

高层居住建筑群水系统 BIM 结合绿色建筑优化设计

付 翊¹, 张尚义², 师前进³

(1. 悉地<北京>国际建筑设计顾问有限公司, 北京 100013; 2. 浙江天和建筑设计有限公司, 浙江 湖州 313000; 3. 中国建筑标准设计研究院有限公司, 北京 100048)

摘 要: 在某高层居住建筑群水系统优化设计中,应用 BIM 技术在绿色建筑框架下,采用因地制宜的技术措施,运用价值工程理论进行经济性分析,提出高层居住建筑群水系统优化设计的技术框架,为实现可持续发展型高层居住建筑水系统设计提供必要的技术支持。

关键词: 高层居住建筑群; BIM 技术; 绿色建筑; 水系统优化设计

中图分类号: TU99 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2017)06-0083-05

Optimum Design of Water Systems for a High-rise Residential Building Cluster Combined with Technologies of BIM and Green Buildings

FU Hong¹, ZHANG Shang-yi², SHI Qian-jin³

(1. CCDI Group, Beijing 100013, China; 2. Zhejiang Tianhe Architectural Design Co. Ltd., Huzhou 313000, China; 3. China Institute of Building Standard Design and Research Co. Ltd., Beijing 100048, China)

Abstract: In the optimum design of the water systems for a high-rise residential building cluster, the technology of BIM under the framework for the design of green buildings and the targeted technical measures were applied, and the economic analysis was performed based on the value engineering theory. The technical framework on the optimum design of water systems for high-rise residential building clusters was put forward to provide necessary technique supports for design of water systems for high-rise residential buildings with sustainable development.

Key words: high-rise residential building; technology of BIM; green building design; optimum design of water systems

广州市某高层居住建筑群,在其水系统设计中,结合 BIM 技术和绿色建筑的要求,提出水系统优化设计的新思路。

1 工程简介

本工程位于广州市,自然场地景观资源丰富,北侧拥有天然山体景观,东侧河水穿流而过,南侧毗邻现代城市公园。

本项目总建设用地面积为 79 401.8 m²,总建筑面积为 308 851 m²,其中地上部分的建筑面积为 246 134 m²,地下部分建筑面积为 62 717 m²。本项目一共包含 8 个单体建筑。本次设计仅包括其中

3#楼、4#楼、7#楼和 8#楼的设计。3#楼、4#楼为一类高层公共建筑,建筑高度为 99.9 m,首层为商铺及物业管理用房,地上二层至二十层主要为办公用房,地下一层为停车库和设备用房,部分为人防区。7#楼、8#楼为一类高层居住建筑,建筑高度分别为 77.1、74.8 m,首层为商铺及配套用房,地上二层为架空层,地上三层至顶层(分别为二十四层、二十三層)为平层公寓(层高为 3 m),地下一层为停车库和设备用房,部分为人防区。

2 水系统优化设计的技术框架

本次水系统优化设计的思路是通过采用因地制

宜的技术措施,融入低影响开发建设设计理念、低碳减排生态设计理念和绿色建筑设计理念,在满足建设方基本投资限额需求和功能需求的基础上实现可持续发展型高层建筑设计。

本次设计拟以绿色建筑评价标准体系中节水与

水资源利用章节条文设置框架为基础,通过对拟采用的绿色技术进行经济性分析,针对性地细化调整指标体系,采用权重体系加权打分的综合评价方法,形成水系统优化设计技术框架。

