• 研究报告 •

基于DPSEEA模型构建生物安全评价体系：以深圳市为例

董媛媛*

中国人民公安大学法学院, 北京 100038

摘要：由于生物安全内涵外延和基本要素的模糊性、评价指标及评价方法的多元性等因素的限制，我国至今尚未形成全面有效的生物安全评价指标体系。为构建生物安全评价体系，研判生物安全现状，本文首先运用规范分析法剖析《生物安全法》中有关“生物安全”定义的特点及不足，从国家安全角度认为生物安全是指国家有效防范和应对危险生物因子及相关因素的威胁，维护和保障自身安全与利益的能力和状态。明晰了生物安全的外延，即只有对国家安全利益、民众健康、生态环境保护产生威胁的生物风险，才是生物安全所规制的对象。其次，生物安全基本要素包括自然生物安全和社会经济生物安全。自然生物安全主要指民众健康和生态环境保护方面，包括生物个体安全和生物多样性安全。社会经济生物安全的关注点在国家安全利益，即社会稳定和国家经济利益，包括生物技术安全、生物实验室安全。第三，以生物安全基本要素为管理对象的尺度，将国家安全利益、民众健康和生态环境保护作为评价主体，以生物法治为理念，运用模型构建法，将定性指标和定量指标相结合，基于驱动力-压力-状态-接触-影响-行动模型(driving force-pressure-state-exposure-effect-action, DPSEEA)构建了一套具有生物法治特色的生物安全评价指标体系，包括生物安全法律法规体系健全水平、生物安全所涉违法犯罪行为的打击力度、生物安全各部门机构协调机制的建立和完善程度、符合规定标准的生物实验室数量和百分比、生物安全人才数量及密度、对生物产业和基本卫生部门的官方援助及其他途径投资总额、疫苗覆盖的目标人群比例、生物安全的宣传教育普及率8项评价指标在内共32项生物安全评价指标。最后，基于实地调研及数据统计分析，以2019年和2020年深圳生物安全工作为例对评价体系进行验证。结果显示，深圳生物安全工作在农业生物安全、动植物防疫、防范外来物种入侵方面成果显著；但仍在法律法规体系、生物安全人才培养和资金投入、生物安全普及率方面存在不足。针对上述问题提出完善生物安全法律法规体系并注重法律协调衔接、“一个健康”实现多元协同生物治理、加强人才培养和资金投入、加强生物安全宣传教育等建议。

关键词：生物安全；DPSEEA；生物要素；生物法治；评价指标体系

董媛媛 (2021) 基于DPSEEA模型构建生物安全评价体系：以深圳市为例. 生物多样性, 29, 1530–1538. doi: 10.17520/biods.2021234.

Dong YY (2021) Constructing a biosafety evaluation system based on DPSEEA model: A case study of Shenzhen. Biodiversity Science, 29, 1530–1538. doi: 10.17520/biods.2021234.

Constructing a biosafety evaluation system based on DPSEEA model: A case study of Shenzhen

Yuanyuan Dong*

School of Law, People's Public Security University of China, Beijing 100038

ABSTRACT

Aims: Because of the connotation and extension of biosafety, the fuzziness of basic elements, the diversity of evaluation indexes and evaluation methods, China has not yet formed a comprehensive and effective biosafety evaluation index system. The purpose of this paper is to construct the biological safety evaluation system and to study the current situation of biological safety.

Methods: Firstly, we analyze the characteristics and shortcomings of the concept of “biosafety” in Biosafety Act by

收稿日期: 2021-06-08; 接受日期: 2021-09-02

基金项目: 中国人民公安大学拔尖人才培养专项资助研究生科研创新项目(2021yjsky002)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: 2487086218@qq.com

using normative analysis method. From the point of view of national security, biosafety refers to the ability and state of the country to effectively prevent and deal with the threat of dangerous biological factors and related factors, and to maintain and safeguard its own security and interests. Clearly the extension of biosafety, that is, only the interests of national security, public health, ecological and environmental protection threats to biological risk, is the object of biosafety regulation. Secondly, the basic elements of biosafety include natural biosafety and socio-economic biosafety. Natural biological safety mainly refers to people's health and ecological environment protection, including individual biological safety and biodiversity safety. Socio-economic biosafety focuses on national security interests, that is, social stability and national economic interests, including biotechnology safety, biological laboratory safety. Thirdly, taking the basic elements of biosafety as the Yardstick of management, taking national security interests, public health and ecological environment protection as the evaluation subject, taking the concept of biological rule of law as the idea, using the model construction method, based on the DPSEEA (driving force-pressure-state-exposure-effect-action) model, a biosafety evaluation index system with the characteristics of biological rule of law is constructed by combining qualitative index and quantitative index.

Results: A set of biological safety evaluation index system with the characteristics of biological rule by law is constructed, including the level of biosafety laws and regulations system, the degree of cracking down on biosafety related crimes, the establishment and perfection of the coordination mechanism among biosafety departments, the number and percentage of biosafety laboratories meeting the prescribed standards, the number and density of biosafety talents, the total amount of official assistance to the biological industry and the basic health sector and other investments, the proportion of target population covered by vaccines, the popularization rate of biosafety publicity and education, and a total of 32 biosafety evaluation indicators.

Conclusion: Based on the field investigation and data statistical analysis, the evaluation system was validated by the biological safety work in Shenzhen in 2019 and 2020. The results show that the biological safety work in Shenzhen has achieved remarkable achievements in agricultural biological safety, animal and plant epidemic prevention, and prevention of alien species invasion. However, there are still some deficiencies in laws and regulations system, cultivation of biosafety personnel, investment of funds and biosafety popularization rate. In view of the above problems, this paper puts forward some suggestions, such as perfecting the legal system of biosafety and paying attention to the coordination of laws, realizing the multi-coordinated biocontrol of "One health", strengthening the talent training and capital investment, and strengthening the propaganda and education of biosafety.

