

Research on Different Structural Systems of Installing Elevators for Existing Multi-Storey Residential Buildings

Lin Fang, Chengming Li, Qian Jin

East China Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai
Email: lin_fang@arcplus.com.cn

Received: July 7th, 2019; accepted: July 22nd, 2019; published: July 29th, 2019

Abstract

Taking a practical project in Shanghai as a case, the applicability of two structural systems of installing elevators for existing multi-storey residential buildings was researched. The structural characteristics of steel frame structure and concrete frame structure with specially shaped columns are introduced in detail. The main performance indexes, foundation design, and methods on connection construction between the added elevator and the residential building structure of two structural systems were compared. Retrofitting measures due to door openings on the wall of the residential building were performed. The research results are included: 1) the structural systems need independence, and the corridor part is suspended through the elevator structure, avoiding the influence of new structural loads on the structure of the residential building; 2) the dead load, base shear force and overturning moment of the concrete structure under earthquake are greatly improved compared with the steel structure; 3) the anti-overturning check should be carried out in foundation design, and the pile number of the concrete structure increases compared with that of the steel structure; 4) connection construction measures are adopted between the ends of cantilever frame beams with the structural columns of the masonry residential building.

Keywords

Existing Multi-Storey Residential Building, Adding Elevator, Steel Frame Structure, Concrete Frame Structure with Specially Shaped Columns

既有多层住宅加装电梯不同结构体系分析研究

方林, 李承铭, 金 骞

华东建筑设计研究院有限公司, 上海
Email: lin_fang@arcplus.com.cn

收稿日期：2019年7月7日；录用日期：2019年7月22日；发布日期：2019年7月29日

摘要

以上海某实际工程为案例，研究既有多层住宅加装电梯两种结构体系适用性，详细介绍钢框架、混凝土异形柱框架结构布置特点，对比两种不同结构体系主要性能指标、基础设计、电梯与既有多层住宅主体结构的连接构造方法，以及原有住宅新开门洞需要的结构加固处理措施。主要结论包括：1) 新增电梯结构独立，连廊部分通过电梯井道结构悬挑，避免新增结构对原有住宅主体结构的影响；2) 混凝土结构恒荷载、地震作用下基底剪力及倾覆力矩较钢结构大幅度提高；3) 基础设计应进行结构整体抗倾覆验算，桩数混凝土结构较钢结构数量增多；4) 电梯结构悬挑框架梁端与原有房屋构造柱采用构造连接措施加强。

关键词

既有多层住宅，加装电梯，钢框架结构，混凝土异形柱框架结构

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着生活水平不断提高，对提升房屋居住品质的要求也随之提高，建于二十世纪八九十年代的无电梯多层住宅已经无法满足居民的居住需求；同时，随着我国人口的老龄化现象不断加剧，老年人的生活和居住环境成为社会广泛关注的焦点，老年人住户上下楼梯不便，被迫成为悬空老人。既有多层住宅加装电梯意在完善住宅使用功能、提高居住品质、改善出行条件、满足社会需求，在上海、北京、广东、深圳等地已有不少成功案例，各地已陆续出台有关政策法规以规范既有多层住宅加装电梯的实施，相关学者在加装电梯的建筑布置、结构设计、推进难点与解决思路等方面也展开了部分研究[1]-[6]。

既有多层住宅加装电梯，新增电梯结构通常采用钢结构框架，混凝土框架结构合适条件下亦会采用。设计方法一般采用连廊式，电梯井道通过连廊联通楼梯间，适用于原住宅楼距较大，为楼梯间保留了独立出入口。本文以上海某实际工程为案例，详细介绍钢框架、混凝土异形柱框架结构布置特点，对比两种不同结构体系主要性能指标差异、基础设计、电梯与既有多层住宅主体结构的连接构造方法，以及原有住宅对应连廊位置新开门洞需要的结构加固处理措施，研究成果以期对既有多层住宅加装电梯设计和推广提供参考借鉴。

