

·竞赛与训练·

VAR 的实施对中超联赛球员跑动与技术表现的影响

彭召方¹, 袁玲¹, 国伟¹, 周长敬², 龚炳南², 刘鸿优³

(1.贵州医科大学 运动与健康学院, 贵州 贵阳 550025; 2.北京体育大学, 北京 100084;
3.华南师范大学 体育科学学院, 广东 广州 510006)

摘 要: 为了探究 VAR 的实施对中超联赛球员跑动与技术表现的影响, 采用广义混合线性模型量化对比中超联赛实施 VAR 前后球员跑动相关指标与技术指标的差异。结果显示: (1)中超联赛实施 VAR 后, 球员高速跑动距离(前 vs 后: $5\,373\pm 921$ vs $5\,554\pm 919$, $ES\pm 90\%CI$: 0.23 ± 0.12)、高速跑动距离占比(5.00 ± 0.76 vs 5.21 ± 0.73 , $ES\pm 90\%CI$: 0.29 ± 0.12)、高强度跑动距离占比(6.3 ± 1.0 vs 6.5 ± 1.0 , $ES\pm 90\%CI$: 0.23 ± 0.12)出现可能的小程度上升, 而低速跑动距离($87\,071\pm 3\,249$ vs $86\,049\pm 2\,924$, $ES\pm 90\%CI$: 0.29 ± 0.13)和低速跑动距离占比(81.3 ± 2.0 vs 81.0 ± 2.0 , $ES\pm 90\%CI$: 0.23 ± 0.13)则出现可能的小程度下降; (2)中超联赛实施 VAR 后, 球队的传球成功率(72.2 ± 6.8 vs 73.1 ± 6.8 , $ES\pm 90\%CI$: 0.21 ± 0.12)和向前传球成功率(65.5 ± 7.6 vs 66.7 ± 7.7 , $ES\pm 90\%CI$: 0.25 ± 0.12)出现了可能的小程度提升, 而越位次数(2.2 ± 1.7 vs 1.7 ± 1.5 , $ES\pm 90\%CI$: 0.28 ± 0.13)、争抢高空球次数(33 ± 10 vs 31 ± 9 , $ES\pm 90\%CI$: 0.35 ± 0.13)、犯规次数(15.9 ± 4.7 vs 14.6 ± 4.2 , $ES\pm 90\%CI$: 0.32 ± 0.13)则体现出清晰的小程度下降。该研究可为 VAR 实施背景下中超球队备战与技战术制定提供参考和借鉴。

关键词: 竞赛与训练; 视频助理裁判; 技术表现; 比赛跑动; 中超联赛

中图分类号: G808; G843 文献标志码: A 文章编号: 1006-7116(2022)02-0122-06

Influence of the implementation of VAR on the running and technical performance for soccer players in the Chinese Super League

PENG Zhaofang¹, YUAN Ling¹, GUO Wei¹, ZHOU Changjing², GONG Bingnan², LIU Hongyou³

(1.Department of sport and Health, Guizhou Medical University, Guiyang 550000, China;

2.Beijing Sport University, Beijing 100084, China;

3.School of Physical Education, South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Due to explore the influences of implementation with VAR on the running and technical performance for soccer players in the Chinese Super League (CSL), the generalized mixed linear modelling was employed to identify the mean difference in the physical and technical performance-related match parameters of soccer teams in the seasons before the implementation of VAR in the CSL. Results showed that: (1) CSL teams achieved higher values in HSRD (before vs after: $5\,373\pm 921$ vs $5\,554\pm 919$, $90\%CI$: 0.23 ± 0.12), HSRDP (5.00 ± 0.76 vs 5.21 ± 0.73 , $90\%CI$: 0.29 ± 0.12) and HIRDP (6.3 ± 1.0 vs 6.5 ± 1.0 , $90\%CI$: 0.23 ± 0.12), but lower values in LSRD ($87\,071\pm 3\,249$ vs $86\,049\pm 2\,924$, $90\%CI$: 0.29 ± 0.13) and LSRDP (81.3 ± 2.0 vs 81.0 ± 2.0 , $90\%CI$: 0.23 ± 0.13) in matches after the implementation of VAR; (2) Teams increased their pass accuracy (72.2 ± 6.8 vs 73.1 ± 6.8 , $90\%CI$: 0.21 ± 0.12) and forward pass accuracy (65.5 ± 7.6 vs 66.7 ± 7.7 , $90\%CI$: 0.25 ± 0.12), but decreased off sides (2.2 ± 1.7 vs 1.7 ± 1.5 , $90\%CI$: 0.28 ± 0.13), aloft challenge (33 ± 10 vs 31 ± 9 , $90\%CI$: 0.35 ± 0.13) and fouls (15.9 ± 4.7 vs 14.6 ± 4.2 , $90\%CI$: 0.32 ± 0.13) in matches after the implementation of VAR. The present study can supply references and experiences for teams in CSL to prepare games and make tactics under the implementation of VAR.

