

宁夏防风固沙服务流动路径

防风固沙服务的流动可以通过沙尘的移动进行追踪，即沙尘在大于等于起沙风速的条件下由源区向下风向的移动和沉降过程，其位置和范围大小由起沙条件和影响沙尘传输的气象条件共同决定。本研究利用 HYSPLIT (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory, 混合单颗粒拉格朗日整合轨迹) 模型的前向轨迹模拟防风固沙服务的流动路径。首先对宁夏各个代表气象站点(陶乐、中卫、盐池、固原)的风速数据进行筛选,模拟各个站点的防风固沙服务空间流动路径。综合四个站点的风速数据,2010年和2015年分别有307、198条风速记录超过各站点沙地起沙风速,对应307、198条沙尘传输路径,各站点的起沙发生时间均主要集中在春季(3~5月),分别为138、76条,占当年总路径数的比例分别为44.95%、38.38%,且均在4月份分布最多,源地主要集中在中卫和盐池地区(图21)。

从防风固沙服务流动路径的流经范围来看,2010、2015年模拟的沙尘传输路径(防风固沙服务流动路径)主要通过中国的东部和中部地区、朝鲜、韩国、日本、蒙古、俄罗斯东部、老挝、越南,2010年传输路径在距离和密度分布上均显著高于2015年,2015年只有少部分路径才会越过国界,对境外的影响明显缩减。在中国境内,2010、2015年沙尘传输路径均主要流经陕西、山西、河北、河南、山东、甘肃东部、内蒙古西南部、重庆、湖北北部、四川北部、江苏北部、安徽北部地区,2010年在以上省份分布密度均有所升高,还会涉及湖南、贵州、广西、黑龙江和吉林等地。整体上看,宁夏防风固沙服务流动的扩散远远超出中国,随着传输距离的增加沙尘传输路径的密集度在不断降低,防风固沙服务流动具有空间临近性的特征。

