

Feasibility Analysis of the Application of “Equivalent Circuit” Principle in Table Tennis

Jin Zhang¹ and Chi Chiu Hung^{2,a,*}

¹Shanghai Metro maintenance Co., Ltd., China

²fengheng International Sports Co., Ltd., Hong Kong, China

^ah518602006@yahoo.com.hk

*corresponding author

Keywords: physics “equivalent circuit” principle, table tennis equivalent thinking, training prescription

Abstract: This paper introduces the idea of "equivalent circuit" principle in physics, and uses the methods of theoretical analysis, empirical analysis and literature reference to discuss the feasibility of its application in table tennis theoretically, and makes further empirical analysis on the operability of "equivalent circuit" principle in the practical application process through multiple examples of three major projects of technology, tactics and psychology. The results show that the principle of "equivalent circuit" in physics is almost the same as that of multi ball training, tactical training and psychological training in table tennis technology, and their "equivalent principle" is interlinked. Therefore, table tennis teaching and training can also draw lessons from and use the idea of "equivalent principle", which is used for the intellectual development of table tennis researchers, coaches and high-level athletes. The improvement of generalization ability and the development of innovative thinking are of practical significance.

物理学“等效电路”原理在乒乓球运动中运用的可行性分析

张金¹, 熊志超^{2,a,*}

¹上海地铁维护保障有限公司, 中国

²锋恒国际体育有限公司, 中国香港

^ah518602006@yahoo.com.hk

*通讯作者

关键词: 物理学“等效电路”原理, 乒乓球的等效思维, 训练处方

摘要: 本文引入物理学“等效电路”原理的思路, 采用理论分析法、经验分析法、文献参考法从理论上探讨其在乒乓球运动中应用的可行性, 并通过技战术和心理三大项目的多个实例对“等效电路”原理在实际运用过程中的可操作性做了进一步实证分析。结果表明, 物理学“等效电路”原理与乒乓球技术中的多球训练、战术训练和心理训练的各个环节几乎一样, 两者的“等效原理”是相通的, 因此乒乓球教学与训练也可以借鉴和运用“等效原理”的思想, 它对乒乓球科研人员、教练员和高水平运动员的智力开发、概括能力的提高、创新思维的开拓具有现实意义。

1. 引言

乒乓球的等效思维是通过对物理电路原理问题中某些复杂和困难因素进行简化处理而得

出相同效果的一种经验和科学智慧方法，它对于乒乓球科研人员、教练员和高水平运动员的训练和比赛很有启发。在现实中乒乓球多球训练不乏等效原理的例子，如：交互式多球训练“线路变化”规律时，在“落点”这个5要素中的“战术元素“变化上与实战比赛中的战术产生等效。以上教练员的经验和科学智慧方法无不体现出物理学“等效电路“的思想---化繁为简、等效复制。因此有意识地从物理学电路原理中的等效原理去培养这种思维方法，对进一步学习、挖掘和研究乒乓球中遇复杂和困难因素进行简化处理具有深远意义。下面通过理论和实例分析这种等效思维方法在乒乓球训练中的可行性研究。

