

建筑折纸构件开启角度计算与设计探索

罗文婧

长安大学，陕西西安，710061；

摘要：本文聚焦于折纸结构在建筑可开启构件设计中的应用，深入探讨其开启角度的计算方法与结构优化。通过对相关图纸的分析与计算，揭示了折纸结构开启角度的计算原理及对结构性能的影响。研究表明，合理运用折纸结构及其角度计算，能够有效提升建筑构件的功能性与适应性，在可持续建筑设计领域具有广阔的应用前景。

关键词：折纸结构；建筑可开启构件；角度计算；结构优化

DOI：10.69979/3029-2727.25.01.036

引言

在现代建筑设计领域，随着人们对建筑空间灵活性、功能多样性以及节能环保要求的不断提高，可开启构件的设计创新成为研究热点^[1]。折纸结构，因具备独特的折叠特性与几何优势，为建筑可开启构件设计开辟了全新的创新路径^{[2]-[4]}。

近年来，在折纸结构的基本原理探究方面，学者们深入研究了折纸过程中的几何变换、运动学特性以及力学性能，构建了较为系统的折纸理论框架，为后续的建筑应用奠定了坚实的理论基础^{[5]-[7]}。在折纸结构的具体建筑应用方面，研究者们进行了大量富有创意的实践探索。一些研究聚焦于折纸式遮阳系统，通过巧妙设计折纸构件的形状、尺寸与开启角度，实现了对室内光照与温度的精准调节，在降低建筑能耗的同时，提升了室内环境的舒适度^[8]。还有学者将折纸结构应用于建筑通风系统，利用其可折叠性设计出可调节的通风口与风道，根据室内外环境变化灵活控制通风量与气流方向，有效改善了建筑的通风性能^[9]。此外，折纸原理也在建筑采光系统、可变形屋顶、临时建筑等领域得到了广泛应用，展现出其在建筑领域的广泛适用性与强大的适应能力^[1]。

目前折纸结构在建筑可开启构件设计的研究尚处探索阶段，缺乏对开启角度精确计算及其对构件性能定量影响的深入研究。开启角度关乎构件多项性能，深入研究其计算方法及对设计的影响，对推动折纸结构在建筑领域应用意义重大。

1 折纸结构开启角度的计算方法

1.1 基本原理

在建筑领域应用折纸结构时，精确计算开启角度是确保其可开启功能有效实现的核心环节。以图 1 展示的折纸及开启结构为基础，结合图 2 进行详细的参数设定与计算分析。

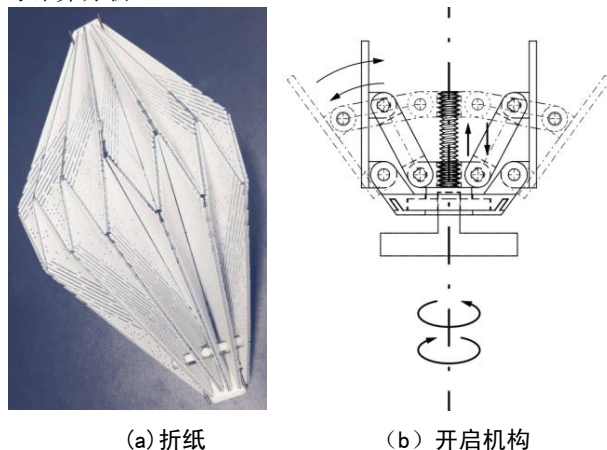


图 1 折纸结构

设定参数 $a = 1$ 、 $k = 2$ ，通过三角函数关系进行计算。根据正切函数定义， $\tan \alpha = \frac{a}{b}$ ，在该设定下 $b = ka$ ，

则 $\tan \alpha = \frac{a}{ka}$ ，由此可得 $\alpha = \arctan(\frac{1}{2}) \approx 26.57^\circ$ 。

在计算边长时，运用勾股定理 $c = \sqrt{a^2 + b^2}$ ，将 $b = ka$ 代入可得 $c = \sqrt{a^2 + (ka)^2}$ ，当

