

DOI: 10.7672/sjgs2025230011

# 住宅全屋装配电气管线分离方案优化研究\*

刘嘉<sup>1</sup>, 姜涌<sup>1</sup>, 马成龙<sup>2</sup>, 张成英<sup>1</sup>, 董国群<sup>2</sup>

(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]** 城市集合住宅的电气管线敷设一般穿过结构楼板和墙体, 导致设计阶段交叉、后期维修更新困难等问题。通过借鉴建筑SI体系等研究成果及样板间的实践案例, 配合室内装修, 保证了照明灯具布设要求和设计效果, 利用装配式装修的墙体踢脚线、顶角线、设备集成带等横向与纵向空间, 实现脱离结构主体的布线, 并可采用明槽布线、装饰扣板的方式满足可视化安装与检修, 从而实现住宅户内强电和弱电管线布线与结构系统完全分离, 保证建筑结构长寿耐久、室内装修灵活可变。

**[关键词]** 集合住宅; 装修; 装配式; 管线; 综合布线; 电气管线

**[中图分类号]** TU767.6

**[文献标识码]** A

**[文章编号]** 2097-0897(2025)23-0011-06

## Optimization Research on Electrical Pipeline Separation Scheme for the Whole-house Prefabrication of Residential Buildings

LIU Jia<sup>1</sup>, JIANG Yong<sup>1</sup>, MA Chenglong<sup>2</sup>, ZHANG Chengying<sup>1</sup>, DONG Guoqun<sup>2</sup>

(1. Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. China Construction Jiuhe

Development Group Co., Ltd., Beijing 101100, China)

**Abstract:** The laying of electrical pipelines in urban collective residences generally involves passing through structural floor slabs and walls, which not only causes conflicts in the design stage, but also brings difficulties in later maintenance and renewal. By drawing on research results, such as the Building SI System and practical cases of model rooms, this paper ensures the layout requirements and design effects of lighting fixtures in coordination with interior decoration. It realizes pipeline routing separated from the structural main body by utilizing horizontal and vertical spaces, such as wall skirting lines, corner lines, and equipment integration belts in prefabricated decoration. Meanwhile, methods like open trough wiring and decorative gussets can be adopted to meet the needs of visual installation and maintenance. Thus, the complete separation between the wiring of indoor strong and weak electrical pipelines in residences and the structural system is achieved, ensuring the long-term durability of the building structure, the flexibility and variability of interior decoration.

**Keywords:** collective residences; decoration; prefabricated; pipelines; comprehensive cabling; electrical pipelines

### 0 引言

为实现住宅建筑工业化、低碳化的目标, 需根据居民家庭生命期和使用需求的变化<sup>[1-2]</sup>, 以及建筑结构、内装、管线、设施等不同构件的使用寿命,

将耐久、结构性的硬件支撑体(skeleton, 简称S)和短期、可调整的软件填充体(infill, 简称I)进行区分。硬件支撑体指建筑的承重结构(如梁、柱、楼板、外围护墙)及公共设备管线, 通常采用高强度耐用材料, 其设计寿命与建筑整体相当; 软件填充体包括非承重隔墙、装修面层、室内设备(如卫浴、厨房)等, 使用寿命较短且需根据居住需求更换, 通常采用模块化、易更换的材料。欧洲开放建筑(open building)、日本KSI住宅体系、我国的CSI住宅、装配式建筑等, 均通过模块化设计、标准化接口、多专

\* 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] 刘嘉, 室内设计师, E-mail: Liujia\_China@126.com

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

[收稿日期] 2025-09-04

业协同、工业化生产、装配化施工,实现管线与建筑结构分离,提升建筑功能灵活性与构件的可维护性。

在建筑工业化实践中,尤其在在我国现阶段住宅建筑钢筋混凝土剪力墙结构体系中,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,是结构与装修面层的中间层,其使用寿命和更新周期(15~25年)介于结构层(50~100年)和装修层(5~10年)之间,是建筑性能和居住品质实现的重要基础设施(basic facilities,简称B),也是实现管线与结构分离、预制装配和灵活更新及建筑工业化、长寿化、低碳化的关键。因此,SI体系的硬件、软件二分法在实际设计和施工、维护中是SBI 3个层次<sup>[3]</sup>。日本公团住宅的SI体系与SBI体系如图1所示。

