DOI：10.12287/j.issn.2096-8965.20250210

石棉暴露所致癌症的流行病学及人群防控研究进展

黄秋临[1,2]，连福治[1]，陈天辉[2]*

（1.杭州师范大学公共卫生学院，浙江 杭州 311121；
2.浙江省肿瘤医院肿瘤防治科，浙江 杭州 310022）

【摘要】石棉是6种被广泛商业化使用的天然矿物纤维的总称，分为两类：角闪石石棉（青石棉、阳起石、透闪石、直闪石和铁闪石）和蛇纹石纤维（温石棉），其中温石棉占石棉总产量的90%以上。国际癌症研究署“人类致癌危害鉴定专著”认定：所有类型的石棉对人体是有充分证据的1类致癌物；石棉是恶性间皮瘤、肺癌、喉癌和卵巢癌的1类致癌物。随着中国人口老龄化趋势加剧以及既往石棉暴露水平的累积效应，预计石棉暴露所致癌症的负担将持续加重。本文系统梳理全球范围内石棉暴露相关癌症的流行病学数据及人群防控政策，以期为石棉暴露所致癌症的人群防控提供科学依据。

【关键词】石棉；间皮瘤；肺癌；石棉禁令

中图分类号：R730.1，R73-31　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**2096−8965（2025）02−0073−07

Advances in epidemiology and population-based prevention and control of cancers caused by asbestos exposure

Huang Qiulin[1,2], Lian Fuzhi[1], Chen Tianhui[2]*

(1. School of Public Health, Hangzhou Normal University, Hangzhou 311121, Zhejiang, China;
2. Department of Cancer Prevention, Zhejiang Cancer Hospital, Hangzhou 310022, Zhejiang, China)

【Abstract】 Asbestos is a collective term for six natural mineral fibers that have been widely used commercially. These fibers are classified into two main groups: amphibole asbestos (including crocidolite, tremolite, actinolite, anthophyllite, and amosite) and serpentine fibers (primarily chrysotile), with chrysotile accounting for more than 90% of total asbestos production. According to the International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, all types of asbestos are classified as Group I carcinogens, with sufficient evidence of carcinogenicity in humans. Asbestos is a Group I carcinogen for malignant mesothelioma, lung cancer, laryngeal cancer, and ovarian cancer. With the accelerating aging of the Chinese population and the cumulative effects of past asbestos exposure, the cancer burden attributable to asbestos exposure in China is expected to continue rising. This article systematically reviews the epidemiological data on asbestos-related cancers and population-based prevention and control strategies worldwide, aiming to provide scientific evidence for the prevention and control of asbestos-related cancers in China.

收稿日期：2025-02-23；**修回日期：**2025-05-04

基金项目：国家重点研发计划项目（2021YFC2500401）；浙江省万人计划“科技创新领军人才”项目（2021R52020）

通信作者：陈天辉（1975-），男，浙江杭州人，教授，博士研究生导师，主要从事癌症的人群预防、癌症早筛综合效果评估和分子遗传流行病学研究，E-mail：chenth@zjcc.org.cn

【Keywords】Asbestos; Mesothelioma; Lung cancer; Asbestos ban

0 前言

石棉是6种被广泛商业化使用的天然矿物纤维的总称，分为两类：角闪石石棉（青石棉、阳起石、透闪石、直闪石和铁闪石）和蛇纹石纤维（温石棉），其中温石棉占石棉总产量的90%以上。因其卓越的耐热性、耐酸碱性、绝缘性和隔音性能，石棉相关产品曾被广泛应用于建筑、造船、汽车制造等工业领域及日常生活，涉及约3 000余种用品[1]。但是，世界卫生组织（World Health Organization，WHO）直属国际癌症研究署（International Agency for Research on Cancer，IARC）人类致癌危害鉴定专著认定："所有类型的石棉对人体是有充分证据的1类（Group I）致癌物；石棉是恶性间皮瘤、肺癌、喉癌和卵巢癌的1类致癌物"[2]。石棉暴露所致癌症通常具有20～40年的潜伏期，并且石棉纤维一旦进入人体后是无法排泄出体外的。石棉暴露相关癌症已成为全球范围内亟待关注的公共卫生问题，尤其是新发病例和死亡病例均排名首位的肺癌[3]。

