

伦敦奥运会主体育场可持续发展技术初探

喻汝青 汤朔宁

(同济大学建筑与城市规划学院, 上海 200082)

摘 要: 伦敦奥运会主体育场有别于北京鸟巢的地标式设计,其立脚点在于可持续发展研究。从选址环境到资源的循环利用,再到建筑单体的结构和自然通风采光都体现了低碳设计,满足节能设计的初衷。其最大限度地改善了周边环境,回收利用了废弃的建筑物资源,并且场馆自身也实现了结构和功能的多功能适应性设计。

关键词: 伦敦奥运会主体育场; 可持续; 选址; 资源; 结构设计

DOI: 10.7617/j.issn.1000-8993.2013.09.009

A PRELIMINARY STUDY ON THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT TECHNIQUE OF THE LONDON OLYMPICS MAIN STADIUM

Yu Ruqing Tang Shuoning

(College of Architecture and Urban planning, Tongji University, Shanghai 200082, China)

Abstract: The London Olympics main stadium design concept is different from that of the "nest" in Beijing. Its foundation is the research on the sustainable development. The low carbon environment of the site and the circulation of the resources, the separate structure of the stadium, the natural ventilation are all the reflections of the origion intention of ODA. The stadium improves the neighborhood and reuses the waste and old building resources. Which achieves also the objective that the structure and function could be multi functional.

Keywords: London Olympics stadium; sustainable; site; resource; structure design

1 可持续的伦敦奥运场馆

1987年联合国在巴西里约热内卢召开的环境与发展会议上通过的《21世纪议程》里面提出了有关可持续建筑的概念:可持续建筑是指,充分考虑自然资源的物理性,保护自然环境和物种多样性,最大限度维护建筑环境的建筑类型^[1]。而可持续发展的体育场馆应该是在总体环境,单体建造,运营和拆除的全寿命周期中对环境的影响最小,产生最佳社会效益的建筑^[2]。本文将结合伦敦奥运会主体育场的实例,从选址环境,资源的可持续利用,建筑单体设计等几个方面来论证其可持续性(表1)。

伦敦奥委会申奥的愿景是希望通过伦敦奥运会来复新东部地区。“低碳”和可持续是奥运会举办的两个关注点,实现这个目标不仅需要新材料能源等,还要满足保护生物的多样性。伦敦奥运会是第一届以发展的眼光,实现从建设期到完成后整个建设过程的低碳消耗的夏季奥运会,它用一种前瞻性的眼光计算并控制包括建造材料的碳排放的整个碳消耗。据奥运交付管理局统计,从奥运会申办到赛后的整个7年过程中,经过节能使用后,奥运园区总

的排放量只有190万t,这个数值仅仅超过伦敦这段时间总排放量的0.05%。

2 选址中的环境低碳选择

可持续性的体育场馆的选址应当注重体育建筑与周边环境的和谐相处,解决用地与建筑的矛盾关系。体育场馆的设计应该从现状出发,考虑场馆特点并在设计时充分考虑城市规划,经济发展水平和城市用地环境等因素。

2.1 评估项目的建成对项目用地的更新与改善

为奥运赛事建造的体育场馆往往是综合多种功能且融合娱乐等的综合设施。场馆对周边的城市建设起到带动作用,为了实现体育场馆最大的经济社会价值,可持续发展体育场馆的选址须符合城市规划方向和城市经济的发展趋势。参照巴塞罗那成功举办奥运会后成功进行城市更新,且加强了西班牙

第一作者:喻汝青,女,1988年出生,硕士研究生。

电子信箱:77706080@qq.com

收稿日期:2013-02-15

表 1 影响伦敦奥运会主体育场可持续发展的因素

Table 1 The factors influencing the sustainable development of the main stadium

时间周期		指导机构	因子		
可持续建造的影响因素	2006 年—2013 年	奥运交付管理局	建成后给当地带来的环境改善	总体选址	建筑合理
			建造场地对场馆布局的限制	环境	布局
			运输材料和场地平整	资源可持续	节省材料和能源
			建筑设计节省用材	建筑设计策略	建筑合理设计
			新的建造材料和新能源		
建造产生的废弃物	建造成可持续发展的场馆				
			功能复合多样化		
			通过计算机模拟的采光和通风		

