



中华人民共和国行业标准

P

SL 109—95

农田排水试验规范

Standard of land drainage test

1995—12—07 发布

1996—04—01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国行业标准

农田排水试验规范

SL 109—95

主编单位：武汉水利电力大学

批准部门：中华人民共和国水利部

中华人民共和国水利部

关于批准发布 《农田排水试验规范》SL 109—95 的通知

水科技 [1995] 488 号

根据我部 1993 年水利水电技术标准制定、修订计划，由农村水利司主持，以武汉水利电力大学为主编单位制定的《农田排水试验规范》，经审查批准为水利行业标准，并予以发布。标准的名称和编号为：《农田排水试验规范》SL 109—95。

本标准自 1996 年 4 月 1 日起实施。

在实施过程中，各单位应注意总结经验。如有问题请函告农村水利司，并由其负责解释。

标准本文由中国水利水电出版社出版发行。

附件：1. 农田排水试验规范

2. 《农田排水试验规范》条文说明

1995 年 12 月 7 日

目 次

1 总则.....	5
2 排水试验站建设与排水试验设计.....	6
3 确定排水标准的有关试验.....	9
4 田间排水工程规格布局及结构功能试验	15
5 田间排水水管理试验	23
6 排水设计有关参数测定及作物、环境因素观测	28
7 资料的整理、分析与试验报告的编写	32
附录 A 作物受淹试验方法和测坑、测筒及测环 的技术要求.....	35
附录 B 饱和土壤水运动参数测定方法	37
附录 C 土壤水分特征曲线的测定法	44
附加说明.....	45

1 总 则

1.0.1 制定本规范的目的在于统一农田排水试验的方法和技术标准，提高农田排水的科学技术水平，保证试验成果的可靠性、准确性、先进性和实用性。

1.0.2 本规范适用于农田排水工程设计、施工和管理中为确定设计标准、设计参数、田间排水系统规格布局、水管理等而开展的试验。

1.0.3 确定农田排水试验项目应符合以下条件：

(1) 满足农业生产当前及中、近期发展的需要，为农田排水工程的建设和排水系统的管理以及提高农田排水科学技术水平服务。

(2) 充分考虑当地条件，掌握国内外已有成果，把试验设计建立在高起点的基础上。

(3) 试验项目要有明确的目的、要求和试验年限。

(4) 具备必要的试验场地、试验设施、技术力量、资金来源和设备条件。

2 排水试验站建设与排水试验设计

2.1 排水试验站的建设

2.1.1 排水试验站应根据农田排水工程建设和管理的需要设立，并尽可能与灌溉试验站相结合。视其任务和要求的不同，排水试验站分综合站和单项站两类。综合站承担综合性和重点课题的排水试验研究任务，应按长期使用的原则进行规划建设；单项站是为完成某些单项的试验与推广任务而建立的，应根据具体条件进行规划建设。

2.1.2 排水试验站的任务：

- (1) 完成上级下达的试验研究课题。
- (2) 针对当地生产中存在的排水问题，开展科学试验。
- (3) 开展农田排水技术的示范、推广工作。

2.1.3 建立排水试验站时，应根据试验的任务和要求，合理选址：

- (1) 试验站的地形、土壤、水文地质、气象和农业生产条件等，应有代表性。
- (2) 不宜靠近高大建筑物以及对试验有妨碍的工厂和污染源，如果附近有高大建筑物，则试验区距建筑物的距离不应小于建筑物高度的 5 倍。

(3) 应有可靠的灌溉水源和排水出路。

(4) 供电有保证，交通通讯方便。

2.1.4 排水试验站的场地规划，应符合以下要求：

- (1) 试验区应与办公、生活区分开。
- (2) 测坑、小区应建在专用试验场地内；大田试验应设置在与测坑、小区条件基本相同的生产田块上。
- (3) 试验场地和大田试验区应有独立的灌溉、排水系统和完整的控制、量测设施。

(4) 试验场地内部的交通应方便。

2.1.5 排水试验站的设施及人员配备

2.1.5.1 排水试验站应有专用的试验场地、仪器和设备；应有气象观测场、实验室、资料室、办公室、仓库及生活设施。

2.1.5.2 排水试验站应配备必要的有关专业技术人员，并由中级以上（含中级）技术职称的人员负责技术领导工作。

2.1.6 对选定的站址应搜集站区的基本资料，内容包括：

- (1) 历年气象资料。
- (2) 地形资料。
- (3) 水文地质资料。
- (4) 土壤资料。
- (5) 涝、渍、盐碱资料。
- (6) 水利设施现状及发展规划。
- (7) 农业耕作制度、农作物产量及对农田排水的要求。
- (8) 社会经济状况。
- (9) 其他勘探调查和试验资料等。

2.2 排水试验设计

2.2.1 开展排水试验前，应编写试验任务书，内容为试验任务的来源、内容、要求、年限和经费等，经上级审批后，再编制试验设计书。

2.2.2 田间排水试验设计书宜包括以下几方面的内容：

- (1) 试验的项目、意义、年限、内容以及预期效果。
- (2) 试验处理设计。包括确定试验的处理方案、重复区数目以及试验区的布置。
- (3) 试验方法、观测设备及布置形式。
- (4) 实施方案。
- (5) 技术措施。
- (6) 灌溉、排水系统控制要求及设计。
- (7) 试验观测内容、方法、要求及记录格式。

(8) 仪器、设备、材料计划。

(9) 试验人员的分工和职责。

(10) 经费预算。

2.2.3 进行试验处理设计应遵循的原则：

(1) 所研究的主要因素和技术措施应有代表性和针对性。

(2) 在满足试验要求的前提下，处理数应最少。

(3) 同一试验内容的各处理之间，除主要研究因素外，其他条件应保持一致。

(4) 处理间的差异应明显，应包括最高与最低两种极端情况的处理。

(5) 对研究排水规律或探求因素间定量关系的试验，应考虑试验的连续性。

2.2.4 在田间小区试验的基础上，应安排大田试验作为验证和补充，其处理数可适当减少；排水规律的研究和有关参数的测定，可安排室内试验作为补充。

2.2.5 田间排水试验的处理，均应设置重复区。小区试验不得少于两个重复。

2.2.6 试验对比区安排的原则：

(1) 对比区应不受试验区工程设施的影响，其水利条件应能代表原型。

(2) 自然条件和农业技术措施，应与试验区相一致。

2.2.7 不同试验处理小区之间应设置缓冲区，其宽度不小于相邻两处理排水设施间距的平均值。若受条件限制难以设置缓冲区时，应采取防止水力干扰的隔离措施。

3 确定排水标准的有关试验

3.1 确定排涝标准的作物受淹试验

3.1.1 试验目的：测定作物在不同生育阶段受淹（不同淹水深度和淹水历时）对作物生长发育造成的影响，求得作物淹水深度、淹水历时与产量的关系，为确定除涝排水设计标准提供依据。

3.1.2 旱作物受淹试验

3.1.2.1 试验处理设计：按生育阶段、淹水深度及淹水历时的不同组合进行设计，包括：

（1）根据试验地区气象、水文条件及测试作物的受淹敏感特性，选定 2~3 个生育阶段进行受淹试验。

（2）对拟测试的各生育阶段，最少应选定 4 个不同的受淹深度进行试验。对于矮秆作物，可按株高的 1/4、2/4、3/4、4/4 安排；对于高秆作物，应以当地最大可能的淹水深度为其上限值，以此为基数，参照上述矮秆作物的模式，确定试验受淹深度。

（3）受淹历时应选定 4 个以上不同的受淹延续时间。

3.1.2.2 试验方法：采用测筒原位受淹法与测筒移位受淹法（见附录 A1）。条件具备时，部分受淹试验可安排在小区或测坑进行。

3.1.2.3 测筒、测坑应符合一定的技术要求（见附录 A2）。受淹期间，每天的 8 时与 20 时应观测及调控淹水深度，控制精度±1mm。采用原位受淹法时，应关闭测筒底部排水管。淹水结束，及时排除土面淹水。

