

公司名称  
中交第四航务工程勘察设计院有限公司

项目地址  
缅甸·仰光

应用软件  
Autodesk® Vault Professional  
Autodesk® Revit® 2017  
Autodesk® Dynamo 1.3.0  
Autodesk® Navisworks® 2017  
Autodesk® Inventor®  
Autodesk® Design Review

BIM技术的基础是模型，核心是信息，关键在于管理。在信息化的浪潮下，BIM技术正在土木中各领域得到快速的成长。但实现信息数据在各平台各软件间无缝流动，利用BIM模型实现更高效更精细的设计和更协同的设计管理，以期更深层次地挖掘BIM在设计和管理上的应用，依然任重道远。

— 陈良志  
院副总工程师，BIM中心主任  
中交第四航务工程勘察设计院有限公司

# 绘交通蓝图 铸工程丰碑

## BIM技术在缅甸引航站项目中的运用

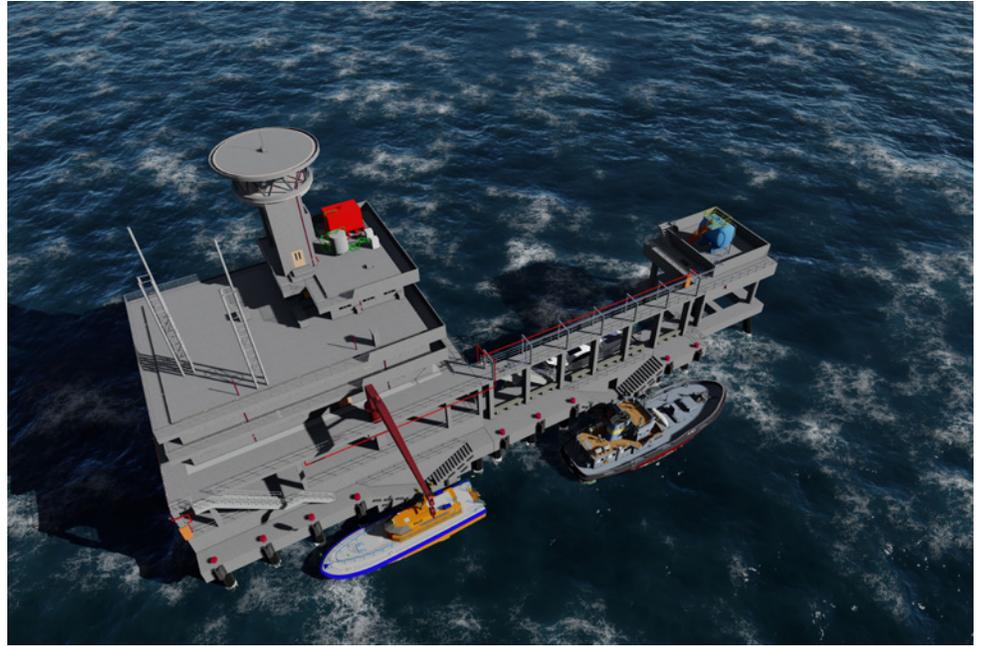


图1 项目模型总体效果图

### 中交第四航务工程勘察设计院有限公司

中交第四航务工程勘察设计院有限公司（原交通部第四航务工程勘察设计院，简称中交四航院）创建于1964年，是中国交通建设股份有限公司的全资子公司，是国内外知名的综合性大型勘察设计公司，拥有住房和城乡建设部核准的“工程设计综合资质甲级”、“工程勘察综合类甲级”等资质证书。主营业务主要包括水运、水利、建筑、路桥市政、轨道交通、化工以及民用机场等行业，承担业务范围内的规划、投资、咨询、勘察设计、施工监理、工程设计施工总承包等业务。

自成立以来，公司在国内外共计完成大型工程勘察设计、工程监理、工程管理和总承包项目2000多个，足迹遍布50多个国际和地区，完成了一批具有国际先进水平的勘察设计项目，包括了巴基斯坦瓜达尔深水港、安哥拉罗安达油码头、港珠澳大桥岛隧工程等一批具有国际影响的勘察设计项目。

