

# 全球医疗部门 脱碳路线图

一个通过影响气候适应力和健康公平  
实现零排放的工具

无害医疗  
气候智慧型医疗系列

Green Paper  
Number Two



ARUP

### 无害医疗 (HCWH)

无害医疗是一个发源于美国的全球非营利性组织。其目标在于探寻全球医疗部门的转型方法，以帮助医疗部门减少环境足迹，使其成为全球环境健康和公平转型的领导者。在与医疗部门合作的 25 年中，无害医疗帮助其减少有害化学品的使用和废物的产生，同时也在转变供应链并促进气候行动中有所作为。无害医疗在美国、欧洲和亚洲均设有办事处。

### 奥雅纳工程顾问公司 (ARUP)

奥雅纳成立于1946年，该公司为世界上诸多建筑环境和跨行业的杰出项目提供核心创意力量，并提供范围广泛的专业服务。这些服务无论是对其客户，还是相关社区都产生了一定影响。除此之外，奥雅纳也是一家全球化企业，他们在 34 个国家与地区拥有共计 89 个办事处，超过 14,000 名规划师、设计师、工程师和顾问正在用创造力和热情为全球交付创新项目。在此报告的撰写和研究过程中，奥雅纳受雇于无害医疗协助本报告完成。

### 磐之石环境与能源研究中心 (REEI)

磐之石创立于2012年7月，是一家研究环境和能源政策的独立智库。我们以能源转型政策分析为主线，讨论如何在兼顾社会公平、气候变化、环境质量和公众健康的基础上，实现中国能源系统的低碳转型。并希望在此过程中促进多方参与、开放理性的环境政策讨论。



本报告由无害化医疗与奥雅纳工程顾问公司共同发布，2021年07月由磐之石环境与能源研究中心完成内容整理及翻译工作。



# 执行摘要

## Executive Summary

### 背景介绍：医疗部门有执行气候行动的责任

**气候危机也是一场健康危机：**气候变化是本世纪全球面临的最大的健康危机。

**医疗部门碳排放量：**医疗部门碳排放量占据全球总碳排放量的4.4%。如果将医疗部门认为是一个国家，那么它的碳排放量将排名世界第五。

**预防、准备和公平都至关重要：**医疗部门必须意识到气候问题的影响，在增强韧性和实现全球健康目标的同时，在碳中和的道路上做先行者。

**医疗部门不仅可以成为公共健康和地球健康的守护者，也还可以成为避免气候变化影响的领导者：**医疗部门在达到碳中和的同时需要作为引领者，带动社会其他部门减少碳排放量。

**新冠疫情加快了改变的脚步：**新冠疫情提醒了医疗部门在提早预备灾害准备中的不足，其中突出的显示了低收入人群和有色种族在灾害中受到最大的冲击的问题。对新冠疫情恢复的投资也是一个去增加部门韧性和灾难预备的机会。

**碳减排：**作为全球经济增长速度最快的部门，医疗部门必须快速减少碳排放量，将其增长和发展与《巴黎协定》捆绑，支持全球变暖限制在1.5摄氏度以下并实现碳中和。

**韧性：**医疗部门的碳中和议程中应该与卫生部门同步发展，建立基础设施、管理系统和社区韧性去抵御气候危机带来的影响。除此之外，碳中和与医疗公平有很多协同作用。

**医疗公平：**医疗部门在考虑气候影响的同时也要考虑到国家之间和各国内不同的医疗发展水平，来建设一个更加公平、公正的全球医疗体系。



## 主要发现：医疗部门可以大幅度减少碳排放量

**医疗部门的碳排在增加：**如果没有应对措施去控制碳排放量，到2050年全球的碳排放量将达到每年60亿吨，是2014年碳排放量的3倍。

**化石燃料的燃烧是医疗部门碳排放的主要来源：**医疗部门的设施运作、供应链和相关经济体占了整个部门84%的碳排放量。这包括了医院发电需要使用的煤炭、天然气或者燃油，以及医疗相关的交通和生产及运输医疗产品所需要的能源。

**各国的巴黎协定承诺可帮助医疗部门减少70%的排量增长：**如果各个国家能够达到他们为自己设定的减排承诺，那么医疗部门的碳排放量增长将会变慢。

**但是医疗部门对气候危机仍有巨大的影响：**就算各国达到他们的巴黎协定承诺，医疗部门每年的碳排放量仍然会增长，预计在2050年将达到30亿吨。



### 解决方案：

本报告强调医疗部门如何在《巴黎协定》的基础上去减少更多碳排放量，提出从2014年到2050年累计减排达到448亿吨的行动计划，累计减排量是全球2017年的温室气体排量的总和，相当于在36年里，每年在地下掩埋超过27亿桶石油。

