

DOI: 10.7672/sgjs2025240070

住宅全屋装配的设备管线分离方案优化研究 *

张成英¹, 姜 涌¹, 马成龙², 刘 嘉¹, 朱 宁¹, 董国群²

(1. 清华大学, 北京 100084; 2. 中建玖合发展集团有限公司, 北京 101100)

[摘要] 城市集合住宅室内的给水排水和通风空调管线的综合布线, 是卫生间、厨房和居室功能实现的重要设备基础, 也是装修面层与建筑结构间需独立处理的管线夹层。根据多种管线布局方式对比, 提出一套基于装配式装修的住宅管线综合配置方法, 以解决目前住宅卫生间和厨房存在的布线占用上、下层空间问题, 布线凌乱不便检修、扩展问题, 以及居室和卫生间、厨房的空调管线布局与横向排风问题等。通过配合全屋装配式装修的各种设备管线的完整路由组织, 可保证管线系统与结构系统的完全分离, 实现结构长寿耐久和内装灵活可变。

[关键词] 装配式; 内装修; 设备管线; 管线分离; 综合布线; 集合住宅; 优化

[中图分类号] TU81; TU238⁺.2

[文献标识码] A

[文章编号] 2097-0897(2025)24-0070-11

Optimization of Equipment Pipeline Separation Scheme for the Whole-house Assembly of Residential Buildings

ZHANG Chengying¹, JIANG Yong¹, MA Chenglong², LIU Jia¹, ZHU Ning¹, DONG Guoqun²

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China;

2. China Construction Jiuhe Development Group Co., Ltd., Beijing 101100, China)

Abstract: The generic cabling of water supply, drainage, ventilation, and air conditioning pipelines in the interiors of urban collective residential buildings serves as a crucial equipment foundation for the functional realization of bathrooms, kitchens, and living rooms. It also constitutes a pipeline interlayer that requires independent handling between the decorative finish and the building structure. Based on a comparison of various pipeline layout methods, this paper proposes a set of residential building pipeline comprehensive configuration methods based on prefabricated decoration. These methods aim to address the current issues in residential building bathrooms and kitchens, such as pipeline cabling occupying upper and lower floor spaces, being messy and inconvenient for maintenance and expansion, as well as the problems related to air conditioning pipeline layout and horizontal exhaust in living rooms, bathrooms, and kitchens. By coordinating the complete routing organization of various equipment pipelines in the whole-house prefabricated decoration, the complete separation of the pipeline system from the structural system can be ensured, achieving long-term durability of the structure and flexibility of interior decoration.

Keywords: prefabricated; interior decoration; equipment pipelines; pipeline separation; generic cabling; collective residential buildings; optimization

0 引言

在建筑工业化实践中, 尤其在我国现阶段住宅

*“十四五”国家重点研发计划:既有住宅绿色装配化装修改造标准化关键技术研究与示范(2023YFC3804400);清华大学(建筑学院)-中建玖合发展集团有限公司超特大城市社区空间与建筑技术联合研究中心资助项目(2024C1);中建二局科技资助计划(2021ZX190001)

[作者简介] 张成英,高级工程师,E-mail: 544963854@qq.com

[通信作者] 姜 涌,副教授,E-mail: JYong2000@163.com

[收稿日期] 2025-04-25

建筑常用钢筋混凝土剪力墙结构体系的装配式内装修中, 结构主体和室内装修层间的管线设备层, 以及装修面层下的找平、防水、固定等构造基层, 是结构与装修面层间的中间层, 需通过管线与结构和外围护的分离实现预制装配和灵活更新, 共同实现建筑的长寿化。在我国装配式装修建筑评价中, 管线分离作为一个重要的评分项, 与装配式装修配合, 整体占比>50%。但笔者在北京地区高得分的

装配式建筑项目调研中发现,管线分离的得分相对较低,说明管线分离的方案亟待优化以促进装配式建筑的发展^[1-3]。

笔者通过调研和样板间试验,尝试通过产品化、模块化思路,以提升品质和效率、降低空间和施工浪费为原则,通过给排水、排风等设备专业管线问题的关键技术和产品研发,解决目前装配式装修的管线分离难题^[4-8]。

1 给水排水管线分离解决方案

住宅的给排水主要集中在卫生间、厨房等用水空间,包括给水和排水2个主要系统。给水包括冷水(自来水)和热水,排水包括便溺污水和洗涤等废水。由于给水多采用加压方式布局灵活,管径较小可利用装配式墙板后空腔及吊顶空间安排路由,末端用水点采用固定到龙骨及金属板上的螺纹接口,根据冷热水要求选用合适的管材及连接方式,采用分集水器并联给水和快接插口可实现给水管线的快捷安装。另外,卫生间的排水通过地漏等收集、利用重力通过排水横支管汇集到公共排水立管,这在目前用水空间中关乎居住健康且存在问题较多,其关键点包括:①洗浴废水通过防水底盘的地漏快速有效收集和彻底排除,以防止渗漏、淤积和反味;②污水的横向排出组织,尤其重力排水在卫生间本层空间内时(同层排水)尽量减少对层高占用;③厨房给排水路由在水槽下集中组织的优化。

1.1 卫生间排水——不降板同层排水与管道集成侧墙

卫生间排水根据横向支管设置的位置可分为下层(异层)排水和同层排水。同层排水根据楼板设置方式可分为降板同层排水(大降板同层排水和局部降板同层排水)、不降板同层排水。①下层排水是指所有卫生洁具的排水管道均穿过本层的地面楼板进入下一层住户,排水横支管吊装于下一层住户卫生间的吊顶内汇集到排水立管,这是一种最为简易的传统卫生间排水方式。②降板同层排水是指所有卫生洁具的排水管道及排水横支管均不穿过本层的地面楼板进入下层住户,卫生间的结构楼板下沉约350mm(大降板)或约150mm(小降板)或150~350mm两者组合的局部大降板,将排水管道及横支管在降板区域(也称沉箱)内敷设,并采用水泥焦渣、陶粒混凝土等轻质材料填实,卫生间地面及沉箱底部做2道防水。这种排水方式可看成是上一种方式的改良,卫生间布局较灵活,横支管及检修等均可在本层解决,但必须破坏沉箱的地面才能进行检修和更换,出现渗漏极易导致沉箱积水从

而导致墙体反潮,积水排除需特殊处理,结构降板和2层防水也提高了造价。③不降板同层排水是指所有卫生洁具的排水管道及横支管均不穿过本层的楼板进入下层,盥洗台、浴缸、坐便器等的高位排水采用侧墙后排水,地漏采用侧排方式将其移至管井内,或采用超薄地漏在保证水封的基础上通过侧墙排水。这种排水方式可看作是前2种方式的优势整合,GB 50015—2019《建筑给水排水设计标准》中明确提出“住宅卫生间宜采用不降板同层排水”,这种方式通过薄型地漏和侧墙排水有效组织排水管道空间,实现结构体系不降板的成本最优,并可灵活布局卫生间(见图1)^[9-10]。

