

基于剖面特征分析的冬奥会滑雪赛道辅助设计方法

李世冲^{1,2}, 陈荣钦³

(1. 伦敦大学学院建筑学院, 伦敦 WC1E 6BT; 2. 北京市建筑设计研究院, 北京 100084;
3. 清华大学建筑学院, 北京 100084)

摘要 目的 研究冬奥会技巧型滑雪赛道剖面特征, 提出量化和可视化辅助设计方法, 用于指导滑雪赛道选址、设计及施工。方法 基于笔者北京 2022 年冬奥会筹办工作实践经验, 通过建立“赛道基准数字模型”和“赛道特征玫瑰图”, 分析冬奥会技巧类雪上赛道剖面特征; 将上述分析方法应用于赛道规划阶段的选址过程、设计阶段的校核过程, 以及实施阶段的施工纠偏过程。结果 通过“赛道特征玫瑰图”可清晰梳理出北京冬奥会技巧类雪上赛道剖面特征; 拟合“赛道基准数字模型”和施工现场可得出需要调整的赛道区域。结论 结合北京 2022 年冬奥会筹办工作实践检验, 上述方法可用于指导滑雪赛道的选址、设计和施工。

关键词 冬奥会; 滑雪赛道; 特征玫瑰图; 剖面特征分析; 偏离分析

中图分类号 TU29 文献标志码 A

Assistant Design Method of Ski Courses in Winter Olympics Based on Profile Feature Analysis

LI Shichong^{1,2}, CHEN Rongqin³

(1. School of Architecture, University College London, London, England, WC1E 6BT; 2. Beijing Institute of Architectural Design, Beijing, China, 100084; 3. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing, China, 100084)

Abstract: This paper studies the profile features of ski course in Winter Olympic Games, and puts forward a graphic aided design method to guide the location, design and construction. By establishing "Standardized Course Model" and "Profile Wheel Assessment" which applied to the Beijing 2022 Winter Olympic Games' site selection process, the verification in the design stage and the construction correction process in the implementation stage. Through the "Profile Wheel Assessment", which can clearly sort out the profile features. By fitting the "Standardized Course Model" the course area can be obtained. Through practice of Beijing 2022 Olympic Games, the above method can be used to guide the site selection, design and construction of ski course.

收稿日期: 2021-07-22

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFF0300200; 2018YFF0300201)

作者简介: 李世冲(1987—), 男, 工程师, 主要从事冬奥会场馆和基础设施设计及建设等方面研究。

Key words: Winter Olympic Games; ski course; wheel assessment; profile feature analysis

2022年北京冬奥会的成功举办举世瞩目。通过长达七年的筹办,我国冰雪项目大型体育场馆和设施规划建设水平得到了长足发展。在此过程中,国内的建筑设计团队已经意识到,对于奥运体系下一种特殊的项目场馆—雪上场馆,很大程度上面临着话语权的缺失以及场馆设计和建设零经验的挑战^[1]。尤其在这类场馆比赛场地的设计领域,几乎所有的核心技术环节均需要依赖国际经验。冬奥滑雪赛道自20世纪80年代进入快速发展阶段^[2],技巧类赛道所占的比例逐届增加,人工造雪技术的加入更是彻底改变了滑雪赛道的设计和建造方式^[3]。

目前我国滑雪场的规划设计及建造上缺乏广泛和深入的研究。王世金等^[4-7]通过对我国雪场现状的统计和分析后认为,我国雪场从规划选址方面存在缺乏统一规划和整体品质低下的整体特点。而叶茂盛等^[8-10]通过对比雪上运动发达国家的数据库后认为,其滑雪场均经历了较为完整的历史发展阶段,时至今日,其规划选址及设计建造都趋于专业化和产业化。陆诗亮等^[11-12]则认为,结合我国本土自然和社会环境的滑雪场规划设计才是可持续发展的方向和趋势。笔者结合冬奥会筹办实践,尝试从冬奥技巧类滑雪赛道的剖面特征入手,借助“赛道基准数字模型”和“赛道特征玫瑰图”,提供一种赛道校核和评价方法,用于指导滑雪赛道的选址、设计和施工。

