

破晓在即：新冠疫苗能否 “拯救世界”？

全球多个科研团队正加速推进新冠疫苗的研发工作。本文梳理了疫苗研发的最新进展，并探讨了疫苗对疫情和社会可能产生的影响。

Gaurav Agrawal、Michael Conway、Jennifer Heller、Adam Sabow、Gila Tolub



一场突出其来的新冠疫情在 2019 年末来袭，随后肆虐全球。全世界的科研机构迅速动员，纷纷启动了疫苗的研发工作。来自学术界、生物科技行业、政府和制药领域的个人和机构陆续投入这项“史诗级”科研工作中。政府、多边机构、非营利组织和私营部门源源不断地投入资金，监管机构也以空前速度与研发机构展开合作。疫情暴发数月后的今天，全球正在推进的候选新冠疫苗超过 250 个，其中 30 个已进入临床试验阶段，约 25 个有望在今年进入人体试验阶段。

随着新冠疫情的持续蔓延（全球每周新增确诊病例约为 150 万），疫苗研发力度也逐步加大，企业领导者、经济学家、政策制定者、科研专家甚至普通百姓都在讨论这个问题：**人类能否研制出新冠疫苗？如果能，要等到什么时候？疫苗对社会的贡献将有多大？**

为了弄清这些问题，我们对新冠疫苗研发管线以及潜在情景展开了深度评估。我们对公开信息进行了梳理，尝试分析开发疫苗所需的时长，以及可能面临的挑战。我们还对相关人士和机构进行了采访，包括流行病学和公共卫生专家，以及疫苗生态系统的重要参与者，包括研发机构、出资机构、政府部门等。本文可视为对这些研究和分析的整合。本文的初衷不是为了评判疫苗研发是否应该加速，而是希望表明，在整个疫苗研发过程中，严格遵循安全规程，并对结果进行严密监控，才是最重要的。

以下是我们梳理的关键信息：

- 根据疫苗研发机构和各国政府官员公布的时间表，候选疫苗有望在 2020 年第四季度至 2021 年第一季度间投入紧急使用。
- 一期和二期临床试验验证了疫苗的安全性和免疫原性，尽管迄今为止受试者数量仍较有限。
- 新冠病毒的离散特征、研发机构的巨大投入、空前充沛的资金，都让我们有理由相信，新冠疫苗的开发速度将超过历史上任何一种疫苗（此前研发速度最快的腮腺炎疫苗用时 4 年¹）。目前正在推进的 250 个候选疫苗中，预计有 50 多个将于 2020 年进入人体试验阶段。根据历史成功率推算，基于这样的研发管线，至少有 7 个疫苗有望在未来几年中获得审批。
- 疫苗研发仍面临着诸多挑战，包括验证新的平台技术、确认候选疫苗有足够的防护作用，以及设计最高效疫苗的“脸谱”。
- 监管机构仍在完善新冠疫苗的审批准则。例如，美国食品药品监督管理局（Food and Drug Administration, FDA）最近发布的准则表示，授予紧急使用授权（Emergency Use Authorization, EUA）之前还需要更多数据。相关细节仍在敲定中。
- 疫苗生产商已宣布，至 2020 年底的累计产能可达 10 亿剂，2021 年底可达 90 亿剂。

¹ Nancy Fliesler, “Getting to a COVID-19 vaccine as fast and as safely as possible”, 2020 年 6 月 12 日, Discoveries, discoveries.childrenshospital.org.

新冠疫苗的研发空前活跃。在病毒基因测序完成 42 天后，即诞生了首个候选疫苗。

总之，所有信息都表明，新冠疫苗很可能在 2020 年第四季度至 2021 年第一季度间，提供给重点人群使用。这些疫苗最终将在全球抗疫事业中扮演何种角色，取决于许多因素，如新冠肺炎的流行病学特征和传染性、自然免疫持续时长、疫苗特性以及补充性治疗手段的可及性等。但各界普遍认为，疫苗会在大多数情景中扮演重要角色，在更坏的假设情景下有可能“拯救世界”。无论在何种情景，疫苗都将成为一道屏障，阻止疫情对人类健康和全球经济造成持续冲击²。

毋庸置疑的是，商业领袖、政府官员和政策制定者都必须持续跟踪并及时应对这些外生因素。

我们建议，疫苗生态系统的参与者必须做好准备，采取下列 6 项关键行动，当然，具体任务因各自角色定位而异。

- 一是制定预案，力图适应各种需求情景；
- 二是互通有无，保持疫苗生产灵活机动；
- 三是取长补短，确保多款疫苗形成互补；
- 四是通力合作，协同配送、接种和监测；
- 五是周密布局，提前做好相关配套支持作；
- 六是合理决策，充分考虑疫情后续演变。

聚焦这些任务，有助于各利益相关方构建起必要的产能响应体系，仅有利于抗击新冠肺炎大流行，也能在未来做到有备无患。

时间问题：人类能否研制出新冠疫苗？如果能，大概什么时候？

随着候选疫苗纷纷进入临床试验阶段，社会各界都在密切关注研发动向——这也在情理之中，毕竟无数专家都把疫苗当作世界能否回到“疫情前常态”的关键³。专家们提出了许多时间表，有的预计疫苗 2020 年底就能研制成功，也有的认为，至少还要再等 12 个月，疫苗才能上市。下文将逐一阐述已公布的疫苗时间表信息、一期和二期临床试验中令人鼓舞的早期证据，以及其他几项与病毒特性和创新相关的研发因素。

研发机构和政府官员公布的时间表

鉴于正在研发的新冠疫苗数量众多，再参考一些研发机构的公开声明，在美国的第一款疫苗很有可能于 2020 年第四季度至 2021 年第一季度间上市，2021 年还将有更多——可能获得 FDA 的紧急使用授权⁴。

² 假设全球疫苗投资 100 亿至 150 亿美元，将可避免 10~15 万亿美元的全球经济损失。

³ Lawrence Corey 等，“A strategic approach to COVID-19 vaccine R&D”，《科学》（Science），2020 年 5 月 29 日，第 368 卷，第 6494 号，第 948 - 50 页，science.sciencemag.org。

