

序

(一)

“中国灌溉排水技术开发培训中心”是由水利部申请并经国家科委正式批准的中日政府间专项技术合作项目。1993年2月中日双方正式批准签署了实施协议，日方执行单位是国际协力事业团，合作自1993年6月起执行，为期五年。

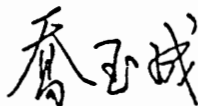
通过项目的实施，将引进、消化、吸收日本的灌排新技术，开发我国的灌排技术，促进我国农田水利事业的技术进步。“中国灌溉排水技术开发培训中心”是一个承担灌溉排水实用技术开发、培训、推广和技术咨询任务的部属事业单位，旨在联络全国从事灌溉排水的科研单位、大专院校、生产单位，广泛收集技术信息，为农田水利事业发展提供技术服务。并通过培训传播技术，提高技术人员业务素质。

学习和消化日本灌溉、排水规划设计技术标准是中日双方议定技术合作的重要内容。为此，中日双方专家携手组织翻译了日本土地改良工程规划设计规范。可供我国灌溉排水技术规范的制定修改时借鉴，这对我国灌排技术的发展无疑是有益的。

本次翻译的日本土地改良工程规划设计规范——旱田灌溉、日本土地改良工程规划设计规范——管道工程设计、日本土地改良工程规划设计指南——滴灌和日本土地改良工程规划设计指南大面积水田规划等。除“中国灌溉排水技术开发培训中心”中、日专家付出了辛勤劳动外，承蒙北京市水利科学研究所、北京沃特水技术公司大力协助。借此一并表示诚挚的感谢。

中国灌溉排水技术开发培训中心

主任



1995年2月

(二)

1993年6月,中日两国政府合作进行的“中国灌溉排水技术开发培训中心”项目开始执行。与此同时我们日本专家组也开始了工作。

本项目的主要目的在于通过中日两国的技术交流,引进和消化日本的灌排技术,促进新技术的开发普及,提高灌溉排水技术水平,并培养技术人员。合作的主要内容有五方面:

(1)灌溉排水技术开发;(2)水管理技术开发;(3)规划技术标准的整理;(4)系统的开发;(5)以上四个领域的技术培训。

为了达到预期的目的,我们感到首先向中国介绍日本的最新技术文献和资料是有益的,为此中日双方进行了《日本土地改良工程各类规划设计规范》的翻译工作。

这部规划设计规范是由日本农林水产省制定的,并已在日本全国水利系统推广施行。我们把它介绍给大家,希望能为中国同行提供一些参考资料。

在本书的出版过程中得到了各有关单位的大力协助,在此我们表示衷心的感谢。

中国灌溉排水技术开发培训中心

日本国际协力事业团专家组

团长 平田 四郎

1995年2月

79构改C第377号

1979年 7月 7日

各地方农政局长
北海道开发局长
冲绳综合事务局长
北海道知事：

**关于土地改良工程规划设计规范
(规划 暗渠排水、规划 农田保全) 的制定**

本次，根据训令的要求制定了如附件1及附件2所示的土地改良工程规划设计规范(规划 暗渠排水、规划 农田保全)，希望能在制定土地改良规划时获得成功。

另外，诚请各位通知贵局管辖内(各县)的有关部门。

农林水产事务次官

79构改C第378号
1979年7月7日

各地方农政局长
北海道开发局长
冲绳综合事务局长
北海道知事：

关于土地改良工程规划设计规范
(规划 暗渠排水、规划 农田保全) 的应用

在后面的附件中制定了有关土地改良工程规划设计规范的应用细则, 希望能在今后的实施中获得成功。

另外, 诚请各位通知贵局管辖内(各县)的有关部门。

记

1. 土地改良工程规划设计规范 规划 暗渠排水(79年7月7日的79构改c第377号)。
2. 土地改良工程规划设计规范 规划 农田保全(79年7月7日的79构改c第377号)。

构造改善局长

目 录

第一章 总论

- 1.1 本规划的适用范围1
- 1.2 目的和预期的目标1

第二章 调查

- 2.1 调查方针3
- 2.2 调查的项目及内容3

第三章 规划

- 3.1 规划的方针6
 - 3.1.1 规划的基本思路和步骤6
 - 3.1.2 与地区排水的关系8
 - 3.1.3 暗渠排水效果的确认8
 - 3.1.4 田间条件9
 - 3.1.5 辅助手段的利用9
 - 3.1.6 暗渠排水基本系统的选择9
 - 3.1.7 与用水的关系10
- 3.2 规划标准值的确定10
 - 3.2.1 计划暗渠排水量10
 - 3.2.2 计划地下水位及地下水位下降速度13
- 3.3 暗渠排水系统规划18
 - 3.3.1 基本暗渠排水系统规划18
 - (1) 适用范围18
 - (2) 暗渠排水系统18
 - (3) 吸水渠的构造和材料19
 - (4) 吸水渠的埋设深度及间隔22
 - (5) 集水渠23
 - (6) 调节闸门及检查孔23
 - (7) 排水口25
 - (8) 暗渠配置25
 - (9) 暗渠的坡度及管径的大小28
 - 3.3.2 砂质土壤地区的暗渠排水系统的规划30
 - (1) 适用范围30

(2) 吸水渠的埋设深度及间距	30
3.3.3 壤质土土壤地带的暗渠排水系统规划	37
(1) 适用范围	37
(2) 吸水渠的埋设深度及间距	37
3.3.4 弱透水性土壤地带的暗渠排水系统规划	38
(1) 适用范围	38
(2) 弱透水性土壤地带的暗渠排水系统	39
(3) 吸水渠的埋设深度及间距	43
(4) 组合暗渠的施工	44
3.3.5 泥炭地带的暗渠排水系统规划	46
(1) 泥炭地带的暗渠排水系统	46
(2) 吸水渠的埋设深度及间距	47
(3) 调节闸门	48
(4) 排水口及明渠	48
3.3.6 倾斜地水田的暗渠排水系统规划	49
(1) 对于来自地区外渗透水的处理	49
(2) 集水渠的配置	49
(3) 吸水渠的埋设深度及间距	50
(4) 特殊排水	52
(5) 材料(施工)	53

