

工程实例

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.013

香港沙头角污水处理厂扩建工程的智慧管理及信息化建设

何家仪

(香港特别行政区政府渠务署, 香港)

摘要: 沙头角污水处理厂扩建工程是香港特别行政区政府渠务署首个推行“建造业 2.0”的先导项目。重点探讨渠务署如何秉持“智慧及绿色工程管理”理念,通过工地管理数码化,应用建筑信息模拟、各种传感器、物联网、大数据、人工智能、虚拟现实等创新科技,再配合创新建筑技术,推行智能工地,实现信息化建设及智慧工程管理。

关键词: 污水处理; 信息化建设; 智慧工程管理; 大数据; 物联网; 人工智能

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)02-0072-06

Smart Management and Digitalized Construction for Expansion Project of Sha Tau Kok Sewage Treatment Works in Hong Kong

Carol HO Ka-yee

(Drainage Services Department, the Government of the Hong Kong Special Administrative Region, Hong Kong, China)

Abstract: Expansion of Sha Tau Kok Sewage Treatment Works is the first pilot project to implement Construction Industry 2.0 by the Drainage Services Department (DSD) of the Hong Kong Special Administrative Region. This paper would focus on discussing how DSD implements different innovative technologies including the digitalization of site management, adoption of Building Information Modelling (BIM), various sensors, Internet of Things, big data, artificial intelligence, virtual reality, etc. through the idea of “smart and green project management” with an aim to promote smart site, digitalized construction and smart project management.

Key words: sewage treatment; digitalized construction; smart project management; big data; Internet of Things; artificial intelligence

香港特别行政区政府于 2018 年制定“建造业 2.0”计划^[1],通过“创新、专业化及年轻化”三大支柱,以维持和强化香港建造业的领导地位,同时推动行业可持续发展和长远增长的愿景,将香港的建造业带进新里程。

回应“建造业 2.0”的方针,渠务署在既有的基础上,归纳了“创新、智慧、互动”的发展方向,目标是公众提供强韧而可持续的、世界级的智能型污水处理和雨水排放服务。

1 渠务署的发展方向

渠务署目标以“创新、智慧、互动”为发展方向,规划、建设和管理世界级智慧污水处理和雨水排放设施,制定智能渠务管理系统。

“创新”包含创新采购、创新设计、创新技术应用以及创新设施管理。渠务署一直致力于突破框框,探讨使用非传统的采购模式,例如采用生命周期成本作为评标准则,以及采用不同模式的“新工程合约”等,多年来在工程设计、建造、运营维修等各

领域均推动创新设计及应用新技术。在科研方面,渠务署更加努力不懈,不断开展多元化、跨专业的创新研究项目。

“智能”是世界大趋势,渠务署决心进行数码化管理,善用建筑信息模拟 (Building Information Modelling, BIM) 技术,内外兼顾,提升基建生命周期每个阶段的质量。

“互动”也是内外兼顾,为员工、业界、学界、机构及市民提供平台、空间,配以高效的管理、优质的支持,以及智能化的渠务设施,促进彼此的沟通和合作。

2 智慧及绿色工程管理

工程造价约 10 亿港币的沙头角污水处理厂扩建工程是本部门首个推行“建筑业 2.0”的先导项目。现有沙头角污水处理厂已运行了 30 多年,处理量为 $1\,660\text{ m}^3/\text{d}$ 。工程旨在原址重建该厂,提升污水处理量至 3 倍,以应付区内人口增长及未来房屋发展等需要。该工程已于 2018 年 11 月展开,预计于 2024 年中完工。

该工程面对不少挑战及危机,包括在原址少于两个标准篮球场的空间内兴建临时污水处理厂,并同时设置海底排放管工作井及兴建永久性污水处理厂。项目团队借着先行“建筑业 2.0”,按“创新、智慧、互动”的方向,秉持“智慧及绿色工程管理”理念,以实践信息化建设。

沙头角污水处理厂扩建工程效果图见图 1。

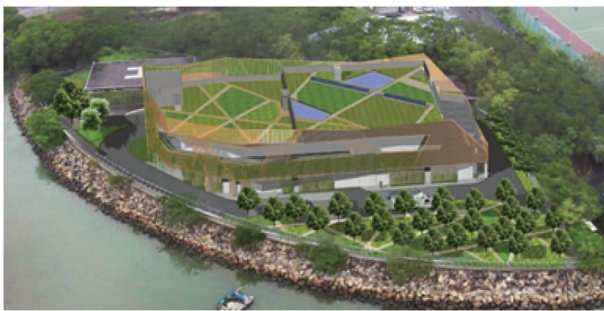


图1 沙头角污水处理厂扩建工程效果图

Fig. 1 Effect drawing of expansion project of Sha Tau Kok Sewage Treatment Works

“智慧及绿色工程管理”是指通过工地管理数码化,以应用 BIM、各种传感器、物联网、大数据、人工智能、虚拟现实等创新科技,再配合创新建筑技术,倡议智慧工地关爱文化,推动智能基建,实现建筑过程数据自动收集、智能分析、智能预警和智能化