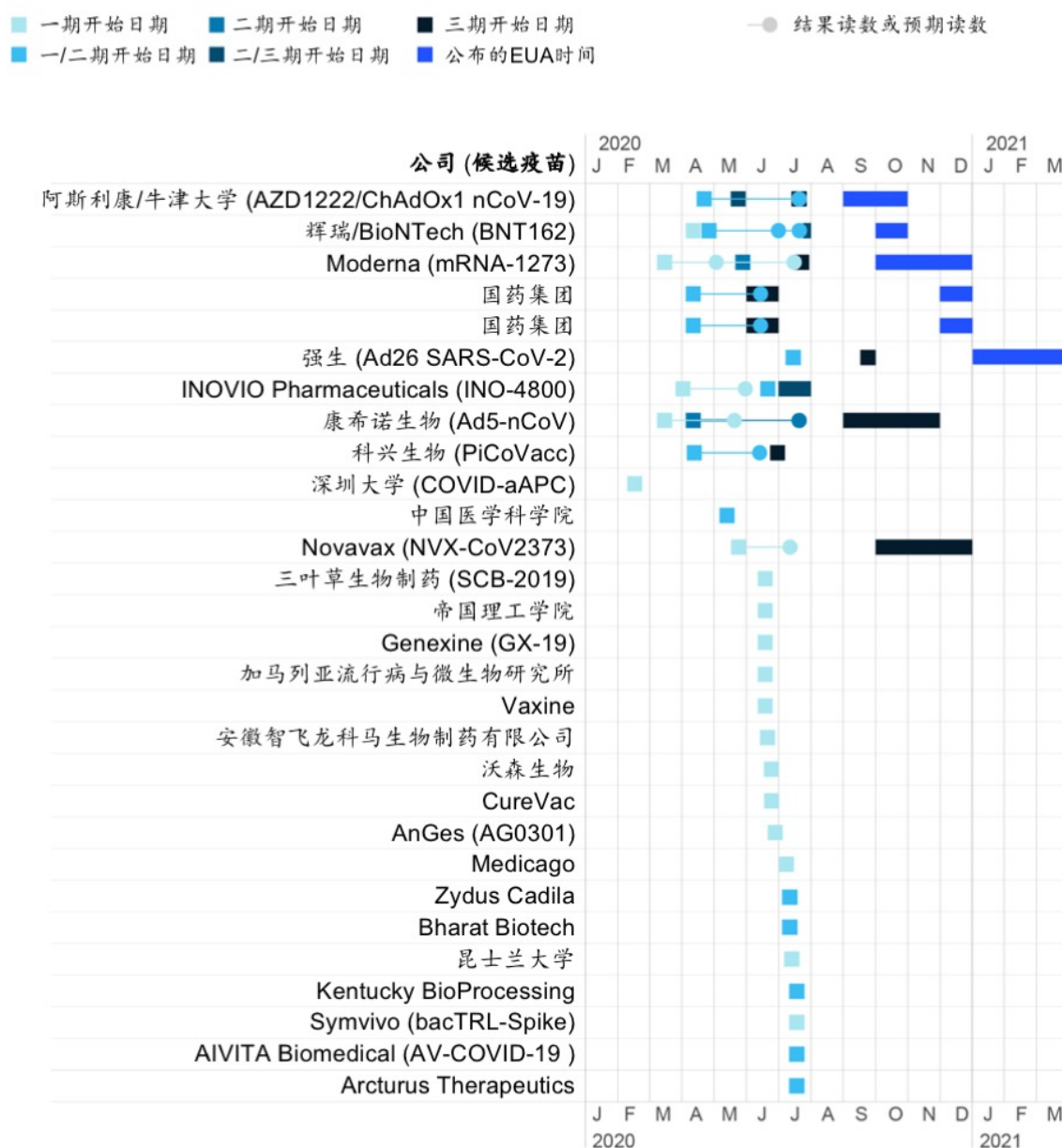
⁴ “紧急使用授权”，美国食品药品监督管理局，2020 年 7 月 10 日，fda.gov。

根据该项授权，FDA“可在没有合格的、经审批的、可用的替代品时，允许在紧急情况下使用未经审批的医疗产品，或将已经审批的医疗产品用于未经审批的用途，以诊断、治疗或预防由CBRN（化学、生物、放射性、核）威胁物质引发的严重的或危及生命的疾病或病症。”

中国和欧洲企业也在寻求获得类似的许可：至少有5家大型疫苗研发企业已宣布，计划在2020年底之前，为其候选疫苗提交紧急使用授权或该国同等授权的申请（见图1）。

图1 从新冠疫苗研发管线规模可见研发力度很大

已公布的候选疫苗临床试验时间表¹



¹ 当公布的开始日期以范围形式给出时，开始日期显示为数月。如果多项临床试验同时进行，则列出第一个开始日期。包括获得紧急使用授权（EUA）的疫苗

资料来源：BioCentury; ClinicalTrials.gov; Milken Institute COVID-19 Treatment and Vaccine Tracker; 新闻搜索

也有政府官员公开声称会有一款疫苗在 2020 年底或 2021 年初通过审批。美国国家过敏症与传染病研究所的 Anthony Fauci 博士最近就表示,“……2020 年底和 2021 年初吧。虽然没人打包票,但我比较乐观,到时我们会有一种或几种疫苗,可以开始接种。”⁵

一期或二期临床试验的早期证据

已经有几家公司公布了一期或二期临床试验的数据,结果令人振奋:

- **6 月**, 科兴生物发布了其候选疫苗一期/二期临床试验的初步结果: 临床研究 (0,14 天接种) 免疫原性结果显示, 全程免疫 14 天后中和抗体阳转率均超过 90%, 且无严重不良反应⁶。国药集团也在同月公布了一期/二期临床试验的揭盲结果: 0,28 天程序接种两剂疫苗后中和抗体阳转率达到 100%⁷。
- **7 月上旬**, 辉瑞 (Pfizer) 和 BioNTech 发布其候选疫苗一期临床试验初步结果: “中和抗体滴度的几何平均值达到新冠肺炎康复期患者血清水平的 1.8~2.8 倍。”⁸ Moderna 也于同期发布其候选疫苗一期临床试验数据: 41 名受试者全部产生中和抗体。所有剂量组受试者的滴度, 均与一组新冠肺炎康复期患者血清中的滴度水平相当或更高。在 100 微克剂量下, 增效后的抗体滴度几何平均值比康复患者血清水平高 2.1~4.1 倍⁹。

- **7 月中旬**, 阿斯利康 (AstraZeneca) 发布其候选疫苗一期/二期临床试验数据, 结果显示, 95% 的受试者在接受单次疫苗接种一个月后, 抗体增加了 4 倍¹⁰。同期, 康希诺生物也公布了其候选疫苗的二期临床试验数据: 超过 85% 的受试者接种单针疫苗后体内出现抗体, 并在接种后 14 天内产生 T 细胞反应¹¹。

虽然上述疫苗及其他候选疫苗需要更多数据的支撑, 但初步结果表明, 候选疫苗都能在一定程度上产生中和抗体, 这是疫苗有效性的一项潜在指标。

新冠疫苗研发加速推进的理由

进一步审视三大关键研发要素 (新冠病毒的基本特征、规模空前的疫苗研发管线和种类多样的技术平台、极为充沛的资金投入), 会发现疫苗的研发和审批有望走上“快车道”, 超过历史上任何一种疫苗。

1, 病毒特征

不同于艾滋病病毒或季节性流感病毒, 冠状病毒整体变异速度处于中低水平。例如, 引发中东呼吸综合征 (MERS) 的冠状病毒, 自 2012 年在人群中发现以来就一直未曾发生显著变异¹²。

⁵ Judy Woodruff, “How Fauci says the U.S. can get control of the pandemic”, PBS, 2020 年 7 月 17 日, pbs.org。

⁶ Adam Feuerstein, “Sinovac says early data show its Covid-19 vaccine generated immune responses”, STAT, 2020 年 6 月 14 日, statnews.com。

⁷ “Unblinding of Phase I/II clinical study of China bio-new inactivated vaccine”, 《中国生物工程杂志》, 2020 年 6 月 16 日, cnbg.com。

⁸ Mark J. Mulligan 等, “Phase 1/2 study to describe the safety and immunogenicity of a COVID-19 RNA vaccine candidate (BNT162b1) in adults 18 to 55 years of age: Interim report”, medRxiv, 2020 年 7 月 1 日, medrxiv.org。

⁹ “Moderna announces publication in *The New England Journal of Medicine* of interim results from Phase 1 study of its mRNA vaccine against COVID-19 (mRNA-1273)”, 2020 年 7 月 14 日, modernatx.com。

¹⁰ Pedro M. Folegatti 等, “Safety and immunogenicity of the ChAdOx1 nCoV-19 vaccine against SARS-CoV-2: a preliminary report of a phase 1/2, single-blind, randomised controlled trial”, 《柳叶刀》(Lancet), 2020 年 7 月 20 日, thelancet.com。

¹¹ Feng-Cai Zhu 等, “Immunogenicity and safety of a recombinant adenovirus type-5-vectored COVID-19 vaccine in healthy adults aged 18 years or older: a randomised, double-blind, placebo-controlled, phase 2 trial”, 《柳叶刀》, 2020 年 7 月 20 日, thelancet.com。

¹² Stanley Perlman, “Another decade, another Coronavirus”, 《新英格兰医学杂志》(New England Journal of Medicine), 2020 年 2 月 20 日, 第 382 卷, 第 760 - 2 页, nejm.org。

其实，早期数据表明，新型冠状病毒的变异速度仅为季节性流感病毒的 1/4¹³。有少量证据表明，变异正在影响新冠肺炎的传播，但迄今为止，其对抗原性的影响似乎微乎其微¹⁴。这一变异模式对于疫苗研发工作是有利的，因为不必追随不断变化的靶标去设计疫苗，降低了研发的复杂性。不过，速度就是生命：所有病毒都有可能发生变异和进化，在人群中传播时间越长，这一可能性就越高。

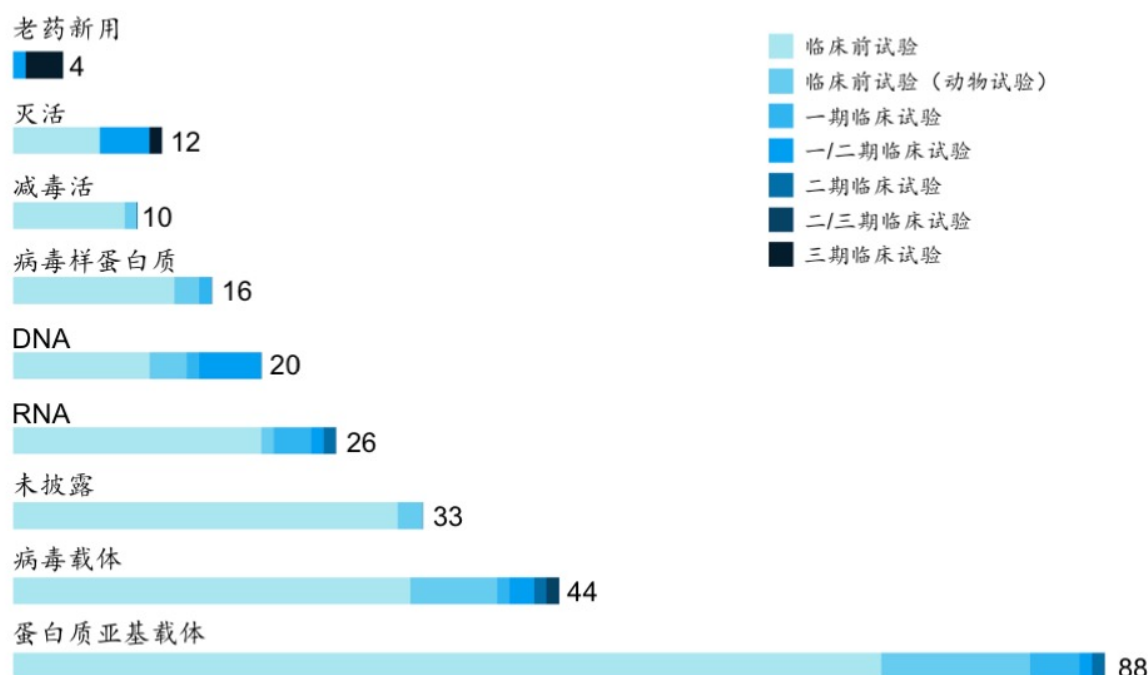
新冠肺炎感染率居高不下，或有助于研发机构在三期临床试验中快速评估疫苗的有效性。巴西、印度和美国亚利桑那州、佛罗里达州和德克萨斯州等地近期感染率有所上升，某些研发机构就希望能去这些国家和地区进行其候选疫苗的临床试验¹⁵。

