

火电项目绿色施工评价体系研究

陈志华, 樊丽君

山西大学工程学院, 太原 030013

摘要 绿色施工已在我国大力推广,然而对于绿色施工的评价目前还没有一个统一的标准,对于工业项目的绿色施工评价更是空白。火电项目的施工综合性强、占地面积大、施工平面布置复杂、大型设备多、混凝土构件体量大、需要大型的设备进行吊装等。这些特点使其在施工过程中造成的资源浪费、环境污染严重。因此控制火电工程的能源消耗与环境污染,实施绿色施工非常必要。本文以《绿色施工导则》为基础,结合火电项目的特点,从施工技术管理和施工现场管理两个大的方面选择能够反映火电绿色施工要求的“四节一环保”指标,运用层次分析法,给出火电项目绿色施工评价模型,通过定量与定性的打分给出了评判火电项目绿色标准。

关键词 绿色施工;火电项目;评价体系

中图分类号 TU71

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.33.004

Green Construction Evaluation System of Thermal Power Projects

CHEN Zhihua, FAN Lijun

Engineering College of Shanxi University, Taiyuan 030013, China

Abstract Green construction has been vigorously promoted in China; however there is still no unified standard for the evaluation system of green construction. Furthermore, the evaluation of industrial projects is not involved so far. Thermal power project construction is comprehensive; it covers a large area and set, its plane is complicated, involves large volume of equipment as well as concrete elements, and needs large equipment lifting, etc. These characteristics make the project waste resources, and pollute environmental that is worse than the other projects during the construction. Therefore, for controlling the energy consumption and environmental pollution caused by thermal power project, the green construction is necessary. On the basis of Green Construction Guide, combined with the characteristics of thermal power projects, from aspects of construction management and construction site management technology, the indicators that reflect the requirements of the green thermal power project involving four sections and one environmental protection are established, and the application layer analysis is used and the comprehensive assessment model for green construction is given.

Keywords green construction; thermal power project; evaluation system

0 引言

随着能源危机、石油危机的出现,耗能最多的建筑业越来越受到业内人士的重视,于是绿色建筑应运而生,与之相伴而生的还有绿色建筑施工的评价体系^[1]。2005年以来,中国政府已经出台了有很多有关绿色施工的政策、法规,以健康舒适的居住环境、节约能源和资源、减少对自然环境影响为目标,力求对建筑施工进行规范、指导。目前中国关于绿色施工的研究尚处于起步阶段,为了分析承包商在施工中对环境的

使用与保护情况,需要一套系统客观的评价工具来对施工阶段的管理和活动进行评价。但是,由于建筑施工的复杂性、特殊性,现在的大多数评价工具并不是针对施工阶段的,即使有,所涉及也不全面。对于工业项目的绿色施工的评价体系更是空白,本文将结合火电项目的施工特点,从施工技术管理和施工现场管理两方面选择能够反映火电绿色施工要求的“四节一环保”指标,运用层次分析法,建立火电项目绿色施工评价模型,并通过定量与定性的分析给出评判火电项目

收稿日期:2010-08-24;修回日期:2011-11-19

作者简介:陈志华,教授,研究方向为工程管理,电子信箱:dzczh@sohu.com

绿色施工的标准。

1 绿色施工的概念

1.1 绿色施工概念的提出

根据绿色奥运建筑评估体系的内容,“绿色施工”可以定义为通过切实有效的管理制度和工作制度,最大程度地减少施工活动对环境的不利影响,减少资源与能源的消耗,实现可持续发展的施工技术。

《绿色施工导则》中“绿色施工”是指在工程建设过程中,在保证安全、健康、质量的前提下,通过科学管理和技术进步,最大限度地减少对环境的负面影响、节约资源(节材、节水、节能、节地)和提高效率的施工活动^[2]。

2种“绿色施工”的界定,从表述似乎有区别,但目标是一致的,即对建筑施工增加了可持续发展的要求。

1.2 绿色施工与绿色建筑的关系

绿色建筑的定义为“在建筑的全寿命周期内,最大限度地节约资源(节能、节地、节水、节材)、保护环境和减少污染,为人们提供健康、适用和高效的使用空间,自然和谐共生的建筑”。所以,绿色建筑包含在规划、设计、施工、运行、拆除等一系列过程中。

