



真实与诗意的构筑



——当代体育建筑的材料运用

Real and Poetic Construction —

The Material Use of Contemporary Sports Architecture

刘伟 钱锋 ◆ 编著



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



Real and Poetic Construction —
The Material Use
of Contemporary Sports Architecture

真实与诗意的构筑 ——当代体育建筑的材料运用

刘 伟 钱 锋 ◆ 编著



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

内 容 提 要

本书将体育建筑的材料运用作为研究对象,从“真实与诗意的构筑”之角度进行研判,通过分析体育建筑结构、围护等材料的运用及发展,对体育建筑中趋向节能、可持续的材料运用展开相关研究,阐述面向全生命周期的材料节能节约化运用。主要包括:体育建筑材料的分类与运用、结构材料的应用逻辑与性能发展、围护材料的形态特征与表皮语汇、面向全生命周期的材料节能节约化运用、目标与展望等。

本书可供建筑设计技术人员及建筑材料研究人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

真实与诗意的构筑:当代体育建筑的材料运用/刘伟,钱锋编著. —北京:人民交通出版社股份有限公司, 2016.6

ISBN 978-7-114-13106-6

I. ①真… II. ①刘… ②钱… III. ①体育建筑—建筑材料—研究 IV. ①TU245②TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第133860号

书 名: 真实与诗意的构筑——当代体育建筑的材料运用

著 作 者: 刘 伟 钱 锋

责任编辑: 郑蕉林

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: 北京盛通印刷股份有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 19.75

字 数: 360千

版 次: 2016年7月 第1版

印 次: 2016年7月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-13106-6

定 价: 80.00元

(有印刷、装订质量问题的图书由本公司负责调换)

材料是建筑的基本构成元素，也是建筑发展的原动力之一。建筑师熟悉和掌握各类材料的特性并进行合理运用，能够使得建筑在其全生命周期内具备良好的成长基因。而体育建筑往往具有与众不同的空间跨度和外部形象，其结构支撑下的空间“内核”与形态“外壳”的发展显著关联于各类材料的运用：对结构材料的性能挖掘更能体现出体育建筑结构体系的受力合理性，对围护材料的精炼运用越发展现出体育建筑丰富的形态特征及鲜明的地方特色。在尊重理性构筑的创作思维之下，当代体育建筑也更注重于真实地反映出内部空间与外部形态的“表里如一”，使得结构体系与围护表皮的结合更为贴切与融洽。因此，各类材料运用的语义及内涵表达，已经成为体育建筑设计的主要手段和方法之一。

同时，作为以往耗能耗材严重的大型公共基础设施，当今的体育建筑必须重视自身的可持续性。当体育建筑中的结构与围护材料像人体“骨骼”与“皮肤”一样舒适得体时，保证体育建筑健康运营的节能技术与材料也越发得到青睐与应用。越来越多的体育建筑趋向于采用具有节能环保和经济可行的材料运用方式，来达成体育场馆的可持续设计及发展目标，进而，在体育建筑迈向可持续发展的道路中，面向全生命周期的设计概念，能够成为体育建筑材料运用的整体统筹者，促使人们为体育建筑创建材料运用的优化体系，以“适宜选材、节材精用”的运用方式，在体育建筑健全的生命历程中实现材料的最大价值。

本书将体育建筑的材料运用作为研究对象，虽然定义的对象涵盖广泛，但注重关键点的分析，旨在建立体育建筑与材料关联的系



统研究。先从体育建筑的内外“骨骼”和“皮肤”着手，通过分析体育建筑结构、围护等材料的运用及发展，研究体育建筑结合理性逻辑和感性创意的“真实与诗意的构筑”，之后对体育建筑中趋向节能可持续的材料运用展开相关研究，最终在上述研究内容的基础上，为面向全寿命周期的体育建筑设计构筑出材料节约化的运用目标与宗旨。

本书由三个部分构成，分别以调研构思、分析研究、综合构筑三种递进关系形成本书的整体框架，并将体育建筑与材料运用两方面的联系紧密地贯穿于整书的框架之内。

第一部分包括第一章及第二章，以调研基础进行构思，论述当代体育建筑设计中材料运用的发展与趋势，通过对体育建筑中各类材料不同功能及效应的分类，阐述体育建筑的材料运用在创作空间与形态及融合场地与环境等方面的必要性和重要性，并对体育建筑中广泛的运用材料类型进行细致地梳理及分类。