不降板同层排水的难点在于保证无障碍淋浴间设计中卫生间整体地面的平整,不适用于浴缸或淋浴底盘,因此需满足卫生间地漏的低点排水,即在完成面高差≤15mm的无障碍要求下,利用居室和卫生间垫层的厚度及结构微降板(50~100mm不改变钢筋配置),在排水最低点下设置带50mm水封的超薄地漏,以及保证干湿区15mm以上的高差。由于超薄地漏的厚度约90mm,考虑排水坡度和安装,卫生间结构楼板标高应与居室地板完成面有>120mm高差才能顺利安装。在北方采暖地区和南方高标准住宅中多采用低温热水辐射式采暖地面(地暖)系统,居室地坪厚度达到130~160mm,加上卫生间与居室结构楼板的微差,可在不降板的基础上设置同层排水系统。无地暖的居室则可通过架空调平或垫高、门槛石抬升卫生间地坪等方式实现这一目标。笔者根据与排水厂商的共同研发和样板间试验,在老旧住宅改造中实现了不降板同层排水和卫生间格局的相对自由布局(见图2)。

值得注意的是,目前我国住宅卫生间为了整体效果多采用整体地面铺装和约50mm高淋浴间挡水条的设置,实际已无法满足无障碍通行要求;住宅卫生间空间狭小,也无轮椅等无障碍通行的必要。因此,将住宅卫生间淋浴区的挡水条置换成淋浴底盘,可抬高排水地漏并提高地漏设置空间,则更易满足集水和排水要求。

在不降板同层排水中,马桶(DN100)、台盆(DN50)、地漏(DN75)排水管及其排水坡度都无法在底盘下的空间解决,需通过管线空间的拓扑移位,采用侧墙排水方式,利用台盆、后排马桶、地漏的不同安装高度在120~150mm薄型管线侧墙中立体排列,并保证排水管都延伸至排水立管井,解决污废水排除问题,此箱形墙体可采用装配式墙体,便于管道便捷安装和可视化维修,特别有利于整体

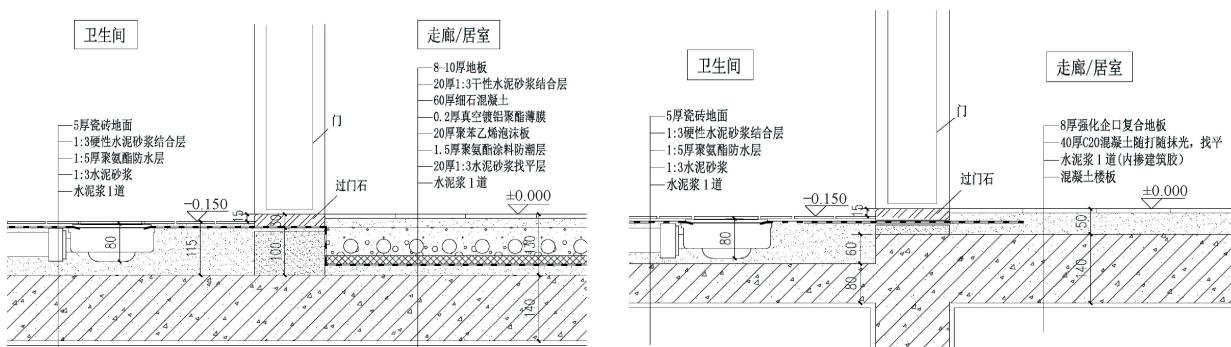
排水方式	标准下层排水	降板同层排水	架空同层排水	地暖侧墙同层排水	无地暖侧墙同层排水
示意图					
结构及回填	钢筋混凝土 结构板 回填层 0	降板带来的支 模、钢筋成本 850	钢筋混凝土 结构板 整体架空楼板 (全屋) 16 200	钢筋混凝土 结构板 居室有地暖而无 增厚垫层 0	局部楼板减薄 增加成本 居室无地暖而 增加垫层 2 520
分项成本/元	卫生间防水层 及保护层 485	防水增加1层 1 085	防水底盘及卫 生间整体 7 000	卫生间防水层 及保护层 485	卫生间防水层 及保护层 485
装修	地砖、墙砖 铺贴 3 600	地砖、墙砖 铺贴 3 600	墙体支撑 4 000	侧墙龙骨及装 修增加 3 960	侧墙龙骨及装 修增加 3 960
管道	卫生间排水管 道 410	积水排除管件 增加 710	整体卫浴间已 含管道 0	薄型地漏成本 增加 440	薄型地漏成本 增加 440
洁具	卫生洁具三件 套 7 500	卫生洁具三件 套 7 500	整体卫浴间已 含洁具 0	悬挂式马桶造 价增加 9 000	悬挂式马桶造 价增加 9 000
成本合计/元	13 195	15 245	28 400	15 085	17 665
成本增加/元	0	2 050	15 205	1 890	4 470
增减比率/%	0.0	15.5	115.2	14.3	33.9

注: 参照北方某省会城市的2017年定额和市场数据为依据估算, 数值为包含材料、人工、管理费的总价;

卫生间如图建筑面约4m², 住宅套型建筑面积90m²

图 1 住宅卫生间排水方式比较

Fig. 1 Comparison of drainage modes for residential building bathrooms



a 居室地暖层或架空层

b 卫生间结构微降板

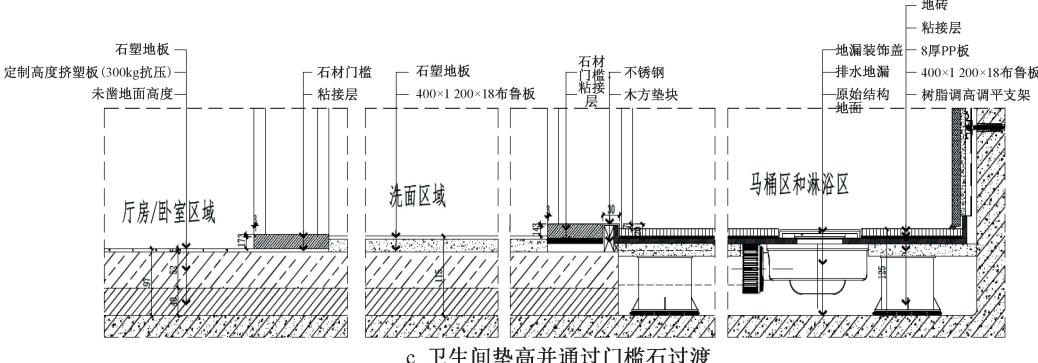


图 2 非降板同层排水实现方式

Fig. 2 Implementation methods of same-floor drainage without slab reduction

防水底盘的管线外侧安装;同时,也可利用侧墙上

部空间设置马桶水箱并安装悬挂式马桶, 提升卫生

间的空间效果;侧墙高度根据马桶水箱按键位置有上面按键高850mm、立面按键高1200mm 2种;侧墙上面也可作为卫生间的置物台,可结合洗漱区台盆的龙头安装并在上方设置镜柜、置物柜等储藏空间,作为卫生间室内置物空间和装饰条带,形成卫生间装修效果的亮点(见图3)^[11-12]。

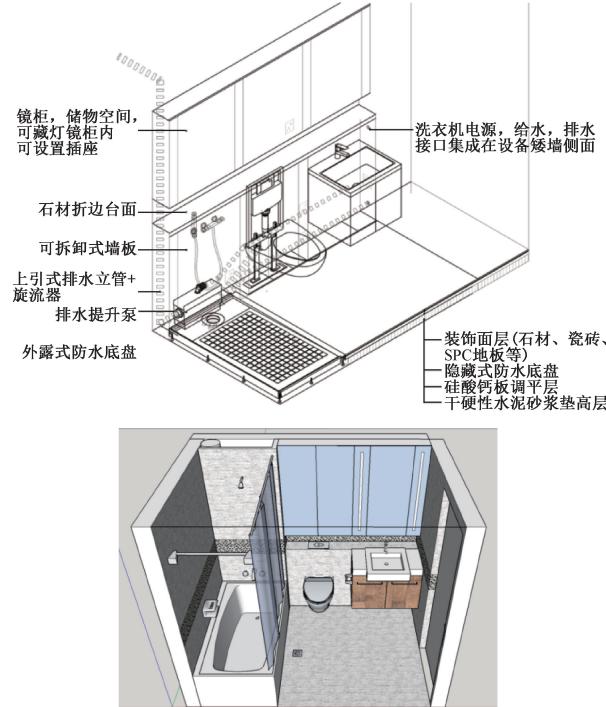


图3 侧墙排水方式与卫生间室内装修配合

Fig. 3 Coordination between sidewall drainage mode and bathroom interior decoration