在BIM技术探索与运用方面，公司从2007年在港珠澳大桥岛隧项目中首次使用三维技术进行设计；2008年开始三维设计信息系统（Hidas）研发工作；2010年开始BIM技术的

探索与研究；2014年重点从事BIM技术在专业领域的运用；2016年成立公司级别BIM技术中心，统筹全院BIM技术发展；2018年，成立Autodesk授权培训中心（ATC），持续快速推动BIM技术发展。目前，该院根据水运行业的特点与自身个性化的设计习惯，开发了水运行业的BIM整体解决方案，并在大量的项目种实践运用，积累了大量的族库和经验，取得了多项软件著作权，在国内外BIM实践评选中获得了多项大奖。

### 工程概况

缅甸引航站项目位于缅甸仰光河入海口，是我国“一带一路”和“中缅经济走廊”沿线的重要境外经贸合作项目，是缅甸仰光新城首批落地项目。该引航站位于离岸20海里海面处，是世界上第二座、缅甸境内第一座海上引航站，属于新型海上建筑物。项目总投资约2000万美元，建成后将为入缅的港船只提供引航服务，同时兼顾船舶靠泊、油罐输油、办公住宿、娱乐观光等功能要求。

引航站下部结构是钢管桩基础，上部结构由三部分组成：主平台，包含4层的航站楼和信号塔等设施，栈桥平台以及一个油罐平台。



图2 项目现场照片（2018年05）

项目模型总体效果和施工阶段现场的照片如图1所示：

项目的主要特点是地质条件差，淤泥层厚，外海作业风高浪急，给施工和设计带来很多难题；空间狭小但功能要求多，涉及包括水工结构、建筑结构、钢结构、给排水、暖通、电气、通导、港口工艺、储运油工艺等专业；结构异形，机电管线错综复杂；工期紧，为了赶在雨季来临前完成桩基施工，设计时间被不断压缩。

为保证工程顺利进行，该项目在设计阶段引入BIM技术，提前规划、重点模拟、化繁为简、减少返工。

### BIM前期准备

#### 组建项目团队

基于正向设计的理念，本项目的BIM设计团队从项目的设计团队中抽调组建。在BIM岗位上分别设置了BIM项目经理、BIM项目副经理、协调员和各专业的设计建模人员等BIM岗位。

#### 制定项目策略书

本项目中，从可行性研究阶段到施工图阶段，BIM设计和管理的理念和方法一直贯穿在整个过程中。项目前期结合项目特点，根据英标、美标及该院的相关标准等，编写项目本身的《缅甸引航站项目BIM策略书》，用于项目过程中的设计协同和文件控制。《项目BIM策略书》对项目过程中各个方面都进行了详细的、

具有实操性的规定，如制图标准化、模型LOD精度等级、构件的编码命名、设校审流程、模型颜色管理等。项目策略书的运用，确保了项目协作高效精确，设计成果整洁美观。



图3 项目BIM策略书封面及章节目录

#### 搭建设计协同平台

该项目的BIM设计涉及Autodesk等跨平台的软件。针对其涉及专业多、软件多样的特点，项目采用Autodesk Vault 协同设计平台和阿里云服务器，进行多专业、多参与方、多地点的设计协同。包括：

(1) 设计协同：对数据和文件进行全过程的数字化管理，实现了包括文件版本控制、权限管理、异地同平台协同、设校审流程、文件自动编码等在内的协同设计功能，确保每个设计人员能够访问实时、唯一的数据。

(2) 文档管理：基于Autodesk Vault的生命周期功能，保存文件“里程碑式”的版本，实现了文件数据的可追溯性。

(3) 族库管理：主要用于放置各类设计模板、构件库、材料库，并可以根据权限分配进行上传、下载、在线浏览、使用和维护。

### BIM技术基础运用

#### BIM三维设计

##### 三维地质建模

三维地质模型的建模，可通过Autodesk Civil 3D 或该院自主开发的HIDAS 地质模块生成，但其与Autodesk Revit 文件的互导兼容性效果不佳。本项目中，通过Autodesk Dynamo + Autodesk Revit方式进行建模，为该工程问题的解决提供了另外一种思路。三维地质模型，能更直观地展示土层的分布，任意剖切出图，添加土层参数等，并导入到结构软件中进行计算，为项目的桩基设计提供有力保障。

