

第九届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2016@tzmcm.cn

第九届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛 承 诺 书

我们仔细阅读了第九届“认证杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们接受相应处理结果。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛队号为：2438

参赛队员（签名）：

队员 1：王真华

队员 2：蒙笑缘

队员 3：刘润

参赛队教练员（签名）：李以渝

参赛队伍组别（例如本科组）：专科组

第九届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2016@tzmcm.cn

第九届“认证杯”数学中国

数学建模网络挑战赛 编号专用页

参赛队伍的参赛队号：（请各个参赛队提前填写好）：

#2438

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

第九届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2016@tzmcm.cn

2016 年第九届“认证杯”数学中国 数学建模网络挑战赛第二阶段论文

题 目 _____

关 键 词 _____

摘要

本文针对 NBA 联盟建立四分区是否会对三分线规则产生影响和是否有必要保留三分线以及会对篮球战术产生什么影响等问题，以观赏性最大化为目标，运用多种求解方法，对问题建立量化分析、数据分析、物理、逻辑分析、平面动画和类比推理等模型进行求解。

针对问题三，对于四分区规则是否会对三分线规则产生影响，建立量化分析模型和物理模型，进行量化指标得分情况，通过对比得出四分区可能会对三分线产生一定的影响，并建立数学模型来证明是否有保留三分线的必要。

针对问题四，对于四分区会对篮球的战术产生什么影响，首先用层次分析法求出得分方式的权系数，利用权系数建立模糊综合评价对引入四分线的得分方式对战术的影响程度进行粗略计算及评判。再用数据分析法，详细分析三分球进攻（战术）特征及影响因素，然后从三分线规则启用时对原战术的影响，类比推理出四分区对篮球战术所产生的影响，建立平面动画模型，以湖人队为实例，分析三分线对三角战术特征的影响，类比推理出四分区对三角战术特征的影响。用数据分析法对三分线进攻的投篮方式、球员位置、区域、进攻方式、战术配合形式和时间选择的特征进行详细的分析，进而类比推出新的得分方式对战术的影响。

本文通过数据分析得出的三分线进攻特征分析，数据可靠，且参考因素较为详细，误差控制在范围内。

最后对我们所建立的一系列模型进行了可行性和可推广性进行了评价和推广。

参赛队号： 2438 _____

所选题目： D 题 _____

参赛密码 _____
(由组委会填写)

第九届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2016@tzmcm.cn

英文摘要（选填）

（此摘要非论文必须部分，选填可加分，加分不超过论文总分的 5%）

This paper for the NBA alliance established four distributing rules of the three-point line, whether it is necessary to retain the three-point line and will have any effect on the basketball tactics and other issues, to watch the maximization as the goal, using a variety of methods to solve, to establish a quantitative analysis, data analysis, physical and logical analysis, 2D animation and analogical reasoning are used to solve the model.

For question 3, for four branching rule would rule of the three-point line, establishes the quantitative analysis model and physical model, quantitative indicator scores, by comparing the obtained four junction may have certain effects on the three-point line, and establish a mathematical model to prove whether there is retention of the three-point line.

According to the four problems for four junction will of basketball tactics have little impact, first with hierarchical analysis method to calculate the weight coefficient of the score, with weight coefficient to establish the fuzzy comprehensive evaluation of introduced four junction score of tactical the influence degree of rough calculation and evaluation. And then the data analysis method, a detailed analysis of three point ball attack (tactics) characteristics and influencing factors, and then from 3-point rule is enabled when the original tactical effects, analogical reasoning out four junction of basketball tactics and graphic animation model was established, taking the Lakers as an example, analysis effect of the three-point line on the characteristics of the triangle, the analogical reasoning from effects of four junction on the characteristics of the triangle. With the data analysis of the detailed analysis of the characteristics of attack the three-point shot, player position, area, the attacking methods, with tactical form and time selection and analogy launched effect of new ways to score on tactics.

In this paper, through data analysis obtained the three-point line offensive characteristics analysis, reliable data and reference factors in detail, error control in the range.

Finally, the feasibility and extension of a series of models are evaluated and extended.

第九届数学中国数学建模网络挑战赛

地址：数学中国数学建模网络挑战赛组委会
电话：0471-4969085

邮编：010021

网址：www.tzmcm.cn
Email: 2016@tzmcm.cn

目录

一、问题重述	2
1.1 背景	2
1.2 问题	2
二、问题分析	2
三、问题假设	2
四、符号说明	3
五、模型的建立与求解	3
5.1 量化分析模型	3
5.2 超级远投手模型	5
5.3 概率模型	6
5.3.1 几何概率	6
5.3.2 数据统计	6
5.4 战术模型	7
5.4.1 模型准备	7
5.4.3 类比推理模型	9
5.4.4 实例战术分析	10
5.4.5 NBA 比赛三分球进攻概论	12
5.4.6 三分球进攻的特征分析	14
5.4.7 三分球进攻的时间选择	19
六、模型评价	20
七、模型推广	20

一、问题重述

1.1 背景

美国 NBA 职业篮球联赛自 1946 年成立开赛以来至今已发展了 60 多年，在世界范围内掀起了一股 NBA 热潮。无论从体育角度还是商业运作来说，NBA 都已经取得了巨大的成功。NBA 通过一场场集比赛竞争和娱乐表演与一体的球赛，深深的吸引着来自不同国度，不同文化背景的人们。

NBA 是一个以盈利为目的的商业联赛，为了最大限度地提升比赛观赏性，保证球迷心甘情愿地掏钱买票，修改现有规则或设立新的规则都是可能的。

第一阶段通过量化评估四分线并通过合理的求解得出四分线最优方案是从底线引出两条平行于边线的线，各距边线 0.62m，与以球篮中心点为圆心、以 8.5m 为半径的圆弧。

1.2 问题

第二阶段问题：

3. 假设按照第一阶段的方案设定四分线。这条新规则是否会对三分线的规则产生影响，三分线还是必要的吗？

4. 四分规则的出现，可能会改变很多人对于篮球的认识，这有可能是效率最高的一种得分方式。这会对篮球的战术产生什么影响？请举例说明。

二、问题分析

问题 3 主要是在第一阶段的讨论下，分析四分线规则对三分线规则的影响及三分线是否有存在的必要，通过第一阶段对四分线方案的讨论，我们知道可以从观赏性、逆转的可能性等角度讨论分析。首先，我们把观赏性和逆转的期望进行量化，比较在四分线设定后三分线的数据与以前三分线的数据有无变化，然后通过对比分析四分线设定前后三分规则使用率的变化，另外特别讨论分析了超级远投手库里在四分线规则设定前后三分线的出手的得分率，也可以判断出四分规则对三分线规则有无影响。其次通过对比分析同时存在三分线和四分线的情况与只存在四分线情况的观赏性和逆转的期望来判断三分线是否有保留的必要。

问题 4 主要是分析四分线规则对篮球战术的影响，大范围上讲篮球战术可分为进攻战术、防守战术和争球战术。因为四分区在比赛中的使用有一定的局限性（例如，投手不可能整场比赛一直使用或一整场比赛中不是所有篮球队员都能使用等），所以四分规则对进攻战术、防守战术和争球战术的影响程度有所不同。首先，我们通过比较三分规则对篮球战术的影响，经过类比推理得出四分规则对篮球战术可能产生的影响。其次通过实例战术—三角进攻战术（双掩护+突破或投篮+低位单打）细化到对公牛队在 96—97 赛季和湖人队在 01—02 赛季的数据分析，进而举例说明四分规则对篮球战术的影响。

三、模型假设

- (1) 假设第一阶段结果可靠，可进一步分析。
- (2) 假设投手的体能投三分和四分基本无变化。

(3) 假设比赛中每个队至少名远距离投球队员。

四、符号说明

符号	意义
y	观赏性得分
x	二分线、三分线、四分线
s_x	所对应的一分、二分区、三分区、四分区的面积
c_{ij}	因素

五、模型的建立与求解

5.1 量化分析模型

问题 3 要求在四分线设定的情况下, 分析四分线规则对三分线规则的影响, 及三分线是否有存在的必要, 由此建立量化分析模型和超远距离投手模型, 通过对比分析法判断三分线是否有保留的必要。

A. 观赏性的分析

观赏性是指能使人们产生兴趣, 吸引人们投入精力, 具有观赏价值的活动。观赏主要是指在观看体育竞赛和休闲体育表演过程中, 人们会表现出赞赏、激动、惊叹、沮丧、愤怒等各种情绪, 心理压力得到充分的释放。观赏性是所有体育运动项目所具有的共性, 运动项目的观赏性不仅是使运动过程中产生了观众, 更为重要的是观赏性是运动项目存在与发展的直接原因。无论如何, 人们不会对枯燥无味的运动感兴趣, 而兴趣的产生、保持和发展, 却是人们投身该项运动的根本动力。(从商业上来看观赏性间接影响着 NBA 的盈利, 若观赏性高, 则会使体育赛场的上座率和赛事转播的收视率提高, 从而影响 NBA 盈利。)