3.1.2.4 观测项目及要求：

（1）淹水深度和淹水水温。

（2）作物生长发育状况和产量，具体要求见 6.6。

3.1.3 水稻受淹试验

3.1.3.1 试验处理设计同 3.1.2.1 的（1）、（2）、（3），非受淹期

按当地常规灌溉制度进行控制。

3.1.3.2 试验方法：

(1) 采用测筒试验方法时，见附录 A1。

(2) 在有田间排水工程的大田进行时，可采用环测法，见附录 A3。

3.1.3.3 观测项目及要求同 3.1.2.4。

3.2 确定排渍标准的作物受渍试验

3.2.1 试验目的：测定作物在不同生育阶段、不同受渍程度对作物生长发育的影响，求得不同受渍因子与产量的关系，为确定排渍设计标准及排水水管理提供依据。

3.2.2 旱作物受渍试验

3.2.2.1 试验处理设计：

(1) 以地下水埋深作控制指标的试验处理：按作物不同生育阶段，设定 3~5 个不同的地下水位控制埋深。

(2) 以一次降雨后地下水动态作控制指标的试验处理：针对作物的渍害敏感期或容易产生渍害的时段，设定 3~5 个不同的雨后地下水回落至控制埋深的时间。

(3) 以一定时期的地下水位连续动态作控制指标：选择 3~5 个具有不同排水能力的田块，或在已建田间地下排水工程的田块，选择 3~5 个距排水沟（暗管）不同距离的测点，进行地下水动态观测，统计 SEW_z 值或 SDI 值。

3.2.2.2 试验方法：

(1) 以地下水埋深或一次降雨后地下水动态作为控制指标的受渍试验，应以测坑或测筒试验为主，田间试验作补充。

(2) 以地下水连续动态作控制指标的受渍试验，应以田间试验为主，测坑试验作补充。

(3) 田间试验可结合排水沟（暗管）规格或结构功能试验或专设的排渍试验小区进行，根据沟道（暗管）布设情况设定观测点。

3.2.2.3 观测项目及要求：

(1) 地下水位：采用测坑或测筒试验时，必需装设专门的地下水位测孔，田间试验的测孔埋设在选定的观测点上，雨后排水的前 2~3d，每日观测地下水位 2~3 次，以后每天观测 1 次，直至排水出流停止，正常情况每 5d 观测 1 次。

(2) 非饱和带土壤水势：在需要分析排水（或降雨入渗）过程中土壤水运动状态时，应设置张力计量测剖面。

(3) 土壤剖面含水率：在需要分析不同受渍情况和不同排水条件下土壤中水、气关系时，应进行土壤剖面含水率的量测。

(4) 作物生育状况及产量的测量。

(5) 土壤理化性状：应重点测定根系活动层土壤的盐及铁、锰等有毒物质的含量，测定土壤氧化还原电位、三相比及土壤肥力指标等，每一生育阶段测定 1 次。

(6) 水质：在降雨量（或灌水量）较大形成排水出流时，应对排水水质进行分析，取样 3 次，时间为出流前期、中期和后期。

3.2.3 水稻受渍试验

3.2.3.1 试验内容：

(1) 水稻适宜渗漏强度试验。

(2) 晒田期控制地下水位下降速度试验。

(3) 黄熟期控制地下水位下降速度试验。

3.2.3.2 试验处理设计：

(1) 水稻适宜渗漏强度试验在水稻淹灌期（分蘖至孕穗）设定 3~5 个渗漏强度进行试验。

(2) 水稻控制晒田试验根据当地丰产灌溉试验成果，在晒田期设定 3~5 个地下水位下降速度进行试验。

(3) 黄熟期控制地下水位降速试验应根据收割机械对土地承载力及下田时间的要求，设定 3~5 个地下水位降速进行试验。

3.2.3.3 试验方法：

(1) 水稻淹灌期适宜渗漏强度试验可采用测坑试验法，在具有完整的田间地下排水工程系统的地方，也可在大田进行。

(2) 水稻控制晒田与黄熟期排水试验以测坑试验为主，田间试验作补充。

3.2.3.4 观测项目及要求：

(1) 稻田渗漏强度：利用测坑试验时，每天早晚各进行 1 次观测与调整；大田测试时，应每日定时观测，量测方法按水利水电行业标准《农田排水技术规程（南方农田暗管排水部分）》SL15—90 有关规定执行。

(2) 地下水位：在晒田或黄熟排水期，每日的 8 时观测地下水位，至田面复水或水稻收割前结束。

(3) 土壤含水率：从晒田次日起至复水前或从黄熟落干排水次日起至收割前，每天定时测定非饱和层土壤的含水率。

(4) 水稻生育状态及产量测量。

(5) 土壤理化性状：收割后测定土壤中的亚铁、锰及盐分含量，晒田前后测定氧化还原电位。

(6) 水质：对地下排水的水质进行分析，整个生育阶段应测定 2~3 次。

3.3 盐碱地区确定排水标准的作物耐盐、耐碱试验

3.3.1 试验目的：测定不同作物对不同土壤盐(碱)类型的耐盐(碱)能力，为确定盐碱地排水工程设计标准和管理运用提供依据。

3.3.2 作物耐盐试验

3.3.2.1 土壤含盐量可按土壤中可溶盐含量的百分数表示，也可用对应的土壤饱和提取液的电导率值表示。

3.3.2.2 试验处理设计：应针对地区不同盐渍土类型进行各种主要作物的耐盐试验，若受条件限制，可对主要的盐渍土类型设定 3~5 个含盐量水平进行试验。

3.3.2.3 试验方法：作物耐盐试验应采用田间试验和筒栽试验或在盐溶液中种子发芽试验相结合的方法。

(1)田间试验：应选定符合试验处理的含盐水平的田块进行。划定的观测小区面积为 $1\sim 4\text{ m}^2$ ，按 $0\sim 10\text{ cm}$ 、 $10\sim 20\text{ cm}$ 、 $20\sim$

30 cm、30~50 cm、50~70 cm、70~100 cm 分层观测土层可溶盐含量。

(2)筒栽试验:所采用的测筒面积宜大于 0.5 m²,筒内盛土深度 0.8~1.0 m,筒的下部设 20~25 cm 的反滤层并在其中埋设排水装置。试验土壤宜用细砂,按试验处理设计的含盐成分和含盐量人工配制并充分搅拌均匀后再按一定密度装填。

(3)种子发芽试验用玻璃皿放在恒温箱中进行,发芽皿应加盖,杜绝空气中的二氧化碳侵入溶液,试验溶液最好直接从试验区土壤中提取制备。

3.3.2.4 观测项目及要求:

(1)土壤可溶盐含量。田间试验法应在每年灌溉和降雨季节的始末各测定一次土壤剖面可溶盐含量,其值应用 8 个主要离子含量和电导率两种指标表示。

(2)土壤含水率。测点和量测时间应与土壤可溶盐含量的量测要求相同。

(3)灌溉水量及灌溉水质。

(4)作物缺苗率。

(5)作物生育状态及产量。

3.3.3 作物耐碱试验

3.3.3.1 苏打碱化土壤的碱性指标以土壤溶液的 pH 值,土壤碱化度和阳离子交换量(CEC)表示,碳酸镁碱土的碱性指标以土壤溶液的 pH 值和镁交换量占阳离子交换量的百分数表示。

3.3.3.2 作物耐碱试验的处理设计及试验方法与耐盐试验相同。

3.3.3.3 观测项目及要求:

(1)田间试验法应在每年灌溉(降雨)季节的始末各测定 1 次土壤碱化度、阳离子交换量和土壤提取液的 pH 值。

(2)其他测试内容同 3.3.2.4 的(2)、(3)、(4)、(5)。

3.4 盐碱地区地下水临界深度试验

3.4.1 试验目的:测定在一年中容易返盐的季节(临界期)不同地

下水控制埋深耕层土壤返盐状况,求得临界期地下水埋深与耕层土壤返盐量的关系,为确定排水设计标准提供依据。

3.4.2 试验方法:为选定试区开挖一条排水沟,沟深为试验最大地下水控制深度的 1.2 倍,在排水沟线中部两侧(或某一侧)距沟不同距离处设置 4~5 个定位观测点,进行地下水动态及土壤含盐量状态的观测。

3.4.3 观测项目及要求:

(1) 地下水位:每 5 d 观测 1 次。

(2) 土壤可溶盐含量:土壤取样点应在每一测井周围 1m^2 范围内,取样深度 1 m,按 0~10 cm、10~30 cm、30~60 cm、60~100 cm 4 层分别取样,取样时间为封冻前和春季第一次灌水前。