第二部分包括第三章及第四章，注重对大量体育建筑实例进行分析与研究，以体育建筑中“由里及表”的材料物性为主要对象，主要论述体育建筑的结构承载材料和围护表皮材料的特性，对应于不同材料在空间结构与外部形态内外两个方面的运用，提取材料在其物性层面上的全面体现，详细地分析材料要素在塑造体育建筑中的重要作用。

第三部分包括第五章及第六章，进行文章的综合构筑。在探讨体育建筑节能技术与材料的运用基础上，反思体育建筑不当及过度的耗材问题。根据体育建筑选材及用材在其全寿命周期中不同阶段中的运用特征，以面向全寿命周期的体育建筑材料运用作为设计体系，将体育建筑全寿命周期中的节能技术与材料、材料可持续性以及高效节材化相互统一，并将它们作为材料运用的优化宗旨与价值取向，全面地构筑体育建筑材料运用的综合理论。

本书由长安大学刘伟撰写第一章~第五章，由同济大学钱锋教授撰写第六章的主要内容，并负责大纲的编写与全书审校。

本书在编写过程中得到了各位良师益友的指导和帮助，并引用了他人的资料，在此一并表示衷心的感谢！书中难免存在错漏之处，请读者批评指正。

作者

2016年1月

第一章 绪论 / 001

- 第一节 体育建筑与材料运用的关联 / 003
- 第二节 体育建筑的显著特征 / 008
- 第三节 材料运用的实践深化 / 016
- 第四节 当代体育建筑材料运用进展 / 023

第二章 体育建筑材料的分类与运用 / 027

- 第一节 建筑材料的类型与发展 / 028
- 第二节 结构承载材料的分类及运用 / 038
- 第三节 围护表皮材料的分类与运用 / 053
- 第四节 体育建筑金属屋面系统的材料运用 / 076
- 第五节 本章小结 / 086

第三章 结构材料的应用逻辑与性能发展 / 087

- 第一节 体育建筑的大跨度结构发展 / 089
- 第二节 大跨结构体系中的材料特性 / 107
- 第三节 体育建筑结构材料的性能发展 / 126
- 第四节 本章小结 / 138



第四章 围护材料的形态特征与表皮语汇 / 139

第一节 围护材料在体育建筑形态表现中的特征 / 140

第二节 围护材料在体育建筑表皮语汇中的展现 / 171

第三节 体育建筑形态及表皮的参数化设计 / 218

第四节 本章小结 / 232

第五章 面向全寿命周期的材料节能节约化运用 / 233

第一节 面向全寿命周期的体育建筑设计 / 234

第二节 体育建筑节能技术及材料的运用 / 240

第三节 体育建筑材料运用的可持续性 / 263

第四节 基于全寿命周期理念的材料节约化 / 275

第五节 本章小结 / 290

第六章 目标与展望 / 291

第一节 目标与宗旨 / 292

第二节 未来的展望 / 293

图片来源 / 295

参考文献 / 305

第一章 绪 论

每一种材料都有自己的语言……每一种材料都有自己的故事。对于创造性的艺术家来说，每一种材料有它自己的信息，有它自己的歌。

——F. 赖特

体育建筑中的材料运用，正是本书所研究的两个相关联的对象。随着社会发展与人类活动方式的日益丰富，体育运动已经成为人们生活中不可或缺的一部分。在许多国家和地区，无论是竞技体育，还是各类民众健身及休闲活动，都成为了人们生活的核心内容之一（图 1.1）。并且，在城市发展的许多实例中，随着奥运会等“事件性”大型活动的频繁发生，一些大型体育场馆也逐渐成为带动城市更

