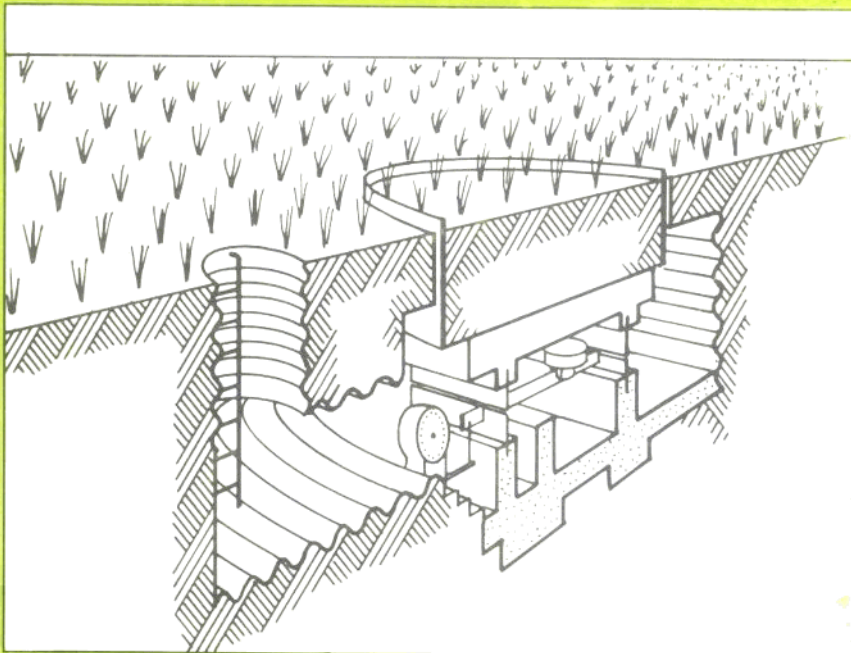


测 渗 仪



联合国粮食及农业组织 罗马

测 渗 仪

作者：粮农组织水土管理专家、
黎巴嫩大学教授 A. Aboukhaled

顾问：灌溉顾问、美国犹他州州立大学农业和
灌溉工程系前教授 J. F. Alfaro
罗马粮农组织水资源开发及管理科
(水的管理)技术官员 M. Smith

联合国粮食及农业组织
罗马 1982 年

虽然测渗学早在十七世纪就出现了，只是在最近四十年才有了重大和迅速的发展。电子学、工程学、灌溉学、土壤物理学和微气象学等学科的进步，为测渗仪的研究工作及其在全世界范围的使用提供了有利的条件。这类迅速发展仍在继续，尤其是蒸发研究和水的管理领域。随着测渗仪的种类越来越多、结构越来越复杂、费用越来越大、精确度越来越高及用途越来越广，要使测渗仪适用于特定的条件和需要变得更为困难。认识到这些情况，本书作者感到有义务再全面地阅读有关文献，以便对测渗学的研究提出一份有分析性的报告。本书对各种测渗仪、它们的设计特点、构造和安装进行了回顾，并参照典型的大田条件方面的主要问题及获得的结果的适用性，对测渗仪的特性进行了论述。着重论述了各种测渗仪的性能及限制因素。还说明了一般的困难及不足之处。并涉及了测定蒸发量的其他方法、研究趋势和最新发展情况。测渗学研究和模拟模型的发展，不断加深我们对土壤—水—植物—空气的关系的了解。本书的主要目的就是向目前正在从事测渗仪工作和其他设计测渗仪的人们提供一些有用的情况和指导方针，希望能够帮助读者作出更合适的决定。研究人员一旦掌握了丰富的知识，就能使测渗仪变成非常实用的农业仪器。

最后，作者对犹他州州立大学农业和灌溉工程系前教授 J. F. Alfaro 的富有成效的合作表示感谢，J. F. Alfaro 教授为本书提供了大量的十分有价值的意见和建议。

