

土 壤 蒸 渗 器

汪 志 农 译
林 性 粹 校

西北农学院水利系水资源与灌溉研究室

粮农组织灌溉和排水丛书第39分册

土 壤 蒸 渗 器

A • Aboukhaled 编著

(粮农组织土壤和用水管理专家，黎巴嫩大学教授)

A • Alfaro

(犹他州州立大学农业和灌溉工程系前教授，灌溉顾问)

和 M • Smith 协助

(罗马粮农组织，水资源开发和管理处技术官员(用水管理))

内 容 提 要

本书是论述目前国外有关田间需水量试验装置的一本比较完善、比较实用，且具有实际指导意义的专著。书中较详细地介绍了全世界各种蒸渗器的类型、原理、结构、特性与一些典型实例；附有各类蒸渗器的原理图和简明评价；并阐述了在设计、安装、使用中的注意事项。

该书对我国从事于灌溉原理，土壤物理、植物生理、农业水文、自然地理、农业气象以及“土壤——水分——作物——大气”间关系等不同学科的研究人员和大、专师生具有指导作用和参考价值。

5152
9

译 序

“Lysimeter”一词历来翻译为“土壤渗透仪”或“渗漏测定计”。但随着“Lysimeter”的改进和发展，目前它已主要用于蒸发蒸腾量和渗漏量的测定，同时也可用于测定有效降雨、地面径流量等。因此，根据“Lysimeter”现在所发挥的主要功能，我们将“Lysimeter”译为“土壤蒸发渗漏器”，简称“蒸渗器”，其含意就更为确切。

本书为联合国粮农组织(FAO)1982年出版的《灌溉排水丛书》第39分册。该套丛书及时反映了世界各国灌溉排水学科的动向，及时总结推广了新的技术和经验；且通用性和实用性较强，便于推广应用。

当前，我国从事需水量田间试验的技术人员普遍感到有两大难题：一是田间试验的手段、设备；二是田间试验资料的分析整理。《蒸渗器》是评述世界各地蒸发、蒸腾和渗漏量田间试验装置的一本专著，附有大量实例，并介绍了国外在该领域中的最新发展。因此可望能对我国目前存在的第一个问题提供较有实用价值的参考和指导。对于第二个问题，读者可参阅《灌溉排水丛书》第24分册《作物需水量》和美国土木工程师学会灌溉需水量委员会主席马文·E·詹森编著的《耗水量与灌溉需水量》等有关专著；当然，本书对此问题也有启示和帮助。

本书不仅对从事灌溉原理，作物需水量田间试验的人员有实际意义，而且对从事土壤物理、植物生理、自然地理、农业水文、农业气象以及盐碱地改良与土壤——水分——作物——大气间关系等不同学科的研究人员与大专师生都具有一定的参考和实用价值。

本书翻译过程中，自始至终得到西北农学院水利系熊运章、朱凤书两位副教授的帮助和指导；在百忙中他们不仅审阅了译文全稿，而且多次就有关专业词汇提出宝贵修改意见，对此，我们表示衷心感谢。

译、校者

1984年8月

序 言

虽然蒸渗器起始于十七世纪,但在最近的四十年期间,已进行了重大而迅速的改进。诸如电子学、工程学、灌溉学、土壤物理学和微气候学等领域的进展有助于蒸渗器的研究和全世界范围的应用。这些迅速的进展还在持续,特别是在蒸发蒸腾研究和用水管理方面。由于蒸渗器在型式、复杂性、造价、精度和功能方面不断增加,使得与它们配合的一些具体条件和要求也变得更加不同。作者已认识到上述问题,感到很有必要写一本综合性评论的著作,以提供对蒸渗器的分析与研究。对不同类型的蒸渗器,它们的设计特点、结构和安装进行评价;提出了与大田条件的代表性和所获结果的适用性等要害问题有关的蒸渗器的主要特性。强调了每种型式的性能和主要的局限性。举例说明了共同的困难和误差。还论及到有关其它确定蒸发蒸腾量的方法、研究的趋向和最新的进展。在蒸渗器研究和模拟模型方面的进展又不断地增进我们对土壤——水分——作物——大气之间关系的认识。本书的最终目的是对目前正在修建的和其他计划要修建的蒸渗器提供有益的资料和指导,并希望能有助于读者作出更加适宜的决定。具有足够的认识,研究人员就能使蒸渗器成为非常实用的和有效的农业试验装置。