SBI三分法的重要意义在于正视我国建筑工业化管线分离的滞后性。在我国装配式装修建筑评价中,管线分离作为重要评分项,与装配式装修配合,整体占比>50%。以DB11/T 1831—2021《装配式建筑评价标准》为例,其中内装修与管线合计评分占比高达55%(不算加分项),但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,尤其是电气管线分离得分相对较少,制约装配式建筑发展(见表1,表中评价项总分为106分)。

1 住宅户内的管线路由发展与问题

住宅建筑的居室、厨房、卫生间等各功能空间,需要设置给排水、采暖通风、燃气、电气管线等专业管线,以满足居住功能需求,并随着生活水平提升不断迭代、扩展。相比公共建筑,住宅室内空间狭小,没有专用的设备布线用作垫层和吊顶空间,施

工团队往往缺乏专业管线工人,住宅户内管线系统作为基础设施缺乏灵活性、适应性。

我国城市住宅的管线布线方式和综合路由是随城市建设发展和居住品质提升逐步演进的。

1)20世纪50年代以来,实施国家和单位统一的住宅供给制度,其建筑管线采用裸露安装方式,附着在结构楼板、墙体上,或通过扣板、线盒遮盖美化,室内无装修。该方法简单实用、成本低廉、检修便捷。

2)20世纪90年代我国商品房建设热潮开始,室内装饰成为必需。为尽量扩大房间使用面积和净高,将管线埋设在建筑结构中,即将电气管线预埋结构墙体和楼板中,在墙体和地面垫层中通过预留或剔槽布设给排水等管线,仅将排水立管、风管等大口径管线和计量表、开关等通过装修隐藏在管井和吊顶中。虽然节约管线空间并简化了装修,但剔凿结构保护层和垫层不仅可能导致渗漏,且极大危害建筑主体寿命,同时管线维修更换非常困难。

3)2010年住房和城乡建设部发布《CSI住宅建设技术导则(试行)》,我国开始了从学习到推广SI体系的进程,注重建筑长寿化和使用灵活性、维护的可持续性,住宅管线路由与装配式内装修相结合,将户内管线敷设在装修夹层中,独立于建筑结构外,实现了管线自由更新,形成SBI 3层分离体系。通过精巧的户内管线路由设计,保证管线与装修相互配合,完成装配化施工,方便检修并减少空间占用。