在大多数发达国家，石棉使用量在40～50年前达到顶峰，并在1990年后减少了75%以上[4]。然而，绝大多数发展中国家仍未实施全面石棉禁令，还在生产和使用石棉。统计数据显示，2023年全球石棉产量约130万吨，消费量约132万吨[5]。随着中国人口老龄化趋势加剧以及既往石棉暴露水平的累积效应，预计石棉暴露所致癌症的负担将持续加重[6]。因此，本文旨在系统梳理全球石棉暴露相关癌症的流行病学数据及人群防控政策，以期为石棉暴露所致癌症的人群防控提供科学依据。

1 石棉暴露所致癌症的流行病学

1.1 间皮瘤

间皮瘤是一种罕见但高度致命的肿瘤，主要发生于胸膜、腹膜和心包膜等部位[7]。根据2022年数据，全球共报告约30 870例恶性间皮瘤病例，占所有恶性肿瘤新发病例的0.2%；死亡人数为26 278人，占全球恶性肿瘤死亡人数的0.3%[8]。大量流行病学研究已证实，石棉暴露是间皮瘤最主要的危险因素，约80%的病例可归因于石棉暴露[9-10]。研究表明，石棉暴露与间皮瘤发病风险之间存在显著的剂量–反应关系，且目前尚未观察到明确的安全暴露阈值[11,1]。值得注意的是，间皮瘤的风险不仅限于职业暴露人群，石棉源附近居民以及石棉工人的家庭成员也面临较高风险[12]。

由于缺乏特异性临床表现，间皮瘤通常在晚期才被确诊，中位生存期仅为9～12个月[13]。美国国家癌症数据库数据显示，2004—2020年被诊断为恶性胸膜间皮瘤的患者中位生存期约为10.3个月[14]。一项澳大利亚研究发现，全国各地区的恶性间皮瘤5年相对生存率普遍较差，仅为6.2%[15]。而南美洲一项回顾性研究报告，胸膜间皮瘤患者中位生存期为16.8个月，显著高于欧美国家，这一差异可能与遗传易感性或医疗可及性有关[16]。然而，发展中国家的诊断方法和准确性往往较为有限。研究表明，间皮瘤的误诊率居高不下，发达国家约为14%，而在部分发展中国家可高达50%[4]。一项回顾性研究显示，中国东部沿海地区恶性胸膜间皮瘤的误诊率高达2/3，这一现象可能严重影响生存率等流行病学统计数据的可靠性[17]。

全球范围内，间皮瘤的发病率和死亡率呈现显著的地域差异，发达地区的疾病负担尤为突出，北欧国家的发病率居全球之首[18]。职业石棉暴露导致的间皮瘤年龄标准化伤残调整寿命年（Disability Adjusted Life Years，DALYs）率与社会人口指数（Socio-Demographic Index，SDI）呈正相关关系，大多数高收入地区的比例高达90%以上[19]。尽管高SDI地区的间皮瘤发病率较高，但随着石棉禁用和监管法规的实施，其新发病例数已呈现下降趋势[20]。然而，俄罗斯、哈萨克斯坦等国是当前全球主要的石棉生产国和消费国，这些国家的间皮瘤疾病负担预计未来仍将持续上升[21-22]。有研究预测，到2030年，中国间皮瘤发病率将缓慢但持续地增长[23]。

流行病学数据显示，中国间皮瘤患者的发病年龄更低，女性比例更高[24]。相较之下，全球范围内间皮瘤的流行模式以高龄男性为主。例如，1990—2017年，西欧所有间皮瘤新发病例均出现在70岁以上人群中[20]。这一年龄差异可由石棉致病所需的长潜伏期解释，但中国部分年轻患者的出现，也提示遗传易感性可能在其中发挥了重要作用。研究表明，*BAP1*等肿瘤抑制基因的胚系突变在间皮瘤的易感性中具有重要作用，且其致病机制可能与石棉暴露存在部分重叠，均涉及高迁移率族蛋白B1的

释放过程[25]。

此外，一项全球研究表明，2019年男性间皮瘤的年龄标准化发病率约为女性的3倍，死亡率也显著高于女性[19]。这种性别差异可能主要归因于男性在高石棉暴露职业（如造船、采矿和建筑业）中的从业比例显著高于女性[26]。因此，中国女性间皮瘤患者的较高比例提示，环境暴露可能是中国间皮瘤发病的重要驱动因素之一。未来研究应更加关注间接石棉暴露对间皮瘤疾病负担的贡献，尤其是在非职业暴露人群中。

