Morris 水迷宫实验准则

目 录

一、实验原理（水迷宫的发展史，以及简单的实验原理和应用领域，以及在我国的发展情况和国内外的主要厂家）

二、Morris 水迷宫的组成（主要分为硬件和图像采集，软件）

三、硬件准则（国内外文献提及到的硬件准则，我们主要针对国内文献提及到的）

四、实验流程准则（实验细节）

五、统计方法学准则（遵循统计学原理）

六、评价指标的准则（实验数据的解释）

七、实验适用范围准则（实验适用四个领域，与水迷宫的 10 个优点）

八、实验注意事项

以下准则仅供实验参考，行为学实验必须依据自身的实际课题来恰当安排实验。

一、实验原理

20 世纪 80 年代初,英国的心理学家 Morris 和他的同事利用大鼠在盛有水和牛奶混合物的不透明水池中搜索目标物的方法,研究大鼠的海马等脑区受到损害后的学习、记忆和空间定向以及认知能力时取得了令人瞩目的结果。这种装置不但构思新颖、实验设计合理以及方法简便和实用,而且便于观察和记录动物入水后搜索藏在水下平台所需的时间、采用的策略和它们的游泳轨迹,从而可分析和推断动物的学习、记忆和空间认知等方面的能力。虽然起初的实验对象为大鼠,但此后该迷宫系统成为评估啮齿类动物空间学习和记忆能力的经典程序,广泛运用于神经生物学、药理学等领域的基础和应用研究中。它能较客观地衡量动物空间记忆、工作记忆以及空间辨别能力的改变。因此,这种研究方法很快就引起各国神经科学家的关注,并将此法称为 Morris 水迷宫法。国外有许多生产 Morris 水迷宫的公司,比如说德国的 TSE 公司,美国的 Sandiegoinstruments 公司、德国 Biobserve 公司、荷兰 Noldus 等等;20 世纪 80 年代末,中国科学院心理研究所建立了我国第一个 Morris 水迷宫实验室,并于 90 年代初建立了 Morris 水迷宫图像自动采集和处理系统。国内随后出现了许多 Morris 水迷宫生产厂家,比如说有上海吉量、上海欣软、上海移数等等,但是从国际到国内,Morris 水迷宫的硬件设备,软件系统,实验方法,以及实验数据的处理方法都不尽相同,因此,从 Morris 水迷宫法的发明到现在已有 20 余年的历史了,应该制定一套比较标准的实验准则了。

二、Morris 水迷宫的组成

Morris 实验系统由水迷宫装置、水迷宫图像自动采集和软件分析系统组成。

1、Morris 水迷宫装置:主要由盛水的水池和一个可调节高度和可移动位置的站台所组成。

2、水迷宫图像自动采集和软件分析系统:该系统的主要部件为摄像机、计算机和图像采集卡等。这种系统有多种型号,但工作原理和流程大致相似:摄像头采集大鼠游泳图像(模拟信号)输入到计算机中的图像采集卡进行模/数转换,大鼠游泳的模拟图像转化为数字图像储存于硬盘中,将数字图像进行图像分析得到有关的测试参数。软件分析系统能自动地采集动物的入水位置、游泳的速度、搜索目标等所需时间、运行轨迹和搜索策略等参数,并可将所采集的各种资料进行统计和分析。

