

安徽省建筑业—经济—资源环境协调发展研究

段宗志,汪红雨,周苇苇

(安徽建筑大学 经济与管理学院,合肥 230601)

摘要:以 2011—2020 年安徽省建筑业、经济与资源环境三个子系统指标数据为基础,运用熵权-Topsis 法和耦合协调模型测算二元系统和三元系统的评价价值和耦合协调度。结果表明:2011—2020 年,从各子系统的评价价值来看,安徽省经济评价价值呈平稳上升趋势,资源环境呈波动增长趋势,而建筑业在早期上升趋势较缓慢,2017 年以后则呈大幅度波动上升趋势;从耦合协调度来看,三元系统经历了由勉强协调到中级协调的发展过程,协调水平呈上升—下降—上升的波动趋势,目前其协调程度仍有一定的提升空间。因此,各相关部门要加强合作,将建筑业的发展与经济社会发展和资源环境保护统一起来,持续推进三者的协调发展。

关键词:安徽省;建筑业;经济;资源环境;协调发展

中图分类号:F427 **文献标志码:**A **文章编号:**1672-349X(2022)06-0079-08

DOI:10.16160/j.cnki.tsxyxb.2022.06.011

Study on Coordinated Development of Construction, Economy, Resource Environment in Anhui Province

DUAN Zong-zhi, WANG Hong-yu, ZHOU Wei-wei

(School of Economics and Management, Anhui Jianzhu University, Hefei 230601, China)

Abstract: Based on the index data in the subsystems of construction industry, economy and resource environment in Anhui province from 2011—2020, the evaluation value and coupling coordination degree in the binary and ternary systems are calculated with entropy weight Topsis method and coupling coordination model. The results show that from 2011 to 2020, the evaluation values in the subsystems indicate that the economic evaluation value showed a steady rising trend, the resource environment a fluctuating growth trend, while the construction industry showed a slow rising trend in the early stage, but a significant rising after 2017. As for the coupling coordination degree, the tertiary system has shifted from barely coordinated stage to intermediate coordinated stage, with the coordination level showing a rising-falling-rising trend, and the present coordination degree can still be further improved. Therefore, the relevant government sectors should strengthen collaboration to balance the development of the construction industry, the economic and social development with resource environment protection, and constantly promote their coordinated development.

Key Words: Anhui Province; construction industry; economy; resource environment; coordinated development

基金项目:2021 年度安徽省高等学校科学技术研究项目(JY2021-C-016)

作者简介:段宗志(1965—),男,安徽合肥人,教授,硕士,研究方向为建筑经济与管理研究。

0 引言

建筑业作为我国支柱性产业,其总产值在 2020 年实现了 7.3 万亿元的增加值,达到国内生产总值的 7.2%,对于稳定国民经济发展发挥了重要作用^[1],成为拉动社会经济发展的重要引擎。但我国建筑业具有生产方式粗放、资源消耗大、污染排放高等特点^[2],建造和使用建筑直接、间接消耗的能源占到全社会总能耗的 46.7%^[3]。不难看出,建筑业的快速发展使资源浪费和环境污染问题更加突出,给资源和生态环境带来了巨大压力,促使我国对此问题越来越重视。进入“十四五”时期,住房和城乡建设部在《“十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划》中明确提出了提升绿色建筑发展质量、提高新建建筑节能水平、加强既有建筑节能绿色改造、推动可再生能源应用、实施建筑电气化工程、推广新型绿色建造方式、促进绿色建材推广应用、推进区域建筑能源协同、推动绿色城市建设九大重点任务。党的十八届五中全会则提出了绿色发展理念,并将其列入新时代经济社会发展的指导方针。随着社会的发展,建筑业与经济以及资源环境的联系越来越紧密,因此,区域在追求建筑业快速发展的同时,不可避免地要考虑其与经济、资源环境的关系,这使得加强建筑业、经济、资源环境保护三者之间的协调关系以促进区域可持续、高质量发展成为当下热点课题。

