

基于组合赋权-TOPSIS 的中国新冠疫苗专利竞争力分析

王冉, 董丽* (沈阳药科大学工商管理学院, 沈阳 110016)

摘要: 目的 依据专利数据探究中国主要新冠疫苗技术的发展水平和竞争情况。方法 对中国 5 种主要新冠疫苗进行专利竞争力评价指标体系的构建, 并依据检索到的专利数据进行层次分析法-熵权法组合赋权和 TOPSIS 竞争力分析。结果 中国现有的 5 种主要新冠疫苗中, 重组亚单位疫苗、重组病毒载体疫苗和核酸疫苗专利竞争力相对较强, 灭活疫苗和减毒疫苗相对较弱。结论 中国新冠疫苗专利市场和技术格局逐渐趋于成熟, 研发机构应当在确保疫苗安全性的基础上聚焦技术热点、致力创新研发, 探索技术发展新出路。

关键词: 组合赋权-TOPSIS; 新冠疫苗; 专利竞争力

中图分类号: R95 文献标志码: B 文章编号: 1007-7693(2023)21-3033-06

DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.20224052

引用本文: 王冉, 董丽. 基于组合赋权-TOPSIS 的中国新冠疫苗专利竞争力分析[J]. 中国现代应用药学, 2023, 40(21): 3033-3038.

Analysis of Patent Competitiveness of COVID-19 Vaccine in China Based on Combination Empowerment-TOPSIS

WANG Ran, DONG Li* (School of Business Administration, Shenyang Pharmaceutical University, Shenyang 110016, China)

ABSTRACT: OBJECTIVE To explore the development level and competition of major COVID-19 vaccine technologies in China based on patent data. **METHODS** The patent competitiveness evaluation index system of five major COVID-19 vaccines in China was constructed, and the analytical hierarchy process-entropy weight combination empowerment method and TOPSIS competitiveness analysis were carried out based on the retrieved patent data. **RESULTS** Among the five existing major COVID-19 vaccines, recombinant subunit vaccine, recombinant virus vector vaccine and nucleic acid vaccine had relatively strong patent competitiveness, while inactivated vaccine and attenuated vaccine were relatively weak. **CONCLUSION** China's COVID-19 vaccine patent market and technology pattern are gradually becoming mature, and research and development institutions should focus on technology hotspots, devote themselves to innovative research and development, and explore new ways of technological development on the basis of ensuring vaccine safety.

KEYWORDS: combination empowerment-TOPSIS; COVID-19 vaccine; patent competitiveness

2019 年新型冠状病毒感染对全球的经济发展、社会稳定和人类健康造成了巨大威胁, 而疫苗作为阻断新冠病毒传播、防控新型冠状病毒感染最有效、最安全的手段, 有望解决这一问题。

现有的新冠疫苗类型主要包括 5 种, 分别是重组亚单位疫苗、重组病毒载体疫苗、核酸疫苗、灭活疫苗和减毒疫苗^[1]。重组亚单位疫苗主要利用的是合成肽和重组技术, 具有较高的安全性, 是常用的疫苗之一, 也是中国现有数量最多的新冠疫苗^[2]。重组病毒载体疫苗通常以腺病毒为载体, 能够进行高效的基因转导和特异性传递。核酸疫苗包括 DNA 和 RNA 2 种, 均有低成本、易制造、安全性高的优点。灭活疫苗的主要技术原理是将毒株中具有感染性的病毒杀死但对其抗原性进行保留, 主要优点在于安全性高。减毒疫苗是使毒

株中的病毒毒性降低, 活性保留, 因此这种疫苗能够激发持久免疫力, 但安全性较低, 不适用于免疫力低下人群^[3]。

本研究首先构建出中国新冠疫苗技术专利竞争力评价指标体系, 然后对上述 5 种疫苗的相关指标进行专利数据检索, 最后利用层次分析法 (analytical hierarchy process, AHP) 和熵权法耦合赋权, 并利用 TOPSIS 对 5 种疫苗的专利竞争力排序, 从而进行疫苗技术的专利竞争力评价。本研究旨在掌握中国新冠疫苗技术在当前国内市场的发展水平和综合竞争情况, 并为促进新冠疫苗专利发展和技术创新, 提升新冠疫苗专利竞争力提供理论参考。