## 碳中和路线制定： 三个相互影响的路径和七项高影响行动

**全球医疗体系必须立即行动：**全球各国同意所有国家的医疗部门都需要参与到应对气候变化的行动中。

在本世纪中期，所有国家的每个医疗部门以及该部门内的供应商和制造商都需要接近碳中和：根本性的转变将需要各个部门间的大规模合作与创新。

**医疗部门脱碳应遵循共同面对原则，同时区别对待责任和接受能力。**

为了达到碳中和目标，医疗部门必须彻底过渡到清洁、可再生、健康的能源：医疗设施、管理、供应链及经济和社会环境都需要脱离化石能源。

**医疗部门遵循气候解决方案发展将比不做改变更节省成本：**遵循气候解决方案去发展能够帮助医疗部门减少运作成本，同时也能够帮助各国减少因污染而导致的医疗部门开支。

**高收入国家**的健康系统对全球医疗碳排放量负有最大的责任，需要最快的采取行动并承担应对气候危机中最重的责任。

**中等收入国家**必须投资于卫生系统的健康发展，积极走上碳中和的道路，并避免复制高收入国家的碳密集型医疗卫生服务模式。

**低收入国家**需要部署低碳和碳中和技术，以加快卫生系统发展和实现为所有公民提供卫生服务的宗旨。

最终，所有国家的卫生系统都需要在2050年前接近碳中和。虽然发展中国家的碳达峰会相对延迟，但为了避免陷入碳密集型发展轨迹，所有国家现在都必须开始提前过渡。顺利的过渡需要发达国家在资金和技术方面支持和协助发展中国家增强卫生系统的负荷。

# 3 条路径

## 1 帮助基础设施和服务运营脱碳

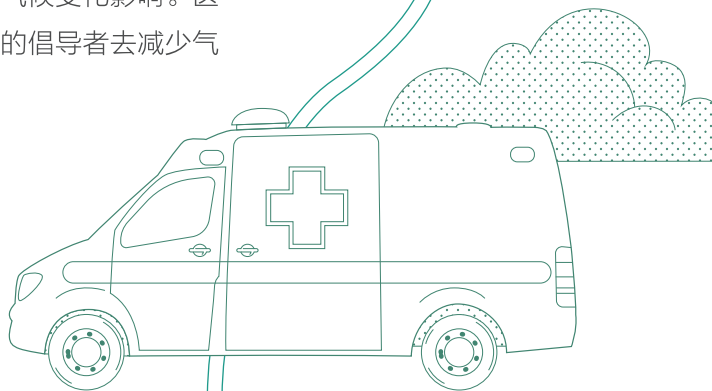
基础设施与服务运营是医疗部门碳足迹的核心。各国的医疗部门必须承担温室气体排放责任并实施干预措施，最终将医疗服务及配套设施完全脱碳，同时保证改善患者的护理条件。

## 2 帮助医疗部门的供应链脱碳

超过70%的医疗碳排放来自于范围3的排量（间接排量），大部分来自于全球的医疗供应链。供应链的排量包括在路径2和路径3中，其中路径2包括了减少医疗机构购买的电网电力中的直接排量，它还包括了医疗部门使用的产品生产、包装和运输的排量。医疗部门可以利用采购决策权去要求自己的供应链脱碳，并通过跨国界合作汇集购买力来影响全球供应链的碳排放量。同时，医疗生产商和供应商应马上行动去达到碳中和。

## 3 加快经济和社会环境脱碳

医疗供应链在各个方面依赖于其他产业去提供能源、化学品、建筑材料、包装、基础设施建设、运输、食品等服务。经济和社会环境的脱碳对于医疗部门实现碳中和至关重要，同时也做到了保护人类和地球免受气候变化影响。医疗从业者可以发挥领导作用，作为减碳的倡导者去减少气候变化对人类的疾病负担。



这份减排路线图串联了三个相关及重叠的脱碳途径供医疗部门去参考和遵循，以帮助其规划实现零排放的路线。各国医疗部门在遵循国家特定的减排路线，如果同时按照本路线图中描述的两条路径去规划落地项目，能大幅减少医疗部门内的温室气体排放量，从而实现所提出从2014年到2050年累计减排达到448亿吨的行动计划。

## 7 项高影响行动

实现碳中和需要一系列高影响力，且覆盖三条路径的行动。实现这些行动能大幅度减少医疗部门的碳排放量。

- 1.使用100%清洁可再生能源为医疗部门提供电力；
- 2.投资于零排放建筑和基础设施；
- 3.向零排放、可持续的运输方向过渡；
- 4.提供健康、可持续培育的食品，并支持增加农业的气候韧性；
- 5.鼓励和生产低碳药品；
- 6.实施循环医疗健康和可持续医疗废物管理；
- 7.建立更有效的医疗架构。

### 未知领域：减少医疗部门碳排放量差距

在七项高影响行动的基础上，提供更多的转型建议让医疗部门的年排放量在2050年减少到11亿吨。

医疗部门需要在接下来的30年内去减少碳排放量。这需要从业者去最大程度的实施气候行动，同时增加研究和创新去寻找部门内遗留的减排措施。这也是一个去重新思考和定位医疗部门的机会，例如：

