

后疫情时代的药物援助分配问题

——以“布洛芬”药品为例

徐 菊, 宋 鑫

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2023年3月9日; 录用日期: 2023年5月22日; 发布日期: 2023年5月29日

摘 要

2023年1月8日, 国家疫情政策逐步放开, 后疫情时代到来。国内人员流动性加快, 流感等病毒加速传播, 各大药厂有限的药物资源不足以供给市场需求, 导致某些省份出现短期内的药物短缺现象。为改善这类社会问题, 本文以布洛芬药品为例, 建立援助模型, 将生产布洛芬药品的供应商与药物短缺的省份对应, 进行药物援助与分配。综合考虑多方面因素, 该药物援助模型适用于各类病毒流感引起的药物短缺问题, 具有有效性和可推广性。

关键词

药物援助, 分配问题, 0-1规划, LINGO, 运输问题

Distribution Problem of Drug Assistance in the Post-Pandemic Era

—Taking the Drug “Ibuprofen” as an Example

Ju Xu, Xin Song

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Mar. 9th, 2023; accepted: May 22nd, 2023; published: May 29th, 2023

Abstract

On January 8, 2023, the national epidemic policy was gradually lifted, ushering in the post-epidemic era. The rapid mobility of domestic personnel, the accelerated spread of influenza and other viruses, and the limited drug resources of major pharmaceutical companies are not enough to supply the market demand, leading to short-term drug shortage in some provinces. In order to improve such social problems, this paper takes ibuprofen drugs as an example and establishes an aid model to

match the suppliers of ibuprofen drugs to the provinces with drug shortages for drug aid and distribution. Considering various factors, the drug aid model is suitable for drug shortage caused by various viruses and influenza, and has the effectiveness and extensibility.

Keywords

Drug Assistance, Distribution Problem, 0-1 Program, LINGO, Transportation Problem

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

我国在疫情防控政策上经历了突发疫情的应急围堵、常态化疫情防控的探索、全方位综合防控等不同阶段。通过各项科学精准的高效防控措施,有效遏制了疫情大面积蔓延,降低了病毒的传播性和危险性,最大限度减少了疫情对人民群众生命和对经济社会发展的影响[1]。目前随着奥密克戎变异株的致病性逐步减弱,新冠疫苗接种的普及,疫情防控政策的不断改善,我国疫情防控已步入新阶段[2]。2023年1月8日,国家卫生健康委将新型冠状病毒感染调整为“乙类乙管”后,国家疫情政策逐步放开,后疫情时代到来。国内人员流动性加快,新冠、流感等病毒加速传播,药品需求急剧提升[3]。

目前市场上挂名生产布洛芬的药厂大多因为缺乏某种原料而停止布洛芬的生产[4]。生产布洛芬的药厂分布在全国不同省份,生产产量不同,各省份疫情开始蔓延的时间和速度也有差异,导致疫情突然爆发时,部分省份无法获得足够的药物供给,而一些疫情情况并不严重的省份有过量的药物资源。目前,药物方面的研究集中于,疫情时代下药物临床试验影响[5] [6]、药物管制[7]等。疫情援助方面的研究集中于,分析国际间援助物资带来的经济影响[8]、疫情防控中的社会和心理援助的重要性[9] [10]等。药物援助研究尚未有创新性的研究结果。为解决这一问题,优化药物资源在各省份的供给情况。本文将根据疫情防控政策放开后,以疫情第一次大规模爆发时的数据为基础,建立模型寻求药物援助方案,对接药物生产商,解决各省份药物短缺的问题。

2. 模型建立与求解

2.1. 问题描述

中国现有34个省级行政区,可以进行药物援助的供应商是有限的,考虑到一些行政区的特殊性和自身医疗资源较丰富,为了防止计算过程过于冗杂,本文将34个省级行政区缩减至25个省,并将其划分成六大片区(华北、华东、东北、中南、西北、西南)。研究发现,大规模且生产普遍功效的布洛芬供应商数量有限,需在全国省份中选择部分省份进行援助,此问题符合运筹学中的0-1规划问题;完成省份的选择后,在将各省份与供应商对应时,按照一个省份对应一个供应商,一个供应商只能援助一个省份的方法。此药物援助问题可以利用运筹学0-1规划问题求解。在建立模型的过程中需要考虑的因素:

- 1) 如何从34个省级行政区中选出16个进行药物援助;
- 2) 在药物援助过程中,着重考虑当地的医疗资源情况,疫情严重情况和人口占比,多因素综合评定需要药物援助的省级行政区;
- 3) 将供应商与省级行政区一一对应并确定各供应商分别援助的省级行政区;
- 4) 寻求合理援助方案,确保每个片区内药物资源充足。

2.2. 模型建立

2.2.1. 模型一：分配药物省份的确定

1) 问题分析

从 25 个省份中选择 16 个省份进行药物援助，选择时应考虑省份医疗资源情况，人口占比和疫情严重程度，且需确保六个片区能得到相对均等的药物援助，保证援助的公平性，有效性，助力缩小由于缺乏药物资源带来的不良后果。

2) 变量设定

设江苏、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、广西、海南、贵州、云南、西藏、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、河北、山西、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江分别设为 $x_i (i=1,2,\dots,25)$ 。其中，

$$x_i = \begin{cases} 0, & \text{当没有选中} x_i \\ 1, & \text{当选中} x_i \end{cases} \quad (i=1,2,\dots,25) \quad (1)$$

3) 目标函数设定

此分配问题旨在改善疫情集中爆发时药物分配不均的情况，该地的医疗资源越落后说明越需要药物援助，完成药物援助后，可提高当地药物资源水平，因此当地的医疗资源水平应在价值系数中占较大比重。为了保证模型的合理性和有效性，在此设置综合分值为价值系数，即综合各省份医疗资源水平、疫情严重程度和人口占比三方面得出的分值。目标函数为找出最需援助的城市，即公式：

$$\max z = \sum_{i=1}^{25} a_i x_i \quad (a_i \text{ 为综合分值}) \quad (2)$$

4) 约束条件确定

约束条件从省份医疗资源水平，疫情严重程度，人口占比三个方面考虑。根据表 1，由各省份的疫情严重程度，人口占比数值，这两个指标数值越大，说明该地疫情爆发程度越大，未来感染人数的增长越快，药品供给需求增大。由此可知这两个数值大小与省份需要援助的缓急程度成正比，将疫情最严重省份参考数值设为 100，再将第二严重的省份实际数值占最严重省份实际数值数比例的百分数设为第二严重省份的参考数值，以此类推。而医疗资源水平与省份需要援助缓急程度成反比，医疗资源越落后，参考数值越低，说明越需要援助。最后，将三个参考数值综合，以医疗资源水平占 50%，疫情严重程度占 30%，人口占比占 20%，得出综合分值。

且考虑到疫情管控放松后，人员流动性变快，相邻城市爆发疫情时，同一片区内感染的可能性增大，导致药物供应量可能不足[11]，因此要保证片区内有充足的药物资源，在设立约束条件不等式时，考虑以片区为单位，一个片区内至少有 2 个城市被援助。

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \leq 3 \\ x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + x_{11} \leq 4 \\ x_{12} + x_{13} + x_{14} \leq 3 \\ x_{15} + x_{16} + x_{17} + x_{18} + x_{19} \leq 4 \\ x_{20} + x_{21} + x_{22} \leq 2 \\ x_{23} + x_{24} + x_{25} \leq 2 \\ \sum_{i=1}^{25} x_i = 16 \\ x_i \in \{0,1\} \quad i=1,2,\dots,25 \end{cases} \quad (3)$$