国内学者对建筑业、经济、资源环境之间的两两关系进行了大量研究。廖重斌^[4]首次应用协调模型评价了环境与经济的协调关系;刘晓君等^[5]结合耦合协调模型,从时间和空间两个维度分析了我国各省建筑业与经济间的耦合协调发展水平及发展规律;此外部分学者还对具体的区域如常州市^[6]、安徽省^[7]、辽宁省^[8]等进行了上述关系的分析。随着研究的深入,对三者关系的研究也逐渐从对建筑业—经济(CE)、建筑业—资源环境(CRE)、经济—资源环境(ERE)二元系统的研究扩展到对建筑业—经济—资源环境(CERE)三元系统的研究,比如杨文君^[9]基于耦合协调模型对我国 30 个省域建

筑业、经济与资源环境三者间的协调性进行了分析。但对此三元系统的研究范围,主要集中于国家层面,目前针对某一具体省域开展的研究还相对较少,因此本文选择安徽省作为研究对象。

据有关资料可知,安徽省 2011 年 GDP 为 16 284.92 亿元,建筑业总产值为 3 599.62 亿元,占 GDP 比重达 22.10%;2020 年 GDP 为 38 680.63 亿元,建筑业总产值为 9 365.11 亿元,占 GDP 比重达 24.21%。可见 10 年间安徽省建筑业发展相对稳定,仍是安徽省经济增长的主要动力之一。为考察安徽省建筑业、经济、资源环境三者间的关系,本文在已有研究的基础上,运用熵权-Topsis 法和耦合协调模型定量测度此三元系统的耦合协调度,分析其协调发展状况,并在此基础上提出建议,为解决建筑业高速增长与资源短缺、环境污染等之间的矛盾,促进建筑业的绿色发展提供理论参考。

1 建筑业、经济、资源环境三者间的耦合协调机理

根据耦合协调理论,本文将建筑业、经济、资源环境视为一个整体,即一个独立的交互协调的复合系统,该复合系统中的三个子系统既相互独立,又密切联系。厘清建筑业、经济、资源环境三者间的耦合协调机理是分析三元系统协调性的重要前提。

1.1 建筑业发展能够促进经济发展,但对资源环境的可持续发展具有一定的遏制作用

建筑业作为国民经济的支柱产业,为社会创造财富,也为经济发展提供产值效益。城乡各类民用建筑和市政设施都离不开建筑业的支持,建筑业的快速发展也极大提高了人们的物质文化生活水平;此外,建筑业在转移农村剩余劳动力和扩大就业的同时也带动了工业、交通运输业等相关产业的发展,促进这些产业容纳大量就业人员^[10]。但建筑业在发展的过程中,占用了大量的土地,消耗了大量的资源,且在建筑业全生命周期结束后,又产生了大量的建筑

废弃物,对环境产生了不可避免的负面影响。

1.2 资源环境为建筑业发展和经济发展提供物质基础和空间支持

资源环境是社会经济发展的基础,它为建筑生产提供煤炭、汽油、柴油等物质资料,同时也分解与净化建筑业全生命周期中释放的废气、废水和固体废弃物等环境污染物;资源丰富、生态环境良好有利于提高当地居民幸福指数和整体的社会福利,从而抑制本地人才的外流、吸引外来人员的流入,提高劳动生产率,进而促进产业结构合理化,推动经济高质量发展。相应地,资源环境效益也与经济效益相统一,一旦经济活动中产生的废弃物量超过环境的自我净化能力,环境质量就会急剧下降,直接影响资源的存量和质量,进而阻碍社会经济的健康发展^[11]。

1.3 经济为建筑业发展和资源环境保护提供经济支撑

经济发展水平高的地区往往拥有充裕的资金和更多的科技人才以及优越的科研环境,这是建筑业发展的坚实基础,也是建筑业技术发展的必备条件;同时资源环境保护也离不开经济的支持,如经济发展水平高的地区能够为当地的资源环境保护与生态治理提供充足的资金支持,也能够为区域绿色创新技术的研发提供激励环境,从而更有效地改善地区生态环境以及更合理地利用自然资源。