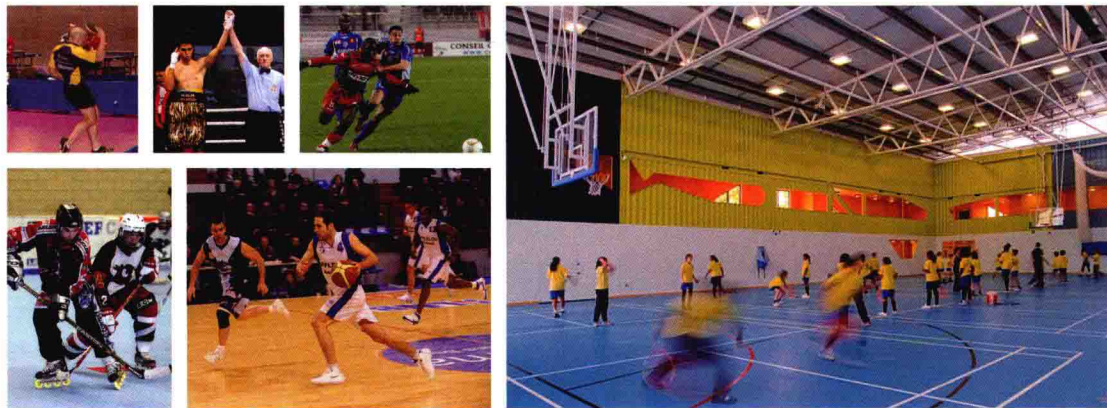


图 1.1 体育运动成为人们的生活方式之一



图 1.2 承载人类丰富活动的体育建筑

新与经济发展的“城市触媒”(图 1.2)。所以,各类体育建筑正如雨后春笋般地涌现在人们的视野之中,成为今后人们所面临的重要设计项目类型。而材料是每个建筑师都关注的基本构建元素。人们早已认识到:材料——是能够将建筑设计升华到整体并富有细节的统一者。包括体育场馆在内的当代公共建筑,其结构承载形式及外观表现趋向,已经在很大程度上建立于设计者如何将各种传统与现代的材料元素进行组合,以材料语言的设计方式向使用者和公众来展示。

体育建筑作为一类较为特殊的建筑形式,大都具有显著的大跨结构、宽广的室内空间以及巨大的体表面积,无论从内到外、由表及里,其材料的组合及运用都值得深入研究。当代体育建筑也更倾向以整体加细节的材料运用方式来保证其品质,在遵循结构理性的基础上展现出丰富精彩的外观形象(图 1.3)。而对于很多建筑师来说,对结构、节点、构造等细节方面的了解往往只是限于皮毛,掌控起来更是不求甚解和随意发挥。对材料知识和运用的匮乏和失控造成了建筑设计 with 结构设计、构造设计、室内设计等方面的种种矛盾。对于当代建筑师来说,更是要面临着承担“多面手”的经验和工作能力,除了要熟练掌握各类规范和设计程序,其工作更涉及场地布置、安装,甚至材料种类的开发。因此,材料在建筑师和体育建筑之间,不仅只是前者随意的拿来之物,还将扮



图 1.3 丰富多彩的体育建筑形象

演决定体育建筑是否具有高品质的实现者角色。

从建筑设计的总体趋势和长远目标来看,随着环保节能和可持续发展意识的不断增强,人们对建筑材料的运用,已经不再停留在表象立意上的设计手段和方法,而是上升到贯彻材料全寿命周期的系统理论。体育建筑体形相对庞大,在建设及运营过程中势必将耗费大量的人力、物力。如果在体育建筑的设计及建造过程中不重视材料的节省和高效利用,其过度消耗就是对生态环境和自然资源的失责与破坏。但许多体育建筑往往为了表现夺人眼目的形体而将材料的本体建造功能加以扭曲,以至其创建出的建筑空间并不能满足建筑的可持续发展理念,更难以以为建筑整体塑造出健全的生命周期。因而,建筑师们应当更负责地将节约经济、集约高效的设计理念灌输到材料运用的具体方法和策略之中。

对体育建筑中的材料运用进行剖析,可以详尽了解各类材料的结构、围护、节能等不同性能,从结构形式、空间塑造、表皮象征、节能生态以及全寿命周期内的充分用材与节材等相关层面出发,较为全面地探讨体育建筑的发展趋势。

