

移液手册

RAININ

Pipetting 360°



移液器
吸头

评估
选择
技巧


获得更好的移液结果
良好移液操作的快速指导

METTLER TOLEDO



目录

1. 前言	4
2. 项目计划，工作流程和选择	5
项目计划和流程	5
分析工作流程	6
优化流程	7
量程范围和样品量要求	7
样品/试剂容器格式要求	10
样品/检测具体要求	11
3. 选择对的移液器	14
空气置换式移液器	15
外置活塞式移液器	15
优化流程	16
量程范围和样品量的要求	16
电动单道移液器	18
多道移液器	19
高通量移液系统	20
特殊移液器	21
外置活塞式移液器	21
连续分配器	22
电动吸液器	22
瓶口分液器	23

4. 选择正确的吸头：设计，质量和适配性	24
吸头设计	24
吸头质量	25
移液器和吸头的密封	26
LTS™ LifeTouch™吸头弹射系统	26
吸头选择	28
针对特殊应用的特殊吸头	28
5. 移液技巧	30
最优的体积范围	31
吸头浸入深度	32
正确的吸液角 	33
一致的样品分配	34
润洗吸头	36
避免温度变化	37
您的移液风险是什么？	40

1. 前言

良好移液操作规范(Good Pipetting Practice, GPP)是为了帮助研究人员从如何明智的选择移液器、如何正确地使用符合人体工程学的移液操作技巧、移液器的校准和日常维护保养这几个方面着手获得最佳的实验结果。

在研究实验室中移液-或量取和转移-在微升和毫升范围内的小体积液体或许是最频繁的操作，并且能够快速准确地完成这项任务绝对是实验取得成功的先决条件。现代空气置换式移液器由于具有诸多优势而被广泛使用，这些优势决定了它们是高效地进行微量移液的理想设备。通过使用现代高质量的移液器和吸头高效、省时这些都可实现。

2. 项目计划，工作流程和选择

项目计划和流程

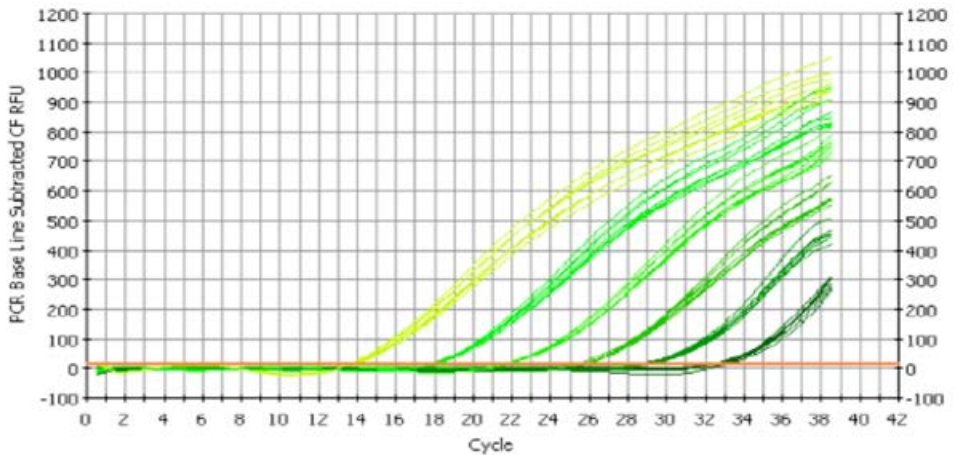
一个完整的项目流程规划有利于新项目的实施。流程规划中所有的步骤都做了最高效率和数据生成的分析。从液体处理角度来看，这需要了解初始样本类型、最终分析要求和样品处理量。这些反过来将决定用于移液的技术和液体处理容器的格式要求(管、板等)。然后再决定流程中最优的液体处理工具。对于任何的移液操作、移液器、配套的吸头和操作技术都必须系统地考虑，这样才能准确地移液。选择合适的移液器和吸头并使用最有效率的技术已经成为设计和实施任何项目或实验不可或缺的一部分。

分析工作流程

第一步是确定实验流程中的所有步骤-从初始样品分离到最后的数据生成，这也包括所有的实验前准备，如缓冲液和反应混合物的制备。接下来是确定实验能允许多大的误差从而对于产生好的数据没有显著影响。有些应用和步骤对于实验过程中的误差相比于其他步骤要更敏感，例如所有包含扩增的实验，如qPCR，对于误差就可能非常敏感，而简单的缓冲液制备步骤就不会。移液器和吸头的选择欠佳以及不正确的移液技术都可能是实验误差的主要来源，如任何需要通过标准品连续稀释制作标准曲线的实验都可能会受到欠佳的移液系统的影响。

分析工作流程

- 确定实验误差的最大容忍区间
- 确定最有可能引入变异的应用和步骤
 - qPCR
 - 连续稀释



优化流程

量程范围和样品量要求

通常工作流程开始要转移相对大体积的液体(如准备缓冲液, 培养细胞等), 此时转移5或10ml通常就很少关注准确度。但最终检测时仅需要使用很少的液体, 而这就对移液的准确度提出了更高要求。