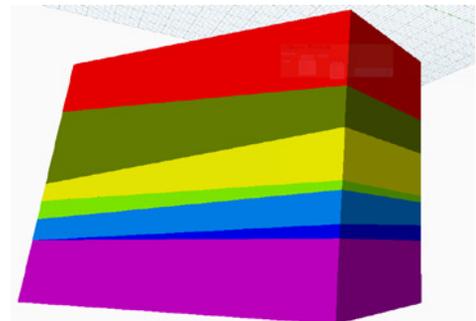


图4-1 Autodesk Revit中的三维地质模型 三维效果展示

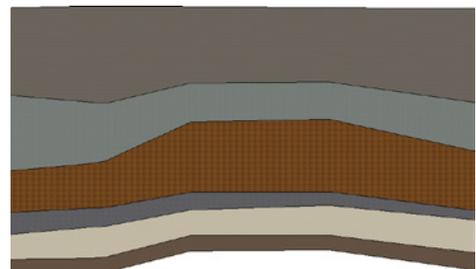


图4-2 Autodesk Revit中的三维地质模型 剖切出图

A	B	C	D	E	F
类型	体积	土层类型	内探角度	不排水抗	平均标贯系数
淤泥mud	37655.94	CLAY	0	100	7
粘性 clay	22586.93	CLAY	0	200	42
细砂 fine sand	27009.97	SAND	0	400	30
medium sand to co	7320.63	SAND	28	0	30
medium sand	12722.18	SAND	28	0	40
Strongly weathere	6810.30	SAND	28	0	50

图4-3 Autodesk Revit中的三维地质模型 各土层参数

#### 结构、水暖电等建模

设计过程中，总图专业首先完成总平面布置，并将设计成果上传到Autodesk Vault 公共数据共享平台。其它专业的设计人员以链接的形式引用总图条件，在各自的设计平台上并行设计。其中，港口结构、建筑结构、水、暖、电、通导等专业采用Autodesk Revit完成建模；港口工艺专业采用Autodesk Inventor 完





图11-1方案优化-方案阶段



图11-2方案优化-施工图阶段

### 方案优化

采用先进的虚拟现实技术，项目团队和业主能直观项目完工后的效果，进而容易发现设计不合理的地方，进行方案优化升级，实现更为人性化的设计。方案阶段和最终施工图阶段的总体模型对比如图11所示：

### 施工模拟

采用VR软件导入模型和施工进度计划，对施工工序和方法进行4D模拟，直观展示施工步骤、施工计划和影响范围等，验证施工方案的可实施性。

### 可视化交底

通过3D可视化和VR软件把二维图纸上的建筑施工图变成更有空间感的模型、海报、漫游视频等。利用VR、AR技术进行模型展示，让三维模型“跃然纸上”，现实环境与虚拟模型相结合，实现更好的工程展示效果。

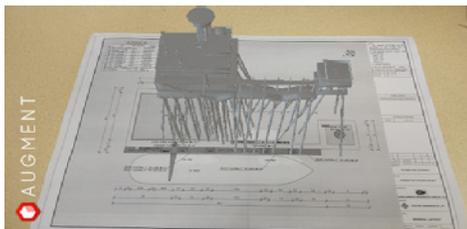


图12 模型AR 效果展示

### 技术创新

项目中，针对不同的工程问题，采用Autodesk Dynamo、API进行大量的二次开发，提高了工作效率，主要包括以下几个方面。

### 快速建模

(1) 桩基快速批量建模：本工程桩基密集、倾斜桩多、桩基空间交错复杂，桩基采用Autodesk Revit 中结构柱族类别进行建模，采用传统的方式建模存在工作量大，桩基倾斜角度、旋转角度等参数无法自动统计等缺点。项目组通过Autodesk Dynamo开发了批量建桩的程序，实现桩基模型空间任意角度的参数化控制；结合地形曲面，自动调整桩长确保桩基进入持力层的长度，大大提高模型的智能度。

