

园林建设中的人行桥弧形拱圈施工技术研究

高雪山

上海园林（集团）有限公司

摘要：随着社会的进步和发展，人们对赖以生存的环境要求也在提高。在现代园林景观设计中，设计师们越来越注重景观的多样性与创意性，以满足人们对于美好生活的向往。本研究旨在探讨园林建设中人行桥弧形拱圈的施工技术。通过对弧形拱圈结构特点的分析，提出了一种创新的施工方法，该方法考虑了材料性能、施工工艺及环境因素。实验结果表明，该技术能有效提高拱圈的稳定性和耐久性，同时确保了施工过程的安全性。研究为园林桥梁建设提供了实用的技术支持，对提升园林桥梁的美观性和实用性具有重要意义。

关键词：园林建设；人行桥；弧形拱圈；施工技术；稳定性；耐久性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.19.109

随着社会的发展也越来越意识到好的生态环境的重要性。生态环境的修复和保护已经成了社会发展的重要组成部分。特别是在一些原址上存在湿地和水源的地方，生态环境的修复更显得尤为重要。在这样的背景下，我们面临的挑战是，原有的现场环境状况堪忧。杂草丛生，植物种类单一，蚊虫肆意，生态系统遭到了严重的破坏。这样的环境不仅影响了人们的生活质量，也对生态环境的恢复构成了阻碍。为了改变这种状况，我们更加注重利用现有的资源，特别是水资源。本文将以太原市的长治市漳泽湖东岸生态修复与保护综合治理一期工程总承包（一标段）项目岛链区实施的十座景观桥中弧形石材拱圈施工为例，进行施工技术研究。我们将探讨如何在保证视觉效果的同时，确保材料的经济性和耐久性，以及如何通过施工技术展示地方的文化特色。

一、研究重点和问题

（一）弧形拱圈结构的特点和优势

在园林建设中，人行桥的设计不仅需要满足基本的交通功能，还需考虑与自然环境的和谐融合以及提供视觉美感。弧形拱圈结构作为一种古老而广泛应用的结构形式，具有以下特点和优势：

（1）力学性能优异：弧形拱圈能够有效地将自重和荷载传递至支撑点，其独特的形状使得结构受力均匀，具有良好的稳定性和承载能力。

（2）材料经济性：由于其优化的受力特性，弧形拱圈结构可以使用较少的材料来达到相同的承载要求，从而减少材料消耗，提升材料使用效率。

（3）视觉美感：弧形拱圈因其流畅的线条和优雅形态，常赋予桥梁以美学价值，这在园林景观设计中尤为重要，能够增强整体环境的美感。

（4）环境适应性强：该结构类型对地形适应性强，可以轻松跨越小溪、道路等障碍物，同时因为其结

构的坚固性，对多种气候条件都有良好的适应能力。

（5）历史和文化价值：许多历史悠久的桥梁都采用了弧形拱圈设计，这使得该结构类型具有某种历史连续性和文化象征意义，对于保持和弘扬地区文化传统具有一定作用。

鉴于以上特点和优势，本研究将专注于如何通过创新的施工技术，进一步提升弧形拱圈结构的性能，解决传统施工中存在的问题，并在园林建设中实现其美学和实用性的最大化。

（二）优化弧形拱圈的施工工艺以提高其稳定性、耐久性、施工速度

为了提高人行桥弧形拱圈结构的稳定性和耐久性，将专注于优化其施工工艺。以下是项目现场施工改进弧形拱圈施工技术的几个关键点：

（1）精确的设计和计划：运用高级计算机辅助设计（CAD）软件进行详尽的设计工作，确保所有的结构组件在力学上都是优化的，并且考虑了长期的耐久性。

（2）高质量材料的选择：根据设计图纸选用性能优异的石材，以减少维护需求并延长桥梁的寿命。

（3）机床精确加工弧形构件技术：采用工厂精确加工，以确保制造过程的质量控制，减少现场作业带来的不确定性和潜在缺陷。

（4）现代施工方法：引入脚手架支撑体系，在筏板上搭设脚手架做骨架支撑，上堆砌沙袋，上面层按照弧度进行砂浆抹面和横向冲筋（按照弧形拱圈石材的尺寸，保证其在石材中间位置），这些方法可以保证弧形的施工精度，降低人为错误的影响。