在西欧地位的实例来看,伦敦举办奥运会的目的之一也是城市复兴,东部地区就是一个不错的选择,它将会是伦敦奥运会的受益者(表 2)。东部地区获得便捷的运输和泰晤士河口的计划,都极大便利奥运会的召开。奥运会结束之后,奥林匹克公园将会成为东部伦敦的一个枢纽,创造大量的文化发展和工作机会。公园的设计极大丰富当地的生态环境,恢复周围的生态湿地栖息地,清理了 Lea 河岸。它的目标是要创造一个健康、充满活力、公平、精致的社区。当地政府改善交通并联合学校共同实现这个目标(图 1)。

表 2 伦敦奥运会主体育场带来的城市更新

Table 2 City renewal because of the main stadium

城市复新的类型	可能出现的代表
经济	增加的工作机会和奥运相关的投资机会,新的旅馆的发展
社会	住区数量的增加,奥运相关的住区发展,提高对残障人士比赛认知
健康	增大体育活动的参与度,为当地社区提供体育设施,提升空气质量
环境	改善污染土地,创造绿色园区空间,行人步道,改善交通运输
文化	提供社会的艺术与文化设施,复兴东伦敦文化



图 1 伦敦奥林匹克公园鸟瞰

Fig. 1 The bird's eye view of the London Olympic Park

2.2 体育场馆建设受限于环境

场地形状和环境在很大程度上制约着场馆的平面几何形状和基本的体量。用地比较完整紧凑的地段适合集中布置场馆,配套建筑零星布置在场地周

边;而狭长地段则比较适合板块体量的多层体育设施综合体。应对不同的场地条件需要不同的体育建筑形式。

奥运园区处于东伦敦偏北的斯特拉福特下里河谷区,场地内部有许多旧有的运河体系将场地分割的支离破碎,体育场选址位于奥林匹克公园南部的一个三面环水的不太大的岛区,观众只能通过 5 座连接岛区与周边地区桥梁进入主体育场(图 2)。



图 2 伦敦奥林匹克公园总瞰

Fig. 2 The plan of the London Olympic Park

这片不大的 160 km² 的土地(图 3、图 4)^[3]决定了体育场是一个紧凑的建筑形式,与悉尼奥运会主体育场相比它要小得多。设计者将服务性和零售等功能设施放置在场地边缘位置,而主体看台则紧凑布置在场地中央,简化了体育场本身的功能负担;体育场也变的更小些,观众能更近距离的接触运动员,这种解决方式同时还能保证体育场良好的环状交通流线^[4]。

2.3 材料运输的可持续性

为了避免体育建筑的建造给场地本身带来其他影响,设计者需要充分利用原有场地上的自然生态,促进生物多样性,循环利用场地内现有的资源(图 5)^[5]。奥运交付管理局计划使用水路和铁路来运送建造材料,他们用这两种方式运输了 60% 的建造



图3 伦敦主体育场建造前场地

Fig. 3 The site before the construction of the stadium



图4 伦敦主体育场建造前旧有建筑物

Fig. 4 The old buildings before the construction of the stadium

材料,包括有骨料、路缘石等,而废弃物则通过驳船由新疏通的水路运走,这样就减少了汽车运输带来的巨大碳排放。同时,管理局还鼓励民众通过公共交通,步行,自行车来到达运动场馆。

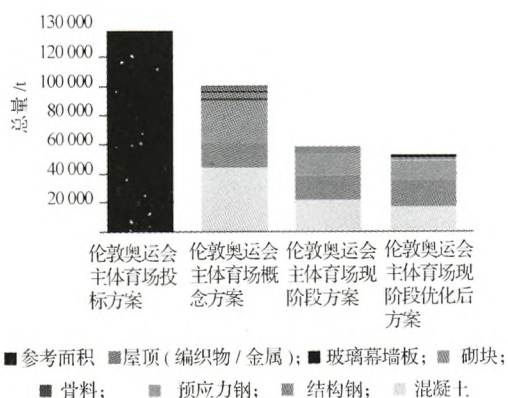


图5 伦敦奥运会主体育场不同阶段的含碳量比较

Fig. 5 The amount of the carbon dioxide in different stage of the stadium

3 资源能源的可持续利用

体育场采取“开源节流”策略,积极利用太阳能、风能、地热等可再生能源,减少设计中的钢筋混凝土的用量,以维护生态环境。实践证明,充分循环利用已有的资源,减少使用不可再生资源是可持续过程中生态节能的有效措施。