1 中国新冠疫苗专利竞争力评价体系构建

中国关于专利竞争力的研究已经较为成熟,

作者简介: 王冉, 女, 硕士生 E-mail: w15849637572@163.com

*通信作者: 董丽, 女, 博士, 副教授 E-mail: sydongli@163.com

在技术、经济、法律等方面均有分布,本研究在前人研究的基础上进行中国新冠疫苗专利竞争力评价指标体系的构建。首先确定评价体系构建原则为科学性、客观性、系统性、可比性以及可行性,要求评价体系能够客观权威、科学合理地表现出所评价对象的特质;其次在指标体系构建过程中,注重体系内指标的关联性和评价体系整体的完备性,以世界知识产权相关年鉴和中国专利调查报告为构建依据,阅读、分析与新冠疫苗和专利竞争力相关领域的文献资料,结合国家知识产权局和 Soopat 数据库实际能够检索到的专利数据,最终确定中国新冠疫苗专利竞争力评价体系包含技术数量、技术质量以及技术战略 3 个维度,并下设各项指标,见表 1。

表 1 中国新冠疫苗专利竞争力评价指标体系
Tab. 1 Evaluation index system of patent competitiveness of COVID-19 vaccine in China

维度	指标	说明
技术数量	发明专利申请量	正向,发明专利申请量越高,主要发明人的研发强度越高
	发明专利授权量	正向,发明专利授权量越高,表明主要申请人经过实质审查的技术规模越大
技术质量	有效专利数	正向,有效专利数越多,专利质量越高,专利竞争力越强
	平均权利要求数	正向,平均权利要求数越多,技术被保护范围越广
	平均被引证次数	正向,专利被引证次数越多,技术影响力越高,专利竞争力越强
	平均引证次数	正向,引证专利越多,技术创新度越高,专利价值越高
技术战略	平均发明人数量	正向,专利研发投入人力资源越多,专利价值越高
	平均国际专利分类范围数	正向,国际专利分类数越多代表专利技术覆盖的范围越广,专利竞争力越强
	平均同族专利数	正向,同族专利数越多代表专利布局越广,专利价值越高

体系中包含技术数量、技术质量和技术战略 3 个维度。其中技术数量是指与新冠疫苗技术相关的发明专利申请量和发明专利授权量,这 2 项指标能够以数值方式体现出技术规模,同时也可以表现出专利权人的专利意识强弱程度。技术质量包括有效专利数、平均权利要求数、平均被引证次数和平均引证次数 4 项指标,主要体现的是专利质量和专利价值,有效专利数越高,说明技术的含金量越高,专利竞争力越强;平均权利要求数越高,说明技术布局越广,专利竞争力越强;平均被引证次数越高,说明技术影响力越高;平均引证次数越高,说明技术创新力越高,专利竞争力越强。技术战略是技术发展的体现,包括平

均发明人数量、平均国际专利分类(international patent classification, IPC)范围数和平均同族专利数,平均发明人数量越多,表明在专利研发过程中投入的人力资源越多,专利价值越高;IPC 为国际专利分类,平均 IPC 范围数和平均同族专利数越多说明专利的战略布局越广,专利竞争力越强。

2 数据来源与方法

本研究以国家知识产权局和 Soopat 为主要专利数据库,设置检索起始时间为 2020 年 1 月 1 日,并于 2022 年 11 月 1 日通过构建相关检索式进行新冠疫苗发明专利和发明授权专利数据检索,共获得相关专利 523 条。通过数据二次清洗降噪,除去所有与新冠疫苗佐剂、疫苗接种、递送、监测系统等相关专利后,分别得到 5 种疫苗相关指标数据,结果见表 2。