(3) 每年春季灌水前测定一次地下水水质。

3.5 盐渍地区雨季(或灌溉期)地下水位回落速度试验

3.5.1 试验目的:测定在降雨(或灌水)后,不同地下水位回落速度情况下,作物受盐渍危害的程度,为确定排水设计标准提供依据。

3.5.2 试验方法:本试验应在具有 2~3 个不同规格的田间排水沟(暗管)系统的田块进行,观测断面设在 $L/2$ (L 为沟长,下同),观测井位可按 $B/2$ 、 $B/4$ 、 $B/8$ 、 $B/16$ 及靠近沟(暗管) 1 m 处布设 (B 为排水沟或暗管间距,下同)。

3.5.3 试验田块的灌溉制度应是当地先进的灌溉制度。

3.5.4 观测项目及要求按 3.4.3 执行。

4 田间排水工程规格布局及结构功能试验

4.1 排水沟（管）规格布局试验

4.1.1 试验目的：针对确定的排水标准和当地条件，进行不同田间排水沟（或吸水管，简称管，下同）深度与间距组合的试验和分析，为田间排水工程设计提供依据。

4.1.2 试验区设计的一般规定：

（1）试验田块长度应大于沟（管）间距的 3 倍。

（2）排水暗管间距 B 小于 50m 时，试验小区内至少应有 4 条暗管，其埋深和坡降应一致。中间暗管为主要观测对象。

（3）每一种布局的明沟排水试验小区，设 3 条排水沟即可。

（4）排水沟（管）不同间距或深度的试验小区应按递增或递减顺序排列。

4.1.3 试验处理设计：田间排水沟（管）规格布局试验的处理是排水沟（管）不同间距和深度的组合。

（1）防治渍害地区排水沟（管）试验深度应根据所采用的排渍标准确定。在采用一次降雨后地下水动态或地下水位连续动态作控制指标时，排水沟（管）深度等于作物正常生长防渍要求控制地下水埋深加剩余水头值。采用地下水埋深作控制指标时，排水沟（管）深度等于雨季作物允许地下水位埋深加工作水头。若进行两种排水沟（管）深度的对比试验，另一个排水沟（管）的深度应大于上述确定值，其差值以 20~30 cm 为宜。

（2）防治盐碱地区的排水沟（管）深度为临界深度加剩余水头值。若进行两种排水沟（管）深度的对比试验，另一试验排水沟深度为临界深度加 2 倍剩余水头值。

（3）对一个排水沟（管）深度应取 3 个间距进行对比试验。间距 B 值可采用公式计算或根据经验值确定，其他两个间距分别

为 $1.5B$ 和 $0.75B$ 。

4.1.4 地下水位观测断面设在排水沟（管） $L2$ 处。对于暗管排水试验，观测井位可设在距暗管 0.4 m 、 $B8$ 、 $B2$ 等 3 处。若间距 B 大于 15m ，应在 $B4$ 处增设一眼观测井。对于明沟排水试验，观测井位设在距排水沟边 1 m 、 $B16$ 、 $B8$ 、 $B4$ 、 $B2$ 等五处。需要设置辅助观测断面时，可设在 $L4$ 及 $3L4$ 两处，观测井位及井数可参照上述规定设置，也可适当减少。对照区必须布设观测井 1~2 个。

4.1.5 观测项目、方法及要求见表 4.1.5。

表 4.1.5 田间排水沟（管）规格布局
试验观测项目、方法及要求

试区 类型	观测项目及测点	量 测 方 法	观 测 要 求
旱 地	1. 地下水位（在已布 设的测井观测，必要时 可增设临时观测孔）	电子测深仪、浮标尺 或测绳、测（深）钟	正常情况下 5 d 观测 1 次，雨前（或灌水前） 加测 1 次，排水期，每 天观测 2~3 次
	2. 排水流量（在排水 沟或吸水管的出口处量 测）	明沟：在测试断面安 三角堰、梯形堰、量水 槽进行测量。 吸水管：用水表或体 积法测量	出流期间每天观测 3 次，3 次重复，取平均 值。 在测流的同时，应观 测 $B2$ 处测井的地下水 位
	3. 降雨量或灌水量	常规方法	无自记雨量计时，每 半日记录 1 次降雨量。 灌水量按次分别记录
水 田	1. 晒田或收割前排水的观测内容同旱地 1，2 项		
	2. 淹灌期定点测量渗 漏强度，测点布设与测 井井位相同	环测法或水田渗漏仪	同时测量田面水层厚 度及排水沟水位高程。 每隔 5 d 测量 1 次

试区 类型	观测项目及测点	量 测 方 法	观 测 要 求
盐 碱 地	除分别同旱地或水田 外,应增加:		
	1. 土壤剖面含盐量 (测点在地下水位测井 邻近处)	参照本规范 6.5.4.2	测定的盐类根据需要 确定,测含盐量的同时 需测定剖面土壤含水率。
	2. 排水沟(管)的排 水水质 [沟(管)出口 处取样]	参照本规范 6.8	仅测定地下水矿化度, 取样时应把原贮于测井 中的水排除,待测井中 进入新鲜水时再取样分 析
	3. 地下水水质测定 (自地下水位观测井取 样)	参照本规范 6.8	

注 土壤理化性状、作物生理生态、考种、气象及田间小气候观测等均按本规范 6 中规定执行。

4.2 鼠道排水规格布局试验

4.2.1 试验目的:探讨鼠道不同规格布局的排水效果,为鼠道排水规划设计提供依据。

4.2.2 鼠道排水试验区的布设原则同 4.1.2。每一试验小区应不少于 5 条鼠道。不同处理试验小区间须设置缓冲区。

4.2.3 试验处理设计

4.2.3.1 鼠道深度根据排水任务和鼠道犁的塑孔深度确定。浅鼠道洞深范围为 0.35~0.5 m,可选 1~2 个试验深度;中、深鼠道排水系统,可选最大塑孔深度及小于该深度的另一值。

4.2.3.2 鼠道间距根据土质、洞深、排水量确定。一般可参考经验值选定。对一个洞深选定 2~3 个间距进行排水效果的对比试验。

4.2.4 地下水位观测断面设在 $L/2$ 处 (L 为鼠道长度)。鼠道间距小于 5 m 时,在测试鼠道的一侧 0.4 m、 $D/2$ 处 (D 为鼠道间距)设观测井;鼠道间距大于 5 m 时,测井布设同 4.1.4。

4.3 井排井灌区水井的规格布局试验

4.3.1 试验目的：探求适宜于当地水文地质条件和防治旱、涝、碱要求的井型和井群的平面布置形式。

4.3.2 试验进行之前必须收集水文地质资料，测定各含水层的水文地质参数：给水度、水力传导度、越层补给系数、压力传导系数等。有可能时测定弱透水层的有关参数。

4.3.3 试验区选定原则：井排井灌试验区选定除应遵循第2章“排水试验站建设与排水试验设计”中有关条款外，还应考虑以下各条：

(1) 试验区应选择在水文地质条件已查清，抽水含水层与潜水有良好的水力联系，且有一定数量地下水可采资源的地区。

(2) 地下水水质宜符合灌溉要求。

(3) 已制定防治次生盐碱化控制地下水位的要求。

4.3.4 井型试验是对不同型式水井的抽水效果进行对比试验。观测项目是单井出水量、地下水位降深、水跃值、携沙量等。

4.3.5 井群的平面布置

4.3.5.1 试验处理设计：根据拟定的群井开采量、工作制度和试验区水文地质条件及有关参数，用群井抽水计算公式计算理论井距，根据当地条件确定2个选用值。布设2个群井试验区，每一群井试验区内井数不少于4个。