第一节 体育建筑与材料运用的关联

一、发展背景

在当今熙熙攘攘的多元化世界中,任何一个课题的发展背景可以说都并不是单一化的,而对于技术与艺术结合的建筑学科,则更具备了人文社会、科学技术、大众审美等范畴。体育建筑与材料运用的关联,同样不能脱离多重背景对其发展的限定与影响,其研究背景主要依存于这几个方面:人们的生活方式决定体育建筑的功能;技术的发展引领新旧材料的应用;设计观念的更新导向其综合发展趋势。

首先,设计源于人们的生活,而生活方式决定了生活的场所,反之生活场所也塑造了不断变化的生活方式。体育运动已经成为人们生活中的一部分,在经济发达国家,体育以及休闲运动所占据的时间比例,往往能够体现人们的生活水平与质量。新中国成立以来,体育事业蓬勃发展,北京奥运会的成功举办也带动了一系列体育产业。随之体育建筑也成为了人们生活中必不可少的活动



场所，体育建筑已经成为人们物质及精神生活的载体，也经常被赋予一个城市或者地区的形象代表。它以何种形态出现，提供什么样的空间，越来越成为世人所关注的焦点^[1]。

人们不断追求着更高质量的生活场所，而技术是促进建筑发展的最有利手段。建筑的发展也正处于一个充满着技术创新的激进时代，在建筑技术快速发展的背景下，建筑物的形态与空间都在挑战着以往的传统观念。而建筑的发展在某种程度上也是人类一直与地心引力抗争的过程，大空间大跨度建筑尤为如此。最先进的大跨度空间结构技术往往首先应用于体育场馆中，不断涌现的体育建筑也为大跨度空间结构技术提供了最佳的展示舞台和实践机会。通过人类长期的工程实践，体育建筑在空间、结构、形体等方面都有了质的飞跃，而这些都与材料的运用息息相关。随着体育建筑规模与形式的改变，体育建筑的材料运用有着不断演变的现实背景，材料的创新运用和社会的经济发展、建筑的功能综合、材料的性能挖掘等多方面紧密联系，成为综合的进化系统。

当材料以扮演多种角色出现在建筑设计之中时，它们的使命也来源于其产生的背景。材料在建筑设计中扮演的角色是各个层面上的，例如作为实现手段、传播媒介、表现态度等，随着扮演角色的繁多，材料运用的“矫揉造作”也随之而来。早在 100 多年前，约翰·拉斯金（John Ruskin）这样表达了对材料虚假表现和滥用的憎恶：“材料欺骗则更简单……一切模仿都极其卑鄙，绝对不能允许。”在现代主义建筑起始至今，人们对材料的简约一直抱有欣赏的态度，随着生态趋势的呼应，反而成为环境发展观中的共识。长期以来，人们在地球上使用过的建筑材料种类数不胜数，历史上每一次建筑革命都是由新材料的出现而产生的，从天然材料到人造板材，从木结构到钢结构，从石头、陶板到玻璃、瓷砖，建筑师通过多种新型建筑材料的运用，追求建筑内部空间及外部形式的创新和统一，材料的应用始终是建筑设计中的关键因素。

体育建筑的材料运用由表及里，涉及了大跨屋盖、结构支撑、形态表皮、室内装修等不同层面，更因其异于一般建筑的广阔空间，使得大跨钢结构、气枕膜材、复合木材等新型材料得到广泛应用（图 1.4）。可以说，材料的进化应用是和体育建筑空间的拓展相互依存的。而新旧材料的不断创新运用，如果能促进体育建筑的结构合理与空间完善，其必定熠熠生辉；而若是浪费不当，则会使外表再漂亮的体育建筑也暗淡无光。

同时，在建筑中发挥材料的环保节能效应，不仅能够启发建筑师的创意，而且也能体现建筑业工作者的环境意识。世界上 40% 的原材料用于建筑生产，40% 的能源消耗用于修建、采暖、制冷及建筑的运行。而大跨度建筑更是材料、