2. 研发管线和技术平台

新冠疫苗的研发空前活跃。在新冠病毒基因测序完成 42 天后，即诞生了首款候选疫苗。在本文发布时，全球已有 250 多个公布的候选疫苗，其中有 50 多个计划于 2020 年进入人体临床试验阶段（见图 2），有 30 多个已经进入人体试验研究阶段。

图2 全球正在开发的候选疫苗超过250个

不同技术平台和研发阶段的新冠肺炎候选疫苗分布情况



资料来源：BioCentury; ClinicalTrials.gov; Milken Institute COVID-19 Treatment and Vaccine Tracker; 新闻搜索

¹³ Niema Moshiri, “Coronavirus seems to mutate much slower than seasonal flu”, Live Science, 2020 年 4 月 6 日, livescience.com.

¹⁴ Lizhou Zhang 等, “The D614G mutation in the SARS-CoV-2 spike protein reduces S1 shedding and increases infectivity”, bioRxiv, 2020 年 6 月 12 日, biorxiv.com.

¹⁵ Jared S. Hopkins 和 Peter Loftus, “Coronavirus researchers compete to enroll subjects for vaccine tests”, 《华尔街日报》(Wall Street Journal), 2020 年 7 月 5 日, wsj.com.

此外，这些候选疫苗采用了多种相关技术，既有蛋白质亚基和病毒载体等成熟的疫苗平台，也包括 mRNA 和 DNA 等新型平台。

为了更好地判断有多少候选疫苗能取得成功，我们除了评估关键研发因素，还参考了疫苗研发的历史成功率。我们对公布的所有候选疫苗进行了分析，预计未来两年，约有 7~9 个疫苗可能通过监管审批。在更加乐观的情况下，可能超过 20。

在分析中，我们考虑了不同疫苗在研发时间表和平台技术上的差异。比方说，如果某候选疫苗到 2021 年才开始临床试验，有可能会因为资金问题和受试者招募方面的挑战而延期。其成功率就可能因此降低。对于在研发中使用新型技术平台的候选疫苗，如果之后其平台的失败率普遍较高（参见附文《疫苗研发成功率》），那么该疫苗想要成功就会更难。

3. 资金渠道

相比此前的任何一种疫苗，不论是在正常情况下研发的，还是在全球性大流行情况下研发的，新冠疫苗获得的研发资金都更多。公开记录显示，2003~2014 年，美国国家过敏症与传染病研究所共计投入 2.21 亿美元，用于研发埃博拉疫苗。与之形成强烈对比的是，该研究所在 2020 年前 6 个月获得的新冠疫苗研发资金高达 15 亿美元¹⁶。来自政府、非政府组织、私营企业的资金投入力度相仿，其中相当一部分都定向划给了某个特定的候选疫苗¹⁷。我们的分析表明，迄今为止，全世界对新冠疫苗的总投资至少已达 67 亿美元。

潜在挑战

候选疫苗研发管线的广度和深度，及其规模空前的研发投入，都在传达出疫苗的成功问世可能指日可待。但是，存在诸多困难有待克服，我们的研究指出了三大主要挑战：验证新的技术平台、证明候选疫苗的防护效果及设计切实可行的疫苗特性。

根据疫苗研发机构和政府官员披露的信息，新冠疫苗有望在 2020 年第四季度至 2021 年第一季度间面世，可供重点人群接种。

¹⁶ “Supplemental appropriations bolster NIAID’s COVID-19 response”，美国国家过敏症和传染病研究所，2020 年 5 月 20 日，niaid.nih.gov。

¹⁷ “Germany to spend € 750 million on coronavirus vaccine”，德国之声，2020 年 5 月 11 日，dw.com。

疫苗研发成功率

在评估目前处于研发管线中的疫苗时，我们考虑了两个可能影响成功率的因素：研发管线进度和技术平台表现（见下图）。

具体到研发管线的进度，我们评估了两种情形：在第一个场景中，只有已经宣布有意于2020年开始人体试验的疫苗（共56种）能通过临床试验，继续推进；在另一个场景中，所有已公布候选疫苗（253种）都能取得进展。