（5）严格的质量控制与监督：在施工过程中实施严格的质量监控程序，确保所有步骤都遵循设计规范和建筑标准，及时纠正偏差。

（6）施工周期短和造价低：相比弧形钢膜造价低，约为弧形钢膜价格的0.2-0.3倍，相比土胎膜工期减少一半，同时对后续工序影响极小。

（7）环境保护措施：在施工过程中采取有效措施保护周边环境，比如使用环保型建材、降低噪音和粉尘排放，以及合理规划物料运输路径，减少对周围生态的干扰。

通过上述措施的实施，我们期望显著提升弧形拱圈结构的稳定性和耐久性，进而在园林建设中实现更加安全、可靠且维护成本低的人行桥。

二、项目实施

（一）弧形拱圈支撑搭设

支撑验算：根据施工图纸和支架验算结果，在已满足设计强度的混凝土筏板基础上搭设满堂支架。支架要求钢管表面无锈蚀，保持光滑且无裂纹。

(1) 扣件式支架安装：根据验算结果，从最底面向上部依次安装立、横杆。安完底部立杆及竖向横杆后，一层层向上安装。立、横杆安装结束后，立即固定斜撑杆，保证其支架系统的稳定。

(2) 顶托实施：顶托采用沙袋进行拱圈弧度调整，沙袋铺设好后，表面采用水泥砂浆精确调出拱圈弧度和高程。横向延断面做9个控制点，分别为拱脚处、1/8L、1/4L、3/8L、拱顶处、5/8L、3/4L、7/8L、另一侧的拱脚处做测量控制点，根据设计要求调整顶托高低。

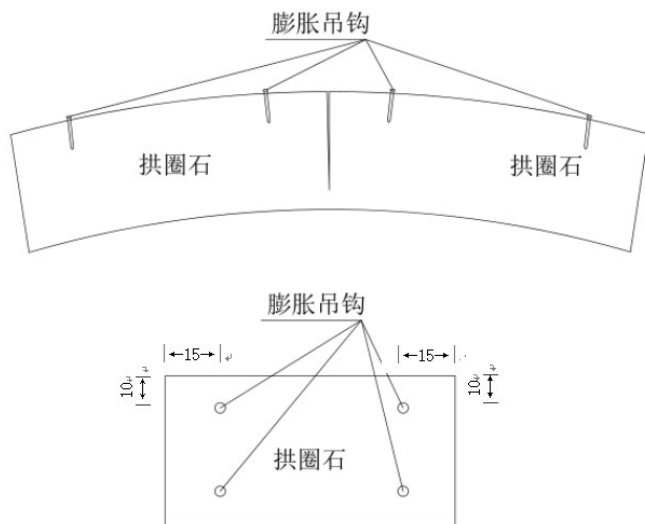
(3) 保证拱顶支架稳定：在支架顶端，采用十字扣件将两道钢管固定一起，间距根据验算要求控制在40-50cm，具体依据立杆间距。

(4) 纵、横梁实施：顶托实施到设计标高后，在上安放10*10cm的松木作为横梁，在其上安装50mm厚的长板，以便作为支撑，保证外模支架和施工人员行走。

(二) 弧形拱圈石材的安装

(1) 弧形拱圈石的尺寸应符合设计要求的尺寸，菱角应完整，且石材整体无裂缝。

(2) 为便于后续安装施工，在弧形拱圈石材上对称均匀的安四根Φ16mm膨胀吊钩。详见拱圈石安装节点图（单位：cm）。



(3) 基座、弧形拱圈石安装：安装顺序为先安装基座石，后安装弧形拱圈石，从弧形的两侧对称，每层由中心向两边均匀安装，逐层向上安装，直至拱圈石安装完成。现场安装过程中，出现支撑膜架与弧形拱圈石的缝隙采用垫设硬木或钢垫圈进行处理。结合现场工况，现场吊装采用汽车吊进行吊装。

(三) 拱圈混凝土的浇筑和人行桥后续施工

1. 模版安装

弧形石材拱圈安装完毕后，底模由花岗岩石拱圈代替。

侧模安装：侧模采用δ15mm竹胶板+（5cm×7cm）方木背楞，竹胶板在场地上按照拱圈侧面弧形分块制

作，木背楞基本间距为20cm（中到中），垂直于底模布置。侧模安装前，先在铺设好的拱圈石上放出侧模安装边线，将侧模沿边线垂直拼装好，中部采用Φ48mm×3.5mm钢管+Φ16mm拉杆固定、拉杆间距60cm一道，上下端与底模、拱圈石底模固定牢。