作者还对加利福尼亚大学戴维斯分校 W. O. Pruitt 和 F. Lourence 与他保持的十分有意义的业务联系表示感谢。

粮农组织水资源开发及管理科技官员 Martin Smith 和他科里的同事们主要负责了本书的编辑和修订工作。

目 录

页 次

1	测渗学入门	
2	测渗仪的背景情况	5
2.1	定 义	5
2.2	历 史	5
3	测渗仪分类	7
3.1	一般概念	7
3.2	非称量测渗仪	8
3.2.1	不计水位的排水测渗仪	8
3.2.2	地下水恒位补偿测渗仪	12
3.2.3	地面水位不变的补偿测渗仪	13
3.2.4	特殊类型的排水测渗仪	14
3.3	称量测渗仪	18
3.3.1	机械称量测渗仪	19
3.3.2	电子称量测渗仪	25
3.3.3	带液压测压计的称量测渗仪	28
3.3.4	漂浮测渗仪	31
4	测渗仪的设计和操作过程中应当特别考虑的问题	35
4.1	整土块测渗仪与散土测渗仪的比较	35
4.1.1	一般原理	35
4.1.2	整土块测渗仪	35
4.1.3	Ebermayer 测渗仪	36
4.1.4	散土测渗仪	36
4.1.5	散土测渗仪研究的实地数据	37
4.2	自由排水测渗仪与吸入控制排水测渗仪的比较	39
4.2.1	自由排水测渗仪	39
4.2.2	吸入控制排水测渗仪	39
4.3	测渗仪墙	42
4.4	测渗仪面积	43
4.5	测渗仪缓冲区	44
4.6	关于设计和操作的讨论及结论	45

5	测渗仪在作物需水量和土壤-水分-植物研究中的应用	47
5.1	测渗仪在作物需水量研究中的应用	47
5.1.1	测出的和计算出的参考作物蒸发蒸腾值	47
5.1.2	测渗仪测量的参考作物蒸发蒸腾值和最高作物蒸发蒸腾值	49
5.2	其他测定用水量的田间方法	50
5.2.1	原地土壤含水量测量	50
5.2.2	水汽流域微气象学测量法	53
5.2.3	能量平衡法	54
5.2.4	遥感法	55
5.2.5	水利用研究的其他方面	55
	参考文献	57

插图目录

	页次
1 简单排水测渗仪 (油筒)	10
2 Thornthwaite 型蒸发蒸腾计	11
3 地下水恒位排水测渗仪	14
4 测定沼泽低莎草蒸发蒸腾量的一组测渗仪的平面图	16
5 测定水稻蒸发蒸腾量及有效雨水的容器技术	17
6 简单的廉价的杆式称量测渗仪	20
7 澳大利亚联邦科学及工业研究组织的小型称量测渗仪	21
8 用于偏僻地区的带电动机械天平的小型自动称量测渗仪	22
9 加利福尼亚戴维斯使用的称量测渗仪	23
10 黎巴嫩塔尔-阿马拉精确称量测渗仪	24
11 法国凡尔赛带应变计的电子称量测渗仪	26
12 带精密应变计的称量测渗仪体系	27
13 液压测渗仪断面草图	28
14 肯尼亚茶叶研究所的液压测渗仪	31
15 氯化锌溶液漂浮测渗仪	33
16 液压测渗仪吸入排水系统插图	40
17 加拿大伍德布里奇测渗仪的双层排水系统	41

1 测渗学入门

本书旨在直接解答一些实际问题及提供一些有关测渗仪的选择、安装或制造和管理等方面的指导方针,主要目的是帮助研究人员通过测渗仪来获得有效蒸发蒸腾量和作物水利用方面的资料。

在本书中,测渗仪的定义是,装满散土(或土块)的大型容器,安置在田间以便反映田间的环境条件,其表面裸露或有植被(作物或草),用以测定生长的作物,某一参考植被的蒸发蒸腾量,或裸地的蒸发量。

