

洛阳隋唐城明堂遗址保护建筑绿色运用

王昌兴，徐珂，戴耀文，田立强
北京清城华筑建筑设计研究院，北京 100083；

[摘要] 洛阳市隋唐城明堂遗址建筑为古文物保护建筑。为体现古建保护及绿色运用，根据《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2006，该古文物保护建筑整体设计以不破坏古文物、施工可逆（拆除再安装）的绿色概念为原则，做到建筑构件工厂预制、构件现场拼接、可逆施工、材料二次利用及循环利用等。本文介绍项目在遗址保护建筑中的绿色运用，为其他遗址保护性建筑提供新的思路和解决方案。

[关键词] 遗址保护；绿色运用；构件预制；可逆施工；循环利用；

Construction design practice of Mingtang for the protection of the ruins of ancient buildings built in SuiTang Dynasty in

Luoyang City

Wang Changxing, Xu Ke, Dai Yaowen, Tian Liqiang

Beijing TSINGHUA URBAN PLANNING & Design Institute, Beijing 100083, China

Abstract: Luoyang city hall building and site for the conservation of antiquities buildings. As the embodiment of ancient architecture protection and green use, according to the *Green building evaluation criteria GB / T 50378-2006*, the conservation of antiquities building to design a whole without destroying the antiquities, construction (demolition and installation of reversible) the concept of green principle, accomplish building components factory prefabricated, component field splicing, reversible, two utilization and construction materials recycling utilization. This paper introduces the project in ruins protection building green application for other sites, protective construction with new ideas and solutions.

Keywords: Site protection; green using; reversible; construction; cyclic utilization;

洛阳市隋唐城明堂为武则天时期的神都洛阳皇宫正殿。明堂是在主要宫殿乾元殿址（即隋之乾阳殿）建造的殿堂，建成于公元 688 年。根据《唐会要-明堂制度》记载“垂拱三年毁乾元殿，就其地创造明堂，四年正月五日毕功。凡高二百九十四尺，东西南北各广三百尺。凡有三层，下层象四时，各随方色，中层法十二辰，圆盖，盖上盘九龙捧之，上层法二十四气，亦圆盖。”公元 695 年天堂发生火灾，延烧至明堂，两堂同毁于大火。

由于明堂和天堂损毁时间久远，经千年社会变迁，遗址处地上部分早已荡然无存，在地面覆土下仅留古夯土层和中心柱坑，中心柱坑于 1986 年进行了局部挖掘，柱坑为一上口直径 9.8 米圆坑，底径 6.16 米，距夯土面 4.06 米，坑底为四块大青石构成的巨型柱础，图 1。

明堂遗址于 1986 年进行局部发掘工作，根据洛阳唐城考古队介绍^{[1][2]}，明堂基址平面呈八边形，基址主要包括中心柱坑和外围六圈红褐色夯土殿基，六圈夯土

厚度不同，中圈厚外圈薄，夯土上无明显柱础痕迹，其航拍图见图 2，明堂北侧是隋乾阳殿和宋太极门遗址，遗址中心八角形建筑为文物部门于 1988 年在柱坑上修建的临时性保护房屋。图 3 是夯土分布情况及剖面情况，夯土厚度与上部房屋承重有一定关系，明堂夯土厚度变化，符合古建筑在立面上内高外低体形变化的荷载要求。