由于不同量程范围的设备具有不同的性能, 所以速度和精准度之间应该维持一个平衡。选择合适量程的移液器时建议工作范围处在指示量程的35%-100%之间为宜。例如1000 μ L移液器的最佳操作范围是350-1000 μ L。尽管对于这个指示量程的移液器来说最小体积可能达到100 μ L并且移液器可以下调到0 μ L, 但350 μ L作为最低量程是基于使用者技能而言。当低于35%时需要更精准的移液技巧。在不合适的量程范围内工作, 任何设备都会在精准度上打折扣。

Pipette Type	Model	Min. Capacity	Max. Capacity	Accuracy 10%	Precision 10%	Accuracy 50%	Precision 50%	Accuracy 100%	Precision 100%
Positive displacement pipette	MR-10	0.5 µL	10 µL	9%	3%	2%	0.60%	1.50%	0.60%
	MR-250	50 µL	250 µL	3%	0.60%	1.70%	0.30%	1%	0.20%
	MR-1000	100 µL	1000 µL	3%	1.60%	1%	0.50%	0.80%	0.40%
Air displacement pipette	L-10XLS	0.5 µL	10 µL	2.50%	1.20%	1.50%	0.60%	1%	0.40%
	L-200XLS	20 µL	200 µL	2.50%	1%	0.80%	0.25%	0.80%	0.15%
	L-1000XLS	100 µL	1000 µL	3%	0.60%	0.80%	0.20%	0.80%	0.15%

准确性和重复性

准确性是移液器所分配的液体体积与设定体积的接近程度。对于空气置换式移液器体积设定超过35%时，通常准确性约为1%。移液体积设定为10%或者更低时，移液误差会提高3倍。

重复性是衡量移液器可重复分配相同体积液体的能力。对于空气置换式移液器的重复性要求是达到准确性的1/3到1/4。重复性通常是指重复能力或样品转移的重现性，也被称作标准偏差。

某些类型的移液器比其他的更适合不同类型的样品。例如粘性样品需要不同的技巧和移液器以达到好的准确性和重复性。下表提供了更多参考信息：

样品溶液类型		容量范围	建议方案	
			手动系统	手动系统
粘性，有机溶剂，极端	大容量样品	20-50mL	AutoRep S	AutoRep E
非粘性，水性的，易流动的		20-50mL	AutoRep S	Pipet-X
粘性，有机溶剂，极端		1-20mL	AutoRep S	AutoRep E
非粘性，水性的，易流动的		1-20mL	Pipet-Lite XLS+, AutoRep S	Pipet-X, E4 XLS+
粘性，有机溶剂，极端	中等容量样品	200-1000µL	Pos-D, AutoRep S	AutoRep E
非粘性，水性的，易流动的		200-1000µL	Pipet-Lite XLS+	E4 XLS+
粘性，有机溶剂，极端	少量样品	10-200µL	Pos-D	
非粘性，水性的，易流动的		10-200µL	Pipet-Lite XLS+	E4 XLS+
粘性，有机溶剂，极端	微量样品	<10µL	Pos-D	
非粘性，水性的，易流动的		<10µL	Pipet-Lite XLS+	E4 XLS+

如果要分析的样品量足够大，那么对于样品准备或者分析从管转变为板的形式将会是有意义的，这种情况下使用多道移液器可以加快流程。如果需要分析96孔或者384孔板，那么使用96道移液系统将会是有意义的，这可以节省时间并且减少出错的几率。

样品/试剂容器格式要求

使用96孔板可能需要将多个样品或试剂从离心管转移到孔板上或者反之，并且有时候移液需要在不同格式的孔板之间进行(24孔到96孔)。间距可调的多道移液器可减少高达85%的转换时间，因为你可以同时转移8个样品，例如从非标准的离心管中转移到标准的(9mm孔距)96孔板中只需要简单一吸。



间距可调多道移液器

有助于同时转移多个样品

- 离心管和孔板之间(反之一样)
- 在不同的孔板之间(24/48/96孔)

样品/检测实验具体要求

电动移液器有利于复杂或者重复的移液操作，因为电动移液器可以用于重复的分配并能为特定的移液方案进行编程。另外相比于手动移液器，电动移液器所得到的数据一致性更好，因为微处理器消除了~~在移动活塞过程中的人为误差和变异~~。对于需要连续稀释的实验，数据一致性这一优势会更加明显，因为这些应用中移液误差会累加，另外对于要求扩增的应用，如qPCR也是如此。

每一个实验和样品具其独特性。例如，基因组学应用通常应该使用滤芯吸头以减少样品或者移液器中的DNA污染的影响。滤芯可以放置样品形成的气溶胶污染套柄进而污染后续样品。同时，滤芯也可以帮助避免微生物污染，腐蚀和积盐。

电动移液器有助于：

- 复杂或重复的实验步骤
- 准确性和重复性高的应用(如：qPCR)