观赏性得分 y 的引入

为了量化评估球赛的观赏性, 我们引入观赏性得分 y , y 与比赛背景的复杂性, 比赛过程的戏剧性, 比赛结果的不确定性相关。我们以无四分线加入时, NBA 比赛的总观赏性为 10 分。由第一阶段论文得出四分线的观赏性得分为 15.6601。由此建立其观赏性得分与各个球场上分值线间的关系。

$$y = ax + b \frac{s_x}{s_3} \quad (x=2, 3, 4) \quad \text{公式 1}$$

将 $(3, 10)$, $(4, 15.6601)$ 代入得出 $y = 1.6657x + 5 \frac{s_x}{s_3}$ 。

在有第一阶段论文得出的四分线为例设定四分线位置之后, 通过计算得出 $s_4=108.26$, $s_2=92.795$, $s_3=62.27$

代入数据:

当 $x=2$ 时, 计算出 $y=6.6866$ 及得出只存在二分线下的观赏性得分。

当 $x=3$ 时, 计算出 $y=9.9971$; $\Delta y=0.0029 \neq 0$, 证明在其他条件不变的情况下, 加入四分线规则, 三分线规则的观赏性有变化, 即四分线规则对三分线规则有影响。

另外我们把数据用表格表示出来, 如表 1

表 1

分值线存在的情况	观赏性得分
----------	-------

二分线、三分线	10
二分线、三分线、四分线	15.6601
二分线	6.6866

从表 1 可以计算出：只有二分线存在的观赏性得分为：3.3134；只有四分线存在的观赏性得分为：5.6601

因此同时存在四分线和二分线的观赏性得分为： $5.6601 + 3.3134 = 8.9735 < 15.6601$ ，所以三分线还是有它存在的必要。

B. 逆转的可能性

逆转指形势或情况向相反方向转化。

对于 NBA 比赛的逆转期望，我们选择在最后关键时刻，比分相对接近的 A、B 两队球队，引入期望值进行建模求解。将未追平的期望情况视为 0，追平的期望情况视为 1，逆转的期望情况视为 2，分别计算假设 A 球队与 B 球队相差 1 分，相差 2 分，相差 3 分以及相差 4 分的情况，计算每次期望值等于其比赛结果与选择投球的概率，分为引进只存在四分球与四分球和三分球同时存在两种情况进行求解，表格如下：

表 2

	选择投球	命中结果	E(x)	AVERAGE E (x)	SUM E (x)
相差 4 分	4	1	0.26	0.13	3.62
	2	0	0		
相差 3 分	4	2	0.52	0.26	
	2	0	0		
相差 2 分	4	2	0.52	0.56	
	2	1	0.6		
相差 1 分	4	2	0.52	0.86	
	2	2	1.2		

表 3

	选择投球	命中结果	E(x)	AVERAGE E (x)	SUM E (x)
相差 4 分	4	1	0.26	0.086666667	4.7155
	3	0	0		
	2	0	0		
相差 3 分	4	2	0.52	0.3037	
	3	1	0.3911		
	2	0	0		
相差 2 分	4	2	0.52	0.634066667	
	3	2	0.7822		
	2	1	0.6		
相差 1 分	4	2	0.26	0.5474	
	3	2	0.7822		
	2	2	0.6		

通过上面表格的数据可以看出：

同时存在三分线和四分线的逆转期望为 $E(X)=4.7155 > E(X)=3.62$ (只存在三分线的期望)，从而得出前者的逆转可能性更高，比赛不确定性更明显，悬念更大，更能吸引观众观看比赛。所以三分线还是有它存在的必要性。

5.2 超级远投手模型

超级远投手即库里，他的三分球达到了世界的顶尖水准，在三分线以外命中率达到了 $p_{k3} = 45.4\%$ ，而普通投手的三分线的命中为 39.11% ，四分线的命中率为 26% 。依据此数据，并通过 $\frac{p_{k4}}{p_{k3}} = \frac{p_4}{p_3}$ 得出库里的四分线命中率 $p_{k4} = 30.18\%$ 。

在 15-16 赛季，库里平均每场投 $N_{k3}=11.2$ 次三分球。在四分区域平均每场投 $N_{k4} = 2.3$ 次，因为现今 NBA 不存在四分线机制，所以其投球位置更趋近于三分线，所以建立反比例函数模型 $y = \frac{k}{x+b}$ $(0, 11.2)$ ， $(1.25, 2.3)$ 得出 $y = \frac{3.6179}{x+0.323}$ ，假设库里只在前场投球，通过面积法易得中线到三分线的平均距离为 $6.85m$ ，用 matlab 画出图像，如图 1。其形状反映出投篮位置情况，用公式 2 求得面积为 11.2169 ，当加入 4 分线以后，在远距离投，及其变化区域变得平缓，从而得出距离与出手关系的图像。如图 2。同时，四分线的出手得分率对三分线的出手得分率会有影响，即四分线规则对三分线规则有影响。若取消三分线，其在比赛中库里的总得分会下降，从而负面影响观看效果，所以三分线还是有它存在的必要。