2. 技术训练分析

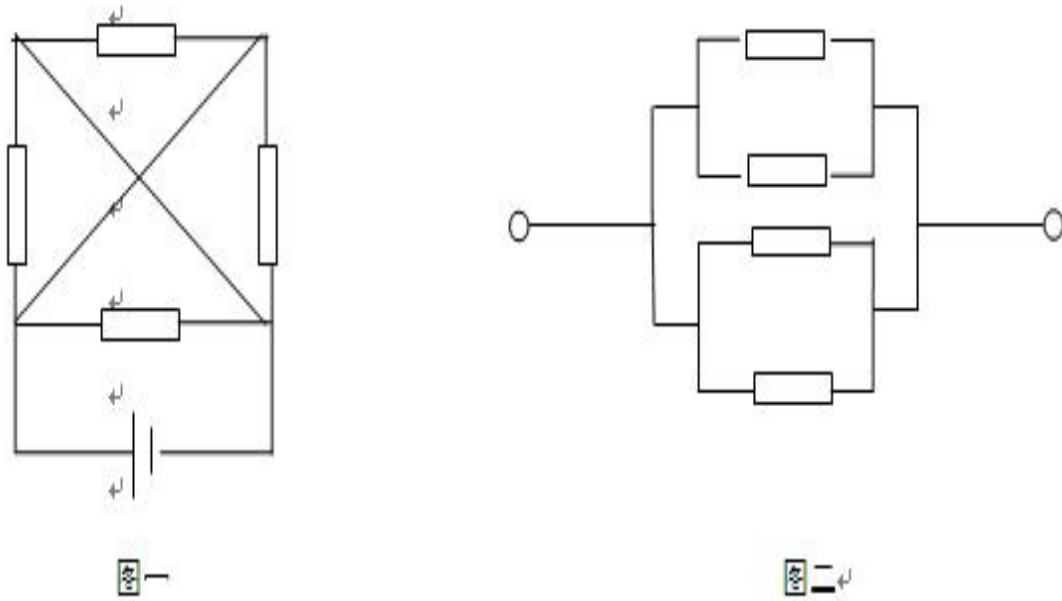
2.1. “多球训练”与“实际打球”的等效关系分析

笔者首先将“多球训练”与“实际打球”在击球方法的合规性上进行分析判断，见表1。

通过分析判断，可见两种供球方法在《乒乓球竞赛规则》中都属于不合规，但多球训练从业余到国家队训练都在被采用，且已是一种常用的训练方式。那么我们为何会采用不符合比赛规则的多球训练方法呢？我们先看一组物理学中的电路图。下图可见，两组图表示的是两种不同线路接法，产生的效果却是相同的，在物理学电路中，把图2这类电路被称之为图1的“等效电路”。同理，多球训练在供球上虽不同于合法的形式，但通过手法结合技巧的控制与调配能与合法还击后（即实际打球）球的效果上几乎等同，从而形成一种“等效”的关系，这是我们采用不符合比赛规则的多球训练方法的一种较合理的解释。

表1 多球训练与单球对练比较

多球训练	根据《乒乓竞赛规则最新版2014版》判断是否为合规发球	实际打球	根据《乒乓竞赛规则最新版2014版》判断是否为合规还击
本方供球直接击出至对方球台	不合规	本方等对方将球打在本方台面弹起后，随即用执拍手将球击出至对方球台。	合规



图二是图一的等效电路

2.2. “等效电路原理”在多球训练中击球效果等效分析

2.2.1. 传统多球训练与击球在动力元素“速度、力量、旋转”和保障元素“弧线”中基本等效

表2 供球与实际打球力量元素比较表

多球训练（平动供球为例）	实际打球
供球方法A （球不落台直接击出）	1) 教练员用一般力量供多球 2) 教练员用中等力量供多球 3) 教练员发力供多球
供球方法B （球落台弹起后击出）	1) 一般力量正手攻 2) 中等力量正手对攻/对拉 3) 发力正手对攻/对拉
	1) 教练员用一般力量供多球 2) 教练员用中等力量供多球 3) 教练员发力供多球

供球方法A与B讨论：从经验和直观上分析，对乒乓球5要素中的动力元素“速度”、“力量”、“旋转”在双方一般和中等力量供多球的情况下，球不落台直接供出与球落台弹起后供出的“速度”、“力量”、“旋转”效果基本一样，但在发力供球的情况下，供球方法A与供球方法B的“速度”、“力量”、“旋转”方面存在差异，供球方法A“力量”、“速度”、“旋转”更大（高于球网发力之故，居高临下供的球会比较拱）。显然供球方法B更适合启蒙阶段训练（供出的球比较平稳，有一定的弧线），而供球方法A更适合用于基础阶段以上的训练。

供球方法A和B与实际打球讨论：从经验和直观上分析，对乒乓球5要素中的动力元素“速度”、“力量”、“旋转”在一般力量（平动）供多球与一般力量正手攻比较接近等效，就是启蒙训练供球给小孩打球时的情况（此时的速度很慢，没有旋转，也就没有弧线）；中等力量供多球与中等力量正手攻“速度”、“力量”、“旋转”要素也基本接近于等效；发力供多球与发力正手攻“速度”、“力量”、“旋转”要素上呈现有距离的等效，即发力供多球逊色于真实的发力打球。