控制的管理模式,旨在解决建筑行业普遍存在的施工管控问题,以降低成本,提高效率,提升质量,加强安全管理。

“智慧及绿色工程管理”理念如图 2 所示。



图2 “智慧及绿色工程管理”理念

Fig. 2 Concept of “smart and green project management”

2.1 工地管理数码化

项目团队通过使用自行研发的智能手机应用程序,将工地日常监督、地盘安全管理及检验流程记录数码化,提升工地管理水平及便捷工地监督人员进行工程监察。

工程人员通过使用手机应用程序实时收集工地数据,包括相片和施工情况,方便统一整合和分享。此外,项目团队能随时随地、同步接收到所有实时信息,即使不在现场,亦可随时掌握工程最新情况,从而能够作出及时准确的决策。

除此之外,通过分析收集到的大数据,项目团队能够更准确地掌握工程项目在不同范畴的表现,加以改善,不断提高质量、安全性和工作效率。

2.2 应用BIM

BIM 技术是支撑智慧工程管理的骨干。BIM 技术具有空间定位和记录数据的能力,配合不同智慧科技,例如虚拟现实技术 (Virtual Reality, VR)、无线射频识别技术 (Radio Frequency Identification, RFID)、传感器技术,可以快速准确地为各种建筑设备组件定位及记录不同数据,以协助项目团队将其应用于建造过程,并进行设计协调、施工安排和安全生产培训,实现信息化建设。

在沙头角污水处理厂扩建工程中,项目团队于工程开展 18 个月内完成设计及兴建临时污水处理

厂,包括相关地基及土木结构、机电及污水处理设施的设计、施工、测试及运行。面对拥挤的工作环境和紧逼的施工工期,项目团队应用 BIM 至五维标准,在整个设计和施工过程中进行协调、预计所需的工程材料,制定合适的施工方法及监视工程进度。

临时污水处理厂设计和施工中应用 BIM 如图 3 所示。

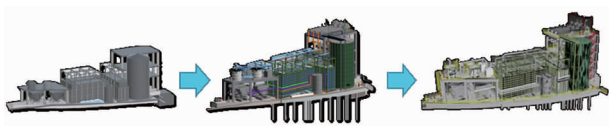


图3 项目团队临时污水处理厂设计和施工过程应用 BIM

Fig. 3 Application of BIM for design and construction of temporary sewage treatment plant

拥挤的工作环境和紧逼的施工计划使土木结构、机电及污水处理设施的设计协调极具挑战。项目团队充分利用 BIM 的通用数据环境(Common Data Environment, CDE),在临时污水处理厂设计和施工期间协调施工顺序及确认机电及污水处理设备的布置。应用 BIM 至五维标准能更有效地协助团队监控施工计划和交付进度,以及准确计算所需材料量,减少浪费。BIM 的应用加强了土木结构、机电及污水处理设施的设计协调工作,减少了安装机电设备时现场所需的结构修改,提高了施工效率及生产力。

临时污水处理厂实景见图 4。



图4 临时污水处理厂

Fig. 4 Temporary sewage treatment plant

项目团队除利用 BIM 加强各专业,包括土木工程及机电工程的协作、促进不同工序的最新设计信息交流和改善施工编排外,更于设计及建造过程期间将拟建临时污水处理厂的 BIM 与现有污水处理

厂的 VR 结合,利用计算机模拟产生一个三维空间的虚拟世界,让使用者感觉置身于污水厂现场,可以实时、没有限制地观察三维空间内的事物。BIM 与 VR 技术结合将空间可视化,有助项目团队在 VR 虚拟环境中确认设备的布置和施工顺序。此外,VR 技术结合 BIM 可以显著提高工作人员对施工环境的理解、提升安全意识、尽早解决施工时的问题,制定最合适的施工方法,从而提高工作效率及保证施工安全。

