

· 论 著 ·

早产风险预测模型研究

汪琼¹, 陈丹青², 魏伊丽¹, 钱芳芳¹

1. 浙江大学医学院, 浙江 杭州 310000; 2. 浙江大学医学院附属妇产科医院, 浙江 杭州 310000

摘要: **目的** 构建早产风险预测模型, 筛选早产高危人群, 预防早产。 **方法** 选择2019年1月1日—12月31日在浙江大学医学院附属妇产科医院产检并分娩的孕妇为研究对象, 其中80%纳入建模组, 20%纳入验证组, 收集人口学信息和临床信息。采用多因素 logistic 回归模型分析建模组早产风险预测因子, 根据预测因子的 OR 值建立早产风险预测模型; 以验证组数据验证模型, 采用约登指数最大值筛选模型临界值, 采用受试者操作特征 (ROC) 曲线评估模型的预测效果。 **结果** 调查孕妇 15 197 人, 其中建模组 12 131 人, 验证组 3 066 人, 两组孕妇的年龄、文化程度和孕次等资料差异无统计学意义 (均 $P < 0.05$)。多因素 logistic 回归模型分析结果显示, 孕次、文化程度、居住地、高血压、糖尿病、早产史、双胞胎妊娠、前置胎盘和妊娠高血压是早产的风险预测因子。孕次 > 2 次为 2 分, 高中及以下学历为 4 分, 大专/本科以上学历为 -4 分, 居住在农村为 5 分, 高血压为 7 分, 糖尿病为 11 分, 有早产史为 11 分, 双胞胎妊娠为 28 分, 前置胎盘为 19 分, 妊娠高血压为 12 分, 该模型总分值范围为 -4~99 分。该模型临界值 8 分, 约登指数最大, 为 0.480, 曲线下面积为 0.749 (95%CI: 0.732~0.767), 灵敏度和特度分别为 0.610 和 0.886, 提示该模型预测效果良好。 **结论** 本研究基于孕妇人口学和临床特征建立的早产风险预测模型可较好地预测孕妇早产的风险。

关键词: 早产; 预测模型; 人口学特征; 临床特征

中图分类号: R714 文献标识码: A 文章编号: 2096-5087 (2024) 08-0663-06

Construction of a prediction model for preterm birth risk

WANG Qiong¹, CHEN Danqing², WEI Yili¹, QIAN Fangfang¹

1. Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, Zhejiang 310000, China;

2. Obstetrics and Gynecology Hospital, Zhejiang University School of Medicine, Hangzhou, Zhejiang 310000, China

Abstract: Objective To construct a prediction model for preterm birth risk among pregnant women, so as to provide the reference for screening high-risk population and preventing preterm birth. **Methods** Pregnant women who received antenatal examination and delivered at the Women's Hospital, School of Medicine, Zhejiang University from January 1 to December 31, 2019 were selected as the study subjects, among them, 80% were included in the modeling group, and 20% were included in the validation group. Demographic and clinical information were collected. A multivariable logistic regression model was used to analyze the predictive factors of preterm birth risk in the modeling group, and a preterm birth risk prediction model was established based on the OR values of predictive factors. The model was validated with the data from the validation group. The Youden index was used to determine the critical score for predicting preterm birth risk. The prediction performance of the model was evaluated using the receiver operating characteristic (ROC) curve. **Results** A total of 15 197 pregnant women were surveyed, including 12 131 pregnant women in the observation group and 3 066 pregnant women in the validation group. There was no statistically significant difference in age, education level and gravidity between the two groups of pregnant women (all $P < 0.05$). Multivariable logistic regression analysis identified the number of pregnancies, education level, place of residence, hypertension, diabetes, history of preterm birth, twin-pregnancy, placenta praevia, and gestational hypertension as risk prediction factors for preterm birth risk among pregnant women. The risk score system for preterm birth was established as follows: > 2 pregnancies (2 points), high school education or below (4 points), college degree or above (-4 points), rural residence (5 points),

DOI: 10.19485/j.cnki.issn2096-5087.2024.08.005

作者简介: 汪琼, 硕士研究生在读, 主治医师, 主要从事妇产科临床工作

通信作者: 陈丹青, E-mail: chendq@zju.edu.cn

hypertension (7 points), diabetes (11 points), history of preterm birth (11 points), twin-pregnancy (28 points), placenta previa (19 points), and gestational hypertension (12 points). The total score of the preterm birth risk scoring system ranged from -4 to 99 points. When the critical score was 8 points, the Youden index was the highest at 0.480, with an area under the ROC curve of 0.749 (95%CI: 0.732-0.767), a sensitivity of 0.610, and a specificity of 0.886, indicating good prediction performance of the model. **Conclusion** The preterm birth risk prediction model established in this study based on demographic and clinical characteristics of pregnant women can effectively predict the risk of preterm birth among pregnant women.