$$\lim_{0-6.85} \frac{3.6179}{x+0.323} dx \quad \text{公式 2}$$

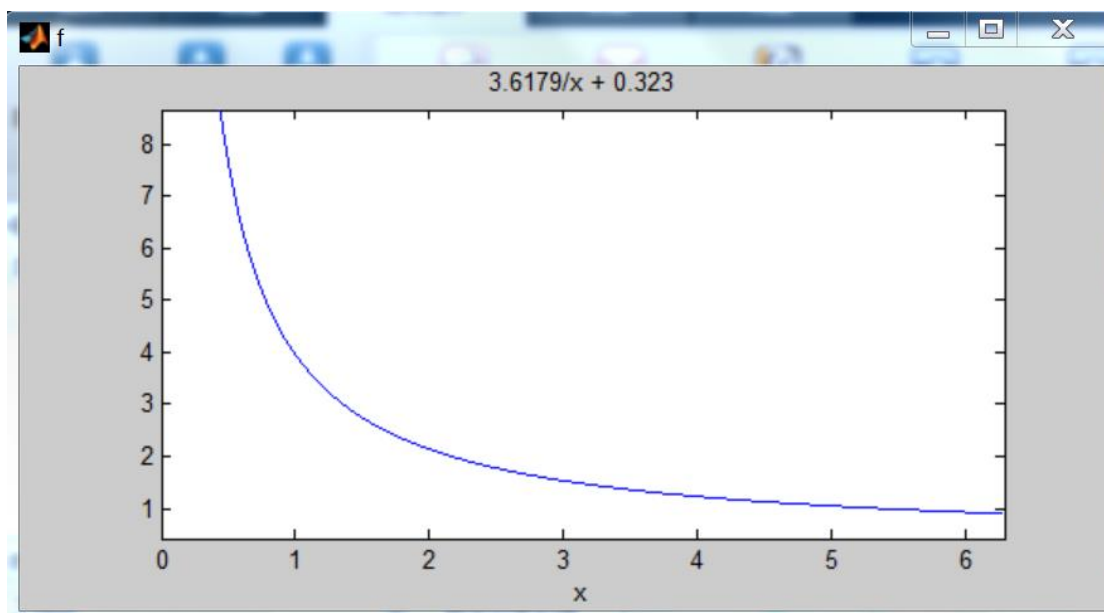


图 1

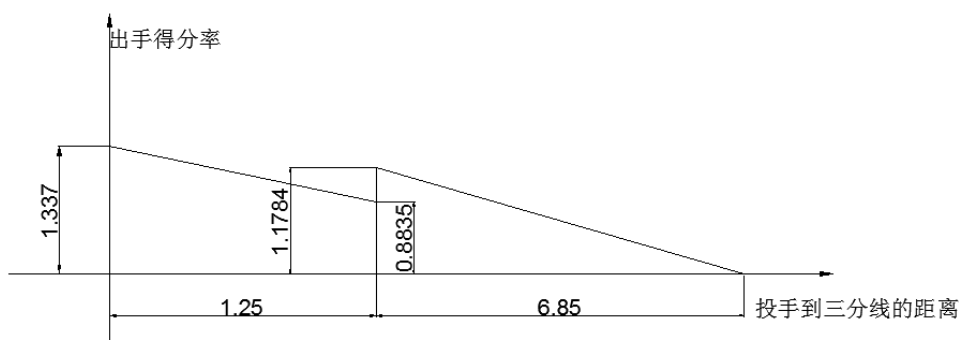


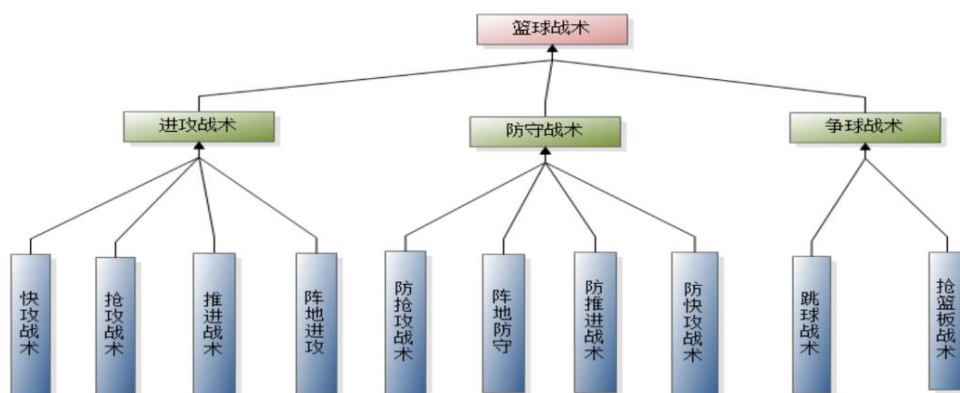
图 2

综上述三分线是否存在对观赏性，逆转可能性，出手得分率的积极影响，我们建议保留三分线。

5.3 概率模型

5.3.1 几何概率

5.3.1.1 NBA 标准球场

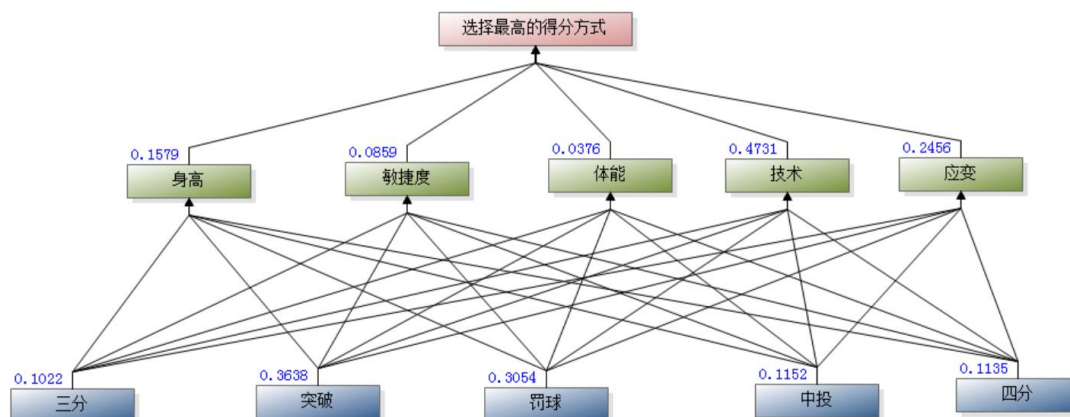


5.4.2 模型求解

5.4.2.1 层析分析法对得分方式权重判断

我们通过分析大量数据以及参考相关论文，归纳出引入得分方式与的因素分别是球员的身高、技术、敏捷、体能、应变能力。我们引入了一个目标函数——总得分指数。利用层次分析法分析出上述 5 个因素对合理化指数的影响权重矩阵 A。

接着我们用改进的物理模型、MATLAB 拟合等方法求出建立四分线与各因素之间的相互关系的函数。层次分析法求出各个影响因素的权重：



层次分析法[4]是一种定性分析和定量计算的相结合的方法。

总得分决策问题中比较身高等 4 个准则层在总得分里的权重，这个目标的重要性，每次取两个因素 c_i 和 c_j ，用 a_{ij} 表示， c_i 和 c_j 对目标 0 的影响之比，全部比较的结果可用成对比较矩阵表示为：

$$A = (a_{ij})_{n \times m}, a_{ij} \geq 0, a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \quad (1)$$

由于 (1) 式给出的 a_{ij} 的特点(a_{ij} 是 a_{ji} 的倒数，即互为反数)，A 称为正互反矩阵。显然必有 $a_{ji} = 1$ 。如用 c_1, c_2, \dots, c_5 依次表示身高，敏捷，体能，技术，应变 5 个准则，设某人用成对比较法，得到的成对比较阵（正互反阵）为：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & \frac{1}{5} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{3} & 1 & \frac{7}{2} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{5} & \frac{2}{7} & 1 & \frac{1}{9} & \frac{5}{7} \\ 5 & 3 & 9 & 1 & \frac{7}{4} \\ 2 & 3 & 5 & \frac{4}{7} & 1 \end{bmatrix}$$

$a_{12} = 5$ 表示身体 c_1 与敏捷 c_2 对总得分这个目标 0 的重要性之比为 3 : 1；

$a_{13} = 2$ 表示身体 c_1 与体能 c_3 之比为 5 : 1；

$c_{24} = 1/5$ 表示敏捷 c_2 与技术 c_4 之比 1 : 5；

$c_{45} = 7/4$ 表示技术 c_4 与应变 c_5 之比为 7 : 4。

方案层对最高得分方式的两两比较，可得出如下对比矩阵

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 0.2 & 0.5 \\ 0.3333 & 1 & 3.5 & 0.2 & 0.3333 \\ 0.2 & 0.2857 & 1 & 0.1111 & 0.2 \\ 5 & 5 & 9 & 1 & 1.75 \\ 2 & 3 & 5 & 0.5714 & 1 \end{pmatrix}$$

计算出准则层对最高得分方式的权重系数

身高：0.1579

敏捷：0.0859

体能：0.0379

技术：0.4731

应变：0.2456

计算出方案层对最高得分方式的权重系数

突破：0.3638

罚球：0.3054

中投：0.1152

四分：0.1135

三分：0.1022

5.4.2.2 模糊综合评判法

战术是为了提高得分，同样我们以分数高低来评判战术的好坏。模糊综合评判法来评判得分方式来对战术产生的影响，进行粗略评价。

- (1) 取因素集 $U=\{\text{突破}u_1, \text{罚球}u_2, \text{中投}u_3, \text{四分}u_4, \text{三分}u_5\}$ 。
- (2) 取评语集 $V=\{\text{正面较大}, \text{正面较小}, \text{无影响}, \text{负较小面}, \text{负面较大}\}$
- (3) 各因素权重 $A=\{0.3638, 0.3054, 0.1152, 0.1135, 0.1022\}$
- (4) 对新浪数据查询，有群众评议打分来确定得出 U 在 V 中占得的权重

$$u_1 = [0.1, 0.5, 0.4, 0, 0],$$

上式表示，参与打分的群众中有 10% 的人认为正面影响较大，以此类推。

$$u_2 = [0.2, 0.5, 0.2, 0.1, 0], u_4 = [0.2, 0.6, 0.2, 0, 0], u_5 = [0.1, 0.2, 0.4, 0.2, 0.1]$$

以 U_i 第行构成评价矩阵

$$U = \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

它是从因素集 U 到评语集 V 的一个模糊关系矩阵。

- (5) 模糊综合评判。进行矩阵运算：

$$B = A \cdot U = \{0.3638, 0.3054, 0.1152, 0.1135, 0.1022\} \cdot \begin{bmatrix} 0.1 & 0.5 & 0.4 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.2 & 0.1 & 0 \\ 0.2 & 0.5 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.2 & 0.6 & 0.2 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.2 & 0.1 & 0.2 & 0.1 \end{bmatrix}$$

$$=[0.2454, 0.4807, 0.1361, 0.510, 0].$$

取数值最大的评语作为综合评判结果，则评测结果为“正面较小”。

我们初步得到了 4 分存在时的得分方式相对于原得分方式有较小的正面影响。至于起到了哪些方面的正面影响我们建立了以下模型。

5.4.3 类比推理模型

5.4.3.1 三分规则对篮球战术的影响

- (1) 三分规则对防守战术的影响

过去，进攻得分点多集中在离篮 4 至 5 米距离，或近篮的范围，所以一般来说，防守员对这一区域内的进攻比敏感，在这些范围内有较强的防守威力，但对远距离的进攻则少施加防守压力，也就是说防守的意识较为薄弱。尤其是封盖、干扰远投的意识和技术淡。但三分球构成的威胁迫使防守队员必须进行远投防守，在整个半场的大范围中紧逼防守。目前，已有很多篮球队员可以进行远距离投篮，所以球队必须扩大防守区域，提高追防、紧逼、夹击的能力，才能有效地制约投篮队员。

