

DOI: 10.7672/sgjs2025160008

# 模块化薄壁混凝土卫生间关键施工技术

曹计栓<sup>1</sup>, 卢 造<sup>2</sup>, 尹长龙<sup>1</sup>, 王继生<sup>1</sup>, 苏 磊<sup>1</sup>, 张虎峰<sup>1</sup>, 刘 洋<sup>1</sup>

(1. 北京市住宅产业化集团股份有限公司, 北京 100079;

2. 北京市燕通建筑构件有限公司, 北京 102202)

[摘要] 通过分析常用装配式卫生间, 基于解决传统装配式卫生间的各种问题, 创新研究了一种模块化薄壁混凝土卫生间, 该卫生间底盘和壁板采用UHPC材料在工厂通过立模生产整体成型, 具有刚度大、强度高的特点。卫生间结构经过在工厂集成内装及设备管线, 形成模块化薄壁混凝土卫生间; 针对模块化薄壁混凝土卫生间的吊装受力特点设计了框式吊装架, 经过对现场吊装条件及工艺进行策划, 成功实现了模块化薄壁混凝土卫生间随工程主体结构施工穿插吊装。

[关键词] 混凝土; 模块化; 卫生间; 吊装; 整体成型; 施工技术

[中图分类号] TU755

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)16-0008-07

## Key Construction Technology of Modular Thin-walled Concrete Toilet

CAO Jishuan<sup>1</sup>, LU Zao<sup>2</sup>, YIN Changlong<sup>1</sup>, WANG Jisheng<sup>1</sup>, SU Lei<sup>1</sup>, ZHANG Hufeng<sup>1</sup>, LIU Yang<sup>1</sup>

(1. Beijing Housing Industrialization Group Co., Ltd., Beijing 100079, China;

2. Beijing Yantong Building Components Co., Ltd., Beijing 102202, China)

**Abstract:** By analyzing the commonly used assembled toilets, based on solving various problems of traditional assembled toilets, a modular thin-walled concrete toilet was innovatively studied. The toilet chassis and wallboard were made of UHPC material in the factory through vertical mold production, which has the characteristics of high rigidity and high strength. The toilet structure is integrated into the factory and the equipment pipeline to form a modular thin-walled concrete toilet. According to the lifting force characteristics of the modular thin-walled concrete toilet, the frame lifting frame is designed. After planning the on-site lifting conditions and processes, the modular thin-walled concrete toilet is successfully lifted with the construction of the main structure of the project.

**Keywords:** concrete; modularization; toilet; hoisting; integral forming; construction

## 0 引言

随着装配式建筑的快速发展, 装配式卫生间的应用越来越广泛, 依据《住宅装配化装修主要部品部件尺寸指南》的分类, 装配式卫生间按标准化和集成化程度分为集成卫生间和整体卫生间两种装配形式。装配式卫生间底盘常用复合材料, 踩踏时空洞感明显、体验感较差。常用集成卫生间的壁板、底盘和顶面需分别固定在基层墙体、地面和顶面上, 且需在施工现场装配而成, 现场作业人员及工作量依然较大, 集成卫生间安装前均需先行施工四周的内隔墙, 结构施工期间不能形成穿插施工。

整体卫生间的底盘、壁板、顶面虽可在工厂组装完成运输到现场进行整体吊装, 但由于整体卫生间的底板与壁板、壁板与壁板通常采用自攻钉连接, 需制作轻钢龙骨作为吊装受力骨架才能实现整体吊装, 由于施工现场吊装过程工况的复杂性, 现场整体吊装的连接位置易变形。

为解决当前装配式卫生间底盘空洞感的弊病, 最大限度地实现装配式卫生间工厂化生产且减少施工现场作业量, 快速实现装配式卫生间在主体结构施工期间穿插整体吊装施工, 加快施工进度, 创新研发了一种模块化薄壁混凝土卫生间, 该卫生间的底盘和壁板均采用UHPC材料, 无需拼装, 利用立模方式一体化成型制作。底盘无需设置支撑件, 有效避免了当前装配式卫生间底盘采用复合材料

踩踏出现的空洞感;底盘排水无需在底部安装排水管,仅在底盘侧端预留排水口直接外接入排水管,降低了排水噪声及渗漏的风险。模块化薄壁混凝土卫生间壁板外侧为平滑顺直的模板面,可直接涂刷饰面涂料,内侧肋间集成隔声层可取代相同位置的内隔墙,进一步增大了套内使用面积。薄壁混凝土卫生间结构通过在工厂集成设备与管线和内装后,现场随主体结构施工穿插整体吊装,加快施工进度,有效减少人工作业量,极具推广价值。