2005年,住房和城乡建设部相关部门在北京、上海、成都、大连、青岛数千个城镇居民家庭开展厨

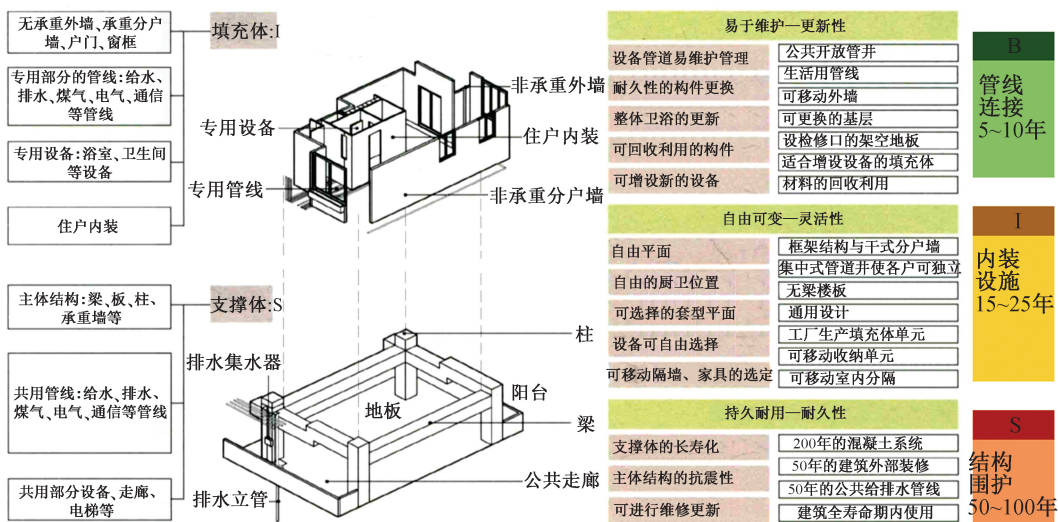


图1 日本公团住宅的SI体系与SBI体系

Fig. 1 SI and SBI system of Japanese public corporation residences

表1 北京高标准住宅项目中装配式建筑和管线分离得分

Table 1 Prefabricated building and pipelines separation scores of high-standard residential projects in Beijing

		《装配式建筑评价标准》			北京地区项目案例					
评价项	评价要求	评价分值	最低分值	LCXY项目	TYG项目	JYF项目	LCA项目	LCB项目	备注	
主体结构 Q1 (45分)	柱、支撑、承重墙、 延性墙板等 竖向构件	35% ≤ 比例 ≤ 80%	20~30	15	23.5	20.7	20.7	20.0	20.0	竖向结构 尽量低分以 降低成本
	梁、楼板、屋面板、 楼梯、阳台、空调板 等构件	70% ≤ 比例 ≤ 80%	10~15		15.0	12.8	10.8	10.0	14.0	横向结构 尽量可 增效
围护墙和 内隔墙 Q2 (20分)	围护墙非 砌筑非现浇	比例 ≥ 60%	5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	
	围护墙与保温、 装饰一体化	60% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5	10	0	0	0	0	三明治墙体本地 多不采用	
	内隔墙非砌筑	比例 ≥ 60%	5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	—	
	内隔墙与管线、 装修一体化	50% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5	5.0	2.2	2.1	2.0	0	条板与管线 一体化的模块墙体	
	全装修	—	5	5	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
装修和 设备管线 Q3 (35分)	公共区域 公共建筑 装修采用	比例 ≥ 70%	3	6	3.0	0	0	0	0	—
	干式工法 居住建筑	比例 ≥ 60%								
	干式工法楼面、地面	70% ≤ 比例 ≤ 90%	3~6	6.0	6.0	6.0	6.0	0	—	
	集成厨房	70% ≤ 比例 ≤ 90%	3~6	5.0	4.8	5.0	5.0	5		
	集成卫生间	70% ≤ 比例 ≤ 90%	3~6	5.4	5.0	5.6	5.4	0		
	电气管线	60% ≤ 比例 ≤ 80%	2~5	3.6	2.7	2.3	2.7	0		
管线 分离	给(排)水管线	60% ≤ 比例 ≤ 80%	1~2	2.0	2.0	2.0	2.0	1		
	供暖管线	70% ≤ 比例 ≤ 100%	1~2	2.0	1.7	1.7	2.0	0		
加分项 Q4 (6分)	信息化技术应用	设计、生产、 施工全过程应用	3	—	3	3	3	3	—	
	绿色建筑评价	二星级	2	—	—	—	—	2	—	
	星级等级	三星级	3	—	3	3	3	—	—	
总分值	—	—	36	91.5	78.9	77.2	76.1	60.0	—	

房、卫生间产品消费状况的调查,共收回 2 000 多份调查表,主要存在如下问题:厨房电源插座位置不当(占比 31.7%)、给排水管线混乱(占比 25.3%)、燃气管设计不合理(占比 22.2%)、管线接口不标准(占比 21.0%)、接水口漏水(占比 15.1%),以上管线问题严重影响居住体验。