具体技术框架示意图1。

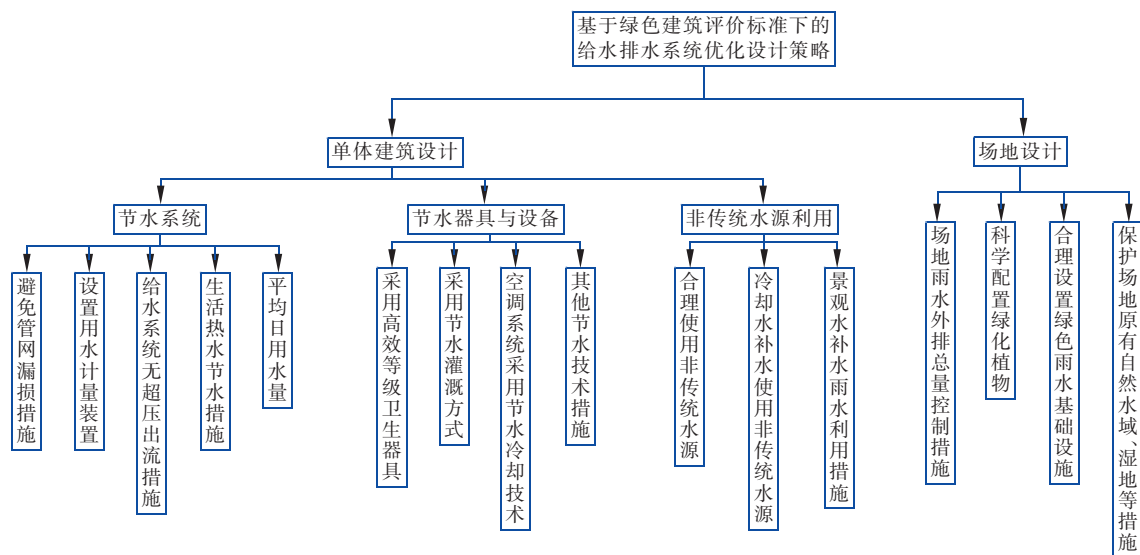


图1 可持续发展型建筑给排水系统优化设计技术框架

Fig. 1 Technical frame for optimal design of water supply and drainage systems for building with sustainable development

2.1 场地年径流总量控制

本项目位于广州市,属于一区特大城市,南亚热带季风气候,夏热冬暖地区。年平均气温为 $21.5 \sim 22.2^{\circ}\text{C}$,最低温度为 -2.6°C 左右,最高温度为 39.3°C ;年降雨量平均为 $1\,648.5 \sim 2\,234.0\text{ mm}$;年平均日照时数为 $1\,613.6 \sim 1\,931.3\text{ h}$ 。

根据最佳的雨水控制量应以雨水排放量接近自然地貌为标准,参照国家标准《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014)条文说明第4.2.14条中表2《年径流总量控制率对应的设计控制雨量》和国家标准《建筑与小区雨水利用工程技术规范》(GB 50400—2006)中表4.2.2对应径流系数并应用BIM生成本项目各种下垫面面积统计表,计算得到场地综合径流系数为0.524,对应不同场地年径流总量控制率需通过滞留、调蓄措施实现的降雨控制量见表1。因本地区全年基本上1/3时间为雨天,采用下渗减排控制径流总量作用不明显,故而本次设计采用直接集蓄利用。本项目场地设计雨水调蓄池有效容积为 $1\,300\text{ m}^3$, $>1\,015.2\text{ m}^3$,场地年径流总量控制率大于70%且小于85%。

表1 对应不同场地年径流总量控制率的降雨控制量

Tab. 1 Rainfall control according to annual runoff volume capture ratio of different sites

场地年径流总量控制率/%	55	70	85
设计控制雨量/mm	15.1	24.4	43.0
场地内设计降雨控制量/ m^3	1 199.0	1 937.4	3 414.3
场地内需通过滞留、调蓄措施实现的降雨控制量/ m^3	628.3	1 015.2	1 789.1
条文4.2.14对场地雨水实施外排总量控制评价达标得分	3	6	6

2.2 场地雨水污染源控制

屋面绿化技术因其在不减少建筑面积的前提下增加绿地比例而成为绿色建筑雨水源头低碳控制的优势技术之一,又因其在雨水径流的原位实施控制利用雨水,充分体现了低影响开发建设的核心理念。本次优化设计以8#楼建筑设计为例,通过对比计算采用屋面绿化技术前后直接增量成本和全生命周期增量成本,运用价值工程理论,在满足建设方基本投资限额需求的前提下寻求最佳功能造价比。管材统计、面积统计均应用BIM完成。8#楼无绿化的防水保温上人屋面做法见图2,而粗放型种植屋面做法

