

# 南通市新型冠状病毒疫苗分配及管理思考

顾婷, 张玉霞, 蒋涛, 金红梅

南通市疾病预防控制中心, 江苏 南通 226001

**摘要:** **目的** 设计新型冠状病毒(简称新冠病毒)疫苗分配方法, 研究分析南通市新冠病毒疫苗的分配及管理策略情况。**方法** 列举2021年3—8月南通市疾病预防控制中心对新冠病毒疫苗的测算分配方法, 并对其分配策略进行探讨。**结果** 2021年3—8月南通市新冠病毒疫苗共计分配数为1 262万剂, 人均分配疫苗1.63剂, 标准差为0.12, 疫苗周转率整体提高, 疫苗系数趋于稳定, 疫苗系统方差降低。**结论** 南通市新冠病毒疫苗分配及管理策略效果良好, 计划合理, 保障了新冠病毒疫苗在各地之间的公平分配, 较好地满足了人群接种需求。

**关键词:** 疫苗分配; 疫苗计划; 疫苗管理; 分配策略

**中图分类号:** R186 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-3110(2023)03-0372-04 **DOI:** 10.3969/j.issn.1006-3110.2023.03.031

## Consideration on distribution and management of SARS-CoV-2 vaccines in Nantong City

GU Ting, ZHANG Yu-xia, JIANG Tao, JIN Hong-mei

Nantong Municipal Center for Disease Control and Prevention, Nantong, Jiangsu 226001, China

Corresponding author: JIN Hong-mei, E-mail: 158461547@qq.com

**Abstract:** **Objective** To design the distribution method of SARS-CoV-2 vaccines, and to analyze the distribution and management strategy for SARS-CoV-2 vaccines in Nantong City. **Methods** We listed the calculation and distribution methods of SARS-CoV-2 vaccines issued by Nantong Municipal Center for Disease Control and Prevention from March to August 2021, and then discussed the distribution strategy. **Results** A total of 12.62 million doses of SARS-CoV-2 vaccine were issued from March to August 2021, with 1.63 doses per person and the standard deviation (SD) being 0.12. The turnover rate of SARS-CoV-2 vaccines increased, the vaccine coefficient was tending towards stability, and the variances of SARS-CoV-2 vaccine usage coefficient decreased by a large margin. **Conclusion** The strategy for SARS-CoV-2 vaccine distribution and management in Nantong City shows good results, and the vaccine planning is reasonable, which guarantees the fair distribution of SARS-CoV-2 vaccines among all regions and meets the needs of population vaccination.

**Keywords:** vaccine distribution; vaccine planning; vaccine management; distribution strategy

新型冠状病毒感染是由新型冠状病毒(简称新冠病毒)感染后引起的一种急性呼吸道传染病, 以发热、干咳、乏力为主要表现, 严重者可快速进展为急性呼吸窘迫综合征、脓毒症休克、难以纠正的代谢性酸中毒和凝血功能障碍及多器官功能衰竭等<sup>[1]</sup>。疫苗接种是预防、控制相应传染病的有效手段。自新冠疫情大流行以来, 全球加速推进疫苗研发。接种新冠病毒疫苗在构建群体免疫屏障和疫情防控中起到重要作用<sup>[2]</sup>。世界卫生组织强调, 需要关注新冠病毒变异株高度传播带来的挑战以及对公共卫生系统和提供卫生服务造成的负担, 认识到所有国家脆弱群体及时公平接种新冠病毒疫苗的重要性<sup>[3]</sup>。在接种初期, 疫苗供应有限, 如何根据社会人口最优化分配疫苗是最主要问

题<sup>[4]</sup>。2020年12月18日开始, 根据国家和省级部署要求, 南通市开展新冠病毒疫苗全民免费接种工作。2021年3—8月南通市疾病预防控制中心(简称南通市CDC)接收江苏省疾病预防控制中心和生产企业配送的新冠病毒疫苗共计1 291万剂, 分配1 262万剂, 本研究对2021年3—8月南通市新冠病毒疫苗的分配状况进行分析, 评价疫苗分配平衡性, 探讨疫苗管理新策略。

### 1 材料与方法

1.1 研究对象 南通市CDC及所辖县(市、区)CDC。  
1.2 方法创建多重、多维、动态疫苗分配测算方法体系 在不同阶段, 根据疫苗库存、接种对象、接种任务、接种能力等因素, 创建多种疫苗分配测算方法。利用人均疫苗分配数标准差、疫苗周转率、疫苗系数和疫苗系数方差对新冠病毒疫苗库存均衡性进行评价。