最后,作者向犹他州州立大学农业和灌溉工程系前教授 J·F·Alfaro 卓有成效的合作表示感谢。他为本文提供了许多宝贵的意见和建议。

同样,作者也提及与加利福尼亚大学戴维斯分校的 W·O·Pruitt 和 F·Lourence 所保持的非常有益的业务上的联系。

粮农组织水资源开发和管理处技术官员 Martin Smith 及其用水管理处的同事们主要负责本书的编辑和校订。

目 录

第一章 绪 论	1
第二章 蒸渗器的历史背景	5
2.1 定义	5
2.2 历史	5
第三章 蒸渗器的分类	7
3.1 一般概念	7
3.2 非称重式蒸渗器	8
3.2.1 无地下水位的排水式蒸渗器	8
3.2.2 地下水位固定的补给式蒸渗器	11
3.2.3 地面水层固定的补给式蒸渗器	12
3.2.4 特殊型式的排水式蒸渗器	14
3.3 称重式蒸渗器	15
3.3.1 机械称重式蒸渗器	16
3.3.2 电子称重式蒸渗器	19
3.3.3 液压荷载囊称重式蒸渗器	22
3.3.4 浮式蒸渗器	25
第四章 蒸渗器设计和运用中须特别注意的事项	27
4.1 原状土与回填土蒸渗器	27
4.1.1 总的原则	27
4.1.2 原状土蒸渗器	27
4.1.3 Ebermayer 型蒸渗器	28
4.1.4 回填土蒸渗器	28
4.1.5 回填土蒸渗器的田间数据研究	29
4.2 自由排水与吸力控制排水蒸渗器	30
4.2.1 自由排水蒸渗器	30

4.2.2 吸力控制排水蒸渗器	31
4.3 蒸渗器的壁	33
4.4 蒸渗器的面积	34
4.5 蒸渗器的保护区面积	35
4.6 设计和运用方面的讨论及结论	36
第五章 蒸渗器在作物需水量和土壤——水分——作物研究中的应用	38
5.1 作物需水量研究中的蒸渗器	38
5.1.1 测定的和计算的参照作物蒸发蒸腾量	38
5.1.2 用蒸渗器测定参照作物蒸发蒸腾量和最大作物蒸发蒸腾量	40
5.2 确定耗水量的其它田间方法	41
5.2.1 土壤含水量的现场测定	41
5.2.2 水汽通量或微气候学法	43
5.2.3 能量平衡法	44
5.2.4 遥感法	45

参考文献(略)

第一章 绪 论

本书打算直接回答若干实际问题,提供有关蒸渗器的选型、安装或修建以及管理等方面的指导。最终目的是帮助研究人员通过蒸渗器获得确切可靠的蒸发蒸腾量和作物耗水量资料。

就本书而言,蒸渗器被定义为安设在田间,代表大田环境,表面裸露或生长植物(作物或禾草),用来确定生长着的作物或参照植物的蒸发蒸腾量或裸土蒸发量的装有土壤(或圈入一土块)的大型容器。

蒸渗器的历史已有三百多年,在此期间,特别是在最近二、三十年中,从众多型式的变异中逐步形成了“称重式”和“非称重式”两大基本类型。其中“非称重式”蒸渗器也称“容积式”、“排水式”或“补给式”蒸渗器。它们或通过天然降雨、灌溉、人为地保持水位(因此称为“固定水位式的蒸渗器”)或通过上述组合方式供水。而称重式蒸渗器则包括各种不同的称量原理及其装置。它们可以是根据机械称量原理的各类磅秤和天平或是根据电子称量原理的应变计荷载传感器或为两者的组合(机电装置),以及最后的液压称重系统。而这后者本身又具有两种型式,其中一种有时被称为“液压式蒸渗器”,它是通过液压荷载囊(垫枕)内的压力变化来计量蒸渗器重量的变化;第二种型式叫做“浮式蒸渗器”,它是通过浮力或浮子的变化来测定蒸渗器重量的变化。所有这些不同的型式都将在本书中给予描述、图解和评论。

考虑到蒸渗器的安装,有几个方面的问题应当仔细地进行评价,这些所应考虑的问题为:

a. 选择什么型式的蒸渗器?