基于此,本文认为建筑业、经济、资源环境三者间存在着联系紧密且互相影响的复杂关系。

2 研究设计

2.1 构建建筑业—经济—资源环境(CERE)协调发展评价指标体系

CERE协调发展评价指标体系由建筑业、经济、资源环境三个子系统所包含的指标构成。本文在设计指标时综合考虑了指标的代表性、多层次性、可行性以及数据的可获得性,在参考相关文献^[12-14]的基础上,结合安徽省省情,建筑业子系统主要选取建筑业的规模(总产值、企业数、签订合同额、企业从业人数)、技术水平

(自有机设备总台数、自有机设备总功率)、效益(产值利税率、产值利润率、劳动生产率)三方面指标;经济子系统主要选取经济规模(人均GDP、全社会固定资产投资增速、人均地方财政一般预算收入)、产业结构(第二产业产值占GDP比重、第三产业产值占GDP比重)、经济效益(城镇居民可支配收入、社会消费品零售指数、地方财政支出规模)三方面指标;资源环境子系统主要选取资源条件(单位GDP能耗、人均水资源量)、环境污染(工业SO₂排放量)、环境治理(建成区绿化覆盖率、人均公园绿地面积、一般工业固体废物综合利用率、生活垃圾无害化处理率)、环境保护(环境污染治理投资占GDP比重)四方面指标。基于此,构建的建筑业—经济—资源环境协调发展评价指标体系如表1所示。

2.2 数据来源

本文数据来源于2012—2021年《安徽省统计年鉴》中公布的原始数据。此外,个别指标的数据需要进行处理,如,“环境污染治理投资占GDP比重”采用年鉴中生态保护和环境治理业投资额与GDP的比值,“人均地方财政一般预算收入”采用地方财政一般预算收入与常住人口数量的比值,“地方财政支出规模”为地方财政一般预算支出占GDP的比重,“单位GDP能耗”等于能源消费总量万吨标准煤与各年实际GDP[这里的各年实际GDP由以1978为基期(1978=100)的不变价格计算的地区生产总值指数转换而成]的比值,2018年的“工业SO₂排放量”通过插值法计算而得。

2.3 研究方法

2.3.1 熵权法

本文运用熵权法获得指标权重,一定程度上能够避免主观性对指标权重结果的影响^[15],然后利用Topsis法计算出三个子系统的评价值,具体步骤如下。

数据标准化处理:

$$\begin{cases} X_{ij}^+ = (x_{ij} - \min x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \\ X_{ij}^- = (\max x_{ij} - x_{ij}) / (\max x_{ij} - \min x_{ij}) \end{cases} \quad (1)$$

表 1 CERE 协调发展评价指标体系

三元系统	子系统	维度指标	细化指标层及单位	符号
建筑业— 经济— 资源环境	建筑业	行业规模	总产值(亿元)	正
			企业数(个)	正
			签订合同额(亿元)	正
			企业从业人数(万人)	正
		技术水平	自有机械设备总台数(台)	正
			自有机械设备总功率(万 kW)	正
		行业效益	产值利税率(%)	正
			产值利润率(%)	正
			劳动生产率(元/人)	正
	经济	经济规模	人均 GDP(元)	正
			全社会固定资产投资增速(%)	正
			人均地方财政一般预算收入(元/人)	正
		产业结构	第二产业产值占 GDP 比重(%)	正
			第三产业产值占 GDP 比重(%)	正
		经济效益	城镇居民可支配收入(元)	正
			社会消费品零售指数(%)	正
			地方财政支出规模(%)	正
	资源环境	资源条件	单位 GDP 能耗(吨标准煤/万元)	负
			人均水资源量(m ³ /人)	正
		环境污染	工业 SO ₂ 排放量(万 t)	负
			建成区绿化覆盖率(%)	正
		环境治理	人均公园绿地面积(m ² /人)	正
			一般工业固体废物综合利用率(%)	正
			生活垃圾无害化处理率(%)	正
		环境保护	环境污染治理投资占 GDP 比重(%)	正