1.2.1 缺口补齐法 以各地疫苗库存数和全市任务

**作者简介:** 顾婷(1986-), 女, 江苏南通人, 大学本科, 主管医师, 主要从事免疫规划工作。

**通信作者:** 金红梅, E-mail: 158461547@qq.com。

数为依据,用任务数减库存数,计算得出各地近期的疫苗缺口,作为各地该批次疫苗分配数。计算公式如下:分配数=任务数-库存数。

1.2.2 任务比例法 以全市任务数为依据,用各地任务数除以全市任务数进行任务比例测算。各地疫苗总库存加当前待发批次疫苗数量之和作为当前全市疫苗合计数,乘以各地任务比例再减去该地疫苗库存,作为各地该批次疫苗分配数。计算公式如下:分配数=任务比例×(各地疫苗总库存+待发数)-该地疫苗库存数。

1.2.3 多维权重法 以库存数、近期任务数、接种能力三因素作为三个维度进行测算。第一维度:库存,即用库存总数减去该地库存的差值再除以库存总数,测算库存比例。第二维度:任务量,即用各地任务数除以全市任务数,测算任务比例。第三维度:接种能力,即用各地近期最高日接种数或日均接种数除以全市近期最高日接种总数或日均接种总数,测算接种能力比例。三个维度的权重根据不同要求进行赋值,如 0.4、0.3、0.3 或 0.4、0.4、0.2 等。用各维度比例乘以相应权重再相加,得到综合比例,综合比例乘以待分配疫苗总数,作为各地该批次疫苗分配数。计算公式如下:分配数=综合比例×待发总数。

1.2.4 分层分配法 对于地区间人口基数相差较大的情况,首先采取分层测算。将南通市 10 个地区分为两层,人口基数较多的 7 个县(市、区)作为第一层;人口基数较少的 3 个区作为第二层。按照权重赋值分别计算两层的疫苗分配总数,在每层中再根据 1.2.1—1.2.3 所示的不同分配方法,对各地进行疫苗分配。

1.2.5 人均疫苗分配数标准差 利用统计学的定义,计算不同地区之间人均新冠病毒疫苗分配数标准差 SD,标准差越小,说明人均分配数量越均衡。

1.2.6 疫苗周转率 疫苗周转率反映疫苗周转速度的快慢。计算公式如下:疫苗周转率=疫苗使用数/疫苗平均库存;其中,疫苗平均库存=(期初库存+期末库存)/2。

1.2.7 疫苗系数和系数方差 该地区当前疫苗库存量尚能使用的时间为疫苗系数。计算公式如下:疫苗系数=疫苗库存量/疫苗日均使用量。疫苗系数的方差为系数方差,用于评价在不同地区的疫苗库存是否均衡。疫苗系数方差越大,说明疫苗库存越不均衡<sup>[5]</sup>。

1.3 统计学分析 用 Excel 2010 软件制作疫苗分配计划表,应用 SPSS 25.0 软件进行统计分析。利用两独立样本的 Mann-Witney U 检验比较南通市 2021 年

1—2 月和 3—8 月两段时间的新冠病毒疫苗的疫苗系数方差,检验水准  $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 疫苗分配方法

2.1.1 利用缺口补齐法进行疫苗分发 以 2021 年 6 月 7 日待分配的 88 000 剂新冠病毒疫苗为例,利用缺口补齐法进行疫苗分发。全市各地区新冠病毒疫苗缺口数在-165~20 869 剂之间,整理凑整后将本批次疫苗分发到全市,见表 1。

表 1 南通市各地区新冠病毒疫苗任务数、库存数、缺口数和分配数

地区	任务数 (剂)A	库存数 (剂)B	缺口数(剂) C=A-B	实际分配数 (剂)
海安市	9 607	2 587	7 020	7 200
如皋市	14 900	431	14 469	14 600
如东县	20 907	38	20 869	21 000
启东市	9 273	35	9 238	9 400
崇川区	9 173	9 338	-165	0
通州区	10 683	1 279	9 404	9 600
海门区	16 873	5 026	11 847	12 000
开发区	5 661	1 781	3 880	4 000
苏锡通	2 098	460	1 638	1 800
通州湾	909	6	903	1 000
市级留存	—	—	—	7 400
合计	100 084	20 981	79 103	88 000