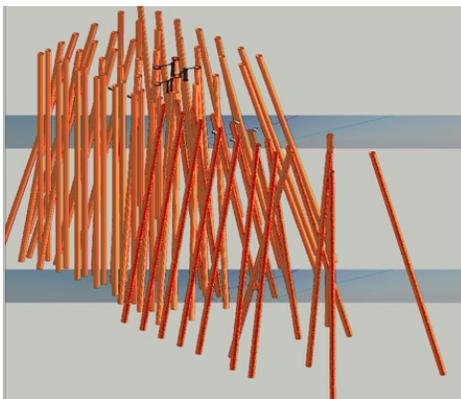


图13 Autodesk Dynamo批量建桩程序

(2) 管道快速分段及编码：利用C#进行了Autodesk Revit的二次开发，创建了对管道模型的快速分段和添加编号注释的插件。通过深化了管道模型，为后续精确指导管道采购及施工提供基础。



图14 管道插件的输入界面

墙体3D拍砖：本项目采用Autodesk Revit和Autodesk Dynamo相结合的方式虚拟样板房的墙体结构进行深化建模，实现3D拍砖，取代现场样板制作指导现场施工。

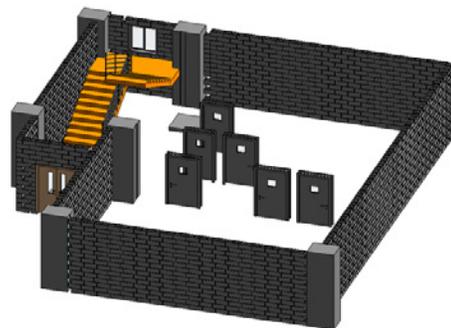


图15 墙体三维拍砖

### 船机施工顺序的仿真模拟

桩基设计中，需要编排合理的打桩顺序，确保施工过程中船机设备不与已打的桩基发生碰撞。传统的做法是在桩基图纸中，画出等比例的船机设备的施工范围，通过人眼识别是否碰撞桩。这种做法工作量大，错误率高，而且无法判断方案的优劣。

