑尺度发生了重大变化, 与传统建筑相比, 尺度增加了许多, 与之相呼应的建筑、景观雕塑、构筑物也发生了变化. ②由于环境空间发生了变化, 大众对建筑尺度比例关系的审美标准也与传统不同. 所以如何在继承传统结构技术精华的同时利用新的结构技术构建当代的传统建筑, 既是一个原真性与可持续性问题, 也是一个结构安全性、经济性与建筑美学的问题.^[1]

收稿日期: 2010-01-08 修改稿日期: 2010-12-25

基金项目: 陕西省科技攻关资助项目(2008K08-05)

作者简介: 张晓瑞(1975-), 女, 陕西西安人, 博士生、建筑工程师, 主要从事建筑设计及其理论方面的研究.

因此,经过多次论证,决定在新市政广场上采用新的结构技术建一座具有周秦风格的大跨度纯石牌楼,其雕刻纹饰的内容、形式,在秦风的基础上追求更为古朴的韵味,这样可以更全面的体现出宝鸡悠久的历史、深厚的文化底蕴。牌楼是中国建筑一绝,它古朴凝重,历史悠久,作为古老的中华文明的一个重要组成部分在传统文化中具有独特的地位和重要的价值,并蕴含着特有的文化内涵。牌楼这种门洞式的建筑形式,在中国常作为某一个地域(街道、集市、风景区)的标志,起指示作用,所以在市政广场建此形式的建筑十分适合。见(图1)(图2)

为使这一文化独特的纪念性公共建筑更加完美、更加体现传统文化,最终决定以福建惠安花岗岩为牌楼的主材料。主要体现在:①石材是大自然赋于人类最早的、取之不尽的建筑材料。我国石材加工工艺历史悠久(目前人们发现福州乌石山唐贞元十五年(公元799年)所立的“敕建贞元无垢净光塔”碑,应是对花岗岩进行加工的最早实例),遗存古建筑每一座都堪称是绝美的艺术精品,为我们设计石制牌楼提供了众多参考。②最初在进行牌楼设计时考虑到结构的安全性,准备采用钢筋混凝土干挂石材结构体系。因

为这一技术在建筑领域的应用十分成熟,并对建筑尺度没有太大限制。但牌楼作为中国古建具有悠久的历史,我们以现代材料去构建古代建筑,无法将这一特色建筑诠释得淋漓尽致。并且会完全抛弃我国传统建筑结构体系中的榫卯技术,而石材建筑从古到今的连接方式一直以榫卯为主,这也是我国传统文化中的精华。③花岗岩具有良好的耐久性,真实的岩石质感、天然赋予的色泽,它的自然美是人工石(混凝土)无法比拟的。

为使我们的设计具有崭新亮点有别于其他古代或现代牌楼,这就要求我们在传统的模式下进行突破和创新。但石材的物理特性又决定了它不可能成为大跨度承重材料,所以要解决这个安全、可靠、耐久问题,就必须采用新的结构技术。回顾建筑设计的发展史,建筑在形态或功能上的创新往往离不开有效的技术创新的支持,而技术革新所提供的可能性决定着建筑创新的趋向。并且如果不是以新技术为主导,仿古的标志物往往不会被保留、不会可持续发展。^[2]鉴于以上种种原因,迫使此项目的实施一定要有创新点。

3 设计探索及技术实施方案

宝鸡市政广场石碑楼的设计与建造,旨在将古城宝鸡的悠久历史、地方特色及传统文化通过牌楼这个载体让其一代代传承下去.其从建筑外型、结构技术、建筑材料、图案雕刻等方面,诠释了传统石碑楼建造吸收传统建筑结构体系中的精华,巧妙运用现代的结构技术,从而彰显大跨度纯石碑楼壮观之举.