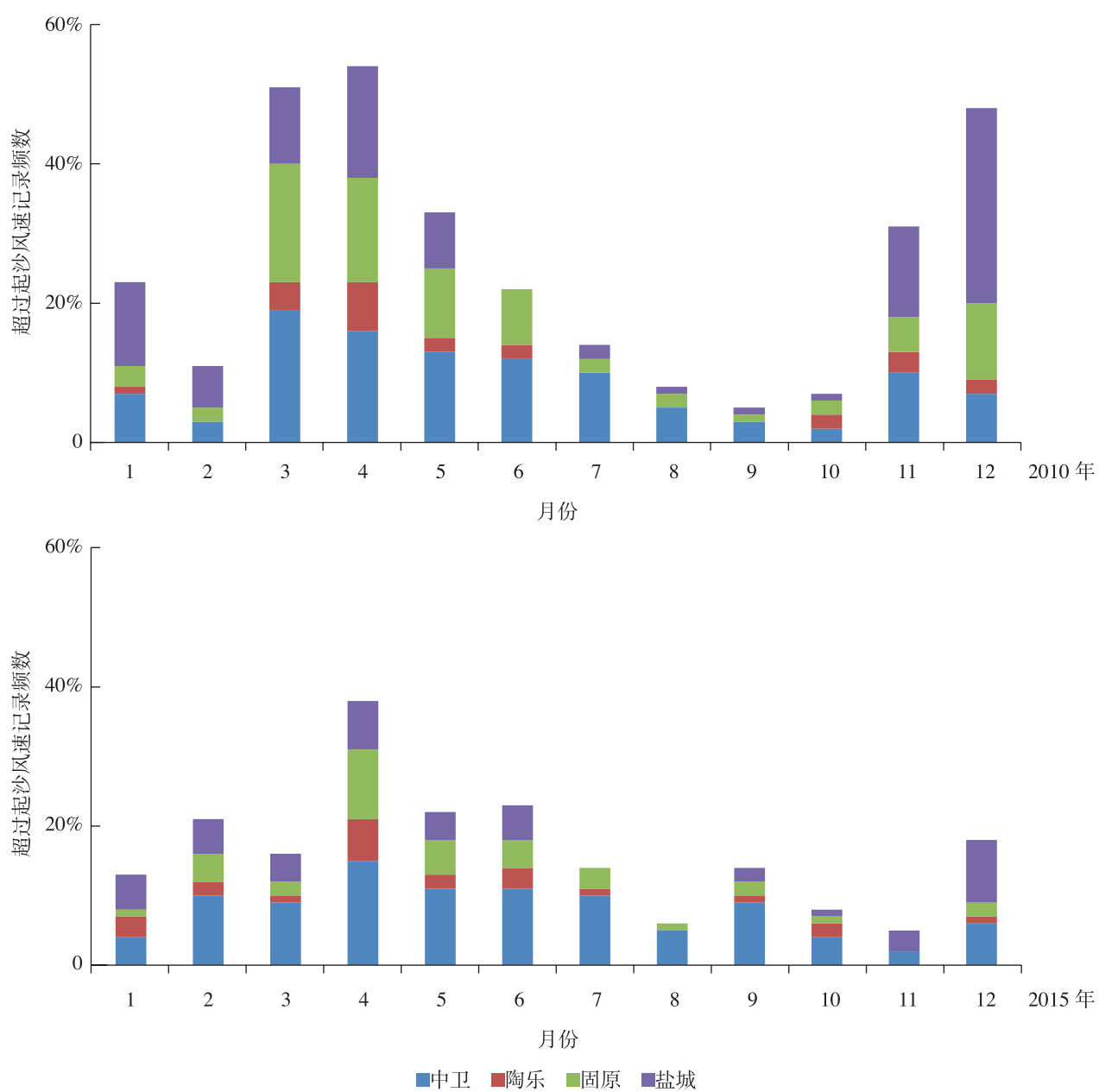
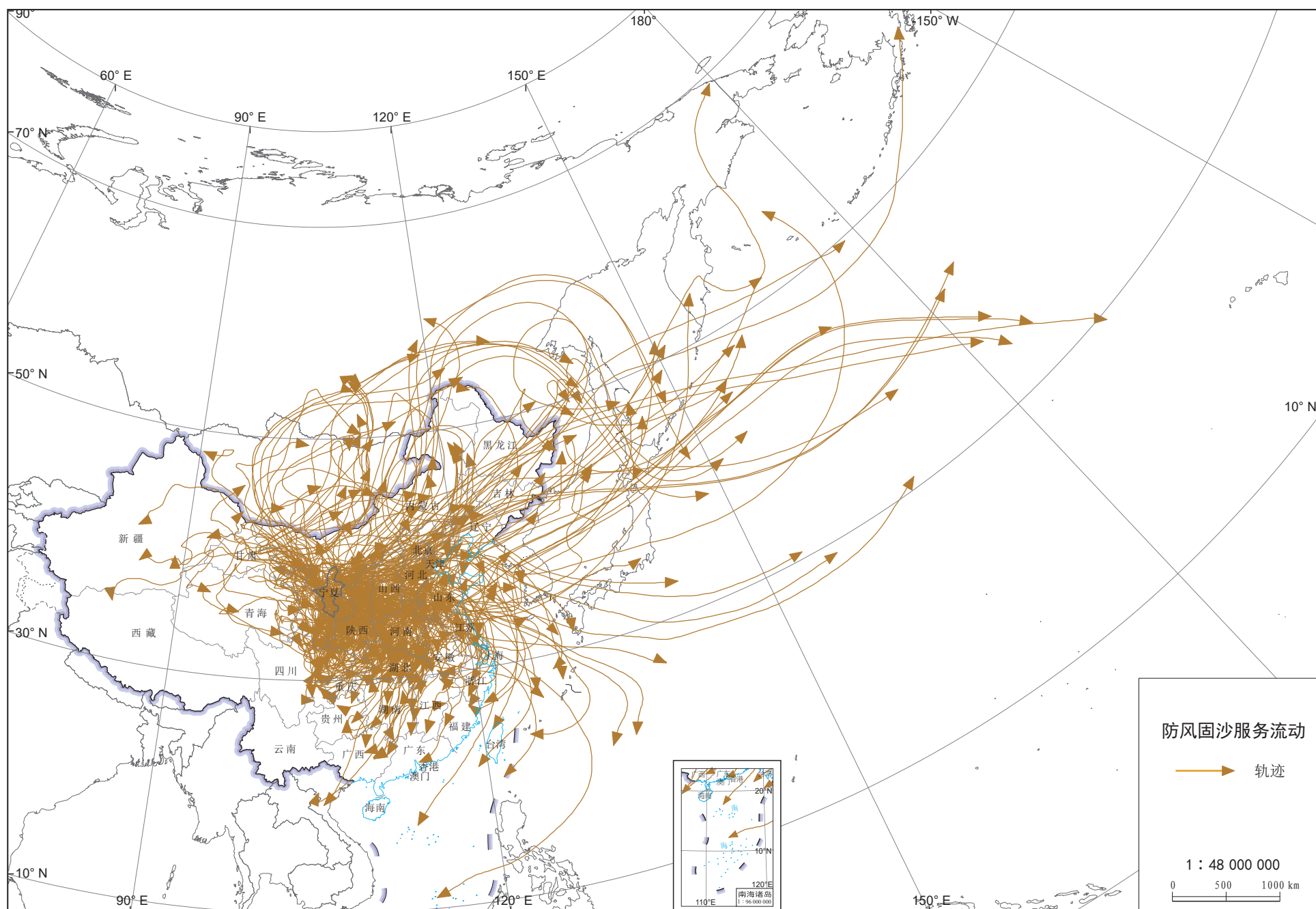