为了回答这个问题,有一点是必须确定的,即使用蒸渗器的目的以及所需达到的精度。

如果需要短时期(每小时)的蒸发蒸腾量测定值,那么答复是应选择大型精密称重式蒸渗器。其感量可达0.03或0.05毫米水深。对于这种比较完善的装置,截止目前(1981年)全部造价可能已达或甚至超过5万美元。建造和安装所需的时间也可能得几个月。并且必须有经专门训练的工作人员来进行操作与数据处理。采用平衡锤并配有自动打印机或记录系统的这类机械式磅秤已证明是可靠的,并把它推荐给专门的研究机构。它的可用性为人们所公认并用来作微气候学基础的研究以及作为全世界主要农业气候区的参考资料。

对于灌溉规划、工程设计与运行以及农场的管理,并不需要高精度的蒸渗器及其每小时的蒸发蒸腾量数值。在大多数情况下可靠的每月和每周的数据就可满足要求。而每天的数值可能仅在特殊情况下才是有用的,例如用电子计算机控制的滴灌和自动喷灌系统。因此,只需在液压式、浮式和排水式蒸渗器之间进行选择。

浮式蒸渗器的感量可高达0.05毫米水深,但其易遭受由热而引起的误差,且受风的

影响一般也较敏感。虽然有一些好的实例，但它们的结构和可靠性仍有问题，此处将不再进一步介绍它们。

对那些在田间普遍存在着浅层地下水的地区应当选择地下水位固定的排水式蒸渗器。每当土壤水分消耗或上层土壤吸力达到某一预定值时，就应当向蒸渗器表层和保护带供水。虽然可进行每天的观测，但水量平衡和蒸发蒸腾值通常是以每周或每10天为一时段进行计算。

对田间不存在浅层地下水的地区，最好不要在蒸渗器内人为地提供地下水补给。用张力计控制，定期向蒸渗器表面充分供水并产生渗漏倒是可取的。尽管排出的水量可以每天测定，但水量平衡和蒸发蒸腾值仍以相继发生排水的间隔时间进行计算。在蒸发量测定中某些误差仍可能发生，因为土壤水分剖面在两次相继排水的时段末是不可能相同的。通过在蒸渗器中安置一根预埋管，以便使用中子水分测定仪来确定土壤含水量的变化。结果证明，每10天的蒸发蒸腾值一般可以满足要求，而每月的数据与那些精密称重式蒸渗器的测定值十分吻合。这些排水式蒸渗器的造价相当低，又容易安装和使用且几乎不需要任何维修保养。设有一根参照管的液压称重式蒸渗器，其造价可能为同尺寸排水式蒸渗器的二倍；但由于测压管能读出0.5毫米的精度，故可提供令人满意的每天的蒸发蒸腾值和非常可靠的每周的数据。液压式蒸渗器的关键和薄弱部件仍然是充水的垫枕。最普通的垫枕仍是橡胶类的和改进的金属垫枕，有时候油压囊也已被采用。要接近这种蒸渗器的压力袋还是有问题的，而且垫枕的修理或调换也是个很复杂的工作。

b. 采用原状还是回填土蒸渗器？

选定了蒸渗器的型式后，第二个要解决的问题是：究竟采用原状土的还是用扰动土回填的蒸渗器。非扰动土块自然更能代表田间状况，所以应优先考虑，特别是对有较好团粒结构和层状的土壤。对于小型蒸渗器来说，分离和装填一非扰动土块并不太复杂；但是对于一个25吨或更重些的大土块，这就成为一个严重的问题。若在蒸渗器底部需安装一个吸力控制的排水系统，以保持田间状况的代表性，做这项工作就更为困难。只要土壤扰动并未显著影响作物生长，就仍能从适当回填的蒸渗器中获得可靠的潜在蒸发蒸腾量和非应力作物耗水量数据。