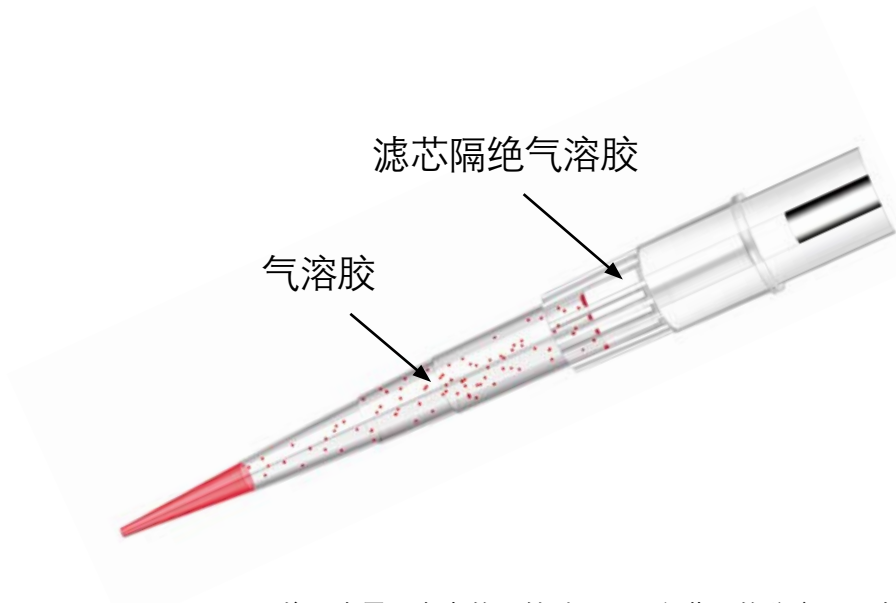


在选择完移液器的量程和类型后，接下来就是确定实验中的吸头是否正确。

吸头一般是由聚丙烯制成的，尽管具有惰性但聚丙烯潜在的因素仍应该考虑。不同的聚丙烯材料决定了生产过程的一些特定要求，而且生产过程中其他添加物也会影响制作流程。其中一些添加剂可能从吸头中浸出并影响实验结果。为了克服这一问题，建议购买没有溶出物的吸头，确保供应商提供所有溶出物和污染物敏感性检测的书面证据。污染物包括DNA和热源，如果制造和包装过程不是在洁净室环境下进行的，那么这些污染物就很有可能存在。有很多耗材成型和包装设施设备并没有得到很好的控制。一个好的产品制造过程要保证所有工人穿洁净工作服并戴上帽子、口罩和手套，空气要经过过滤，从而避免由毛发或昆虫引起的任何污染。材料测试的证书应该叙述测试过程和测试的灵敏度—那些仅宣称产品没有特定的污染物但没有提供检测方法或者检测灵敏度的证书不会提供任何信息以及质量保证。

特定应用

- 使用滤芯吸头可以使DNA污染或者交叉污染最小化
- 滤芯吸头也可以保护活塞避免微生物污染，腐蚀和积盐



接下来需要考虑的是针对不同量程范围的移液器吸头的匹配性，然后是针对特定的应用所要求的吸头，如用于基因组学研究需要使用滤芯吸头。最后吸头的包装大小也会因为在限定的时间段内提供足够的吸头量提供便利性。

对于不同的移液体积范围，为了不超出所要求的量程范围和避免重复的调节量程的操作，需要计划好一定数量不同型号的手动移液器。

3. 选择合适的移液器

有很多移液工具可以获得最佳的结果和更高的生产力，同时兼具其他的优势。例如对于某个特定的应用，改善了符合人体工学的设计特征以及更好的功能。这里有两类主要的微量移液器：空气置换式(air-displacement)和外置活塞式(positive-displacement)。这两者都是通过活塞直径和活塞行程决定所分配的液体体积的。

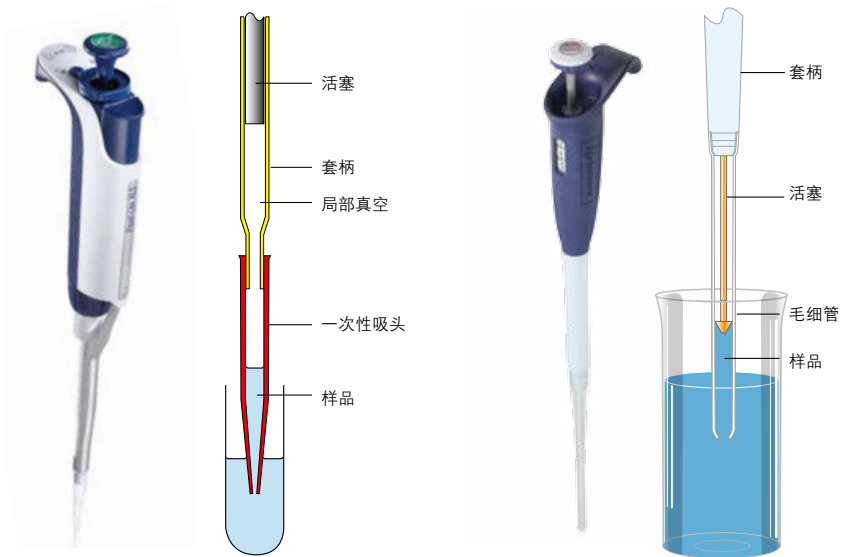


图1：空气置换式和外置活塞式移液器

置换式移液器

- 移取水性溶液十分准确
- 经济

空气置换式移液器目前是实验室中最常见的一类移液设备。这类移液器的操作是将吸头尖端插入液体样品中，然后释放活塞按钮。当活塞在移液器内向上移动时便产生了一个局部真空，然后液体样品被吸入吸头内，填满由那部分真空产生的既定体积的空间。

