

DHL白皮书

疫情供应链分析和物流弹性机制

在COVID-19危机和未来卫生紧急情况下如何确保稳定的疫苗和医疗用品供应链

2020年9月



前言

我们发现自己正处于一个与过去50年截然不同的时代。短短8个月前, COVID-19病毒首次被命名;从那以后, 它已经感染了2300多万人, 并夺走了全球80多万人的生命。在疫情大流行初期, 诸如个人防护装备(PPE)之类的医疗产品的重要性就开始显现。人们也开始痛苦地意识到, 在给一线工人提供所需设备时, 供应链中断会造成重大问题。

尽管目前个人防护装备的供应状况有所好转, 但改善医疗产品供应链的工作还远远没有结束。疫苗正在研发中, 但其能否结束这场疫情取决于能否建立有效的供应链, 该供应链需确保疫苗能够从不同的生产地点顺利供应给公众。作为全球物流业的重要参与者, 我们经验丰富且具备专业知识, 能够在最需要的时候将关键任务的物资运送到正确的地方, 我们正在寻求促成这场对话。我们致力于尽自己的一份力量来帮助改进这些系统, 并确保医疗用品始终能到达需要它们的地方。

以下白皮书利用了广泛的知识资源, 例如与行业专家和非政府组织的最新讨论、已发表的研究、麦肯锡公司的分析支持以及我们数十年来在全球物流和供应链方面的经验, 以了解未来几个月中, 医疗产品(尤其是疫苗)可能面临的供应链挑战。

COVID-19疫情大流行最终将会被我们甩在身后, 成为过去。但是, 问题不在于是否, 而在于下一次大规模的健康危机何时会出现。通过现在采取行动-借助明智的计划、团队合作和有效的合作伙伴关系-我们可以使自己处于一个比以往任何时候都更有所准备的位置。

Frank Appel
德国邮政DHL集团首席执行官
2020年9月

目录

摘要	4
引言	5
第一章: 识别COVID-19供应链上的关键难点	6
更进一步观察: 入境物流和配送中的难点及其根源	8
成功的物流合作伙伴关系的特征	10
第二章: 准备好应对COVID-19疫苗物流的挑战	12
温度要求-供应链中的冷藏情况.....	14
温度要求的影响及其挑战	15
疫苗配送的供应链类型.....	17
疫苗配送的地理学观点.....	19
配送的可持续性	19
第三章: 超越COVID-19 – 应对未来紧急情况的框架	20
应急预案	22
伙伴关系网络	23
物流基础设施	23
互联网支持的供应链透明度	24
组织与资源.....	25
联系方式	27
关于DHL生命科学和医疗保健	27
致谢	27
法律声明	27

摘要

COVID-19危机以前所未有的广度和影响力出现,以至于政府不得不从传统的监管者角色(以及管理卫生紧急情况的社会影响)转变为医疗供应链中的积极参与者。

自COVID危机开始以来的经验教训表明,对于希望在卫生紧急情况下确保关键医疗用品的政府而言,充分的计划和有效的供应链合作伙伴关系可能是重要的成功因素。

主要的供应链难点——入境物流和配送

第一波COVID-19感染的高峰揭示了供应链两个环节中的几个与物流相关的挑战-入境物流和配送。特别是与个人防护装备(PPE)相关联,产品质量问题、运输能力受限、复杂的海关流程和法规导致的延误风险增加、仓储挑战以及有限的库存水平的透明度,均已构成严重的问题。政府可以通过与合适的物流服务提供商合作来缓解这些挑战。

下一步的物流障碍——疫苗配送

目前,处于不同研发阶段的COVID-19疫苗大约有250种。从物流的角度,这些潜在疫苗的多样性和新颖性-以及前所未有的研发速度-产生了多个有待解决的问题。具体而言,潜在的疫苗正在多个平台上研发,每个平台通过不同的机制产生免疫应答。例如,六种疫苗领跑者中有四种是基于相当新的甚至是实验性的平台,而另外两个是基于传统的平台。不同的平台很有可能会对运输和存储有不同的温度要求。因此,区域配送能力以及包装和运输的可持续性都可能取决于安全和有效疫苗的温度要求是否低至-80°C或最终降到+2-8°C的范围。

公私合作以有效应对供应链问题

为了有效应对下一次公共卫生危机,各政府需要从今天开始着手制定战略和结构,而不是在危机来袭时依靠被动的临时措施。有效战略具体包括以下五个方面:

应急预案。尽管并非所有活动都可以预先计划,但预先建立的战略响应计划可以决定整个供应链中的哪些活动应该是临时的(例如收集实时需求数据),以及哪些活动应该被预先计划(例如设立决策和治理实体)。

伙伴关系网络。实践证明,公私合作伙伴关系对于今年年初解决医疗供应短缺至关重要,并且仍将是未来应对危机的重要组成部分。政府与政府之间的伙伴关系也将变得重要,因为许多卫生紧急情况是没有国界的。

物流基础设施。完备的基础设施,包括预先建立的仓库和运输能力网,可以确保拥有足够的关键物资库存。

信息技术支持的供应链透明度。整个供应链的实时可见性将是满足全球突发卫生事件需求的关键。信息技术工具可以提供最新的库存核算,并提供有关未来需求和装运路线的重要预测信息。

组织与资源。我们需设置一个应急响应单位来促使这些关键活动的启动。使其位于政府的较高位置将赋予其采取有效行动所需的权威和信誉。该部门还应具有敏捷性且相对不受限制,具有明确指令授权和有效的沟通策略。

更好地了解医疗产品供应链中的近期中断,可以帮助政府以及制药和医疗设备公司更好地为未来的紧急状况做准备。与能够和现有的网络相关功能形成互补的物流服务提供商建立伙伴关系,将是在不可避免的下一轮危机中确保救生产品和物资供应的必要战略手段。

引言

全球公共卫生紧急情况给物流方面带来了巨大挑战。由于普遍的紧急情况和供应短缺(例如由于工厂停工)而导致的需求激增,可能使得迅速将关键物资运送到最需要它们的地方变得困难。COVID-19疫情是健康危机对供应链施加压力的最新例证。疫情使诸如个人防护装备(PPE)等医疗用品(以前被认为是大众市场产品)变成地球上一些最有价值的商品。它还暴露了与这些产品相关的供应系统中的重大漏洞。在第一波COVID-19感染的高峰期,全球供应链承受的巨大压力导致PPE严重短缺。将这些物资以足够的数量和质量提供给终端用户至关重要-不仅对于患者和医疗保健提供者,而且对于政府以及制药和医疗设备公司也是如此。

COVID-19危机已经转变了一些利益相关者在医疗供应链中的作用。各国政府和大型全球非政府组织(以前主要侧重于监管事务并减轻危机的社会后果)现在正在朝着供应链中更加积极的角色转变,来为医疗物品提供资金并确保它们的供应,包括个人防护装备、检测、治疗和疫苗。例如,这些全球利益相关者加入了它们的私营和公共部门合作伙伴,为冠状病毒全球响应认捐活动筹集了74亿欧元。各国政府也正在减少法规,应用购买担保,并提供其他激励措施以促进境内个人防护装备和呼吸机的生产。最后,非政府组织和政府正在积极推动它们国内的口罩等医疗用品的配送。

尽管最初的个人防护装备短缺问题已基本上得到解决,但治疗剂和疫苗的配送(以及个人防护装备的需求可能再度激增)将在未来几个月给政府、非政府组织以及制药和医疗设备公司带来需要应对的额外的挑战。展望未来,政府将需要提高其供应链的中长期韧性,为未来的危机做准备。本白

皮书的目标是通过三种方式来支持全球政府、制药和医疗设备公司:

- 总结过去几个月的经验教训。这些包括采购中面临的挑战,尤其是在第一次COVID-19浪潮中经历的与个人防护装备供应链相关的入境物流和下游配送的难点。
- 详细说明全球巨大的需求和潜在的严格温度要求所带来的疫苗分配方面所面临的挑战。
- 解释政府为什么以及应该如何制定详细的紧急情况响应计划,搭建强大的伙伴关系网络,建立高容量的和技术支持的物流基础设施以及创建清晰的组织,并将这些作为未来最优先的举措。