1 研究方法

1.1 冬奥滑雪赛道基础数据搜集

雪上赛道由于具有很强的户外属性,多数赛道需要依据山体而建立,这也就造成了雪上赛道缺乏天然的规范性。每条赛道只是关键性数据在控制范围内,而各个细节均有自己独特的形状和数据。冬奥滑雪赛道的设计规范则由国际滑雪联合会制订,国际雪联

也是冬奥会滑雪赛道的选址机构和认证机构。笔者对国际雪联提供的各种赛道数据进行收集和整理,以形成雪上赛道基础数据库。

1.2 搭建滑雪赛道基准数字模型

首先通过收集归纳历届冬奥会雪上赛道信息、国际雪联公布的相关技术资料以及本届冬奥会的赛道设计资料,建立绘制滑雪赛道基准数字模型。雪上赛道数字化模型并不是任何一个建成赛道的数字孪生,而是建立在国际竞赛规则和国际雪联多年竞赛管理经验上的关于雪上赛道的数字化“模板”。它反映了一个赛道最基本及最新的剖面特征和参数尺寸。模型所反映的数据可用于对实际赛道设计和建造的初步校核。

1.3 绘制“赛道特征玫瑰图”

笔者选取具有代表性的冬奥会技巧类赛道作为实验标本,绘制其在6个关键性控制性参数(垂直落差、赛道长度、表面积、平均宽度、结束区面积和平均坡度)下的特征玫瑰图。对绘制完成的特征玫瑰图进行分析发现,障碍追逐、平行大回转、坡面障碍三条赛道的特征玫瑰呈现“J”型分布(见图1),这三条赛道没有固定的细节尺寸和指标,赛道呈现更加“自然”的形态。而空中技巧、雪上技巧、大跳台、U型场地四条赛道的特征玫瑰呈现“O”型分布(见图2),有较为明确的细节尺寸,呈现更加“人工”的形态。

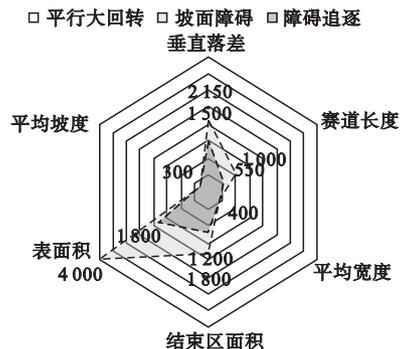


图1 “J”型分布的赛道特征玫瑰图

Fig. 1 J-shape wheel assessment charts

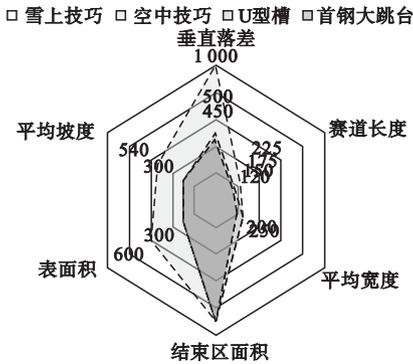


图2 “O”型分布的赛道特征玫瑰图

Fig. 2 O-shape wheel assessment charts

通过绘制代表性赛道的“赛道特征玫瑰图”并进行并置观察和分析后可得出:选取的6个关键性控制性参数可以描述冬奥会技巧类滑雪赛道整体特征并反映其差异;冬奥会技巧类滑雪赛道整体上表现出了较强的类型性和同源性。

2 应用试验及分析

笔者以2022年北京冬奥会单板和自由式滑雪项目中的空中技巧、雪上技巧和U型场地技巧赛道为例,利用基于剖面特征玫瑰图的辅助设计和分析方法,对其选址、设计和建设三个过程进行试验性应用,与实际实施过程对照,验证这种辅助设计方法的有效性。

2.1 赛道选址阶段

赛道选址布局阶段主要解决的问题是评估待选场地对标准赛道的契合和容纳程度,通常要求达到赛道所需的最小值。契合高的选址意味着更少的山地土方工程量以及对自然环境更少的影响。

