



北大汇丰

PHBS FINANCIAL FRONTIER DIALOGUE

金融前沿对话

2021 年第 17 期 总第 103 期



PHBS HFRI
北京大学汇丰金融研究院

主办单位：北京大学汇丰金融研究院

院长：海闻

执行院长：巴曙松

秘书长：本力

编辑：钟龙军（执行） 曹明明 方垚豪 朱伟豪

北京大学汇丰金融研究院简介

北京大学汇丰金融研究院（The HSBC Financial Research Institute at Peking University，缩写HFRI）成立于2008年12月，研究院接受汇丰银行慈善基金会资助，致力于促进金融学术研究、金融市场运行、金融机构监管、金融政策决策之间的交流互动；立足粤港澳大湾区，以全球视野，构建开放的金融专业交流平台，使金融教学与金融研究相互带动，通过编辑出版专业刊物、发布专业研究报告、举办专业讲座、组织前沿学术会议等多种形式，为区域金融发展和国家金融决策提供积极的智力支持，努力将北京大学汇丰金融研究院打造成为聚焦市场前沿的金融专业智库。

北京大学汇丰金融研究院院长为北京大学校务委员会副主任、北京大学汇丰商学院院长海闻教授，执行院长为中国银行业协会首席经济学家、中国宏观经济学会副会长巴曙松教授。

后疫苗时代的全球疫情走势 ——从量化金融视角分析疫情趋势

【对话主持】

巴曙松（北京大学汇丰金融研究院执行院长、中国银行业协会首席经济学家、中国宏观经济学会副会长）

【特邀嘉宾】

陈剑（信风金融科技创始人兼 CEO）

本次的主题是后疫苗时代的全球疫情走势，主要包括三部分：运用量化金融模型预测疫情走势，运用金融指数理念建立疫情风险指数，以及利用 ABM 模型预测疫苗交付情况。

一、运用量化金融模型预测疫情走势

图 1 展示了常用的传染流行病学模型。常见的有 SIR、SEIR 模型，此类模型自 1927 提出以来，应用广泛，但也存在缺点。另一类模型是 Agent-based Model，可以模拟每一个人接种疫苗的情况，对我们的研究非常有用。但是，该模型的缺点在于计算量较大，所以我们用到了华为的云服务来提高计算效率。第三类模型就是量化金融模型，把信用风险分析的状态转移矩阵模型应用到了预测传染病发展的过程中。在疫苗出现之前，我们用这个模型预测了 2020 年 2、3 月份武

汉的疫情发展，取得不错的效果。预测中除了死亡人数、确诊人数，还包含预测重症、危重症、所需要的医疗资源、医生护士、ICU 病床数、拐点何时到来等数据。该模型的实用性很好，设计初衷便是用于支持国内的医疗决策。

流行病学模型	可供选择模型	数据要求	模型复杂度	优点	缺点
Compartmental Model (Deterministic with PDEs)	SIR	样本池数据	简单	简单	参数敏感度较高；不能处理中间状态
	SEIR (SIR+潜伏期)	样本池数据	简单	简单	参数敏感度较高；不能处理中间状态
Agent-based Model (Stochastic with Multiple Choice Probabilities)	Survival Analysis 存活性分析	个例数据，简单时间变量：感染、发病、住院等	简单	简单	不能处理中间状态
	Cox Hazard Model 竞争风险模型	个例数据的详细变量：性别、年龄、基础疾病等	复杂	长期模型精度较高；中间环节依赖度较低；参数敏感度非常直观	短期模型精度不高，路径依赖性较强；计算量较大
量化金融模型（常用于信用风险建模）	Transition Matrix 状态转移矩阵	样本池数据，个例数据均可	简单	无需估计参数；可以预测中间结果；短期精度较高	长期模型精度较低；路径依赖性较强；参数敏感度不直观

图 1 疫情预测模型的选择

图 2 中，左边展示的 COVID-19 预测模型论文发表于 BMC 传染病医学杂志，该杂志是在全球传染病学领域较为知名的杂志，影响力 20 左右。右边是美国最大的管理科学会员杂志 ORMS，我们的模型被介绍给了杂志 20 多万的会员。