式中, X_{ij}^+ 和 X_{ij}^- 分别对应正向指标和负向指标, 为建筑业、经济和资源环境数据标准化后的值, x_{ij} 为建筑业、经济和资源环境的原始数据, $i(1 \leq i \leq m)$ 表示年度数, $j(1 \leq j \leq n)$ 表示样本中的指标数。为避免数据在运算过程中受零和负值的影响, 故对标准化后的数据整体平移, 即 $X''_{ij} = X'_{ij} + a$, 其中, $X'_{ij} = \{X_{ij}^+, X_{ij}^-\}$, a 取 0.000 1。

计算第 j 项指标值的占比:

$$p_{ij} = X''_{ij} / \sum_{i=1}^m X''_{ij} \quad (2)$$

计算第 j 项指标的信息熵:

$$e_j = k \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (3)$$

式中, k 为调节系统, $k = 1/\ln m$ 。指标的信息熵越小, 表明该指标对评价结果影响越大。

确定指标权重:

$$w_j = (1 - e_j) / (n - \sum_{j=1}^n e_j) \quad (4)$$

2.3.2 Topsis 法

构建加权标准化矩阵:

$$Q = \{q_{ij}\}_{m \times n} = \{w_j \times X''_{ij}\} = \begin{bmatrix} w_1 X''_{11} & w_2 X''_{12} & \cdots & w_n X''_{1n} \\ w_1 X''_{21} & w_2 X''_{22} & \cdots & w_n X''_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 X''_{m1} & w_2 X''_{m2} & \cdots & w_n X''_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

计算评价对象与正负理想解的距离:

$$\begin{cases} D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (q_{ij} - q_j^+)^2} \\ D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (q_{ij} - q_j^-)^2} \end{cases} \quad (6)$$

计算各评价对象的评价值:

$$U_1 = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (7)$$

式中, $0 \leq U_1 \leq 1$ 。

2.4 耦合协调模型

基于上述各子系统评价值的计算结果,借鉴已有研究^[16]的耦合协调模型计算 CERE 的耦合度、耦合协调度及综合发展效益值,其表达式如下。

$$C = \left[\prod_{i=1}^S U_i \times \left(\frac{1}{S} \sum_{i=1}^S U_i \right)^{-1} \right]^{\frac{1}{S}}, \quad (8)$$

$$D = \sqrt{C \times T}, \quad (9)$$

$$T = \sum_{i=1}^S a_i U_i \quad (10)$$

式中, C 为耦合度,用于衡量子系统间作用的强弱,其值越接近于 1,表明耦合度越高; S 为子系统的个数,本文 $S = \{i\} = \{1, 2, 3\}$; D 为耦合协调度,用于衡量子系统间的协调发展水平;将各子系统的重要程度视为一致,故 $a_i = \frac{1}{S}$; T 为复合系统综合发展效益值, T 值越大,复合系

统的发展水平越高。

3 实证分析

首先,应用熵权-Topsis 法计算出 2011—2020 年安徽省建筑业、经济、资源环境三个子系统的评价值;其次,运用耦合协调模型计算出三个子系统间的耦合度、耦合协调度与综合发展效益值;最后,参照耦合协调等级划分标准(表 2),得到二元和三元系统的具体协调类型。计算结果如表 3 所示。

表 2 耦合协调等级划分标准

协调类别	耦合协调度	协调类型
失调类	$[0, 0.1]$	极度失调
	$(0.1, 0.2]$	严重失调
	$(0.2, 0.3]$	中度失调
磨合类	$(0.3, 0.4]$	轻度失调
	$(0.4, 0.5]$	濒临失调
	$(0.5, 0.6]$	勉强协调
协调发展类	$(0.6, 0.7]$	初级协调
	$(0.7, 0.8]$	中级协调
	$(0.8, 0.9]$	良好协调
	$(0.9, 1.0]$	优质协调