表 2 5 种新冠疫苗相关指标数据
Tab. 2 Data on indicators related to five COVID-19 vaccines

指标	重组亚单位疫苗	重组病毒载体疫苗	核酸疫苗	灭活疫苗	减毒疫苗
发明专利申请量	71	33	20	7	5
发明专利授权量	34	14	8	4	3
有效专利数	34	14	8	4	3
平均权利要求数	12.55	11.64	15.60	8.000	9.600
平均被引证次数	1.437	4.667	3.700	1.143	2.200
平均引证次数	3.958	3.091	2.600	6.571	3.800
平均发明人数量	7.732	6.000	6.700	12.86	8.400
平均 IPC 范围数	1.944	2.000	2.000	1.429	1.800
平均同族专利数	0.901 4	0.727 3	0.600 0	0.714 3	0.800 0

3 组合赋权-TOPSIS 法概述

3.1 AHP

AHP 是一种系统有效、质性与量化相结合的权重分析方法,具有较早的决策算法历史^[4]。AHP 的一般过程是,首先将实际问题分解成多个因素,然后通过建立层次结构模型并邀请专家对指标进行赋值来构造判断矩阵,从而计算权重并分析结果。

下述公式为利用方根法进行层次分析计算。公式(1)为对每行数值乘积的 n 次方根进行计算,得到 n 维向量 W_i ,公式中 n 为指标的数量, a_{ij} 为第 i 和第 j 指标的重要性之比。公式(2)是将公式(1)中得到的 n 维向量进行归一化处理,即得到权重 ω_i 。公式(3)(4)(5)是对计算结果进行一致性检验,通过权重和初始矩阵求得最大特征根 λ_{\max} ,继而由最大特征根求得一致性指标 CI 值,最终求解一致性比率(consistent ratio, CR)。若 CR 值 < 0.1 ,则说明构造的判断矩阵属于一致性矩阵,可开展权向

量计算;若 CR 值 ≥ 0.1 , 则说明构建矩阵时出现了逻辑错误, 需要重新校对。RI 表示一致性检验值。

$$W_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$\omega_i = \frac{W_i}{\sum_{j=1}^n W_j} \quad (2)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{A\omega_i}{\omega_i} \quad (3)$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

3.2 熵权法

熵权法的主要原理是根据指标的离散程度来确定权重大小, 离散程度大, 该指标对综合评价产生的影响就大, 权重也就越大^[5]。其优点在于可以确保在确定指标权重时不受主观因素的影响, 指标权重可以根据特定的公式和数据计算, 计算结果精度更高, 评价结果更加客观科学。

假设有 m 个样本, 针对各样本有 n 个评价指标, 那么对所评价样本的相应评价指标可构建出数据矩阵为 $X = (x_{ij})_{n \times m}$ ^[6]。矩阵中 x_{ij} 所代表含义是第 i 个评价指标下第 j 个评价样本的评价值, 且 $i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m$ 。公式(6)和公式(7)分别为对正向指标(取值越大越好)和负向指标(取值越小越好)的数值标准化计算公式, 使数据标准化能够避免量纲造成的影响。公式(8)是计算第 i 项指标下第 j 个样本所占的比重 y_{ij} , 并将其看作是信息熵中计算用到的概率。公式(9)为计算第 i 个指标的信息熵 e_i , 其中 $e_i \geq 0$ 。若 $y_{ij}=0$, 定义 $e_i=0$ 。通过上述步骤并根据公式(10)可以计算出最终指标权重 ω_i 。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - x_{i\min}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (6)$$

$$x'_{ij} = \frac{x_{i\max} - x_{ij}}{x_{i\max} - x_{i\min}} \quad (7)$$

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{j=1}^m x'_{ij}} \quad (8)$$

$$e_i = -1 / \ln(m) \sum_{j=1}^m y_{ij} \ln y_{ij} \quad (9)$$

$$\omega_i = \frac{1 - e_i}{\sum_{i=1}^n (1 - e_i)} \quad (10)$$

3.3 AHP-熵权法

AHP 的系统性和解释性较强, 但在指标赋值过程中可能会因专家主观经验和个人喜好等因素产生赋值偏差。熵权法具有客观性和适应性的优点, 但其计算完全依赖于指标数值, 可能导致忽略指标之间的联系, 且当各项指标的变动差异很小时, 熵权法的计算会受到限制。因此本研究采用 AHP-熵权法耦合赋权, 能够在评价过程中兼顾主客观信息, 使评价结果更加科学。