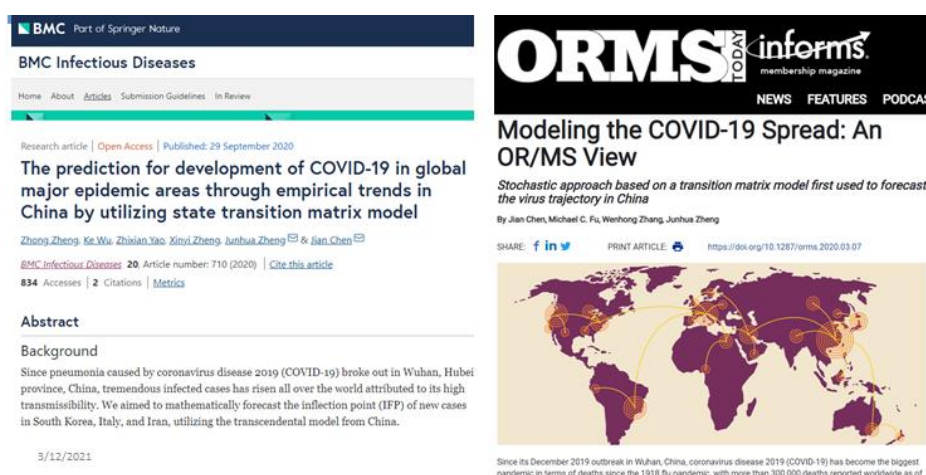


图 2 COVID-19 预测模型论文

我们之所以能将信用风险的模型应用于疫情预测，是因为这两者之间存在着非常多的相似性。比如，它们都受外界冲击，都存在着轻微风险和严重风险。对于 COVID-19 来说，轻微风险指的是轻症，严重风险就是重症或者是危重症，同时也存在着最差的结果和最好的结果，最差的结果是死亡，是不可逆的过程。在马尔科夫过程中，它是我们称之为吸收的节点，在这个节点就不能再到别的节点。对于信用风险来说，一旦违约，也就不能回到之前的节点。所以这两者之间存在非常多的相似性，这也是数学工具可以同时应用于两者建模的原因。2020 年我和郑君华院长、张文宏教授一起合作做了第一波疫情的预测，包括湖北省的预测、国外一些国家的预测，例如意大利、西班牙、法国、德国、英国、伊朗和韩国，这些预测对照看来是非常准确的。但是对美国的预测不太准确，因为我们没有考虑政府的极大无效因素，所以无法预测美国新冠疫情恶化得如此之快。比如我们当时预测了所需要的重症医疗人数。根据郑君华院长提供的重症 4:1、微重症 4.5:1 的医护人员和病人的比例计算，湖北省的重症和危重症所需的医护人员，在“谨慎乐观”场景下大概在 40,000 到 45,000 左右。最后国家卫健委累计派出了约 42,000 名医务人员，说明我们模型的效果达到了最初设计的目的，即为医疗资源最优配置做出决策上的支持。我们还对峰值确诊人数、危重症人数、拐点何时到等指标也做了预测，结果也都非常准确。

预测疫情走势非常难，因为我们是以天为单位进行分析，而对于

信用风险预测，我们一般是以月为单位。当时，我们预测了大概 150 个节点，如果换算成信用风险对应的大概是 10 多年，这个预测能够达到这样的精度是难能可贵的。但后来对全球疫情的预测不是非常准确，因为我们的模型应用场景最好是在封闭地区，比如湖北省、意大利。运用于全球，它的适用性不是特别好，而且也确实没有估计到 2020 年年底的第二波疫情如此汹涌。

二、建立全球综合疫情风险指数

我们希望能够用指数的概念，通过一些指标的加权平均得到指数进而测算全球各个地方的疫情风险。2020 年 7 月，我和张文宏主任在上海高级金融学院的讲座上第一次发布了全球综合疫情风险指数，并且一直发布到现在。发布全球综合疫情风险指数的主要目的是想给未来开放国门，对来自不同国家、地区人员和物资进行检疫检查时有一个风险的测算。对于来自高风险地区的人，我们可能要有额外的、更严格的检疫和隔离措施。我们比较独创地引入了 NPI（Non Pharmaceutical Intervention，非医学干预）有效性参数，该参数主要用于测算各国的防控措施的有效性。NPI 主要包括行政命令、封存隔离措施等。

