

# 上海自行车馆双曲屋面设计分析

李根恒

同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司 上海 200082

**摘要:**现代体育建筑造型具有“奇”、“特”、“新”等特点,得益于现代化的设计手段及施工能力,上海自行车馆建筑造型具有运动的曲率美,金属屋面的做为其建筑的外衣,本文旨在分析如何通过构造的设计分析,实现其建筑的双曲造型。

**关键词:**上海自行车馆;双曲屋面;翘曲屋面;铝镁锰屋面

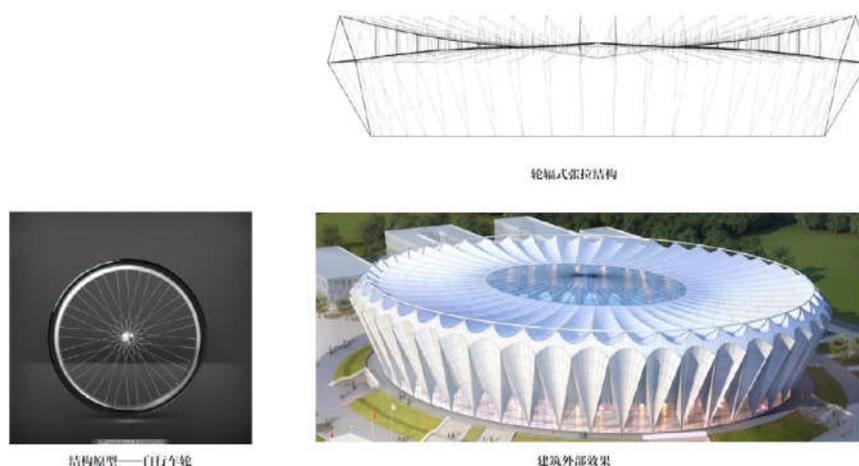


图1 上海自行车馆建筑及结构取义来源

上海自行车馆依照国际自行车赛事的严苛标准与要求精心打造,其整体建筑造型紧密围绕功能特性展开,外观酷似自行车车轮,轮辐线条延绵起伏、循环往复,宛如飞驰的车轮,生动象征着奋勇冲刺、拼搏不止的体育精神。所谓“欲戴其冠,必承其重”,这般复杂优美的造型,在无形中大幅增加了建筑的设计与施工难度。本文将深入剖析自行车馆金属屋面设计施工中的重点与难点问题。<sup>[1]</sup>

## 1 项目整体概况

整个场馆长轴方向长139m,短轴方向长113m,是一个上下左右方向对称的椭圆形,由于其非规则圆形,仅为四分之一对称造型,四分之一的建筑内共有37个曲面,即便是两边的面对称,仍有19个曲率不同的面,因此工程的复杂程度较大。

## 2 屋面板的翘曲问题

屋顶曲面为双曲面,取其中曲率最大面进行分析。

屋面板板长7m,法向方向翘度为38mm,首先分析从调支座的方法进行调节翘度7m的板长,先按照1.2m的间距进行布置檩条,檩条的数量为6根。因此相邻两根檩条

的翘曲度为7mm,7mm的高度偏差可以依靠檩托及长圆孔进行调节到位。

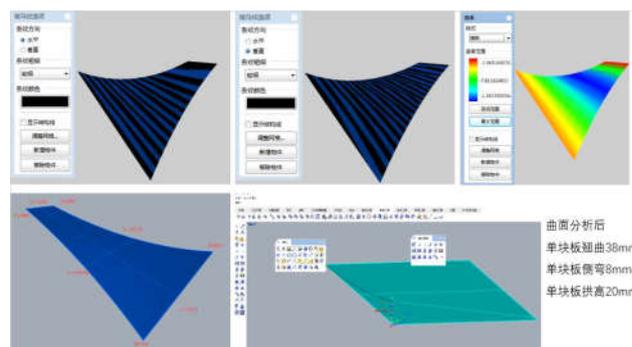


图2 曲面分析

## 3 屋面板的侧弯问题

在7m的屋面板长有8mm的侧弯量。进一步量化,7根檩条的侧面位移量为8mm,相邻两根檩条的侧向位移量为1.2mm,60mm支座范围内的位移量相对于1.2m的间距的侧向位移量仅有0.06mm,有侧向的偏移量,会影响板之间的摩擦。因此屋面板有夹具的情况下,对于位移的限制是有利的。



