

• 临床研究 •

血站 MAP 洗涤红细胞在需求平稳期精准供应模型的建立与验证*

唐 琼, 王皓飚, 庄乃保[△]

(深圳市血液中心供血服务部, 广东 深圳 518000)

[摘要] 目的 建立适用于临床甘露醇腺嘌呤磷酸二氢钠(MAP)洗涤红细胞在常规用血期的精准预测模型, 为临床提供充足、及时、新鲜的血液。方法 收集 2010—2018 年深圳市血液中心洗涤红细胞 4 种血型月用量数据, 采用 Python3.12 语言分别对 4 种血型进行分析并建立最佳时间序列拟合模型, 预测 2019 年 MAP 洗涤红细胞用量并验证模型预测效果。结果 A 型洗涤红细胞用量的最佳时间序列拟合模型为季节性自回归积分移动平均模型(SARIMA 模型) $(2,1,1)(0,1,2)_{12}$; B 型洗涤红细胞用量为 SARIMA $(2,1,2)(2,1,1)_{12}$; O 型洗涤红细胞用量为 SARIMA $(2,1,1)(2,1,1)_{12}$; AB 型洗涤红细胞用量为 SARIMA $(2,1,1)(2,1,1)_{12}$ 。预测值与实际值比较, 预测值均在 95% 可信区间(95%CI)内, 平均相对误差小, A 型、B 型、O 型、AB 型分别为 -0.051% 、 -0.084% 、 -0.005% 、 -0.077% , 预测精度高, 结果可靠。结论 在常规用血期用 SARIMA 模型预测需求量准确可靠, 能在短中期内对血站制备库存起到很好的指导作用。

[关键词] 血站库存; 甘露醇腺嘌呤磷酸二氢钠; 洗涤红细胞; SARIMA 模型; 需求平稳期; 精准供应

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2025.10.016

中图法分类号: R457.1

文章编号: 1009-5519(2025)10-2337-09

文献标识码: A

Establishment and verification of a precise supply model for MAP-washed red blood cells in blood station during stable demand period*

TANG Qiong, WANG Haobiao, ZHUANG Naibao[△]

(Department of Blood Supply Service, Shenzhen Blood Center, Shenzhen, Guangdong 518000, China)

[Abstract] **Objective** To establish a precise prediction model for clinical mannitol adenine sodium dihydrogen phosphate(MAP) washed red blood cells routine blood use period, so as to provide sufficient, timely, and fresh blood for clinical use. **Methods** The monthly use data of four blood types of washed red blood cells in Shenzhen Blood Center from 2010 to 2018 were collected. Python3.12 language was used to analyze the four blood types and establish the best time series fitting model to predict the usage of MAP washed red blood cells in 2019 and verify the prediction effect of the model. **Results** The best time series fitting model for the usage of A-type washed red blood cells was SARIMA $(2,1,1)(0,1,2)_{12}$; the usage of B-type washed red blood cells was SARIMA $(2,1,2)(2,1,1)_{12}$; the dosage of O-type washed red blood cells was SARIMA $(2,1,1)(2,1,1)_{12}$; the dosage of AB-type washed red blood cells was SARIMA $(2,1,1)(2,1,1)_{12}$. Compared with the actual values, the predicted values were all within the 95% confidence interval (95%CI), with small average relative errors. The values for type A, type B, type O, and type AB were -0.051% , -0.084% , -0.005% , and -0.077% respectively. The prediction accuracy was high and the results were reliable. **Conclusion** The SARIMA model is accurate and reliable in predicting the demand during the routine blood use period, which can play a good guiding role in the preparation of blood station inventory in the short and medium term.

[Key words] Blood bank inventory; Mannitol adenine sodium dihydrogen phosphate; Washed red blood cells; SARIMA model; Stable demand period; Precision supply

合理的成分血库存量是采供血机构供血服务中的一项重要工作, 随着现代医疗水平高速发展, 成分

* 基金项目: 深圳市血液中心中心级课题(SZBC202313); 深圳市“医疗卫生三名工程”项目(SZSM202311032)。

作者简介: 唐琼(1979—), 本科, 主管护师, 主要从事供血库存管理、采供平衡、智能供血等方面的研究。 △ 通信作者, E-mail: zgneighber@126.com。

血的需求量也逐年攀升^[1]。血液库存量决定着临床的治疗抢救是否及时和充分,库存不足将影响临床的治疗,可能延误抢救时机;库存过量将使血液过于陈旧,影响输血效果^[2-5]。因此,血站制定科学、合理、精准的成分血库存是保证临床用血的关键^[6]。洗涤红细胞作为血液成分中的一种,又包含盐水洗涤红细胞和甘露醇腺嘌呤磷酸二氢钠(MAP)洗涤红细胞,深圳市血液中心在 2018 年 7 月开展 MAP 洗涤红细胞的制备后,盐水洗涤红细胞用量越来越少,取而代之的是 MAP 洗涤红细胞,随着临床对 MAP 洗涤红细胞需求加大,急需寻求并建立一种合理精准的库存制备模式,以充分满足临床用血需求。本文旨在通过统计本站 2010—2018 年临床洗涤红细胞的使用数据,利用 Python3.12 语言经过数据分析、模型建立、模型验证最终形成 MAP 洗涤红细胞库存模型,用以指导血站制备精准合理库存。

1 资料与方法

1.1 资料 收集 2010 年 1 月至 2018 年 12 月深圳市血液中心每月 A、B、O、AB 四型洗涤红细胞的用量,共计 108 个月。

1.2 方法 将 2010 年 1 月至 2018 年 12 月各型洗涤红细胞的用量数据分别按每年的 12 个月绘制曲线走势图,观察用血量的年度变化规律,利用规律建立并选取时间序列模型;运用选定的季节性自回归积分移动平均模型(SARIMA 模型)拟合用血量数据;预测深圳市血液中心 2019 年 1—12 月 MAP 洗涤红细胞用量,并将预测量与实际量比较,验证模型拟合效果。

1.3 SARIMA 模型

1.3.1 SARIMA 模型介绍 SARIMA 是 ARIMA 模型的扩展,用于预测季节性时间序列数据,包括季节性自回归(SAR)、季节性移动平均(SMA)、自回归(AR)、移动平均(MA)、季节性差分五部分组成,其模

型表达式为 $SARIMA(p,d,q)(P,D,Q)_s$,其中“p”表示非季节性自回归(AR)阶数;“d”表示非季节性差分阶数;“q”表示非季节性移动平均(MA)阶数;“P”表示季节性自回归(SAR)阶数;“D”表示季节性差分阶数;“Q”表示季节性移动平均(SMA)阶数;“s”表示季节周期的长度(如月份数据的 $s=12$,季度数据的 $s=4$)。