4.3.5.2 观测网点布设：

(1) 测试田块应设在试验井群中部。地下水位观测井设在抽水井对角联线上，按 S_2 、 S_4 、 S_8 布设3孔（ S 为井对角联线长度）。

(2) 从承压含水层抽水时，应设置潜水位动态观测井。

(3) 在地下水位观测井附近应布设土壤含水率、盐分观测剖面。

4.3.5.3 观测项目和要求：

(1) 地下水位：抽水期及雨后每天观测2~3次，其他时间每

5 d 观测 1 次。

(2) 水井出水量及抽水时间。

(3) 水井水质（每年高水位期及低水位期各测 1 次）。

(4) 土壤剖面含盐量（每年在雨季或灌溉期开始和结束时各观测 1 次）。

4.4 双层排水规格布局试验

4.4.1 试验目的：测定双层排水系统排水效果，探索适于当地条件的双层排水规格布局型式。

4.4.2 当上、下层排水沟（管）走向相互平行，且上层排水沟（管）与下层排水沟（管）呈对称形式布置时，试验小区设计可按 4.1.2 执行，当上、下层排水沟（管）走向不平行或呈非对称形式布置时，试验小区应为末级排水沟组成的整个田块。

4.4.3 试验处理设计：

(1) 确定上、下层排水沟（管）的走向。

(2) 下层排水沟（管）的试验深度按 4.1.3 (1) 拟定。上层暗管（或鼠道）的深度根据排水任务，土层条件拟定。

(3) 下层排水沟（管）的间距 B 采用公式计算或选用经验值，拟定 B 和 $2B$ 两种处理。上层暗管（或鼠道）间距根据排水要求确定。

4.4.4 观测断面及测点布设

4.4.4.1 上层暗管（或鼠道）与下层排水沟（或暗管）呈对称布置时，在试验小区主要测试排水沟（或暗管） $L/2$ 处布设观测断面，设 5~7 个测井。若有可能，在 $L/4$ 和 $3L/4$ 处亦布设观测排井。上层各排水暗管（或鼠道）的出流量应分别观测。

4.4.4.2 上、下排水沟（管）不平行或呈不对称形式布置时，上、下层排水沟（管）的出流应分别观测。地下水位观测断面应设在田块内平行或垂直下层排水沟（管）的方向，观测井数也应增加。

4.4.5 双层排水规格布局试验的观测内容和要求见 4.1.5。

4.5 明沟边坡防坍试验

4.5.1 一般规定：

(1)边坡防坍试验应在过水流量、断面形式和土壤理化性质有代表性的明沟上进行,还应针对不同的土壤质地和地下水位状况分别进行试验。

(2)试验段长度不小于 50 m,并应在两个坡面对应布置。同一沟上的同一防坍措施的不同处理段应随机布置。

(3)进行防坍组合措施试验前,应先对选定的措施进行单项试验,然后进行组合试验。

(4)防坍试验前必须对试验区土壤物理性质按层分别进行测定。测定项目包括:抗剪强度(排水剪和不排水剪)、内摩擦角、膨胀系数、分散性、液限、塑限、颗粒组成、不均匀系数、水力传导度等。测定土层深度应等于或大于试验沟的深度。排水沟的坡角和溢出线处的土壤物理性质应单独测定。

4.5.2 试验内容:适宜断面形式;边坡加固方式和材料;疏干边坡技术;生物固坡和组合固坡技术试验。

4.5.3 试验处理设计:针对拟采用的防坍措施进行试验处理设计。

(1)选择适宜断面形式试验:宜布设不同边坡系数断面和复式断面的对比试验。

(2)加固方式及材料试验:根据当地条件选用混凝土板、砂(土)袋、砂卵石、砌石等护坡方式进行对比试验。

(3)疏干边坡技术试验:宜布设暗管截流疏干、砂滤料垫层导渗、土工织物反滤导渗等措施的对比试验和组合试验。

(4)生物固坡试验:宜选适于当地条件的树种、草种及栽植方法进行对比试验。

4.5.4 观测项目与要求：

(1)观测项目:边坡位移、塌坡量、沟道淤积量、地下水浸润线、出溢水头、冻土层深度、冻融时边坡土壤含水率。

(2)观测要求:边坡位移在雨季和冻融期每 5 d 观测 1 次,其他时间 10 d 观测 1 次。冻土层深度应从冻结开始每 10 d 观测 1 次。地下水浸润线及出溢水头,在排水期每日观测 1 次,冻融期每 3 d 测定边坡土壤含水率 1 次。

4.6 暗管结构及功能试验

4.6.1 试验目的:对暗管结构及功能进行检验,测试不同管型、管材和外包裹滤料的排水性能及使用寿命,为选择符合当地条件、经济适用的管型、管材与外包裹滤料提供依据。

4.6.2 当测试管材或管型较多并需进行优选时,宜先通过室内水力性能试验进行初选,再对初选管型(或管材)进行力学试验,在符合标准要求后,再在现场进行试验,最后进行综合分析比较。

4.6.3 暗管输水时沿程水头损失的测定可参照原国家标准局 GB—5895 规定执行。

4.6.4 暗管(含外包裹滤料)综合水力性能可通过进口阻力 τ_e 和进口水头损失比 H_e/H_i 进行评价。

4.6.5 室内测定暗管的水力性能可在渗流槽上进行,渗流槽的宽度,在节缝进水时,等于两节管的长度;非节缝进水时,可取 50 cm。渗流槽高度宜大于 70 cm。主要观测项目为:管周测压水头、不同工作水头下的排水流量、排砂量及管内淤积量。

4.6.6 暗管力学性能应在小批量生产的产品中随机抽样进行测定。

4.6.7 暗管水力性能的田间试验可结合田间排水暗管规格布局试验进行,按 4.6.4 的要求进行功能评价,此外还应测量暗管排砂量和淤积量。观测项目及要求见 4.1.5。

4.7 鼠道结构及功能试验

4.7.1 试验目的:通过适宜修建鼠道的土质、不同鼠道施工土壤含水率、施工季节及鼠道出口衔接形式等试验,选定适于当地条件的鼠道结构形式及施工技术。

4.7.2 适宜修建鼠道土质试验

在拟修建鼠道地区有代表性的不同土质的田块,设立试验区,观测洞体成形状况(如洞体周围裂缝、刀缝变化等)、洞体稳定性、通水后运行状况及使用寿命等,确定适宜开挖鼠道的土质条件。

4.7.3 鼠道施工适宜土壤含水率试验

鼠道施工时土壤含水率指表土含水率与鼠道洞体部位土壤含水率两个值。应测定施工机械下田操作的允许最大表层土壤含水率值,在此基础上选择 2~3 个洞体部位土壤含水率进行开挖试验,可取土壤含水率为 70%~90%田间持水率值作为试验中值,上、下取两个边值,级差为 10%~20%。观测洞体成形、洞体稳定及使用耐久性,选定适于鼠道施工的土壤含水率。

4.7.4 水旱轮作区鼠道适宜施工季节试验

作物换茬季节(即在种稻前或种旱作前)对鼠道施工的成功率、排水效果、使用寿命等进行对比试验,选定适宜施工季节。

4.7.5 鼠道断面形状(如圆形、椭圆形、卵形和马蹄形)的试验

在不同土质和地下水动态的试验小区中进行不同断面形状鼠道的排水性能及使用耐久性的对比试验,选定适于当地控制条件的洞形。

4.7.6 鼠道洞口构造与控制试验

通过在鼠道出口端装接不同管材和长度的排水管的对比试验,观测排水出流及使用耐久性,选定插接管管材及长度。同时,应对洞口控制阀门的设置进行对比试验,可进行单洞控制、联洞控制的试验,观测鼠道运行状况,确定适宜控制方式。

4.7.7 观测内容:鼠道成洞形状、洞体结构、进口阻力值 r_e 、鼠道洞体变形、淤积量及使用寿命等。

5 田间排水水管理试验

5.1 一般规定

5.1.1 田间排水系统水管理试验的目的是通过不同的水管理方案试验,寻求能充分发挥排水工程效益的科学水管理模式;探索排水再利用的可行性及水管理制度。

5.1.2 田间排水水管理试区由末级固定排水沟控制的田块和上一级排水沟及其控制工程设施组成。

5.1.3 同一类型排水水管理试验应有一定的连续性,并包括不同的水文年份。

5.1.4 田间排水水管理试验设计均应根据当年的气象预报、作物种植结构和选定的排水标准进行制定,执行过程中根据实际情况和中、近期气象预报进行调整。

5.2 旱作排水水管理试验

5.2.1 渍害地区控制排水水管理试验

5.2.1.1 试验内容:

(1)不同水文年和不同种植结构的地下水位调控试验。

(2)作物受渍敏感期地下水位预降方案和临时排水试验。

(3)非雨季适宜地下水埋深控制试验。

5.2.1.2 试验设计:确定各生育阶段田间地下水位控制要求和年地下水位调控过程;拟定支(斗)沟水位控制过程和水管理试验方案。有条件时,可设计不同的支(斗)沟水位控制过程和水管理方案进行对比试验。

5.2.1.3 观测断面和定位观测点的布设:在试区末级固定排水沟出水口及试验观测沟(管)汇入处,设置水位及流量观测断面;田间观测断面及定位点的布设同 4.1.4。

5.2.1.4 观测项目:支(斗)沟观测断面处水位及出流过程;田间定位观测点地下水动态;作物生长状况、病虫害情况及产量。

5.2.1.5 观测要求同 4.1.5。

5.2.1.6 统计试验运行及管理费用。

5.2.2 盐碱地区排水沟(管)排水水管理试验

5.2.2.1 试验内容:灌溉、冲洗条件下田间适宜地下水动态的调控试验。

5.2.2.2 试验设计:同 5.2.1.2。

5.2.2.3 观测断面和定位观测点的布置,同 5.2.1.3。

5.2.2.4 观测项目:试验沟(管)出流过程及水质;田间 1 m 土层盐分割面;田间定位观测点作物生长、病虫害状况及产量。

5.2.2.5 观测要求:

(1)在每次沟(管)排水出流过程中进行 1~2 次水质化验,化验项目见 6.5.4.2;

(2)田间 1 m 土层全盐量剖面测量点同地下水位定位观测点,在灌溉(或降雨)季节前、后各测定 1 次。

5.2.2.6 统计运行及管理费用。

5.2.3 田间排水系统排灌两用水管理试验

5.2.3.1 试验目的:研究利用田间排水沟(管)进行地下浸润灌溉的可行性;寻求排水系统排灌两用的水管理模式。

5.2.3.2 试验内容:

(1)各种浸润灌溉供水、配水方式试验。

(2)浸润灌溉对田间排水沟(管)排水功能的影响测试及田间排水系统的工程维护试验。

5.2.3.3 试验设计:

(1)根据当地土质、灌区水文地质及灌溉水源等条件,选 1~2 个不同末级固定排水沟(管)规格布局田块进行试验。

(2)根据排灌系统布局特点及灌溉水源状况,设计既能满足浸润灌溉要求又能保证排水需要的沟(管)道供水方式(定水位、定流量或定水量)及年调控过程。

5.2.3.4 观测网点布设：

(1)田间主要观测断面应设在 $L2$ 处,定位观测点(剖面)应设在 $B2$ 、 $B4$ 和 $B8$ 处。

(2)试区各级排水沟的首末端应设置水位及入(出)流观测断面。

5.2.3.5 观测项目：

(1)沟(管)进口断面水位、流量变化过程、浸润灌溉结束后退水过程。

(2)浸润灌溉期及结束后田间地下水位动态及定位观测点土壤含水率剖面。

(3)浸润灌溉结束后田间排水沟(管)转入排水工作状态排水功能:包括明沟过水能力、暗管进口阻力 r_e 、水头损失比 H_e 、 H_i 等。

(4)工程状况:浸润灌溉后暗管淤积状况、明沟边坡坍塌状况和淤积情况。

(5)作物生长、病虫害及产量。

(6)浸润灌溉运行、管理费用统计、恢复沟(管)正常工作的维修费用统计。

5.3 稻田排水水管理试验

5.3.1 试验内容:稻田淹灌期、晒田期及黄熟落干期排水水管理试验。

5.3.2 试验设计:确定水稻各生育期田间排水要求;拟定满足稻田排水要求时暗管出流状态和骨干排水沟水位控制过程。有条件时,设计不同的排水沟水位控制过程和水管理方案进行对比试验。

5.3.3 观测断面和定位观测点的布设同 5.2.1.3。

5.3.4 观测内容及要求:骨干明沟沟水位变化过程;晒田期、黄熟期沟(管)出流过程;田间定位点入渗强度,晒田期或黄熟期地下水位下降过程;水稻生长、病虫害状况及产量;试验运行、管理费用的统计等,观测要求同 4.1.5。

5.4 井排井灌区水管理试验

5.4.1 试验目的:通过不同水文年井排井灌水管理方案试验,探索防治土壤盐碱化、合理利用地下水资源的井排井灌水管理模式。

5.4.2 试区选择及观测网点的布设

试区水文地质条件应有代表性;试区周边地下水侧向补给量应易于确定;避免选定在大型渠道、河流、湖泊和有地下水逸出带等地下水边界条件不稳定的地区;试验井的数量不少于7个,各井井型结构和井深应大体相同,试验井群应从同一含水层取水。

观测网点布设同4.3.5.2。

5.4.3 试验设计:确定各生育期地下水位控制要求和全年地下水位的调控过程;设计2~3个不同的井排结合井灌的工作制度,包括:地下水总开采量、利用地下水灌溉的次数、每次抽水量和抽水的时间(结合灌溉或排水防治次生盐碱化的要求)。

5.4.4 观测项目及要求:除须进行与试验有关的运行、管理费用统计外,其他观测项目与要求同4.3.5.3。

5.5 排水再利用试验

5.5.1 试验目的:研究田间排出的水重新用于灌溉的可行性;为排水再利用的规划设计和水管理提供科学依据。

5.5.2 试验内容:在不同水文、不同气象条件、不同作物种植结构、不同田间排灌工程规格布局 and 不同灌水或冲洗技术等条件下,农田排出水的水量和水质的变化规律;排水再利用的途径和方式等。

5.5.3 试区选择及观测网点的布设

试区应选择在田间排、灌系统的规格布局具有代表性的斗排控制的农田范围内;试区应有独立的排、灌系统和完整的控制建筑物及量水设施;试区水文地质条件应有代表性。

在斗排出口和斗渠的末端设置观测和控制断面,田间排、灌系统上其他观测断面的布设根据试验内容和排水再利用的方式拟

定。

5.5.4 试验设计：

(1)根据水文、气象条件、排灌工程布局特点,选取影响排出水量及水质的主要因素作为试验因子进行试验,如不同的灌溉冲洗技术、不同种植结构条件下的排水量及水质的变化规律的试验。

(2)拟定排水再利用试验的试验因子及试验方案,如排出水与地面水混灌试验(咸、淡混灌试验);咸、淡轮灌试验;上(游)排下(游)灌试验;排、蓄、提排水再利用系统的工程布局试验等。

5.5.5 观测项目:根据试验方案参照 5.2~5.4 有关内容拟定。

6 排水设计有关参数测定及作物、 环境因素观测

6.1 饱和水力传导度测定

6.1.1 田间测定方法有：双套环法、钻孔水位回升法以及地下水位动态资料分析法，在井排井灌区测定含水层的饱和水力传导度则采用抽水试验法。

6.1.2 双套环法用于测定表土层垂向饱和水力传导度，该法适用于均一土层具有足够厚度的情况，在层状土层中应用此法，应分层测定，方法见附录 B 的 B1.1。

6.1.3 钻孔水位回升法测定的是主方向为水平方向的饱和水力传导度，方法见附录 B 的 B1.2。

6.1.4 地下水位动态资料分析法的试验可结合排水暗管规格布局试验进行，方法见附录 B 的 B1.3。

6.2 给水度测定

6.2.1 室内测定给水度通常采用土柱法，试样最好是原状土，取原状土困难时可采用扰动土，但要控制填土的密度与田间一致，方法见附录 B 的 B2。

6.2.2 在田间测定给水度可用抽水试验法，在有长期地下水动态和其他有关因素（如气象、地下水开采量等）的资料时，也可通过资料分析法确定。

6.3 压力传导度测定

压力传导度可结合排水沟（暗管）规格布局试验进行，在排水期观测地下水位动态变化资料反求，方法见附录 B 的 B3。

6.4 土壤水分特征曲线测定

(1) 室内测定法可用压力板（膜）提取仪和容积式压力板提取仪测定。没有专门仪器时可用土盒法测定。方法见附录 C。

(2) 现场测定须先在选定的测点处理设张力计，方法见附录 C。

6.5 土壤理化性质测定

6.5.1 排水试验站应掌握建站前试区土壤剖面的主要性状、土壤的基本理化性质和土壤肥力状况。试验工作开展以后，根据需要再进行有关项目的测定。

6.5.2 土壤物理性状测定的项目：土壤水分常数（吸湿系数，凋萎系数，田间持水率，饱和含水率，毛管断裂含水率，毛管上升高度）、土壤密度和土粒密度、土壤机械组成（质地）、水力传导度、给水度。