¹ 根据麦肯锡调查,高管们认为最有可能的疫情状况。
资料来源:约翰·霍普金斯大学,牛津经济研究院,麦肯锡;截至2020年8月25日。

第一章

识别COVID-19供应链上的关键难点



最近几个月，人们意识到了在整个供应链核心步骤中，政府和非政府组织在努力确保广泛而有针对性地提供医疗用品方面所面临的特殊难点(图1)。

需求识别。在疫情爆发时，及时确定国家层面上的设备需求具有挑战性，因为不仅国内库存水平缺乏统一的透明度，而且预测方面也存在挑战。预测需求被证明是十分困难的，因为这需要一个疫情演变的校准模型以及严格的报告和数据分析能力，而这些在疫情爆发之前通常是没有到位的。此外，协调需求确认和合并发展中国家的需求数据给非政府组织带来了挑战。

寻源。COVID-19测试用品和治疗剂的供应远远低于全球激增的需求，这使得采购和确保库存成为一个重大难点。对于个人防护装备，对海外(尤其是中国)供应的依赖使政府难以迅速与合格的当地供应商保持合作与联络。零散的供应和合同制造商的模糊网络加剧了寻源采购方面的挑战，而试图快速提高短期产量对产品质量产生了负面影响。

采购。事实证明，对于通常缺乏本土知识和供应商联络关系的政府来说，从国外采购个人防护装备时尝试与当地供应商达成购买条件非常困难。就治疗剂和测试用品而言，情况的紧迫性，加上有限的供应和监管审批的不明确，使得采购流程更加复杂。

分配。与分配有关的活动也给政府机构带来了挑战。对于测试用品和治疗，当前供应与激增的需求之间的巨大差距是导致分配难题的主要因素。利益相关者和决策机构的数量增加，使得分配给具有多个政府级别的国家(例如联邦、州和地方议会)尤其具有挑战性。缺乏库存水平的实时可见性，使得各国之间的供需及时匹配变得更加困难。

入境物流和配送。高度集中的生产足迹和随之带来的海关瓶颈，加上有限的空运能力，对个人防护装备的流动构成了重大挑战。然而，在多种运输方式下协调高度敏感产品的全球供应链，也是政府在处理检测、治疗和疫苗时面临的挑战。

尽管各国政府对端到端供应链的统筹协调负有整体责任，但从物流的角度来看，两类活动最相关：入境物流和配送。

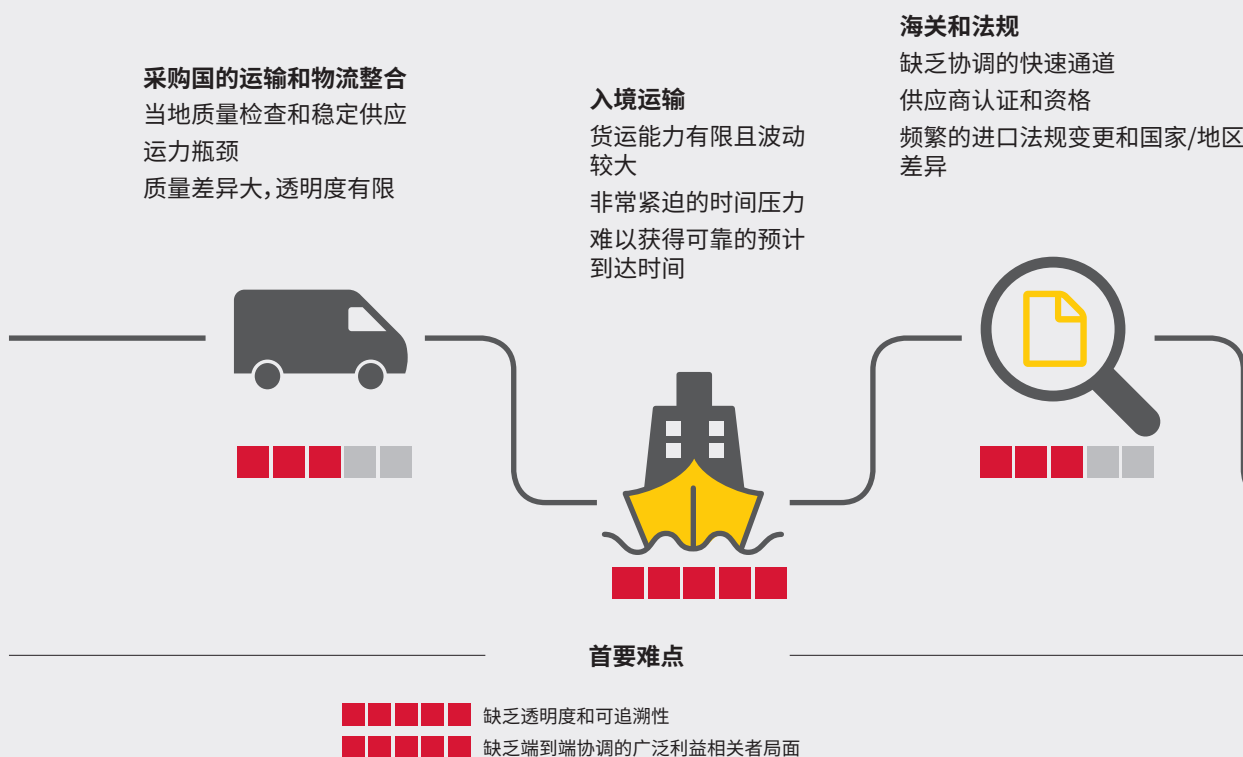
确保医疗供应的关键活动

图1



■主要的物流挑战(以下详细信息)

入境物流和配送难点



更进一步观察: 入境物流和配送中的难点及其根源

在COVID危机引起的个人防护装备短缺期间, 政府面临着一系列不同的运输挑战。在个人防护装备的采购争夺战中, 推式采购方式占主导以确保采购量。这导致了物资供应在数量、质量和交货时间上的不可预测性。

在许多情况下, 由于时间压力、供应商议价能力的增加以及许多政府无法使用本地测试基础设施, 本土的质量检查并不充分。由于到港口和机场的道路运输瓶颈, 出境运输经常发生延迟。特别是对于个人防护装备, 在第一阶段的高峰期, 区域性的国家封锁不仅限制了生产, 还限制了急需的运输能力。当物资最终到达出境港口的时候, 估算出可靠的预计到货时间是相当困难的。当供应物资确实到达它们的目的地国家时, 海关清关流程又增加了另一个障碍。

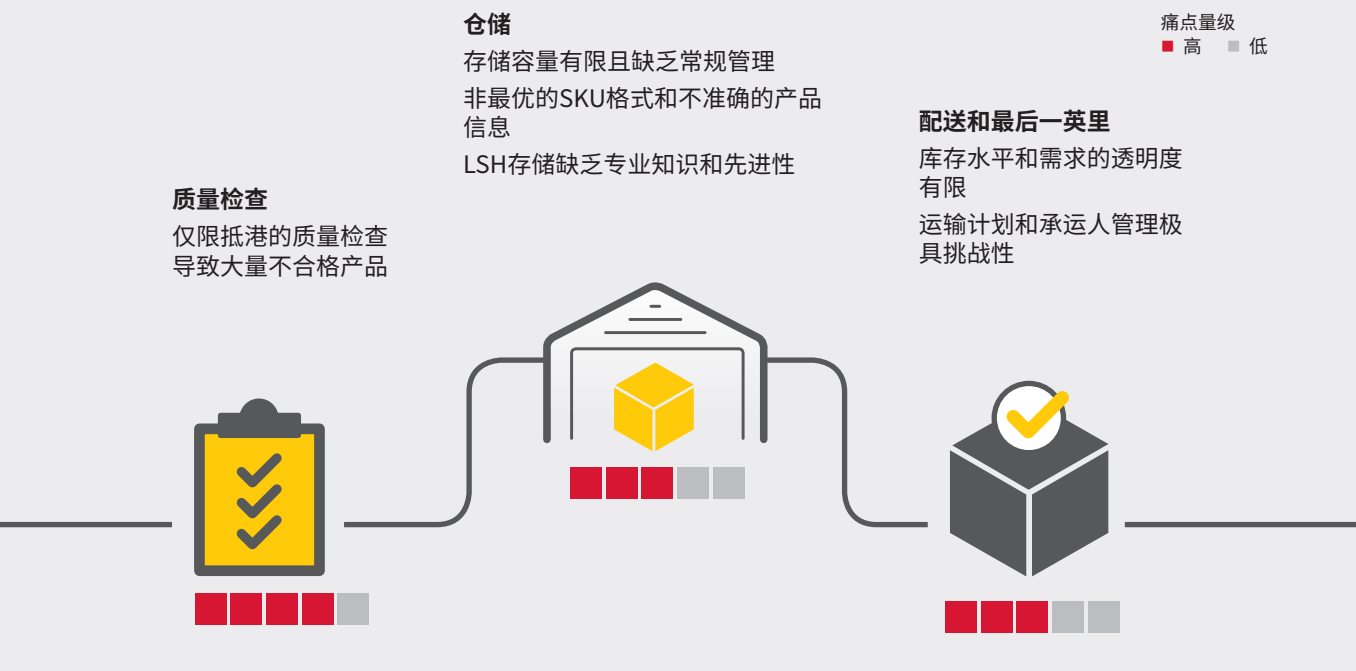
由于人力不足和缺乏协调的快速通道流程, 海关清关通常是一个漫长的过程。在COVID危机中, 政府通过放宽清关程序 (在不同程度上) 做出回应, 以加快向终端用户的物资发放。结果, 供应商认证和产品质量等方面并没有得到充分核验。在这种“淘金热”环境中, 较为欠缺经验和可信度的市场参与者突然涌现, 发现大量质量不佳甚至伪造的产品也就不足为奇了。²