- (2) 三分规则对进攻战术的影响

NBA 三分球进攻就是指在 NBA 比赛中通过各种战术的运用，最后以三分球进攻为得分手段的进攻方式，即最后以在约 7.24 米的三分线外投篮结束进攻。在现代激烈凶悍的 NBA 比赛中，将球精准的投入篮筐是比赛的目的核心。随着三分规则的引进，给篮球比赛带来了巨大的变化。由于对三分球价值青睐，NBA 联盟里各支队伍都对三分越来越重视。三分球进攻在比赛所占的比重也越来越大了。三分球进攻主要体现在两个方面：三分球进攻数量（即三分出手次数）和三分球进攻质量（即三分球命中率）。

- (3) 三分规则的出现对防守队员的身体素质的影响

根据查询相关资料得出，一场紧张激励的篮球比赛需要 40 分钟左右的时间，快速奔跑距离约为 3000 米左右，脉搏可达 34—36 次/10 秒。而且有 50% 以上时间脉搏看大 30 次/10 秒以上。可见一个优秀的篮球队员还需要良好的身体素质。三分规则的出现加强了篮球队员的身体素质。

5.4.3.2 类比推理法

同理类比推理出四分规则对篮球战术的影响。在三分规则设定以来，过了将近 20 个赛季。在一定程度上，篮球战术和篮球队员的身体素质已经形成了一个基本的模式。

(1) 四分规则对防守战术的影响

目前，进攻得分点多集在三分线附近，所以一般来说，防守员对这一区域的进攻比较敏感，在这些范围内有较强的防守威力，相反对超级远投手意识较为薄弱，尤其是封盖、干扰超级远投的技术淡。通过论文前面的分析，我们可以看出四分命中率也是比较高的，所以三分球对目前的防守战术构成威胁，要想有效地制约投篮队员，就必须扩大防守区域，提高追防、紧逼、夹击的能力。

(2) 四分规则对进攻战术的影响

NBA 三分球进攻就是指在 NBA 比赛中通过各种战术的运用，最后以三分球进攻为得分手段的进攻方式，即最后以在约 7.24 米的三分线外投篮结束进攻。在现代激烈凶悍的 NBA 比赛中，将球精准的投入篮筐是比赛的目的核心。如果引进四分规则，给篮球比赛带来了巨大的变化。如果对三分球价值青睐，NBA 联盟里各支队伍都对三分越来越重视。三分球进攻在比赛所占的比重就会越来越大了。三分球进攻主要体现在两个方面：三分球进攻数量（即三分出手次数）和三分球进攻质量（即三分球命中率）。

(3) 四分规则的出现对防守队员的身体素质的影响

根据查询相关资料得出，一场紧张激励的篮球比赛需要 40 分钟左右的时间，快速奔跑距离约为 3000 米左右，脉搏可达 34—36 次/10 秒。而且有 50% 以上时间脉搏看大 30 次/10 秒以上。可见一个优秀的篮球队员还需要良好的身体素质。四分规则的引入会加强篮球队员的身体素质。

5.4.4 实例战术分析

5.4.4.1 三角进攻战术

三角进攻不仅是篮球战术，也是一套关于篮球的哲学，帮助球队在比赛中获胜的重要手段。在 1995 出版的《公牛王朝》一书中，菲尔·杰克逊将三角进攻的原则界定为：

1. 持球员必需要切入、传球、投篮等三种威胁来突破防守；
2. 攻势必需插盖整个半场；
3. 进攻要有空间（space）原则。
4. 攻势应确定球员与球是同一目标（寻求空档或攻篮）迈进；
5. 每次投篮，其它球员应有进攻篮板、预防快攻的妥善布阵；
6. 每次传导球的准备攻击，都会制造防守方无法兼顾的空档；
7. 攻势应针对球员特性来设计。

当球队在进攻时，按照上述原则球员能够思路清晰、目的明确地在对方的半场各就各位，反复采取多种有效的进攻方式，取得比赛胜利。三角进攻由移动进攻演化而来，其战术雏形是由美国南加利福尼亚大学篮球教练山姆·巴里（Sam Barry）创建。后来，德克斯·温特对这一战术体系进行改进和完善并成功用于美国职业篮球联盟（NBA）的洛杉矶湖人队和芝加哥公牛队。

三角进攻战术的最根本的功能就是发挥内线攻击的作用。这种作用包括：

1. 在相对条件消失“优势”的条件下，实现篮下强攻的战术目的；

2. 以相对“优势”（比如：遭到对手“包夹”等等）为代价，同时又迫使防守方放弃对外线的防守，从而使进攻方获得良好的远投时机。

三角进攻包括两个阶段：第一，建立三角。三角进攻由 1—2—2 阵型开始，建立进攻三角的 3 名队员及其他两名队员之间的距离为 15 英尺（约 4.5 米）。这个间距可有效保持进攻队员之间的有机联系，进攻队员可通过简捷的传球，减少被对方抢断的危险，并且可以避免持球队员被防守包夹。当进攻队员移动、进攻阵型改变之时，进攻队员之间的间距仍努力保持 15 英尺的距离。在实战中，建立进攻三角有许多方法，但按照三角进攻中的不同作用，可将三角进攻归纳为：

1. 建立高大内线队员为顶点的进攻三角；
2. 建立移动三角；
3. 建立以攻击后卫为顶点的进攻三角。

当“进攻三角”建成之后，则开始三角进攻的运作。三角进攻战术运作的本质不是预设固定的进攻套路，而是根据“三角顶点”接球后防守方的变化，并做出针对性应对措施。尽管“三角顶点”接球后，防守方可能出现许多种情况，但是所有这些情况也可以归纳为三种情况：

1. 当“顶点”接到球后，防守并未或来不及包夹，可以让其强攻篮下；
2. 当“顶点”接到球之后背对篮筐时遭到防守方包夹，这时可以将球传给组成三角的其他两名队员进行投篮或者空切；
3. 当“顶点”接到球之后面对篮筐时遭到防守方包夹，可以将球传给位于弱侧的两名队员，形成地位策应、内外结合的战术。

5.4.4.2 内线队员强攻的进攻战术——湖人队（01—02 赛季）

战术阵容安排

- | | |
|----------------|---------------|
| 34. 奥尼尔（C） | 3. 德文—乔治（S F） |
| 20. 布莱恩—肖（P G） | 14. 梅德维登科（C） |
| 8. 科比（S G） | |

战术演进过程

如图 5 所示，中锋奥尼尔左侧低位站立，其他四名队员沿着三分外站立，战术开始时，布莱恩—肖将球传给位于弧顶右侧的科比后马上移动到右侧底角的三分线外，科比和梅德维登科经过两次传球后再次把球传给位于右侧底角的布莱恩—肖，与此同时，奥尼尔从左侧低位移移动到右侧低位。当奥尼尔到右侧低位抢到有利位置后，如图 6 所示，布莱恩—肖把球传给奥尼尔并马上沿底线移动到左侧底角三分线附近。于右侧 45°。三分线外的梅德维登科为科比做掩护，科比在掩护下向篮下移动，梅德维登科顺向左侧低位移动准备抢篮板。于此同时。奥尼尔在没有被包夹或协防的情况向篮下强攻投篮。

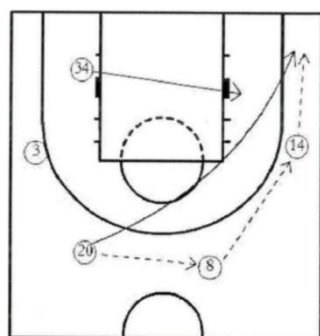


图 5 湖人队战术示意图—1



图 6 湖人队战术示意图—2

战术要求

这个内线强攻的进攻方式成功的关键在于：第一，篮下强攻的运动员是个身体素质好，篮下进攻能力强，成功率高的队第二，其他队员应积极移动，为内线强攻提供开阔环境，也为内线队员受到包夹或协防时做支援。

5.4.5 NBA 比赛三分球进攻概述

5.4.5.1 主要球队比赛中运用三分球进攻的数量

由于三分球的分值优势，每投中一个三分球就要比每投中一个两分球多出 50%的分值。这就意味着多增加三分球的出手次数就能获取更多的分值。这使得各支球队精心设计出不同的战术增加三分球出手。其中以纽约尼克斯队和休斯顿火箭队最为典型。它们是本赛季场均三分球出手次数位居联盟榜首的球队。以下是两队 2011—2012 赛季与 2012—2013 赛季常规赛中三分球出手情况及成绩对比。（由于 2011—2012 赛季是缩水赛季，每队比赛为 66 场，两队赛季成绩分别为 36 胜 30 负和 34 胜 32 负。为了便于研究，因而赛季成绩比较设为赛季胜率）