目前,中国绿色建筑与绿色施工还是平行的两件事,即绿色建筑不一定通过绿色施工来实现,绿色施工的对象不一定是绿色建筑,二者只要满足各自的要求即可。各行业虽然对国家的环保、节能政策已经有广泛深入的认识。但是,通常对于绿色建筑的理解仅包括建筑的决策、设计、使用等方面。而绿色建筑定义的是“建筑的全寿命周期”,自然应该包含建筑物的营造阶段即施工阶段,而这个阶段的“绿色”往往被忽略。绿色施工是可持续发展思想在工程施工中应用的主要体现,是绿色施工技术的综合应用。施工过程是形成建筑的关键环节,绿色施工与绿色建筑是密不可分的。

2 绿色施工评价实践

中国政府很早就重视绿色建筑,出台了政策和法规。

2003年11月北京奥组委出台了《奥运工程绿色施工指南》,从2004年起,北京市建委要求在建筑工地全面推行绿色施工。

建设部颁布的《绿色建筑评价标准》(GB/T50378—2006)^[3],明确规定了“绿色建筑”申报和评级等内容,各省市也有适应自身地区的规定。在这些规定中,对施工方面的规定均较为宽泛。其中公共建筑部分(住宅建筑部分相似)有关绿色施工的条款如下:(1)施工过程中制定并实施保护环境的具体措施,控制由于施工引起各种污染以及对场地周边区域的影响。(2)施工现场500km以内生产的材料重量占建筑材料总重量的70%以上。(3)将建筑施工、旧建筑拆除和场地清理时产生的固体废弃物分类处理,并将其中可再利用材料、可再

循环材料回收和再利用。(4)结构施工与装修工程一次施工到位,避免重复装修。(5)建筑施工兼顾土方平衡和施工道路等设施在运营过程中的使用。

2007年9月建设部又颁布了《绿色施工导则》^[2],指明了绿色施工的总体框架。绿色施工由施工管理、环境保护、节材与材料资源利用、节水与水资源利用、节能与能源利用、节地与施工用地保护6个方面组成,这6个方面涵盖了绿色施工的基本指标,同时包含了施工策划、材料采购、现场施工、工程验收等各阶段的指标的子集^[3]。

虽然中国已经出台了一系列的绿色施工指南、标准等,力求对绿色施工进行规范指导,但迄今对于绿色施工仍然没有一个统一的评价指标体系,对于火电工程这类大型工业项目的评价指标体系更是空白。

3 火电项目的绿色施工评价

3.1 火电项目绿色施工的内涵

火电项目是一个大的系统工程,不同于一般的单项工程,也有别于一般的住宅、公共建筑。火电项目施工的主要特点是:(1)火电项目综合性强,涉及的专业多。火电厂的系统可划分为热力系统、除水除渣系统、燃料供应系统、水处理系统、脱硫系统、电气系统、供水系统、交通运输系统、附属生产系统等。火电发电厂施工的关键线路一般为:锅炉钢架吊装→锅炉本体安装→厂用带电→汽轮机扣盖→锅炉水压试验→锅炉酸洗→点火冲管机组整套启动试运→机组商业运行。(2)项目占地面积大,施工平面布置复杂。例如,一台300MW的机组,占地面积约300hm²。(3)大型设备多,安装技术要求高。无论是热力系统、电气系统,还是水处理系统等,都自成体系。这些系统的施工技术性强、专业性强,需要经过技术培训的人员施工,具体的施工程序必须严格按照相应的施工技术要求执行。(4)混凝土构件体量大,需要大型的设备进行吊装。吨位高时单件起吊重量可达75t,这是普通的民用建筑过程中不会遇到的;对混凝土质量要求高,普通建筑常常可以通过二次装修来掩盖其结构施工的一些质量问题,而火电项目施工中有很大部分混凝土需要做成清水混凝土。(5)火电项目主厂房跨度大,结构复杂。不仅有框架结构,钢结构还有钢—混凝土结构。(6)施工工期长。火电项目庞大而复杂,施工技术难度大,质量要求高,这决定了火电项目的施工工期长。例如,2×600MW机组一般需要40多个月施工工期。