政府面临双重的配送挑战:

首先, 在仓储方面。由于时间压力和需求激增, 实际上并非指定用于存放生命科学产品的仓库却被用于储存医疗用品, 包括个人防护装备。由于不能满足必要的条件 (例如专业包装、精确的温度和湿度管理), 有时会导致物资损坏或变质 (尽管

图2

资料来源: DHL, 麦肯锡



存储时间相对较短)。举例来说,即使是像洗手液这样简单的产品,由于其含有酒精也需要小心处理,尤其是在长期存放的情况下。此外,从各种供应商处以推式方式发货的产品在库存单位(SKU)格式和配送信息方面缺乏标准化,这也导致了仓储操作效率低下。

其次,仓库库存水平的实时透明性有限,导致统筹规划有效的最后一英里交货网络的选项很少。这也使向终端用户做出可靠的承诺变得困难,并且在计划过程中也造成了摩擦。运输计划和管理多个承运人给政府带来了前所未有的额外挑战。

需求增加-联合国儿童基金会的例子:



² 为解决这一问题,中国商务部、海关总署和国家市场监督管理总局于2020年4月26日联合发布了《关于进一步加强出口疫情防控用品质量监督的公告》,规定特定的疫情相关的医疗设备(例如测试包,口罩,防护服或呼吸机)仅在已获得进口国接受的外国认证或注册的情况下,才可以出口。

资料来源:联合国儿童基金会

注:需求激增代表的是联合国儿童基金会为应对COVID-19进行的采购估算,将2019年至2020年的大致采购量进行了比较。这些数字并不代表全球范围内的需求激增情况,因为许多参与者在疫情期间采购了医疗物资。

成功的物流合作伙伴关系的特征

除了上述每个领域的难点之外,政府和非政府组织都在努力应对日益复杂的利益相关者环境。这个局面是零散的招标过程为了在供应链的每个步骤中追求更高的成本效率而导致的。疫情开始时,利益相关者的复杂性与国家之间的时间紧迫性和高度竞争相冲突。

通过与能够贯穿整个供应链的物流提供商合作,政府可以受益于综合协调的物流计划,始终如一的质量服务和简化的利益相关者局面。在全球卫生紧急情况下,有效的物流合作伙伴应至少具备以下资质和能力:

获取全球大规模运输网络的渠道。在全球卫生危机时期,物流合作伙伴应能够使用已建立的全球物流网络。对于由具有全球生产网络的供应商组成的供应链,可靠性将取决于跨模式的广泛运输能力,以及已建立的洲际运输基础设施。

本土知识和进入渠道。正如COVID-19危机所显示的那样,将医疗物资运送到一个国家的港口只是成功的一半。本土知识和进入渠道也同样关键。如果一个物流提供商要确保救生产品的稳定供应,它还必须通过自己的基础设施网络或者一个质量有保障的伙伴关系网,拥有强大的本地仓储能力和境内物流经验。

卓越的流程。鉴于医疗用品的特殊要求,物流合作伙伴应获得运输和仓储生命科学产品的认证。在卫生突发事件中,已经事实证明的责任感和在多个阶段对产品进行质量检查的能力,以及能够支持顺利和及时通关(优先处理)的能力,是快速响应的关键。

数据驱动的透明度和洞见。具有强大数据功能的物流提供商可以帮助克服在COVID危机期间遇到的透明度问题。此类功能使人们可以实时查看装运状态,并可对可能影响供应的一系列变量进行监控,包括法规、供应商运营状况和流行病学。

应变能力和危机经验教训。疫情或其他大规模公共卫生突发事件固有的不确定性将考验一个组织的韧性和应变能力。一个在危机情况下具有良好记录的适应力强的领先物流提供商,可以迅速扩展能力并始终如一地确保高质量的服务。

选择战略物流合作伙伴的清单

图3

**全球大规模运输网络的获取渠道**

- 覆盖全球的符合LSH标准的网络
- 在世界范围内获得广泛的运输能力(包括LLP1)
- 已建立的洲际运输的物流基础设施

**广泛的本土合作脉络**

- 跨越不同经济体和地区的本地仓储和境内物流方面的丰富经验
- 具有全面的本土知识,以对海外采购和运输提供建议

**卓越的流程**

- 认证的医疗运输和仓储服务提供商
- 提供端到端物流咨询及解决方案
- 强大的质量检查能力(本地测试能力、入境样品测试等)
- 统一协调的海关清关支持(文件准备等)

**数据驱动的洞见**

- 详细的货运实时可见性
- 分析驱动的需求预测和仓库管理
- 密切监控和持续风险评估(法规、供应商状况、疫情演变等)

**韧性和危机应对**

- 在挑战性环境下保持运营的韧性
- 即使在危机中也能快速确保和扩展物流功能的能力
- 以往的疫情经验和定期的危机演练

第二章

准备好应对 COVID-19疫苗物流 的挑战



在2020年第一季和第二季中,由于个人防护装备需求激增、工厂停工及高度集中化生产,个人防护装备供应链管理成为整个区域的主要挑战。直至2020年夏季,全球个人防护装备供应链再次恢复到平稳状态,这与本地个人防护装备产量增长有一定的关系。主要经济体的测试能力都有了很大提升后,之前有限的测试套件的供应也相应不那么重要,个别情况除外。

为了应对呼吸机短缺的情况,一些原汽车设备制造商,如戴姆勒和通用重新定位工厂生产方向,大量生产呼吸机,缓解了个人防护装备产量的短缺形势。英国制造业巨头组成的“英国呼吸机行动联盟”以公私合作的形式,为有效应对供应链短缺问题提供了范例。在这种情况下,中央政府和近二十家企业(大多数不属于医疗设备领域)订立合同,快速增加全国呼吸机的供应量。在大流行早期,英国政府委托制造商制造至少10000台呼吸机设备,这些制造商有些属于航空业(如空中客车),有些属于铁道业(如泰雷兹集团),有些甚至属于跑车业(如迈凯伦汽车)。

展望未来,下一个主要的全球挑战可能是疫苗物流,

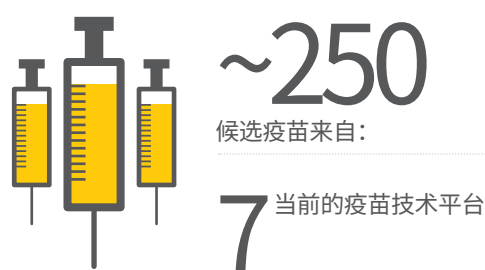
截至撰写本文时,大约有250种候选COVID-19疫苗。疫苗一般是利用灭活病毒、蛋白质亚基或减弱病毒作为技术平台³。当前很多领先的疫苗都是利用两个下一代技术平台。美国莫德纳生技公司和德国百奥塔哥制药公司/辉瑞(当前分别处于三期和二期/三期实验)都是在使用新型的RNA平台。阿斯利康制药/牛津(几周前就开始三期实验的第一家公司)和强生公司(有可能很快就会开始三期实验)都是基于病毒载体疫苗。通过使用对人体无害的活病毒,在人体细胞中传递基因物质,从而产生加速免疫反应的蛋白质(典型的表面蛋白有COVID-19棘突蛋白)。这四家公司与国药控股甚至都宣布了根据紧急使用授权(EUA)⁴进行管理的预测时间表,最早于2020年9月实施。与此同时,俄国当局批准了一种候选疫苗即卫星-V。据报道该疫苗将于2020年10月开始大规模

