

NASA/KSC 地面设施与环境可持续性发展的规划与实施

摘要：地面设施设备与生态环境的可持续性发展越来越成为世界主要航天国家在航天发射场现代化建设中日趋重视和优先考量的一个要素。美国国家航空航天局(NASA)和肯尼迪航天中心(KSC)结合 2011 年起开始实施的“21 世纪航天发射设施计划”，针对新一代 SLS 火箭、猎户座飞船以及未来运载系统的空间探索任务需求开展了低成本、高效绿色节能设施设备和生态环境保护的可持续性应对建设与规划，并取得了一定成效，其运用思路和经验可供我国未来航天发射场的深化性规划建设与发展借鉴。

一、NASA 地面设施与环境可持续性发展的总体实现目标

1. 发展背景

进入 21 世纪以来，环境可持续性发展已成为美国联邦政府开展设施设备管理项目时优先考量的一个重要因素，并要求设施设备管理者积极主动地减少资源消耗、重复与循环使用原料以减轻联邦各项活动对环境的影响，同时陆续颁布各项法律法规以对各种影响性活动加以约束，推动地面设施与环境的可持续性发展。美国各州和当地政府、非政府组织和私营企业目前已在推进可持

续性发展活动中逐步发挥和扩大着各自应有的作用。

NASA 作为世界航空航天技术领域的领头羊，在致力于太空探索的同时，也一直开展着地球资源与环境保护工作，推动着地面设施与环境可持续性建设与发展。对其而言，可持续性发展就意味着是将适用的可持续性设计实践、可维护性设计元素、建筑运行过程、安全、健康与防护等诸多要素注入到地面设施和环境的规划、设计、建造、启用、运营与维护以及退役等过程中，以加强和平衡地面设施的寿命成本、环境影响、职业健康、安全、防护和生产效率。如果处置合理、得当，将能有效地优化地面设施的建设过程，从而确保所“营造”的环境与自然环境达到最佳匹配效应。

2. 战略可持续性发展效能计划与总体实现目标

NASA 近年来根据联邦政府的法律法规、最佳管理实践 (BMPs) 指南与原则以及行业标准，陆续设立了自己的地面设施与环境可持续性发展规划与实施目标。2010 年 6 月，NASA 根据奥巴马政府于 2009 年 10 月 5 日签署的总统行政令 (EO13514)，发布了《战略可持续性发展效能计划》(SSPP)，认为以一种能维持、提高和强化 NASA 可长期开展各项任务能力的方式重新调整环境保护实践是非常重要的。同年 12 月 15 日，NASA 发布了《地面设施可持续性策略手册》，以推进各中心的地面设施管理者在实际工作中的策略运用。2015 年 6 月，NASA 根据奥巴马政府于 2015 年 3 月 19 日签署的总统行政令 (EO13693)《联邦政府未来十年可持续性发展规划》，发布了 2015 年 SSPP，并按照 EO13693 的要求对 NASA 的可持续性发展目标的指标进行修正，不再对可持续性发展倡议项目的范围进行约束，更加注重设计的结果而非指标。

NASA 应对 EO13693 的 10 个发展目标设定了温室效应气体减少、环保型建筑、清洁与再生能源、水利用与效率管理、车辆管理、环保型采办、污染防治与废物减少、能效合同、电子化管理

和气候变化应变等 10 个目标实施方向，并每年发布一份 SSPP 规划性文件，主要有三个重要的出发点：一是设立可实现包含在现行法规要求和行政令中的可持续性发展目标的 NASA 顶层战略与架构；二是对可将与国家繁荣、能源安全和健康环境相关的外部要求集成到一个用于调整 NASA 活动、流程和资源的单一架构系统中的管理方法和手段进行说明，以实现 NASA 的可持续性发展目标；三是对年度报告流程、取得的成功结果及面临的发展挑战进行说明，同时对实施效能进行评估以促进后续的完善与提高。通过这样的战略政策性铺垫，主要实现如下地面设施与环境可持续性发展的总体目标：