由于火电项目的上述施工特点,导致目前施工中存在问题:(1)管理人员、施工人员缺乏节能意识,项目管理体系不完善,没有有效的节能措施和计划。(2)建筑垃圾乱堆乱放,建筑工地扬尘、噪音、光污染严重。(3)施工材料消耗量大。无论是建筑结构部分、安装部分都需消耗种类繁多的材料,消耗量大、材料浪费现象严重^[4]。(4)施工能耗大。施工、生活消耗大量的水资源,并且施工污水、生活污水乱排放,污染严重。

所以,火电项目绿色施工的内涵是:在保证工程质量、工期、成本及施工安全等基本要求的的前提下,通过科学管理和技术进步,最大限度地节约资源,减少对环境的负面影响。火电项目的绿色施工评价体系构建应以可持续发展战略为指导,以保护自然环境、节约自然资源和提高工程质量为目标。

3.2 绿色施工评价指标构建原则

(1) 简明科学原则。指标体系必须建立在科学的基础上,客观反映绿色施工的构成,指标繁简得当。(2) 全面性原则。构造的指标体系能够真实反映绿色施工过程中施工管理、环境管理、节地、节水、节能、节材等方面的基本特征,每个方面都由一组指标组成,各指标既相互独立又相互联系,组成一个有机的整体。(3) 动态引导原则。把绿色施工评价看作一个动态的过程,评价指标体系结构的内容应有不同工程、不同地点、评估指标、权重系数、计分标准发生变化的特性。同时,随着科学进步,不断调整和修订标准或另选其他标准,并建立定期的重新评价制度,使评价指标体系与技术进步相适应。(4) 可比性原则。评价指标的口径统计、涵义使用范围在不同的施工过程中要相同,保证评价指标具有可比性。

3.3 绿色施工评价指标体系建立的思路

构建指标体系首先是指标的选择。对评价指标选择的方法很多,大致可分为定性的方法和定量的方法两类。定性的方法一般有助于系统指标的初步选择,初选方法有分析法、综合法、交叉法、指标属性分组法等。定量的方法是指借助于多元统计的方法对指标进行选择,有变异系数法、熵值法和相关系数法等^[9]。在实际应用中,一般是将定性方法与定量方法综合使用,使之互补,充分发挥两者优点。本文主要采用分析法与指标属性分组法进行指标初步选择,然后利用专家咨询法并结合简单的相关系数法等对初选指标进行具体筛选,最终确定评价指标体系。

3.4 绿色施工评价指标体系的构成

按照上述的评价指标体系的建立原则、思路和方法,以《绿色施工导则》为基础,结合火电项目绿色施工某些内容特殊性,在建立评价指标体系时,选择了能够评价火电绿色施工要求的各方面指标,主要包括“四节一环保”的内容^[9],即节材与材料资源利用、节水与水资源利用、节能与能源利用、节地与施工用地保护、保护环境。

3.4.1 绿色施工的评价方法

(1) 用层次分析法确定各指标的权重。由于火电项目绿色施工的指标数量众多,而且指标之间存在一定的相关性,所以采用决策分析中常用的层次分析法(AHP)来确定评价指标的权重。在参考了国内外众多相关评价体系中有关施工过程的评价指标,认真研究了火电工程的施工特点,将指标体系分为准则层和指标层,见表1。

(2) 问卷调查。为了增加权重确定的客观性和科学性,分别对从事火电项目的设计、施工、运营管理人员及研究学者进行调查。根据本文所列指标项和因素项,对同一层次评价项进行重要性等级两两相比,得到比较判断矩阵。按照层次