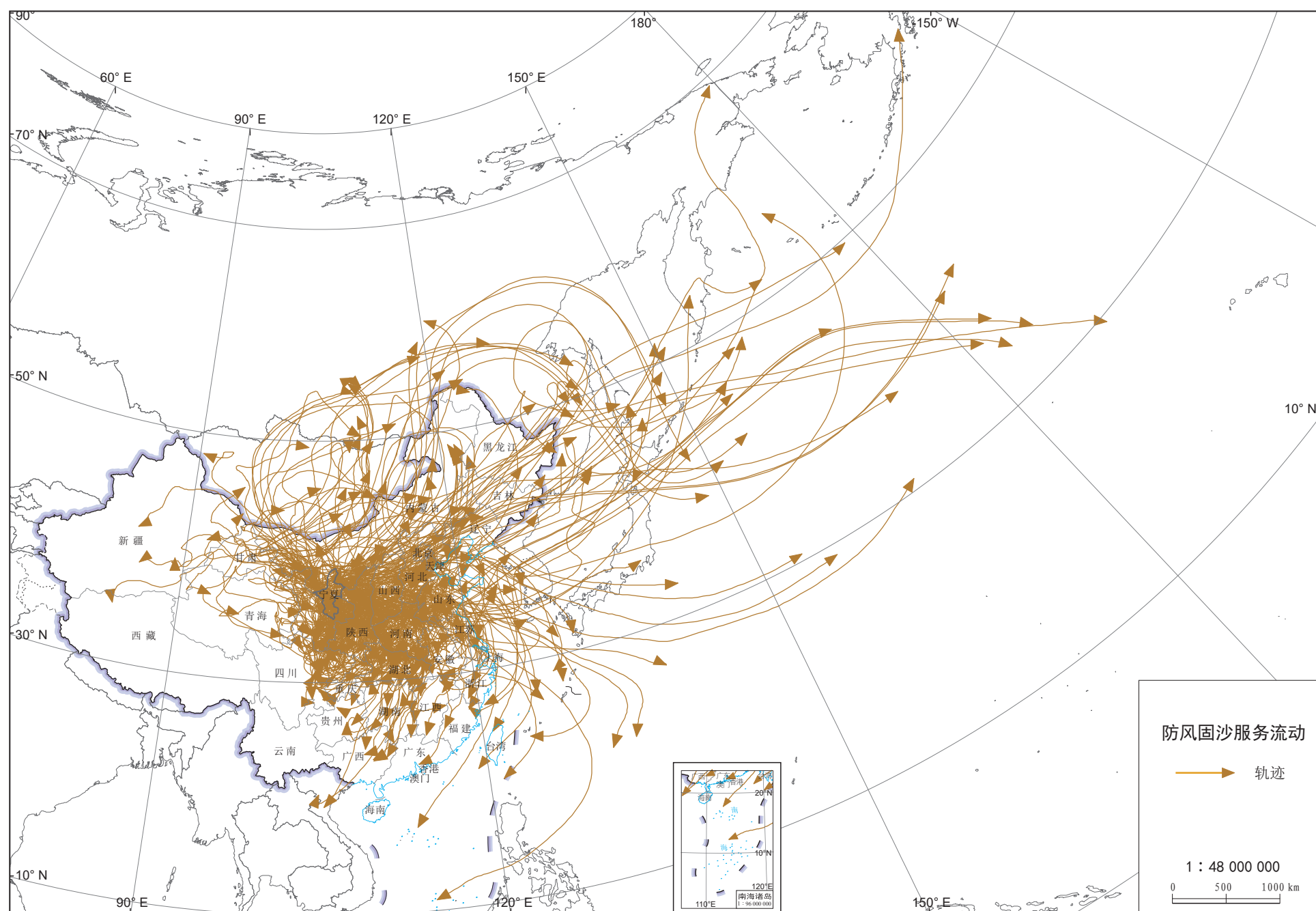