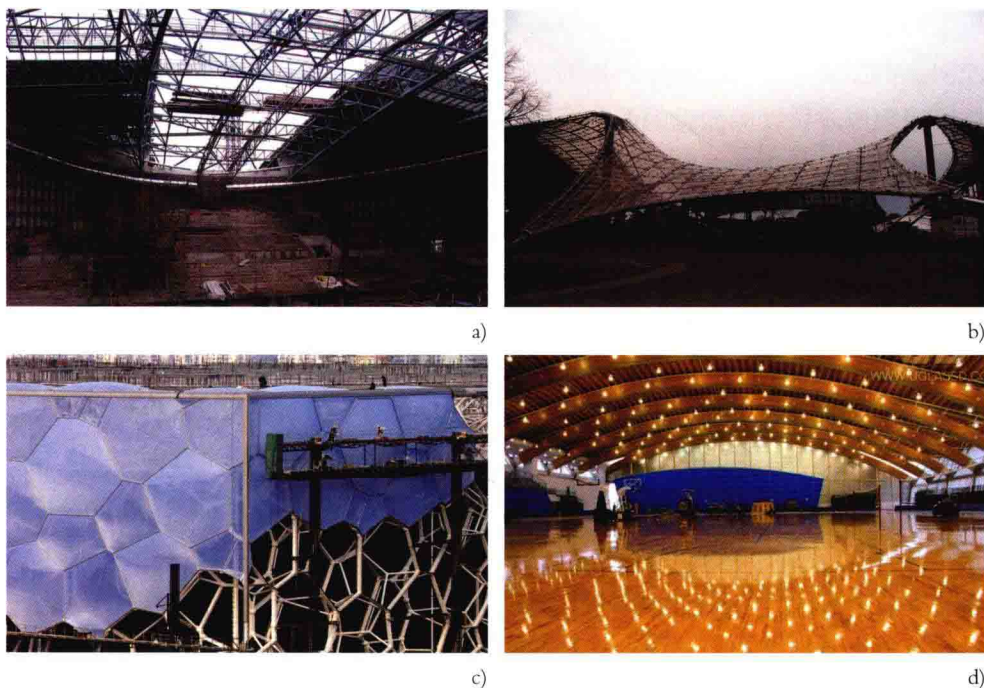


图 1.4 体育建筑中的多种材料应用

a) 钢结构; b) 索膜结构; c) ETFE 膜材料; d) 复合木材

能源消耗的大户，其设计的经济性与合理性至关重要。当人们将材料运用从单纯的技术层面提升到体育建筑的生存理念，把体育建筑看作一个健康运行的系统时，其材料对自身生态平衡的重要性不言而喻。各类材料的运用在体育建筑的设计及施工方面也受到了更多的重视，人们对材料运用的认知，也逐渐从单纯的技术层面上升到可持续发展的生态探索，使贯穿于建筑全寿命周期内的节约理念同样成为了体育建筑设计的宗旨之一。因此，当代体育建筑中的材料运用已经体现出“精益求精、去伪求真”的理性回归，对材料的选择首先是保证其效能高效精炼，而又能够结合地域及气候体现出自身与众不同的表现特征，在“真实建造”的前提下自然而不做作，彰显出适宜的体育建筑个性。

二、材料建构

对体育建筑设计进行材料运用方面的深入研究，从建筑学所包含的广泛内容上来看，可以总结出具有三个层面上的意义：

(1) 对于大跨度建筑，其结构承载形式与所用材料的受力性能紧密关联，不同材料的受力特点决定了大跨结构的自身特征。从某种意义上来看，大跨度



建筑结构形式的每一次飞跃，都是得益于新型材料的创新研发与合理运用。

(2) 当代体育建筑的外部形态注重整体统一，简约但富有细节的外观成为体育建筑形态设计的流行趋势。但每个体育建筑又期望展现出不同的地域特征与时代气息。并且，人们已将表皮材料与现代光电等技术相结合，使得体育建筑传统的围护界面上升至丰富的表皮语汇，也孕育着更多的美学解读方式。

(3) 创建今后的可持续体育建筑与材料运用息息相关。人们已经认识到，更高层次的节能生态理念，不仅仅是体现在对体育建筑的围护构造系统进行有针对性的节能设计，而是应该将建筑材料的全生命周期观念贯穿于体育建筑的健康成长过程之中。材料的广义运用包含了对其选择、制造、利用、回收等步骤，材料全生命周期与体育建筑的全生命周期成为不可分割的完整体系。