光有非医学干预是不够的，还需要医学干预，最主要的医学干预就是疫苗。疫苗开发出来之后，疫情如何发展？这个问题很大程度上是由疫苗的接种效率来决定，疫苗接种的效率由非常多的因素决定。目前在全球，研发中的疫苗约有上百种，但进入市场可以被直接使用

的并没有多少。其中，使用最多的疫苗是 Pfizer/BioNTech 新冠疫苗，总共被 73 个国家使用。其次就是 Oxford/AstraZeneca 的疫苗，被 62 个国家和地区使用。中国的国药北京疫苗被 15 个国家使用，Sinovac 被 12 个国家使用。另外，我们对首选疫苗的国家也进行了统计，使用 Moderna 的国家作为首选疫苗是最多的，其次是 Oxford、Pfizer，然后是辉瑞。接下来看疫苗的有效性如何。我们尽量采取多个有效性数据，比如中国国药是同时在多个地方进行临床实验，Moderna、AstraZeneca、辉瑞也都类似，Covaxin 是印度的疫苗，但由于查询不到相关数据，所以只使用了一个有效性数据。有效性数据是非常重要的，因为它决定了同样的接种人口的情况下实际的免疫水平。

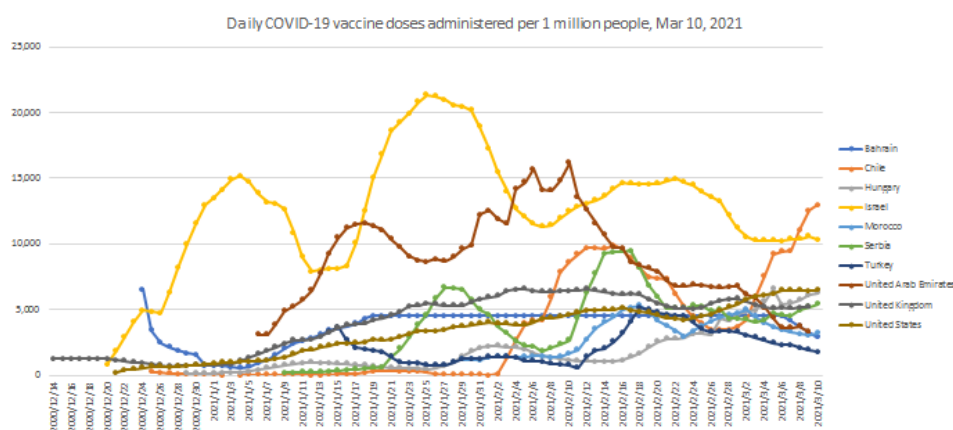
总体而言，大家看到有效性数据可能会觉得中国的疫苗有效性比较低，但实际上中国用传统工艺做出来的疫苗，有效性达到 80% 左右是难能可贵的。普通的感冒疫苗有效性大概在 50%、60% 左右，能达到 70% 以上是非常不错的。这里面列举的几类疫苗基本都是灭活疫苗，世界上几个疫苗大国，美国有三款疫苗：辉瑞、莫德纳和强生疫苗；英国有一款疫苗为阿斯利康，在欧盟使用比较多，使用的国家数量上排名第二；印度的疫苗，目前仅在印度使用。

截至 2021 年 3 月 10 日，全球接种疫苗人数最多的是美国，接种了近 1 亿剂；其次是中国，截至 3 月 4 日接种了 5200 万剂左右；再者是欧盟。但疫苗接种存在地区不均匀的问题。北美洲的人口只占全球人口的 5%，但接种率（按照接种疫苗数除以总人口数）在 10 天以

前达到了 18%左右，其中尤以美国接种较多，疫苗消耗数约占全球消耗总数的 30%。西欧也只有大概全球 5%的人口，消耗的疫苗在 20%左右。东亚占全球 22%的人口，消耗的疫苗数也是 20%左右。仍有许多国家接种数为 0，尤其是非洲的国家，说明疫苗分配上确实存在着极大的差异。