图1 中心柱坑图片

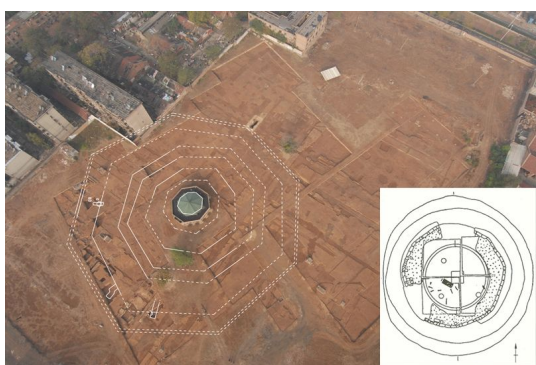


图2 明堂遗址航拍图

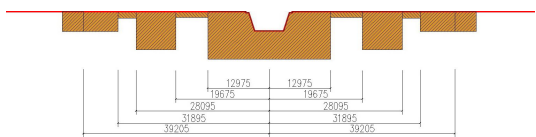


图3 明堂遗址夯土层剖面示意图

作为隋唐洛阳城大遗址的重要组成部分，明堂遗址具有重大的历史、文化、艺术、旅游及科学等价值。在资源匮乏的当今，提倡低碳绿色的时代，在保护性建筑设计和建设时，如何有效保护既有文物，并为将来的挖掘和再保护提供余地，设计时遗址保护建筑的绿色运用成为该遗址保护性建筑的主要目的。

1 节地与室外环境

隋唐洛阳城大遗址保护建筑设计时，考虑到其重要的历史、文化、科学价值，在维持现存遗址的地形地貌、减少场地建设投资和工程量、避免对遗址的破坏方面，具体设计和施工过程做如下考虑。

1.1 建筑场地设计与分析

明堂是在隋朝主要宫殿乾元殿址建造的殿堂，古代殿堂，尤其帝王殿堂的选址均通过古时候具有权威性的风水理论选址，在古代具有一定的科学性，另根据现代的科学方法检测和周围情况的调查，遗址所处位置无洪

灾、泥石流及含氡土壤的威胁，建筑场地安全范围内无电磁辐射危害和火、爆、有毒物质等危害源。

建筑设计时，保护建筑的总高度控制在 22 米以内，为了与宫城区其它保护措施的造型相协调、对古建筑造型进行抽象映射，顶层设计了八角攒尖反曲屋面。为进一增加可识别性，表明保护建筑并非历史形象，只是现阶段在遗址上增加的临时性保护措施，建筑表面采用覆草方案，图 4、图 5 分别为保护建筑的立面及剖面图。此种设计费方案不会对周边建筑物带来光污染，不会影响周围居住建筑的日照要求。建筑平面布置上，未布置会产生污染源的厨房、锅炉房等。

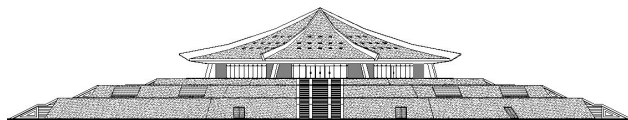


图4 洛阳明堂立面图

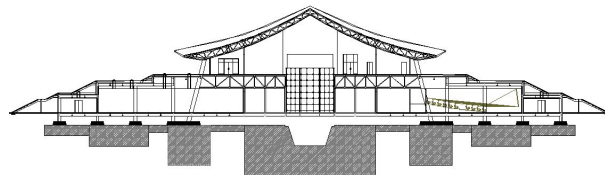


图5 洛阳明堂剖面图

1.2 基础设计时场地的利用与保护

基础设计如果采用常规的现浇柱下独立基础，则与绿色概念的可逆施工和保护思路有冲突，浇筑和将来拆除过程产生的震动、冲击对遗址必然产生破坏，经反复对比，基础设计采用类似铁路轨道的枕木基础方案，即基础是由在工厂加工而成的若干预制梁拼接而成，梁重量控制在 400kg/m 以下，可以通过人工力量将预制梁运送到现场，预制基础梁定位后采用预应力技术将数根梁张紧在一起，形成混凝土基础整体，基础梁设计采用单向悬挑受力模型，预应力筋不参与承载受力工作。未来如需拆除建筑时，将预应力筋松弛后，整体基础就恢复成数根基础梁，现场不需要大型施工机械进行基础破碎，不会对遗址层产生冲击，在理论上还可以重复利用进行重建工作，基础平、剖面见图 6、图 7。

