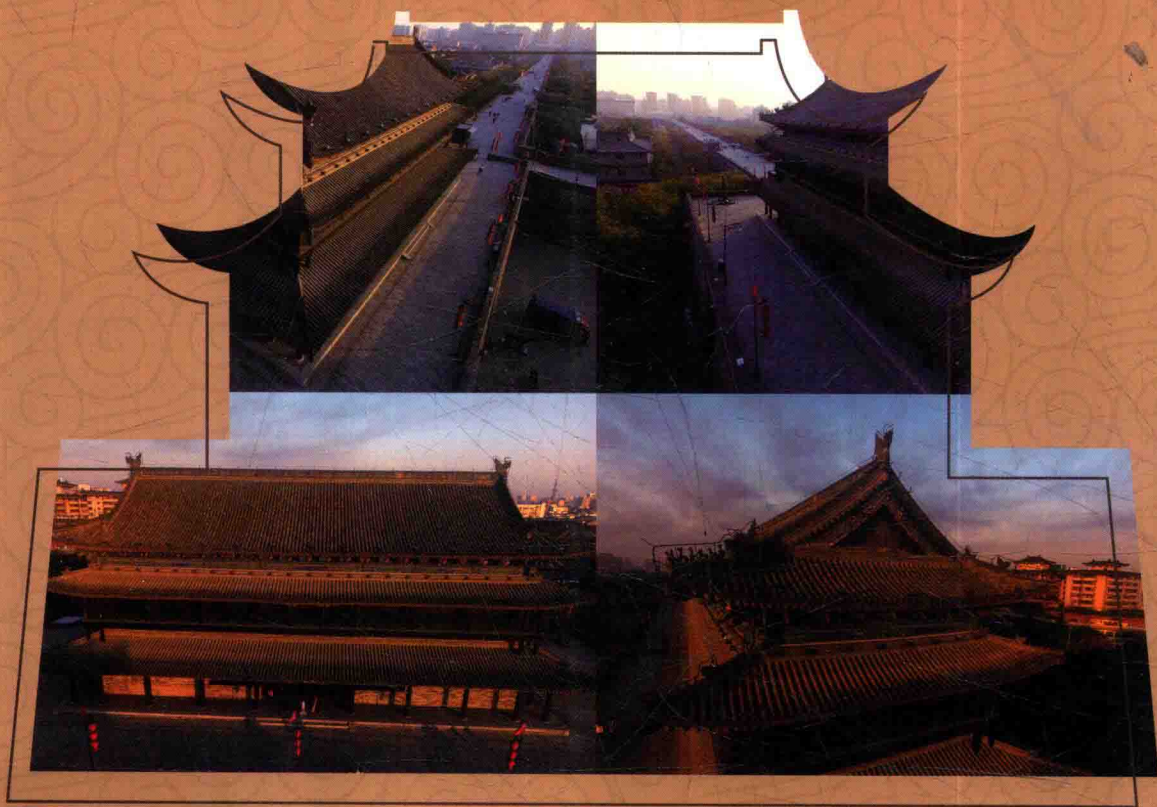


# 西安城墙安定门城楼 保护研究

高宗祺 田鹏刚 朱武卫 张风亮 等 著



科学出版社

# 西安城墙安定门城楼 保护研究

高宗祺 田鹏刚 朱武卫 张凤亮 等 著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书系统介绍了西安安定门城楼的历史沿革和保护研究现状。通过现场调查及检测,对安定门城楼下部基础、上部承重结构和围护结构的残损病害情况进行了详细描述。研究中对安定门城楼基础、上部承重结构进行了安全稳定性评估,对安定门城楼围护结构进行了安全评估,对安定门城楼进行了振动测试评估。基于城楼承重木构架的现状,书中对倾斜木构架稳定性进行了理论分析。最后,根据安定门城楼木构架目前出现的问题,结合理论分析及工程经验,提出了相应的保护方案及设计方法。

本书可供文物主管部门、文物使用部门、文物科研院所和各大高校相关专业的科研人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

西安城墙安定门城楼保护研究 / 高宗祺等著. —北京: 科学出版社, 2018.8

ISBN 978-7-03-058520-2

I. ①西… II. ①高… III. ①城墙—古建筑—保护—研究—西安 IV. ①K928.77

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第184333号

责任编辑: 任加林 / 责任校对: 王 颖  
责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 东方人华