重新构成的土壤剖面（或土壤层次）以及容重的近似值应尽可能试图与原先相接近。在第四章中将叙述不同的回填技术以及修建原状土蒸渗器的细节问题，

c. 采用自由排水还是吸力控制排水的蒸渗器？

另一个问题是在蒸渗器底部究竟是否需要一个吸力控制的排水系统。即我们选择吸水排水还是自由排水的蒸渗器？在吸水排水的蒸渗器中，其底部土体内人为地保持着一个近似于周围田间相同深度的吸力。假如没有这个人为的吸力，那么在被称为自由排水的蒸渗器底部就存在有一个阻止排水的效应，从而造成水分积聚。这种自由排水的系统具有造价低，安装容易，实际上无须保养的特点。然而，它却不适用于土层较浅的蒸渗器；原因是积聚下来的水分会成为蒸渗器土层内总的有效土壤水分的一个重要部分。对被安设在砂子及其上面土层并与产生所需吸力的真空系统相连接的陶瓷头、烛状石膏棒、不锈钢和聚丙烯塑料吸力板，将给予详细的描述。

d. 蒸渗器的尺寸为多大及用何种材料的容器？

并不提倡采用普通油桶（容积约170升）作为排水式蒸发蒸腾计。尽管这样小型蒸渗器（ 0.27米^2 ）结构简单、造价低廉，但已证实，在蒸发蒸腾量测定中，误差相当大，偏差为（10%—20%）。事实表明，面积为4平方米的排水式蒸渗器能提供可靠的每10天或每月的数值。这种尺寸对大多数大田作物和饲料作物也是适宜的。而对于宽行距作物则需要更大的蒸渗器。与蒸渗器大小有关的是由四周边墙（或墙一缝一墙）所组成的面积，特别对于称重式和浮式蒸渗器，其边墙面积应保持最小，并且不得超过蒸渗器土壤表面积的百分之五。这对金属、聚酯树脂和石棉水泥类的容器（几毫米厚）是完全可以满足的。若修建混凝土的蒸渗器和/或混凝土挡土墙，那么其边墙所占的面积可能太大。为避免这个问题，混凝土边墙应在离地面以下30厘米处终止，而用适宜焊接的金属板来代替。尔后在混凝土墙顶部复盖土壤并种草。

e. 哪些条件对保护区来说是重要的？

蒸渗器内作物的间距和高度应与周围的保护区相一致，否则就会出现蒸发量之间的差异。这种差异势必会随着气候干旱程度和作物高度差的增加而增加。有关这方面的研究报告指出，比正常高度（10厘米）高出7至15厘米的青草，它的蒸发蒸腾量值要高出百分之十到三十。同样，当玉米的生长高度相差30至40厘米时，作物耗水量之间的差异约为百分之三十五。对保护区面积的大小，某些作者建议，应为试验小区（或蒸渗器土壤面积）的400倍；另一些人估算了气团平流的影响，对保护区前端50至100米是很重要的，而200米以后则基本上可忽略不计。作为蒸发蒸腾量方面的参考数据，保护区面积经常采用2至5公顷。更小面积（0.1到0.5公顷）的保护区也通行于世界各地。在某些实例中，作为不同意图而采用的蒸渗器却没有布置保护带；当然所得到的蒸发蒸腾量数据是不太可靠的。

保护区的灌水次数应与蒸渗器内一致。某些参考资料表明在半干旱条件下，对保护区每周灌一次水而蒸渗器每二天或三天灌一次水，结果造成了比保护区高25%到35%的蒸发蒸腾量值。除滴灌外，对蒸渗器和保护区每天灌水既无必要也不方便。另外蒸渗器和保护区无论在耕种、施肥、浇水以及其他田间管理方面，都应尽可能采用相同的方式。蒸渗器及其周围面积的灌溉预报，张力计被证明是最实用的。

f. 结合蒸渗器的测定还需要那些另外的田间试验？

至少在最初三年内，应使蒸渗器和其他确定作物蒸发蒸腾量的方法结合起来应用。这样因土壤扰动和其他原因所产生的误差（包括管理上的），在该段时期内就能够被人们认识并减至最小。在田间有代表性的地方定位观测土壤水分以及不同供水条件下的作物产量，可提供最基本的验证数据。蒸渗器主要用在无水分应力并具有最佳作物生长的条件下，因而它所提供的是作物最大蒸发蒸腾量和作物生长的参照水平。田间试验可用来评价最优的生产水平和其他因子（如肥料）有关的水的利用情况。只要有可能，就应完整地探索土壤—水分—作物这个连续统一体。模拟模型的发展趋势很可能有益于并来自于完整探索观念下的蒸渗器装置。然而应当认识到，与蒸发蒸腾量研究有关的测试手段的改进和提高（如伽玛辐射技术，测定土壤和作物水势的微型干、湿温度计，涡流相关仪，便携式装备电子计算机的波文比和遥感法等），但将它们向发展中国家介绍要比实际的解决办法可能会产生更多的问题。如中子水分探测仪已被某些发展中国家引进，遗憾

