

# 全生命周期理论下 PC 建筑工程防水质量管理

杨以顺

上海建工房产有限公司, 上海 200000

**摘要:** 建筑防水是建筑施工的重要环节, 关系到建筑物的正常使用、生命安全以及质量和安全。本文通过对全生命周期质量管理理论进行研究, 从接缝设计及处理、背衬材料和美纹纸胶带、施工密封胶等方面出发严格控制 PC 建筑工程防水质量, 并分析了基于全生命周期的 PC 建筑防水效果。结果表明, 总体合格率较高, 达到 90% 以上, 防水工程质量总体可控, 但仍需进一步对易渗漏部位进行重点监控, 采取有效的防水措施。

**关键词:** 全生命周期; PC 建筑; 工程防水; 质量管理

## Waterproof Quality Management in PC Construction Engineering Based on the Whole Life Cycle Theory

Yang Yishun

Shanghai Construction Real Estate Co., Ltd. Shanghai 200000

**Abstract:** Building waterproofing is a crucial aspect of construction, affecting the normal use, life safety, quality, and overall safety of the building. This paper explores the whole life cycle quality management theory, strictly controlling the waterproof quality of PC construction projects from various perspectives such as joint design and treatment, backing materials, masking tape, and construction sealant. Additionally, it analyzes the waterproofing effectiveness of PC buildings based on the whole life cycle. The results indicate a high overall qualification rate, exceeding 90%, suggesting that the waterproof engineering quality is generally controllable. However, there is still a need for further monitoring of leakage-prone areas and implementing effective waterproofing measures.

**Keywords:** whole life cycle; PC building; engineering waterproofing; quality management

### 引言

PC 建筑是指由预制混凝土构件和其他材料组成的, 不需现场浇筑而直接安装施工的建筑。与传统钢筋混凝土结构相比, PC 建筑具有施工速度快、节能环保等优点<sup>[1]</sup>, 在国外发展迅速, 并已进入我国。由于 PC 建筑工程工期短、造价低, 且能够满足建筑工业化的需求, 因此受到了国内诸多房地产开发商的青睐<sup>[2-3]</sup>。然而, 由于缺乏对 PC 建筑工程防水技术的研究, 导致防水系统存在缺陷, 造成渗漏、开裂等质量问题。近年来, 我国学者对 PC 建筑工程防水质量问题进行了研究。席江峰等<sup>[4]</sup>对我国典型地区 PC 建筑工程渗漏状况进行调查分析, 指出存在的主要问题包括: 防水材料选择不当、节点构造处理不当、未采取有效防裂措施。金剑青等<sup>[5]</sup>通过案例分析发现, PC 建筑工程中楼板渗漏的原因有设计不当、材料品质差、施工工艺粗糙、构造处理不当、养护不到位等因素。徐向红<sup>[6]</sup>通过调研发现, PC 建筑工程渗漏问题普遍存在, 部分原因在于防水措施不合理。喻晶<sup>[7]</sup>从微观角度出发, 探讨了不同环境下 PC 建筑工程渗漏的原因。张乾越<sup>[8]</sup>根据工程实践经验总结了 PC 建筑工程渗漏防治对策, 包括优化设计、选用优质防水材料、加强现场施工管理、严格验收程序等方面, 这些研究为解决 PC 建筑工程防水质量问题提供了参考。当前, 建筑行业正处于转型升级阶段, 新时期要求建筑企业建立新的质量管理模式。全生命周期理论源于美国质量学会主席菲根·芬恩提出的“生命周期成本”概念, 主张将产品寿命周期内产生的所有相关成本考虑在内, 从而降低产品寿命周期成本<sup>[9-10]</sup>, 该理论也被称为精益化管理理论, 其核心思想是要在整个生命周期内, 实现最优资源配置, 以保证产品或服务在使用过程中的高效率和高效益。将全生命周期理论应用于 PC 建筑工程防水质量管理, 有助于建筑企业降低成本、提升竞争力, 并在竞争激烈的市场中获得更大的利润空间。

### 一、工程概况

项目住宅类型为经济适用房, 总用地面积 48100.10m<sup>2</sup>, 总建筑面积 153620.80m<sup>2</sup>。其中地上建筑面积 111298.8m<sup>2</sup> (规划建设

2幢 11 层住宅楼、6 幢 19 层住宅楼、4 幢 21 层住宅楼、2 栋门卫、1 栋 1 层 KT 站及 1 栋 1 层双拼 PT 站、3 栋 1 层 PT 站、1 栋 1 层垃圾压缩站)。本工程结构采用的设计使用年限为 50 年。建筑结构安全等级为二级。抗震等级: 剪力墙三级、框架三级。抗震设防

烈度7度。基础形式为独立基础。地库工程桩采用  $\phi 500$ PHC 管桩，壁厚100mm，桩长11、17米；主楼工程桩采用  $\phi 600$  钻孔灌注桩，桩长31米。