2. 项目概况

2.1. 既有多层住宅特点

既有多层住宅层数为7层，六层、七层为跃层住户，设置甲、乙两个单元，一梯两户，设计于1996年，住宅高度20.35 m。结构体系采用砌体结构，纵横墙混合承重，墙体采用MU10承重粘土多孔砖、M5混合砂浆砌筑，墙厚240 mm，设置有构造柱和圈梁；楼、屋面主要采用预制钢筋混凝土空心板，局部卫生间等范围采用钢筋混凝土现浇板，房屋底层设置有架空层。基础形式采用梁式筏板基础，底板厚

度为 300 mm，埋深-1.5 m，外挑长度 2.0 m。本次结构改造内容：需要在房屋(1/2)~(1/3)/F 轴北侧对应楼梯间位置设置电梯井及连廊。

2.2. 加装电梯建筑设计

新增电梯井道开间为 2.4 m，与楼梯间开间相同，井道柱与住宅净距 1.5 m，井道和住宅之间设封闭连廊，错半层入户，最高开门层为五层半。顶部标高 16.990 m，总高度为 17.74 m。

方案一：采用钢框架结构，电梯井道外包 70 厚彩色钢板岩棉夹芯保温板，有较好的耐火性能，如图 1(a)所示；

方案二：采用混凝土框架结构，电梯井道采用 200 mm 厚加气混凝土砌块填充，如图 1(b)。

钢框架、混凝土异形柱框架结构布置信息详见表 1，结构标准层平面布置图如图 2 所示。新增电梯结构独立，连廊部分通过电梯井道结构悬挑，避免新增结构对原有住宅主体结构的影响，恒载、活载、地震作用和风荷载由自身结构独立承担，设计思路在上海地区既有多层住宅加装电梯的实践中已经达成共识。

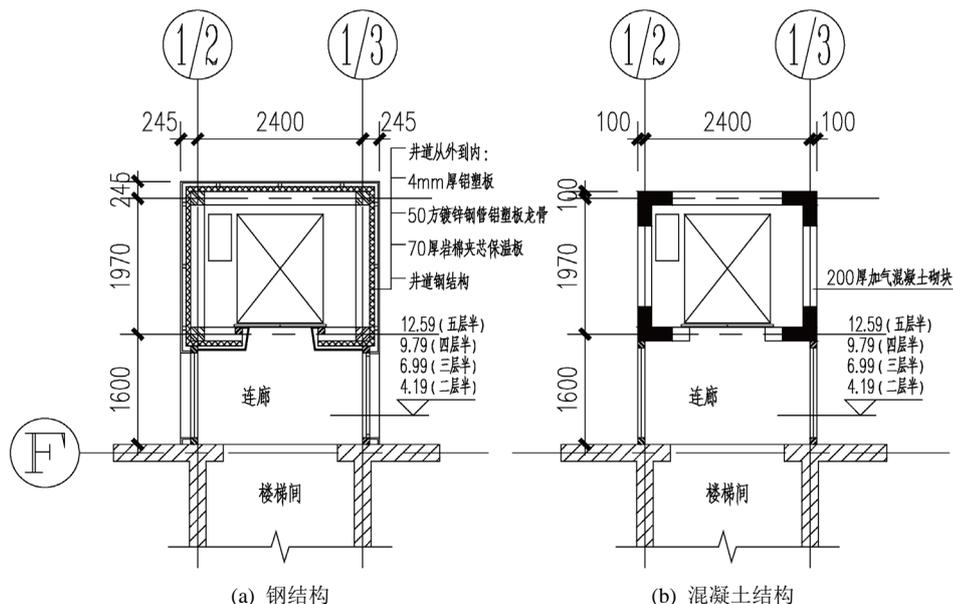


Figure 1. Standard architectural plan layout
图 1. 建筑标准层平面布置图

Table 1. Arrangement information of two structural systems
表 1. 两种结构体系布置信息

内容	钢框架结构	混凝土框架结构
框架柱	GZ1: 200 × 8 (箱形)	KZ1: 200 × 500 (肢厚 × 肢长)
框架梁	GL1: 200 × 8 (箱形) GL2: 200 × 200 × 6 × 9 (H 型)	KL1、KL2: 200 × 400 L1: 200 × 250
楼板	组合楼板，hc1 为 50 (YXB51-226-678)	现浇板，板厚 100
基坑	250 厚混凝土墙，高度 1300	
基础	桩筏基础，静压锚杆桩	
材料强度	Q235B	C30, HRB400