三、硬件准则要求

1、水池和站台：对于水池的大小，存在一个人为选择的问题，看起来应该统一标准，其实并不容易。但是有个原则就是水池不能太小，站台也不能太大。Morris 最初（1981 年）用于大鼠的水池是直径 1.32 米、高为 0.6 米，水池的水深为 0.40 米;但后来（1984 年）改为直径 2.14 米、高 0.4 米，水池的水深为 0.25 米。对于小鼠的实验水池，文献中介绍的迷宫直径差异巨大，小到 0.6 米，大到 2.0 米。一般而言，过小的水池使小鼠爬上平台的偶然性增加，任务难度减小。过大的水池会使小鼠游泳路径延长，体力消耗过大，爬上站台的机率减少。现在国内文献中所用水迷宫水池大多数为大鼠 1.6m 或 1.8m 居多，而小鼠一般为 1m 或 1.2m，高 0.5m。站台一般为圆形，直径可分为大鼠 12cm,小鼠 6cm,表面粗糙，高度一般为 30cm。国外文献中所用水迷宫水池大多数为大鼠 1.8m 或 2.0m 居多，高 0.6m,站台直径 10cm；而小鼠一般为 1m 到 1.5m，高 0.3m 站台直径 5cm。国内尺寸能统一么？如何定标准？

1、 水温：水的温度要求实验过程中恒温。大鼠温度范围一般为 25± 1℃，小鼠可能低些在 18~22℃。有文献报道，对小鼠进行了水温对迷宫成绩影响的观察，结果发现 27~28℃组的小鼠成绩最差，而 17~18℃组和 21~22℃组小鼠的学习成绩没有区别，所以，我们推荐小鼠水迷宫的实验用 21~22℃水。水温对潜伏期影响很大，特别是大鼠，如果温度过高，大鼠在游几次后渐渐适应了迷宫环境，它就会把迷宫当“浴盆”了，放进去以后，就漂浮不动；如果水温过低，大鼠体温下降很快，体力也会耗散太多，大鼠游泳能力不能坚持很久，就会出现游几次潜伏期突然增大的现象。甚至有些老鼠会出现较明显的应激反应，比如说会出现抽筋，腹泻现象。水温一般保持 25 度左右，另外气温也会导致水温偏差过大，应人为的调节水温。所以就要求在水池的底部装有可以恒定保持水温的加热棒或者其他加热装置了。

2、 光源：要保证水池水面上没有光影，主要是要避免光线在水面的反射问题，以免留在水面的光照影子被软件的采集系统将光影和鼠的影子混淆；如果是白色的水池背景，就可以在水池上方用两根条形的发散日光灯，这样可以减少反射光在水面的背影；如果是黑色的水池背景，就在水池四个象限的上方放置 4 个 60 瓦的灯泡或 25 瓦的管灯，不用功率特别大的灯。灯泡的高度应该足够高，不能被摄像头捕获到。另外还可以在水池四周装一圈帘子（颜色一般是黑色、浅蓝色或者白色），

这样可以将光的影子挡住，又保持一定的透光度。同时也可以减少外界的人站在水池旁边某个地方或走来走去，对大鼠形成一个不定的空间参照物。

3、 空间线索（参照物）：水池应该置于一个较大的房间内，池壁上悬挂两个以上物体作为近距离视觉参照物，并在水池外房间内有多种远距离视觉参照物。比如几何图形（正方形、三角形、圆形等）悬挂于水池以外的墙上，高度是必须让大小鼠在游泳的时候看的见的范围，所以应该在其视平线以上，这些几何图形可以是宽 5cm 至 15cm 塑料板制成，高度是必须高过站台，可以用 1m 的线挂在水池周围；这些几何图形一般涂成黑色，因为啮齿类动物对黑色比较敏感；这些几何图形一般不少于 3 个。另外实验室环境是一个十分重要的因素，实验室的设备、仪器、工作台、椅子、门窗和灯具等陈设的位置和实验人员进行实验操作时所站立的位置都可能被大小鼠看见，如果移动会影响实验结果。因为动物有时会常常利用实验室内固有的环境作为它搜索目标时的参照物。

四、实验流程准则

Morris 水迷宫实验主要测定空间学习记忆能力，主要的实验内容有隐蔽站台试验、空间探索试验、反向试验和可视站台试验等。在这里主要介绍下文献里面主要做的隐蔽站台试验和空间探索试验的流程准则。

