

UDC



中华人民共和国行业标准

P

SL/T 4—1999

农田排水工程技术规范

Technical code for farmland drainage project

1999-12-03 发布

2000-01-01 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

农田排水工程技术规范

Technical code for farmland drainage project

SL/T 4—1999

主编单位：中国水利水电科学研究院

批准部门：中华人民共和国水利部

施行日期：2000 年 1 月 1 日

中华人民共和国水利部

关于批准发布《农田排水工程技术规范》 SL/T 4—1999 的通知

水国科 [1999] 666 号

根据水利部水利水电技术标准制定、修订计划，由农村水利司主持，以中国水利水电科学研究院为主编单位编制的《农田排水工程技术规范》，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：

《农田排水工程技术规范》SL/T 4—1999

本标准实施后取代 SL15—90《农田排水技术规程（南方农田暗管排水部分）》。

本标准自 2000 年 1 月 1 日起实施。在实施过程中，请各单位注意总结经验，如有问题请函告主持部门，并由其负责解释。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

一九九九年十二月三日

前 言

根据(94)农水综字第 9 号文下达的《农田排水工程技术规范(北方)》和《农田水利工程技术管理规程》(后分别更名为《农田排水工程技术规范》和《灌溉与排水工程技术管理规程》)编制任务,由水利部农村水利司主持,《农田排水工程技术规范》编制组按标准编制程序进行工作,经多次讨论修改,先后完成征求意见稿和送审稿,并于 1999 年 7 月召开审查会议,通过了审查。

《农田排水工程技术规范》的内容分为:总则、规划、设计、施工、管理,另有条文说明,内容覆盖了农田排水工程技术的各个方面。

本规范解释单位:水利部农村水利司

本规范主编单位:中国水利水电科学研究院

本规范参编单位:水利部农村水利司

水利部农田灌溉研究所

武汉水利电力大学

河南省水利厅

江苏省水利厅

黑龙江省农垦勘测设计研究院

广东省水利科学研究所

甘肃省灌排技术开发公司

宁夏回族自治区石嘴山市水电局

本规范主要起草人:张友义 李占柱 沈荣开

姚章村 李绘如 罗怀彬

石凤霞 杨思谦 金其鼎

南亚武 王晓玲 董冠群

瞿兴业

目 次

1 总则	6
2 规划	7
3 设计	14
4 施工	25
5 管理	30
附录 A 渗透系数的野外测定方法	33
附录 B 给水度的野外测定方法	36
附录 C 稻田渗漏率的野外测定方法	38
附录 D 农作物耐淹水深和耐淹历时	40
附录 E 排涝模数计算公式	41
附录 F 地下水临界深度	44
附录 G 调控地下水位的末级固定沟和吸水管间距 计算公式	45
附录 H 排水沟道平均流速的计算和断面设计参数 的选用	49
附录 J 管道设计中与充盈度有关的系数确定方法	51
本规范用词和用语说明	52

1 总 则

1.0.1 为正确应用农田排水技术，防治涝、渍和土壤盐碱化，保证工程质量，节省工程费用，提高工程效益，改善生态环境，促进农业持续发展，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、扩建和改建的农田排水工程的规划、设计、施工和管理。

1.0.3 农田排水工程，应根据工程建设要求，全面搜集分析所需资料，进行必要的勘测、试验，积极采用新技术、新工艺和新材料，做到与当地农业、水利区划相一致，全面安排，综合治理，并结合先进的灌溉和农业技术措施进行工程的管理运用，获取减灾增产的持久效果。

1.0.4 农田排水工程的建设和管理，必须遵守国家有关法规和技术政策，工程建设单位应持有符合规定的设计资质证书和施工许可证；工程管理单位应严格执行各项管理规章和工程维修养护制度。

1.0.5 农田排水工程的建设和管理，除应遵守本规范外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 规 划

2.1 一 般 规 定

2.1.1 农田排水规划应在流域规划、地区水利规划和治理区自然社会经济条件、水土资源利用现状的基础上，查明治理区内的灾害情况和排水不良的原因，根据农业可持续发展、环境保护和洪、旱、涝、渍、盐碱综合治理的要求，确定排水任务和排水标准，遵照统筹兼顾、蓄排兼施的原则进行总体规划。在按照不同类型治理区的特点进行具体规划时，应符合下列要求：

1 平原区应充分考虑地形坡向、土壤和水文地质等特点规划排涝和调控地下水位的排水系统。在涝碱共存地区，可采用沟、井、闸、泵站等工程措施，有条件的地方还可采用种稻洗盐和滞涝等措施；在涝渍共存地区，可采用沟网、河网和排涝泵站等措施。

2 干旱盐碱区应根据当地自然条件和盐分组成及含量等情况，同时进行灌溉与排水规划，采取冲洗改良技术和有效调控地下水位的排水措施，并结合灌溉、农业与生物等措施，改良盐碱地。

3 沿江滨湖圩垸区应根据自然条件和内、外河水文等情况，采取联圩并垸、建站建闸和挡洪滞涝等工程措施，在确保圩垸区防洪安全的基础上，按照内外水分开，灌排渠沟分设，高低田分排，水旱作物分植等原则，以及有效控制内河水位和地下水位的的要求，制定洪、涝、渍兼治的排水规划。

4 滨海感潮区应根据自然特点和潮汐规律等情况，充分利用潮间自排的条件，采取防洪挡潮、整治河道、修建闸站和蓄洪滞涝等工程措施。

5 山丘冲垅区应根据山势地形、水土温度、坡面径流和地下径流等情况，采取冲顶建塘、环山撇洪、山脚截流、田间排水和田内泉水导排等措施，同时应与水土保持、山丘区综合开发和治

理规划紧密结合。梯田区应视里坎部位的渍害情况，采取适宜的截流排水措施。

6 对已建灌区内发生次生盐渍化或次生渍害的地区应以水盐平衡或水量平衡为依据，制定以调控地下水位为主的排水规划和必要的监测规划。

7 分蓄（滞）洪区应根据其使用概率、土地利用和耕作计划，以及分蓄（滞）洪后生产恢复等要求，选用适宜的和易于修复的工程措施。

8 制定农田排水规划时，应对出现超设计标准的降雨提出减灾措施和对策，并进行论证。

2.1.2 农田排水规划的蓄排方式、工程措施和排水分区应符合下列规定：

1 治理区应充分考虑库、塘、湖、沟和土壤的调蓄能力，因地制宜地选择水平或垂直排水、自流或抽水排水及其相结合的综合蓄排方式。在圩垸区内，一般要求蓄涝水面率为排涝面积的5%~10%，调蓄水深1~2m，蓄涝水位应低于地面0.2~0.3m。

2 根据GB/T 50288—1999《灌溉与排水工程设计规范》的规定，排水系统通常可分为干、支、斗、农四级，视治理区面积的大小亦可增减级数。其中起输水作用的干、支级宜选用明沟，斗级以下的田间排水工程应视涝、渍、盐碱的灾害成因和排水任务，因地制宜地选取明沟、暗管、鼠道、竖井等单项排水措施或不同排水措施结合的组合排水措施。

3 治理区受外来地表径流或地下径流补给，需在其影响的前沿地带布设堤、沟进行拦洪、截流或截渗排水时，必须遵守流域规划和有关规定，统筹兼顾上下游和左右岸的排水要求，不得造成水利矛盾。

4 在水资源不足地区的农田排水工程，原则上应为排水再利用创造条件。

5 治理区应在总体规划的基础上，根据灾害类型、地形地貌、土地利用、排水措施和管理运用要求等情况，进行排水分区。

2.1.3 农田排水规划应根据工程系统和排水控制要求等情况，布设排水建筑物，并应符合下列要求：

- 1 排水建筑物应随排水工程系统统一规划并布设到田间。
- 2 排水建筑物与灌溉建筑物相邻近或有交通、航运等多目标要求时，应按照布设合理、运用方便和节省投资等原则，采用联合布置形式。
- 3 圩垸区圩口闸的防洪标准应与外河堤防的防洪标准相一致。
- 4 排涝泵站应尽可能结合灌溉，实行排灌两用。

2.1.4 农田排水规划必须进行方案比较，择优选取的规划方案应符合下列规定：

- 1 工程实用、占地较少、管理方便。
- 2 工程建设投资省、运行费用低、经济效益高。
- 3 工程有利于改善治理区内外生态环境和农业可持续发展。

2.1.5 农田排水规划应根据经济条件 and 生产发展要求，实行长远与当前相结合，工程措施与生物措施相结合，从骨干到田间统一规划，并制定实施计划。

2.2 明沟排水系统

2.2.1 明沟排水系统由各级排水明沟及其建筑物和承泄区组成。明沟级数应按本规范 2.1.2 第 2 款确定，在涝、渍、盐碱严重地区可增设毛沟、鼠道等各种临时性辅助排水措施。

2.2.2 排水明沟的布置形式和线路选择应符合下列要求：

1 排水明沟应结合灌溉渠系和田间道路进行布置，在地形平坦的地区宜采用与灌溉渠道相同的双向排水形式；在倾斜平原地区宜采用与灌溉渠道相邻的单向排水形式。在轻质土地区，相邻的渠、沟之间宜布置道路或林带；有机械清淤要求时，宜采用路、沟相邻的布置形式。