1.2 肺癌

虽然间皮瘤是石棉暴露最具特异性的疾病标志，但石棉暴露还与多种实体瘤的发生密切相关，其中以肺癌的关联最为显著。肺癌是全球范围内发病率和死亡率最高的恶性肿瘤，且在大多数国家中居癌症死因首位[27]。由于肺癌的多病因性质以及吸烟在众多因素中的主导地位，石棉接触与肺癌发病之间的关联经常被低估[28]。然而，现有研究显示，石棉所致肺癌约占所有肺癌病例的3%～8%[29]。尽管石棉诱发肺癌的阈值尚未明确定义，但已观察到近似线性的剂量–反应关系，且在较低暴露水平下梯度更陡峭[30]。与间皮瘤类似，SDI较高的地区表现出更为显著的石棉相关肺癌死亡和DALYs负担[31]。说明即便在医疗资源较为充足的环境下，石棉所致肺癌仍是不可忽视的公共卫生问题。

值得注意的是，石棉暴露与吸烟在肺癌发生中存在明确的协同作用，流行病学数据显示，其交互作用符合乘法模型[32]。对欧洲和加拿大的病例对照研究进行的一项大型汇总分析发现，在男性中，随着石棉暴露量的增加，所有吸烟类别及3种主要肺癌亚型的肺癌风险均上升，而女性中当前吸烟者的肺癌风险也显著增加[33]。该研究还表明，石棉暴露与吸烟的联合作用在男性中符合乘法模型，在女性中则超过累加效应。

肺癌是中国疾病负担排名第一的癌症，2022年新发病例数为106万[34]。《中国卫生健康统计年鉴》（2017—2022年）和《全球疾病负担》系列数据显示，中国肺癌新发病例已从1990年的26万例上升到2017年的88万例，并持续增长至2022年的106万例，并且男女均持续增长。根据中国疾病预防控制中心的成人烟草调查报告数据显示，2018—2022年，中国15岁及以上人群的吸烟率呈现持续下降趋势，从26.6%降至24.1%。与此同时，环境监测数据表明，中国空气质量显著改善，细颗粒物（Particulate Matter 2.5，$PM_{2.5}$）平均浓度从2013年的72 μg/m³下降至2022年的29 μg/m³。然而，尽管上述改善成效显著，中国全因肺癌负担仍维持在较高水平[35-36]。这一现象说明除吸烟和空气污染之外，应系统评估与干预其他致病因素，如石棉暴露所带来的健康风险的紧迫性。

1.3 其他癌症

石棉暴露与多种其他癌症之间的关联也逐渐受到关注。流行病学研究普遍支持石棉暴露与喉癌风险增加之间的联系[37-38]。这种关联可能与石棉纤维通过呼吸道直接接触喉部组织有关[39]。然而，由于吸烟和饮酒是喉癌的主要危险因素，石棉的独立致癌效应仍需在控制混杂因素后进一步验证[40]。此外，一项法国的研究通过对曾接触石棉的工人进行随访，证实了石棉暴露与喉癌以外头颈部其他类型癌症之间的关联性[41]。

除了间皮瘤、肺癌和喉癌，IARC还将石棉归为卵巢癌的1类致癌物。2023年发表的一项系统性荟萃分析在整合多项研究后指出，石棉暴露与卵巢癌死亡风险之间存在显著统计学关联（标准化死亡率比约为1.72），支持这一判断[42]。另一项系统综述也表明，女性职业性石棉暴露可能使卵巢癌的发病和死亡风险增加约2倍[43]。不过，也有研究认为，部分文献中对“因果关系”与“相关性”的混淆、错误诊断等因素可能对石棉与卵巢癌关联强度的判断造成干扰，仍需后续研究进一步验证[44]。此外，2020年强生公司因遭遇数千名卵巢癌患者的指控而将其婴儿爽身粉产品全面撤出北美市场。这些女性声称，她们的疾病是由石棉引起的，因为有证据表明爽身粉中的滑石粉可能含有石棉成分[45]。

前列腺癌与石棉暴露之间的关联仍是科学界持续研究与争论的课题。最近的一项荟萃分析发现，与普通人群相比，职业性石棉暴露男性的前列腺癌发病率和死亡率在某些时间段（如1960年以后就业）和特定地区略有升高。然而，目前证据提示石棉暴露与前列腺癌风险之间的关系并不明确，可能受到多个具体因素的影响[46]。