表 3 计算结果

年份	U_C	U_E	U_{RE}	T_{CERE}	C_{CE}	C_{CRE}	C_{ERE}	C_{CERE}	D_{CE} 类型	D_{CRE} 类型	D_{ERE} 类型	D_{CERE} 类型
2011	0.19	0.43	0.23	0.28	0.92	0.99	0.96	0.94	0.53 勉强协调	0.46 濒临失调	0.56 勉强协调	0.52 勉强协调
2012	0.21	0.46	0.26	0.31	0.93	1.00	0.96	0.95	0.56 勉强协调	0.48 濒临失调	0.59 勉强协调	0.54 勉强协调
2013	0.29	0.45	0.27	0.34	0.98	1.00	0.97	0.97	0.60 勉强协调	0.53 勉强协调	0.59 勉强协调	0.57 勉强协调
2014	0.26	0.46	0.33	0.35	0.96	0.99	0.99	0.98	0.59 勉强协调	0.54 勉强协调	0.62 初级协调	0.58 勉强协调
2015	0.21	0.48	0.45	0.38	0.92	0.93	1.00	0.94	0.57 勉强协调	0.56 勉强协调	0.68 初级协调	0.60 勉强协调
2016	0.23	0.50	0.49	0.41	0.93	0.93	1.00	0.94	0.58 勉强协调	0.58 勉强协调	0.70 初级协调	0.62 初级协调
2017	0.26	0.55	0.54	0.45	0.93	0.94	1.00	0.95	0.61 初级协调	0.61 初级协调	0.74 中级协调	0.65 初级协调
2018	0.64	0.53	0.62	0.60	1.00	1.00	1.00	1.00	0.76 中级协调	0.79 中级协调	0.76 中级协调	0.77 中级协调
2019	0.51	0.57	0.49	0.52	1.00	1.00	1.00	1.00	0.74 中级协调	0.71 中级协调	0.73 中级协调	0.72 中级协调
2020	0.58	0.56	0.72	0.62	1.00	0.99	0.99	0.99	0.75 中级协调	0.80 中级协调	0.80 中级协调	0.78 中级协调

注: U_C, U_E, U_{RE} 分别为建筑业(C)、经济(E)以及资源环境(RE)的评价值; T_{CERE} 为建筑业—经济—资源环境(CERE)的综合发展效益值; $C_{CE}, C_{CRE}, C_{ERE}, C_{CERE}$ 分别为建筑业—经济(CE)、建筑业—资源环境(CRE)、经济—资源环境(ERE)以及建筑业—经济—资源环境(CERE)的耦合度; $D_{CE}, D_{CRE}, D_{ERE}, D_{CERE}$ 分别对应二元或三元系统的耦合协调度

3.1 评价价值分析

为反映不同年份安徽省 CERE 各子系统的发展状况,绘制安徽省建筑业、经济、资源环境评价价值趋势图,如图 1 所示。从 2011 年的评价价值来看,经济的评价价值最大,说明早期安徽省经济发展成效显著。整体来看,2020 年较 2011 年经济的评价价值仅增加了 0.13,而建筑业与资源环境的评价价值则分别增加了 0.39 和 0.49。由此可见,10 年间安徽省经济发展水平增长缓慢,而建筑业、资源环境上升幅度明显。具体来看,2011—2020 年经济的评价价值呈小幅度的波动上升趋势;建筑业的评价价值呈大幅度的波动上升趋势,尤其 2017—2018 年上升幅度很大,说明此期间建筑业得到了飞速发展,从较低的发展水平跃升为较高的发展水平;资源环境的评价价值除 2018—2019 年有小幅度的下降外,其余年份均呈上升趋势,表明安徽省在重视产业经济发展的同时也意识到资源环境的重要性,使得资源环境的发展稳步向好。基于前述分析可知,得益于建筑业和资源环境的有效发展,2011—2020 年安徽省 CERE 三元系统综合效益发展值也呈平稳上升趋势。