- 自 2020 年起，所有设计新建的联邦政府性建筑均要达到 2030 年的零能耗标准；

- 在所有联邦政府性建筑进行新建、重大改造、修复和改建的过程中，将遵循《联邦政府在高效能和环保型建筑中的领导力的指导原则》；

- 按照《总建筑面积在 5000 平方英尺以上的现有建造和租赁建造指导原则》(简称《指导原则》)，对 NASA 目前的政府所有性建筑、NASA 直接租赁性建筑、代表授权租赁建筑等进行评估和演证；

- 自 2015 年起，每年按照《指导原则》对整个建筑清单工作进展进行演证；

- 将可持续性发展实践注入到 NASA 新建和租赁的联邦政府性建筑策略与规划以及租赁翻新建筑策略与规划中；

- 对采用可降低能源、水和材料消耗，以及减少肥料、除草剂和杀虫剂应用的高成效比、创新型建筑和环保型绿化策略进行演证；

- 对现有建筑系统进行良好运营维护，无或较少维修和更换，以降低能源、水和材料消耗，实现 NASA 预期养护成本中的净降低；

- 对 NASA 的资产效能进行优化，处置、合并过剩和利用率不足的资产，场区办公集中，合并跨区域场点；
- 利用新技术手段，增加远程办公和拓展互联网或电子传送服务；
- 利用目前最先进的实践与技术，保留、重建和再利用原有的联邦政府性资产；
- 根据 NASA 的温室效应气体减排目标调整建筑空间处置措施，如新租赁、新建与合并等。

二、肯尼迪航天中心地面设施与环境可持续发展规划

1. 2012—2020 年发展规划

肯尼迪航天中心(KSC)根据 NASA 的《战略可持续性发展效能计划》相应地制订自己的《地面设施与环境可持续性发展计划》(SP)，并结合《21 世纪航天发射设施计划》于 2011 年 1 月启动了 NASA/KSC 代表性绿色环保地面设施建设项目——北推进剂行政与维护厂房，而后又陆续发布了 2012 年、2013—2015 年和 2016—2020 年的可持续性发展规划，同时每年发布一次年度进展报告。

KSC 的地面设施与环境可持续性发展计划认为地面设施与环境可持续性发展的最佳实施方案是运用可集成各学科、KSC 和承包商合作的方法，让全体雇员参与、制订和实施地面设施与环境可持续性发展的各项计划与任务。KSC 针对联邦政府 EO13693 行政令和 NASA SSPP 所设定的 10 个总体目标实施方向，将该中心的应对实施目标归结、细化为：①降低中心成本；②提高能源和水资源利用效率；③推进智能采办手段；④增加资源的再利用与循环使用，同时减少废弃物；⑤使整个中心和社区获益；⑥达到或超额完成 EO 和 NASA SSPP 可持续性发展的实施目标。

2. 2025 年前达到绿色环保效能的远期标准

KSC 根据联邦政府 EO13693 行政令和 NASA SSPP 所设定的 10 个总体发展目标，在《2016—2020 年可持续性发展规划》中设定了一个 2025 年前达到绿色环保效能的远期标准，见表 1。