测渗仪大约有三百年的历史。在这三百年尤其是最近二、三十年期间,测渗仪由“称量”和“非称量”两大基本类型衍生出许多异体。“非称量”测渗仪又叫“测容”、“排水”或“补偿”测渗仪。它们的水供应,或来自天然雨水、灌溉、人工保持的地下水位(所谓“不变水位测渗仪”),或来自这些水源的综合。而称量测渗仪涉及各种称量原理和装置。它们可以通过各种天平的机械称量或通过应变测压计的电子称量来进行工作,也可以通过两种方法(机械称量和电子称量方法)的结合或通过液压称量系统来进行工作。液压称量系统又可分为二种。第一种有时称为“液压测渗仪”,这种测渗仪的重量变化是通过液压测力仪(bolster)的压力变化来计算的。第二种叫“漂浮式测渗仪”,这种测渗仪的重量的变化是通过漂浮力的变化来计算的。本书对所有这些种类的测渗仪都进行了描述、说明和评论。

在考虑安装测渗仪时,对若干方面应作仔细的估价。为了进行这种估价,可以考虑下列几个问题。

(1) 选择什么种类的测渗仪?

要回答这个问题,必须明确使用测渗仪的目的,进而确定所需要的精确度。

如果需要测定短期(每小时)的蒸发蒸腾量,回答就是精密度很高的称量测渗仪。这种测渗仪的灵敏度可达 0.03 或 0.05 毫米的水。一套好的设备,目前(1980年)的总费用可能高达甚至超过5万美元。制造和安装可能需要好几个月的时间。还必须配备从事操作和数据判读的专业人员。带有自动印刷装置或记录系统的有平衡器的机械测渗仪,证明是可靠的。建议专门的研究机构使用这种测渗仪。在基本小气候研究和世界主要农业气候区的参考资料的提供方面,其实用性已得到公认。

对灌溉规划、项目设计和执行以及农场管理来说,精确度很高的测渗仪和每小时的蒸发蒸腾量都不很重要。在绝大多数情况下,有每月或每周的可靠的数字就足够了。只有在诸如计算机控制的滴灌和自动喷灌系统等特殊情况下,才可能用到每日的值。

必须在液压、漂浮和排水这三类测渗仪中进行选择。

漂浮测渗仪的灵敏度可以达到0.05毫米。但是,这种测渗仪受热差(thermal errors)的影响,对风的影响普遍敏感。虽然有一些性能很好的例子,但是测渗仪的构造和可靠性都是成问题的,因此,这里不再进一步介绍这种测渗仪。

要求稳定地下水位的排水测渗仪可选用于大田水位普遍很浅的地区。每当土壤水分耗干或者表土层张力达到一定程度时,就应该向测渗仪表面和缓冲区供水。虽然可以得到每日的观察数据,但一般只计算每周或每10天的水量平衡和蒸发蒸腾值。

在大田缺乏浅的地下水位的情况下,最好不要对测渗仪进行人工地下水供应。根据事先确定的张力计的刻度对测渗仪表面进行定期的全面的洒水从而产生排水的方法是可取的。虽然每日都可以对排出的水进行测量,但一般只是对连续排水期之间的间隔期的水量平衡和蒸发蒸腾值进行计算。由于两个连续排水期末的土壤水剖面可能不一样,因此在测量蒸发量时可能仍会出现一些误差。通过在测渗仪上安装一个进出管及进行中子探测仪测量,就可以测定土壤含水量。每10天的蒸发蒸腾值总的来说,证明是可以接受,每月的数据与精确度很高的称量测渗仪的数据完全一致。这种排水测渗仪费用比较低,比较容易安装和操作,很少或根本不需要维修工作。

带有空竖管(dummy standpipe)的大小一样的称量液压测渗仪比排水测渗仪要贵一倍,但这种测渗仪能够提供可接受的每日蒸发蒸腾值和十分精确的每周数据,因为其测量柱上的数字精确到0.5毫米。液压测渗仪的关键,但又易受损坏的部分仍然为装满水的测压仪。最常用的测压仪仍然是橡胶做的和改进的金属做的液压测力仪,在某些情况下也使用油压测力仪。要进入测渗仪压力箱是困难的,因此,修理或者更换测压仪是一项很复杂的工作。

(2) 要装土块的测渗仪还是要装散土的测渗仪?