1.2 卫生间集水、排水和防水——整体防水底盘

卫生间主要包括洗漱美妆、便溺、洗浴3个空间,其中前2个作为卫生间的干区,可采用类似厨房的做法,在结构底板上设置防水层但默认污水均通过有组织的设备排水可有效排除,地面不设地漏。洗浴区作为湿区必然需满足淋浴时排水和防止淋浴水外溢功能,一般通过浴缸、淋浴盘(可看作浴缸的扁平化)、通铺地面加挡水条3种形态集水,通过器具底盘地漏或地面地漏排水。前两者采用预制产品,易保证底盘坡度以便顺畅集水、排水;后者主要为了放大卫生间的空间效果,刻意使干湿区地面做法一致,需通过地面的找坡集水,由于现场地砖铺设难以实现,一般是采用单坡排水到条形地漏内再汇水到排水口,或安装玻璃淋浴屏和挡水条,防止淋浴水外溢,在高品质装修和高星级酒店中,多将淋浴区整体下凹,中间铺贴石板或瓷砖垫高以形成周边集水沟。由于卫生间地面多采用大块陶瓷地砖或石材铺设,实际很难达成向地漏1%

以上找坡的目的,无法满足及时排水、防潮防霉的卫生要求。

目前装配式装修的卫生间湿区的集水、排水、防水主要采用以下几种方式,笔者通过优化防水底盘的设计和材料工艺实现了高品质、模块化的卫生间防水底盘方案。

1) 整体卫生间和整体防水底盘,露明安装,配套整体墙板、顶板。根据汇水、排水、防水要求与墙板、地漏等集成设计成为一个整体,工厂预制生产,现场安装,如SMC整体卫生间。这种底盘整体性好,与墙板、地漏配合好,排水性能优异,但需整体开模批量生产,无法灵活适应现场尺寸,整体底盘在狭小卫生间施工困难。

2) 现场加工的整体防水底盘,暗装并配合地面装修与墙板。为适应国内建筑现有卫生间墙板的现状,我国很多厂商开发了模块化底板、柔性防水底盘等,核心是降低防水底盘的强度和开模难度,采用ABS、FRP、PP等板状有机防水材料或人造石、有机玻璃、玻璃钢、超高强度混凝土(UHPC)等整体加工成型,或采用铝合金型材、镀锌钢板、不锈钢板等金属材料,在现场做裁切、握折、焊接、开孔等加工,以灵活满足卫生间的现状尺寸要求。由于有大量现场作业,防水底盘无法在工厂统一设计,汇水和排水坡度很难保证,更多是形成一个完整牢靠的防水底盘防止渗漏,排水坡度和汇水效果较难保证,地面往往需采用地砖或石材装饰覆盖以隐蔽防水底盘(见图4、5)。

3) 软膜防水底盘或网格布防水涂膜,柔性整体底盘现场粘接,暗装替代防水层。解决城市更新中老旧住宅改造时空间狭小、四面隔墙、无法顺利展开硬质防水底盘施工安装的问题,根据现行规范在结构层新做防水层,然后在其保护层上做好找坡,再采用柔性的高分子防水膜根据现场尺寸裁切,握折粘接形成一个泛水高度300mm的防水软槽,然后浮搁或粘贴在地面找坡层上,根据排水口位置剪切出洞口并卷边粘贴到地漏中且扣边压实,形成一个完整的软膜防水底盘。这种方式可看成是原有卫生间涂膜防水的工厂预制,防水质量得到保证,并可灵活适应小型和大型卫生间的整体铺装,但找坡、周边泛水和排水口卷边等现场操作仍大量依赖手工作业,排水效果很难保证。

4) 模块化拼接防水底盘,明装或暗装配合地面装修与墙板。根据我国住宅装修现状,集成上述2种做法的优点,采用干湿分离方式,统一淋浴区防水底盘尺寸,采用SMC或PP等有机材料工厂加工

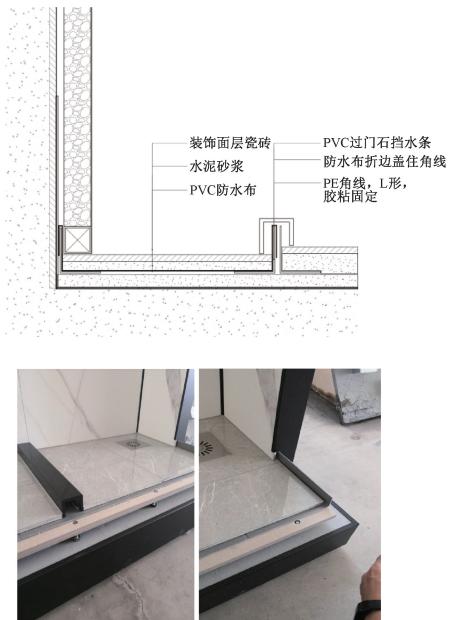


图 4 干湿区防水底盘整合与挡水条扣板

Fig. 4 Integration of waterproof trays in dry and wet areas and waterproof strip gussets

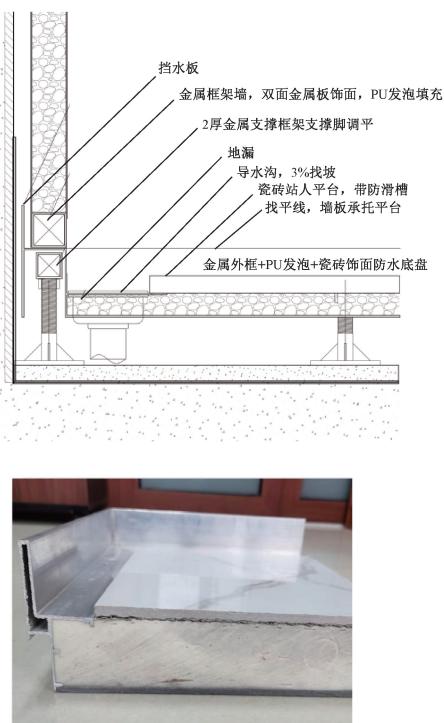


图 5 现场焊接加工的金属复合聚氨酯整体防水底盘

Fig. 5 On-site welded metal composite polyurethane integral waterproof tray

一次成型标准化、系列化的整体防水底盘,确保周边排水沟和排水坡度与周边装配式墙板、干区地板的配合,可采取露明安装淋浴底盘或在保留周边排水沟的基础上中央部分做石材或地砖强化装饰效果。干区防水可采用整体防水底盘与湿区底盘搭

接形成整体的第 2 道防水(第 1 道为结构楼板的防水和找平)。这个方法可看作是将整体卫生间根据干湿分区进行拆分以局部标准化、干区柔性化来提升施工便捷性;也可看成是浴缸或淋浴底盘的矮化和隐藏化,并通过改良材质实现了集水与排水功能性和装饰性效果的统一。笔者通过与厂商合作设计了可与干区搭接的防水底盘,工厂木模板预制底盘保证 1% 排水坡度和防滑、美观要求,并在周边排水沟反坎与周边墙板配合,承接侧墙排水并保证墙板底边不被水浸,实现了无障碍使用和卫生间干湿区整屋的顺畅排水。与上节提到的管线集成侧墙结合,形成卫生间不降板同层排水的解决方案(见图 6)。