表 1 评价指标体系递阶层次结构

Fig. 1 Hierarchical structure of evaluation indicators system

indicators system		
施工工 艺、方 案管理	施工 方案	编制绿色施工方案 绿色施工技术创新 降低环境污染的技术措施
	新成果 应用	新技术使用 新材料应用 新工艺选用
施工 技术 管理	科学的 管理计划	科学的时间管理计划 质量管理计划 资源管理计划 成本管理计划
	施工机具 组织	节能、环保施工机具的选择 电能节约 燃油节约 机械满负荷运行管理
	施工人力 组织	合理的各专业交叉施工、班组交接、工序交接管理制度 承包商通过 ISO14000 体系认证 施工人员绿色施工技能、环保、节能教育
	施工材料 组织	绿色建筑材料使用 就地取材 材料节约 建筑垃圾回收再利用
施工过 程控制	有效的 绩效考核 机制	质量、进度考核 成本考核 节能考核
	有效的纠 偏措施	进度落后、质量落后纠偏措施 超能耗、超成本纠偏措施
施工环 境管理	生态环境	动态布置施工总平面图 对周边区域安全影响 古树名木及文物的保护
	大气环境 影响	施工扬尘 现场围挡 场内外运输影响 废气排放
	其他环境 影响	水污染 光污染 噪声污染
施工 现场 管理	节能设计	临时建筑节能设计 临时用电合理设计
	节能能 源消耗 管理	生活用电节能电器的选用 可再生能源使用(风能、太阳能、地热能等) 对进场施工人员的“节能”宣传和 教育
	节能考核	燃油节约 电能节约

分析法中的九级标度法把各因素之间的重要性比较等级分为 9 等^[6],如表 2。

(3) 计算各层次指标权重。

经过“层次单排序”,“单排序一致性检验”,根据层次单排序的结果计算出层次总排序,见表 3。

得出本指标计算模型为:

$$GG = \sum_{n=1}^{43} \omega_n \alpha_i$$

式中,GG 为火电项目施工综合评价的绿色水平; ω_i 为指标层

43 个指标对于总目标层的权重,且 $\sum_{n=1}^{43} \omega_i = 1, \alpha_i$ 为 43 个指标的

表 2 九级标度法
Fig. 2 Nine scale method

标度	定义(比较因素 i 与 j)
1	因素 i 与 j 一样重要
3	因素 i 比 j 稍微重要
5	因素 i 比 j 较强重要
7	因素 i 比 j 强烈重要
9	因素 i 与 j 绝对重要
2, 4, 6, 8	两个相邻判断的中间值
倒数	表示因素 i 与 j 的比较标度值等于因素 j 与 i 的比较标度值的倒数

表 3 综合评价指标权重
Fig. 3 Comprehensive evaluation index weight

第 1 层次分权重	第 2 层次分权重	第 3 层次分权重	第 4 层次分权重	总权重	
施工技术管理 (0.5987)	施工工艺、方案管理 (0.3114)	施工方案(0.5987)	编制绿色施工方案	0.3996	0.0446
			绿色施工技术创新	0.3498	0.0390
			降低环境污染的技术措施	0.2506	0.0280
		新成果应用(0.4013)	新技术使用	0.4028	0.0301
	新材料应用		0.3085	0.0231	
	新工艺选用		0.2886	0.0216	
	科学的管理计划(0.4259)		科学的时间管理计划	0.2131	0.0181
		质量管理计划	0.3025	0.0257	
		资源管理计划	0.2241	0.0190	
		成本管理计划	0.2603	0.0221	
	施工组织管理 (0.3328)	施工机具组织(0.1914)	节能、环保施工机具的选择	0.3164	0.0121
			电能节约	0.1422	0.0155
			燃油节约	0.1352	0.0054
			机械满负荷运行管理	0.4062	0.0052
		施工人力组织(0.1914)	合理的各专业交叉施工、班组交接、工序交接管理制度	0.4762	0.0182
			承包商通过 ISO14000 体系认证	0.2445	0.0093
	施工材料组织(0.1914)	绿色建筑材料使用	0.2754	0.0105	
		就地取材	0.2620	0.0100	
		材料节约	0.2371	0.0090	
		建筑垃圾回收再利用	0.2255	0.0086	
有效的绩效考核机制 (0.5498)		质量、进度考核	0.2693	0.0385	
		成本考核	0.3289	0.0315	
	节能考核	0.4018	0.0471		
有效的纠偏措施(0.4502)	进度落后、质量落后纠偏措施	0.4502	0.0432		
	超能耗、超成本纠偏措施	0.5498	0.0527		
施工现场管理 (0.4013)	施工环境管理 (0.5498)	生态环境(0.2886)	动态布置施工总平面图	0.4018	0.0256
		对周边区域安全影响	0.3289	0.0209	
		古树名木及文物的保护	0.2693	0.0172	
	大气环境影响(0.4028)	施工扬尘	0.2554	0.0227	
		现场围挡	0.3448	0.0306	
		场内外运输影响	0.2198	0.0195	
废气排放	0.1800	0.0160			