的是经常出故障，有时甚至严重地限制了它们成功地运用。同样，排水式和液压式蒸渗器目前已应用得相当普遍；但在很多实例中，对它们的管理仍不符合规定的标准。须经过适当训练，对这些装置的潜力和局限性具有比较完备的了解，依然是成功的运行和取得满意成果的必要条件。

第二章 蒸渗器的历史背景

2.1 定 义

蒸渗器 “lysimeter” 这个术语起源于希腊文字 “lysis” 和 “metron”，其含意分别为渗透和测量。这个术语适用于那些研究通过多孔介质渗透水的速率、数量和成分的装置。实际上，许多定义都涉及到“装有土壤，接受天然降雨或灌水且有收集和量测渗漏量的设备或装置”。渗漏是水文循环中的一个重要方面，它补给地下水并注入河流。

McIlroy和Angus (1963年) 解释：蒸渗器的组成为“一块土体，连同植物（如果有的话），装入一适当容器内，并置于自然环境中；当其他项已知时，可用来确定水文方程式中的任何一项”。同样，Tanner (1967年) 认为，“装有大量土壤，可种植物且置于一容器内，使它与周围的土壤隔离水文联系，以便确定或控制水量平衡方程式中各个分项的装置”。

世界气象组织〔WMO (1968年)〕采用这样的术语“蒸发蒸腾计”或“土壤蒸发仪”对“含有土壤和作物的容器，通过对这容器称重或计算表面所有的来水和容器底部的去水来测定水量损失”。

最后，Hillel 等人 (1969年) 定义蒸渗器为：“装填土壤的大型容器。它通常安放在田间以代表大田的环境，容器内的土壤—水分—作物状况能够进行调节，并能比天然土壤剖面更方便和更精确地监控”。

虽然最近的研究工作主要包括蒸渗器在田间蒸发蒸腾量 (ET) 和作物蒸发蒸腾量 (ET_{作物}) 方面的应用，但已经认识到蒸渗器的多功能性，并且没有必要对它们再做严格的定义以满足所有可能的利用形式。作者们宁愿讨论蒸渗器的主要类型以及它们的结构特点、运用原则、潜力和局限性。

作为本书的议题，蒸渗器定义为装有土壤（或圈住一土体）的大型容器，安放在田间以代表大田的生长环境，表面裸露或复盖植物（作物或青草），用来确定生长着的作物或参照植物的蒸发蒸腾量，或裸土的蒸发量。

2.2 历 史

蒸渗器经历了大约300年的历史。Kohnke, Dreibelbis 和 Davidson (1940年) 对蒸渗器从起始至1940年这一阶段的发展作了确切的回顾。他们报导了150多个蒸渗器设施，包括大致500个引证资料。尔后又有一些简要的回顾和综述 (Makkink 1959; Pelton 1961; Tanner 1967; Harrold 1968; Black, Thurthell 和 Tanner 1968)。下面给出蒸渗器发展过程的少数标志：

第一个蒸渗器始于1688年的法国，由路易十四时的数学家和气象家学 De la Hire 所发明。他采用内填砂壤土的铅制容器并发现种有青草的蒸渗器比裸土表面蒸发了更多的水分。

1796年, Maurice在瑞士及 Dalton 在英国各自开始了他们的蒸渗器试验。Daltons 承认他的灵感来自De la Hire。

第一个非扰动土(原状土)的蒸渗器是由 lawes 和 Gilbert 于1870年修建在英国的 Rothamsted。

Sanborn于1888年在Missouri农业试验站修建了大型原状土蒸渗器,用不透水直墙围住自然土体(40.5平方米),在120厘米深处埋有排水瓦管,以收集渗漏水量。这些无底的蒸渗器可进行土壤渗漏的研究且只有极少部分剖面被扰动。

Von Seelhorst于1906年在德国首先装置了称重式蒸渗器。

1937年,在俄亥俄州的 Coshocton 修建了著名的配有自动记录装置的原状土“水分循环”蒸渗器。他们量测水文循环的主要参数,如深层渗漏量、蒸发蒸腾量、降雨量和地面径流量。