3.1 最大限度减少消耗的能量

高 53 m 的主体育场或许是史上采用最轻型结构的奥运场馆,体育场比世界上其他同类建筑要轻

75% 左右。北京奥运会用钢量达 11 万 t,仅外部结构就用去 4.2 万 t,而伦敦奥运会主体育场并没有过度夸张的结构,外部结构采用了 1 万 t 的用钢量,仅为“鸟巢”的 1/4,这是一种低碳的表现。同时,奥运会交付管理局将伦敦奥运会的节能标准在 2006 年的建筑物规例的节能基础上提高了 15%,水量消耗减少 40%,这主要是针对赛后体育场改造后状态设定的(图 6)^[5]。

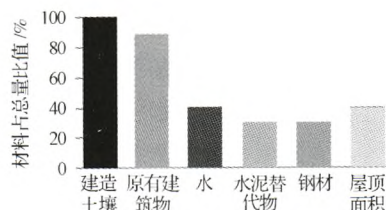


图6 伦敦体育场设计中不同材料的循环利用和节省比率

Fig. 6 The circulation utilization of different materials in the stadium design

3.2 新材料新能源利用

主体育场应用低碳材料,循环利用废弃的建造废物来建设场馆。伦敦体育场所在地是一片曾经被污染的土地,上面有许多建筑物,场地上原有的建筑物被可循环利用来节省建造成本。伦敦市警察厅提供了大量的循环废弃金属,他们提供没收的枪支弹药被融化回收用来建造体育场;据统计,2009 年伦敦警察厅已没收超过 52 万 t 的废旧金属。这是为了响应 Populous 设计者提倡的使用最少的资源,对环境产生最小的影响来建造体育场的理念。

场地内现有埋填场 96% 的废弃物都被充分的循环利用,Atkins 公司在建设场所设置了处理土壤的仪器和使用土壤生物修复技术的土壤,“土壤医院”能够将土壤和废弃物,如汽油、焦油和石油分离开来,清理被污染的泥土。

体育场屋盖的桁架材料使用的是废弃的煤气管道材料,体育场使用的低碳混凝土原料是来自工业废料,水泥中的替代物(包括煤粉燃料灰和地面粒状高炉矿渣)提高到了 32%,而英国的标准数值只有 18%。这种做法可以节省超过 40% 的碳。而奥运会交付管理局对待 PVC 材料的态度发生了显著的变化,PVC 可以被用于体育场中,但是,需要将其中的邻苯二甲酸取出,而且在赛后 PVC 材料也需要被重复利用。

4 建筑整体设计的可持续性

主体育场作为举办奥运会开闭幕式的主要场所,容纳众多观众,设计时充分考虑了其赛后运营的

问题,观众席具有弹性可变的巨大潜力。新建的场馆考虑到了压缩固定坐席,设置活动看台以满足最大坐容量。这样可以减少巨大的运营费用,还可以有效利用空间(图7)。

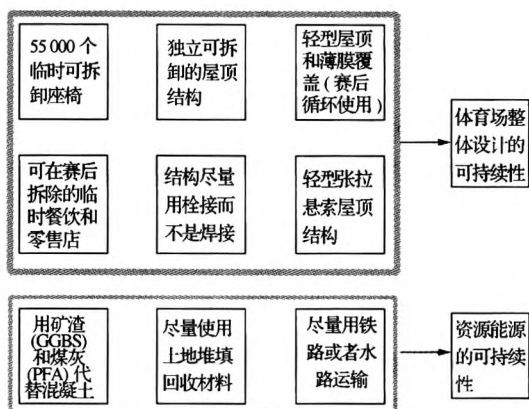


图7 伦敦主体育场整体设计的可持续性

Fig. 7 The sustainable trait of the overall design of the main stadium

4.1 建筑功能的可持续性

伦敦奥运会体育场一直提倡灵活和可变的设计。伦敦奥运会主体育场充分考虑赛前赛后的区别,奥运会过后将被转换成一个更小的,容纳25 000坐席的英超俱乐部的体育场。赛后,上层看台的55 000个坐席将会被拆除。至今为止,伦敦体育场是第一个将如此多的固定坐席和临时坐席设计在一起的体育场。