外置活塞式移液器

- 移取大多数溶液都十分准确
- 建议用来移取粘性大，浓度大，易挥发和腐蚀性强的液体

尽管没有空气置换式移液器常用，外置活塞移液器在实验室中也能见到。这类移液器使用一次性活塞和毛细管系统来形成既定体积的空间。活塞直接与样品接触，当活塞向上移动时样品被吸入毛细管内。外置活塞式移液器移取水溶液时具有很高的准确度和精密度，但通常建议用来移取粘性大，浓度大，易挥发和腐蚀性强的液体。外置活塞式移液器所使用的一次性毛细管和活塞要比空气置换式的移液器所使用的一次性吸头昂贵得多，所以在能获得相同结果的情况下建议使用空气置换式移液器。

优化流程

量程范围和样品量的要求

通常工作流程开始要转移相对大体积的液体(如准备缓冲液, 培养细胞等), 此时转移5或10ml通常就很少关注准确度。但最终的检测时仅需要使用很少的液体, 而这就对移液的准确度提出了更高要求。

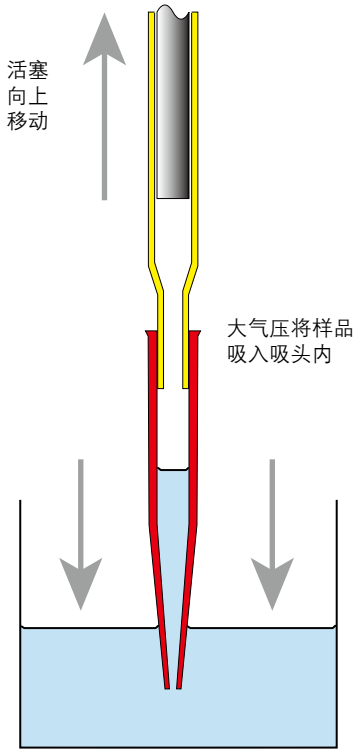


图2:
空气置换式移液器的操作

由于不同量程范围的设备具有不同的性能，所以速度和精准度之间应该维持一个平衡。选择合适量程的移液器时建议工作范围处在指示量程的35%-100%之间为宜。例如1000 μ L移液器的有效工作范围是350-1000 μ L。尽管对于这个量程的移液器最低规格可能达到100 μ L并且设备可以下调到0 μ L，但350 μ L作为最小使用量程是基于使用者技能的。当使用体积低于35%时，需要更高的移液技巧。在不合适的量程范围内工作，任何设备都会在精准度上打折扣。



图3:
手动移液器



图4：电动移液器

电动单道移液器

电动移液器于20世纪80年代中期开始使用。在电动空气置换式移液器中，吸液和排液由一个微处理器控制，通过按下触发器启动而不是用手指按压或释放活塞按钮。使用电动移液器可以得到更一致性的样品吸取和排液操作，从而提高准确性和重复性，并基本消除了不同使用者之间的差异。

现代的电动移液器应该便于操作并配有一个良好的用户界面和大的彩色屏。它们应该灵活有用的应用于完成复杂任务，如重复分配，控制性滴定，连续稀释，测量未知样本量以及其他的可编程功能。使用电动移液器可以很容易的通过活塞的往复运动在吸头中混合两种溶液。配有吸取和排液速度控制功能的电动移液器可以用于转移多种类型的液体。快速移液适合用来转移水性溶液，慢速移液适合粘性大，易起泡或对剪切力敏感的物品。

多道移液器

多道移液器很适合高通量应用，包括96孔板ELISA实验和PCR。设计先进的多道移液器，如瑞宁轻质的8道和12道移液器，符合人体工程学设计，装吸头迅速，所有通道样品移取一致有保障。间距可调的功能保证了吸头间距可以根据用户从96孔板移液转移到离心管架或24孔板的需要进行间距调节。多道和间距可调的移液器有手动和电动两种可供选择，覆盖量程范围广。



图5：多道移液器

高通量移液系统

一次完成96孔吸液和排液的移液系统对于快速有效地多孔板操作流程十分适用。直到最近，昂贵的自动系统是唯—进行96孔或者全板移液的系统。但是，瑞宁全手动台式移液系统Liquidator 96不需要用电，无需编程，无需培训。简化并提高了96孔和384孔移液操作效率，并且可以在实验室使用、现场演示。