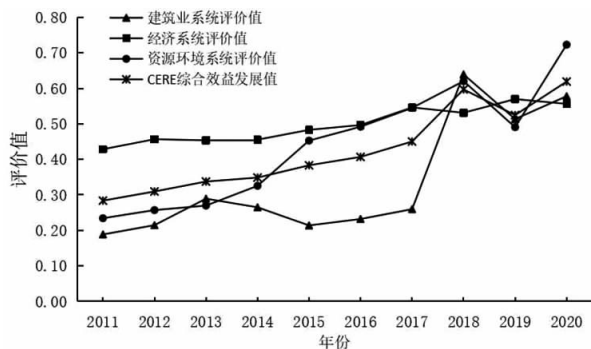


图 1 安徽省建 CERE 三元系统评价价值趋势图

3.2 耦合协调度分析

由表 3 可知,2011—2020 年 C_{CE} , C_{CRE} , C_{ERE} , C_{CERE} 均大于 0.9,说明安徽省建筑业、经济、资源环境各子系统间关系非常紧密。与耦合度相比,二元和三元系统耦合协调度相对较低,并且二元与三元系统均经历了由濒临失调或勉强协调到中级协调的发展过程,表明安徽省建筑业、经济与资源环境三个子系统实现了同步

发展,并且三系统间的协调关系逐渐增强,但其良性协调程度仍有待增强。根据 CERE 二元、三元系统耦合协调度趋势图(如图 2 所示),将三元系统分为三个发展阶段。

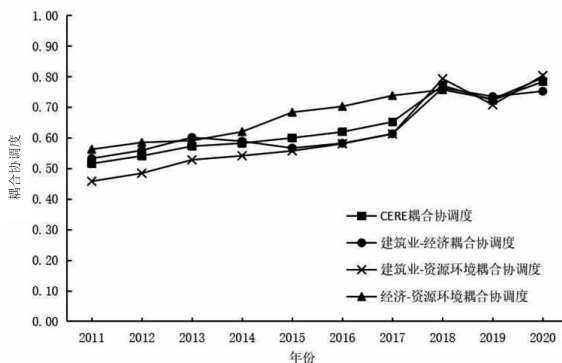


图 2 安徽省 CERE 二元、三元系统耦合协调度趋势图

阶段一:2011—2017 年, D_{CERE} 呈上升趋势,但上升幅度较小。由于在此期间经济发展水平较高,而且全省积极开展“黄标车”淘汰工作、深入推进“森林质量‘1115’提升行动计划”,并不断提高能源利用效率,使得单位 GDP 能耗持续下降;同时安徽省环境污染治理投资也有所增加,全省资源环境状况明显改善,使得资源环境发展水平整体呈增长趋势。但此阶段建筑业的发展水平较低,导致 D_{CE} 和 D_{CRE} 均比 D_{ERE} 小。

阶段二:2017—2018 年, D_{CERE} 呈快速上升趋势,且增长幅度较大,从初级协调跃升为中级协调。在此期间,安徽省出台了促进经济平稳健康发展的“30 条”意见,其中包含“工程建设管理改革”和“加强城市规划建设管理工作”等实施意见,并加强了信息化基础设施建设,推进了生态环境监测技术应用,促进了产业转型升级,使得建筑业发展水平极大提高,也带动了 CERE 三元系统整体耦合协调度的提高。

阶段三:2018—2020 年, CERE 三元系统处于中级协调阶段,在此期间经济发展水平呈先下降后上升的趋势, D_{CERE} , D_{CE} 和 D_{CRE} 均呈下降—上升的趋势。产生上述发展趋势的原因,可能是前期在基础设施建设方面的大量投资,造成建筑数量和规模的粗放式增长,导致了产能