表 1 2025 年前达到绿色环保效能的远期标准

目标	实现标准
温室效应气体减少	与 2008 年基数相比，一是将联邦政府所有或控制的资源以及购置的电力、热力等设施所产生的温室气体排放量降低至少 47%；二是将非联邦政府所有或控制但与其活动相关的资源和设施所产生的温室气体排放量降低至少 32%
环保型建筑	与 2015 年基数相比，将能源强度(单位产值能耗)降低 25%
清洁与再生能源	KSC 的总电能和热能将至少有 25%源自可再用和替代能源；KSC 所消耗的总电能将至少有 30%为可再用能源
水利用与效率管理	与 2007 年基数相比，将饮用水的耗用密度降低至少 36%
车辆管理	与 2014 年基数相比，将车辆每英里的温室气体排放量降低至少 30%；确定最优化的车辆清单，并重点排除非必需的车辆
环保型采办	对 KSC 的采办人员进行生物或生物基优先类产品的教育和培训；根据环保采办规定，每季度通过系统应用与进度安排(SAP)系统对 10%的采办产品进行评估
污染防治与废物减少	将 50%的非建造和拆建(C&D)、非危险类固态废弃物进行转用，推行零废弃行动；将 50%的建造非危险类固态废弃物进行转用
能效合同	为联邦政府类建筑实施能效合同
电子化管理	推动电子化管理；确保优先采办环保型、可持续性电子产品；制订和实施有关政策以使所有 NASA 适用的电子产品均可实现有效的电源管理、双路打印以及其他能效或环保可持续性特性；采取环保、合理的方法处置 NASA 的剩余电子产品

续表

目标	实现标准
气候变化应变	对气候变化的风险和薄弱性进行评估；计划和实施气候变化适应研讨；利用 NASA 的科研数据和 KSC 的实践经验，与区域内的合作方协作保障环境适应策略的实施

三、KSC SP 的组织架构与应对策略和措施

1. 组织架构与实施流程

为了更好地实施地面设施与环境可持续性发展规划与具体落实，KSC 地面设施与环境可持续性发展首席问题官 (CSO) 兼中心运营主任负责监管 KSC SP，同时成立指导委员会制订 KSC 内部可持续性发展目标和提供相应的技术支持，其下属的跨学科与专业核心团队负责可持续性发展策略和项目的具体制订与实施，而 KSC 的各级雇员则负责将可持续性发展要求具体贯彻到其日常工作中。指导委员会由各个核心团队负责人组成。KSC 在制订 2012 年度 SP 时，成立了总体规划、基础设施、后勤保障、环境保护、信息技术、人力满意度、通信、试验床与演示验证 8 个核心团队 (图 1)，同时提出了多达 203 项绿色环境研究项目。



图 1 KSC 2012 年可持续发展计划设置的组织架构示意图

KSC 在制订 2016—2020 年度 SP 时，根据联邦政府 EO13693 行政令和 NASA 2015 年 SSPP 所修正的目标实施方向要求，于 2015 年对 SEMS 技术保障团队进行了重组，从基于专业转为基于发展目标组建团队(如图 2 所示)。每个发展目标目前均设一个合同官(POC)和多个目标倡议者。为了确保持续性成功，每个目标的 POC 和倡议者将负责对与各自目标相关的可持续性发展项目进行监管，同时跨领域和战术团队对所有发展目标提供支持。这种方法更加注重各个发展目标，并能有效地利用跨机构、跨部门、跨学科性的知识与经验，将各项工作统一到 KSC 可持续性发展规划中。