注：表中为注明尺寸单位均为 mm。

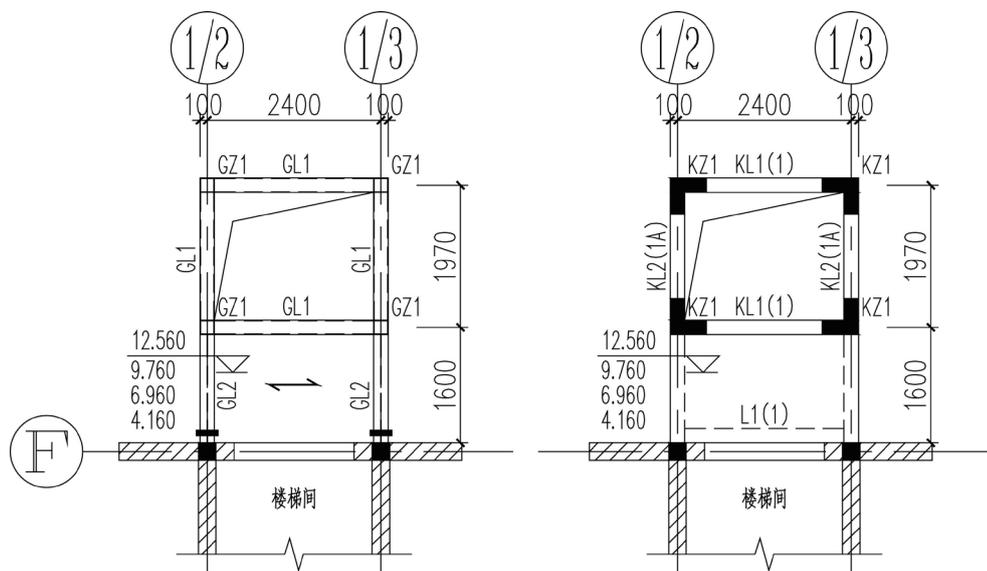


Figure 2. Standard structural plan layout

图 2. 结构标准层平面布置图

3. 主要性能指标对比

分别对钢框架结构、混凝土异形柱框架结构进行建模计算分析, 两种结构体系主要计算结果详见表 2。钢结构一阶振型为 X 向平动, 周期为 0.76 s, 最大层间位移角 X 向为 1/379, Y 向为 1/947; 采用混凝土结构一阶振型为 Y 向平动, 周期为 0.57 s, 最大层间位移角 X 向为 1/1443, Y 向为 1/1409。

恒荷载总重由 310.5 kN 增大到 952.9 kN, 其中不包括填充墙等框架结构自身恒荷载由 215.4 kN 增大到 639.3 kN, 可见采用混凝土结构恒荷载大幅度提高。

Table 2. Comparison of main calculation results

表 2. 主要计算结果对比

结构体系	恒荷载(kN)		风: 基底剪力(kN)		地震: 基底剪力(kN)		风: 倾覆力矩(kN·m)		地震: 倾覆力矩(kN·m)	
	总重	框架部分	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向	X 向	Y 向
钢结构	310.5	215.4	45.0	19.4	15.5	18.1	557.1	240.8	188.1	220.8
混凝土	952.9	639.3	45.0	19.4	52.4	53.4	557.1	240.8	644.9	657.9
比值	3.1	3.0	1.0	1.0	3.4	2.9	1.0	1.0	3.4	3.0

两种结构体系, 基底剪力均较小。地震作用下, 基底剪力钢结构为 15.5 kN 和 18.1 kN, 混凝土结构为 52.4 kN 和 53.4 kN; 倾覆弯矩钢结构为 188.1 kN·m 和 220.8 kN·m, 混凝土结构为 644.9 kN·m 和 657.9 kN·m, 采用混凝土结构基底剪力、倾覆弯矩约是钢结构的 3 倍左右。计算结果表明, 基底剪力、倾覆弯矩, 钢结构由风荷载起控制作用, 混凝土结构由地震作用起控制作用。