装配式建筑中管线分离发展滞后,主要因为采用 KSI 体系做法,导致墙面、顶面、地面的装修层均与结构层分离,且在墙体空腔、吊顶、地板架空层中铺设管线,使设备管线与主体结构完全解耦,顶面和地面架空,不仅浪费竖向空间、造成空鼓,且增加二次支撑构件的成本。因此,目前住宅装修更倾向于在顶面和地面采用传统做法,使电气管线预埋在结构楼板或垫层中,无法与结构分离。与之形成对照的是供暖管线,采用集成高效的模块化地暖产品,在结构楼板上采用干法拼装进行施工,彻底实现管线分离。因此装配化的关键技术与产品研发

是促进建筑工业化的重要途径。通过调研和样板间试验,按照产品化、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,通过水电管线分离的关键技术和产品研发,解决装配式装修管线分离难题<sup>[4]</sup>(见图 2)。

## 2 装配式装修电气管线关键技术

住宅内的电气管线需要在各房间设置与结构墙体、楼板完全分离的完整路由,以根据使用需求调整线路布局和末端接口,包括管线路由布置和用户端口设置。

### 2.1 电气管线路由

住宅户内的电气系统包括强弱电及照明控制回路,传统布线方式是预埋管线在结构墙体、梁、楼板或楼板垫层中,并在上层楼板预留照明接口,在墙板预留所有插座、开关等接口,导致结构与管线复合交叉,配线全部暗埋配管,增大了设计、施工的难度与成本,同时不利于维护和调整。



安装或直接按照明线简易安装。该设备集成带可根据居室布局要求,在门窗边、床或沙发背板两侧、电视背景墙下侧、书桌或台面上侧集中布置,在室内距地面300,600,900,1 500,2 400mm等高度设置垂直于设备集成带的接线口,可满足不同高度的用电需求,或增设横向设备转接端口,满足多功能需求。设备集成带的饰面扣板可利用简易工具随时进行开闭、调整,通过类似明槽布线的方式,实现末端接口灵活布置。同时,设备管线集成带可采用与周边墙板同样饰面或深色金属涂装的扣板,形成线条状装饰效果<sup>[9-11]</sup>(见图5)。

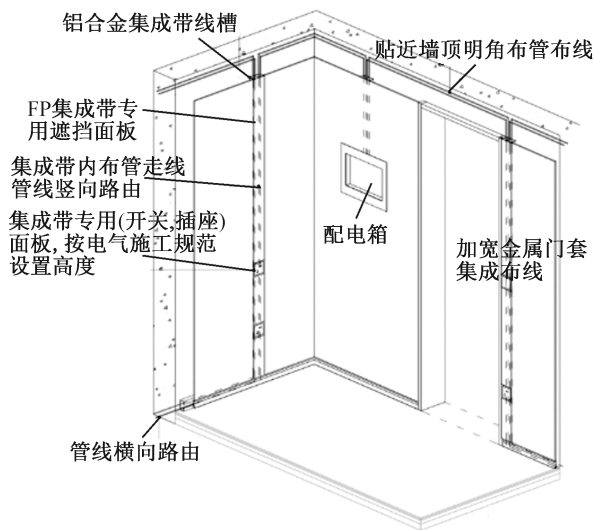


图5 电气设备集成带

Fig. 5 Integration belt of electrical equipment

房间照明布线一直是无吊顶居室的装修难点,其主灯照明布线传统做法是将电线预埋 in 结构楼板中,管线无法分离,后期也无法调整位置。故日本住宅公团研发了胶带状的扁平照明电线,贴于楼板下隐藏在抹平腻子或壁纸中。根据室内装修设计和照明配线需求,形成以下解决方案:①配合装配式薄型自承式吊顶或软膜天花吊顶,消除顶棚现场湿作业,实现房间中央的吸顶灯安装和照明布线;②采用无吊顶、无主灯设计,利用边吊灯带、吸顶灯等满足室内照度和灯光效果要求;③使用集成线状灯带,通过贯穿房间顶面直达墙面的线型灯槽装饰带,隐藏照明电线在灯具中,并在两侧墙体顶角线处接入室内电气环线<sup>[12-13]</sup>。