2.1.2 利用任务比例法进行疫苗分发 以 2021 年 7 月 1 日待分配的 81 600 剂新冠病毒疫苗为例,利用任务比例法进行疫苗分发。全市各地区任务占比波动在 0.01~0.16 之间,整理凑整后将本批次疫苗分发到全市,见表 2。

表 2 南通市各地区新冠病毒疫苗任务占比、库存数和分配数

地区	任务数 (剂)A	任务占比 B	库存数 (剂)C	理论分配数(剂) $B \times (81600 + 67308) - C$	实际分配数 (剂)
海安市	874 334	0.11	9 277	7 103	7 200
如皋市	1 238 448	0.16	4 086	19 739	18 800
如东县	875 178	0.11	8 728	7 652	7 600
启东市	967 313	0.13	9 771	9 587	8 400
崇川区	1 183 740	0.15	9 628	12 708	12 400
通州区	1 106 601	0.14	6 894	13 953	13 600
海门区	991 782	0.13	6 868	12 490	11 600
开发区	307 213	0.04	3 775	2 181	2 000
苏锡通	90 180	0.01	2 863	-1 374	0
通州湾	91 846	0.02	5 418	-2 440	0
合计	7 726 635	1.00	67 308	81 599	81 600

2.1.3 利用多维权重法进行疫苗分发 以 2021 年

8月2日待分配的150 000剂新冠病毒疫苗为例,利用多维权重法进行疫苗分发。综合比例在7个基础人口较多的地区波动较小,在0.12~0.17之间;在3个基

础人口较少的地区波动稍大,在0.22~0.53之间。整理凑整后将本批次疫苗分发到全市,见表3。

表3 南通市各地区新冠病毒库存数、近期任务数、接种能力和分配数

地区	库存			任务		接种能力		综合比例 $D=A\times 0.3+B\times 0.3+C\times 0.4$	理论分配数(剂) $D\times \text{每层合计数}$	实际分配数(剂)
	疫苗库存 (剂)	层内合计库存-X (剂)	库存占比 A	总任务 (剂)	任务比例 B	日均接种数 (剂)	日均接种能力占比 C			
海安市	51 600	341 997	0.14	124 557	0.14	11 633	0.10	0.12	17 100	18 000
如皋市	66 026	327 571	0.14	117 845	0.13	25 460	0.23	0.17	24 225	24 400
如东县	71 951	321 646	0.14	89 483	0.10	12 646	0.11	0.12	17 100	16 400
启东市	44 586	349 011	0.15	122 321	0.14	14 539	0.13	0.14	19 950	19 600
崇川区	48 057	345 540	0.15	154 640	0.18	14 718	0.13	0.15	21 375	21 000
通州区	54 801	338 796	0.14	162 142	0.18	20 175	0.18	0.17	24 225	24 000
海门区	56 576	337 021	0.14	119 400	0.13	13 481	0.12	0.13	18 525	18 600
合计	393 597	2 361 582	1.00	890 388	1.00	112 652	1.00	1.00	142 500	142 000
开发区	11 665	14 599	0.28	15 238	0.60	5 061	0.67	0.53	3 975	4 200
苏锡通	9 424	16 840	0.32	5 645	0.22	1 655	0.22	0.25	1 875	2 000
通州湾	5 175	21 089	0.40	4 422	0.18	860	0.11	0.22	1 650	1 800
合计	26 264	52 528	1.00	25 305	1.00	7 576	1.00	1.00	7 500	8 000
总计	419 861	—	—	915 693	—	120 228	—	—	150 000	150 000

2.1.4 利用分层分配法进行疫苗分发 以2021年8月2日待分配的150 000剂新冠病毒疫苗为例,利用分层分配法进行疫苗分发。两层综合比例分别为0.95

和0.05。整理凑整后将本批次疫苗分配到各层,见表4。

表4 南通市各地区新冠病毒疫苗库存数、近期任务数、接种能力和分配数(分层)

分层	库存		任务		接种能力		分层比例 $D=A\times 0.3+B\times 0.3+C\times 0.4$	理论分配数(剂) $D\times 150\,000$	实际分配数(剂)
	数量(剂)	库存占比 A	数量(剂)	任务占比 B	数量(剂)	接种能力占比 C			
一	393 597	0.94	890 388	0.97	112 651	0.94	0.95	142 500	142 000
二	26 264	0.06	25 305	0.03	7 576	0.06	0.05	7 500	8 000
合计	419 861	1.00	915 693	1.00	120 227	1.00	1.00	150 000	15 000