隐蔽站台试验：

啮齿类动物第一次游泳时，一般不会找到藏于水面下的不可见的站台。若动物在入水游泳 60～90s 以内仍未能找到水池中的站台或未能爬上站台时，实验人员可将动物引导置于站台上站立 10～30s，使动物体会站在站台上的感觉，这样从第二次开始，学习成绩就能迅速提高。动物爬上站台后，让动物在站台上站立 5～10s。将大鼠从站台上拿下来，休息 30～60s 以后再进行下一次训练。在一般情况下，正常大鼠在经过 4～6 个实验日训练后，很快就学会以最快最佳的轨迹搜索到站台的确切位置。

每天开始时，将鼠任意从四个象限（东北、西北、东南、西南）之一面向池壁放入水中，站台放置于东南象限， 每次实验鼠共游泳 60～90s 来寻找隐藏的站台。如果成功地找到站台，鼠可以得到在站台上的 10～30s 休息时间；如果 60～90s 内未能成功的找到站台，就由实验人员将鼠人工置于站台上，且同样给予 10～30s 的休息时间。有时鼠可能会在 10～30s 间隔时间到达之前从站台上掉下或跳入水中继续游泳。一旦这种情况发生，则将鼠重新放回

站台，并重新计时，使时间间隔到达（10～30s）。这样可以确保每只鼠在每次实验后有相等的时间来观察和获取空间信息。

空间探索试验：

隐蔽站台试验结束 24h 后，撤除站台。然后任选一相同入水点将鼠放入水中，记录鼠在 60s 或 120s 内的游泳路径，记录鼠在原站台象限的停留时间和穿越原站台次数，观察受试鼠的空间定位能力，及在空间探索过程中的变化规律。在电脑屏幕上用圆形环标记出站台原所在位置，这样可以记录穿越原站台所在位置的次数。

实验流程准则：

1、 实验时间：隐蔽站台试验一般设计天数为 4 天或者 6 天，如果是年老体弱鼠可以将天数设计为 4 天。训练时间一般为 60s 或 90s,也有用 120s 的，不过现在一般都改用 60s 了，有人做过实验，大鼠在 60～120s 之间能够找到隐藏站台的次数差异大约只占其找到平台总次数的 5%，这在统计学上是“小概率事件”。也就是说，大鼠在 60s 内找不到隐藏站台的话，再延长到 120s 也很难找到。而且 60s 还可以减小各组的标准差，可以节约实验时间。但问题并非如此简单，隐蔽站台试验潜伏期应采用重复测量，由于在统计时，很多研究将最大潜伏期直接纳入统计，显然，最大潜伏期的不同将不可避免地影响统计结果。所以从统计学上了解不同的最大潜伏期到底对 Morris 水迷宫实验结果有多大的影响，如何避免因此带来的系统误差等问题尚有待进一步研究。国外文献报道，如果水池的直径在 2m，可以设置单次训练时间为 120s,直径在 1m 至 1.5m,选择训练时间为 60s，鉴于此，我们认为训练时间 60s 较为合适。时间过长，对鼠体力消耗也会过大。

2、 实验次数：在隐藏站台试验中，每天训练 4 次，每个象限每天只被使用一次，一定不要将大鼠连续地放入同一个象限，因为大鼠可能会凭借位置或其他非记忆信息（如向右转弯）来定位站台。而且，接下来每天的象限顺序应当改变。在空间探索试验中，将大鼠置于水池中追踪 120s，这个过程需要重复一次，因为在有些情况下，首次实验会观察到一些非正常变量，可能一些老鼠在改变了实验条件后迷失了方向。连续进行的两次实验计算平均值可以减少偏差，可以提供一个较高的精度和对先前学习记忆的较好控制。但是如果实验次数多于两次，将会导致在目的象限活动时间减少，得到不准确的空间探索结果。