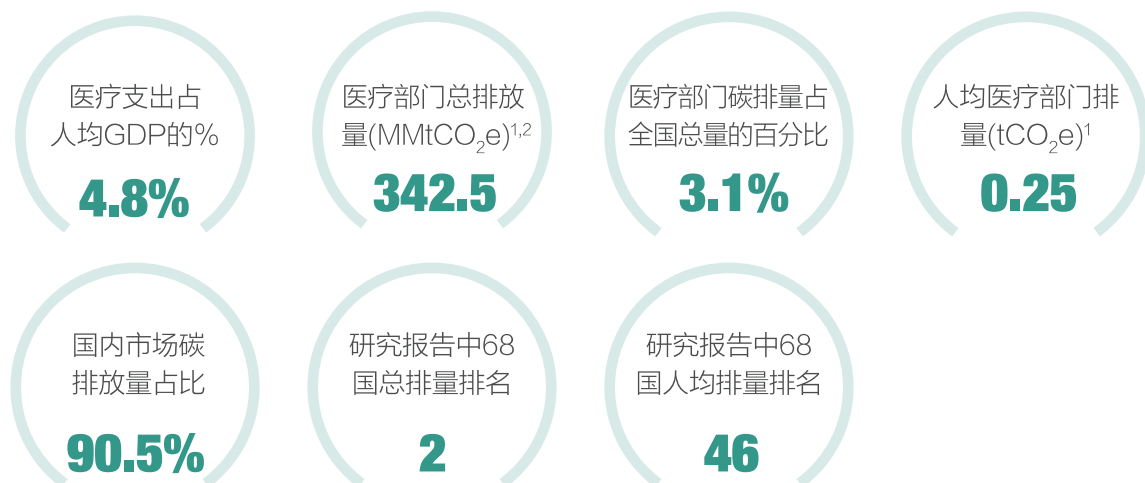
- 增加气候研究和医疗创新；
- 将绿色医疗融入到全民医疗的政策中；
- 最大范围的发展远程医疗；
- 将应对气候影响的措施融入到应急响应和流行病响应中；
- 将疾病预防与气候变化预防相关联；
- 重塑金融体系以支持人类及地球的健康；
- 建设以医疗为中心的管理措施。

# 中国医疗部门脱碳路线图

China's health sector decarbonization Roadmap

## 中国医疗部门排放情况说明书

### 全球医疗部门脱碳路线图 关键数字 (2014)



### 形式图

### 中国医疗部门气候足迹

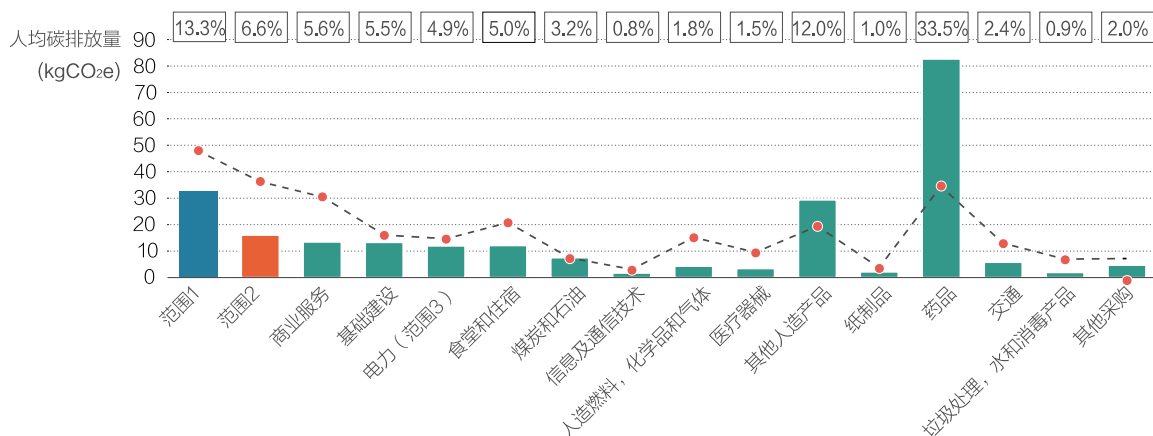


图1. 医疗部门2014年碳排放量, 现实范围1 (场地内), 范围2 (购买能源) 和范围3排量 (按照供应链类别分类)