第四章 暗渠的施工

4.1 暗渠施工的标准工序	54
4.2 主暗渠的施工	54
4.2.1 渠道的确定	54
4.2.2 材料的选择	54
4.2.3 挖确	55
4.2.4 管的铺设	55
4.2.5 回填	56
4.3 无材暗渠的施工	56
4.4 钻孔引管的施工方法	58
4.5 心土破碎	59

第五章 效果和评价

第六章 维修管理

6.1 维修管理的要点	62
6.2 设施的维修管理方法	62
6.3 田间水管理	63

第一章 总论

1.1 本规划的适用范围

本规范是在土地改良法(1949年法律第195号)的基础上,针对包括有暗渠排水的土地改良工程制定的关于制定暗渠排水规划(以下简称规划)所需要的标准事项。

〔解说〕

目前在国家直接投资或接受国家补助而进行的工程中,没有单独进行暗渠排水工程的制度,但是,在土地改良法第2条第2项第7号中已经规定暗渠排水是“为了改良或保全农业用地所必要的工程”。为了提高作物在田间配备、土地改良综合配备、农业用地开发等工程中的生长环境,以及提高农业机械的作业能力,暗渠排水受到了广泛的应用。在这些综合工程当中,制定暗渠排水规划的作业也不是一件容易的事情,需要经过多种方案比较,并且选择的条件常常是复杂多变的。因此为了尽量使制定规划的作业容易一些,在选择方面需要提出一些适当的方针。本规划就是以此为宗旨制定,但是真正优秀的规划还要根据它的目的、时间、场所等具备各自的特性,所以按一种模式制定千篇一律的规划不一定产生良好的结果。因此,在制定规划各个阶段的选择时,应该根据工程的目的,按照暗渠排水规划的原则,通过承担者的经验去判断,并发挥出固有的创造力,灵活处理各种情况。

本规范为了不束缚承担者的判断力和不使规划格式化,即为了避免规划的机械性,表示的是规划原则的思路和进展步骤。并希望承担者能根据这一步骤,发挥自己的正确判断力,尽量无误地制定规划。

1.2 目的和预期目标

在制定规划时首先要把握住规划对象地区(以下简称“地区”)的实情,然后根据实际情况明确规划的目的,设定应该达到的目标。

〔解说〕

在制定暗渠排水规划时,最初应该弄清楚的是规划地区以前的状况是怎样的,实施暗渠排水的目的是什么,希望改良到什么程度。

暗渠排水的目的主要包括以下两个方面

- (1) 使田间水管理容易,为作物的生长创造良好的环境。
- (2) 改善农业作业环境,提高农业作业机械的作业能力。

通常这两个目的通过共同的手段就可以达到。对于水田来说,由此还可以增大水田的多用性。

另外,在特殊情况下,还可以增加为

- (3) 土壤的除盐
- (4) 促进融雪、防止结冰、提高地温等目的。

定量地表示排水改良后应该达到的目标，这在审查规划内容上是非常重要的。所以对以下事项要设定具体的目标。

- (1) 土壤状况(参照3.2.2)
- (2) 地下水位(参照3.2.2)
- (3) 透水性(参照3.2.1)
- (4) 地基承载力(参照3.2.2)
- (5) 引进的作物及目标产量。

第二章 调查

2.1 调查方针

暗渠排水在多种情况下是作为土地改良综合配备及田间配备工程的一个环节而实施的。因此该项调查也应该编入到这些工程规划的调查中去,作为工程整体来考虑,其调查应保证能够合理、高效地进行。在调查当中要最大限度地利用已有的资料,对一些必要的事项还应实施重点调查。

[解说]

暗渠排水一般在多数情况下是在田间配备、土地改良综合配备、农田开发等工程当中实施的。所以既要与这些工程规划的调查密切衔接,又要保证整体调查的合理性。

调查的重点是搜集基础资料,找出排水不良的原因 [例如土壤透水性不好地表积水渗透差的情况,由周围高台地引起的潜流渗透情况,或者是由于整个地区地下水位高的情况等等(参照3.1.2和3.1.3)]。查明原因之后,对一些必要的事项还要进行重点调查。这时需要注意的是积极收集已有的资料,并将这些资料灵活应用。

2.2 调查的项目及内容

作为制定规划的基础资料,要就以下事项进行调查

1. 勘查及访问调查
2. 绘制地形图
3. 土壤调查
4. 地下水位调查
5. 气象调查
6. 类似地区的调查

[解说]

下面说明一下在制定暗渠排水规划时所需的标准调查内容及方法。

在田间配套工程中,为了使暗渠排水符合整地工程后的田间条件,首先要参考整地工程后在田间配套工程的规划阶段实施的土壤调查结果等,然后根据本调查方法实施土壤调查、地下水位调查以及就田间的排水状况进行农家访问调查和类似地区的调查。

1. 勘查及访问调查

勘查及访问调查的目的是为了掌握规划地区的地形和地质概况,查明排水不良的原因,在制定概略规划方针(包括规划的基本参数、与地区排水的关系、田间状况、与用水的关系等,详细内容请参照第3章)的基础上,决定以后调查的程序。特别是排水不良的状况及原因通过勘查和访问可以直接了解,所以可以说是最基本的也是最重要的调查。

(1) 勘查

在逐块勘查农田情况,查明排水不良地块的位置及原因的基础上,还要调查栽培方法(水管理)、田面的平整情况、规划面积的大小和整个地区的排水系统(排水沟的位置、排水沟的水位、有无水泵设施、排水主渠的位置、水位等),然后将调查的结果记

在图面上。另外通过勘查可以获得一些必要的资料，以便于制定今后调查（土壤调查、地下水位调查、气象调查、类似地区的调查）的具体方针。

勘查的范围要根据农家要求暗渠排水的规模、访问当地代表了解排水不良地块的位置、以及土壤图、地形等等情况进行判断决定。另外在勘查的过程中常常可以发现需要暗渠排水的部位，这一点在勘查时要引起注意。