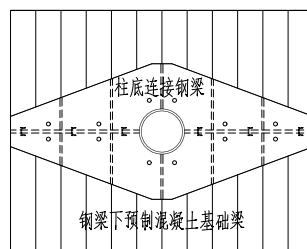


图6 典型基础平面图

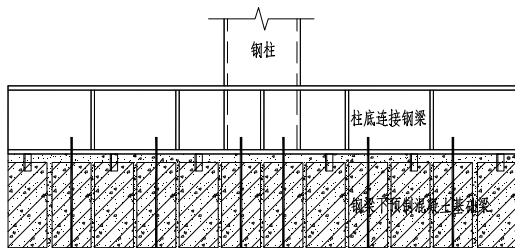


图 7 典型基础剖面图

在进行地基承载力取值时考虑古夯土层地基承载力较高，但下部黄土状粉质粘土层承载力较低，夯土最薄处仅 1.0 米，承载力修正值提高不多，且粘土层为湿陷性黄土湿陷起始压力与修正值接近，因此设计取值以古夯土层下的软弱土层为控制层计算地基承载力进行基础设计，约为 130kPa，低于古夯土层承载能力 200 kPa，不会对古夯土层产生重大影响。

整个场地夯土层上表面有起伏变化，为减少施工对遗址破坏，设计要求在进行杂填土层基槽开挖时采用人工挖掘方式，挖至古夯土层上表面时停止基坑下挖工作，继续在此平面上将杂填土层小心揭除至设计所需基坑范围，这部分工作由考古单位参与实施，他们有考古土层剥离经验，确保夯土层保存完好。基坑准备好后，在周边用砌体砌筑基坑维护墙，在内部用细砂铺底用于分隔古夯土和混凝土预制基础（铺砂法也是考古界常用保护方式）。结合整个场地夯土层表面标高统计，铺砂厚度一般在 20~60cm 之间，使基础底标高处于同一标高上，典型处理方法见图 8。计算基础底面积时考虑回填砂荷载影响，在预制基础梁安装完毕后用细砂回填基础与砌体维护墙之间的空间，细砂的特性可以适应上部结构对基础变形要求。维护砖墙外形成的区域待上部建筑施工完毕后，不进行回填土施工减少夯土层承担的荷载。考古队可以有选择地进行杂填土揭除工作，形成室内保护环境，利用基础和垫层形成的高度，在参观层与夯土层间留出层高约 2.0 米空间，作为建筑物在投入使用后，可以继续在这些区域进行考古研究工作。未来如需拆除建筑，砌体拆除对遗址影响很小，维护墙内外夯土层在建筑使用期间受保护程度是一致的，基础建成效果见图 9。

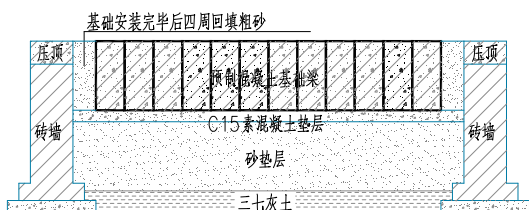


图 8 基础与夯土层间铺砂隔离构造



图 9 基础施工完成情况

1.3 建设过程中遗址的保护及对周围环境的考虑。

为体现绿色施工，设计时所有构件均采用工厂加工制作的预制构件。考虑到机械安吊装会对遗址产生冲击、振动的影响，并对周围环境产生噪音污染，所有构件均采用人力或非机械方式的其他施工方法的就能安装的小预制构件，如预制板均采用小于 400kg 的槽型板，基础枕木梁重量也控制在 400 kg 左右。

2 节能与能源利用

遗址保护建筑为多层公共建筑，地处寒冷地区，根据《公共建筑节能设计标准》(GB50189—2005)节能 50% 来进行节能设计，节能设计相关数据及材料做法如下：

2.1 因为本工程为文保建筑，体形比较复杂，仅标高 0.00 层设有外门窗，选用双层中空镀膜 Low-E 玻璃幕墙，外墙使用加气混凝土砌块墙，做 80mm 厚挤塑聚苯板外保温；台体的各层屋面做 80mm 厚挤塑聚苯板外保温。二层攒尖屋面为压型钢板保温夹芯板。

2.2 外墙外保温采用外贴 50 厚挤塑聚苯板，墙体传热系数为 $0.47\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；