Key words: biosafety; DPSEEA; biological elements; biological rule of law; evaluation index system

生物安全关乎人民健康、社会稳定和国家利益。当前国内学者对生物安全的研究大体可分为两个角度: 一是在立法领域, 对生物安全立法原则(王灿发和于文轩, 2003; 张辉, 2012)、立法存在问题(莫纪宏, 2020)及解决措施(刘长秋, 2010; 常纪文, 2020)等进行研究, 涉及生物多样性(孙佑海, 2019)、外来物种入侵(何力立和徐平, 2018)、转基因生物安全(王康, 2016)、生物恐怖主义(刘杨钺等, 2016)等多个方面; 二是从某一特定生物风险出发进行评估(黎静等, 2016; 张斌等, 2018)。国外学者同样重视对生物安全风险进行评估, 以探索维护生物安全的路径(Burnett, 2006)。但生物安全涉及医学、法学、生物学等多个学科(Hulme, 2020), 从单一角度或某一方面看待生物安全, 都难以满足当前需求。此外, 生物风险评估不等同于生物安全评价, 前者倾向于从生物风险实体角度出发(Durant & Faunce, 2018), 而生物安全评价并不局限于特定的生物风险, 而是

从生物安全治理角度强调人与自然的相互作用, 突出人的能动性。由于当前生物安全内涵外延和基本要素的模糊性、评价指标及评价方法的多元性等原因限制, 我国至今尚未形成完整有效的生物安全评价体系。本文在明晰生物安全外延及基本要素的基础上, 以生物要素为管理对象的尺度, 将国家安全利益、民众健康和生态环境保护作为评价主体, 以生物法治为理念, 构建一套基于驱动力-压力-状态-接触-影响-行动模型(driving force-pressure-state-exposure-effect-action, DPSEEA)的完整统一的生物安全评价指标体系, 以期更好地指导生物安全评价, 更加客观真实地评价某一地域的生物安全状况, 为当地维护生物安全提供有效建议。

1 生物安全基本要素的确定

生物安全评价体系构建的第一步是作为评价对象的“生物安全”的概念。对于生物安全的定义有

狭义(王灿发, 2000; 赵俊杰, 2000)和广义(莫莎, 2003; 陈颖健, 2004)之分。2021年4月15日施行的《中华人民共和国生物安全法》(以下简称《生物安全法》)(www.npc.gov.cn/npc/c30834/202010/bb3bee5122854893a69acf4005a66059.shtml)采取了广义界定。该定义呈现出以下特点: (1)阐明了生物风险是威胁生物安全的因素, 生物安全侧重风险治理能力, 强调国家防范生物风险并保持稳定发展状态的能动性。同时生物安全并不意味着不存在生物风险(Australian Government, 2015)。(2)该界定试图同国外相关概念接轨, 可视作“biosafety”与“biosecurity”的结合。既有保护人们免受有害生物因子及相关因素的侵害之意, 也有保护生物因子及相关因素免受人类侵害之意(Meyerson & Reaser, 2002; Zhou et al, 2019; WHO, 2020)。(3)采取原则化表述以平衡生物风险外延的模糊性, 适应社会的变迁。该定义试图涵盖社会和生态系统所面临的全部生物风险, 但是这种宽泛的界定致使生物安全的界限缺乏明确性, 使决策者很难在生物风险之间进行优先排序并合理分配资源。生物安全作为国家安全体系之一, 并非所有同生物相关的要素均需上升至国家安全层面。基于此, 本文认为生物安全指“国家有效防范和应对危险生物因子及相关因素的威胁, 维护和保障自身安全与利益的能力和状态”。该定义明晰了生物安全的外延, 即只有对国家安全利益(社会稳定和国家经济利益)、民众健康、生态环境保护产生威胁的生物风险, 才是生物安全所规制的对象。同时, 如若对生物安全进行实质性研究, 构建完整有效的生物安全评价体系, 仍需在此基础上对生物安全的基本要素进行明晰。

如前所述, 生物安全体现的是一种风险治理能力。以防控不同的生物风险为标准, 可将生物安全的基本要素划分为自然生物安全与社会经济生物安全两大类。自然生物安全是指自然生态系统中生物因子(包含人类在内的活的有机体)及相关因素的安全, 侧重于民众健康和生态环境保护, 主要包括生物个体安全和生物多样性安全。社会经济生物安全的关注点则在社会生态系统, 更侧重于社会稳定和国家经济利益。社会经济生物安全包括生物技术安全(既包括防范生物技术滥用, 也包括防范改性活生物体正常使用对经济、社会文化习俗、就业、本土知识体系或本土技术产生的直接或间接影响)

(Beumer, 2019)、生物实验室安全(例如防范生物实验室人员有意或无意泄露危险生物因子)。

2 生物安全评价指标模型的选取

2.1 常见的评价指标模型

在确定生物安全内涵外延及基本要素后, 需要选取合适的模型为选取评价指标提供框架。为了强调生物安全各要素之间的联系, 选取基于联系的模型, 即将因果关系作为媒介。较早用于评价领域的基于联系的模型是压力-状态-反应(pressure-state-response, PSR), 因其有助于从整体层面理解影响系统状态的要素, 并为利益攸关方提供适当的对策而被应用至环境监测领域。随后联合国可持续发展委员会修改了PSR模型, 将驱动力-状态-反应(driving force-state-response, DSR)模型应用于可持续发展的评价。之后经济合作与发展组织进一步修改了DSR模型, 建立驱动力-压力-状态-影响-反应(driving force-pressure-state-impact-response, DPSIR)模型。DPSIR模型被应用至生物多样性评价(Borja et al, 2006)等领域。但是PSR模型、DSR模型、DPSIR模型均存在诸多不足, 例如过于简化人为压力、环境状态等要素, 未能深入人类活动与生态环境复杂的因果关系之中(Hambling et al, 2011)。

2.2 DPSEEA模型介绍

驱动力-压力-状态-接触-影响-行动模型(driving force-pressure-state-exposure-effect-action, DPSEEA)最初被世界卫生组织用于制定环境健康指标, 它强调生态环境与人类健康之间的关系(Briggs et al, 1996), 后被用于水环境与人类健康关系的评价(Gentry-Shields & Bartram, 2014)、气候变化对人类健康及社会的影响(Boylan et al, 2018)等领域。相较于PSR、DSR、DPSIR等常见的模型, DPSEEA模型的优点在于它将“状态”和“接触”变量分开, 强调各要素间的相互作用, 方便针对某个或多个参数采取必要干预措施(Morris et al, 2006)。依前所述, 生物安全强调生物因子与公众健康、生态环境保护、国家安全利益的相互作用, 因而本文选取DPSEEA模型作为生物安全评价体系构建模型。

3 生物安全评价指标体系的构建

3.1 生物安全评价指标的选择依据

指标是评价生物安全的重要组成部分, 为衡量

变化提供了基础。良好的评价指标应具备以下特征: 数量精简的同时涵盖评价对象的所有方面、可衡量性、普遍性、及时性、相关性、有效性(Doran, 1981)。本文采取定性与定量评价指标相结合的方式, 其中定性指标采取“专家判断→群体判断”的方式, 即由生物安全领域专家组成的评价小组以客观公正为原则, 对生物安全指标进行初步选择, 随后由各个利益攸关方组成的小组以讨论的方式对评价指标进一步修订和完善, 以实现最终最小化偏差。定量指标则参考2020年世界银行更新的《世界发展指标》(World Development Indicators) (<http://datatopics.worldbank.org/world-development-indicators/>)、联合国2021年更新的《可持续发展目标报告》(the Sustainable Development Goals Report, <https://unstats.un.org/sdgs/indicators/database>)、世界卫生组织发布的《国际卫生条例核心能力指数(2010–2017)》(International Health Regulations Core Capacity Index, <https://mca.essensys.ro/data/gho/data/themes/topics/indicator-groups/indicator-group-details/GHO/ihr-2010-2017-all-capacities>)、《实验室生物安全手册(第四版)》(Laboratory Biosafety Manual, 4th edition, <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>)、联合国环境署2020年更新的《生物多样性指标伙伴》(Biodiversity Indicators Partnership, <https://www.bipindicators.net/>)等指标数据, 结合前文所述我国生物安全特点及基本要素内容, 以DPSEEA模型为框架, 筛选出生物安全评价指标。