2.2 分配评价

2.2.1 均疫苗分配数标准差 南通市2021年3—8月人均新冠病毒疫苗分配数为1.63剂;崇川区人均新冠病毒疫苗分配数最小为1.50剂;苏锡通人均新冠病毒疫苗分配数最大为1.96剂,见表5。SD=0.12。

表5 南通市2021年3—8月新冠病毒疫苗人均分配剂次数

地区	人口数(人)	3—8月疫苗入库数(剂)	人均疫苗分配数(剂)
海安市	874 334	1 405 663	1.61
如皋市	1 238 448	2 061 406	1.66
如东县	875 178	1 525 056	1.74
启东市	967 313	1 568 822	1.62
崇川区	1 183 740	1 779 025	1.50
通州区	1 106 601	1 818 440	1.64
海门区	991 782	1 621 464	1.63
开发区	307 213	517 754	1.69
苏锡通	90 180	176 981	1.96
通州湾	91 846	149 458	1.63
合计	7 726 635	12 624 069	1.63

2.2.2 疫苗周转率的比较 2021年3月起,南通市新冠病毒疫苗周转率整体呈上升趋势,见图1。

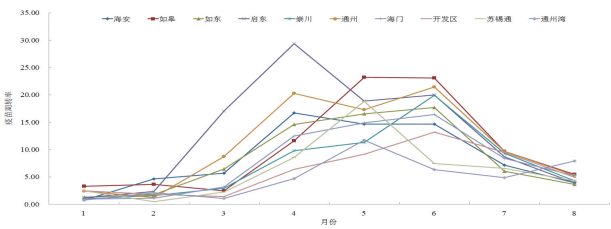


图1 南通市2021年1—8月新冠病毒疫苗周转率

2.2.3 疫苗系数和系数方差的比较 2021年1—8月南通市不同地区新冠病毒疫苗系数的四分位间距均呈现减小的趋势,极值与中位数的差距也不断缩小,见图2。从2021年3月开始,南通市新冠病毒疫苗系数方差呈减小趋势并最终趋于稳定,见图3。比较南通市2021年1—2月和3—8月新冠病毒疫苗系数方差,结果显示:3月起,疫苗系数方差均达到<1的水平,较1—2月明显减小;经检验,差异有统计学意义( $U=3.000, P<0.001$ ),说明南通市新冠病毒疫苗库



存不断趋向均衡。

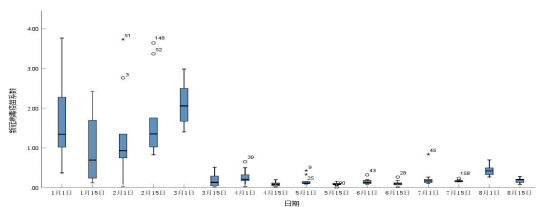


图2 南通市2021年1—8月新冠病毒疫苗系数

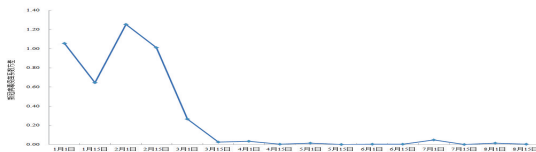


图3 南通市2021年1—8月新冠病毒疫苗系数方差

### 3 讨论

疫苗生产周期长,又有效期限限制,要保证按时供应又不积压失效,必须周密计划,科学安排供应。制定计划难度大,尤其是在应对各种突发性疾病时表现更加突出<sup>[6]</sup>。当疫苗严重供不应求时,按照以往粗放的传统分配管理方法难以令人信服。南通市 CDC 根据不同因素,进行科学测算,确保新冠病毒疫苗供应与接种需求相匹配,疫苗消耗更快更合理。2021 年 3 月起,全市各地新冠病毒疫苗周转率整体上升,4—6 月达到高峰,7、8 月的周转率略有下降。出现该现象的原因可能是:根据接种政策,至 6 月底南通市已全面完成阶段性接种任务,故 7、8 月疫苗消耗进度有所放缓,但 7、8 月疫苗周转率仍高于同年 1—2 月份。人均新冠病毒疫苗分配数标准差  $SD < 20$ ,可认为分配均衡<sup>[7]</sup>。此外,3 月起,疫苗系数方差均达到  $< 1$  的水平,较 1—2 月明显减小,进一步说明,南通市新冠病毒疫苗的库存趋向于均衡,分配方法合理。