管的扭曲偏差最大值为14mm，相较原设计方案最大扭曲偏差38mm有很大改善。施工时，在檩条错位较大位置加设钢垫片，以适应建筑造型。设计方案的推演过程如图4：

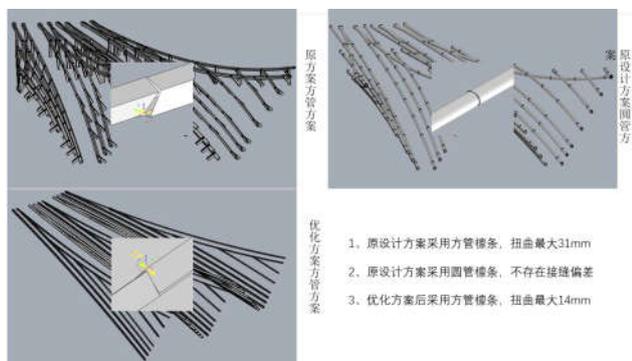


图4 檩条方案比选过程

至此，通过微调曲面曲率，最终以成本较小的方管檩条方案，通过檩托、螺栓、现场错位焊接等手段，以实现建筑的外观完整性。

## 6 试验论证

由于近些年金属屋面工程风掀频现，对人民的生命财产产生了威胁，对项目的安全性也遭到了质疑。本项目位于沿海强台风区域，按照GB50009，《建筑结构荷载规范》查询上海基本风荷载百年一遇取值为 $W_0 = 0.6\text{KN}/\text{m}^2$ ，地面粗糙度为A类，体形系数按照檐口取值2.0，风荷载标准值 $W_k = 3.26\text{KN}/\text{m}^2$ ，根据规范对于强（台）风地区（基本风压 $\geq 0.5\text{KN}/\text{m}^2$ ）的金属屋面和设计要求进行动态风载检测的建筑金属屋面应采用动态风载检测。本项目需要动态风荷载做到 $1.4W_s = 1.4 \times 3.26 = 4.56\text{KN}/\text{m}^2$ ，然后再静态做到 $2.0W_s = 2.0 \times 3.26 = 6.52\text{KN}/\text{m}^2$ ，因此需要在本项目中加强抗风设计。具体设计如下：分析实验及项目破坏情况，其破坏方式通常为屋面板板肋咬合位置脱扣，进而引起整块屋面板掀飞。因此本项目在设计是通过设计抗风夹具，加强屋面板与支座直接的咬合能力，进而达到加强抗风目的。

金属屋面的破坏绝大多数从边缘位置掀起进而造成整块板变形破坏，因此在设计时，加强边缘位置抗风揭能力。本项目在金属屋面的四周边缘位置，加设了一条贯通的高强铝合金抗风杆。抗风杆将整个屋面板串联在一起，形成整体抗风，避免单块板吹飞破坏。最终在实验室，本屋面系统极限值做到了13.3kPa，远大于规范要

求值。经过为期两年多的设计及施工，上海自行车馆完成验收，圆满竣工。同时基于上海自行车馆的研究“轮辐式张拉结构设计施工关键技术研究及工程创新应用”获得了上海市建筑学会科技进步一等奖！在2024年台风“贝碧嘉”，过境上海时，本项目屋面系统凭借出色的抗风体系，成功抵御住狂风的肆虐与暴雨的侵袭，滴水不漏，结构稳固，充分证明了其在极端气候条件下的可靠性与稳定性。



图5 上海自行车馆竣工落成图

结语：“道路是曲折的，前途是光明的”，这句名言恰如其分地概括了上海自行车馆金属屋面的设计与建造历程。在这一过程中，团队面临着来自建筑造型、结构力学、材料选择、施工工艺以及极端气候防护等多方面的复杂挑战。每一个难题都犹如一座难以逾越的高山，横亘在前行的道路上。从最初对建筑造型复杂曲面的精确解析，到解决屋面板翘曲、侧弯等技术难题，再到综合考量耐久性、功能性与经济性进行材料选型，以及反复比选确定最优的檩条方案，每一步都凝聚着设计团队、施工人员以及科研人员的智慧与汗水。在应对金属屋面风掀风险这一关键问题上，更是通过深入的实验分析与创新设计，成功打造出远超规范要求的抗风体系。

## 参考文献

- [1]王忠.浅谈屋面在实际施工中的构造及应用[J].中国建筑金属结构,2012(11):71-73.
- [2]优美科建筑产品部[J].中国住宅设施,2014(08):114-116.
- [3]张涵,胡清.高分子防水卷材的研究进展[J].合成材料老化与应用,2023,52(01):113-116.