过剩和资源环境质量的下降。

4 结论与建议

4.1 结论

本文通过构建建筑业、经济与资源环境(CERE)协调发展评价指标体系,运用熵权-Topsis法和耦合协调模型对2011—2020年安徽省CERE耦合协调度进行测度与分析,得出以下结论。

(1)从评价价值来看,2011—2020年安徽省经济的评价价值呈稳定上升趋势,但上升幅度较小,建筑业、资源环境的评价价值呈波动增长趋势。其中,经济发展水平一直相对较高,资源环境状况逐渐向好发展,但早期建筑业的发展水平较低,2017—2018年其增长幅度变大。

(2)从耦合协调度可知,2011—2020年安徽省CERE二元和三元系统的耦合度均高于0.9,说明安徽省建筑业、经济、资源环境三个子系统间的作用关系十分紧密。同时从协调状态来看,CERE三元系统由勉强协调跨越到中级协调阶段,总体呈上升趋势,可见安徽省建筑业、经济与资源环境间的协调关系正逐渐增强。

4.2 建议

从本文研究结论来看,安徽省建筑业—经济—资源环境三元系统的协调发展水平呈上升趋势,但仍有一定的提升空间,为此提出以下几点建议。

(1)推动建筑业绿色发展。应不断推进装配式建筑与绿色建筑的发展,促进绿色建材的研发,强化建筑领域节能技术的应用,加强《建筑节能与可再生能源利用通用规范》的执行,增加建筑使用寿命和资源循环利用的效率,并提高绿色建筑业生产总值。

(2)协调好经济社会发展与生态文明建设的关系。坚定不移地走可持续发展道路,建立健全绿色低碳循环发展经济体系,促进经济社会发展全面绿色转型,调整能源结构,引进先进环境监测技术,并根据建筑业在建材生产、建筑建造、运营使用和拆除等过程中对原材料和水资源的消耗,以及二氧化碳和建筑垃圾的排放等关键指标,进行目标限值和重点引导,以提升资

源环境的承载力。

(3)加强相关部门的跨界合作。各相关部门应该加强联动,搭建信息交换平台,制定合作方案,不断加强建筑业、经济与资源环境三者之间的协调性,以推动区域的可持续、高质量发展。

参考文献:

- [1] 阎西康,王士达,贾云飞,等.基于FA改进的AHP-TOPSIS法对建筑业竞争力的评价研究[J].工程管理学报,2022,36(2):12-17.
- [2] 杨斌,杨海军,乔振勇.“双碳”目标下国有大型建筑企业应对策略研究[J].四川建筑科学研究,2022,48(4):72-80.
- [3] 本刊编辑部.发展高效绿色建筑 践行双碳目标[J].建设科技,2022(9):1.
- [4] 廖重斌.环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系:以珠江三角洲城市群为例[J].热带地理,1999(2):76-82.
- [5] 刘晓君,王东旭,胡伟.中国建筑业与区域经济耦合协调发展研究[J].工业建筑,2020(网络首发):1-9.
- [6] 刘逸骁.常州市经济与生态环境协调度评价与分析[J].管理观察,2019(22):104-106.
- [7] 司晨骁.低碳视角下区域建筑业与生态环境协调发展研究[J].建筑安全,2022,37(1):75-79.
- [8] 齐宝库,李克柏,王欢,等.辽宁省建筑业与资源环境协调发展评价研究[J].建筑经济,2013(8):17-20.
- [9] 杨文君.中国30个省域建筑业—经济—资源环境协调发展评价研究[D].西安:长安大学,2016.
- [10] 赵利强.关于建筑业与生态文明建设的思考[J].铁道建筑技术,2014(7):113-115.
- [11] 田学斌,魏孟举,陈艺丹.县域资源—环境—经济耦合协调发展评价研究[J].燕山大学学报(哲学社会科学版),2021,22(5):73-80.