Keywords: competition and training; video assistant referee; technical performance; running distance; Chinese Super League

收稿日期: 2021-08-09

基金项目: 贵州医科大学博士启动基金项目(2019006); 广东省体育科技协同创新中心资助项目(2019B110210004)。

作者简介: 彭召方(1984-), 男, 副教授, 博士, 硕士生导师, 研究方向: 竞赛表现分析。E-mail: pengzhaofang@126.com 通信作者: 刘鸿优

VAR 技术旨在通过实时视频画面帮助足球裁判员在进球、罚球点球、直接红牌和处罚对象错误 4 种主要情况做出更准确的判罚^[1]。自 VAR 技术推广以来,国内学者就开始研究其对足球比赛各个方面的影响,如对判罚的影响^[2-3]、对净比赛时间的影响^[4]、对比赛流畅性的影响^[5]、对比赛观赏性的影响^[6]。然而,VAR 的实施是否会对中超球员跑动指标和技术指标表现产生影响以及产生何种影响,这些还有待研究。国外著名学者 Peñas 及其同事就 VAR 技术对德甲和意甲球队竞技表现的影响进行研究^[7],认为 VAR 技术的效应对球队某些指标的影响存在着明显的联赛差异,因此也呼吁需要利用其他联赛的数据进行更多研究,以验证 VAR 的实施可能影响足球联赛球队的比赛表现。基于此,本研究假设 VAR 的实施会对中超球员跑动指标和技术指标表现产生影响,并利用最新数据在控制情境变量影响的前提下,研究实施 VAR 前后中超联赛球员跑动指标和技术指标变化,进而分析实施这一政策后的影响,旨在帮助教练员和球员更好地认知 VAR 技术对中超球员比赛表现的影响,为中超球队备战与技战术制定提供参考。

1 研究对象与方法

1.1 样本与变量

中超联赛于 2018 赛季正式引入 VAR 技术,因此,本研究选取 2016—2019 赛季中超联赛 943 场比赛数据作为研究样本(其中,VAR 实施前的 2016 和 2017 赛季各 235 场,VAR 实施后的 2018 和 2019 赛季各 236 和 237 场)。数据来源于中超联赛官方数据提供商 STATS Sport VU 公司,该公司的数据效率已得到 Linke 及其同事研究的验证^[8],并被广泛运用于欧洲各足球联赛和中超联赛的科学研究与训练实践中。

研究变量包括 VAR 实施(2016—2017 赛季为实施前、2018—2019 赛季为实施后)、比赛场地(主客场)、比赛结果(胜、平、负)、球队实力(球队的赛季末排名:1~16 名)、对阵的对手球队实力(球队的赛季末排名:1~16 名)和每支球队每场比赛的跑动指标和技术指标数据。基于数据可获得性,被选取的比赛跑动指标和技术指标分别为 17 个和 23 个。参考相关文献,本研究对所有变量进行了分组(见表 1)。

表1 研究变量分组

类别	指标
自变量	VAR实施、比赛场地、比赛结果、球队实力、对阵对手球队实力
因变量	跑动指标(标跑动总距离、冲刺距离、冲刺距离占比、冲刺次数、冲刺时间间隔、高速跑动距离、高速跑动距离占比、高速跑动次数、高速跑动时间间隔、高强度跑动距离、高强度跑动距离占比、高强度跑动次数、高强度跑动时间间隔、中速跑动距离、中速跑动距离占比、低速跑动距离、低速跑动距离占比)
	技术指标(进球数、射门次数、射正率、个人控球次数、进攻三区个人控球次数、个人控球平均触球次数、个人控球时间、个人控球成功率、传球次数、传球成功率、向前场传球次数、向前场传球成功率、传中次数、传中成功率、越位次数、对抗次数、地面对抗次数、空中对抗次数、抢断次数、抢断成功率、犯规次数、黄牌张数、红牌张数)

