

基于 LCA 的桥梁环境影响分析

李龙星

(河南省实验文博学校,河南郑州 450000)

摘 要 根据我国已建桥梁数量占世界建成桥梁总数的 30%~50%的情况,从全生命周期评价(Life Cycle Assessment,简称 LCA)作为可以量化产品环境影响的工具,并逐步应用到桥梁建设中。

关键词 生命周期评价;可持续发展;桥梁建设;环境影响 DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2017.11D.22

中图分类号 TU62 **文献标识码** B

1 LCA 发展历程

生命周期评价起源于 20 世纪 70 年代美国开展的一系列针对包装品的分析和评价,最早由可口可乐公司对其产品进行了环境影响分析与跟踪,从最初的饮料瓶原材料采集到最终的废弃物处理等,均进行了定量分析和评价。生命周期环境影响评价,就是研究产品或工程最初从地球获得原材料开始,

到产生的废弃物回到地球为止整个生命周期,对环境造成的损害或影响。

2 LCA 分析过程

根据 ISO 标准,生命周期研究共包括 4 步,即目的和范围的确定,清单分析,影响计算和结果解释。具体步骤框架见图 1。

被干扰,与无穷远处的流场几乎相同。与常规外形飞行器的飞行原理一样,乘波体的下表面会承受高压,并且激波的存在使得后下方的高压不会通过前缘而到达至上表面,上下表面仍然能够维持压力差,中下表面上的高压配合向上倾斜的外形,其中一部分量便转化为飞行器的升力,即使在偏离设计条件时也能维持有利的气动性能。上下表面的流场不存在互相干扰问题,容易进行优化设计。预计未来可实现的技术指标是:最大飞行速度 25 Ma;最大起飞重量 40 t;单次轨道飞行最长时间 500 h。

3 材料

空天飞机的设计目标是能像普通飞机一样在跑道上水平起飞,可以直接起飞至太空中的轨道上,既可以不损耗能量绕地球旋转,还能与空间站执行对接操作。需要降落时可像普通飞机一样在跑道上水平着陆,可重复使用。而普通飞机上使用的材料还难以达到此标准,需选用密度小、导热性高、加工成型性好、耐高温、抗热应力、抗氧化性、能与液氢相容的材料,能适应粒子与辐射相关的特殊环境。碳化硅纤维增强钛合金复合材料,被认为是空天飞机的较理想材料。例如,Textron 特殊材料公司生产的这种材料,能经受空气动力冲击和在 25 Ma 速度下飞行的环境。

4 发动机

冲压发动机分为进气道、燃烧室和尾喷管 3 部分。不需要压气机和涡轮等旋转部件对来流进行减速增压,这是因为高速气流在进气道内自身会被后面的来流给减速增压,然后高压气流就会进入燃烧室与燃料进行氧化还原反应,经过充分燃烧后,化学反应所产生的高温气体会进入尾喷口,并在被膨胀加速后排出发动机,根据动量守恒定律排出的燃气便会对飞行器产生推力。

因为空天飞机以超音速巡航,超音速的气流在于燃料混合

前必须进行减速至亚音速,因此需要首先设计进气道将超音速气流降至亚音速。超燃冲压发动机一般将进气道外壁设计成带有 3 个入射角的形状,这样会产生 3 个斜激波,再加上扩压器所产生的第 4 个正激波,这样气流经过上述每一层激波,都会经历升温的过程,并且压力和温度与激波的强度成正比。但是压缩气流会在到达扩压器前便会在进气道壁流动产生附面层。这些附面层对来流产生不利影响,因此必须消除掉(常采用附面层吸除缝将其吸除)。燃料被喷射进燃烧室并形成旋流与压缩空气充分混合,经充分燃烧产生高温高压(压力可达(2000~8000)MPa,温度达 2500 K),燃气经由尾喷口膨胀加速后排出发动机,对飞行器产生巨大的推力。

5 结论

空天飞机具有综合火箭和飞机的优点,也是未来飞行器的主要发展方向,但涉及大量的基础和应用科学等问题,仍是继续攻坚的高新技术难题。本文提出的以乘波体为气动布局,以碳化硅纤维增强钛合金复合材料为主要材料,以超燃冲压发动机为动力来源的总体方案,愿与同仁共同探讨其中的关键技术问题。