Keywords: preterm birth; prediction model; demographic characteristics; clinical characteristics

早产易导致早产儿围产期出现并发症,如呼吸窘迫综合征、脑出血和感染等,增加早产儿的死亡风险^[1],早产并发症也是5岁以下儿童死亡的主要原因之一^[2]。有研究提出,早产与孕妇的年龄、妊娠并发症、孕前疾病史和早产史等有关^[5-6]。预防早产、改善分娩前宫内状况、提高新生儿存活率是重要的研究方向。目前关于早产预测研究以超声宫颈长度检查或胎儿纤维蛋白等生物标志物为主^[3-4]。荷兰一项研究曾在2012年建立了基于人口学和临床特征的早产预测模型^[7],但可能不适用于我国人群。为筛选早产高危人群,预防早产,本研究基于孕妇的人口学特征和临床特征建立早产风险预测模型并进行验证,现报道如下。

1 对象与方法

1.1 对象

选择2019年1月1日—12月31日在浙江大学医学院附属妇产科医院产检并分娩的孕妇为研究对象。排除标准:(1)死产、出生缺陷或因个人原因终止妊娠;(2)病历资料不完整。研究对象均知情同意。本研究通过浙江大学医学院附属妇产科医院医学伦理委员会审查(IRB-20240054-R)。

1.2 方法

1.2.1 信息收集

研究对象的80%纳入建模组,用于建立早产风险预测模型;20%纳入验证组,用于验证早产风险预测模型。通过医院电子病历系统收集孕妇信息,包括(1)人口学信息:年龄、身高、孕前体重、孕前体质指数(BMI)、职业劳动强度、文化程度、居住地、产次和孕次等;(2)临床信息:糖尿病家族史、高血压、糖尿病、早产史、死产或出生缺陷和本次妊娠并发症(双胞胎妊娠、前置胎盘、妊娠高血压、瘢痕子宫、子宫肌瘤)等。职业劳动强度分为轻劳力(企业人员、公务员等)、中劳力(教师、学生、个体经营者等)、重劳力(工人、农民、医务工作者、警察和士兵等)和其他^[8]。

1.2.2 早产风险预测模型构建与验证

采用单因素logistic回归模型初步筛选建模组与早产存在统计学关联的变量($P<0.05$),将其与研究报道的早产相关变量纳入多因素logistic回归模型,筛选早产风险预测因子,对预测因子的OR值进行赋值并建立早产风险预测模型。以验证组数据验证模型的预测效果。采用约登指数最大值筛选该模型临界值;以是否发生早产为因变量,以模型总分为自变量绘制受试者操作特征(receiver operating characteristics, ROC)曲线,ROC曲线下面积(AUC)值越高说明模型的预测效果越好。

1.3 统计分析

采用SPSS 27.0软件统计分析。定性资料采用相对数描述,组间比较采用 χ^2 检验。采用logistic回归模型分析早产的影响因素。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 孕妇基本情况

调查孕妇15 197人,其中建模组12 131人,验证组3 066人。建模组孕妇年龄 <35 岁9 905人,占81.65%;孕前BMI为 $18.5\sim<24$ kg/m² 8 405人,占69.29%;职业劳动强度为轻体力9 994人,占82.38%;大专/本科学历8 856人,占73.00%;居住在城市9 693人,占79.90%。验证组孕妇年龄 <35 岁2 540人,占82.84%;孕前BMI为 $18.5\sim<24$ kg/m² 2 115人,占68.98%;职业劳动强度为轻体力2 426人,占79.13%;大专/本科学历2 262人,占73.77%;居住在城市2 454人,占80.04%。除职业劳动强度外,两组孕妇的年龄、孕前BMI、文化程度、居住地、产次、孕次、糖尿病家族史、高血压、糖尿病、早产史、死产或出生缺陷、双胞胎妊娠、前置胎盘、妊娠高血压、瘢痕子宫和子宫肌瘤差异无统计学意义(均 $P>0.05$)。见表1。