拟建临时污水处理厂 BIM 与现有污水处理厂的 VR 相结合,如图 5 所示。

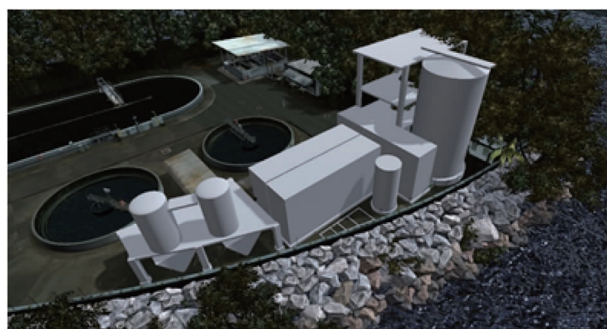


图5 拟建临时污水处理厂的 BIM 与现有污水处理厂的 VR 结合

Fig. 5 Integration of BIM of proposed temporary sewage treatment plant with the VR environment of existing sewage treatment plant

已建临时污水处理厂的 BIM 与现有污水处理厂的 VR 结合,如图 6 所示。

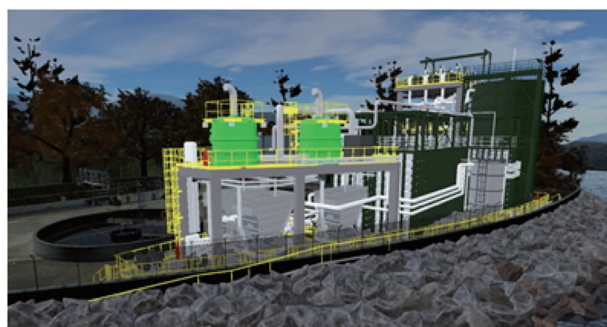


图6 已建临时污水处理厂的 BIM 与现有污水处理厂的 VR 结合

Fig. 6 Integration of BIM of as-built temporary sewage treatment plant with the VR environment of existing sewage treatment plant

2.3 应用创新建筑技术

沙头角污水处理厂扩建工程项目主要包括兴建临时污水处理厂、永久性污水处理厂及海底排放管,

项目团队致力采用场外建造以提升建造质量监察和安全质量等。

2.3.1 临时污水处理厂

考虑到有限的工作区域,项目团队采用场外钢筋预制组件兴建临时污水处理厂的土木结构,并应用了可供制造及装配的设计(Design for Manufacture and Assembly, DfMA)设计及兴建临时污水处理厂的主要污水处理设备。

场外钢筋预制组件(如已切割和屈制的钢筋、钢筋笼及螺纹/接合钢筋等)在高度自动化的场外钢筋预制工厂内生产,以减省现场施工工序,使制作组件与现场地基工程等施工工序可以同时进行,减少建筑过程受天气、人手和施工场地限制的影响,同时有利于管理施工过程。配合使用 BIM,每件组件的设计细节、施工流程、安装程序可以清楚显现,使项目团队更容易与工厂协商加工钢筋及制造组件的生产细节及安装流程。同时,工地废料和环境污染也得以减少,提高了工地整洁度。

以场外钢筋预制组件兴建临时污水处理厂的土木结构,如图7所示。



图7 以场外钢筋预制组件兴建临时污水处理厂的土木结构

Fig.7 Adoption of off-site prefabricated reinforcement steel products for the construction of the civil structures of the temporary sewage treatment plant

此外,项目团队应用了 DfMA 设计及兴建临时污水处理厂的主要污水处理设备,包括均衡池及移动床生物膜反应池。直径 7.7 m、高 14 m 的均衡池是临时污水处理厂的污水存储池,可缓冲雨天峰值污水流量,从而减轻下游设施的负荷。项目团队将均衡池设计为 150 件预制钢板组件,以方便工地以螺栓和螺母连接组装。现场组装则采用自上而下的顶升方法,先组装均衡池的底部,然后安装最顶部,以后每一环以顶升方法接续于地面安装。这种方法

大大减少了高温焊接、吊运及高空工作,减少了施工时间并提升了工地安全性。另外,3 座长 14 m、宽 4 m、高 7 m 的移动床生物膜反应池亦采用工厂预制的钢板组件,运送到现场以螺栓和螺母连接组装,减少了高温焊接工作,从而缩短了施工时间,提升了工地安全性。