## 1 模块化薄壁混凝土卫生间构造

通过分析当前装配式卫生间底盘和壁板常用复合材料带来的诸多问题,施工现场以快速装配为目标,基于强度高、质量轻的原则进行选材,选用UHPC材料作为卫生间的底盘和壁板结构,UHPC具有高抗压、高抗折及高抗拉性能,同厚度的UHPC板与普通混凝土板相比不易开裂,同时UHPC具有高抗渗性能,可作为模块化薄壁卫生间结构材料的首选。结合卫生间的功能要求,主要研究模块化薄壁混凝土卫生间的底盘构造、壁板构造、机电管线敷设及内装构造、防水涂刷等。

### 1.1 底盘构造

将UHPC底盘设计为实心平面并集成过门石功能,底盘底部直接落在结构楼板上,取消底盘底部排水管,在底盘上部排水并在底盘侧边设置排水篦子或地漏,在底盘上翻边下部(底盘厚度位置)预留排水口外接排水管直接排入污水管,可有效消除踩踏空洞感及排水噪声,方便后期检修,为防止底盘的水外流,底盘上翻边宜高于过门石10mm以上,底盘构造如图1所示。底盘上部装饰面可采用贴砖方案,也可采用免贴砖方案,当采用免贴砖方案时,底盘上部应在工厂生产时自然找坡,坡度宜为1.5%左右,为避免底盘在工厂生产过程中开裂,底盘厚度最薄处不宜小于50mm。

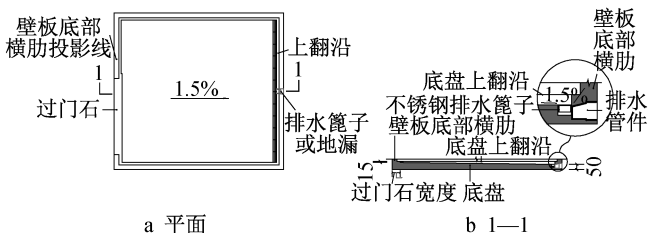


图1 底盘构造

Fig. 1 Chassis structure

### 1.2 壁板构造

壁板的构造研究主要考虑两方面。

1) 考虑壁板的结构构造,为最大限度地降低壁

板质量及避免壁板开裂,壁板厚度不应小于10mm。为提高壁板的整体刚度,在壁板顶部周圈和门洞上部设置50mm×50mm横肋,同时考虑马桶的排水留设洞口,在壁板底部设置50mm×100mm横肋,中部设置50mm×50mm竖肋,壁板与壁板连接角部设置50mm×120mm边竖肋,如图2所示。除含有门洞口壁板两侧必须设置竖肋外(见图3),其余壁板的中部竖肋设置间距不宜大于600mm,为保证横、竖肋的整体强度,在横肋和竖肋内分别设置2根 $\phi 8$ 钢筋。

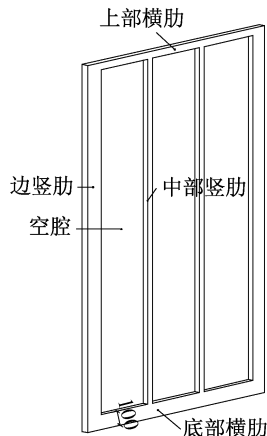


图2 壁板内侧构造

Fig. 2 Internal structure of wall panel

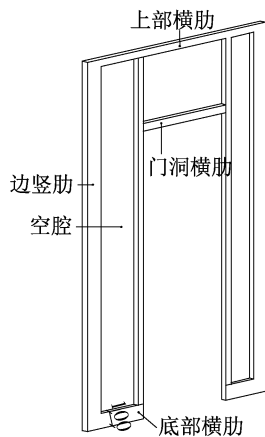


图3 有门洞的壁板内侧构造

Fig. 3 Internal structure of wall panels with doorways

2) 考虑壁板内侧集成装饰面和外侧满足建筑功能的需求,将壁板外侧设置为平滑顺直的模板面(见图4),有利于壁板外饰面选用腻子涂料、墙布、壁纸等施工,壁板内侧利用竖肋间的空腔集成机电管线,也可在空腔设置保温层并利用平滑顺直的壁板外侧充当内隔墙。根据机电管线穿壁板的具体设计情况,可在壁板厚度范围留设洞口,留洞范围应避开上部横肋和所有竖肋;在安装热水器的壁板内侧应设置加强肋,满足热水器的吊挂力,加强