Table 1. Composite scores for each province
表 1. 各个省份的综合分值

	省份	医疗资源水平		人口(万人)		疫情严重程度(人)		综合分值
		实际数值	参考数值	实际数值	参考数值	实际数值	参考数值	
华东	江苏	71	8	8505	67	3847	64	47.8
	安徽	46	32	6113	48	1704	43	40.7
	福建	36	41	4187	33	7977	82	59.9
	江西	49	29	4517	36	1549	37	34.4
	山东	104	6	10,170	80	4782	67	51.3
中南	河南	59	23	9883	78	9047	88	66.5
	湖北	70	11	5830	46	68,861	100	62.5
	湖南	50	28	6622	52	2868	55	46.3
	广东	122	5	12,684	100	62,367	97	70
	广西	45	33	5037	40	2447	49	42.4
	海南	14	57	1020	8	10,434	91	64.2
西南	贵州	29	48	3852	30	1794	46	43.4
	云南	47	31	4690	37	5404	73	53.2
	西藏	7	85	366	3	1522	34	43.1
西北	陕西	39	38	3954	31	5558	79	57.1
	甘肃	17	55	2490	20	1563	40	40.5
	青海	10	60	594	5	536	31	34.5
	宁夏	6	100	725	6	241	28	45.2
	新疆	43	35	2589	20	2632	52	40.5
华北	河北	46	32	7448	59	2929	58	50.4
	山西	42	36	3480	27	5096	70	51.2
	内蒙古	33	44	2400	19	8389	85	59.5
东北	辽宁	66	16	4229	33	3087	61	41.9
	吉林	31	46	2375	18	40,487	94	64.4
	黑龙江	68	14	3125	25	5473	76	47.2

上表数据中, 省份的医疗资源水平数据来源于国家统计局对各省三甲医院数量的统计数量; 疫情严重程度数据来源于新浪疫情实时查中统计的 2022 年 11 月 21 日至 12 月 20 日之间各省上报的新冠疫情确诊人数。在选择数据时, 为体现数据的可靠性, 对于援助省份不仅只考虑一种因素, 在疫情严重时期, 省份的感染人数决定了药物需求量, 当地医疗资源状况决定了当地药物的供应量, 若是需求量远大于供给量时, 需要对该省份进行药物援助[12]。为了增加数据的科学性, 加入人口因素, 省份人口越多说明人口流动性越强, 病毒传播速度更快, 且人口基数越大, 药物需求量将相应增大, 供不应求的可能性越大

[13]。另外,在数据来源的选择上,在考虑医疗资源水平时,若将省份每年布洛芬的供给量作为参考标准,则使模型仅局限于该药物,缺乏可拓展性,因此选择省份三甲医院的数量作为参考标准[14]。

2.2.2. 模型二: 确定援助模型

1) 问题分析

确定需要药物援助的省份后,需将供应商与省份一一对应(表 2),由分析可得,此问题可利用运筹学中的运输问题进行求解。

Table 2. Basic information of ibuprofen suppliers

表 2. 布洛芬供应商基本信息

序号	供应商	生产地点	产能	产量(以日为单位)
1	亨迪药业	湖北省	3500 吨	9.5 吨
2	新华制药	山东省	8000 吨	22 吨
3	常州制药	江苏省	日产 150 万片	0.3 吨
4	太原药业	山西省	日产 2400 万片	4.8 吨
5	哈药集团	黑龙江	日产 10.8 万盒	0.43 吨
6	润都制药	广东省	日产 150 万颗	0.3 吨
7	仁和制药	江西省	日产 100 万颗	0.2 吨
8	人福医药	湖北省	日产 40,000 瓶	0.4 吨
9	九洲药业	浙江省	日产 50,000 瓶	0.5 吨
10	石药集团	河北省	年产量 10 亿片	2.7 吨
11	康恩贝制药	浙江省	日产量 120 万袋	2.4 吨
12	华特达因	山东省	日产 20,000 瓶	0.2 吨
13	恒瑞医药	江苏省	日产 60,000 瓶	0.6 吨
14	太极集团	重庆市	日产 160 万片	0.35 吨
15	特一药业	广东省	年产 448,580 万片	1.2 吨
16	永宁制药	济南省	月产 1000 万片	0.13 吨