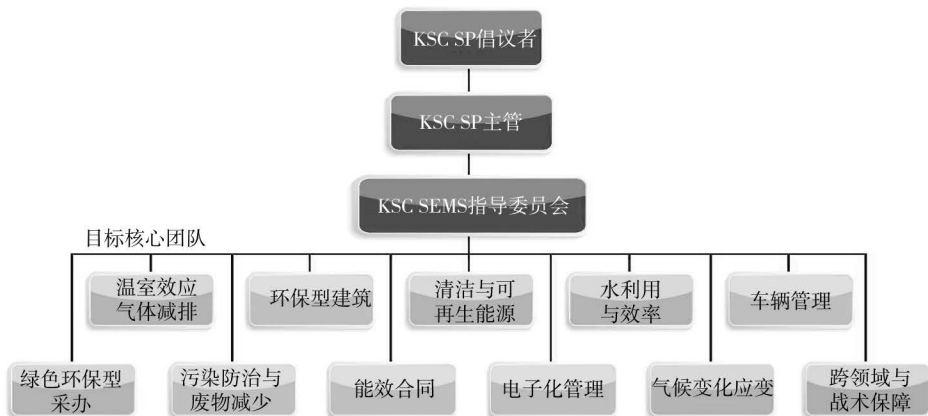


图 2 KSC 2015 年可持续发展计划调整后的组织架构示意图

随着 KSC 地面设施与环境可持续性发展计划不断推进，逐步形成了较为规范的工作实施流程(如图 3 所示)。

KSC 根据 NASA SSPP 的年度计划及目标实施方向，制订该中心的年度或远期发展规划，CSO、指导委员会和核心团队每月通过 KSC 可持续性发展项目信息系统(KSPINS)形成的各项报告对策略与项目实施进展状态进行评审，每年发布一次年度报告，以便 NASA 总部、NASA 下属各中心、KSC 高级管理层、KSC SP 指

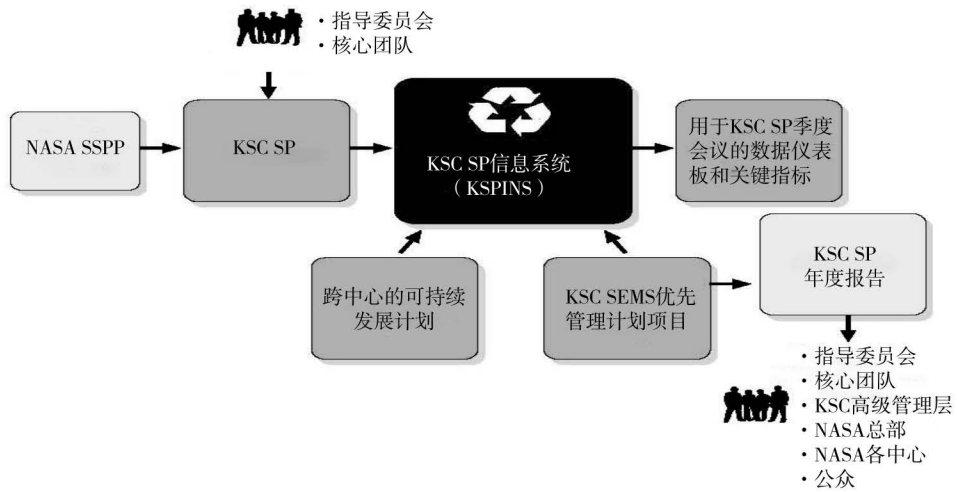


图 3 KSC 可持续性发展计划实施流程示意图

导委员会、目标核心团队以及公众能了解和掌握该中心地面设施与环境可支持发展的具体实施进程。建立 KSPINS 是为了能使各级人员便于了解和掌握每个可持续性发展项目的状态、成本与周期效益以及所节省的资金情况。此外，KSC 每隔三年对 SP 进行更新，以细化和确认可持续性发展策略。目前，KSC 环境管理系统(SEMS)已将该中心可持续性发展目标纳入其中，以此确保可持续性发展计划和项目得以不断地改进。

2. 应对策略与措施

KSC 根据联邦政府 EO13693 行政令和 NASA 2015 年 SSPP 所修正的 10 个可持续性发展总体目标实施方向要求，制订了应对策略与措施，由中心环境管理部对每个类别项进行监控，并设定了“绿”“黄”和“红”三种标色以表示不同的进展状态：绿——已达标，黄——有待改进，红——未达标。本文选取“环保型建筑建设发展目标”以供参照(见表 2)。

