



基于 BIM 的三维配筋技术 在小清河复航工程中的应用

张丽媛¹, 崔峰¹, 段一峰¹, 魏玲², 杜井伟²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 枣庄市港航和机场建设发展中心, 山东 枣庄 277800)

摘要: 船闸工程结构物体量庞大、结构复杂, 钢筋图绘制、钢筋计量工作量大、难度高。针对传统二维配筋的技术手段存在配筋效率低下、成果质量差强人意、适应工程变更能力差的问题, 对基于 BIM 的三维配筋技术进行研究, 并结合小清河复航工程金家桥船闸工程, 实现三维空间内对结构体的自动化配筋、钢筋编号计量、输出二维图纸。结果表明, 基于 BIM 的三维配筋技术应用于船闸工程时具有有效提升配筋过程可视化程度、实现钢筋的信息管理和数据驱动的技术优势, 其应用效果良好。

关键词: 大体积混凝土; 三维配筋; BIM

中图分类号: U 641.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2021)10-0347-05

Application of three dimensional reinforcement technology based on BIM in Xiaoqinghe River re-navigation project

ZHANG Li-yuan¹, CUI Feng¹, DUAN Yi-feng¹, WEI Ling², DU Jing-wei²

(1.CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

2.Zaozhuang Port and Waterway Construction and Development Center, Zaozhuang 277800, China)

Abstract: The ship lock project is always large in volume and complex in structure. Traditional two-dimensional reinforcement technology has the shortcomings, such as low reinforcement efficiency, poor reinforcement quality and poor adaptability to engineering changes, we study the three-dimensional reinforcement technology based on BIM, and realize the automatic reinforcement of structure, reinforcement number measurement and drawing generation in three-dimensional space combining with the Jinjiaqiao ship lock project of Xiaoqinghe River re-navigation project. The results show that the three-dimensional reinforcement technology based on BIM has the advantages of high degree of visualization, information management and data-driven of reinforcement when the technology is applied in ship lock project.

Keywords: mass concrete; three-dimensional reinforcement; BIM

1 船闸工程配筋技术现状

据统计, “十三五”期间国家完成内河水运投资 2 200 亿元, 新增及改善内河航道里程 4 500 km。“十四五”期间, 内河业务持续高速发展, 2021 年 1—2 月, 内河业务完成投资 75 亿元, 比 2020 年同

期增长 105.8%, 船闸工程作为综合交通和内河水运的重要组成部分, 迎来了巨大发展机遇。根据《全国内河航道与港口布局规划(修订)》(征求意见稿), 2018—2035 年内, 在全国范围内将形成“两横一纵两网十九线”2.3 万 km 高等级航道和

36 个内河主要港口布局。

结构设计专业作为船闸工程的主要专业，在施工图设计阶段的图纸量约占整个工程图纸量的 20%，其中配筋图约占 70%。受结构特点、设计手段等因素的制约，绘制配筋图是结构专业中最复杂繁琐的工作，工作效率较低。近些年，随着 BIM 技术的兴起，基于 BIM 的三维配筋技术逐渐被应用于结构配筋图绘制中，并已在水利、电力等领域^[1-4]取得了一定的实践经验，但是目前船闸工程尚缺乏应用实例。

1.1 传统配筋方法及其局限

目前配筋图绘制工具为 AutoCAD，配筋成果的表现方式为二维图纸，以展现结构物平面配筋、剖面配筋(典型部位)方案为主，辅以材料表和图纸说明。绘制难点主要体现在以下方面：