4. 基础设计

上海地区浅层土主要以粉质粘土和淤泥质土为主, 压缩模量较小, 在上部结构荷载作用下会产生较大的沉降。既有多层住宅基础一般采用筏板基础, 持力层采用天然地基, 整体沉降量较大, 但经过二三十年使用后沉降已经趋于稳定。

新增电梯结构基础若采用天然地基作为持力层, 地基承载力一般可满足计算要求, 但累计沉降量可

达 30~60 mm，与原有房屋之间沉降差较大，影响正常使用；同时，连廊式电梯井道结构与住宅主体结构距离很近，一般在 2 m 以内，局部倾斜率可达 0.015~0.03，远超规范 0.004 的要求，对电梯与主体结构的构造连接节点受力较不利。为此，上海地区既有多层住宅加装电梯项目，一般都采用桩筏基础。既有多层住宅加装电梯一般受施工场地范围限制，设置常规的预制桩沉桩设备较困难，而且桩数较少，采用一般打桩设备经济性较差；同时为减少沉桩挤土效应对邻近建筑物的影响，无振动、低噪声、无污染，桩基一般采用锚杆静压桩。

桩筏基础设计应承受全部新增电梯荷载，满足单桩竖向承载力验算、结构自身整体抗倾覆验算等，并应严格控制基础差异沉降。设计时，一般将桩基布置在电梯基坑混凝土墙两侧，形成较大的抗倾覆力臂，保证在倾覆弯矩作用下锚杆静压桩不承受拉力。

分别对钢框架结构、混凝土异形柱框架结构基础进行建模计算分析，满足规范要求情况下，基础桩位布置如图 3 所示，锚杆静压桩截面尺寸采用 250 × 250，桩长 18 m，单桩竖向承载力设计值 230 kN。钢结构沉降在 2~3 mm，混凝土结构沉降在 2~5 mm 之间。由于混凝土结构恒荷载、倾覆力矩较钢结构提高较多，钢结构需布置 4 根，而混凝土结构则需布置 8 根锚杆静压桩。