对于以上两种供多球方法来说，供球方若要做到与实际打球等效，就必须对教练员的供球能力提出较高的要求。可是如今大多教练员都比较关心运动员击球的质量与效果，对自己的供

球效果并没有太多的关注与要求。其实教练员的供球能力才是关键，要不断提高，才能使其与单球训练和比赛更加接近，多球训练要与单球训练合理的结合运用，才能更好发挥其最佳的训练效果^[1]。但无论经验多么丰富的教练员的供球都与实际打球(单球对练和比赛)有距离，动力元素中的“速度”、“力量”、“旋转”还可接近于等效，但在战术元素“落点”变化上比较难与实际打球等效。这是传统多球训练的局限所在。所以传统多球训练理论认为：“多球练习容易淡化对来球性质的判断，没有本方进攻后的反馈，不能更好地应变，意识单一，解决不了攻防转换的问题，与比赛有些脱节^[2]，其机制是经典条件反射”，属行为主义学习理论，运动员是被动的。而交互式多球训练设计打破了传统多球训练的条条框框，解决了传统多球训练不能解决的反馈问题，其机制是操作条件反射，是建基于建构主义学习理论。

2.2.2. “交互式”多点多球训练模式与击球在战术元素“落点”中反馈几乎等效

传统的多球训练法是由教练做主，运动员在教练单一模式定点供球的主导下，被动地形成刺激—反应(S—R)联结，通过这样的练习与强化形成反应习惯。运动员是完全被动的，而交互式多点多球是教练按照乒乓球比赛线路变化规律设计的套路，让运动员做主。当运动员变化线路时(主动)，教练按照比赛规律跟着变化供球(形成互动)，其实这种训练法就像是教练用多球与运动员比赛，比供定点的传统多球训练来得真实且效果好。能使运动员有自己击球后反馈来球的机会，教练员所供的球与球之间有内在的联系，球的变化不小，有较高的仿真性，很好地解决了攻防转换的问题，非常适合用于培养运动员线路变化(落点变化)意识的训练(衔接技术)^[3]。笔者认为这种新型的多球训练模式突破了传统多球训练的观念，使得“线路变化”规律在落点这个5要素中的战术元素变化上与实战比赛所需要的战术产生等效。

以下是用交互式多点多球训练法为运动员设计的训练处方(参阅表3、表4)。

范例：

器材：一张球台，100个球，一个纸盒。

训练方法：用交互式多点多球训练法提高战术意识。

训练内容：教练员把“线路变化”规律(衔接技术)内容融入到运动员发球抢攻和接发球抢攻开始的两种交互式多球训练当中，表3从第5板至第11板斜杠后面都是可变形式的互动内容。

表3 发球抢攻开始的交互式训练

人员	内容
运动员：	1.发短下旋球至对方正手位
教练：	2.供下旋至运动员正手位大角
运动员：	3.垫跨步挂起斜线
教练：	4.供正手位上旋球
运动员：	5.正手打中路/斜线/直线
教练：	6.供中路/正手位/反手位
运动员：	7.正手杀斜线大角/正手直线/反手斜线
教练：	8.供正手位/反手位/正手位
运动员：	9.正手打直线/反手打直线/扑右打直线
教练：	10.供反手位/正手位/反手位
运动员：	11.回反手位反手斜线相持/正手打直线/反手位打斜线。

表4 接发球抢攻开始的的交互式训练

人员	内容
教练：	1.连续不断供反手位上旋长球
运动员：	2.反手斜线相持多板后变直线
教练：	3.供正手位上旋球
运动员：	4.正手位斜线相持
教练：	5.供正手位
运动员：	6.正手位变直线
教练：	7.供反手位
运动员：	8.反手位打中路
教练：	9.供中路
运动员：	10.等中路正手侧身杀斜线大角

训练分析：这两个内容培养了小运动员凡在反手位打完直线就要有保正手的衔接和战术意

识，同理，正手位打完直线就要有保反手位的衔接和战术意识，其衔接技术理论依据是打直线那板是利用对方“逢直变斜”的思维定式来衔接，下一板就是打对方的战术^[4]，可见，前后两板技术与战术是一体化的。