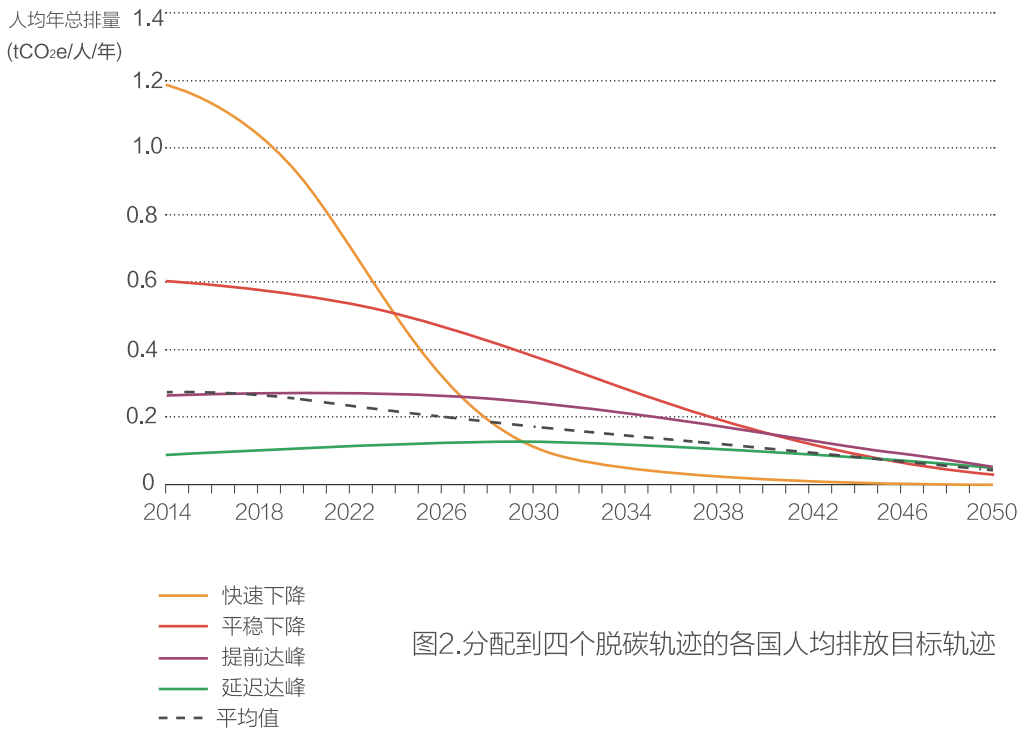
--- 全球均值



绿色医疗路线图表明了目前最富有和污染最大的国家的医疗部门必须有急剧下降或稳定下降的趋势，同时允许低收入和中等收入国家有空间在这十年内达到碳顶峰。

尽管这些曲线图有很大的差异，但是要想实现其中任何一个发展曲线将需要所有医疗部门立即采取行动，向零排放的方向发展。

紫色的“早期顶峰”线代表了中国的减排曲线，中国需要立即改变路线并开始实施脱碳战略与绿色医疗的覆盖。



1 无害医疗和奥雅纳分析的各国足迹数据，使用了WIOD投入产出数据库和2014年国家卫生支出数据。有关这项研究的更多信息，请参阅网上的路线图报告，附件和说明指南：[healthcareclimateaction.org/roadmap](http://healthcareclimateaction.org/roadmap)

2 一篇基于2012年数据的全国性研究报告预测全国总碳足迹为315(MMtCO<sub>2</sub>)和2.7%的全国总排放量。参考：Wu R (2019) The carbon footprint of the Chinese health-care system: an environmentally extended input-output and structural path analysis study. The Lancet Planetary Health, 2019; 3: e413-19.

## 路线规划

## 减少中国医疗部门的排量

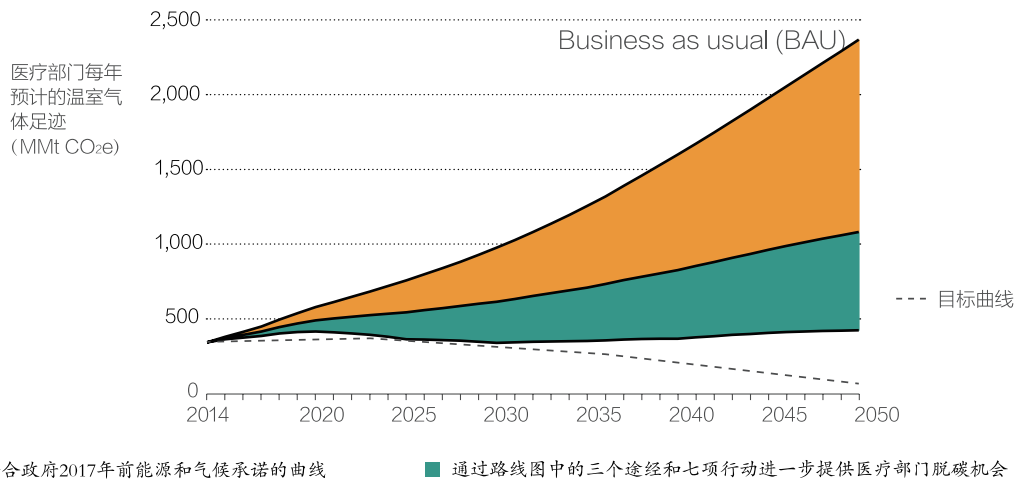
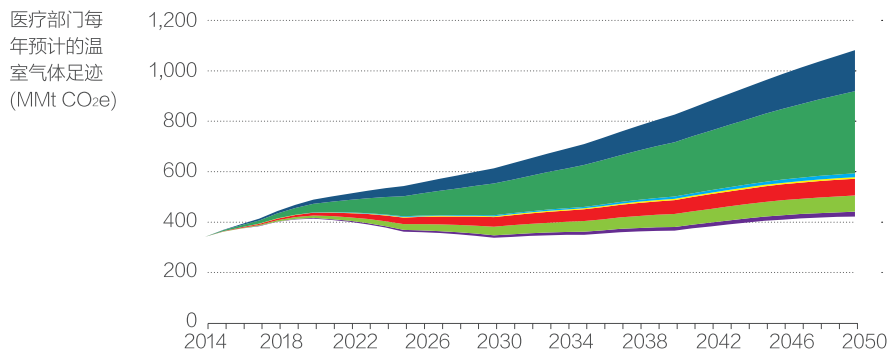