生产。历史上疫苗的研制周期一般为5到20年,而这次预期在不到一年的时间内完成从早期研发到规模化生产的过程,这是史无前例的。

研发速度成为非常重要的因素,因此需要采用疫苗研发、测试和稳定化的特殊方法来加速这一过程。在非大流行条件下,一般有足够的时间来测试和优化疫苗的稳定性,这对于疫苗的运输和储存的环境条件起着决定性作用。这个阶段,研究者通常会生成疫苗稳定性数据来认识运输和储存所需的环境条件,同时他们可能会对制剂进行迭代以提高稳定性。但是,在当前的大流行背景下,研究者的研究重点放在安全性和有效性上,希望能够尽快获得疫苗的紧急使用批准和快速通道批准⁵。

一旦安全有效的疫苗获得使用批准,疫苗运输和物流将会是这次疫情中面临的下一个挑战,毕竟疫苗对于环境条件具有非常高的敏感性。不同的疫苗和/或技术平台以及不同的供应链步骤中,疫苗运输和储存的具体物流要求也不一样。尽管如此,还是有必要提前计划,并具体了解可能的温度要求及其对物流的影响。

COVID-19疫苗研制



来源:梅肯研究院、《生物世纪》杂志、世界卫生组织和《自然》杂志

³ A平台被认为是产生免疫反应的核心疫苗材料。

⁴ 紧急使用授权允许在紧急情况下使用未经授权医疗产品或未经批准使用的授权医疗产品。

⁵ 快速通道批准促进紧急情况下的药物研制,并加快审查速度,满足对药物的需要。

温度要求-供应链中的冷藏情况

将来COVID-19疫苗的储存和运输条件很可能会有所不同，这取决于供应链温度的条件要求。疫苗进入市场紧急使用时（最早可能在2020年第4季度），疫苗稳定性数据的缺乏可能意味着更严格的疫苗供应链温度要求（图4）。即使在要求不那么严格的情况下，紧急使用的要求不会与当前疫苗物流使用标准存在根本的不同。

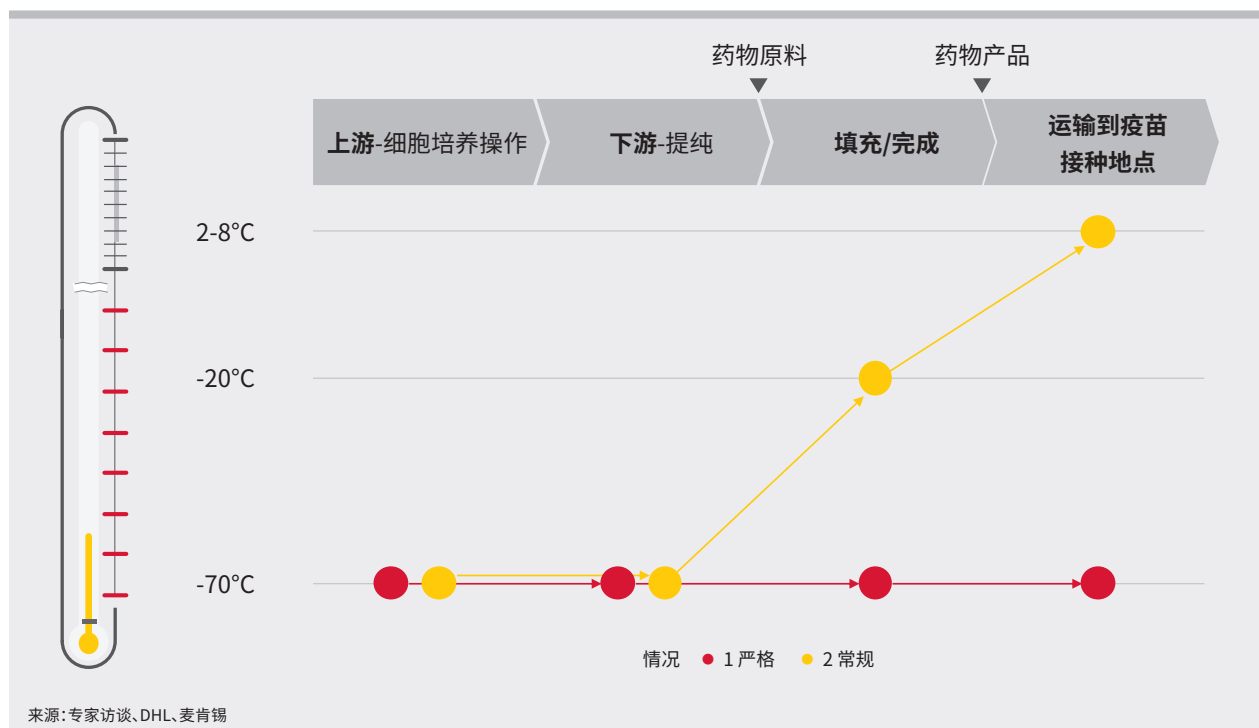
严格情况：谨慎起见，某些疫苗生产商及其物流提供商可以选择遵守极端温度要求（-80°C），确保在储存和运输过程中保持疫苗的功效，与当前某些COVID-19疫苗临床试验所使用的条件标准一致。这些要求在如下情况下可能会随着时间而改变：1) 稳定性测试证明了更高温度下的疫苗有效性，或2) 改善制剂并增加新的生产步骤（如冻干）后，提高了稳定性。

常规情况：但是，卫生主管部门、生产商和物流提供商强烈希望，只要不影响疫苗的稳定性，最好能在现有的药品供应链条件下（+2-8°C甚至是更高）对疫苗进行大规模运输和配送。这种常规的模式在疫苗物流中能否成功被确定下来，部分取决于疫苗平台。虽然某一蛋白基的疫苗通过了条件并不严格的测试，但是对于当前一些领先疫苗（例如在RNA平台上研制的疫苗）来说，常规运输方法的风险性更高，且缺乏相关经验及稳定性数据。

在任何情况下，由于技术平台及疫苗种类的不同，COVID-19疫苗供应链也会有所不同。如果一切进展顺利，临床上被证明安全有效的疫苗在理论上也会成为理想的候选疫苗，即不仅有效且在标准温度条件下能大规模生产和配送。但是，据了解，新型RNA和病毒载体类型的疫苗的产能很高，特别是RNA平台更可能有极大物流需求（图5）。因此，根据严格情况的条件要求，制药公司、政府、非政府组织和物流提供商需要做好准备应对这些临床实验以外的要求。