1) 船闸结构复杂，结构体内部预留沟槽孔洞多(图 1)，对空间想象能力要求较高，漏配、错配难以避免。

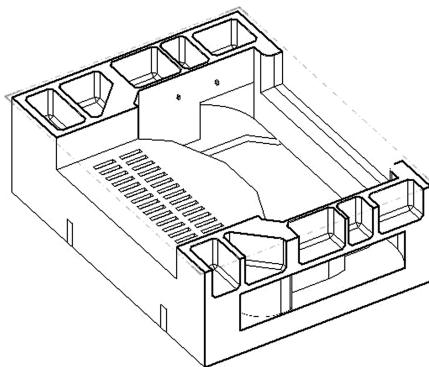


图 1 典型闸首结构模型

2) 结构体配筋方案需要使用多个关键部位剖面进行描述，且由于涉及的钢筋种类多，钢筋标注、钢筋计量工作量大。

3) 对钢筋的增补、修改只能在各剖面图中逐一进行，图纸修改、相互印证工作量大。

4) 由于结构复杂、钢筋量大，校核方案、钢筋编号、钢筋计量工作繁重，导致校审困难。

综上，落后的设计手段和成果表现方式制约了设计效率。

1.2 基于 BIM 的三维配筋技术优势

该技术是在三维模型上直接配筋形成三维配

筋模型，在配筋的同时生成钢筋对象并记录钢筋属性。钢筋属性包括钢筋施配结构面、钢筋等级、钢筋直径、间距等。最终，二维图纸借助计算机图形引擎对三维配筋模型进行剖切输出，材料表通过分类汇总钢筋属性数据库获得，配筋修改通过批量修改钢筋属性数据完成，钢筋校审通过遍历三维模型的几何面及钢筋表进行漏配检查实现。与常规设计方法相比，基于 BIM 的三维配筋方法具有如下优势：

1) 配筋信息化。该方法使配筋信息可检索、可管理、可利用。这将使配筋模型在纵向上可以向下传递，指导施工和运行维护；在横向上促进技术积累形成经验库。这也是基于 BIM 技术的三维配筋方法最大优势。

2) 配筋效率高。通过指定配筋面(组)，按照配筋模板可以实现批量配筋，并且钢筋修改、钢筋编号及计量、二维图纸生成及标注均采用自动化手段，大幅提高工作效率。

3) 成果质量好。配筋过程采用数据驱动，最大程度上避免了手动配筋时的错、漏、碰、缺，保证配筋的成果及质量。

4) 可视化程度高。用户将不受图纸所表现内容的限制，可以根据需要在任意位置对三维配筋模型进行剖切浏览，其可视化程度更高，使配筋方案更易理解。

1.3 ReStation 三维混凝土配筋设计系统

ReStation 是一套基于 Bentley 平台开发的参数化三维混凝土配筋设计系统，该系统已经内置 GB 50010—2010《混凝土结构设计规范》、DL/T 5057—2009《水工混凝土结构设计规范》、SL 191—2008《水工混凝土结构设计规范》以及《国家建筑标准设计图集 11G101-1》，可广泛应用于水利水电、地铁、工民建、市政等工程领域。ReStation 设计系统共涵盖前处理模块、管理模块、三维配筋模块、编号报表模块、抽图标注模块，操作界面友好，三维配筋高效、便捷、智能、参数化，三维钢筋编辑、智能编号计量、抽取二维图纸、自动标注功能强大，能够满足广大工程设计人员对各类混

混凝土结构三维配筋及二维钢筋抽图的需要,帮助结构设计人员摆脱繁重的低层次劳动,大幅提高设计人员的工作效率和设计产品质量。

鉴于 ReStation 在大体积混凝土配筋上具备明显的技术优势,本文以 Restation 为基础软件平台,介绍三维配筋方法在船闸工程中的应用。

1.4 三维配筋的关键技术

1.4.1 过渡配筋体

使用配筋体作为配筋对象,有利于体现配筋对象与原型实体的差异,并且设计方案调整后,通过比对原型实体和过渡配筋体,可实现钢筋的自动调整^[5]。创建配筋体可以采用结构几何体原位复制或导入三维数据(.x.t 文件、.dgn 文件)的方式实现。

1.4.2 钢筋建模

钢筋建模即在配筋体内部配筋部位创建钢筋模型。对于不含曲面的较规则实体,在钢筋建模时联合采用偏移面、偏移线的方法,提取钢筋;对于含有曲面的复杂实体,偏移面后对参照路径采用差值拟合的方式进行配筋^[6]。