场地上有3处坡地(南坡1号、南坡2号和北坡选址)可用于空中技巧、雪上技巧及U型场地技巧3条赛道。根据场地勘测地形和植被情况,考虑赛道适当距离和结束区空间预留,首先划定3处选址的可用坡地中心线及起点,并根据赛道要求的坡面最小垂直落差选取每条中心线的控制点。3条赛道的最小垂直落差控制数据分别为:空中技巧45.0 m、U型

场地技巧58.9 m、雪上技巧75.0 m(见图3)。

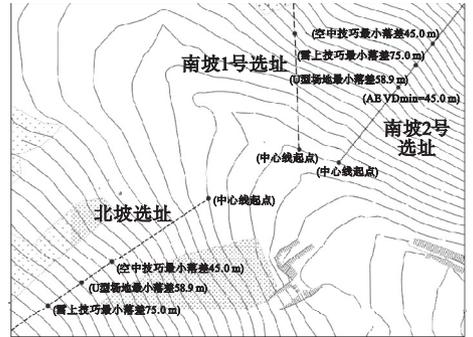


图3 3处选址选线平面示意图

Fig. 3 Plan of the three optional sites

依据地形图绘制中心线剖面线(见图4),测量剖面线各个垂直落差控制点相对应的水平长度、坡度和剖面线长,所得数据输入特征玫瑰,得出可视化图形,与赛道的最小建议值进行偏离分析,结果见图5。

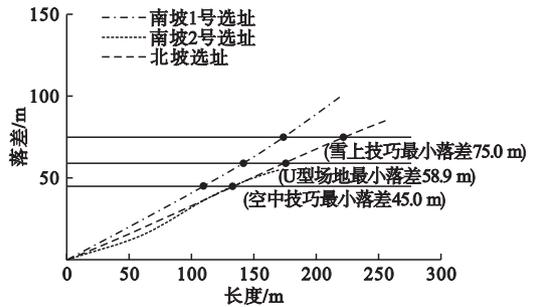


图4 3处选址场地剖面线

Fig. 4 Profiles of the three optional sites

从图4、图5分析可以得出:

(1)对于空中技巧赛道,3个选址均能提供足够长度的坡面,从特征契合度上,南坡1号偏离值较小,偏离率均在10%以内,另两处选址偏离值较大,偏离率均大于20%。

(2)对于雪上技巧赛道,南坡2号选址受场地树木影响,未能达到坡长要求,另两处选址中,南坡1号契合度较高,偏离率均在10%以内,北坡选址偏离值较大,偏离率大于15%。

(3)对于U型场地技巧赛道,南坡2号未能达到坡长要求,另两处选址中,北坡选址契合度较高,偏离率均在10%以内,南坡1号偏离值较大,偏离率大于20%。

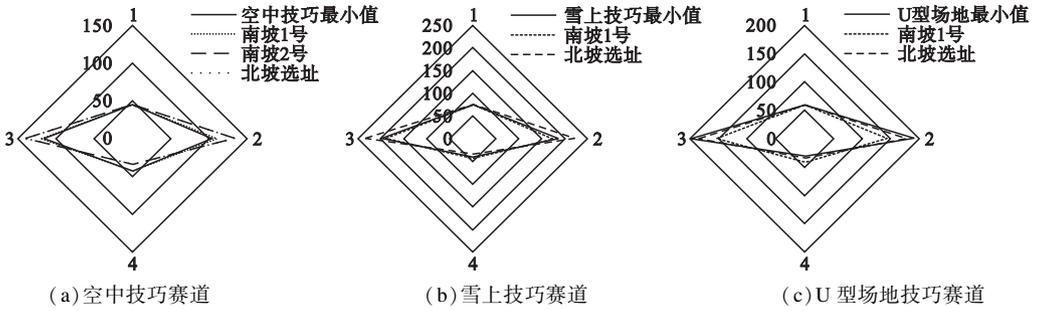


图5 不同赛道选址的特征偏离分析图

Fig. 5 Deviation analysis of wheel assessment charts of different optional sites

综合以上分析进行选址评价,将平均偏离率不大于10%评价为A,10%~30%评价为B,超过30%或无法提供足够条件评价为C。评价结果见表1。

表1 赛道与选址匹配程度评价

Table 1 Comparison of matching degree between track and site selection

| 选址 | 空中技巧 | 雪上技巧 | U型场地 |
|------|------|------|------|
| 南坡1号 | A | A | B |
| 南坡2号 | B | C | C |
| 北坡选址 | B | B | A |

