

### 夯土古城墙保护加固设计规范

地方标准信息服务平台

2023 - 06 - 06 发布

2023 - 09 - 05 实施



## 目 次

前言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本规定 .....	2
5 加固设计要求 .....	3
6 设计文件编制要求 .....	5
附录 A（规范性） 夯土古城墙监测项目 .....	8

地方标准信息服务平台

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由河南省文化和旅游厅提出并归口。

本文件起草单位：河南省文物建筑保护研究院、中原工学院、河南省文物建筑保护设计研究中心、河南裕达古建园林有限公司、黄河勘测规划设计研究院有限公司、河南省豫华建设工程检测有限公司。

本文件主要起草人：任克彬、李新明、付力、刘晨辉、刘松丽、蒋桂芹、郑文举、尹松、王志留、李丹丹、袁林君、武迪、刘鹏飞、贾亚垒、黄家宁、郭砚睿。

地方标准信息服务平台

# 夯土古城墙保护加固设计规范

## 1 范围

本文件规定了夯土古城墙保护加固设计的基本规定、术语和定义、加固设计要求、设计文件编制要求。

本文件适用于夯土古城墙保护加固的工程设计。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 50123 土工试验方法标准
- GB 50330 建筑边坡工程技术规范
- WW/T 0039 土遗址保护试验技术规范
- WW/T 0040 土遗址保护工程勘察规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

#### 夯土古城墙

以土质材料为主，经过夯筑形成的具有历史、艺术、科学、社会和文化价值的墙体遗存。

### 3.2

#### 砌补

采用砌筑措施对夯土古城墙实施稳定性加固技术。

### 3.3

#### 夯补

采用夯筑措施对夯土古城墙实施稳定性加固技术。

### 3.4

#### 裂隙灌浆

将浆液注入夯土古城墙裂隙，提高城墙稳定性的加固措施。

### 3.5

#### 锚杆

加固夯土古城墙土体，提高其整体稳定性，具有一定强度的杆件。

### 3.6

#### 土钉

加固或连结夯土古城墙浅层土体的细长杆件。

### 3.7

#### 锚固

运用锚杆、土钉将不稳定土体锚在相对稳定的基体或土体上的加固措施。

### 3.8

#### 植物治理

采取清理威胁夯土古城墙安全的植物和采用植物防护技术防止或减缓夯土古城墙水土流失的综合措施。

## 4 基本规定

### 4.1 设计基础资料

夯土古城墙加固设计应提供以下基础资料：

- 夯土古城墙价值评估及历代修缮资料；
- 夯土古城墙保护工程勘察资料；
- 类似夯土古城墙保护工程经验资料；
- 保护规划、考古及相关研究报告；
- 前期保护试验及效果评估资料；
- 施工条件的有关资料。

### 4.2 设计原则

- 4.2.1 不改变夯土古城墙原状原则和最低限度干预原则。
- 4.2.2 坚持原材料、原形制、原工艺、原做法的“四原”原则。
- 4.2.3 新材料和新技术的安全应用原则。
- 4.2.4 抢救性与预防性保护相结合原则。
- 4.2.5 动态设计原则。

### 4.3 设计阶段

- 4.3.1 夯土古城墙保护加固设计一般分为两个阶段：方案设计阶段和施工图设计阶段。
- 4.3.2 方案设计阶段应通过多种方案的论证和比选，确定出合理可行的保护方案。
- 4.3.3 施工图设计阶段应通过对工程方案细化和完善，确定出符合要求、切实可行的施工技术措施。

### 4.4 抗震设防

- 4.4.1 地震作用和抗震措施均应符合本地区抗震设防烈度的要求。
- 4.4.2 抗震设防烈度低于7度时，对市县级文物保护单位和未定级的夯土古城墙可不进行地震作用计算。

### 4.5 设计安全系数

- 4.5.1 夯土古城墙设计时，宜根据夯土古城墙残损现状和周边环境，以破坏后果的严重程度为标准，分段划分安全等级。夯土古城墙安全等级见表1。

表1 夯土古城墙安全等级

安全等级	破坏后果
一级	夯土古城墙破坏对其文物价值或周边生产生活的影响很严重
二级	夯土古城墙破坏对其文物价值或周边生产生活的影响严重

4.5.2 夯土古城墙设计安全系数见表2。安全等级为一级时，安全系数应适当提高。

表2 夯土古城墙设计安全系数

夯土古城墙等级	全国重点文物保护单位	省级文物保护单位	其他
安全系数 $k$	$1.15 < k \leq 1.30$	$1.10 < k \leq 1.15$	$1.05 < k \leq 1.10$