1.3.2 SARIMA 模型建立步骤 (1)数据可视化:对时间序列绘制时间变化趋势图,检测和处理异常值;(2)分解时序:利用 Python 中的 statsmodels STL(Seasonal and Trend decomposition using Loess)将时间序列数据分解为趋势、季节性和残差 3 个部分;(3)平稳性检验:使用 ADF 平稳性检验方法对时间序列进行平稳性检验;(4)白噪声检验:使用 Ljung-Box 检验白噪声,即 LB 白噪声检验方法。通过 statsmodel 库调用 `acorr_ljungbox()` 函数实现 LB 白噪声检验;(5)模型定阶:采用网格搜索法,AIC 最小原则定阶,确定 p,d,q 值;(6)模型的建立与检验:对建立的模型进行白噪声检验并使用 `plot_diagnostics()` 函数画出检验图像;(7)模型预测:利用得出模型预测 2019 年 MAP 洗涤红细胞用血量数据。

1.4 统计学处理 所有数据均采用 Python3.12 语言进行分析、建模, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 不同血型洗涤红细胞用量年度变化 根据 2010 年 1 月至 2018 年 12 月各血型的洗涤红细胞用量呈现不同的年度变化规律,见图 1,因此,需对每种血型用量进行单独分析。

2.2 A 型洗涤红细胞用量分析

2.2.1 数据异常值检测和处理 采用箱线图(Box Plot)方法分析并找出异常数据,分别为 AB 型 2018 年 11 月,O 型 2018 年 11 月、2017 年 11 月。采用平均值修正法修正数据。见图 2。

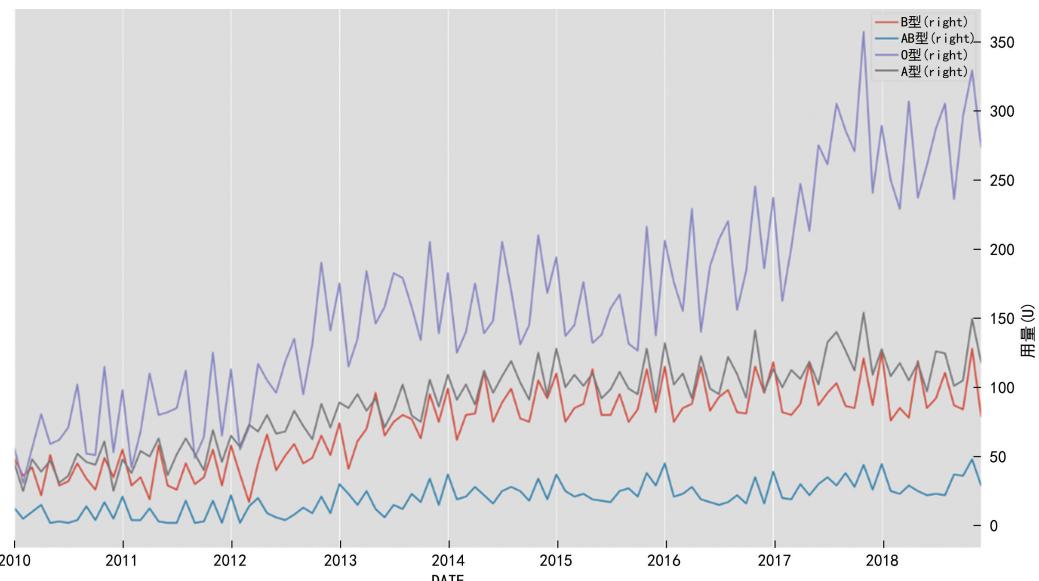
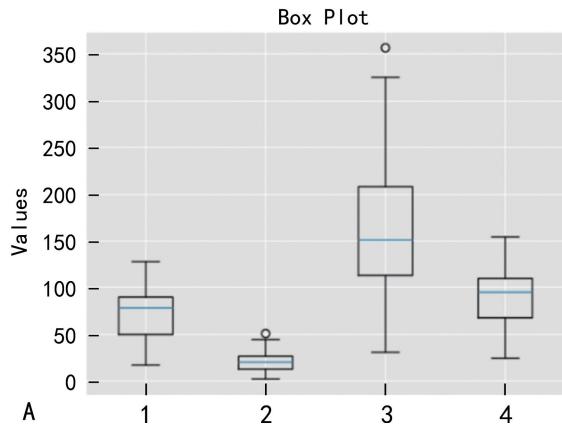


图 1 2010—2018 年洗涤红细胞月用量趋势图

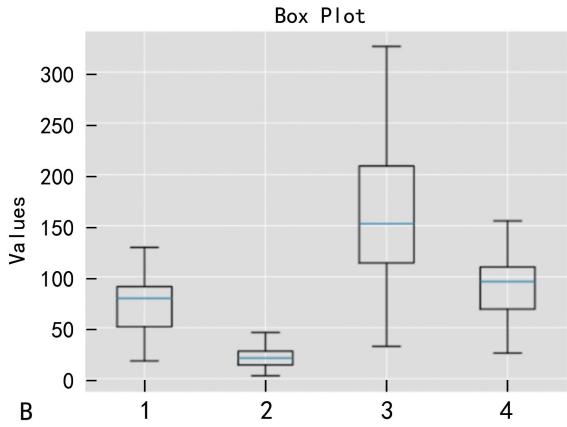
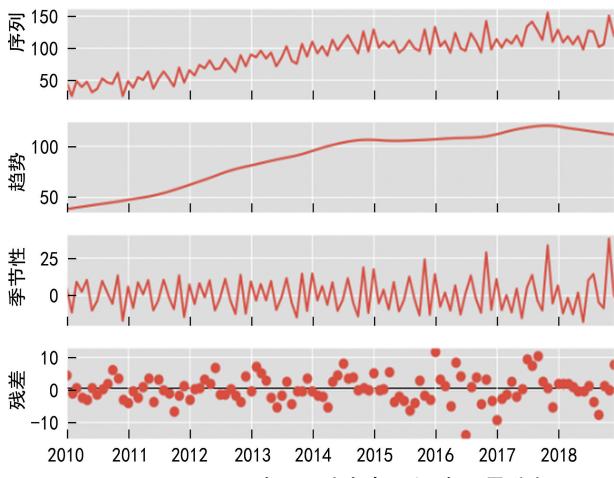
2.2.2 绘制和分解时序图 利用 Python 中的 statsmodels STL(Seasonal and Trend decomposition using Loess)将绘制的时间序列数据分解为趋势、季节性和残差 3 个部分, 分解图见图 3。从趋势图可以看出, 从 2010 年 1 月至 2018 年 12 月 A 型洗涤红细

