

王随原 徐 剑 黄颂昌 / 编著

绿色公路建设与评价

Construction and Evaluation Green Road



人民交通出版社股份有限公司
China Communications Press Co., Ltd.

Construction and Evaluation of Green Road

绿色公路建设与评价

王随原 徐 剑 黄颂昌 编著



人民交通出版社股份有限公司

China Communications Press Co., Ltd.

内 容 提 要

本书内容包括国内外基础设施评价体系现状、我国典型公路工程建设能耗分析评价、我国绿色公路相关实践和应用技术、我国绿色公路评价体系构建思路、绿色公路的评价体系、指标说明等。

本书可供从事道路工程专业的科研、设计、施工及管理人员参考,亦适合高等院校与科研机构的教师及相关专业技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

绿色公路建设与评价 / 王随原, 徐剑, 黄颂昌编著

. —北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2017. 4

ISBN 978-7-114-13472-2

I. ①绿… II. ①王… ②徐… ③黄… III. ①道路工程—道路建设—评价 IV. ①U41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 277309 号

书 名: 绿色公路建设与评价

著 作 者: 王随原 徐 剑 黄颂昌

责任编辑: 任雪莲

出版发行: 人民交通出版社股份有限公司

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社股份有限公司发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×960 1/16

印 张: 11.25

字 数: 205 千

版 次: 2017 年 4 月 第 1 版

印 次: 2017 年 4 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13472-2

定 价: 49.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

交通运输是国民经济和社会发展的主动脉,同时又是国家节能减排和应对气候变化的重点领域之一,是生态文明建设不可或缺的重要一环。绿色交通是“四个交通”(综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通)的重要组成部分,是当前和今后一个时期交通运输发展的重点方向之一,其核心是以资源环境承载力为基础,以节约资源、提高能效、控制排放、保护环境为目标,加快推进绿色循环低碳交通基础设施建设、节能环保运输装备应用、集约高效运输组织体系建设,推动交通运输转入集约内涵式的发展轨道。公路交通每年完成的客运量和货运量占比长期保持高位,在综合交通运输体系中具有十分突出的重要性和基础性地位,因此绿色公路是绿色交通的应有之义和不可或缺的重要组成部分。

我国虽然在绿色公路相关的研究和实践方面做了大量工作,然而已有文献并没有清晰说明“绿色公路”的定义、内涵和外延,绿色、低碳、节能、环保、循环等概念交叉重叠。公路工程项目虽然应用一些具有绿色特征的工程技术,但总的来说缺少系统性、综合性和多角度考虑,这制约了公路基础设施向着更加可持续的方向发展。

本书回顾了国内外基础设施绿色体系,分析了国内典型公路工程能耗,以及绿色公路相关的实践和应用技术现状,在此基础上构建了绿色公路评价体系。全书共6章,第1章为绪论,第2章为国内外基础设施绿色评价体系,第3章为国内典型公路工程建设能耗分析评价,第4章为国内绿色公路相关实践和应用技术概况,第5章为我国绿色公路评价体系的构建思路,第6章为绿色公路评价体系。另外,在附录部分提供了沥青混凝土绿色拌和站建设和运营管理指南、目前国内绿色公路建设使用的典型技术以及交通运输部发布的《关于实施绿色公路建设的指导意见》。

本书得到了科学技术部国际科技合作研究计划、交通运输部软科学研究项目等科技项目的支持。本书由交通运输部公路科学研究院王随原、徐剑、黄颂昌编

著,交通运输部公路科学研究所曾蔚副研究员、石小培工程师、秦永春研究员,交通运输部科学研究院李忠奎研究员、张毅工程师,重庆市交通委员会工程质量安全监督局沈小俊正高工、李铁军高工,广东省长大公路工程有限公司杨东来教授级高工、曾利文高工等参与了本书相关研究或相关内容编写。本书撰写过程中还得到了诸多研究人员和单位的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免存在错误和不足,望读者批评指正。