3.2 构建评价体系

将DPSEEA模型应用于生物安全评价, 其中“驱动力”(driving force, 简称D)指影响生物安全的宏观因素或根本原因, 包括自然、社会经济的变化。“压力”(pressure, 简称P)指在驱动力(D)的驱使下, 人类活动及经济社会发展对生物安全带来的压力;“状态”(state, 简称S)是指自然生物安全在受到驱动力(D)和压力(P)时所呈现的具体状况;“接触”(exposure, 简称E1)指社会经济生物安全同生物危害的交集, 可表现为直接或间接对社会经济生物安全产生危害的危险因子数量。“影响”(effect, 简称E2)指状态(S)和接触(E1)对民众健康、生态环境、国家安全利益的反作用;“行动”(action, 简称A)指减少或避免影响(E2)而采取的政策或干预措施。本文在生物安全基本要素的基础上, 突出生物法治的特点, 选取了气候变化、人均GDP增长率、生物技术的发展等32项指标, 构建的生物安全评价体系包括5层(各指标的具体解释见附录1): 第一层是准则层(standard), 为生物安全模型因子, 即DPSEEA模型框架; 第二层是要素层(factor), 为生物安全的基本要素; 第三层是指标层(index), 为具体的生物安全因子指标; 第四层是指标权重(index weight); 第五层是指标属性(nature), 具体反映各指标对于生物安全评价水平的绩效。正向指标的数值越大表明生物安全性越高, 负向指标的数值越大表明生物安全性越低(表1)。

表1 基于DPSEEA模型构建的生物安全评价指标体系

Table 1 Constructing a biosafety evaluation system based on DPSEEA model. N, Negative, P, Positive

准则层 Standard	要素层 Factor	序号 No.	指标层 Index	指标权重 Index weight	指标属性 Nature
驱动力 Driving force (D)	自然 Nature	1	气候变化 Climate change	10%	负 N
		2	人口自然增长率(年百分比) Natural population growth rate (annual percentage) *		负 N
	社会经济 Socio-economic	3	全球贸易以及人员、货物的流动(参考常住非户籍人口增长率、进出口总额增长率) Global trade and the movement of people and goods (refer to the growth rate of non-resident population, growth rate of total import and export)		负 N
		4	人均GDP增长率(年百分比) GDP growth rate per capita (annual percentage) *		正 P
		5	生物技术的发展(参考生物医药产业增长率) Biotechnology development (refer to the growth rate of biomedicine industry)		负 N
压力 Pressure (P)	自然 Nature	6	农业农药、化肥施用量(万吨) Amount of agricultural pesticides and fertilizers (ten thousand tons)	10%	负 N
		7	土地用途变化的速度、变化面积百分比、变化程度 Speed of land use change, percentage of change area and degree of change*		负 N
	社会经济 Socio-economic	8	城市人口密度(人/km ²) Urban population density (person/km ²) *		负 N

表1 (续) Table 1 (continued)

准则层 Standard	要素层 Factor	序号 No.	指标层 Index	指标权重 Index weight	指标属性 Nature
状态 State (S)	自然 Nature	9	记录在案的外来入侵物种截获数量 Number of recorded interceptions of invasive alien species*	15%	正 P
		10	森林、草原覆盖率(百分比) Forest and grassland coverage (percentage)		正 P
		11	陆地及海洋保护区面积(占总领土面积比例) The area of land and marine protected areas (proportion to the total area of the territory) *		正 P
		12	按生态系统类型分列的受保护区覆盖的关键生物多样性区域的比例(平均百分比) Proportion of key biodiversity areas covered by protected areas by ecosystem type (average percentage) *		正 P
		13	粮食、农业植物和动物遗传资源数量 Quantity of genetic resources of plants and animals for food and agriculture*		正 P
		14	当地品种被分类为受危、近危、受威胁程度未知的比例 Proportion of local breeds classified as endangered, near threatened, and unknown threat*		负 N
		15	使用不安全管理的饮用水服务的人数和易接触不安全食物的人数占总人口的百分比 The number of people who use unsafely managed drinking water services and the number of people who are exposed to unsafe food as a percentage of the total population*		负 N
接触 Exposure (E1)	社会经济 Socio-economic	16	在危险生物环境条件下工作的人员占总工作人口的百分比 Percentage of people working under hazardous biological environmental conditions to the total working population	15%	负 N
		17	生物实验室个人防护设备数量及不当使用次数 The number of personal protective equipments in the biological laboratory and the number of improper use		负 N
影响 Effect (E2)	自然 Nature	18	国家红色物种名录指数 National Red Species List Index*	20%	负 N
		19	因外来物种入侵导致濒危或灭绝的物种数量及程度(覆盖面或密度) The number and extent (coverage or density) of endangered or extinct species due to invasion of alien species*		负 N
		20	由抗生素耐受细菌引起血流感染的比例(年百分比) Proportion of bloodstream infections caused by antibiotic-resistant bacteria (annual percentage) *		负 N
		21	人畜共患病暴发的发病率、死亡率(年百分比) Incidence and mortality of zoonotic outbreaks (annual percentage) *		负 N
		22	每100,000人经由水传播、媒介传播或食物传播疾病暴发的发病率、死亡率(年百分比) Morbidity and mortality of water-borne, vector-borne or food-borne disease outbreaks per 100,000 people (annual percentage) *		负 N
	社会经济 Socio-economic	23	经由水传播、媒介传播或食物传播疾病发生的频率 Frequency of water-borne, vector-borne or food-borne diseases*		负 N
		24	人畜共患病暴发的频率 Frequency of outbreaks of zoonotic diseases*		负 N
行动 Action (A)		25	生物安全法律法规体系健全水平(包括生物安全指南、公共卫生应急准备和响应计划) The sound level of the biosafety laws and regulations system (including biosafety guidelines, public health emergency preparedness and response plans)	30%	正 P
		26	生物安全所涉违法犯罪行为的打击力度 Cracking down on illegal and criminal acts involved in biosafety		正 P
		27	生物安全各部门机构协调机制的建立和完善程度 The establishment and perfection of the coordination mechanism of various departments of biosafety		正 P
		28	符合规定标准的生物实验室数量和百分比 The number and percentage of biological laboratories that meet the required standards		正 P
		29	生物安全人才数量及密度(每万人) Number and density of biosafety talents (per 10,000 people)		正 P
		30	对生物产业和基本卫生部门的官方援助及其他途径投资总额 Total investment in official aid and other channels for the bio-industry and basic health sector*		正 P
		31	疫苗覆盖的目标人群比例(百分比) Proportion of target population covered by vaccine (percentage) *		正 P
		32	生物安全的宣传教育普及率(百分比) Publicity and education penetration rate of biosafety (percentage)		正 P