图21 2010、2015年宁夏超过起沙风速记录频数



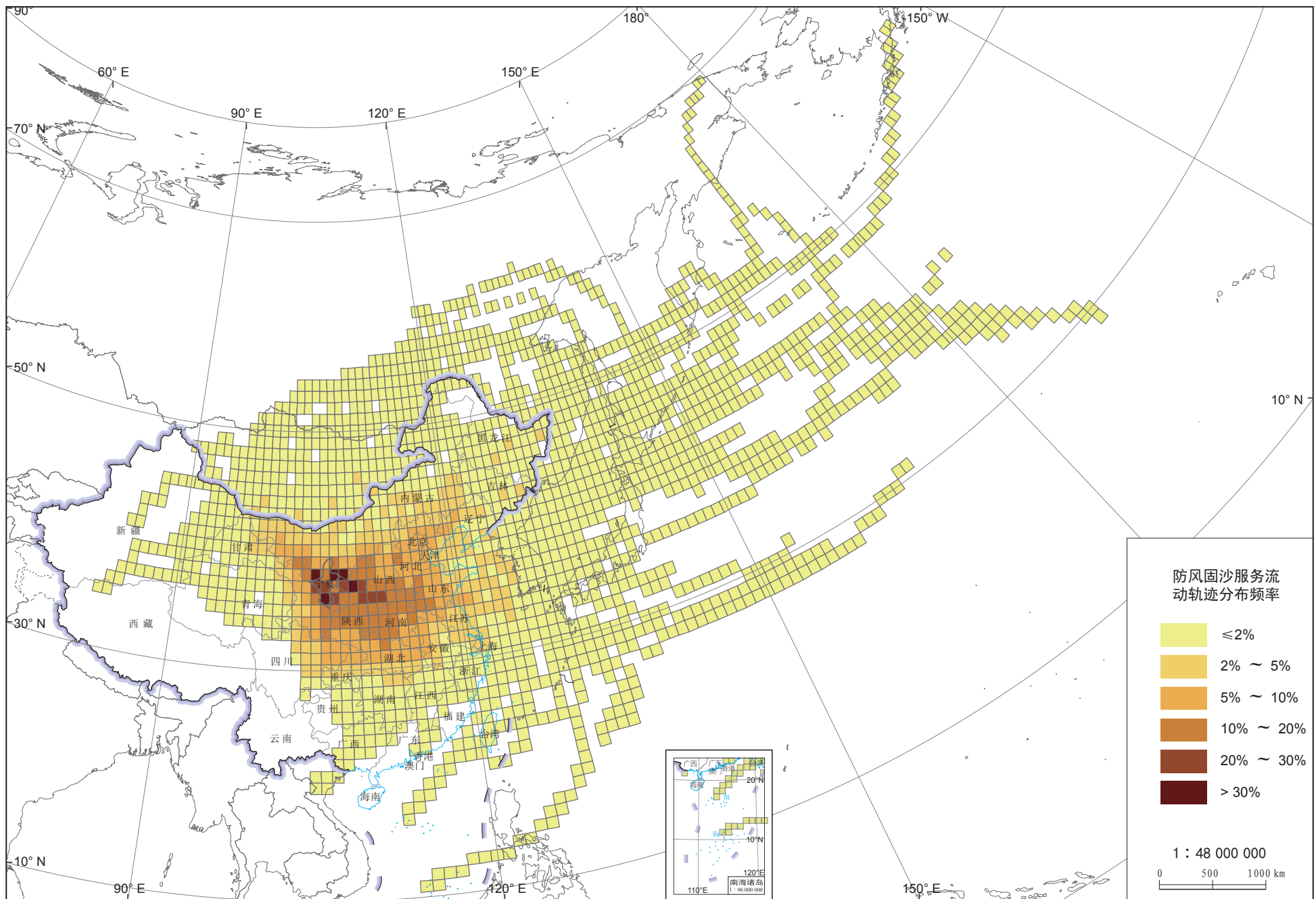
2010年宁夏防风固沙服务流动路径



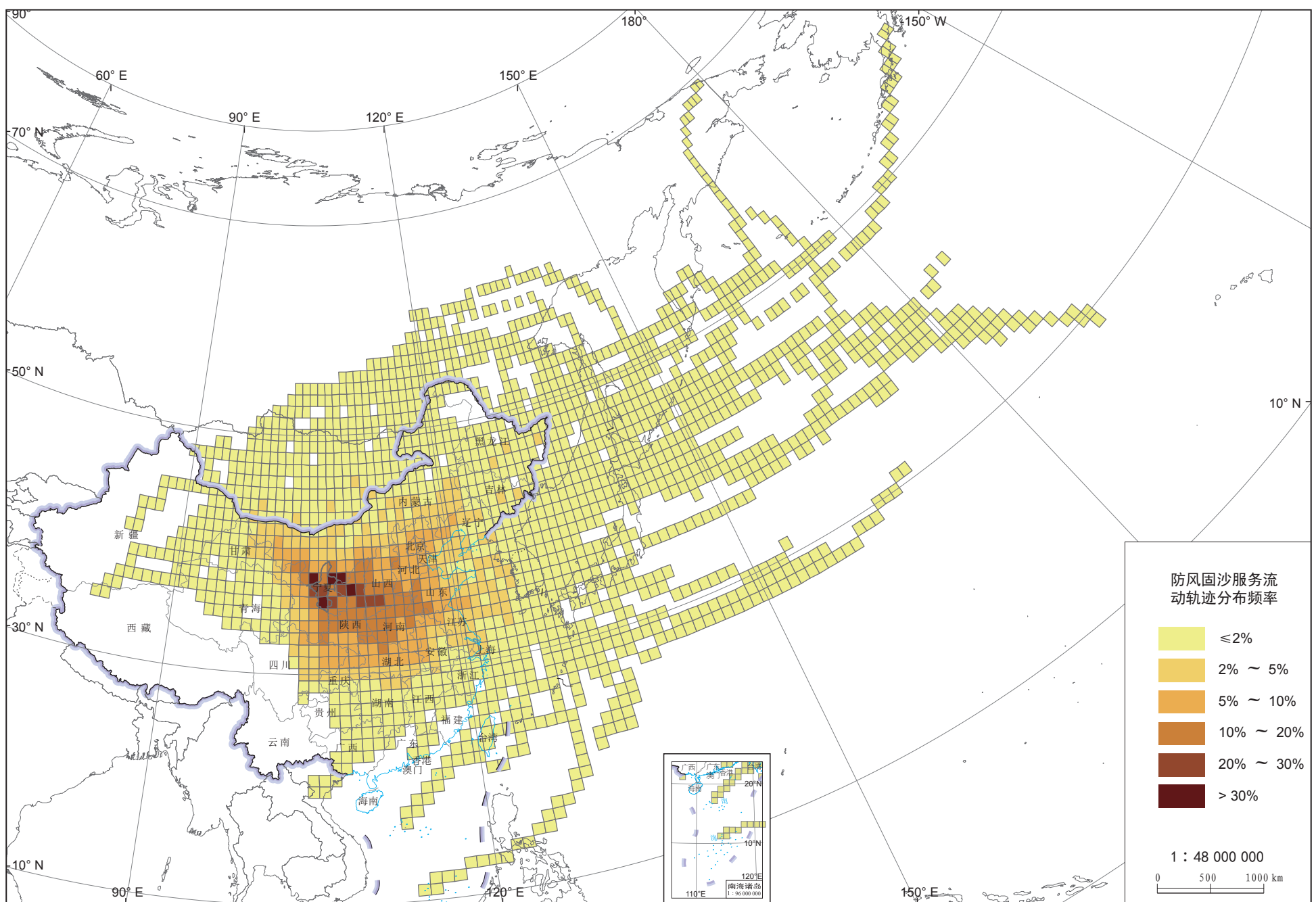
2015年宁夏防风固沙服务流动路径

宁夏防风固沙服务受益区

2010、2015年宁夏防风固沙服务的受益区面积分别为 $1788.3 \times 10^4 \text{km}^2$ 、 $861.6 \times 10^4 \text{km}^2$ ，其中中国境内的受益区面积分别为 $576.0 \times 10^4 \text{km}^2$ 、 $437.8 \times 10^4 \text{km}^2$ ，分别占当年受益区总面积的 32.21%、50.8%，中国总面积的 60.0%、45.6%。说明 2015 年宁夏防风固沙服务的受益区面积明显降低，其中境外地区的影响面积降低更为显著。宁夏防风固沙服务受益区主要分布在中国的东部和中部地区、朝鲜、韩国、日本、蒙古、俄罗斯东部、老挝、越南。2015 年相对于 2010 年防风固沙服务流动的广度有所降低，但是在中国境内的分布频率更为集中，高频区域有所增加。



