

大型场馆混凝土结构施工关键技术体系构建与实施

李华波 孙立祺 贺 印

深圳市润置城市建设管理有限公司 广东 深圳 518000

【摘要】：国内大型场馆结构多不设缝，为了解决大型体育场馆超长混凝土结构的裂缝控制难题，本研究以作者经历的项目为工程背景，对其环形超长混凝土结构施工技术展开专项研究。通过采用科学的设计和施工区段划分策略、合理布置后浇带、优化混凝土材料配比等综合技术手段，并创新运用跳仓法与递推式跳仓施工工艺，显著提升了结构的抗裂性能。该系列技术措施的实施，不仅有效抑制了有害裂缝的产生，同时保障了工程整体质量与施工进度的协同推进。

【关键词】：大型场馆；混凝土结构；施工关键技术

DOI:10.12417/3083-5526.25.05.011

引言

随着我国体育事业的快速发展，大型体育场馆建设规模不断扩大，大型场馆结构多不设缝，超长混凝土结构裂缝控制已成为行业共性难题。本文基于该作者经历的项目实践，系统研究了施工段划分、跳仓工艺、配合比优化等关键技术，通过创新采用递推式跳仓施工法，有效解决了超长结构温度应力与收缩变形控制难题，为同类工程提供了重要参考。

一、工程概况及施工难点

（一）工程概况

大湾区文化体育中心综合体育场规模6万座，总建筑面积约为18万平方米。建筑高度约63.5m，屋盖最大悬挑62.5m，下部混凝土结构最高标高41.3m。地上五层，无地下室。建筑平面投影形状为椭圆形，东侧有靠海二层大平台。南北向长度356m，东西向长度396m。

本工程底板区域采用桩基承台基础，无地下室，地上部分采用框架结构，底板面积约10万m²。

本项目后浇带设置800mm收缩后浇带。

首层主要包括看台区、跑道区和场芯区，后浇带将底板分隔为24个区间，看台区每块板约为90×70m，场芯区为35×40m。

二层梁板分隔为14个区间每块板约为70×60m，三层梁板分隔为11个区间每块板约为30×60m，四层梁板分隔为9个区间每块板约为30×60m，五层梁板分隔为9个区间每块板约为30×60m。

混凝土结构设计情况如下：

序号	区域	构件	尺寸	结构类型	强度等级
1	看台区	底板	厚度：350/400/500（以400为主）	钢筋混凝土	C40P8
2	看台区	承台	厚度：1200/1500~2700（以1200为主）	钢筋混凝土	C40P8

3	场芯区	底板	厚度：300	钢筋混凝土	C40P8
4	场芯区	承台	厚度：900	钢筋混凝土	C40P8
5	二、三、四、五层	楼板	厚度普遍为150~250mm，局部300~400mm	钢筋混凝土	C30~C35

（二）施工难点

本项目建设规模宏大，但建设周期极为紧张，从打桩开始至工程竣工的整体周期为19个月。相较于国内同期建设的同类场馆，本项目工期要求最为严苛。在此条件下，混凝土结构工程成为制约项目总体进度的关键工序，其施工组织与效率直接关系到整体目标的实现。本工程涉及大体积混凝土浇筑，单次作业方量大且持续时间长^[1]。为避免因浇筑中断产生冷缝等质量隐患，必须确保混凝土供应的绝对连续性。因此，对施工现场内外的交通流线进行科学规划与高效组织，是保障浇筑质量的关键前提。

为了保证混凝土成型质量并有效抑制早期裂缝的产生，必须严格执行保湿养护工艺。在混凝土终凝后，应立即采取覆膜结合定时洒水的综合养护方案，使新浇混凝土表面持续处于湿润状态^[2]。根据结构耐久性要求，该保湿养护周期应连续保持14天以上，确保材料性能的稳定发展。