除了呼吸系统和生殖系统肿瘤外，已有研究提示石棉暴露可能与某些消化系统肿瘤（如胃癌、结直肠癌）的发生有关[47]。然而，这些关联的证据相对有限，且可能存在混杂因素的影响。此外，有研究报道石棉暴露与肾癌、胆管癌等恶性肿瘤的潜在关联，但这些发现仍需更大规模的研究证实[48-49]。石棉相关癌症的负担可能随着暴露模式和人群特征

的变化而改变，这需要持续的流行病学监测和研究。

2 全球石棉禁令的现况

自20世纪70年代以来，随着石棉相关健康危害的科学证据日益确凿，全球多个国家陆续采取了限制甚至全面禁用石棉的政策。截至2024年，已有超过70个国家全面禁止使用石棉，包括欧盟成员国、澳大利亚和美国等[50]。这些国家的政策推动显著降低了人群的石棉暴露水平，并为后续石棉相关疾病负担的减少奠定了基础。然而，全球范围内石棉管控的进展仍极不均衡。

北欧是全球最早实施石棉禁令的地区，其政策成效显著。冰岛于1983年全面禁止石棉使用，成为全球最早实施禁令的国家[51]。挪威和瑞典紧随其后，这些国家的早期行动为全球石棉管控树立了典范[52]。已有研究证实，北欧国家的石棉禁令已取得显著效果，恶性胸膜间皮瘤的发病率呈现下降趋势[53]。这一进展与北欧国家严格的职业暴露控制、公众健康教育和完善的石棉废弃物管理密不可分。

澳大利亚是历史人均石棉消费水平最高的国家之一，其石棉使用量于20世纪70年代达到顶峰，该国的禁用历程具有重要借鉴意义[54]。尽管澳大利亚政府于20世纪80年代起就逐步加强对石棉的监管，并于1990年和1999年发布了重要政策报告，但直到2003年底，澳大利亚才正式实施对所有类型石棉及其制品的全面禁令。在禁用石棉后，澳大利亚建立了国家间皮瘤登记项目，系统性收集所有新发病例的信息，用于监测疾病趋势和指导政策制定[55]。此外，澳大利亚在法律上确立了损害赔偿机制，大约95%的间皮瘤患者在有石棉暴露记录的情况下能够获得相应赔偿[54]。然而，尽管石棉禁令已实施多年，该国石棉相关疾病的负担仍未完全消除。数据显示，1982—2016年，澳大利亚共报告16 679例恶性间皮瘤新发病例[56]。澳大利亚的经验表明，尽管全面禁用石棉是减少相关疾病负担最为有效的措施之一，但疾病负担的消除仍需长期而持续的公共卫生干预和政策支持。

美国的石棉管控历程充满曲折。美国国家职业安全与健康研究所主导着禁止石棉的相关行动，这也是首个建议在工作场所禁止使用石棉的美国联邦机构。1970年《职业安全与健康法案》的通过是推动美国采取行动预防石棉相关疾病的重要动力。在该法案通过之前，工作场所的安全与健康问题由各个州各自为政，缺乏协调统一的管理[57]。尽管如此，美国的禁用进程长期受行业游说压力掣肘。1989年，美国环保署曾提出禁止几乎所有的石棉制造和使用，但这一提议于1991年被法院以“经济负担过重”为由驳回[58]。与此同时，美国的石棉产业也继续运作。美国虽于2002年终止了本土的石棉开采和生产，但在此后数年中仍从加拿大进口石棉[59]。这种矛盾反映了美国在石棉管控上的复杂性和不一致性。直到2024年3月18日，拜登政府才最终颁布禁令，全面禁止温石棉的使用、制造和进口，标志着美国正式加入实施全面石棉禁令国家行列。

尽管石棉禁令在全球范围内取得了显著进展，但仍面临诸多挑战。一方面，石棉替代材料的成本通常较高，尤其对中低收入国家构成经济负担[60]。另一方面，一些国家禁令执行力度不足，非法使用和贸易仍时有发生。例如，蒙古国虽于2010年立法禁用石棉，但由于缺乏全面的行动计划和替代材料的推广，该禁令于次年即被撤销[61]。2017年，巴西联邦最高法院正式宣布在全国范围内禁止使用石棉，尽管如此，部分地区仍依据地方立法继续允许温石棉的开采和加工，例如戈亚斯州。研究指出，1990—2019年，巴西中北部地区男性因石棉接触导致的肺癌死亡仍呈上升趋势，凸显了全球石棉使用及其相关健康影响的持续性和复杂性[62]。