对于前两点，可以从材料的物性及审美层次来看，体育建筑的材料运用回归于建构学的逻辑思维。建筑材料的运用与结构、构造、技术都息息相关，材料的感性之美也延伸于建构学的理性表现。熟悉材料的特性是建筑师的基本功，但很多设计者往往只关注建筑的材质表象，对整个建筑的建构体系不求甚解，造成当代建筑设计建构失衡与语境缺失。对于大跨度的体育建筑，材料建构的设计策略更是能够体现出结构逻辑的理性回归。同时，体育建筑也有着自己的显著个性，其材料运用可以从由表及里的不同层次进行深入研究。如果在正确的方法指引下，可持续发展是大跨度建筑设计的必经之路，对材料高效能的挖掘和如何节约材料是建筑师们必须所面对的议题。因此，系统地研究各类材料在体育建筑的选择和运用，主要具备两方面的研究意义：

(1) 注重材料的真实建构，表里如一。

(2) 在全生命周期观念下的材料节约及充分用材。

首先，“建筑的根本在于建构，在于建筑师运用材料将之构筑成整体建筑物的创作过程和方法”。从“建构”的理论基础上来看，材料是建筑设计的基本组成元素。建构的概念是指在建筑中各种材料以符合建造逻辑的构造方式组合在一起，而“建造的逻辑”就包括材料的特性——受力性能、耐久性、感官特性等，并以此成为构筑结构逻辑和形态逻辑的基石。西方建筑界关于“建构”的研究都十分重视建筑材料与结构、构造之间的关系。另外，建构“tectonic”在许多西方建筑师眼中既为一脉相承的建筑传统，对其理解是贯穿于整个建筑教育及其实践之中的，这种真实逻辑的体现并非为遥不可及的高深理论。

材料通过建构成为建筑，也正是人们对建筑材料进行富有逻辑的物化过程。从建筑伊始，材料就成为宏观建筑系统中的序参量之一，某些建构形式更是材料语言中的经典展现^[2]。建构实体需要通过材料得以表达，而材料的固有属性

也是客观存在的自然规律，正如钢材和木材是两种截然不同的建筑材料，若想以“建构”的方式表达建筑，则必须首先掌握其材料特性，才能使结构及构造关系真实反映材料的特性。体育建筑的材料运用同样溯源于建筑学“建构”理论，尤其是其结构材料，例如钢材，其自身最佳的受拉或受压性能决定了受力方式，而受力方式构筑了承载形式，继而发展为系统的结构形态，达成“真实的建造”。

但在当今，建筑界中的许多设计者们沉迷于纷杂的形式语言之中不能自拔，建筑不再关心自身的本体——材料、建构等现实问题。其实“空间”与“建构”是建筑本质发展过程中相互映衬的两个侧面，二者互相促进，空间的发展推动建构的进步，而建构的水平直接影响空间的品质，只是一些实用造型主义的泛滥使建构遇到冷落。因此，人们应清醒地认识到：材料是建筑形式的载体，建筑的表达很大程度上依赖于对建筑材料的灵活使用和组织。在当前“回归本体”的理性潮流中，建构学再度得以提倡，人们的注意力不仅仅集中在空间本身，而更转移到材料上。“材料比空间更容易揭示意义的存在，更易于解码的图示。”材料所具有的丰富肌理、色彩使其更容易为人的感官所感知与把握。设计者将材料运用当作设计的重要起点，已成为当今建筑设计的一种新的思路和方法。

基于这种现实，本书拟从材料建构的真实表达角度，探讨体育建筑创作的发展问题。在体育建筑设计之中，材料结合工程技术，成为直接左右建筑空间与形态的最主要元素。钢材、混凝土、膜结构……用不同的材料和建构方式，其实际空间氛围也会大相径庭。所以，材料的建构方式直接决定着体育建筑的整体品质，使用材料建构的本体回归可以将体育建筑的功能与形式相互统一。而后者同样符合材料的建构策略——以最精炼的材料去构筑最真实的建筑。

