

新加坡 绿色建筑



指导原则5：资源效率和循环性

循环性以及可持续技术和建筑材料的使用应被规划和设计到基础设施系统中，以最大限度地减少它们的“足迹”，进而减少排放、废弃物和其他污染物。



背景

新加坡是世界上人口最为稠密的国家之一（联合国经济和社会事务部[经社部]，2019年）。作为一个占地超过720平方公里的城市国家，它还面临着相当大的自然资源限制（Chew，2010年，第196页）。然而，新加坡是世界上碳效率最高的经济体之一，力求到2030年至少80%的建筑实现绿色化（新加坡建设局，2010年，第3页）。为了打造一个清洁、高效和宜居的城市，减少建筑对进口自然资源的依赖，自

2005年以来，新加坡推出了一系列创新措施，将环境可持续性纳入其

人工建成的基础设施中。新加坡的“绿色建筑”（包括办公楼、大学建筑、公共交通建筑和其他设施）遵循循环性原则，在建筑设计中使用回收材料和绿色技术。重要的是，通过创造促进采用可持续建筑材料和可持续做法的赋能环境，这些创新得以大规模实现。

将循环性纳入建设中

新加坡绿色建筑的首个关键技术措施是在建设中使用绿色和回收材料。例如，诺雅初级学院的一栋12层高的教学楼就采用了重型工程木材建筑系统（新加坡建设局，2020年a）。重型工程木材采自可持续发展的森林（森林认证认可计划，2019年），与钢筋混凝土建筑相比，重型工程木材建筑的碳足迹和净碳排放量较少（新加坡建设局，2020年b）。另一个例子是淡滨尼总汇的一座用绿色混凝土建造的三层办公楼。绿色混凝土使用的沙子较少⁵，由铜渣、再生混凝土骨料和磨细高炉矿渣取代部分沙子（Chew，2010年）。

循环性纳入了新加坡建筑的整个生命周期，包括报废或拆除阶段。新加坡建设局制定的《拆迁协议》后来被纳入了《新加坡标准》，这是一套最大限度地回收废料以便进行有益的再利用或回收利用的程序（新加坡建设局，2020年c）。这些材料有可能被用于其他项目，如由拆建废料制成的再生混凝土骨料建造的三和生态绿色建筑。

绿色设计与技术

除了使用绿色建筑材料外，新加坡政府还鼓励使用可持续建筑设计和绿色技术，以尽量减少对环境的影响并最大限度地提高建筑的整体性能。这些都是通过新加坡建设局的绿色标志认证计划推动的，这是一个评估建筑整体环保性能的框架，包括能源、用水效率、室内环境质量以及建筑整个生命周期的环境影响。

考虑到新加坡的热带气候，建筑和空间多采用被动式设计策略以减少能源使用量和碳排放量。例如，个别建筑采用具有地方特色的精心设计，以最大限度地利用日光或避免阳光直射。为了将自然带入密集的城市环境中，越来越多的建筑也融入了大量绿植和树

木，以提供树荫并将城市热岛效应降到最低。许多建筑都有遮阳的外部结构，如阻挡阳光照射的骑楼（生态商务，2011年）。种植了多层植被的绿色屋顶进一步减少太阳辐射的热量。它们为“灰色”解决方案提供了一种基于自然的替代方案，并减少了对“灰色”解决方案的需求。

在能效方面，位于新加坡建设局学院布莱德校区的零能耗建筑和最近完工的新加坡国立大学设计与环境学院4号楼（SDE4）就是典型的实例。新加坡建设局学院零能耗建筑是东南亚首个“净零能耗”建筑，自2009年起，连续近十年零能耗。该建筑是将绿色建筑技术整合到现有建筑中的试验台（新加坡建设局，2020年d）。新加坡国立大学SDE4专为热带条件定制，极为关注立面、朝向和体块，它采用了带风扇的“混合”冷却系统，而非标准的空调系统，从而实现更高的设定点和更低的能耗，并具有同样的热舒适性。自2019年开放以来，精心的能源管理加上规模庞大的屋顶太阳能光伏阵列，实现了净正能耗。建屋发展局还引入了“智能”技术，包括其榜鹅北岸开发项目中的“智能风扇”，它可以根据温度、湿度和人的运动而启动（新加坡建屋发展局，2015年）。这些不同的解决方案减少了能源和自然资源的消耗，从居住者的角度来看，也使建筑更加舒适可用。