* 来源于《世界发展指标》《可持续发展目标报告》《国际卫生条例核心能力指数(2010–2017)》《实验室生物安全手册(第四版)》《生物多样性指标伙伴》的定量指标。The indicators are derived from World Development Indicators, The Sustainable Development Goals Report, International Health Regulations Core Capacity Index, Laboratory Biosafety Manual, 4th Edition, and Biodiversity Indicators Partnership.

4 评价指标体系的应用案例

4.1 数据来源

根据生态环境部发布的《2020中国生态环境状况公报》(www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202105/P020210526572756184785.pdf)、深圳市气象局发布的《深圳市气候公报(2020年)》(http://weather.sz.gov.cn/attachment/0/748/748063/8518516.pdf)、深圳市生态环境局发布的《深圳市生物多样性白皮书》(http://meeb.sz.gov.cn/xxgk/ghjh/zcqh/content/post_8810663.html)和《2020年度深圳市生态环境状态公报》(http://meeb.sz.gov.cn/xxgk/tjsj/ndhjzkgb/content/post_8841449.html)、广东省统计局发布的《广东统计年鉴(2020年)》(http://stats.gd.gov.cn/gdtjnj/content/post_3098041.html)、深圳市统计局发布的《深圳统计年鉴(2020年)》(http://tjj.sz.gov.cn/attachment/0/736/736628/8386382.pdf)和深圳市卫生健康委员会发布的《2019年深圳市卫生统计提要》(http://wjw.sz.gov.cn/xxgk/tjsj/zxtjxx/content/post_7786068.html)等官方报告获取相关数据(附录2),为专家评审打分提供量化参考。

4.2 评价结果和结论

根据附录2相关数据,通过研讨会进行了深入讨论,组织来自北京市、深圳市的卫生健康主管部门、生态环境部门、科学技术局、公安局、高校专家、生物技术研发产业的7名代表,采取“介绍情况—专家评分”的方式,对各项指标进行打分,计算其平均分和加权平均分,汇总最终结果(表2)。

根据评估结果可以得出如下结论:

(1)当前深圳的生物安全水平整体而言较高,且在生物多样性保护、生物医药诸多领域走在了全国前列。

(2)专家打分平均分排名前三的基本指标为农业农药、化肥施用量、人畜共患病发病率和死亡率、记录在案的外来入侵物种截获数量。说明深圳在农业生物安全、动植物防疫、防范外来物种入侵方面成果显著。

(3)通过评价指标体系的应用,深圳生物安全仍存在以下问题:(i)当前我国生物安全法律法规较为冗杂、分散,无论是国家层面或是市级层面均未形成统一的法律法规体系。虽然深圳针对突发公共卫生和人体健康专门制定了地方性法规,但对生物

安全其他领域却采用规范效力较低的地方规范性文件,且所适用的法律法规之间存在衔接问题。例如国务院于2018年3月19日修订《病原微生物实验室生物安全管理条例(2018年修订)》,在法律责任层面直接规定“构成犯罪的,依法追究刑事责任”,而在现行《刑法》中却无与之相对应的罪名,只能将诸多不同类型的生物犯罪统一认定为以危险方法危害公共安全罪、非法经营罪等口袋罪。(ii)深圳生物安全职能分散在各个部门,不可避免会面临多头管理、职能重叠、运行机制漏洞等问题。例如对于外来入侵物种的管理,由海关和生态环境部门等多个部门负责,这些部门之间如何协调配合,职能如何分配成为当前亟需解决的问题。(iii)当前深圳生物安全人才不足,面临生物专业人才与综合人才短缺的问题,同时对生物安全的资金投入仍存在不足。(iv)当前对生物安全知识的普及率仍稍显欠缺。

4.3 对策建议

4.3.1 完善生物安全法律法规体系并注重法律协调衔接

针对生物安全相关法律法规尚未体系化,且法律法规之间尤其是在行刑层面衔接不足的现状,提出以下建议:(1)定期清理已失效法律法规及规范性文件;(2)可参考上文所提出的生物安全的基本要素,即自然生物安全和社会经济生物安全的划分方式,明确生物安全的范围,并根据生物安全不同类型进行法律法规体系的建构;(3)区别对待不同情形,例如避免将破坏生物多样性的行为直接上升为刑法打击,应从刑法规制和野生动植物种保护法设置两方面出发;(4)根据生物安全风险的特点,增设专门防范生物风险的罪名,增强条文的针对性;(5)建立健全生物技术及其产品安全管理、有害生物安全管理等相关法律法规,规范生物技术研究开发和应用管理。

4.3.2 “一个健康”实现多元协同生物治理

“一个健康”(One Health)是一种设计和实施规划、政策和研究的方法,强调多个部门进行交流和协作,以实现更好的生物安全保护效果。其理念建立在人类健康、动植物健康、生态系统健康相互依存,相互影响的基础上(Zinsstag et al, 2011)。针对当前深圳市在部门协调层面所面临的问题,提出以下建议:(1)建立生物安全协调小组,整合生物安全各个部门,以实现统一规划、统一管理。(2)推进跨部

表2 专家评分标准计算表。专家打分采取百分制，最终加权平均分算出的分值为该区域生物安全水平指数。< 60为不及格；≥ 60–80为及格；80–90为良好；90–100为优秀。各指标序号同表1。

Table 2 Expert scoring standard calculation table. Experts use a percentage system for scoring, and the final weighted average score is an index of the biosafety level of the region. <60 is failing; 60–80 is passing; 80–90 is good; 90–100 is excellent. Indices see Table 1.