肋的厚度同竖肋,长度和宽度根据具体设计确定。

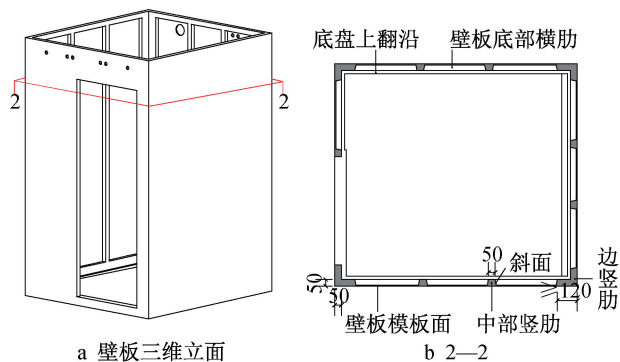


图4 壁板构造

Fig. 4 Structure of wall panel

### 1.3 机电管线敷设及内装的构造

在薄壁混凝土卫生间壁板研究阶段考虑了竖肋间区域留有机电管线集成空间,卫生间的冷热水管、供暖管、电气管线等均可从壁板顶部通过预留洞沿壁板内侧竖肋间敷设至末端,如图5所示。也可将各类机电管线横跨吊顶内到另一侧壁板内侧竖肋间敷设至末端,横跨吊顶空间的各类管线用金属挂件吊挂在矩形钢管上,敷设在壁板内侧的管线两端应固定在15mm厚多层板上,并用PVC管卡配合自攻螺丝钉固定,多层板用胶粘剂固定在壁板内侧,如图6所示,同时敷设在壁板内侧的管线也可在内饰面板背侧提前集成,管线上部预留接口二次接驳。

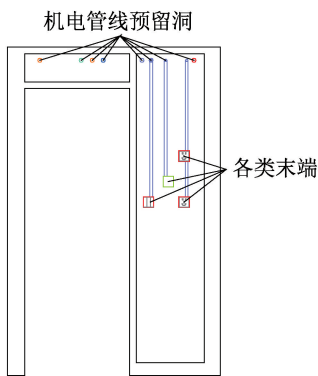


图5 壁板内侧机电管线敷设

Fig. 5 Installation of mechanical and electrical pipelines on the inner side of the wall panel

内饰面板通过用金属连接挂件与壁板内侧连接(见图7),金属挂件可采用胶粘方式固定在壁板内侧,也可采用铆钉方式固定在竖肋上,内饰面板下部落于底盘上翻沿上,与上翻沿外侧齐平并用防水胶密封。

吊顶主受力龙骨采用热轧矩形钢管,焊接固定在壁板顶部横肋上,当天花面板为铝扣板吊顶时,

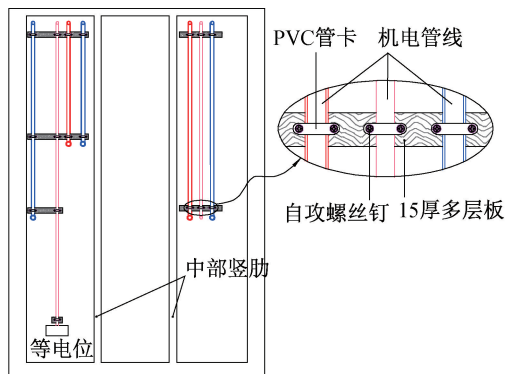


图6 壁板内侧机电管线固定及保温安装

Fig. 6 Fixation and insulation installation of mechanical and electrical pipelines inner side of the wall panel

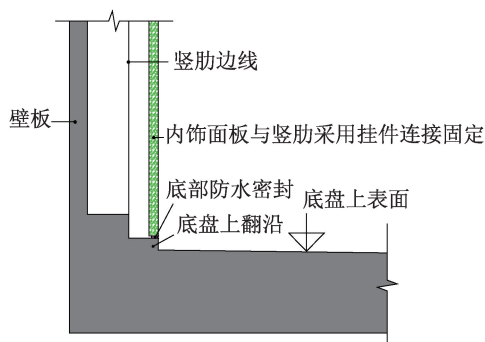


图7 内饰面板与壁板连接

Fig. 7 Connection between interior panel and wall panel

设置不锈钢纵向次龙骨,铝扣板面板安装在横向设置的三角龙骨上,浴霸单独吊挂在矩形钢管主龙骨上,如图8所示。当天花面板为其他材料时,构造节点应满足相关设计要求。

### 1.4 防水涂刷

薄壁混凝土卫生间结构的壁板空腔面和底盘上部应涂刷防水材料,材料特性和厚度应满足设计要求。依据GB 55030—2022《建筑与市政工程防水通用规范》规定,淋浴区的防水高度不低于2000mm、洗手盆的防水高度为1200mm、其他区域防水高度不低于250mm。底盘上部防水材料应跨过上翻沿并与壁板下部防水搭接。