其他建筑，如大士Nexus（Tuas Nexus）通过整合不同部门体现了循环性。Tuas Nexus是新加坡第一个污水垃圾综合处理设施，由新加坡公用事业局和国家水务局管理的大士供水回收厂与国家环境局管理的综合废物管理设施组成。其建设将利用水-能源-废物之间的协同效应，在最大限度减少土地占用的同时，优化能源和资源回收。例如，废物变能源过程所产生的电力将用于为整个设施的运行供电，多余的电力将输入电网。由于采用了综合方法，Tuas Nexus将实现能源自给自足。预计它每年能减少超过200,000吨的二氧化碳，相当于新加坡道路上减少了42,500辆汽车（新加坡国家环境局，2020年）。

⁵ 沙子是一种因大量温室气体排放和负面环境影响（例如开采沙子造成的海岸侵蚀）而日益稀缺的资源。

赋能环境

至关重要的是，为了支持绿色建筑系统，新加坡政府通过战略政策和鼓励措施提供了赋能环境，以便实现到2030年新加坡80%的建筑（按总楼面面积计算）实现绿色化的目标。

绿色标志激励计划旨在“通过现金或总楼面面积激励措施促进采用环境友好型建筑技术和设计”（新加坡建设局，2020年e）。该计划还有相应的立法，要求所有新建筑和经过重大改造的现有建筑必须达到最低环境可持续性标准。“超低能耗”计划是新加坡绿色建筑运动的下一波浪潮。该计划于2018年启动，包括一系列由政府与工业界和学术界合作开发的举措，以鼓励设计和采用具有成本效益的超低能耗建筑

（能效比2005年建筑规范提高了60%）（新加坡建设局，2018年，第10页）。

除了环境可持续性的好处外，按照“绿色标志”标准设计的建筑在整个生命周期中都能节约能耗⁶。一些建筑的运营费用削减了11.6%（耶鲁大学，2013年）。其他计划还包括“建筑能效改造融资计划”、“空中绿意津贴计划”及“建筑减音创新基金”（绿色未来，2020年），以解决与建筑有关的一系列经济、环境和社会问题。采取这些措施的同时，各政府机构还共同确定并推动了研究和开发，作为提高新加坡建筑资源使用效率的关键推动因素（生态商务，2011年），促成建立了一个综合性绿色建筑创新集群，以推进节能解决方案和实践。



© happycreator / Shutterstock.com

⁶ 2019年委托进行了一项关于新加坡建设局绿色标志激励计划的独立咨询研究（新加坡建设局，2019年）。该研究包括对40个绿色标志项目的详细审查和生命周期成本分析。

可复制性

预计到2050年，全球城市人口总量将增加25亿（经社部，2018年，第1页），持续创新以便为不断增长的城市人口提供住房、就业机会、公共设施和清洁环境仍是一个关键挑战。新加坡绿色建筑和广泛的城市基础设施的成功经常被其他城市视为典范。新加坡经常被称为“花园中的城市”（联合国环境署，2018年）。

新加坡证明了一个城市和国家如何在保持清洁和绿色环境的同时，建设强大的经济。尽管受到自然资源和土地的限制，但一系列的技术和政策措施使得可

持续基础设施系统的设计和实施既满足人类需求又兼顾环境方面迫切需求。除了“花园中的城市”，新加坡现在设想建立一个“自然中的城市”，这需要整体规划和实施，以进一步将生态系统与城市地区的可持续基础设施相结合（新加坡公共服务处，2020年）。

作为一个高收入的城市国家，新加坡的情况似乎是独一无二的，但它的成功并不仅仅依赖于先进技术。合理的规划应从一开始就把环境敏感性放在首位：新加坡很早就断定，该国承担不起“先污染，后治理”的后果。它揭示了一个人口稠密的城市如何通过适当的政策和原则的承诺，实现高质量的生活，促进有竞争力的经济，并为今世后代维持可持续的环境。

关键洞见

- 新加坡的人口密度和自然资源限制使该国政府加速采取了资源和能源节约型创新措施。最终形成了最大限度减少资源使用的可持续且对自然有利的人造环境。
- 绿色建筑材料、设计和技术将循环性纳入基础设施的生命周期。《新加坡标准》的制定是为了指导建筑商最大限度地回收废料供再利用或回收利用，从而实现材料循环利用。
- 该国将激励、认证、标准、目标和研发举措结合起来，创造了一个有效的赋能环境。

参考文献

Chew, K. C. (2010). Singapore's strategies towards sustainable construction. *The IES Journal Part A: Civil & Structural Engineering* 3 (3), 196-202. <https://doi.org/10.1080/19373260.2010.491641>.