序号 No.	权重 Weight Wi	专家打分 Scores by experts								影响指标指数 Impact index $P = \text{Average}(A) * W_i$
		专家1 Expert 1 (X_1)	专家2 Expert 2 (X_2)	专家3 Expert 3 (X_3)	专家4 Expert 4 (X_4)	专家5 Expert 5 (X_5)	专家6 Expert 6 (X_6)	专家7 Expert 7 (X_7)	平均分 Average (A)	
1	10%	72	77	78	75	73	78	79	76.00	7.56
2		75	64	78	79	76	79	81	76.00	
3		71	79	74	68	79	75	79	75.00	
4		77	77	73	75	82	74	72	75.71	
5		74	72	78	81	79	71	72	75.29	
6	10%	95	98	100	97	98	94	100	97.43	7.20
7		56	56	59	53	62	53	68	58.14	
8		57	55	61	71	69	54	57	60.57	
9	15%	93	97	97	94	98	100	92	95.86	13.94
10		92	95	94	94	98	95	97	95.00	
11		95	97	94	95	95	94	93	94.71	
12	15%	96	97	92	94	93	93	98	94.71	12.96
13		99	92	94	94	91	97	99	95.14	
14		84	79	81	83	72	86	89	82.00	
15		96	93	83	94	89	93	97	92.14	
16		82	74	72	79	72	75	81	76.43	
17	20%	85	92	91	94	87	93	92	90.57	18.73
18		94	91	93	96	94	93	91	93.14	
19		92	88	91	80	87	89	89	88.00	
20		93	97	91	96	97	99	92	95.00	
21		97	96	98	98	99	93	93	96.29	
22	30%	93	96	98	92	93	93	98	94.71	24.01
23		92	98	90	92	99	93	94	94.00	
24		99	96	89	93	94	95	95	94.43	
25		72	70	78	74	81	70	77	74.57	
26		81	83	86	78	82	77	84	81.57	
27		65	74	79	68	74	78	81	74.14	
28		79	73	79	83	81	79	85	79.86	
29		82	75	72	79	73	71	73	75.00	
30		83	91	86	87	92	87	85	87.29	
31		93	93	98	94	90	95	99	94.57	
32		63	69	71	64	77	81	88	73.29	
加权平均分 = SUM (P)									84.40	
Weighted average = SUM (P)										

门行动，加强部门之间信息共享和联动执法。(3)加强管理部门与高校、科研院所、企业之间的合作。例如通过设立专业基金、签订合同等方式引入第三方(高校、科研院所、企业)共同研发，深化创新平台

建设，促进重大成果转化，实现优势互补和资源共享。(4)推动区域之间和国际合作。例如推动区域间生物实验室标准化建设，统一实验室检测方法和标准，建立区域化信息平台，提高实验室数据利用效

率。推进生物安全国际合作, 建立生物安全国际监管体系, 推动建立全球登记制度。

4.3.3 加强人才培养和资金投入

当前生物技术和战略新兴产业的发展无论是从国家经济层面还是从国际竞争力层面均迫切需要生物安全综合型人才和专业型人才。针对上述问题提出以下建议: (1)采取高校专项生物安全人才培养方式, 通过“强基计划”等多种自主招生途径, 聚集未来的生物技术人才; (2)为生物安全人才创造良好的学习和工作环境, 制定相关政策, 在住房、子女上学、医疗保障、出国手续等方面给予便利; (3)加大人才经费保障力度, 可设立科技计划、专项基金等形式为生物安全人才提供资金支持; (4)完善生物实验室建设, 设置专项资金、专项基金等方式吸引投资, 推动生物产业发展。

4.3.4 加强生物安全宣传教育

当前深圳市对于生物安全的普及率仍较为薄弱, 故提出以下建议: (1)借助媒体的宣传力和影响力, 采取电视、互联网、微信、微博等多种形式加强对生物安全的宣传; (2)政府部门可定期组织人员去社区进行生物安全宣讲、张贴宣传海报, 提升公众对生物安全的了解度; (3)制定相关生物安全手册, 发放至学校、家庭、工作单位, 扩大生物安全教育的覆盖面; (4)生物安全科普宣传的内容要经过专家评议, 要鼓励第三方的客观宣传, 生物技术工作者自身进行宣传时要慎重, 避免过度宣传。

参考文献

- Australian Government (2015) Biosecurity Act 2015. <https://www.legislation.gov.au/Details/C2020C00127>. (accessed on 2021-05-20)
- Beumer K (2019) How to include socio-economic considerations in decision-making on agricultural biotechnology? Two models from Kenya and South Africa. *Agriculture and Human Values*, 36, 669–684.
- Borja Á, Galparsoro I, Solaun O, Muxika I, Tello EM, Uriarte A, Valencia V (2006) The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 84–96.
- Boylan S, Beyer K, Schlosberg D, Mortimer A, Hime N, Scalley B, Alders R, Corvalan C, Capon A (2018) A conceptual framework for climate change, health and wellbeing in NSW, Australia. *Public Health Research & Practice*, 28, e2841826.
- Briggs D, Corvalán C, Nurminen M (1996) Linkage Methods for Environment and Health Analysis. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/62988/WHO_EHG_95.26_eng.pdf. (accessed on 2021-05-20)
- Burnett LC (2006) Biosafety practices associated with potential agents of biocrime and biowarfare. *Current Protocols in Microbiology*, 3, 1A.2.1–1A.2.5.
- Chang JW (2020) Accelerate the construction of national biosafety laws and regulations system. *People's Weekly*, (5), 74–75. (in Chinese) [常纪文 (2020) 加快构建国家生物安全法律法规体系. *人民周刊*, (5), 74–75.]
- Chen YJ (2004) Biosafety: A new field of human health and environmental protection. *Qiushi*, (6), 53–54. (in Chinese) [陈颖健 (2004) 生物安全: 人类健康和环境保护的新领域. *求是*, (6), 53–54.]
- Doran GT (1981) There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives. *Management Review*, 70, 35–36.
- Durant S, Faunce T (2018) Analysis of Australia's new biosecurity legislation. *Journal of Law and Medicine*, 25, 647–654.
- Gentry-Shields J, Bartram J (2014) Human health and the water environment: Using the DPSEEA framework to identify the driving forces of disease. *Science of the Total Environment*, 468/469, 306–314.
- Hambling T, Weinstein P, Slaney D (2011) A review of frameworks for developing environmental health indicators for climate change and health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8, 2854–2875.
- He LL, Xu P (2018) Study on the management of the prevention and control of forestry pest in the European Union and its enlightenment to China. *Environmental Protection*, 46, 107–111. (in Chinese) [何力立, 徐平 (2018) 欧盟林业有害生物防治管理的研究与启示. *环境保护*, 46, 107–111.]
- Hulme PE (2020) One Biosecurity: A unified concept to integrate human, animal, plant, and environmental health. *Emerging Topics in Life Sciences*, 4, 539–549.
- Li J, Ju RT, Wu JH, Li B (2016) Ecological consequences and management of biological invasions in Chinese coastal zone. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 31, 1204210. (in Chinese with English abstract) [黎静, 鞠瑞亭, 吴纪华, 李博 (2016) 海岸带生物入侵的生态后果及管理对策建议. *中国科学院院刊*, 31, 1204–1210.]
- Liu CQ (2010) Bio-safety problem with its legislative countermeasure: A perspective from bio-economy development. *China Population, Resources and Environment*, 20, 151–157. (in Chinese with English abstract) [刘长秋 (2010) 生物经济发展视野下的生物安全问题及其立法对策研究. *中国人口·资源与环境*, 20, 151–157.]
- Liu YY, Liu JF, Wu CF (2016) Analysis of the international biochemical security situation. *Journal of PLA Nanjing*