二、大型场馆混凝土结构施工技术的体系构建

（一）计算分析

鉴于本工程结构接缝体系复杂，经过技术经济比较，最终确定采用分区跳仓施工方案。计算采用Midas gen 2022版本有限元分析，计算依据为《超长混凝土结构无缝施工标准》（JGJ/T492-2023）、《大体积混凝土施工标准》（GB 50496-2018）。大体积混凝土的开裂一般有两种情况：一是在硬化的初期，内外温差形成温度梯度，使混凝土内部产生压应力，表面产生拉应力，产生表面裂缝；二是在硬化的中后期，混凝土逐渐降温和多余水分蒸发引起的体积收缩，受到边界约束引起的拉应

力,使结构产生贯穿裂缝。表面裂缝对结构的影响不大,一般可以忽略,而贯穿裂缝影响结构的防渗漏性能和耐久性,施工时必须采取措施,严格控制大体积混凝土的开裂。

通过计算施工期温度应力变化情况,可得出:

(1)各个阶段混凝土最大拉应力均小于混凝土抗拉强度时程结果容许值,不会产生开裂。

(2)本次有限元结构分析混凝土尺寸为35~50米之间、厚度均按500mm,不会产生开裂,建议现场单次浇筑尺寸不宜大于60米,相邻两次浇筑间隔时间不小于7天,加强保温养护,提高混凝土早期强度;加强保湿养护,减小干燥收缩。

(3)建议优化底板和墙体混凝土配合比,通过降低浆骨比、外添抗裂纤维等措施降低混凝土收缩,减小开裂风险。

(4)底板采取跳仓法施工工艺,相邻两次浇筑间隔时间不小于7天。

(5)底板浇筑1天内存在较大的开裂风险,早期混凝土抗拉强度低,需做好早期保温保湿养护。

(二) 施工段划分原则

具体实施中将环形结构划分为若干约40米长的施工段,各施工区段根据资源配置情况,通过保留关键接缝、设置跳仓缝等措施,将施工区域划分为若干个约1600平方米的浇筑单元,单向长度严格控制在40米范围内,最终体育场首层划分为五个区域62个施工段。分区缝设置遵循以下原则:最大限度维持原设计接缝位置;避开各类孔洞及基础结构。

三、大型场馆混凝土结构关键施工技术

(一) 划分施工段

基于结构受力特征和施工可行性,将环形混凝土结构划分为62个标准施工段,单段长度一般不大于45m。相邻仓位施工缝不宜贯通,避免应力集中于一点,应错开约1m位置设置分仓施工缝。按设计要求降板 $\geq 1.5\text{m}$ 底板与底板施工缝采取止水钢板防水措施、 $< 1.5\text{m}$ 底板及楼板施工缝采取常规施工缝处理大样,施工缝处理采用A8方格(80mm \times 80mm)骨架,用20目/cm²钢纱网封堵混凝土。根据图纸,局部集水井设置止水钢板,设止水钢板时骨架及钢板上、下断开,保持止水钢板的连续贯通。这一分段方案是经过多轮有限元分析计算确定的,既考虑了混凝土收缩应力的分布规律,又兼顾了施工效率。

在分段设计时,通过建立完整的BIM模型,对每个施工段的体积、配筋情况进行精确计算。特别值得注意的是,在结构受力复杂的看台转折区域,分段长度宜适当缩减,以降低应力集中风险。每个标准施工段的混凝土用量控制在650~700立方米,这样的分段既保证了单次浇筑量在合理范围内,又避免了因分段过多导致的施工缝增加。

(二) 跳仓推进及综合施工

采用“跳仓递推”施工工艺,比如将整个施工区域划分为三个作业区,按照1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1的循环顺序组织施工。每个施工仓混凝土浇筑完成后,立即进入不少于7天的养护期,随后进行相邻施工仓的浇筑作业。在施工过程中,建立了基于实时监测的反馈机制,通过埋设的温度传感器和应变计,动态调整施工进度,确保结构应力处于安全范围内。

