

建筑工程大体积混凝土无缝施工技术的应用

袁 颖

重庆沃瑞建设工程有限公司 重庆 400000

【摘要】近近年中我国大型机超大型建筑物数量及规模均不断增加，大体积混凝土工程的应用范畴也呈现出逐年扩展的趋势。大体积混凝土局部裂缝问题，这会直接影响建筑物的建设质量与使用寿命，加强大体积混凝土无缝施工技术的应用，能使以上问题迎刃而解。简单分析大体积混凝土的定义、特点及其裂缝问题的主要原因，结合具体工程项目的建设需求，阐明其实际施工部署优化方案，并有效地实施了无缝施工技术，加强混凝土配合比、浇筑等工序的控制，显著地提升了大体积混凝土的施工质量，取得了无缝隙、无渗漏的效果。

【关键词】建筑工程；大体积混凝土；无缝施工技术

引言

伴随着城镇化建设进程的加速，人们对建筑的功能呈现出多样化的特点，且对其建设质量也提出了高标准、高要求。和普通的混凝土相比较，大体积混凝土的体积更庞大，混凝土材料外层的水化热程度和内部之间有显著的差异，故而更易产生裂缝问题。直接影响大体积混凝土的施工质量。近近年中，很多大型建筑建设中倡导实施“无缝设计”方案，即保证混凝土材料连续施工，在普通混凝土内掺拌适量外加剂，提升整个结构的强度水平，规避裂缝问题，全面提升建设质量。

1 大体积混凝土的概述及其裂纹问题原因

1.1 大体积混凝土的概述

在建筑行业内，大体积混凝土被定义成断面尺寸 $\geq 1\text{m}$ ，现场施工过程中综合应用各种措施方法去管控混凝土构件内外部温差，尽可能地杜绝发生裂缝等质量问题的一类建筑工程。现实中大体积混凝土施工特点集中体现在如下两点：

对整体质量提出较高的要求。多数大型设备与高层建筑内存在着大体积混凝土工程，例如高层建筑的箱形基础等。为了规避建筑物后续投入使用过程中因局部有裂缝而出现渗漏水问题，所以明确规定不可以在建筑内预留施工缝，最好运用连续浇筑的工法。

结构体积普遍较大：混凝土浇筑施工结束后，其本体体会生成大量水化热，且这些水化热会聚集在结构内部，短期内很难挥发到外界。以上这种情况直接地增加了混凝土工程内外温度差，以致生成了较大的温差应力，混凝土的结构体积随之变大^[1]。

1.2 裂缝问题的原因分析

为了确保大体积混凝土工程建设中能有效地实施无缝

施工技术，明确大体积混凝土裂缝生成的主要原因是根本条件。过去大量工程实例证明，大体积混凝土施工产生裂缝的主要成因可以归结为如下几点：第一，水泥的水化反应。水泥与水混合后会发生水化反应，生成水化产物，这一过程中会放出大量的热量，导致混凝土内部温度升高。混凝土内外部形成了显著的温度梯度，若不能有效管控温度，会在混凝土内部产生热应力，热应力超过混凝土的抗拉强度时，裂缝就会随之生成。第二，配制混凝土使用的原材料质量不合格。比如，若购置的水泥质量不合格，强度不够或其内部掺杂过多杂质时，会影响混凝土的整体性能。不能合理地选用掺合料和外加剂，同样会给混凝土性能指标带来不良影响，比如不适当的外加剂可能会造成混凝土收缩量显著增加。第三，施工不规范。浇筑速度过快或过慢，振捣不均匀或过度振捣，都可能引起混凝土内部的不均匀性，增加裂缝的风险。