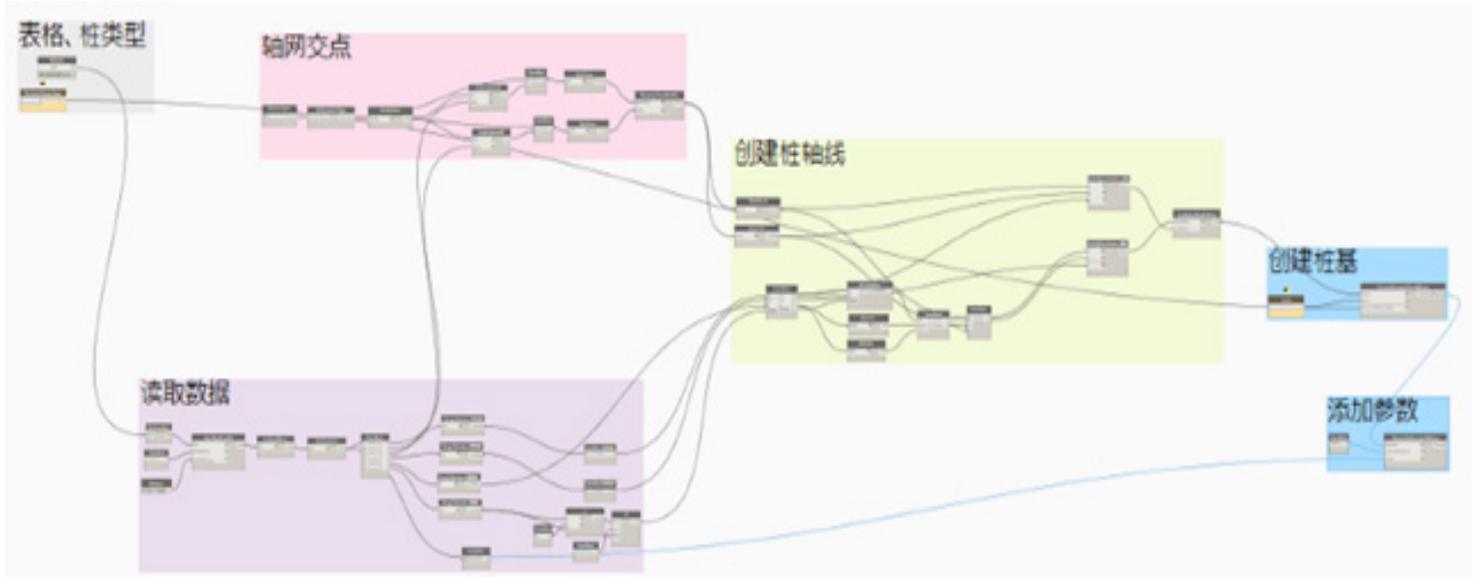


图16 Autodesk Dynamo 船机施工顺序仿真模拟程序

通过Autodesk Dynamo编程，利用BIM模型，自动计算每根桩施工时与已有桩基的距离，通过距离求出安全系数。不但可以判断方案是否发生临时性的碰撞，而且可以给该方案打分，从而判断不同方案的优劣。

**Autodesk Revit结构计算模型**

通过插件，将BIM模型导入有限元计算软件中进行分析计算。其中，计算模型无法在Autodesk Revit中设置桩土之间的连接边界条件。基于此，本项目在有限元计算软件中进行二次开发，根据规范中桩土应力位移曲线公式快速创建桩-土弹簧间的非线性弹簧。利用Autodesk Dynamo程序读取三维地质中的信息并转化成插件的数据格式，减少人为搬运过程。

BIM模型已经包含了大量的设计信息（几何信息、材料性能、构件截面等），利用编程或者插件使得信息在各平台或者软件中流动。原本需要专业人士花费大量时间输入大量专业数据的过程，如今可自动完成，这大大降低了性能化分析的周期，提高了设计质量。

**三维钢筋建模**

Hidas是该院自主研发的BIM软件系统，包含地质建模、岩土、结构计算、三维配筋等功能模块。本项目将Autodesk Revit 构件导入到海达斯中进行三维配筋。该模块提供了多种三维智能化配筋方式，满足了不同异形构件的配筋需求，并可进行钢筋碰撞检测、快速出图、钢筋明细表统计等。

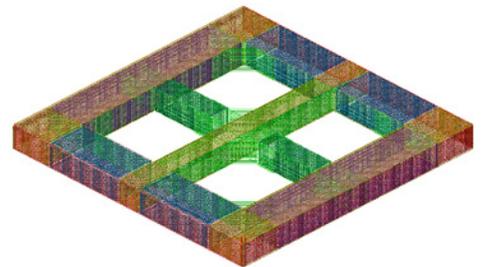


图18 Hidas三维配筋

**云端集成设计计算系统**

云端集成设计计算系统是该院自主研发的、国内水运行业首个云端设计计算系统。在本项目中，通过点击BIM构件模型中的参数，即可链接进入云端设计系统，查看该构件所包含的全部历史版本的计算文件。该功能的运用，实现BIM模型与云计算系统的绑定，丰富BIM模型信息。