参考文献

- [1] 赵桂林,胡亮,闻洁,等.乘波构型和乘波飞行器研究综述[J].力学进展,2003,33(3):357-374.
- [2] 东华.空天飞机用钛合金复合材料[J].材料工程,1992(3):16.
- [3] 徐勇勤.高超声速飞行器总体概念研究[D].西安:西北工业大学,2005.
- [4] 彭钧.高超声速巡航飞行器乘波布局设计研究[D].南京:南京航空航天大学,2007.
- [5] 黄伟,罗世彬,王振国.临近空间高超声速飞行器关键技术及展望[J].宇航学报,2010,31(5):1259-1265.

[编辑 王永洲]

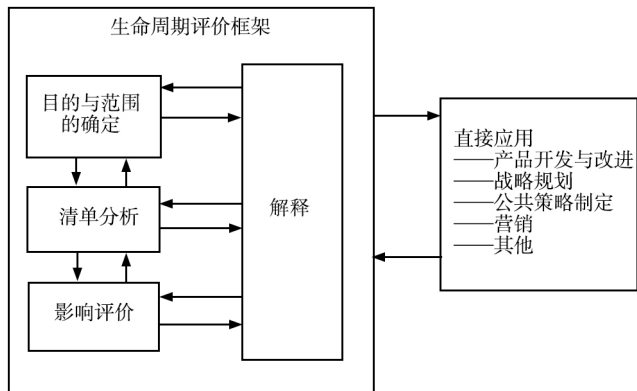


图1 生命周期分析步骤框架

(1)目的和范围的确定。主要是界定评价对象,说明开展此项研究的目的和原因以及研究结果的可能应用性,是整个生命周期评价中一个重要的环节。对于桥梁,全生命周期可分为材料生产阶段、施工阶段和运营维护阶段。拆除阶段和废弃物处理阶段由于数据缺乏及其复杂性,本文不做研究分析。材料生产阶段只考虑两种主要材料,即混凝土和钢材,而材料运输和施工设备产生的环境影响,均包含在施工阶段予以分析。研究范围框架,见图2。

(2)清单分析。生命周期清单分析是对基本数据进行收集和整理的过程。生产阶段以钢筋、混凝土两种主要建筑材料为统计数据,将能源资源输入、大气排放输出、水体排放输出及土壤排放输出数据标准化,折算成以单位钢筋、混凝土所需数据的桥梁工程量。在施工阶段,主要考虑由机械设备消耗电能、柴油、水资源而产生的环境影响。桥梁工程量将生产或消耗的能源数据等整理归类为对环境影响,为分析情况提供数据支持。

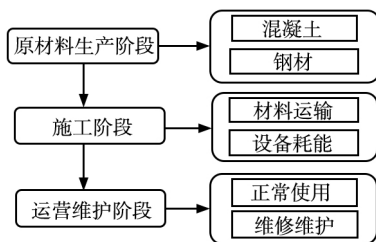


图2 桥梁生命周期评价研究范围框架

(3)影响计算。环境影响分析包括分类和特征化、标准化和权重计算,具体分类,如表1。

(4)特征化,这一过程采用特征化因子,为了使清单分析结果统一化,采用标准化系数进行计算。本文采用的权重系数的人类健康损伤、生态系统损伤及资源能源消耗分别为

表1 3类损伤类型及包含物质

损伤类型	影响种类	物质
人类健康	气候变化	CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O
	有机物对呼吸系统的损伤	VOC, CH ₄
	无机物对呼吸系统的损伤	PM ₁₀ , CO, NO _x , SO _x
生态环境	酸化和富营养化	NO _x , SO _x
资源	矿石资源	石灰石, 铁矿石, 锰矿石
	化石燃料	标煤, 石油

0.22, 0.23 和 0.55。

(5)结果解释。针对评价计算的结果得出各类环境影响类别的占比以及每一种消耗物或排放物的占比,从而用更加前瞻的视角解释桥梁生命周期环境影响评价结果,以及由结果带来的行业发展及改进措施。