## 2 结构整体成型技术研究

通过分析薄壁混凝土卫生间的结构构造,本着壁板和底盘连接免拼装的理念,拟采用立模生产方式实现整体浇筑成型。考虑壁板厚度较薄,应着重控制生产过程中壁板开裂、混凝土浇筑不密实等现象发生。同时为保证薄壁混凝土卫生间结构的成型质量,选用刚度大的定型钢模板。因壁板内侧有空腔及竖肋分布,壁板上有门洞,立模模具由模具

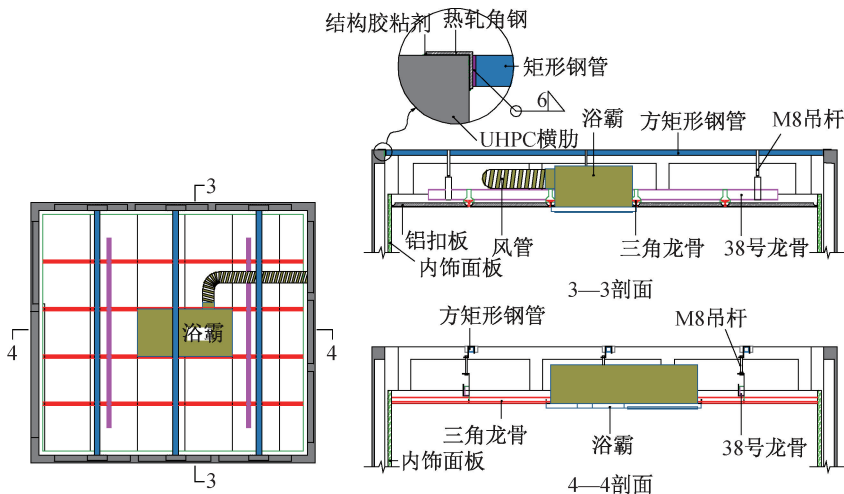


图 8 吊顶平面

Fig. 8 Ceiling plane

基础、外模、内模、门口模具、空腔模具、操作平台等组成。

2.1 外模

外模由壁板外模板和底盘底部模板组成。外模中的外竖向模板设计为“4 整块”形式,每块外竖向模板主受力面板采用钢板,背部由若干块纵横钢板加劲肋围合成格构状,如图 9 所示。4 整块外竖向模板中位于门洞位置的为可变模板,可变模板为开洞开放形式,便于工作人员进出。其余三面为通用模板,通过改变三边通用模板的位置与可变模板的尺寸调节模板尺寸;可变模板对面的通用模具可完全拆除,以满足薄壁混凝土卫生间结构生产脱模后由该侧水平吊出的要求。

方便推拉外竖向模板进行拆模、组模作业,斜支撑连接外竖向模板与滑轮,防止外竖向模板模具倾覆,如图 10 所示。相邻 2 块外竖向模板 L 形拼接处采用高强螺栓连接,连接节点如图 11 所示。底盘底部模板面板采用钢板与基础焊接,如图 12 所示。