表 5 尼克斯、火箭 2011—2012 赛季与 2012—2013 赛季进攻数据及成绩对比统计

赛季	尼 克 斯				火 箭			
	场均 投 篮次 数	场均 三分 球投 篮次 数	场均 三分 球命 中率	赛季 胜率	场均 投篮 次数	场均 三分 球投 篮次 数	场均 三分 命中 率	赛季胜率
2011-2012	80.8	23.3	36.1%	54.5%	83.8	20.2	35.9%	51.5%
2012-2013	81.6	28.9	37.6%	65.9%	82.7	28.9	36.6%	54.9%

由表中数据可得，尼克斯与火箭两队在两个赛季的数据对比统计中，场均投篮次数变化不大，但三分球投篮次数增加非常显著。尼克斯在 2012—2013 赛季场均三分球投篮次数达到了总投篮次数的 35.4%，也就是说在尼克斯每三次进攻中就有一次是三分球进攻。火箭队变化更为明显，在与前一个赛季相比，场均投篮次数减少了，但三分球投篮次数反而增加了。由于三分球进攻增多，两队成绩均有明显提升。

5.4.5.2 主要球队比赛中运用三分球进攻的质量

有学者研究的数据表示，33%的三分投篮命中率相当于 50%的两分投篮命中率，按照这的计算，如果提高三分投篮命中率，那么球队的命中率就会大幅度提升。如果在三分球出手次数维持在一定水平线上，通过提高三分球命中球中率，那么就为比赛胜利增添了重要的筹码。本赛季 NBA 中典型的通过高三分球命中率获胜的球队以金州勇士队和迈阿密热火队为代表。两队在 2012—2013 赛季 NBA 常规赛的三分命中率分别位于联盟的一、二名。以下是两队 2011—2012 赛季与 2012—2013 赛季常规赛中三分球命中率及成绩的对比。（由于 2011—2012 赛季是缩水赛季，每队比赛为 66 场，两队赛季成绩分别为 23 胜 43 负和 46 胜 20 负。为了便于研究，因而赛季成绩比较设为赛季胜率）。

表 6 勇士、热火 2011—2012 赛季与 2012—2013 赛季进攻数据及成绩对比统计

勇 士	热 火
-----	-----

赛季	场均出手次数	场均三分出手次数	场均三分球命中率	赛季胜率	场均出手次数	场均三分出手次数	场均三分球命中率	赛季胜率
2011-2012	79.1	20.5	38.1%	35%	78.9	16.2	35.9%	69.5%
2012-2013	83	20.1	40.3%	57.3%	77.4	22.1	39.6%	80.5%

由表中数据可知,相比于 11—12 赛季,勇士和热火两队在 12—13 赛季的三分球命中率有明显提升。而且赛季成绩也有大幅度提升。勇士队在场均投篮次数上有所增加,三分球进攻数量基本不变,而三分命中率提高到了 40%以上,这帮助球队获得了 57%以上的胜率。热火在两个赛季的数据对比中,场均投篮次数基本相当,而在三分球进攻方面,无论是场均三分球进攻的数量还是命中率,后一个赛季都要高于前一个赛季,而且热火的赛季成绩也有明显进步。这充分说明提高三分球的命中率,对球队成绩的提升有重要作用。

通过以上球队的数据和成绩可以得出,在比赛中三分球进攻对于比赛制胜有着重要的作用。在比赛中合理利用三分球进攻数量和努力提高三分球命中率可以帮助球队提升比赛成绩。

依据上面的结论类比推理出如果引进四分区,那么在比赛中四分区进攻可能对于比赛制胜有着重要的作用。在比赛中合理利用四分区进攻数量和努力提高四分区命中率可能会帮助球队提升比赛成绩。

5.4.6 三分球进攻的特征分析

5.4.6.1 三分球进攻投篮方式特征分析

当今篮球运动对抗激烈,进攻端面对着更大强度的防守压力,由于各支球队普遍认识到三分球的强大攻击力,对三分球的防守越来越严密,投篮队员必须运用适宜的投篮方式才能实行有效的进攻。三分球的投篮方式有两种:一是跳投,跳投又分为运球跳投和接球跳投;二是原地投篮,原地投篮也分为运球原地投篮和接球原地投篮。跳投用力顺序的特征主要有三个:一是用力起跳,二是举球,三是接近最高点将球投出,其具有准备时间短、动作突然、投篮快、出手点高、不易被封盖的优点,成为当今投篮的主要方式。在研究的 24 场比赛中,四支球队总共三分出手 615 次,命中 242 球,命中率为 39%。由于研究的比赛来源于球队在不同月份的比赛,球队在不同时间段三分进攻状况有所不同,可能造成在投篮次数和命中率高于或者低于赛季的平均水平。尼克斯 6 场比赛共三分球出手 181 次,命中 69 球,场均出手 30.1 次,场均命中率 38%;火箭 6 场比赛共三分球出手 176 次,命中 66 球,场均出手 29.3 次,场均命中率 37%;勇士 6 场比赛共三分球出手 122 次,命中 51 球,场均出手 20.3 次,场均命中率 41.5%;热火 6 场比赛共三分球出手 136 次,命中 55 球,场均出手 22.5 次,场均命中率 40%。

表 7 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中三分球进攻投篮方式统计

投篮方式	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率

接球跳投	77%	39%	73%	38%	75%	42%	77%	41%
运球跳投	23%	29%	27%	34%	25%	40%	14%	33%
接球原地投	0	0	0	0	0	0	9%	40%
运球原地投	0	0	0	0	0	0	0	0

由表中数据可得，几乎所有的三分投篮都是选择跳投的方式。只有热火还有一小部分的原地投篮，这主要源于其前锋肖恩巴蒂尔、麦克米勒等队员，随着年龄的增长，适合于原地投篮。在跳投三分球中，接球跳投占据绝对优势，各队都占到了 70%以上。而且接球跳投命中率远远高于运球跳投的命中率。这是因为，队员在无球状态时，防守压力较小，而且，球员一旦接球，往往都能形成“三威胁”的姿势，即可传、可突、可投，这样结合跳投就增加了进攻的多样性，让防守人难以琢磨，同时，接球跳投所需要的调整时间较短，因而增加了三分球的命中率；而运球时都是伴随着防守人的紧贴防守，要结合跳投技术，难度便会增加，投篮时机也不是很好，加之防守强度大，三分球的命中率自然就会下降。四支球队中只有勇士队的运球跳投达到了 40%，主要是由于其外线球员库里和汤普森等人的进攻方式更倾向于持球进攻，而且个人三分远投能力强。

如果引进四分区，可能会降低球员的远投命中率。从而加强对远投能力的训练来提高远投手的四分区命中率。

5.4.6.2 三分球进攻的球员位置特征分析

随着篮球运动的发展，比赛的演变和训练的科学化程度提高，使得三分球不再是外线球员的投篮选择方式了，越来越多的内线球员开始拉到三分线外投篮，而且根据比赛中战术的需要，一些球队专门为内线球员设计三分球进攻。NBA 联盟里每支球队阵容各异，三分球进攻的战术打法也不尽相同，有的球队三分投篮主要来自后卫，有的来自前锋或者中锋。在一定时期内，一支球队的阵容配置和战术打法是相对稳定的，因此三分球进攻也是相对固定和稳定的。以下是每支球队不同位置的球员三分球投篮的统计。

表 8 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中三分球投篮角色统计

球员位置	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率
后卫	41.5%	36%	54.3%	40%	78.8%	42.5%	43%	38%
前锋	54%	40.8%	44%	37.5%	21.5%	42%	53%	42%
中锋	4.5%	25%	1.7%	0	0	0	4%	47.2%

由表中数据可知，从三分球的出手次数和命中率来讲，后卫和前锋占据着绝对优势。中锋的三分球投篮占的比例较少，但有上升的趋势，这说明了现代的中锋球员进攻方式趋向多样化，改变了传统的以篮下进攻为主的打法，同时也反映出了球队进攻的灵活性，因为中锋队员身材高大，传接球容易，出手点高，三分球投篮难以防守，而且在关键时刻的中锋三分球投篮具有很强的隐蔽性，使对手很难预测球队的进攻战术。在四支球队

不同位置球员的三分球投篮，各队呈现出不同的特点。

尼克斯三分球进攻点比较多，各个位置的球员均有三分投篮且命中。而且中锋的投篮高于其他三支队伍，这是由于尼克斯中锋拉希德华莱士在进攻中三分球投篮较多，但总的来说，尼克斯的三分进攻多偏向前锋球员，而且出手次数和命中率都高于后卫球员。这主要是因为尼克斯有主要的三分球进攻点：前锋安东尼、诺瓦克、香波特。