公式(11)是 AHP-熵权法耦合赋权计算公式^[7], 式中 α 和 β 是分别使用 AHP 和熵权法所得权重占综合权重的比例, 两者之和为 1。 ω'_i 和 ω''_i 是 AHP 和熵权法计算所得的各项权重。

$$\omega_i = \alpha \omega'_i + \beta \omega''_i \quad (11)$$

3.4 TOPSIS 法

TOPSIS 法是一种经典的多目标决策分析方法, 主要利用原始数据信息根据评价对象和理想化目标的接近程度对现有对象进行相对优劣的评价和排序, 能够反映出各评价方案之间的差距^[8]。首先需将原始数据进行正向化, 即将极小型、中间型和区间型指标均转化为极大型指标; 然后将正向化矩阵进行标准化[公式(12)]; 其次将规范化的矩阵和权重值相结合构建加权规范化矩阵, 并找出各评价指标中各评价对象的最大值, 即正理想解 v^+ , 最小值即为负理想解 v^- ; 最后求解评价对象与正 (d_i^+)、负 (d_i^-) 理想解的欧式距离[公式(13)(14)]和相对接近程度 C_i [公式(15)], 以此进行优劣排序^[9]。

$$X = x_i / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2} \quad (12)$$

$$d_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (13)$$

$$d_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (14)$$

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad (i=1, 2, \dots, m) \quad (15)$$

4 中国新冠疫苗专利竞争力组合赋权-TOPSIS模型

4.1 AHP 确定主观权重

本研究邀请专家对新冠疫苗专利竞争力各评价指标进行赋值,以 1~9 级判断矩阵标度法为依据,得到权重结果和相关计算数据见表 3。同时进行一致性检验,求得最大特征根 λ_{\max} 为 9.615 1,一致性指标 CI 值为 0.076 9, RI 值由查表可知,阶数为 9 的 RI 值为 1.45,由上述数值最终得到 CR 值为 0.053 0, <0.1,说明构造的矩阵属于一致性矩阵。

表 3 AHP 新冠疫苗专利竞争力评价指标计算值

Tab. 3 Calculation values of AHP COVID-19 vaccine patent competitiveness evaluation indicators

维度	指标	W_i 值	ω_i 值	$A\omega_i$ 值	$A\omega_i / \omega_i$ 值
技术数量	发明专利申请量	0.207 1	0.015 1	0.151 9	1.117 7
	发明专利授权量	1.041 3	0.075 9	0.720 0	1.054 0
技术质量	有效专利数	1.796 0	0.130 9	1.220 3	1.035 8
	平均权利要求数	0.407 0	0.029 7	0.280 2	1.048 3
技术战略	平均被引证次数	3.727 5	0.271 6	2.572 0	1.052 2
	平均引证次数	0.433 8	0.031 6	0.314 6	1.106 2
技术战略	平均发明人数量	0.586 1	0.042 7	0.427 7	1.112 9
	平均国际专利分类范围数	1.796 0	0.130 9	1.220 3	1.035 8
	平均同族专利数	3.727 5	0.271 6	2.572 0	1.052 2

从数据可以看出,平均被引证次数和平均同族专利数 2 项指标所占权重最大,其次为有效专利数和平均 IPC 范围数,发明专利申请量权重最小,这说明专利质量维度和专利战略维度是对新冠疫苗专利价值的有效体现,对于专利竞争力评价具有重要作用。

4.2 熵权法确定客观权重

熵权法计算得到各项指标的信息熵值、信息效用值和权重数据见表 4。

从权重数据中可以看出,多项指标权重分布较为平均,但平均 IPC 范围数和平均同族专利数所占权重最小,这说明熵权法的计算是客观的,但有时也会依赖于检索到的数值,而忽略指标本身的重要程度。