3、 实验动物：并非所有鼠株都适合于 Morris 迷宫测试，如近交系 BALB/c 小鼠不能学会该任务（成绩并不随天数的增加而进步），129/SvJ 小鼠的学习成绩也偏差；比如 129/SvJ 株的小鼠由于有年龄相关性视路病变，在衰老时完成以视觉为基础的学习记忆任务时就会出现困难。在 C57BL/6 鼠，由于严重的秃头症存在，可能使某些小鼠产生抑郁，加上溃疡性皮炎，最终可能影响小鼠的游泳能力而影响实验成绩；将动物浸入水中可能引起内分泌或其它应激效应，后者与脑损害或药理学操作间的相互作用具有不确定性；由于体力消耗太大，体温也丧失过多，一些年老体弱鼠完成任务较困难，甚至会发生溺水死亡的情况；另外，个体间的成绩差异也巨大，比如说，有些正常大鼠放入水中后左右观望打圈确定方向后直接游到台上，说明他记忆力比较好，这个现象是很重要的，有的大鼠游泳速度慢些，所以潜伏期时间比痴呆组还大。所以可以先用别的方法把大鼠初筛一下，然后再来跑水迷宫。

4、 实验人员：实验者应与受试动物建立良好的感情,让动物熟悉实验者的身体信息,如气味、相貌等。捕捉动物的动作要温柔,不要刺激动物。忌讳用手抓鼠的尾巴,因为这样会极大的刺激动物。有人建议在实验开始的两三天之前,与鼠亲密接触。实际上鼠的嗅觉很敏感，如实验人员为女性的话，其身上的香水味不同，都会使鼠的情绪发生变化的。

五、统计方法学准则

潜伏期时间为计量资料，可用方差分析，但需按方差分析的程序先进行方差齐性检验，方差齐，计算 F 值，用多个实验组和一个对照组间均数的两两比较方法进行统计；对非正态或方差不齐的数据进行适当的变量转换，待满足正态或方差齐要求后，用转换后的数据进行统计；若变量转换后仍未达到正态或方差齐的目的，改用秩和检验进行统计。计数资料，比如说穿越站台的次数，可用 X2 检验，四格表总例数小于 40，或总例数等于或大于 40 但出现理论数等于或小于 1 时，应改用确切概率法。

Morris 水迷宫的实验数据较为复杂，其统计分析难度也较大，尤其是对大鼠在寻找隐蔽站台试验中所测得的逃避潜伏期如何进行统计学分析既往存在的问题较多。在过去的研究中，国内文献中有的直接计算每天的平均逃避潜伏期后再进行 t 检验或方差分析，或根据大鼠的逃避潜伏期在定位航行试验后 3d 趋于稳定的情况，仅对后 3d 的平均逃避潜伏期进行 t

检验或方差分析。有的研究则就 1～5d 的逃避潜伏期进行单因素方差分析。我们认为以上统计方法均不正确。一个较明显的错误是，以趋于平稳的后 3d 的平均逃避潜伏期代表记忆水平，首先遇到的问题是仅在生理状态下的大鼠才表现如此，而实验记忆损伤组大鼠往往后 3d 的逃避潜伏期仍然持续下降。正常青年组和初老年组大鼠的逃避潜伏期在后 3d 趋于平稳，但实验损伤组大鼠的逃避潜伏期由于学习记忆损伤后其基线较高，第 3～5 天逃避潜伏期仍然呈下降的趋势，并不象正常对照组一样趋于稳定。不仅如此，还存在上述统计方法对隐蔽站台试验中测得的逃避潜伏期数据统计学特征的认识错误。隐蔽站台试验中的逃避潜伏期具有以下特点：①系重复测量设计，即在给予某种处理后，在不同的时间点上从同一受试对象上重复测量获得的数据(逃避潜伏期)；②影响逃避潜伏期(自变量)统计分析结果的至少有动物组别、检测时点等多个效应因子，效应因子之间存在交互影响效应；③同一受试动物的不同时间点所测得的逃避潜伏期存在高度的自相关性；④存在截尾数据(最大潜伏期)。据此，对 Morris 水迷宫中隐蔽站台试验的逃避潜伏期应采用重复测量数据 repeated measures analyses of variance(ANOVA)的多因素方差分析结合截尾数据的生存分析方法较为恰当，国外文献报道中常用，这种方法对潜伏期均值进行进一步的分析，天数作为自变量，潜伏期或游泳速度作为因变量。