在突然打中路情况下都要有等中路伺机杀两大角的衔接和战术意识，其衔接技术理论依据是打中路那板是半台即小斜线，比对方的全台大斜线短，客观上就是速度比对方快！此乃“速度差”必然产生突然性逼迫对方回中路形成“位置差”。道理是施战术者突然打中路，对方在毫无准备的情况下，总是会瞬间做出自我保护的反应（天生的生理反应）回到中路，此时球拍自然会碰到施战术者中路过来的球，而反弹回中路。此乃利用了对方“本能反应”来实现乒乓球前后两板的衔接效果^[5]，而下一板杀两大角就是利用“位置差”打对方的战术。可见交互式多球训练培养了小运动员的战术意识，到真正单球训练战术时就容易多了，此乃体现了化繁为简等效复制的思想。

2.2.3. “多球单练”法近乎等效于单球对练

“多球单练”这种练习对抗性很强，能和实战相结合，训练的难度、复杂度、强度和效果是其他多球训练所不及的，也是唯一近乎等效于单球对练的多球训练方法。正因为单球对练高水平难、复杂的技术内容不易上手且耗时效果不明显，人们才化繁为简摸索出了“多球单练”，此乃等效原理在乒乓球运动中的体现。

所谓“多球单练”就是采取一对一，有一方队员进攻，另一方队员防守，由第三者供球，双方按照技术或战术内容的要求，从实战出发，进行反复练习（两人需交换角色）^[6]。这种练习和单球对练无疑(技、战术内容近乎等效)，只是方法、手段不同，更重要的是队员自己不需要捡球，一个球打完后接着进行下一个球的练习，因此效果比单球训练有过之而无不及。如果2对1多球单练的话，其效果更佳，主练方的对抗强度超过了比赛的要求。是现代高水平运动员不可多得的训练手段。

以下是用多球单练训练法为运动员设计的训练处方（参阅表5、表6）。

范例：

器材：一张球台，100个球，一个纸盒。

训练内容：一对一和二对一接发球以主动防守战术开始的多球单练。

训练方法：先练多球单练，再练单球对练。

训练要求：运动员Y要练好表5第4板且要有质量，否则还是被动甚至失误，那样，后续的衔接就无从练起了。

训练目的：把单球难度、复杂度、强度的训练简化为容易、简单、轻松的等效环境来训练。

表5 1对1多球单练

人员	内容
教练：	1) 供短下旋球至运动员Y正手位。
运动员Y：	2) 摆短至对方正手位。
运动员X：	3) 劈长直线。
运动员Y：	4) 侧身正手冲直线。
运动员X：	5) 正手快带斜线。
运动员Y：	6) 交叉扑右捞回中路。
运动员X：	7) 回中路。
运动员Y：	8) 正手杀对角。
运动员X：	9) 正手快带斜线。
运动员Y：	10) 正手位打直线。

表6 2对1多球单练

人员	内容
教 练：	1. 供 Y 正手位短台下旋球
运动员 Y：	2. 劈长斜线诱对方先拉起斜线
运动员 X：	3. 垫跨步拉斜线
运动员 Y：	4. 近台反拉对方从下旋拉起的加转
运动员 X：	5. 正手快带斜线
运动员 Y：	6. 正手变直线
陪 练：	7. 反手第一时间变斜线
运动员 Y：	8. 回反手位相持变直线
运动员 X：	9. 正手第一时间变斜线
运动员 Y：	10. 回正手位正手打中路至球死。

训练要点：多球训练与单球训练的时间安排应是1:2,通常在多球训练之后，安排一定时间进行常规的单球训练，以弥补多球训练的不足，否则会产生不良的后果。

训练分析：表6内容超过了比赛要求，对强化主练方（运动员Y）的攻防转换衔接很有利。运动员Y要练好第6、8、10三板是关键（“双边直线”战术 + “单边斜线”战术），因为对方的陪练是站在反手位第7板第一时间打的斜线，超过了比赛的要求，不过Y第6板在正手位打完直线如果有第一时间等反手位的衔接意识的话，还是能及时第8板赶打直线，那么，对方X在正手位第9板也是第一时间正手打斜线，而Y同样是第一时间回正手位赶打第10板中路（小斜线），有了这些意识就能应付2对1超过比赛要求的训练。由此可见，像表6这样的训练如果用单球练是相当困难的，一会就失误，光捡球就耽误了大量的时间。所以运用“多球单练”是化繁为简等效复制的最佳体现。虽然最终多球单练与单球对练的结果近乎一样的，但前者的效率比后者大大提高是显而易见的，此乃等效原理的意义所在。