中国是全球石棉资源最为丰富的国家之一，可开采储量估计在6 200万吨~9 000万吨，居世界首位。这些资源主要集中在青海、新疆、甘肃和四川等西北省份，约占全国总储量的2/3。其中，温石棉占比高达99%，这也是目前中国唯一进行商业化开采的石棉类型[63]。尽管温石棉的致病性较角闪石类石棉低，但其暴露仍被证实与间皮瘤、肺癌等疾病密切相关[64]。

近年来，中国逐步加强了对石棉使用的监管。2013年，国家发展和改革委员会修订了《产业结构调整指导目录（2011年本）》，禁止在目录所列建筑材料中使用包括温石棉在内的所有类型石棉。2014年，工业和信息化部发布《温石棉行业准入标准》，进一步规范温石棉行业。尽管这些政策的实施显著限制了石棉的生产和使用，但温石棉仍在建筑材料、汽车制造、纺织和化工等多个行业应用[65,63]。

国际经验表明，全面禁止石棉使用是控制石棉相关疾病的最有效途径[56,20]。值得关注的是，一项区域性研究评估了石棉禁令实施对国内生产总值与

就业的影响，未发现明显的负面经济影响，进一步佐证了全面禁止石棉使用的可行性和必要性[66]。

3 总结与展望

尽管石棉相关癌症的流行病学研究已取得诸多进展，但仍存在一些亟待解决的问题。首先，现有研究多聚焦于高收入国家，发展中国家的流行病学数据相对缺乏，尤其是在尚未实施石棉禁令的国家，相关疾病负担可能被低估。其次，由于石棉所致疾病具有极长的潜伏期，追溯早期暴露史面临诸多挑战。在部分发达国家，甚至存在个体为获得补偿而虚报石棉暴露史的现象，进一步加剧了暴露评估的不确定性。最后，对于肺癌等疾病而言，吸烟、空气污染等重要混杂因素广泛存在，使得在流行病学层面上明确石棉暴露与疾病负担的定量关系面临较大困难。

未来的研究应从以下几个方面深入推进：首先，建议开展高质量的前瞻性队列研究，特别是在尚未全面禁用石棉的发展中国家，以便更全面地掌握人群暴露现状及其健康效应。其次，应关注遗传易感性与非职业暴露在石棉相关疾病发生过程中的作用，探索个体差异及暴露路径对疾病风险的影响。第三，鉴于现有暴露评估方法易受回忆偏倚等因素干扰，亟需开发更为精准、可重复的石棉暴露评估工具，包括环境监测与生物标志物技术的结合应用。

考虑到石棉暴露所致癌症具有很长的潜伏期，建议尽快实施全面温石棉禁令，以使相关疾病（特别是肺癌和间皮瘤）发病率在未来得到控制。

参考文献

[1] VAN ZANDWIJK N, REID G, FRANK A L. Asbestos-related cancers: The "Hidden Killer" remains a global threat[J]. Expert Review of Anticancer Therapy, 2020, 20 (4): 271-278.

[2] PEARCE N, BLAIR A, VINEIS P, et al. IARC monographs: 40 years of evaluating carcinogenic hazards to humans[J]. Environmental Health Perspectives, 2015, 123(6): 507-514.

[3] LI N, ZHAI Z, ZHENG Y, et al. Association of 13 occupational carcinogens in patients with cancer, individually and collectively, 1990—2017[J]. JAMA Network Open, 2021, 4(2): e2037530.

[4] CARBONE M, ADUSUMILLI P S, ALEXANDER H R, et al. Mesothelioma: Scientific clues for prevention, diagnosis, and therapy[J]. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 2019, 69(5): 402-429.

[5] U.S. Geological Survey. Mineral commodity summaries 2024[R / OL]. (2024-12-01) [2025-02-23]. https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2024.

[6] CHEN T, SUN X M, WU L. High time for complete ban on asbestos use in developing countries[J]. JAMA Oncology, 2019, 5(6): 779.