2 各级排水明沟应根据治理区的地形条件，按照高水高排、低水低排、就近排泄、力争自流的原则和以下规定选择线路：

- 1) 各级排水明沟原则上应沿低洼积水线布设，并尽量利用天

然河沟。

2) 支沟与干沟，干沟与天然河流之间宜成锐角相连接，支、斗、农沟宜相互垂直连接。

3) 各级排水明沟的线路应选取在有利沟坡稳定的土质地带，若必须通过不稳定土质地带时，应提出沟坡防塌措施，其中斗、农沟宜采用简易防塌处理或改用其他排水措施。

4) 当地形坡度大于 0.5% 时，末级固定沟宜大体上沿地形等高线布设。

2.2.3 排水承泄区的选择及排水出口的处理应符合下列规定：

1 排水承泄区应保证排水系统的出流条件具有稳定的河槽或湖床、安全的堤防和足够的承泄能力，且不产生环境危害。

2 排水出口设计水位低于承泄区同期或同频水位，或受下一级排水沟水位顶托而不能自流排水时，应设置抽排泵站。若仅有部分时间不能自流排水时，可采取自流与抽排相结合的排水工程设施。

2.3 暗管排水工程

2.3.1 田间暗管排水工程一般由吸水管、集水管（沟）、附属建筑物和排水出路组成，应符合下列要求：

1 吸水管应具有良好的吸聚地下水流和输水能力；集水管（沟）应能及时汇集并排泄吸水管的来水。

2 暗管排水工程应视其具体情况，设置检查井、暗管口门和集水井等附属建筑物。

3 田间暗管排水工程的排水出路通常为明沟系统，应保证其排水通畅和沟道稳定。构成暗管排水系统时的排水出路应符合本规范 2.2.3 的规定。

2.3.2 暗管排水系统的组成、分级与管道的类型、规格等，应根据排水规模、排水要求、地形、土质、管材、滤料和施工条件等因素，经技术经济比较确定。

2.3.3 暗管排水工程的布置应符合下列规定：

1 平原区暗管的平面布设：

1) 地形平坦区宜采用吸水管布设在集水管（沟）两侧呈正交或锐角斜交的形式；在缓坡地区利用灌排相邻的排水沟为集水沟时，宜采用吸水管布设在集水沟一侧呈正交或锐角斜交的形式。

2) 平原区的吸水管宜采用等间距布设，并与地下水流向垂直或呈较大夹角。

3) 在水田或水旱轮作区，一条吸水管宜布设在同一田块内，当相邻田块的高程相近和种植作物相同时可串田布设。

2 山丘区暗管的平面布设：

1) 冲垅田内的吸水管宜大体上沿地形等高线、等间距布设，集水沟应视地形条件，可在农田中部或环田布设。

2) 梯田里坎处吸水管的条数及其间距，应视里坎的受渍宽度和程度及吸水管的作用范围而定。

3) 田块内有泉水影响时，应首先查明泉眼位置和水量，设置导泉暗管（涵），把泉水直接导入集水管（沟）。必要时应在泉眼处设置反滤暗井，并与导泉暗管连通。然后再根据需要布设田间吸水管。

3 检查井一般应设置在管道交接处、管路转角和比降突变处，以及穿越沟、渠、路的两侧或下游一侧。当管道较长时，每隔 200~300m 也应设置一个检查井。

4 水田或水旱轮作地区的吸水管出口为明沟时，通常应按调控排水要求逐条或多条联合设置控制口门。对于地形平坦和作物种类相同的地段，宜在集水管（沟）出口设闸进行分区排水控制。

5 暗管排水治理区无自流排水条件时，应视工程具体情况，采取集中或分片抽排。

6 吸水管的起始端距灌溉渠道不宜小于 3m。

2.4 竖井及其他排水工程

2.4.1 在含水层的水质和出水条件较好的地区可采用竖井排水，并实行井灌并排，调控地下水位，综合防治旱、涝、盐渍灾害。

竖井的规划布设应符合国家现行的 SD 188—86《农用机井技术规范》和当地水利规划的要求。

2.4.2 鼠道（含线缝沟）适用于施工深度内不含较大卵砾石的粘性土地地区的田间治渍排水。采用鼠道排水应符合下列要求：

1 鼠道宜相互平行布设，应具有良好的排水出路。

2 鼠道排出水一般流入集水沟，若需流入暗管时，必须在其交汇处设置滤层。

3 多年使用的鼠道，应在每块田头埋设横向管道将多条鼠道连通，集中于一个出水口通向集水沟，并根据需要设置排水控制设施。

2.4.3 组合排水应根据治理要求和具体条件选用，并符合下列要求：

1 在涝、渍、盐碱兼治的地区，可根据土质、地形、治理要求及技术经济等条件，选用明沟与暗管相结合的排水系统，其布设应有利于综合治理。

2 在旱、涝、盐碱兼治且利用浅层淡水灌溉的地区，可采用井灌井排与明沟相结合的排水系统进行综合治理。当有地面灌水或降雨入渗补给条件的浅层微咸水和半咸水地区，亦可采用明沟与竖井结合，利用竖井抽水灌溉，或经淡化后灌溉，或将不宜利用的咸水排出区外。

3 在粘质土地区采用暗管排水治理渍害时，可在田间增设临时性的浅明沟、鼠道或线缝沟，构成深浅相同或相交布设的组合排水，并宜辅助以增强排水效果的松土、改土等措施。

2.4.4 排水工程的综合利用必须通过可行性论证，并应符合下列规定：

1 利用排水明沟蓄水、输水进行灌溉时，必须考虑工程系统调度运用的灵活性，并采取防止沟道泥沙淤积、边坡坍塌及水位超标而引起两岸土地发生或加重涝、渍、盐碱灾害的有效措施。

2 利用排水沟网建闸蓄水回补地下水时，宜选在土壤渗透性较好的沟网区或沟段，并应处理好蓄水回灌与正常排水的关系，

防止土壤次生盐碱化和涝渍灾害。不得引用水质超标的污水及含泥沙的浑水进行回灌。

3 利用排水沟网进行养殖和水运时，其水深和水面宽度可按有关规定确定，严禁在排水沟网上节节堵坝壅水，必需增加的附属设施不得影响正常排水。

3 设 计

3.1 一 般 规 定

3.1.1 治理区应根据排水任务选择设计排水标准。若当地经济条件较好或有特殊要求时，可适当提高标准；若受条件限制，可分期实施达到标准。

3.1.2 排水设计中，应按所在流域或地区的防洪规划和 GB 50201—94《防洪标准》的规定，确定圩垸堤防、泵站和其他排水工程的设计要素。

3.1.3 农田排水工程设计文件的编制及工程投资和经济效益分析，应按水利水电工程有关的设计报告编制规程和 SL 72—94《水利建设项目经济评价规范》等有关标准执行。

3.1.4 治理区土层的渗透系数、给水度和稻田渗漏率等参数，宜按本规范附录 A～附录 C 确定。

3.2 排 水 标 准

3.2.1 农田排水标准可分为排涝、治渍和防治盐碱化三类，均应根据当地或临近类似地区排水试验资料或实践经验，按照治理区的作物种类、土壤特性、水文地质和气象条件等因素，并结合社会经济条件和农业发展水平，通过技术经济论证确定，并应符合本节有关规定。

3.2.2 排涝标准的确定应符合下列规定：

1 设计暴雨重现期可采用 5～10 年。

2 设计暴雨的历时和排出时间，应根据治理区的暴雨特性、汇流条件、河网湖泊调蓄能力、农作物的耐淹水深和耐淹历时（按本规范附录 D 选用）及对农作物减产率的相关分析等条件确定。旱作区可采用 1～3d 暴雨 1～3d 排除。稻作区可采用 1～3d 暴雨 3～5d 排至耐淹水深。

3 排涝模数应根据近期内当地或邻近地区的实测资料确定。无实测资料时，可根据治理区的具体情况，采用所在流域机构认可的方法或按本规范附录 E 选用适宜的公式计算确定。

3.2.3 治渍排水标准应综合农作物生长和农业机械作业的要求确定，并符合下列规定：

1 治渍排水工程应以满足农作物全生育期要求的最大排渍深度为工程控制标准，一般可视作物根深不同而选用 0.8~1.3 m。旱作区在渍害敏感期间可采用 3~4d 内将地下水埋深降至 0.4~0.6 m；稻作区在晒田期 3~5d 内降至 0.4~0.6 m；淹灌期的适宜渗漏率可选用 2~8 mm/d，粘性土取较小值，砂性土取较大值。

2 农业机械作业对排水要求的排渍深度，一般应控制在 0.6~0.8 m，排渍时间可根据各地的耕作要求确定。

3 治渍排水模数可用下式计算：

$$q = \frac{\mu \Delta \bar{h}}{t} \quad (3.2.3-1)$$

式中 q ——调控地下水位要求的治渍排水模数，m/d；

$\Delta \bar{h}$ ——满足治渍要求的地下水位平均降深值，m；

t ——排水时间，d，应按本条中的治渍要求确定；

μ ——地下水位降深范围内的平均给水度。

3.2.4 防治盐碱化排水标准的确定应符合下列规定：

1 通常应以地下水临界深度（按本规范附录 F 选用）为工程设计标准，当采用小于临界深度设计时，应通过水盐平衡论证确定。

2 防治盐碱化的排水时间一般可采用 8~15d 内将地下水位降到临界深度，并达到以下要求：

1) 在预防盐碱化地区，应保证农作物各生育期的根层土壤含盐量不超过其耐盐能力。

2) 在冲洗改良盐碱土地区，应满足设计土层深度内达到脱盐要求。

3 防治盐碱化排水模数和冲洗改良时的排水模数可分别用下列公式确定：

$$\text{防治盐碱化时} \quad q = \frac{\mu \Omega (h_t - h_0)}{t} - \bar{\varepsilon}_h \quad (3.2.4-1)$$

$$\text{冲洗改良时} \quad q = \frac{m - \varepsilon_0 t - \Delta w}{t} - \bar{\varepsilon}_h \quad (3.2.4-2)$$

$$\bar{\varepsilon}_h = \varepsilon_0 \left(1 - \frac{h_0 + h_t}{2 h_e} \right)^n \quad (3.2.4-3)$$