图3.中国医疗部门减排路线图。最上线代表在无减排措施的情况下排量的预期指数，叠加的是两个医疗部门减排的预测，最下的虚线是根据中国2060年碳中和目标的曲线

## 管理碳排放

## 医疗部门减排的7大高效行动方式



- 1.使用100%清洁、可再生能源为医疗部门提供电力。
- 2.投资于零排放建筑和基础设施。
- 3.向零排放、可持续的旅行和运输方向过渡。
- 4.提供健康、可持续培育的食品，并支持增加农业的气候韧性。
- 5.鼓励和生产低碳药品。
- 6.实施循环医疗健康和可持续医疗废物管理。
- 7.建立更有效的医疗架构。

图4.根据减排路线图的预测，中国医疗机构在2017年前发表的政府能源和气候承诺以外的减排潜力。这个减排潜力根据路线图中的七大高效行动方式进行了解析

以下为针对以所有国家医疗部门减排为基础的四大建议。除此以外，每个国家也要在自国情况的基础上制定更加具体的减排措施。

**1. 承诺医疗部门零排放：**公开承诺在2050年或之前达到一个有韧性的碳中和医疗部门。把医疗脱碳包含在巴黎协定的国家自主贡献协议里。建立基线值，制定国家路线图及详细的行动计划，并投资实施。

**2. 将零排放与全民健康和气候适应力联系起来：**将低成本、低排放的医疗建设与后疫情时代经济复苏一起实现可持续发展目标。实施包括增加可再生能源等绿色医疗的减排和韧性建设战略，在增加公平性的同时增强基础设施和社区的抗挫能力。

**3. 推动跨部门的气候与健康合作：**与医疗供应链合作以促进零排放的能源、建筑、交通、制药、农业和工业链。激励创新和循环经济，支持实施更严谨的气候承诺和政策，在更广泛的经济和社会中去减少空气污染，保护公众健康以免受气候影响的伤害，并促进医疗部门脱碳的进程。

**4. 交流及启动：**用实际行动来牵头，培养医疗部门从业者作为气候领导者和实施者。动员该部门的道德、经济和政治影响力去加快社会其他部门的气候行动。

## 针对中国医疗部门碳中和目标的推荐干预措施

### 1. 基础设施和管理运营

a. 针对建筑能源管理者和使用者的培训，将在日常使用中最大限度地提高医院建筑的能效。培训目标有医院后勤人员，医院管理层，各科室医护人员等。培训内容可根据建筑使用年限的新老程度进行调整。

b. 系统性的对旧楼进行能源评估及改造，提升其高效冷热系统；普及使用LED灯；发展通信系统；增加可再生能源生产和使用的可能，例如引入屋顶太阳能或光伏项目；提高医院在极端天气下供应电力的韧性。（可参考LEED旧楼改造指南）