3. 战术案例实证分析

3.3.1. 反手拧拉正手位台内短下旋球技战术案例分析---以张继科为例

众所周知，张继科就是凭此特长技术于2012年获得伦敦奥运会乒乓球男单冠军，从而成为世界上第4位大满贯得主。同年《乒乓世界》杂志把张继科的这一特长技术评为年度技术，从此张继科达到了他个人事业上的顶峰。下面笔者以衔接技术理论深入剖析此技战术。

张继科常常按照事先设计好的套路，单步入台第二板接正手位短下旋球拧直线，由于其反手位存在一个非常大的空档，很容易就能引诱对方运动员第三板回斜线至己方的反手位，张继科第四板就是凭此衔接效果迅速回反手位反手斜线相持的。有了这个“圈套”诱惑作保证，张继科才能够放心入正手位短台使用拧拉技术。此乃“主动防守”战术：“运动员事先设计好套路，有意给对方进攻的机会，预测对方的回球线路，提前移动到最佳的击球点击球，在防守中谋求胜利或为转攻创造更大的可能性”^[7]。也可以说张继科入台拧直线，已预测到对方运动员会回斜线至己方的反手位（抓对方“逢直变斜”的思维定势），这就是“线路变化规律”战术。可见张继科不管是用“主动防守”战术，还是用“线路变化规律”战术，第二板拧完后的退台还原都是有准备的打第四板衔接技术，有了其中之一的战术保证，才能够放心入正手位短台使用拧拉技术。从乒乓球前后两板之间的衔接效果来看，“线路变化规律”与“主动防守战术”有着异曲同工之妙，因此两者的结合就是衔接技术(衔接技术也是战术)。张继科靠的就是衔接技术把最难的正手位短台用反手去拧拉短下旋球，解决了正手位的软肋（难题）。是当时最先进最流行的攻防转换技战术。然而再好的技战术用多了就不灵光了，对手必然会寻求破解之道。

3.3.2. 德国奥恰洛夫反手破解张继科案例分析

张继科在2014年东京世乒赛男团决赛第二场出赛输给奥恰洛夫，这次奥恰洛夫赢在准备充分，把张继科第二板反手拧拉正手位短下旋球（直线）与下一板（第四板回反手位）的衔接给破了，其手段就是第三板反手回斜线抢先发力，破坏张继科第四板的衔接，目的很明确就是要在前四板内瓦解张继科的“主动防守”战术。这一招破反手台内拧，是当时比较先进的攻防转换技战术。事实证明战术对头对谁都是致命的打击。

3.3.3. 马龙正手破解张继科案例分析

2014年世界杯科龙大战中马龙对付张继科反手拧拉正手位台内短下旋直线技术，有得有失。

得，就是他以侧身正手退一步反拉直线，此招很绝，他与奥恰洛夫反手抢先发力冲斜线有异曲同工之妙。但威胁性比奥恰洛夫的有过之而无不及，因为奥恰洛夫运用的是常规战术，即“逢直变斜”战术。而马龙运用的是反常规战术“同线回接”，理论依据是张继科入台（正手位）

拧直线就是利用对方“逢直变斜”的思维定势快速回反手位衔接下一板的，那么马龙回直线就是反张继科想利用思维定势衔接下一板且是正手反拉，杀伤力强大。马龙此招不失为破张继科反手拧拉正手位台内短下旋直线技战术丰富了经验，等效于奥恰洛夫反手反拉斜线破张继科战术，也因此从张继科手中拿下不少分。

失，就是马龙道高一尺，张继科魔高一丈，张继科抓住马龙正手反拉直线必须提前侧身且动作大的弱点，斜、直线并用来牵制住马龙，常常令马龙措手不及。张继科的这一变化是马龙始料不及的，也是张继科此次赢球的法宝之一。果然，张继科在这次世界杯冠亚军决赛中入台交替使用斜、直线，使用率和成功率都相当高，反破了马龙的正手侧身反拉直线破自己的战术。

从以上两个破解张继科技战术案例分析看，假如马龙当时有等效原理这个意识来处理张继科反手拧拉正手位台内短下旋斜直线战术并用的话，像奥恰洛夫那样三板用反手抢先发力回斜线，是完全等效于正手侧身反拉直线战术的，因为用反手反拉的话，站位容易接到张继科拧斜线球，也能化繁为简，所以张继科不一定能占便宜。可惜奥恰洛夫反手破解张继科是在“科龙大战”之后，显然，奥恰洛夫三板反手反拉斜线比马龙三板正手侧身反拉直线破解张继科台内拧效果要好。虽然贯彻战术方法不同，但形成的战术结果是相同的，因此就应该选用简化了的奥恰洛夫的战术体现“等效”战术思想。由此可见，乒乓球的等效意识在高水平比赛较量中所起的作用是多么重要啊！有“等效”意识，在遇到困难时就能有的放矢，发挥出更高的水平。