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2018年8月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2018年8月第一次印刷 印张: 20 3/4

字数: 406 000

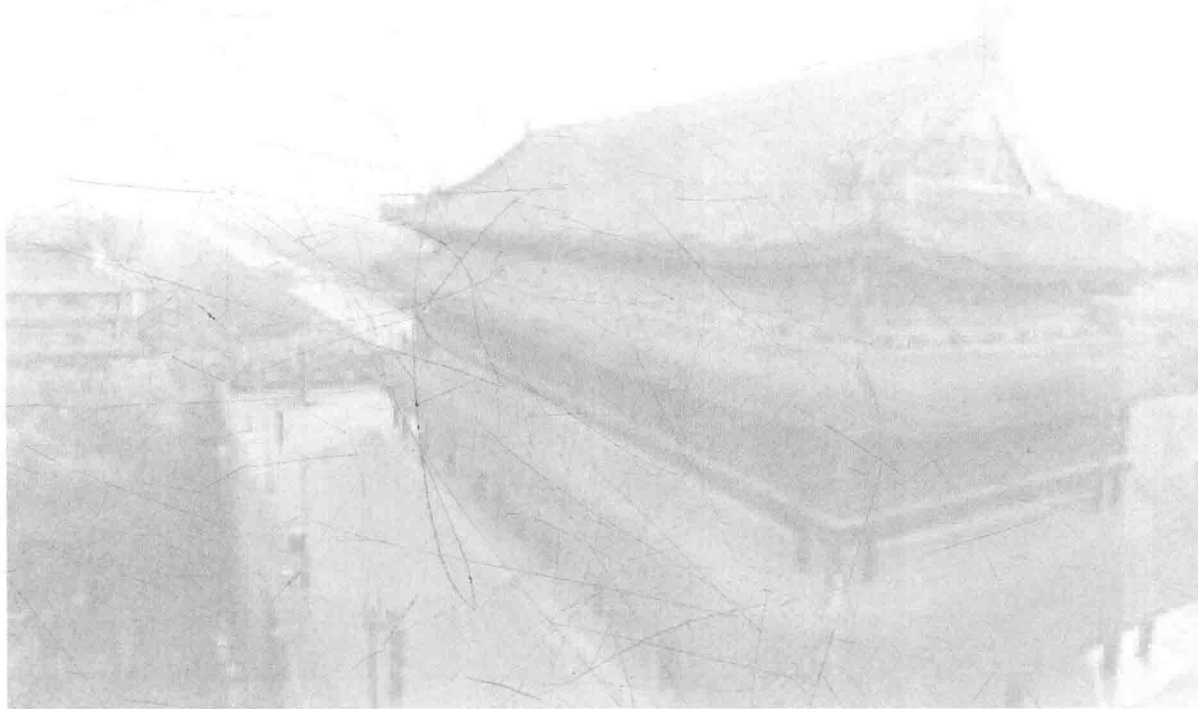
定价: 220.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<骏杰>)

销售部电话 010-62136230 编辑部电话 010-62139281 (BA08)

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303



## 前言

木结构古建筑是历史发展的见证和民族文化兴衰潮汐之影映，是不可再生的珍贵文化资源，具有极高的历史、文化、艺术和科学价值，现存的木结构古建筑已成为各国乃至世界的重要文化遗产。同时，木结构古建筑的合理保护和传承对当地文化建设、经济发展具有重要的促进作用。

在漫长的历史岁月中，由于材料（木材）自身的缺陷，如含水率变化导致木材翘曲开裂、易燃、蠕变、木节的存在、易腐朽老化等，以及外界因素，如地基的不均匀沉降、虫蛀、地震、战火、风雨侵蚀、地面交通及地下轨道交通等自然力和人为的破坏，再加上多年来对其保护不够重视、年久失修，使得这些现存木结构古建筑处于结构体系破坏、多种病害缠身、险情不断发展甚至潜伏坍塌的危险状态，其健康和安全状况极为恶劣。但基于木结构古建筑的复杂性和特殊性，检测难度和修复工作量都较大；且由于历史原因，我国在木结构古建筑病害检测与监测技术、古建筑安全性鉴定及评价指标、评价技术和评价标准、古建筑耐久性和修缮维护技术等方面研究较少，以致对大多数具有宝贵价值的古建筑的健康状况、安全水平和耐久性能缺乏了解，没有一套完整且成熟的木结构古建筑安全性、耐久性评估和维护保护等关键技术和理论体系。