6.5.3 土壤肥力测定的项目：土壤有机质、全氮、水解性氮、铵态氮、硝态氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾。

6.5.4 土壤化学性质测定

6.5.4.1 在渍涝地和稻作区应测定的项目：氧化还原电位（Eh 值）、还原物质总量、活性还原物质、硫化物、水溶性亚铁、交换性亚铁、二价锰。

6.5.4.2 在盐碱土地区应测定的项目：全盐量、碳酸根、重碳酸根、氯根、硫酸根、钙离子、钾和钠离子、阳离子交换量、碱化度。

6.6 作物耕作栽培状况、生育动态及产量的观测记载

6.6.1 排水试验区应及时准确地记载试验期间的耕作栽培管理情况，主要项目有：试区土壤肥力状况、前茬作物及产量、整地日期与方法、表土耕作情况、施基肥与追肥情况、供试作物种类与品种、播种期及播前种子处理、种植作物的株（穴）行距、每穴

(薅)苗数、中耕除草次数和时间、其他的特殊耕作栽培措施等。

6.6.2 作物生长发育状况和观测应定点定株进行。每一试验小区至少应选两个有代表性的固定点进行连续观测。平时每 5 日观测 1 次，在两个生育期交接阶段，应 1~2 d 观测 1 次。

6.6.3 试区作物收获前应分区进行测产考种，收获时单收、单打、单晒。

6.6.4 各试验处理应观测记载病虫害的种类、发生时间、危害程度、防治措施及效果。

6.7 气象及田间小气候观测

6.7.1 凡距离县级以上气象站 5 km 以外的排水试验站都应建立气象观测场。若距县级以上气象站在 5 km 以内，其气象和其他自然环境条件基本一致且两处无山丘和开阔水面阻隔时，可不设气象场而借用邻近气象站的数据。

6.7.2 排水试验站气象场的观测项目：最高气温、最低气温、地温、空气湿度、风向、风速、水面蒸发量、降雨量、日照。气象场内除设置 20 cm 口径的小型蒸发器外，还应设置 E601 型蒸发器。

6.7.3 根据试验的特殊需要须进行田间小气候观测时，其观测的项目和标准如下：

(1) 田间气温和空气湿度：高秆作物田间的观测高度为距地面 20 cm 处、植株高度 2/3 处、植株冠顶层、地面以上 1.5 m 处（若两者高差不超过 10 m，只观测后者）；矮秆作物田块可只观测后 3 个高度。

(2) 风向和风速：观测高度为地表以上 1.5 m 处。

(3) 土温：测定位置为地表 0 cm，地下 10 cm、20 cm、30 cm。

(4) 水温：稻田及旱作淹水层为 1/2 水深处，灌渠和排水沟的测定位置为水面以下 10~20 cm 处，若水层较深，需在 40~50 cm 处加测。

6.7.4 排水试验站气象场应观测记载灾害性天气发生的时间、强度和危害程度。季节冻土区还应观测冻土深度及冻融起始时间。

6.7.5 气象场的常规观测时间为每日的 8 时、14 时、20 时（北京时间）。

6.8 排水水质测定

6.8.1 应测定的项目：温度、pH 值、颜色、氧化还原电位（Eh 值）、浊度、臭味。

6.8.2 盐碱土地区排水试验排出水的水质应加测全盐量、碳酸根和重碳酸根、氯根、硫酸根以及钙、镁、钠、钾四种阳离子。

7 资料的整理、分析与试验报告的编写

7.1 一般规定

7.1.1 试验的表格应统一，观测记录必须由观测者签名，并应当日核查，发现问题及时处理。整理、分析、整编的成果，必须由有关人员及项目负责人签名。

7.1.2 资料整理与分析的计量单位，应采用法定计量单位。

7.1.3 排水试验站应建立技术资料档案，按时进行资料归档工作。

7.2 资料整理与整编

7.2.1 试验站农田的基本情况、各种参数及一切试验观测资料，应根据试验要求分项进行收集和整理。

7.2.2 观测资料应每周整理一次，发现有问题的数据，必须查找原因，及时进行处理或补测，确保资料的可靠性。

7.2.3 严禁随意更改和删除任何原始观测记录。对有疑问的原始资料，应按以下办法处理：

(1) 由于自然因素、观测方法错误、观测仪器发生故障或有较大误差等原因造成的错误资料，在注明原因后整编时予以删除。

(2) 一组资料中，如果缺测或属关键性错误的资料数量超过1/3时，该组资料作废。

(3) 有疑问但一时又查不出原因的资料，可暂不采用。

7.2.4 经过整理的资料，应分项列成表格或绘制图表，有条件时应输入计算机储存。

7.2.5 连续进行多年的试验项目，应每隔3~5年系统地进行一次资料的分析与整编。

7.2.6 整编时，必须对历年的资料进行核查；整编的成果，必须

标明取用资料的年份；整编工作的技术负责人应对整编成果的质量承担责任。

7.3 资料分析

7.3.1 观测资料的分析内容，应根据试验的任务和要求确定。

7.3.2 一种因素的系列数值，应根据试验要求，计算出平均值、标准差及变差系数。

7.3.3 田间对比试验结果，必须进行显著性检验，针对不同条件，可分别采用：

(1) 只有两个处理：用 t 检验法或方差分析法（F 检验法）；

(2) 3 个及 3 个以上处理：用方差分析法，并用最小显著差数法或最小显著极差法进行多重比较。

7.3.4 采用方差分析法时，判别试验效果的标准为：

$F_u < F_{0.1}$ 无效果

$F_{0.1} \leq F_u < F_{0.05}$ 有一定效果

$F_{0.05} \leq F_u < F_{0.01}$ 有显著效果

$F_{0.01} \leq F_u$ 有高度显著效果

7.3.5 连续进行多年的试验项目，应分析主要资料在不同年际间的差异及其变化规律。

7.3.6 采用相关分析或回归分析法分析资料以探求经验公式时，应对求得的公式进行显著性检验，并确定其适用范围。

7.4 试验报告的编写

7.4.1 在每季作物或每年度试验结束后，应编写阶段试验报告；任务完成后，应编写终结试验报告。

7.4.2 试验报告应包括的主要内容：

(1) 试验项目的名称；

(2) 任务的来源和要求；

(3) 试验区的地理位置及自然条件；

(4) 试验的主要内容及方法；

- (5) 试验处理设计及实施情况；
- (6) 试验采取的技术措施；
- (7) 试验资料分析与成果；
- (8) 评价和结论。

附 录 A

作物受淹试验方法和测坑、 测筒及测环的技术要求

A1 作物受淹试验方法

A1.1 测筒原位受淹法

测筒安置在地下预先修筑的洞坑内，其上口缘高出地面 3~5 cm，筒内、外土面相平，且栽种相同的作物，作统一的栽培管理，形成与大田一致的生长环境。受淹时，将一段形状、大小和测筒相匹配的筒管套接在试筒的上口沿内，密封接口，使其不漏水，向筒管内灌水至受淹深度，用补水装置保持淹水水深。受淹结束后，排除筒内淹水及土层中的渍水，拆除套接的筒管，筒内作物恢复正常管理。

A1.2 测筒移位受淹法

非受淹期测筒安置方式与原位受淹法相同。受淹处理时，将测筒搬移到预先挖好的淹水池（槽）内作受淹试验，水池（槽）内水位应保持稳定，测筒安置的深度由测筒高度和作物受淹深度确定，受淹处理结束，将测筒搬回原处，恢复正常管理。

A2 测坑及测筒装置技术要求

测坑及测筒亦称蒸渗仪（器），测坑土体面积较大，比较接近田间实际情况，在试验土层为回填的扰动土时，需要相当长时间（2~3 年）才能形成稳定的土层结构。测筒面积较小，易受环境影响，但可直接取原状土进行试验，各地应根据具体条件选定测坑或测筒的结构形式，具体技术要求为：