再者，当代体育建筑的外部形态重视整体统一，并在节点细部与构造材料上进行创新设计，通过材料语汇来表达体育建筑作为物质载体的文化内涵与空间精神。并且将如何物尽其“材”，在体育建筑中各类材料的运用中重视材料的全寿命周期，通过理性的方式节省材料，以此达到未来体育建筑节能环保的可持续发展的目标。建筑师需要关注材料在生产、运输、施工、建筑使用和拆除全寿命过程中对生态环境的影响。相对而言，材料使用比材料构筑所占的时效更长，因此材料建构要以适应建筑的全寿命周期为宜，才能达到更深层意义的真实。这种对生态可持续的遵循提供了一种新的建构逻辑：人们把握建筑材料与结构形式及空间形态的统一关系，充分挖掘材料在建筑全寿命周期中的效能，使其在体育建筑的生命旅程中做到精炼、节约、高效，并引发符合可持续



发展的美学意义，这才是体育乃至大跨建筑设计的永恒之道。

本书所关注的“物尽其材，材尽其用”是研究体育建筑材料运用的更深层次意义所在。随着时代发展，体育建筑的设计及实施已经表现出大量采用可持续发展策略及注重绿色生态效应的实践作品。在当今及以后的体育建筑中，如何在体育建筑的全寿命周期内将材料充分利用而减少浪费，满足体育建筑最基本的功能使用，通过材料表现出建筑结构及形态，以及将材料运用在可持续发展策略之上，这些均具有重要的理论和实践意义，能够较为全面地反映出当代体育建筑材料运用的完整内容。

第二节 体育建筑的显著特征

随着技术进步和观念更新，体育建筑设计的发展可以说已经经历过数代，大型赛会的体育建筑，因为其在城市公共生活中的显要地位而吸引众多的眼球和目光，并且大型体育建筑往往承载了建造者们众多层面上的期望。许多体育建筑将体育运动与娱乐产业、办公、商业融为一体，打造出积极的城市公共空间风格，例如洛杉矶的 STAPLES CENTER 体育中心（图 1.5）。这种发展趋势使得大量体育建筑成为集体育运动、商业会展、文化娱乐于一身的新型文化



图 1.5 洛杉矶
STAPLES CENTER

交流中心。体育建筑功能综合化不仅拓展和延伸了自身的生命力,也成为许多城市和地区发展与更新的动因所在^[3]。

同时,人们也不难看出,许多大型体育建筑都是在一定时代背景及国家政治要求下产生的,为了做到形象上的标志性效果,这些大型体育建筑趋向于表达出引人眼目的视觉效应,而并没有做到材料最大程度上的节约利用,甚至在耗费了大量资源之后反而对社会及环境产生了负面的压力和影响。而随着群众运动的普及与开展,与其相匹配的大量社区型和综合性体育建筑却难以得到有效的提供。因此,体育建筑就算承担再多的目标与期盼,其自身也应该处于良性循环的轨迹之中,必须要重视设计的理性出发点和可持续发展理念。统一来看,当今及未来的体育建筑经过几代发展,其发展趋势在结构体系、形态表现、地域特色及生态可持续等几个重要方面逐渐体现出明显的特征。

一、结构技术精炼

近百年来,包括体育建筑在内的大跨空间结构在全世界范围内得到越发广泛的普及。高强度结构材料与高新技术的广泛应用促进了人们对大跨度空间结构的更高需求。大跨度结构的一个共同的特征是:跨度越来越大,自重越来越轻,设计者采用新结构体系与轻质高强材料及新技术,尽可能采用先进的结构体系,并且施工安装更为快捷、简便。在确保工程安全性的前提下注重工程的实用性、经济性,且使建筑与结构和谐统一。