火箭的三分球投篮，后卫球员占据优势，在火箭人员配置中，后卫球员都具有三分球远投能力，如詹姆斯哈登、林书豪、道格拉斯等，而且他们也是球队的主要得分点。所以对于火箭来说，引进四分区加强他们的得分，从而会影响他们对于后卫分配，即在战术方面有一定的影响。

勇士的三分球投篮中，后卫占压倒性的优势，这是因为勇士拥有联盟顶尖的射手史蒂芬库里和克莱汤普森。在 2012—2013 赛季常规赛，他们分别投中了 272 个和 213 个三分球，位列全联盟三分球射手榜的第一、二名。所以对于勇士来说，四分线的引进更加发挥他们的优势，从而影响他们对库里和汤普森的专业训练，使他们的篮球战术更加优化。

热火的三分球投篮球员更多的中锋，因为热火的前锋线上有麦克米勒、刘易斯、巴蒂尔和詹姆斯。同时，热火的中锋球员克里斯波什三分球投篮较多，命中率较高，这是因为其身高和身体素质在内线相对吃亏，但其投篮能力较强，所以热火教练组根据球员进攻特点专门设计的中锋三分球战术，并取得了良好的效果。四分线的引进对热火的影响则是使其前锋的参与性增加，同时，对中锋球员克里斯波什的三分球命中率产生影响，从而会影响他们的中锋三分球战术。

5.4.6.3 三分球进攻的区域特征分析

所谓三分投篮，其出手位置肯定在三分线之外，三分近线似于一个半圆，NBA 三分线距篮筐约 7.24 米。为了便于研究，将篮球场的三分球投篮区域分为以下几个区域，两个底角设为 A 区，三分线两个 45 度区域设为 B 区，顶弧区域设为 C 区。A 区距离篮筐稍近一些，但投篮缺少参照物，按理论来讲其难度稍微大一些。B 区和 C 区由于有篮板的作用，投篮相对轻松一些。

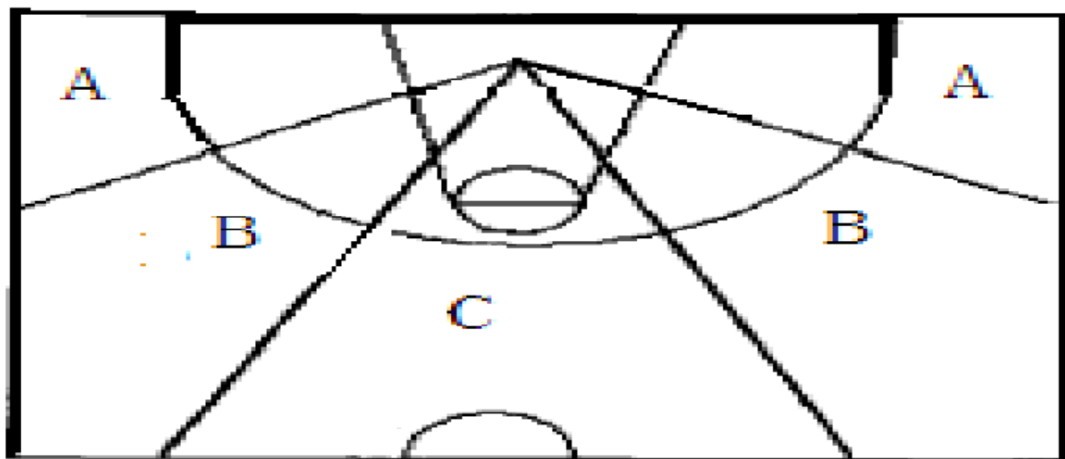


表 9 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中三分球进攻区域统计

	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
球 员 位置	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率

A 区	25%	52%	24%	53%	23%	50%	23%	48%
B 区	45%	28%	44%	31%	46%	36%	49%	36%
C 区	3%	40%	32%	33%	31	44%	26%	40%

由表中数据可得，B 区是三分球进攻选择最多的区域，四支队伍都集中在 B 区投三分球，几乎球队一半的三分球投篮都是在 B 区完成的。这是因为：其一，此区域投篮比较容易，有着篮板的屏障，既可以选择直接面对篮圈投篮，也可据镜面反射原理，打板投篮；其二，此区域一般都是前锋和后卫习惯的位置，比赛中，无论是阵地进攻还是快攻，锋线球员绝大多数都落位于这个位置，经过配合把球传到这里时，球员就会出手。A 区是所有区域中三分球投篮最少但命中率最高的区域，高达 50%左右。从录像观察得知，此区域投篮时，大部分都是空位，很少有防守人或防守干扰较小，这是因为球队有针对性地设计出了底角三分球进攻，以热火为例，大多数都是韦德或者詹姆斯持球突破到内线，然后分球给底角的巴蒂尔或雷阿伦，或者经过两三次传球，传到底角的巴蒂尔或雷阿伦手里，进行三分球投篮，这反映出了三分球是球队精心设计的进攻战术安排。此区域三分球命中率高的原因还有就是因为底角区域较小，进攻的选择性较少，而且有踩线的危险，这些进攻的不利因素在一定程度上也使得防守的松懈。

如果引进四分区，根据三分线区域划分的原理将四分区投篮区域划分成 A、B、C 三个区域。同理类比推理出 B 区可能是四分区进攻选择最多的区域，以热火为例，大多数都是韦德或者詹姆斯持球突破到内线，然后分球给底角的巴蒂尔或雷阿伦，或者经过两三次传球，传到底角的巴蒂尔或雷阿伦手里，进行四分区投篮，这反映出了四分区是球队精心设计的进攻战术安排。此区域四分区命中率高的原因还有就是因为底角区域较小，进攻的选择性较少，而且有踩线的危险，这些进攻的不利因素在一定程度上也使得防守的松懈。

5.4.6.4 三分球进攻方式特征分析

三分球进攻方式的选择不仅反映球员个人的能力，而且体现球队的战术素养。在比赛中三分球进攻的方式多种多样。一般来说，篮球比赛进攻主要分为快攻和阵地进攻。快攻是进攻方式的重要组成部分，通过快攻可以改变比赛的节奏、引起对手防守的变化，在对手调整好防守状态之前进行攻击，是主动寻找变化的一种进攻方式。在比赛的不同情况下使用快攻三分球，有着不同的效果：当比分领先时，可以扩大领先优势，打击对手的士气；在比分胶着时，可以有效地拉开比分，给对方施加更大的心理压力；当比分落后时，可以缩小差距，为比分的追赶及反超创造机会。快攻三分还是球员个人能力和自信心的体现。阵地三分球是球队整体进攻实力的体现。阵地战中，进攻方通过各种穿插、掩护、跑位等战术进行三分球进攻，不仅反映比赛中球队的技术能力和战术能力，更体现球队平日训练的效果，它是球队整体实力的写照。在实际的比赛中，除了快攻三分球和阵地三分球之外，还有一类三分球进攻就是抢攻三分球。抢攻三分球有两种情况，一种是在由守转攻时，防守队员还未落位或已落位但没有形成完整的防守体系时提前出手，或者是由于战术需要，需在有效的时间内增加进攻次数而选择抢攻，如比赛还剩 30 秒中，进攻方快速抢攻一次，等对方进攻一次之后，本方还有一次进攻机会。另外一种是在 24 秒进攻时间内原有进攻计划被破坏后而进攻时间马上结束时的被迫出手和单节比赛时间结束前的强行出手。

表 10 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中三分球进攻方式统计

进攻方式	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率
快攻	2.7%	40%	2.5%	40%	3%	43.5%	2.1%	41.8%
抢攻	17%	37.5%	16%	39%	19.2%	41.8%	15.4%	39%
阵地配合进攻	74%	36.5%	74.5%	36.1%	72.8%	39.1%	78.4%	38.8%
阵地单打进攻	6.3%	30%	7%	32%	5%	29.7%	4.1%	30.3%

由以上数据可得，阵地配合是三分进攻的主要方式，也反映出了球队三分球进攻的整体能力，快攻中三分球使用较少，通过比赛录像得知，球员一般在快攻中主要以突破上篮得分为主。抢攻三分球在比赛中占有量占一定比例，而且命中率较高，通过录像观察发现，队员在选择抢攻三分球时，防守方立足未稳，防守区域较大，距离进攻队员较远，很难防守，因而各队普遍采用这种三分球进攻方式。在进攻时间末端的三分抢攻命中率较低，这类三分球进攻更多的是每节比赛结束时的强行出手，而且距离较远，大部分在进攻后场就仓促出手了。在阵地进攻中，阵地配合的三分命中率远远高于阵地单打的命中率。通过问题 3 的分析知道了四分区对三分线会产生影响，所以如果引进四分区可能会对阵地配合产生影响。