- （1）不漏水，导热性低，耐冻，结构牢固。
- （2）形状规整：测筒多为圆形，测坑多为矩形或正方形。
- （3）器内有效面积：测筒不宜小于 0.36 m^2 ；密播作物的测坑

不宜小于 4 m^2 ；宽行作物宜适当加大测坑面积。

(4) 对于测坑，坑壁在地面以上部分应是薄壁，壁顶总面积不应超过坑内土壤面积的 5%。

(5) 测坑（筒）的盛土厚度根据试验作物容根层深度确定，但不应小于 1.0 m 。

(6) 测坑（筒）底部应设滤层，厚度 $20\sim 30\text{ cm}$ ；滤层下部装设集水排水管，引出坑（或筒）外并连接供水平水装置。

(7) 测坑（筒）回填土时，需根据原土层剖面（或设计的土层剖面）分层（每层 $10\sim 15\text{ cm}$ ）按设计土壤密度装填，回填土壤需事先进行粉碎处理并过筛（筛孔径 1.0 cm ）。

(8) 向测坑（筒）内灌水的设施，应能调节、控制、测定灌水量并使土壤湿润均匀。

(9) 测坑（筒）附近不应有影响气流正常运动的障碍物，其周围应种植同类的作物，宽度不应小于 20 cm 。

(10) 为了有效地按试验处理设计进行试验，有条件的站，在测坑（筒）上宜加设活动防雨棚。

A3 测环受淹试验技术要求

测环为无底的方形（正方形或长方形）或圆形环，用有足够强度的金属薄板焊制。测环面积 $0.1\sim 0.2\text{ m}^2$ ，高度为拟试验的最大淹水深度与插入土层中的深度之和再加附加高度，如最大淹水深度为 50 cm ，插入土层中的深度为 $15\sim 20\text{ cm}$ ，附加高度取 5 cm ，则测环总高度为 $70\sim 75\text{ cm}$ 。用测环在大田进行受淹试验应事先选好试验田块并圈定埋设点，非受淹试验期，试验点与大田采取一致的耕作管理措施，受淹时，把测环插入埋设点，并向环内灌水至设计的受淹深度，用补水器维持受淹深度不变，受淹结束拔除测环，恢复正常用水管理。

附 录 B

饱和土壤水运动参数测定方法

B1 饱和水力传导度测定方法

B1.1 用双套环法测定土层垂向饱和水力传导度。

试验装置如图 B1 所示。主要由双套环和马利奥特瓶 [图 B1 (a)] 或测针 [图 B1 (b)] 组成。

双套环是两个同心环，内环直径 30~40 cm，高 25~30 cm；外环直径 45~55 cm，高 25~30 cm。马利奥特瓶应有足够的容积，以免试验过程中替换过于频繁。

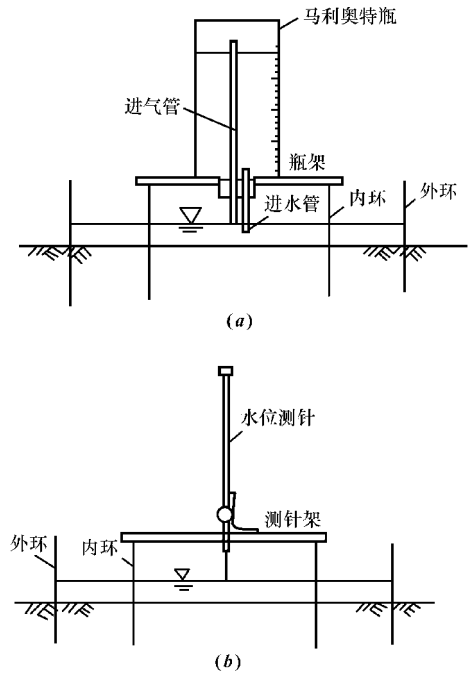


图 B1 双套环装置图

测定时，将内、外环打入土中 10~15 cm，外环必须与内环保持同心。

当采用马利奥特瓶作供水平水装置时，需调节瓶口进气管管口离地面的高度为试验中应维持的入渗水头（一般可定为 2~3 cm）。试验开始，瞬时向内、外环灌水（水层厚度等于进气管口离地面距离），随即打开马利奥特瓶放水管，以补充内环入渗消耗的水量，同时开始记时，定时读马利奥特瓶水量，时间间隔初期较短，以后逐渐加大。测定中应随时向外环注水，并保证内、外环水位齐平。试验至马利奥特瓶单位时间供水量稳定不变为止，计算稳定时单位面积的土壤入渗强度即为饱和水力传导度。

当采用测针控制水位时，应在测定前调节测针位置，使针尖处离地面高度为入渗水层厚度。测定开始，内、外环同时灌水至入渗水层厚度。用秒表记时，并将定量的水（如 1000 mL）注入内环内，水将淹没测针尖端，当内环水位由于入渗面下降至测针针尖时，记下时间，并再次向环内注水（定量），如此重复操作，直至入渗速度达到稳定，此时的入渗速度即为饱和水力传导度。测定过程中，外环应根据内环水位及时补充水量，并注意保持内、外环水位齐平。

B1.2 用钻孔水位回升法测定土层水平方向饱和水力传导度

首先选定测点，用特制的土钻打孔，孔径为 8 cm，孔深应打至地下水面以下 60 cm。钻孔过程中，应防止对孔壁土壤结构的破坏，避免形成封闭层，成孔后应进行 3 次以上的吸水作业，以恢复孔隙的透水性。对于土壤稳定性能差的钻孔，须用与钻孔内径相近的透水网管保护孔壁。现场布置示意图如图 B2 所示。

当钻孔内水位已稳定至原地下水面时，试验开始，用汲筒迅速从孔内提出一定水量，使水位降深达 20~40 cm 以上，即将带浮子的测绳放入孔内，开始计时并读出测孔水位值。量测钻孔内地下水位回升速率，可用相同的时间间隔读取相应的水位上升值 5 次以上，以其平均值计算饱和水力传导度。

试验过程中必须随时保持浮子的灵活性，避免受孔壁摩擦阻

滞浮子上升，影响读数准确性。
 当地下水位回升到 1/2 降深时，试验结束。
 用式 (B1) 计算饱和水力传导度

$$K=C \frac{\Delta h}{\Delta t} \tag{B1}$$

式中 K ——饱和水力传导度，m d；
 $\Delta h / \Delta t$ ——钻孔中水位回升率，cm s；
 C ——与钻孔尺寸、孔底至不透水层深度和孔内水位变化有关的无因次系数，可自表 B1 中查得，表中各符号参见图 B2。