(2) 访问调查

是就各地块的排水状况、强化排水的程度等听取土地使用单位的意见及要求等。

2. 绘制地形图

绘制地形图是为了确定暗渠排水的基本系统（集水渠、吸水渠的配置等）和查明与地区排水的关系。

在绘制地形图之前要了解一下有没有在国土基本调查、地籍调查以及与土地改良工程相关的工程施工时已经绘制好的该地区的地形图，如果有了1/500~1/2500的地形图就可以直接使用，如果没有，就应该提前绘制出1/500~1/1000的地形图。地形图的绘制范围与勘查的范围相同，但要留出一定程度的余量。另外，如果排水主渠以下的排水沟需要同时改修时，排水沟周围的地形也要绘制出来。

3. 土壤调查

土壤调查对于暗渠排水系统规划是不可缺少的，而且对于制定规划的方针、确定规划的指标、选择施工方法和材料都是一项很重要的调查。

在参考土壤肥力保持调查与土地改良有关的项目所提供的土壤调查资料的基础上，对于规划地区及周边地区，每种土壤类型按大约10ha一个点的标准开挖试坑的密度时，还要考虑地形、排水条件等情况。

(1) 土壤断面调查

开挖试坑的深度为1.0~1.2m，调查的内容包括：土层的厚度、层界、土性、裂缝的深度、密度以及灰粘土层的位置。调查的时期没有特别的规定。（参照土壤肥力保持基础调查实施要领2(8)中土壤断面调查的有关内容）。

(2) 现场渗透系数

测定各土层的渗透系数。地下水位高时使用回复水位法，地下水位低时使用注水法。（请参照土工学会编制的「土质试验法」）

(3) 物理性能调查

在土壤断面调查的地点分层取土进行分析，求出土壤的颗粒组成和三相分布。（参照土壤物理性能测定法委员会编制的土壤物理性能测定法）

4. 地下水位调查

地下水位调查对于判定是否需要暗渠排水是非常必要的。通过地下水位调查可以确定规划的各项指标，判定系统规划及工程的效果。

地下水位调查的方法是通过设置无护壁的钻孔或测水位管，测定地下水面的深度。测定的地点原则上是在土壤断面调查的地点进行，但是可以根据地区的地形和排水条件做适当的追加。最好是在地下水位的最高时期（但是要在降雨以后7天以上）和最低时期以及中间时期，通过观测了解地下水位的变化情况。当存在有来自地区周围的渗透水时，要在地区周围设置测水位管，测定渗透水位，将其作为了解渗透水情况的资料。

5. 气象调查

根据需要可以根据附近气象观测站最近10年以上的观测资料调查最大小时雨量、

最大4小时雨量、最大日雨量（即最大24小时雨量）、冬季不同月份的平均气温（只调查寒冷地区），以便作为分析地区的排水状况，确定地表排水规划及寒冷地区暗渠埋设深度等方面的资料。

6. 类似地区的调查

在合理制定暗渠排水规划上最困难的问题是事前难以预测经过排水改良土壤的物理性质如何变化。

因此，要到土壤及气象条件都类似并且已经实施了暗渠排水的地区（以下称为“类似地区”）通过勘查和访问了解暗渠排水施工前的排水状况、实施以后暗渠排水的各种指标、暗渠排水的排水效果、排水上出现的问题等。同时还要选择2~3个地点进行土壤调查和地下水位调查，并且收集一些有关暗渠排水系统及暗渠材料等方面的资料。

第三章 规划

3.1 规划的方针

3.1.1 规划的基本思路和步骤

规划应该在充分考虑该地区现在及将来的土地利用、农业经营状况等内容的基础上，依照合理的步骤进行规划。

[解说]

(1) 制定规划的基本思路

暗渠排水规划来源于土地使用者的要求，所以在制定规划时必须充分了解要求的内容，并在尽可能满足土地使用者要求的前提下进行工作。

这时候不仅要考虑土地使用者对现在的土地利用及农业经营状况的要求，还要预测将来的土地利用及农业经营状况，并考虑土地利用者将来的要求，这对于制定地区的合理规划是非常必要的。

(2) 制定规划的步骤

制定规划的步骤根据各地区的具体特性是有所变化的，因此将其进行统一规定是不妥当的。图-3.1.1所示表示的是标准规划步骤的流程图。

首先是根据调查结果，分析研究该地区的排水条件，查明排水不良的原因。在此基础上再考虑将来的土地利用形态、引进作物等内容，并找出解决问题的办法，判断出用哪种措施最妥当。（参照3.1.2及3.1.3）

作为解决问题的办法有时候只需一个，有时候则必须采用两种以上的措施。

例如：在没有实施田间配套，并且地区的地表排水系统也没有配套的地方就要先确定地表排水系统的配套问题，如果这样还解决不了土壤透水性差，地表积水的问题以及土壤水的排除还有问题时，就需要考虑暗渠排水。另外当与主排水渠、支排水渠连接的排水渠不具备时或局部地区排水渠水位比较高时，就必须将明渠或排水泵等设施的配套与暗渠排水同时实施。

经过以上分析并参考类似地区的状况等判断整个地区是否需要暗渠排水，或者是局部地区或整个地区是否采用其他手段进行处理，具体确定出需要暗渠排水的区域。

然后是参考类似地区的暗渠排水规划、设计的各个指标及排水效果等，确定出本地区的规划标准值。规划标准值因土地利用形态及引进作物等而有所不同，这些可以通过地区将来的预测进行确定。