以 DfMA 搭建均衡池如图8所示。

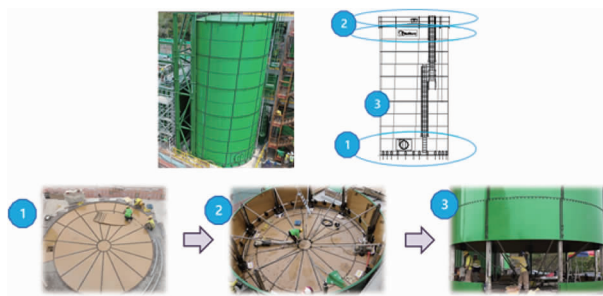


图8 以 DfMA 搭建均衡池

Fig.8 Erection of equalization tank by DfMA approach

以 DfMA 搭建移动床生物膜反应池见图9。



图9 以 DfMA 搭建移动床生物膜反应池

Fig.9 Erection of moving bed biofilm reactor tank by DfMA approach

2.3.2 永久性污水处理厂

项目团队正详细研究采用场外建造兴建永久性污水处理厂的安排,将建筑工序转移至较易控制质量的工厂进行,在工厂制造独立的预制建筑组件等。项目团队亦会采用创新建筑组件——香港研发的专利设计的 MatrixDeck 预制楼板(亦称为朱古力楼板)作为楼宇地台预制组件。这种由一个个黑色塑料盒子组成的楼板,外观如一排排巧克力,是高性能的结构性地地板系统。MatrixDeck 除比传统钢筋混凝土结构系统提高强度外,亦能有助减少混凝土及钢筋的使用量,从而减轻整座楼宇的质量及建设所产

生的碳排放。MatrixDeck 作楼板结构的好处是减少外露的横梁及柱帽,使楼底的水平一致,并且增加了楼底的可用高度。对污水处理厂而言,楼底可用高度增加,有利于机电及污水处理设施的设计及安装,也便于将来的运行及维修。总括而言,采用场外建造能减少总建造时间、提升施工质量以及建造业的生产力、安全性,最终实现可持续发展。

采用 DfMA 及 MatrixDeck 预制楼板设计及兴建永久性污水处理厂(见图 10)。

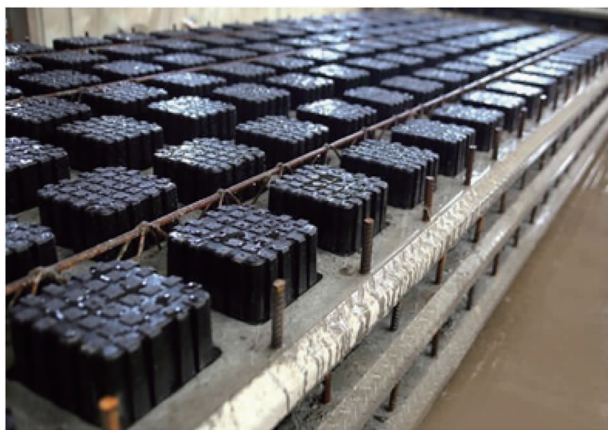


图 10 采用 DfMA 及 MatrixDeck 预制楼板设计及兴建永久性污水处理厂

Fig. 10 Adoption of DfMA and MatrixDeck precast floor slab system for design and construction of the permanent sewage treatment works

2.4 智慧工地关爱文化

多年来渠务署积极推广“零意外”,并鼓励业务伙伴制订安全标准,提升工地安全水平,尽力遏止意外发生。渠务署亦本着“以心为心,尽力尽心”,建立工地关爱文化,确保员工及前线同事可以在安全和健康的环境下工作,减少意外事故。

为了提供一个更安全、更现代化的工地环境,项目团队利用不同的创新技术,如“物联网智能安全帽”(见图 11),通过安全帽内置的传感器并配合 BIM 实时监测工人的位置及确保工人在已授权的工地范围工作。此外,传感器亦能将工人的体温、心跳频率等身体状况数据实时传送到数据库,当发生异常状况时,数据库会立即发出警告信号通知地盘安全主任,以监测工人的健康状况,保障工人安全。

此外,项目团队亦将通过人工智能工地安全监管系统,配合实时录像监视及计算机视觉技术,自动监察工人有否佩戴安全帽和反光衣,实时发出警示

及通知管理层处理,提升工地安全。系统亦能通过机器学习(Machine Learning)、语音和图像辨识,发展不同安全监察方案,如辨认及追踪工人是否进入危险区或高空工作区,以及工人有否在高空工作时佩戴相关安全带等,实现自动化监测、动态辨识工地潜在风险,提升施工安全。



图 11 物联网智能安全帽

Fig. 11 Internet of Things (IoT) for smart safety helmet

另一方面,项目团队亦会于工程期间在工地范围加装各种实时传感器,以协助监测实时地下水位、地面沉降等指标。当监测数据超出设定的预警值后,系统会自动反馈到计算机终端及时预警,使项目团队及时进行分析,找出问题原因并采取措施,确保建筑施工的安全。

项目团队现正建立工地智慧综合管理平台,目标是将各种传感器及智能系统所收集的大数据统一,以便工程人员管理总在场人数、危险警示、工地分布等信息。长远而言,管理层更可通过工地之间不同数据比对、警报和时间比对、警告与地点比对,辅助决策分析。