在选好测渗仪的种类之后,要解答的第二个问题是要装土块的测渗仪还是要装扰动土的测渗仪。未扰动的整块自然更能反映出大田的情况,因此,装未扰动的土块的测渗仪是可取的,尤其是对充分团粒化的和层状土壤来说,这种测渗仪更合适。对小型测渗仪来说,对未扰动的土块进行隔离和包围的工作也不那么复杂。但是对25吨或更重的大土块来说,这就变成了一项巨大的工程。在底部安装吸力控制的排水系统来保持有代表性的大田情况,使这项工作变得更加困难。对潜在的蒸发蒸腾值和无应力作物水利用值来说,只要土壤扰动对植物生长没有重大的影响,有效数据就可以从装有适量散土的测渗仪中获得。

重新组成的土壤剖面（或土层次序）应当尽量密一点，容重的近似值也应当尽量小一点。本书第4章不仅对装土块的测渗仪的构造的详细情况作了说明，而且也对各种装土技术作了说明。

(3) 是要自由排水测渗仪还是要吸力控制的测渗仪？

另外一个问题是测渗仪底部需不需要吸力控制的排水系统。我们选择吸力排水测渗仪呢还是自由排水测渗仪？关于吸力排水测渗仪，是用人工保持测渗仪土体底部的张力与周围大田同一深度的张力相近似。没有这一人工张力，所谓的自由排水测渗仪的底部会产生排水障碍，就会出现积水。自由排水系统花费少，容易安装，而且几乎不需要任何维修。但是对浅水测渗仪来说，这种系统是不合适的，因为积水在那个土壤深度的所有水中占很大的比例。关于在沙中和沙上面的土中安装陶瓷管、石膏烛、不锈钢和丙烯酸塑料张力板，并使它们与下垂的柱子上的真空系统连接起来，以便产生理想的吸力等情况，本书都作了详细说明。

(4) 要多大的测渗仪和什么样的容器？

建议不要用普通的钢油筒（容量约为170升）作为排水蒸发蒸腾计。虽然这种小型测渗仪（ 0.27米^2 ）结构简单而且费用低，但是它们测出的蒸发蒸腾值证明误差较大（10—20%）。关于10天或一个月的有效值，面积为4米²的排水测渗仪能够提供可靠的数字。这样大小的测渗仪也适合于许多种大田和饲料作物。对间隔很宽的作物来说，需要较大的测渗仪。测渗仪的壁尤其是称量测渗仪和漂浮测渗仪的壁的面积（或者叫壁—间隔—壁的面积）也与测渗仪的大小有关。测渗仪壁的面积应当尽量减少，不能超过测渗仪所装土表面积的5%。金属，聚酯树脂和石棉水泥类的容器（厚度只有几毫米）就足够了。如果安装混凝土的测渗仪和/或混凝土挡土壁的话，壁的面积可能太大。为了解决这一问题，混凝土壁可以达到地表下面30厘米。然后用焊接得好的金属片向下延伸。然后再在混凝土上面覆盖上土并种上草。

(5) 在缓冲地区，哪些条件是重要的？

测渗仪内植物的株距和高度应当与周围缓冲地区植物的株距和高度相似，否则蒸发量就会出现差异。随着气候越来越干燥和植株高度的差异越来越大，蒸发量的差异

会增大。据报告,比正常高度(10厘米)高7至15厘米的草的蒸发蒸腾值增高了10-30%。同样,当玉米株高相差30到40厘米时,它们的水使用量的差异约为35%。关于缓冲区的大小,一些专家建议缓冲区应当是研究面积(或测渗仪面积)的400倍;另外一些专家估计平流在缓冲区开始的50到100米很重要,但200米之外就变得无关紧要。对于蒸发蒸腾的参考数字,常常采用2至5公顷的缓冲地区。0.1至0.5公顷的更小的防护环在世界各地也是很普遍的。在某些情况下,为了各种不同的目的,使用测渗仪时没有缓冲区,虽然蒸发蒸腾值的可靠性减小了。

缓冲地区供水的次数应与测渗仪的一样多。有这样一个例子,即缓冲地区每周供水一次而不象测渗仪那样每二至三天一次,有使在半干旱的情况下蒸发蒸腾估计值高25至30%的趋势。除了滴灌以外,对测渗仪和缓冲地区每天供水既不方便也没有必要。在测渗仪里和缓冲地区,应当进行同样的种植、施肥和供水,在其他方面也应当尽量用同样的方法进行管理。关于安排测渗仪和周围地区的灌溉,张力计证明是最适用的。

(6) 有关测渗仪测量方面还需要进行哪些田间试验?