- Institute of Politics, 32, 63–69, 141. (in Chinese with English abstract) [刘杨钺, 刘戟锋, 吴承富 (2016) 武器化视角下国际生化安全态势分析. 南京政治学院学报, 32, 63–69, 141.]
- Meyerson LA, Reaser JK (2002) Biosecurity: Moving toward a comprehensive approach. *BioScience*, 52, 593–600.
- Mo JH (2020) Some reflections on speeding up the construction of national biosafety legal system. *Journal of Xinjiang Normal University (Edition of Philosophy and Social Sciences)*, 42–57, 2. (in Chinese with English abstract) [莫纪宏 (2020) 关于加快构建国家生物安全法治体系的若干思考. 新疆师范大学学报(哲学社会科学版), 42–57, 2.]
- Mo S (2003) International trade and China's biological security. *International Business-Uibe Journal*, (5), 20–22. (in Chinese) [莫莎 (2003) 对外贸易与保护我国生物安全. 国际商务(对外经济贸易大学学报), (5), 20–22.]
- Morris GP, Beck SA, Hanlon P, Robertson R (2006) Getting strategic about the environment and health. *Public Health*, 120, 889–903.
- Sun YH (2019) Research on rule of law guarantee of the mainstreaming biodiversity conservation. *Journal of CUPL*, (5), 38–49, 206. (in Chinese with English abstract) [孙佑海 (2019) 生物多样性保护主流化法治保障研究. 中国政法大学学报, (5), 38–49, 206.]
- Wang CF (2000) Establishing a framework legal system: A preliminary study on biosafety management legislation. *international trade*, (7), 15–19. (in Chinese) [王灿发 (2000) 创建框架性法规体系——生物安全管理立法初探. 国际贸易, (7), 15–19.]
- Wang CF, Yu WX (2003) On basic principles of international bio-safety law. *Modern Law Science*, 25, 128–139. (in Chinese with English abstract) [王灿发, 于文轩 (2003) 生物安全的国际法原则. 现代法学, 25, 128–139.]
- Wang K (2016) Legal prevention of environmental risks of genetically modified organisms. *Law and Social Development*, 22, 132–147. (in Chinese) [王康 (2016) 基因改造生物环境风险的法律防范. 法制与社会发展, 22, 132–147.]
- WHO (World Health Organization) (2020) Laboratory Biosafety Manual, 4th edn. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240011311>. (accessed on 2021-05-20)
- Zhang B, Xu Q, Chen JN, Ye LL, Du F, Zu ZH, Zheng T (2018) Time-warning needs assessment method for bio-terror accident alert based on scenario simulation. *Military Medical Sciences*, 42, 766–772. (in Chinese with English abstract) [张斌, 许晴, 陈晶宁, 叶玲玲, 杜飞, 祖正虎, 郑涛 (2018) 基于情景模拟的生物恐怖事件预警时间需求评估方法. 军事医学, 42, 766–772.]
- Zhang H (2012) On the principle of toleration in eco-safety law. *Ecological Economy*, (3), 39–43. (in Chinese with English abstract) [张辉 (2012) 论生物安全法之宽容原则. 生态经济, (3), 39–43.]
- Zhao JJ (2000) Effectively strengthen China's biosafety management. *China Economic and Trade Herald*, (18), 30. (in Chinese) [赵俊杰 (2000) 切实加强我国的生物安全管理. 中国经贸导刊, (18), 30.]
- Zhou DS, Song HB, Wang JW, Li ZJ, Xu S, Ji XZ, Hou XX, Xu JG (2019) Biosafety and biosecurity. *Journal of Biosafety and Biosecurity*, 1, 15–18.
- Zinsstag J, Schelling E, Waltner-Toews D, Tanner M (2011) From “one medicine” to “one health” and systemic approaches to health and well-being. *Preventive Veterinary Medicine*, 101, 148–156.

(责任编辑: 薛达元 责任编辑: 时意专)

附录 Supplementary Material

附录1 基于DPSEEA模型构建的评价体系中各指标的阐释

Appendix 1 Explanation of each index in the evaluation system

<https://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2021234-1.pdf>

附录2 由官方报告获取的深圳市生物安全相关数据(2019–2020年)

Appendix 2 Biosafety-related data from Shenzhen City, China (2019–2020)

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2021234-2.pdf>

附录1 基于DPSEEA模型构建的评价体系中各指标的阐释
Appendix 1 Explanation of each index in the evaluation system

驱动力(D)

1. **气候变化, 尤其是温室气体排放。**气候变化对生态环境和人类健康均会造成一定影响。例如极端天气事件(干旱、洪水)直接影响生态系统健康以及供人类使用的生态系统产品和服务的生产力和可用性。气候的长期变化也会影响生态系统的生存能力和健康, 影响植物、病原体、动物分布的变化, 进一步增加了人畜共患病的风险。
2. **人口自然增长率。**人口增长会加剧生态环境负担。
3. **全球贸易以及人员、货物的流动。**贸易交往不再仅限于传统货物, 野生动植物贸易成为可能, 生物犯罪与生物恐怖主义行为有了可乘之机。
4. **人均 GDP 增长率。**经济的增长加快了贸易往来。
5. **生物技术发展。**例如合成生物学的发展, 一方面推动了公共卫生和能源领域的发展, 另一方面也对生物安全造成一定侵害, 尤其是社会经济生物安全(Kalupa, 2017)。另外, 生物技术既是生物医学研究和药物生产等民用活动的材料和技术同时也可以用来生产生物武器, 对国家安全利益将产生不可逆转和不可估量的影响。

压力(P)

6. **农业农药、化肥施用量。**化肥、农药的使用虽然有利于提高粮食生产, 但是化肥的使用会造成土壤酸化、板结, 不利于植物健康发展。农药的喷洒会造成微生物减少, 也增强了某些病原体毒素的抗药性, 从而也会对生物多样性和生态环境产生影响。
7. **土地用途变化的速度、变化面积百分比、变化程度。**土地用途的不断变化致使物种栖息地单一化、物种丧失, 加剧了生态环境的脆弱性, 进而增强了环境对疾病的敏感度。
8. **城市人口密度。**城市化发展改变了人类的居住环境, 水质污染、废物管理不善、卫生设施不健全、拥挤的生活为危险生物因子在人群中快速传播提供了便利。

状态(S)