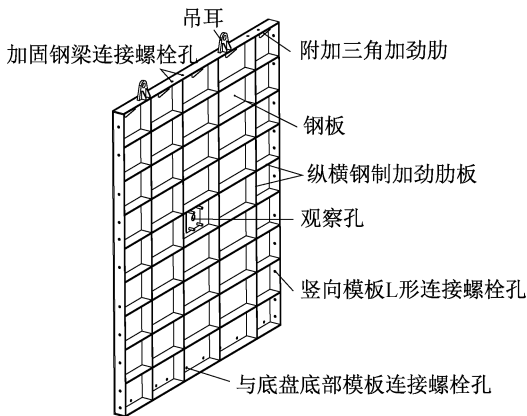


图 9 外竖向模板构造

Fig. 9 External vertical formwork structure

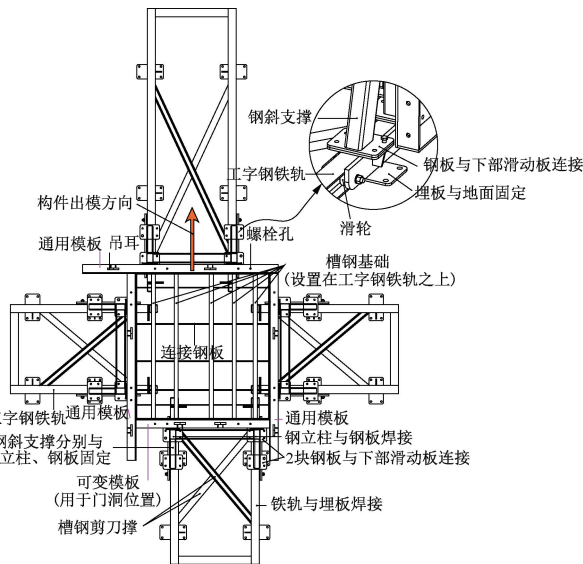


图 10 模具基础和外模竖向模板平面

Fig. 10 Plane of formwork foundation and external vertical formwork

2.2 内模

模具基础由铁轨和承台组成。外模中的外竖向模板通过在外侧设置钢立柱与铁轨基础滑动连接,铁轨与底盘下部支撑槽钢承台连接,外竖向模板吊装就位后使用斜支撑和滑轮与铁轨固定,滑轮

内模由壁板的内模板和底盘的上部模板组成。内模中的内竖向模板设计为“4 块角模+4 块连接模板”的形式,如图 13 所示,角模背部设置水平和竖向钢制加劲肋,连接模板背部加劲肋的设置同外竖向模板。4 块角模的尺寸固定,作为通用模板,通过调整 4 块角模调整内模大小,由于薄壁混凝土卫生间的壁板较薄,为最大限度地降低拆模对薄壁混凝土

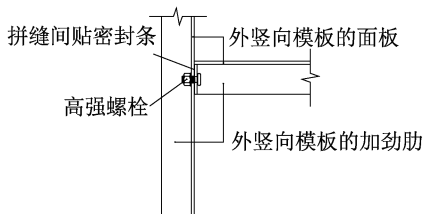


图 11 外竖向模板 L 形连接节点

Fig. 11 L-shaped connection node of external vertical formwork

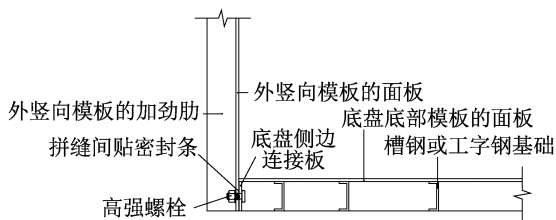


图 12 外竖向模板与底盘底部模板连接节点

Fig. 12 Connection node between the external vertical formwork and the bottom formwork of the chassis

土卫生间壁板开裂的影响,将角模与连接模板之间设计为斜板连接,并采用高强螺栓加固,采用斜板连接时拆模的摩擦应力较采用直板连接的摩擦应力大大降低。拆模时先拆连接模板再拆角模,按照此顺序拆模,相邻 2 块模板的连接摩擦应力会最大限度地减少对薄壁混凝土板的扰动影响。

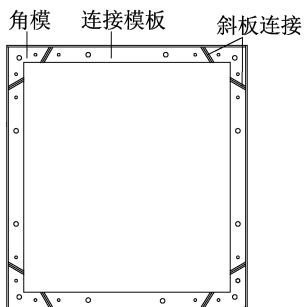


图 13 内模竖向模板平面

Fig. 13 Internal vertical formwork plane

内模底盘上部模板由若干块拼接,由中间模板和边模板组成,为最大限度降低拆模对薄壁混凝土卫生间底盘开裂的影响,在相邻 2 块模板连接处设置斜板,每块模板背部设有加劲肋,其中中间模板中部设置混凝土注浆孔,对脱模困难且脱模后需保持部件完整性的部位,采用易脱模的材料制作模具,在边模板翻边外侧周围设置尼龙块,尼龙块与边模板用螺栓连接,作为成型底盘内侧装饰面层安装台,如图 14 所示。底盘上部设置排水沟的部位同样采用尼龙块作为成型模具。