2) 变量设定

$$x_i = \begin{cases} 0, & \text{当 } A_i \text{ 不援助 } B_j \text{ 时} \\ 1, & \text{当 } A_i \text{ 援助 } B_j \text{ 时} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, 16) \quad (4)$$

3) 目标函数设定

在设定价值系数时,主要考虑两个因素,第一供应商的生产地点与省份之间的距离问题,距离越近,资源耗费越少,援助效果越好;第二供应商的产量与省份人口数量之间的关联性,大批量生产的供应商应对应人口较多的省份。综合出各供应商与各省份之间的援助效果,绘制出援助评分表,具体如表 4 所示。其中每个数字 a_{ij} 对应 A_i 援助 B_j 的援助效果,模型目标为确保援助效果达到最大。即目标函数为

$$\max z = \sum_{j=1}^{16} a_{ij} x_{ij} \quad (a_{ij} \text{ 对应 } A_i \text{ 援助 } B_j \text{ 的援助效果}) \quad (5)$$

4) 约束条件确定

确保每个供应商都能援助一个省份, 每个省份都有供应商进行药物援助。则该模型约束条件如下:

$$\text{s.t.} \begin{cases} \sum_{i=1}^{16} x_{ij} = 1 & (i=1,2,\dots,16) \\ \sum_{j=1}^{16} x_{ij} = 1 & (j=1,2,\dots,16) \\ x_{ij} \in \{0,1\} & (i,j=1,2,\dots,16) \end{cases} \quad (6)$$

2.3. 模型求解

2.3.1. 模型一求解: 确定需要分配药物的省份

利用 LINGO 软件, 如表 3, 解得需要援助的省份, 在 0-1 规划问题中, “1” 表示需要援助, “0” 表示不需要援助。

Table 3. Province selection

表 3. 省份选择情况

江苏	1	西藏	1
安徽	0	陕西	1
福建	1	甘肃	0
江西	0	青海	0
山东	1	宁夏	1
河南	1	新疆	0
湖北	1	河北	0
湖南	0	山西	1
广东	1	内蒙古	1
广西	0	辽宁	0
海南	1	吉林	1
贵州	1	黑龙江	1
云南	1		

2.3.2. 模型二求解: 对应供应商和相应省份

利用 LINGO 软件求解, 如表 4, 标色方格表示省份与供应商的对应, 如亨迪药业援助贵州省, 新华制药援助河南, 以此类推。

2.4. 模型稳健性检验

利用运筹学中分配问题的匈牙利算法对模型进行有效性检验。主要思想为: 分配问题的最优解的价值矩阵的每一行(列)的各元素减去该行(列)的最小元素, 得到新矩阵的最优解与原问题最优解相同。

因此具体步骤为将原价值矩阵进行缩减, 再利用匈牙利法对矩阵进行标号调整, 得出最优分配方案, 若与软件解出答案相同, 则可证模型的准确性。

公式(7)为行列缩减后的矩阵, 经过行列标号, 调整分配后得到公式(8), 最优分配与软件得出解相同, 证明模型具有准确性。

Table 4. Aid model scoring form [15]

表 4. 援助模型评分表[15]