六、评价指标的准则（指标仅供参考，不同的软件参数名称不同）

虽然文献中提到了纷繁复杂的评价指标，但对这些指标并没有进行很好的特征化和准则化。例如，游泳速度明显是运动能力的指标，路径长度又受游泳速度和游泳时间（潜伏期）的双重影响，理论上不应该是判断认知能力的很好指标。所以，对各项指标所反映的行为性质需要进行探讨，解释这些指标时要慎重。单用潜伏期作为指标并不能提供有关空间学习的足够信息，因为游泳速度快也并非意味着学习效率就高，记忆能力就好。

参数定义准则：

总路程（总活动度）：实验动物总的运动路程；

与动物自身的游泳速度直接相关，在相同的时间内，只反映动物的游泳速度的快慢；即路程越长，反映了动物的游泳速度越快。

总时间：开始录像到录像结束的总观察时间；

即为单次的训练时间，一般现在为 60s；

平均速度：总路程/总时间；

从中可以看出动物游泳速度的个体差异来，动物的潜伏期和游泳速度有一定的关系；

上台时间（潜伏期）：指实验动物每次入水后第一次成功找到站台所需的时间；成功上台是指在台上逗留时间超过 5～10 秒钟（可自己定义），如果逗留时间不足 5～10 秒，则不算上台，潜伏期时间即为训练时间；

潜伏期是 morris 水迷宫一个很重要的参照指标，它的时间长短也代表着动物空间学习记忆能力的好坏，潜伏期短，预示着动物的学习记忆能力好；但是和动物自身的游泳速度有关，比如有的正常大鼠游泳速度慢些，所以潜伏期比痴呆组动物还长，另外，某些动物放入水中后会左右观望打圈，或者原地不动确定方向后直接游到台上，出现这种现象，说明动物记忆力好，这个现象是很重要的，如果在治疗组动物发现这种情况，是非常好的。但是由于动物原地不动，这个时候潜伏期的时间可能会长，所以潜伏期并不能作为判断记忆力好坏的最终指标。