体育建筑的结构体系,主要体现在其大跨度屋面,体育场巨大的悬挑罩棚及体育馆的大跨屋顶都是体育建筑设计中的重中之重。传统的体育场馆在技术和材料的制约下,其结构体系往往耗费较多的材料,在为体育建筑塑造“钢筋铁骨”的同时,也不由得使其具备了沉重笨拙的躯体。而在当代大型体育建筑的大跨结构中,结构体系在不断得到发展,从传统的钢架、网架,到拉索、膜结构,再到索穹顶等混合结构,设计者们一直在不断探索体育建筑大跨屋面最佳的受力方式^[4]。同时,钢、膜、索成为使用最为频繁的结构材料。设计者充分挖掘材料的受力性能,并利用它们之间的混合运用也成为精炼结构体系的发展趋势。例如刚柔并济的大跨度建筑屋面的混合结构,其承力方式清晰明确,并节约了许多大跨度建筑中的用材量(图1.6)。

因而,结构技术的运用对于常规建筑而言只是合理与否的问题,但对体育建筑来说则经常意味着能否成立和经济可行的关键。体育建筑的空间与形态都依赖于稳固的结构体系。结构技术的精炼,以及高超的建造及施工技术,保证

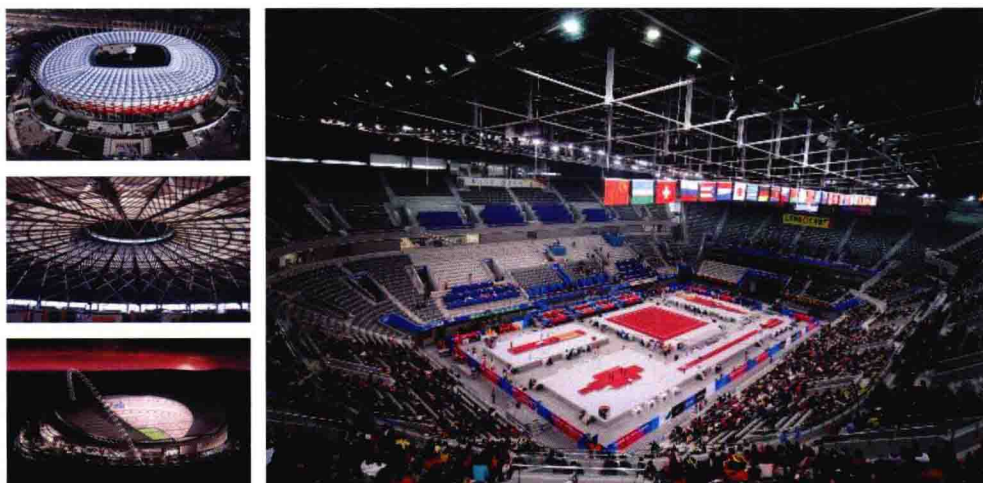


图 1.6 大跨度建筑屋面的混合结构

了一座座先进的体育建筑得以顺利实施。由于造价、施工、选材等多方面的制约性，结构理性在体育建筑创作中可以说具有绝对的话语权，精炼的结构技术作为空间与形态的物质载体和基础，也使得结构材料的重要性更为彰显。

二、形态表现丰富

以往，体育建筑因其体量的单纯和超尺度，一度成为崇高感和纪念性的代名词，又因其单一竞技功能与大众日常生活的超然距离，往往成为城市生活中庞大而冷冰冰的雕塑。随着结构技术的发展与多元化审美的需求，体育建筑的外部形象也由厚重的呆板造型转而去创造自在流畅的轻松氛围，各类造型生动有机且别开生面。建筑师们更加趋向以完整的形体和精致的细部来塑造出丰富的形态，并且在各种形态表现中都重新审视了理性逻辑与感性创意的结合，力求真实反映出体育建筑内部空间与外部形态的“表里如一”。

具体而言，建筑师们在遵循功能要求与结构体系的构筑基础上，以几何生成、地形融合、肌理展现等多种表现途径，为当代体育建筑塑造出力与美相交融的外部形态。随着建筑理念与实践的多元化发展，可以说整合简约的基本几何和扭转变异的异形形态都成为了当代体育建筑外部形态的表达意图。但从整体发展趋势来看，体育建筑依旧会遵循其结构体系的理性逻辑，避免华而不实的形体堆砌^[5]。在今后的体育建筑形态表现中，设计者们更倾向于在理性的结构体系上表达富有韵律而变化的形态关系，从而体现出：以基本几何原型上的拓扑生成和形变来塑造整体外观（图 1.7）。并且，体育建筑的形态设计更注重与其整