2.3 幕墙采用断桥铝合金中空镀膜 Low-E 玻璃，甲方选购幕墙时，幕墙传热系数应 $\leq 2.1\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。幕墙气密性能(空气渗透性能)不得低于《建筑幕墙物理性能分级》(GB/T 15225)规定的 III 级；幕墙的雨水渗漏性能不得低于《建筑幕墙物理性能分级》规定的 II 级；幕墙的风压变形性能不得低于《建筑幕墙物理性能分级》规定的 III 级；幕墙的隔声性能不得低于《建筑幕墙物理性能分级》规定的 II 级；幕墙的保温性能不得低于《建筑幕墙物理性能分级》规定的 III 级；幕墙的可开启面积大于外窗面积的 30%。

2.4 屋面保温层选用 80 厚挤塑聚苯板，屋面传热系数 $0.43\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

2.5 聚苯板均应选用阻燃型，容重应 $\geq 25\text{kg}/\text{m}^3$ ，其技术指标详见相关图集要求。

2.6 围护结构保温应严格按照保温体系成套技术标准施工，以保证围护结构保温质量。节能工程除按以

上设计要求施工外,围护结构选用的保温材料进场后需经复验合格方可施工。其构造做法及节点细部竣工后须进行检测,应按照当地现行节能工程施工、验收检测等技术规程严格施工及验收,以确保施工质量,达到节能要求;

空调采暖系统的冷热源机组能效比符合国家标准《公共建筑节能设计标准》GB 50189 第 5.4.5、5.4.8 及 5.4.9 条规定,锅炉热效率符合第 5.4.3 条规定。本工程不采用电热锅炉、电热水器作为直接采暖和空气调节系统的热源。各房间或场所的照明功率密度值均不高于国家标准《建筑照明设计标准》GB 50034 规定的现行值。冷热源、输配系统和照明等各部分能耗进行独立分项计量。

该保护建筑在节能上做了如上要求外,另外采用了先进的光导技术。总体上设计要求在阳光充足的条件下,室内不需要供电系统的照明。具体做法是在屋面板及屋顶设置 128 根光导管,建成后的采光效果非常好。从而有效的节约能源和利用能源。

3 节水与水资源利用

该遗址保护建筑使用功能之一主要是展示,用水主要为卫生间冲水,用水较少。根据洛阳市政管网分布,供水和排水都接入市政管网,在方案、规划阶段统筹、综合利用各种水资源,设置合理、完善的供水、排水系统。

在设计中,选用管材、管道附件及设备供水设施考虑了在运行中不会对供水造成二次污染,选用高效低耗的设备如变频供水设备、高效水泵等。采取管道涂衬、管内衬软管、管内套管道等以及选用性能高的阀门、零泄漏阀门等措施避免管道渗漏。要求采用水平衡测试法检测建筑管道漏渗量小于自身最高日用水量的 2%。

卫生器具选用《当前国家鼓励发展的节水设备》(产品)目录中公布的设备、器材和器具,根据用水场合的不同,设计选用光电感应式延时自动关闭水龙头和感应式小便器和两档式座便器。

通过上述措施,能达到绿色建筑关于节水与水资源利用的控制项要求。

4 节材与材料利用

结构主体材料均采用 Q345 钢,便于结构安装及材料的二次回收利用。根据国家规范采用的建筑材料中有害物质含量均要求满足国家标准 GB18580~18588 和《建筑材料放射性核素限量》GB6566 的要求。在建筑造型方面,要素简约,无大量装饰性构件,符合绿色建筑的节材与材料利用的控制性要求。以下重点介绍结构主体设计时节材及绿色运用。

4.1 主体结构节材考虑与方法。

为避免大型机械及施工过程中对遗址产生破坏,结构采用全预制结构,包括钢结构构件和混凝土结构构件均采用工厂加工制作,并考虑施工现场人工作业的可能性,做到可人工安装和人工拆除的可逆施工。拆除时只需将连接节点打开,即可将构件人工拆走。不会出现如采用现浇混凝土形式时,未来拆除可能需要用振动爆破机械作业的情况。这样设计虽然增加了设计难度和施工周期,但对遗址保护和未来再保护工作提供更大的余地。