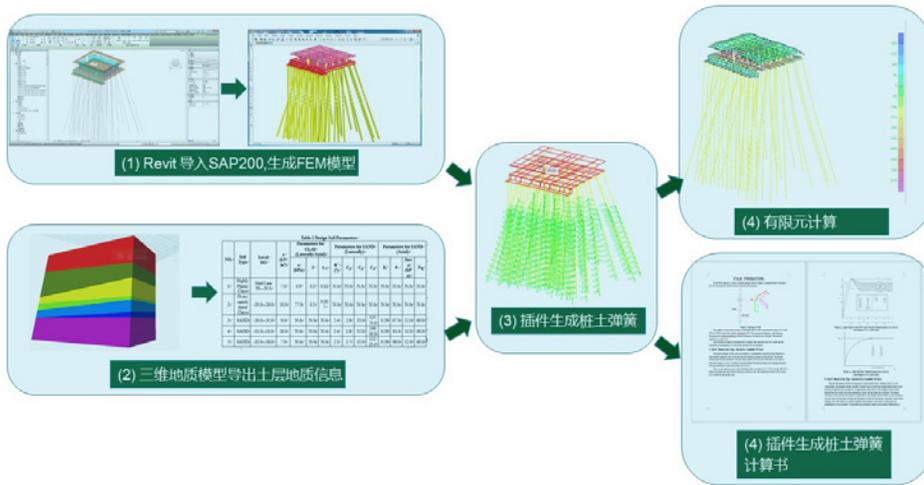


图17 Autodesk Revit 导入有限元计算软件中结构计算

中交第四航务工程勘察设计院有限公司				
一、设计计算网页系统				
Program Detail	Project	Design Project	Design	Project #
110-001-0001	110-001-0001	110-001-0001	110-001-0001	110-001-0001
110-001-0001	110-001-0001	110-001-0001	110-001-0001	110-001-0001
<p>1. Repetitive structures and accessories</p> <p>1.1. Repetitive structures (RS)</p> <p>1.1.1. RS: Code of practice for assessment of ships (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.1. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.2. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.3. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.4. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.5. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.6. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.7. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.8. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.9. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.10. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.11. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.12. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.13. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.14. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.15. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.16. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.17. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.18. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.19. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p> <p>1.1.1.20. RS: Code of practice for design of buildings and structures (BSI, 2012)</p>				
<p>Handbook</p> <p>Table 21.3</p> <p>Note: According to handbook Table 21.3, for general design wind speed and exposure zone, length of its overall length roughly if there is insufficient data the recommended value can be used.</p> <p>Length between perpendiculars (L)</p> <p>Length of beam (L<sub>b</sub>)</p> <p>Wind speed (V<sub>w</sub>)</p> <p>Wind direction (θ)</p> <p>Wind gust (V<sub>g</sub>)</p> <p>Mean draft (D<sub>m</sub>)</p> <p>The draught in ballast condition of design vessel is not clearly known. According to Handbook section 21.3.1 it can be calculated in the following method.</p> <p>Handbook</p> <p>Clause 21.3</p> <p>In accordance with the international maritime organization -</p> <p>Using the figure 21.3.1 (a) and (b) -</p> <p>Tabular value 1.3.1 (a) and (b) -</p> <p>Note: The ballast draft is taken as</p> <p>Design wind speed (V<sub>w</sub>)</p> <p>(At a height of 10 m above sea level)</p> <p>Average current velocity over the mean depth of vessel (V<sub>c</sub>)</p> <p>Density of sea water (ρ<sub>w</sub>)</p> <p>Temperature of project site (T<sub>a</sub>)</p> <p>Density of air (ρ<sub>a</sub>)</p> <p>The longitudinal projected area of the vessel above the waterline (A<sub>wp</sub>)</p> <p>The longitudinal projected area of the vessel above the waterline (at loaded condition) (A<sub>wpL</sub>)</p> <p>The longitudinal projected area of the vessel above the waterline (at ballast condition) (A<sub>wpB</sub>)</p>				
<p>Handbook</p> <p>Table 21.3</p> <p>Note: According to handbook Table 21.3, for general design wind speed and exposure zone, length of its overall length roughly if there is insufficient data the recommended value can be used.</p> <p>Length between perpendiculars (L)</p> <p>Length of beam (L<sub>b</sub>)</p> <p>Wind speed (V<sub>w</sub>)</p> <p>Wind direction (θ)</p> <p>Wind gust (V<sub>g</sub>)</p> <p>Mean draft (D<sub>m</sub>)</p> <p>The draught in ballast condition of design vessel is not clearly known. According to Handbook section 21.3.1 it can be calculated in the following method.</p> <p>Handbook</p> <p>Clause 21.3</p> <p>In accordance with the international maritime organization -</p> <p>Using the figure 21.3.1 (a) and (b) -</p> <p>Tabular value 1.3.1 (a) and (b) -</p> <p>Note: The ballast draft is taken as</p> <p>Design wind speed (V<sub>w</sub>)</p> <p>(At a height of 10 m above sea level)</p> <p>Average current velocity over the mean depth of vessel (V<sub>c</sub>)</p> <p>Density of sea water (ρ<sub>w</sub>)</p> <p>Temperature of project site (T<sub>a</sub>)</p> <p>Density of air (ρ<sub>a</sub>)</p> <p>The longitudinal projected area of the vessel above the waterline (A<sub>wp</sub>)</p> <p>The longitudinal projected area of the vessel above the waterline (at loaded condition) (A<sub>wpL</sub>)</p> <p>The longitudinal projected area of the vessel above the waterline (at ballast condition) (A<sub>wpB</sub>)</p>				