2.2 早产影响因素的logistic回归分析

建模组孕妇早产1 082例,早产率为8.92%。

表 1 两组孕妇基本情况比较

Table 1 Comparison of baseline characteristics among pregnant women in two groups

项目	建模组 (n=12 131)	验证组 (n=3 066)	χ^2 值	P值	项目	建模组 (n=12 131)	验证组 (n=3 066)	χ^2 值	P值
年龄/岁			2.352	0.125	是	472 (3.89)	115 (3.75)		
< 35	9 905 (81.65)	2 540 (82.84)			高血压			1.218	0.270
≥35	2 226 (18.35)	526 (17.16)			否	11 992 (98.85)	3 038 (99.09)		
孕前 BMI/ (kg/m ²)			1.955	0.582	是	139 (1.15)	28 (0.91)		
< 18.5	2 002 (16.50)	521 (16.99)			糖尿病			0.040	0.841
18.5~	8 405 (69.29)	2 115 (68.98)			否	12 105 (99.79)	3 060 (99.80)		
24~	1 433 (11.81)	368 (12.01)			是	26 (0.21)	6 (0.20)		
≥28	291 (2.40)	62 (2.02)			早产史				
职业劳动强度			25.218	<0.001	否	11 872 (97.86)	2 995 (97.68)		
轻体力	9 994 (82.38)	2 426 (79.13)			是	259 (2.14)	71 (2.32)		
中体力	559 (4.61)	191 (6.23)			死产或出生缺陷			0.010	0.921
重体力	1 411 (11.63)	387 (12.62)			否	11 999 (98.91)	3 032 (98.89)		
其他	167 (1.38)	62 (2.02)			是	132 (1.01)	34 (1.11)		
文化程度			5.692	0.058	双胞胎妊娠			2.500	0.114
高中及以下	1 469 (12.11)	396 (12.92)			否	11 672 (96.22)	2 931 (95.60)		
大专/本科	8 856 (73.00)	2 262 (73.77)			是	459 (3.78)	135 (4.40)		
大专/本科以上	1 806 (14.89)	388 (13.31)			前置胎盘			0.003	0.959
居住地			0.028	0.866	否	11 710 (96.53)	2 959 (96.51)		
城市	9 693 (79.90)	2 454 (80.04)			是	421 (3.47)	107 (3.49)		
农村	2 438 (20.10)	612 (19.96)			妊娠高血压			0.831	0.362
产次			0.448	0.503	否	11 550 (95.21)	2 907 (94.81)		
0	7 096 (58.49)	1 773 (57.83)			是	581 (4.79)	107 (5.19)		
≥1	5 035 (41.51)	1 293 (42.17)			瘢痕子宫			<0.001	0.988
孕次			0.319	0.592	否	9 351 (77.08)	2 363 (77.07)		
1~2	4 773 (39.35)	1 189 (38.78)			是	2 780 (22.92)	703 (22.93)		
>2	7 358 (60.65)	1 877 (61.22)			子宫肌瘤				
糖尿病家族史			0.129	0.719	否	11 505 (94.84)	2 907 (94.81)	0.003	0.954
否	11 659 (96.11)	2 951 (96.25)			是	626 (5.16)	159 (5.19)		

以早产为因变量 (0=否, 1=是), 进行单因素 logistic 回归分析。结果显示, 年龄、孕前 BMI、职业劳动强度、文化程度、居住地、孕次、糖尿病家族史、高血压、早产史、双胞胎妊娠、前置胎盘、妊娠高血压、瘢痕子宫与早产存在统计学关联 (均 $P <$

0.05), 见表 2。将上述变量和糖尿病纳入多因素 logistic 回归分析, 结果显示, 孕次、文化程度、居住地、高血压、糖尿病、早产史、双胞胎妊娠、前置胎盘和妊娠高血压是孕妇早产的风险预测因子, 见表 3。