1.2 数据统计

所有 943 场比赛中各支球队的跑动指标数据和技术指标数据皆被导入 Excel 中进行处理,添加比赛所处的赛季、每场比赛的主客场信息、比赛结果信息、每支球队的赛季末排名。将整理好的 Excel 数据导入 SAS 软件(Studio 3.6)进行统计学分析。

采取广义混合线性模型,以 VAR 实施、比赛结果、比赛场地、球队实力、对阵对手球队实力为自变量(固定效应),选取 VAR 实施作为主效应,以每一项跑动指标和技术指标的数值为因变量,进行 40 次独立的泊松模型创建。所有模型中球队名称都被添加为随机效应,以识别同一球队参加的多场不同比赛,正确处理重复测量数据。VAR 实施、比赛结果和比赛场地以名义变量的形式加入模型;VAR 实施被命名为 0(代表 VAR 实施前:2016—2017 赛季)和 1(代表 VAR 实施后:

2018—2019 赛季);比赛结果被命名为 3(获胜)、1(战平)和 0(失利);比赛场地被命名为 1(主场)和 2(客场)。球队实力和对阵对手球队实力以连续型变量形式加入模型,具体处理方法为添加新变量“实力差异”,实力差异= $\log(\text{球队排名}/\text{对手排名})$ ^[9]。

创建的广义混合线性模型可以在正确处理重复测量数据的基础上,控制比赛结果、比赛场地、球队实力、对阵对手球队实力 4 个比赛情境因素的影响,估算出中超球队在 VAR 实施前后的跑动指标和技术指标的场均数值。在模型创建之后,采用数据级数推断法的非临床推断方法对模型结果进行统计学推断,以估算出的 VAR 实施前跑动和技术指标数据为基线值,对比 VAR 实施后各项指标与实施前的均值差异。均值差异被转换成标准化效应值(ES 值),对 ES 值的大小进行以下划分:<0.2 为微小无意义差异;0.2~0.6 为小程

度差异; 0.6~1.2 为中等程度差异; 1.2~2.0 为大程度差异; >2.0 为非常大程度差异^[10]。当 ES 值的 90% 置信区间不同时包含 -0.2 和 0.2 时, 可认定该差异值为清晰的。对差异值为清晰的正值、负值或微小无意义值的可能性大小做如下界定: <0.5% 为极其不可能; 0.5%~5% 为非常不可能; 5%~25% 为很不可能; 25%~75% 为可能; 75%~95% 为很可能; 95%~99.5% 为非常可能; >99.5% 为极其可能^[10]。

为了进一步验证各项指标是否受到 VAR 实施的影响而改变, 本研究以“赛季”替换“VAR 实施”作为自变量, 重新进行了以上广义混合线性模型的创建。并通过新模型对 2016 和 2017 赛季(VAR 实施前的两个赛季)、2018 和 2019 赛季(VAR 实施后的两个赛季)、2017 和 2018 赛季(VAR 实施前的最后一个赛季与实施后的第一个赛季)、2016 和 2019 赛季(VAR 实施前的倒数第二个赛季与实施后的第二个赛季)的各项跑动与技术指标均值进行对比。

2 结果与分析

2.1 VAR 实施前后中超球员比赛跑动表现差异

表 2 展示了中超球员在 VAR 实施前后比赛中各项跑动指标的描述数据。

表 2 中超球员在 VAR 实施前后比赛中各项跑动指标数据 ($\bar{x} \pm s$)

指标	实施前(n=940)	实施后(n=946)
跑动总距离/m	107 173±4 794	106 304±4 610
冲刺距离/m	1 394±339	1 403±350
冲刺距离占比/%	1.30±0.31	1.32±0.31
冲刺次数	69±15	68±15
冲刺时间间隔/min	16.1±3.9	16.5±4.1
高速跑动距离/m	5 373±921	5 554±919
高速跑动距离占比/%	5.00±0.76	5.21±0.73
高速跑动次数	357±58	364±57
高速跑动时间间隔/min	3.00±0.53	2.97±0.52
高强度跑动距离/m	6 766±1 158	6 957±1 184
高强度跑动距离占比/%	6.3±1.0	6.5±1.0
高强度跑动次数	425±69	432±69
高强度跑动时间间隔/min	2.50±0.45	2.50±0.45
中速跑动距离/m	13 336±1 863	13 298±1 756
中速跑动距离占比/%	12.4±1.3	12.5±1.3
低速跑动距离/m	87 071±3 249	86 049±2 924
低速跑动距离占比/%	81.3±2.0	81.0±2.0