[7] REDDY S, M G K, GATTU R, et al. Challenging the norm: Occurrence of synchronous pleural and peritoneal mesothelioma in a female patient[J]. Cureus, 2024, 16(8): e67118.

[8] SUNG H, FERLAY J, SIEGEL R L, et al. Global cancer statistics 2020: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. CA: A Cancer Journal for Clinicians, 2021, 71(3): 209-249.

[9] HUANG Q, CHEN Y, LIAN L, et al. Burden of malignant mesothelioma in China during 1990—2019 and the projections through 2029[J]. Journal of the National Cancer Center, 2024, 4(3): 214-222.

[10] CROVELLA S, BIANCO A M, VUCH J, et al. Iron signature in asbestos-induced malignant pleural mesothelioma: A population-based autopsy study[J]. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A, 2016, 79(3): 129-141.

[11] BOGEN K T. Ultrasensitive dose-response for asbestos cancer risk implied by new inflammation-mutation model [J]. Environmental Research, 2023, 230: 115047.

[12] BAUMANN F, CARBONE M. Environmental risk of mesothelioma in the United States: An emerging concern-epidemiological issues[J]. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 2016, 19(5-6): 231-249.

[13] KURYK L, RODELLA G, STANISZEWSKA M, et al. Novel insights into mesothelioma therapy: Emerging avenues and future prospects[J]. Frontiers in Oncology, 2022, 12: 916839.

[14] BOU-SAMRA P, CHANG A, AZARI F, et al. Epidemiological, therapeutic, and survival trends in malignant pleural mesothelioma: A review of the National Cancer Database[J]. Cancer Medicine, 2023, 12(11): 12208-12220.

[15] CAMERON J K, AITKEN J, REID A, et al. Geographic distribution of malignant mesothelioma incidence and survival in Australia[J]. Lung Cancer, 2022, 167: 17-24.

[16] ROJAS L, CARDONA A F, TREJO-ROSALES R, et al. Characteristics and long-term outcomes of advanced pleural mesothelioma in Latin America (MeSO-CLICaP) [J]. Thoracic Cancer, 2019, 10(3): 508-518.

[17] GUO Z, CARBONE M, ZHANG X, et al. Improving the accuracy of mesothelioma diagnosis in China[J]. Journal of Thoracic Oncology, 2017, 12(4): 714-723.

[18] ZHAO Z, LI J, TAN F, et al. Assessing the global burden

of mesothelioma: Trends, socioeconomic influences, and asbestos exposure - a retrospective cohort study[J]. International Journal of Surgery, 2025, 111(1): 93-103.

[19] HAN Y, ZHANG T, CHEN H, et al. Global magnitude and temporal trend of mesothelioma burden along with the contribution of occupational asbestos exposure in 204 countries and territories from 1990 to 2019: Results from the Global Burden of Disease Study 2019[J]. Critical Reviews in Oncology/Hematology, 2022, 179: 103821.

[20] ZHAI Z, RUAN J, ZHENG Y, et al. Assessment of global trends in the diagnosis of mesothelioma from 1990 to 2017[J]. JAMA Network Open, 2021, 4(8): e2120360.

[21] CHEN J, WANG C, ZHANG J, et al. A comparative study of the disease burden attributable to asbestos in Brazil, China, Kazakhstan, and Russia between 1990 and 2019[J]. BMC Public Health, 2022, 22(1): 2012.

[22] BRIMS F. Epidemiology and clinical aspects of malignant pleural mesothelioma[J]. Cancers, 2021, 13(16): 4194.

[23] ZHAI Y, HUI Z, CHEN W, et al. The epidemic of malignant mesothelioma in China: A prediction of incidence during 2016—2030[J]. Translational Lung Cancer Research, 2022, 11(12): 2403-2411.

[24] WANG Q, XU C, WANG W, et al. Chinese expert consensus on the diagnosis and treatment of malignant pleural mesothelioma[J]. Thoracic Cancer, 2023, 14(26): 2715-2731.

[25] CARBONE M, MINAAI M, TAKINISHI Y, et al. Preventive and therapeutic opportunities: Targeting BAP1 and / or HMGB1 pathways to diminish the burden of mesothelioma[J]. Journal of Translational Medicine, 2023, 21(1): 749.

[26] CONSONNI D, MIGLIORE E, BARONE-ADESI F, et al. Gender differences in pleural mesothelioma occurrence in Lombardy and Piedmont, Italy[J]. Environmental Research, 2019, 177: 108636.