第四，建筑工程地基的不均匀沉降。不均匀沉降会直接造成建筑上部结构承受不均匀的应力，一旦应力超过混凝土的抗拉强度时，裂缝就会产生。

2 项目概况

已知某海洋乐园总建筑面积达到 4.3万m^2 ，地上、地下建筑面积分别达到 3.3万m^2 、 1.0万m^2 。考量建筑质量设计要求、功能使用需求、建设经费等多个因素，最后决定选择钢筋混凝土框架结构+钢板桁架金属屋面，抗震设防烈度8度，使用年限50年，建筑高度 25.22m ，地上3层，局部地下建设1层。按照区域与使用功能的差异，可以把海洋乐园划分成海豚海狮表演秀、精灵秀场、林间影院、海豹缸、大型生物展缸等十多个区域场所，已知大型生物展缸占地面积达到 925m^2 ，水深最大处达到 7.2m ，在展缸南侧还铺筑了

一条直线长达30.55 m的H形海底隧道。

大型生物展览缸的主体结构施工建设过程中，因为没有确定好上部结构的设计方案，目前只能开展底板和底板以上300mm高度范围内的侧墙施工，其他构件则要暂时搁置。分析到展览缸的实体建筑造型十分复杂以及结构构件的体积庞大，加之内部充满了人造海水，为了确保整个展览缸的结构完整、最后建设的质量契合玻璃纤维增强塑料（FRP）防水施工的基层标准，并且在后续投入使用后能够满足适用性和耐久性的标准，展览缸的侧壁墙体、梁柱以及其他构件的混凝土工程施工统一运用了无缝施工技术。

3 施工部署优化

在大型生物展览缸的建设过程中，由于四周的主体结构已经完工，混凝土的浇筑以及其他相关工程的施工面临一些挑战，主要体现在如下几点^[2]：

- (1) 工程所在区域不能达到该区域内混凝土现场浇筑所需的超长臂架泵车使用需求。
- (2) 为确保大型生物展览缸的质量，混凝土工程一定要做到连续浇筑。如果有使用地泵和布料机等辅助设备的需求，则要在现场局部搭建高度为4.5m的手脚架作为操作平台。
- (3) 展缸的侧墙、梁柱、海底隧道侧壁和顶板尺寸均较大，钢筋构件密集分布，侧墙中建造了多根暗柱与暗梁构造，底部铺筑着错综复杂的市政管道。普通混凝土施工很难满足其质量设计标准。

对于以上现实施工过程中遇到的难题，施工队对于海底隧道区域的混凝土浇筑决定运用地泵配合31m的天泵（由履带起重机将泵车吊进展缸中）连续进行两次泵送作业。其他区域则统一运用长度达到50m的天泵浇筑。现实中，51m天泵能独立完成覆盖范围中的混凝土浇筑作业任务，31m天崩地浇筑对象专一，即海底隧道和溢水槽区域。为了提高混凝土的早期强度水平与防腐能力，经系统地论证分析后，决定把原方案内的C40混凝土升级成C50自密实混凝土，并且保持抗渗等级依然是P8级。

4 混凝土配合比的合理选择

工程所在地广泛分布着山砂或机制砂，泥沙和其他杂质含量普遍较高，为确保混凝土的配比及最后成型质量符合设计要求，一定要严格筛选与冲洗全部进场的砂石料。为了能有效管控清洗后砂石料的含水率，施工队与搅拌站加强协商，提前半个月就开始筛选和冲洗工作。分析到大型生物展览缸内钢筋密集、暗柱和暗梁交错排布的真实情况，及池壁溢水口等可能给混凝土浇筑质量产生的不良影响，筛选环节要加强石子粒径大小的控制，最后决定用5~20mm石子作为自密实混凝土的粗骨料。

对比分析不同种类水泥的使用情况，最后决定选用普通硅酸盐水泥（P·042.5）。水泥内铝酸三钙含量≤8%，细度≤50m²/kg，游离氧化钙≤5%，氯离子含量≤0.02%。