3 案例分析

对白果渡嘉陵江特大桥进行实例评价,阐述桥梁全生命周期量化分析过程和环境影响分析过程。工程概况:白果渡嘉陵江大桥位于四川武胜至重庆合川的高速公路上,桥梁为3跨预应力混凝土连续刚构,长1443 m,宽24.3 m,厚20 cm,引桥为23跨40 m预应力混凝土T梁,如图3所示。

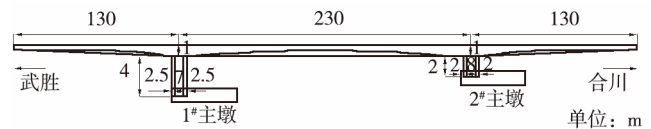


图3 白果渡嘉陵江特大桥整体结构布置

3.1 确定目的与范围

材料生产阶段只考虑两种主要材料,即混凝土和钢材。施工阶段对环境的影响分析包含了材料运输和施工设备的份额。在施工过程中,混凝土、水和汽油、柴油以及路灯照明用电等,均对环境造成影响。

3.2 清单分析

根据桥梁工程量清单,求得在全生命周期内桥梁对材料、能源、资源的消耗量和污染物的排放量。根据生命周期评价过程,统计出钢材和混凝土总量。各种能源、资源和污染物排放所占比例见图4。

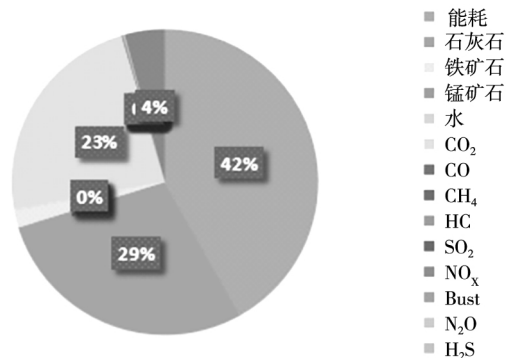


图4 材料生产阶段消耗物与排放物占比情况

(1)在施工阶段,假定用运载量为5 t的卡车运载施工材料,运载距离为10 km,每辆车单位耗油量为2 L/km汽油,0.5 L/km柴油,混凝土密度取400 kg/m³。根据统计数据,水资源消耗量为150 123 t,汽油消耗量为178 629.6 L,柴油消耗量为44 657.4 L,以及电能消耗量为4 451 270 kW·h,其乘以相关系数后累积的和,即为此阶段有关消耗物与排放物总量。各能源、资源和污染物排放所占总物质比例见图5。

(2)在运营阶段,全桥照明耗电量10年总计7 665 000 kW·h。已知桥梁长度1443 m,宽度24.3 m,厚度20 cm,共翻新桥

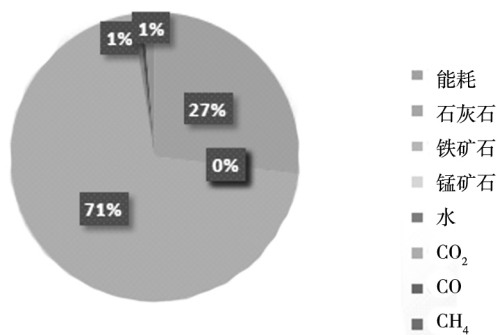


图5 施工阶段消耗物与排放物总量占比情况

面铺装 10 次，每次铺装面积占桥梁总面积的 25%。共需 17 532.45 kg 的 C40 混凝土，94 770 814.32 L 的汽油及 7012.98 L 的柴油。各能源、资源和污染物排放所占总物质比例见图 6。