接下来就进入了暗渠排水系统的规划、设计阶段。如3.3.1~3.3.6所讲述的那样因地形条件、土壤条件、规划、设计的内容是不相同的，因此要根据本地区的条件来确定。

最后是计算工程费用，进行经济效益比较，判定工程的经济性。

另外，在规划的各个阶段可以就几个方案进行分析比较，如果有必要还可以进行回归分析，这些对于确定最佳规划是很重要的。

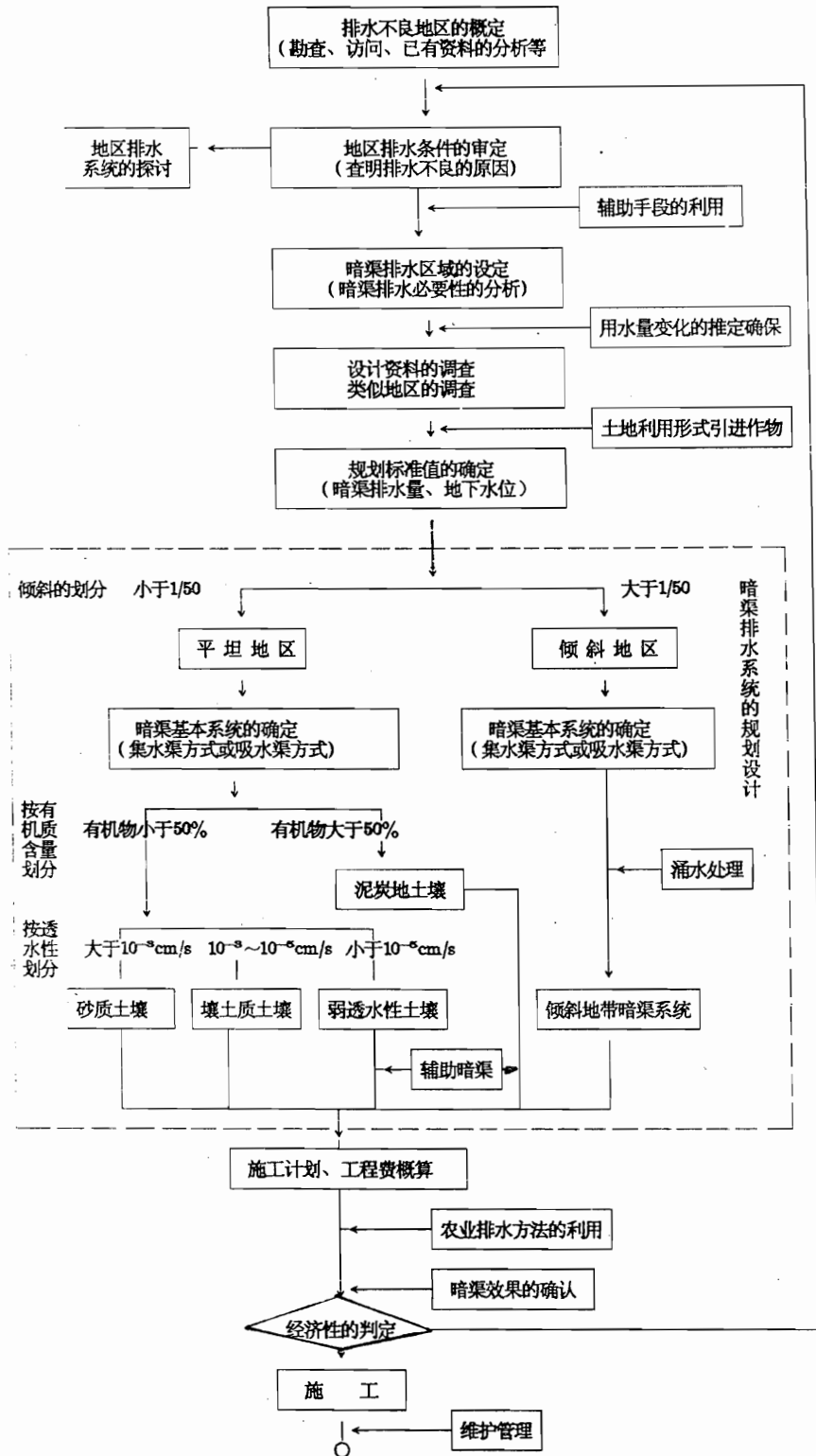


图-3.1.1 制定规划的步骤

3.1.2 与地区排水的关系

在制定规划时,要分析与地区地表排水规划的关系,确定暗渠排水的排水机能是否能充分发挥。如果排水机能不能充分发挥,就要考虑配备地表排水设施。

【解说】

为了充分发挥暗渠排水的机能,不仅要求暗渠排水本身的吸水,集水机能完备,还要求包括田间在内的地区地表排水设施具备足够的排水机能,能够将收集的水完全迅速地排除。

作为与暗渠排水有关联的地区排水机能,在正常排水时要考虑(1)排水渠道通水能力;(2)排水水位控制机能;(3)完备的排水管理系统。

关于正常排水的过水能力是用与普通低水位相对应均匀流水深校核。但是当排水渠的水流为非均匀流时,就要从主排水渠、支排水渠的水力学控制断面发生的地点进行回水计算,推算排水渠的水面线,并确保暗渠排水口位置处的水面高度低于排水口下端的水位。这个时候控制断面的水位采用正常排水的计划水位(控制目标水位),当渠道途中有计划暗渠排水或有地区外来水的情况下,渠道途中的计算流量应使用常水量。这项工作主要是校核排水渠的水位,对于排除洪水的全断面的过水能力在此不预考虑。

排水渠的水位是通过操作排水水泵、闸门、叠梁闸门等进行控制的,所以在校核这些设施的机能时,主要是审查对排水水位的控制机能。

排水渠道水位控制的准确程度与控制设施的机能相比,更多的还是依靠设施管理系统的可靠性。因此关键在于排水水位的管理是在怎样的系统之下,由谁负责实施的问题。

3.1.3 暗渠排水效果的确认

在制定规划时,必须确认暗渠排水的效果能够达到预期的目标。

【解说】

暗渠排水作为一种标准的地下排水手段可以在广泛的条件下满足排水的要求。但是在某些条件下有时采用暗渠排水以外的其他手段也能达到地下排水的目的,反过来说有时候也有依靠普通的暗渠排水不能完全发挥其排水能力的情况。因此在准备实施暗渠排水的时候要就效果预测问题进行充分的分析研究,通过使用暗渠排水改良的程度如何,获得经济效益如何,对于这些问题有了足够的把握之后才能进行实施。