表 3 综合评价指标权重
Fig. 3 Comprehensive evaluation index weight

(续表 3)

第 1 层次 分权重	第 2 层次 分权重	第 3 层次分权重	第 4 层次分权重	总权重	
		其他环境影响(0.3085)	水污染	0.3314	0.0226
			光污染	0.2900	0.0197
			噪声污染	0.3786	0.0258
		节能设计(0.3792)	临时建筑节能设计	0.4013	0.0275
			临时用电合理设计	0.5987	0.0410
施工能源 消耗管理 (0.4502)	节能措施(0.3104)	节能考核(0.3104)	生活用电节能电器的选用	0.2510	0.0141
			可再生能源使用(风能、太阳能、地热能等)	0.3745	0.0210
			对进场施工人员的“节能”宣传和教育的	0.3745	0.0210
			燃油节约	0.4502	0.0252
			电能节约	0.5498	0.0308

分值,由专家判定,且 $\alpha_i \in [0, 100]$ 。

3.4.2 评价等级标准确定

绿色施工评价体系指标分为定量指标和定性指标,可按照下面的原则进行评价:

(1) 各定量指标评级标准主要根据国家相关法规、标准、

规范等确定,如《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《建筑施工现场环境与卫生标准》、《建设工程项目管理规范》、《民用建筑工程室内环境污染控制规范》、《建筑施工场界噪声限值》、《城市建筑垃圾管理规定》等法规和标准。具体标准见表 4。

表 4 定量指标评分标准
Fig. 4 Assessment criteria of quantitative indicators

指标	合格(60—70分)	良(70—80分)	优(>90分)
现场围挡	现场设置围挡,但没达到良的标准	施工现场设置连续、密闭的围挡,围挡采用硬质实体材料,高度达到地方规定的要求	在“良”基础上,围挡材料优质、坚固,围挡清洁、严密,围挡没有泄露的渣土,围挡构件给人美感
噪声污染	严格按照规定时段施工,施工噪声刚好满足《建筑施工现场界噪声限值》(GB12523-90)规定值的要求	严格按照规定时段施工,施工噪声达到国家标准《建筑施工现场界噪声限值》(GB12523-90)的要求,且噪声干扰比限值低 2dB	严格按照规定的时段施工,采取有效降噪措施,使噪声干扰比限值低 5dB 以上
节约能源	施工实际耗油、耗电量按定额计算的耗油、耗电量水平一致	施工实际耗油、耗电量比按照定额计算的耗油、耗电量节约 5%以下	施工实际耗油、耗电量比按定额计算的耗油、耗电量节约 5%以上(包括 5%)
能源优化	不能达到“良”标准	施工现场不使用煤和木质燃料;使用热水锅炉、炊事炉灶及冬季施工取暖锅炉全部使用天然气、液化石油气、电等清洁能源	在“良”基础上有可再生能源利用设施
就地取材	$b < 20%$, b 为距离施工现场 200km 之内的施工材料用量(t)/施工材料总用量(t)	$20% \leq b < 50%$	$b \geq 50%$
材料节约	实际施工材料消耗量超过定额材料消耗量	实际施工材料消耗量比定额材料消耗量节约 5%以下	实际施工材料消耗量比定额材料消耗量节约 5%以上(包括 5%)
水资源节约	实际施工用水量与定额用水量持平	实际施工用水量比定额算用水量节约 10%以下	实际施工用水量比定额用水量节约 10%以上(包括 10%)
施工废弃物管理	$c < 10%$ c 为施工废弃物实际回收量/可回收利用的施工废弃物总量	$10% \leq c < 50%$	$c \geq 50%$