		江苏	福建	山东	河南	湖北	广东	海南	贵州	云南	西藏	陕西	宁夏	山西	内蒙古	吉林	黑龙江
		B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
亨迪药业	A1	95	95	90	98	100	95	75	95	85	75	100	85	95	80	75	70
新华制药	A2	95	85	100	95	90	80	75	80	75	70	90	85	90	90	85	80
常州制药	A3	88	78	83	78	78	73	68	73	68	63	73	68	73	68	63	58
太原药业	A4	79	74	84	89	84	74	69	79	74	74	89	84	94	89	84	79
哈药集团	A5	64	54	74	69	64	54	49	59	54	64	69	64	74	89	89	94
润都制药	A6	73	83	73	73	78	88	83	78	73	63	73	68	68	63	58	53
仁和制药	A7	78	83	78	78	83	83	78	73	68	63	73	68	68	68	63	58
人福医药	A8	89	89	84	92	94	89	69	89	79	69	94	79	89	74	69	64
九洲药业	A9	89	89	84	84	84	84	79	79	74	64	79	74	74	69	64	59
石药集团	A10	84	74	89	89	84	74	69	69	64	69	84	79	89	79	74	69
康恩贝制药	A11	89	89	84	84	84	84	79	79	74	64	79	74	74	69	64	59
华特达因	A12	83	73	88	83	78	68	63	68	63	58	78	73	78	78	73	68
恒瑞医药	A13	94	84	89	84	84	79	74	79	74	69	79	74	79	74	69	64
太极集团	A14	77	77	72	72	72	72	67	67	62	52	67	62	62	57	52	47
特一药业	A15	73	83	73	73	78	88	83	78	73	63	73	68	68	63	58	53
永宁制药	A16	83	73	88	83	78	68	63	68	63	58	78	73	78	78	73	68

$$\begin{pmatrix}
 15 & 20 & 5 & 8 & 15 & 20 & 5 & 20 & 15 & 5 & 15 & 5 & 15 & 0 & 0 & 0 \\
 15 & 10 & 15 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 5 & 5 & 10 & 10 & 10 & 10 \\
 20 & 15 & 10 & 0 & 5 & 10 & 10 & 10 & 10 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 15 & 10 & 10 & 10 \\
 5 & 0 & 10 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5 & 5 & 15 & 5 & 5 & 15 & 30 & 35 & 45 \\
 10 & 25 & 5 & 0 & 10 & 30 & 30 & 20 & 20 & 10 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 10 & 20 & 5 & 0 & 10 & 20 & 20 & 10 & 10 & 5 & 0 & 0 & 15 & 0 & 0 & 0 \\
 15 & 20 & 5 & 8 & 15 & 20 & 5 & 20 & 15 & 5 & 15 & 5 & 15 & 0 & 0 & 0 \\
 20 & 25 & 10 & 5 & 10 & 20 & 20 & 15 & 15 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 10 & 5 & 10 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 & 5 & 5 & 5 & 15 & 5 & 5 & 5 \\
 20 & 25 & 10 & 5 & 10 & 20 & 20 & 15 & 15 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 15 & 10 & 15 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 5 & 5 & 10 & 10 & 10 & 10 \\
 20 & 15 & 10 & 0 & 5 & 10 & 10 & 10 & 10 & 5 & 0 & 0 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 20 & 25 & 10 & 5 & 10 & 20 & 20 & 15 & 15 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 10 & 25 & 5 & 0 & 10 & 30 & 30 & 20 & 20 & 10 & 5 & 5 & 5 & 0 & 0 & 0 \\
 15 & 10 & 15 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 5 & 0 & 5 & 5 & 10 & 10 & 10 & 10
 \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$\begin{pmatrix}
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix} \quad (8)$$

2.5. 进一步分析

本文在建立模型一的过程中,选择援助省份时经历了两次筛选,第一次筛选是从34个省级行政区中选出25个,此时主要考虑省份的地理位置,当地医疗资源和GDP情况。地理位置过于偏远,医疗资源和GDP同时排名较高的省份暂不作为援助省份。第二次筛选时,不仅从省份的感染人数、人口基数和医疗资源水平三方面综合考虑,同时保证六个划分区域中至少有2~3个省份被援助,提高药物援助模型的有效性和公平性。

建立模型二时,首先考虑供应商与援助省份之间的距离,得出第一个援助分值,相同省份则将援助效果设为100分,临近省份设为95分,距离越远依次降低分值。其次考虑供应商布洛芬产量与省份人口的关联性,得出第二个援助分值。将供应商以布洛芬产量为标准划分为不同层级,第一层级为产量最高