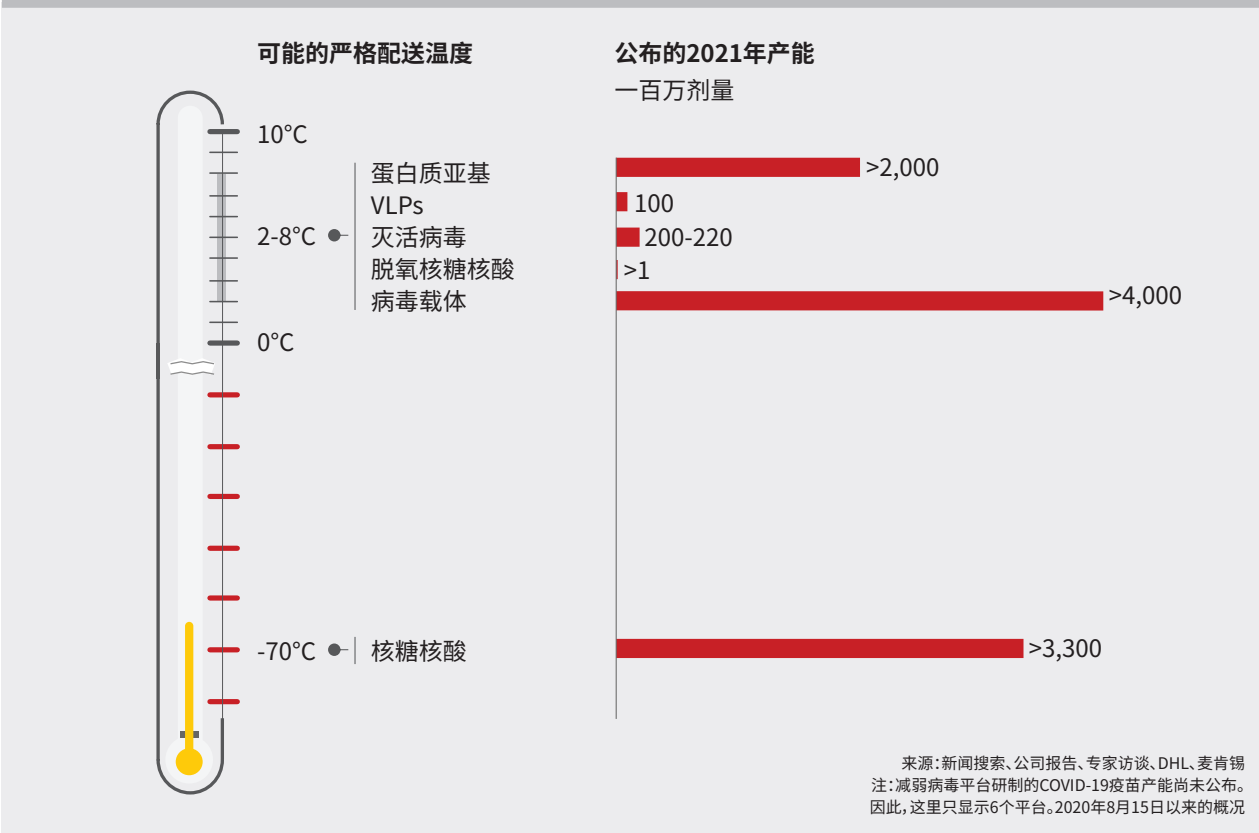
供应链阶段的存储和运输要求——敏感疫苗

图4



公布的产能和可能的严格配送温度

图5



温度要求的影响及其挑战

在准备配送疫苗时,特别是在严格物流情况下,有必要理清物流要求,确定主要供应链步骤中的潜在瓶颈,如中间运输、洲际运输、仓库储存、下游配送和使用时的最后短期存储(图6)。根据分析,供应链的不同阶段会有不同的挑战。可以预计,由于在生产场地(主要是在西欧、北美和印度的工

业化地区)的物流设施完好,药物原料的中间运输和药物产品的洲际运输都在可控范围内。

冷藏链要求的物流影响-潜在供应链装配

图6



但是,比如在质保/质控标准检查⁶或报关时,过程持续时间的极大差异性对于持续性冷藏条件提出了挑战。

鉴于大流行中的紧迫性,对于长距离运输,采用空运的可能性较高。为了确保未来两年的全球覆盖率,⁷可能需要7.5万个运输托盘在1.5万次航班上运送20万次。下游配送要适应严格的温度要求将更具挑战性,但具体原因有所不同。尽管下游配送过程持续时间的计划性和持续性更强,但是批量却大大减少了。这也相应带来了三个运营方面的挑战:

首先,出货量较大-试设想供应链中有1500万个冷藏箱-还有相应数量的冷却砖或干冰。干冰的生产似乎并不是疫苗配送的瓶颈。但是在极端的情况下,如果没有及时准备,航空运输过程中干冰的可用性包装以及最大装载量也可能会限制运输。⁸

其次,50箱/包疫苗的持续温度管理(在整个运输过程避免对珍贵货物造成任何损坏)非常复杂,但是一个运输托盘的持续温度管理却相对容易得多。

第三,为避免损坏,深度冷冻货物的物理处理需要特殊的设备(如手套)和程序。也就是说,需要对大量快递人员和接货人员进行培训。



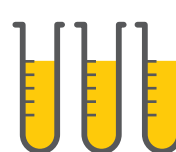
约
1.5万
航班,及



20万
运输托盘移动次数,及



1500万
冷藏箱运输



100亿
严格和常规情况下的剂量

来源:DHL、麦肯锡

⁶ 质量保证 (QA) 审核制造程序,并在批准后颁发制造证书。质量检查 (QC) 审核原料/成分,并颁发质量证书。

⁷ 预计全球范围需要的剂量为100亿剂。

⁸ 限制飞机上的干冰容量,是因为干冰会随着时间升华为二氧化碳气体,从而慢慢取代机舱中可供呼吸的氧气。对干冰容量进行限制是为了保证机舱中的可呼吸氧气的浓度,具体容量范围是通过考量飞机通风率、干冰升华率、干冰包装和安全二氧化碳浓度等因素而计算得出的。当前,如果将干冰放在冷藏/隔热容器中,所有宽体飞机(如B767和B777)最多可装载816-1088kg的干冰。

疫苗配送的供应链类型

在实施过程中,需要有大量的疫苗配送供应链方案。我们将端对端的物流类型分成三类,制药公司和公共机构可以从中选择交付最终疫苗的方式。这些类型的适用情况取决于温度要求、运输距离、疫苗数量以及成本、交货时间、仓库容量及包装和设备等相关因素。疫苗不同,这些参数会有所不同,在配送类型选择时也需要具体考量:

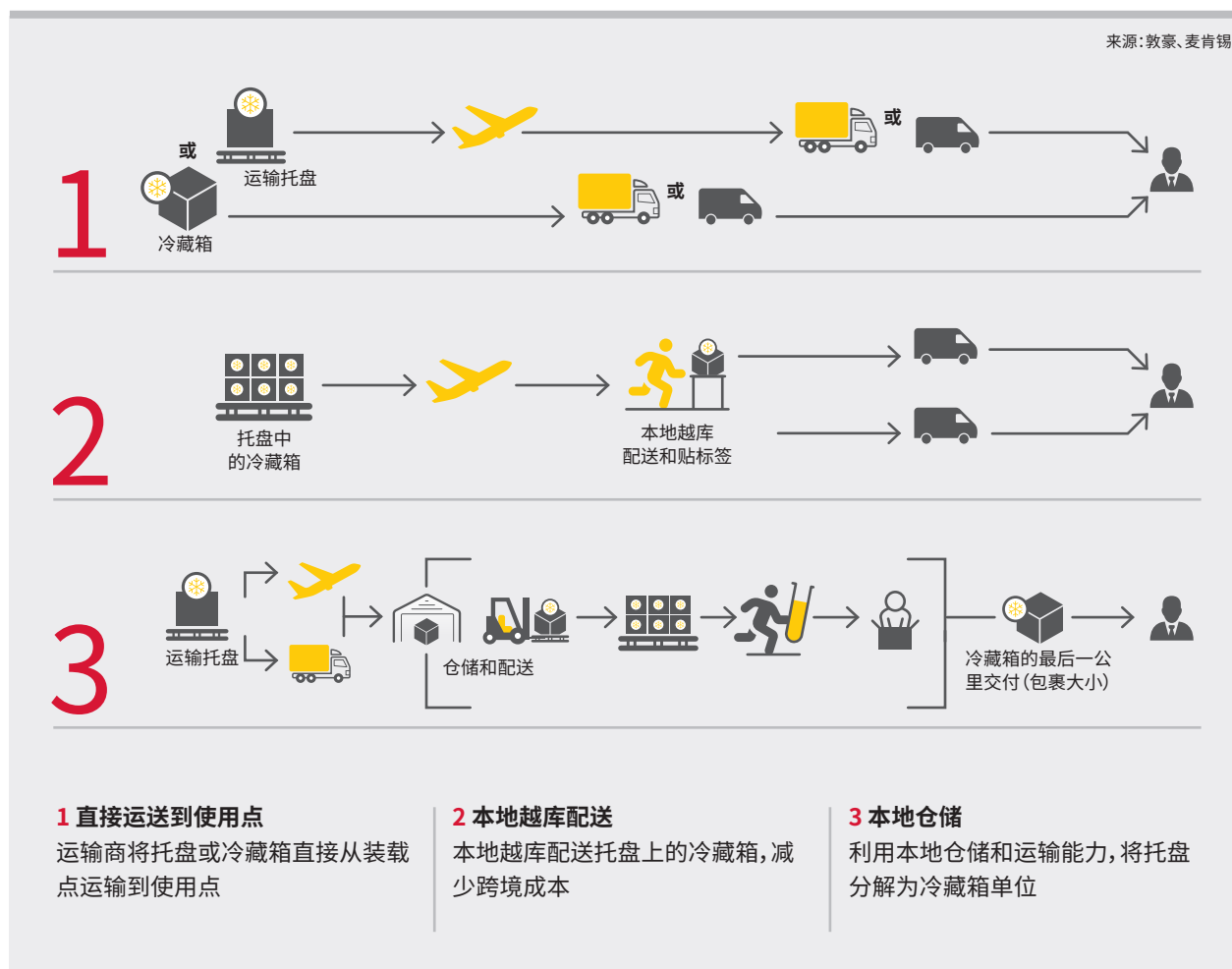
直接运输:这是最直接和快速的配送类型,通过卡车或飞机把疫苗(散装或盒装)直接从装载点运输到最终目的地。从长远来看,在小范围内这种模式对一线使用的全球配送或目的地靠近制造地的情况都具有重大意义。

本地越库配送:在这种类型中,将装满包裹大小的冷藏箱的托盘运到目的地国家,并进行越库配送,贴标签,然后通过卡车运输到各个端点。这种配送方案可以最大化降低跨境运输成本,特别适用于距离制造点较远的小区域目的地。