表 2 建模组孕妇早产影响因素的单因素 logistic 回归分析

Table 2 Univariable logistic regression analysis of factors affecting preterm birth in the modeling group of pregnant women

项目	调查人数	早产例数	早产率/%	P值	OR值	95%CI
年龄/岁						
< 35	9 905	857	8.65		1.000	
≥35	2 226	225	10.11	0.030	1.187	1.017~1.386
孕前 BMI/ (kg/m ²)						
< 18.5	2 022	181	8.95	0.303	1.653	1.165~2.345
18.5~	8 405	700	8.32		1.000	
24~	1 433	163	11.37	<0.001	1.511	1.040~2.196
≥28	291	38	13.06	0.005	1.170	0.802~1.708

表 2 (续) Table 2 (continued)

项目	调查人数	早产例数	早产率/%	P值	OR值	95%CI
职业劳动强度						
轻体力	9 994	876	8.76		1.000	
中体力	5 59	54	9.66	0.468	2.467	1.668~3.650
重体力	1 411	120	8.50	0.745	2.217	1.376~3.571
其他	167	32	19.16	<0.001	2.550	1.662~3.914
文化程度						
高中及以下	1 469	226	15.38	0.008	1.877	1.600~2.202
大专/本科	8 856	742	8.37		1.000	
大专/本科以上	1 806	74	4.09	<0.001	4.256	3.241~5.588
居住地						
城市	9 693	739	7.62		1.000	
农村	2 438	343	14.06	<0.001	1.984	1.730~2.274
产次						
0	7 096	648	9.13		1.000	
≥1	5 035	434	8.61	0.329	0.939	0.826~1.066
孕次						
1~2	4 773	403	8.44		1.000	
>2	7 358	769	10.45	<0.001	1.663	1.450~1.907
糖尿病家族史						
否	11 659	1 024	8.78		1.000	
是	472	58	12.28	0.009	1.455	1.097~1.929
高血压						
否	11 992	1 060	8.84		1.000	
是	139	22	15.82	0.005	1.939	1.224~3.071
糖尿病						
否	12 105	1 074	8.87		1.000	
是	26	8	30.76	0.230	4.565	1.980~10.523
早产史						
否	11 872	1 021	8.60		1.000	
是	259	61	23.55	<0.001	3.274	2.440~4.394
死产或出生缺陷						
否	11 999	1 065	8.87		1.000	
是	132	17	12.88	0.111	1.517	0.908~2.535
双胞胎妊娠						
否	11 672	834	7.14		1.000	
是	459	248	54.03	<0.001	15.274	12.548~18.593
前置胎盘						
否	11 710	934	7.97		1.000	
是	421	148	35.15	<0.001	6.255	5.065~7.724
妊娠高血压						
否	11 550	939	8.12		1.000	
是	581	143	24.61	<0.001	3.689	3.020~4.507
瘢痕子宫						
否	9 351	807	8.63		1.000	
是	2 780	275	9.89	0.041	1.162	1.006~1.342
子宫肌瘤						
否	11 505	1 022	8.88		1.000	
是	626	60	9.58	0.549	1.087	0.827~1.430

表3 建模组孕妇早产影响因素的多因素 logistic 回归分析

Table 3 Multivariable logistic regression analysis of factors affecting preterm birth in the modeling group of pregnant women

变量	参照组	β	$s\bar{x}$	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
孕次							
>2	1~2	0.524	0.078	45.420	<0.001	1.171	1.047~1.316
文化程度							
高中及以下	大专/本科	0.818	0.124	43.231	<0.001	1.467	1.176~1.693
大专/本科以上		1.448	0.139	108.557	<0.001	0.656	0.541~0.908
居住地							
农村	城市	-0.685	0.070	96.589	<0.001	1.564	1.440~1.878
高血压							
是	否	1.225	0.346	12.559	0.005	2.105	1.329~3.370
糖尿病							
是	否	-1.145	0.512	5.003	0.018	3.018	1.217~7.806
早产史							
有	无	0.731	0.438	2.785	0.023	2.907	2.080~4.009
双胎妊娠							
是	否	-2.726	0.100	738.544	<0.001	16.065	13.054~19.808
前置胎盘							
是	否	-1.833	0.108	290.173	<0.001	6.560	5.166~8.313
妊娠高血压							
是	否	-1.305	0.102	163.312	<0.001	3.712	2.622~4.131
常量		-1.335	0.432	9.552	0.002	0.263	