### 3 结语

建筑工业化的电气管线分离技术是在装配式内装修中,将电气等设备管线与建筑主体和外围护结构分离布置,在架空层、非承重墙体空腔或专用管线槽等空间进行独立敷设,使结构支撑体与内装

可变体间形成独立管线夹层,从而实现建筑不同寿命期部品的可持续更新和维护,在建筑寿命期内具有品质持续性、空间应变性的特点。在与厂商协同研究和样板试验中,主要采用空间拓扑技术,将纵向上下架空层及垂直管道空间占用方式,转为横向侧墙布线、墙板空腔利用、横纵设备集成带的方式,将照明、强电、弱电等电气管线在墙体进行横向敷设,利用模块化踢脚顶角与设备集成带进行明装布线,根据各居室使用需求布设端口,满足管线施工便捷、动态适应、运维友好的要求,为装配式建筑管线分离提供切实可行的实现路径(见图6)。

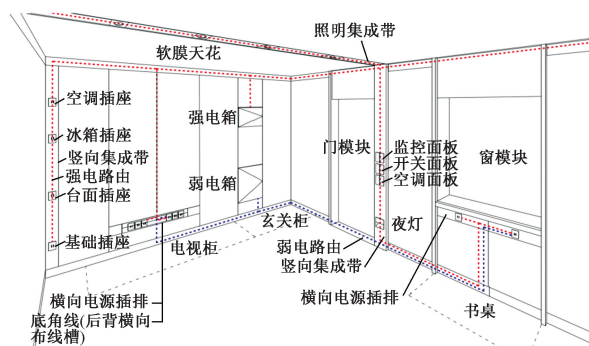


图6 电气管线整体解决方案

Fig. 6 Overall solution for electrical pipelines

### 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] 彭雪莱,李申. 适应家庭生命周期的住宅室内设计[J]. 城市建筑空间,2024,31(10):88-91.  
PENG X L, LI S. Residential interior design adapting to the family life cycle[J]. Urban architecture space, 2024, 31(10): 88-91.
- [3] 魏雪巍,苗青,曹彬,等. 原生、提升、再生——装配式内装修助力老旧住宅品质提升实践探索[J]. 城市建筑空间,2024,31(8):2-6.  
WEI S W, MIAO Q, CAO B, et al. Original, promotion, regeneration: Assembled interior decoration helps to improve quality of old residence[J]. Urban architecture space, 2024, 31(8): 2-6.
- [4] 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.
- [5] 庞晓霞,王梦梦,冯新童. 装配式建筑电气专业需要注意的几点问题[J]. 智能建筑电气技术,2022,16(6):121-124.  
PANG X X, WANG M M, FENG X T. Several problems needing