三、疫苗交付情况的预测

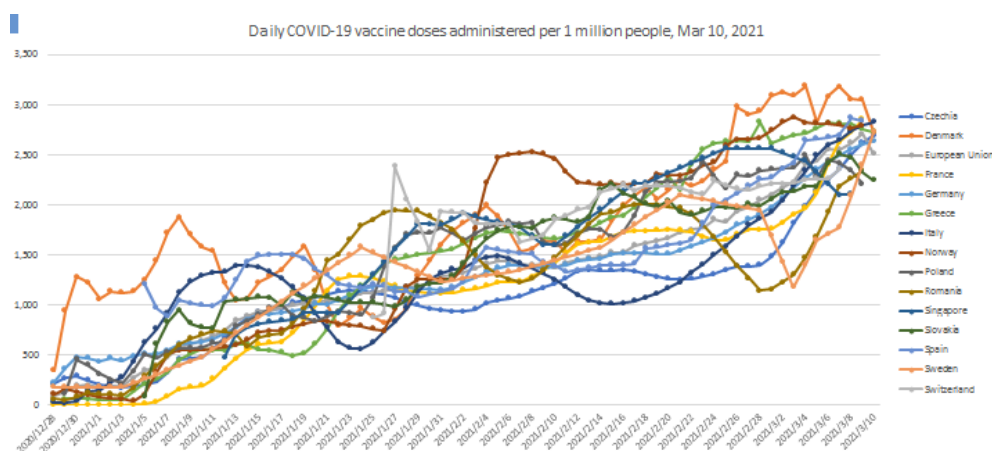
按照疫苗接种的速度，我们可以把全球的国家 and 地区分成 3 个梯队。第一梯队日均接种人数达每百万人 5000 左右，即每天约能接种 0.5%的人口。如果只接种 1 剂疫苗，大概 200 天之内接种完所有的人口。如果接种 2 剂疫苗，需要 400 天接种完所有的人口，但在 2021 年内达到 70%、实现群体免疫是可以做到的。世界各国中以色列接种最快，但速度在逐渐下降，阿联酋也存在类似情况。这是因为疫苗接种有诸多限制条件：一方面是疫苗本身的产能，另一方面就是疫苗的可达性。疫苗的可达性是指即使有疫苗，但是如果很多人口分布在农村的话，也无法将疫苗快速地分发下去。多数疫苗对温度的要求非常苛刻，如果是在小城市或者乡村地区，疫苗的可达性相对来说就会比较弱。所以一个国家的接种人数、接种效率不可能一直保持在非常高的位置。但美国的接种人数在持续上升，而且现在已经到较高的水平。相对而言，英国接种速度比较稳定。



数据来源：Worldometer, OurWorldInData, 信风科技

图3 第一梯队疫苗接种速度

第二梯队国家主要是欧盟国家。除了新加坡，其他国家接种的速度都非常接近，展现出了非常大的同质性，这说明在欧盟内部疫苗的分配是比较平等的。这些国家能够达到每天接种 0.25% 的人群。按照这个速度来计算，全民接种 1 剂需要大概 400 天，若接种 2 剂则需要 800 天，要达到 70% 的接种水平，大概需要两年的时间。第二梯队的国家接种速度仍保持着一个向上的趋势，能否达到第一梯队的速度，取决于疫苗的供给情况。欧盟中唯一的疫苗生产国是德国，疫苗产能受到很大的限制。



数据来源：Worldometer, OurWorldInData, 信风科技

图4 第二梯队疫苗接种速度

第三梯队则是不能实现每天注射接种 0.25%人口的国家 and 地区。第三阶梯中接种速度最快的是加拿大，每天只能接种 0.2%的人。中国接种速度处于一个相对较低的位置，预计会加速，按照目前披露的数据来看，中国每天大概接种 0.05%人口，这个速度在第三梯队国家里面并不高。中国现在接种大概 5000 万剂，接种完成大概 2500 万人，按照这个速度要在两年之内达到群体免疫是有难度的。