4.5.3 夯土古城墙稳定性评价应根据遗址土的特性，类比相似土体进行稳定性计算和评价。

4.5.4 稳定性分析时，遗址土参数应考虑夯土古城墙的文物属性及其材料的非均质、各向异性和耐久性。

## 5 加固设计要求

### 5.1 砌（夯）补

5.1.1 砌（夯）补设计应包括以下内容：

- a) 确定砌（夯）补范围；
- b) 确定砌（夯）补材料及其施工工艺参数；
- c) 确定加筋及锚固方案；
- d) 编制砌（夯）补施工技术要求；
- e) 砌（夯）补稳定性监测设计。

5.1.2 砌（夯）补主要用于夯土古城墙局部缺失和失稳的部位。

5.1.3 应综合土性类别、矿物成分、颜色等采用与原夯土一致或近似的砌（夯）补材料。采用改性材料时需提供配合比。

5.1.4 砌（夯）补材料宜采用水稳性好且冻胀敏感性小的材料，易溶盐含量应小于0.5%。

5.1.5 砌（夯）补部分应分层、分段施工，与原城墙连接紧密。

5.1.6 砌（夯）补夯层厚度应与原夯土古城墙保持一致。砌（夯）补的干密度和强度应不小于未风化城墙土。

5.1.7 设计参数根据夯土古城墙形制特点、现场施工条件和试验段数据综合确定。施工中应严格控制含水量和干密度，并加强养护。

5.1.8 砌（夯）补部分应在下层干密度经测试合格后方可进行上层施工。干密度测试按照 GB/T 50123 的灌砂法要求执行。

5.1.9 砌筑浆液宜采用水性材料，黏度和初凝时间适中，结石体强度应略高于未风化城墙土，结石体颜色应和城墙保持一致。

5.1.10 砌（夯）补部分应基础牢靠，充分考虑预留沉降和沉降控制。

5.1.11 砌（夯）补部分需要时可加筋，加筋材料宜采用木质或有机纤维材料，加筋可按照层间距 20 cm~50 cm，筋间距 10 cm~20 cm 设计，特殊情况根据实际可增减。

5.1.12 砌（夯）补体确需与夯土古城墙土体进行锚固连接时，锚杆设置参照 5.3 设计。

- 5.1.13 砌（夯）补部分宜预埋灌浆管，待砌筑体沉降稳定后进行灌浆。
- 5.1.14 砌（夯）补部分宜做适当表面处理，使之与墙体现存风貌相协调。

## 5.2 裂隙修复

### 5.2.1 裂隙修复设计应包括以下内容：

- a) 确定裂隙修复范围；
- b) 明确裂隙修复材料的性质和施工工艺参数；
- c) 编制裂隙修复的施工方案；
- d) 裂隙修复效果监测及工程安全评价。

### 5.2.2 裂隙修复包括裂隙表面封堵和裂隙灌浆。

### 5.2.3 裂隙表面封堵主要用于夯土古城墙表面宽度和深度较小的裂缝。

### 5.2.4 裂隙灌浆主要用于影响夯土古城墙安全的裂隙。灌浆应根据裂隙类型、性质及出现的部位进行设计，选择适宜的灌浆材料、施工方案。

### 5.2.5 裂隙表面封堵材料应选用与原夯土一致或近似的材料，施工工艺参数应根据现场试验结果确定。

### 5.2.6 灌浆材料应选用收缩性小、流动性好的无机材料，兼顾强度与适宜性、施工可操作性，并有较好的耐候性。

### 5.2.7 灌浆施工前应选取城墙附近与城墙土体材料性质相同、地形相近的非城墙区域进行现场灌浆试验，验证施工方案的可行性和调整优化设计参数。

### 5.2.8 结石体的强度应比城墙未风化土体的强度略高，透气、透水性可比城墙未风化土体略小。

### 5.2.9 浆液初凝时间宜为 45 min~60 min。

### 5.2.10 灌浆管布置可根据类似工程经验设计，并应通过现场灌浆试验调整。

### 5.2.11 灌浆压力的选择应首先考虑保证墙体安全，可根据类似工程经验设计，并应通过现场灌浆试验调整。

## 5.3 锚固

### 5.3.1 锚固设计应包括以下内容：

- a) 确定锚固范围和锚固深度；
- b) 选择锚固方式和材料；
- c) 确定锚固数量，选择布置方式；
- d) 确定锚杆结构型式及各项参数；
- e) 编制锚固技术要求；
- f) 锚固效果监测设计。