图6：
Liquidator 96台式移液系统

特殊移液器

其他类型的移液器(或液体处理设备)没有空气置换式移液器使用广泛，但是经常被有特殊实验设计和目的的研究所偏爱。

外置活塞式移液器

瑞宁的Pos-D便是一类手动外置活塞式移液器。这类移液器使用一次性活塞和毛细管系统来形成既定体积的空间。活塞直接与样品接触，当活塞向上移动时样品被吸入毛细管。由于每个样品使用一个新的活塞，所以这类移液器完全避免了样品间的交叉污染。这使得它十分适用于PCR和其他关键应用。外置活塞式移液器建议用于移取粘性大，浓度大，易挥发和腐蚀性强的液体。



图7：
外置活塞移液器

连续分配器

配有注射器式的吸头和内置活塞，连续分配器的工作原理和外置活塞式移液器一样。它被设计用来一次吸入大体积的样品然后多次等体积分配出去。具有手动和电动版本，适用范围广泛并使用一次性注射器式吸头。

电动吸液器



图8：
电动(左)和手动连续分配器

主要用于大体积移液，有电动和手动两种，用于玻璃或塑料移液管移液操作。移液管插接到软“鼻子”上，用户按下吸液器上的按钮从而在玻璃或者塑料移液管内产生一个局部真空。液体在大气压作用下填满这个局部真空。然后转移到另一个容器，移液管中的液体是通过按压另一个按钮或者通过重力作用释放的。最简单的型号使用软质灵活的按钮通过手动按压和释放来形成灵活控制的局部真空。



图9：
电动吸液器

瓶口分液器

一些特殊的实验室液体(如腐蚀性或者有毒性的液体)最好在通风厨柜或安全柜中操作，不宜转移到实验在外面操作。瓶口分液器对于转移相对较小体积的液体十分有用。该分液器通过泵的作用进行操作，新型号能准确且安全地以处理达到50mL的体积进行危险液体的转移。



图10：瓶口分配器

4. 选择正确的吸头：设计，质量和适配性

移液器和同一生产厂家推荐的吸头最好看成是一个完整的系统而不要把它们看作两个孤立的部分。为了适配各种不同的移液器，不同厂家的吸头在适配性和设计上会做妥协。

在选择移液器吸头时需要考虑设计、质量和适配性。

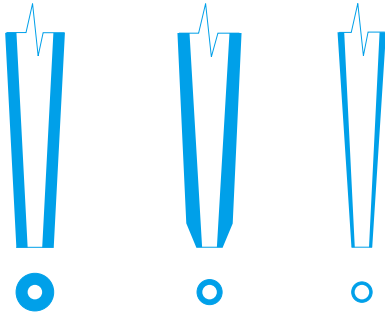


图11：
厚壁吸头(左)，斜切孔口吸头(中)，瑞宁FinePoint吸头(右)

吸头设计

目前设计最先进的吸头都是灵活的薄壁和细尖端或小孔口端。对于小体积移液器(少于20 μ L)，瑞宁FinePoint™吸头相比于那些具有厚壁或者斜切孔口的一般吸头具有更优秀的精确性和重复性。

FinePoint吸头相比于大多一般的吸头更具灵活性，允许液体样品可以在吸头的任何角度完成移液。这样就可以保证更少的样品残留。

吸头设计上的差异会影响性能，准确性和重复性。然而，正确使用移液器时，它们可以提供厂家说明的准确性和重复性的性能参数，前提是使用同一生产厂家推荐的吸头。

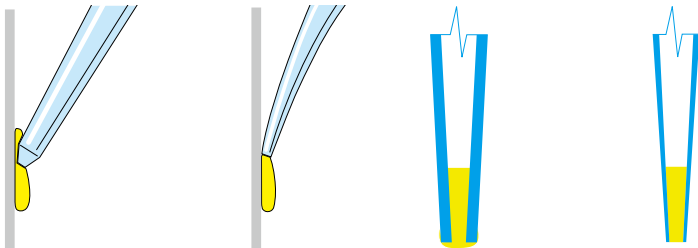


Figure 12: 斜切孔口(左)和瑞宁FinePoint吸头(右)分液的样品残留

吸头质量

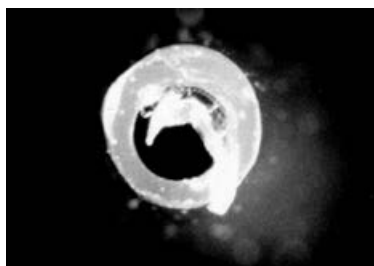
最严重的质量缺陷一般发生在孔口端，而此处是最易影响样品吸取和排液的。图13展示了四个吸头孔口端的放大图。

中间或周围发亮的地方是成型工艺过程中残留在吸头内部的塑料。

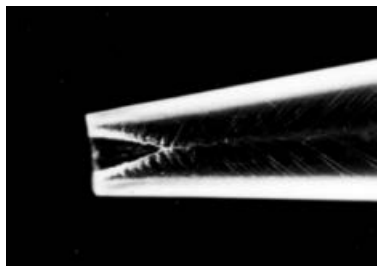
模塑缺陷和同心度缺陷是由于注塑后不适宜地撤去了模芯针。这些缺陷将导致在移液过程中样品的损失。高质量的生产制造过程会使吸头缺陷和移液结果错误发生的几率最小化。