胞用量有明显的上升趋势, 同时从季节性图可以看出有明显的周期为 12 的季节性, 每年的 1 月、7 月、8 月、12 月用量相对较高。根据图形, 初步判断序列具有趋势性和周期性的不平稳特征。因此选用季节性自回归积分移动平均模型(SARIMA)。



注: 1 代表 B 型; 2 代表 AB 型; 3 代表 O 型; 4 代表 A 型。A. 修正前; B. 修正后。

图 2



箱线图

自动选择最佳 SARIMA 阶数。遍历所有可能的 p, d, q 组合, 利用 AIC 最小原则方法选出最合适的模型, 最终得到模型 SARIMA(2,1,1)(0,1,2)₁₂。

2.2.6 模型的建立与检验 建立并训练 SARIMA(2,1,1)(0,1,2)₁₂ 模型, 对建立的模型进行残差白噪声检验并使用 `plot_diagnostics()` 函数画出检验图像(图 4), 得到的结果为“LB 白噪声检验结果: 在显著性水平 0.05 以上, 数据经检验为白噪声序列”。这说明该模型已经有效提取了数据信息, 且观察图像成正态分布, 模型通过检验。

2.2.7 模型预测 (1) 静态预测: 2010—2018 年实际值呈逐渐向上趋势且带明显季节波动, 预测值也随之呈逐渐向上趋势且带季节波动, 每年的 1 月、7 月、8 月、12 月数值相对较高, 见图 5A; (2) 预测未来: 2018 年 12 月之后, 预测未来 1 年的数据, 蓝色线均处于粉色可信区间(CI)内, 2019 年 4 月、6 月、10 月预测值下降, 2019 年 1 月、7 月、8 月、12 月预测值上升, 与前面分析基本一致, 见图 5B。

2.3 其他血型模型预测 采用上述 A 型洗涤红细胞用量分析方法, B 型、O 型、AB 型洗涤红细胞用量模型建立过程见图 6~14, 上述 3 个血型最佳时间序列拟合模型分别为 SARIMA(2,1,2)(2,1,1)₁₂、SARIMA(2,1,1)(2,1,1)₁₂、SARIMA(2,1,1)(2,1,1)₁₂。

2.4 预测用量与实际用量比较 运用以上 4 种血型模型得出各血型预测数据与实际用血量数据进行对比评估, 预测值均在 95% CI 内, 平均相对误差小, A 型、B 型、O 型、AB 型分别为 -0.051%、-0.084%、-0.005%、-0.077%。见表 1~4。

2.2.3 平稳性检验 利用 Python 中的 ADF 进行平稳性检验, 得到的结果为“ADF 平稳性检验结果: 在显著性水平 0.001 以上, 数据经检验不平稳”。由于原始数据经检验不平稳, 需要将不平稳数据转化为平稳数据。因此需将 2010 年 1 月至 2018 年 12 月 A 型洗涤红细胞月用量数据作一阶差分去除趋势和十二步季节性差分去除季节性。最后将处理后的数据进行平稳性检验, 得到的结果为“ADF 平稳性检验结果: 在显著性水平 0.001 以下, 数据经检验平稳”。

2.2.4 白噪声检验 通过 statsmodel 库调用 `acorr_ljungbox()` 函数实现 LB 白噪声检验, 白噪声检验的结果为“LB 白噪声检验结果: 在显著性水平 0.01 以下, 数据经检验为非白噪声序列”。因此, 该数据为平稳非白噪声序列, 可以继续分析。

2.2.5 模型定阶 使用 Python 中的网格搜索方法

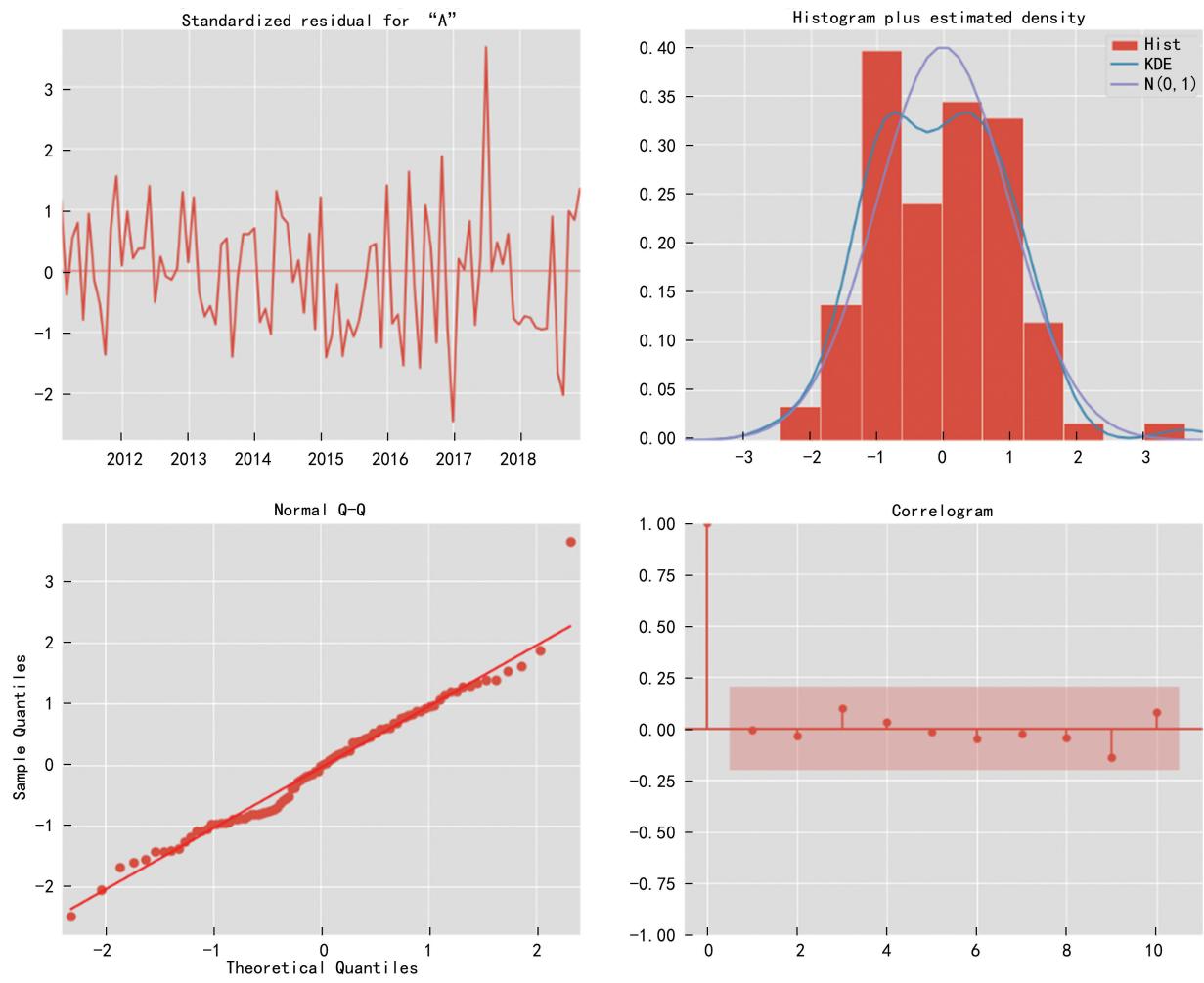
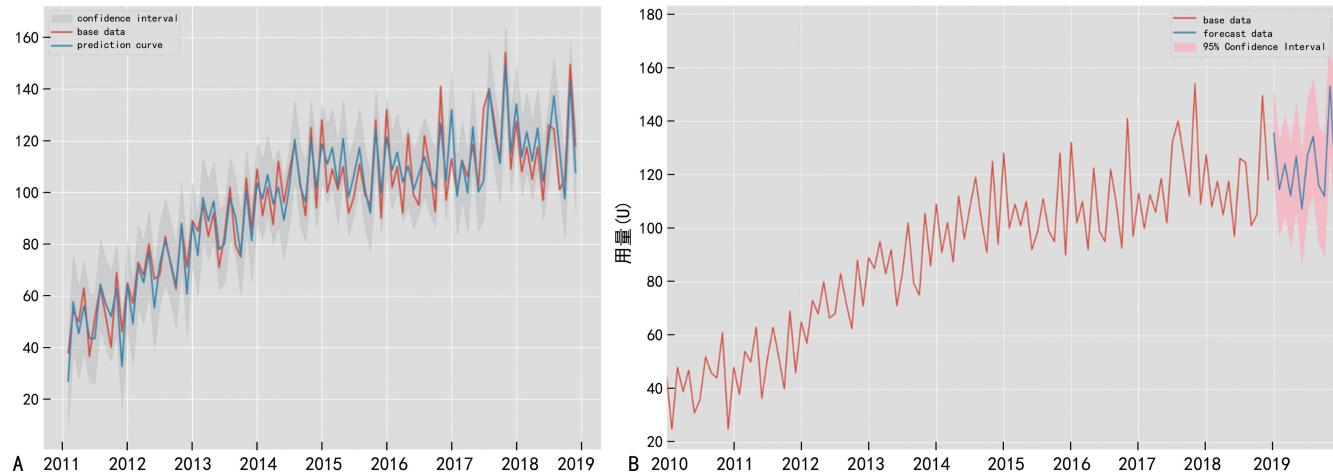