图19 云端设计计算案例展示：船舶系缆力计算书

技术推广

将项目成果制作成精美书签与展板，提高项目影响力，创建了《港工之家》视频网站，总结本项目的设计经验和科技成果，制作成相应的教学视频和文档，通过网站的形式进行推广，提升公司的总体BIM技术实力。

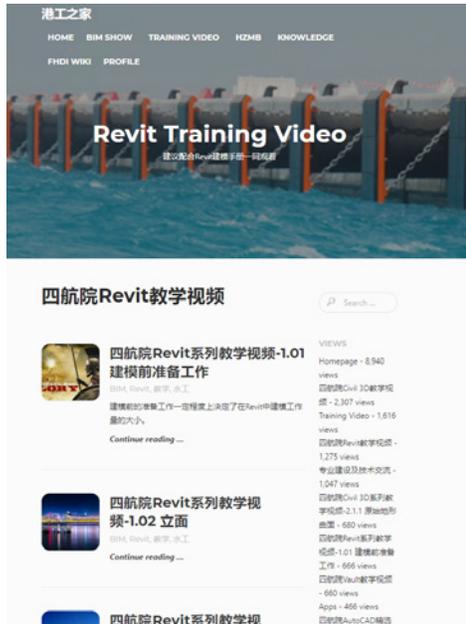


图 20 港工之家网站截图

BIM技术的引进，使我们更好地完成了项目的设计任务：

- 1) 提高了管理质量：以BIM为核心，各软件相互关联，数据有序传递,完成全过程的设计。
- 2) 提高了工作效率：以模型为核心，实现了工程量、施工图、配筋图、计算模型等与模型的联动，减小了数据搬运的过程，缩短设计周期。
- 3) 提高了产品质量：运用了管线综合、施工模拟等技术，减小了“错、漏、碰、缺”而造成的相关延误和损失；全过程三维可视化设计方便设计团队对不同的设计方案进行反复的沟通交流、讨论决策，实现更人性化的设计。
- 4) 技术积累：实现全过程全方位的正向设计，培养了一批优秀的设计团队，积累相关的构件库。

总结

本项目创新点

- 1) 以三维模型为核心，实现工程量、施工图、配筋图、计算文件等与模型的联动，减小了数据搬运的工程，减小人为的错误，提高工作效率。

- 2) 基于Autodesk Vault和阿里云平台进行协同工作，改变了传统分散低效的协作模式，实现项目信息的集中储存访问，增强协同信息准确性和及时性，提高工作效率，减少问题，减少变更，缩短工期，节约成本。

- 3) 针对项目中的实际需求，自主二次开发出若干个功能模块，极大地提升了设计效率。

- 4) 自主开发水运行业云端集成设计计算系统以及HIDAS三维配筋系统，在相关领域属于行业领先地位。

经验教训

- 1) 制定规范细致、具有可操作性的标准文件，并确保被有效执行，对项目BIM技术能否成功实施起着至关重要的作用。

- 2) BIM的运用价值应该贯穿于工程的全生命周期，尤其在施工阶段需要业主和施工单位的积极配合和推进，BIM才能发挥更大的价值。

- 3) 利用API /Autodesk Dynamo等进行二次开发，工作看似繁杂，但从长远看能极大提高工程师的工作效率。