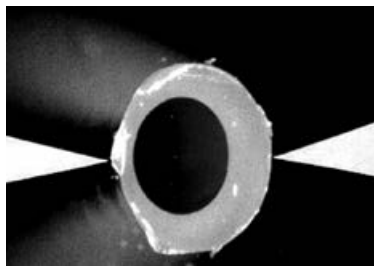
高质量吸头孔口端



吸头内会发亮



模塑缺陷



同心度缺陷

图13：显示1个质优吸头和3个缺陷品的孔口端放大图

移液器吸头密封

大多圆锥形吸头都是为了适应市面上的大部分移液器而制造的-吸头底部和移液器套柄之间的密封性区域大到足以适配更多的移液器。较大的密封会在套柄和吸头之间产生更大摩擦，因为移液器的套柄装入吸头里没有反馈机制来提醒你使用一个通用型的吸头密封是否到位，这就需要用户用力将移液器套柄装入吸头内。

因为操作者整个前臂都用上了**一**，所以装吸头时容易使用较大力，然后也一般需要一个较大的退吸头力。**载和退出**吸头所需要的力较大可能会增加重复性肌肉劳损(RSI)的风险，尤其是长期使用移液器。

LTS™ LiteTouch™轻触式去吸头系统

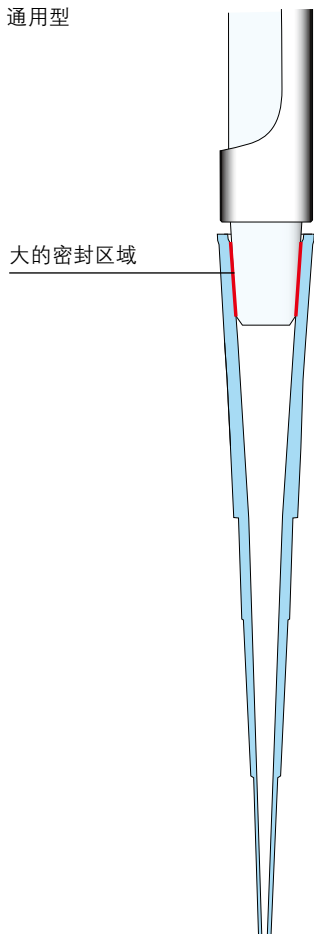
认识到人体工程学和**装载与退出**吸头所需要的力以及吸头密封带来的问题(尤其是多道移液器)，瑞宁发明了一种称为LTS™或者LiteTouch™系统的新吸头，显著提高了吸头和套柄之间的适配性。LTS明显减小了安装和退吸头所需要的力。

LTS减小退吸头所需力的两个主要特征：

- 小的密封区域确保了吸头密封容易实现
- 吸头内部前挡点设计，避免套柄被强力装载到吸头内。

密封区域的设计形成了良好的横向稳定性，避免了吸头在使用过程中意外脱落。

通用型



LTS轻触式去吸头系统

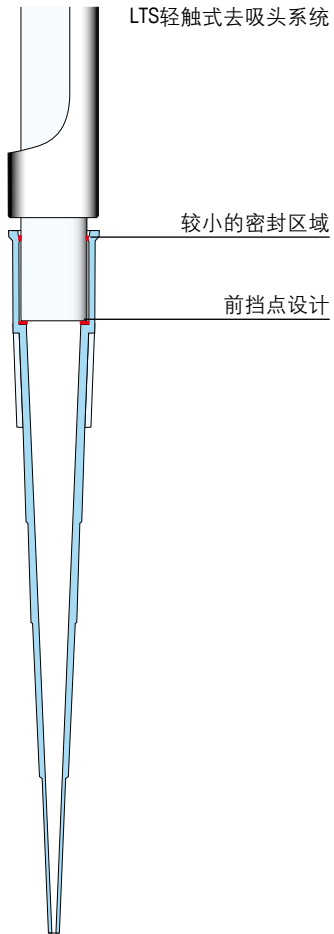


图14：普通(圆锥型)和LTS(圆柱型)吸头系统

吸头选择

总之，为保证顺畅稳定的样品流出和减小样品污染的风险，选择吸头时应该考虑：

吸头原材料：吸头应该由极低吸附力的材料如纯聚丙烯制成，不加含添加物，染料或者是回收利用的材料。

吸头设计：壁厚、弹性，孔口端尺寸和表面光洁度对于适配移液器和液体流入流出吸头都是重要的因素。

吸头质量：吸头是在洁净室中制造的吗？每一批次的吸头生存能否追溯？吸头没有添加物或者缺陷会造成样品损失和移液错误的？

针对特殊应用的特殊吸头

这瑞宁有几类针对特定应用的“非标准”吸头。

凝胶上样吸头吸头特意设计用来凝胶上样，这类吸头孔口端为平的或圆的，口径很小。

广口吸头吸头设计用来处理易受损的样品如所有细胞和大分子量的DNA。大的孔口端最大限度地减少了样品剪切并防止细胞被裂解。在转移盐溶液或者细胞悬液时，需要轻松实现样品收集或者防止损坏细胞时建议使用这类吸头。