[27] FILHO A M, LAVERSANNE M, FERLAY J, et al. The GLOBOCAN 2022 cancer estimates: Data sources, methods, and a snapshot of the cancer burden worldwide [J]. International Journal of Cancer, 2024, 156(7): 1336-1346.

[28] DE GROOT P M, WU C C, CARTER B W, et al. The epidemiology of lung cancer[J]. Translational Lung Cancer Research, 2018, 7(3): 220-233.

[29] PRAZAKOVA S, THOMAS P S, SANDRINI A, et al. Asbestos and the lung in the 21st century: An update[J]. The Clinical Respiratory Journal, 2014, 8(1): 1-10.

[30] PIRA E, PELUCCHI C, BUFFONI L, et al. Cancer mortality in a cohort of asbestos textile workers[J]. British Journal of Cancer, 2005, 92(3): 580-586.

[31] KUANG Z, WANG J, LIU K, et al. Global, regional, and national burden of tracheal, bronchus, and lung cancer and its risk factors from 1990 to 2021: Findings from the global burden of disease study 2021[J]. eClinicalMedicine, 2024, 75: 102804.

[32] KLEBE S, LEIGH J, HENDERSON D W, et al. Asbestos, smoking and lung cancer: An update[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 17(1): 258.

[33] OLSSON A C, VERMEULEN R, SCHÜZ J, et al. Exposure-response analyses of asbestos and lung cancer subtypes in a pooled analysis of case-control studies[J]. Epidemiology, 2017, 28(2): 288-299.

[34] HAN B, ZHENG R, ZENG H, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2022[J]. Journal of the National Cancer Center, 2024, 4(1): 47-53.

[35] FENG Y, NING M, LEI Y, et al. Defending blue sky in China: Effectiveness of the "Air Pollution Prevention and Control Action Plan" on air quality improvements from 2013 to 2017[J]. Journal of Environmental Management, 2019, 252: 109603.

[36] LIU R, SHAO M, WANG Q. Multi-timescale variation characteristics of PM2.5 in different regions of China during 2014—2022[J]. Science of The Total Environment, 2024, 920: 171008.

[37] PENG W, MI J, JIANG Y. Asbestos exposure and laryngeal cancer mortality[J]. The Laryngoscope, 2016, 126(5): 1169-1174.

[38] HALL A L, KROMHOUT H, SCHÜZ J, et al. Laryngeal cancer risks in workers exposed to lung carcinogens: Exposure-effect analyses using a quantitative job exposure matrix[J]. Epidemiology, 2020, 31(1): 145-154.

[39] WRONKIEWICZ S K, ROGGLI V L, HINRICHS B H, et al. Chrysotile fibers in tissue adjacent to laryngeal squamous cell carcinoma in cases with a history of occupational asbestos exposure[J]. Modern Pathology, 2020, 33(2): 228-234.

[40] FISCHBEIN A, LUO J C, PINKSTON G R. Asbestosis, laryngeal carcinoma, and malignant peritoneal mesothelioma in an insulation worker[J]. Occupational and Environmental Medicine, 1991, 48(5): 338-341.

[41] CLIN B, GRAMOND C, THAON I, et al. Head and neck cancer and asbestos exposure[J]. Occupational and Environmental Medicine, 2022, 79(10): 690-696.

[42] KIM S Y, CHANG H K, KWON O, et al. Asbestos exposure and ovarian cancer: A meta-analysis[J]. Safety and Health at Work, 2024, 15(1): 1-8.

[43] TURATI F, ROSSI M, SPINAZZÈ A, et al. Occupational asbestos exposure and ovarian cancer: Updated systematic

review[J]. Occupational Medicine, 2023, 73(9): 532-540.

[44] SLOMOVITZ B, DE HAYDU C, TAUB M, et al. Asbestos and ovarian cancer: Examining the historical evidence[J]. International Journal of Gynecological Cancer, 2021, 31(1): 122-128.

[45] DYER O. Johnson & Johnson recalls its baby powder after FDA finds asbestos in sample[J]. BMJ (Clinical research ed.), 2019, 367: l6118.

[46] GODONO A, CLARI M, FRANCO N, et al. The association between occupational asbestos exposure with the risk of incidence and mortality from prostate cancer: A systematic review and meta-analysis[J]. Prostate Cancer and Prostatic Diseases, 2022, 25(4): 604-614.

