

新型绝热技术为发展中国家运送疫苗

Intellectual Ventures 的 Global Good 项目一直在努力研发新技术，力争把疫苗带到世界每一个角落。被动式疫苗储存装置每次只需放入一批冰块，无需外部电力就可以低温储存药物一个月。

作者：LAURA BOWEN

在发展中国家的许多地区，电力供应极为有限，很多地方从未有过任何类型的电力基础设施。这对于援助工作者和医生来说是一个巨大的挑战。在不久之前，必需在相对恒定低温条件下储存的疫苗还不能运送到偏远地区，而这些地方又最需要它们。

作为 Intellectual Ventures (IV) 的 Global Good 项目的一部分，一个创新团队发明了一种类似于保温瓶的容器，称为被动式疫苗储存装置

(PVSD)，它采用了高性能的隔热技术，完全改变了缺电或无电地区的疫苗储存方式（见图 1）。

满足严格的安全要求

如果疫苗的储存温度不是一直都保持在必需的温度范围内，疫苗就可能发生变质而无法使用。Global Good 的研究人员的任务是达到由世界卫生组织规定的标准。为了安全送达，疫苗需要保持在 0°C 至 10°C 的狭小温度范围内。

研究人员设计的第一款原型基于低温杜瓦瓶，这种装置依靠真空和多层隔热技术来储存极低温的液体。正常情况下，杜瓦瓶可以长时间地存放液态氮或液态氧，但它存放冰块的时间只有几天，之后就会发生融化。

为了确保 PVSD 使用的材料和设计可以在高温下维持高真空度，Global Good 的研究人员利用实验并结合通过 COMSOL Multiphysics® 完成的热真空模拟系统进行验证。与低温杜瓦瓶一样，PVSD 也依靠真空多层隔热技术来最大限度地减少传热。高真空状态几乎可以消除对流和气体

“为了确保 PVSD 使用的材料和设计可以在高温下维持高真空度，Global Good 的研究人员利用实验并结合通过 COMSOL Multiphysics 完成的热真空模拟系统进行验证。”



图 1：Intellectual Ventures 团队和援助工作者，以及运送疫苗的 PVSD。

“COMSOL Multiphysics 可以有效地减少复杂模型的建立时间 ... 以简易的方式无缝地耦合所有过程，从而清楚地描述多物理场过程。”

传导传热，而多层隔热则可以显著降低辐射传热。多层隔热材料由极薄的反光铝片和低传导率衬垫构成，类似于在航天器中使用的材料。

仿真极端条件下的疫苗储存

Intellectual Ventures 的 Global Good 项目研究人员使用环境腔室来重现类似于撒哈拉沙漠以南非洲地区的气候条件，以便严格测试并了解其原型的性能。但是，构建高真空度的杜瓦瓶原型是一项复杂的工作，因此为了在构建原型之前更有效地探索不同的设计方向，该团队转为采用 COMSOL Multiphysics 及其传热模块和分子流模块等。他们面临的挑战包括优化内部几何结构来实现最长的冷藏时间、维持更高的真空度，以及设法处理真空中的放气等。最大限度减少残余气体至关重要，因为在 PVSD 使用寿命中，真空中即使存在少量的残留气体，也会导致失去真空完整性，使进入装置的传热速率升高。

为了最大程度提高疫苗存放时间，并尽可能方便现场的医务人员取用，他们对该装置的几何结构进行了优化。作为对抗各种环境因素的第一道防线，该装置的外部由填充了防

护橡胶缓冲材料的金属外壳组成，而 PVSD 内部则包含一个较小的壳层，在其最上方通过悬臂圆颈与外部连接（见图 2）。由于采用这种设计，只有在连接点处才会发生传导传热。此外，还通过复合材料圆颈来保持真空，使周围空气不会渗透进来。使用 COMSOL 进行 PVSD 设计的工程师 David Gasperino 说：“COMSOL Multiphysics 可以有效地减少花在复杂模型上的时间，”他同时表示他们尤其赞赏：“以简易的方式无缝地耦合所有过程，清楚地描述多物理场过程。”该团队发现可用的模块非常之多，这有助于他们使用自己的模型来研究复杂的物理过程。

改善下一代的储存装置设计

基于 PVSD 的实验和理论工作的结果，该装置对发展中国家的疫苗冷藏链产生了巨大影响，使疫苗可以运送到更偏远的地区，无需电力即可储存更长的时间。在未来，Intellectual Ventures 将继续改善他们的储存装置设计，使之可以更高效地长时间冷藏疫苗。该团队将继续努力，研发新型工具拯救世界各地的生命。■

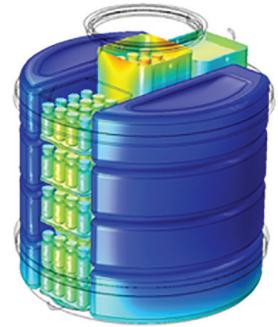


图 2：上：装入物品之后不久的 PVSD 的热仿真；融化冰块的过程通过 COMSOL Multiphysics 中的相变功能进行建模。下：PVSD 使用类似于低温杜瓦瓶的温度控制储存方法。每次只需放入一批冰块，它就可以长时间地储存疫苗。