顶模安装：拱圈钢筋安装完毕后，安装拱圈顶模，拱圈顶模采用δ15mm竹胶板+（5cm×7cm）方木背楞，加固采用加工好的弧形Φ25mm钢筋在外侧纵向通长布设，与拱圈主筋采用Φ16mm钢筋固定，Φ25mm弧形钢筋横向布置和Φ16mm固定连接钢筋纵向布置间距均为60cm一道。桥跨中心线两边各1.5米范围内不设置顶模的模版，在沿拱圈小于等于1.8m的高度位置通长放置一块活动模板，便于混凝土入模和振捣混凝土浇筑至开口位置时及时封闭固定后，再继续向上浇筑混凝土。

2. 钢筋工程

拱圈钢筋加工时，先在场地上按照1:1放出拱圈钢筋大样，每段拱圈钢筋弯曲成型后，与场地上大样进行对比，发现有偏差时，及时进行调整，直至加工的拱圈钢筋弧度与大样图完全重合为止。下料时要调整分段接头在同一继面上不超过配筋总数的25%。加工后的钢筋挂编号分开放置。钢筋接长采用焊接搭接连接，钢筋满足设计图纸要求进行绑扎，绑扎完成后，监理检查合格后进行后续工序施工。安放垫块以保证浇筑混凝土的保护层。

将钢筋弧形拱圈的膨胀螺栓，与膨胀螺栓弯钩处每个交叉点采用扎丝绑扎固定，形成钢筋骨架整体，为保证了弧形拱圈可靠连接提供有效保证。

3. 混凝土浇筑

拱桥混凝土的浇筑分7段进行浇筑，每段间设模版隔槽，对称向拱顶浇筑进行。混凝土浇筑按由低到高逐层、逐段进行浇、捣，在下一层混凝土振捣密实后，方可进行上面一层的浇筑；每层之间在混凝土初凝需联系上。浇筑完成后及时养护，强度未达到设计要求前，采用薄膜、土工布等材料覆盖保证混凝土表面湿润，防止表面出现温差过大造成温差或表面干缩裂纹。

4. 支架的拆除和后续工作面施工

混凝土满足设计强度后，方可进行支架的拆除。顺序为由上向下拆除，拱顶向两端拱脚对称进行，优先拆除腹拱的支架，必须保证两个单向推力墩之间三孔同步拆除，横向同时一起卸落。（拆除顺序为：沙包→砂浆底模→斜向剪刀撑→小横杆→大横杆→立杆）。

三、文献综述

在进行园林建设中人行桥弧形拱圈施工技术的研究时，首先对现有的文献资料进行了广泛的梳理和综述。通过这一过程，发现尽管已有一些关于弧形拱圈施工技术的研究，但这些研究主要聚焦于大型桥梁的建设应用，而对于园林建设中的人行桥特别是弧形拱圈的研究则显得相对匮乏。此外，观察到以下几点：

(1) 研究偏重大型工程：现有文献中的技术和方法往往针对的是规模较大的桥梁项目，其中涉及的材料、设计和施工技术可能并不完全适用于园林环境中的

人行桥。

(2) 环境因素考量不足：大多数研究未能充分考虑到施工过程中环境因素的影响，例如在园林建设中，环境保护、景观融合以及生态平衡等都是不可忽视的关键要素。

(3) 施工安全性缺乏关注：施工安全性在现有研究中往往没有得到足够的重视，特别是在小型工程项目中，安全措施的执行可能会更加松懈。

鉴于以上发现，通过项目的实际施工，发现如下情况进行深入研究和探索：

(1) 适应性设计：探索如何将弧形拱圈施工技术调整和优化，以适应园林人行桥的特殊需求和限制。

(2) 环境友好型施工：研究和开发新的施工方法和技术，以减少对环境的负面影响，同时确保结构的稳定性和耐久性。

(3) 安全策略优化：为提高施工安全性，制定和实施一系列针对性的安全措施，并确保这些措施能够在园林建设中得到遵守和执行。

四、该方法的重要性和相关性：

本施工方法针对园林建设中人行桥弧形拱圈施工技术实践，旨在解决传统施工方法中存在的效率低下、环境污染以及结构稳定性不足等问题。通过项目的完整实施，对其有效性进行验证，本施工方法成功的成果将具有以下几方面的重要意义：