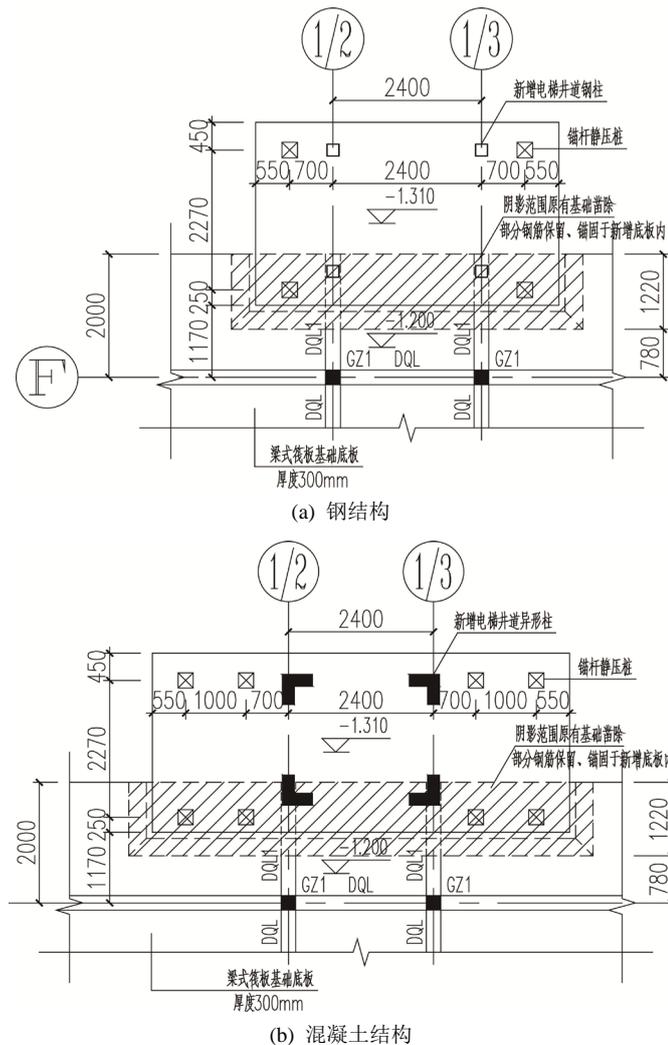


Figure 3. Pile position layout
图 3. 桩位布置图

5. 电梯与主体结构的连接构造方法

新增电梯与住宅主体结构的连接包括基础部分连接、上部连廊悬挑框架梁端与房屋构造柱的连接。电梯桩筏基础与原房屋基础一般会有部分重叠，为增强新老基础的整体性，控制不均匀沉降，建议采用构造连接方式，将加装电梯基础与原房屋基础形成整体，凿除重叠区域原有基础底板、钢筋保留并锚固于新增基础底板内，如图4所示。

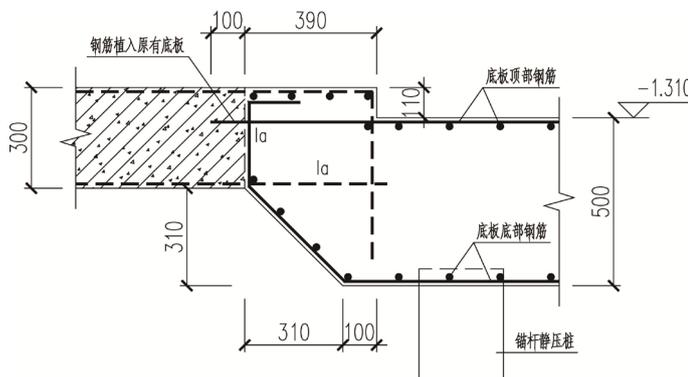


Figure 4. Connection between the new foundation slab and the original foundation slab
图 4. 新增底板与原有底板连接做法

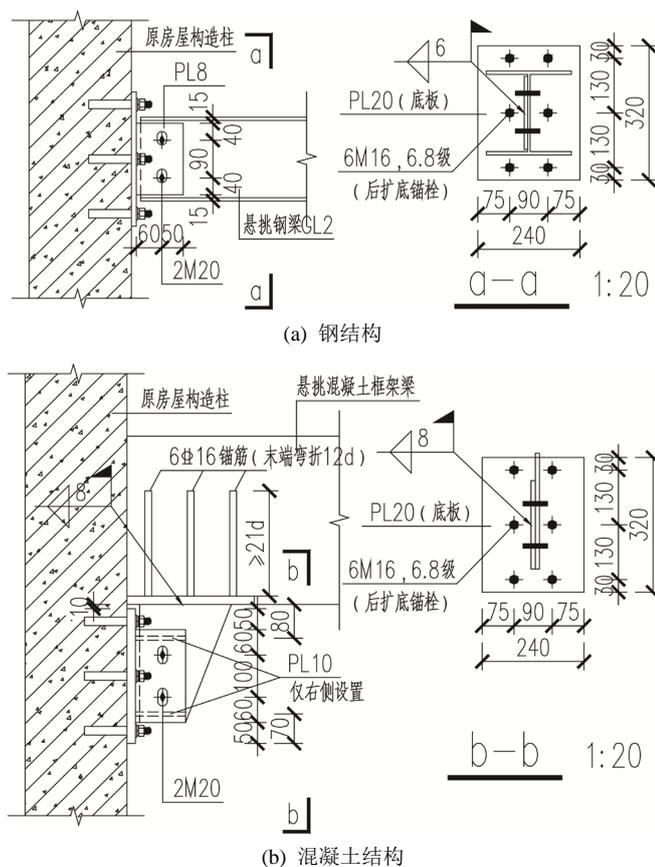


Figure 5. Connection between the cantilever beam and the structural column of the residential building
图 5. 悬挑梁与原有房屋构造柱连接

电梯上部结构通常采用连廊与既有多层住宅的楼梯间相连通,对于双跑楼梯一般在半平台处,Z型单跑楼梯在整层位置处。电梯结构独立,承受全部新增电梯荷载,并满足抗风和抗震要求,连廊部分通过电梯井道结构悬挑,为进一步增加新增结构部分的安全保证,电梯结构悬挑框架梁与原有房屋构造柱采用构造连接措施加强。两种结构体系悬挑框架梁与原有房屋构造柱连接节点如图5所示,后锚固采用后扩底锚栓,悬挑钢梁腹板与节点板连接,悬挑混凝土梁下部采用预埋件、连接板与节点板连接。为考虑沉降变形的影响,节点板设置竖向腰形螺栓孔,腰型孔竖向大小可根据沉降量设计。