图 4 A型洗涤红细胞用量模型检验图



注: A. 静态预测; B. 未来预测。

图 5 A型洗涤红细胞用量静态预测与未来预测模型图

表 1 A型洗涤细胞预测用血量与实际用血量评估结果

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
A型实际值(U)	115.0	95.5	112.0	92.0	120.0	117.5	140.5	161.0	193.0	157.0	171.0	155.0
A型预测值(U)	135.5	114.3	124.0	112.1	126.9	107.1	127.1	134.3	116.0	111.9	153.0	118.5
95%CI 下限(U)	120.5	97.2	105.7	93.1	107.3	86.9	106.4	113.0	94.3	89.7	130.3	95.3
95%CI 上限(U)	150.5	131.5	142.2	131.1	146.5	127.3	147.9	155.5	137.8	134.2	175.8	141.7
相对误差(%)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	-0.1	-0.1	-0.2	-0.4	-0.3	-0.1	-0.2

注: 95%CI 为可信区间。

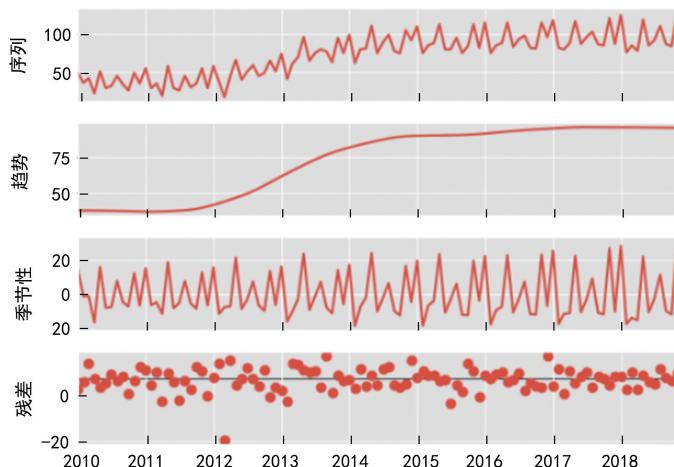


图 6 2010—2018 年 B 型洗涤红细胞用量分解图

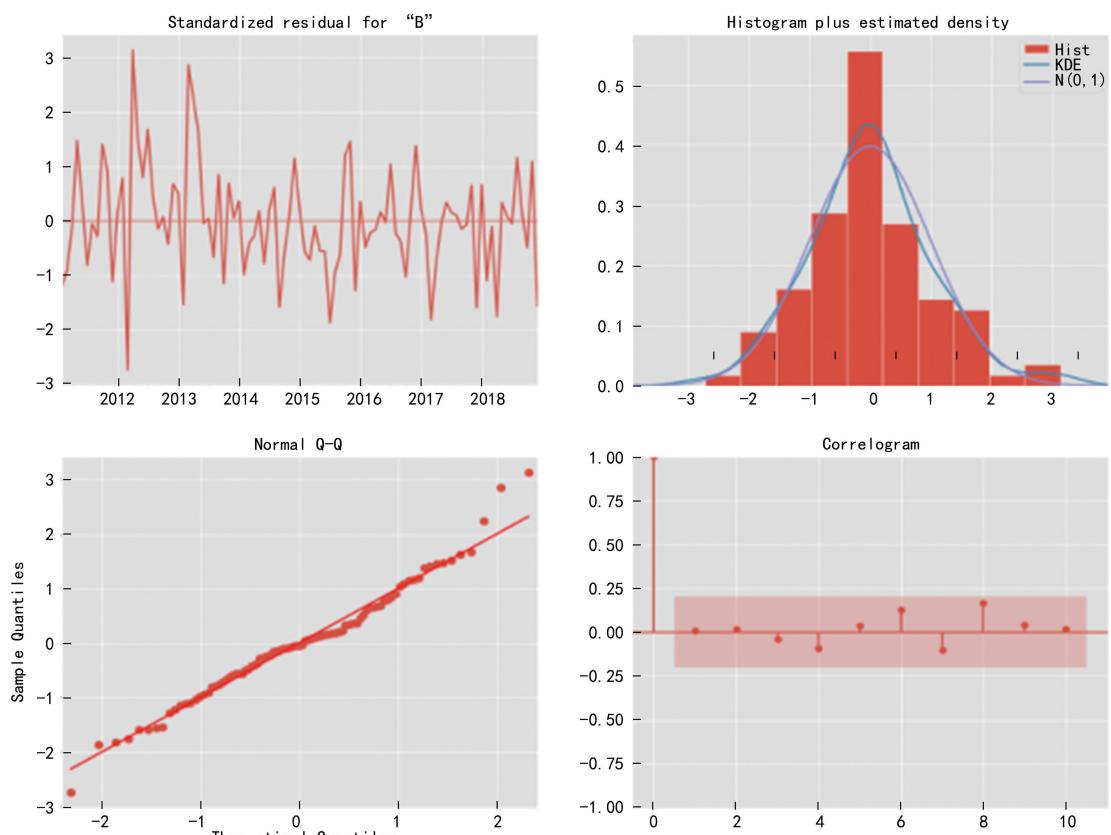
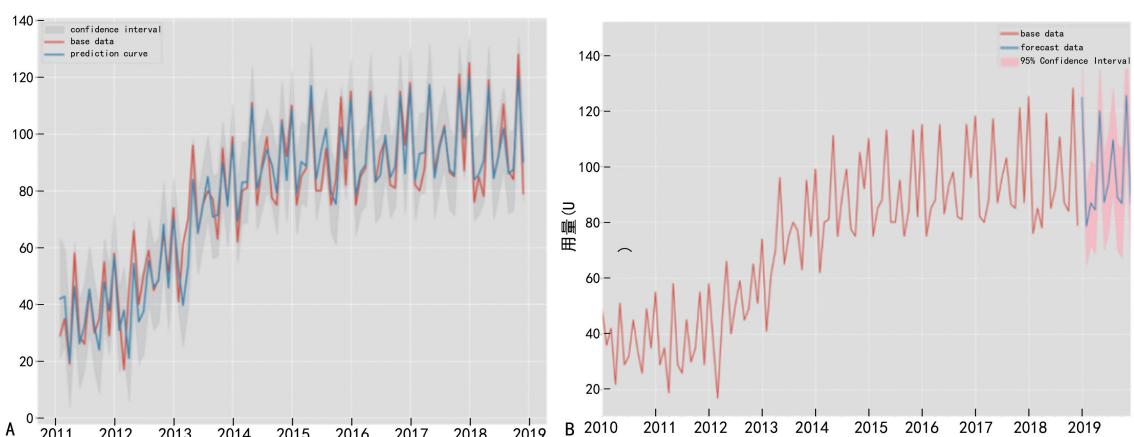


图 7 B 型洗涤红细胞用量模型检验图



注: A. 静态预测; B. 未来预测。

图 8 B 型洗涤红细胞用量静态预测与未来预测模型图

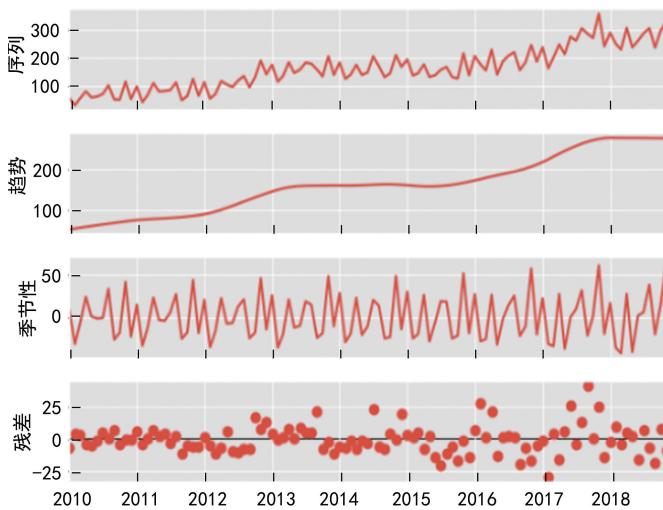


图 9 2010—2018 年 O 型洗涤红细胞用量分解图

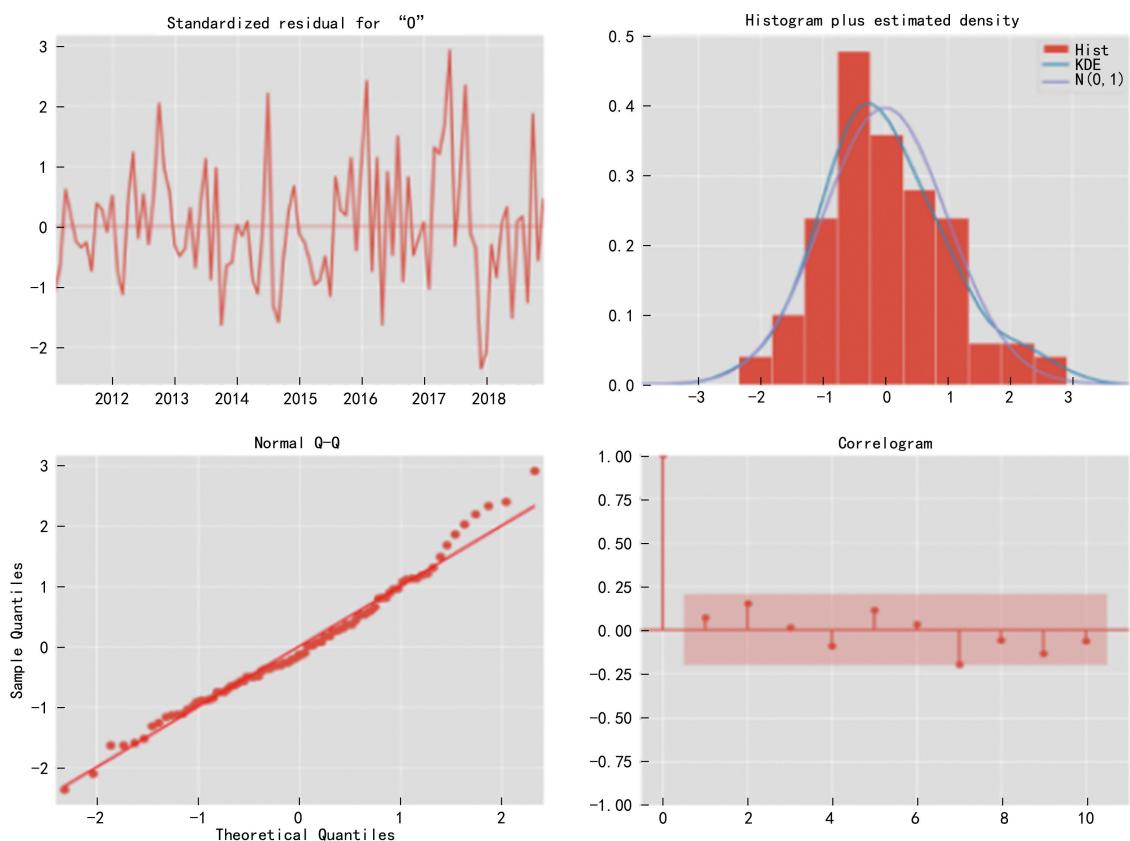
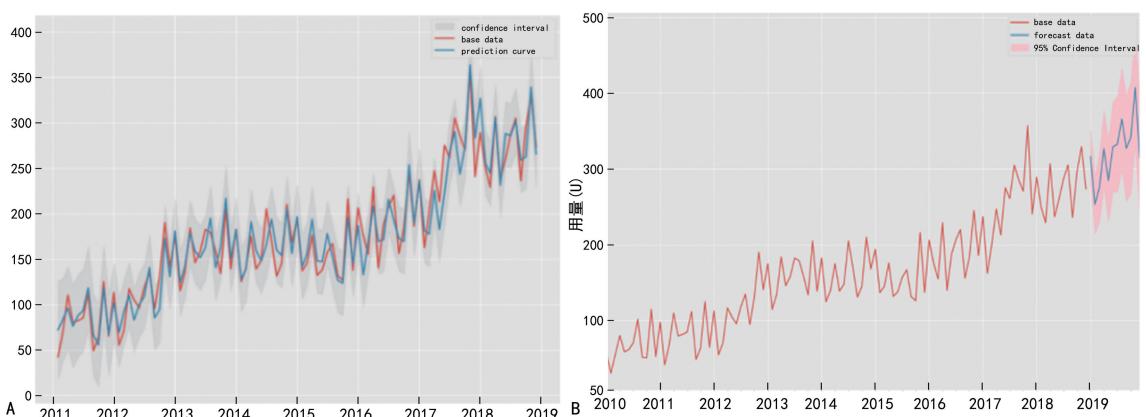