2.3 早产风险预测模型建立

采用早产的9个风险预测因子OR值的自然对数乘以10得出各预测因子的风险分值，建立早产风险预测模型。孕次>2次为2分，高中及以下学历为4分，大专/本科以上学历为-4分，居住在农村为5分，高血压为7分，糖尿病为11分，有早产史为11分，双胎妊娠为28分，前置胎盘为19分，妊娠高血压为12分，该模型总分值范围为-4~99分。

2.4 早产风险预测模型验证

早产风险预测模型临界值8分，约登指数最大，为0.480，AUC值为0.749(95%CI: 0.732~0.767)，灵敏度和特异度分别为0.613(95%CI: 0.610~0.667)和0.886(95%CI: 0.852~0.878)，提示该早产风险模型预测效果良好。

3 讨论

本研究利用孕妇人口学和临床信息建立早产风险预测模型，包括孕次、文化程度、居住地、糖尿病、高血压、早产史、双胎妊娠、前置胎盘和妊娠高血压9个风险预测因子，该模型的AUC值为0.749，提示可通过该模型评估孕妇早产风险，尝试临床早产高危人群筛查。

居住在农村或文化程度较低的孕妇早产风险较

高，OR值分别为1.564和1.467，与其他研究结果^[9-10]相近。可能与孕妇文化程度较高、居住在城市较关注围产期保健有关^[11]。

糖尿病、早产史、双胎妊娠、前置胎盘和妊娠高血压是孕妇早产的风险预测因子。糖尿病与孕妇早产存在统计学关联。WEI等^[12]对6447339名参加产前护理的孕妇进行回顾性研究后发现患有糖尿病的孕妇发生早产的风险更高，同样ALLEN等^[13]研究结果也提示2型糖尿病是早产的影响因素。因此建议糖尿病孕妇加强门诊随访，控制血糖在正常范围内，以降低早产风险。本研究发现，双胎妊娠是早产风险最强的预测因子，OR值为16.065。有研究提出，双胎妊娠孕妇有早产史或分娩时间越早，在下次单胎妊娠中发生早产的可能性越高^[14]。卧床休息、预防性使用子宫收缩抑制剂、孕酮和宫颈环扎术等是预防早产的常见方法^[15]，但降低早产风险的作用需进一步观察。一项回顾性研究发现，46.8%的前置胎盘孕妇会发生早产^[16]，本研究亦提示前置胎盘为早产的影响因素，建议前置胎盘的孕妇加强孕期监护，尽量延长妊娠时间。PREMKUMAR等^[17]发现，23425例单胎妊娠孕妇中，8.8%发生早产，其中3.8%有高血压。对于高血压或妊娠高血压孕妇，建议早期识别相关高危因素，及早补充叶酸，控制孕期

血压或服用低剂量阿司匹林等^[18]。

既往关于早产预测模型的研究, SCHAAF 等人^[7] 报告了涵盖 13 个评分项目的 1 524 058 名单胎妊娠的大样本, 但 *AUC* 值仅为 0.63。YANG 等^[19] 报告我国的单胎妊娠早产发生率为 6.7%, 因此探索符合我国人群的人口学特征和临床特征的早产风险预测模型是有必要的。此外, CELIK 等^[20] 采用宫颈管长度预测早产风险, *AUC* 值为 0.903, 结合其他产科疾病病史时, *AUC* 值达 0.919。本研究建立的预测模型 *AUC* 值为 0.749, 可以为孕妇提供早产风险预测, 并指导孕妇接受进一步的宫颈超声检查等。本研究存在一定局限性, 作为一项回顾性研究, 研究对象集中在妇产科专科医院, 可能会增加高风险病例。