作 者
2016 年 12 月

CONTENTS 目录

1 绪论	1
1.1 背景和意义	1
1.2 本书结构	2
2 国内外基础设施绿色评价体系	3
2.1 国外绿色建筑评价体系	3
2.2 美国绿色公路评级系统	3
2.3 美国基础设施可持续性评估系统	7
2.4 加拿大路面可持续评价系统	9
2.5 国外的其他相关评价工具	9
2.6 我国的相关评价标准	10
3 国内典型公路工程建设能耗分析评价	13
3.1 总施工能耗计算	13
3.2 分部工程施工能耗测算	14
3.3 运营养护能耗分析	18
3.4 建设、运营养护环节公路能耗分析基本结论	23
3.5 路面工程原材料生产(材料物化)和施工阶段能耗实测分析	24
4 国内绿色公路相关实践和应用技术概况	35
4.1 早期探索	35
4.2 交通运输部科技示范工程	37
4.3 绿色循环低碳公路主题性项目	52
4.4 小结	54
5 我国绿色公路评价体系的构建思路	56
5.1 绿色公路的定义与内涵	56

5.2 绿色公路的评价体系	57
6 绿色公路评价体系	59
6.1 基本说明	59
6.2 可研、设计评价指标	61
6.3 施工评价指标	82
6.4 运营养护评价指标	90
附录1 沥青混凝土绿色拌和站建设和运营管理指南	112
附录2 绿色公路典型应用技术简介	123
附录3 交通运输部《关于实施绿色公路建设的指导意见》	164
参考文献	169

1 绪 论

1.1 背景和意义

党的十八大和十八届五中全会对生态文明建设做出了重要部署,提出“推进绿色发展、循环发展、低碳发展”和“建设美丽中国”的构想,并指出:建设生态文明,是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势,必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程,努力建设美丽中国,实现中华民族永续发展。

交通运输是国民经济和社会发展的主动脉,同时又是国家节能减排和应对气候变化的重点领域之一,是生态文明建设不可或缺的重要一环。交通运输部高度重视绿色交通发展,在 2014 年全国交通运输工作会议上提出了要集中力量加快推进“四个交通”(综合交通、智慧交通、绿色交通、平安交通)发展,使绿色交通成为当前和今后一个时期交通运输发展的重点方向之一,其核心是以资源环境承载力为基础,以节约资源、提高能效、控制排放、保护环境为目标,加快推进绿色循环低碳交通基础设施建设、节能环保运输装备应用、集约高效运输组织体系建设,推动交通运输转入集约内涵式的发展轨道。在推进绿色交通建设过程中,绿色公路是绿色交通的应有之义和不可或缺的重要组成部分,是公路实现可持续发展的必然选择。

欧美发达国家十分重视公路的绿色发展。例如,美国提出了绿色公路评级系统(The Greenroads Rating System),从环境保护计划、寿命周期费用分析、寿命周期清单、施工质量控制、废旧物管理计划、污染预防计划、路面管理系统等 11 个方面对公路项目的可持续发展水平进行量化评价。交通运输部在绿色公路发展方面发布了《公路水路交通节能中长期规划纲要》等文件,制定了《公路沥青路面再生技术规范》(JTG F41—2008)等标准,开展了温拌沥青、路面再生、粉煤灰筑路等相关技术研究,组织实施了科技示范路和绿色低碳公路主题性试点,取得了实实在在的效果。但是,已有政策文件没有明确绿色公路的定义及其内涵和外延,绿色、低碳、节能、环保、循环等概念交叉重叠;已有研究主要针对具体的工程技术,繁杂、零散,

系统性不强,制约了公路基础设施向着更加可持续发展的方向。

通过绿色公路的概念,对公路基础设施领域的相关技术进行整合,加以引领和统筹,使之系统化、体系化,将对推动公路基础设施的可持续发展起到事半功倍的效果。例如,建设部2006年发布了《绿色建筑评价标准》,提出绿色建筑的概念。财政部2012年发布《关于加快推动我国绿色建筑发展的实施意见》。国务院2013年1月发布《国务院办公厅关于转发发展改革委、住房城乡建设部〈绿色建筑行动方案〉的通知》,提出“十二五”期间完成新建绿色建筑10亿 m^2 ;到2015年年末,20%的城镇新建建筑达到绿色建筑标准要求,显著推动了建筑领域的绿色发展。

因此,提出绿色公路定义与特征,构建科学、可行的绿色公路的评价体系,将公路绿色发展、低碳发展、循环发展、可持续发展等新理念落到实处、厘清思路,引领公路基础设施向着更加可持续发展的方向,助力“四个交通”建设,十分必要。

1.2 本书结构

本书结构如下:

(1)第一章阐述了我国绿色公路建设的背景和必要性。

(2)第二章论述了国外绿色建筑、绿色公路评价体系和相关评价工具,以及国内绿色建筑和绿色公路评价体系研究和应用现状。

(3)第三章分析了国内典型高速公路工程建设能耗情况,分析了施工和养护过程中各分部工程的重要节能环节。

(4)第四章阐述了国内已有与绿色公路相关的公路工程建设实践,归纳总结其设计、施工和养护经验以及使用的相关技术和工艺。

(5)第五章提出了我国绿色公路的定义与内涵,提出了绿色公路评价体系的构建原则以及指标构成情况。

(6)第六章详细阐述了我国绿色公路评价体系的基本说明以及各指标的含义、评分要求。

(7)基于绿色施工是绿色公路重要组成部分的理念,附录1给出了沥青混凝土绿色拌和站建设和运营管理指南。

(8)附录2介绍了目前国内绿色公路建设使用的典型技术。

(9)附录3为交通运输部《关于实施绿色公路建设的指导意见》,方便读者查阅。

2 国内外基础设施绿色评价体系

2.1 国外绿色建筑评价体系

建筑行业是在绿色评价体系方面最早开始相关研究的行业之一。20 世纪 90 年代以来,世界各国都发展了各种不同类型的绿色建筑评价体系,为绿色建筑的实践和推广做出了重大的贡献。如英国的《建筑环境评估法》(BREEAM,1990),美国的《能源与环境设计认证》(LEED,1995),加拿大等国的 GBTool(1996),日本的建筑物综合环境性能评价体系(CASEBEE,2003),澳大利亚的建筑环境评价体系(NABERS,2003),挪威的 EcoProfiel,法国的 ESCALE 等(表 2-1)。这些评价体系中的定量评分体系,对评价内容尽可能采用模拟预测的方法得到定量指标,再根据定量指标进行分级评分。对于难以定量预测的内容,采用定性分析、分级打分的方法。

国内外绿色建筑评价体系

表 2-1

评价体系	国家及地区	时间(年)	数据库	评价对象	权重体系	评价结果
BREEAM	英国	1990	有	新建和既有建筑	二级	4 个等级
LEED	美国	1995	无	新建和既有建筑	一级	4 个等级
HK_BEAM	中国香港	1996	借鉴 BREEAM	新建和既有建筑	二级	4 个等级
GBTool	加拿大等	1998	共有多国数据库	办公、住宅、学校、工业建筑	四级	5 个等级
CASEBEE	日本	2003	有	新建和既有建筑	三级	5 个等级
NABERS	澳大利亚	2003	无	既有住宅、办公建筑	一级	5 个等级

2.2 美国绿色公路评级系统

美国的绿色公路评级系统(The Greenroads Rating System)定义了路面可持续性的属性,建立了路面可持续性水平的量化评价办法。该分级系统对公路工程项目的评包括 11 项强制性要求、满分 108 分的 5 大类 37 项评分项(对每个评分项根据重要性的不同赋予 1~5 分的分值)、不超过 10 分不超过 2 项的自定义项,满

分 108 分,详见表 2-2。在满足全部强制性要求的前提下,根据评分值的高低确定公路工程项目的等级:64 分以上为常绿,54 ~ 63 分为金牌,43 ~ 53 分为银牌,32 ~ 42 分为合格,达到合格及以上等级的项目均可称为绿色公路(Greenroads, 2009)。美国绿色公路涉及内容示意如图 2-1 所示。