5.4.6.5 阵地三分球进攻战术配合形式特征

战术配合是指在比赛中，队员之间采取有组织、有策略、有意识的协同配合，进行有效攻防对抗的组织形式。随着运动员各方面能力的提高，现在的篮球比赛也越来越激烈，攻防强度也越来越高，队员要在场上依靠个人能力进攻的难度也就随之增加了，因而团队的力量就显得十分重要了。在比赛中运用适合本队的战术配合是取得比赛胜利的重要原因，在三分进攻中也是一样。在比赛中三分进攻战术多种多样，但无论多复杂的战术配合无外乎来自与掩护、移动和传球。通过录像观察发现，在比赛中三分进攻的战术配合主要有掩护、传切、突破分球、内外策应和外围传球几种类型。

掩护配合是指进攻队员选择正确的位置，利用自己合理的身体技术动作挡住同伴防守者的移动路线，使同伴借以摆脱防守，获得直接投篮、接球投篮的一种配合方法。

传切配合是指进攻队员之间利用传球和切入技术所组成的简单配合。它包括一传一切和空切两种。

突分配合指持球队员突破对手后遇到对手补防或协防后，及时传球给外围进攻位置更好的同伴进行投篮的一种配合方法

策应配合指进攻队员背对或侧对篮筐接球后，以此为轴，通过多种传球与外线队员的摆脱相结合，最后获取投篮的进攻配合。 外围传球配合是指通过外围进攻队员的多次连续传球调动防守方的队形，一旦防守方出现漏洞，进攻方即可选择投篮或者突破的配合方式。

在研究的比赛中，除去快攻和抢攻以及阵地单打三分球进攻外，各队场均阵地配合三分进攻分别为：尼克斯 22.3 次，火箭 22 次，勇士 14.8 次，热火 17.9 次。

表 11 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中阵地三分球进攻配合方式统计

配合方式	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率
掩护配合	16.6%	40.5%	19%	38%	29%	44%	13.8%	41%
传切配合	1.3%	100%	3%	14.3%	0	0	0	0
突分配合	35.7%	30%	34%	34.6%	31.8%	40%	39%	38.6%
策应配合	15%	36.4%	16%	37%	14.5%	39%	11.2%	35%
外围传球配合	31.4%	38.6%	28%	38.3%	24.7%	42.8%	36%	38.4%

由以上数据表明,在 NBA 比赛中阵地三分球进攻主要以突破分球和外围传球两种配合方式为主,这两种基础配合方式几乎占到各队阵地三分进攻的 70%,在命中率方面,通过掩护和外围传球创造出来的三分球命中率较高。这是因为通过掩护,进攻队员为队友(三分投篮队员)挡住了防守人,因此在投篮时遇到的防守压力较小;通过外围传球调动了对手的防守阵型或打乱了防守体系,进攻队员在投篮时基本没有防守的干扰。除此之外某些球队在阵地配合三分进攻也呈现出球队自己的鲜明特点,尼克斯、火箭阵地进攻配合形式多样,这是因为这两只球队主要以三分球进攻为主,而且内线有高大中锋,可以做高位策应,外线有攻击型后卫,可传可突。勇士的掩护配合使用明显高于其他三支球队,接近 30%,通过录像观察得知,勇士的三分球主要围绕后卫库里和汤普森,球队的阵地三分进攻大部分战术设计就是为他为做有球掩护和无球掩护,而且在比赛中多次出现双人掩护。热火的策应明显低于其他三支球队,为 11.2%,这反映出热火内线在身高上毫无优势。但热火的突分配合使用率为四队中最高—39%,这与热火的进攻打法密切相关,热火进攻主要依靠外线球员,而且以詹姆斯为核心,由于身体条件的优势和技术特点的原因,使詹姆斯冲击篮下的杀伤力远大于外线投篮的杀伤力,所以对手在和其对其对位时更多的选择是防突不防投。因而在进攻中詹姆斯的突破会吸引和牵制更多的防守队员,为外围进攻队员创造了更大更好的投篮机会和空间。

5.4.7 三分球进攻的时间选择

5.4.7.1 单节三分球进攻的状况

篮球比赛共分为上下半场,每半场包含两节,总共四节。球队会在每一节比赛中依据自己的进攻特点和场上形势需要选择三分进攻。因而在单节三分进攻的选择上不同球队会呈现不同的特点,即使同一支球队在面对不同的对手,遇到不同的状况,选择三分进攻的时机也会不同。以下是研究比赛中四支球队在每一节三分进攻的数据统计。

表 12 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中单节三分进攻统计

	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率
第一节	25.1%	42.5%	24.1%	42.8%	24.6%	42%	23.6%	36.5%
第二节	33.3%	45%	32.4%	44.2%	32%	48.1%	32.7%	42%
第三节	21.6%	27.6%	23.8%	28.5%	23.6%	35%	25.6%	37.1%
第四节	19.9%	31%	19.7%	27.5%	19.8%	37%	18.1%	33.8%

由以上数据表明,球队在比赛第二节使用三分进攻最多,而且在命中率方面,该节

也是比赛四节中最高的一节，这是因为第一节是比赛的开始，队员各方面的比赛状态还不是很很好，而且从技战术考虑，主要都选择从内线开始发起进攻，以确保良好的开局。到了第二节，队员找到了比赛的感觉和节奏，战术趋于稳定，手感逐渐达到最佳状态，同时为了拉开比分建立优势，逐渐增加了三分球的出手次数，而且命中率也逐步提高，四支球队均超过了 40%，尤其是勇士在这一节高达 48% 的三分命中率。从第三节开始，三分进攻有所减少，第四节为所有节数中最低，而且命中率有所下降，通过录像观察得知，进入比赛下半场，攻守双方开始角逐最后的胜利，比分落后方为了缩小差距，增加了三分球投篮，而领先的一方为了稳中求胜，逐渐减少了三分球进攻，更多的是进入内线得分。而且随着比赛的推进，队员的体能逐渐下降，就造成了三分球出手次数的减少和命中率的下降。勇士和尼克斯在第四节的命中率反而高于第三节，通过录像观察分析得知，越是在比赛最后时刻，球星单打进攻的机会就越多，或是通过球星持球吸引包夹，最后传球给同伴进行三分球进攻。尼克斯的安东尼和勇士队的库里在第四节末端持球进攻非常常见，而且命中率较高，这正体现了球星的价值所在。

根据以上分析，可类比推理出进四分区对四分进攻的时间的影响，从而影响进攻战术使用的时间。

5.4.7.2 单次三分球进攻的时间特征

在篮球比赛中单次进攻时间为 24 秒，若在此期间球无法出手就算违例。比赛中，投篮时间的选择不单单是时间上的考虑，更体现出一支队伍的战术选择。如果将一个单元进攻时间 24 秒分为 5 个阶段：第一阶段为 0~5 秒，第二阶段为 6~10 秒，第三阶段为 11~15 秒，第四阶段为 16~20 秒，第五个阶段为 20 秒以后。第一阶段内的 3 分球投篮一部分是对方犯规后在前场掷界外球时，通过固定配合创造出来的较好的投篮机会，还有一部分是快攻和断球后的投篮机会；第二阶段内的 3 分投篮往往是第一次进攻组织出现的 3 分投篮机会；第三阶段内的投篮是多是通过相互配合、掩护跑位出现的投篮机会；第四阶段内的 3 分投篮大部分是经过耐心的全队配合创造出的 3 分投篮机会；第五阶段内的 3 分投篮往往是进攻时间结束时，没有很好的投篮时机而仓促出手或是紧逼防守的情况下被迫出手的。

表 13 尼克斯、火箭、勇士、热火比赛中单次三分进攻的时间特征统计

配合方式	尼 克 斯		火 箭		勇 士		热 火	
	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率	场均出手率	场均命中率
0~5s	8.3%	40%	7.9%	41.6%	12.3%	44%	5%	41.6%
6~10s	20%	53.3%	18%	56%	19.7%	57.5%	14%	52.3%
11~15s	30%	31.8%	34%	33%	33.4%	38.2%	35%	35.1%
16~20s	26.7%	31%	27%	34%	22%	37.7%	29%	37.5%
20~24s	15%	33.3%	13.1%	26%	12.6%	28%	17%	24%