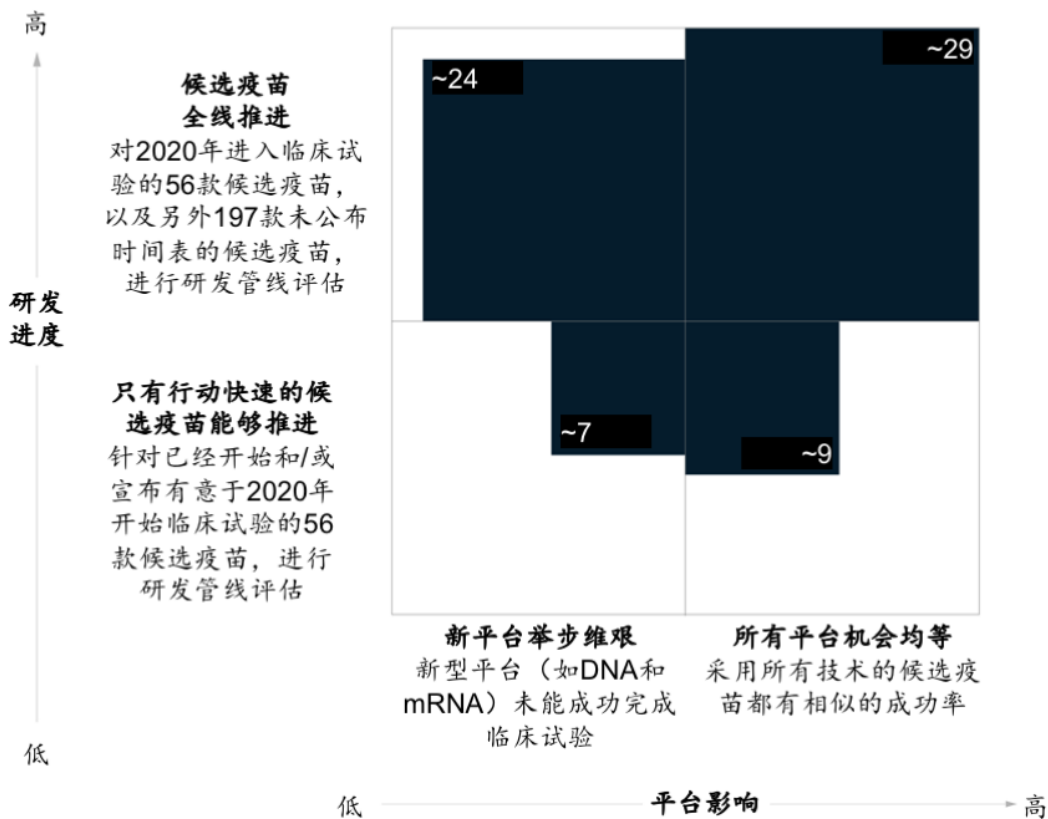
在技术平台表现方面，我们同样评估了两种场景：一种是无无论使用何种技术平台，所有候选疫苗享有同样的成功率；在另一保守场景中，所有新型疫苗平台（例如DNA和mRNA）都无法成功完成临床试验。

我们假设候选疫苗将以历史成功率沿着研发管线推进。临床前试验疫苗有60%的成功率进入一期临床试验¹。

然后，临床试验阶段成功从一期进入二期的概率为56.15%，从二期进入三期的概率为42.68%，从三期到提交申请为66.27%，从提交到通过审批为97.96%，最后，从通过审批到成功上市的概率为98.00%²。对于同时进行多阶段临床试验的疫苗，按当前处于其中较早的阶段来处理。例如，处于二/三期的疫苗，将按照二期成功率进行计算。

图3 两大因素有助于判断疫苗的成功潜力

可能成功的新冠疫苗数（基于历史成功率）



资料来源：BioCentury; ClinicalTrials.gov; Milken Institute COVID-19 Treatment and Vaccine Tracker; 新闻搜索

¹ CMR International Pharmaceutical R&D Factbook, 科睿唯安 (Clarivate), 2019 年, discover.clarivate.com。

² Pharmaprojects, Informa, 2019 年, pharmaintelligence.informa.com; 麦肯锡分析。

在这一场景中，我们假设新的技术平台的成功率，与已过审疫苗的平台相同。最后，我们假设研发机构的类型（如产业赞助机构或学术机构）对成功率不造成影响。且未计入不同疫苗的潜在时间影响以及候选疫苗可能通过审批的时间。

请注意，还有很多其他因素也会影响通过审批的疫苗数量和种类。例如，一些正在研发中的候选疫苗以新冠病毒的刺突蛋白为防御目标。如果病毒的刺突蛋白发生变异，并导致这些疫苗失效，那么其审批率就会降低。

此分析不考虑出于商业考量而终止研发候选疫苗的情况，也不考虑在最早几种候选疫苗通过审批后，后续疫苗将面临的挑战。比如，之后可能会需要进行（疫苗与安慰剂）“头对头”比较研究，这势必需要开展更大规模的试验，在资金和受试者招募方面都将带来更大挑战。

— 验证新的技术平台

相较于传统平台，研发新冠候选疫苗时使用的某些技术（如 DNA 和 mRNA）具备独特优势，其中最主要的一点就在于能够加快研发速度¹⁸。但这些平台大都未经验证：使用这些技术研发的人用疫苗，目前尚未出现通过审批的先例。其长期安全性如何，以及能在多大程度上诱发强效而持久的免疫反应，目前仍然存疑。因此，比起成熟的技术平台，新平台可能会面临更加严格的监管审查。

— 证明候选疫苗的防护效果

无论通过紧急使用授权，还是获得完整的监管审批，任何疫苗在上市之前，研发机构都需要证明它能有效抵御新冠病毒。有了相关证据后，监管机构才能对该候选疫苗的有效性抱有信心，才有可能让高危人群优先接种。疫苗研发机构需要尽可能充实其防护指标。例如，证明该候选疫苗能在接种个体中激发特定水平的抗体反应，以及独立展示抗体在测试或动物模型中能在一定时间段内防止被病毒感染。

此外，新冠疫苗研发机构在设计和开展后期临床试验时，还要能快速证明其候选疫苗的真实有效性。例如，他们在确定临床试验地点时，可专门选择那些原本新冠肺炎感染率不高（即受试者此前暴露风险较低）、但在接种后当地感染率有可能上升的地区。

— 设计最高效疫苗的“脸谱”

研发机构仍面临众多悬而未决的问题，其中之一就是不确定病毒的刺突蛋白将出现多大程度的变异。入侵时，刺突蛋白会吸附在受体细胞上，让病毒通过细胞膜进入人体细胞。虽然新冠病毒迄今为止尚未发生显著变异，但如果刺突蛋白在未来发生变异，就会影响当前很多研发中候选疫苗的效果，因为大多数候选疫苗在设计时，都将刺突蛋白作为靶标。如果真的发生变异，候选疫苗就需做出调整，这势必会拖慢疫苗上市的进度。

¹⁸Jamie Bell, “Moderna timeline:How the biotech firm has moved alongside pharma giants in Covid-19 vaccine race”, Clinical Trials Arena, 2020 年 6 月 8 日, clinicaltrialsarena.com.