Eco-Business (2011). Green buildings in Singapore: adding the green touch with technology, 26 April. <https://www.eco-business.com/news/green-buildings-in-singapore-adding-the-green-touch-with-technology/>. Accessed 28 August 2020.

Green Future (2020). 2020 Guide to Singapore Government Funding and Incentives for the Environment, 16 February. <http://www.greenfuture.sg/2020/02/16/2020-guide-to-singapore-government-funding-and-incentives-for-the-environment/>. Accessed 28 August 2020.

Programme for the Endorsement of Forest Certification (2019). Singapore set to expand chain of custody certification and responsible sourcing of forest products, 23 September. <https://pefc.org/news/singapore-set-to-expand-chain-of-custody-certification-and-responsible-sourcing-of-forest-products>. Accessed 10 October 2020.

- Singapore, Building and Construction Authority (2010). *Building, planning and massing*. <https://www.bca.gov.sg/GreenMark/others/bldgplanningmassing.pdf>.
- Singapore, Building and Construction Authority (2018). *BCA drives the next generation of green buildings – the super low energy buildings*, 5 September. www1.bca.gov.sg/docs/default-source/docs-corp-buildsg/sustainability/pr_sgbw2018.pdf?sfvrsn=d818280e_2.
- Singapore, Building and Construction Authority (2019). Green Mark for Independent Consultancy Study on BCA Green Mark Schemes. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-for-independent-consultancy-study-on-bca-green-mark-schemes>. Accessed 9 February 2021.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020a). Case Study – Eunoia Junior College. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/mass-engineered-timber/mass-engineered-timber-case-study-eunoia-junior-college>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020b). Mass Engineered Timber. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/productivity/design-for-manufacturing-and-assembly-dfma/mass-engineered-timber>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020c). Demolition Protocol. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/sustainable-construction/demolition-protocol>. Accessed 2 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020d). Super-low energy building. Advancing net zero. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/super-low-energy-programme/super-low-energy-building-advancing-net-zero>. Accessed 1 November 2020.
- Singapore, Building and Construction Authority (2020e). Green Mark Incentive Schemes. <https://www1.bca.gov.sg/buildsg/sustainability/green-mark-incentive-schemes>. Accessed 3 November 2020.
- Singapore, Housing and Development Board (2014). *Smart HDB Homes of the Future*, 11 September. <https://www20.hdb.gov.sg/fi10/fi10296p.nsf/PressReleases/F93B15F80588397748257D500009CE6C>. Accessed 8 January 2021.
- Singapore, National Environment Agency (2020). *Tuas Nexus – Singapore’s First Integrated Water and Solid Waste Treatment Facility Begins Construction*, 8 September. <https://www.nea.gov.sg/media/news/news/index/tuas-nexus-singapore-s-first-integrated-water-and-solid-waste-treatment-facility-begins-construction>. Accessed 9 February 2021.
- Singapore, Public Service Division (2020). Singapore agenda in focus: transforming Singapore into a city in nature, 16 July. <https://www.psd.gov.sg/challenge/ideas/deep-dive/public-sector-transformation-edible-garden-city-in-nature>. Accessed 25 August 2020.
- United Nations Environment Programme (2014). *Sand, rarer than one thinks*. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8665/GEAS_Mar2014_Sand_Mining.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- United Nations Environment Programme (2018). A city in a garden: Singapore’s journey to becoming a biodiversity model, 30 July. <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/city-garden-singapores-journey-becoming-biodiversity-model>. Accessed 16 October 2020.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2018). *World urbanization prospects. The 2018 revision*. New York. <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf>. Accessed 19 October 2020.
- United Nations Department of Economic and Social Affairs (2019). World urbanization prospects. Maps. Percentage urban and urban agglomerations by size class. <https://population.un.org/wup/>. Accessed 28 August 2020.
- Yale University (2013). Singapore taking the lead in green building in Asia, 16 September. https://e360.yale.edu/features/singapore_takes_the_lead_in_green_building_in_asia. Accessed 20 October 2020.