### 5.3.2 锚固主要用于局部失去粘聚力且有明显位移的夯土古城墙。

### 5.3.3 锚固应按隐蔽工程的相关要求设计。设计过程中应充分考虑锚杆的特性、锚杆与夯土古城墙结构体系的稳定性及施工可行性。

### 5.3.4 锚固材料的设计要求：

- a) 锚固可采用锚杆、土钉，锚杆宜选用全长粘结性锚杆，不应采用击入型土钉。筋材可采用木质、纤维类等材料，筋材材质的选择应与土体材料匹配；
- b) 锚固体安全系数应符合 GB 50330 的有关规定；
- c) 对可能被腐蚀的锚杆，使用前应进行防腐处理；
- d) 锚固注浆材料选用应符合 5.2 的相关规定；
- e) 注浆浆液应搅拌均匀，随搅随用，并在初凝前用完，严防杂物混入浆液；
- f) 浆体强度检验用的试块每 30 根锚杆不应少于一组，每组不应少于 6 个试块；



- g) 锚杆材料及黏结、灌浆、防腐材料应具有出厂合格证、试验报告单等资料，其性能指标应符合设计要求。

#### 5.4 植物治理

##### 5.4.1 植物治理设计应包括以下内容：

- a) 植物清理范围；
- b) 植物防护设计；
- c) 植物日常养护。

5.4.2 植物清理主要用于威胁夯土古城墙安全和有碍观瞻的植物。

5.4.3 植物清理应遵循适度原则。清理前应评估植物对城墙土体的影响程度，并进行分类处理。

5.4.4 植物清理宜在秋季落叶后和春季发芽前进行，应优先采用人工或振动小的工具进行施工，灭杀植物根系应采用生态环保的药剂。

5.4.5 植物防护设计应遵循安全性、景观性和生态性原则。

5.4.6 植物选择应遵循适地适树原则。

5.4.7 夯土古城墙表面可采用植草固土。

5.4.8 夯土古城墙表面植物应易于做好日常养护工作。

#### 5.5 监测

5.5.1 监测设计主要用于对文物和人员有安全隐患的夯土古城墙部位。

5.5.2 监测应优先采用无损技术。监测布置应遵循必要、适度原则，不宜过度设计。

5.5.3 监测内容应包括夯土古城墙变形、环境以及施工中文物与人员的安全监测。

5.5.4 变形监测宜采用实时监测系统和人工监测系统相结合，变形监测项目见附录 A 表 A.1。

5.5.5 环境监测包括重点监测和一般监测，环境监测项目见附录 A 表 A.2。

### 6 设计文件编制要求

#### 6.1 方案设计文件

##### 6.1.1 方案设计说明的内容如下：

- a) 工程概述：介绍工程名称、地理区位、保护单位级别、工程性质、工程规模和设计范围等；
- b) 价值评估：阐明保护对象的历史、艺术、科学，以及社会和文化价值；通过价值评估，确定保护重点和设计方案；
- c) 设计依据：包括项目立项批准文件、勘察报告、设计委托书、设计合同、文物保护规划、考古资料及相关法律、法规、标准、规范等；
- d) 设计目标；
- e) 设计原则和指导思想：阐明设计所遵循的主要原则和指导思想；
- f) 工程性质：根据病害和问题确定工程性质，说明要达到的修复效果和景观效果，同一工程包含不同性质的子项工程时，要逐一说明；
- g) 工程范围和规模：工程规模要量化；
- h) 赋存环境和工程地质条件：与夯土古城墙保护加固有关的地质环境、气象环境等，与设计有关的岩土体工程参数等；
- i) 主要病害及评估：根据勘察报告，分析病害成因，进行综合评估，预测病害的发展趋势，按照 WW/T 0040 执行；

- j) 保护措施：通过多种方案论证和比选，提出保护加固的防治措施；必要时可作多种措施的方案比较，并提出推荐方案；采用新材料或涉及城墙安全的结构材料时，应有严格的技术要求和材料检测报告及质量标准说明，按照 WW/T 0039 执行；
- k) 分期计划及工程量；
- l) 施工及管理的建议要求；
- m) 安全监测要求。