c. 新楼建设及设计需遵循业内最高级的环保指南。（可参考LEED新楼建设指南）

d. 建设高效能、低排量的低温运输系统。

e. 增加线上医疗和家庭医疗的普及性和实用性，来减少医疗机构耗能需求。

f. 减少患者和家属在往返医院交通上所用的碳排放量。增加公共交通的选择，共享单车和共享汽车的停车位置，建造电车充电桩等措施。

g. 建立零排放医院交通，只购买低碳车型（包括救护车），通过增加保养次数来增加其使用年限。

h.通过培训和改变行为习惯去减少食物浪费，与相关机构建立食物再利用和厨余回收等机制。

i.鼓励早期患者诊断和干预，以促进更健康的生活方式，减少医疗部门的能源使用，提高医疗效率。

j.建立用药开药规范，防止乱用药和药品的浪费的情况出现。人员管理问题和控制患者对药物的依赖性，以及药物垃圾的不恰当处理将对环境有不利的影响。

k.废弃麻醉气体恰当处理和回收。

l.增加医疗覆盖和医疗效率。

## 2.供应链

a.参考循环经济的商业模式，制定可持续采购政策和方法。

i.只购买新能源电力、节能的医疗仪器、节能的空调系统、节能的通信系统。

b.帮助上游企业了解医疗部门的节能减排目标及措施，并作出相应调整。

c.减少采购运输和工作人员差旅的碳排放量，尤其减少飞行差旅至一年一次。

d.建设独立的发电系统和电力储存设备，增大医院对抗不可抗拒灾难的韧性。

e.利用医疗部门的影响力去推动对其它高能源行业的减碳影响（包括建筑业，制药业等）。

f.减少一次性包装和塑料的使用。

g.增加当地食品原材料的采购，减少农场到餐桌的距离和运输排量。

h.增加对制药企业的环保要求，尤其注重药物垃圾的回收和处理。

i.增加人工智能在制药行业中的使用来推动效率。

## 3.经济和社会环境

a.与政府、大学、银行、企业等关联方进行有意识的社区合作，携手推进碳中和目标的发展。

b.利用医疗部门的影响力去推动对未来能源解决方案的研究。

c.增加医院周边的绿色覆盖。

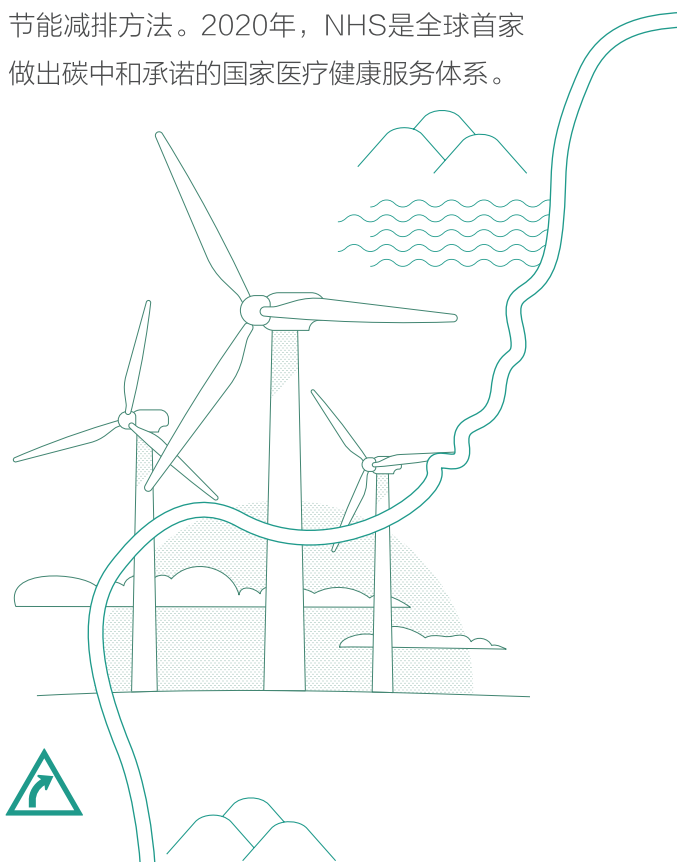
d.促进共享经济的运用，把资源和场地在非高峰时间共享给社区中心等机构，来提升社区民众的整体身心健康。

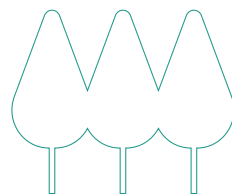
e.推动民众健康的饮食意识和饮食习惯，鼓励多样化的、营养均衡的、以素食为主的饮食结构。

f.与民间组织合作，推动绿色农业的发展。

g.注重药品不恰当回收和农场养殖滥用药品等问题对环境和人体对抗生素抗药性的影响。

各国医疗部门也可以参考英格兰国家医疗健康服务机构(NHS)在医疗建设和管理方面的节能减排方法。2020年，NHS是全球首家做出碳中和承诺的国家医疗健康服务体系。





---

医疗部门的决策者在参考此份文件的同时也建议咨询以下的报告：

- ① 世界卫生组织(WHO)：Guidance on climate-resilient and environmentally sustainable health care facilities.
- ② 世界银行(World Bank)：Climate-smart health care: Low-carbon and resilience strategies for the health sector.
- ③ 世界银行集团(World Bank Group,WBG)：COVID-19 and climate-smart health care - \_Health sector opportunities for synergistic response to the coronavirus and climate crises.
- ④ 世界卫生组织和世界银行集团(WHO and WBG)：Access to modern energy services for health facilities in resource-constrained settings.
- ⑤ 无害健康，绿色健康实践和全球绿色健康医院：Sustainable Procurement in Health Care Guide 及其他采购指南
- ⑥ 联合国开发计划署(UNDP)：Sustainable Procurement in Health Care Guide