4.3 AHP-熵权法耦合权重

采用最小二乘法,AHP 和熵权法所占权重各为 0.5,计算得到耦合权重值见表 5。

主客观耦合赋权方法计算所得结果相比单一方法计算结果更加科学、准确。平均被引证次数和平均同族专利数所占权重最高;其次为有效专

表 4 熵权法新冠疫苗专利竞争力评价指标计算值

Tab. 4 Calculation values of patent competitiveness evaluation indicators of COVID-19 vaccine by entropy weight method

指标	信息熵值 e	信息效用值 d	权重数值 w
发明专利申请量	0.635 7	0.364 3	0.140 7
发明专利授权量	0.598 4	0.401 6	0.155 1
有效专利数	0.598 4	0.401 6	0.155 1
平均权利要求数	0.790 0	0.210 0	0.081 1
平均被引证次数	0.710 3	0.289 7	0.111 9
平均引证次数	0.711 8	0.288 2	0.111 3
平均发明人数量	0.688 8	0.311 2	0.120 2
平均国际专利分类范围数	0.857 5	0.142 5	0.055 0
平均同族专利数	0.819 9	0.180 1	0.069 5

表 5 AHP-熵权法新冠疫苗专利竞争力评价指标权重值

Tab. 5 Weight values of patent competitiveness evaluation indicators of AHP-entropy weight method for COVID-19 vaccines

维度	指标	主观权重值	客观权重值	耦合权重值
技术数量	发明专利申请量	0.015 1	0.140 7	0.077 9
	发明专利授权量	0.075 9	0.155 1	0.115 5
技术质量	有效专利数	0.130 9	0.155 1	0.143 0
	平均权利要求数	0.029 7	0.081 1	0.055 4
技术战略	平均被引证次数	0.271 6	0.111 9	0.191 8
	平均引证次数	0.031 6	0.111 3	0.071 5
技术战略	平均发明人数量	0.042 7	0.120 2	0.081 5
	平均国际专利分类范围数	0.130 9	0.055 0	0.093 0
	平均同族专利数	0.271 6	0.069 5	0.170 6

利数和发明专利授权量,平均权利要求数所占比重最小。

4.4 TOPSIS 法结果分析

将标准化矩阵与综合权重进行加权 TOPSIS 计算,得到 5 种疫苗排序结果见表 6。

在 TOPSIS 计算方法中,相对接近度指标数据越大,表明评价对象更接近正理想解,即为最优结果。表 6 中 5 种疫苗的专利竞争力排序结果为重组亚单位疫苗、重组病毒载体疫苗、核酸疫苗、灭活疫苗和减毒疫苗。

4.4.1 重组亚单位疫苗 重组亚单位疫苗作为第二代疫苗,是目前新冠疫苗领域研究的重点内容,发明专利申请量、授权量、平均权利要求个数等多项指标数值较高,根据数值计算得到的专利竞争力也最强。重组亚单位疫苗以蛋白质亚基和佐剂的应用为主要突破技术,具有安全性较高、不良

表 6 新冠疫苗 TOPSIS 计算结果

Tab. 6 TOPSIS calculation results of the COVID-19 vaccine

疫苗种类	正理想解 距离 d^+	负理想解 距离 d^-	相对接 近程度 C	排序 结果
重组亚单位疫苗	0.240	0.485	0.669	1
重组病毒载体疫苗	0.334	0.299	0.472	2
核酸疫苗	0.427	0.206	0.325	3
灭活疫苗	0.522	0.154	0.228	4
减毒疫苗	0.514	0.103	0.167	5

反应率低、易大规模生产、易运输易储存的优点^[10]。研发机构在确保安全性的基础上,根据不同佐剂、不同技术路线实现重组亚单位疫苗的技术突破与创新,有望颠覆传统疫苗研发路径,开启疫苗发展的新时代。

4.4.2 重组病毒载体疫苗 重组病毒载体疫苗检索到的专利数据仅次于重组亚单位疫苗,也是目前新冠疫苗领域的热点研究内容。此类疫苗可以通过不同类型的毒株作为载体进行创新研发,制备工艺相对简单,成本较低,具有一针免疫的优点^[10]。研发机构可以利用不同病毒作为载体进行疫苗的研发与创新,有望实现新冠疫苗领域的创新发展。