1.3 厨房排水——给排水侧墙集成

厨房的用水空间通常包括洗涤水槽、洗碗机、食物垃圾粉碎机、净水器、即热式热水器(厨宝)等用水设备的冷热给水、各设施的有组织排水和溢水排出,通过横支管汇集后排到独立的厨房排水立管。厨房排水系统设置应注意以下几个方面。①保证排水效率。为防止油污和残渣堵塞管道,管道坡度 $\geq 3\%$ 以避免积水。特别注意食物垃圾粉碎机的排水设置,洗碗机与水槽的排水也宜单独分设。②卫生防疫,防堵防逆流。排水应采用 P 型/S 型存水弯,以有效隔绝臭气和虫鼠;设置防堵滤网并设置可方便拆卸的清掏口以便定期清掏;排水横支管的接口应注意清洁分区,溢水等高清洁废水应设置在水槽、粉碎机的上游。③兼容性与组织优化。由于厨房设备日益增多,需预留接口适配粉碎机、洗碗机、净水器等设备的连接需要,合理规划设备布局,确保管道走向简洁、维护空间充足。④安全防护。由于水电混杂且多设备高功率工作,应设置电力线路的过载、短路及漏电保护与设备的等电位连接。这部分本节不做赘述。

厨房虽为用水空间,但默认所有排水均从设备中集中汇水并有组织排放,因此目前厨房地面仅设防水层而不设地漏。另外,由于厨房排水槽安装在橱柜上方方便人使用,水槽设置较高也便于重力排水,洗碗机、粉碎机也多采取高位排水,为操作台和橱柜提供了较大的路由空间,因此厨房的排水一直被认为较简单反而缺乏深入研究。目前住宅装修中厨房的排水往往以在一个水槽排水口上不断串联三通的方式,简化回水弯代之以磁吸阀、硅胶阀等解决日益增多的厨房设备的排水需求,实际上破坏了水封的作用,不利于厨房卫生清洁,也尚未形成像卫生间一样完整的设备管线体系。我国也有

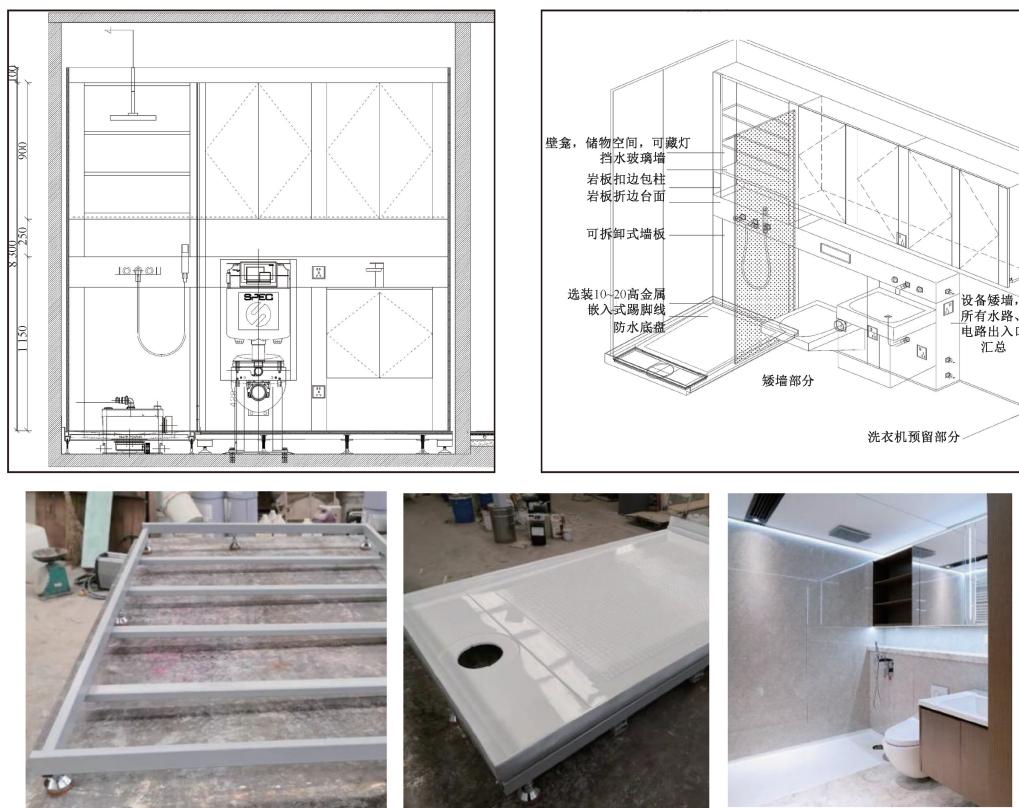


图 6 卫生间淋浴区(湿区)防水底盘与干区的无障碍搭接和专用防水底盘及安装效果

Fig. 6 Barrier-free lap joint between waterproof tray in bathroom shower area (wet area) and dry area as well as special waterproof tray and its installation effect

研究采用与橱柜结合的侧墙排水方案,但占用空间大且与橱柜配合复杂,实际很少采用(见图 7, 8)^[13-15]。

笔者参照卫生间侧墙集成管线方式,提出厨房管线集成侧墙的管线综合解决方案,将给水、排水、电气等管线接口集中设置在橱柜中小型管线集成侧墙内(约 100mm×500mm),设置在厨房水槽柜内,与排水立管管井相连并延展到水槽下方,形成一个独立于结构墙体和楼板的箱式侧墙排水空间,将复杂的管线通过侧墙内管线综合对接到墙面的接口,实现用户安装调整的自由(见图 9)。

2 空调新风排风管线分离解决方案

人在住宅室内的正常生活需呼吸足够量的新鲜

空气,同时住宅建筑物和室内装修材料(建筑污染源)、居住生活(烹饪、便溺、吸烟、呼吸等人员污染源)会产生大量化学性、生物性、放射性的有害物质。为了保证室内空气健康,控制污染源、空气净化和通风换气是 3 种主要室内空气品质控制手段。本文聚焦厨房、卫生间的污染源控制(排烟)和居室的通风换气 2 个主要环节,以保证住宅健康和生活质量。

2.1 厨房、卫生间排风——同层(平层)横排方案

住宅厨房在烹饪时燃气燃烧产生对人有害的 CO, SO₂ 及 NO_x 等污染物,以及相对潮湿的环境、堆积的垃圾、设备及墙面累积的油烟都极易产生细菌、霉菌等污染物,成为住宅室内主要污染源之一。厨房的开放化及与餐客厅一体化(LDK)扩大空间



图 7 目前住宅厨房常用的水槽下多头三通、简化水封安装方式

Fig. 7 Common installation methods of multi-head tees and simplified water seals under sinks in current residential building kitchens