(1) 提高结构稳定性和耐久性：创新施工技术有助于增强弧形拱圈结构的承载能力，减少长期维护需求，从而延长桥梁的使用寿命。这为园林桥梁提供了更为坚实的基础。

(2) 优化施工效率：采用预制构件和其他现代施工方法可大幅提升施工速度，减少现场作业时间，降低施工成本，同时确保施工过程的连续性和流畅性。

(3) 环保和可持续性：通过采用环保材料和工艺，减少施工过程中的污染排放，保护园林的自然景观和生态环境。这符合当前对于可持续发展的要求，提升了社会责任感。

(4) 提升美观性和实用性：考虑到园林桥梁不仅要满足功能性要求，还需与周围环境和谐共存，本研究还将探讨如何通过结构和材料的选择提升桥梁的审美价值和实用功能。

(5) 推动行业进步：研究成果能够为桥梁工程师提供新的设计思路和施工方案，促进园林桥梁建设技术的创新与发展。

(6) 安全与合规性：新方法将重视施工安全性，确保所有施工活动均符合现行的安全标准和法规要求，减少安全事故的发生。

(7) 跨学科整合：本研究将结合工程学、材料科学、环境科学等多个领域的知识，为园林桥梁建设提供一个多维度的解决方案。

总之，本方法将为园林建设中人行桥弧形拱圈的设计与施工提供全面且使用的技术指导，对提升桥梁工程

的整体品质和社会价值具有深远的影响。

五、预期结果

在本施工方法中，达到以下成果和效果：

(1) 创新施工方法的提出：发展一套新的弧形拱圈施工方法，该方法结合了最新的工程技术、材料科学以及环境考量，以适应园林建设中人行桥的特殊需求。

(2) 提升结构稳定性和耐久性：通过优化设计和施工工艺，提高弧形拱圈结构的承载能力，确保长期稳定性，减少维护成本，并延长桥梁的使用寿命。

(3) 施工安全性的提升：确保新提出的施工方法在各个阶段均符合安全标准，减少施工过程中的安全风险，为工人和周边环境提供更高水平的保护。

(4) 环境保护与美化：实现施工过程的环境友好化，最小化对园林生态环境的干扰，同时通过设计和技术手段增强桥梁的美观性，使其成为园林景观的一部分。

(5) 理论与实践的结合：本研究将提供一系列基于实验数据和案例研究的理论指导，这些指导能够直接应用于实际的园林桥梁建设项目中。

(6) 经济效益的改善：通过提高施工效率和优化材料使用，降低整体的建设和维护成本，从而为相关园林项目带来更好的经济效益。

(7) 可持续发展目标的支持：促进园林桥梁建设向可持续性方向转型，支持环保理念的实施，并通过推广可再生材料和节能技术来降低生态足迹。

(8) 行业指南的制定：根据研究成果，制定行业指南或建议，为设计师、工程师和施工团队在类似项目中提供参考和借鉴。

六、结论

通过引入新的施工方法，将显著提升施工效率，具体表现在缩短工期、减少人力资源需求以及优化项目管理上。此外，预期将明显减少材料浪费和施工过程中的污染排放，有助于环境保护和资源节约。通过实际案例的应用，展示新方法在现实条件下的性能表现，包括结构的耐久性、稳定性以及美观性的改善，将作为未来类似项目施工的有力参考，推动建筑行业向更环保、高效的方向发展。整体而言，本研究将为和谐景观的构建提供切实有效的新解决方案，并促进园林人行桥设计与施工技术的进步，最终达成社会、环境及经济三方面共赢的局面。

参考文献

- [1] 田壮, 张文文, 吴建鹏. 瑶琳互通天桥主拱圈施工技术及其支架受力分析[J]. 浙江交通职业技术学院学报, 2023, 24(02): 6-10+35.
- [2] 胡馨蕾. 基于景园环境的桥梁选型与设计研究[D]. 东南大学, 2018.
- [3] 司庆辉, 孙辉. 浅析园林景观中桥梁的设计[J]. 建材与装饰, 2016, (35): 83-84.
- [4] 敖志勇. 麓湖拱桥大拱圈施工技术[J]. 建筑施工, 2013, 35(05): 444-445.