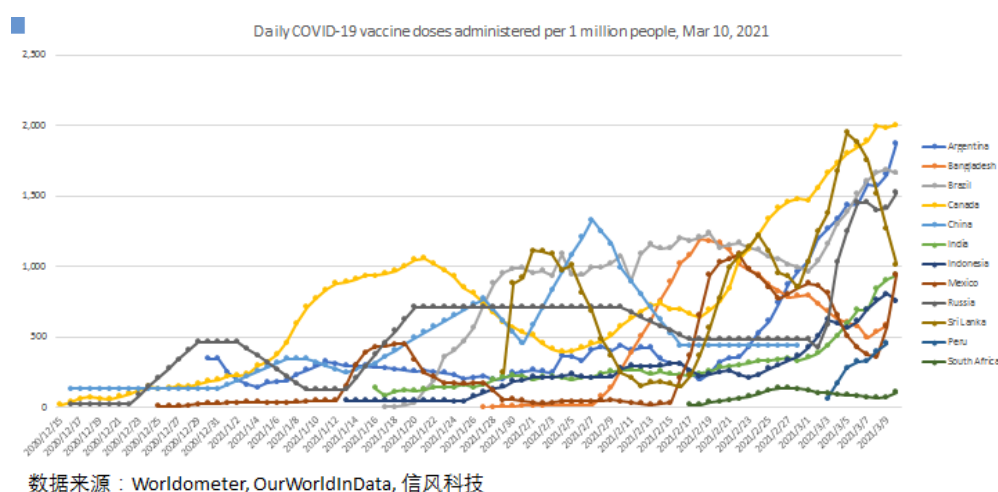
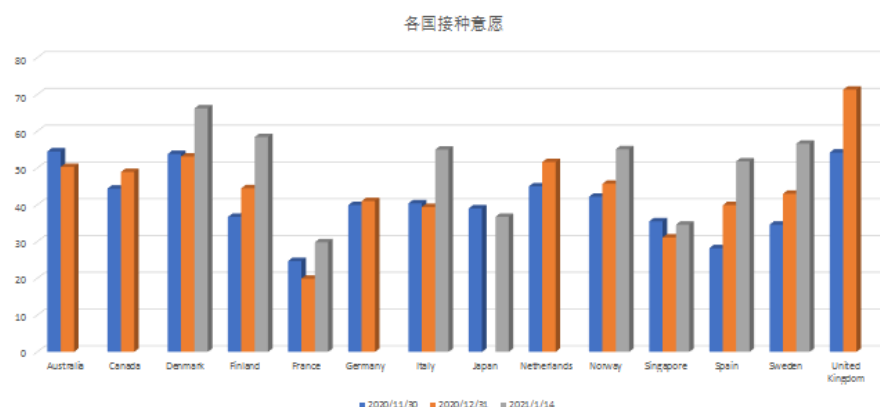


图 5 第三梯队疫苗接种速度

Agent-based Model，是基于代理人的一种模型，能够模拟疫苗交付、疫苗接种、疫苗接种后能否产生有效抗体、是否有接种意愿、分布在农村还是城市、所处年龄阶段、接种疫苗的有效性如何、接种后是否会继续感染别人，以及最后会治愈还是死亡等多种场景。但模拟的代价也是非常大的，如果运行一个 2 万个节点的仿真程序，单个 PC 要将近一个星期才能完成。华为云支援了我们一台非常高效的有 208 个 CPU 的服务器，速度提高了 80 倍左右，只需要 20 个小时就能够得到全球任何一个国家非常详细的仿真结果。

疫苗接种最终要达到的效果是能够群体免疫。目前来看，新冠病毒变异之前的基本传播数是 2.2 左右，变异之后有可能会达到 3.4 左右，传播数越高则需要群体免疫力水平越高，2.2 左右的基本传播数，需要大概 70% 的人能够具有免疫力。免疫力有两种途径获得：一种是通过感染获得，2020 年英国宣传所谓的“群体免疫”来达到群体免疫；另外一种是通过接种疫苗来获得免疫。免疫人口由两部分人组成的，一部分人是通过自然免疫，另外一部分是通过接种疫苗获得免疫。