本地仓储:这种配送类型充分利用本地存储和配送能力,接受全部托盘,并把它们分解成包裹大小的单位进行仓储和最后一英里的配送,适用于大型目的地的配送,并适用于不太严格的温度要求下的长期疫苗配送。

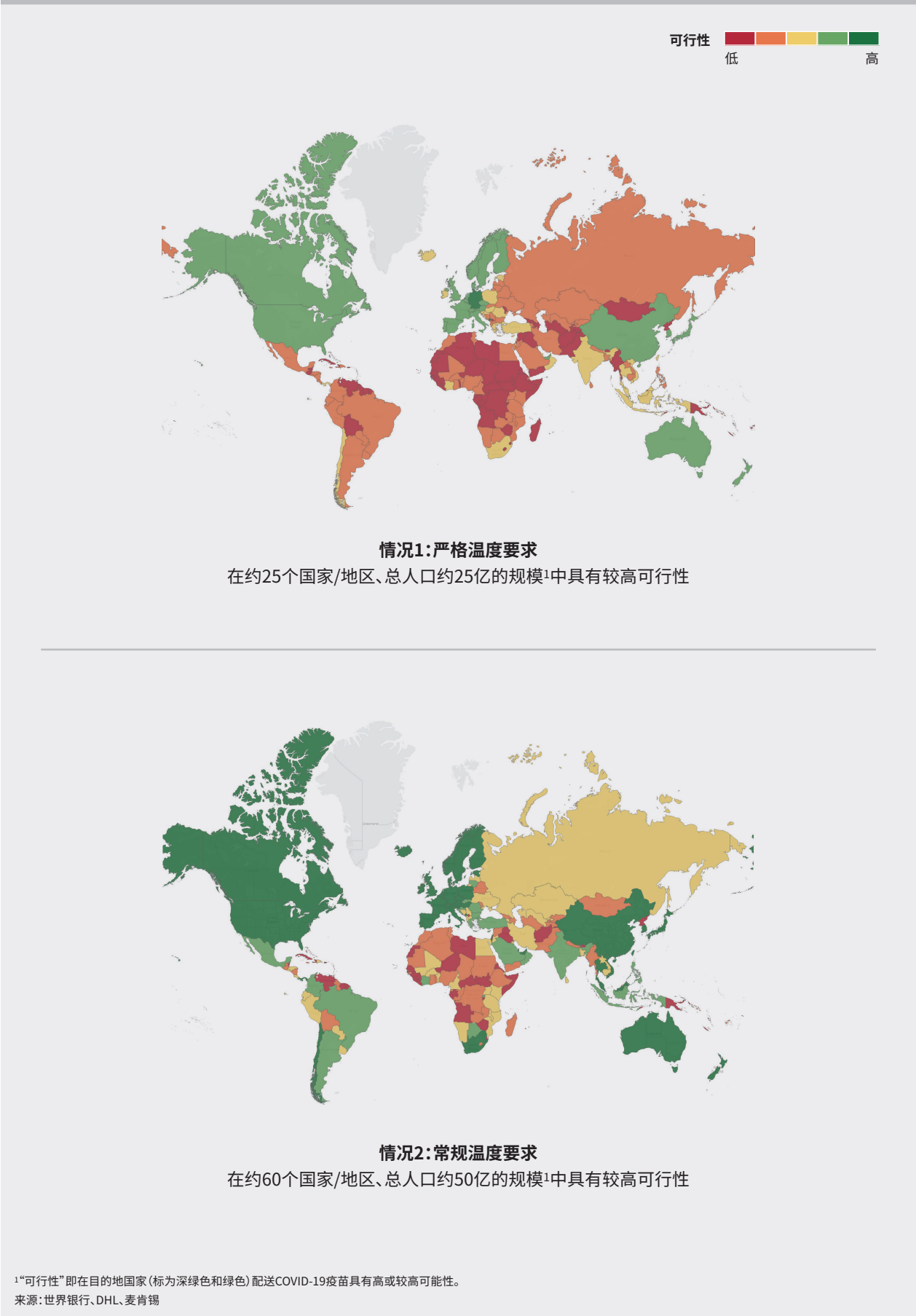
三种端对端的COVID-19疫苗配送物流方案

图7



目的地国内物流的可行性

图8



疫苗配送的地理学观点

虽然药物生产主要集中在拥有完备的现代化物流设施的国家,但是下游配送不能局限于这些地区。由于温度条件有可能是主要的挑战,如果疫苗配送条件严格,那些气候特别温暖的地区和冷链物流基础设施有限的地区将构成最大的挑战(图8)。同时,在全球进行疫苗配送时,必须考虑输入国物流能力。特别是对于需要干冰进行冷却的严格物流情况中,由于集中化生产干冰,尤其是重新装满冰块需要3-5天,在目的地会出现瓶颈。

严格温度要求下的运输(如运输冷冻疫苗)可能需要采取特别措施,才能将疫苗送达约25个拥有先进物流系统的国家,而这些国家的人口总数加起来只有全球人口的1/3。当前,由于生命科学产品冷链物流能力的缺乏,无法向大量非洲、

南美洲和亚洲国家和地区进行大规模供应。政府和非政府组织需要采取特殊的措施来保证疫苗的配送。为了能覆盖全球人口,必须增加和扩大物流承载能力。

按照常规运输要求(设定保质期温度为+2-8°C)来执行最后一英里的配送更具有可行性。由于可以利用现有的运输能力和之前的经验和知识,这种方式可以更有效地将疫苗配送给全球的用户。但是,即使利用现有的基础设施,全世界能获得疫苗的人口也只会增加到约70%,覆盖约60个国家约50亿人口。由于外部温度较高,冷链基础设施有限,非洲大多数地区的疫苗供应可行性仍然很低。因此,必须考虑采用创新的、专门的运输方式,使疫苗能配送到这些交通不便的地区。

配送的可持续性

如果疫苗配送的一个目的是配送给尽可能多的人口,那么另一重要的目的就是供应链的可持续性。必须考虑哪种包装和运输方式可循环利用,怎样可持续性地组织逆向物流。根据标准循环使用包裹方案的经验,在某些欠发达国家或地区,反向物流很难执行(最终失败)。但是,COVID-19疫苗全球配送可谓是历史上最大规模的配送工作之一,因此不能用不可持续的方式进行运输。所以,对于单向包装,有必要考虑创新包装方案、循环利用和优化废物管理。

广泛配送COVID-19疫苗的长期目标的实现面临一些障碍。必须考虑冷链物流投资,具体取决于疫苗配送是严格温度要求还是常规温度要求。如果温度要求非常严格,可以通过技术进步和政策干扰克服结构性挑战(如最不利的环境条件下高效能冷链物流的使用问题)。

第3章介绍了许多有效策略,政府可采用这些策略应对组织性和程序性的挑战,并协调未来的医疗供应链。

第三章

超越COVID-19 – 应 对未来紧急情况的 框架



本世纪自1918年流感疫情以来，疫情大爆发的可能性增加了。我们已经目睹了非典型肺炎（SARS）和中东呼吸综合征（MERS）的出现，尽管COVID-19疫情是最近出现的，但它不会是最后一次。推动这一趋势的因素包括全球旅行的增加和土地使用的变化，且由于预计这些因素仍将增加，我们可以推算出疫情出现的频率也将增多。⁹