表 2 KSC SP 针对环保型建筑发展目标制订的应对策略与措施

EO13693/NASA 2015 SSPP 目标要求	KSC SP 应对策略与措施
<p>要求所有联邦政府机构需推进建筑节能，每年减少 2.5% 的能源强度，2025 前要达到 25%；要求现有使用面积超过 5000 平方英尺的建筑在 2025 年前达到零能耗、废气或水利用标准的比例；要求改进所有数据中心的能效，NASA 将新建数据中心的能效指标——PUE(是数据中心消耗的所有能源与计算机负载使用的能源之比，基准是 2，越接近 1 则表明能效水平越好，绿色化程度越高)设定在 1.2~1.4，而现有数据中心的能效指标为 1.5</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 推进和实施节能项目； • 提高雇员的非必需性能源使用意识； • 确保各专业学科专家能保障各个核心团队； • 采用“绿色能源与环境设计领导作用奖”(LEED)的准则使 KSC 的所有设施设备在 2020 年达到 NASA 零能耗建筑目标； • 对全中心的运营设施和系统进行能耗影响评估； • 针对新建设项目，制订多阶段性实施计划，以消除或减少对环境的影响。同时提高建筑效能，降低长期性运营与维护成本，提高工作效率； • 建造中心工作园区，将数个功能型建筑和服务专业合并到一个更加高效、适于步行的园区内。项目第一阶段是替换老旧的 KSC 总部，并力争获得 LEED 金质认证； • 与 KSC 合作发展办公室协调，确保尽可能地使环保型建筑与设施要求纳入到每个新建协议或合同中； • 将国际空间站处理厂房(SSPF)和阿姆斯特朗操作与检测厂房(O&C)的数据中心搬迁到 KSC 数据中心(KDC)

3. 代表性环保型地面设施

NASA 近几年来在 KSC 建造的新型能源设施，使这座国际性航天发射中心更加绿色、环保，不断获得 LEED 各种级别认证。

(1) 北推进剂行政与维护厂房

北推进剂行政与维护厂房是 NASA 推行《战略可持续性发展效能计划》(SSPP)以来，在 KSC 建造的第一座碳中和设施，也是其拟获取 LEED 最高级别白金认证的第三座建筑。该厂房包括一个建筑面积 1800 平方英尺的低温推进剂存储设备间和一个 9450 平

方英尺的行政办公楼。根据设计目标要求，北推进剂行政与维护厂房的效能要比传统建筑高 42%。

(2) 新 KSC 数据中心

2015 年 10 月开建的新数据中心(KDC)是 KSC 的一个重要信息技术基础设施，建筑面积仅为 16000 平方英尺，将 KSC 原先的 5 个数据中心(面积达到 45000 平方英尺)的各项功能合并在一起。该建筑 2016 年 8 月获得 LEED 银质奖。

(3) 阿姆斯特朗操作与检测厂房

这座 1964 年建筑的面积为 255000 平方英尺的厂房屋于 2005 年翻建，在翻建过程中陆续根据 NASA 和 KSC 的地面设施与环境可持续性发展要求增加绿色环保的建设理念。该厂房屋于 2013 年完工，其中 12% 的建筑材料源自再循环利用材料，饮用水量减少 30%，照明用量减少 15%，89% 以上的建造废弃物通过废渣填埋进行转化。2014 年 6 月，获得 LEED 银质奖。

(4) 火工品操作厂房

火工品操作厂房(OOF)的 97.3% 都利用到自然光，每年减少的能耗为 34%，减少的用水量为 49%。2012 年 3 月，获得 LEED 金质奖。

NASA/KSC 通过实施地面设施与环境可持续性发展计划不断强化地面设施和环境可持续性发展的重视度，以能进一步推动 NASA 各项任务的顺利实施，提高雇员在更加健康工作环境中的生产效率与满意度，保护 NASA 各中心及当地社区所需的各种资源，减缓 NASA 在实施各项计划和项目过程中面临的环境影响性风险。

4. 面临的主要困难

事实上，NASA/KSC 在可持续性发展策略实施的过程中面临着许多困难。例如，虽然实施某些可持续性发展政策和改进建筑效能的成本很少，但仍有一些新建和翻建建筑的发展目标