进一步采用广义混合线性模型估算中超球员在 VAR 实施后各项跑动指标与实施前各项跑动指标的标准化均值差异。结果显示, 在 VAR 实施后中超球员在比赛中的高速跑动距离、高速跑动距离占比和高强度距离占比清晰地高于 VAR 实施前; 而低速跑动距离和低速跑动距离占比则清晰地低于 VAR 实施前。与此同时, 在 VAR 实施后中超球员在比赛中的其他各项跑动相关指标相对于 VAR 实施前都只体现出微小无意义变化。

2.2 VAR 实施前后中超球队比赛技术表现差异

表 3 罗列了中超球员在 VAR 实施前后比赛中各项技术指标的描述数据, 进一步采用广义混合线性模型估算中超球员在 VAR 实施后各项跑动指标与实施前各项跑动指标的标准化均值差异。结果显示, 在 VAR 实施后中超球员在比赛中的传球成功率和向前场传球成功率清晰地高于 VAR 实施前, 而越位次数、空中对抗次数和犯规次数则清晰地低于 VAR 实施前。此外, 在 VAR 实施前后, 中超球员在比赛中其他各项技术相关指标相对于 VAR 实施前都只体现出微小无意义差异。

表 3 中超球员在 VAR 实施前后比赛中各项技术指标数据 ($\bar{x} \pm s$)

指标	实施前(n=940)	实施后(n=946)
进球数	1.4±1.3	1.6±1.3
射门次数	12.7±4.9	12.9±4.7
射正率/%	38±17	37±15
个人控球次数	517±98	518±100
进攻三区个人控球次数	118±40	119±37
个人控球平均触球次数	2.04±0.15	2.06±0.15
个人控球时间/min	10.8±2.5	11.1±2.5
个人控球成功率/%	72.3±6.1	72.8±6.1
传球次数	466±95	470±98
传球成功率/%	72.2±6.8	73.1±6.8
向前场传球次数	316±55	316±56
向前场传球成功率/%	65.5±7.6	66.7±7.7
传中次数	21.0±8.7	22.2±8.4
传中成功率/%	24±11	25±10
越位次数	2.2±1.7	1.7±1.5
对抗次数	64±16	63±13
地面对抗次数	31±10	32±8
空中对抗次数	33±10	31±9
抢断次数	29.4±9.1	30.0±8.5
抢断成功率/%	53±12	55±11
犯规次数	15.9±4.7	14.6±4.2
黄牌张数	2.1±1.4	2.0±1.3
红牌张数	0.08±0.27	0.12±0.34

2.3 VAR实施前后中超球员4个赛季比赛跑动表现对比

采用广义混合线性模型估算中超球员在2016—2019赛季中各项跑动指标两两对比的标准化均值差异,结果发现,在2017、2018和2019赛季中,中超球员在比赛中的各项跑动指标只体现出微小无意义变化。与此同时,2016赛季的跑动总距离、低速跑动距离、低速跑动距离占比、高速跑动时间间隔和高强度跑动时间间隔清晰地高于2017和2019赛季,而高速跑动距离、高速跑动次数、高速跑动距离占比、高强度跑动距离、高强度跑动次数、高强度跑动距离占比、中速跑动距离占比却清晰地低于2017和2019赛季。

2.4 VAR实施前后中超球员4个赛季比赛技术表现对比

采用广义混合线性模型估算中超球员在2016—2019赛季中的各项技术指标两两对比的标准化均值差异。结果发现,中超球员在2016—2018赛季比赛中完成的传球成功率和向前场传球成功率差异较小,而2019赛季传球成功率和向前场传球成功率则小程度地高于2016赛季。此外,中超球员在2016与2017赛季以及2018与2019赛季比赛中完成的越位次数和犯规次数都只体现出微小无意义差异,而两项指标在2017和2018赛季以及2016和2019赛季的对比中则出现了小程度差异,具体表现为2018赛季的越位与犯规次数比2017赛季降低了15%和8%,2019赛季的越位与犯规次数比2016赛季降低了27%和10%。