至少在开始三年,测渗仪应该与测定作物蒸发蒸腾值的其他方法一起使用。那时,土壤扰动和其他原因造成的误差(包括管理上的)已得到评定并减小到最低程度。在有代表性的大田中在位土壤湿度测定和不同的水供应引起的产量变化,提供了重要的支持性资料。测渗仪主要是在不缺水和作物产量令人满意的情况下使用,这样就可以提供最佳的蒸发蒸腾和作物生长的参考值。田间试验使产量和水利利用的最适程度在参照其他投入物(如化肥等)的情况下得到了评定。只要可能,应当选择土壤-水-植物连续统一体的综合方法。日益发展的模拟模型的趋势可能有益于根据综合方法概念而进行的测渗仪工作并从这种工作中得到益处。虽然人们认识到有关蒸发蒸腾研究的仪器和技术的进步和发展(γ 辐射技术、测定土壤和植物水分潜力的微形干湿球湿度计、涡流对比仪、移动式计算机操作的鲍恩(Bowen)比率仪和遥感方法),但是如果发展中国家利用这些仪器和技术,不但不能真正解决问题,反而带来更多新的问题。已有几个发展中国家进口了中子探测仪,可惜仪器经常发生故障,在一段时间内严重地限制了它们的操作的成效。同样,排水测渗仪和液压测渗仪的使用相当普遍,但是有许多例子表明对它们的管理还没有达到要求的标准。对这些设备的潜力和不足之处的充分了解加上足够的培训,仍然是进行成功的操作和获得理想的结果的必要条件。

2 测渗仪的背景情况

2.1 定 义

“测渗仪”这个名称来自希腊语“Lysis”和“metron”，“Lysis”和“metron”的意思分别为溶解和测量。因此该名称适用于任何研究多孔介质的渗漏水体的比率、数量和成分的仪器。实际上，许多定义都是“装有土壤并接受天然雨水或灌溉水而且具有集中及测量渗漏水装置的仪器”。渗漏是水循环的一个重要阶段，它补充了地下水，排入溪流。

Mellroy 和 Angus 在 1963 年说，测渗仪是由“置于一个合适的容器内并暴露在自然环境中以便在其他项都已知道的情况下确定水量平衡方程的任何一项的一块带植被的土（如果有植被的话）”组成的。同样，Tanner 在 1967 年称：“一种装有可以种植植被的土积的容器以便从水文上与周围的土隔离从而估计或控制水量平衡方程的各项的仪器”。

世界气象组织在 1968 年用“蒸发蒸腾计”或“土壤蒸发计”的名称代替“通过对所有从表面流入的水和从容器低部流出的水进行称量或计算来计算水损失量的装有土壤和植被的容器”。

最后 Hillel 以及其他专家在 1969 年给测渗仪下的定义是“装满土壤的大型容器，一般置于田间以反映田间的环境，在容器里土壤-水分-植物的状况比自然土壤剖面的状况能得到更方便更准确的调节和监测。”

目前的研究虽然主要涉及测渗仪在蒸发蒸腾和作物（作物蒸发蒸腾）用水领域里的使用，但是也认识到测渗仪用途的多面性，并且没有作过任何努力为测渗仪使用的所有可能的形式规定确切的定义。相反，专家们探讨的是测渗仪的主要类型、结构特点、操作原理和潜力及不足之处。

在本书中，测渗仪的定义是：装满土壤（或土块）、置于田间以反映田间环境，表面裸露或有植被（作物或草）的大型容器，用来测定生长作物或参考植被的蒸发蒸腾量，或测定裸露土壤的蒸发量。

2.2 历 史

测渗仪大约有 300 年的历史。1940 年，Kohnke、Dreibelbis 和 Davidson 对 1940 年以前的测渗仪发展进行了全面的回顾。他们叙述了 150 多台测渗仪的情况，收集了大约 500 份参考文献。在这以后，Makkink(1959 年)、Pelton(1961 年)、Tanner(1968 年)、Harrold(1968 年)、Black、Thurthell 和 Tanner(1968 年)也