2.5 推行智能基建

项目团队应用 BIM,配合工地管理数码化、RFID、各种传感器等以推行智能基建,实现信息化建设及管理。通过工地管理数码化收集到的工地数据,以及所有建设阶段相关事务放在可结合文件管理系统的综合地理信息系统(Geospatial Information System, GIS)及 BIM 平台,包括施工详情及验收记录等,只需按下相关位置,就能展示所有信息。同时,项目团队将通过应用先进的传感器技术,收集不同数据,如悬浮颗粒($PM_{2.5}$ 、 PM_{10})、噪声、温湿度、风速、风向等环境监测指标,以及实时水位传感器数

据、污水处理指针传感器数据,并将数据在虚拟现实环境下与物联网收集到的工程信息进行数据挖掘及分析,提供过程趋势预测及专家预案,实现可视化智能管理,提高工程管理信息化水平,加强及提供更高质量的基础设施信息系统,从而逐步创建数码分身(Digital Twins)。配合数码分身,工作人员可随时随地监察污水处理过程,预测潜在操作维修问题并及早应变。万一发生故障,更可通过系统通知工程人员尽快维修,缩短故障时间,确保污水处理设施的运行及排放水质达标。

长远而言,创建数码分身有助于渠务署妥善规划和管理污水处理和雨水排放设施,为公众提供强韧而可持续的、世界级的智能型污水处理和雨水排放服务,并能提供更多渠务系统的相关数据,体现智能城市的实时数据传输和共享,并促进可持续发展和创新。

2.6 实践绿色及可持续建筑

渠务署除积极采用创新科技外,亦配合合适的国际标准及管理系统和环境管理措施,以提升运营效益、推广及实践可持续发展理念,同时实现工程项目与社区连结互动及自然环境双生共融的目标。

项目团队已参与了绿建环评新建建筑(BEAM Plus New Building)及CEEQUAL(Civil Engineering Environmental Quality Assessment and Awards Scheme)可持续评核认证计划,分别为拟建污水处理厂及整个建筑项目的可持续发展表现作中立评估及认证。项目团队将配合评核计划,在规划、设计、施工、测试、管理、运行及维修各范畴融合可持续性的理念,展示其致力推动可持续发展的决心,以实践绿色及可持续建筑。除了一般在施工期间进行的环境保护及监察措施,项目团队以五维标准建立BIM,准确计算如混凝土及钢筋等主要建筑材料、泥土挖掘量及回填量等,减少浪费材料及增加项目成本效益。项目团队亦将于拟建污水处理厂安装太阳能电池板、将处理后的污水作灌溉及制冷系统等非饮用用途、建设绿化天台,增加绿化面积及提供可持续的绿色环境。

此外,项目团队也非常重视与各持份者(利益相关者)的互动互信关系,因此由工程开展之初已定期与相关持份者沟通,以积极开放态度,与社区保持紧密沟通,细心聆听他们的意见及作适当回应。例如,居民表示区内缺乏海滨休憩设施,故希望能开放部分污水处理厂海滨前的绿化区域予公众共用。项目团队现正详细研究于拟建污水处理厂中加入社区共融元素,开放部分海滨绿化地,提供公共休憩空间、园景设施等予公众享用,让渠务设施与社区连结,致力进一步提升整个建筑项目的生命周期实践绿色及可持续建筑。

3 结语

渠务署将继续推出更多的先导合约,探讨实践新一代的建造及营运模式,并继续积极与科研人才交流,建立内地及海外科研信息交流网络,鼓励及支持持份者创新求变,推动创新科研发展,提高互动协作的成效。渠务署定当致力提供更高智能、更环保、更具营运效益的渠务基建系统和服务,推动香港迈向智能型环保城市的新里程。

参考文献:

- [1] 周伟立. 港府注三大元素令建造业迈2.0[N]. 香港商报,2018-10-22.
ZHOU Weili. Hong Kong government notes three major elements leading the construction industry to march 2.0 [N]. Hong Kong Commercial Daily, 2018-10-22 (in Chinese).

作者简介:何家仪(1975-),女,香港大学土木工程系硕士,在基础建设项目管理有丰富经验,曾参与多项大型基础建设项目,如港珠澳大桥香港口岸人工岛及安达臣路石矿场发展项目。现为渠务署顾问工程管理部总工程师,负责管理多个污水建设项目,包括沙头角污水处理厂第一期扩建工程及塘肚乡村污水收集系统等。

E-mail: carolho@dcd.gov.hk

收稿日期:2020-10-15

修回日期:2020-11-10

(编辑:衣春敏)