见图 3,主要是前者采用的地砖被后者用种植层土壤层所取代。

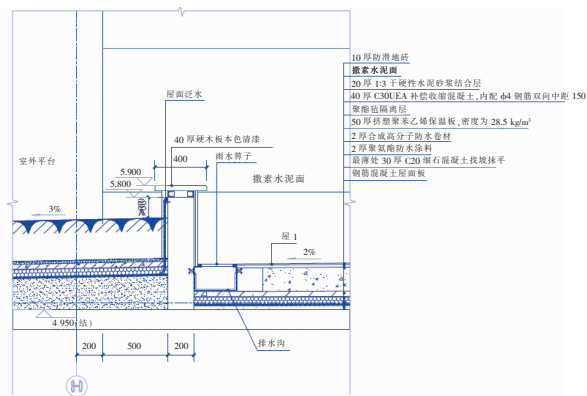


图 2 防水保温上人屋面做法

Fig. 2 Profile detail of routine waterproof insulation roof

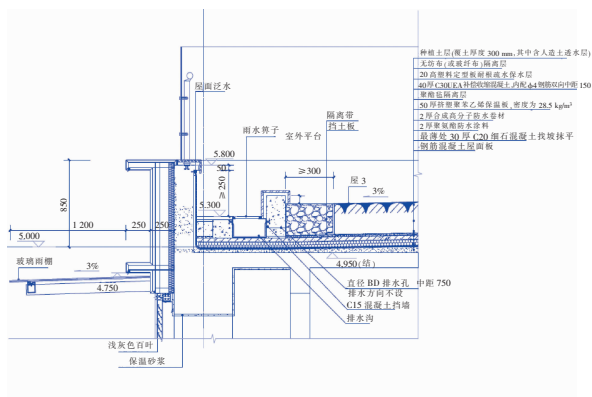


图 3 粗放型种植屋面做法

Fig. 3 Profile detail of extensive green roof

本次采用屋面绿化技术前后直接增量成本和全生命周期增量成本的计算以采用屋面绿化技术前初步设计时确定的屋面雨水排放系统设计为增量成本计算基点,以清单统计法为增量成本计算方法,以本年设计时间为增量成本计算时间,以 52 年为计算全生命周期(包括建设期 2 年,运营期 50 年),全生命周期增量成本以净现值指标来衡量。8#楼设计使用年限为 50 年,顶层屋面总面积为 967 m²,其中绿化面积为 355 m²,二层屋面总面积为 1 452 m²,其中绿化面积为 456 m²。经过统计计算得到采用屋面绿化技术后直接增量成本为 8.11 万元。全生命周期增量成本由初始成本、养护管理成本及残值组成。其中初始成本即为直接增量成本 8.11 万元在建设期第一年未支付;养护管理成本参考现行市场价取 15 元/(m²·a),在未来 50 年运营期内按固定年利

率 6.55% 增长;余值的终值取初始成本的 5%,即为 0.4 万元,则 8#楼采用屋面绿化技术后全生命周期增量成本为 23.32 万元。初步设计时确定的屋面雨水排放系统设计管道工程初始成本经清单统计计算后得 22.99 万元,全生命周期成本由初始成本、年平均大修成本及运营期更换成本组成。运营期内管道按每 20 年更换一次,拆除费按安装工程人工费的 50% 计,管道工程替换费为 25.06 万元,年平均大修费率取初始成本的 1%,即为 0.23 万元,则 8#楼采用屋面绿化技术前屋面雨水排放系统设计管道工程全生命周期成本为 32.49 万元。

价值工程是通过对产品进行功能分析,将产品的价值、功能、成本作为一个整体来考虑,以最低的寿命周期成本可靠地实现使用者所需功能为目标的一种管理技术。本次设计采用屋面绿化技术后除了满足原基本功能及时排放屋面雨水(功能 F1)外,新增以下功能:

① 节能(功能 F2)。因有植物层的光合作用、叶面的反射作用和土壤层的隔热作用,新增绿化屋面可通过夏季降温、冬季保温作用实现室内温度调节功能,减少夏季空调、冬季采暖等控温设施的使用,达到节约电能、燃气能等的消耗。

② 减排(功能 F3)。屋面绿化的减排效果显著,除了因为上述能耗的节约,间接地降低碳排放及其他大气污染物的排放外,还因为绿色植物的光合作用可直接吸收二氧化碳,释放氧气,直接减少本建筑周围的碳排放。

③ 净化(功能 F4)。由于植物根茎的吸收利用和基质土壤的吸附截留作用,屋面绿化能净化屋面径流,削减雨水源头污染负荷,从而减轻雨水后续的处理负荷,进一步降低碳排放。

④ 延寿(功能 F5)。本建筑所处地区夏季炎热,紫外线照射时间较长且昼夜温差较大,传统屋面采用聚合物改性沥青防水卷材等防水保护层寿命大约 20 年,然而绿化后的屋面可有效降低夏季屋面温度,减少昼夜温差,缓解沥青防水卷材的热胀冷缩,延长屋面保护层的寿命。