上台前路程：指实验动物在第一次成功上台前所运动的路程；

与潜伏期时间相关，潜伏期时间越长，上台前路程也就越大；二者之间呈正相关系，所以也间接反映了潜伏期时间的长短，也可以看做是评定动物记忆力好坏的指标之一。

上台前平均速度：上台前路程/上台时间；

从中可以看出动物游泳速度的个体差异来，动物的潜伏期和游泳速度有一定的关系；

第一象限活动路程：实验动物在第一象限所活动的距离之和；

第一象限活动时间：实验动物在第一象限运动的时间之和；

第二象限活动路程：实验动物在第二象限所活动的距离之和；

第二象限活动时间：实验动物在第二象限运动的时间之和；

第三象限活动路程：实验动物在第三象限所活动的距离之和；

由于站台一般都放置在第三象限，在这个象限活动的路程越长，反映了动物的空间记忆能力比较好；

第三象限活动时间：实验动物在第三象限运动的时间之和；

由于站台一般都放置在第三象限，在这个象限活动的时间越长，反映了动物的空间记忆能力比较好；

第四象限活动路程：实验动物在第四象限所活动的距离之和；

第四象限活动时间：实验动物在第四象限运动的时间之和；

中心活动路程：实验动物在水池中心区域内活动的距离之和；

啮齿类动物游泳有绕边性和边缘性，而站台是在远离周边靠近水池中心的，如果动物改变了游泳路线在水池中心区域内活动的路程长的话，反映其空间记忆能力好。

中心活动时间：实验动物在水池中心区域内活动的时间之和；

啮齿类动物游泳有绕边性和边缘性，而站台是在远离周边靠近水池中心的，如果动物改变了游泳路线在水池中心区域内活动的时间长的话，反映其空间记忆能力好。

周围活动路程：实验动物在水池周边区域内活动的距离之和；

啮齿类动物游泳有绕边性和边缘性，而站台是在远离周边靠近水池中心的，如果动物在水池周边区域内活动的路程长的话，反映其空间记忆能力差。

周围活动时间：实验动物在水池周边区域内活动的时间之和；

啮齿类动物游泳有绕边性和边缘性，而站台是在远离周边靠近水池中心的，如果动物在水池周边区域内活动的时间长的话，反映其空间记忆能力差。

站台周围范围 I 活动路程： 实验动物在站台周边区域 I 内活动的距离之和；

站台周围范围 I 活动时间：实验动物在站台周边区域 I 内活动的时间之和；

站台周围范围 II 活动路程：实验动物在站台周边区域 II 内活动的距离之和；

站台周围范围 II 活动时间：实验动物在站台周边区域 II 内活动的时间之和；

站台周围范围 III 活动路程：实验动物在站台周边区域 III 内活动的距离之和；

站台周围范围 III 活动时间：实验动物在站台周边区域 III 内活动的时间之和；

站台周围范围 IV 活动路程：实验动物在站台周边区域 IV 内活动的距离之和；

站台周围范围 IV 活动时间：实验动物在站台周边区域 IV 内活动的时间之和；

在站台周围范围活动的路程和时间越长，反映了动物的空间记忆能力好。

站台穿越次数：指在撤去平台后，在一定的时间内，实验动物穿越原站台位置的次数。（穿越一次指进出站台区域各一次）；

在一定的时间内，动物穿越原站台位置的次数越多，说明其空间学习记忆能力越好。

初始角(弧度)：指在将实验动物放入水池后，动物的运动轨迹的起始点的切线与起始点和站台中心连线之间的夹角；

如果初始角的角度越小，说明动物记得站台的位置，直接向站台方向游，反映空间学习记忆能力比较好。

入水点象限：实验动物入水时所处的象限；

搜索策略：

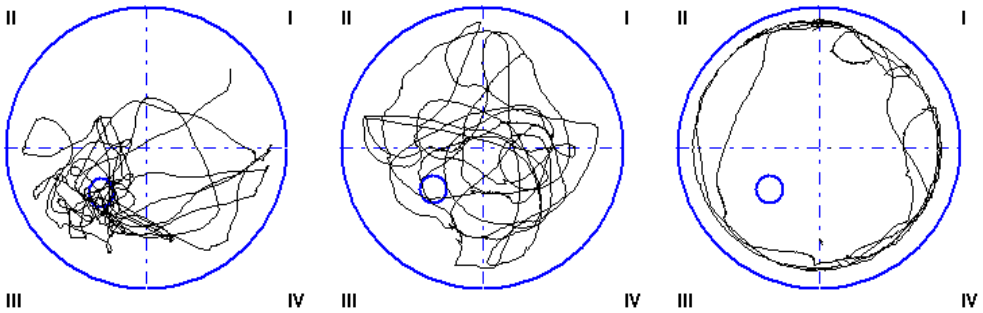
（1） 直线式：以实验动物入水点与站台中心连线为中轴，如果动物的所有运动轨迹与中轴的距离不超过半径的 15%，且在该区域中运动的时间至少占总运动时间的 70%则认为实验动物此次运动为直线式策略。

（2） 趋向式：与直线式较相似，以实验动物入水点与站台中心连线为中轴，如果动物的所有运动轨迹与中轴的距离不超过半径的 50%，且在该区域中运动的时间至少占总运动时间的 70%则认为实验动物此次运动为趋向式策略。