式中 $\bar{\varepsilon}_h$ ——排水过程中的地下水平均蒸发强度，m/d；
 ε_0 ——水面蒸发强度，m/d，若根据当地具体条件可以不考虑蒸发影响时，应取 $\varepsilon_0=0$ ；
 h_0 ——起始地下水埋深，m；
 h_t ——设计地下水埋深，m，通常可用临界深度替代；
 h_e ——地下水停止蒸发或微弱蒸发深度，m；
 n ——地下水蒸发与埋深关系指数，通常 $n \geq 1$ ；
 Ω ——排水地段内的地下水水面形状修正系数，通常明沟取 0.7~0.8，暗管取 0.8~0.9；
 m ——冲洗定额，m；
 Δw ——冲洗排水前后的土壤含水量增值，m；
 t ——防止土壤返盐的排水时间或冲洗排水时间，d。

3.3 明 沟 排 水

3.3.1 各级明沟排水的设计流量，应根据其控制面积与产汇流条件，按设计标准推算求得，亦可采用与排水任务相应的排水模数乘其控制面积确定，并应符合下列规定：

1 单一排水任务的沟道，应按排涝、治渍或防治盐碱化的要求确定排水设计流量。在盐碱化地区有冲洗要求时，应以冲洗排水流量作校核流量。

2 在涝、渍、盐碱共存地区，应按设计标准确定排涝、治渍和防治盐碱化的排水流量，从中选定设计流量和校核流量。

3 排、引、蓄、灌等综合利用的沟道，在满足排水设计流量的条件下，还应考虑其他利用方式的流量要求。

3.3.2 末级固定沟的深度和间距应按与排水任务相应的排水标准确定，并应符合下列要求：

1 排涝末级固定沟的间距应根据地形条件、耕作要求、田块大小和田间灌溉渠道等情况选定，沟深应按断面设计计算确定。

2 调控地下水位的末级固定沟深度可用下式计算：

$$h_g = h + \Delta H + h_0 \quad (3.3.2-1)$$

式中 h_g ——调控地下水位的末级固定沟深度，m；

h ——排渍深度或临界深度，m；

ΔH ——剩余水头或滞流水头，m，一般采用 0.2~0.3m；

h_0 ——排地下水时的沟中水深，m，一般采用 0.1~0.2m。

3 调控地下水位的末级固定沟间距可用以下三种方法确定：

1) 排水试验法，按 SL 109—95《农田排水试验规范》要求确定；

2) 公式计算法，按本规范附录 G 选用适当公式计算确定；

3) 经验数值法，按当地或类似地区实践经验确定的经验值选用。

4 兼有排涝和调控地下水位作用的末级固定沟，一般应按调控地下水位要求确定沟深和间距，按排涝设计流量、边坡稳定和施工要求确定断面。

3.3.3 排水沟道的断面设计应满足输水能力、水位控制、上下级沟道和建筑物的水位衔接、边坡稳定、不发生冲淤以及工程量少、便于人力施工或机械作业等基本要求，并符合下列规定：

1 排水沟的过流断面应用设计流量计算确定，有关设计参数按本规范附录 H 选用。

2 排水沟深大于 5 m 时，宜采用便于施工和管理的复式断面，可在沟底以上每隔 3~5 m 深度设宽度不小于 0.8 m 的平台。

3 排水沟道在交汇处的水位衔接：

1) 通过设计流量时，下级沟道水位应低于上级沟道水位 0.1

~0.2m;

2) 通过校核流量时, 允许下级沟道对上级沟道有暂时的水位顶托现象;

3) 自流排水条件下, 干沟出口的设计水位和日常水位应高于或等于承泄区的设计水位和日常水位;

4) 对于不能达到上述规定的沟道, 可采用抽水排水的连接方式。

3.3.4 根据排水分区和不同排水措施, 选择有代表性的斗沟范围内进行斗、农沟和田间沟、渠、路、林的全面布设以及土地平整等典型设计。

3.3.5 排水系统中各级沟道设计水位的确定应符合下列规定:

1 各级沟道出口处的排涝设计水位可用下式计算:

$$Z_L = Z_0 - \sum Li - \sum \Delta Z \quad (3.3.5-1)$$

式中 Z_L ——各级沟道出口处的排涝设计水位, m;

Z_0 ——起排点水位高程, m, 应低于治理区内有代表性的地面点高程 0.2~0.3 m;

L ——各有关沟道的长度, m;

i ——各有关沟道的纵比降;

ΔZ ——各有关沟道的水位衔接值和过流建筑物的水头损失值, m。

2 末级固定沟排地下水的的设计水位和各级沟道出口处排地下水的的设计水位可用下式计算:

$$Z_n = Z_0 - h - \Delta H \quad (3.3.5-2)$$

$$Z_d = Z_n - \sum Li - \sum \Delta Z = Z_L - h - \Delta H \quad (3.3.5-3)$$

式中 Z_n ——末级固定沟排地下水的的设计水位, m;

Z_d ——各级沟道出口处排地下水的的设计水位, m;

h ——治渍地区为设计排渍深度, 防治盐碱化地区为临界深度, m。

3 当按排地下水设计流量确定的沟道断面用排涝设计流量校核时，所得的排涝水位线应低于或等于排涝设计水位线，否则应采取增加底宽以扩大断面的措施调整断面设计。

4 若按排涝设计流量确定的沟道断面用排地下水设计流量校核时，所得的排地下水水位线应低于或等于排地下水设计水位线，否则应采取增加底宽或沟深的措施调整断面设计。

5 承泄区的设计水位应根据各地具体条件通过技术经济分析确定，一般可采用与排水治理区设计暴雨的同期同频水位。若治理区与承泄区不属同一暴雨区时，应通过两者的遭遇分析确定水位。当承泄区设计水位高于治理区排水出口设计水位时，可采用以下处理设计：

1) 当水位差小于 0.3 m 时，可适当放缓排水系统的纵坡，争取自流排水；

2) 当水位差为 0.3~0.5 m 时，在其壅水范围内可采用缓排或局部抽排；

3) 当水位差超过 0.5 m 时，应采用抽排。

3.3.6 不稳定沟段的边坡处理设计，应以地下水作用于不同土质坡面的稳定分析为依据，选用技术可行、经济实用的防护措施，并应符合下列要求：

1 对于因地下水位较高和边坡土体稳定性能差，易发生渗透变形的沟段，可选用埋设截渗减压暗管或暗沟、铺设褥垫式排水滤层等排水体，或设置坡面排水体、截渗隔墙等，降低出逸高度，减小渗透压力，改善渗流状况，保护坡面稳定。

2 对于坡体为上粘下砂易发生整体滑塌的沟段，可在坡脚堆置石棱体、埋设粘（砂）土袋或铺设土工布等处理设计，稳固坡脚，保护坡面和沟底的土体稳定。

3 对于边坡土层复杂，既有渗透变形又有整体滑塌破坏的沟段，可选取以上两款中的必要措施，并结合采用复式断面、放缓边坡等措施，进行综合处理设计。

4 各种处理设计中应充分考虑采用生物固坡技术措施。

3.4 暗 管 排 水

3.4.1 暗管的埋深和间距应满足治渍或防治盐碱化的排水要求，并符合下列规定：

1 吸水管的埋深可按本规范公式 (3.3.2-1) 计算，其中沟中水深改用暗管半径。吸水管间距可按本规范 3.3.2 第 3 款的方法确定。

2 集水管的埋深应保证吸水管在正常条件下自由出流，其间距视吸水管的平面布置形式和地形而定。

3 寒冷地区的暗管埋深宜大于最大冻土层厚度。

3.4.2 暗管管材和外包滤料的选用应符合下列规定：

1 管材应经济适用、形状规整、壁厚均匀、管体平直和满足安全荷载的强度要求，使用年限不得小于 20 年；吸水管的进水孔隙面积应大于 $1000 \text{ mm}^2/\text{m}$ ；刚性管自然衔接的缝隙不得超过 3 mm；机械铺设刚性管的节长宜为 33 cm，接口宜为承插式或其他套接形式；在松软土层内宜采用整体性能良好的轻型、柔性管材。

2 吸水管周围一般应设置取材容易、施工方便、耐酸碱、不易腐烂、对作物无害且不污染环境的外包滤料，其渗透系数应比管周围土壤大 10 倍以上。集水管底部宜设稳定管体的垫层。

3 外包滤料一般应整管均匀铺设，其厚度应根据当地实践经验或通过试验确定。一般宜采用砂砾材料，铺设厚度视土壤淤积倾向而定：淤积倾向较严重的土壤不得小于 8 cm，淤积倾向较轻的土壤可采用 5 cm，无淤积倾向的土壤尚可适当减薄或只在管顶和两侧铺设。采用有机滤料时以上数值应为压实厚度。各种化纤外包滤料应通过实验确定。机械铺设吸水管时，应选用粒状滤料、管滤结合或预包成型的管材。

3.4.3 排水暗管内径的确定应符合下列规定：

1 排水暗管的设计流量可按下列公式计算：

$$Q = CqA \quad (3.4.3-1)$$

式中 Q ——设计排水流量， m^3/d ；

C ——与面积有关的流量系数，通常只设一级或两级暗管时，可取 $C=1$ ；

q ——治渍或防治盐碱化的设计排水模数， m/d ；

A ——暗管的排水控制面积， m^2 。

2 排水暗管的内径可根据设计流量用下列要求确定：

1) 吸水管应用非均匀流公式计算：

$$d=2 \left(nQ / \alpha \sqrt{3i} \right)^{3/8} \quad (3.4.3-2)$$

2) 集水管应用均匀流公式计算：

$$d=2 \left(nQ / \alpha \sqrt{i} \right)^{3/8} \quad (3.4.3-3)$$

式中 d ——排水暗管内径， m ；

i ——水力比降，可采用排水暗管比降；

α ——与管内充盈度 a 有关的系数，按本规范附录 J 选用；

n ——管内糙率，通常瓦管取 0.014，混凝土管取 0.013，波纹管取 0.016，光壁塑料管取 0.011，其中刚性管制做工艺不良的糙率值可按增大 10%~20% 计。