由表1可知,在实验场地上布置3条赛道的最优选择是表中阴影选项,由北坡选址契合U型场地技巧赛道,南坡1号选址契合雪上技巧赛道,而南坡2号选址用于空中技巧赛道,但需进行一定程度的土方整理。分

表2 赛道设计数值比较

Table 2 Comparison of the design data of the ski courses

| 数据类别 | 赛道 | 垂直落差/m | 水平长度/m | 平均坡度/% | 剖面线长/m | 起点区长/m |
|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 赛道最小值 | 空中技巧 | 45.0 | 104.1 | 43.23 | 116.0 | 8.0 |
| | 滑雪大跳台 | 40.0 | 99.9 | 40.04 | 111.9 | 5.0 |
| | 雪上技巧 | 75.0 | 185.4 | 40.45 | 200.0 | 18.0 |
| | U型场地技巧 | 58.9 | 189.1 | 31.15 | 198.3 | 15.0 |
| 赛道最大值 | 空中技巧 | 55.0 | 127.4 | 43.17 | 141.9 | 8.0 |
| | 滑雪大跳台 | 50.0 | 123.2 | 40.58 | 138.3 | 8.0 |
| | 雪上技巧 | 125.0 | 216.5 | 57.74 | 250.0 | 18.0 |
| | U型场地技巧 | 83.2 | 250.7 | 33.19 | 264.4 | 23.0 |
| 赛道设计值 | 空中技巧 | 46.0 | 110.7 | 41.57 | 122.8 | 8.0 |
| | 滑雪大跳台 | 53.2 | 129.4 | 41.11 | 145.5 | 8.0 |
| | 雪上技巧 | 115.7 | 223.8 | 51.70 | 252.0 | 18.0 |
| | U型场地技巧 | 83.0 | 250.8 | 33.09 | 264.4 | 23.0 |

析结果与冬奥会实际选址结论一致。

2.2 赛道设计阶段

在赛道设计阶段,赛道设计方参照标准赛道,结合当次赛道雪面的初步设计目标和设想,在确定的选址上进行详细的赛道基层设计,并由国际雪联审核确认。通常赛道的尺寸会设定在推荐的最小值和最大值之间,如超出范围,则需提交国际雪联做进一步评估。由于赛道设计阶段仍然以赛道剖面线为基准,基于剖面线特征的辅助方法仍然适用于赛道设计方案的初步评价和校核。