2010年宁夏防风固沙服务受益区

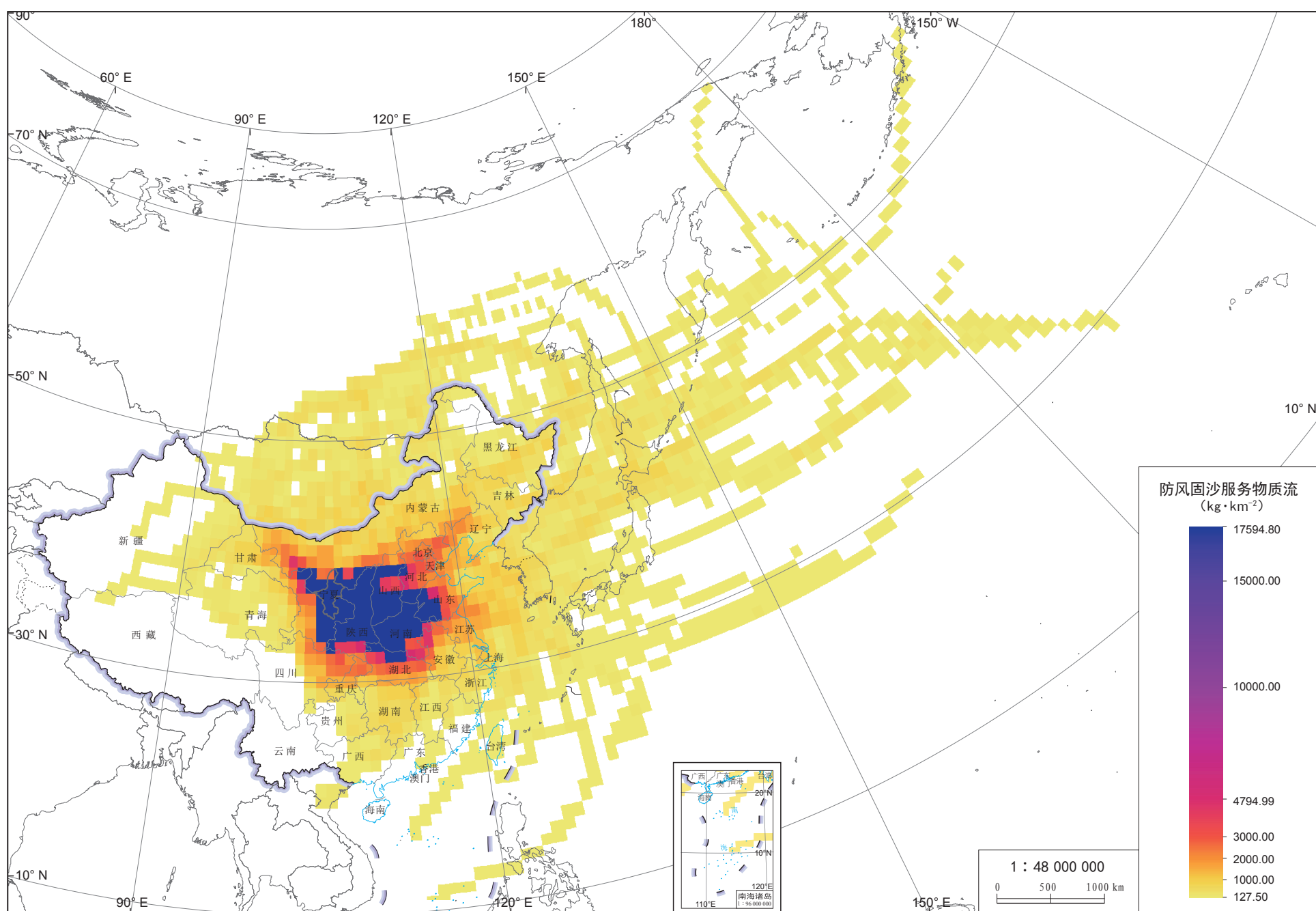


2015年宁夏防风固沙服务受益区

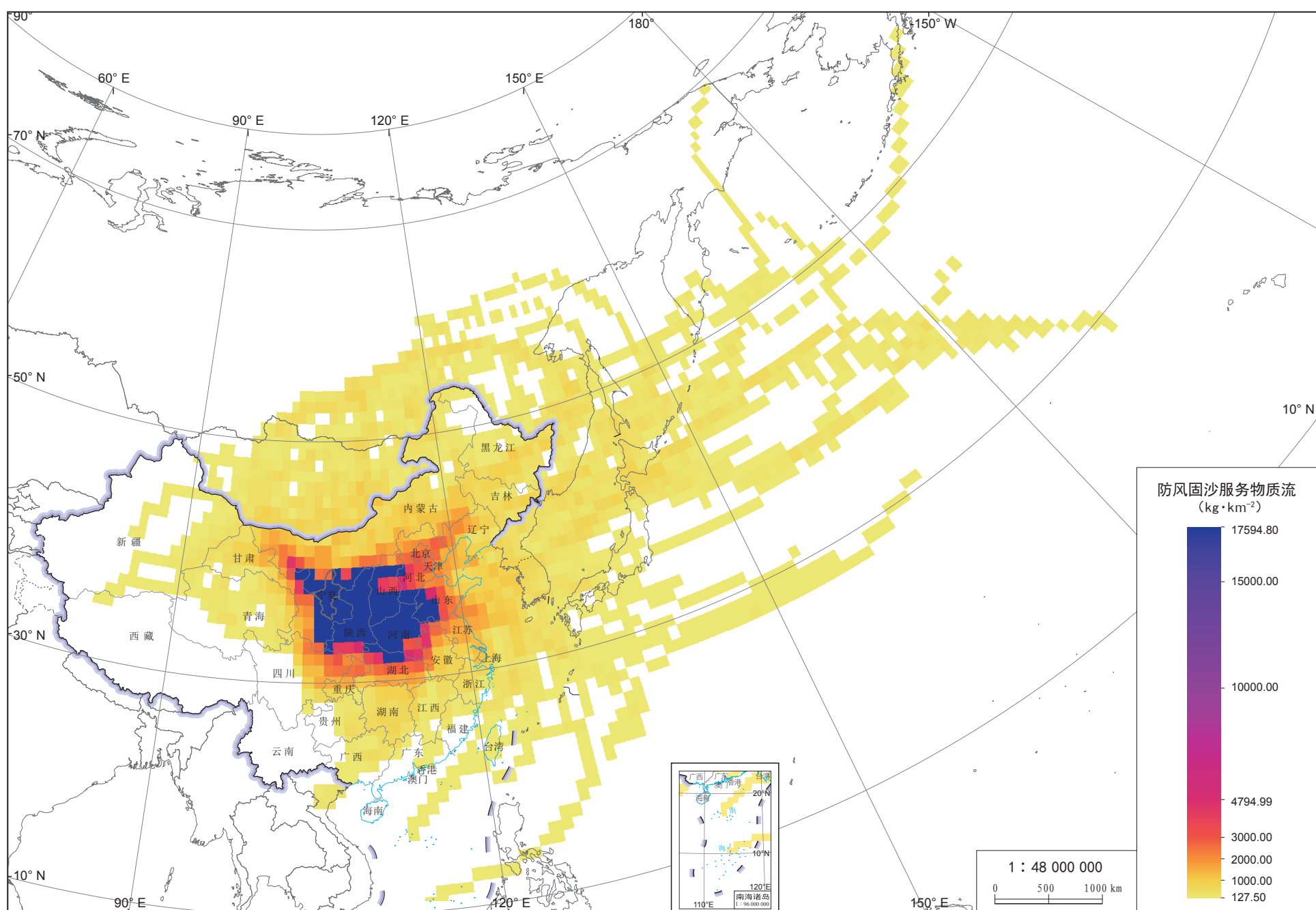
宁夏防风固沙服务物质流



沙尘流动路径在防风固沙服务供给区（宁夏生态系统）与受益区之间建立了时空联系，沙尘传输过程中的沉降量与路径分布频率密切相关，路径分布频率较高的地区沙尘通过量和沉降量较多，得到的防风固沙服务效益相应提升。2010、2015年受益区内防风固沙服务物质流流量即为各年防风固沙量，分别为 $12.55 \times 10^9 \text{kg}$ 、 $2.28 \times 10^9 \text{kg}$ ，平均物质流密度分别为 $681.39 \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 、 $256.27 \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。其中，中国境内受益区获得的防风固沙服务物质流流量分别为 $9.19 \times 10^9 \text{kg}$ 、 $2.00 \times 10^9 \text{kg}$ ，各占受益区年物质流动总量的 73.23%、87.73%。基于宁夏沙尘流动路径分布频率和防风固沙量，可以得到受益区内防风固沙服务物质流的空间分布，与沙尘路径分布频率、下游传输路径经过地区一致，物质流流量以宁夏东南部的陕西北部、山西南部、河南南部地区为中心呈圈层状递减。