鉴于此现状，本书以西安城墙安定门城楼为范例，将项目组多年来积累的文物保护经验做一总结，详细介绍了木结构古建筑检测鉴定流程、内容、方法、评估标准，健康监测流程、内容、方法、评估标准，以及相应的理论分析及保护对策，奉献给读者，希望能起到抛砖引玉的效果。



本书紧密结合我国现行的检测、鉴定、监测、文物保护和加固技术标准以及规范，系统总结了有关古建筑木结构保护的先进研究成果和工程经验，逻辑合理，条理清晰，内容全面，由浅入深，应用价值高。

本书由陕西省建筑科学研究院有限公司高宗祺、田鹏刚、朱武卫、张凤亮、边兆伟、戴军、贲作义、史继创，西安理工大学卢俊龙，西安城墙管理委员会刘冬、刘海、孙信昌、刘相辰共同撰写；由高宗祺统稿并校阅全书。书中反映了作者及项目组全体成员的研究成果。本书能得以顺利完成，还要感谢关心古建筑保护研究的诸多前辈们，他们对本书的内容提出了不少宝贵意见，在此向他们表示深切的谢意。

本书在编写过程中参考了大量国内外文献、同类教材和著作，在此一并致谢。

希望本书能为读者的学习和工作提供帮助。限于作者水平，书中难免有不妥之处，敬请同行专家及广大读者批评指正。

# 目录

<b>第 1 章 安定门城楼概述</b>	<b>1</b>
1.1 安定门城楼基本概况	1
1.2 西安城墙历史沿革	2
1.3 安定门城楼历史沿革	2
1.4 西安城墙城楼保护研究现状	4
<b>第 2 章 安定门城楼现状</b>	<b>5</b>
2.1 基础现状	5
2.1.1 高台基（瓮城东城墙）现状	5
2.1.2 台明现状	26
2.2 上部承重结构现状	45
2.2.1 承重木构架现状	45
2.2.2 斗拱损伤调查	85
2.2.3 木楼板及木楼梯检测	125
2.3 围护系统现状	127
2.3.1 围护墙体现状	127
2.3.2 屋面围护系统现状	130
<b>第 3 章 安定门城楼基础检测与监测</b>	<b>133</b>
3.1 高台基墙体裂缝宽度变化监测	133
3.2 高台基海墁平整度检测	137
3.3 高台基垛墙垂直度和表面平整度检测	140
3.4 高台基包砌砖倾斜率及表面相对鼓胀量检测	146
3.5 高台基沉降观测	148
3.5.1 基准点及观测点布置	148
3.5.2 沉降观测技术要求	148

3.5.3 观测仪器 .....	150
3.5.4 沉降变形观测成果 .....	151
3.6 高台基安全性评价 .....	161
3.7 台明、室内地面平整度检测 .....	162
3.8 台明垂直度检测 .....	163
3.9 承重木构架(柱础石)沉降观测 .....	165
3.9.1 基准点及观测点布置 .....	165
3.9.2 沉降观测仪器 .....	166
3.9.3 沉降变形观测成果 .....	167
3.10 台明安全性评价 .....	174

#### **第4章 安定门城楼上部承重结构检测与监测 .....** 176

4.1 承重木柱位形状态检测 .....	176
4.2 承重木构件内部缺陷应力波测试及阻抗测试 .....	181
4.3 梁、枋挠度变形检测 .....	186
4.4 屋架梁侧向弯曲变形检测 .....	189
4.5 承重木构架柱脚连接情况检测 .....	191
4.6 承重木构架变形监测 .....	193
4.6.1 承重木构架水平变形监测 .....	193
4.6.2 承重木构架拔榫量监测 .....	239
4.7 二层木楼板楞木挠曲变形及侧向弯曲变形检测 .....	262
4.8 木楼梯及楞木微钻阻力内部缺陷检测 .....	263
4.9 楞木连接情况检测 .....	263
4.10 上部承重结构安全性评价 .....	264

#### **第5章 安定门城楼围护结构及防护措施检测 .....** 268

5.1 围护墙体损伤情况检测 .....	268
5.2 檩条挠曲变形检测 .....	270
5.3 椽子与檩条连接情况检测 .....	272
5.4 防护措施检测 .....	272
5.5 围护结构安全性评价 .....	272