- attention in electrical specialty of fabricated buildings [J]. *Electrical technology of intelligent buildings*, 2022, 16(6): 121-124.
- [6] 杜兴,常立强. 装配式建筑电气管线分离率的提高措施与计算方法[J]. *智能建筑电气技术*, 2023, 17(2):116-119.  
DU X, CHANG L Q. Improvement and calculation of separation rate of electrical pipelines in assembled buildings[J]. *Electrical technology of intelligent buildings*, 2023, 17(2):116-119.
- [7] 吴旭辉,王春燕. 装配式建筑电气设计关键技术分析[J]. *建筑电气*, 2021, 40(7):42-47.  
WU X H, WANG C Y. Analysis of key technologies in electrical design of assembled buildings[J]. *Building electricity*, 2021, 40(7):42-47.
- [8] 闫茹飞. 中等户型装配式住宅模数化空间与电气接口设计研究[D]. 长沙:湖南大学, 2021.  
YAN R F. Research on modular space and electrical interface design of medium-sized prefabricated residences [D]. Changsha: Hunan University, 2021.
- [9] 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.
- [10] 吕良. 智能家居系统集成下室内空间交互体验设计研究[J]. *城市建筑空间*, 2024, 31(12):122-124.  
LÜ L. Interactive experience design of indoor space under the integration of smart home system[J]. *Urban architecture space*, 2024, 31(12):122-124.
- [11] 李峰,余龙,李浩. 装配式建筑正向设计创作理论研究与实践[J]. *建筑技艺*, 2023, 29(7):98-100.  
LI F, SHE L, LI H. Theoretical research and practice of forward design creation of prefabricated buildings [J]. *Architecture technique*, 2023, 29(7):98-100.
- [12] 井关和朗,李逸定. KSI住宅可长久性居住的技术与研发[J]. *建筑学报*, 2012(4):33-36.  
JING G H L, LI Y D. Technology and research and development of KSI residential sustainable residence [J]. *Architectural journal*, 2012(4):33-36.
- [13] 姜涌,关文民,朱宁,等. 集合住宅卫生间同层排水方式比较——既有住区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.
- (上接第10页)
- [45] YUAN X, SMITH A, MOREU F, et al. Automatic evaluation of rebar spacing and quality using LiDAR data: field application for bridge structural assessment [J]. *Automation in construction*, 2023, 146: 104708.
- [46] REN B Y, WANG H D, WANG D, et al. Vision method based on deep learning for detecting concrete vibration quality[J]. *Case studies in construction materials*, 2023, 18: e02132.
- [47] SUWALAK R, LERTSAKWIMARN K, PHONGCHAROENPANICH C, et al. Dual-band chipless RFID sensor for a material quality monitoring application [C]//2016 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP), 2016.
- [48] BASHEER M, ELGHAISH F, BROOKS T, et al. Blockchain-based decentralised material management system for construction projects [J]. *Journal of building engineering*, 2024, 82: 108263.
- [49] MOON S, XU S Z, HOU L, et al. RFID-aided tracking system to improve work efficiency of scaffold supplier: stock management in Australasian supply chain [J]. *Journal of construction engineering and management*, 2018, 144(2): 04017115.
- [50] YIN S Y L, TSERNG H P, WANG J C, et al. Developing a precast production management system using RFID technology [J]. *Automation in construction*, 2009, 18(5): 677-691.
- [51] LEE J H, SONG J H, OH K S, et al. Information lifecycle management with RFID for material control on construction sites [J]. *Advanced engineering informatics*, 2013, 27(1): 108-119.
- [52] LI Y, LU Y J, CHEN J. A deep learning approach for real-time rebar counting on construction site based on YOLOv3 detector [J]. *Automation in construction*, 2021, 124: 103602.
- [53] LI Y, CHEN J. Computer vision-based counting model for dense steel pipe on construction sites [J]. *Journal of construction engineering and management*, 2022, 148: 04021178.
- [54] HERNÁNDEZ-RUIZ A C, MARTÍNEZ-NIETO J A, BULDAIN-PÉREZ J D. Steel bar counting from images with machine learning[J]. *Electronics*, 2021, 10(4):402.
- [55] SHIN Y, HEO S, HAN S, et al. An image-based steel rebar size estimation and counting method using a convolutional neural network combined with homography [J]. *Buildings*, 2021, 11(10): 463.
- [56] WANG S, KIM M, HAE H, et al. The development of a rebar-counting model for reinforced concrete columns: using an unmanned aerial vehicle and deep-learning approach[J]. *Journal of construction engineering and management*, 2023, 149(11):4321164.
- [57] 侯耀钧,陈启斌,王朝旭,等. 基于 CiteSpace 的国内外人工湿地研究动态与未来展望[J]. *环境工程技术学报*, 2023, 13(4):1275-1286.  
HOU Y J, CHEN Q B, WANG C X, et al. Research trends and future prospects of constructed wetlands at home and abroad based on CiteSpace [J]. *Journal of environmental engineering technology*, 2023, 13(4):1275-1286.