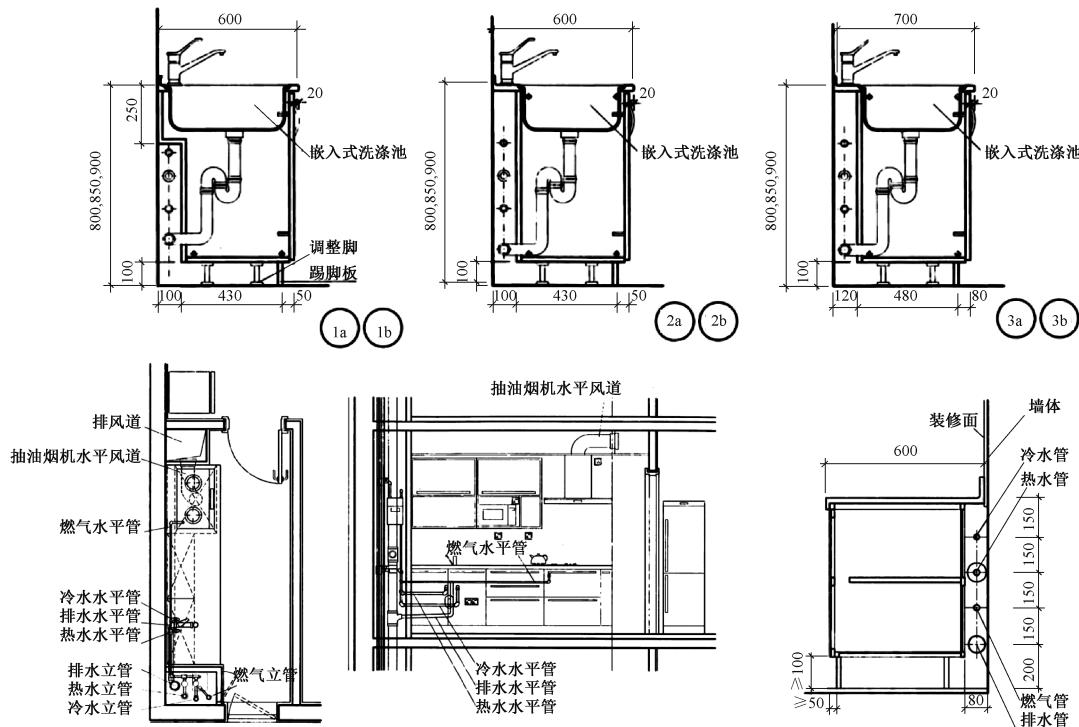


图 8 厨房管线综合的标准设计方案

Fig. 8 Standard design scheme for comprehensive pipeline layout in kitchen

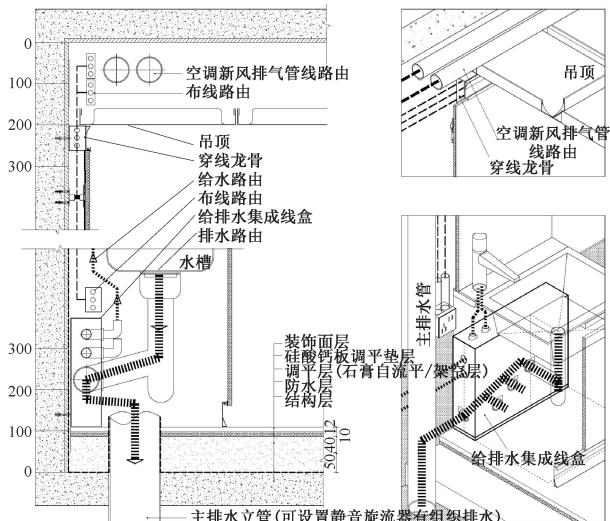


图 9 厨房侧墙排水集成方案

Fig. 9 Integrated design scheme of kitchen sidewall drainage

的做法,要求厨房排烟有更高效率以防止厨房油烟的扩散污染。因此,应在污染源炉灶上方设置抽油烟机,可将炉灶面上升的油烟废气直接抽走,减少其扩散量,提升捕集油烟废气的效率。

住宅厨房的排风经历了自然通风、轴流排气扇、抽油烟机直排、公用排烟道垂直排放几个阶段。目前在高层住宅建筑中常用的厨房集中机械排风系统主要有 3 种形式。①屋顶风机排风系统(集中

式)。该系统在屋顶上设置排风机,在各层的厨房内设风口,在风口处设置风口百叶并安装防火阀。这种方式多用在消防排烟中,厨房排风系统多用在业务大厨房上,以便在风道中增加滤油清洁设备。②各厨房设置通风器排风系统(分散式)。在建筑中设集中排风道,在每个厨房分散设置通风器(抽油烟机),无屋顶风机,经集中风道排出。这种方式属于机械排风与自然排风相结合的排风方式,排风竖井受气候等因素影响较大。目前多在屋顶排风口设置被动拔气风帽。当上、下各层使用同一型号通风器时,上、下层的排风量相差很大。此外,当某些层的厨房通风器不开时,有串气现象发生。目前,这种方式多用于卫生要求不高的高层住宅、宾馆客房的厨房和卫生间排风中,也是住宅建筑中最常用的形式。分散式系统在使用过程中也出现了多种风道形式,如子母型风道、变压式风道、变截面风道等。③屋顶风机与厨房通风器串联排风系统(混合式)。该系统在屋顶上设有集中的排风机,并在各厨房内设有通风器并与屋顶风机串联、协同工作。其多用于高层建筑、超高层建筑中厨房的排风系统,投资和运行费用都较高,但排风效果好,可避免上、下各层交叉污染。目前,这种方式主要应用于卫生要求高的高层建筑中。在全屋精装修、预装厨房电器的高品质新开发住宅中完全具备实现的条件,但目前尚未推广应用^[15-16]。

目前住宅常采用各户厨房安装大风量、高效捕集烟气的抽油烟机、通过竖向公共集中排烟道来实现屋顶排烟，并通过止逆阀防止倒灌、通过子母风道进行局部调压。目前国内行业或地方技术标准主要集中在烟道的防火止逆阀、垂直烟道产品、屋顶烟帽等部分和排烟管道的材质与尺寸、排烟效率、防烟反流措施等方面，住宅居民普遍反馈的排烟不畅造成厨房反味问题尚缺乏系统的解决方案。居民调查发现，目前厨房排烟主要问题有两方面。①串烟反味，是指抽油烟机在未开机时由于止回阀密封不严而导致其他楼层油烟通过公共烟道进入厨房的现象。调查发现约有20%的受调查人员反映家中出现反味问题，公共烟道用户反味问题发生率约为直排用户的2倍。②排烟不畅，是指在多户同时开启抽油烟机排烟时，由于风量或风压不足导致厨房油烟无法排尽的现象。这种问题在调研中公共烟道比直排式发生率约低16.5%，但2种排烟方式的问题发生率均>25%。尤其是城市高层住宅的低层住户通过垂直烟道排烟更易出现问题，而直排厨房的主要问题是抽油烟机设置与外窗的配合问题^[17]。

值得注意的是，竖向公共烟道本意是解决直排式系统由开窗引起的邻户串烟问题，带来消防隐患并牺牲了室内使用面积（竖向烟道内径约400mm×400mm或500mm×200mm）和厨房布局的灵活性，但结果却是竖向排烟并不比横向直排更有优势。无论是子母风道还是单独风道，其设计原理均以热压通风为基础，风道内呈负压状态。由于抽油烟机和排风扇大多数都是由住户自行装设，一旦运行，将改变风道的空气动力特性，由负压状态变为正压状态，导致同时使用时离屋面出风口较远的厨卫排风不畅；个别使用时，排风可能会通过公共排风道进入未开排风扇的厨房（排风扇上的止逆阀无法做到完全密闭）；如果个别厨房未装排风扇，则串风的情况更严重。集中式排烟道是多动力源的汇流排风系统，可认为是热压和风压共同作用下的流动过程，是一种湍流运动。对于普通高层住宅厨房排风道排风工况，可看出排风烟道内的静压自上而下逐渐加大，至底层静压最大。排风量自上而下逐渐减少，底层用户的排风量最小。不论采用集中、分散的机械排风系统，还是竖向烟道采用子母式、变压式、变截面或等截面式风道，均无法保证各层用户有效排烟^[17-18]。