Greenroads(v1.5)评分系统

表 2-2

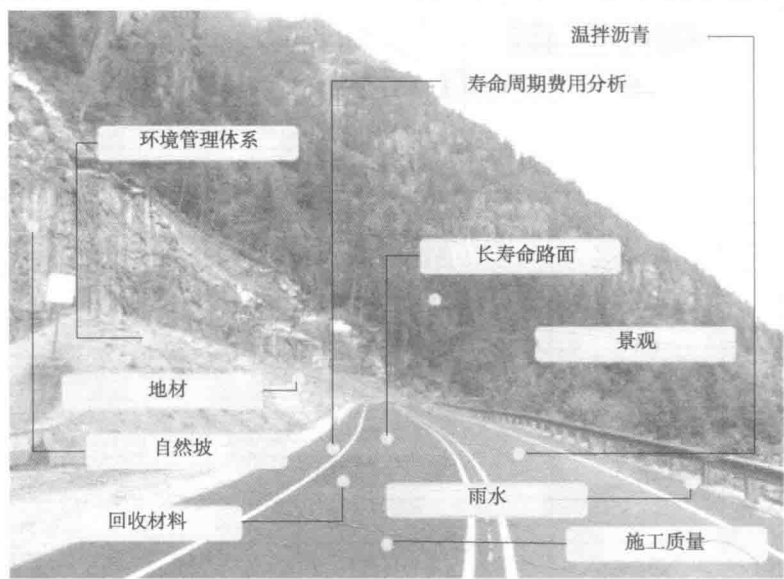
编 号		评 价 内 容	分 值
强制性要求 (PR)			
PR-1		环保审查过程	—
PR-2		生命周期费用分析 (LCCA)	—
PR-3		生命周期清单 (LCI)	—
PR-4		质量控制计划	—
PR-5		减噪计划	—
PR-6		废弃物管理计划	—
PR-7		污染预防计划	—
PR-8		低影响开发	—
PR-9		路面管理系统	—
PR-10		现场保持计划	—
PR-11		教育拓展	—
评分项			
环境和水 (EW,21 分)	EW-1	环境管理系统	2
	EW-2	径流控制	1 ~ 3
	EW-3	径流质量	1 ~ 3
	EW-4	暴雨费用分析	1
	EW-5	现场植被	1 ~ 3
	EW-6	栖息地恢复	3
	EW-7	生态联结性	1 ~ 3
	EW-8	光污染	3
通达性和公平性 (AE,30 分)	AE-1	安全审计	1 ~ 2
	AE-2	智能交通系统 (ITS)	2 ~ 5
	AE-3	敏感环境的解决方案	5
	AE-4	交通减排	5
	AE-5	人行道	1 ~ 2
	AE-6	自行车道	1 ~ 2

续上表

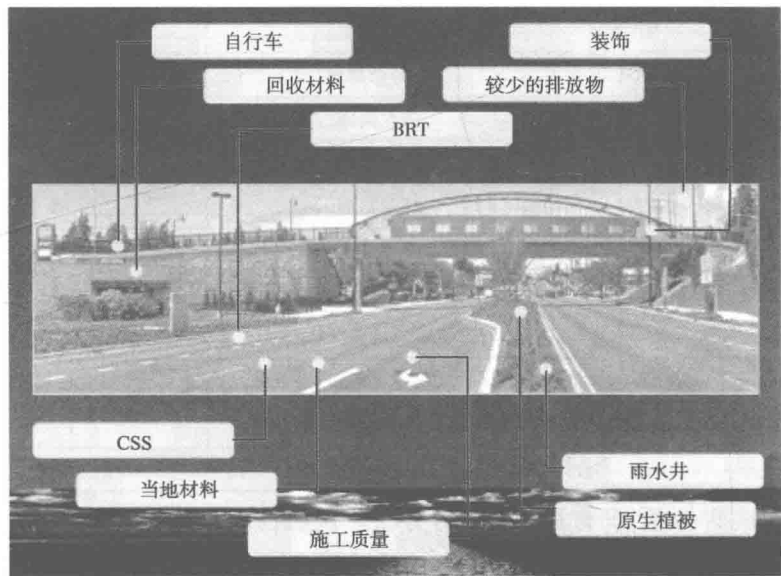
编 号		评 价 内 容	分 值
通达性和公平性 (AE,30 分)	AE-7	公共交通车道	1 ~ 5
	AE-8	景观	1 ~ 2
	AE-9	文化拓展	1 ~ 2
施工活动 (CA,14 分)	CA-1	质量管理体系	2
	CA-2	环保培训	1
	CA-3	现场回收计划	1
	CA-4	降低化石燃料消耗	1 ~ 2
	CA-5	非道路施工设备减排	1 ~ 2
	CA-6	铺路过程减排	1
	CA-7	水利用跟踪	2
	CA-8	承包商质量担保	3
材料和资源 (MR,23 分)	MR-1	生命周期评价(LCA)	2
	MR-2	路面重复利用	1 ~ 5
	MR-3	土石方平衡	1
	MR-4	再生材料	1 ~ 5
	MR-5	当地材料使用(材料运距)	1 ~ 5
	MR-6	能源效率	1 ~ 5
路面技术 (PT,20 分)	PT-1	长寿命路面	5
	PT-2	透水路面	3
	PT-3	温拌沥青	3
	PT-4	降温路面	5
	PT-5	降噪路面	2 ~ 3
	PT-6	路面使用性能跟踪	1
自定义项目得分(CC)			
自定义 (CC,10 分)	CC-1	自定义项一	1 ~ 5
	CC-2	自定义项二	1 ~ 5
合计分值			118