305795

- 5 -



北林图 A00085262

对测渗仪的发展进行了比较简单的回顾和全面的讨论。测渗仪发展的几个重要阶段如下:

法国路易十四时代的一位数学家和气象学家 De la Hire 于 1688 年开始进行测渗仪的调查工作,这是最早的测渗仪调查工作之一。他利用盛满沙壤土的铅制的容器,发现种草的测渗仪要比裸露的测渗仪蒸发的水分多。

瑞士的 Maurice 和英格兰的 Dalton 于 1796 年各自开始了测渗仪试验。常常被认为是第一个安装测渗仪的 Dalton 承认他的灵感来自 De la Hire。

Lawes 和 Gilbert 于 1870 年在英格兰罗塞姆斯特德安装了第一台非扰动土块(整块土)的测渗仪。

1888 年, Sanborn 通过把天然土 ($40 \cdot 5 \text{米}^2$) 围在不渗透的竖墙内,安装了大型整体土测渗仪。在 120 厘米深的地方放置排水瓦筒,以便汇集渗透水。这种无底测渗仪能够在土壤剖面受到最低程度的扰动的情况下对土壤渗漏水加以研究。

1906 年,德国的 Von Seelhorst 第一个给测渗仪装上了称量装置。

1937 年,俄亥俄州科肖克顿安装了带有自动记录设备的著名的整体“水文循环”测渗仪。这种测渗仪用来计算水文循环的主要成分,即深渗漏水、蒸发蒸腾量,降水量和径流量。

1958 年在加利福尼亚戴维斯安装的一台测渗仪是最大最精确的称量测渗仪之一 (Pruitt and Angus 1960),另一台测渗仪是 1969 年在加拿大多伦多安装的 (Mukammal, McKay 和 Turner 1971)。

测渗仪起初是用来调查水的渗漏速度和渗漏量。后来,对渗漏进行了化学分析,但是直到 20 世纪,测渗仪才用于蒸发蒸腾的研究。

在过去 20 年里,测渗仪在微气象学研究方面的应用有了很大的发展。在最近几年,测渗仪已用来发展并证实诸如最低淋滤度等概念和水分—盐渍度与土壤—水分—植物之间关系的模型 (美国盐渍度实验室 1975, 1976; Meland, Hanks 和 Willardson 1977)。

测渗仪已遍布世界各地,多年以来,已发展了不同类型的测渗仪,采取了各种技术办法来改进对蒸发蒸腾量的测量。

3 测渗仪分类

3.1 一般概念

测渗学的最简单的表现形式是测定所有进入盛有与外界隔开的有植被或裸露表面的土块的容器的水以及从该容器里出来的水的流量。

这种进入和流出水的流量可以用一个水量平衡等式来表示, 即:

$$P + I \pm R_o = ET + D \pm \Delta W$$

在某段时间里进入水的流量是指

P = 降雨量

I = 灌溉量

流出水的流量是指

ET = 蒸发蒸腾量, 即土壤蒸发量和作物蒸腾量

D = 深渗漏水或排出水

以及 ΔW = 在某段时间内隔离土块的含水量 (W) 的变化情况

R_o = 流入测渗仪或从测渗仪流出的地表径流。在正常情况下, 测渗仪突出的边缘将阻止径流流入测渗仪或流出测渗仪。

为了测定蒸发蒸腾量, 所有水量平衡等式的其他项都必须按下面的公式计算:

$$ET = P + I - D \pm \Delta W$$

降雨量 (P) 和灌溉量 (I) 可以通过常规方法如标准雨量器和标准容器等直接测量出来。

在测渗仪内安排了一些特殊装置, 以便排放及测量渗透土块 (D) 的水。用一个专门排放箱和标准容器来汇集并测量容器底部的渗透水。

测定土块含水量的变化 (ΔW) (即表示在降雨或灌溉、或因蒸发蒸腾而使土壤水分消耗等之后土壤的储水量) 的工作更为复杂。

称量测渗仪的重量变化 (修正降雨量、灌溉量和排水量) 能够直接、准确地测定含水量 (ΔW) 的变化。但是, 复杂而昂贵的称量机械使称量测渗仪的应用受到了限制。

非称量测渗仪也用其他手段来测定土块含水量的变化, 如土壤取样、张力计、电阻部件或中子探测器。只有应用中子探测器才能经常而准确地测出土壤水分的变化。

但是, 大多数情况都是在两次排水之间的这段时间来测定水分平衡的。排水一结束, 土体的含水量正好是规定好的土壤含水量, 称为“田间含水量”。在下过大雨或进行充足的灌溉之后, 耗尽的水分 (ΔW) 得到了补充。据推测, 在排水停止后, 土壤含水量又处于田间含水量水平。因此, 土壤含水量的变化可忽略不计, 蒸发蒸腾量就可以通过下面的公式直接测出来:

$$ET = P + I - D$$

所以，蒸发蒸腾值就是排水间隔期间的平均值。但是由于排水后含水量有所不同，因此蒸发蒸腾值可能会出现误差。

就保持水位不变的补偿测渗仪来说，消耗水分 (ΔW) 使水位下降，而水位往往是通过自动装置得到补偿和补充。因此，蒸发蒸腾量可以在短期内计算出来。

对每天灌水的持续排水测渗仪来说，土壤含水量几乎保持不变，因此储水量变化极小， $\Delta W = 0$ 。

不同类型的测渗仪有确定和测定水量平衡公式里各项的不同技术解决办法。根据测量盛土容器含水量的变化的方法，测渗仪可以分为两大类：非称量类和称量类。非称量测渗仪通过从输入的总水量中减去排水量，基本上能测定某段时间的蒸发蒸腾量。而称量测渗仪能同时及分别测定蒸发蒸腾量和排水量。

3.2 非称量测渗仪

将对下面几种非称量（也叫“容量”）测渗仪进行讨论：

- 不计水位的排水测渗仪
- 地下水恒位补偿测渗仪
- 地表水位补偿测渗仪
- 特殊类型的排水测渗仪

3.2.1 不计水位的排水测渗仪

一般来说，这是一种最简单最常用的测渗仪。

(1) 原 理

在测渗仪容器底部采取了一些措施，以便汇集和测定多余的供应水深渗漏容量。可以用雨量计和（或）标准容器来测定降雨量和灌溉量。测渗仪内土壤或者保持接近田间持水量（每天或更经常地浇水）或者处于周期饱和状态。

某段时间的蒸发蒸腾量 (ET) 被认为是供水量和排水量之间的差异。

(2) 性能和不足之处

排水测渗仪由于构造简单和测量方便，已在全世界广泛使用。对绝大多数的草地和大田作物来说，建议测渗仪最小面积在2和4米²之间。常常采用更小的面积，但是尺度和边沿影响大大限制了测量效果。排水测渗仪的其他不足之处是：

- 因土壤水分储存量发生变化而造成数据不准确。在连续排水后，测渗仪内的含水量(田间持水量)不一定没有变化，而为了尽量减小这种变化而经常浇水，导致测渗仪的水分状况与周围田里的水分状况不一样，
- 水从土壤剖面渗漏很耽误时间。尤其是粘重土壤，需要好几天才能使多余的水渗漏完并达到平衡。

这些不足之处意味着只能测定较长时期的蒸发蒸腾量(每周或每月的蒸发蒸腾值)。

(3) 设计特点

已用装满土并种上草的简单的钢油筒(口面积0.27米²深1.03米)来测定潜在蒸发蒸腾量(ET_p)。如图1(Slatyer 和 McIlror 1961)所表明的，底部三角形支撑物上放置简单的铜丝网格，便形成了排水空间，用一个小型手动泵定期排水，并对排水量进行测定。如Mather (1954年)所描述的，更小的测渗仪也使用过了。Mather曾使用过一个面积为0.25米²深度为47厘米的容器。

虽然筒式测渗仪的使用比较广泛，但是本书建议不用这种小型测渗仪(0.27米²)。尽管它们的结构比较简单，费用也较低，但是它们测出的蒸发蒸腾量误差比较大，这是小型测渗仪所不可避免的。此外，在许多土壤里，这种测渗仪腐蚀得很快。