（3） 边缘式：以实验动物运动区域中心为圆心，取半径的 75%做圆，如果动物 70%以上的时间均在该圆外活动，则认为实验动物此次的运动为边缘式策略。

（4） 随机式：若实验动物的运动策略与以上三种不同则认为实验动物此次运动为随机式策略。

搜索策略和趋触性是衡量动物分析判断能力和解决问题能力的两个指标。大鼠寻找平台的方式大致可分为四种：边缘式、随机式、趋向式及直线式。不同的搜索方式代表大鼠以不同的策略寻找平台，正常动物的搜索策略随着训练次数的增加而呈现“边缘式→随机式→趋向式→直线式”的变化规律。痴呆动物的搜索策略会发生异常变化。比如只有边缘式→随机式，或者随机式→边缘式，趋向式和直线式比较少见。



直线式　　趋向式　　边缘式

七、实验适用范围准则

与其他方法相比，Morris 水迷宫在判定啮齿类动物认知功能中具有很多优点：（1）它不需要实验前训练阶段，而且可以在短时间内完成相对大量的动物。（2）由于对年龄相关性空间记忆损害有可靠的敏感性，Morris 水迷宫是判断老年鼠空间学习记忆能力的特别有用

的工具。通过探测和转移位置实验的训练，学习和回忆过程可以被记录分析，也可以在各组之间比较。(3) 虽然对于鼠类来说浸入水中是令其厌恶的，驱动动物逃避的是水刺激，而不需要食物剥夺和电击，因此，避免了剥夺食物给实验动物带来的新陈代谢和电击休克方面的问题，而这方面问题对某些品系的动物来说可能是危险的。(4) 气味或痕迹等干扰可以被去除。(5) 将实验动物的学习记忆障碍和感觉、运动缺陷等分离开来，减少它们对学习记忆过程检测的干扰。可见站台实验，可以识别可能影响实验结果的动物视觉缺陷，修正标准 Morris 水迷宫实验中得到的结果。(6) 通过改变站台的位置，可以完成学习和再学习实验，相应的，在同组动物中也可以测量不同用药量的效果。(7) 既可以检测空间参考记忆又可以检测空间工作记忆。在用固定平台测试小鼠的空间参考记忆后再将平台的位置改为不固定，就可检测它们的工作记忆能力 (8) 通过使用窗帘、划分区域等，可以减少实验人员和实验以外的物体对视频跟踪系统记录的干扰。(9) 能提供较多的实验参数，系统全面地考察实验动物空间认知加工的过程，客观地反映其认知水平，显然，寻找不固定平台的认知过程要复杂一些，需要动物对时间和空间上的分离信息加以整合和判断。(10) 操作简便，数据误差较小。

1、 Morris 水迷宫实验在神经退行性疾病如阿尔茨海默症 (AD) 和帕金森症 (PD) 以及血管性痴呆 (VD) 等的研究方面是非常有效的：这些疾病的最大特征是认知功能的减退。经典的 Morris 水迷宫所检测的是大鼠在多次的训练中，学会寻找固定位置的隐蔽平台，形成稳定的空间位置认知，这种空间认知是加工空间信息 (外部线索) 形成的。而平台的位置与大鼠自身所处的位置和状态关系不大，是一种以异我为参照点的参考认知，所形成的记忆是一种空间参考记忆。从信息的加工和提取方式来看，这种空间参考记忆进入意识系统，其储存的机制主要涉及边缘系统 (如海马) 以及大脑皮层有关脑区，常伴有 Hebb 突触修饰，应该属于陈述性记忆。而临床健忘和痴呆的病人，正是陈述性记忆首先受损而且比较突出。因此，Morris 水迷宫实验首选适用的范围是以海马损伤表现的认知功能衰退的记忆缺损。

2、 神经性毒害或者治疗药物的筛选实验：在神经药理学和神经毒理学实验中，某些药物对神经元或者海马等脑区有哪些毒害或者治疗的作用，可以用 Morris 水迷宫试验检测其对学习记忆能力的影响。如一些抗胆碱能药物 (如一些新的镇静剂) 不仅抑制动物 在 Morris 水迷宫实验中的表现，而且在人类中也可以削弱记忆；一些拟胆碱能药物 (尤其