首先将空中技巧、滑雪大跳台、U型场地技巧和雪上技巧4条赛道的土方基层设计数据进行提取,与赛道最小值和建议最大值比较(见表2),作为剖面特征分析的基础数据。

以赛道最小值为基准计算偏离率并生成赛道特征玫瑰图(见图6),经图形分析可校

核出各赛道土方基层与标准赛道的匹配程度,为进一步的土方整理提供修整意见。

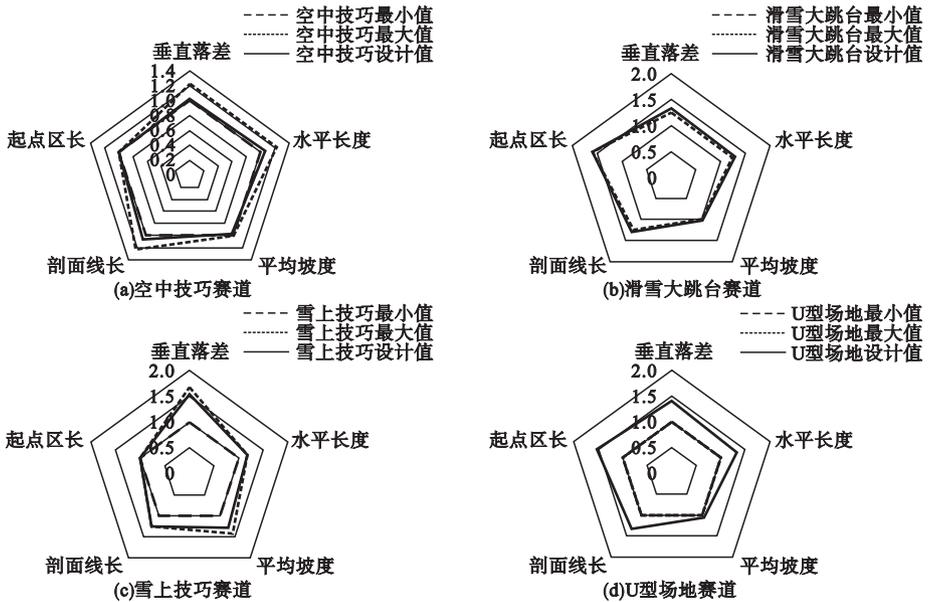


图6 赛道特征玫瑰图-剖面特征偏离率

Fig. 6 Wheel assessment charts for profile feature

由图6可以看出,空中技巧和雪上技巧赛道特征图形位于最小值和最大值图形之间,空中技巧赛道图形接近最小值图形,相对最小值偏离率在10%以内;雪上技巧赛道图形接近最大值图形,相对最大值偏离率在12%以内。可得出这两条赛道的土方基层设计均在建议区间,设计合理。

U型场地技巧赛道图形与最大值图形基本重合,滑雪大跳台赛道图形则略大于最大值图形,相对最大值偏离率在10%以内。这两条赛道的土方基层设计经校核均超出建议区间,设计欠合理,需要提交国际雪联进行进一步的审核确认。

2.3 赛道建设阶段

赛道建设阶段,以空中技巧赛道为例,赛道设计方已参照标准赛道,在确定的选址上进行详细设计,因而赛道基准模型也进化为经过国际雪联认可,符合国际雪联标准的设计模型,需要对赛道土方建设和雪面塑形的完成情况进行核验,评估赛道完成度。这一阶段针对具体的建设场地,特征评价的基准

值由国际雪联的建议值转为赛道设计值,各项场地特征指标均强调最小的偏离绝对值,以确保接近设计值以及满足赛事要求。在指标偏离评估的基础上,利用无人机倾斜摄影测绘技术获得的场地数字模型可作为辅助手段,用于山地场地的设计拟合对照,并提出详细的场地优化建议^[13]。

笔者在空中技巧赛道土方工程完工以及雪面塑形基本完成两个阶段性节点后对场地进行测量,获得场地数字模型(见图7)及剖面线相关数据,并生成赛道特征玫瑰图,与设计值进行比较分析。



图7 空中技巧赛道土方阶段数字模型

Fig. 7 Digital model of aerials course earthwork

2.3.1 土方基层偏离分析

赛道土方工程的特征玫瑰偏离分析结果如图8所示。从图中可以看出,土方区域的赛道长度和宽度偏离值均为1,在可接受范围内,同时影响结束区面积的偏离值;垂直落差偏离值为2,符合要求,受其影响平均坡度偏离值为2.5,需要适度校正;表面积偏离值为300,与基准值相差较大,可能由于场地不平整,存在倾斜或者起伏造成的。上述情况则可由数据模型拟合进行细节分析和进一步调整。

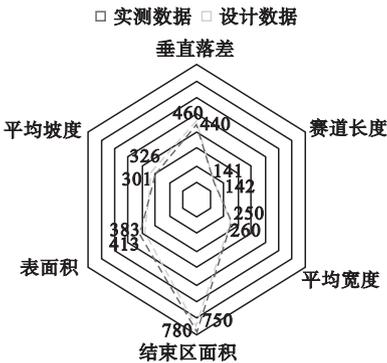


图8 空中技巧赛道土方工程特征偏离分析图

Fig.8 Earthwork deviation analysis of aials

数字模型拟合偏离分析结果如图9所示。图中显示了垂直落差的偏离状态;同时赛道两个斜坡面均出现平整度问题,整体呈现运动员右侧偏低,左侧偏高的状态。基于此,土方工程的调整建议如下:①加速段坡面运动员右侧需补充土方;②着陆坡进行土方平衡,运动员左侧土方填补右侧区域。