# 技术方法

## Technical Methods

### 衡量和预测全球医疗部门的碳排放量

无害医疗和奥雅纳致力于创建全球医疗部门温室气体排放路线图，其目的是构建有效对话并促进整个行业从业者的气候行动。目前在全球医疗部门内还没有规范和标准的应对气候变化的询证方法，尤其是针对各个不同的国家的管理措施。

为帮助读者理解路线图的范围、覆盖面和分析方法，报告使用了以下六个组成部分来分化整篇文章的结构：



- 1.使用温室气体范围1、2和3来呈现医疗部门整体和它下属的供应链的温室气体排量；
- 2.为IPCC路径下的未来情景分析奠定基础；
- 3.呈现各国的国家医疗部门排放现状；
- 4.根据医疗部门的趋势预测排量；
- 5.鼓励医疗部门从业者在工作中纳入气候行动；
- 6.提供详细规划去帮助供应链减排。

下文中数据报告（Annex A）可以看到详细的研究方法和这六个组成部分的划分，图中简单介绍了报告的研究步骤及各个步骤中的联系。

在这份路线图中并没有考虑激励医疗从业者气候行动和行业间的交流与合作。

## 步骤一

以无害医疗的第一篇报告“医疗部门碳足迹”为起点，这篇报告中增加了25个研究国家，总数达到68个，并使用“世界其他地区”（RoW）来代表全球2014年医疗部门的基础排量。作者使用结构路径分析的研究方法去进一步细分出范围3的排量（间接排量），分解成医疗部门内可控的类别。

## 步骤二

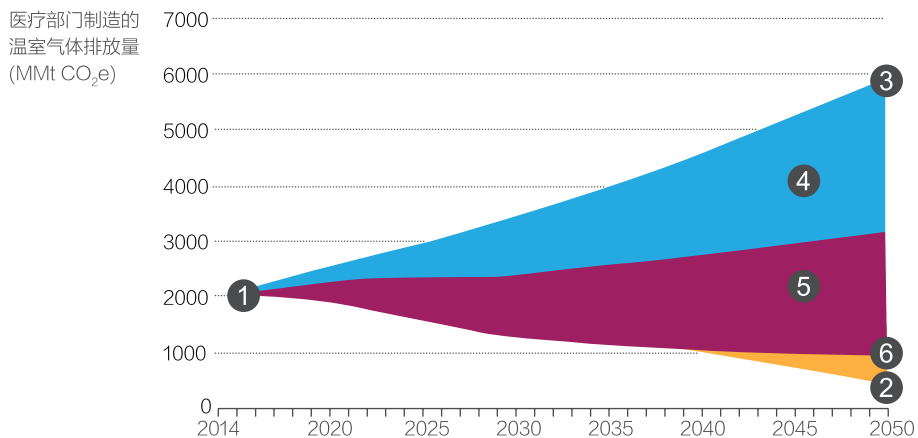
这篇报告假设全球气温增长控制在1.5摄氏度以下的情况下的各国排量预算和医疗行业的减排途径。这在图4中的虚线呈现。

## 步骤三

这篇报告使用了华盛顿大学健康指标评估研究所发表的数据去模拟68个国家及RoW健康行业需求2014年至2050年的增长。作者根据此项数据做出了在没有任何节能减排措施改变（BAU）的情况下对部门碳排放量的预测。这个预测建立在2050年前，医疗部门框架和世界经济环境都与2014年一样的假设基础上。以下和数据报告（Annex A）都会详细讲解这个假设的局限性和它对数据模型的影响。

## 步骤四和五（图中蓝色和紫色区域）

报告使用了医疗部门供应链和经济环境可使用的减排行动来做预测。减排路径和行动的干预措施都是从步骤三的模式及已发表报告中提取。同时，减排范围、规模和行动速度的设定也采纳了无害医疗和奥雅纳最新的研究。