**第6章 安定门城楼结构振动测试** ..... 273

6.1	依据标准	273
6.2	测试目的、仪器设备与参数设置	273
6.2.1	测试目的	273
6.2.2	仪器设备	273
6.2.3	仪器参数设置	274
6.3	振源状况调查	274
6.4	弹性波在古建筑木结构中的传播速度测试	275
6.5	测点布置及测试内容	276
6.5.1	测点布置	276
6.5.2	测试内容	277
6.6	测试结果	278
6.6.1	数据采集	278
6.6.2	结构动力特性分析	278
6.6.3	动力响应分析	283
6.6.4	测试结论	287

**第7章 安定门城楼木构架基于摇摆柱原理抗侧分析** ..... 289

7.1	木构架受力机制分析	289
7.1.1	柱脚和柱头的受力机制	290
7.1.2	榫卯节点的受力机制	291
7.2	燕尾榫柱架水平荷载作用下的抵抗弯矩计算	292
7.2.1	柱头和柱脚的抵抗弯矩	292
7.2.2	榫卯节点的抵抗弯矩	295
7.3	燕尾榫柱架抵抗弯矩试验验证	296
7.4	柱架抗侧刚度公式拟合	297
7.5	小结	299

**第8章 安定门城楼榫卯节点加固保护性能分析与设计方法** ..... 300

8.1	概述	300
8.2	碳纤维布加固残损节点的破坏形态	300



8.2.1	碳纤维布加固残损节点的方法	300
8.2.2	碳纤维布加固残损节点的破坏形态	302
8.3	碳纤维布加固残损节点的抗弯承载力计算	305
8.3.1	计算基本假定	305
8.3.2	材料的本构关系	306
8.3.3	碳纤维布加固残损榫卯节点抗弯承载力计算方法	306
8.3.4	影响参数分析	307
8.4	碳纤维布加固残损榫卯节点的设计建议	309
8.4.1	碳纤维布加固设计的基本原则	309
8.4.2	碳纤维布加固设计计算公式及步骤	309
8.4.3	碳纤维布加固设计公式尚应继续深入考虑的几个方面	312
8.5	铁件加固残损节点的破坏形态	312
8.5.1	铁件加固残损榫卯节点的方法	312
8.5.2	铁件加固残损榫卯节点的破坏形态	313
8.6	扁钢加固残损榫卯节点的抗弯承载力计算	314
8.6.1	扁钢加固残损榫卯节点区破坏截面的受力阶段	314
8.6.2	计算基本假定	315
8.6.3	计算方法	315
8.7	扁钢加固榫卯节点设计建议	316
8.7.1	扁钢加固设计的基本原则	316
8.7.2	扁钢加固残损榫卯节点设计计算公式及步骤	316
8.7.3	扁钢加固设计公式尚应继续深入考虑的几个方面	319
8.8	小结	319

# 第 1 章 安定门城楼概述

## 1.1 安定门城楼基本概况

西安城墙安定门城楼（图 1.1 ~ 图 1.4）位于西安市莲湖区西大街与环城西路十字路口东侧，坐落在约 12m 高的西安明代古城墙之上，建于 1370 ~ 1378 年。城楼坐东向西，平面呈长方形，两层，总高度约 19.33m，面阔 7 间，进深 2 间，通面阔 37.57m，通进深 15.15m，占地面积约 694.6m<sup>2</sup>，建筑面积约 1389.2m<sup>2</sup>。穿斗式木构架，七檩带前后廊、两山廊。歇山式屋顶，灰陶筒瓦屋面及屋脊。一层条砖十字缝地面，青砖加阶条石砌筑台明，台明高度约 0.45m。一层围护墙身青砖垒砌，未采取粉刷措施。一层前、后檐安装长方形木质门窗，南、北稍间设木楼梯直达二层。二层为木楼板地面，四周均安装长方形木质门窗，外侧挑廊设置木栏杆，木栏杆高度约 0.9m。