$a = 1$ 、 $k = 2$ 时， $c = \sqrt{1^2 + (2)^2} = \sqrt{5}$ 。再根据

余弦函数 $\cos \beta = \frac{ka}{2c}$ ，可计算出

$\beta = \arccos(\frac{2}{2\sqrt{5}}) \approx 63.44^\circ$ ，进而得出 $\gamma = \beta -$

$\alpha \approx 63.44^\circ - 26.57^\circ = 36.87^\circ$ 。

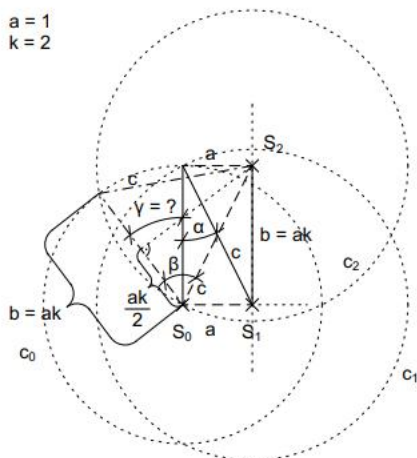


图 2 折纸结构开启角度计算示意图

这一系列的计算过程，基于明确的参数设定，严格遵循三角函数和勾股定理的基本原理，为折纸结构开启角度的确定提供了基础的计算方法。

1.2 角度与边长关系的推导

在折纸结构开启角度的计算体系里，角度与边长之间存在着紧密且复杂的内在联系。以图 3 为例，已知关键角度 $\gamma = 36^\circ$ 时，依据三角形内角关系，结合折纸结构中特定的角度关联，通过深入剖析已有的公式，能够推断出其主要围绕角度与边长关系展开推导。具体推导计算如下：

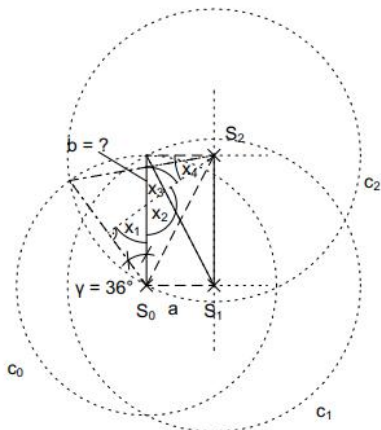


图 3 基于 $\gamma = 36^\circ$ 特定角度的折纸结构几何参数推导图

$$x_1 = 180 - 90 - \gamma = 54^\circ,$$

$$x_2 = 180 - x_1 = 126^\circ,$$

$$x_3 = 180 - x_2 = 54^\circ$$

$$x_4 = 180 - x_3 - 90 = 36^\circ, \text{ 且 } a = 1 \text{ 时, } b_1 = \tan x_4 \cdot a = \tan 36^\circ \times 1 \approx 0.7265. \text{ 进一步根据 } \cos \gamma =$$

$$\frac{b_2 + \tan x_4}{2b_2}, \text{ 变形可得 } 2b_2 \cdot \cos \gamma - b_2 = \tan x_4, \text{ 即 } b_2 =$$

$$\frac{\tan x_4}{2 \cos \gamma - 1}, \text{ 当 } \gamma = 36.87^\circ, x_4 = 36.87^\circ \text{ 时, } b_2 =$$

$$\frac{\tan 36.87^\circ}{2 \cos 36.87^\circ - 1} \approx 1.2500, \text{ 则 } b = b_1 + b_2 \approx 0.7265 +$$

$$1.2500 = 1.9765$$

通过这一系列严谨的推导过程，清晰地展示了在给定的角度 γ 的情况下，如何精确计算折纸结构中相关角度与边长的关系，为后续折纸结构在建筑可开启构件设计中的实际应用提供了关键的数据支撑和理论依据。

2 计算结果对建筑可开启构件设计的影响

2.1 结构性能优化

精确计算开启角度是优化建筑可开启构件结构性能的关键。合理的角度设计能够使构件在开启和关闭过程中，所受应力均匀分布，有效避免应力集中现象。这不仅增强了构件的稳定性，还显著提高了其耐久性，降低了因长期受力不均而导致的损坏风险。