1.4.3 钢筋编号

钢筋编号采用数字化编码方式对钢筋的等级、直径、分段、起止参考面、形状、锚固及锚固角度、高程进行记录,然后对编码进行比较、排序、分类实现对钢筋进行编号和管理。

1.4.4 钢筋报表

在生成钢筋报表时,采用几何扫描和图形夸张化的表达技术,通过优化对钢筋进行合适的分段缩放和夸张化,清晰美观地表达出二维钢筋缩略图。

1.4.5 钢筋抽图

在使用 Bentley Microstation 平台 DEM(drawing extraction manager, 图形提取管理器)技术抽取结构物轮廓线的基础上,通过剖切面与钢筋的位置关系,提取钢筋线性信息,并添加标注。作为标注对象,具备朝向、样式等属性,可以通过调整工具进行优化。

2 基于 BIM 的三维配筋技术实施路线与步骤

2.1 三维配筋的技术路线

基于 BIM 的三维配筋方法的实施路线如图 2 所示,共分为 6 步: 创建配筋体、三维配筋、修改三维配筋、钢筋编号与计量、输出二维图纸、配筋校核。

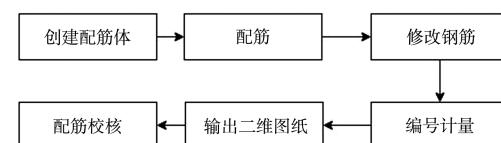
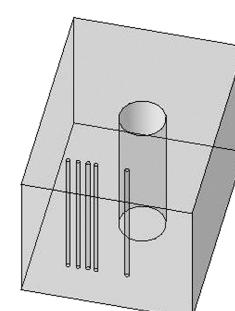


图 2 基于 BIM 的三维配筋实施路线

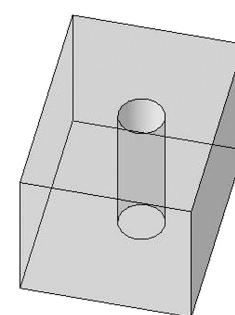
2.2 三维配筋的实施步骤

2.2.1 创建配筋体

配筋体即为配筋对象,其区别于设计方案结构几何体的方面在于:1)配筋体可以反映配筋对象与设计对象的差异。如结构内部的小孔洞,虽然是结构体的必要部分,但在配筋时常予以忽略,即配筋对象应删除此类孔洞,如图 3 所示。2)配筋体增加了材质、抗震等级、环境类别、保护层厚度等预设属性,以便于对钢筋进行配置。



a) 原型实体



b) 配筋体(忽略孔洞)

图 3 结构几何体与配筋体对比

2.2.2 配筋

大体积混凝土三维配筋原则以面层配筋为主，局部构造配筋为辅。面层配筋即按照统一规则在结构面实施双向和单向配筋；构造配筋包括在孔洞周边的加强钢筋，一期与二期混凝土接触位置的插筋等。

2.2.3 修改配筋

包括修改保护层厚度、修改钢筋锚固、修改钢筋等级直径间距等。

2.2.4 钢筋编号和计量

钢筋编号是以配筋体为计量单元，按面扫略对钢筋进行编号。钢筋等级、直径、非锚固段长度、锚固段长度相同时，钢筋编号相同。编号可以根据面朝向不同加以区分，也可以手动合并编号、调整起始编号等。

钢筋计量是按照钢筋编号顺序，将钢筋等级、直径、长度、数量、质量、位置、详图等信息反映在材料表格中，以便于下料、采购和计价。

2.2.5 输出二维图纸

图纸输出包括 3 步：1) 进行图面设置，例如定义图幅比例、字体高度、文字样式等；2) 由用户定义剖切位置，将结构体、钢筋的图形化信息提取出来并反映在图纸中；3) 在底图中添加钢筋标注信息，包括钢筋编号、等级、直径、数量、间距等。

2.2.6 配筋校核

配筋校核主要包括：1) 配筋体的所有面是否已经配置钢筋；2) 所配钢筋是否编号完全、统计完全；3) 钢筋表中的信息是否统计正确；4) 由用户定义的剖面图是否已将所有的钢筋显示完全，如不完全应提示哪些钢筋未经显示；5) 配筋成果是否满足最小配筋率、最小保护层的要求等。