掺入适量粉煤灰、矿粉，在水泥水化反应中会消耗一定的Ca(OH)₂，减轻MgCl₂对水化硅酸钙的侵蚀程度。粉煤灰还有降低Cl⁻扩散系数的作用。

参照混凝土原材料的对比分析与屡次试配结果，确定出混凝土配合比表1^[3]。

表1 C50 P8自密实混凝土配合比（kg/m³）

材料名称	水	水泥	粉煤灰	外加剂	石子	一级砂
用量	185	420	20	13.4	985	743
重量比	0.35	1.0			1.76	1.40

5 施工过程的管理

5.1 侧墙水平施工缝处理

底板现场施工过程中，因为上部局部的设计方案没有完全确定，施工队选择在底板顶标高以上300mm范围中进行了一次性浇筑墙柱，为后续各处施工缝的处理创造了诸多便利条件。因为新旧结构施工作业时间间隔较长，施工队决定在侧墙的水平施工缝位置布置了两道止水钢板，其宗旨是延长渗水路径的长度。在上部墙体施工建设之前，施工队要完全清理并冲洗掉施工缝位置残留下的杂物，均匀涂抹WJ-302专用界面剂以有效处理新旧混凝土的交界面。底墙墙体浇筑结束后，保留下水螺杆作为旧墙螺杆，通过这种方式确保新、旧墙体施工缝的平整度。在模板施工过程中，给施工缝处粘贴了双面胶，通过这种方式保证混凝土结构局部不会出现漏浆等质量问题。见图1。

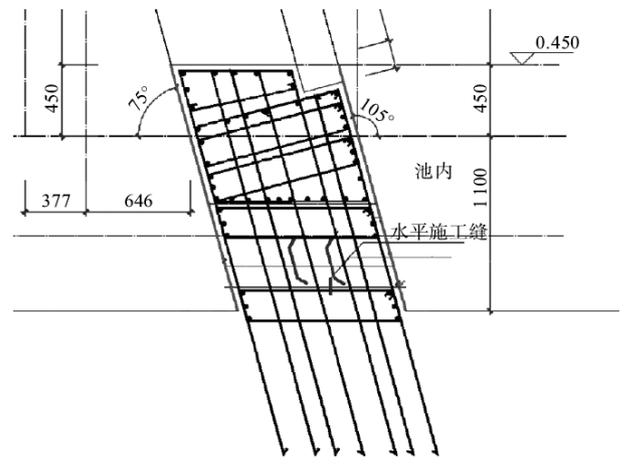


图1 施工缝的处理方法

5.2 混凝土浇筑

为了确保混凝土浇筑作业过程的连续性，以防浇筑过程中生成冷缝，把大型生物展览缸的施工分成如下两个阶段：

第一阶段对应的是北侧海底隧道区域的施工内容，第二阶段覆盖了大型生物展缸的其他区域建造部分。分析到海底隧道区域混凝土浇筑流程的复杂度很高，且其纵向墙体内建造了暗柱与暗梁构造，施工队海底隧道的混凝土浇筑作为施工的重点，对其作出优先安排。现场具体部署见图2所示。

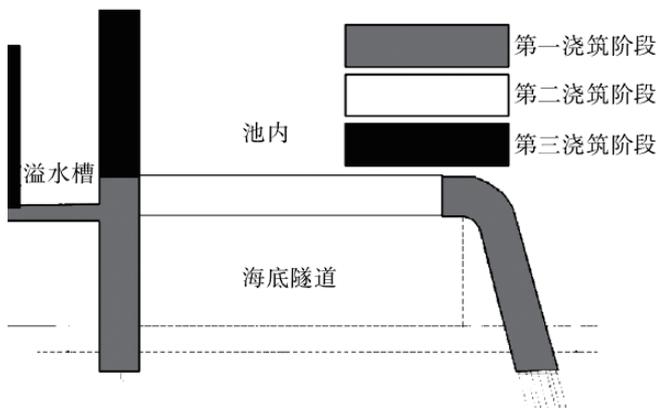


图2 混凝土现场浇筑图示

(1) 第一浇筑阶段：在本工程中，对于竖墙下半部分和溢水槽底板混凝土施工，统一运用海底隧道顶部模板作为浇筑平台。在平台处运用模板可靠支撑临时用溜槽，通过这种方式保证混凝土材料能按照预留浇筑部分顺利地抵达相应位置，有效地规避了混凝土材料随意散落到隧道顶板局部而生成施工冷缝的异常现象。为了能将现场爆破事件的发生率降到最低，对混凝土工程采取了分层浇筑策略，将各层浇筑厚度均控制为500mm。运用分层浇筑过程中形成的时间间隔，施工队交替开展了竖墙部分和弧形墙体部分各自的浇筑作业，以保证施工的连续性和混凝土材料在各个构件面层分布的均匀性。