怎样才能达到所需要的群体免疫？那就是在自然免疫的人口不足的情况下，需要接种一定量的人口。如果很多人不愿意接种疫苗，那么群体免疫的目标其实是无法达成的。我们也调查了全球各国对疫苗接种的态度。图 6 是我们 2020 年 11 月调查的 15 个国家的调查结果，中国愿意接受疫苗的人比例较高，三个月之内接种疫苗的意愿是 68% 左右，一年之内接种的意愿高达 90%，是统计的所有国家和地区里面最高的。疫苗出现之后，接种态度也有一定的变化。根据 2020 年 11 月、12 月和 2021 年 1 月三个月的数据来看，全球接种意愿上升了 5 个百分点左右，而英国上升了将近 20 个百分点，总的水平还是较低的水平，维持在 50%~55% 之间，能否达到群体免疫存在着相当大的不确定性。我们如果纯粹根据疫苗接种的速度来测算各国能够达到群体免疫时间的话，能在 2021 年达到群体免疫的主要是以色列、阿联酋、智利、英国、美国、塞尔维亚。



数据来源：Worldometer, OurWorldInData, 信风科技

图 6 各国疫苗接种意愿

按照之前的接种速度，测算结果显示中国可能要到 2025 年才能达到群体免疫。2021 年 3 月初，钟南山院士表示希望在 6 月底的时候，能够接种 40% 人群。要达到这个目标，测算结果是需要提高 10 倍的接种速度，我认为可能是非常困难的。高福院士估计 2022 年我们大概能够达到群体免疫，要达到这个目的，我们至少要提高 5 倍的接种速度。所以张文宏主任说 2021 年年底，我们不太可能把口罩摘掉。这一观点我基本认同，在 2021 年年底中国还是很难达到群体免疫的水平。

在做具体的模型时，我们考虑的参数很多。以英国为例，需要考虑接种效率、接种速度、长期的接种意愿、变异病毒传染性的增强等。考虑多种因素之后，对它进行模型的测算，这是一个比较全面的模型估计。我们可以同时估计感染人群、易感人群、免疫人群、接种人群、死亡人数，以及有效免疫人口比例和它的有效再生数的变化。图 7 显示英国变异病毒在受控情况下、传染再生数是 2.3 的条件下，在当前的效率下可能要到 2021 年的 8 或 9 月份才能达到群体免疫。

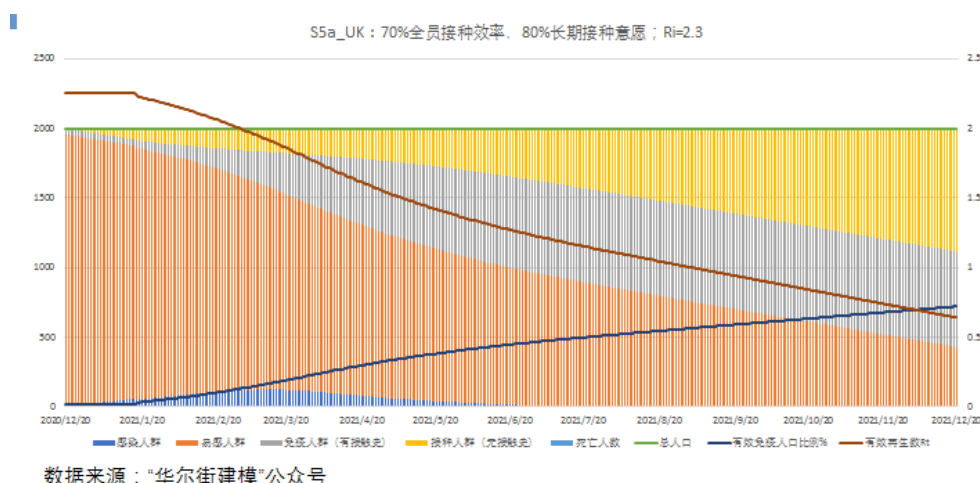


图 7 英国疫苗接种场景

图 8 显示美国在 50%的长期接种意愿、70%的接种效率且受控的情况下，大概会在 2021 年 5、6 月份有效再生数降到 1 亿以下。但在不受控的情况下，可能要到 8、9 月份才能降到 1 亿以下。