当本地区的排水不良是由于地表水的临时积水造成的,并且土壤的透水性又足够大时,有时候经过在适当的位置配置一定深度的明渠,即使不设暗渠排水也能使地下水位很快降低。这时最好是以明渠为重点制定规划。在火山灰土地带这样的例子比较多。

在特殊的重粘土地带,土壤的透水性非常低,即使进行暗渠排水施工其效果有时候也不是很好。这时候可以采用特别的排水系统。[将主暗渠与辅助暗渠鼠道式暗渠、心土破碎等进行组合后的排水系统等]但是这种特殊的排水系统在使用范围和效果上也是有限度的。因此要进行认真分析,在没有弄清效果之前,不要轻易地实施暗渠排水,而应该考虑土地利用形态、土层改良等多方面的措施。

在规划的初期对暗渠排水的效果还是没有足够的把握时,根据主暗渠与辅助暗渠的关系,可以采用首先实施将效果提高到某个阶段的方法,再根据实际结果使用其它手段补充一些机能这样的分段实施方法。

3.1.4 田间条件

在制定规划时,作为规划的对象必须充分考虑田间的土地利用形态及环境条件(土地、地形、外来水、气象等)。

[解说]

在暗渠排水规划上所考虑的土地利用形态分为(1)水田,(2)旱田和草地。

水田中的暗渠配置原则上受耕地规划面积的控制,而旱田、草地则是受地形的控制。另外在水田的泡田时,为了控制暗渠过量排水要设置调节闸门。而在旱田中除了将暗渠与旱田灌溉兼用之外,一般不设调节闸门。特别是水田的排水还受符合栽培条件的水管理方法、田面的平整情况、耕地规划面积的大小等田间条件的限制,所以在暗渠排水规划时还要充分考虑这些问题。

作为环境条件主要考虑(1)土性,(2)地形,(3)外来水,(4)气象等内容。

对于土性的考虑是最为重要的,其中主要有a)砂质土壤,b)重粘土壤(弱透水性土壤),c)泥炭土壤。泥炭土壤与其他普通土壤有些不同,这一点要特别注意(参照3.3.2,3.3.4及3.3.5)。

普通的暗渠排水规划是就平坦地区的情况而言,如果是倾斜地或波浪状地带有时就需要根据地形情况进行修正(参照3.3.6)。

另外,普通的暗渠排水是以排除雨水及来自水田的多余水量为重点进行规划,但是象谷地水田和围垦地块周围外来水可以通过特殊的路径侵入时,就必须根据情况考虑隔断排水暗渠、截渗渠等特别的措施。

水田中落水后的田面干燥不仅与土壤条件有关,还受雨量、蒸发量等因素的影响。所以在暗渠排水规划上还要考虑气象条件,特别是在干燥慢的地方应该注意田间内小排水沟对田间排水的促进作用。

3.1.5 辅助手段的利用

为了提高暗渠排水的效果,根据需要还应该考虑采用辅助手段解决暗渠排水的问题。

[解说]

暗渠排水机能和效果常常可以通过采用巧妙的辅助手段加以提高。作为辅助手段除了对主渠道的机能有直接帮助的设施之外,有时还可以通过具有使土壤干燥的条件等,间接地发挥促进主暗渠的作用。

例如,重粘土地带的心土破碎、用砂客土等的土壤改良、鼠道式暗渠、埋设滤料的暗渠等以及在泥炭地带作为主暗渠埋设的前处理而进行的截断暗渠及鼠道式暗渠的施工等都是有效的辅助手段。

另外,在低湿重粘土的水田方面,采用夏季晒田期休耕或通过引进旱作物使土壤干燥,促进土壤内发生裂缝都可以作为提高暗渠效果的辅助手段,并且也是很有有效的。

3.1.6 暗渠排水基本系统的选择

在进行暗渠的配置规划时,作为连接吸水渠与排水干渠或吸水渠与排水支渠的连接

渠道是采用明渠方式（排水斗渠）、还是采用暗渠方式（集水渠）、或是采用两者结合后的方式，要经过分析比较，选择最合理的方式。

【解说】

排水斗渠、集水渠在通过吸水渠将土壤中排出的水输送到排水干渠或排水支渠方面起着很重要的作用。输水线路的各部分就象锁链一样，其中任何一个环节的机能不完善都会影响到整个系统的机能。从以前的暗渠排水系统来看，就是在这部分常常出现影响通水的障碍。因此，确保这部分的机能发挥不仅是保证整个排水机能的重要手段，而且这部分还适用于配置调节闸门等排水水位的控制装置，是制定地下水位控制方法设计方案时的关键部位。所以这部分的构造（方式）必须考虑排水机能、水位控制机能、耐久性、维修保养的难易、经济性等内容后慎重地决定。

排水斗渠的优点是容易进行水位控制、容易施工、容易发现吸水渠的故障。但最大的缺点是容易长草、容易被泥沙淤积，容易出现排水机能障碍。

集水渠线路的选择比较自由。所以吸水渠的布置就相应地自由一些。还有，集水渠即使埋设深一些也没有淤积的危险，占地也不会增加。另外，集水渠需要配备地表排水用的排水沟，但是很浅就可以了，并且占地很窄。在构造上集水渠暗渠排水口的数量很少，所以维修保养比较容易。不足的地方是集水管理和调节闸门的材料费用以及施工费用比较高。

3.1.7 与用水关系

在制定规划时，关于与用水的关系问题必须进行认真地分析。

【解说】

随着暗渠排水的进展一般都会带来用水量的增大，因此，如果实施暗渠排水就要考虑改变以前的田间用水管理方法和水量处理方法。在制定暗渠排水规划时，需要认真分析经过暗渠排水以后用排水的平衡是否被打破，如果有这种可能就要考虑采用什么样的政策才能解决。在水田中应尽可能地与回填一起进行认真的田面平整，这样做对于提高暗渠排水的效果是有很大帮助的。为了防止过量排水，最重要的是规划中要能保证通过调节门、叠梁闸门、控制闸门完全控制排水水位。当出现即便进行排水控制仍有可能出现用水不足时，或者是希望充分发挥暗渠的机能，就要在排水控制的同时重新考虑用水的供给。这时，应该考虑新建水源或将排水渠中的水进行重复利用等用水措施。