⑤ 降噪(功能 F6)。有研究表明,由于屋顶绿化所用的生长基质存在孔隙,声波进入孔隙空间并且因基质颗粒之间复杂的相互作用而减少^[1]。绿化后的屋面较传统硬质屋面有降低来自周边噪音的功效。

⑥ 美观(功能 F7)。屋顶绿化最突出的效益是其具有显著的生态效益和景观效益。由灌木、草坪和地被植物组成的屋面植物配置复层结构,因其色彩多样、高低错落,为钢筋混凝土建筑密集的城市上空增添一抹靓丽。

对比采用屋面绿化技术前后屋面雨水排放两方案 A 和 B,运用 0~4 评分法对上述 7 项功能进行重要性评分得到表 2,采用专家评分法对两方案进行功能评分得到表 3。

表 2 功能重要性评分

Tab. 2 Importance rating scale of various functions

方案功能	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	功能总分	功能重要性系数
F1	x	3	3	3	4	4	3	20	0.238
F2	1	x	2	2	3	3	2	13	0.155
F3	1	2	x	2	3	3	2	13	0.155
F4	1	2	2	x	3	3	2	13	0.155
F5	0	1	1	1	x	2	1	6	0.071
F6	0	1	1	1	2	x	1	6	0.071
F7	1	2	2	2	3	3	x	13	0.155

表 3 对比方案功能得分

Tab. 3 Scoring sheet of functions according to alternative schemes

方案功能	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
方案功能得分	A	10	5	5	3	1	1
	B	9	9	9	9	7	9

经计算得两方案价值指数见表 4。

表 4 价值指数计算

Tab. 4 Value index sheet

方案	功能指数 F	现实成本/万元	成本指数 C	价值指数 $V = F/C$	全生命周期成本/万元	成本指数 C^*	价值指数 $V^* = F/C^*$
A	0.350	22.99	0.425	0.824	32.49	0.368	0.951
B	0.650	31.10	0.575	1.130	55.81	0.632	1.028
合计	1.0		1.0			1.0	

表 4 中计算结果显示无论是按现实成本还是按全生命周期成本计, $V_A < V_B$, 说明方案 B 优于方案 A, 方案 B 通过增加较少的成本, 获得较大的功能改进。

2.3 节水系统措施的选用

根据当地居民日常生活用水习惯, 本次设计平均日用水量按《民用建筑节能设计标准》(GB 50555—2010) 取上限值。因用户热水用水量小且用水时段不均匀, 本次设计未设集中热水供应系统。根据图 1 框架所列节水措施, 本次设计均选用密闭

性能好的阀门和设备, 管材和管件也具有较强耐腐蚀性和较好的耐久性, 室外埋地管道采取加固措施防止超压荷载造成管网漏损。给水系统设计控制最不利用水器具处的静水压不超过 0.45 MPa, 供水点水压大于 0.20 MPa 者设支管减压阀且阀后压力不小于用水器具要求的最低工作压力, 既防止超压出流, 又满足用户的使用要求。根据水平衡测试的要求分三级安装分级计量水表, 以便于检测管网漏损情况。所有商管物业公共区域的用水(包括所有卫生间、垃圾房、污水处理间、室内外绿化及冲洗点、消防水池、消防水箱、冷却塔、制冷机房、空调机房、水箱间等)均设置水表计量, 用户每户设三级水表计量, 每单元设二级水表计量。

2.4 节水器具与设备的选用

考虑到当地居民对生活品质要求较高, 本次设计卫生洁具及配件不仅符合《节水型生活用水器具》(CJ/T 164—2014) 的标准规定, 还选用水效率等级达到二级的卫生器具, 水嘴流量 ≤ 0.125 L/s, 淋浴器 ≤ 0.12 L/s, 小便器一次冲洗水量 ≤ 3 L, 蹲便器一次冲洗水量 ≤ 5 L。洗脸盆、洗手盆、洗涤盆(池)采用陶瓷片等密封耐用、性能优良的水嘴。坐便器采用容积为 3.5 L/5 L 的两档式冲洗水箱。公共卫生间采用感应式节水水嘴和感应式小便器冲洗阀。车库和道路冲洗采用节水高压水枪。本建筑周围绿地采用喷灌节水灌溉系统, 并设置土壤湿度感应器、雨天关闭装置等节水控制措施。本建筑采用多联机空调系统和分体式空调, 其能效比(EER)比现行国家标准《公共建筑节能设计标准》(GB 50189)的要求提高 6%。