参考文献

- [1] CHAWANPAIBOON S, VOGEL J P, MOLLER A B, et al. Global, regional, and national estimates of levels of preterm birth in 2014: a systematic review and modelling analysis [J]. *Lancet Glob Health*, 2019, 7 (1): 37-46.
- [2] JONES A J, EKE U A, EKE A C. Prediction and prevention of preterm birth in pregnant women living with HIV on antiretroviral therapy [J]. *Expert Rev Anti Infect Ther*, 2022, 20 (6): 837-848.
- [3] 陈桂儿, 周金英. 单胎妊娠自发性早产的影响因素研究 [J]. *预防医学*, 2024, 36 (3): 251-254.
- [4] OSKOVI KAPLAN Z A, OZGU-ERDINC A S. Prediction of preterm birth: maternal characteristics, ultrasound markers, and biomarkers: an updated overview [J/OL]. *J Pregnancy*, 2018 [2024-06-23]. <http://doi.org/10.1155/2018/8367571>.
- [5] SWEET D G, CARNIELLI V P, GREISEN G, et al. European Consensus Guidelines on the Management of Respiratory Distress Syndrome: 2022 update [J]. *Neonatology*, 2023, 120 (1): 3-23.
- [6] 蓝仙梅, 罗霞, 郑晓红, 等. 丽水市单胎活产儿早产的影响因素分析 [J]. *预防医学*, 2021, 33 (3): 313-316.
- [7] SCHAAF J M, RAVELLI A C, MOL B W, et al. Development of a prognostic model for predicting spontaneous singleton preterm birth [J]. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol*, 2012, 164 (2): 150-155.
- [8] 于永中, 李天麟. GB 3869—83 中华人民共和国国家标准体力劳动强度分级 [J]. *化工劳动保护*, 1999, 20 (5/6): 15-16.
- [9] OFTEDAL A M, BUSTERUD K, IRGENS L M, et al. Socio-economic risk factors for preterm birth in Norway 1999-2009 [J]. *Scand J Public Health*, 2016, 44 (6): 587-92.
- [10] MARGERISON C E, LUO Z H, LI Y. Economic conditions during pregnancy and preterm birth: a maternal fixed-effects analysis [J]. *Paediatr Perinat Epidemiol*, 2019, 33 (2): 154-161.
- [11] 王飞雪, 丁悦虹, 许凌. 浙江省孕前优生健康检查结果分析 [J]. *预防医学*, 2019, 31 (7): 742-743, 747.
- [12] WEI Y M, XU Q, YANG H X, et al. Preconception diabetes mellitus and adverse pregnancy outcomes in over 6.4 million women: a population-based cohort study in China [J]. *PLoS Med*, 2019, 16 (10): 1-15.
- [13] ALLEN A J, SNOWDEN J M, LAU B, et al. Type-2 diabetes mellitus: does prenatal care affect outcomes? [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2018, 31 (1): 93-97.
- [14] MENZIES R, LI A L K, MURPHY K E, et al. Risk of singleton preterm birth after prior twin preterm birth: a cohort study [J]. *J Matern Fetal Neonatal Med*, 2020, 33 (21): 3602-3607.
- [15] FUCHS F, SENAT M V. Multiple gestations and preterm birth [J]. *Semin Fetal Neonatal Med*, 2016, 21 (2): 113-120.
- [16] TAKAI I U, SAYYADI B M, GALADANCI H S. Antepartum hemorrhage: a retrospective analysis from a Northern Nigerian teaching hospital [J]. *Int J Appl Basic Med Res*, 2016, 7 (2): 112-116.
- [17] PREMKUMAR A, HENRY D E, MOGHADASSI M, et al. The interaction between maternal race/ethnicity and chronic hypertension on preterm birth [J/OL]. *Am J Obstet Gynecol*, 2016, 215 [2024-06-23]. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2016.08.019>.
- [18] DAVIES E L, BELL J S, BHATTACHARYA S. Preeclampsia and preterm delivery: a population-based case-control study [J]. *Hypertens Pregnancy*, 2016, 35 (4): 510-519.
- [19] YANG Y Y, LE RAY I, ZHU J, et al. Preeclampsia prevalence, risk factors, and pregnancy outcomes in Sweden and China [J/OL]. *JAMA Netw Open*, 2021, 4 (5) [2024-06-23]. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2021.8401>.
- [20] CELIK E, TO M, GAJEWSKA K, et al. Cervical length and obstetric history predict spontaneous preterm birth: development and validation of a model to provide individualized risk assessment [J]. *Ultrasound Obstet Gynecol*, 2008, 31 (5): 549-554.

收稿日期: 2024-02-18 修回日期: 2024-06-23 本文编辑: 徐亚慧