3) 吸水管和集水管实际选用内径应分别为计算内径的 1.2 和 1.1 倍，但最小选用值分别不得小于 50 mm 和 80 mm。非圆形管可按其断面积折算成圆形管。设计中，每条吸水管宜取同一管径。集水管可根据汇流情况分段变径。

3 排水暗管比降按下列要求确定：

1) 排水暗管比降应满足管内允许不淤流速的要求，管内径小于或等于 100 mm 时可采用 1/300~1/600；大于 100 mm 时可采用 1/600~1/1500。在地形平坦地区，吸水管首、末端的埋深差值不宜大于 0.4 m。

2) 管内平均流速用下式计算：

$$V = \left[\frac{d}{2} \right]^{2/3} i^{1/2} \beta / n \quad (3.4.3-4)$$

式中 V ——管内平均流速， m/s ；

β ——与管内充盈度 a 有关的系数，按本规范附录 J 选用。

3.4.4 检查井、吸水管口门和集水井等附属设施的设计应符合下

列要求：

1 检查井直径宜大于 80 cm；井内吸水管底应高于集水管顶 10 cm；井底应留有 30~50 cm 深的沉沙段；明式检查井应加盖保护，暗式检查井的覆土厚度应大于 50 cm。

2 吸水管口门应按排水控制要求设计。无控制要求时，出口段 3 m 左右应改用不透水管材，并伸出沟波 10 cm 以上，还应对明沟坡面进行防冲处理。

3 采用分片抽排方案时，应根据汇流量和扬程选择水泵，按运用灵活和管理方便等要求设计汇流集水井。

3.5 竖井和其他排水

3.5.1 地下浅层含水层水量较丰和水质可用于灌溉的井灌井排地区，竖井设计应以当地水文地质勘探、抽水试验成果或渗流计算为依据，按照灌溉用水和调控地下水位的要求，确定抽水层、井深、井型结构、井群布设和抽水机具等项目。

3.5.2 鼠道排水设计要素的确定应符合下列要求：

1 鼠道洞径宜为 6~10 cm，降雨量大和排水要求较高的地区应选用较大值。

2 鼠道洞深不得浅于犁底层，宜为 40~70 cm，农作物根系密集层较深的地区应选用较大值。

3 鼠道洞距宜为 2~5 m，土壤渗透性能较好和鼠道较深时应选用较大值。

4 鼠道洞长随田块长度或宽度而定，其比降与鼠道线路的地面坡降基本一致。

5 鼠道出口宜用 1 m 左右的管材插接保护，并对出口处明沟坡面进行保护处理。

3.5.3 线缝沟的深度以划穿犁底层为宜，其间距可采用 0.5~1.0 m。

3.5.4 各种组合排水设计应将其排水措施有机地组成统一体，并符合本规范中有关各项排水设计的规定。

3.5.5 截渗排水和截流排水应符合下列规定：

1 拦截地下径流或渠、库渗漏水流的截渗沟、管或井带，应布设在接近补给源的部位，并根据侧向来水量和水文地质条件，选用相应的渗流计算公式或通过模拟试验进行截渗沟、管、井带的排水设计。

2 拦截区外地面径流的截流沟设计，应按排涝标准规定的暴雨频率及汇流面积确定设计流量，按照明沟排水设计的有关规定进行断面设计。当同时有拦截区外地下径流来水任务时，应按截渗要求进行校核。

3 山丘区拦截坡面径流的截洪沟（撇洪沟）应采取分段泄洪措施，可按排涝标准规定的暴雨频率计算坡面洪峰流量，减去库、塘等调蓄水量及分段泄洪量后为设计流量进行断面设计。

3.5.6 在洼涝盐碱地区利用引洪淤灌时的田间排水工程，应以田面退水有出路和排涝及调控地下水位有保证为原则，除按本章有关规定设计外，尚应对田埂加高、加固和退水时防冲、防淤等做出设计。

3.6 排水系统建筑物

3.6.1 排水系统建筑物的设计应符合下列规定：

1 各类排水建筑物设计均应做到技术先进、结构合理、安全适用、便于施工和管理。有条件时需要时，尚可考虑其造形美观。

2 在寒冷和盐碱地区的排水建筑物应满足防冻胀和防腐蚀要求。

3 斗级及其以下的排水建筑物可采用与当地情况相适合的标准设计或定型设计；数量较多的小型建筑物和暗管排水的附属设施宜采用装配式结构。

3.6.2 排水系统的交叉建筑物包括交通桥、涵与过流渡槽、倒虹吸等，均应满足排水设计流量要求，不得造成沟道壅水而产生排水不畅，并符合下列规定：

1 交通桥、涵和穿越沟道的过流交叉建筑物，其等级标准不

应低于该排水沟道的等级标准。

2 涵管的过流断面不利于清淤时应适当加大，进出口两侧及其上的覆土应进行防护处理设计。

3.6.3 排水系统的连接建筑物如跌水和陡坡，应设置在地形变化较大和工程条件较好的直线沟段处，必须做好消能设计和防渗设计。

3.6.4 排水系统的调控建筑物如节制闸、泄水闸和挡潮闸的设计应符合下列要求：

1 各类调控建筑物应按调蓄水位和设计流量的要求进行设计，并为田间排水控制提供条件。

2 节制闸的调蓄水位应满足防治土壤盐碱化及生态环境保护的要求；泄水闸和挡潮闸应与其相连堤防的防洪或防潮等级标准相一致。

3 圩垸区干沟或中心河出口的排水闸，一般应结合外河防洪和两侧交通等要求进行设计。

4 各类调控建筑物均应操作灵活，有利防淤和冲淤。

3.6.5 排水系统的泵站设计，应充分考虑治理区内的调蓄能力。凡可与灌溉相结合时，均应按排灌两用泵站要求进行设计。

4 施 工

4.1 一 般 规 定

- 4.1.1 农田排水工程应根据治理区规模，建立健全施工组织。
- 4.1.2 治理区内的各项排水工程，应视工程等级和规模等情况实行招投标或承包制，大型排水工程还应实行工程监理制度。
- 4.1.3 施工单位应根据规划设计、资金投入及农业生产情况，进行施工设计、制定施工方案。若需修改规划设计时，应与规划设计单位研究确定，对于重大修改应共同提出修改方案，报主管单位审批后实施。
- 4.1.4 施工前必须做好料物备制和定线放样等准备工作。施工期宜选在非汛期的农闲和地下水位较低的季节，通常按先下游后上游，先骨干后田间的顺序施工。
- 4.1.5 各类农田排水工程应执行有关水利工程施工规范和其他有关规定。各类建筑物的修建和设备安装，均应由专业队伍实施。
- 4.1.6 采用新型机械施工时，应对机械驾驶员及施工人员进行技术培训。若组织群众开挖沟道时，应进行标准断面的开挖示范。

4.2 明 沟 工 程

- 4.2.1 明沟工程的施工定线、放样应符合下列要求：
 - 1 干、支、斗沟应放沟道两侧开挖线、堆土线和中心线，农沟可只放沟道两侧开挖线；施工控制横断面的间隔不得超过 100 m，地形复杂地段尚需适当加密。
 - 2 施工放线的平面和高程控制应利用原有控制系统和资料。
 - 3 控制系统和施工放线的要求和限差：干、支、斗沟应按

SL 203—97《水利水电工程测量规范》的有关规定执行，农沟可参照执行。

4.2.2 明沟工程可采用机械开挖或人工开挖，并应遵守下列规定：

1 机械开挖时的驾驶员应熟知机械性能和安全操作规定，确保施工质量。

2 人工开挖一般应从中心部位向外扩展，分层进行，先台阶后成型，逐次开挖到底。若地下水位过高时，可采用分层开挖导流法。必要时还可采用其他临时排水措施。

3 分段或分期施工的沟道，必须按设计断面或分期要求施工，各沟段应顺直衔接。

4 沟道的填方段或填方沟堤必须执行堤坝施工的有关规定。

5 当沟道进行裁弯、改道时，一般应执行挖新填旧的原则。

6 开挖排水沟的弃土应用于筑路、修渠和平田整地。必须堆置两岸时应尽量减少占地，一般每侧占地宽度：干沟不宜超过 4~5 m，支沟 3~4 m，斗沟 2~3 m，并应平整利用或植树。

4.2.3 难险工段的明沟开挖应遵守下列规定：

1 在深挖方、滑坡及岩石破碎带等难险沟段施工时，应先除险排难，再进行开挖，并做好安全防护工作。

2 对于沼泽地等松软土类区应先排除地表水，再采取边排地下水、边分层开挖或其他行之有效的处理方法。

3 对于干硬土类区无条件浸湿干挖时，可采取人工破碎或爆破等处理方法。

4.2.4 不稳定沟段的边坡防护施工应遵循下列规定：

1 根据设计确定的处理方法和要求，做好施工排水和材料备制工作。

2 减压暗管施工应按本规范 4.3 有关规定执行，其他排水体、土工布的设置及回填土的碾压夯实等，还应参照 SDJ 218—83《碾压式土石坝施工技术规范》的有关规定执行。

3 施工中应检查边坡土层是否与勘测设计一致或相近，若变

化较大时，应与设计单位商定，有针对性地改变设计，并做好施工记录。

4.3 暗 管 工 程

4.3.1 暗管排水工程应组织专业队施工。首先做好施工前的准备工作，再按照开挖管沟，铺放管材及外包滤料、回填管沟和修建附属设施的一般工序进行施工。每道工序经检查合格后，方可进行下道工序。