最大型最精密的称重式蒸渗器之一于1958年安装在加利福尼亚戴维斯(Pruitt 和 Angus, 1960年)。另一个于1969年建在加拿大的 North Toronto (Mukammal, mckay 和 Turner 1971年)。

最初的蒸渗器仅用来研究渗漏水的数量和速率;后来,又对渗漏水进行化学分析。直到20世纪,蒸渗器才被用于蒸发蒸腾量的研究。

在最近整个二十年内,蒸渗器用于微气候学研究已深入开展。尤其在最近几年中,蒸渗器已被用作某些概念的开拓和验证,例如最小淋洗量、水—盐模型、土壤—水分—作物间关系等(美国盐改实验室1975、1976年;Meland, Hanks和willardson 1977年)。

蒸渗器已在全世界范围内推广。近几年来已研制出不同类型的蒸渗器并应用了各种技术措施,以改善蒸发蒸腾量的测定。

第三章 蒸 渗 器 的 分 类

3.1 一般概念

型式最简单的蒸渗器需用体积法来测定容器内所有的来水量与去水量。这个容器装入一分离的土体且其表面裸露或种有植物。

可用水量平衡方程式来表示进出的水量，即：

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

某给定时段内的来水量指

P = 降雨量；

I = 灌水量。

去水量指

ET = 蒸发蒸腾量，包括土壤蒸发和植株蒸腾在内；

D = 深层渗漏量或排水量；

ΔW = 在整个给定时段内，这块隔离土体含水量

(W) 的变化量；

R_o = 流入或流出蒸渗器的地面径流量。通常蒸渗器凸出地面的四周边缘将会防止任何流入或流出这个系统的径流产生。

为确定蒸发蒸腾量(ET)，按照水量平衡方程式的所有其他各项必须进行事先测定：

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

降雨量(P)和灌水量(I)可直接用标准雨量计和定量桶等常规法来测定。

应在蒸渗器内安设专门装置以排出和测定通过土体的渗漏量(D)。为了收集和量测容器底部的渗漏水量，采用了专门的排水箱和定量容器。

土体含水量的变化量(ΔW)表示在降雨或灌溉后土壤中的储水量，通过蒸发蒸腾从土壤中耗损的水量；要确定它是非常复杂的。

在称重式蒸渗器中重量的变化(可对降雨量、灌水量和排水量进行修正)对土壤含水量的变化量(ΔW)提供了一种直接而精确的测定。但其复杂而又昂贵的机械称重装置使应用受到了限制。

在非称重式蒸渗器中，可采用其他一些方法来测定 ΔW 。例如取土法、张力计、电阻块或中子水分仪等。但仅只有应用中子水分仪才能精确而频繁地测定土壤含水量的变化。

在大多数情况下，水量预算是以发生两次排水之间的时段来确定的。一旦排水完全结束，土体中将含有一个定义极为恰当的土壤含水量，即所谓“田间持水量”。在一次充足的降雨或灌水后，耗损的水量(ΔW)得到了补充；而在排水终止后，土壤含水量假定又达到了田间持水量。这样， ΔW 就可忽略不计，而蒸发蒸腾量则可通过下式直接确定：

$$ET = P + I - D$$

因此蒸发蒸腾量值是界于排水发生时段内的平均值。但由于排水后土壤含水量不尽相同，这就有可能引起蒸发蒸腾量误差。

在补给式蒸渗器中保持有一固定的水位；土壤水分耗损（ ΔW ）会引起定水位下降，但它又可通过一个自动装置不断得到补给并重新达到原定水位。这样蒸发蒸腾量的测定就可在短时段内进行。

在每天灌水连续排水的蒸渗器中，土壤含水量或多或少是个常数，因而土壤水分储量的变化就可忽略，即 $\Delta W = 0$ 。

不同类型的蒸渗器对确定和量测水量平衡方程式中的各分项提供了不同技术的解决办法。顺便也就测定土壤容器内含水量的变化。蒸渗器可划分为两种基本类型：非称重式和称重式。非称重式蒸渗器基本上让我们从总来水量中减去所收集的排水量，从而确定出某一给定时段内的蒸发蒸腾量。而对称重式蒸渗器，蒸发蒸腾量和排水量既可同时又可分别来确定。