主体结构根据预制思路采用钢结构,外围区柱网较为规则,除层高和柱网变化较多外,基本为常规设计。

中心区根据明堂遗址古夯土层平面布局,最终将主入口平台层设计成八边形,中心跨度约 45 米,周边共八根钢斜柱支撑。为便于观众在该层俯瞰明堂中心柱坑,平台中部设直径约 10 米中空展示口。

从图 5 建筑剖面中可以看出,中间柱坑较大,并且柱基离柱坑不能太近,如靠太近可能发生柱传下来的竖向力将古夯土推向大柱坑,还可能由于柱竖向力太大,古夯土承载力不够而发生古夯土压坏,这样就失去了保护的意义。综合考虑主体钢柱采用倾斜式。这样可以将主要荷载通过摩擦力分散到周边受力较小的柱基。合理的传力途径可以有效的节省建筑结构材料,并达到有效的保护古遗址的完整性。受力特点如图 10 所示

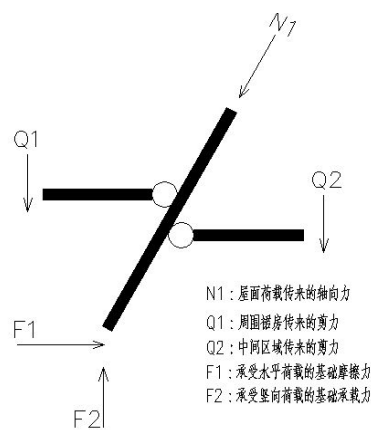


图 10 主框架受力分析

结合保护和安全的前提下,采用悬挂设计方案,即底层参观层悬吊于上部入口平台层,两层荷载通过入口平台层传递给周边八根斜柱,斜柱下布置基础,其位置正好位于第二圈柱础夯土层也是夯土层最厚的区域内,柱脚中心直径约为 50 米,荷载最大的柱基础离中心柱坑的距离在 15 米以上,中心古夯土层不承担建筑物荷载,使明堂遗址最重要的保护区域呈现最自然的状态。

入口平台层成为本工程最大难点,采用悬支-仿网架方案。利用底层楼层高度来提高网架刚度,即入口平台层做 2.0 米高网架层,沿八个轴线方向设置层间

斜拉杆形成悬支结构,利用底层平台形成整个结构的受拉钢性环。在进行竖向振动频率分析时,增加层间斜压杆,见图 11。仿网架是指上层网架构件间连接没有采用传统网架球节点形式,而采用托盘形节点,见图 12,从而有效的降低因为过大球节点增加建筑的层高,达到节省材料的目的。施工时先安装上层网架,根据设计计算值起拱并进行临时支撑,待下部悬支构件安装完毕后,撤去临时支撑,使悬支构件受力。

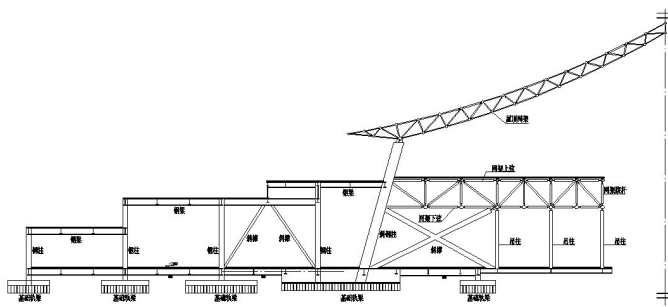


图 11 主框架示意图



图 12 入口平台安装完毕后情况

4.2 楼板设计的绿色考虑。

钢结构楼板在一般设计中多采用压型钢板组合楼板,在施工中会有湿作业工序,对遗址夯土层和湿陷性黄土地基承载力都会有不利影响,未来拆除工作需要动力破碎,综合考虑本工程特点,主体结构计算对楼板平面内刚度要求较低,最终采用预制楼板方案,预制板下预埋与钢梁焊接用钢板,板上预埋板间焊接用钢板,安装就位后通过焊缝与钢梁和其它预制板连接为整体。为减少板的规格及后期拆除后的二次利用,预制板宽度控制在 500~600mm,长度也基本为 2500mm 或 2800mm。预制板的横断面异于常规的矩形,而采用槽型,如图 13 所示。板采用此种形式可以减少板自重,最重板块重量不大于 400kg,可以人工进行搬运安装,现场安装情况见图 14,这样设计解决本工程几点特殊要求:

4.2.1 楼板施工没有湿作业工序,不会出现“水漫遗址”的情况,不会对直接裸露的夯土产生表面破坏。

4.2.2 现场施工不会发生现浇混凝土遗撒现象,遗撒混凝土一旦落在夯土上,清除工作必然对遗址造成破坏。

4.2.3 楼板安装、拆除不需要布置施工脚手架,对遗址的影响最小。

4.2.4 减少中心区楼板施工对大型机械的依赖,人工可以运送到建筑物的各个部位。

4.2.5 底层楼板下有 2.0 米的净空,建筑物投入使用后可以作为考古层使用,考古工作对空间高度要求有变化或需要改变考古位置时,可以随时对局部楼板进行拆除、安装。

4.2.6 建筑物如发生使用功能变化时,特别是荷载发生重大变化时,可以进行楼板更换工作。

4.2.7 达到使用年限后或后期建筑如拆除等,经过检测的槽型板可以二次利用。

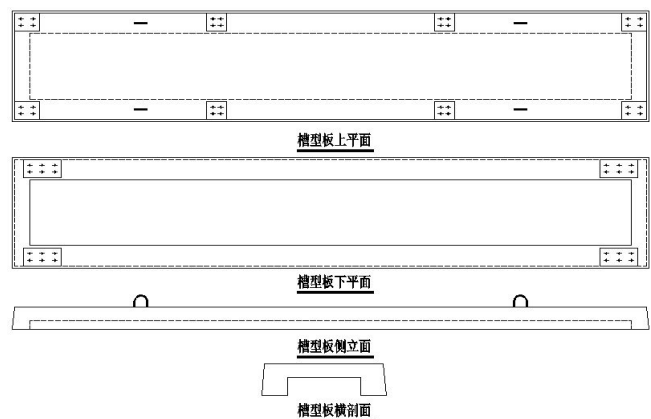


图 13 预制板外形示意图



图 14 预制楼板安装情况

8 结束语

明堂遗址保护性建筑在建筑师和结构工程师的共同努力下,打破常规设计思路,引进绿色概念,综合各种可实现的技术手段,以不埋设基础、降低基底反力、细砂隔层、预制基础等方式实现不破坏遗址的设计目标,并为遗址保护建筑提供更多参观面积和可挖掘的考古面积,使遗址的真实性和完整性得到有效保护和展示,并给以后进行遗址保护调整和完善留有更大操作余

地。在一定程度上拆除后的建筑材料基本上可以用于其它的建筑中，或是可以很好的回收利用。

明堂保护建筑设计符合绿色建筑设计，成功为古建筑保护项目提供了一种新的、可持续发展、多重利用、绿色的设计方法。

参考文献

- [1] 唐东都武则天考古发掘简报[R]. 洛阳:社科院考古洛阳唐城队, 1988.
- [2] 隋唐宫城明堂遗址区发掘简况[R]. 洛阳:社科院考古洛阳唐城队, 2009.
- [3] 《绿色建筑评价标准》GB/T 50378-2006
- [4] 《绿色建筑评价技术细则》, 2007. 6
- [5] 《洛阳市隋唐城明堂遗址保护展示建筑岩土工程勘察报告》(勘察报告编号为 2010-018)
- [6] 《公共建筑节能设计标准》(GB50189-2005)

徐珂：一个普通的结构工程师，参与计算、画图 20 年，关注结构新技术及精细化设计，目前就职北京清华城市规划设计研究院。从 2006 年开始写个人博客（<http://www.jiegoublog.cn/>），记录工作中的想法和解决方案，希望通过不断地积累与更新，为下一个满意的结构作品做准备。