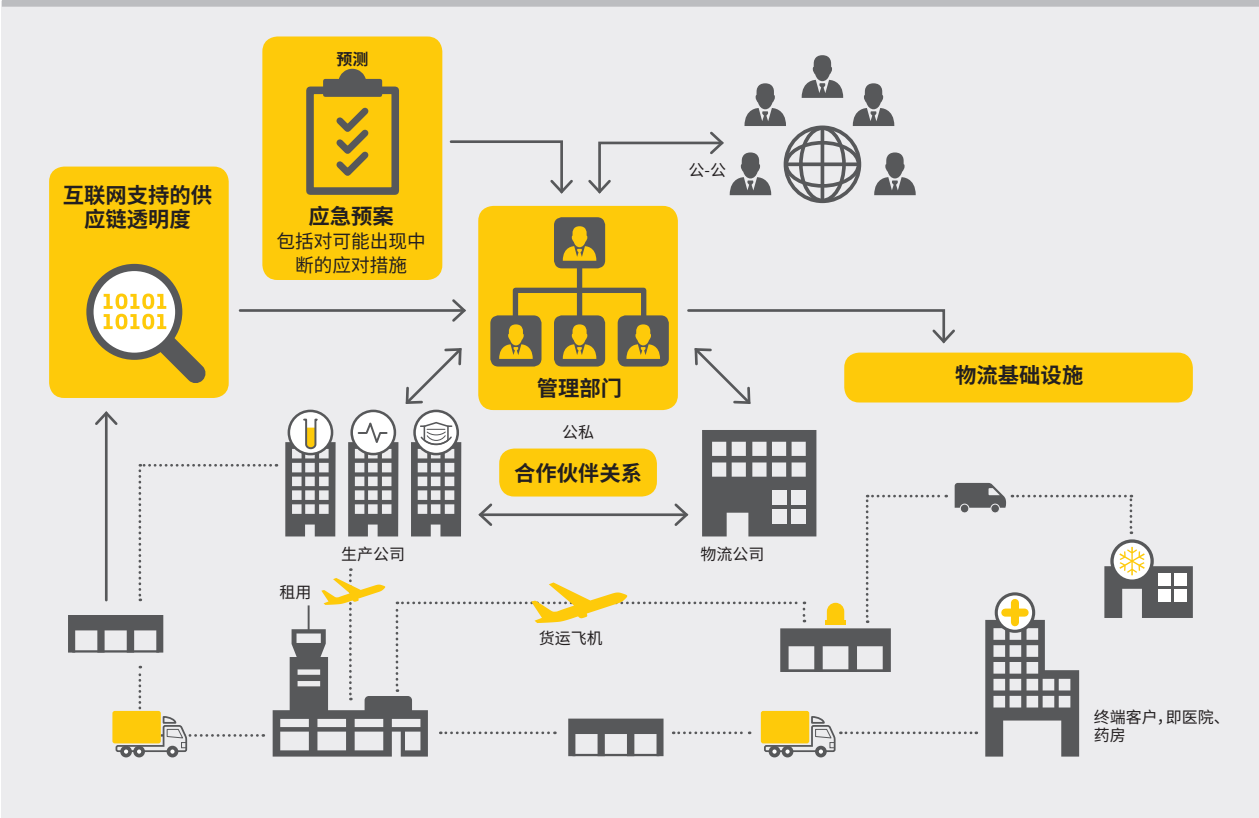
全球突发公共卫生事件给我们带来了巨大挑战 – 而良好的准备可以在下次危机袭来时，拯救人们的生命。牛津大学布拉瓦特尼克政府学院对各级政府应对COVID-19疫情的措施进行了研究，发现实施更为严格应对措施的国家，如在公共场所强制使用口罩，其COVID-19感染率更低。¹⁰然而，在许多地区，由于供应短缺，无法广泛使用口罩。

获取医疗产品对于成功应对卫生突发事件至关重要，预防未来出现此类供应问题应成为我们前进的清晰目标。从COVID-19疫情中吸取的教训以及对危机预防的投资可帮助政府领导人确保供应充足。成功应对危机的管理中，以下五大支柱在应对未来全球卫生突发事件的供应链挑战中显得尤为重要：

- (1) 制定明确和预定的**应急预案**并广泛传播
- (2) 构建公私合作、公公合作的**伙伴关系网络**
- (3) 明确并确保必需的**物流基础设施**可供使用
- (4) 建立互联网支持的**供应链透明度**
- (5) 创建**组织结构并进行资源分配**以使包括预案、合作伙伴、基础设施与互联网在内的整体应急管理方案制度化并相互协调

突发公共卫生事件中，确保医疗用品供应的五大支柱框架

图9



⁹詹姆斯·格尔本德和霍顿等，2017。

¹⁰牛津大学新冠疫情政府响应追踪系统 (简称OxCGRT) (2020)。

应急预案

每次卫生危机事件都不相同,但某些方面的措施却适用于所有危机。有效的应急预案预先确定在发生公共卫生突发事件之前,我们可以建立的任何架构(如责任分配),同时确定必须进行临时应对的其他方面(如收集为当前的需求数据)。通过提前制定应对策略,各级政府¹¹可将其资源集中用于意外和临时的关键决定。制定应急预案的目标是提前提出恰当问题,明确应对策略,以便在危机期间可以做出敏捷、高效的回应。

可以为供应链上的预期场景设计以下的应对策略:

对于**需求识别及预测**,一些关键的步骤-如识别潜在的危险地区并根据感染率预测需求-这需要临时决定,但关键要素却可以提前进行部署。这些包括:明确界定需要进行核心需求识别的产品类别,建立监测感染人数和相应需求的体系,并利用COVID-19疫情中获取的大规模数据来创建预测模型。

对于**寻源**,各级政府可以提前做好充分准备,根据产品供应商和物流供应商的具体标准制定供应商名单(长名单和短名单)。他们还可以与供应商建立关系和供应网络。第1章末尾的清单提供了识别合适人选方面的指导。

在**采购领域**,各级政府应为关键供应商提前建立安全储备,以在供应链崩溃的情景下确保自给自足。此外,预先商定价格和保证数量可以帮助提升供应链在危机时期的可靠性和成本波动性,但很可能需要支付类似于保险费的费用。政府还可以通过预先批准采购订单等方式来实现更为快速的采购。

对于**入境物流和配送**,政府可以提前选择物流合作伙伴来避免许多常见问题。通过这种方式,他们不必在最后一刻仓促地寻找供应商,而是可以提前在供应商处确定联系人,确定可以制造和运输的货量,预订所需数量,明确分销商网络,并在有需求时确保产能。

分配在联邦制的国家变得尤为困难,即含有半自治市、省或州的多层次管理机制。可以提前在各级政府之间建立协作模式和应急分配原则。

每个国家必须自主决定每个阶段的具体活动,以及是否设计应对策略。特别是多国实体内的国家,如欧盟,必须为每一层级(从联邦到地方)清晰地分配责任,并明确合作模式。无论具体的组织结构是什么,安全性都必须是实施所有活动的核心。即使是完美的计划,供应链上的任何漏洞也可能将其破坏。特别是在操作医疗用品时,所有活动-从设计到实施-都应考虑到供应链的可靠性和安全性。

¹¹ 本文中,“政府”一词指一个国家的卫生保健部门和其他主要决策者。在一些发展中国家,也包括国际组织和非政府组织。

伙伴关系网络

通过帮助预防供应链上的中断和成功应对前所未有的挑战,伙伴关系网络可以极大地缓解各级政府所遭遇的难点。伙伴关系应同时包括公私伙伴关系和公公伙伴关系。

公私伙伴关系应采用医疗用品生产者、物流服务提供商和卫生部门/各级政府三方协议的形式。在COVID-19疫情期间,与非卫生相关行业的私营公司建立伙伴关系也显得尤为重要。作为“英国呼吸机行动联盟”的一部分,二十多家公司,包括主要汽车公司,站出来帮助生产呼吸机。所谓的社区口罩也减轻了许多国家在个人防护装备上的瓶颈,使得强制佩戴口罩得以实施。

各级政府之间的伙伴关系在(相邻)国家之间与相关跨国委员会之间建立,例如欧盟,应成为附加目标。因为疫情本质上通常是全球性的或跨国流动的(由于存在症状发生前的潜伏期和越来越高层次的国际旅行),各国不应试图单独解决这些问题。

在全球卫生突发事件发生之前建立伙伴关系网络,这对做出及时、有效的应对至关重要。虽然应对意外的挑战可能需要建立新的伙伴关系,但大多数伙伴关系和网络应预先建立。

物流基础设施

稳健的基础设施—包括现有的医疗用品库存,以及所需仓储设施和物流能力的可用性—是成功应对突发事件的关键。如果没有安全库存,医疗用品需求的突然激增就无法得到可靠满足,这一点从2020年第一季度/第二季度个人防护装备的长交货期就可以看出。此外,预先建立的仓储网络的可用性和充足的运输能力对于在突发事件中协调国内物流均十分重要。

国家安全储备和生产能力:一般而言,安全储备的投资应被视为减轻更大健康危机风险的保险费。充足的库存水平可使一个国家在突发事件中补偿供应链的中断,从而弥补潜在的供应短缺。在COVID-19危机期间,举例来说,个人防护装备高峰危机持续数月之久。新加坡和台湾等已经积蓄了国家安全储备并实施储备战略的国家,受供应中断的影响较小。因此,在出现卫生突发事件之前,政府应确定需要储存哪些医疗用品、储备多少数量以及储存在哪些地点。