4.3.2 管道施工前，必须根据设计在田间标定出管线及建筑物位置。每条管道中心线的首、末端应设标示桩，每隔 20~30m 设一木桩，并标出管沟的开挖深度及宽度。当采用开沟铺管机施工时，可只设置一条中心线。

4.3.3 人工开挖管沟时，应自下游往上游、从集水管到吸水管进行。管沟开挖断面和出土堆放应有利于人工铺管和边坡稳定。在沼泽地区，应先排除地表水，再采取边排地下水、边加深管沟的施工方法。松软土类区宜在地下水位较低时期施工，先挖至接近地下水位，再集中人力快速抢挖至要求深度，必要时可采取预排水施工和临时支护措施。

4.3.4 铺设集水管的管沟底部应以保证管体稳定为原则，而铺设吸水管的管沟底部宽度，一般应等于或稍大于吸水管外径加两侧外包滤料厚度。

4.3.5 管道和外包滤料的人工铺设应遵循下列规定：

1 通常应由上游向下游铺设。吸水管的起始端若不设通气孔时应封闭。

2 严禁在泥水中作业，必要时应采取预排水施工措施。

3 管道应按设计坡降顺直地铺放在基土、滤料或垫层上，严禁出现倒坡及起伏；各节刚性管口应靠紧，不得脱节错位。

4 铺放滤料时，一般应先在沟底平整的铺放，待吸水管铺设验收后，再铺放管顶和两侧滤料。

4.3.6 管沟回填土应分层踏实，严禁用淤泥回填，并宜将原耕作

土回填在表层，且略高于地面。每条吸水管道从开挖至回填管沟宜在无雨日内连续完成。

4.3.7 机械开沟铺管时，应根据土壤质地、埋管深度、管材类型、管节长度和管径大小以及是否填放滤料等选定适宜机型，并按下列要求施工：

1 一般应先平整机道，再根据设计管道坡降，采用丁字形视标杆控制纵坡。有条件时可采用激光控制纵坡。

2 每一条管道的开沟铺管作业应自下游向上游连续完成。

3 机械开沟铺管后应按本规范 **4.3.6** 规定及时回填管沟，严防存在土块的架空现象。

4.3.8 采用挖掘机开沟、人工铺管时，应先用机械挖深至埋设的管顶以上，再由人工开挖至设计深度。其他应符合本规范 **4.3.5** 和 **4.3.6** 的规定。

4.3.9 暗管排水工程的附属设施应按设计要求与管道同期施工，并符合下列要求：

1 各类附属建筑物可在铺管后施工，其全部结合部位应密封好，并做好基础及回填土的夯实处理。暗式检查井应设地面标志。

2 在建筑物四周回填土上铺设刚性管时，基土必须夯实，管底应铺垫层。

4.4 鼠 道 工 程

4.4.1 鼠道犁应按设计要求选择，并配备好动力机具及其他施工用具。

4.4.2 鼠道施工宜选择在农田休闲季节进行，适宜土壤含水率应为田间持水率的 70%~90%。

4.4.3 鼠道行进路线的田面应平整，坡度与田面保持一致。

4.4.4 鼠道犁行进要平直，每条鼠道应一次完成，及时处理好洞口。

4.4.5 施工前应认真检查动力机具、传动部件和鼠道犁的各个紧固件，根据鼠道洞深要求确定犁刀上的牵引点；施工中应经常清

除各部件上的污泥和杂草，及时排除机械故障，确保施工安全
和质量；施工后应对机具进行清洗和保养。

4.5 工 程 验 收

4.5.1 排水工程的施工应有验收组织。施工中应按设计要求及有关施工技术规范规定,对工程的重要部位和隐蔽部位进行跟踪检查和检验。发现工程质量问题,必须及时处理,严重者应返工。

4.5.2 工程全部完工后,应进行竣工验收;需进行试运行的工程,必须在试运行结束后再验收,并向主管部门提交竣工验收报告;实行工程监理的排水工程还应提交工程监理报告,经上级主管部门批准后发给合格证。

4.5.3 工程规划、设计、施工和验收文件等资料应移交管理单位存档。

5 管 理

5.1 一 般 规 定

5.1.1 农田排水工程必须确定或建立相应的管理机构，落实管理经费，制定切实可行的管理规章和工程维修养护制度，并应对管理人员进行技术培训和岗位考核。

5.1.2 农田排水工程系统的管理应包括经常性的维护、季节性的整修和临时性的抢修以及排水工程控制运用、挖潜改造、排水效果监测和必要的试验工作。

5.1.3 管理工作中的各类文件和技术资料均应及时整理归档。

5.1.4 农村、城镇及工矿企业排入农田排水系统的水质必须符合现行的 GB 3838—88《地面水环境质量标准》和 GB 8978—88《污水综合排放标准》的规定。

5.2 维 修 养 护

5.2.1 排水工程的维修养护应以设计标准为依据，确保排水通畅和设施完好、运行正常，并根据工程特点，分别符合下列要求：

1 明沟内不得设障堵水，并应根据淤积阻水情况定期清理。对不稳定沟段，应采取切实有效的防塌固坡措施，加强维修养护。

2 暗管工程在运行初期应沿管线经常巡视，发现凹坑应及时填平；以后可每年定期检修一次。对于出流量明显减少或含沙量明显增多的管道，应查找原因，及时处理。

3 鼠道应视其出流减少情况，及时进行局部或全部更新。

4 排水竖井和排灌两用井在运行期间，应记录其出水量和含沙情况，发现异常时应立即查找原因，进行处理。

5.2.2 排水建筑物和各种设备应经常维护、定期检修，确保运行良好，并符合下列规定：

1 各类排水建筑物完整无损、无冲刷、无淤积。闸门启闭灵

活。对于主要建筑物应建立专门的检修制度或维修养护条例。

2 泵站前池和暗管检查井、集水井中的淤泥及拦污栅前的各种杂物应经常清除，各种井盖应严密盖好。

3 排水泵站、集水井和竖井等安装的水泵、动力机与电气设备应严格保养，每年全面检修一次，确保安全运行。

4 寒冷地区在冬季应做好有关设施及设备的防冻保护。

5.3 运 行 管 理

5.3.1 农田排水工程的运行管理应充分发挥工程效益，确保在设计标准条件下正常发挥作用，满足排水要求。

5.3.2 管理机构应根据当地自然条件和不同作物各生育期的耐涝、渍和耐盐碱能力，制定正常的运行管理方案。并随时掌握雨情、水情、旱情、涝情和土壤水分、盐分情况，及时协调各项工程的排水与调控作用，充分发挥排水系统的整体效益。

5.3.3 不同类型地区的田间排水管理，应分别符合下列要求：

1 稻作区晒田和落干期应按当时的气候情况和要求的地下水埋深，严格控制排水时间；灌溉期应按田间水管理要求进行排水；施肥后应控制排水。

2 旱作区正常情况下应按作物不同生育期的适宜地下水埋深和降速要求进行排水；干旱季节应根据墒情和防治盐碱要求调控地下水位。

3 井灌井排区的地下水位调控，汛前应结合灌溉降至防涝蓄水深度以下；汛期应调控在排渍深度以下；汛后应在强烈返盐期前排降至临界深度以下。

5.3.4 治理区发生超标准暴雨时，应根据规划要求和当时的具体情况，并结合涝渍伴生或涝碱相随的自然特点，及时分析涝情的发展趋势，提出避灾、减灾措施及工程的非常规运行方案，将涝灾损失及其影响减至最小程度。

5.3.5 有条件的地区应逐渐实行排水系统的优化运行调度，或与灌溉系统相结合进行联合运行调度。

5.3.6 农田排水再利用应以不影响排水效果、生态环境和具有明显经济效益为原则，并符合下列规定：

1 利用农田排出水灌溉的水质要求，原则上应符合灌溉水质标准，但在严重干旱的盐碱地区或在抗旱灌溉期间，在使用较高矿化水灌溉后，应及时采取有效措施，防止土壤返盐，并确保土壤水盐平衡。

2 对于水质不良的排出水，通常可采用淡水混合达标后进行灌溉，亦可采用咸、淡轮灌的方法，防止土壤积盐。

3 根据各级排水工程的排水量和水质变化，结合其控制面积内作物种植结构及不同生育期的耐盐能力，拟定排水再利用的时间、水量、范围和相应的措施。

5.4 效 果 监 测

5.4.1 排水管理机构应对治理区的排水标准和工程效果进行必要的监测，积累实践资料，指导管理工作。

5.4.2 重点工程和示范工程，应由专职人员根据治理目标进行全面的工程效果监测。监测内容应符合下列规定：

1 排涝效果监测：暴雨量及其历时，农田淹水深度、排除时间及对农作物的影响，承泄区水位状况和排出水量，涝情、灾情调查以及工程排涝模数与减灾效果分析等。

2 治渍效果监测：地下水位年内变化过程，农作物生育阶段的土壤水分状况及其理化性状，稻田适宜渗漏率、工程排水量、治渍排水模数、增产效益与改善机械作业效果分析等。

3 防治盐碱化效果监测：作物根层盐分和地下水矿化度的变化，地下水位在年内的变化过程，工程的排水量、排盐量、排水模数、灌排总水量比值，以及土壤理化性状改善和增产效果分析等。

5.4.3 有条件的地区应对生物排水效果及其环境效应进行监测。

附录 A 渗透系数的野外测定方法

渗透系数又称水力传导度或土壤导水率，在农田排水设计中，宜用钻孔水位回升法现场测定，一般要求每平方公里不少于 4 个测点。

1 基本方法

在预定地点用土钻打孔，孔径为 8~10 cm，孔深应低于地下水面 60 cm，待孔内水面稳定至原地下水位高程后，从孔中汲走一部分水，立即测定孔内下降后的水位回升速率，按式 (A-1) 和表 A-1 计算渗透系数值。