的供应商,如新华制药,其援助所有省份都设为100分,第二层级设为95,以此类推。再将两个分值综合得到表中的援助效果 a_{ij} 。综合多因素考虑,使援助模型具有真实性和实用性。

3. 总结与展望

本文基于运筹学中分配问题和运输问题思想,根据2022年底新冠疫情爆发时的数据分析,构建并求解出0-1规划模型和援助分配模型。两个模型的建立过程中,均结合多因素考虑问题,最终由历史数据和数学理论的角度筛选出需要援助的省份,并确定其对应的供应商,使模型具有一定的有效性、合理性和公平性。在后续的研究中,可加入多因素综合考虑。同时引入智能监测系统,实时更新各省份疫情动态,不断修改数据,利用原有模型,得出适用于多种状况的最新援助方案。

此外,本文模型不仅适用于新型冠状病毒和布洛芬药品,可推广至每一种高发流感等病毒的传播与药品分配问题。即某种流感在全国范围内突发蔓延时,治疗相应症状的药品可能出现货源不足的情况,基于此模型,调整相应数据,解得新的援助方案。同时,可在模型基础上,构建跟踪预测模型,跟踪各省份得到药物援助后的感染人数的变化,由此不断优化完善模型。本文建立的模型具有可拓展性,随着相关数据的精确度和真实性的提高,模型的拟合性将会进一步提升。

参考文献

- [1] 邓玮,董丽云. 协同式应急:重大疫情中的医疗挤兑与合作治理——以新冠肺炎疫情为例[J]. 华南理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(1): 104-112.
- [2] 姚金伟,张兰心. 中国应对新冠疫情防控政策研究——基于国家治理现代化的视角[J]. 人文杂志, 2022(3): 33-42.
- [3] 陈琳宁,丁锦希,姚雪芳,等. 国外短缺药品定义及对我国的启示[J]. 现代商贸工业, 2021, 42(36): 28-30.
- [4] 梁晴. 新华制药开足马力生产布洛芬[J]. 山东国资, 2022(12): 15.
- [5] 傅正堂,董沛武,李周秩,等. 突发公共卫生事件下疫情防控与医疗物资协同保障研究[J]. 工业工程与管理, 2021, 26(3): 8-17.
- [6] 何雪兰,杨旭,苏钿欢,等. 新型冠状病毒肺炎疫情下药物临床试验机构管理策略[J]. 今日药学, 2022, 32(3): 198-201.
- [7] 崔欢欢,裴小静,谢松梅,等. 疫情期间药物临床试验安全监管的思考[J]. 中国临床药理学杂志, 2020, 36(12): 1752-1755+1767.
- [8] 毕康俊,王玮. 疫情防控常态化背景下加强羟考酮相关药物管制的思考[J]. 山西警察学院学报, 2023, 31(1): 88-93.
- [9] 谈谭,王蔚. 中国提供全球卫生公共产品的路径分析——以中国援助西非国家抗击埃博拉疫情为例[J]. 国际观察, 2017(5): 113-127.
- [10] 徐迅,胡仙芝. 心理疏导和社会援助让中国抗疫凸显人文关怀——我国抗击新冠疫情的经验和启示[J]. 中国经济报告, 2021(6): 131-136.
- [11] 刘苏苏,茅宁莹. 集中带量采购政策对药品供应保障的影响[J]. 中国药事, 2021, 35(4): 380-385.
- [12] 靳淑雁,赵敏捷,郑静,等. 深圳市新冠肺炎疫情防控经验与启示[J]. 卫生软科学, 2023, 37(1): 77-81.
- [13] 刘俊杰,孙钦莹. 后疫情时代应急物资调度排队模型优化研究[J]. 物流科技, 2023, 46(5): 13-16+31.
- [14] 李晓荷,陈震. 1989年-2021年6月国内药品短缺研究可视化分析[J]. 中国现代应用药学, 2022, 39(23): 3142-3147.
- [15] 国家统计局编. 中国统计年鉴2021[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.