以大型建筑遮阳板为例，结合当地日照角度和时间，运用计算方法精准确定开启角度，可使遮阳板在不同季节和时段都能保持良好的力学性能。在强风或恶劣天气条件下，恰当的角度能减少风荷载对遮阳板的影响，确保其结构安全可靠，延长使用寿命。

2.2 功能实现与用户体验提升

对于广场建筑折纸式遮阳系统，精确计算角度可实现功能的多样化拓展。广场作为人员密集的公共空间，不同时间段的遮阳需求差异显著。通过精准计算开启角度，遮阳系统能够根据太阳位置实时动态调整。

在炎热的夏日中午，将遮阳板调整至最佳角度，能大面积遮挡阳光，有效降低广场地面温度，为人们提供凉爽的休憩空间，避免中暑和晒伤。而在早晨和傍晚，阳光相对柔和，调整角度可在适当遮光的同时，引入温暖的光线，营造出温馨舒适的氛围。

可灵活调节角度的遮阳系统为广场使用者带来了前所未有的便利。市民在广场进行休闲娱乐活动时，能直观感受到遮阳效果的显著变化。家长带孩子玩耍时，可根据孩子的活动需求轻松调整遮阳角度，确保孩子始终处于舒适的环境中；老年人在散步、聊天时，也能自主控制遮阳板，避免阳光直射带来的不适。此外，智能化的角度调节使广场整体环境更加整齐美观，提升了人

们在广场的体验感和舒适度,充分发挥了广场的公共服务功能

3 结论与展望

本研究通过对基于折纸结构的建筑可开启构件的角度计算进行深入分析,明确了其计算方法及对建筑设计的重要影响。精确的角度计算是实现折纸结构在建筑中有效应用的关键,能够优化结构性能,提升建筑的功能性和用户体验。然而,本研究仅基于理论计算和简单模型分析,在实际应用中,还需考虑材料特性、制造工艺、环境因素等多方面的影响。未来的研究可以朝着结合实际工程案例,进行实验验证和优化设计的方向展开,进一步推动折纸结构在建筑领域的广泛应用,为可持续建筑设计提供更多创新思路和技术支持。

参考文献

- [1]王亚鑫,冯刚.模度理论与模块化建造在柏林自由大学中的对立与统一[J].建筑学报,2024,(06):74-81
- [2]张安瑞,孙明宇.折叠结构在建筑设计中的应用与创新[J].城市建筑,2022,19(11):150-152+183.
- [3]李明,叶辉.《建筑折叠:空间、结构和组织图解》:空间“折叠”的形式生成与美学探索[J].建筑学报,2022,(12):129.
- [4]陈耀,叶王杰,史佳遥,等.三浦折纸超材料结构数字化设计与模型验证[J].力学学报,2022,54(07):2019-2029.
- [5]袁婷婷,任昆明,方雨桥,等.考虑非线性本构的非刚性折纸结构动力学建模与分析[J].力学学报,2022,54(09):2552-2566.
- [6]蔡建国,王玉涛.新型可展与折叠结构研究进展[J].工程力学,2022,39(S1):1-8.
- [7]王瑜,陈震.运动结构稳定构形切换实现景观构筑物的功能拓展[J].深圳大学学报(理工版),2017,34(01):51-62.
- [8]刘晓剑,张金明,蔡建国,等.自适应可折展外遮阳设计及其遮阳效果分析——以珠海市某工程裙房中庭为例[J].照明工程学报,2022,33(05):157-165.
- [9]陈玉婷,梅洪元.基于几何折叠算法的建筑创作方法研究[J].新建筑,2020,(03):76-80.
- [10]李笑,李明.折纸及其折痕设计研究综述[J].力学学报,2018,50(03):467-476.

作者简介:罗文婧(2003.01-),女,汉族,江苏南通人,本科在读,研究方向:风景园林规划设计。