3.2 非称重式蒸渗器

将讨论下列几种型的非称重式（也称“容积式”）蒸渗器：

- 无潜水位的排水式蒸渗器
- 地下水位固定的补给式蒸渗器
- 具有地面水层的补给式蒸渗器
- 特殊型式的排水式蒸渗器

3.2.1 无潜水位的排水式蒸渗器

一般说来，这是一种最简单和最普通型的蒸渗器。

（1）原理

在蒸渗器容器的底部要预先采取一些措施，以收集和测定多余供水所造成的深层渗漏量。降雨量和灌水量采用雨量计和/或定量桶的方法来测定。蒸渗器内的土壤含水量或保持接近于田间持水量（每天或更长些时间灌水）或定期饱和。

某一给定时段的蒸发蒸腾量（ET）被认为是供水量与排水量的差值。

（2）性能和局限性

由于排水式蒸渗器结构简单量测简易，因此，它在全世界得到了非常广泛的应用。对大多数禾草和大田作物，建议蒸渗器的最小面积应为2到4平方米。虽然更小的面积也经常采用，但比例换算和边界效应使成果受到很大限制。排水式蒸渗器的其他局限性涉及到：

——因土壤水分储量变化而引起的误差。蒸渗器内的土壤含水量（田间持水量）在逐次排水发生后未必相等，而非常频繁地灌水以缩小这些差异又会导致蒸渗器内的水分状况与周围大田不相一致。

——渗漏水经过土壤剖面的时间滞后。特别对粘重土壤，需要好几天才能排出全部多余水及建立起平衡。

这些局限性意味着蒸发蒸腾量的确定仅只有在较长时段内才能实现（每周到每月的

ET值)。

(3) 结构特点

在简单的油桶(0.27米², 深1.03米)内装填土壤并种植青草,已被用来测定潜在蒸发蒸腾量(ET_p)。在其底部的三角架上放置一张简单的青铜丝网以提供一排水空间。而排出的水则被定期用一小型手摇泵抽出并量测,如图1所示(Slatyer 和 McIlroy 1961年)。甚至更小型的蒸渗器也已被使用,如Mather(1954年)所描述的,他采用的容器只有0.25米², 47厘米深。