3 讨论

为了提高足球裁判判罚准确性,进而确保比赛公平和公正,2018赛季中超联赛正式引入VAR并全面启用,一时间VAR成为广大足球科研工作者关注的焦点。VAR的引入除了有助于裁判员准确判罚外^[2-3,7],是否会对中超球员的跑动指标和技术指标表现产生影响以及产生何种影响,这显然是足球教练员、运动员及管理人员极为关心的问题。基于此,本研究在控制情境变量影响的前提下,研究实施VAR前后中超联赛各球队跑动指标和技术指标变化。结果发现,VAR的实施对中超球员部分跑动指标(高速跑动距离、高速跑动距离占比、高强度跑动距离占比、低速跑动距离、低速跑动距离占比)和部分技术指标(传球成功率、向前传球成功率、越位次数、争抢高空球次数、犯规次数)表现产生了清晰影响。

现代足球比赛对运动员体能提出了更高要求^[11-12],以高速度跑动(即高强度跑和冲刺跑)完成的距离是评价球队竞技表现的一个重要指标^[13-14]。VAR实施后,中超球员的高速跑动距离、高速跑动距离占比、高强度跑动距离占比均出现清晰上升,而低速跑动距离和

低速跑动距离占比则出现清晰下降,其产生的原因或许与VAR的实施可以帮助场上裁判对犯规的判罚更加全面和清晰有关,这使得许多中超球队在比赛中改变了战术。如控制犯规、减少不必要的身体接触,更加注重通过积极跑动创造进攻机会或进行有效防守,从而使球队的高速跑动距离、高速跑动距离占比、高强度跑动距离占比上升,低速跑动距离和低速跑动距离占比下降,不过这一推论还需要更多研究来验证。这也提示,在战术方面,中超球队教练和运动员在比赛中应当适当改变战术,如控制犯规、减少不必要的身体接触,更加注重通过积极跑动创造进攻机会或通过积极跑动进行有效防守。在训练方面,更加重视运动员高速跑动能力和高强度跑动能力的提升。

传球成功率和前传球成功率是进球及进攻组织中的重要变量^[15],对比赛的获胜概率有显著影响^[16]。如增加2个标准差的传球成功率可以为中超球队获胜概率带来27.3%的增量^[17],反之,每增加2个标准差的抢断次数可提升14%的获胜概率^[18]。但犯规往往与比赛取胜呈负相关^[19],如每增加1张红牌则会降低本方球队30.9%的获胜概率^[18]。因此,防守方球员在防守中要权衡抢断可能和犯规风险。VAR实施后,中超球队的传球成功率和向前传球成功率提升,可能与VAR实施帮助裁判对运动员的犯规行为检查更加全面和精准有关,从而使球员的某些冒险抢断或可能造成犯规的抢断行为减少,但这一推论还需要更多研究来验证。这提示,对于进攻方要密切配合,充分发挥传球和向前传球这一进攻优势,同时在训练中要加强对传球和向前传球的配合练习。相反,对于防守方要加强对对手传球和向前传球的施压和防守。

足球比赛中越位检测是一项非常复杂的任务,因为需要同时评估在大范围内可能发生的多个事件^[20]。通常助理裁判在越位判罚中大约会出现20%~26%的误判^[21-22],而越位的判罚错误可能会对比赛结果产生巨大影响^[23]。VAR实施后,中超球员的越位次数呈清晰下降,同时,在2016与2017赛季以及2018与2019赛季的比赛中中超球员完成的越位次数都只体现出微小无意义差异,而2018赛季的越位比2017赛季降低了15%,2019赛季的越位次数比2016赛季降低了27%。可见,VAR的实施确实影响了中超球队越位技术指标表现,其产生的原因或许是因为VAR可以通过实时视频画面帮助裁判审查越位判罚决定,这对球员在比赛中的侥幸越位行为有一定的警示作用。值得一提的是,该研究结果与Lago-Peñas等对德甲和意甲球队的研究结果类似,即VAR的实施减少了球队的越位次数^[7]。这提示,进攻方球员在前场组织进攻时处在禁区的(进