图 10 O 型洗涤红细胞用量模型检验图



注: A. 静态预测; B. 未来预测。

图 11 O 型洗涤红细胞用量静态预测与未来预测模型图

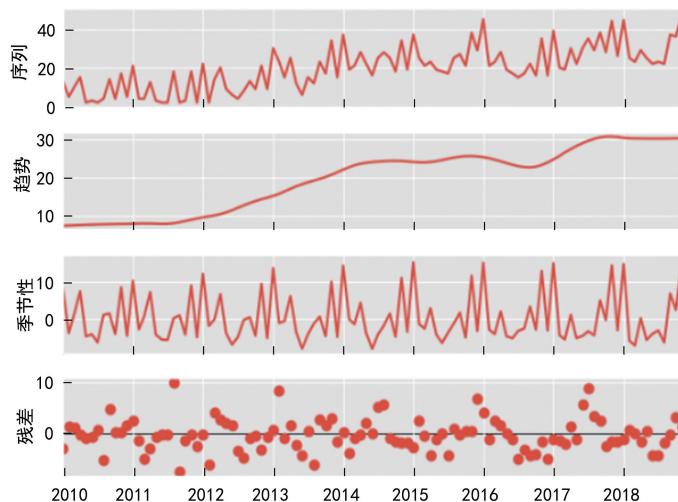


图 12 2010—2018 年 AB 型洗涤红细胞用量分解图

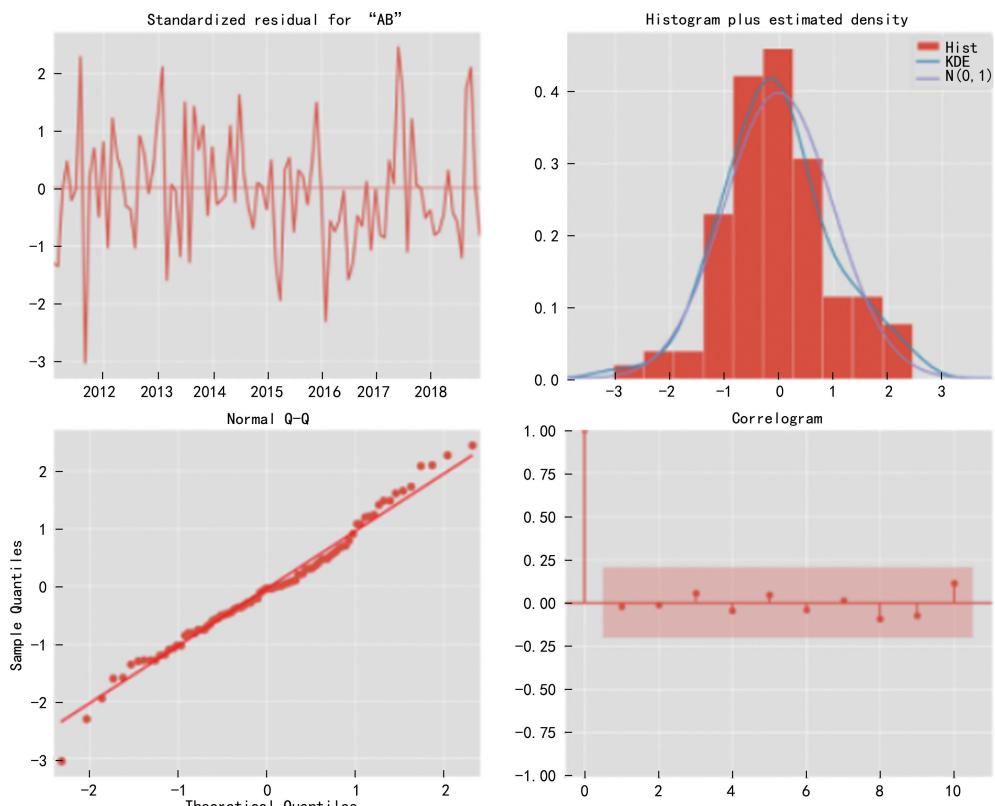
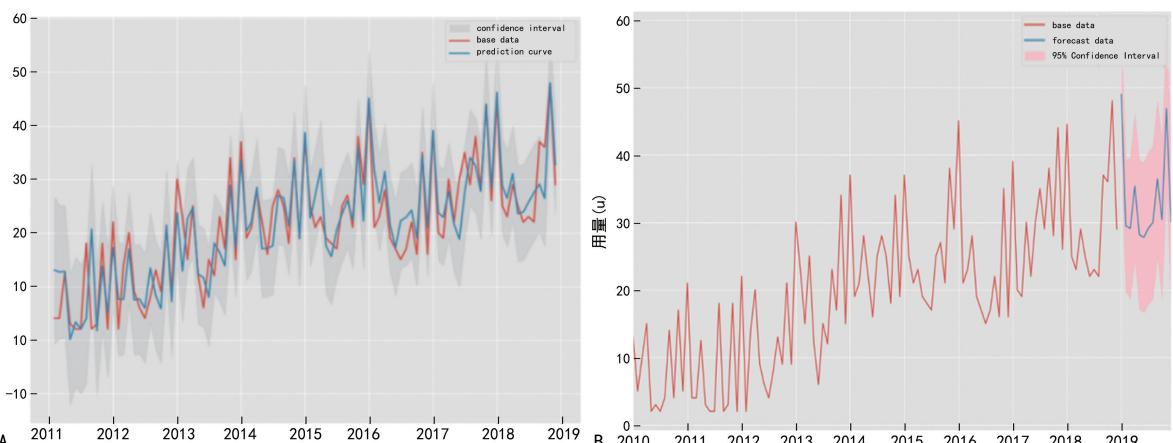