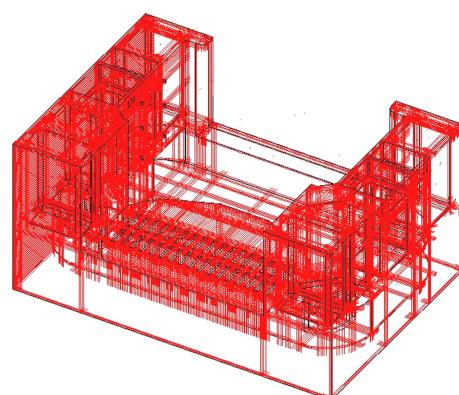
3 应用实例

3.1 工程概况

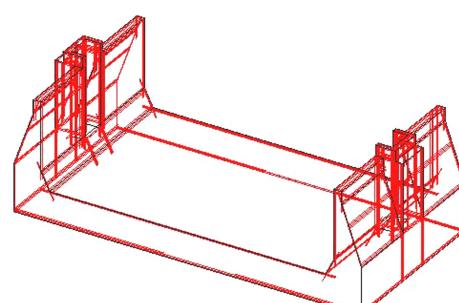
本文依托小清河复航工程(滨州段)对基于BIM的三维配筋方法进行技术论证。小清河航道是山东省主干航道“一纵三横”总体布局中重要

的一横，为地区性重要航道。航道总里程 185 km，等级为三级，共分为 5 段。金家桥船闸布置在滨州段航道，地处博兴县，船闸等级为 VI 级，设计年通过能力 300 万 t。闸室有效尺度为 280 m×34 m×5 m (有效长度×口门宽度×门槛水深)。船闸主体采用整体坞式结构。本文使用三维配筋方法对闸首、闸室进行了结构配筋。

首先对配筋进行预设置：1) 选择以 SL191—2008《水工混凝土结构设计规范》为依据；2) 设置默认锚固原则(普通锚固)和最小保护层厚度(40 mm)。而后创建闸首、闸室两个过渡配筋体，由于结构的临土侧、临水侧、底板顶面、底板底面的配筋方案具有规律性，因此分别创建了面分组。应用大体积配筋工具对过渡配筋体的面进行配筋，并应用“调整锚固”“合并钢筋”等命令对廊道、门槛、消能槛等部位进行调整。配筋方案稳定后，对钢筋进行编号、计量，并在配筋模型中指定剖切位置，输出相应二维图纸。最后应用配筋检查工具，对图纸中的编号进行扫描，以验证图纸完整地表达了模型的配筋方案。配筋结果如图 4 所示。



a) 闸首三维配筋模型



b) 闸室三维配筋模型

钢筋表							
编号	直径	钢筋形式(mm)	单根长度(mm)	根数	总长(m)	重量(kg)	备注
①	Φ28	40540	40540	81	3283.7	15875.8	
②	Φ28	17352	17352	81	1403.9	6787.5	
③	Φ28	14844	14844	81	1202.3	5812.9	
④	Φ16	19920	19920	589	11732.9	18522.3	
⑤	Φ16	2850	2850	9524	1028.6	1623.8	
⑥	Φ28	2850	2850	13708	256	3509.1	16965.5
⑦	Φ28	13460	13460	64	861.4	4164.8	
⑧	Φ25	34500	34500	160	5520.0	21275.0	
⑨	Φ25	34333	34333	160	5493.3	21172.1	
⑩	Φ16	8480,8510	8480,8510	132	1119.5	1767.3	
⑪	Φ22	4276	4276	276	1180.2	3522.5	
⑫	Φ22	3028	3028	46	139.2	415.4	
⑬	Φ16	4380	4380	64	280.3	442.5	
⑭	Φ16	3840	3840	68	261.1	412.2	
⑮	Φ22	10710	10710	106	1135.3	3388.4	
⑯	Φ22	1438	1438,1470	4	5.8	17.4	
⑰	Φ16	8750	8750	116	1015.0	1602.3	
⑱	Φ22	6810~8600 (4~16)	6810~8600	12	92.5	276.0	
⑲	Φ22	3690~7652 (6~16)	3690~7652	52	294.7	879.7	
⑳	Φ22	2190	2190	54	118.3	353.0	
㉑	Φ16	2850	2850	10730	220	2360.6	3726.6
㉒	Φ22	8965	8965,9010	131	1175.9	3509.6	
㉓	Φ22	10210	10210	9	91.8	273.5	
㉔	Φ28	7218~9008 (6~16)	7218~9008	12	97.4	470.7	