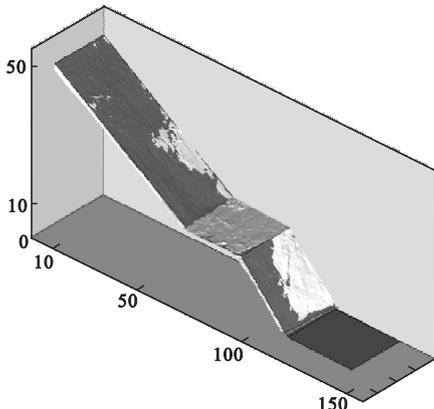


图9 赛道土方数字模型拟合偏离分析

Fig.9 Deviation analysis of the earthwork digital models

2.3.2 雪面基层偏离分析

赛道雪面工程的特征玫瑰偏离分析结果如图10所示。从图中可以看出,雪面区域的赛道长度和宽度偏离值与土方一样,均为1,在可接受范围内,同时影响结束区面积的偏离值;垂直落差偏离值为3,符合要求,受其影响平均坡度偏离值为2.4,需要适度校正;表面积偏离值为310,与基准值相差较大,存在雪面不平整的问题。

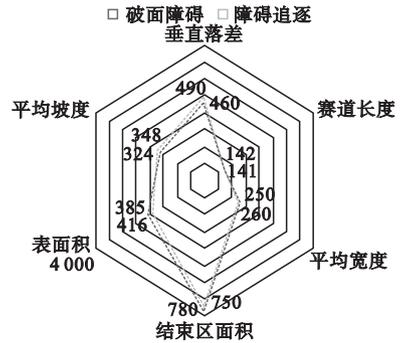


图10 空中技巧赛道雪面工程特征偏离分析图

Fig.10 Snow surface deviation analysis of aials

数字模型拟合偏离分析结果如图11所示。图中显示了垂直落差的偏离状态;加速段坡面整体低于基准模型;平台区雪面整体高于基准模型;着陆坡由于中部雪层翻松以致呈现中间高两侧低的状态,符合实际使用需求;结束区雪面整体高于基准模型。基于此,雪面工程的调整建议如下:①进行压雪处理,将平台区和结束区雪层上推补充加速段,

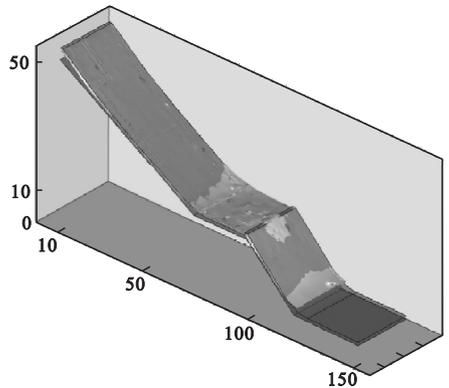


图11 赛道雪面数字模型拟合偏离分析

Fig.11 Deviation analysis of the snow surface digital models

增加该段坡度值;②考虑到运动员出发点位于赛道加速段偏上位置,垂直落差偏离在可接受范围。

3 结论

(1)通过“赛道特征玫瑰图”可梳理出技巧类雪上赛道剖面特征具有较强的类型性和同源性。主要体现为赛道特征玫瑰图中的J型分布所代表的偏“自然”型和O型分布所代表的偏“人工”型。但都具有雪上运动赛道依山而建、顺势而下的共同特征。

(2)基于“赛道特征玫瑰图”的偏离分析结果强调平均坡度的最小偏离绝对值和其他指标的正向偏离,能有效应用于雪上赛道选址和设计过程的指导。基于“赛道基准数字模型”的分析结果则强调更精确的匹配和尽可能小的偏离绝对值,能有效应用于施工过程中的土方和坡度偏差纠正。

(3)经过2022年北京冬奥会场馆基础设施建设的实践,基于“赛道特征玫瑰图”和“赛道基准数字模型”的分析方法可用于指导赛道选址、设计和施工校核,其指导结果与国际专家主导下的赛道设计和实施结果相一致。