(2) 定性指标是由有经验的评分人员在充分了解项目的基础上,通过深入项目建设现场进行调研后给予评价。

定量指标中得分低于 60 分或定性指标中缺项的不得参与绿色施工评价。

(3) 最终评价,当按照本评价体系得分小于 60 分时,为非绿色施工;得分在 60—70,为基本绿色;得分在 70—80,为绿色施工;得分在 90 分以上,为优秀绿色施工。

4 结论

火电项目的绿色施工涉及到与可持续发展密切相关的生态与环境保护、资源与能源利用、社会与经济发展等问题。本文在参考各种绿色建筑评价体系的指标基础上,结合火电项目目前存在的问题,建立了火电项目绿色施工评价指标体系,利用层次分析法建立了火电项目绿色施工评价模型,并给出了评判标准。这将为我国电力行业制定绿色施工标准,进一步规范火电项目的绿色施工提供参考。

参考文献 (References)

- [1] 王有为. 中国绿色施工解析[J]. 施工技术, 2008(3): 1-6.
Wang Youwei. *Construction Technology*, 2008(3): 1-6.

- [2] 中华人民共和国建设部. 绿色施工导则[J]. 施工技术, 2007, 36(11): 1.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. *Construction Technology*, 2007, 36 (11): 1.
- [3] 中华人民共和国建设部. 绿色建筑评价标准. GB/T50378-2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. *Green Building Evaluation Standard. GB/T50378-2006* [S]. Beijing: Standards Press of China, 2006.
- [4] 陶玉波. 水电工程绿色施工初探 [D]. 天津: 天津大学建筑工程学院, 2008.
Tao Yubo. Study on the construction of green hydropower project [D]. Tianjin: Tianjin University of Architecture and Engineering, 2008.
- [5] 刘斌, 张飞涟. 绿色施工评价及其相关问题研究 [J]. 价值工程, 2009 (6): 106-108.
Liu Bin, Zhang Feilian. *Value Engineering*, 2009(6): 106-108.
- [6] 许树柏. 层次分析法[M]. 天津: 天津大学出版社, 1988.
Xu Shubai. *Analytic hierarchy process* [M]. Tianjin: Tianjin University Press, 1988.
- [7] 李士勇. 工程模糊数学及应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004.
Li Shiyong. *Application of fuzzy mathematics and engineering* [M]. Harbin: Harbin Institute of Technology Press, 2004.

(责任编辑 岳臣)

· 学术动态 ·

“第十七届全国小儿心血管病学术会议”征文



由中华医学会儿科学分会心血管学组主办的“第十七届全国小儿心血管病学术会议”计划于 2012 年 6 月 1 日在广州举行。

征文范围: 先天性心脏病、心律失常、心肌炎、心肌病、心包疾病、感染性心内膜炎、川崎病、功能性心血管疾病、晕厥、肺动脉高压、高血压、血脂紊乱、心力衰竭、风湿性心脏病等。

全文截止日期: 2011 年 12 月 31 日。

电 话: 010-83573209

电子信箱: pedcardiology@126.com

通信地址: 北京市西城区西安门大街 1 号北京大学第一医院儿科办公室 (100034)

会议网站: http://www.cma.org.cn/index/indexshd/index_zwtz/2011922/1316660618117_1.html

《科技导报》征集“封面文章”

为快速反映我国最新科技研究成果,《科技导报》拟利用刊物最显著位置——封面将最新科研成果第一时间予以突出报道。来稿要求: 研究成果具创新性或新颖性; 反映该领域我国乃至世界前沿研究水平; 可以图片形式予以反映, 图片美观、清晰、分辨率超过 300dpi; 文章篇幅不限, 要说明研究的背景、方法、取得的结果, 以及结论。在线投稿: www.kjdb.org。