对于坐席的临时设计,开始设计的解决方式是可拆卸的方案,即将下层是混凝土制作的固定坐席当做支架来支撑上部的临时坐席;然而设计者发现,临时租用5.5万个临时坐席放置在上面,无论是从结构的角,还是交通流线的角度来看都是不合适的;从椭圆形的平面来看,上层放置临时坐席也很难处理,且在可持续方面没有任何优势;此时设计者萌发了从结构设计的角度解决坐席问题的想法。

4.2 计算机辅助技术与自然通风采光 CFD 模拟

体育场馆自然采光通风的生态节能方式主要分为两种:一种是在传统技术的基础上,按照生态节能要求来改造重组;另一种就是利用新型结构或构造技术,为体育场馆自然采光拓展更大的可能和现实性,它的代表是活动屋盖的使用。伦敦奥运会主体育场屋盖无疑在自然通风方面做到很好的尝试。

体育场屋盖的设置不仅是为观众遮风挡雨,田径赛场上的风速会影响运动员在赛场内表现水平。为了控制风环境以便创造新的纪录,设计师们用电脑,根据流体动力学的模型和三维虚拟风洞测试不同材料在风环境下的表现,针对它们的一系列的抗

风性能参数,最终确定屋顶采用轻型的PVC聚酯织物来作为屋顶材料层。测试结果同时还表明,如果风速超过2 m/s,就会产生无效的比赛结果,观众的舒适度也会受到影响(图8)。一部分的屋顶遮盖有助于减弱风速,结果显示,屋盖的投影面积覆盖坐席层的2/3时,为最理想的面积状态。伦敦碗屋顶的半径只有28 m,大概有45 000 m²的面积,由112块白色材料张拉而成。与传统采用标准工业化设计的屋盖相比,这种经过动力学研究的屋盖能更好的节碳。

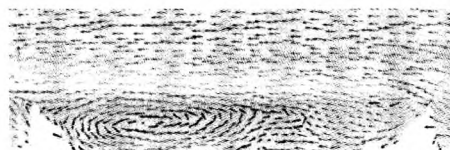


图8 屋顶覆盖物计算机测试风环境结果

Fig. 8 The test result of the wind environment of the roof materials

4.3 建筑整体结构的可持续性

伦敦体育场的建造难题在于创建兼具临时性和永久性的结构,以一种完全不同的方式来探索各种材料、结构和运营系统的关系。结构间广泛使用螺栓连接表明它们是可拆卸的。连接受压桁架和柱子的螺栓被暴露在外,这对于一个经济节约型建筑是合理的。

伦敦的装卸工程十分复杂,体育场的轻型张拉式结构的屋盖,下层2.5万个座椅,外围架附加的上层5.5万个座椅,可拆卸的轻质铁架,他们都是分开设计和建造的。大量混凝土板和柱子都是提前预制的,他们可以及时吊装,减少安置和建造的时间,方便拆卸,场内还减少VIP包厢来降低场馆的高度,使观众有最好的视野。

体育场是建造在5 000个深20 m的原位驱动铸造桩,和长螺旋钻孔混凝土压注沉管成桩承载的混凝土柱的基础板之上的。基础之上承载着轻型和临时的单层结构,结构长315 m,宽256 m,高60 m,它支撑起了5.5万个坐席。支撑临时坐席所有的V型结构构件是由设计师在设计初期就通过三维模型的方式模拟,然后预制好后并进行安装的。

为了设计测试结果得出的覆盖2/3的屋顶,设计师讨论了好几种结构形式,包括传统的刚性材料的悬挑结构。最后为了使8万人观众尽可能的接近球场,体育场采用了椭圆形的平面布置和轮辐式悬索屋顶结构(图9)。体育场屋盖中间设置的是受拉环,沿着体育场边缘布置的精致桁架被中间的环形

(下转第115页)

约工程成本。

5 结 语

1) 矿粉、粉煤灰、硅灰和水泥的颗粒形貌不同, 将其复合可取长补短, 对混凝土起到一定增塑减水作用, 可提高混凝土的工作性能。

2) 由于各种粉体材料的细度不同, 按一定比例混合, 就会形成良好的连续微观级配, 减少了胶凝体的总孔隙率, 提高了混凝土的密实性。

3) 矿物掺合料中某些化学成分可以和混凝土中 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 发生二次反应, 可抑制 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 晶体在混凝土界面区的生长, 降低水化热、减少碳化和可溶成分的析出。