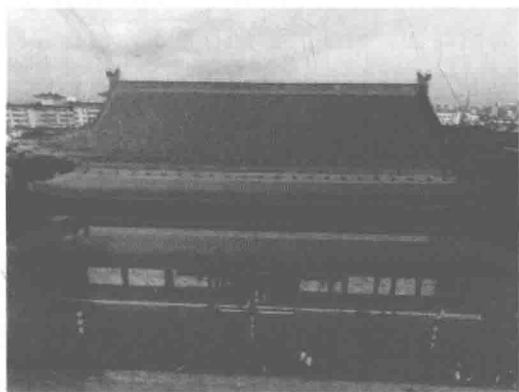


图 1.1 安定门城楼正立面



图 1.2 安定门城楼背立面



图 1.3 安定门城楼北立面



图 1.4 安定门城楼南立面

## 1.2 西安城墙历史沿革

西安城墙是我国古代城垣建筑中保留至今较为完整的一处。它的建筑历史，可以追溯到 1400 多年前的隋开皇二年（582 年）兴建的都城大兴城。唐代在此基础上，又修造了它的都城长安城，其外郭城南北长 8470m，东西宽 9500m，是当时世界上最大的城垣之一。天祐元年（904 年），节度使韩建对长安城进行了改建，为利于防御，放弃了原有的外郭城及宫城，将百官衙署所在的皇城重加修整。以后历经五代、宋、金、元各朝修缮，一直保持了隋唐奠定的形制。今日之西安城，就是明代在此基础上增修的。现存西安城墙于明代初在唐长安城皇城基础上建成，是中国保存最完好的古代城建筑，也是世界上现存规模最大、最完整的古代军事城堡设施。西安明城墙初拓于洪武三年（1370 年），洪武七年（1374 年）正式筑城，由西安府长兴侯耿炳文负责在隋唐皇城基础上进行扩建，于洪武十一年（1378 年）竣工。增修的西安城，西、南两面沿用了唐朝韩建建筑时的皇城旧垣，东、北两面向外扩展约 1/4。城墙周长为 14 112m，其中东墙 2886m，西墙 2708m，南墙 4256m，北墙 4262m。墙高 12m（包括垛墙），顶宽 12 ~ 14m，底宽 15 ~ 18m。厚度大于高度，稳固如山。城墙的顶层宽 12 ~ 14m，可以并行 12 辆马车及士兵操练。在墙顶内侧建有高 0.75m、厚 0.45m 的宇墙，称为内女墙；在外沿内侧筑有高 1.75m、厚 0.51m 的垛墙，称外女墙。墙身均为夯土筑成，内侧土面，外侧砖面，砖面底部砌有基石。包砖厚度靠基石处为 2m，递减而上，顶部厚 1m 许。由于历代修葺，因而城砖规格不一，有明砖，也有清砖。明砖包在里层，一般长 33cm、宽 18cm、厚 5cm；清砖较明砖大，砌于城表，长 45cm、宽 22cm、厚 10cm。城墙顶部还有一层坚实的三合土板层，厚 20cm，土层上再砌两三层砖面。为及时排水，城墙内侧每相距 60 多 m 设有一道砖石结构的大型排水槽，从城顶直通城下。为便于登城，在城楼和城墙线上分别筑有坡状登城马道。四门城楼西侧各有一处，也已毁坏；四周城墙线上原有六处，现存三处。这些马道，均呈底边长 100m、顶边长 10m、斜边宽 6m 的等腰梯形。斜边坡道，一边贴于城墙，一边设有护墙，登坡处原设有红色大门。城墙外侧有凸出城外的角台和敌台。并有城墙垛口 5984 个，墙下有 30 多 m 宽的护城河。它沟深高垒，是一个布局严整、坚固难摧的防御工事。全城以钟楼为中轴，形成以钟楼为指挥中枢的防卫体系。通过东、西、南、北四条大街辐射向四座城门，即东为永乐门，西为安定门，南为永宁门，北为安远门，每门门楼原有三重：城楼、箭楼和闸楼。目前仅南门存在三重楼，东门和西门保存有箭楼和城楼，北门仅存箭楼。城楼在里，四周围墙；箭楼在中，闸楼在外。箭楼与闸楼之间的围墙是为瓮城。

## 1.3 安定门城楼历史沿革

安定门为西安城墙正西门。最早是唐皇城西面中门，唐末韩建缩建新城时被保留下来。明代扩建城墙时位置略向南移，取名安定门，寓意西部边疆安泰康定。安定门西门建于明

洪武七至十一年（1374 ~ 1378年）。明代扩建城墙时位置略向南移，取名安定门。这座城门目前有城楼和箭楼两重门楼。城楼居里，箭楼向外。门楼下均有拱券式门洞，洞高宽为6m。城楼与箭楼之间有方形瓮城，平时是出入通道，战时是防守要地。现城楼北侧是1992年修建的观望台，供游客参观，属国家重点文物保护单位。西门箭楼是我国迄今为止保存最完整的古城堡。