测定使用的工具与设备有土钻、汲水筒、透水网管和带浮子的测绳、标尺架及秒表。

2 操作要点

1) 钻孔过程中应尽量不使孔壁土壤结构变形，避免形成封闭层。为此，钻孔完成后应进行 3 次以上的汲水作业，以恢复孔壁土壤的透水性。对于土壤稳定性差的地区，应采用与孔径相近的透水网管保护孔壁。

2) 待孔内水面稳定至原地下水位高程后，用汲水筒从孔内迅速提出一定水量，使水位降深 40 cm 左右，立即从标尺架上放下带浮子的测绳，开始计时并读取初始地下水位测深。

3) 量测孔内水位的回升速率，可按相同的间隔时段 Δt (s) 连续量测各时段的水位回升值 Δh (cm) 5 次以上。

4) 随时注意浮子的上升不受孔壁摩擦的干扰，始终保持其灵活性。

5) 当地下水位回升值累计达 30 cm 左右时，一次测试结束。

6) 重复测试 2~3 次，取其平均渗透系数值。

3 渗透系数计算式

$$K = C \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad (\text{A-1})$$

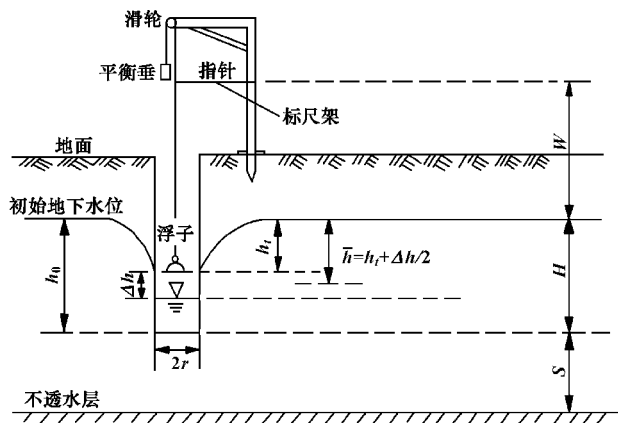


图 A-1 钻孔水位回升法测定渗透系数示意图

W —抽水前孔内水位测定值, cm ; H —抽水前孔内水深, cm ;
 S —孔底至不透水层距离, cm ; r —钻孔半径, cm ; h_0 —抽水后孔
 内水位降深值, cm ; h_i — Δt 时刻的孔内水位降深值, cm ; Δh —
 Δt 时段内的水位回升值, cm ; \bar{h} — Δt 时段内的平均水位降深值, cm 。

式中 K ——渗透系数, m/d ;
 $\Delta h / \Delta t$ ——孔内水位回升速率, 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, 可从表 A-1 中查得。

表 A-1 钻孔水位回升法的系数 C 值

H/r	\bar{h}/H	S/H								
		0	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
1	1.0	447	423	404	375	323	286	264	255	254
	0.75	469	450	434	408	360	324	303	292	291
	0.5	555	537	522	497	449	411	386	380	379
2	1.0	186	176	167	154	134	123	118	116	115
	0.75	196	187	179	168	149	138	133	131	131
	0.5	234	225	218	207	188	175	169	167	167

续表

H/τ	\bar{h}/H	S/H								
		0	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10
5	1.0	51.8	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
	0.5	66.1	63.4	61.3	58.1	53.9	51.9	51.0	50.7	50.7
10	1.0	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
	0.5	23.3	22.3	21.5	20.6	19.5	19.0	18.8	18.7	18.7
20	1.0	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
	0.5	7.67	7.34	7.12	6.80	6.60	6.48	6.43	6.41	6.41
50	1.0	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
	0.5	1.64	1.57	1.54	1.50	1.46	1.44	1.43	1.43	1.43
100	1.0	0.37	0.35	0.34	0.34	0.33	0.32	0.32	0.32	0.32
	0.75	0.40	0.38	0.37	0.36	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
	0.5	0.49	0.47	0.46	0.45	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44

注 表内符号见图 A-1；可根据各项比值按表列数值采用内插法求 C 值。

附录 B 给水度的野外测定方法

给水度又称饱和土的释水率，可用下列方法现场测定：

1 纯排水时的水位—流量计算法

冬季或其他条件下，当地下水的蒸发量很小，或与降雨（灌溉）入渗量近似而忽略不计时，则可根据排水地段内的地下水位和排水量观测资料，用下式进行给水度的近似计算

$$\mu = \Delta\omega / A\Delta\bar{h} \quad (\text{B-1})$$

式中 μ ——给水度；

$\Delta\omega$ ——排水观测时段内从排水地段排出的总水量， m^3 ；

A ——排水地段控制面积， m^2 ；

$\Delta\bar{h}$ ——排水观测时段内排水地段的地下水位平均降深值， m 。

2 纯蒸发时的水位降落计算法

在无排水工程的平原地区，可以忽略地下径流的影响，认为地下水位的降落是纯蒸发作用的结果，因而可用下式计算纯蒸发作用下的给水度

$$\mu = \frac{\varepsilon_0}{v_h h_e^n} (h_e - h)^n \quad (\text{B-2})$$

式中 v_h ——地下水埋深为 h (m) 时的蒸发下降速度， m/d ；

ε_0 ——水面蒸发强度， m/d ；

h_e ——地下水停止蒸发深度， m ；

n ——地下水蒸发指数，通常 $n=1\sim3$ 。

通过地下水位观测井（孔），每日定时量测地下水埋深数据，可得相邻两日地下水位的下降值，即该两日中第一天埋深为 h 的日下降速度 v_h 值，绘制 v_h-h 关系图，并将关系线顺势延长，与 h 轴的交点即 h_e 值。当关系线为直线时， $n=1$ ，可直接用上式求得

μ 值；当关系线为曲线时， $n > 1$ ，这时可假定 n 值，用上式计算不同 v_h 和 h 对应时的 μ 值，直到假定的 n 值能使计算的 μ 值相接近，可取平均 μ 值用于排水计算。由此可知，该方法在测算 μ 值的同时，即可求得地下水蒸发参数 h_e 和 n 值。在测定时段内，当水面蒸发强度较稳定时，测算的结果较好，测定的数据资料愈多则测算的结果愈接近实际。

附录 C 稻田渗漏率的野外测定方法

稻田渗漏率又称渗漏强度或日渗量，其最小值的田间测点通常应设在排水地段的中央部位，若需测定稻田渗漏率的分布规律或求其平均值，则可垂直排水沟（管）延伸，按 $B/2$ 、 $B/4$ 、 $B/8$ 、... 布设测点，用下列方法现场测定。

1 渗漏仪测定法

该仪器主要设备由钟罩式测筒、漂浮式标尺板和测定管等组成，见图 C-1。施测时，首先打开测筒的排气口和橡皮塞连接口，将测筒均匀压入土中 5~8 cm，然后封闭排气口，并将充满水的连接管端的橡皮塞与测筒顶口塞紧后，开始按定时段（1 min 或 5 min）记录标尺板上测定管内水面移动的读数，测定时段始、末的读数差值即为已核算好的该测点的稻田日渗量（mm/d）。

2 环测法

主要设备由测环、水位测针和埋设在施测田块内的有底测筒组成。测环可测定各测点的总耗水强度，有底测筒可测定田间作物蒸腾与棵间蒸发强度，两者相减后用量测时间相除，即为测点的稻田渗漏率。测环用一边带切口的金属板围成矩形或圆形，面积

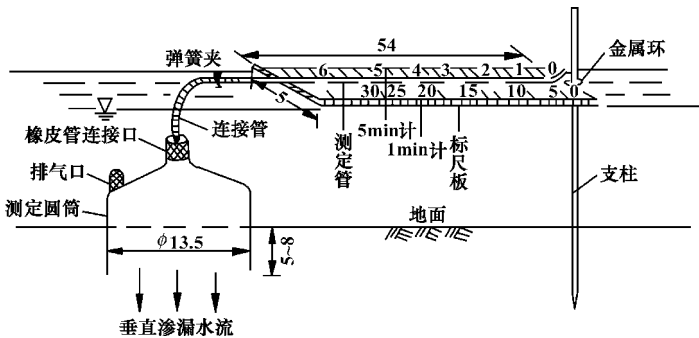


图 C-1 渗漏仪及其田间测定装置图（单位：cm）

宜为 1000 cm^2 ，高 40 cm ，施测时应均匀压入土内 25 cm 左右，并保留上部缘口高出田内水面 15 cm 左右。有底测筒的形状及面积与测环相同，筒深应满足作物根系生长的需要。均用精度为 0.1 mm 的水位测针量测测环与测筒内的水位变化。为避免环内外水位差较大时产生的侧渗而影响量测精度，每次测定时间不宜过长，量测后应恢复环内外水位一致，再进行第二次测定。取 3 次测定中相近两次的平均值为该测点的稻田渗漏率。

附录 D 农作物耐淹水深和耐淹历时

农作物的耐淹水深和耐淹历时，应根据当地或邻近类似地区的农作物耐淹试验资料分析确定，无试验资料时可按表 D-1 选取。

表 D-1 农作物耐淹水深和耐淹历时

作物种类	生 育 期	耐淹水深 (cm)	耐淹历时 (d)
棉 花	开花结铃期	5~10	1~2
玉 米	苗期~拔节期	2~5	1~1.5
	抽穗期	8~12	1~1.5
	孕穗灌浆期	8~12	1.5~2
	成熟期	10~15	2~3
甘 薯	全生育期	7~10	2~3
春 谷	苗期~拔节期	3~5	1~2
	孕穗期	5~10	1~2
	成熟期	10~15	2~3
高 粱	苗期	3~5	2~3
	孕穗期	10~15	5~7
	灌浆期	15~20	6~10
	成熟期	15~20	10~20
大 豆	苗期	3~5	2~3
	开花期	7~10	2~3
小 麦	拔节~成熟期	5~10	1~2
水 稻	返青期	3~5	1~2
	分蘖期	6~10	2~3
	拔节期	15~25	4~6
	孕穗期	20~25	4~6
	成熟期	30~35	4~6