图 13 AB 型洗涤红细胞用量模型检验图



注: A. 静态预测; B. 未来预测。

图 14 AB 型洗涤红细胞用量静态预测与未来预测模型图

表 2 B 型洗涤细胞预测用血量与实际用血量评估结果

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
B 型实际值(U)	121.5	77.5	116.0	103.0	139.0	107.5	92.5	98.0	99.0	96.0	110.0	135.0
B 型预测值(U)	124.6	78.6	86.8	84.4	119.8	87.1	94.1	109.5	88.9	86.7	125.3	86.6
95%CI 下限(U)	110.4	64.4	71.8	68.5	103.3	69.9	76.3	91.0	69.8	67.2	105.2	65.9
95%CI 上限(U)	138.7	92.8	101.9	100.4	136.3	104.4	112.0	127.9	107.9	106.3	145.5	107.3
相对误差(%)	0.0	0.0	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	0.0	0.1	-0.1	-0.1	0.1	-0.4

注:95%CI 表示可信区间。

表 3 O 型洗涤细胞预测用血量与实际用血量评估结果

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
O 型实际值(U)	254.5	220.5	266.0	308.0	312.5	295.5	385.5	398.5	378.0	364.0	482.0	310.0
O 型预测值(U)	316.0	253.1	275.5	326.6	284.6	328.8	332.3	365.6	327.1	341.2	406.9	314.2
95%CI 下限(U)	280.6	214.6	230.3	276.0	230.3	269.5	269.6	298.9	257.2	267.9	330.4	234.7
95%CI 上限(U)	351.5	291.7	320.7	377.2	338.9	388.1	394.9	432.2	397.1	414.5	483.4	393.7
相对误差(%)	0.2	0.1	0.0	0.1	-0.1	0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.2	0.0

注:95%CI 表示可信区间。

表 4 AB 型洗涤细胞预测用血量与实际用血量评估结果

项目	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
AB 型实际值(U)	20.0	28.0	36.5	40.0	50.0	46.0	38.0	44.0	52.0	28.5	50.0	52.0
AB 型预测值(U)	48.9	29.5	29.1	35.4	28.2	27.8	29.1	30.0	36.4	30.4	46.8	30.1
95%CI 下限(U)	40.0	19.7	18.7	24.6	17.2	16.7	17.9	18.6	25.0	18.9	35.2	18.4
95%CI 上限(U)	57.9	39.2	39.5	46.1	39.1	38.9	40.4	41.3	47.8	41.9	58.4	41.8
相对误差(%)	1.4	0.1	-0.2	-0.1	-0.4	-0.4	-0.2	-0.3	-0.3	0.1	-0.1	-0.4

注:95%CI 表示可信区间。

3 讨 论

红细胞作为血液中运送氧气的主要媒介,在临床治疗抢救中担任着重要角色,目前血站供应红细胞类产品主要有(辐照)去白细胞悬浮红细胞、(辐照)洗涤红细胞、(辐照)浓缩去白细胞悬浮红细胞。去白细胞悬浮红细胞经过生理盐水洗涤 3~6 次后可去除≥80% 的白细胞及≥98% 的血浆蛋白,并保留≥70% 的红细胞^[7],得到洗涤红细胞,洗涤红细胞又包含(辐照)盐水洗涤红细胞、(辐照)MAP 洗涤红细胞,主要用于预防输血引起的异体蛋白、白细胞抗原的过敏反应、减少多次输血引起的相关疾病发病率等。其中盐水洗涤红细胞更适用于肾功能不全患者、老年反复输血的溶血性贫血患者、过敏体质患者^[8]、输血不良反应高危患者,以保证输血安全^[9]。但由于盐水洗涤红细胞的保质期只有 24 h,所以要求盐水洗涤红细胞只能现定现洗,不适宜储备库存。相比盐水洗涤红细胞,MAP 洗涤红细胞不仅可以明显降低患者的输血反应发生率^[10],输注效果更为显著,安全性更高^[11],而且保质期可达 35 d,适宜储备库存,临床应用更具优势。同时随着人口老龄化现象趋势加重,肿瘤患者和反复输注红细胞患者持续增多^[12],MAP 洗涤红细

胞的临床用量也日益加大,鉴于其在临床输血中的重要性,建立合理精准库存模型对于提高供血效率,减少浪费和确保血液安全显得尤为重要。

SARIMA 模型是 ARIMA 模型的扩展,可以处理具有季节性变化的时间序列数据,综合考虑了序列的趋势性、季节性、周期性和随机波动等变化规律,通过建立数学模型对血液需求进行定量化描述和表达,模型的拟合度和预测精准度都较为理想。目前对该模型的建立临床采用的工具有很多,如较常见的是 SPSS 软件^[13-14],还有 R Studio 软件^[15]、Matlab2008 软件^[16],以及清华大学开发的 Timer 软件等,本研究采用的是 Python3.12 语言,利用这几种工具均能得到理想的预测模型。

由于 ARIMA 模型预测依赖历史数据,对异常值敏感,模型识别困难,难以捕捉非线性关系,为确保模型高度拟合,数据不被人为干扰,本次研究收集的数据以 2010—2018 年非疫情防控期间深圳市血液中心洗涤红细胞临床用量数据为依据,经查证此期间没有发生影响临床用血量过多或过少的紧急事件,同时对数据进行排除异常值后再建立模型。2010—2024 年因疫情影响,数据存在很多不确定因素,特另行分析。