6. 多层住宅结构加固措施

既有多层住宅楼梯间外侧(对应新增连廊位置)原房屋圈梁一般有两种设置方式:半平台位置处;楼层位置处。针对半平台位置处的圈梁,窗洞调整为连廊与楼梯间之间通行的门洞,只需拆除窗下墙体,不涉及结构加固问题。若圈梁设置在楼层标高处,窗洞调整为门洞,需拆除原有圈梁,并新增圈梁进行结构加固处理[7],如图6所示。

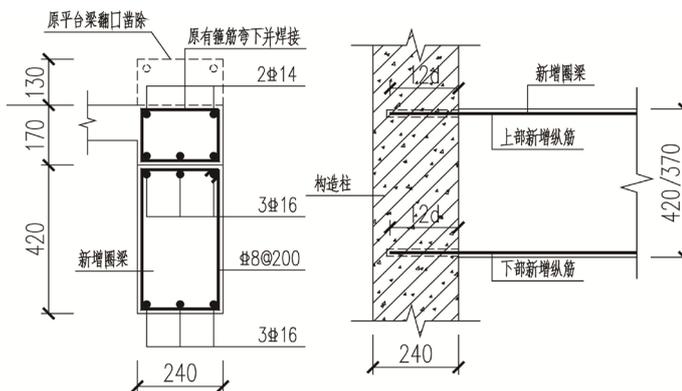


Figure 6. New girth reinforcement

图6. 新增圈梁加固做法

7. 结论

本文以上海某实际工程为案例,研究既有多层住宅加装电梯两种结构体系适用性,得出以下主要研究成果:

1) 新增电梯结构独立,连廊部分通过电梯井道结构悬挑,避免新增结构对原有住宅主体结构的影响,恒载、活载、地震作用和风荷载由自身结构独立承担,此设计思路在上海地区既有多层住宅加装电梯的实践中已经达成共识。

2) 采用混凝土结构恒荷载、地震作用下基底剪力及倾覆力矩较钢结构大幅度提高。基底剪力、倾覆弯矩,钢结构一般由风荷载起控制作用,混凝土结构由地震作用起控制作用。

3) 上海地区既有多层住宅加装电梯项目,一般采用锚杆静压桩桩筏基础,基础设计还应进行结构整体抗倾覆验算。由于混凝土结构恒荷载、倾覆力矩较钢结构提高较多,锚杆静压桩桩筏数较钢结构数量增多。

4) 为进一步增加新增结构部分的安全保证,电梯结构悬挑框架梁与原有房屋构造柱采用构造连接措施加强。考虑沉降变形的影响,节点板设置竖向腰形螺栓孔,腰型孔竖向大小可根据沉降量设计。

基金项目

上海市科学技术委员会资助项目(15DZ2282800)。

参考文献

- [1] 尹保江, 赵向丽, 肖疆. 老旧住宅加固改造与增加电梯方法研究[J]. 工程抗震与加固改造, 2015, 37(5): 130-134.
- [2] 周万清, 陈尧, 门梦飞. 既有建筑加装电梯对结构部分构件的影响[J]. 三峡大学学报(自然科学版), 2017, 39(6): 64-67.
- [3] 谭方兰. 既有建筑物增设电梯的连接设计[J]. 建筑结构, 2007, 37(S1): 169-172.
- [4] 刁华楠, 曹亮功. 既有住宅暖廊式电梯加建模式研究[J]. 石家庄铁道大学学报(社会科学版), 2013, 7(2): 69-74.
- [5] 郑辉烂. 广州市既有住宅加装电梯技术与经济分析[D]: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- [6] 韩清雪. 既有住宅增设电梯问题实证研究—以广州为例[D]: [硕士学位论文]. 广州: 广州大学, 2011.
- [7] GB 50367-2013 混凝土结构加固技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2013.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询;
或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2326-3458, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/>顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: hjce@hanspub.org