2010年宁夏防风固沙服务物质流



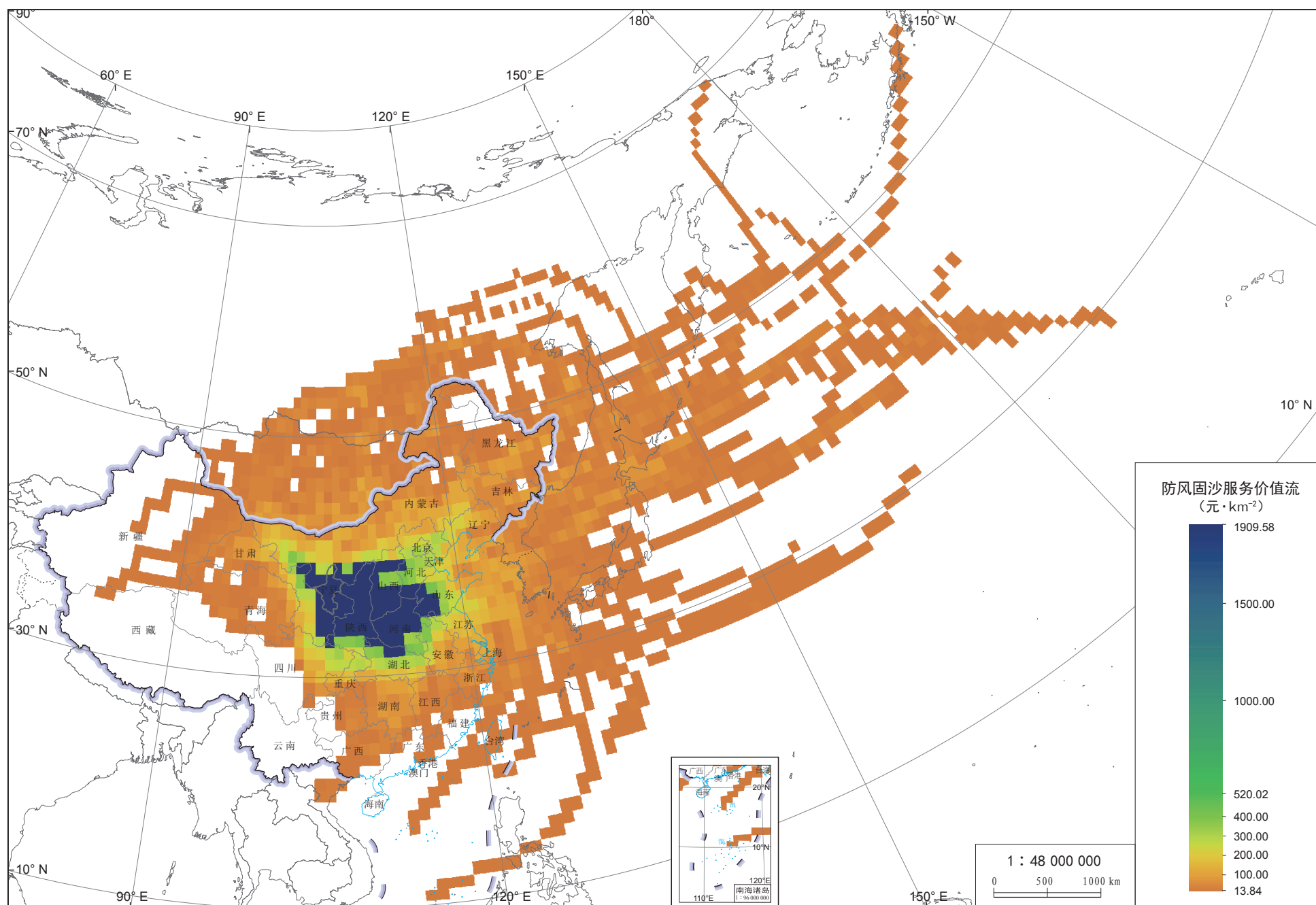
2015年宁夏防风固沙服务物质流

宁夏防风固沙服务价值流

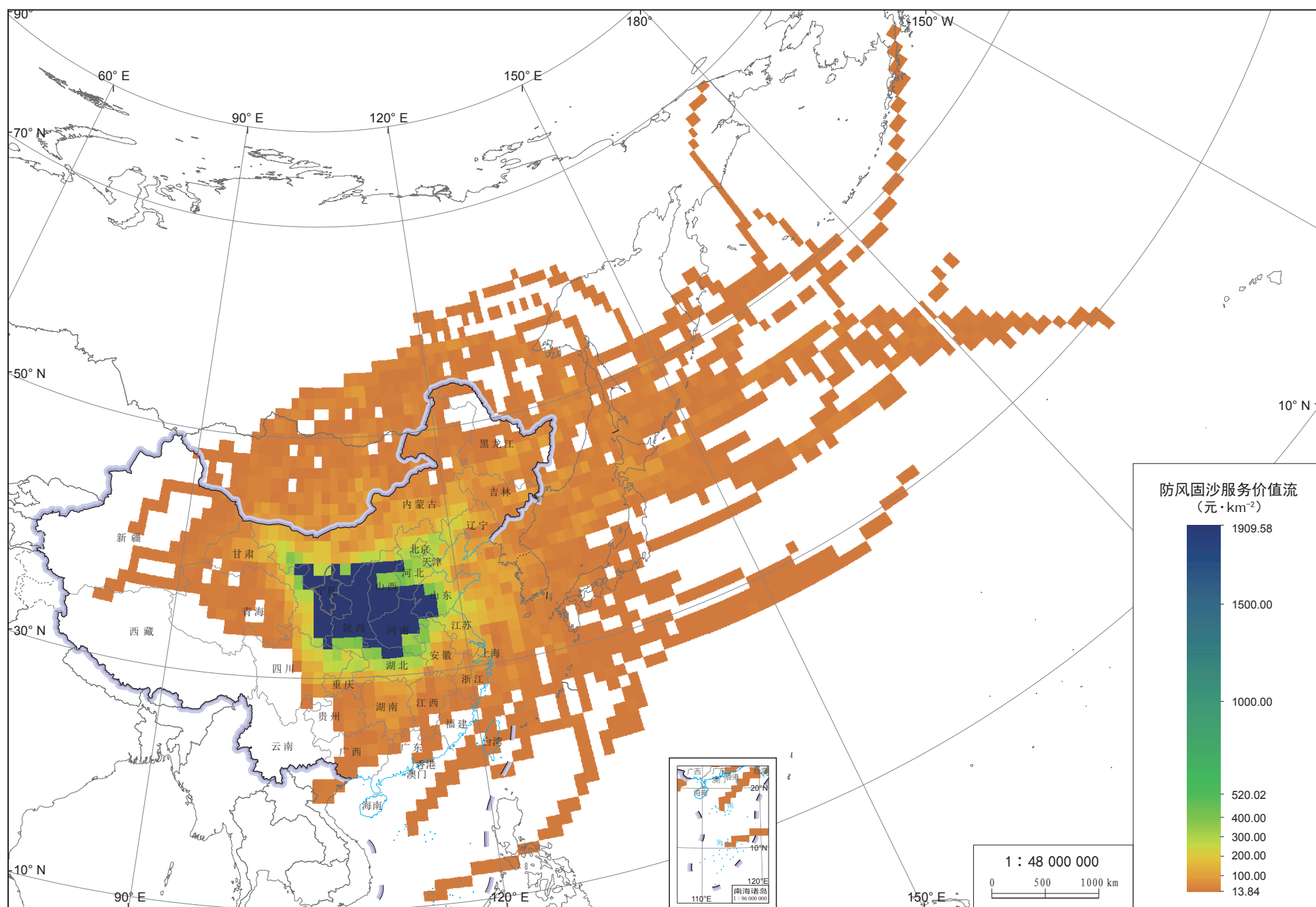


防风固沙服务价值流是指防风固沙服务价值向受益区的传输流动过程，能够用于度量所减少风蚀的经济效益与发展机会成本的转移。防风固沙服务物质量的空间流动过程同时也是防风固沙服务价值量的空间转移过程，物质量是价值量的载体，其数量和位置决定了价值量的大小与流转。因此，基于宁夏防风固沙服务的物质流，结合生态系统服务价值核算，可以得到宁夏生态系统防风固沙服务的价值流，为受益区对供给区的生态补偿政策制定提供直接的科学依据。

生态系统防风固沙服务主要通过减少表土损失量，保护土壤肥力，减轻泥沙淤积灾害等生态过程来实现其经济价值，通过替代成本法计算得到2010、2015年宁夏生态系统防风固沙服务的价值流分别为 13.62×10^8 元、 2.47×10^8 元，其中，中国境内受益区获得的防风固沙服务流动的价值量分别为 9.98×10^8 元、 2.16×10^8 元，分别占各年受益区价值流动总量的73.23%、87.43%，平均价值流密度分别为 $174.93 \text{元} \cdot \text{km}^{-2}$ 、 $49.66 \text{元} \cdot \text{km}^{-2}$ ，其空间分布格局与物质流相同，以宁夏东南部的陕西北部、山西南部、河南南部地区为中心呈圈层状递减。