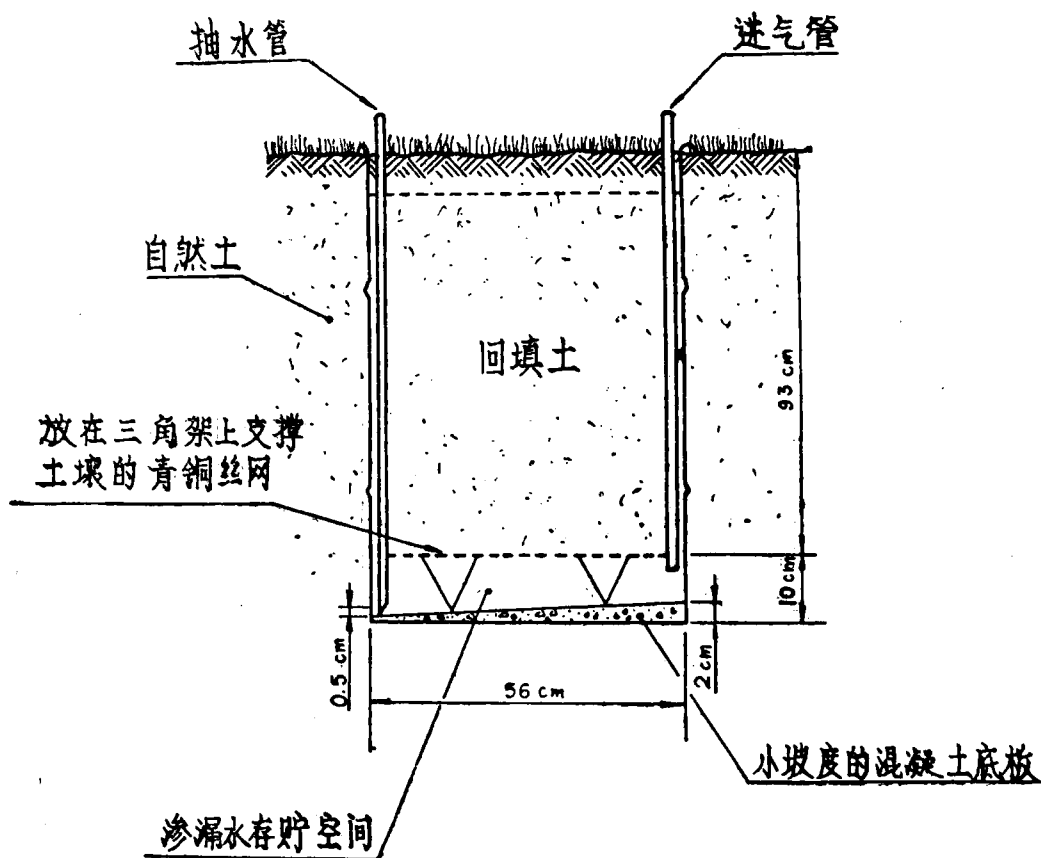


图1 简易排水式蒸渗器(油桶)
(Slatyer and McIlroy 1961)

虽然油桶式蒸渗器已被广泛应用,但这种尺寸(0.27米²)的小型蒸渗器不能提倡。尽管它们简易,且造价低;但在蒸发蒸腾量测量中,因其内在的尺寸小,致使相对误差较大。此外,在不少土壤中,这种容器会很快被腐蚀。

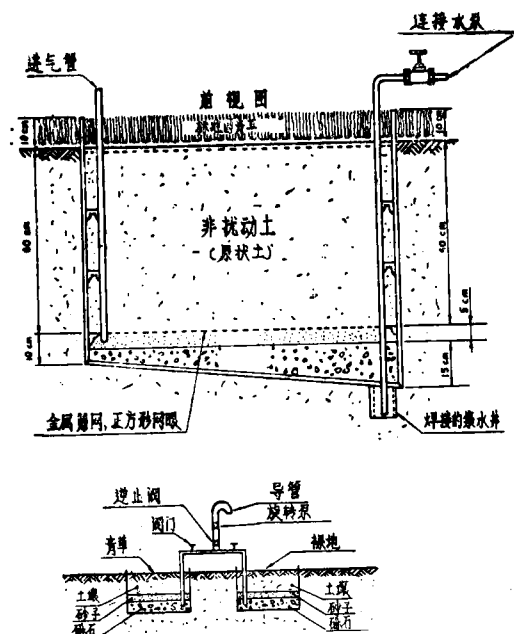


图2 所示为另一种用于蒸发蒸腾量测定的 Thornthwaite 型排水式蒸渗器。它由一个 1 米 × 1 米的钢槽组成,为了在底部形成斜坡,其一端的深度为 90 厘米,而另一端为 80 厘米;这样水就能流入集水坑并定期被抽出。该图显示两个钢槽与泵的连接。其中一槽用来测定标准青草的蒸发蒸腾量,而另一个槽则保持裸土。60 厘米厚的非扰动土放置在砂砾石(反滤层)层上。

在许多实例中,都是把一系列的排水式蒸渗器安设在一处,合用一个公共的观测室,来自每个蒸渗器的渗漏水收集在各自的集水容器内,并用容积法测定,如图 4 所示。

由 Niel 和 Zumino 1971 年所描述的另一种小型排水式蒸渗器,它采用直径 1.25 米,深 1.00 米的园型容器,用来研究幼令果树的需水临界期和耗水量。

某些研究试验站已装备了更为复杂的排水式蒸渗器:

——Kristensen 和 Aslyng (1971 年) 采用了由 36 个装有排水系统的混凝土槽 (2 × 2 × 1 米) 组成的蒸渗器装置。槽内埋有水平金属管,可用作伽玛射线测定土壤含水量;并配备用专门的降雨传感器进行自动控制的活动玻璃顶棚以隔绝天雨。这些蒸渗器已被用于不同处理即控制供水量的作物生长试验。

——1936 年在俄亥俄柯斯顿 (Coshocton) 修建了给人印象深刻的排水式原状土蒸渗器,面积 8 米²,深 2.45 米。可用于测定地面径流量、降雨渗漏量和农业水文学计算 (Harrold 和 Dreibelbis 1967 年)。遗憾的是由于槽子的混凝土直墙太厚,截断了地面上的水流,因而地面径流数据不能完全代表大田的状况。其他的缺点是周围边墙的面积太大。