4) 采用配送站模式保证了胶凝材料拌和均匀, 级配合理, 混凝土质量易于控制。

5) 矿渣、粉煤灰作为炼钢和发电等的副产品, 取代部分水泥, 实现废物有效利用、节能减排, 是走向节能低碳、循环利用能源的一条新路; 同时, 还降低了工程成本。

参考文献

- [1] 李强. 东南沿海地区混凝土隧道耐久性的调查分析[J]. 混凝土, 2009, 239(9): 33-39.
- [2] 唐国荣. 隧道混凝土结构耐久性的环境影响因素及措施对策[J]. 铁道标准设计, 2006(11): 56-60.
- [3] Haiyan Wang, Wenge Qiu. Research on the Solutions to the Concrete Durability of Newly-built Tunnel Structure[J]. Advanced Materials Research, 2011, 243: 3663-3669.
- [4] 王海彦, 仇文革, 冯冀蒙. 提高侵蚀环境下山岭隧道衬砌混凝土耐久性施工对策研究[J]. 现代隧道技术, 2011, 48(6): 17-22.
- [5] 赵国堂, 李化建. 高速铁路高性能混凝土应用管理技术[M]. 北京: 中国铁道出版社, 2009: 93-110.
- [6] 施惠生, 王琼. 海工高性能混凝土用复合胶凝材料的试验研究[J]. 水泥, 2003(9): 1-5.
- [7] 陈剑毅, 胡明玉. 复杂环境下矿物掺合料混凝土的耐久性研究[J]. 硅酸盐通报, 2011, 30(6): 639-644.
- [8] 陈立军, 刘韬, 王德君, 等. 混凝土掺合料优化组合方法的研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2009, 12(6): 12-15.
- [9] 徐辉东, 张慧, 李雷. 高强高性能混凝土耐久性试验研究[J]. 施工技术, 2008, 37(增刊): 58-61.
- [10] GB/T 50082-2009 普通混凝土长期性能和耐久性能试验方法[S].

(上接第 49 页)

索和径向朝着场地中央的径向索拉紧。沿着场边布置倾斜的 V 字形柱子, 支撑上部的屋盖结构。最后, 按照预先的设计切割好 PVC 的聚酯织物, 将其张拉成最后的三维的形状。这个张拉结构的屋盖很好地节省了材料, 满足了可拆卸、可变化及轻型的多重要求。

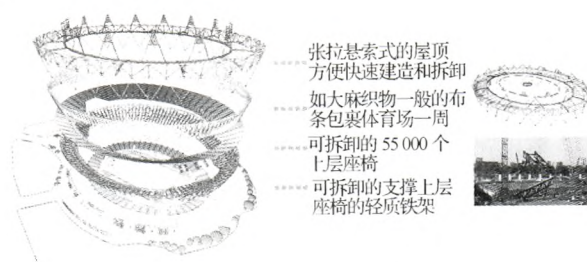


图 9 伦敦主体育场屋顶悬索式结构

Fig. 9 The suspended-cable structure of the main stadium roof

5 结 语

从奥运会筹办之初, 伦敦奥运会交付管理局的目标就是一个生态友好的可持续性奥运会。它提出

“可持续发展”并不仅是绿色; 它制定了一系列节能节碳的目标。伦敦奥运会主体育场作为其举办奥运开闭幕式的重要场馆, 更遵循了可持续发展的策略。从目前的状况来看, 主体育场在促进再利用和材料的循环, 控制全寿命周期碳的减少排放, 场地内建筑物循环, 单体设计方面已经取得一定成就。

参考文献

- [1] 张希钊. 绿色体育场馆设计方法研究[D]. 河北: 河北工业大学, 2008: 20-21.
- [2] 闫广军, 李静. 可持续发展与体育建筑[J]. 低温建筑技术, 2010(1): 14-15.
- [3] Tony Aikenhead. Designing & Constructing the London 2012 Olympic Stadium[M]. London: London 2012 Sustainability Plan Summary, 2010.
- [4] Ian Crockford, Mike Breton, Fergus McCormick Philip Johnson. Delivering London 2012: the Olympic Stadium; Civil Engineering[M]. London: London 2012 Sustainability Plan Summary, 2011.
- [5] London Organising Committee of the Olympic Games and Paralympic Games Ltd, Towards a One Planet 2012, London[M]. London 2012 Sustainability Plan Summary, 2010(5): 30-31.

欢迎订阅《环境工程》杂志, 邮发代号: 82-64