监管考量

监管方一直在斟酌制定合适的准则，用以评估候选疫苗的各项数据。在 2020 年底之前，应该会有几家研发机构在疫苗安全性和免疫原性方面具备一定量的数据。鉴于新冠肺炎在总人口中的致死率，2020 年收集的临床试验数据是否足以令监管机构同意为特定高危人群接种疫苗，尚不得而知。

FDA 最近发布的准则表示，候选疫苗需提供更多数据，才能获得紧急使用授权。但就算如此，仍可能要取决于多个因素，包括这些数据的可信度、疫情的进展情况，以及在更广泛背景下对疫苗风险收益做出的评估。

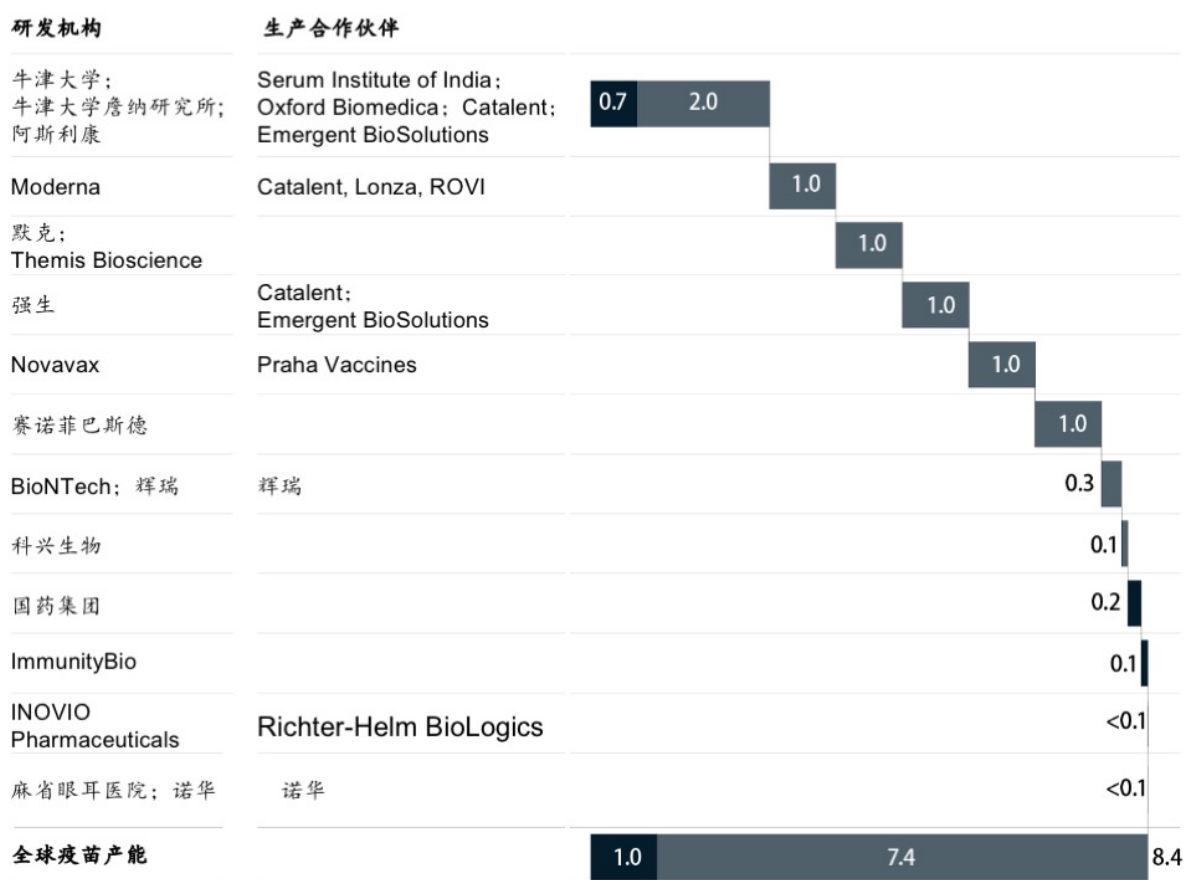
产能考量

迄今为止，已有数家疫苗生产商公布了产能计划，预计到 2020 年底，新冠疫苗总产能可达 10 亿剂，到 2021 年底达到 80~90 亿剂（见图 3）。当然，并非所有生产的疫苗都会成功，但这一来自行业的数字颇令人鼓舞。只要候选疫苗能通过审批，现在和未来都能有足够的产能满足各类人群的接种需求。

图4 部分研发机构正在为疫苗生产扩充产能

已公布的候选疫苗产能，单位：十亿剂

■ 2020年底预期 ■ 2021年底预期



资料来源：BioCentury；ClinicalTrials.gov；Milken Instit

图5 新冠疫苗可在三个阶段内为社会产生价值

短期：最大化新冠疫苗的影响	中期：确保新冠疫苗的持久供应	长期：为未来全球大流行做准备
应对当前大流行的情景，直至疫情得到控制（即不再被全球卫生权威机构视为大流行）	应对新冠肺炎转为地方性流行病并继续传播的情景，需要常规接种疫苗来防止再次暴发	加强全球在未来遭遇大流行时的响应能力；利用技术、基础设施和经验教训应对未来的疫情暴发

总之，现有证据显示，一些候选疫苗很可能在2020年第四季度至2021年初之间上市。最早通过审批的疫苗可能种类不多，仅限特定群体使用，且供应也可能很有限。2021年，更多采用其他技术平台的疫苗将陆续通过审批，并扩大生产规模，供更广泛的人群接种。