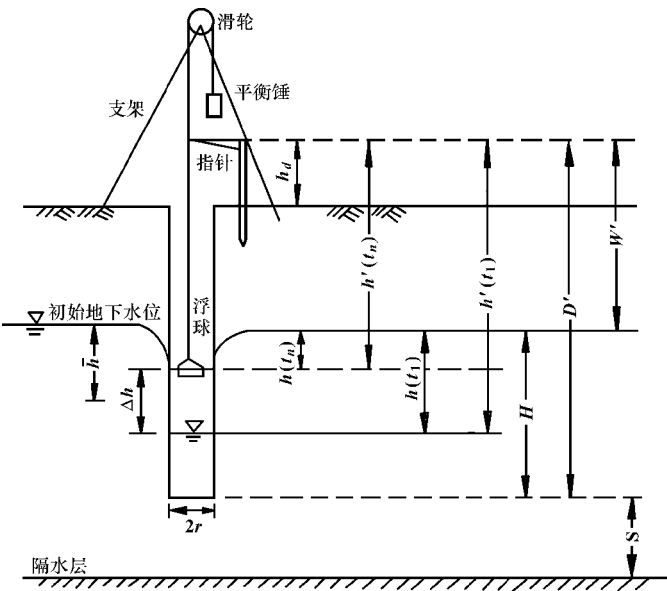


图 B2 钻孔水位回升法测定 K 值现场布置示意图

B1.3 利用排水暗管出流期间地下水位动态资料推求饱和水力传导度

胡浩特 (Hooghoudt) 排水公式是依据稳定流条件推导的，在

表 B1 C 值查算表

$H r$	$h H$	$S H$								
		0	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
1	1	447	423	404	375	323	286	264	255	254
	0.75	469	450	434	408	360	324	303	292	291
	0.50	555	537	522	497	449	411	386	380	377
2	1	186	176	167	154	134	123	118	116	115
	0.75	196	187	180	168	149	138	133	131	131
	0.50	234	225	218	207	188	175	169	167	165
5	1	51.9	48.6	46.2	42.8	38.7	36.9	36.1	35.8	35.8
	0.75	54.8	52.0	49.9	46.8	42.8	41.0	40.2	40.0	40.0
	0.50	66.1	63.4	61.3	58.1	53.9	51.9	51.0	50.7	50.7
10	1	18.1	16.9	16.1	15.1	14.1	13.6	13.4	13.4	13.4
	0.75	19.1	18.1	17.4	16.5	15.5	15.0	14.8	14.8	14.8
	0.50	23.3	22.3	21.5	20.6	19.5	19.0	18.8	18.7	18.7
20	1	5.91	5.53	5.30	5.06	4.81	4.70	4.66	4.64	4.64
	0.75	6.27	5.94	5.73	5.50	5.25	5.15	5.10	5.08	5.08
	0.50	7.67	7.34	7.12	6.88	6.60	6.48	6.43	6.41	6.41
50	1	1.25	1.18	1.14	1.11	1.07	1.05	1.04	1.04	1.04
	0.75	1.33	1.27	1.23	1.20	1.16	1.14	1.13	1.13	1.13
	0.50	1.64	1.57	1.54	1.50	1.46	1.44	1.43	1.43	1.43
100	1	0.37	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32
	1.75	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	0.50	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44

自然界中,绝对的稳定流情况并不存在,但这并不妨碍对该公式的应用。如一次降雨过程结束后(如雨停后相当一段时间),排水地块地下水位的消退变得缓慢,对于某一时刻,近似地按胡浩特公式描述排水出流与水位的关系,得

$$q_u(t) = \frac{8Kdh(t)}{B} + \frac{4Kh^2(t)}{B} \quad (\text{B2})$$

式中 $q_u(t)$ —— t 时刻单位暗管长的暗管出流量；

$h(t)$ —— t 时刻 $B/2$ 处地下水位高程(以暗管埋深高程为基准面)；

B ——暗管间距；

d ——修正含水层厚度；

K ——饱和水力传导度。

$$\text{令} \quad A = \frac{8Kd}{B} \quad (\text{B3})$$

$$C = \frac{4K}{B} \quad (\text{B4})$$

式(B2)为

$$q_u(t) = Ah(t) + Ch^2(t) \quad (\text{B5})$$

令 $\frac{q_u(t)}{h(t)} = R(t)$, 式(B4)化简为

$$R(t) = A + Ch(t) \quad (\text{B6})$$

式(B4)为线性方程,根据实测的消退过程的排水暗管出流量与相应时刻的地下水位高程 $h(t)$ 数据,所绘 $R(t) \sim h(t)$ 点据图呈直线关系,直线截距即为 A 值,直线的斜率为 C 值,将 A 、 C 值代入式(B3)和式(B4)即可求各 K 和 d 值。

本方法所测得之 K 值是地下水渗流区范围内的平均值,如果渗流区土层条件十分复杂,所给 $R(t) \sim h(t)$ 线性关系可能不理想,此法不适用。

B2 给水度室内测定法

土柱法是室内测定给水度的常用方法,试验土柱的长度与排水控制深度相当,对于南方渍害田排水区,取 1 m 左右即可;对于北方盐碱地改良区,可适当加大。土柱直径 12~15 cm,若试样为非原状土时,装填时必须控制土壤密度与现场一致。试验前通过供水平水装置向土柱供水,使土柱达到充分饱和。试验开始后,将供水平水

装置下降一定的深度 Δh , 土柱释水, 释水过程完全结束后, 测量总释水量 ΔW , 则给水度为

$$\mu = \frac{\Delta W}{\Delta h}$$

B3 压力传导系数的测量

在均质土层的排水沟（或暗管）间地段，如果排水沟（暗管）足够长，地下水向沟（管）排水近似地按一维流考虑时，通过雨后排水出流地下水位下降过程的动态资料，推求压力传导系数。

在一次强烈降雨过程后，地下水位接近地面，雨后排水沟（暗管）水位瞬降至设计高程，此时沟（暗管）间中心断面地下水埋深 h_c 的计算式为（该式适用于排水历时 $t > 0.075 B^2 a$ ）

$$H_0 - h_c = 1.273 h_0 \exp\left[-\frac{\pi^2}{B^2} at\right] \quad (B7)$$

式中 H_0 ——自地表算起的沟水位瞬降后的深度或排水暗管的埋深，cm；

h_c —— $B/2$ 处 t 时刻的地下水埋深，cm；

h_0 ——雨后地下水最高水位至排水沟瞬降后沟水面（或暗管埋深）距离，cm；

B ——排水沟（暗管）间距，cm；

t ——计算时刻（自雨后沟水位瞬降时算起），h；

a ——压力传导系数， cm^2/h 。

对式（B7）取对数，得

$$\ln \frac{1.273 h_0}{H_0 - h_c} = \frac{\pi^2}{B^2} at$$

$$\frac{4.29}{B^2} at + \lg(H_0 - h_c) = \lg 1.273 h_0 \quad (B8)$$

$$\text{令 } D = \frac{4.29}{B^2} a \quad (B9)$$

$$E = \lg 1.273 h_0 \quad (B10)$$

代入式 (B8) 得

$$Dt + \lg(H_0 - h_c) = E \quad (\text{B11})$$

取 $(H_0 - h_c)$ 坐标为对数坐标, 则式 (B11) 中 $t \sim \lg(H_0 - h_c)$ 呈线性关系, 将实测 $t \sim (H_0 - h_c)$ 数据点绘在半对数纸上应呈直线形式, 通过回归分析或图解法, 求得直线的斜率 D , 代入式 (B9), 可求得压力传导系数 a 值。

为保证求参的准确性, 应有足够数量的实测 $B2$ 处地下水回降过程的资料, 在进行图解或回归分析时, 应采用 $t > 0.075 \frac{B^2}{a}$ 的点据。

附录 C

土壤水分特征曲线的测定法

用自制土盒（面积 $80\sim 100\text{ cm}^2$ ，高 $5\sim 7\text{ cm}$ ），装填土样，若用原状土进行测定，最好用该土盒直接在现场取样。试样准备好后，在中心插入张力计瓷头，注意应使瓷头位置在土层中部。首先将土壤进行充分饱和，然后将装置放在通风的位置（有条件时在恒温室测试），定期测定土壤含水率及张力计读数，得土壤脱湿过程土壤负压与土壤含水率关系曲线。试样处于低含水率状态下逐渐均匀加水直至饱和，在加水过程中定期测定土壤含水率与负压值，便得到土壤吸湿过程的水分特征曲线。由第一次充分饱和（在实验室内可采用抽真空饱和）后的脱湿过程测得的水分特征曲线称为初始脱湿线，实用上是采取脱湿后重新吸湿所测得的吸湿过程水分特征曲线（称主吸湿线）和第二次脱湿过程所测得的水分特征曲线（称主脱湿线）作分析计算之用。由于受张力计工作压力的限制，土盒测定法的测压范围为 $0\sim 100\text{ kPa}$ 。

土壤水分特征曲线现场测定法是在选定的测点埋设张力计，在观测张力计读数的同时测定与张力计埋设点相同深度的土壤含水率，取得不同土壤含水率值与相应土壤吸力资料后，即可绘制土壤水分特征曲线图。土壤含水率测点（用中子法或其他定点测量法）或取土点（用称重法）距张力计埋设点距离不宜过大（可考虑在 $15\sim 20\text{ cm}$ 的范围内）。

附加说明

主 编 单 位：武汉水利电力大学

参 加 单 位：广东省水利水电科研所

甘肃省水利科学研究所

中国水利水电科研院水利所

黑龙江省水利科学研究所

广州市水利科学研究所

江苏昆山农田排灌研究所

主要起草人：沈荣开 张瑜芳 罗怀彬

杨思谦 叶自桐 石凤霞

杨培枢 余安仁 张明炷

顾斌杰 黄伟强