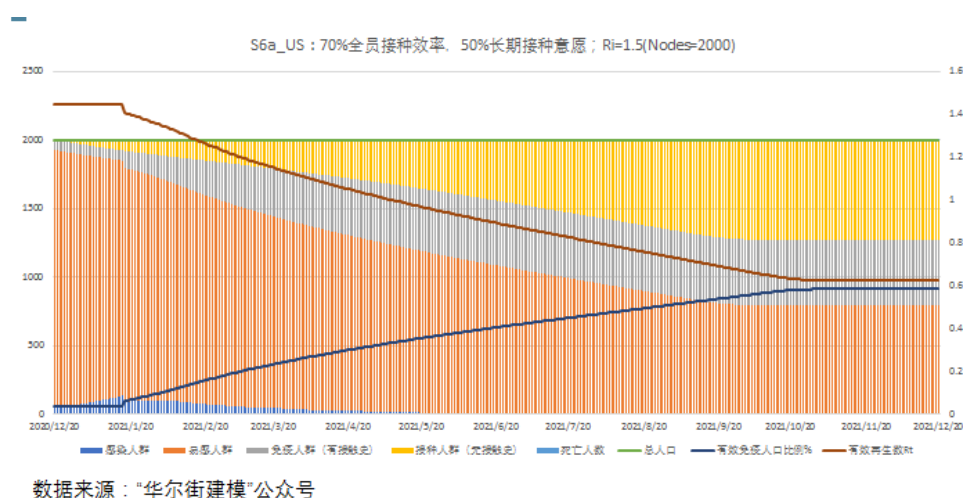


图 8 美国疫苗接种场景

免疫人群可分为两类人群：一类是通过自然感染的人群，另一类是通过接种疫苗达到免疫的人群。还有一部分人群没有接种疫苗，但是因为总接种比例达到了阈值，他们也能够获得足够的保护。张文宏主任提到我们疫苗接种的速度是比较慢的，按照目前接种速度 2021 年末也只能达到 2.1 亿人接种，占全国人口的 20%不到，离群体免疫

水平还有很大的空间，这个时候我们是很难把国门打开的。根据中国目前接种速度，我们测算了提升速度 5 倍、10 倍、20 倍的情况。如果提升 5 倍的速度，2021 年无法把有效再生数降到 1 亿以下；如果把速度提升 10 倍，可以在 2021 年 250 天到 300 天之间，把有效再生数降到 1 亿以下，也就是说在 2021 年 9 至 11 月能达到这个水平；如果能够提升到 20 倍的速度，我们是有可能在 150 至 180 天，大概 5 至 6 月之间把有效再生数降下来。

我们的研究工作也为经济金融发展提供了决策支持。比如，我们 2020 年完成的一篇文章《Lessons from China's Economic Reopening》，是从中国的经济重启获得的经验教训。这篇文章发表在布鲁金斯的《世界经济重启》的文章集合中，主要是基于我们对疫情的预测，各国可以从中汲取经验，不同的地区、不同的行业，开放的步骤应是不一样的。对疫情的预测，如何能够应用到经济领域呢？比如大宗商品的应用上，2020 年 9 月份原油价格上涨较快，第一财经让我对原油价格做一个判断。我们认为，疫情还是影响油价的最关键的因素，当时全球的疫情走势存在着非常大的不确定性，而且在冬季是有可能发生比较大的第二波疫情。

总体来看，全球的经济在 2021 年会有所恢复，但各国恢复的步骤和幅度应该是有较大差异的。假设病毒的变异能够被疫苗控制住，全球的主要经济体开放的时间也会出现比较大的差异。比如，美国和英国是大国里面能够较早实现群体免疫的国家，但时间也要到 2021

年的年终或者下半年。欧盟国家还是存在着非常大的不确定性，它们可能 2022 年才能达到群体免疫的目标。

以 0~100 表示全球疫情的综合风险指数，分数越高，表明地区的疫情就越严重。根据综合风险指数，全球仍有许多国家和地区是高风险地区，比较明显的两个区域，一个是南美，比如巴西、阿根廷、阿拉圭等；一个是欧洲，比如乌克兰、波兰、捷克、匈牙利等东欧国家的疫情还是非常严重，西班牙、法国、瑞典、意大利等西欧国家的疫情也没有完全被控制。所以，对未来尤其是宏观趋势做判断，疫情是一个比较重要的因素。要准确地判断全球经济的恢复情况就必须准确地对疫情本身做出判断。

四、问答环节

Q1: 肯尼亚的疫情风险指数情况是怎样的？

A1: 大家可以直接到我们网站上去找相应的国家，这个网站是公开的。有一些国家是灰色的，表示我们收集不到这些国家数据，无法计算风险指数。网站上有各种各样的风险指数，包括总的感染率、测试的阳性率、病例的死亡率、新增的感染数等。