在收集的数据中考虑 2018 年 7 月以前全部为盐水洗涤红细胞数据, 为使收集数据更精准, 本文所有数据均包含盐水洗涤红细胞和 MAP 洗涤红细胞数据, 在实际应用中将根据 2018 年 7—12 月 A 型、B 型、O 型、AB 型 MAP 洗涤红细胞在总洗涤红细胞用量中所占比例来储备 MAP 洗涤红细胞库存, 均值分别为 91.4%、90.3%、92.3%、90.5%。同时后期也将逐年根据临床用量来调节此占比。从收集的 9 年数据中可见各型洗涤红细胞用量呈现逐年增长趋势, 从 2010—2018 年 A 型增长 150.05%、B 型增长 140.00%、O 型增长 319.54%、AB 型增长 167.16%。相比 A 型、B 型和 AB 型, O 型增长速度更快。一方面在中国人口比例中 O 型血占 34.20% 左右, A 型血占 28.72%, B 型血占 28.17%, AB 型血占 8.91%^[17]; 另一方面, 经证实在血液紧张时, 非 O 型患者输注 O 型洗涤红细胞是可行的^[18]。以上几方面因素均促使 O 型洗涤红细胞用量的增长速度高于其他 3 型。在本研究收集数据周期中 A 型血在每年的 1 月、7 月、8 月、12 月用量相对较高; B 型血在每年的 3 月、4 月、5 月、12 月用量相对较高; O 型血在每年的 1 月、5 月、9 月、12 月用量相对较高; AB 型血在每年的 4 月、9 月、11 月、12 月用量相对较高。可见各型洗涤红细胞使用数据存在不同周期性, 因此采用分开建立模型方式, 以期更能精准预测未来使用量。另外, 4 种血型除自身用血特点外, 均在每年 12 月处于用血高峰期, 说明存在季节性变化, 故模型采用 ARIMA 季节性模型。最终通过所得模型预测的 2019 年 12 个月用血数量与实际用血量相比, 平均相对误差小, A 型、B 型、O 型、AB 型分别为 -0.051%、-0.084%、-0.005%、-0.077%, 均处于 5% 以下, 预测精度高, 结果可靠。说明模型能很好地预测未来临床使用量。

然而, 由于 ARIMA 模型依赖的是历史数据建立的模型, 因此只适用于短期预测, 预测未来 1 年数据是可行的^[19], 对于远期预测应及时更新数据, 以确保模型预测的精准度。同时本研究建立的模型以疫情前期常规用血状态下的数据为依据, 未考虑疫情防控期间和大规模突发公共卫生事件下等因素影响, 因此, 此模型只适用于 MAP 洗涤红细胞在需求平稳期的用量预测。在之后的研究中, 将以疫情防控期间和疫情后期用血量数据为依据^[20], 建立更加适用于特殊时期或大规模突发公共卫生事件下, 基于临床用血量数据研究的精准库存模型。

参考文献

- [1] 陈善华, 朱丽莉, 吕红艳, 等. 保证临床用血的应对措施探析[J]. 中国输血杂志, 2011, 24(8): 695-696.
- [2] 周欢欢, 周贤平. 悬浮红细胞储存时间影响再生障碍性贫血患者悬浮红细胞输注疗效[J]. 中国输血杂志, 2021, 34(2): 146-149.
- [3] 杨博, 李肖甫. 悬浮红细胞储存时间对妇科患者输血不良反应的影响[J]. 中国输血杂志, 2017, 30(8): 917-919.
- [4] 王雪梅. ICU 患者输注不同储存期红细胞悬液后的疗效观察[D]. 泸州: 西南医科大学, 2015.
- [5] 江晓春, 吴滔滔, 王涟漪, 等. 慢性肾脏病患者输注不同储存时间红细胞后的临床疗效分析[J]. 国际检验医学杂志, 2021, 42(16): 2019-2022.
- [6] 国家卫生健康委员会. 医疗机构临床用血管理办法[EB/OL]. (2012-06-07) [2025-01-07]. <http://www.nhfpc.gov.cn/mohzcfgs/s3576/201206/55072.shtml>.
- [7] GRUBER M, BREU A, FRAUENDORF M, et al. Washing of banked blood by three different blood salvage devices[J]. Transfusion, 2013, 53(5): 1001-1009.
- [8] 王姣杰, 单泓, 李建斌, 等. MAP 红细胞保存液与生理盐水混悬洗涤红细胞的临床疗效比较[J]. 安徽医学, 2018, 39(3): 321-323.
- [9] 徐敏. MAP 洗涤红细胞和生理盐水洗涤红细胞临床效果的对比[J]. 中外医疗, 2019, 38(20): 175-177.
- [10] 黄雪梅, 谭奇周. MAP 洗涤红细胞和生理盐水洗涤红细胞的临床应用成效观察[J]. 饮食保健, 2021(24): 57.
- [11] 张磊. MAP 洗涤红细胞和生理盐水洗涤红细胞的临床效果对比分析[J]. 中国现代药物应用, 2020, 14(5): 98-100.
- [12] 宋庆华. 洗涤红细胞在反复输注红细胞患者输血治疗中的应用效果[J]. 中国现代药物应用, 2024, 18(12): 93-96.
- [13] 刘芸男, 彭荣荣, 杨冬燕, 等. ARIMA 模型在临床红细胞需求预测中的应用[J]. 安徽医科大学学报, 2019, 54(10): 1611-1615.
- [14] 谢淑红, 张思静, 严伟斌, 等. 基于 ARIMA 模型的临床红细胞类血液需求预测研究[J]. 蚌埠医学院学报, 2023, 48(5): 633-636.
- [15] 赵毓宏, 钱菲, 王孟青, 等. 基于时间序列模型的医院血液库存管理方法应用及探讨[J/CD]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2023, 16(6): 481-487.
- [16] 谢丽娟, 郑敏, 陈剑羽. 基于 ARIMA 模型的血液制剂使用量时间预测模型的建立与应用[J]. 现代医药卫生, 2020, 36(24): 4047-4051.
- [17] 孙杨, 王李秦, 牛佳萌, 等. 中国人 ABO 血型分布特征[C]//中国输血协会. 第十一届中国输血大会会议论文汇编. 成都: 中国输血杂志, 2022(A01)[2025-01-19].
- [18] 袁婷, 张利, 彭涛, 等. 非 O 型患者应急输注 O 型洗涤红细胞调查分析[J]. 西南军医, 2020, 22(5): 401-404.
- [19] 杨姝怡, 马姗姗, 苏成豪. 应用 ARIMA 模型预测厦门市 2017 年乙肝月发病率[J]. 现代预防医学, 2018, 45(10): 1729-1732.
- [20] 陈委娜, 钟建玲, 丁月平, 等. 我国地市级血站新冠疫情间红细胞成分血库存情况的回顾性分析[J]. 中国输血杂志, 2023, 36(10): 903-906.