4.4.3 核酸疫苗 现有的核酸疫苗以 mRNA 疫苗为主,检索到的指标专利数据居中。此类疫苗不依赖于细胞扩增,具有易检测、易控制质量,生产速度快的优点;但因 RNA 自身并不稳定,所以在递送或运输过程中需要额外条件进行辅助^[11]。以 mRNA 疫苗为代表的第 3 代核酸疫苗在基础研究和临床应用中进展迅猛,也体现了中国在疫苗领域的创新发展取得了前所未有的成就。研发机构可以通过构建 mRNA 平台及“产学研”新研发模式促进 mRNA 技术在核酸疫苗领域中的不断创新。

4.4.4 灭活疫苗和减毒疫苗 灭活疫苗是传统的第一代疫苗,与其相关的专利数据较少。灭活疫苗的主要特点在于,疫苗的主要成分和病毒的自然结构较为相似,疫苗性质较为稳定,运输方便,安全性高;但灭活疫苗产生的免疫力不够强,通常需要接种多次或辅助剂来加强免疫反应^[12]。

减毒疫苗也属于第 1 代疫苗,相关专利数据最少。减毒疫苗的特点在于会引发强而持久的免疫反应,但因为是有活的病原体,有可能导致意外感染。目前这 2 种疫苗的相关数据较少,疫苗具有的缺点会影响研发机构在此领域的投入,故而专利竞争力较弱。

5 结语

本研究对中国 5 种主要新冠疫苗进行评价指标体系的构建,并利用检索到的相关数据作为构建组合赋权-TOPSIS 模型的数据源,从而对各类疫苗的专利竞争力进行评价。本研究得出的主要结论包括以下几个方面。①中国新冠疫苗专利布局趋于成熟:在专利布局方面,一直以来中国的专利创新能力和专利布局能力相对于欧美国家而言较为薄弱,但从新冠疫苗的整体发展态势和整体专利数量规模来看,数据全面,具有可查性、完备性和有效性,相关疫苗专利数据可以在数据库中易于查找和检索;在保护层级和齐备功效方面,专利数据覆盖了所有相关领域和主题的特性且准确可信,技术相关用途专利、方法专利和外围专利布局全面,这充分体现了中国在新冠疫苗方面的创新能力和对知识产权的重视程度。对于新冠疫苗单项技术专利而言,专利说明书规范、准确,权利要求全面、详细,说明中国新冠疫苗的相关专利数量和专利质量都在稳步提升,研究和应用更加深入。

在核心专利方面:中国主要的 5 类新冠疫苗技术中,除了减毒疫苗专利数据较少外,其余 4 类疫苗均有代表专利,该类核心专利可以拥有的是疫苗核心技术、关键技术或基础技术,它们均具有重要的技术价值或较强的创新性,对于推动技术的进步发展和在竞争市场中占据优势地位具有重要意义。而围绕着核心专利,专利权人对其外周的方法、用途、装置等其他外围专利也进行了一定程度的申请布局,这表明中国对于知识产权保护 and 战略的高度重视,中国新冠疫苗技术专利布局趋于成熟。

②中国新冠疫苗技术布局趋于成熟:在技术布局方面,在新冠疫苗研发早期,大部分公布的临床或临床前数据主要集中于重组病毒载体疫苗与亚单位疫苗 2 种技术路径,这 2 种疫苗在体液免疫和细胞免疫方面均能诱导强烈的免疫反应,并有望降低疫苗相关疾病,增强抗体依赖增强作用的发生^[13]。后来随着技术的不断发展, mRNA 疫苗、DNA 疫苗和灭活疫苗 3 种技术路径也被发现能够诱导产生高滴度中和抗体,表现出良好的保护作用,此外,还有病毒样颗粒等多类疫苗正在或已经被开发,这表明中国在新冠疫苗研发过程中采取了多技术路径并行推进的策略,这种多