c) 阀室模型三维配筋计量结果界面

图 4 配筋结果

3.2 重难点问题的解决技巧

在使用三维配筋工具进行配筋时, 应注意以下应用技巧, 以进一步提升配筋效率、保障成果质量:

1) 采用面分组管理方法, 对配筋方案相同的结构面进行归组管理、配筋。

2) 应用虚拟面配筋方法, 对一期与二期混凝土衔接的部位、门槛或边墙与底板相接的部位配筋。以底板消力坎为例, 各坎槽的钢筋通常横纵贯通, 并延伸至边墩外壁。采用基于面配筋方法只能对所有坎槽逐个配筋, 然后再通过修改锚固长度或合并的方式完善。通过创建虚拟面, 并在该面上配筋可大幅节省工作量, 最终效果如图 5 所示。

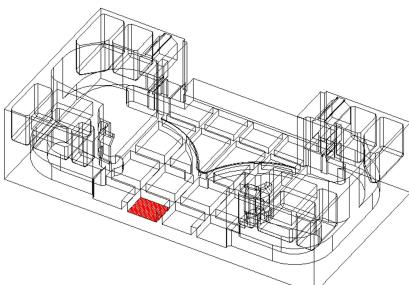


图 5 底板消力坎配筋区域

3) 先整体再局部。对于不同结构共处一个配筋平面(例如浮式系船柱临土侧与闸室墙背临土侧、底板区域加强钢筋等), 结构使用不同的配筋方案, 应先整体施配, 再使用“首尾钢筋”“裁断钢筋”等钢筋修改方法, 对特定部位的配筋方案进行调整。

4) 钢筋显示。采用仅显示首尾钢筋、仅显示选定面的配筋、隐藏选定面的钢筋等多种显示手段, 优化显示效果。

4 结语

1) 基于 BIM 的三维配筋技术的应用路线分为: 创建配筋体、配筋、修改钢筋、编号计量、输出二维图纸、配筋校核共 6 步。

2) 合理使用面分组、虚拟面, 妥善规划配筋顺序, 优化钢筋显示样式可以进一步提升配筋效率, 保障结果质量。

3) 基于 BIM 的三维配筋方法较常规设计方法相比, 具有配筋效率高、结果质量好、易于修改、可视化程度高等优势, 并能够将配筋方案信息化, 使钢筋信息可检索、可管理、可利用。

4) 该方法未能实现由结构计算结果到配筋方案的自动转化, 即三维配筋方案仍需要由设计人员手动设置; 配筋方案与规范构造要求的符合性验证尚缺乏有效的自动化工具。故在智能化方面还将做进一步的优化提升。

参考文献:

- [1] 廖腾耀.三维配筋在水电站厂房中的应用[J].水利技术监督, 2019(5): 204-206.
- [2] 陈强, 赵凯. ReStation 三维配筋系统在导流隧洞工程中的应用[J]. 人民长江, 2016, 47(20): 29-32.
- [3] 郑文超. 三维配筋技术在实际工程中的应用[J]. 水科学与工程技术, 2016(4): 60-63.
- [4] 闻泽洋. 基于 Restation 的海上风电机组基础钢筋 3D 可视化应用[J]. 风能, 2015(5): 70-73.
- [5] 郑建华, 陈健, 陈佑, 等. ReStation 混凝土三维配筋设计系统研究与应用[J]. 水力发电, 2014, 40(8): 5-9.
- [6] 蒋海峰, 王金锋, 郑建华. ReStation 系统的钢筋抽图技术介绍[J]. 水力发电, 2014, 40(8): 72-74.