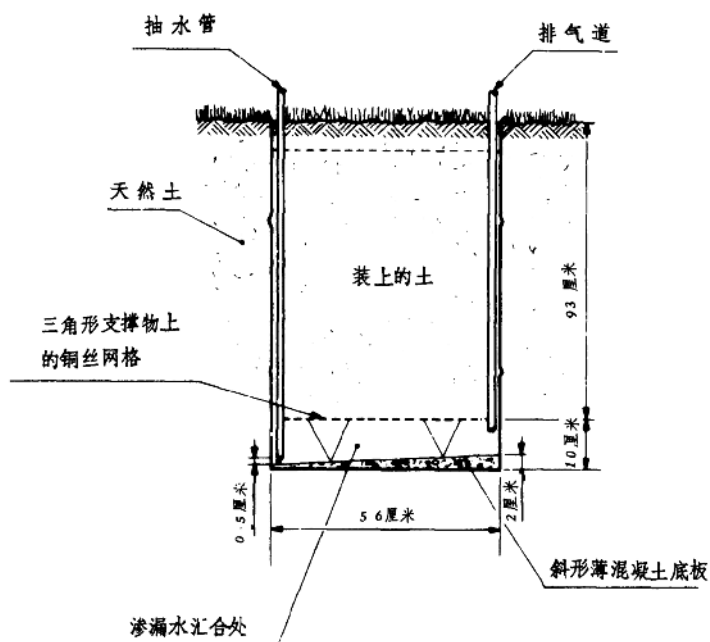
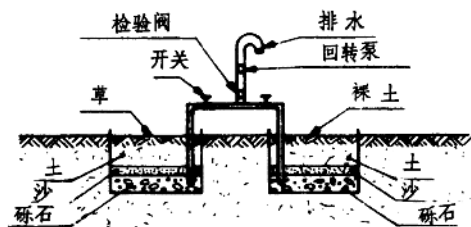
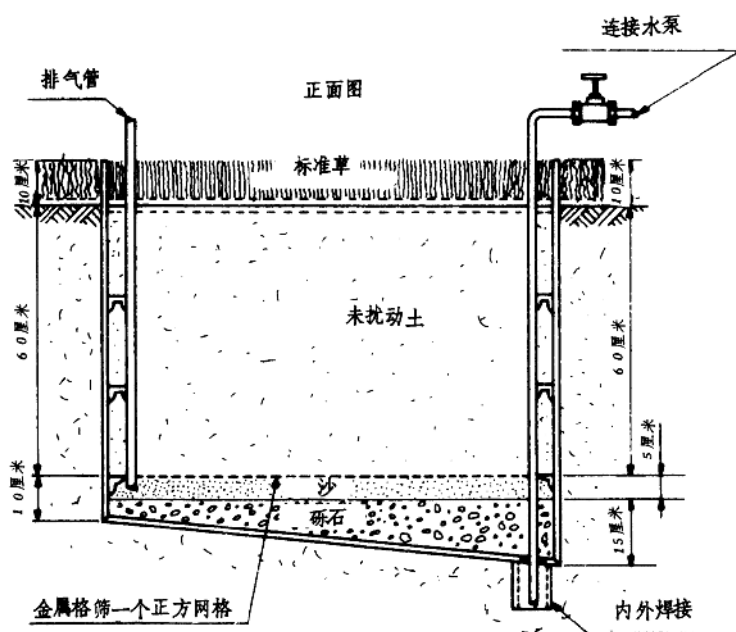


图 1

简单排水测渗仪 (油筒)
(Slatyer 和 McIlroy 1961)

图2 表明了另一种测定蒸发蒸腾量的 Thornthwaite 型排水测渗仪。这种测渗仪由 1 米 × 1 米的钢箱组成；一头的深度为 90 厘米，另一头为 80 厘米，使底部产生斜度，从而使水可以排入集水槽，然后再定期从集水槽将水抽出。图中表明了连接水泵的两个相似的容器。一个容器是用来测定标准草的蒸发蒸腾量，另一个容器里为裸露土。在沙和砾石层的上面，有一层 60 厘米厚的未扰动土。



安装在田间的连接水泵的两个容器的图形

图 2

Thornthwaite 型蒸发蒸腾计
(联合国开发计划署/世界气象组织 1974 年)