攻方)球员接球时要准确判断自身位置,避免越位。

高空球的争抢主要以头球技术和争顶技术为主,既是进攻手段也是防守手段。虽然,目前没有研究证实争抢高空球比争抢地面球更容易造成犯规,但相比争抢地面球技术,争抢高空球的技术更复杂^[24],使用难度更高^[25],也更危险。如当一名球员用头部争抢,对方球员用脚部争抢时,很可能造成前者头面部损伤,而国际足联始终强调对球员的面部、头部、颈部的保护,后者极易被判犯规。同时,为了提高争抢成功率,两名球员在争抢高空球时通常会进行身体对抗,如球员往往会意图通过身体接触限制住对方球员,使其跳不起来而无法顶到球,这一系列动作难免产生不必要的肢体接触而被判犯规。VAR 实施后,中超球队的争抢高空球次数表现出清晰下降,同时,在 2016 与 2017 赛季比赛中完成的争抢高空球次数仅体现小程度变化,在 2018 与 2019 赛季比赛中完成的争抢高空球次数体现出微小无意义差异,2016 与 2019 赛季比赛中完成的争抢高空球次数出现清晰下降。可见,VAR 实施确实对中超球员争抢高空球技术指标表现产生了影响,其产生原因或许与 VAR 帮助裁判对球员在争抢高空球时的犯规行为检查更加全面和精准有关,使得球员在争抢高空球时更加谨慎与合理,不过该推论还需要更多研究来验证。这间接提示,中超球员在比赛中争抢高空球时运用技术动作要更加谨慎与合理。

足球比赛中的犯规可分为 3 类,即无意犯规、故意犯规、恶意犯规^[26],任何形式的犯规一旦发生并被裁判捕捉到,实施犯规的球员就有可能被判罚。但事实是由于场上裁判受多种因素干扰加上有限视野^[27],部分关键犯规可能会被漏判或误判,从而改变比赛走向。VAR 实施后,中超球员的犯规次数呈现出清晰降低,该研究结果也验证了 Lago-Peñas 等对德甲和意甲球队的研究。同时,中超球员在 2016 与 2017 赛季以及 2018 与 2019 赛季比赛中完成的犯规次数都只体现出微小无意义差异,而 2018 赛季的犯规次数比 2017 赛季降低了 8%,2019 赛季的犯规次数比 2016 赛季降低了 10%。可见,VAR 的实施确实影响了中超球员犯规技术指标表现,其产生的原因可能与技术辅助手段的帮助致使球员的攻击性降低有关。因为 VAR 可以通过实时视频画面帮助主裁判审查判罚决定,这就促使教练员在场上的战术安排更加谨慎与合理,球员在比赛中的犯规、铲球和抗议行为也必须更加小心^[7]。这也提示,场上球员要减少某些冒险抢断或可能造成犯规的抢断行为,进而减少不必要犯规。此外,VAR 实施后意甲和德甲的黄牌次数都降低,但中超球员却没有出现有意义的变化,这或许与意甲和德甲早一年系统

采用 VAR 技术有关,即意甲和德甲教练、运动员就 VAR 的实施提前做出了改变和应对。

中超球员历年的跑动指标和技术指标表现变化,尤其是跑动技术指标、传球成功率、前传球成功率的变化除受 VAR 实施的影响外,还可能受到其他因素影响。例如,不同时期技战术的整体变化、球员整体身体素质的提升、教练执教风格的变化、联赛出现技战术不同的新球队等,这些都需要广大学者继续探索。

参考文献:

- [1] FIFA. 5 essential facts you didn't know about VAR[EB/OL]. [2021-06-09]. <https://www.fifa.com/technical/football-technology/standards/video-assistant-referee/var-at-the-fifa-womens-world-cup-2019>.
- [2] 张大为, 刘兵. 应然与实然: VAR 系统介入足球比赛判罚的正当性考量[J]. 首都体育学院学报, 2020, 32(1): 82-86.
- [3] 贾志亮. 视频助理裁判(VAR)技术分析及对策研究——以 2018 赛季中国足球超级联赛为例[C]. 中国体育科学学会, 2019.
- [4] 赵中, 王君. 2018 赛季中超联赛 VAR 介入对净比赛时间的影响[J]. 广州体育学院学报, 2019, 39(3): 90-93.
- [5] 徐宾. VAR 技术所引发的现代足球科技二次革命[J]. 南京体育学院学报, 2018, 1(12): 35-39.
- [6] 徐涛, 刘忠. VAR 技术应用的困境及其突破策略研究[J]. 南京体育学院学报(自然科学版), 2018, 16(6): 61-65.
- [7] LAGO-PENAS C, REY E, KALEN A. How does Video Assistant Referee (VAR) modify the game in elite soccer?[J]. International Journal of Performance Analysis in Sport, 2019, 23(7): 1-8.
- [8] LINKE D, LINK D, LAMES M, et al. Validation of electronic performance and tracking systems EPTS under field conditions[J]. PloS One, 2018, 13(7): e0199519.
- [9] YI Q, JIA H, LIU H, et al. Technical demands of different playing positions in the UEFA Champions League[J]. International Journal of Performance Analysis in Sport, 2018, 18(6): 926-937.
- [10] HOPKINS W, MARSHALL S, BATTERHAM A, et al. Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science[J]. Medicine and Science in Sports and Exercise, 2009, 41(1): 3-13.
- [11] BARNES C, ARCHER D, HOGG B, et al. The evolution of physical and technical performance parameters

- in the English premier league[J]. *International Journal of Sports Medicine*, 2014, 35(13): 1095-1100.
- [12] BRADLEY P S, CARLING C, DIAZ A G, et al. Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer[J]. *Human Movement Science*, 2013, 32(4): 808-821.
- [13] RIVILLA-GARCIA J, CALVO L C, JIMENEZ-RUBIO S, et al. Characteristics of very high intensity runs of soccer players in relation to their playing position and playing half in the 2013-2014 Spanish La Liga season[J]. *Journal of Human Kinetics*, 2019, 66(1): 213-222.
- [14] BRADLEY P S, CARLING C, ARCHER D, et al. The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English Premier League soccer matches[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2011, 29(8): 821-830.
- [15] 柏延洋, 杜军, 董健, 等. 比赛情境因素对中超联赛技战术表现指标影响的实证研究[J]. *沈阳体育学院学报*, 2019, 38(1): 1-5.
- [16] 房作铭, 黄竹杭, 吴放, 等. 俄罗斯世界杯比赛表现指标对胜负影响的实证研究[J]. *中国体育科技*, 2020, 56(4): 29-37.
- [17] 刘鸿优, 彭召方. 足球技战术表现大数据分析——基于广义线性模型与数据级数推断法[J]. *体育学刊*, 2017, 24(2): 109-114.
- [18] 刘鸿优, HOPKINS W G. 体育统计学新视角: 数据级数推断[J]. *体育与科学*, 2017, 38(3): 27-31.
- [19] MAO L, PENG Z, LIU H, et al. Identifying keys to win in the Chinese professional soccer league[J]. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2016, 16(3): 935-947.
- [20] DORAZIO T, LEO M, SPAGNOLO P, et al. An investigation into the feasibility of real-time soccer offside detection from a multiple camera system[J]. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2009, 19(12): 1804-1818.
- [21] CATTEEUW P, GILIS B, GARCIA-ARANDA J M, et al. Offside decision making in the 2002 and 2006 FIFA World Cups[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2010, 28(10): 1027-1032.
- [22] HELSEN W, GILIS B, WESTON M. Errors in judging “offside” in association football: Test of the optical error versus the perceptual flash-lag hypothesis[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2006, 24(5): 521-528.
- [23] KRENN B. Does uniform color affect offside in association football?[J]. *Color Research and Application*, 2018, 43(2): 268-275.
- [24] PAOLIA, BIANCO A, PALMA A, et al. Training the vertical jump to head the ball in soccer[J]. *Strength and Conditioning Journal*, 2012, 34(3): 80-85.
- [25] LIU H, GOMEZ M A, GONCALVES B, et al. Technical performance and match-to-match variation in elite football teams[J]. *Journal of Sports Sciences*, 2016, 34(6): 509-518.
- [26] GUMUSDAG H, YILDIRAN I, YAMANER F, et al. Aggression and fouls in professional football[J]. *Biomedical Human Kinetics*, 2011(3): 67-71.
- [27] LEX H, PIZZERA A, KURTES M, et al. Influence of players’ vocalisations on soccer referees’ decisions[J]. *European Journal of Sport Science*, 2015, 15(5): 24-28.