元化的技术路径策略不仅可以使人们更全面、更深入地研究和理解病毒的特性和传播机制,更有针对性地开发和优化疫苗,同时也有利于实现新冠疫苗技术的全面发展。在技术成熟度方面:中国新冠疫苗技术发展迅猛,从最初的理论概念到规模产业化,从技术原理的发现,到具备执行该技术的配套工艺、部件和产品,新冠疫苗技术已逐渐发展为一个产业,在抗击新型冠状病毒感染中发挥着巨大的作用。当前中国新冠疫苗技术布局已经趋于成熟,正在进入技术产业级发展阶段,在该阶段新冠疫苗技术的商业化应用和产业化推广工作被不断推进,技术创新和产业发展相互促进,形成了良性循环,进一步实现产业结构的优化升级。

③中国新冠疫苗研发潜力大,专利竞争力强:中国新冠疫苗专利竞争力由强到弱的顺序依次为重组亚单位疫苗、重组病毒载体疫苗、核酸疫苗、灭活疫苗、减毒疫苗。其中,前三类疫苗具有较大的研发潜力和较高的技术突破性,建议相关机构和研发人员聚焦重组蛋白亚单位技术、重组病毒载体技术以及 mRNA 技术热点,推动以不同技术路线、佐剂、载体平台、生产工艺等方面的研发技术路线全饱和式。通过优化新配方、改善疫苗效能、优化现有的生产过程、深入探究疫苗安全性研究、建立稳定的生产流程和质量控制体系等手段增强疫苗产业链的稳定性,以此开发创新、有效、安全、实惠的疫苗。

REFERENCES

- [1] HUANG H Y, WANG S H, TANG Y, et al. Landscape and progress of global COVID-19 vaccine development[J]. *Hum Vaccin Immunother*, 2021, 17(10): 3276-3280.
- [2] LI Y Z, TENCHOV R, SMOOT J, et al. A comprehensive

review of the global efforts on COVID-19 vaccine development[J]. *ACS Cent Sci*, 2021, 7(4): 512-533.

- [3] LI L, WU Y Y, YIN X P, et al. Development and new thinking on COVID-19 vaccine[J]. *Pharm Biotechnol(药物生物技术)*, 2021, 28(4): 395-399.
- [4] LI J, LI B A, FANG H, et al. Evaluation of invention patent value based on AHP-entropy weight method—Taking toyota's open-source patent as an example[J]. *J Intell(情报杂志)*, 2020, 39(5): 59-63.
- [5] LUO Y Y. Evaluation model and index system construction of regional patent comprehensive competitiveness[J]. *Leg Syst Soc(法制与社会)*, 2017(24): 197-198.
- [6] XING M Y. Research on the evaluation of the patent competitiveness in Guangxi[D]. Nanning: Guangxi University, 2016.
- [7] FENG S J. The research on the methods of combination weighting and TOPSIS in the multiple attribute decision making[D]. Zhenjiang: Jiangsu University of Science and Technology, 2016.
- [8] WANG Y J. The economic evaluation research based on combined weight and improved TOPSIS[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2009.
- [9] LIU C, ZHOU Q Q, LI Y Z, et al. Research and development on therapeutic agents and vaccines for COVID-19 and related human coronavirus diseases[J]. *ACS Cent Sci*, 2020, 6(3): 315-331.
- [10] WEI F, ZHOU H, GAO G Q, et al. Analysis of trends in patent development for coronavirus detection, prevention, and treatment technologies in key countries[J]. *J Biosaf Biosecur*, 2022, 4(1): 23-32.
- [11] SAMPAT B N, SHADLEN K C. The COVID-19 innovation system[J]. *Health Aff (Millwood)*, 2021, 40(3): 400-409.
- [12] MBUNGE E, AKINNUWESI B, FASHOTO S G, et al. A critical review of emerging technologies for tackling COVID-19 pandemic[J]. *Hum Behav Emerg Technol*, 2021, 3(1): 25-39.
- [13] BRISSE M, VRBA S M, KIRK N, et al. Emerging concepts and technologies in vaccine development[J]. *Front Immunol*, 2020, 11: 583077. Doi: 10.3389/fimmu.2020.583077.

收稿日期: 2022-12-03

(本文责编: 李艳芳)