2010年宁夏防风固沙服务价值流

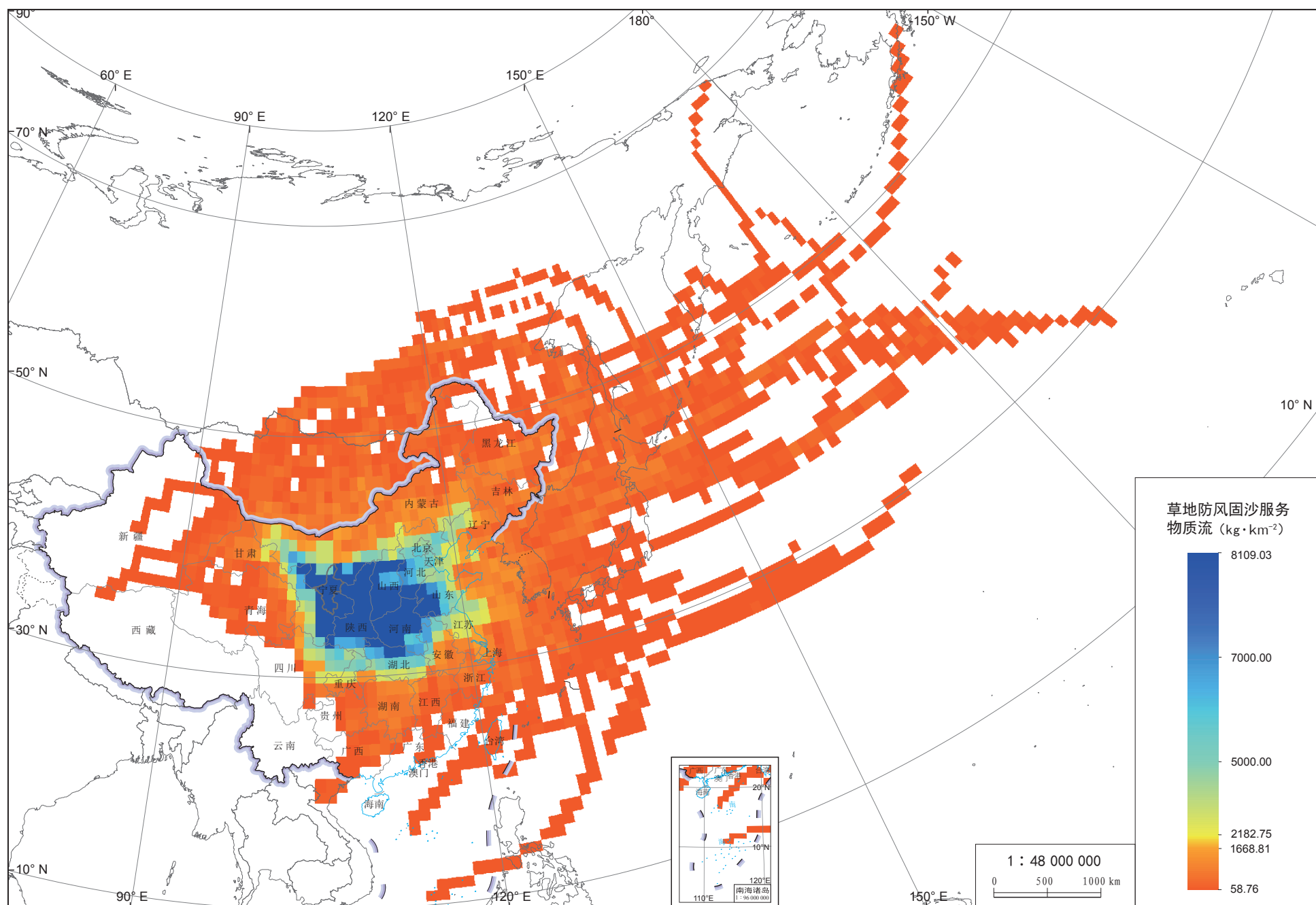


2015年宁夏防风固沙服务价值流

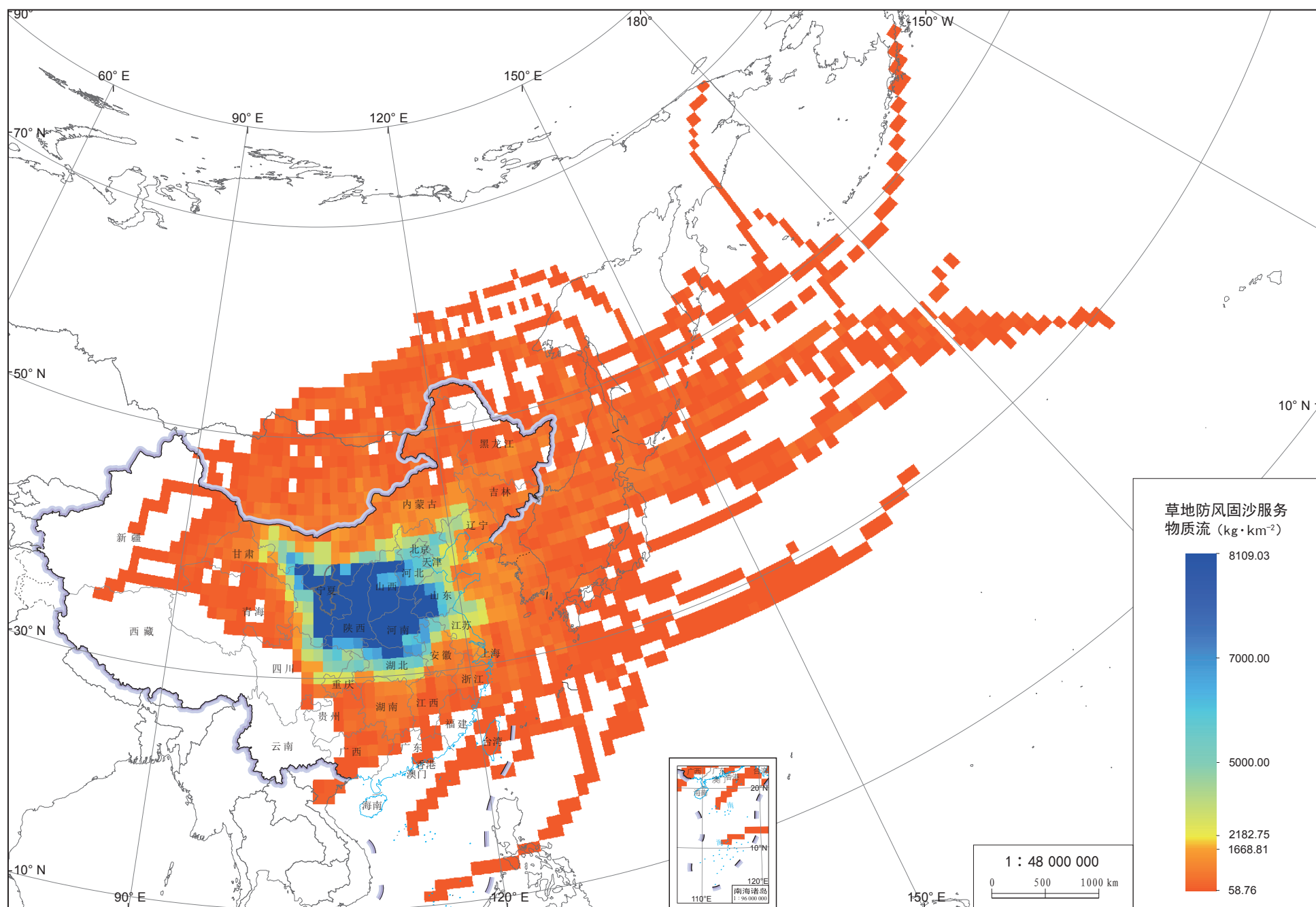
宁夏草地防风固沙物质流



2010、2015年草地防风固沙服务受益区内的防风固沙服务物质流流量即为各年份草地防风固沙量，分别为 $5.79 \times 10^9 \text{kg}$ 、 $1.04 \times 10^9 \text{kg}$ ，平均物质流密度分别为 $314.04 \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 、 $116.66 \text{kg} \cdot \text{km}^{-2}$ 。其中，中国境内受益区获得的防风固沙服务物质流流量分别为 $4.24 \times 10^9 \text{kg}$ 、 $0.91 \times 10^9 \text{kg}$ ，各占受益区年物质流动总量的73.23%、87.73%。基于宁夏沙尘流动路径分布频率和草地防风固沙量，可以得到受益区内草地防风固沙服务物质流的空间分布，与宁夏沙尘路径分布频率、下游传输路径经过地区一致，草地防风固沙服务物质流流量以宁夏东南部的陕西北部、山西南部、河南南部地区为中心呈圈层状递减。