## 步骤六

报告将七个高影响行为改变融入到各个国家减排路径的预测中，然后将全球的医疗行业减排路径聚合并呈现出一个减碳目标。

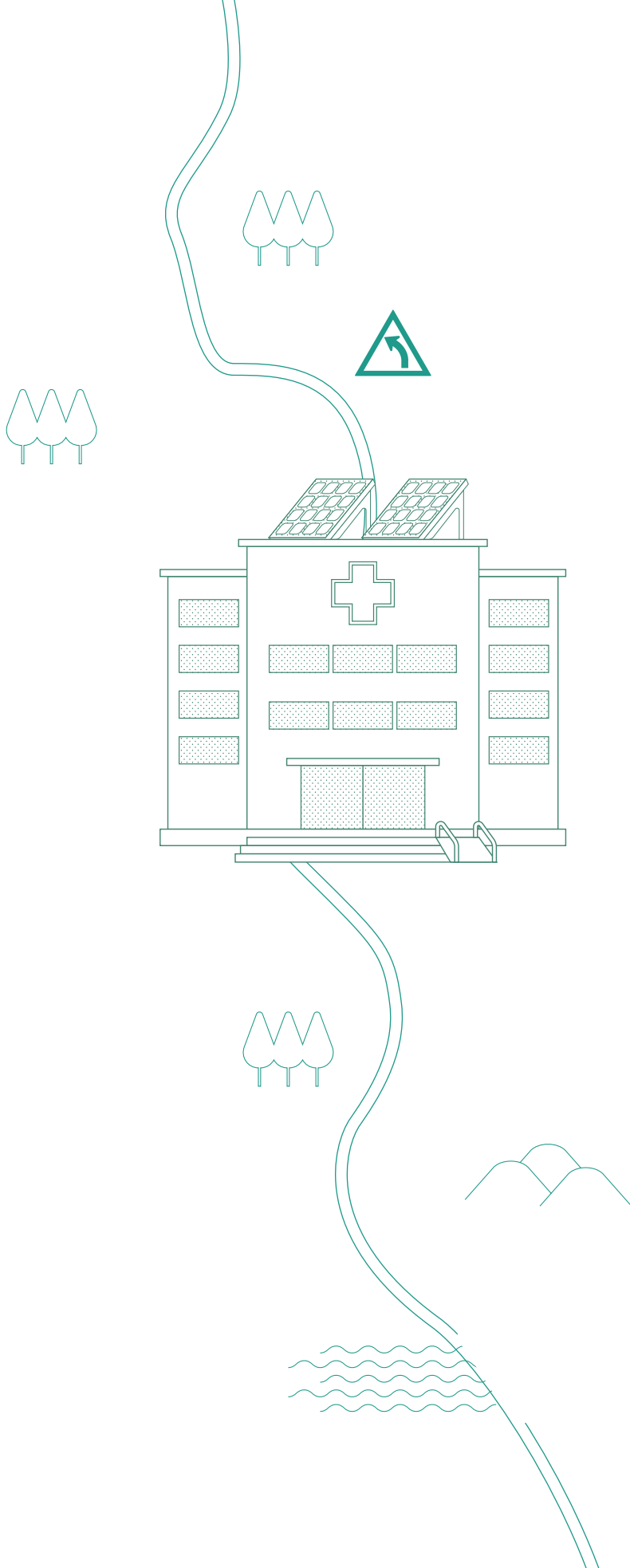




## 限制和假设

报告中对36年后的全球医疗部门排量预测方法有许多限制和假设。具体内容请看Annex A。

| 限制和假设               | 详细描述   |
|---------------------|--|
| 静态结构                | 预测使用了2014年的经济静态结构：假设未来经济结构不变。这是一个预测，而不是预言，是未来无限碳排放量可能中的一个，只适用于指导行业减排的步伐。   |
| 持续增长                | 预测假设各国的持续增长速度保持稳定。   |
| 健康行业、健康零售和健康机构的界限划分 | 该模型使用与世界卫生组织对医疗保健行业定义一致的支出数据，包括了社区性药房对个人贩卖的无处方药类。这个界限划分有别于传统意义的国家医疗行业，比如英国的NHS（国家医疗系统）。将本报告的研究结果与足迹进行比较时，这是一个重要的考虑因素，尤其是那些覆盖了温室气体议定书的范围3的排量。 |
| 持续增长                | 该模型假设整个医疗部门的碳排放强度一致。这一假设适用于考虑整个医疗部门为一个整体，但在考虑将支出从医疗系统的一个部门重新分配到另一个部门时，将必须考虑对排放审计的影响。   |
| 排放轨迹                | 报告所呈现的排放轨迹代表了合理的排放途径。它们说明了各国为减少排放量和实现分配给全球医疗部门的预算所需的努力，这并不是一个预测。   |
| 脱碳趋势                | 用于预测脱碳的数据在文献中被广泛引用和重视。这些预测是具有一定程度的不确定性。但是，它们已经代表了最好的、最全面的研究。   |
| 脱碳行动                | 本研究中模拟的缓解行动并非详尽无遗。比如，报告中没有模拟减少废弃物、水和卫生设施的直接排放。因此，预测的减少的排量有可能被低估。   |
| 反弹效益                | 报告在对行为改变和支出减少进行模拟的情况下，不考虑由此产生避免的支出可能重新支配到其它活动的排放影响中。政策行动可以有效控制反弹效益的发生。   |
| 排放轨迹                | 本研究中的模型没有考虑到不断变化的健康需求（比如传染病）与变化多端的健康成本基数（频繁的极端天气导致高保险金额）。  |





相关音频：

Vol.01: Global roadmap for healthcare decarbonization

Vol.02: The roadmap to a "healthier"

Vol.03: Leading by example: NHS's success and challenges in decarbonization



Vol.01



Vol.02



Vol.03