9. **记录在案的外来入侵物种截获数量。**主要反映外来入侵物种的状况。
10. **森林、草原覆盖率。**主要反映生态系统多样性状况。
11. **陆地及海洋保护区面积。**主要反映生物栖息地状况。

12. 按生态系统类型分列的保护区覆盖的关键生物多样性区域(key biodiversity areas)的比例。主要反映生物栖息地状况。

13. 粮食、农业植物和动物遗传资源数量。主要反映遗传多样性状况。

14. 当地品种被分类为受危(包括极危、濒危、易危)、近危或受威胁程度未知的比例。主要描述物种多样性状况。

15. 使用不安全管理的饮用水服务的人数和易接触不安全食物的人数占总人口的百分比。主要反映人类健康状况。

接触(E1)

16. 在危险生物环境条件下工作的人员占总工作人口的百分比。从总体层面反映社会稳定的状态。

17. 生物实验室个人防护设备数量及不当使用次数。从总体层面反映社会稳定的状态。

影响(E2)

18. 国家红色物种名录指数。总体反映濒危物种的数量和变化, 反映状态(S)对生物个体和生物多样性的影响。

19. 因外来物种入侵导致濒危或灭绝的物种数量及程度。说明外来物种入侵对生态系统的影响。

20. 由抗生素耐受细菌引起血流感染的比例。直观反映生物风险对民众健康的影响。

21. 每 100,000 人经由水传播、媒介传播或食物传播疾病爆发的发病率、死亡率。直观反映生物风险对民众健康的影响。

22. 人畜共患病暴发的发病率、死亡率。直观反映生物风险对民众健康的影响。

23. 经由水传播、媒介传播或食物传播疾病发生的频率。评价生物风险对社会稳定及国家安全经济利益所产生的具体影响。

24. 人畜共患病暴发的频率。评价生物风险可能对社会稳定及国家安全经济利益所产生的具体影响。

行动(A)

25. 生物安全法律法规体系健全水平(包括生物安全指南、公共卫生应急准备和响应计划)。生物安全法律法规体系主要由生物多样性相关、突发公共卫生事件相关、生物科技监管和生物实验室管理相关法律法规构成, 同时也包括具有指导意义的生物安全指南、公共卫生应急准备和响应计划。“健全水平”一方面描述的是法律法规体系的完整程度, 即基本涵盖生物安全所需规制的事项, 当前随着基因工程、人工智能、大数据、纳米技术的发展, 许多新型生物犯罪方式仅能适用诸如非法经营罪、以危险方法危害公共安全罪等口袋罪规制, 容易出现罪责刑不符合的现象。另一方面描述的是法律法规之间的协调程度。《生物安全法》的

出台, 为生物安全保护提供了基本框架, 但是其也存在一定问题, 突出表现为与其他法律法规之间的衔接层面。将生物安全法律法规体系健全水平作为评价生物安全评价指标之一, 有利于推动积极完善立法, 为生物安全提供坚实法治保障。

26. 生物安全所涉违法犯罪行为的打击力度。生物安全作为维护国家自身安全与利益的一种能力和状态, 对所涉违法犯罪行为的打击力度是衡量国家对生物安全保护力度的一项重要指标。根据《生物安全法》第九章“法律责任”的规定, 生物安全所涉违法犯罪行为涉及民事、行政与刑事三层责任。其中以行政处罚、治安处罚、刑事责任追究、民事赔偿为主要责任方式。因此, 在对该指标进行衡量时, 可参考民事案件、行政案件立案率, 生物恐怖行为案件立案率与破案率等数据。

27. 生物安全各部门机构协调机制的建立和完善程度。《生物安全法》第十条、第十一条、第十二条原则性地说明要建立生物安全工作协调机制。生物安全涉及生态环境、农业、卫生健康、科技、外交等多个方面, 涉及多个部门的职能, 一方面, 生物安全需要多部门协调配合以确保其实现; 另一方面, 既要实现“安全”目的, 同时也应推动生物技术的发展。如何协调安全与发展二者之间的关系, 如何实现投入维护生物安全的资源效益最大化, 同样需要生物安全各部门协调机制的完善。故将该指标作为评价生物安全的指标之一。

28. 符合规定标准的生物实验室数量和百分比。一方面, 符合规定标准是指生物实验室设置需要满足以下条件: 一是有明确的规章制度, 对实体安全、人员安全、生物材料控制和问责、转移安全以及信息安全等方面均要有规定; 二是工作人员均接受过正规的培训; 三是生物实验室安全准则和条例定期审查和更新; 四是实验室服务协调机制已建立和完善, 包括卫生机构将标本均送至实验室检验的机制、消毒去污和控制病媒的协调机制; 五是有一份定期更新的专家名单, 可应对重大传染病和动植物疫情(该标准来源: 由专家小组及上述数据报告综合获取。但不可否认, 随着社会发展, 该标准会发生一定变化, 但是该指标仍可作为参考依据)。

29. 生物安全人才数量及密度。从人力资源角度评价生物安全, 专业的人才才是维护生物安全的重要组成部分。生物安全领域交叉性的趋势要求国家必须提升人才培养能力, 培养专业型人才和综合型人才。一方面, 我国参与生物风险评估工作的兼职人员较多, 专职人员相对较少, 一定程度上会造成评估的结果有较大偏差、评估内容无法有效反映生物安全风险。另一方面, 生物安全常常涉及多个学科领域, 需要培养综合型人才, 因此将人才的数量及密度作为评价生物安全的指标。最后, 生物产业包括生物医疗、生物医药、生物农业、生物环保、生物制造、生物能源。

30. 对生物产业和基本卫生部门的官方援助及其他途径投资总额。从财力资源角度评价生物安全。资金是维护生物安全不可或缺的一部分, 官方的投入和其他途径的投资一定程度反映该地区的财力保障水平。

董媛媛 (2021) 基于 DPSEEA 模型构建生物安全评价体系: 以深圳市为例. 生物多样性, 29, 1530–1538.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021234>

31. 疫苗覆盖的目标人群比例。疫苗接种覆盖率是指在某一地区接种疫苗的人群占该地区总人口的比例。该指标能够反映对突发公共卫生事件的防范程度。

32. 生物安全的宣传教育普及率。随着人类活动对生态系统的影响逐渐加强, 对生物多样性和生态系统服务价值的认识和教育越来越重要。将生物安全的宣传教育普及率作为评价指标之一有利于提升政府对民众生物安全宣传教育的重视程度。

参考文献:

Kalupa NH (2017) Black biology: Genetic engineering, the future of bioterrorism, and the need for greater international and community regulation of synthetic biology. *Wisconsin International Law Journal*, 34, 952–980.