从表中数据可得，三分进攻主要集中在 10~20 秒之间，前 5 秒三分命中率较高，达到了 40% 以上，5~10 秒之间的三分命中率最高，达到了 50% 以上。不同风格的球队在三分进攻的时间选择上有一定差异。在单次进攻的最后时刻三分出手占一定比例，这一方面反映出球队三分进攻配合的耐心，另一方面也反映出随着三分进攻的杀伤力增强，防守球队更加注重和有针对性的防守外线三分了。不同风格的球队在三分进攻的时间选择上有一定差异。对于三分球进攻数量较多的尼克斯、火箭来讲，快攻和抢攻的三分较多，而且命中率较高，由守转攻时通过一两次的配合只要出现机会就选择出手。在研究

这类球队的比赛中发现,通过多次配合出来的三分投篮命中率要比一有机会或通过简单掩护、策应配合出来的三分投篮命中率要略低一些。尼克斯在单次进攻时间末端的三分命中率达到 33.3%,这一方面体现了其三分射手能力较强,关键球能力和抗压能力突出之外,还有可能是因为研究该队的比赛只有 6 场,具有一定的偶然性。同样是三分进攻命中率较高的球队,勇士和热火在单次三分进攻时间的选择上截然不同,勇士的三分进攻在前 15 秒的进攻达到了 66%。而且快攻三分和提前抢投三分球达到了 12.3%,为四队最高。热火的三分进攻主要集中在进攻时间的后半段,热火 15 秒以后的三分出手占总出手的 46%以上,通过录像观察得知,热火的三分进攻机会主要来自全队的耐心配合,几乎每一次进攻,每一位队员都有触球的机会。很大一部分的出手都在 20 秒边缘。这一点也证实了热火场均全场进攻次数在联盟偏低,只有 77.4 次。就是来源于球队的耐心、细致的进攻。

在问题 3 讨论四分规则对三分规则的有影响的基础下,如果引进四分线规则,则根据三分球单次使用时间可类比推理出四分球单次使用时间可能会在 10~20 秒之间,从而影响球队在单节比赛时对篮球战术调节的影响。

如果四分线引入,则其对篮球运动员的影响更让人关注,外线防守更费力,包括接球的位置和跑动的距离,四分线给一些球队和球员造成了很大的影响,同时也让一些自信心强的球员大放异彩,对手的防守和球员在场上的投篮自信心都会随着三分线外移产生影响。不过四分线的引入带来的影响不仅仅是在三分球的命中率上,主要还是对线的感觉,很多时候球员投篮都是根据线的感觉来的。不只是三分球,投两分球也是根据自己离三分线的距离,有这个感觉,对线的感觉更重要。四分线的引入对优秀的职业球员并没有多少不利影响。从防守角度来看,球员们的防守面积增大了,但这也让配合默契、执行战术能力强的球队凸显了出来,只要能够摆脱防守,出色的四分手就可以获得更稳定、更宽裕的投篮空间。而对于那些高大投手来说,四分线也是非常有利的,规则的更改对于大多数球队来说,是利大于弊的。

六、模型评价

优点：

（1）从观赏性和逆转的可能性的角度分析四分规则对三分规则的影响，并将其量化用来判断三分线是否有保留的必要。角度较为科学，因为这两个角度直接影响着 NBA 的收益。

（2）用 AOTUCAD 画出图形使论文的描述更加方便，使论文更具有说服力，具有真实感。

（3）特别地分析了超级远投手一库里的出手得分率，使文章在这一方面具有特定的吸引力。

（4）本文运用简单的方法解决复杂的问题，使结果简单明了。

缺点：

（1）本模型只针对一些特定的情况分析讨论，而对于赛场上的瞬息万变和时来运转是无法考虑那么完全的，因此，模型的建立具有一定的理论性，实用性上有一定的不足。

七、模型推广

量化分析模型通过对一些不具体，模糊的因素进行具体化，并用合理的数据表示将其量化，此模型可以运用到人类对股市波动规律的认知或环境量化分析中。目前国内越来越多的公司和个人开始研究量化模型，在 2011 年 7 月中旬已经率先推出了国内首款量化投资策略的软件，帮助投资者摆脱主观选股和操作的弊端，实现长期稳定的收益。

八、参考文献

- [1] 标准场地尺寸图
http://wenku.baidu.com/link?url=5tf9CTBL_RPBHARQd4za7I11YJV4mdekeXc6V4gJD-aO8Wy6FVJ3QeKVSpHUEE2G9OaQRnW5WQCRq2WAiUojisfK5AOe9wuWrSFZZq90IIm
- [2] 规则 http://baike.baidu.com/link?url=qhb4vAs7KhVqjzh7g8d5u-q2JSvH1zZ1NmbXody5XEQSSbbZTx8AvWGzF86JBdekhojMRokmmHt3DmKz4Wyk_&qq-pf-to=pcqq.discussion
- [3] 瓦尔德，数值方法和 MATLAB 实现与应用，北京：机械工业出版社，2004.
- [4]，数学模型 [M]，北京：高等教育出版社，2003.
- [5] 争风暴 <http://nba.sports.sina.com.cn/playerstats.php>
- [6] <http://tieba.baidu.com/p/2888440342?share=9105&fr=share> 热火吧：变革！NBA 正在讨论引进四分球。
- [7] <http://www.stat-nba.com/index.php#superstarList> Stat-NBA，最全最专业的中文 NBA 网站

附件:

```
syms x ;
A=int(3.6179/(x+0.323),x,0,6.85)
A =
(36179*log(7173/323))/10000
>> log(7173/323)
ans =
3.1004
>> 3.1004*3.6179
ans =
11.2169
```

层次分析法得出的权重值:

方案层中要素对决策目标的排序权重

备选方案	权重
突破	0.3638
罚球	0.3054
中投	0.1152
四分	0.1135
三分	0.1022

第 1 个中间层中要素对决策目标的排序权重

中间层要素	权重
技术	0.4731
应变	0.2456
身高	0.1579
敏捷度	0.0859
体能	0.0376

1. 选择最高的得分方式 一致性比例: 0.0445; 对“选择最高的得分方式”的权重: 1.0000; λ_{\max} : 5.1995

选择最高的得分方式	身高	敏捷度	体能	技术	应变	Wi
身高	1	3	5	0.2	0.5	0.1579
敏捷度	0.3333	1	3.5	0.2	0.3333	0.0859
体能	0.2	0.2857	1	0.1111	0.2	0.0376
技术	5	5	9	1	1.75	0.4731
应变	2	3	5	0.5714	1	0.2456

2. 身高 一致性比例: 0.0758; 对“选择最高的得分方式”的权重: 0.1579; λ_{\max} : 5.3396

身高	罚球	中投	突破	四分	三分	Wi
罚球	1	0.6667	3	1.4	1	0.2574
中投	1.5	1	1.25	1.75	1.1667	0.2439
突破	0.3333	0.8	1	2.5	1.6667	0.2026
四分	0.7143	0.5714	0.4	1	0.8333	0.1259
三分	1	0.8571	0.6	1.2	1	0.1703

3. 敏捷度 一致性比例: 0.0356; 对“选择最高的得分方式”的权重: 0.0859; λ_{\max} : 5.1594

敏捷度	罚球	中投	突破	四分	三分	Wi
罚球	1	0.3333	0.1111	0.3333	0.3333	0.049
中投	3	1	0.5	4	2	0.2368
突破	9	2	1	7	5	0.5086

四分	3	0.25	0.1429	1	0.6667	0.0862
三分	3	0.5	0.2	1.5	1	0.1194

4. 体能 一致性比例: 0.0040; 对“选择最高的得分方式”的权重: 0.0376; λ_{\max} : 5.0177

体能	罚球	中投	突破	四分	三分	Wi
罚球	1	1	0.2	0.4286	0.75	0.0894
中投	1	1	0.1429	0.4	0.6	0.0786
突破	5	7	1	3	4	0.5164
四分	2.3333	2.5	0.3333	1	1.25	0.1845
三分	1.3333	1.6667	0.25	0.8	1	0.1311

5. 技术 一致性比例: 0.0184; 对“选择最高的得分方式”的权重: 0.4731; λ_{\max} : 5.0823

技术	罚球	中投	突破	四分	三分	Wi
罚球	1	5	0.5	2	3	0.2651
中投	0.2	1	0.1429	0.3333	0.75	0.0577
突破	2	7	1	4	3	0.4387
四分	0.5	3	0.25	1	1.6667	0.1414
三分	0.3333	1.3333	0.3333	0.6	1	0.0971

6. 应变 一致性比例: 0.0889; 对“选择最高的得分方式”的权重: 0.2456; λ_{\max} : 5.3984

应变	罚球	中投	突破	四分	三分	Wi
罚球	1	9	3	5	7	0.5365
中投	0.1111	1	0.3333	3	3	0.1062
突破	0.3333	3	1	5	6	0.2492
四分	0.2	0.3333	0.2	1	0.5	0.0503
三分	0.1429	0.3333	0.1667	2	1	0.0578