(2) 第二浇筑阶段：第一阶段的浇筑作业结束后，施工队就可以着手开展海底隧道顶板的混凝土浇筑工序。具体实践中，为了保证整个施工过程安全可靠，并且减轻给模板支撑系统集中施加的负荷作用，施工队规划把厚度为1000mm的顶板混凝土细分成三个层面予以分别浇筑，其中首层厚度是400mm，其他两层厚度均是300mm。相邻两个面层浇筑的时间间隔均是45min。施工队要有效应用这个间隔期，在这一间隔期内开展第二施工阶段下部墙体和柱体的混凝土浇筑作业，分层浇筑厚度和第一阶段保持一致。

(3) 第三浇筑阶段：先组织第二施工阶段上部墙柱和结构梁的浇筑作业。在第一，二浇筑阶段的结合处混凝土浇筑结束后的60min，且在混凝土完成初凝之前，施工队就组织了溢水槽左右两侧墙体的混凝土浇筑活动。各层浇筑厚度均控制为500mm，环绕整个生物展缸进行均匀、连续化的浇筑。

5.3 混凝土工程的振捣与养护

(1) 大型生物展缸建筑因使用了自密实混凝土材料建设，故而浇筑后无需振捣，但因为构件的真实尺寸偏大，钢筋密集分布，内有暗柱、暗梁交错排布，并且还存在着溢水口等构造对混凝土材料流动过程产生较明显的阻碍作用，所以现场浇筑混凝土过程中依然要配合引流与振捣工序。设置好模板构造以后，按照混凝土的分层浇筑厚度大小，施工队选择在背水面模板按照水平间距2000 mm、纵向间距1500 mm凿出 $\Phi 100$ mm圆孔，通过圆孔顺利地插进振捣棒，利用其辅助完成混凝土材料的振捣与引流任务。当把混凝土浇筑到圆孔下方200~500 mm位置时，采用大小适宜的模板和圆钉对各处圆孔进行有效的封堵处理，同时使用钢管加固，通过这种方式和模板主楞构成一个整体。

(2) 混凝土浇筑工序整体结束后，给海底隧道顶部及其他位置梁顶统一使用塑料薄膜白天时整体覆盖，并每间隔4h洒水一次；夜间时环境气温降低，改用草帘覆盖以上构件，6h洒水一次。拆除墙柱构件的模板前，对其不采用特殊的养护措施。拆模后，施工对联合使用薄膜整体包裹与间歇性洒水的方法进行养护，根据本地气温监测情况决定是否运用草帘包裹的保温办法。以上构件按照设计养护方法连续养护时间均要>28d。对于顶板和梁底的支撑体系，应在混凝土养护完成后再拆除。

6 结束语

总之，建筑大体积混凝土采用无缝施工技术能显著提升混凝土浇筑施工质量，在促进整个建筑工程质量安全方面体现出了良好的效能。本文结合海洋乐园大型生物展缸的施工案例展开了细致分析，介绍了施工部署优化、混凝土配合比的科学选择、施工过程管理等方面的具体措施方法。工程竣工后顺利地通过了质量验收，未见任何施工缝，可见无缝施工能显著地增进大体积混凝土的建设质量，取得了十分满意的施工成效，为我国建筑行业壮大发展保驾护航。

参考文献：

- [1] 徐雷. 建筑工程超长钢筋混凝土结构无缝设计施工技术措施分析[J]. 地产, 2019, 41(16): 50-52.
- [2] 付庆. 房建施工中大体积混凝土无缝技术研究[J]. 建筑·建材·装饰, 2022.
- [3] 马震. 建筑工程大体积混凝土无缝施工技术[J]. 绿色环保建材, 2017.