对于每一评分项,都有具体的评分方法。例如,PT-3 温拌沥青的评分方法是:沥青混合料生产温度降低 50°F (1°F = -17.22℃) 以上,且使用温拌沥青混合料占整个项目沥青混合料总用量的质量百分比不低于 50%,得 3 分,否则得 0 分;MR-2 路面重复利用的评分方法是:路面重复使用率达到 50%、60%、70%、80%、90% 分

别得 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分；MR-4 再生材料使用的评分方法是：只考虑沥青结合料或者只考虑沥青混合料时，再生料使用比例达到 10%、20%、30%、40%、50%，分别得 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分，考虑所有路面材料或者所有筑路材料时，再生料使用比例达到 20%、30%、40%、50%、60%，分别得 1 分、2 分、3 分、4 分、5 分。



a)



b)

图 2-1 美国绿色公路涉及内容的示意

2.3 美国基础设施可持续性评估系统

美国联邦公路局于 2010 年提出了基础设施可持续性评价系统 (Infrastructure Voluntary Evaluation Sustainability Tool, INVEST)。该系统从社会 (Social)、经济 (Economic)、环境 (Environment) 三个方面定义了公路的可持续性特征,提出了公路建设项目应该满足“三底线”原则。

该系统从路网规划、项目设计施工、项目运营养护三个环节入手进行评价,这是与 Greenroads 评价系统最大的不同。INVEST 中的系统规划环节设置 16 个评分项,设计施工环节设置 29 个评分项,运营养护环节设置 15 个评分项,各环节可分开使用、分别评分,见表 2-3 ~ 表 2-5。对于设计施工环节,根据项目的工程特点的不同划分为六类,每一类的评分项是从 29 个评分项中抽取部分评分项组合而成的。例如,对于路面养护工程,就无须考虑填挖平衡、ITS 系统等内容,评分项只有 12 个。同时他们认为,根据该系统评分的高低进行不同项目之间的优劣对比是不适合的。

系统规划的评价项目

表 2-3

标准编号和名称	三底线原则		
	环境	社会	经济
SP-1 集成规划:土地占用和经济发展			√
SP-2 集成规划:自然环境	√		
SP-3 集成规划:社会		√	
SP-4 可达性		√	
SP-5 安全规划		√	√
SP-6 多种运输模式		√	√
SP-7 货运规划			√
SP-8 交通需求管理	√	√	√
SP-9 空气质量	√	√	
SP-10 能量和燃油	√	√	√
SP-11 财政可持续性			√
SP-12 分析方法	√	√	√
SP-13 拥堵管理	√	√	√
SP-14 资产管理和规划的联系	√		√
SP-15 规划和国家环境政策法令 (NEPA) 的联系	√	√	√
SP-16 基础设施的弹性	√	√	

项目实施的评价项目

表 2-4

标准编号和名称	三底线原则		
	环境	社会	经济
PD-01 费用效益分析	√	√	√
PD-02 公路和交通安全		√	√
PD-03 环境敏感的项目开发	√	√	√
PD-04 生命周期费用分析	√		√
PD-05 货运机动性	√		√
PD-06 教育拓展	√	√	√
PD-07 跟踪环保承诺	√	√	
PD-08 栖息地恢复			
PD-09 洪水	√		
PD-10 生态联结性	√	√	√
PD-11 材料的回收和再利用	√		√
PD-12 开发可再生能源	√		√
PD-13 场地植被	√		√
PD-14 人行道	√	√	√
PD-15 自行车道	√	√	√
PD-16 客运公共交通与合乘车车道	√	√	√
PD-17 历史、考古和文化保护		√	
PD-18 风景、自然或休闲品质		√	
PD-19 低排放材料	√	√	
PD-20 节能照明	√		√
PD-21 系统运营的 ITS	√	√	√
PD-22 长寿命路面设计	√		√
PD-23 路面材料节能减排	√	√	√
PD-24 承包商质量担保	√		√
PD-25 土石方平衡	√		√
PD-26 施工环境培训	√		
PD-27 施工设备减排	√	√	
PD-28 施工噪声减少	√	√	
PD-29 施工质量控制计划	√		√
PD-30 施工废物管理	√		√