注 一般情况下，耐淹水深较大时的耐淹历时较短，反之则较长。北方地区的农作物通常习惯于干旱条件，耐淹水深宜取较小值，南方地区则宜取较大值。

附录 E 排涝模数计算公式

排涝模数主要与设计暴雨、排涝面积的大小和形状、地形坡度、地面覆盖和作物组成、土壤性质、地下水埋深、排水沟网的密度和比降以及湖塘调蓄能力等诸多因素有关，应通过当地或邻近类似地区的实测资料分析确定。无实测资料时，可根据治理区的具体情况选用所在流域机构认可的方法或用下列公式计算求得。

1 平原区排涝模数计算公式

1) 排涝模数经验公式

$$q_L = KR^m A^n \quad (\text{E-1})$$

式中 q_L ——设计排涝模数， $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$

K ——反映沟网配套程度、排水沟坡度、降雨历时及流域形状等因素的综合系数，经实地测验确定；

R ——设计暴雨的径流水深， mm ；

A ——设计控制的排涝面积， km^2 ；

m ——反映暴雨径流洪峰与洪量关系的峰量指数，经实地测验确定。

n ——排涝面积递减指数，经实地测验确定。

2) 旱地排涝模数平均排除法计算公式

$$q_d = \frac{R}{86.4 t} \quad (\text{E-2})$$

式中 q_d ——旱地排涝模数， $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ；

t ——排水时间， d ，可采用旱作物的耐淹历时。

3) 水田排涝模数平均排除法计算公式

$$q_w = \frac{P - h_w - E_w - S}{86.4 t} \quad (\text{E-3})$$

式中 q_w ——水田排涝模数， $\text{m}^3/(\text{s} \cdot \text{km}^2)$ ；

P ——设计暴雨量, mm;

h_w ——水田滞蓄水深, mm;

E_w ——排涝时间内的水田腾发总量, mm;

S ——排涝时间内的水田渗漏总量, mm;

t ——排水时间, d, 可采用水稻的耐淹历时。

4) 旱地和水田的综合排涝模数计算公式

$$q_L = \frac{q_d A_d + q_w A_w}{A_d + A_w} \quad (\text{E-4})$$

式中 A_d ——设计排涝面积中的旱地面积, km^2 ;

A_w ——设计排涝面积中的水田面积, km^2 。

5) 圩(垸)区排涝模数计算公式

$$q_L = \frac{PA - (h_w + E_w + S) A_w - h_f A_f - (h_g + E) A_g - (h_z + E) A_z}{3.6 t \tau A} \quad (\text{E-5})$$

式中 A_f ——非耕地及旱地的面积, km^2 ;

h_f ——非耕地及旱地的土壤渗蓄水量, mm;

A_g ——河网、沟塘的水面面积, km^2 ;

h_g ——河网、沟塘的滞蓄水深, mm;

E ——排涝历时为 t 的水面蒸发总量, mm;

A_z ——圩(垸)区内湖泊死水位至正常蓄涝水位之间的平均水面面积, km^2 , 一般要求为排涝面积的 5%~10%, 无湖泊调蓄时应取 $A_z=0$;

h_z ——圩(垸)区内湖泊死水位至正常蓄涝水位(应低于地面 0.2~0.3m)之间的水深, mm, 一般要求为 1~2m;

τ ——向外河或湖泊抽水排水时的水泵日平均工作小时数, h/d, 若为自流排水时应为向外河或湖泊开闸排水的小时数, 则取 $\tau=24 \text{ h/d}$;

其他符号同前。

当圩(垸)区内需要自排或抢排和抽排结合时, 可将控制排

涝面积按排水分区划分后，用公式（E-5）分别进行计算。

2 山丘区排水模数计算公式

1) $10\text{ km}^2 < F < 100\text{ km}^2$ 时的经验公式

$$q_m = K_a P_s F^{\frac{1}{3}}$$
 (E-6)

式中 q_m ——排水模数， $\text{m}^3/(\text{s}\cdot\text{km}^2)$ ；
 P_s ——设计暴雨强度， mm/h ；
 F ——汇水面积， km^2 ；
 K_a ——流量参数，可按表 E-1 选取。

2) $F \leq 10\text{ km}^2$ 时的经验 表 E-1 流量参数 K_a 值

公式

$$q_m = K_b F^{n-1}$$
 (E-7)

式中 K_b ——径流模数，各地不同设计暴雨频率的径流模数可按表 E-2 选用；
 n ——汇水面积指数，各地可按表 E-2 选用，当 $F \leq 1\text{ km}^2$ 时，取 $n=1$ 。

汇水区类别	地面坡度 (‰)	K_a
石山区	>15	0.60~0.55
丘陵区	>5	0.50~0.40
黄土丘陵区	>5	0.47~0.37
平原坡水区	>1	0.40~0.30

表 E-2 山丘区的 K_b 和 n 值

地 区	不同设计暴雨频率的 K_b			n
	20%	10%	4%	
华北	13.0	16.5	19.0	0.75
东北	11.5	13.5	15.8	0.85
东南沿海	15.0	18.0	22.0	0.75
西南	12.0	14.0	16.0	0.75
华中	14.0	17.0	19.6	0.75
黄土高原	6.0	7.5	8.5	0.80

附录 F 地下水临界深度

地下水临界深度应根据土壤质地、地下水矿化度、降雨、灌溉、蒸发和农业措施等因素，通过综合试验确定；也可根据不同自然条件和农业生产条件，通过实地调查确定。当缺少上述资料时，可按表 F-1 选用，或按下式近似估算：

$$h_k = h_p + \Delta z \quad (\text{F-1})$$

式中 h_k ——地下水临界深度，m；

h_p ——土壤毛管水强烈上升高度，m；

Δz ——安全超高，m，在地下水矿化度低的地区可采用耕作层厚度，在地下水矿化度高的地区宜采用作物根系主要活动层厚度。

表 F-1 地下水临界深度 (m)

土壤质地	地下水矿化度 (g/L)			
	<2	2~5	5~10	>10
砂壤、轻壤	1.8~2.1	2.1~2.3	2.3~2.6	2.6~2.8
中壤	1.5~1.7	1.7~1.9	1.8~2.0	2.0~2.2
重壤、粘土	1.0~1.2	1.1~1.3	1.2~1.4	1.3~1.5

注 蒸发强烈地区宜取较大值，反之宜取较小值。

附录 G 调控地下水位的末级固定沟 和吸水管间距计算公式

1 稻田淹灌稳定流条件下的平行系列沟（管）间距公式

$$B = \frac{KH}{q\Phi_0} \quad (\text{G-1})$$

式中 B ——排水沟（管）间距，m；

K ——排水含水层的平均渗透系数，m/d；

H ——作用水头，m，一般指田面水位与沟中水位差值或至暗管中心的距离，可近似用排水沟（管）的深度替代。若暗管为压力流时，应取田面水位与承压水位的差值；

q ——稻田淹灌时的设计渗漏率，m/d；

Φ_0 ——淹灌条件下排水地段的渗流阻抗系数。

渗流阻抗系数 Φ_0 。按以下情况近似计算。

1) 排水沟边坡陡直和沟中水深很小可忽略不计时，明沟排水地段的渗流阻抗系数

$$\Phi_0 \approx 0.5 + 0.174 \frac{h_q}{T} \quad (\text{G-2})$$

式中 h_q ——排水沟深度，m；

T ——田面至不透水层的距离，m，通常当 $T > 5 h_q$ 时，可视为含水层为无限深，此时 $\Phi_0 \approx 0.5$ 。

2) 暗管排水地段的渗流阻抗系数

$$\Phi_0 \approx \frac{1}{\pi} \ln \sqrt{\frac{8T}{\pi d} \tan \frac{\pi h_q}{2T}} - 1 \quad (\text{G-3})$$

式中 h_q ——吸水管埋深，m；

d ——吸水管内径，m；

$\tan \frac{\pi h_q}{2T}$ ——用弧度表示的正切。

当 $T > 5 h_q$ 时

$$\Phi_0 \approx \frac{1}{\pi} \ln \sqrt{\frac{4 h_q}{d} - 1} \quad (\text{G-4})$$

2 不考虑地下水蒸发影响非稳定流条件下平行系列沟（管）间距公式

1) 当起始地下水面线较平缓，接近 4 次方抛物曲线时

$$B = \pi \left[\frac{K D_d t}{\mu \ln \left(1.16 \frac{H_0}{H_t} \right)} \right]^{1/2} \quad (\text{G-5})$$

$$D_d = D / \left(1 + \frac{8 D}{\pi B} \ln \frac{D}{X_0} \right) \quad (\text{G-6})$$