内模竖向模板与底盘边模板翻边用高强螺栓

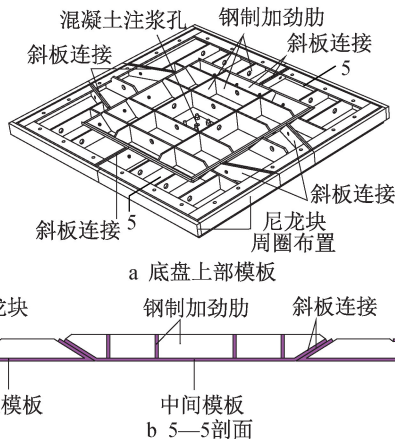


图 14 底盘上部模板构造

Fig. 14 The upper formwork structure of the chassis

连接,竖向模板与底盘上部模板组合平面如图 15 所示。

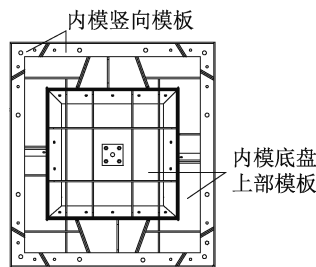


图 15 内模竖向模板与底盘上部模板组合示意

Fig. 15 Combination of internal vertical formwork and chassis upper formwork

### 2.3 内模门口模板和空腔芯模

门口模板设计为可便于拆卸的钢模板,由 4 个角模和(竖向+横向)连接模板组成,每个角模和连接模板内设有加劲肋。门口模板用高强螺栓固定在内模竖向模板上。内模连接模板作为卫生间门口所在墙体模板,采用开放形式,与外模门洞模板保持一致,便于工作人员进出观察卫生间灌注生产情况。考虑在底盘上面开灌浆孔采用顶升法浇筑薄壁卫生间结构,为控制内模整体上浮及便于整体起吊拼装的内模及定位内外模拼装精度,竖向模板拼装顶部设置加固钢梁,钢梁分别连接内、外模。同时在内模空间上下设置若干组纵横可调节钢支撑杆,防止内模胀模。薄壁混凝土卫生间壁板内侧设有横肋和竖肋,在肋间形成了空腔,内模组装后安装壁板空腔对应的芯模,用于成型竖肋和横肋,空腔芯模采用钢板制成,与内竖向模板用螺栓连接,便于拆除,如图 16 所示。