3.1 建筑外型

宝鸡市政广场牌楼是一座不加粉饰全石材结构外露的建筑与雕塑结合的艺术品。设计以中国传统官方设计形制为主要依据,体现出了尺度审美情趣规范得体、稳重大气的造型效果,完全不同于民间设计风格。虽然此建筑的整体尺寸和体量很大,较难把握,但开间、高度、构件尺寸乃至挑檐大小都经过反

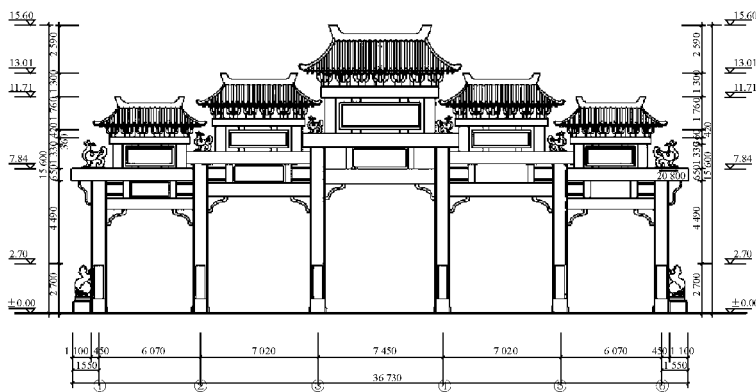


图 1 牌楼正立面施工图

Fig. 1 Working drawing of the archway front elevation



图2 即将竣工的牌楼

Fig. 2 The archway before completion

复推敲,力求使其成为一个有机和谐的既符合传统牌楼形制又符合当代审美尺度的建筑单体。设计理念运用质地色彩优美的天然石材和现代先进的结构技术,充分表现传承古老的华夏文化艺术和仿古建筑。立面设计古朴凝重以周秦为基本格调,雕刻纹饰的内容、形式,以西周青铜纹样为主要设计元素。见(图 3)

3.2 结构技术及材料

经过多方考察调研,发现古今所建的石牌楼由于受石材的制约,在尺度上无法像混凝土结构那样可以进行大跨度的建造。为解决此难题,首次将广泛用于桥梁工程中的预应力技术,应用于石材建筑中。它具有以下特点:①本牌楼结构形式具有高架桥的构造和受力特征,相当于不等跨 5 孔,不等高 3 层带古建屋顶的连廊天桥。因此在石梁中采用预应力新技术和新工艺才能在理论上实现大跨度。②随着经济的发展,各种大跨结构的出现使预应力得到了广泛应用。在实际工程中,采用预应力混凝土可以有效地改善结构使用功能,节约钢材和能源,提高综合经济效益。③石材的塑性差,抗弯、抗拉和抗剪强度低,因此,它在大跨度梁和大偏心受压柱中,很少有人使用。为了解决这些问题,对其施加预应力,改变石构件截面上的应力分布、状态和性质,使其满足规范规定的各项安全标准,并使石材的冷脆性得到一些弹塑性改善,从而拓宽石材的应用范围。④用预应力石材做承重构件,不但可以充分发挥其抗压性能,还可以发挥石材天然的优美特性,保留其建筑美学价值。

宝鸡市政广场石牌楼每一跨的宽度都大于现存十三陵的石牌楼,如果简单运用石材传统榫卯技术进行建造既不符合当初的设计理念,也无法满足现有的国家技术规范。因此,要建造如此大跨度的石牌楼必须利用当代桥梁预应力技术加强石材的强度,以满足大梁的承重从而满足结构的抗弯与抗压的强度要求。因此,为给结构设计提供充分的理论依据,西安建筑科技大学结构试验室专门对石材的物理、力学性质和石梁的四种工况进行材料和结构试验检测。(图 4)所示的实验结果证明这种技术应用于石材中是完全可能的。

通过的论证、实施,拓宽了石材的应用范围,并成功解决了石材塑性差、抗弯、抗拉和抗剪强度低等问题,采用施加预应力后,使石材的冷脆性得到一些弹塑性改变。不但可以充分发挥其抗压性能,还可以继续发挥传统建筑结构体系中的榫卯技术和石材天然的材质特点,具有永久的保存价值和建筑的艺术性。主要体现在 1)由于新技术的应用,本项目在尺度上进行突破,将桥梁预应力(图 5)大跨度技术与石材完美结合,最大梁长度为 9.38 m,梁高为 0.73 m,比传统石牌楼石梁的高宽比轻巧了许多;2)石牌楼的石构件制作和预应力张拉过程都可以在工厂里完成,后期安装过程也仅需一个月,不像钢筋混凝土结构必须完全在现场施工,会受到自然条件的制约,工期很难准确控制;3)花岗岩