运营养护的评价项目

表 2-5

标准编号和名称	三底线原则		
	环境	社会	经济
OM-01 可持续性计划	√	√	√
OM-02 环保承诺跟踪系统	√	√	√
OM-03 路面管理系统	√	√	√
OM-04 桥梁管理系统	√	√	√
OM-05 养护管理系统	√	√	√
OM-06 公路基础设施养护	√	√	√
OM-07 路侧和设施养护	√	√	√
OM-08 交通控制基础设施养护	√	√	√
OM-09 雪和冰的控制	√	√	√
OM-10 工作区交通控制	√	√	√
OM-11 交通管理和运营	√	√	√
OM-12 安全管理	√	√	√
OM-13 可再生能源利用	√		√
OM-14 燃油效率	√	√	
OM-15 循环和再利用	√		√

2.4 加拿大路面可持续评价系统

加拿大安大略省首个路面可持续评价系统 (Greenpave) 类似于 LEED 的评价系统。该系统从四个方面对项目进行评分 (总分为 36 分), 包括路面设计技术、材料和资源、能源和环境、创新和设计过程。每一大类又进行细分, 其中路面设计技术涵盖长寿命路面、透水路面、降噪路面和低温路面。评级分为四个等级, 分别为铜 (7~10 分)、银 (11~14 分)、金 (15~19 分)、绿色 (20 分以上)。

2.5 国外的其他相关评价工具

加拿大施工协会出版的《加拿大道路建造者道路修复节能指南》(Canadian Construction Association, 2005) 提供了道路施工和养护过程中节能的方法, 并提供了拌和楼操作和现场施工操作时如何节能的一些建议。

巴斯夫 (BASF) 公司开发了一种生态有效性的分析方法。该方法从 6 个方面考虑和评价一个系统, 包括原材料、土地使用、能耗、排放、潜在毒性和潜在风险, 可用于评价不同路面工艺 (包括热拌沥青混合料加铺层、微表处和碎石封层) 的生态

有效性(Wall, 2004)。研究发现,相比热铺的碎石封层,冷拌系统(如微表处)消耗更少的能量,更具有生态有效性。

2.6 我国的相关评价标准

2.6.1 建设部《绿色建筑评价标准》

建设部《绿色建筑评价标准》(GB/T 50378—2014)可以评价居住建筑和公共建筑,该标准将绿色建筑定义为: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,与自然和谐共生的建筑。

绿色建筑评价指标体系由节地与室外环境、节能与能源利用、节水与水资源利用、节材与材料资源利用、室内环境质量、施工管理、运营管理7类指标组成。每类指标均包括控制项和评分项。评价指标体系还统一设置加分项。设计评价时,不对施工管理和运营管理2类指标进行评价,但可预评相关条文。运行评价应包括7类指标。控制项的评定结果为满足或不满足;评分项和加分项的评定结果为分值。

评价指标体系7类指标的总分均为100分。7类指标各自的评分项得分 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 、 Q_4 、 Q_5 、 Q_6 、 Q_7 按参评建筑该类指标的评分项实际得分值除以适用于该建筑的评分项总分值再乘以100分计算。加分项的附加得分为 Q_8 ,按该标准第11章的有关规定确定。

绿色建筑评价的总得分按式(2-1)进行计算,其中评价指标体系7类指标评分项的权重 $w_1 \sim w_7$ 按表2-6取值。

$$\Sigma Q = w_1 Q_1 + w_2 Q_2 + w_3 Q_3 + w_4 Q_4 + w_5 Q_5 + w_6 Q_6 + w_7 Q_7 + Q_8 \quad (2-1)$$

绿色建筑各类评价指标的权重 表2-6

各类评价指标的权重		节地与室外环境 w_1	节能与能源利用 w_2	节水与水资源利用 w_3	节材与材料资源利用 w_4	室内环境质量 w_5	施工管理 w_6	运营管理 w_7
设计评价	居住建筑	0.21	0.24	0.20	0.17	0.18	—	—
	公共建筑	0.16	0.28	0.18	0.19	0.19	—	—
运行评价	居住建筑	0.17	0.19	0.16	0.14	0.14	0.10	0.10
	公共建筑	0.13	0.23	0.14	0.15	0.15	0.10	0.10

注:1.表中“—”表示施工管理和运营管理两类指标不参与设计评价。

2.对于同时具有居住和公共功能的单体建筑,各类评价指标权重取为居住建筑和公共建筑所对应权重的平均值。

绿色建筑分为一星级、二星级、三星级3个等级。3个等级的绿色建筑均应满