3.2 规划标准值的确定

3.2.1 计划暗渠排水量

计划暗渠排水量应根据耕地规划面积（耕区）的平整程度、宽窄，土壤的透水性，土地利用形态等通过计算决定，一般为10~50mm/day。

【解说】

1. 对于计划暗渠排水量的基本考虑方法

本规范中认为有两种多余水即“地表积水”和“土壤中的重力水”应该依靠暗渠排水排除。地表积水是指在地表的低洼部位存积下来的地表排水不能排除的水，土壤中的

重力水是指随着地下水位的降低能够排除的地下水水面以上的重力水（以下简称“土壤水”）。按照以前的考虑方法，暗渠的主要作用是排除后者的土壤水。但是根据最近的调查、研究发现地表积水的排除作为暗渠的重要作用已经被重新认识。特别是粘质土壤的水田，土壤水的排除量很少，地表积水占暗渠排水的大部分。

因此，如果地表积水和土壤水都必须由暗渠排水，那么计划暗渠排水量就可以定义为：当有地表积水时是将地表积水和土壤水、当没有地表积水时是将土壤水在允许的时间内应该排除的量。

另外，在粘质土壤水田中，已经查明暗渠的回填部位及耕作土层或心土有裂缝其排水效果都好。图-3.2.1是暗渠排水机构的模式图。

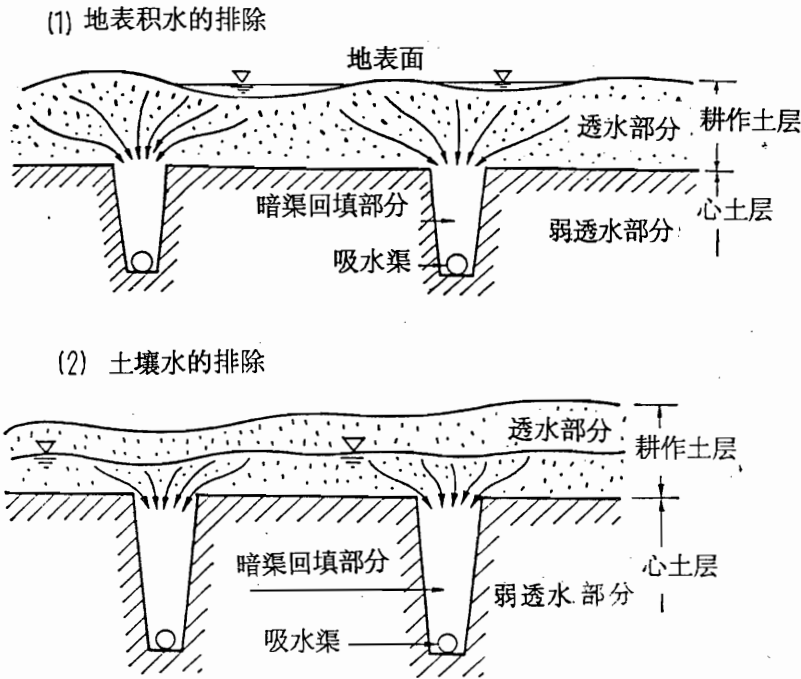


图-3.2.1 排水机构模式图（粘质土水田）

2. 求计划暗渠排水量的必要性

在暗渠排水规划中，计划暗渠排水量对以下事项的决定有很重要的关系。

- ① 为了在规定的时间内排除地表积水或土壤水需要策划确定必要的暗渠排水系统。
- ② 在给定的暗渠排水系统的基础上判定排除计划水量是否需要进行必要的土壤透水性改良。

计划暗渠排水量不仅是确定暗渠的间距与埋深、集水渠断面等暗渠排水系统的基础，而且在系统确定以后，还可以通过计划暗渠排水量判定是否需要进行各种透水性改良和使用的方法（通过促进蒸发使土壤干燥、促进裂隙的发生、配置鼠道式暗渠和心土破碎等辅助暗渠）。

3. 有地表积水时的计划暗渠排水量

在我国这样的多雨地带，当土壤的透水性低时，降雨以后就可以见到地表上有积水。在这种情况下的计划暗渠排水量就要由地表积水量和积水排除的目标天数来确定。

① 地表积水的目标排除天数。

总结以往的试验和经验，排除水田中地表积水所需要的目标天数大体如下：

i 灌溉期

施用除草剂、液体肥料时	1~2天之内；
水田直播的秧田落干时	1天之内；
晒田时	2~3天之内；
灌溉结束时	3~5天之内；

ii 非灌溉期

耕地、碎土作业期	1~3天之内；
旱田直播播种作业期	1~2天之内；
旱田直播发芽期	1~2天之内；
收获作业期	1~2天之内；
秋耕作业期	3~5天之内；

因此，在水稻作物时，为了便于机械作业和正常的水管理，田面水必须在1~2天之内能够排除。

旱田作物时最好在1天之内排除。

② 地表积水量

某个地点的地表积水量由该地点的高程与附近高程的关系决定。如果该地点的高程低于附近高程地表就积水，反过来如果高于附近的高程就不积水。所以在求整个水田的地表积水量时，应该就整个水田范围，将各地点的积水量进行合计。

田间配备工程的平整度标准规定为田面高程的误差应控制在平均田面高程的 $\pm 5\text{cm}$ 以内。条件最好最理想的情况是地表积水量为0，反过来条件最不利的情况是出现平均50mm的地表积水，经过实测发现在滋贺县安土町小中之湖的水田中（区域为15a）地表积水量为25mm，而在埼玉县川越市小见野的水田中地表积水量是35mm。另外根据爱西地区的基础资料进行模拟的结果也显示出这个范围的数值。

③ 计划暗渠排水量

根据现在进行的田间配备工程的平整度和各种研究成果发现积水量一般为20~50mm，如果①所述积水排除的目标天数为1~2天，那么排除地表积水的计划暗渠排水量为平均10~50mm/day。