2.5 非传统水源的利用

本项目非传统水源为雨水, 根据本地降雨特点和雨水收集利用的要求, 本工程收集部分屋面雨水和连廊雨水, 按 3 天绿化和道路冲洗水量设计收集雨水量为 360 m³, 收集的雨水先经过初期弃流后汇入雨水调蓄池, 再经过雨水净化一体机通过絮凝→沉淀→过滤→消毒的处理过程后将符合回用水质的再生水用于绿地浇灌、道路浇洒和洗车用水等。

经过计算, 本工程用于绿地浇灌、道路浇洒和洗车用水的设计年总用水量为 10 355.14 m³, 而根据当地历年统计月平均雨水量经计算后得年总可利用雨水量为 7 519.4 m³, 则采用非传统水源的比例为 $7\,519.4/10\,355.14 = 73\% > 60\%$, 满足合理使用非

传统水源得分 15 分要求。

本建筑采用多联机空调系统和分体式空调,无冷却水补水系统。

3 绿色建筑评价结论

本次水系统优化设计所选技术措施是以绿色建筑评价标准体系中节水与水资源利用章节条文设置框架为基础,根据当地居民实际用水习惯结合自然地理特征并考虑到建设方要求本建筑达到绿建二星的基本要求,选择在节水与水资源利用评价指标中参评项总分为 86 分,实际得分 74 分,综合其他各专业设计选择在节地与室外环境评价指标中参评项总分为 96 分,实际得分 70 分;在节能与能源利用评价指标中参评项总分为 94 分,实际得分 56 分;在节材与材料资源利用评价指标中参评项总分为 80 分,实际得分 34 分;在室内环境质量评价指标中参评项总分为 97 分,实际得分 56 分;在加分项创新部分于设计阶段应用 BIM 技术得 1 分,并参照《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014)表 3.2.7 中各类评价指标的权重设置,最终计算得到本建筑评分项总得分为 63.88 分 > 60 分,满足绿色建筑二星级评价要求。

4 BIM 技术在水系统优化设计中的作用

可视化是 BIM 应用技术区别于传统设计模式的最突出的特点,通过建立建筑、结构及设备等专业详细深化模型,可直观进行碰撞检测,调整管线综合,通过模拟提前预知并妥善解决各专业冲突,避免设计过程中错、漏、碰、缺的出现,从而进一步提高设计质量,为水系统设计细部优化提供直接支持。

然而 BIM 应用技术最重要的意义在于重新整合建筑设计流程,为引入建筑全生命周期概念对建筑进行全方位管理提供一个集中的数据平台,所有参与方均将各自信息数据提交到 BIM 平台的信息数据库中,通过构建共享工程数据模型保证调用数据的唯一性和精确度。

在本次水系统优化设计中因各专业均在同一平台上进行协同设计,BIM 模型中的数据更新及时,应用 BIM 生成的面积统计表、管材统计表得以及时修

正,有效保证各项控制参数计算的准确性。

随着各种模拟分析工具的导入,BIM 数据平台汇集的数据更加丰富,分析越来越精确,水系统优化设计中各项技术措施的比选依据更可靠、分析工具更多样。

5 结语

本次水系统优化设计是以绿色建筑评价标准体系中节水与水资源利用指标为框架,在设计过程中融入低影响开发建设设计理念、低碳减排生态设计理念和绿色建筑设计理念,通过采用因地制宜的技术措施,结合 BIM 技术提供的数据支持和分析工具,对拟采用的绿色技术运用价值工程理论进行经济性分析,针对性选择参评指标,参照绿色建筑评价标准体系中的各指标权重设置,采用加权打分的综合评价方法,形成水系统优化设计技术框架,为实现可持续发展型高层建筑给水排水设计提供必要的技术支持。

参考文献:

- [1] Van Renterghem T, Botteldooren D. Numerical evaluation of sound propagating over green roofs[J]. J Sound Vib, 2008, 317(3/5): 781 - 799.



作者简介:付翊(1972 -),女,湖北武汉人,伦敦帝国理工大学环境工程硕士,给排水工程师,从事建筑给排水设计工作。

E-mail: 2364658964@qq.com

收稿日期:2016 - 08 - 30