低吸附吸头由超疏水聚合物制备而成，这可以确保粘性大的样品如蛋白从吸头流出后不会有残留。对于一般的液体样品不需要使用这种吸头。

套柄保护吸头通过将移液器的套柄和退吸头臂保护在吸头内来防止它们受污染。套柄保护吸头可以在细窄的管子或者深孔中使用而不会有移液器任何部位触壁的风险。

加长型吸头相比于同体积的吸头更长更细。小直径和102mm的长度保证这类吸头可以到达细管和深孔的底部，而移液器或者退吸头臂不会接触管壁。

滤芯吸头用来消除移液的交叉污染或者气溶胶的污染，不会造成任何移液性能上的明显差异。移取挥发性溶液时建议使用滤芯吸头，防止潜在的腐蚀性气体进入套柄损坏活塞。

外置活塞吸头被设计用于外置活塞式移液器，对于非水性溶液如浓稠，粘性大或者挥发性的液体，或者对于移取冷的或者热的水性溶液效率最高。

样品制备吸头尖端有树脂的样品制备吸头近期已可使用。瑞宁的PureSpeed“树脂在吸头内”的设计为纯化生物分子，脱盐或者离子交换的使用提供了简单，低成本和半自动化的方法。

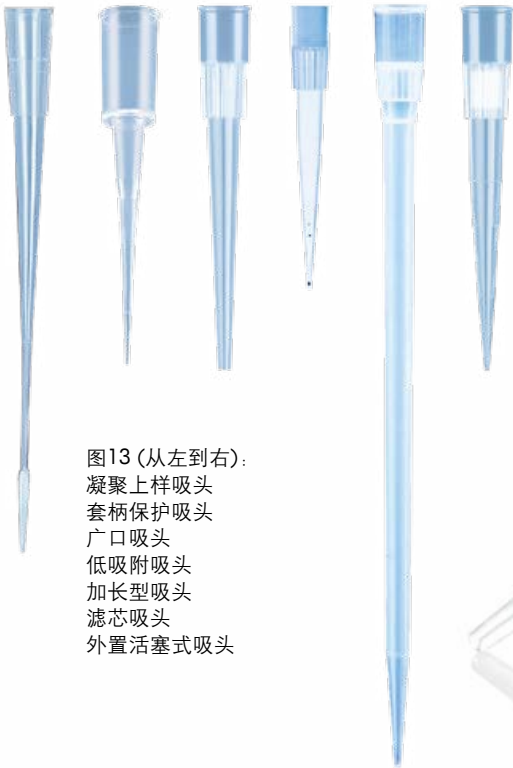


图13 (从左到右):
凝聚上样吸头
套柄保护吸头
广口吸头
低吸附吸头
加长型吸头
滤芯吸头
外置活塞式吸头



图14.
瑞宁样品制备吸头

5. 移液技术技巧

正确评估您的应用，从而选择合适的移液器将会显著影响您的研究结果。然而为了最优的研究结果这不是唯一需要研究者考虑的事。其他因素，如正确的移液操作技巧以及环境条件也会影响结果。精准度对于科学研究十分重要，接下来几页是对移液技巧几个方面的简短概述。您知道吗，如果只是简单地遵从接下来这些技巧，您移液的准确性和重复性将可能会得到5%的提高。

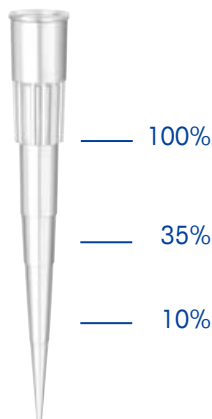
最优的量程范围

大多数移液器的正常操作体积范围是指示量程的10-100%。尽管这一范围是可操作范围，但随着体积设定的下降性能参数将会发生变化。

100uL移液器的准确性参数在指示量程的50-100%的时为 $\pm 0.8\%$ 。然而如果你移取10 μ L(或者指示量程的10%)，不准确度将会提高3倍，或者为2.5-3%。

所以获得最佳性能的最优量程范围是指示量程的35-100%。尽量避免将一个移液器的体积设定少于最大体积的10%，而应该用小量程的移液器来进行小体积移液操作。

体积vs范围



在低于指示量程10%的体积下移液将会对准确性造成3%的影响

吸头浸入深度

正确的吸头浸入深度可以提高准确性高达5%，尤其对微量移液器相当重要。对于微量移液器，吸头应该浸入1-2mm，而对于大量程的移液器，浸入深度应为6-10mm。如果吸头浸入的太深，吸头内部的空气就会被压缩，造成过多的液体被吸入。残留在吸头表面的液体也可能会影响结果。吸头如果浸入的不够充分，那么可能会吸入空气，就会造成气泡的形成和移取体积不准。两者都会造成不准确的移液体积。

吸头浸入深度



1-10 μl : 1-2 mm

10-200 μl : 2-3 mm

200-2000 μl : 3-6 mm

正确的吸头浸入深度可以提高5%的准确性，所以使用上面建议遵循推荐的浸入深度(>2000 μl 时浸入6-10mm)