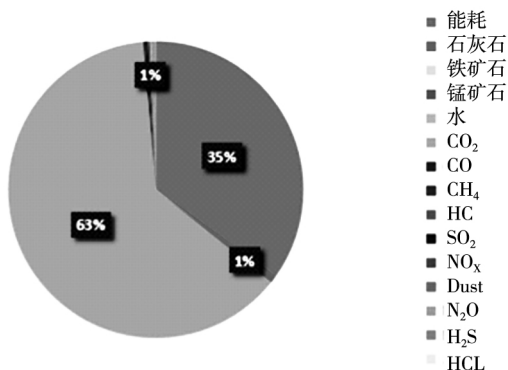


图6 运营维护阶段消耗物与排放物占比情况

3.3 影响计算

进行计算之前，要先将上文中得到的数据进行分类。本文将桥梁对外部的危害，按照受影响对象分为 3 类：人类健康、生态系统及资源能源消耗。根据环境影响计算过程的特征化、标准化和权重化计算可得 3 个生产阶段的环境影响潜值。其中，生产阶段 3 类环境影响潜值占比见图 7。施工阶段 3 种环境影响潜值占比见图 8。运营维护阶段环境影响潜值占比见图 9。

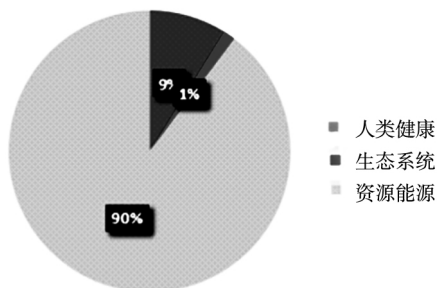


图7 生产阶段 3 类环境影响潜值占比情况

将生产阶段、施工阶段和运营阶段桥梁环境影响潜值汇总对比后，其占比情况见图 10。

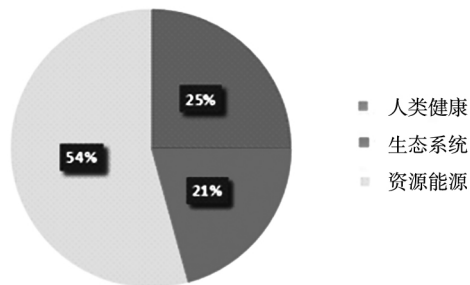


图8 施工阶段 3 种环境影响潜值占比情况

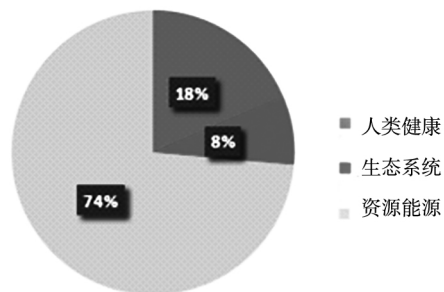


图9 运营维护阶段环境影响潜值占比情况

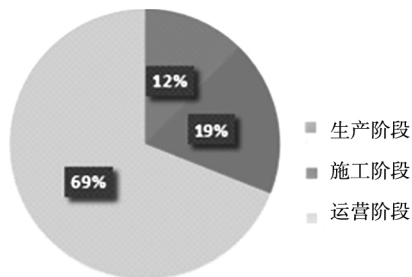


图10 桥梁环境影响潜值占比情况

4 结论与展望

4.1 结论

针对白果渡嘉陵江特大桥进行了全生命周期环境影响评价。由图 7、图 8 和图 9 可以看出，在桥梁全生命周期中，对资源能源损伤都是最为严重的，甚至重于对人类健康损伤和生态系统的损伤。从生命周期阶段来看（图 10），在生产阶段、施工阶段和运营阶段中，运营阶段是对环境影响最大的。图 5 和图 6 表明，在施工和运营维护阶段，各类消耗物质和排放物质中，CO₂ 的排放量占最大比例。由此可见，桥梁工程建设对当今全球气候变暖等环境问题影响极大。

4.2 展望

在当今全球环境问题愈显突出的情况下，对土木工程持续进行环境影响分析和可持续评价，意义重大。通过对生命周期环境进行计算，不断发掘和研发新能源来替代普通石化燃料等，以减少碳排放量。针对桥梁的可持续发展，还有待于继续研究各个指标因子的准确性，同时也可应用到更多行业和领域，更加客观和全面地分析人类活动对环境造成的影响，以从根本上改善环境。

〔编辑 王永洲〕