是中药里面提取的新成分）不仅可以提高动物在 Morris 水迷宫实验中游泳的成绩，而且可以提高人类的学习认知能力。

3、 脑皮层功能衰退或意外伤害引起的工作学习记忆方面损害的实验：Morris 水迷宫实验除了可以做隐蔽站台实验和探索实验外，还可用于工作记忆的研究。比如最简单的程序是每只大鼠每天训练两次。第一次训练时，平台置于水池的任何一个象限中，并隐藏在水面下，大鼠通过游泳找到平台，并且停留 30～60 s。在第二次训练中，平台隐藏于与第一次训练相同的位置，同样要求大鼠通过游泳找到平台。如果大鼠能从第一次的训练中获得经验（工作记忆），那么，第二次训练的成绩就会提高。比较两次实验的成绩，就可以评价工作记忆的好坏。虽然在同一天的测试中，平台的位置是相同的，但是不同天的测试中，平台的位置是随机的，以保证每一天平台的位置都是新的，不同于前一天平台的位置。像日常生活中的脑萎缩引起的健忘，以及车祸等意外伤害到脑皮层引起的工作学习记忆的损伤。

4、 用来确定药物或其他实验处理是否导致动物视力改变：Morris 水迷宫实验还可以通过可见站台试验来检测药物对动物的视力是否有影响，这些视力改变会混淆动物基于远端可见信息定位所得到数据的分析。有一点需要注意的是，某些特定的行为可能表示视力受损，比如没有搜索行为或持续沿水池周边游泳可能被认为是视力受损，因为动物在一段时间内并没有定位平台。因此动物必须试图穿越水池而且不能准确定位站台。

八、注意事项

1．对比食物驱动的模型（如放射臂迷宫），水迷宫实验的最大优点在于，动物具有更大的、逃离水环境的动机。而且不必禁食，特别适合老年动物的测试。加上它对衰老引起的记忆减弱尤其敏感，因此，水迷宫最常用于老年动物记忆的研究。

2．如用小鼠，除游泳池尺寸约为大鼠的 50%以外，平台直径也较少（7.5cm）。实验方法与大鼠类似，但训练周期较短。一般获得性训练 3 天共训 16 次（第一天 4 次，后两天每天 6 次；两次训练之间的间隔 5~10min，第四天为探查训练，第五、六天为对位训练，每天训练六次，第七天为第二次探查训练。

3.如用肉眼观察，在所有试验过程中试验着始终坐在同一位置，距离泳池最近的边缘约 60cm。

4．每天在固定时间测试。操作轻柔，避免不必要的应激刺激。

5．当与其他同类实验相比较时，要注意到动物的性别、品系、泳池的尺寸和水温等多种因素对实验结果的影响。此外，当以游泳速度作为观察指标时，要考虑到动物的体重、年龄以及骨骼肌发育状况等对游泳速度可能造成影响。

6．用老年动物进行实验时，应确认动物的游泳能力和视力不因年龄增大而影响行为操作。其方法如下：将平台露出水面以使动物能够看见平台。动物放入泳池后如毫无困难地直接游向平台，说明动物的游泳能力和视力均正常，可以开始实验。

7．游泳对动物是一个较大的应激刺激，可引起神经内分泌的变化。这些变化可能对实验结果造成干扰。对老年动物，严重时可诱发心血管疾病而导致卒中甚至死亡。因此，必要时可将动物多次放入泳池或适当延长其游泳时间以增加动物对游泳的适应能力。

8．当用牛奶或奶粉搅浑泳池的水时，要定期换水以免水腐败变质；

如果您平常使用 QQ 工具，我们诚邀您加入我们的动物行为学实验交流群：148452758.

我们也提供动物行为学论坛，供大家交流，www.dusw.net。