正确的吸液角度

吸液时吸头尽可能以90度角浸入到样品中，最好不要偏离垂直位置超过20°。

对于微量体积的移液器，以垂直角度移取溶液可以提高2.5%的准确性。

偏离垂直超过20°吸液将会导致不准确的量取-过多的液体将会被吸入，造成移液不准确。

垂直浸入角度



正确的角度



错误的角度

以60度角浸入，将会使你的液体吸取量超过所设定的0.7%

保持一致性

保持一致的移液节奏和速度将会帮助你得到理想的、重复性更高的结果。保持节奏和速度的一致性可以将准确性提高5%。

一致的移液节奏

从一个样品到另一个样品保持一致的移液节奏。避免突然或快速的操作，一个移液循环的每一个步骤维持同一个节奏。

大体积移液

对于大体积移液，一般1ml或者更多，在样品被吸取后将吸头浸没在液体中保持1秒或者更多。这个可以保证样品被完全吸取。

顺滑的操作活塞按钮

按压和释放活塞按钮时保持一致的速度和平滑度。移液控制不好会产生气泡、溅液、气溶胶，以及移液器套柄和活塞的污染，还有可能会导致样品的损失。

一致的移液节奏和速度



良好的吸取



吸头吸入了空气

一致的样品分配

确保每一滴样品都被分配出去而不会黏附在孔口端，这样可以保证最大的准确性和样品间的重复性。这在移取微量样品时尤其关键。

良好的分液技术可以提高1%的准确性。分配样品时，确保末端触及容器壁，防止样品残留在吸头内。分完液后，滑动吸头以释放出残留在孔口的液体。

一致的样品排液



沿内壁排液



浸入液面排液



液面上方排液

浸入液面或在液面上方排液。

当直接在液面内或者液体上方排液时，使用反向移液模式(reverse-mode)避免分液后沾附样品

润洗吸头

润洗吸头2-3次可以在吸头内形成同质膜，这样可以提高0.2%的准确度性。润洗可以中和微量移液中的毛细效应，对于大体积移液，这可以使吸头内部温度与样品温度一致。

不适合润洗的情况

当移取热的和冷的溶液时润洗会对结果产生不利影响，如从冰浴中移液，或者溶液温度超过37摄氏度，润洗可能会造成高达5%的错误率。

润洗吸头



避免温度变化

恒定的室温

移液和校准的理想温度是 $21.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。避免在有风或者有阳光直射，温度变化较大的区域操作，这些区域可能会降低移液的精准度。在一致的温度下移液可以提高5%的结果准确度。



保证足够的平衡时间

温度变化的另一重要方面是平衡时间。移液的准确性会受冷的或热的样品的温度变化所影响。对于冷的样品会吸取过量，而热的样品则会吸不足。除非另有其他要求，否则请保证足够的时间来使您的液体样品和移液器达到平衡温度。

手温效应

长时间使用移液器，来自手的热量可能会加热移液器，导致移液器内部的空气受热膨胀从而会产生不准确的结果。

使用PVDF聚合物制造的移液器可以避免手温效应。另外，移液循环间隙，将移液器置于移液器支架上而不要一直握在手中。



一致的量程设定

将体积由大到小设定时，**下**拨到所需的体积。然而，**进行**由小到大的体积设定时，**先将齿轮旋至超过设定体积1/3圈的位置**，再慢慢回调到所需体积。这可以避免机械回冲，**得到更高的准确性**。



良好移液操作规范(Good Pipetting Practice)

对您的移液器进行质量检查

梅特勒-托利多有一个全面的移液GPP和风险管理研讨会。我们的GPP专家将会培训您和您实验室的团队。先想要获取更多关于GPP的信息，请点击此处 ▶ www.mt.com/gpp



良好移液操作规范 – 获取海报!



我们可以对基础操作技巧进行回顾。有助减少一般性的移液错误，通过免费下载的瑞宁《良好移液操作规范》海报提高5%的重复性。

▶ www.mt.com/gpp-poster

您的移液风险是什么？

良好移液操作规范是一项确定移液风险和如何减小风险的综合定制项目。我们的GPP风险检查是一个很好的方法，开始只要5分钟，然后您将得到一份移液风险评估以及如何降低风险的建议。



梅特勒-托利多有移液GPP和风险管理综合研讨会。如果您感兴趣，请联系瑞宁的销售人员。

▶ www.mt.com/gpp

www.mt.com/rainin

访问网站，获得更多信息



梅特勒-托利多
实验室/过程分析/产品检测设备
地址：上海市桂平路589号
邮编：200233
电话：021-64850435
传真：021-64853351
E-mail: ad@mt.com

工业/商业衡器及系统
地址：江苏省常州市新北区
太湖西路111号
邮编：213125
电话：0519-86642040
传真：0519-86641991
E-mail: ad@mt.com

梅特勒-托利多始终致力于其产品功能的改进工作。基于该原因，产品的技术规格亦会受到更改。
如遇上述情况，恕不另行通知。 Printed in P.R. China 2016/06



欢迎添加实验室微信号



微信号: MT-LAB