2010年宁夏草地防风固沙服务物质流

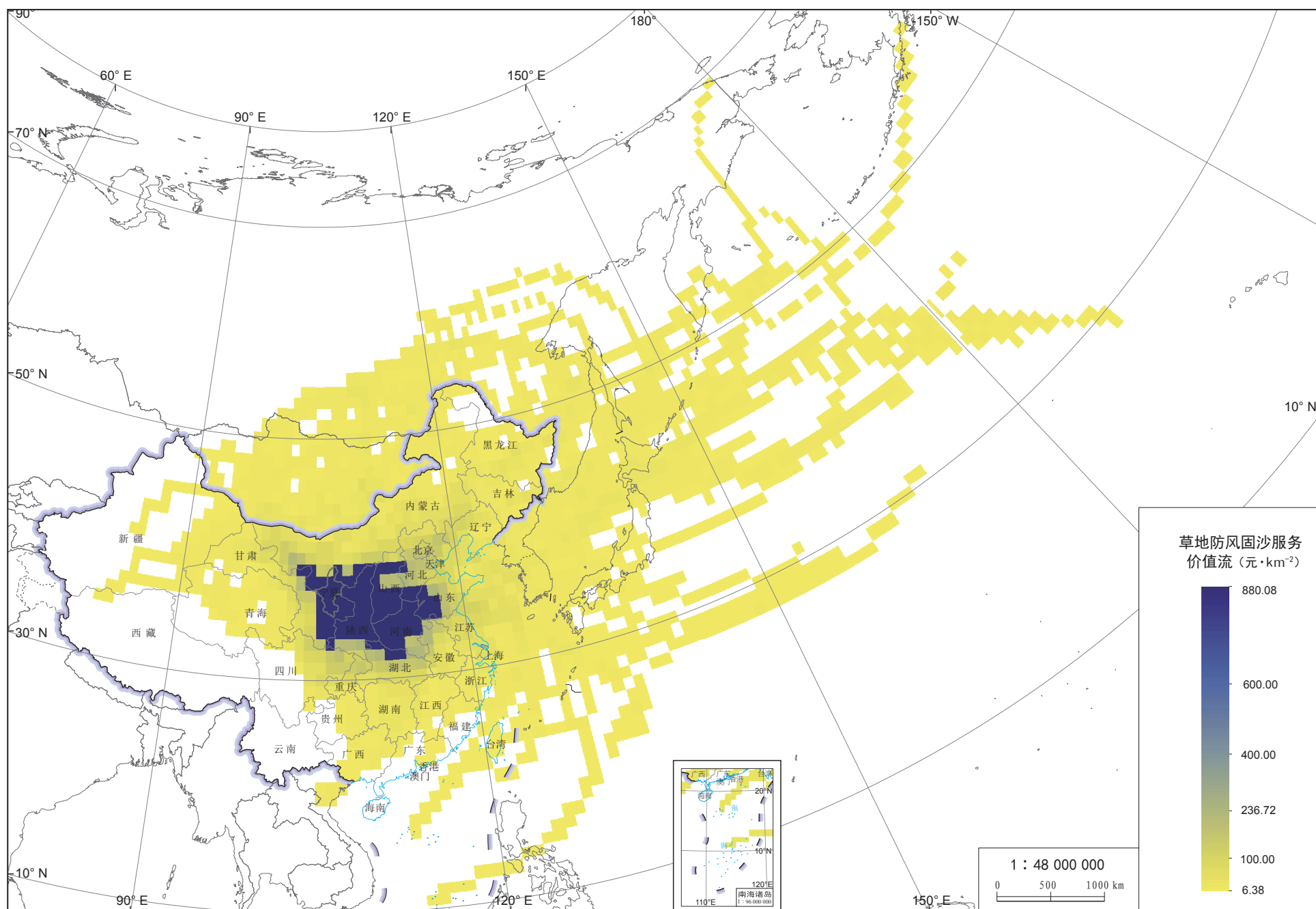


2015年宁夏草地防风固沙服务物质流

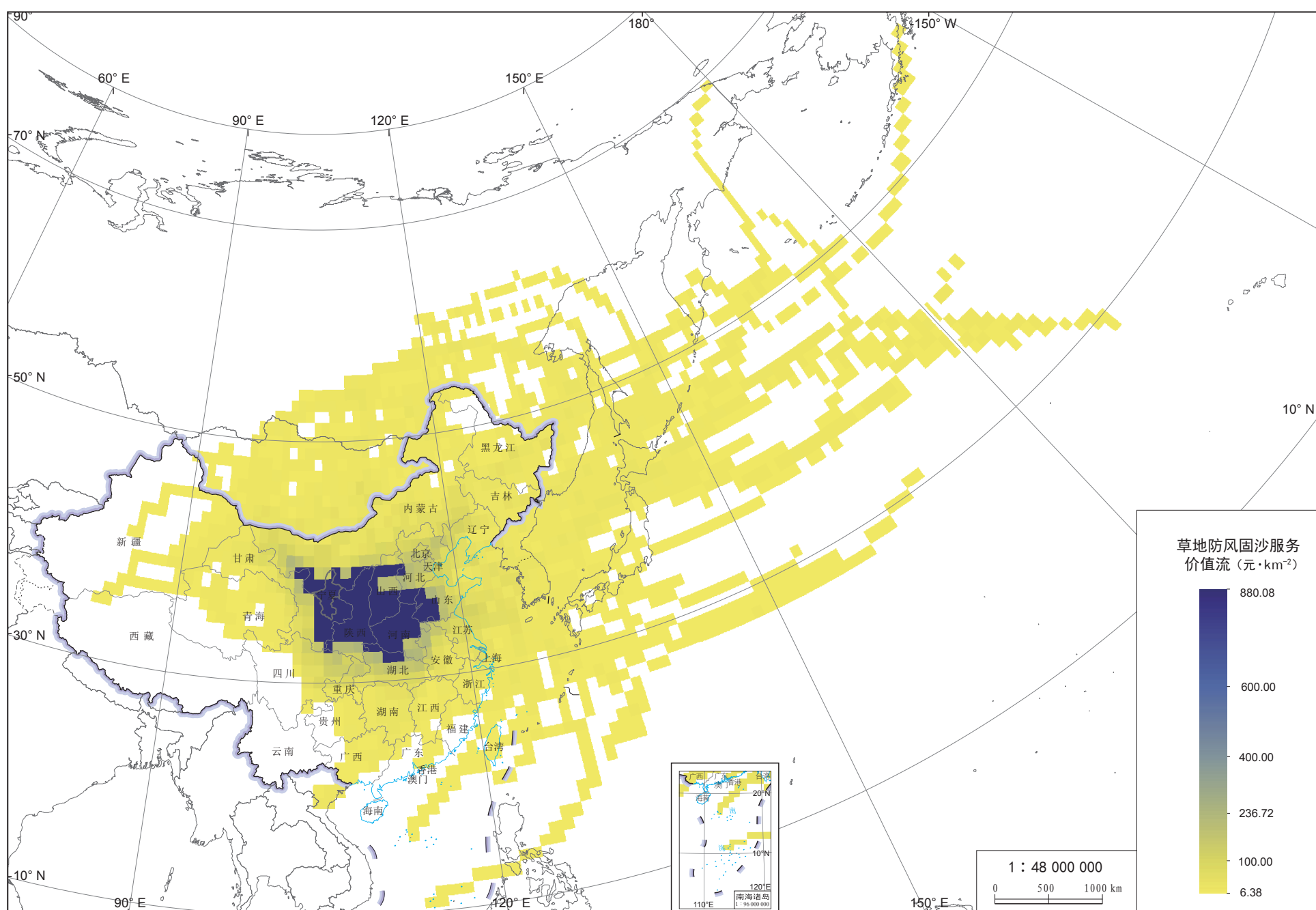
宁夏草地防风固沙价值流



2010、2015年宁夏草地防风固沙服务价值量分别为 6.28×10^8 元、 1.12×10^8 元，其中，中国境内受益区获得的草地防风固沙服务价值流量分别为 4.60×10^8 元、 0.99×10^8 元，分别占受益区草地价值流动总量的73.23%、87.43%，平均草地防风固沙服务价值流密度分别为 $80.62 \text{元} \cdot \text{km}^{-2}$ 、 $22.61 \text{元} \cdot \text{km}^{-2}$ ，其空间分布格局与草地防风固沙服务物质流相同，以宁夏东南部的陕西北部、山西南部、河南南部地区为中心呈圈层状递减。



2010年宁夏草地防风固沙服务价值流



2015年宁夏草地防风固沙服务价值流