## 二、全生命周期理论

全生命周期理论强调企业在生产产品时要综合考虑其整个生命周期，从而制定最优的资源配置方案。因此，全生命周期管理是对传统质量管理理念和方法进行改进与创新的一种先进管理方法。全生命周期理论从产品的设计阶段开始，涉及产品的研发、生产、运输、使用、报废等环节，并将每个环节都纳入质量管理中来，以达到降低消耗、提高效率、降低成本的目的。具体来说，全生命周期理论包括以下几个方面：

1. 规划与决策。指企业在开发新产品前，要充分考虑市场需求、竞争对手以及消费者心理等因素，从而选择正确的市场定位，确定产品价格和质量标准。

2. 全生命周期管理。企业需要建立完善的质量管理体系，规范各个环节的操作流程，并运用有效的工具和技术来保证所有环节都能按照预定目标顺利完成。

3. 资源优化配置。企业要在生命周期内实现资源最优配置，即通过合理调整生产规模、工艺流程、设备布局等方式，减少资源浪费，提高经济效益。

4. 持续改进。企业应不断跟踪市场变化，及时发现问题并提出解决方案，提升产品品质，增强竞争力。

5. 环境保护。随着全球环保意识的不断加强，企业应采取保护措施保护生态环境，实现可持续发展。

由此可见，全生命周期理论不仅适用于制造业，同样也适用于建筑业。因此，本文将全生命周期理论引入到 PC 建筑工程防水领域，希望能够为建筑行业的质量管理提供新的思路和方法。

## 三、基于全生命周期的 PC 建筑工程防水效果

### (一) 防水处理

#### 1. 接缝设计

装配式建筑墙板缝隙宽度较其他建筑缝隙误差较大，正确的接缝设计可以保证建筑物和密封胶的使用寿命。在满足基材伸缩余量前提下，接缝宽度不宜小于10mm；当接缝宽度小于10mm时，宽深比为1:1，当接缝宽度大于10mm时，宽深比2:1；施工人员应根据实际的接缝宽度，选择相应的宽深比；当宽度超过30mm时，厚度建议15mm。

#### 2. 接缝处理

通过铲刀或钢丝刷去除不利于粘结的物质，如灰尘，油漆，水泥浮浆和其他不利于粘接的微粒；如有油脂等液体状杂质，可使用清洗剂清理；用毛刷或者压缩空气清洁基材表面上由于打磨而残留的灰尘、杂质等；处理过的基材表面，应干净，干燥，清洁，密实，质地均一。见图1。



> 图1 接缝处理过程

#### 3. 背衬材料和美纹纸胶带

使用柔软闭孔的圆形或扁平的聚乙烯条作为背衬材料，控制密封胶的施胶深度和形状；用背衬材料控制密封胶的施工深度（通常情况下，背衬材料应大于接缝宽度的25%以上），实现宽深比2:1或1:1；如果泡沫棒后续要连接的，泡沫棒尾部保留成45°，方便后续接头；如果接缝太小或被填充物覆盖而无法放置背衬材料的时候，需使用粘胶隔离带，覆盖接缝底部。若密封胶与基材底部直接粘接，会形成三面粘结，其变形能力会受到影响；背衬材料安置完毕后，请用美纹纸胶带遮盖接缝边缘。见图2。



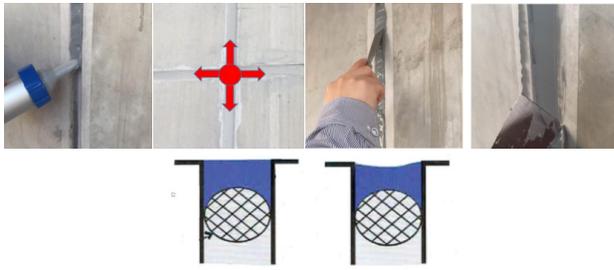
> 图2 背衬材料和美纹纸胶带过程

#### 4. 施工密封胶

施工密封胶前需确认：背衬材料放置完毕，并保证宽深比适宜；基材接缝四周边缘贴上美纹纸胶带；基材面干燥，无异物；根据填缝的宽度，沿45°角将胶嘴切割至合适的口径，将密封胶放入胶枪中，尽量将胶嘴探到接缝底部，保持合适的速度，连续打足够的密封胶并有少许外溢，避免胶体和胶条下产生空腔；确保密封胶与粘接面结合良好，并保证设计好的宽深比；“十”字接口或者“T”字接口打胶时，应先在接口处挤进足量密封胶，分别向其他几个方向牵引施胶；当接缝大于30mm，建议两步施工，即打一半之后压实密封胶，然后再打另一半；密封胶施工完成后，用压舌棒、刮片或其他工具将密封胶刮平压实，胶体边缘与缝隙边缘涂抹充实，加强密封效果，禁止来回反复刮胶动作，保持刮胶工具干净；如果在施工时，胶条要后续连接的，胶条尾部修整成45°，方便后续接头；夏秋季节高温时施工，需用抹刀将胶表面修饰成平整美观的平面形状，冬春季节低温时施工，需将胶体表面修饰成凹面形状；美纹纸胶带必须在密封胶干之前揭下。见图3。