图 3 构件局部

Fig. 3 Part of structure component



图 4 西安建筑科技大学结构实验室测试现场

Fig. 4 The girder pre-stressing experiment of XAUAT structure lab



图 5 主梁预应力张拉过程

Fig. 5 The process of tensioned pre-stressed girder

石材的耐久性要比钢筋混凝土材料长久,希腊的雅典卫城就是一个有力的证明,并且随着时间的推移,它的历史价值更是钢筋混凝土建筑无法比拟的.本石牌楼除在基础上运用钢筋混凝土结构,其余部分纯粹是整石材建造.最大石柱通高 11 m,重达约 40 t,所有梁柱均为整块石材采用桥梁预应力大跨度技术和榫卯技术进行组装(图 6),已申请国家实用新型专利^[8].解决了花岗岩石材在我国作为主要建筑材料不能用于大跨度承重构件的技术难题,为今后建筑设计人员提供了准确理论依据.创造了一座符合当代空间尺度概念的纯石牌楼建筑.本牌楼为五跨,总宽 36.73 m,高 15.6 m.在尺度上整整比十三陵牌楼(现存最大的全石材牌楼为北京昌平十三陵建于明嘉靖十九年(1540)汉白玉及青白石牌坊,总宽 28.86 m,高 12 m).总宽长出 7.87 m,高出 3.6 m,并且由于新技术的运用,整体的尺度感比十三陵牌楼更符合人的审美情趣.见(图 7).

3.3 技术措施

预应力技术与榫卯技术的结合应用的实施方案:a. 预应力石梁采用工厂制造,后张法施工.按照设计要求,水钻 50 mm 孔,预应力采用 32PSB830 精轧螺纹粗钢筋,垫板尺寸 130 mm×130 mm×30 mm,八角螺帽 70 mm×70 mm,用 YC60 或 80 千斤顶张拉,封锚槽口 130 mm×130 mm×150 mm,50 mm 保护层,其中最外层为 20 mm 厚同料石盖,压浆配方由试验确定,添加防锈和膨胀剂.b. 盆式活塞支座的榫与梁的连接与抗剪和拼装斗的连接与抗拔用 M16 阻力预应力不锈钢膨胀螺栓(似预应力岩锚),钻孔直径 20 mm.孔内应先灌浆,后放螺栓,再用示功扳手加力,锚封.c. 特别注意斗拱、梁上支座与梁是整体加工,只有悬出斗是单件加工,然后用榫和 M16 预应力螺栓连成整体;d. 安装牌楼顶正脊梁;梁下面设四个榫槽与楼盖榫结合,上槽下榫有利防水.

3.4 雕刻图案

鉴于我们此次工程所在位置的特殊性,石牌楼的雕刻纹饰内容与形式主要选自:西周青铜器为主,同时选用汉画像石部分迎宾、狩猎等生活气息浓厚的场景在次梁柱上运用.利用圆雕、高浮雕、低浮雕、减地平雕等综合手法对牌楼所有可视平面进行艺术化加工,达到突出历史文化内涵和地方特色的目的,必将为宝鸡地区树立一座永恒的地标性建筑艺术作品.