表-3.2.1 暗渠最大排水量的实例 (mm/day)

地 区	测 定 年 月 日	排 水 量
滋贺县小中之湖	1968. 9. 26	56.7
埼玉县小见野	1965. 9. 3	42.3
冈山县儿岛湾干拓	1968.12. 12	51.8
大阪府高槻农场	1968. 7. 16	44.4
山形县新堀地区	1965.10. 21	64.8

地表积水消失以后就要排除土壤中重力水。但是这部分水量比起地表积水一般少得多，所以使用上述的计划排水量也是可以的。

经过在全国范围内对已经建成的暗渠排水系统的调查其最大暗渠排水量多数都在50mm/day左右（见表-3.2.1）。

从这点也可以判断出暗渠排水量按最大50mm/day计算是可以的。

从以上计划排水量的确定过程可以看出计划排水量应该由地表积水的多少、土壤透水性的好坏来确定。地表积水多、土壤透水性大时，就要采用较大的排水量。

土壤的透水性差时，按照规定的暗渠间隔有时候集水达不到计划排水量10~50mm/day的要求，这时候就会出现地表积水超过目标天数。需要考虑采用前面讲过的促进土壤干燥的各种栽培方法和辅助暗渠进行透水性改良。

另外，最近多倾向于采用水旱轮作的方法，这时需要将计划排水量取大一些。

关于计划暗渠排水量水田和旱田并没有什么明显的区别。

4. 无地表积水时的计划暗渠排水量

土壤的透水性相对于降雨量来说足够大的时候，大部分系统容量依靠暗渠是在允许的短时间内将地表积水排除掉的。但是没有必要再要求将排水时间缩短得比地表积水的允许时间还要短，并且为此而增大暗渠的系统容量也是不经济的。因此，计划排水量以50mm/day左右为界比较合适。另外在无地表积水的情况下，与土壤水排除有直接关系的是地下水位的降低速度问题，这一点将在下一项中讲述。

3.2.2 计划地下水位和地下水位下降速度

计划地下水位和地下水位下降速度是暗渠配备的基本指标，确定时应考虑地区的土地利用形态，引进作物的种类等情况。

[解说]

1. 计划地下水位及地下水位下降速度是暗渠配备的基本指标，应根据土地利用的划分情况以表-3.2.2为标准。

表-3.2.2 地下水位及下降天数

土地利用划分	降雨后2~3天的地下水位	正常地下水位(降雨后7天以上)
水稻单作	地表面以下30~40cm	地表面以下40~50cm
牧草	地表面以下40~50cm	地表面以下50~60cm
水旱轮作	地表面以下40~50cm	地表面以下50~60cm
一般旱作物	地表面以下50~60cm	地表面以下60~100cm
多年生作物	地表面以下50~60cm	地表面以下60~100cm