价值问题：疫苗将对社会产生什么影响？

新冠疫苗对整个人类社会的潜在价值，是一个值得探讨的问题。它对人类健康的影响以及对全球经济产生的连带影响将有多大的作用？我们试图从三个不同的时间段来思考这个问题：短期，即新冠肺炎大流行的当下；中长期，当新冠肺炎转为地方性流行病，或需要重复接种疫苗（原因可能是疫苗防护效果减弱或毒株发生变异等）；长期，展望全球走出新冠危机之后，对全球性大流行病的防控（见图4）。

在短期内，疫苗可预防更多人被感染和死亡。由此带来的影响包括医疗卫生资源的利用重回可控范畴、形成群体免疫、经济逐步复苏。从中期来看，如果疫情转为地方性流行病，有了疫苗，就可让更广泛的人群获得接种（与季节性流感、麻疹、腮腺炎、风疹等其他常规免疫接种类似）。如果病毒发生变异，或免疫效果持续时间较短，则可利用当前建立的额外研发能力和产能，来快速扩充疫苗供应，或研发新疫苗，并能在未来再次出现全球性大流行病时快速响应。

疫苗的社会价值

从短期来看，新冠疫苗的社会价值由4项因素决定：疫苗特性、疾病感染率、自然免疫持续时间长、补充性治疗和检测手段（见图5）。

图6 四大因素将决定新冠疫苗的社会价值

	低价值疫苗	高价值疫苗
疫苗特性	产品特性不理想： 防护水平较低（如有效性<50%） - 防护水平较低（如有效性<50%） - 免疫持续时长有限（如<1年） - 配送挑战（如保质期较短、复杂的冷链运输） - 接种不方便（如需要复杂或新型设备，需多次接种）	产品特性理想： 防护水平较高（如有效性>70%） - 防护水平较高（如有效性>70%） - 免疫持续时长较长（如>3年） - 物流/配送简单（如保质期较长，可室温储存） - 接种方便（如口服，单次接种）
自然免疫持续时长	长期自然免疫： - 持续时间较长（如终身免疫） - 病毒变异缓慢	短期自然免疫： - 持续时间有限（如<12个月） - 病毒变异加速
治疗检测	治疗和检测手段取得突破： - 可大范围使用突破性治疗手段，尤其是早期和预防阶段 - 可大范围使用突破性检测技术	治疗和检测手段有限： - 新冠肺炎的治疗或预防手段有限 - 检测手段改进较少，检测范围有限
流行病学	极端感染率： - 高R_0^1（（引发群体免疫）或 - 低R_0（病毒自然消退）	中等感染率： R_0适中（持续感染，但无法实现群体免疫）

1 基本传染数

仅需接种一次，可 100%起效，且免疫效果可持续多年，这样的疫苗是价值最高的。当然，基于我们对疫苗研发历史的了解，成功研发出这种疫苗好比大海捞针。要达到完美的状态，研发机构需要克服许多挑战。疫苗必须能大规模生产和配送。如果供给有限，政策制定者将被迫做出艰难抉择，决定哪些人群得以优先接种。而如果配送或接种程序很繁琐（如需要冷链配送或复杂的接种装置），就会制约基础设施不发达地区的疫苗接种率。

感染率也会对疫苗的价值产生影响。如果病毒传染率大幅下降，对疫苗的需求就会消失。而如果传染率加速，就有可能自然出现群体免疫，大多数情况下也不再需要接种疫苗。然而，如果传染率保持目前的（中等）水平，就很可能亟需借助疫苗来控制病毒的传播。

康复者获得自然免疫的持续时长，也是决定疫苗价值的另一个关键因素。如果该时长与季节性流感疫苗的免疫期相当，那么在第一波新冠肺炎大流行中的康复者，仍需接种疫苗才能免于未来被感染。

当然，如果目前正在研发的 250 多个疫苗中出现某种特效方案，将能从根本上降低疫苗需求。加大检测范围也可更早发现感染者，能进一步抑制病毒传播，并通过早期治疗来提高治愈率，从而减轻医疗系统的负担。

短期疫苗需求

综合考虑所有的价值决定因素后，疫苗短期的整体需求有多大？我们的研究展示了三种可能情景，都值得政府部门、非政府组织、医药公司和疫苗生产商加以考虑。

情景一：需求最高。人们将疫苗视为解决新冠危机的关键因素。这一情景表现为：病毒保持中等传播强度，免疫时长有限（自然免疫或疫苗免疫均如此），几乎没有有效治疗方案，而疫苗各方面表现理想，成为抵御新冠肺炎的中流砥柱。

情景二：需求居中。疫苗保护对象更加精准，需求虽然有所降低，但总量依然很大。例如，如果传染率保持稳定，疫苗的免疫时长约 3~5 年，有多种治疗方案，检测能力也有所提升，那么从广度上看，对疫苗的需求就会缓和很多。但仍需用疫苗保护易感群体（如医疗工作者和免疫功能受损的病人），并用于在下一波暴发中的潜在热点地区提前防范。

情景三：传染性减弱，且出现突破性治疗方案。这时疫苗的作用就会比较有限，更多的是作为一种社会保障措施而存在。这种情形下，对疫苗的需求可能更有侧重（例如，专门供高危人群接种），但为研发和扩大新冠肺炎疫苗产能而进行的投资，会更倾向于是对更严重疫情暴发的防范。

备战问题

很明显，全球疫苗研发工作背后有着强大的动力支撑。专家普遍认为，第一款疫苗极有可能在未来 6~12 个月面市，届时定会给全世界的人民、经济和医疗系统带来福音。有鉴于此，疫苗生态系统的各利益相关方在继续推进研发、生产、政策制定、实施和其他工作时，应采取以下 6 项行动。

1. 制定预案，力图适应各种需求情景

不同情景对疫苗的需求可能不尽相同。政府、物流商、制造商、监管机构和其他相关方都应该制定应急计划，以从容应对并适应不同的需求情况。制定这些计划时，除了考虑前文提到的三种情景，还应考虑可能获批的候选疫苗，及其相应的配送与接种要求。

2. 互通有无，保持疫苗生产灵活机动

不同以往，疫苗研发机构早早就把生产决策纳入其研发进程。如前所述，已经有数家厂商宣布了其产能计划，预计到 2020 年底的总产能约 10 亿剂，到 2021 年底可达 80~90 亿剂。但难免有一些候选疫苗会失败，也就可能导致部分产能也顺势延期。