明万历十九年刊本《陕西通治》卷首省会图和卷三建置记载，西安安定门城楼与西安城墙为同一时期建造；另据《明实录·太祖实录》和《大明一统志》明嘉靖刊本记载西安城墙是明洪武三年至十一年（1370 ~ 1378年）改建完善的，改建加固后的西安城墙，西墙和南墙均利用唐皇城原城墙，向北、向东外扩建而成。正如康熙刊本《咸宁县志》记，“今城西、南两面，俱即皇城之旧。”而安定门城楼则是在皇城城墙西墙顺义门旧址修建而成的，从发掘出唐代柱础可以为证<sup>[1]</sup>。

从康熙刊本《咸宁县志·艺文》所载明嘉靖五年（1526年），安定门城楼因年久失修，梁、柱多损，桁倾斜，同年农历正月十二日陕西巡抚王荇命工匠修四门城楼，约半年时间修缮完成，明隆庆二年（1568年）都御史张祖对西安城墙及四门瓮城、城上建筑进行了大规模的修复加固，安定门城楼也在修复加固之内。

据民国刊本《续修陕西通志》记载，乾隆三十八年（1773年）毕沅任陕西巡抚，当时西北地区以田五为首的甘肃回民起义波及西安地区。乾隆四十五年（1780年）其上书修复加固西安城墙，乾隆四十七年（1782年）毕沅开始大规模修葺西安城墙及城上设施，当时安定门城楼也在修复之列，这次维修主要是城墙进行外壁包砌。

这次整修后，城墙又经历了一百多年，在咸丰年间西安地区发生地震。据民国刊本《咸宁、长安两县续志》记载，这次地震使城墙和城上建筑多处受损，为此清咸丰七年（1857年）陕西巡抚曾生颜再次修葺西安城墙及城上设施，安定门也进行了全面修复。

民国时期陕西关中地区战乱不止，西安安定门瓮城长期驻军，据西安档案馆存《1935 ~ 1938年民国西安地区档案》中零星和修缮前的状况记载，在此期间为防止日本飞机轰炸，对城楼用旧城砖包砌加固改变了门窗，锯掉二层平座木结构，严重破坏了该城楼咸丰年间大修后的风貌。

中华人民共和国成立以后，20世纪50、60年代城楼为驻军办公室，1965年以后为省图书馆书库，曾对楼梯进行了改造，70年代为消防队的库房。1979年西安城墙管理所成立后，于1981年收回，置于文物管理部门管制，1979年曾对安定门城楼外延进行了油漆彩绘。

西安城墙是研究古代军事防御体系和建筑技术的重要实物资料，为了保护这一无以伦比的历史文物，从1979年开始西安市城墙管理委员会对城墙进行了大规模补修，翻新加固了城楼、箭楼，恢复了城上的魁星楼和几十座敌楼，疏通了护城河，使古城墙散射出夺目的光彩。

## 1.4 西安城墙城楼保护研究现状

西安城墙、城楼、箭楼保护研究工作伴随着我国建筑学、历史学、考古学及结构力学等学科同步发展。20世纪80年代以来,西安交通大学、清华大学、长安大学、中国科学院力学研究所、宁波大学、上海交通大学等以西安明代箭楼、城楼和西安古城墙为代表的砖-土结构的结构力学特性进行了一系列研究,得到了关于古建筑结构(如斗拱、结构非线性、榫卯节点的接触力学特性、古代夯土、高台基、古城墙等)力学特性的新认识。20世纪80年代至今,西安城墙陆陆续续展开了城墙复原、豁口连接(1995年朝阳门连接工程、1995年玉祥门豁口连接工程和1995年尚武门连接工程)、敌楼、角楼复原(1996年四隅角楼修复和2002年两敌楼重建)等保护工程。2002年以来,陕西省建筑科学研究院、机械工业勘察设计研究院等科研院所逐步开展了西安城墙、城楼、箭楼动力特性及振动响应、沉降观测等一系列文物本体的健康监测工程,基于损伤理论,引入损伤演化概念,建立了西安城墙本体结构材料性能劣化及结构损伤评估模型,为文物本体的保护工作提供科学的理论依据。