- [12] 吴青莲. 基于因子分析的区域建筑业竞争力评价研究[J]. 城市住宅, 2020, 27(6): 114-117.
- [13] 侯涛. 安徽建筑业融入长三角的生产效率研究[J]. 黑龙江工程学院学报, 2021, 35(2): 44-48.
- [14] 蔡绍洪, 谷城, 张再杰. 时空演化视角下我国西部地区人口—资源—环境—经济协调发展研究[J]. 生态经济, 2022, 38(2): 168-175.
- [15] 庄嘉钰, 李诗玥. 基于熵权 TOPSIS 模型的西北地区资源环境承载力时空差异研究[J]. 中国资源综合利用, 2022, 40(1): 65-69.
- [16] 李妍林, 阮久莉, 王艺博, 等. 煤炭工业资源—环境—经济耦合协调分析: 以榆林市为例[J]. 环境工程技术学报, 2022, 12(1): 260-266.

(责任编辑: 李秀荣)

(上接第 20 页)HRB400, 直径为 20 mm, 污水处理厂的水池总量为 20 个, 则根据公式(2)和(3), 优化钢筋配置方式后此污水处理厂水池所节约的施工工日为: $\Delta T = 20 \times 1.7276 \times 10^{-8} \times H \times d^3 \times \Delta g = 20 \times 1.7276 \times 10^{-8} \times 5000 \times 20^3 \times 6.499 = 89.8$ (工日)。所节约的直接工程费用为: $\Delta C = 20 \times 1.7276 \times 10^{-8} \times H \times d^3 \times (\text{人工费} + \text{材料费} + \text{机械费}) = 20 \times 1.7276 \times 10^{-8} \times 5000 \times 20^3 \times (539.417 + 4674 + 93.07) = 73340$ (元)。

5 结论

(1) 根据 MIDAS GEN 软件对矩形钢筋混凝土水池池壁进行了有限元分析, 得出池壁角隅处水平向弯矩最大, 需要加大配筋面积。

(2) 在满足池壁角隅处的受力要求和构造要求前提下, 在现有的常规钢筋配置方式基础上, 对水平贯通筋的布排位置进行优化, 将相邻两侧池壁的水平贯通筋交错布置, 间距为 100 mm, 并将水平贯通筋直接锚入相邻池壁的长度 L 延长至 $1/4H$ 处 (H 为池壁的高度)。

(3) 与优化前相比, 优化后池壁角隅处节约了 $2 \times 35d$ 的钢筋量, 且角隅处的钢筋不需要进行绑扎, 减少了施工工序。对于拥有 20 个水池的污水处理厂大约可节省 90 个施工工日, 节约的工程造价为 7 万余元。

(4) 此优化方案有一定的工程实用性, 对于

矩形钢筋混凝土水池结构的深化设计有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 王昌前. 矩形钢筋混凝土水池的结构分析与设计[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2015.
- [2] 朱清元. 钢筋混凝土水池的有限元算法与手册算法比较[J]. 特种结构, 2016, 33(13): 29-33.
- [3] 唐颖栋, 孙海翔, 唐净皓, 等. 矩形混凝土水池角隅处受力的有限元分析[J]. 特种结构, 2008, 25(3): 40-42.
- [4] 吴晨旭. 某多格水池结构有限元计算分析探讨[J]. 特种结构, 2013, 30(5): 5-9.
- [5] 王寿生. 弹性地基上矩形水池结构计算的研究现况综述[J]. 特种结构, 2012, 29(2): 23-26.
- [6] 曹志杰. 大型矩形水池底板计算模式选择[J]. 特种结构, 2006, 23(1): 37-38.
- [7] 焦欣玥. 基于 MIDAS 的综合交通枢纽施工全过程数值模拟方法研究[J]. 科技与创新, 2021(16): 171-172.
- [8] 北京市市政工程设计研究总院. 给水排水工程钢筋混凝土水池结构设计规程(CECS 138:2002)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002: 22.

(责任编辑: 李秀荣)