### 2.4 操作平台设置

在模具组装和拆除过程中,要考虑工人的操作空间,结合模具的构造形式,在外模顶部设置三面操作

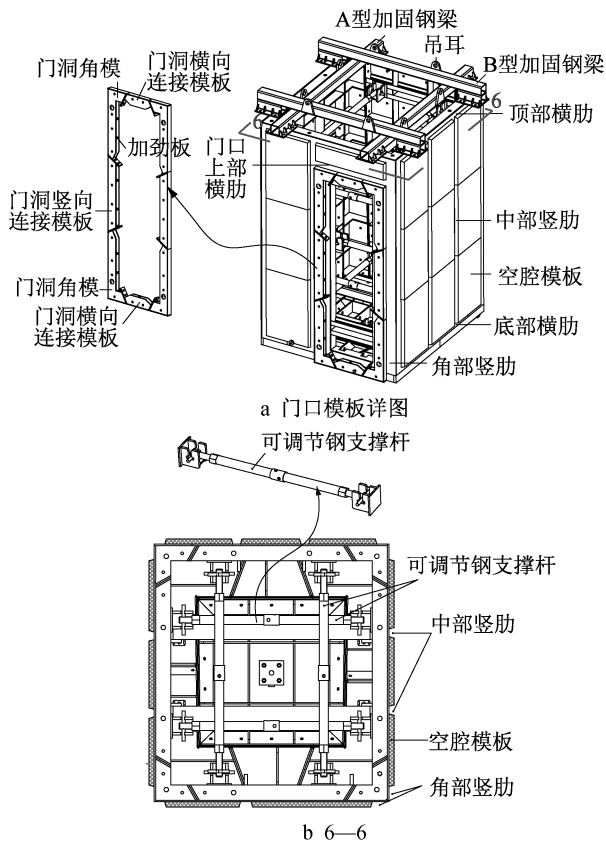


图 16 门口模板和空腔芯模

Fig. 16 Door formwork and cavity core formwork

平台,如图 17 所示。平台走道宽度  $\geq 500\text{mm}$ ,平台一侧配备上下楼梯,平台与楼梯安装扶手与护栏。

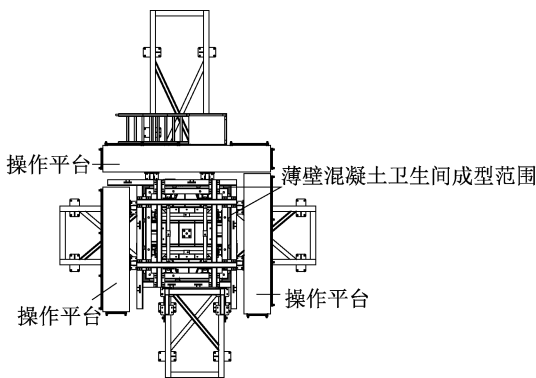


图 17 操作平台平面

Fig. 17 Plane of operation platform

### 2.5 结构注浆方案

因薄壁混凝土卫生间结构壁板较薄,竖肋尺寸仅  $50\text{mm}$ ,无法采用常规的高抛混凝土浇筑工艺,研究采用注浆顶升方案,且混凝土的坍落扩展度控制在  $700\text{mm}$  以上,考虑到底盘和壁板注浆过程的均衡性,在底盘上部模板中间设置 1 个注浆孔,从底盘中间注浆逐步将混凝土顶升浇筑到壁板顶部,如图 18 所示。同时为观测注浆进度,在三面通用外竖向模板上设置 3 道观察孔,观察孔构造同注浆孔。

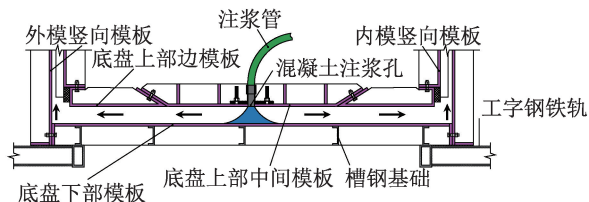


图 18 结构注浆示意

Fig. 18 Structural grouting

### 2.6 立模组装和拆除工艺

组装模具时,先将外模底盘底部钢板超平并焊接在承台基础上,同时组装内模的竖向模板与内模底盘上部模板,并用顶部固定钢梁连接形成整体内模,随之用钢支撑在内模空间范围加固,之后将尼龙等非钢模部分固定在内模整体框架上,然后将门口模板和空腔模板固定在内模竖向模板上,完成上述操作后将整体内模吊装至外模底盘模板上并初步就位。就位后将外模竖向模板通过推动滑轮的形式进行合模,最后将模板中所需连接部分使用高强螺栓连接固定,形成整体立模模具,如图 19 所示。

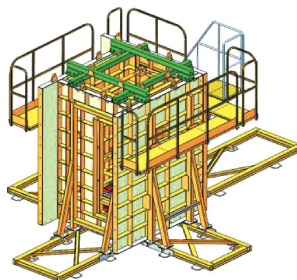


图 19 立模模具组装

Fig. 19 Assembly of vertical formwork mold

立模模具拆模时,先拆除外模顶部加固钢梁,其次依次同时拆除内模、外模、门模具加固螺栓,然后分别拆除内模连接模板和角模板、内模门口模板,借助滑轮推开外模竖向模板,拆除内模竖向模板后再依次拆除内模底盘中间模板和边模板、空腔模板,所有模具拆除后进行清理与保养。

### 3 现场整体吊装技术

#### 3.1 吊点及吊具设计

因模块化薄壁混凝土卫生间结构为整体成型,考虑在施工现场吊装的安全性,在非门洞口的对称面每块壁板两侧边竖肋顶部各设置 2 个吊点,吊点采用预埋锚板型套筒。

吊装机具设计是实现安全吊装的关键因素,根据卫生间顶部设置的 4 个吊点,吊装机具设计为框式吊装架,吊装架主受力骨架采用热轧  $120 \times 120 \times 8$  方钢管设计成田字形,用  $16\text{mm}$  厚钢板焊接成格构状受力单元,在吊装架格构板设置吊点,吊点开  $\phi 30$