## 第 2 章 安定门城楼现状

安定门城楼在 600 多年的使用过程中，由于木材本身具有易干裂和腐朽、虫蛀等特性，再加上长年累月的风吹雨打日晒、地震、战火、周边施工、地面交通以及行人的影响，使得安定门城楼的木构架产生了整体性倾斜变形，尤其是近年来随着人民生活水平的提高，私家车越来越多，地面交通产生的振动对安定门城楼结构本体产生了一定程度的影响，安定门城楼的稳定性每况愈下<sup>[2,3]</sup>。

近年来，项目组对西安城墙安定门城楼结构体系及材料开展系统性勘察研究（不包括壁画、彩绘等调查）。以下按基础、上部承重结构、围护系统三个子单元对城楼目前状态下的损伤情况进行描述和归纳。

### 2.1 基础现状

#### 2.1.1 高台基（瓮城东城墙）现状

安定门城楼高台基现状如图 2.1 ~ 图 2.6 所示。



图 2.1 安定门城楼高台基西立面

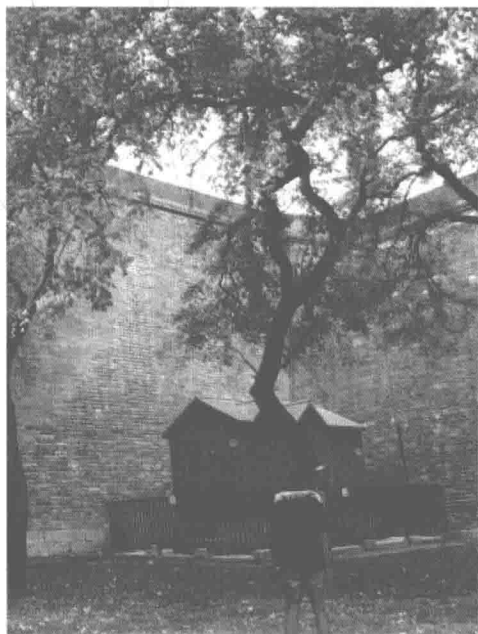


图 2.2 安定门城楼高台基北立面

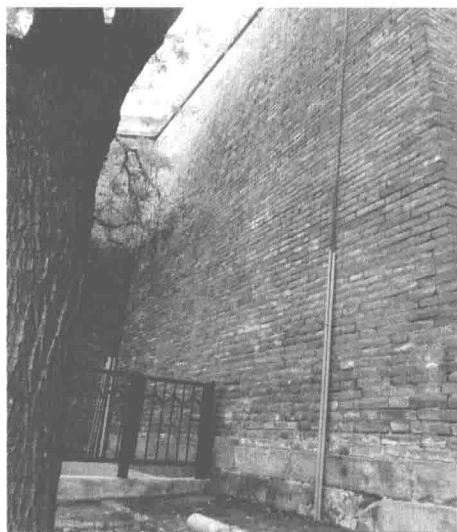


图 2.3 安定门城楼高台基南立面

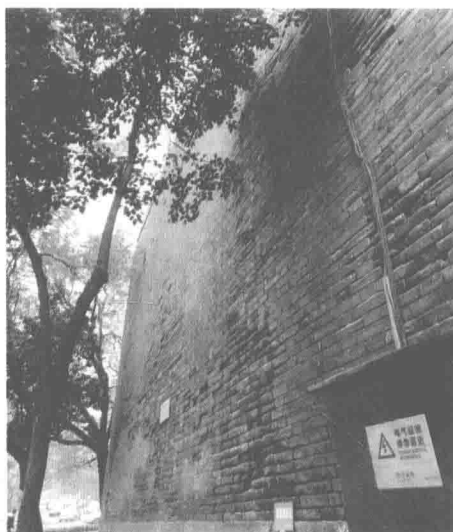


图 2.4 安定门城楼高台基东立面南段



图 2.5 安定门城楼高台基东立面中间段



图 2.6 安定门城楼高台基东立面北段

### 2.1.1.1 高台基建筑、结构情况

瓮城东城墙高台基作为安定门城楼的基础，其建筑、结构情况见表 2.1。

表 2.1 安定门城楼高台基建筑、结构情况

检测内容	检测位置	实测值/mm
建筑尺寸	券洞西侧高	5 713
	券洞西侧底部面阔	5 101
	城墙西侧北段底长	31 510
	城墙西侧北段高（不包括垛墙）	11 940
	城墙西侧南段底长	31 548
	城墙西侧南段高（不包括垛墙）	11 960
	券洞东侧高	9 061