式中 t ——排水时间，d；

μ ——地下水位降落范围内的平均给水度；

H_0 、 H_t ——分别为 t 时段始、末排水地段中部地下水位至沟中水位或吸水管中心的距离，即作用水头，m；

D_d ——等效深度，m；

D ——沟中水位或吸水管中心至不透水层的距离，m；

X_0 ——明沟为过水断面的湿周，吸水管宜取管内周长，m。

2) 当起始地下水面线较弯曲，接近 2 次方椭圆曲线时

$$B = \frac{K l}{\mu \Omega \Phi \ln \frac{H_0}{H_t}} \quad (\text{G-7})$$

式中 Ω ——排水地段内的地下水面线形状校正系数，对于明沟

$\Omega = 0.7 \sim 0.8$ ，暗管 $\Omega = 0.8 \sim 0.9$ ；

Φ ——排水地段的渗流阻抗系数，视下列条件选用计算方法：

法：

对于 $B \geq 2 D$ 的条件

$$\text{明沟} \quad \Phi = \frac{1}{\pi} \ln \frac{2 D}{\pi b} + \frac{B}{8 D} \quad (\text{G-8})$$

$$\text{暗管} \quad \Phi = \frac{1}{\pi} \ln \frac{D}{\pi \sqrt{\Omega d H}} + \frac{B}{8 D} \quad (\text{G-9})$$

对于 $B \leq 2D$ 的条件

$$\text{明沟} \quad \Phi = \frac{1}{\pi} \ln \frac{2B}{\pi b} \quad (\text{G-10})$$

$$\text{暗管} \quad \Phi = \frac{1}{\pi} \ln \frac{B}{\pi \sqrt{\Omega d \bar{H}}} \quad (\text{G-11})$$

$$\bar{H} = (H_0 - H_t) \ln \frac{H_0}{H_t} \quad (\text{G-12})$$

式中 b ——沟中水面宽度, m;

d ——吸水管直径, m;

\bar{H} ——非稳定流情况下的平均作用水头, m。

3 考虑地下水蒸发影响平行系列沟(管)间距公式

1) 不考虑因蒸发产生积盐作用时的非稳定流简化计算法

$$B = \frac{Kt}{\mu \Omega \Phi C_n} \quad (\text{G-13})$$

$$C_n = \ln \frac{H_0}{H_t} - \frac{\varepsilon_0 t}{\mu \bar{H}} \left[1 - \frac{h_d - \bar{H}}{h_e} \right]^n \quad (\text{G-14})$$

适用条件 当 $\frac{t}{t_e} < 0.55 \pm 0.05$ 时, 简化计算的相对误差在 $\pm 0.5\%$ 以内;

当 $\frac{t}{t_e} < 0.75 \pm 0.05$ 时, 简化计算的相对误差在 $\pm 10\%$ 以内。

$$t_e = \frac{\mu(H_0 - H_t)}{\varepsilon_0} \left[\frac{h_e}{(H_0 - H_t)} \ln \frac{h_e - h_d + h_0}{h_e - h_d + H_t} \right]^n \quad (\text{G-15})$$

式中 t_e ——设计降深条件下的纯蒸发作用时间, d;

h_e ——地下水停止蒸发或微弱蒸发深度, m;

h_d ——排水沟(管)的有效深度, m, 指地面至沟中水面或暗管中心的距离;

ε_0 ——地下水埋深为 0 时的蒸发强度, m/d, 一般可用水面蒸发强度替代;

n ——地下水埋深与蒸发关系指数, 一般为 1~3。

2) 考虑因蒸发产生积盐作用时的经验计算法

$$B = \frac{\alpha K h_d}{\eta \varepsilon_0 \mu \Phi} \quad (\text{G-16})$$

当 $h_d \leq h_e$ 的条件时

$$\alpha = \frac{n+1}{2} \left(\frac{h_d}{h_e} \right) / \left[1 - \left(1 - \frac{h_d}{h_e} \right)^{n+1} \right] \quad (\text{G-17})$$

当 $h_d \geq h_e$ 的条件时

$$\alpha = \frac{n+1}{2} \left(2 - \frac{h_e}{h_d} \right) \quad (\text{G-18})$$

式中 α ——排水和蒸发双重作用时的地下水降落速度修正系数；
 η ——排水地段中部的地下水位从地面开始降落至 h_d （对于 $h_d \leq h_e$ 的条件）或 h_e （对于 $h_d \geq h_e$ 的条件）全过程中的重力水被排水沟（管）排出与被蒸发消耗的水量比，简称排蒸比，按土壤剖面内的盐量平衡关系可用下式计算：

$$\eta = \frac{G(1+R) + 2R}{2(1-R)} \quad (\text{G-19})$$

式中 R ——降雨、灌溉或冲洗的入渗水与含水层中原有地下水的矿化度比值；
 G ——要求的有效脱盐量与蒸发积盐量的比值，根据盐渍土的改良速度要求确定，对于预防土壤盐碱化地区可取 $G=0$ ，对于一般改良盐碱土地区可取 $G=1$ ，较高要求的改良区宜取 $G=2$ 左右。

附录 H 排水沟道平均流速的计算 和断面设计参数的选用

排水沟的过流断面一般应用设计流量按均匀流计算确定，其平均流速和梯形过流断面的水力半径可按下列公式计算：

$$V = \frac{Q}{F} = \frac{1}{n} R^{2/3} i^{1/2} \quad (\text{H-1})$$

$$R = \frac{(b + mh) h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}} \quad (\text{H-2})$$

式中 V ——平均流速，m/s，应满足表 H-1 中允许不冲流速的要求，并宜保持不淤流速 ≥ 0.3 m/s；

Q ——设计流量，m³/s；

F ——过流断面积，m²；

n ——糙率，土质沟道可按表 H-2 选用；

i ——沟底比降，通常应与沟道所经的地面坡降相接近。

平原地区一般可采用干沟 1/6000~1/20000，支沟 1/4000~1/10000，斗沟和农沟 1/2000~1/5000；

R ——水力半径，m，用过流断面积除以湿周求得；

b ——排水沟的底宽，m，干沟不宜小于 5 m，支沟 2~4m，斗、农沟不应小于 0.5m；

h ——过流水深，m；

表 H-1 排水沟的允许不冲流速

土 质	轻壤土	中壤土	重壤土	粘 土
不冲流速 (m/s)	0.6~0.8	0.65~0.85	0.7~0.95	0.75~1.0
土 质	淤泥	细砂	中砂	粗砂
不冲流速 (m/s)	0.15~0.25	0.2~0.4	0.3~0.7	0.5~0.8

注 表中不冲流速为水力半径 $R=1$ m 的情况，当 $R \neq 1$ m 时，应乘以 R^α 。对于疏松的粘、壤土可取 $\alpha=1/3 \sim 1/4$ ，而中等密实或密实的粘、壤土可取 $\alpha=1/4 \sim 1/5$ ，对于淤泥和砂土可取 $\alpha=1/3 \sim 1/5$ 。

m ——边坡系数，土质沟道内水深不超过 3 m 时的最小边坡系数可按表 H-3 选用。

表 H-2 土质沟道的糙率值

流量 (m³/s)		>25	25~5	5~1	<1
糙率	排水沟道	0.0225	0.025	0.027	0.03
	排洪沟道	0.025	0.0275	0.03	0.035

注 有杂草的沟道糙率值宜加大 0.005 左右。

表 H-3 土质沟道的最小边坡系数值

沟道土质	开挖深度 (m)			
	<1.5	1.5~3.0	3.0~4.0	>4.0
粘土、重壤土	1.0	1.2~1.5	1.5~2.0	>2.0
中壤土	1.5	2.0~2.5	2.5~3.0	>3.0
轻壤土、砂壤土	2.0	2.5~3.0	3.0~4.0	>4.0
砂土	2.5	3.0~4.0	4.0~5.0	>5.0

注 流砂沟段的边坡系数应通过试验确定。

附录 J 管道设计中与充盈度 有关的系数确定方法

圆形管道设计中与充盈度有关的系数 α 和 β 值可用下列公式计算

$$\alpha = \frac{\left[\pi - \frac{\pi}{180} \cos^{-1} (2a-1) + 2a(2a-1) \sqrt{\frac{1}{a}-1} \right]^{5/3}}{\left[2\pi - \frac{\pi}{90} \cos^{-1} (2a-1) \right]^{2/3}} \quad (\text{J-1})$$

$$\beta = \frac{\left[\pi - \frac{\pi}{180} \cos^{-1} (2a-1) + 2a(2a-1) \sqrt{\frac{1}{a}-1} \right]^{2/3}}{2\pi - \frac{\pi}{90} \cos^{-1} (2a-1)} \quad (\text{J-2})$$

式中 a ——充盈度，为圆形管内最大水深与暗管内径的比值，暗管排水设计中，一般可根据暗管的内径为 50 mm 时，取 $a=0.6$ ；50~100 mm 时，取 $a=0.7$ 左右；100 mm 时，取 $a=0.8$ 。不同充盈度 a 的 α 和 β 值也可从表 J-1 中查得。

表 J-1 相应于不同充盈度 a 的 α 和 β 值

a	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
α	0.98954	1.15917	1.32962	1.49699	1.65696	1.80468
β	0.62996	0.65473	0.67558	0.69251	0.70541	0.71404
a	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	备 注
α	1.93448	2.03932	2.10929	2.12655	1.97907	用于式 (3.4.3-2)和式 (3.4.3-3)
β	0.71799	0.71653	0.70827	0.68980	0.62996	用于式 (3.4.3-4)

本规范用词和用语说明

1 本规范对要求严格程度不同的用词，采用下列写法：

1) 表示很严格，非这样做不可的：正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下应这样做的：正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词采用“可”。

2 本规范的用语，采用下列写法：

1) 在规范条文中，条、款之间承上启下的连接用语，采用“符合下列规定”、“遵守下列规定”或“符合下列要求”等写法。

2) 在规范条文中引用本规范中的其他条文时，采用“符合本规范×.×.×的规定”、“按本规范×.×.×规定”或“按本规范×.×.×确定”等写法。

3) 在规范条文中引用本规范中的其他公式时，采用“按本规范公式(×.×.×-×)计算”的写法。

4) 在规范条文中引用本规范中的附录时，采用“按本规范附录×确定”或“按本规范附录×选用”等写法。