(三) 施工缝施工

在分段界面处理上,建议采用“阶梯式”接缝设计,接缝面与水平面呈45度夹角,并设置30cm宽的凹槽,这种设计不仅增大了新旧混凝土的接触面积,还形成了机械咬合作用。在钢筋配置方面,施工缝处可设置额外的抗裂钢筋网,采用 $\Phi 12@150\text{mm}$ 的双层双向配筋,钢筋跨越接缝的长度不小于50倍钢筋直径。

(四) 优化混凝土配合比

通过系统的配合比试验研究,最终确定采用C40P8等级的高性能混凝土。超长结构混凝土材料的配合比要求:

(1)选用质量稳定、低水化热和含碱量较低的水泥,不得使用早强水泥、C3A含量偏高水泥(C3A含量不得超过7%)及立窑水泥。选用坚固耐久的、级配合格、粒形良好的骨料。

(2)混凝土到浇筑工作面的坍落度不宜大于160mm。

(3)尽量降低拌和水的用量,用水量不宜大于175kg/m³。

(4)粉煤灰掺量不宜超过胶凝材料用量的40%,矿渣粉的掺量不宜超过胶凝材料用量的50%。粉煤灰和矿渣粉掺合料的总量不宜大于混凝土中胶凝材料用量的50%。

(5)控制砂率0.35~0.42,水胶比不宜大于0.5。

(6)混凝土掺加了1.2kg/m³的聚丙烯纤维,有效提高了混凝土的早期抗裂性能。

(五) 混凝土施工及养护

建立全过程质量控制体系。浇筑前进行详细的技术交底,采用分层浇筑工艺,每层厚度不超过500mm,间隔时间控制在2小时以内。振捣作业采用分区负责制,确保混凝土密实度。养护阶段实施“覆膜+喷淋”的综合养护方案,在混凝土终凝后立即覆盖塑料薄膜,24小时后开始自动喷淋养护,养护水温度与混凝土表面温差控制在15 $^{\circ}\text{C}$ 以内^[4]。通过实施严格的养护制度,混凝土表面裂缝发生率控制在0.1%以下,达到了预期的质量控制目标。大面积平板构件:当混凝土浇到板顶标高后,应用2m长铝合金刮杠将混凝土表面找平,控制好板顶标高,然后用木抹子拍打、搓抹两遍等措施。混凝土终凝前1~2h,提浆机二遍收光,大体积混凝土养护采用边收光边覆盖0.6mm塑料薄膜防止水分蒸发,塑料薄膜搭接按不小于150mm,需保证薄膜内处于100%湿度,薄膜上覆盖一层土工布或麻袋并浇

水养护,保持麻袋与塑料膜内外均处于润湿状态,养护时间不少于14天,养护结束后,底层薄膜断续保留,防止后期干燥收缩。养护过程若遇较大暴雨需在板面铺设麻袋,避免形成较大的水流冲刷楼面造成过快降温。

四、结语

通过在大湾区文化体育中心综合体育场项目的实践应用,

本文构建的大型场馆混凝土结构施工技术体系取得了显著成效。该体系通过科学的施工段划分、创新的跳仓递推工艺、严格的施工缝处理、优化的混凝土配合比以及系统的养护措施,成功将超长结构裂缝发生率控制在0.1%以下,同时将混凝土结构施工周期缩短约50%。实践证明,该技术体系不仅有效保障了工程质量,更大幅提升了施工效率,为类似大型场馆建设提供了完整的技术解决方案,具有重要的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 张骏首,商和松,李建锋,等. 建筑工程中大体积混凝土施工裂缝控制技术 [J]. 水泥, 2025, (09): 155-157.
- [2] 高伟超. 大体积混凝土结构施工技术研究 [J]. 全面腐蚀控制, 2025, 39 (08): 33-35.
- [3] 苏伟明. 大体积混凝土跳仓法施工技术研究与应用实践 [J]. 黑龙江水利科技, 2025, 53 (08): 22-26.
- [4] 张春龙. 大体积混凝土结构施工技术 [J]. 江苏建材, 2025, (02): 99-100.