续表

检测内容	检测位置	实测值/mm
建筑尺寸	券洞东侧底部面阔宽	6 064
	城墙东侧北段底长	35 610
	城墙东侧北段高(不包括垛墙)	12 080
	城墙东侧南段底长	35 605
	城墙东侧南段高(不包括垛墙)	12 160
	券洞底部进深	35 280
	城墙海漫宽(北侧)	32 500
	城墙海漫宽(南侧)	32 880
	城墙海漫长(西侧)	70 559
	城墙海漫长(东侧)	70 850
	城墙南侧高(不包括垛墙)	12 058
	城墙北侧高(不包括垛墙)	11 985
结构形式	外侧包砌条形青砖, 内侧设置拦土并填砌夯土	
外侧砖砌筑方式	顺丁相间式	
海漫砌筑方式	条砖十字缝式	
垛墙砌筑方式	全顺式	
砖砌块尺寸	45cm × 22cm × 10cm 条形青砖	



## 2.1.1.2 高台基墙体裂缝分布形态

现场采用钢卷尺、TS09plus1"R500 全站仪对安定门城楼高台基墙体裂缝分布形态（裂缝位置、长度、宽度、走向）进行了详细检测，裂缝分布位置及走向如图 2.7 和图 2.8 所示，裂缝的形态描述见表 2.2。

表 2.2 安定门城墙高台基墙体裂缝分布形态描述

检测内容	裂缝编号	裂缝位置（以裂缝下端基准）	裂缝最大宽度 /cm	裂缝长度 /m	裂缝走向
墙体西侧裂缝	1	距南端约 2.8m，距地面 4.9m	1.2	7.2	竖向裂缝
	2	距南端约 3.9m，距地面 3.7m	0.6	4.2	竖向裂缝
	3	距南端约 5.1m，距地面 1.9m	1.1	10.4	斜裂缝
	4	距南端约 9.8m，距地面 5.9m	0.9	6.1	竖向裂缝
	5	距南端约 7.9m，距地面 0.8m	0.8	12.5	斜裂缝
	6	距南端约 16.9m，距地面 1.2m	6.1	6.5	竖向裂缝
	7	距南端约 23.4m，距地面 1.7m	2.0	10.4	斜裂缝
	8	距北端约 28.7m，距地面 1.6m	1.3	10.1	斜裂缝
	9	距北端约 23.9m，距地面 5.2m	0.7	5.4	斜裂缝
	10	距北端约 23.0m，距地面 3.6m	0.8	8.0	竖向裂缝
	11	距北端约 21.7m，距地面 0.6m	0.5	9.3	竖向裂缝
	12	距北端约 17.8m，距地面 1.2m	0.3	10.6	竖向裂缝
	13	距北端约 13.4m，距地面 0.9m	0.6	10.6	竖向裂缝
	14	距北端约 11.3m，距地面 4.6m	0.5	4.7	竖向裂缝
	15	距北端约 8.3m，距地面 1.0m	2.5	11.2	斜裂缝
	16	距北端约 3.7m，距地面 2.0m	0.4	9.8	斜裂缝
墙体东侧裂缝	1	距北端约 1.7m，距地面 2.0m	1.5	10.2	竖向裂缝
	2	距北端约 10.0m，距地面 0.3m	1.5	11.8	竖向裂缝
	3	距北端约 26.2m，距地面 6.1m	0.3	3.6	竖向裂缝
	4	距北端约 28.9m，距地面 0.3m	3.0	2.8	阶梯型裂缝
	5	距南端约 28.7m，距地面 0.2m	2.8	3.1	阶梯型裂缝
	6	距南端约 26.2m，距地面 0.4m	3.0	11.9	斜裂缝
	7	距南端约 16.2m，距地面 1.3m	1.4	6.7	斜裂缝
	8	距南端约 14.9m，距地面 1.2m	3.0	9.3	斜裂缝
	9	距南端约 5.6m，距地面 1.4m	2.5	12.6	斜裂缝
	10	距南端约 0.9m，距地面 1.6m	2.0	11.2	竖向裂缝