本研究列举的几种方法各有特点:缺口补齐法适用于新冠病毒疫苗供应充足时,该方法计算过程简单,所需数据资料少,分配效率高;任务比例法适用于辖区间疫苗库存数量严重不平衡时,该方法对于修正地区间库存数量偏差有效,可平衡区域疫苗用量;多维权重法适用于新冠病毒疫苗供应严重不足时,该方法基于多因素基础上进行疫苗分配测算,是比较综合的测算方法,在本案例中考虑库存、任务、接种能力因素,还可考虑库房容积、损耗情况等因素;分层分配法适用于辖区间人口基数相差较大的情况,该方法针对各地人口差异大的混杂因素,分别在每层内按照一定标准测算疫苗分配数,可在一定程度上控制人口基数对分配结果的影响。以上几种方法得出的结果均为理论参考值,应用时可根据实际情况适当修正。

在实际疫苗分配过程中,也遇到一些问题:一是测算依据不够准确,在进行疫苗分配时,以南通市第七次人口普查人数<sup>[8]</sup>作为任务数,该数字为瞬时人口数,南通属于人口净流出城市<sup>[9]</sup>,人口外流现象常见,且存在区域抢夺人口资源现象,导致测算任务数时不够精准;二是疫苗分配受到行政因素干预,尤其在疫苗供应短缺期间,在行政因素的干预下,调整后的实际疫苗分配数与按方法测算数已有较大变化;三是分配计划滞后,根据测算时的地区库存、接种情况等因素制定的分配计划,可能已不适用于疫苗下发时的实际情况,测算与实际下发时间之间存在时间间隔,最长为 2~3 d,期间疫苗库存、接种情况等会产生一定变动,但等到下发疫苗时再分配测算又赶不及;四是存在人为调整的凑整误差,为提高疫苗分发效率,会将每次测算的理论分配数凑整为实际分配数,一般调整实际分配数以疫苗整箱数为宜,存在一定的凑整误差。

完善新冠病毒疫苗分配及管理策略,保障疫苗在地区间公平分配,让疫苗在最短时间内、以最快速度接种到受种者身上,满足人群接种需求是制定合理的疫苗分配计划的最终目的。本研究旨在探索当疫苗供应短缺时如何更高效、更合理的分配疫苗至各级使用单位,保障预防接种工作的顺利实施。

### 参考文献

- [1] 国家卫生健康委员会,国家中医药管理局. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第九版)[Z]. 2022-03-14.
- [2] 张尚孝,杨世龙,黄涛,等. 健康成年人接种两剂新型冠状病毒灭活疫苗后序贯加强免疫重组新型冠状病毒疫苗(CHO 细胞)的免疫原性和安全性研究[J]. 实用预防医学,2022,29(4):385-390.
- [3] World Health Organization. Statement on the tenth meeting of the International Health Regulations (2005) Emergency Committee regarding the coronavirus disease (COVID-19) pandemic[EB/OL]. (2022-01-19)[2022-02-07]. [https://www.who.int/news/item/19-01-2022-statement-on-the-tenth-meeting-of-the-international-health-regulations-\(2005\)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-\(covid-19\)-pandemic](https://www.who.int/news/item/19-01-2022-statement-on-the-tenth-meeting-of-the-international-health-regulations-(2005)-emergency-committee-regarding-the-coronavirus-disease-(covid-19)-pandemic).
- [4] Ferranna M, Cadarette D, Bloom DE. COVID-19 vaccine allocation: modeling health outcomes and equity implications of alternative strategies[J]. Engineering, 2021, 7(7):924-935.
- [5] 王长双,路明霞,王燕,等. 河南省国家免疫规划疫苗分发和库存均衡性评价新思路及其应用[J]. 中国疫苗和免疫,2018,24(3):328-333.
- [6] 黎青松,雷西,黎春辉. 我国疫苗供应链浅析[J]. 物流技术,2007,26(2):137-140.
- [7] 黄影,陆伟才,黎沙,等. 广西 2017 年免疫规划疫苗分配及管理策略[J]. 微生物学免疫学进展,2019,47(5):49-54.
- [8] 南通市统计局. 南通市第七次全国人口普查公报(第二号)—地区人口情况[EB/OL]. (2021-05-24)[2022-04-07]. <http://tjj.nantong.gov.cn/nstj/tjgh/content/bee00145-67eb-4189-9208-8d1aa20d9e2c.html>.
- [9] 施刚. 人口流出对南通经济增长影响的分析[J]. 产业与科技论坛,2017,16(21):96-97.

收稿日期:2022-03-14