4 结 语

面对全球化环境,在科学技术高度发达的今天,我们将传统建筑结构形式和现代结构技术相结合,成功复建了纯石牌楼这一传统特色建筑,为此类建筑的发展和传承奠定了坚实的理论基础.这一事实说明,地域建筑已呈现一种现实的,后现代主义反



图 6 榫卯构件
Fig. 6 The mortise-tenon component



图 7 榫卯构件
Fig. 7 The process of pre-stressed stone archway installation



图 8 已竣工的牌楼
Fig. 8 The stone archway on completion

应。建筑大师安藤说:“建筑师肩负的众多责任中,最重要的便是展示文化,最大的职责便是传承文化”。中国传统建筑牌楼艺术形式随着城市建设与建筑风格的变化还将继续被人们所延续、创新和传承,它的文化和光芒还将被人们发扬的更加璀璨夺目(图8)。

参考文献 References

- [1] 张 颀, 解 琦. 钢筋混凝土里的“天津味儿”——鼓楼街区 A 地块(西北区)复原与再生[J]. 建筑学报, 2008(3):74.
ZHANG Xin, JIE Qi. "Tianjin Flavor" embodied by reinforced concrete: recovery and rebirth of the a spot (north west area) in gulou block[J]. Architectural Journal, 2008(3):74.
- [2] 乐民成. 创建“多元代码”, 实现高科技与历史古迹间的“多元”和谐共存[J]. 建筑学报, 2008(1):80.
LE Min-cheng. "Establishing Multiple Code", realizing multivariate and harmonious coexistence between high-tech and historic relics[J]. Architectural Journal, 2008(1):80.
- [3] 符全胜, 盛昭瀚. 中国文化自然遗产管理评价的指标体系初探[J]. 人文地理, 2004, 19(5):50-54.
FU Quan-sheng, SHENG Zhao-han. The identification of the criteria and indicators for the mangement performance appraisal in Chinese nature&culture heritage sites[J]. Human Geography, 2004, 19(5):50-54.
- [4] 李 娜. 历史文化名城保护及综合评价的 AHP 模型[J]. 基建优化, 2001(1):46-50.
LI Na. The protection of historical and cultural cities as well as AHP model of comprehensive zvaluation[J]. Optimization of Capital Construction, 2001(1):46-50.
- [5] 张钦楠. 特色取胜——建筑理论的探讨[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.
ZHANG Qin-nan. Succed by characteristic - discussion of architectural theory[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2005.
- [6] 张复合. 北京近代建筑的研究与保护[J]. 城市问题, 2000(2):37-38.
ZHANG Fu-he. Research and protection of modern building in Beijing[J]. Problems of the Urban, 2000(2):37-38.
- [7] 邹德侗. 中国现代建筑史[M]. 天津:天津科学技术出版社, 2001:247.
ZOU De-nong. The History of Chinese Modern Architectural[M]. Tianjin: Tianjin Science and Technology Press, 2001:247.
- [8] 蔺宝钢, 焦海洲, 张晓瑞, 等. 一种预应力钢筋大跨度石材构件: 中国, ZL 2008 2 0228528.0[P]2009. 12. 9.
LIN Bao-gang, JIAO Hai-zhou, ZHANG Xiao-rui, et al. a long-span prestressed reinforced stone component ; China, ZL 2008 2 0228528.0[P]2009. 12. 9.

The technology revolution and practice of long span traditional pure stone structure

——With Baoji's New Administration Square “pure stone archway” as example

ZHANG Xiao-rui^{1,2}, LIN Bao-gang^{1,2}, JIAO Hai-zhou¹

(1. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China;

2. State Key Laborotary of Architecture Science and Technology in West China (XAUAT), Xi'an 710055, China)

Abstract: Solidity is not only essential to an architecture existing. It is also the user's safe guarantees. The advanced structure technology constituted the dominant force promoting the rapid development of construction engineering. By changing the stress distribution, state and property of stone component cross-section through the pre-stressed technique so as to meet the specification of the safety standards, and improving the stone cold brittleness so as to broaden the scope of application of stone. Meanwhile, by combining the pre-stress technique and the traditional mortise and tenon technique, problem that the stone as a building material can not be used in the large-span load-bearing component is overcome and this, it can provide a theoretical basis for the implementation of such projects.

Key words: stone structure; long span; pre-stressing technique

Biography: ZHANG Xiao-rui, Architectural Engineer, Candidate for Ph. D., Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-29-82205868, E-mail: jiandalanfeng@126.com