参考文献

- [1] 李兴钢. 文化维度下的冬奥会场馆设计:以北京2022冬奥会延庆赛区为例[J]. 建筑学报, 2019(1):35-42.
(LI Xinggang. The design of stadiums for winter Olympics in a cultural dimension-taking the Yanqing competition zone of Beijing 2022 as an example [J]. Architectural journal, 2019(1):35-42.)
- [2] ESSEX S, DE GROOT J. The Winter Olympics: driving urban change, 1924 - 2022 [J]. Olympic cities, 2010, 3:56-79.
- [3] Lake Placid Olympic Organising Committee. XIII Olympic winter games, lake placid New York, final report [M]. Lake Placid: Lake Placid Olympic Organising Committee, 1980.
- [4] 王世金,徐新武,颜佳. 中国滑雪场空间格局、形成机制及其结构优化[J]. 经济地理, 2019, 39(9):222-231.
(WANG Shijin, XU Xinwu, JIE Jia. Spatial pattern, formation mechanism and structural optimization of Chinese ski resorts [J]. Economic geography, 2019, 39(9):222-231.)
- [5] 张莹,叶海波,陈艳霞. 冬奥会背景下崇礼县滑雪场发展现状与前景[J]. 冰雪运动, 2016, 38(2):78-82.
(ZHANG Ying, YE Haibo, CHEN Yanxia. Development status and prospect of Chongli ski resort under the background of winter Olympics [J]. Ice and snow sports, 2016, 38(2):78-82.)
- [6] 阚军常. 政府干预理论视域下大众滑雪运动发展研究[D]. 长春:东北师范大学, 2012.
(KAN Junchang. Research on the development of Mass Skiing from the perspective of government intervention theory [D]. Changchun: Northeast Normal University, 2012.)
- [7] 阚军常,姜立嘉. 我国滑雪场发展现状的调查与分析[J]. 武汉体育学院学报, 2012, 46(1):39-42.
(KAN Junchang, JIANG Lijia. Investigation and analysis on the development of ski resorts in China [J]. Journal of Wuhan institute of physical education, 2012, 46(1):39-42)
- [8] 叶茂盛,周丹,张伟,等. 法国滑雪场发展历程与启示研究[J]. 沈阳体育学院学报, 2018, 37(5):35-41.
(YE Maosheng, ZHOU Dan, ZHANG Wei, et al. Research on the development process and enlightenment of French ski resorts [J]. Journal of Shenyang institute of physical education, 2018, 37(5):35-41)
- [9] 赵敏燕,董锁成,苏腾伟,等. 世界滑雪旅游产业时空格局与发展趋势研究[J]. 冰雪运动, 2016, 38(5):58-64.
(ZHAO Minyan, DONG Suocheng, SU Tengwei, et al. Research on temporal and spatial pattern and development trend of world skiing tourism industry [J]. Ice and snow sports, 2016, 38(5):58-64.)
- [10] 杨明,金龙. 国外度假体育发展模式关键因素分析及其对我国的启示[J]. 天津体育学院学报, 2010, 25(3):238-241.
(YANG Ming, JIN long. Analysis on key factors of foreign holiday sports development mode and its enlightenment to China [J]. Journal of Tianjin institute of physical education, 2010, 25(3):238-241.)
- [11] 陆诗亮,李磊,解文龙,等. 国际奥委会可持续发展理念下的冬奥会冰雪体育场馆设计研究[J]. 建筑学报, 2019(1):13-18.
(LU Shiliang, LI Lei, XIE Wenlong, et al. Research on the design of Winter Olympics ice and snow sports venues under the concept of sustainable development of IOC [J]. Acta architecture sinica, 2019(1):13-18.)
- [12] 张旭东. 北京2022冬奥会雪上场馆赛后开发利用研究[D]. 北京:北京体育大学, 2017.
(ZHANG Xudong. Research on post competition development and utilization of snow sports venues in Beijing 2022 Winter Olympic Games [D]. Beijing: Beijing Sport University, 2017.)
- [13] 侯广斌,李北超,陈明发,等. 测绘无人机在2022冬奥会国家高山滑雪中心工程中的应用[J]. 北京测绘, 2019, 33(10):1156-1160.
(HOU Guangbin, LI Beichao, CHEN Mingfa, et al. Application of mapping UAV in national alpine skiing center project of 2022 winter Olympic games [J]. Beijing mapping, 2019, 33(10):1156-1160.)

(责任编辑:杨永生 英文审校:刘永军)