Q2: 美国 5 月底之前基本可以完成对成人的疫苗注射（只要愿意的都可以打上），中国何时可以完成？

A2: 按照前面介绍的来看，如果我们把速度提高 10 倍，2021 年能够完成疫苗注射；如果达不到 10 倍，2021 年肯定完成不了。现在也有多个预测，预计中国最近可能会提速，包括钟南山院士提到的 6

月底之前给 40% 的人接种，在目前的接种水平上提高 5 至 7 倍才能做到这一点。高福院士预测 2022 年才能做到 70%，要达到这样的水平，大概需要提高 5 倍左右的速度。

Q3: 接种中国疫苗的保护期通常是多长？如何看待中国的疫苗接种策略？

A3: 中国新冠疫苗保护期正常是三年左右，至少是 16 个月，不少于一年，如果它的保护期能够超过一年，二次接种的间隔时间相对来说就会长一些。但现在国内从来没有如此大规模的接种疫苗，流感疫苗在国内的接种率也是非常低的，所以这是一个挑战。国外接种疫苗的效果已经逐步体现出来。我们现在还达不到全部想打疫苗的人都能去接种，现在主要在给九类接触风险比较高的人群接种。各国接种的政策是不一样的，美国、英国都是优先给老年人接种，但我们现在还不能给老年人接种。我们的临床试验不是特别的全面，临床实验对象主要是 18 岁到 59 岁的人，老年人和小孩都不在临床实验里面。我们现在逐步地扩大接种人群，也是想获得更多的时间。张文宏主任建议年轻人尽量多去打疫苗，一方面年轻人打疫苗也可以建立免疫屏障，另一方面可以留下更多时间获取疫苗接种的数据，有助于我们有针对性地给非年轻人接种疫苗。

Q4: 现在疫苗的产能能否跟上疫苗的接种速度？

A4: 根据最新数据，中国新冠疫苗 2021 年产能可以达到 21 亿剂，用于国内是足够的。从理论上讲，21 亿剂疫苗是能够用于 10.5

亿人，足够覆盖群体免疫所需的 70%人口，所以疫苗的产能也是足够的。但疫苗实际接种存在着两方面的不确定性：一方面是我们有国际义务要供给其他国家，主要是不发达国家；另一方面，未来我们会有多个疫苗获得通过，在疫苗获得通过之后，疫苗的产能会迅速加大。总体来看，中国的疫苗产能不存在问题。以美国为例，美国接种的问题不在于产能，而是由于没有足够的设施和人员导致接种速度不快。所以我认为国家应该考虑展开大规模接种，并能够迅速有效安全地接种疫苗。

本文根据北京大学汇丰金融研究院执行院长巴曙松教授发起并主持的“全球市场与中国连线”第三百五十二期（2021年3月12日）内容整理而成，特邀嘉宾为信风金融科技创始人兼 CEO 陈剑。

陈剑先生现任信风金融科技创始人兼 CEO、MSCI 公司亚太区 ABS 业务高级顾问、财新智库高级顾问，同时是财新传媒专栏作家、《文汇报》影评专栏作家、《南风窗》时评专栏作家、上海金融系统知联会理事、世界华人不动产学会副秘书长。曾担任点石金融服务集团管理合伙人、美国安富金融工程集团董事总经理、美国联邦房贷公司（“房地美”）的信用风险及建模总监、美国花旗银行信用风险副总裁、美国国民房贷协会（“房利美”）的信用风险管理总监。他同时在上海高级金融学院担任兼职教授，是北京大学国发院-纽约福坦莫大学管理金融博士班客座教授，曾担任约翰霍普金斯大学兼职教授。

【免责声明】

“全球市场与中国连线”为中国与全球市场间内部专业高端金融交流平台。本期报告由巴曙松教授和熊婉芳博士共同整理，未经嘉宾本人审阅，文中观点仅代表嘉宾个人观点，不代表任何机构的意见，也不构成投资建议。

本文版权为“全球市场与中国连线”会议秘书处所有，未经事先书面许可，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复印、发表或引用本文的任何部分。



PHBS HFRI
北京大学汇丰金融研究院