借鉴日本、新加坡等亚洲国家集合住宅建设的经验，笔者建议采用分户同层横向排风方式解决住宅厨房排烟问题。由于我国厨房燃气使用的强制

要求，厨房必须设置外窗、必然邻近外墙，因此可采用横向风道直排方式。其相比于目前常用的竖向烟道方式具有几个明显优势。①消灭烟道室内空间占用，扩大使用面积并消除一个无法清洁的污染源。②采用类似燃气热水器的不锈钢防火排风道和风帽，可在厨房吊顶灵活安装，减少对吊柜等空间的占用。③扩大厨房布局的灵活性和排风方式的多样性选择，可提升居住空间品质并为城市更新和老旧住宅改造提供更多可能性。④降低住宅建筑造价，简化公共管道维护。建筑立面上排风口设置带来的视觉杂乱和油烟污染问题，则完全可通过设置类似空调室外机结构板或百叶导流烟气并遮蔽、烟道靠近外墙处设置防虫网、止逆阀和油烟盒等油烟净化和抽风排烟模块来解决。也可设置单独的管道风机以取代抽油烟机（类似于业务厨房的排烟风机），还可通过厨房的持续排风来实现全屋的被动式微风换气（见图10）^[15]。

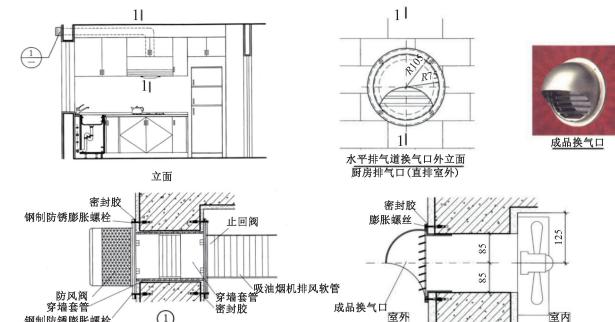


图 10 厨房同层横向排风做法

Fig. 10 Same-floor horizontal exhaust in kitchen

卫生间排风问题与厨房类似。采用横向排风后可在吊顶内安装横向排烟风机，可灵活调整位置和增加洗衣区、洗漱区等干区的排气及集成卫生间墙板夹层排气等，并可根据各用户需求增加除霉和除湿等功能，提高卫生间排气效率和生活品质，更为城市更新和老旧住宅改造提供更大可能性。卫生间反味问题与厨房原理不同，卫生间的所有排水管道均通向集中污水池，管壁内也有霉变，这是其臭味的主要来源。近代抽水马桶带来的建筑卫生革命就是利用回水弯的水封封堵了管道中的臭气和虫鼠，同时又可顺畅排水。因此，卫生间反味问题主要是利用水封隔绝排水管道内臭气污染源，通风排气为辅助手段。

2.2 居室新风与换气——模块化边吊路由

为了保证室内空气健康，通风换气是用室外新鲜空气稀释室内空气污染物，降低污染物浓度，提升室内空气质量，这是最方便、快捷、经济的改善室

内空气品质的方法,也是住宅中最常用的方法,主要有被动式通风和主动式换气 2 种方式。

对于室内通风换气效果,现有的非工业通风标准通常采用每人所需新风量大小或不同功能房间换气次数这 2 类指标来规定。根据 GB/T 18883—2022《室内空气质量标准》,住宅和办公建筑的新风量应按 $\geq 30 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{人})$ 计算,约合 3 口之家居住在 100 m^2 住宅内需 0.5~1 次/h 的换气次数。学者研究发现,机械通风或保持恒定开窗比率的自然通风,要比偶尔大面积开窗自然通风更能持续保证室内空气品质。基于我国北方城市近年来城市住宅的实测研究表明,室内渗透通风的换气次数约为 0.42 次/h,若保证可开启窗扇约 10% 的开窗面积,则可获得 ≥ 0.7 次/h 的换气次数,可同时满足新风量和排出污染物的要求。我国目前采用直接自然通风的空间,生活、工作房间的通风开口有效面积不小于该房间地面面积的 1/20,卧室的窗地面积比应 $\geq 1/7$ 。以 $10 \sim 14 \text{ m}^2$ 的卧室测算可开启窗扇面积为 $0.5 \sim 0.7 \text{ m}^2$,若保证 10% 的持续开窗面积即为 0.07 m^2 ,相当于 $1.5 \text{ m} \times 0.7 \text{ m}$ 开启窗扇的竖向开启 50mm 或横向开启 100mm,相当于窗扇内倒状态或设置在窗扇上的可开启的通风器;也相当于一个直径 300mm 或 2 个直径 210mm 圆形通风管的截面积,相当于 2 个圆形的设置于外墙上的微风换气器^[19-22]。

除了上述我国城市住宅和日本集合住宅普遍采用的被动方式保证室内持续高效通风外,也可与住宅户式集中空调结合或独立设置新风换气系统,实现有组织、可控制的室内换气。居室的新风换气系统都和空调系统一起,在居室结合吊顶或边吊来安排路由和端口(见图 11)。

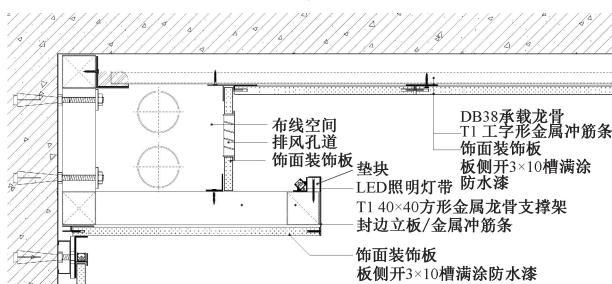


图 11 住宅模块化边吊中设置厨房与卫生间横向排风、居室新风系统

Fig. 11 Layout of horizontal exhaust for kitchens and bathrooms and fresh air system for living rooms in residential building modular side ceilings

厨房、卫生间在排风中需补充新风以保证空气流通,一般是通过门缝渗风的无组织方式实现,需其门下缝隙保证一定的宽度或设置下部通风百叶,

否则会在封闭厨房强力排烟时出现开门困难情况。从室内气流组织来看,厨房和卫生间是室内重要的生活污染源,可考虑在有组织排风时使其处于负压状态,或在无组织排风状态通过卫生间排烟实现室内强制换气。

3 结语

建筑工业化的管线分离技术是在装配式内装修中将建筑设备管线与建筑主体结构分离布置,通过架空层、非承重墙体空腔或专用管线槽等空间实现独立敷设,形成结构支撑体与内装可变体间的一个独立的管线夹层,以实现建筑的长寿化、维护的可持续性和空间的适变性。从住宅建筑的全面管线分离来看,应该包括从总管到支管再到接口的三大分离:①竖向分离,即立管与墙体及室内空间的分离,管井布置于核心筒或外墙的公共管井中实现户内空间的灵活开放;②横向分离,即水平支管与楼板、墙体结构层的分离,实现室内空间的自由布局和伴随家庭生命期的灵活调整;③接口分离,即设备连接点采用标准化可拆卸接口,检修便捷可视化,实现用户伴随家电设备迭代和功能需求变化的 DIY 式的自由调整。本研究从用户视角的接口灵活便捷着眼,主要解决了户内横向分离,也为未来住宅建筑和结构设计中实现竖向分离提供了条件。