地利用率。

5)该生产线的各流程均实现了工业化自动化,减少了一半以上的人工用时。

#### 参考文献:

- [ 1 ] 刘志明,雷春梅.装配式构件生产线和生产工艺研究[J].混凝土与水泥制品,2018(3):76-78.  
LIU Z M,LEI C M. Research on production line and production process of assembly prefabricated components[J]. China concrete and cement products,2018(3):76-78.
- [ 2 ] 潘熹,黄熙萍,陈浩,等.基于Anylogic的PC构件生产流程仿真实践——以三明治外墙生产线为例[J].工程建设,2018,50(5):73-77.  
PAN H,HUANG X P,CHEN H, et al. Simulation practice of PC component production process based on Anylogic: taking sandwich exterior wall production line as an example [J]. Engineering construction, 2018, 50(5): 73-77.
- [ 3 ] 邹德芳,周鹏,孙健,等.大型智能PC外墙板混合生产线工艺及成套设备介绍[J].混凝土与水泥制品,2017(4):37-41.  
ZOU D F,ZHOU P,SUN J, et al. Introduction of technique of large and intelligent production line for PC slabs and set of equipment[J]. China concrete and cement products,2017(4):37-41.
- [ 4 ] 倪雪峰.PC构件生产线关键设备性能及国产化替代分析[J].绿色建筑,2018,10(2):42-44.  
NI X F. Key equipment performance of prefabricated component production line and feasibility of domestic substitution[J]. Green

building,2018,10(2):42-44.

- [ 5 ] 南通联沅建筑材料有限公司.一种装配式单排孔自保温承重墙板:201621200061.3[P].2017-11-24.  
Nantong Lianlong Building Materials Co., Ltd. An assembled single-row hole self-insulation load-bearing wallboard; 201621200061.3[P].2017-11-24.
- [ 6 ] 南通联沅建筑材料有限公司.一种建筑装配式三排孔自保温承重墙板:201621123995.1[P].2017-06-13.  
Nantong Lianlong Building Materials Co., Ltd. A building assembled three-row hole self-insulation load-bearing wallboard; 201621123995.1[P].2017-06-13.
- [ 7 ] 南通联沅装配式建筑科技有限公司.一种立体式自动化生产浇灌混凝土的浇灌机械装置:201810387007.1[P].2024-08-16.  
Nantong Lianlong Assembly Building Technology Co., Ltd. A three-dimensional automatic production of irrigation concrete irrigation machinery device; 201810387007.1[P].2024-08-16.
- [ 8 ] 南通联沅装配式建筑科技有限公司.一种多功能立体组合变换模具:201611102211.1[P].2019-05-10.  
Nantong Lianlong Assembly Building Technology Co., Ltd. A multi-functional three-dimensional combination transformation mold; 201611102211.1[P].2019-05-10.
- [ 9 ] 南通联沅建筑材料有限公司.一种建筑装配式墙板安装机:201621407079.0[P].2017-07-11.  
Nantong Lianlong Building Materials Co., Ltd. A building assembly wallboard installation machine; 201621407079.0[P].2017-07-11.

(上接第14页)

- [ 2 ] 上海建工建材科技集团股份有限公司.超高性能混凝土外墙(UHPC)围护和装饰板应用技术标准:T/ZS 0203—2021[S].北京:中国建筑工业出版社,2021.  
Shanghai Construction Engineering Building Materials Technology Group Co., Ltd. Technical standard for application of ultra-high performance concrete exterior wall (UHPC) enclosure and decorative panels; T/ZS 0203—2021 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021.
- [ 3 ] 张永鸿,任双宏,袁顺利.国内基于超高性能混凝土(UHPC)的装配式建筑连接应用研究综述[J].建筑结构,2023,53(S1):1200-1205.  
ZHANG Y H,REN S H,YUAN S L. Review on the application of assembled building connection based on ultra-high performance concrete (UHPC) in China [J]. Building structure, 2023, 53(S1):1200-1205.

- [ 4 ] 冉明明,寇广赞,熊峰,等.模块化混凝土建筑研究进展[J].施工技术(中英文),2024,53(20):16-27.  
RAN M M,KOU G Y,XIONG F, et al. Research progress of modular concrete buildings [J]. Construction technology, 2024, 53(20):16-27.
- [ 5 ] 严辰,湛鹤,陈国良,等.基于堆叠框架结构体系的混凝土模块集成建筑研究[J].施工技术(中英文),2024,53(11):142-147.  
YAN C,ZHAN H,CHEN G L, et al. Research on concrete module integrated building based on stacked frame structure system [J]. Construction technology, 2024,53(11):142-147.
- [ 6 ] 李娜,覃霞.超高性能混凝土材料在装配式建筑中的应用[J].江苏建材,2023(6):20-21.  
LI N,QIN X. Application of ultra-high performance concrete materials in prefabricated construction [J]. Jiangsu building materials,2023(6):20-21.