在作出此类投资决策时,重要的是需要考虑1) 将出现的收购和持有成本以及2) 由于这些医疗用品保质期有限而导致的价值损失。战略储备和维护的一个例子是台湾,台湾疾病控制中心建立了一个三层个人防护装备储备框架,确保了所涉及三方的安全储备:中央卫生部门,当地卫生部门与医疗机构。此外,该框架确保了对有限的政府资金进行更加有效的利用,并实现了可持续管理的目标。为避免产品过期问题并确保最低库存的可用性和可维护性,应定期用相同数量的高质量新产品替换掉最老旧的库存。其他一些国家中,如澳大利亚和新加坡,依靠承包商的支持来管理类似库存

循环的解决方案,并涉及国家医院和诊所。这使得浪费、储存与处理成本最小化,同时减少了定期补给的需要。

在操作中,政府实体必须在全国范围内确定最佳库存地点,这一决策高度依赖于国家大小、人口分布密度和可用物流网络。除考虑物流外,还需要根据上述可靠性和安全性规则来考虑成本、合规性和安全性。

与此同时,COVID-19危机凸显了全球生产和供应链的风险。当地医疗用品的生产缩短了供应链并降低了相关风险。因此,鼓励当地生产提供了另一种确保供应和减少风险的办法,可被视为对安全储备的补充。此外,在COVID-19爆发期间,事实证明产能交叉利用是非常有价值的,汽车原始设备制造商的参与缓解了呼吸机行业的产能瓶颈。

全面且高能的物流基础设施:在危机期间,各级政府不仅需要直接获得供应或产品生产,还需要获得物流基础设施和能力。预先确定物流合作伙伴、供应路线和运输模式,以及从工厂到使用点之间交货时间的透明度,可以帮助减少危机中进行临时决策的需要。为了使措施有效,政府需要通过物流基础设施施加不同的影响,对所有这些措施进行规划,使其适用于不同场景(如本地事件)。

互联网支持的供应链透明度

我们从COVID-19疫情前几个月获得的教训是，沿供应链的实时可见性是疫情响应中的一项关键资产。在宏观层面上，全球供应链系统的可见性是全球卫生紧急事件中贸易政策、运输枢纽运营和关键行业安全方面政府决策的基础。在微观层面上，贸易往来的可见性实现了医疗用品的可靠跟踪和潜在运输瓶颈的及早发现。然而，由于数据拥有者共享数据的意愿不强，而且相关方数据标准化和互操作性不足，因此实现可见性仍然有挑战性。为了达成实时可见性，需要建立强大的互联网主干和数据共享机制。各国政府在选择供应商和物流服务提供商时应当规定明确的数据能力要求。相关方应当以标准化格式提供及时而准确的数据——从源头到最终使用点，例如检验中心和诊所。另外，各国政府应当建立有效的数据共享机制，从而应对供应链的复杂性并提出关于整个供应链的端到端洞见。

虽然目前没有涵盖响应行动所有可见性需求的平台，但多项数据共享计划已经在特定关注领域取得了成功，其中运用了先进的数据分析方法和区块链。例如，商务主导的平台能够实现接近实时的运输可见性、智能路线选择和需求预测。运输商主导的数据共享平台能够监测和预测潜在风险，例如运输不稳定、供应商遇到困难及其他干扰。针对紧急响应管理对现有解决方案进行调整，可以非常轻松地应对过去几个月内面临的一些挑战。运输可见性、库存管理、需求预测和干扰监测都是属于能基本能运用于公共卫生紧急供应响应的特征。通过与私营部门主体合作，各国政府还能利用已有的IT基础设施并大规模实现这些特征。

组织与资源

第五个支柱保证了所有计划和工具的有效实施。其目标是在发生危机时集中开展供应工作——从需求识别到行动规划，同时推动快速、明确而透明的决策。建立一个负责开展这项工作的专门单位有助于使工作制度化。该单位实现有效运作需要具备以下三个具体特征：

权威性：该单位必须设置在政府上层，从而保证有足够权力快速而高效地推动响应。其中包括授权快速决策，包括专门决策和依据明确规则进行决策。

灵活性：虽然有很多任务和相关方而且需要在行政环境中运作，但该单位必须足够灵活且实干，以便快速独立做出响应，例如聘用人员或调配资金时。

可靠性：为了有效运作，该单位必须被政府及其他公共部门代表充分接受（而且在他们心目中信誉良好）。该团队应当由有名望的代理人和从业者组成，以保证相关方的参与。

集中化方法的优点包括流程更加高效、透明度更高以及极大地减少与传统采购流程有关的冗余和碎片化现象。它还具有规模化优势，这在大范围卫生紧急情况中至关重要。

下列引导性问题可以帮助各国政府在公共卫生紧急事件发生前建立危机响应组织：

组成：谁是危机响应组织的关键成员？哪些职能部门应当以专家作为代表？谁应当担任组织的领导者？

通信和物流：各成员是怎样在线上 and 线下集合的？为了实现透明沟通，上文所述的技术主干可以用来推动行动者之间的虚拟通信渠道。

决策：现在有哪些决策机构？他们多久开一次会？他们有哪些能力和职责？

任务要求：哪些任务是预先确定的？组织内的哪些团队／单位分配执行每个预先确定的任务？有哪些额外的专门职责？

伙伴结构：供应链合作伙伴是怎样纳入组织中？其中哪些伙伴关系是提前建立的？在目前已有很多先例的情况下，这些响应单位可以在发生公共卫生紧急事件时快速转换到“主动模式”。除危机响应单位外，也可以成立其他委员会，对危机响应的特定方面进行管理。在这种情形下，应当提前确定这些委员会的职能、组成、职责、决策和报告结构。

为了保证危机响应单位及其他实体的总体透明度，务必在**应急预案中确定关键组织要素**。其中应当包括组织架构概述、成员、必要人员和技术资源以及基础设施和物流。应急预案还应当包含一张图表，其中列出了危机响应单位的核心任务，例如标准化报告格式。

疫情供应管理框架的运用对照表

图10



COVID-19疫情使各国政府开始关注一个长期目标:加强顺利度过下一次全球卫生危机的能力。这就需要建立一个有恢复和适应能力的医疗设备供应链。它的成功与否取决于各国政

府能否确定并实施预先规划和专门措施、建立组织伙伴关系、维持供应和物流基础设施、实现供应链实时可见性以及建立有权迅速而果断行动的核心响应单位。

联系方式

全球: Katja Busch (Katja.Busch@dhl.com) and Larry St. Onge (Larry.StOnge@dhl.com)

美洲: Larry St. Onge (Larry.StOnge@dhl.com)

亚太地区: Leonora Lim (Leonora.Lim@dhl.com)

欧洲、中东和非洲: Thomas Ellmann (Thomas.Ellmann@dhl.com)

媒体联系人: Sabine Hartmann (pressestelle@dpdhl.com)

拉丁美洲: Claudia Roa (claudia.roa@dhl.com)

关于DHL生命科学和医疗保健

作为生命科学和医疗保健行业的领先物流服务提供商, DHL通过全方位以患者为中心的解决方案提供具有前瞻性的、智能化的医疗保健物流服务。DHL的全球性专门网络共有9000多位专家, 因此制药、医疗器械、临床试验和研究组织、批发商和经销商以及医院和医疗保健服务提供商都能通过价值链和数字化相互关联, 涵盖从临床试验到医疗点的每个中间环节。

DHL深知存在风险的每一个方面——挽救生命或者改善生活, 时刻关注客户以及我们产品和服务的使用者。DHL提供完全合规的优质物流和供应链服务, 而且倡导可以让客户受益并为患者提供更好照护的创新技术。DHL在医疗保健行业的资产组合包含150多位药剂师、20多个临床试验场所、100多个经过认证的服务站、160多个GDP认证仓库、15个GMP认证场所、135个医疗快递场所以及涵盖220个国家和地区的限时国际快递网络。

致谢

我们要感谢我们的所有客户、行业合作伙伴、非政府组织、专家以及麦肯锡公司为本项目做出的宝贵贡献。

法律声明

对于本出版物中所提供资料是否最新、正确且完整, 本公司概不承担责任且不会做出相关保证。

这项规定也适用于可能通过超链接指向或本出版物中另行引用的所有其他资料来源。德国邮政股份公司对通过这类链接指向的网页内容或其他引用内容(例如脚注中的内容)不承担责任。

本出版物中的资料不构成收购德国邮政股份公司或其他公司股份的要约, 也不是收购或另行直接或间接交易股份的邀请。而且, 德国邮政股份公司保留变更或补充所提供资料的权利。

本出版物的内容和结构受版权保护。未经德国邮政股份公司事先同意, 不得复制本出版物的任何资料或数据, 尤其是文字或其部分或图片。



DHL Research and Innovation GmbH
Kurt-Schumacher-Str. 12-14
53113 Bonn
dhl.com
dhl.com/pandemic-resilience