4. 心理训练分析

4分制心理素质实景模拟比赛训练方案曾经是中国乒乓球队2008年奥运会封闭训练中使用过的方法，其规则：开局得到4分后，比分马上跳到9。如果开局比分是4比0和4比1，比分直接跳到9比6，4比2就跳到9比7，4比3就跳到9比8^[8]。此方案打破了过去打关键球只有尾局，没有前面开局的失真弊端，4分制能兼顾开局和尾局，训练运动员一开始就要认真投入到比赛中去，想想看，4比0和4比3是完全不一样的，如果打11分赛制感觉差距还不小没有压力，但4分制就压力大了，直接跳到尾局的9比6和9比8，所以这是锻炼你开局就要抓紧（9:6与9:8差远了）的意识，对运动员关键时刻的处理球和心理承受能力的把握接近比赛的要求。其目的是让运动员集中注意力，磨练运动员在关键时刻敢于使用技战术的意志力，最终提高运动员的心理素质。这样的设计要的就是化繁为简、等效复制、突出重点，既有针对性、对抗性、竞争性，又体现出“等效”训练思维。

总括而言，物理“等效电路”原理的思想在乒乓球训练中很多、很实用，不仅限于以上这些，这里只是抛砖引玉，我们应有意识地在今后训练和比赛中运用“等效”思维发现和挖掘出更多更好的训练方法。

5. 讨论

综上所述，“等效原理”在技、战术和心理训练中运用，主要体现为三点。

其一，传统多球产生与单球技术中几乎等同的出球效果，较适合于初学者（主要包括5要素中的“速度”、“力量”、“旋转”这个动力元素及保障元素“弧线”）；

其二，交互式多球产生与单球战术中几乎等同的击球反馈效果，较适合于基础阶段以上者（主要包括5要素中“落点”这个战术元素），以及“多球单练”，它是唯一产生与实际比赛近乎等效的技、战术多球训练方法。以此增强与实战的仿真程度，解决了单球对练实战的高难度、复杂度，从而达到了真正化繁为简的训练目的，是提高高水平运动员技战术水平不可多得的训练手段（涵盖了5要素中的“技术元素”、“战术元素”和“保障元素”）。以上三者必须结合起来训练才能达到理想的境界。

其三，有了技战术“等效”思维，自然也能在心理训练上挖掘出更多、更好的训练方法，主要体现在化繁为简、等效复制这个等效原理上，实际上是在技战术基础上合理地设计出仿真

度高的、综合的实景模拟训练方案即可。

6. 结论

总而言之，等效电路原理在乒乓球技、战术、心理方方面面都是存在的，也是切实可行的。只有将乒乓球那些复杂的运动化繁为简，逼真地从中提炼出更多有效的方法，才能得以在训练和比赛中有的放矢实现事半功倍理想的技、战术效果。

参考文献

- [1] 王锋斌, 杨谦, 黄越. 乒乓球多球训练中教练员喂球效果的研究.[J]体育科技文献通报, 2014, (12): 80-82.
- [2] 国家体育总局. 乒乓球(中国体育教练员岗位培训教材)[M]. 北京: 人民体育出版社, 2005: 164.
- [3] 熊志超.乒乓球多球训练的教学方案设计[J].体育学刊, 2009, 16(4): 76.
- [4][5] 熊志超.业余乒乓球运动员衔接技术的训练[J]. 体育学刊, 2010(8)90 .
- [6] 熊志超.业余乒乓球运动员衔接技术的训练[J]体育学刊, 2010, 17(8)93.
- [7] 钟宇静, 王大中.乒乓球运动中的“主动防守”[J]. 乒乓世界, 2008(6): 113.
- [8] 熊志超, 廖锋. 培育一棵乒乓幼苗过程中若干训练理念和技战术及心理训练方法的思考[J]. 中国体育研究, 2019, 1(1): 17.