董媛媛 (2021) 基于 DPSEEA 模型构建生物安全评价体系: 以深圳市为例. 生物多样性, 29, 1530–1538.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021234>

附录2 由官方报告获取的深圳市生物安全相关数据(2019–2020年)

Appendix 2 Biosafety-related data from Shenzhen City, China (2019–2020)

环境类:

(1) 2020 年深圳经历着气温偏高、降水偏少、风速偏小、日照明显偏多, 出现近 10 年最强季风降水等气候变化历程。2020 年深圳气候条件对水环境的改善作用近 5 年最差, 极端气温事件多发, 易引发森林火灾, 同时对人体健康的影响较大。

(2)截至 2020 年, 深圳森林覆盖率为 39.8%, 全市陆域自然保护地 25 处, 总面积 494.43 km², 占辖区面积的 24.75%。提前实现《生物多样性公约》中“2020 年 17%的陆域面积纳入保护”的目标。

生物、医药、食品类:

(1) 2020 年以来深圳海关截获有害生物 531 种 16,773 次(www.customs.gov.cn/shenzhen_customs/511680/511681/3627809/index.html)。

(2)深圳自然保护地基本覆盖全市最核心的生物多样性热点区域。根据 (《Protected Planet Report 2020》)(<https://livereport.protectedplanet.net/>), 截至 2020 年年底, 全球 20.2%的陆地生物多样性关键区域得到全面保护。

(3)深圳特有植物 36 种, 野生古老孑遗植物 54 种, 特有动物 39 种。有 50 余种能进行开发利用的材用植物资源, 百余种药用植物资源和多种食用植物资源。

(4)广东省 2019 年农用化肥施用量(折纯量)为 225.79 万吨, 同比下降 2.39%; 2019 年农药使用量为 8.75 万吨, 同比下降 6.62%; 2020 年深圳已完成化肥农药使用零增长。

(5)深圳仅有一所生物安全 P3 实验室(目前广东正在筹划建立 20–30 所 P3 实验室), 专门用于从事高致病性病原微生物的检测和研究工作。该实验室 2019 年个人防护未发生不当使用现象。

(6)深圳 2019 年未发生重大传染病疫情, 全年全市未发生甲类传染病, 共发生乙类传染病 51,612 例, 发病率为 0.39621%, 较 2018 年上升 0.00387%, 其中死亡 30 例, 死亡率为 0.00023%, 较去年下降 0.00003%。因传染病、寄生虫病导致死亡的比例为 0.0013%。

(7)深圳生物医药产业 2019 年同比增长率为 13.3%。

(8)深圳自 2009 年以来, 城市饮用水源水质达标率均为 100%; 以 2019 年深圳市市场和质量监督管理委员会四十七期抽检的 53,498 批次食品安全情况为依据, 计算食品不合格率为 0.83%。
(http://amr.sz.gov.cn/xxgk/qt/ztlm/spaq/spaqjg/index_5.html)

社会经济类:

(1) 2019 年深圳市人口自然增长率为 20.39%，同比增长 0.1%。

(2)深圳常住非户籍人口 2019 年达到 849.1 万，较 2010 年增长 8%。2019 年进出口总额较 2010 年增长 24.43%。

(3)深圳 2019 年人均 GDP 同比下降 0.29%。

(4)深圳市区土地用途主要为房屋建筑，2019 年深圳建筑业企业房屋建筑施工新开工面积为 5,229.78 万 m²，同比增长 9.93%。

(5)深圳 2019 年人口密度为 6,728 人/km²，同比增长 3.16%。

(6)危险生物环境条件包括农林牧渔业，交通运输、仓储和邮政业，住宿和餐饮业，科学研究和技术服务业，水利、环境和公共设施管理业，卫生和社会工作行业，深圳 2019 年总工作人口为 12,833,718 人，其中在以上行业工作的人数为 1,743,593 人，占总工作人口的 13.59%。

政策行动类：

(1)截至 2020 年末，深圳市共出台现行有效的生物安全相关地方法规、部门规章及地方规范性文件共计 72 件，其中广东省人大及其常委会制定的地方性法规为 4 部(广东省人大常委会关于修改《广东省实施〈中华人民共和国海洋环境保护法〉办法》和《广东省渔业管理条例》个别条款的决定、《广东省动物防疫条例》《广东省实验动物管理条例》《广东省环境保护条例》)；深圳市人大常委会制定的地方性法规为 2 部(《深圳经济特区突发公共卫生事件应急条例》、《深圳经济特区健康条例》)，其余为地方规范性文件。另外适用于深圳市生物安全治理方面的法律法规等规范性文件共计 1,089 部，其中法律(指全国人大及人大常委会制定的法律)共计 10 部，行政法规共计 83 部(包括 10 部行政法规、1 部行政法规解释和 72 部国务院规范性文件，涉及生物实验室管理、农业转基因、重大动物疫情、生物两用技术、人类遗传资源管理、畜禽遗传资源方面)，司法解释 3 部，部门规章 976 部。

(2)深圳尚未成立生物安全协调小组，生物安全的职能分散于生态环境局、农业局、海关、市场监督管理局、卫生健康委员会、疾病预防控制中心等部门。

(3)深圳拥有国家、省、市级重点实验室、工程实验室、工程(技术)研究中心和企业技术中心等各类创新载体累计达到 2,257 家。

(4) 2019 年深圳医药制造业人员为 18,897 人，科学研究和技术服务业人员为 464,119 人，合计占总工作人口的 3.76%。

(5) 2019 年官方对深圳医疗卫生事业费和固定资产投资总额为 3,785,404 万元，同比增长 59.82%。2019 年底深圳市发改委组织实施了深圳市生物医药产业 2019 年第一批扶持计划

董媛媛 (2021) 基于 DPSEEA 模型构建生物安全评价体系: 以深圳市为例. 生物多样性, 29, 1530–1538.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2021234>

(http://fgw.sz.gov.cn/gkmlpt/content/5/5738/post_5738555.html#2659), 之后开展了多项战略性新兴产业扶持计划(包括生物医药)。并提出每年投入专项资金约 7.5 亿元支持生物医药产业发展(http://fgw.sz.gov.cn/gkmlpt/content/6/6927/post_6927544.html#2633)。深圳市人民政府办公厅也于 2020 年 2 月 2 日发布《深圳市人民政府办公厅关于印发深圳市促进生物医药产业集聚发展指导意见及相关配套文件》(www.sz.gov.cn/zwgk/zfxxgk/zfwj/szfbgtwj/content/post_8121303.html)。

(6) 截至 2020 年深圳市国家免疫规划疫苗报告接种率达到 95% 以上(<http://app.myzaker.com/news/article.php?pk=6085347c1bc8e0ab02000230&f=huangli>)。

(7)通过调研数据可得 2019 年深圳生物安全的宣传普及率达到 63.7% (笔者及调研小组通过设计调查问卷的形式对民众关于生物安全、生物多样性等概念的理解程度, 综合评估后得出此结果)。