笔者在与厂商的协同研究和样板试验中不断优化住宅全屋装配中的管线综合方法,主要采用空间拓扑技术,将墙体的纵向架空层及垂直管道转化为横向布线、墙板空腔利用、设备集成带的方式,将给排水、排烟排气的管线路由均依托装配式墙体横向敷设,利用模块化边缘吊顶(边吊)、厨卫横向排风、非降板同层排水等关键技术,可满足管线施工便捷、动态适应、运维友好的要求,为装配式建筑的管线分离提供了切实可行的实现路径(见图 12)。

参考文献:

- [1] 刘东卫. SI 住宅与住房建设模式-体系·技术·图解 [M]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
LIU D W. SI housing and housing construction mode-system · technology · graphic [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016.
- [2] 中国建筑标准设计研究院有限公司. 装配式内装修技术标准:JGJ/T 491—2021 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2021.
China Institute of Building Standard Design & Research. Technical standard for assembled interior decoration: JGJ/T 491—2021 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2021.
- [3] 北京市住房和城乡建设科技促进中心,中建科技集团有限公司. 装配式建筑评价标准:DB11/T 1831—2021 [S]. 北京:中国标准出版社,2021.

专业系统	管线类型	管线材	规格	接口方式	设备终端	传统路由	管线分离路由	管线分离关键技术
强电	电源线	BV铜芯线 (铜芯聚乙 烯绝缘线)	2.5mm ² , 4mm ²	接线端子	各居室厨卫阳台 插座开关	结构楼板墙体穿 管, 墙体预埋分线盒 及线盒	墙板后空腔及顶角、 底角空腔布线, 墙板 后安装分线盒及线盒	居室装配式墙板 踢脚顶角墙体的设备 集成带 模块化边吊
	照明线	BV铜芯线	1.5mm ²	接线端子	各居室厨卫阳台 灯具	结构楼板墙体穿管	边吊布线无主灯设计	模块化边吊 边吊照明带
	线管线槽	镀锌钢管, 金属/塑料 线槽	φ20, 20mm× 10mm, 30mm× 15mm	卡扣固定 86线盒		结构楼板墙体穿管	墙板后空腔及顶角、 底角空腔, 设备集成 带穿管布线	墙体设备集成带 螺栓插接快装接口 超薄线盒或外凸线盒
弱电	网络线	六类双绞线	CAT6	RJ45 水晶 头	各居室 插座	结构楼板墙体穿管	墙板后空腔及顶角、 底角空腔布线	踢脚线设备带 墙体设备集成带
	有线电视线	同轴电缆	SYWV-75-5	F头连接	各居室 插座	结构楼板墙体穿管	墙板后空腔及顶角、 底角空腔布线	整合到设备集成带
	电话线	两芯电话线	HYA-2×0.5	RJ11 水晶 头	各居室 插座	结构楼板墙体穿管	墙板后空腔及顶角、 底角空腔布线	整合到设备集成带
给排水	冷热水管 中水管	PPR (聚内 烯管) 管, PE-RT (耐 热聚丙烯 管) 管	DN15, DN20, DN25	热熔承插 螺纹接口	厨房卫生间洗衣 间阳台, 头马桶 洗衣洗碗机热 水器	管井出横管剔凿墙体 安装	吊顶或边吊, 地板 下, 墙板后空腔	厨卫装配式墙板 给水分集水器 螺纹接口固定板 PPR卡箍式接口连接 快插接头
	排水管	PVC-U (硬 聚氯乙烯) 管, HDPE (高密度聚 乙烯) 管	DN50, DN110	承插胶接, 热熔承插	厨房卫生间洗衣 间阳台, 马桶地 漏洗涤槽洗衣洗 碗机	下层排水预留套管 降板同层排水	侧墙排水 地漏同层排水	薄型水封地漏 同层侧墙排水 整体排水底盘
暖气	地暖管	PE-Xc (辐 射交联聚乙 烯) 管	DN16, DN20	卡压、卡套 式连接	各居室 地暖模 块	结构楼板上平铺	分集水器模块化地暖	模块化地暖 暖气分集水器
	暖气管、散热 片	钢制/铝制	600mm× 100mm	法兰连接	厨房卫生间	结构楼板墙体穿管	墙板后空腔及吊顶	
燃气	燃气管	不锈钢波纹 管	DN15	螺纹连接	厨房 灶具热 水器	露明安装	结合墙板空腔露明安 装	墙体排风设备带
	燃气接口	专用阀门	DN15	螺纹连接				
排气排烟	油烟机排气管	铝箔软管, 止逆阀	φ150 DN150	卡箍固定, 法兰连接	厨房	吊顶内安装, 预制竖 井排烟, 安装止逆阀	吊顶内	同层横排 风帽止逆阀
	燃气热水器排 气管	不锈钢管	家用强排式 φ60	卡箍固定, 法兰连接	厨房	吊顶内安装或明装, 同层横排	吊顶内	同层横排
	卫生间排气管	铝箔软管, 止逆阀	φ110 DN110	卡箍固定, 法兰连接	卫生间	吊顶内安装, 预制竖 井排气, 安装止逆阀	吊顶内	同层横排
户式集中 空调新风	空调冷媒管	铜管	φ6.35, φ9.52	焊接	各居室	吊顶内安装	边吊或吊顶	模块化边吊 墙体设备集成带
	新风管	复合风管	定制尺寸	法兰连接	各居室	吊顶内安装	边吊或吊顶	模块化边吊 墙体设备集成带

图 12 住宅建筑户内管线路由的常用做法和装配化优化做法

Fig. 12 Traditional and prefabricated optimization for indoor pipeline routing in residential buildings

Beijing Housing and Urban-Rural Construction Technology Promotion Center, China Construction Science & Technology Group Co., Ltd. Standard for assessment of prefabricated building; DB11/T 1831—2021 [S]. Beijing: China Standards Press, 2021.

[4] 陆曼. 住宅厨卫给排水设计标准化探讨 [J]. 中国住宅设施, 2010(5): 39-42.

LU M. Discussion on standardization of water supply and drainage design for residential kitchens and bathrooms [J]. China housing facilities, 2010(5): 39-42.

[5] 闫英俊, 刘东卫, 薛磊. SI 住宅的技术集成及其内装工业化方法研发与应用 [J]. 小城镇建设, 2013, 31(1): 85-91, 104.

YAN Y J, LIU D W, XUE L. Technology integration of SI residence and development and application of built-in industrialization construction method [J]. Development of small cities & towns, 2013, 31(1): 85-91, 104.

[6] 蔡泽浩, 刘耀辉, 付素娟. 装配式住宅建筑管线分离技术应用探讨 [J]. 住宅产业, 2020(7): 43-45.

CAI Z H, LIU Y H, FU S J. Application exploration of pipeline separation technique in prefabricated residential buildings [J]. Housing industry, 2020(7): 43-45.

[7] 鲍莉, 嵇晨阳, 滑芳, 等. 建成环境层级视角下的城市多层集合住宅更新设计策略——以南京小西湖街区两侧实践为例 [J]. 建筑技艺(中英文), 2024, 30(7): 24-31.

BAO L, JI C Y, HUA F, et al. Design strategy for urban multi-

story residential regeneration from the perspective of built environment levels: two cases in Nanjing Xiaoxihu Traditional Block [J]. Architecture technique, 2024, 30(7): 24-31.