[47] FORTUNATO L, RUSHTON L. Stomach cancer and occupational exposure to asbestos: A meta-analysis of occupational cohort studies[J]. British Journal of Cancer, 2015, 112(11): 1805-1815.

[48] CURTI S, GALLO M, FERRANTE D, et al. Cholangiocarcinoma and occupational exposure to asbestos: Insights from the Italian pooled cohort study[J]. La Medicina del Lavoro | Work, Environment and Health, 2024, 115(2): e2024016.

[49] CANADIAN CANCER REGISTRIES EPIDEMIOLOGY GROUP, PETERS C E, PARENT M É, et al. Workplace exposure to asbestos and the risk of kidney cancer in Canadian men[J]. Canadian Journal of Public Health, 2018, 109(4): 464-472.

[50] KAZAN-ALLEN L. Current asbestos bans[R/OL]. International Ban Asbestos Secretariat. (2024-12-06)[2025-02-23]. http://www.ibasecretariat.org/alpha_ban_list.php.

[51] TOMASSON K, GUDMUNDSSON G, BRIEM H, et al. Malignant mesothelioma incidence by nation-wide cancer registry: A population-based study[J]. Journal of Occupational Medicine and Toxicology, 2016, 11(1): 37.

[52] ALPERT N, GERWEN M V, TAIOLI E. Epidemiology of mesothelioma in the 21st century in Europe and the United States, 40 years after restricted / banned asbestos use[J]. Translational Lung Cancer Research, 2020, 9(S1): S28-S38.

[53] HEMMINKI K, FÖRSTI A, CHEN T, et al. Incidence, mortality and survival in malignant pleural mesothelioma before and after asbestos in Denmark, Finland, Norway and Sweden[J]. BMC Cancer, 2021, 21(1): 1189.

[54] MUSK A B W, DE KLERK N, BRIMS F J. Mesothelioma in Australia: A review[J]. The Medical Journal of Australia, 2017, 207(10): 449-452.

[55] MACFARLANE E, BENKE G, SIM M R, et al. OccIDEAS: An innovative tool to assess past asbestos exposure in the Australian mesothelioma registry[J]. Safety and Health at Work, 2012, 3(1): 71-76.

[56] SOEBERG M, VALLANCE D, KEENA V, et al. Australia's ongoing legacy of asbestos: Significant challenges remain even after the complete banning of asbestos almost fifteen years ago[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15 (2): 384.

[57] LEMEN R, LANDRIGAN P. Toward an asbestos ban in the United States[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2017, 14(11): 1302.

[58] ROSNER D, MARKOWITZ G. "Ain't necessarily so! ": The brake industry's impact on asbestos regulation in the 1970s[J]. American Journal of Public Health, 2017, 107(9): 1395-1399.

[59] HAYNES R C. A worn-out welcome: Renewed call for a global ban on asbestos[J]. Environmental Health Perspectives, 2010, 118(7): A298-A303.

[60] DAMIRAN N, FRANK A. Asbestos consumption in Mongolia: 1996-2014[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(1): 136.

[61] DAMIRAN N, FRANK A L. Mongolia: Failure of total banning of asbestos[J]. Annals of Global Health, 2023, 89 (1): 50.

[62] GIRARDI F A, NOGUEIRA M C, MALTA D C, et al. The burden of lung cancer and mortality attributable to occupational risk factors between 1990 and 2019 in Brazil and federative units[J]. Public Health, 2024, 235: 94-101.

[63] COGGIOLA N. The rough path to the compensation of asbestos damages in China[J]. Sustainability, 2017, 9(8): 1431.

[64] BECKETT E M, ABELMANN A, ROBERTS B, et al. An updated evaluation of reported no-observed adverse effect levels for chrysotile, amosite, and crocidolite asbestos for lung cancer and mesothelioma[J]. Critical Reviews in Toxicology, 2023, 53(10): 611-657.

[65] 刘泽权, 王海椒, 樊晶光, 等. “一带一路”沿线国家石棉控制政策法规现状[J]. 中国职业医学, 2020, 47(5): 611-613.

[66] ALLEN L, BAEZ J, STERN M, et al. Trends and the economic effect of asbestos bans and decline in asbestos consumption and production worldwide[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(3): 531.