#### 6.1.2 方案设计图纸的内容如下：

- a) 夯土古城墙总平面图：标明保护加固对象、分布位置等，图纸比例可选择 1:2000、1:1000、1:500；
- b) 保护措施图：结合三维激光扫描、倾斜摄影等新技术获取的夯土古城墙三维影像数据和传统测绘成果，标明反映技术措施所需要的平、立、剖面图、局部详图等，标注相关外围尺寸、详细尺寸、剖切位置、详图索引关系等，列出工程数量表；图纸比例可选择 1:200、1:100、1:50；局部详图比例 1:20 以上；
- c) 其它相关专业，如建筑、给水排水、电、消防、安防、环保、绿化等设计图纸，按各专业相关设计标准和技术规范执行；
- d) 对夯土古城墙影响较大的保护构筑物应有场地环境设计图、景观分析或景观效果图。

### 6.2 工程概算

工程概算书的内容应包括编制依据、编制说明、总概算表、单位工程概算书、其他工程费用概算书、单项工程综合概算书和主要材料表等。

### 6.3 施工图设计文件

#### 6.3.1 施工图设计说明的内容如下：

- a) 工程概述：说明工程名称、地理区位、保护单位级别、设计依据、工程性质、工程规模和设计范围等；
- b) 技术要求和工程做法：着重表述技术措施、材料要求、工艺操作标准及特殊处理手段、施工时对场地文物遗迹的保护要求等方面的内容；
- c) 保护加固材料说明：工程中所涉及的新材料、新技术应做专项说明，提供实验室试验数据和现场试验报告；
- d) 工程设计计算书；
- e) 施工过程中的夯土古城墙防护注意事项。

#### 6.3.2 施工图图纸的内容如下：

- a) 夯土古城墙总平面图：标明保护加固对象、分布位置等，图纸比例可选择 1:2000、1:1000、1:500、1:200；
- b) 保护措施图：应结合三维激光扫描、倾斜摄影等新技术获取的夯土古城墙三维影像数据和传统测绘成果，标明所有保护工程措施位置、工程数量的平、立、剖面图，图纸比例可选择 1:100、1:50；
- c) 工程结构图：标注详细尺寸的平、立、剖面图，图纸比例 1:20 以上；
- d) 各相关专业平、立、剖面图；
- e) 重要部位的节点大样图：标注详细尺寸、剖切位置、详图索引关系等；图纸比例 1:20 以上。

### 6.4 施工图预算

施工图预算书的内容应包括编制依据、编制说明、单位工程预算书、其他工程费用预算书、单项工程综合预算书、单价分析表、总预算表和主要材料表等。

地方标准信息服务平台

**附录 A**  
**(规范性)**  
**夯土古城墙监测项目**

夯土古城墙变形监测项目见表A.1，夯土古城墙环境监测项目见表A.2。

**表A.1 变形监测**

监测内容	监测方法	监测目的
城墙顶面水平位移	全站仪、光电测距仪	观测坡顶位移、变形发展情况
城墙顶面垂直位移	全站仪、水准仪	
城墙顶面建（构）筑物变形	全站仪、光电测距仪、水准仪	坡顶建筑物基础、墙面和整体的倾斜发展情况
城墙顶面/坡面裂缝	直尺、裂缝计	观测裂缝发展情况
被锚固体的变形	全站仪、光电测距仪、水准仪	监测锚杆的工作状态和锚固工程的安全状况

**表A.2 环境监测**

监测级别	监测内容	监测方法	监测目的
重点监测	降水 (降水强度、降水量、降水历程)	翻斗式雨量计	评估降雨对城墙土体的影响
	温度 (气温、土体内的温度)	气温计、土壤温度计	评判温度对土体劣化的影响
	土体含水量	土壤水分传感器	评估土体含水量对城墙土体的影响
一般监测	地下水位监测	人工测量	评判城墙排水措施的有效性
	河流水位监测	人工测量	评判河流的水位、水流变化对城墙稳定性的影响
	空气质量	空气质量监测仪	收集气象数据，监测赋存环境对夯土古城墙的影响
	风 (风向、风速)	小型气象站	
	湿度		
	日照 (日照时间、日照强度)		
植物	人工测量	评判植物对城墙土体的影响	