需要大量的资金，而这些费用可能会超出年度正常运营预算，这就需要一定创新性集资。虽然与某项设施的年度运营与维护预算相比，应用一项简单技术或改变采办方式来实现一些政策和改进项的成本较小，但它将会增加人员开展文件编制、执行、跟踪或其他任务的工作时间。环境可持续性发展的实施意味着在冲突性发展目标间寻求平衡，如在夏季时段或美国南部，能源消耗目标必须平衡与职业舒适度间的冲突。某些设施、工作或建筑的自然特性与可持续性发展目标存在着冲突，如数据中心需耗用大量能源以运行重要的功能以及为电子设备保持一定的室内温度和湿度。地面设施与环境可持续性发展的管理者在具体实施过程中面临的最大问题是时间。对可持续性发展措施的规划与文件编制对于实现初期目标和维持效益是非常关键的。对于 KSC 的大多数雇员而言，建设环保型设施是一项新的过程，需要不断和更深入地增加对该理念的理解力。这些可能是 NASA/KSC 后续有待解决的问题。

四、综合特点分析

绿色、环保、可持续性发展是世界航天国家的一个共同认识，NASA/KSC 近些年来一直走在地面设施与环境可持续性发展建设的前端，其中一些比较突出的特点、做法和经验值得学习与借鉴。

1. 规划设计从局部性转向全局性

NASA/KSC 的可持续性发展规划与措施早期主要是从雇员职业健康环境和废弃物回收等单点、局部性环保方面开展工作。进入 21 世纪以后，根据联邦政府的降低能耗、提高设施效能及减少对环境的影响等宏观性要求，逐步将可持续性发展重点转向整体性，设定温室效应气体减少、环保型建筑、清洁与再生能源、水利用与效率管理、车辆管理、环保型采办、污染防治与废物减少、

能效合同、电子化管理和气候变化应变等 10 个宏观性目标实施方向。战略发展目标和实施措施日益分解细化和责任落实，同时逐步将联邦政府法律法规和行政命令、NASA 战略规划的发展原则、高等级评定标准(如 LEED)、文件编制体系纳入各项地面设施的建设规划阶段并贯穿于每个环节，从而在发展之初就形成良好的开端。

2. 组织架构与实施流程设置较为完备

NASA/KSC 在开展地面设施与环境可持续性发展计划之初，就设立了应对性较强、架构比较完备的组织团队(NASA 的管理委员会、战略可持续性发展工作小组，KSC 的指导委员会、目标核心团队)；设计了应用先进技术的信息管理系统(如 NASA 的 EMS，KSC 的 KSPINS 和 SEMS)，收录各种信息和资料，从而使各类信息的获取更加高效、便捷；建立了比较顺畅的内部与外部协调与沟通机制，有效利用跨机构、跨部门、跨学科性的知识与经验；在项目规划与建设之初，建立周汇报会制度，在后期建立月汇报会制度，定期通报工作进展，直至项目结束；每年首先对上一年度的工作情况进行自我评估，细化和完善发展目标与实施措施，制订下一年度 SSPP 和 SP。

3. 全员性参与，不断强化绿色环保意识

NASA/KSC 发布的地面设施与环境可持续性发展规划及年度报告均面向 NASA 总部、NASA 下属各中心、KSC 高级管理层、KSC SP 指导委员会、目标核心团队以及公众，确保各级人员和各参与方(如 NASA 总部人员、各中心人员、地面设施租赁方及其雇员、承包商与分包商等)了解和掌握地面设施与环境可持续性发展的总体目标、实施措施和总体进展情况，并将可持续性发展理念全面地注入到不同层面的决策中，以此能有效解决各种可持续性发展目标可能产生的冲突。同时，要求每个岗位的工作精细化、制度化、规范化，对每位雇员引导、强化有关地面设施与环境可

持续性发展的重要意义，提升思想意识，最大限度地发挥每位雇员的自我作用。

(北京特种工程设计研究院)