研发机构和投资合作方需共同打造灵活、机动的生产流程和网络。企业还应制定预案，如何在必要时将产能（自身内部产能及通过双边合作获得的外部产能）转移给其他前景更好的疫苗。研发机构必须对新型合作关系持开放态度，在某些情况下甚至要与竞争对手建立合作。除了依靠私营制造企业，现在还出现了公对公合作，进一步扩大产能，拓展全球疫苗的供给渠道¹⁹。

3. 取长补短，确保多款疫苗形成互补

如前所述，在未来 6~24 个月内，不同阶段将有不同的疫苗面市、扩产。专家一致认为，包括最早一批疫苗在内，不太可能有哪一款疫苗具备理想疫苗的所有特征，所以卫生官员、政策制定者和监管机构都需谨慎思考，如何运用多款研发中的疫苗打出一套“组合拳”，形成疫苗互补。一款疫苗安全性高，有效性中上，免疫效果可维持数月，那么，就可先行接种该疫苗，帮助社会复工复产，推动全球经济的复苏。后续再研发出更高效的疫苗，形成对早期疫苗的补充。

4. 通力合作，协同疫苗配送、接种和监测

科学家在设计、研发、测试和生产安全有效的疫苗方面经验丰富，但如果不能妥善运输、配送和接种疫苗，他们的努力就会付之东流。多个组织已经在确立相应的工作框架，以确保全世界人民都能获得疫苗，这是重中之重。在大多数需求场景下，疫苗供应的速度和规模（可能高达数十亿剂）都是前所未有的。各利益相关方必须站在端到端的视角来定义自身角色，即从产品运输到医疗服务机构咨询，再到疫苗接种，整个过程都要考虑在内。

¹⁹ “Gavi launches innovative financing mechanism for access to COVID-19 vaccines”，Gavi，2020 年 6 月 4 日，gavi.org。

已有几家疫苗制造商宣布了产能计划： 2020 年底疫苗总产能预计可达 10 亿 剂，2021 年底预计可达 80~90 亿剂。

不同疫苗有不同的配送需求，包括接种剂量、接种地点和冷链要求等。例如，DNA 疫苗一般都能常温储存，而 RNA 疫苗、蛋白质亚基和病毒载体疫苗则需要冷链运输。与疫苗制造一样，各利益相关方应该与合作伙伴一道，根据不同的需求情景制定相应的应急物流计划。比方说，考虑个体接种疫苗的方式，并由此推演应该采取的措施；例如，某疫苗可否就在药房由执业护士实施接种，还是必须要去医院或诊所？

医疗机构和其他相关方也应考虑在不同地区设立物流指挥中心，用来协调疫苗项目的实施落地。指挥中心应该根据上市疫苗早期临床试验结果，做好在不同物流要求方面的准备。各相关方还应做好预案，以防在同一时间，有多款疫苗在同一个国家/地区上市，还各有各的物流配送要求。

各相关方还需共同对上市疫苗进行监测。疫苗研发机构应该基于真实世界数据，对其疫苗产品制定追踪机制。医疗机构和研发企业也应合作消除监测过程中有所重叠的环节，例如，可以将产品条形码与电子病历系统进行整合。

5.周密布局，提前做好相关配套支持

各利益相关方应为疫苗接种提供关键的基础设施。例如，保险公司需要解决最弱势群体的承保问题，限制自费部分支出等，让全世界人民都用得起疫苗。鉴于许多国家/地区最近出现部分民众对疫苗接种持观望态度，医疗机构和政府部门可能还需加大科普宣传力度，提供关于新疫苗的准确信息，以增强公众对疫苗的信任。最近的民意调查显示，即使疫苗能在短期内上市，美国也只有约 30% 的人愿意接种²⁰。

²⁰ Linda Y. Fu、Natalie J. Pudalov 和 Sarah Schaffer DeRoo, “Planning for a COVID-19 Vaccination Program”, 《美国医学会杂志》(JAMA), 2020 年 6 月, 第 323 卷, 第 24 号, 第 2458-9 页, jamanetwork.com。

6. 合理决策，充分考虑疫情后续的演变

研发人员、制造商和其他关键利益相关方，应该以长远眼光看待研发管线中的每一个候选疫苗，考虑当前的决策会如何影响疫苗在大流行过后的现实意义，尤其是考虑到新冠肺炎可能在某些国家/地区转为地方性流行病。这么做除了能确保目前的做法在未来仍有其意义，还很可能进一步彰显为更广泛疫情备战的涓滴效应。目前的投资可创造机遇，让人类社会在未来遭遇大流行时，具有更强的应战能力，还能在需要的时候，更快上马新的疫苗技术平台。

破晓在即，疫苗上市的时间已经越来越明朗，在全球成功推出有效疫苗所能创造的价值，也越发明确。基于既有事实，专家普遍认为疫苗将会在2020年第四季度至2021年第一季度间上市，大概率会首先给特定人群。至2021年底，会有更多候选疫苗相继面市。在大多数情形下，疫苗都将是确保更广大人群获得免疫的重要手段。至少，持续投资于疫苗研发，仍可为人类社会保驾护航，加速进入疫后新常态。从长远来看，研发新冠疫苗的经验教训也是一笔宝贵财富，可在未来加快其他疫苗的研发速度。

作者：

Gaurav Agrawal 是麦肯锡全球董事合伙人，常驻纽约分公司；

Michael Conway 是麦肯锡全球资深董事合伙人，常驻费城分公司；

Jennifer Heller 是麦肯锡全球副董事合伙人，常驻芝加哥分公司；

Adam Sabow 是麦肯锡全球资深董事合伙人，常驻芝加哥分公司；

Gila Tolub 是麦肯锡全球董事合伙人，常驻特拉维夫分公司。

麦肯锡全球董事合伙人陈波和中国区副主编林琳承担了中文版的审阅和修订工作，在此一并致谢。