[8] 张志毅, 张红, 刘莉馨. 装配式钢结构住宅内设备管线集成廊的研究 [J]. 建筑技艺, 2019, 25(10): 114-117.

ZHANG Z Y, ZHANG H, LIU L X. Research on the integrated pipeline gallery of equipment in the prefabricated steel structure residence [J]. Architecture technique, 2019, 25(10): 114-117.

[9] 姜涌, 关文民, 朱宁, 等. 集合住宅卫生间同层排水方式比较——既有住宅建筑更新的工业化技术研究 [J]. 西部人居环境学刊, 2018, 33(5): 28-33.

JIANG Y, GUAN W M, ZHU N, et al. Methodology of same-floor drainage of toilets—Technical issues in apartment unit renovation [J]. Journal of human settlements in West China, 2018, 33(5): 28-33.

[10] 车腾腾, 王家良, 肖刚, 等. 居住类建筑典型卫生间同层排水技术及经济性研究 [J]. 给水排水, 2024, 60(10): 99-104.

CHE T T, WANG J L, XIAO G, et al. Study on the same floor drainage technology and economy of typical toilet in residential buildings [J]. Water & wastewater engineering, 2024, 60(10): 99-104.

[11] 徐琴. 居住建筑同层排水应用中的关键技术研究与对策 [J]. 给水排水, 2014, 50(1): 67-71.

XU Q. Research and countermeasures on key technologies in the application of same-floor drainage in residential buildings [J].

- Water & wastewater engineering, 2014, 50(1):67-71.
- [12] 中国建筑标准设计研究院. 居住建筑卫生间同层排水系统安装:19S306[S]. 北京:中国计划出版社,2019.
- China Institute of Building Standard Design & Research. Installation of same-floor drainage systems for residential building bathrooms;19S306[S]. Beijing: China Planning Press, 2019.
- [13] 北京市保障性住房建设投资中心,北京和能人居科技有限公司. 图解装配式装修设计与施工[M]. 北京:化学工业出版社,2019.
- Beijing Affordable Housing Construction Investment Center, Beijing Heneng Human Settlements Technology Co., Ltd. Illustrated design and construction of prefabricated decoration [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2019.
- [14] 张文祥. 装配式住宅厨卫模块集成设计研究[D]. 苏州:苏州科技大学,2018.
- ZHANG W X. Research on integrated design of kitchen and bathroom modules in prefabricated residences [D]. Suzhou: Suzhou University of Science and Technology, 2018.
- [15] 中国建筑标准设计研究院. 住宅厨房:14J913-2[S]. 北京:中国计划出版社,2014.
- China Institute of Building Standard Design & Research. Residential kitchens: 14J913-2 [S]. Beijing: China Planning Press, 2014.
- [16] 刘宁. 普通高层住宅厨房集中排烟道计算机模拟研究[J]. 制冷与空调(四川),2009,23(5):119-126.
- LIU N. Ordinary high-rise residential kitchen computer simulation in central exhaust system [J]. Refrigeration & air condition, 2009,23(5):119-126.
- [17] 余丹阳,李永波,韩君庆,等. 混合式住宅厨房排烟系统设计方法的研究[C]//2021 年中国家用电器技术大会论文集,2021.
- YU D Y, LI Y B, HAN J Q, et al. Research on design methods of hybrid residential kitchen smoke exhaust systems [C]// Proceedings of 2021 China Household Electrical Appliances Technology Conference, 2021.
- [18] 周敏,胡文硕,高峰,等. 住宅厨房健康风险与用户体验问卷调查研究[J]. 住区,2022(1):142-147.
- ZHOU M, HU W S, GAO F, et al. The questionnaire study of residential kitchen health risk and user experience [J]. Design community, 2022(1):142-147.
- [19] 樊越胜,彭彬彬,王欢. 住宅换气次数与污染物浓度的研究[J]. 建筑热能通风空调,2019,38(8):41-43.
- FAN Y S, PENG S S, WANG H. The relationship between air exchange rate and indoor formaldehyde and TVOC concentration in natural ventilation residential [J]. Building energy & environment, 2019,38(8):41-43.
- [20] 赵雨,谭洪卫. 上海地区不同通风方式住宅的室内环境实测分析[J]. 建筑热能通风空调,2019,38(1):28-33.
- ZHAO Y, TAN H W. Study on residential PM2.5 pollution status quo and the relationship between indoor and outdoor[J]. Building energy & environment, 2019,38(1):28-33.
- [21] 周佳佳,徐宝萍. 基于室内空气质量和节能的通风策略研究[J]. 建筑热能通风空调,2019,38(12):27-32.
- ZHOU J J, XU B P. Study on ventilation strategies based on integrated analysis of indoor air quality and energy saving [J]. Building energy & environment, 2019,38(12):27-32.
- [22] 周超斌. 自然通风对高层住宅空气品质影响的研究[D]. 天津:天津大学,2016.
- ZHOU C B. Impact of natural ventilation on indoor air quality in high-rise apartments[D]. Tianjin: Tianjin University, 2016.

(上接第 45 页)

- LOU S, WU F, JIANG Y, et al. Mechanical analysis of walking-type incremental launching and sliding construction of large-tonnage steel truss girder[J]. Bridge construction, 2021, 51(1): 66-73.
- [14] 赵汗青,任为东,高静青,等. 长联大跨连续钢桁梁悬臂拼装全过程仿真研究[J]. 铁道标准设计,2021,65(11):6-11.
- ZHAO H Q, REN W D, GAO J Q, et al. Simulation research on the whole process of cantilever erection of long-connected large-span continuous steel truss girders[J]. Railway standard design, 2021,65(11):6-11.
- [15] 赵汗青,金令,任为东,等. 长联大跨连续钢桁梁架设方案及关键临时结构分析研究[J]. 铁道勘察, 2023, 49 (3): 102-109.
- ZHAO H Q, JIN L, REN W D, et al. Analysis and research on erection scheme and key temporary structures of long-span continuous steel truss girder [J]. Railway investigation and surveying, 2023,49(3):102-109.
- [16] 何源,赵如,许乐,等. 钢桁梁施工线形控制方案量化评价指标[J]. 铁道建筑,2023,63(12):92-96.
- HE Y, ZHAO R, XU L, et al. Quantitative evaluation indicators of construction alignment control scheme for steel truss girder [J]. Railway engineering, 2023,63(12):92-96.
- [17] 姜贺,牛伟峰,韩胜利,等. 济阳黄河公铁两用特大桥施工关键技术[J]. 世界桥梁,2024,52(1):45-50.
- JIANG H, NIU W F, HAN S L, et al. Key construction techniques of Jiyang Huanghe River Rail-cum-road Bridge [J]. World bridges, 2024,52(1):45-50.
- [18] 陈淮,李杰,李谊修. 连续钢桁梁施工阶段整体节点局部应力分析[J]. 桥梁建设,2011,41(5):21-25,58.
- CHEN H, LI J, LI Y X. Local stress analysis of integral joint of continuous steel truss girder at construction stage [J]. Bridge construction, 2011,41(5):21-25,58.
- [19] 梁玉雄,肖健. 施工误差对混凝土自锚式悬索桥成桥线形影响研究[J]. 施工技术,2021,50(11):41-45.
- LIANG Y X, XIAO J. Influence analysis of construction error for the completed line shape of concrete self-anchored suspension bridge [J]. Construction technology, 2021,50(11):41-45.
- [20] 王圣荣,冯洁,杨凌刚,等. 引桥对拱桥施工线形控制的影响分析[J]. 前沿,2024,10:1321177.