### (二) 基于全生命周期的防水效果分析

#### 1. 全生命周期防水效果



> 图3 施工密封胶过程

表1: 基于全生命周期的防水效果

阶段	指标	数据来源	数据分析方法	结果
设计阶段	防水设计合理性	设计图纸、规范标准	对比分析、专家评审	防水设计符合规范, 节点处理合理
生产阶段	预制构件防水性能	构件出厂检验报告、第三方检测	统计分析、对比试验	构件抗渗等级、吸水率等指标达标
运输阶段	构件破损率	运输记录、现场验收	统计分析	构件运输过程中无破损, 防水层完好
施工阶段	施工工艺规范性	施工记录、现场检查	统计分析、专家评估	施工工艺符合规范, 防水层搭接、密封处理到位
验收阶段	防水效果检测	闭水试验、淋水试验、第三方检测	统计分析	防水效果达到设计要求, 无渗漏现象
使用阶段	渗漏率	用户反馈、定期检查	统计分析、趋势分析	建筑使用过程中渗漏率低, 防水效果持久

## 2. 验收结果分析

表2: 渗漏试验结果

检测项目	检测部位	检测方法	检测标准	检测数量	合格数量	不合格数量	合格率	不合格原因分析
闭水试验	屋面	GB50207-2012	蓄水深度 $\geq 20\text{mm}$ , 蓄水时间 $\geq 24\text{h}$	10	9	1	90%	屋面排水坡度不足, 导致局部积水

## 参考文献

- [1] 史瑞萍. PC 建筑施工管理要点研究 [J]. 河南建材, 2022(4):11-13.
- [2] 吴学伟, 欧霖霞. PC 建筑工业化部品定价分析 [J]. 建筑经济, 2018, 39(3):56-60.
- [3] 吴智明. 新农村 PC 建筑应用 BIM 技术的 SWOT 分析 [J]. 湖北第二师范学院学报, 2023, 40(2):35-41.
- [4] 席江峰, 孙艳秋, 张余乐. PC 外墙拼缝渗水隐患控制 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(32):3575.
- [5] 金剑青, 吴同鸽. MS 密封胶在预制装配式建筑外墙防水中的应用探讨 [J]. 价值工程, 2018, 37(8):144-147.
- [6] 徐向红. 装配式建筑结构连接点防渗漏施工技术 [J]. 中国房地产业, 2023(9):178-181.
- [7] 喻晶. 论装配式建筑预制外墙板防水处理措施 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(6):3413.
- [8] 张乾越. 探究 BIM 技术在 PC 住宅全生命周期中的应用 [J]. 四川水泥, 2020(4):129.
- [9] 郭宗鑫, 张丕状, 姚金杰, 等. 基于 RFID 高压管件全生命周期动态跟踪 PC 管理平台系统设计 [J]. 国外电子测量技术, 2020, 39(1):146-150.
- [10] 安然, 周东明, 张彦欢, 等. 基于 BIM 和 RFID 技术的 PC 建筑全生命周期应用研究 [J]. 工程建设, 2017, 49(11):24-27.

闭水试验	卫生间	GB50207-2012	蓄水深度 $\geq 20\text{mm}$ , 蓄水时间 $\geq 24\text{h}$	20	19	1	95%	地漏安装不规范, 导致渗漏
淋水试验	外墙	JGJ/T235-2011	水压 $\geq 0.3\text{MPa}$ , 持续时间 $\geq 30\text{min}$	50	48	2	96%	外墙接缝处密封胶开裂
第三方检测	地下室	GB50108-2008	采用红外热成像仪检测	5	5	0	100%	无

(1) 总体情况: 闭水试验、淋水试验和第三方检测的总体合格率较高, 达到 90% 以上, 说明防水工程质量总体可控。

(2) 存在问题: 屋面排水坡度不足、地漏安装不规范、外墙接缝处密封胶开裂等问题是导致防水效果不达标的主要原因。

(3) 改进措施: 加强施工过程中的质量控制, 严格按照规范要求施工; 对易渗漏部位进行重点监控, 采取有效的防水措施; 加强防水材料的质量检测, 确保材料质量符合要求。

## 四、总结

综上所述, 全生命周期质量管理理论可以有效提高 PC 建筑工程防水质量。在 PC 建筑工程中, 防水材料和施工工艺是影响防水质量的关键因素。因此, 在设计阶段, 要加强对防水材料性能的研究, 并优化防水构造设计, 以提高其性能指标; 在施工阶段, 应严格控制防水材料质量, 加强防水施工技术培训, 确保施工质量; 在使用阶段, 应加强建筑主体结构、房屋沉降变形的监控, 定期检查建筑物的防水情况, 及时发现并修复问题。通过从设计、生产、运输、施工、验收和使用等阶段进行全过程控制, 可以有效降低 PC 建筑渗漏风险, 提高建筑物的使用寿命和用户满意度。未来, 应进一步加强易渗漏部位的研究, 开发更加有效的防水材料和施工工艺, 不断提高 PC 建筑防水质量。