地下水位即为土壤中的自由水面。以此作为土壤排水的指标使用主要有以下理由。

- ① 与作物生长有密切的关系。
- ② 是保障机械运行所需地基承载力的必要条件。
- ③ 测定很容易。

2. 作物生长与地下水位

综合各种试验结果，适合作物生长的地下水位从地表面算起最小值如前项1所述。

这一点从为了制定本规范通过调查而绘制的图-3.2.2中也可以得到确认。

从图中可以看出无论是大豆、小豆、马铃薯还是牧草，只要地下水位高于地表面以下40~50cm，其产量都会急剧下降。

对于多年生作物来说，考虑到与单年生作物比较具有根系层深、受害持续时间长的特点，比起单年生作物条件也规定得稍微严格一些。

多年生作物根据深根性还是浅根性，对允许地下水位的要求也有很大的差异，因此

需要采用对应于根系深的地下水位。

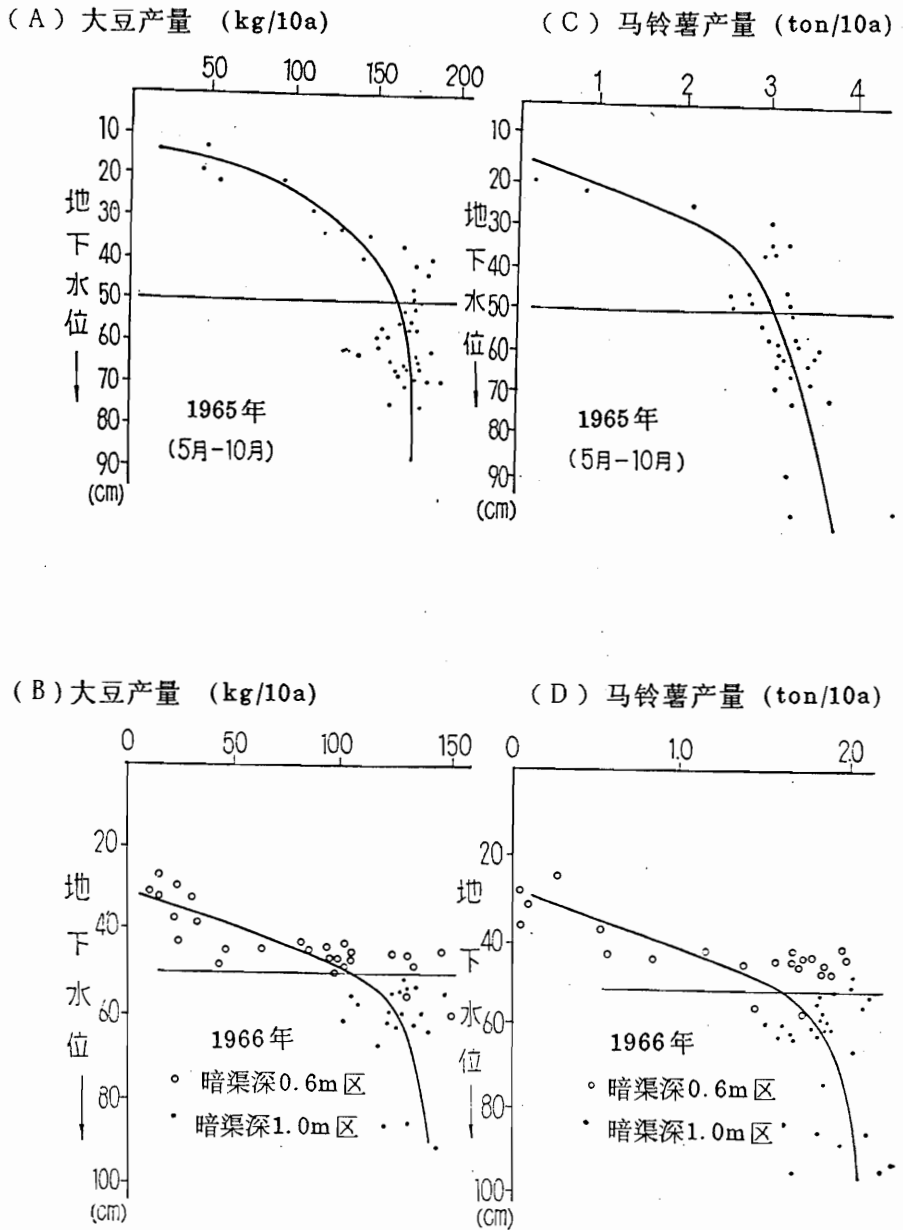


图-3.2.2作物产量与地下水位 (北海道开发局, 驹地排水试验场, 火山灰)

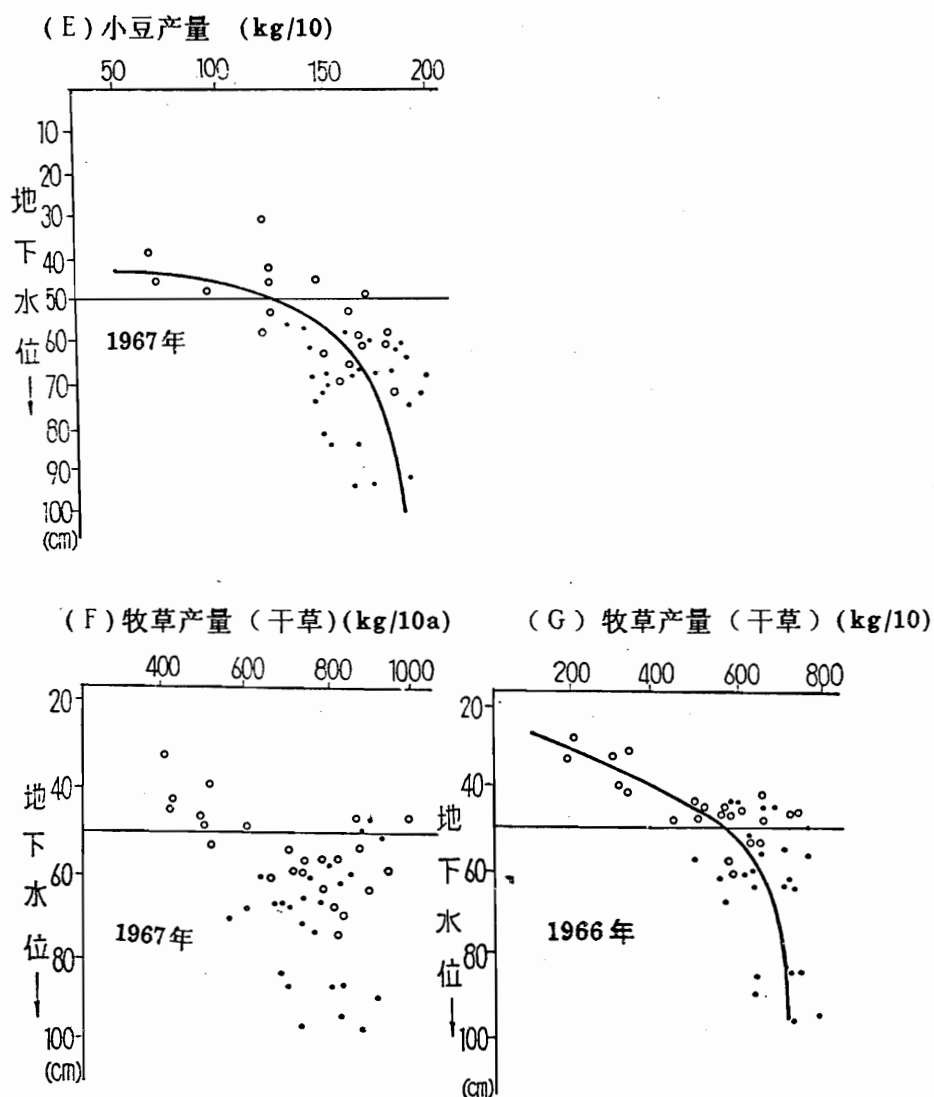


图-3.2.2作物产量与地下水位 (北海道开发局, 驹地排水试验场, 火山灰)

3. 地基承载力与地下水位

地基承载力存在问题的主要是粘质土壤的水田, 所以主要考虑这种水田。根据以前数量众多的调查结果, 将田面以下15cm分成每5cm一层进行测定, 如果4个点稠度指数的平均值大于 $4\text{kg}/\text{cm}^2$, 那么不管机械的种类和作业内容如何, 基本上都能顺利地进行农田作业 (参照表-3.2.3、图-3.2.3、图-3.2.4)。因此应该按照这种程度的地基承载力进行田间配备, 而暗渠排水就是为了达到这一目的的一种手段。当然仅仅依靠暗渠排水使地下水位降低还不能保障获得所需的地基承载力。但是如不使地下水位降低就无法促使土壤干燥, 因此可以说降低地下水位是强化地基承载力的必要条件。

以图-3.2.5为例, 图中所表示的是在滋贺县小中之湖的试验田中测定的地下水位与地

基承载力的关系。从图中可以看到为了获得 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 稠度指数的承载力,必须从要获得这一承载力的位置处将地下水位降低至少 15cm 。因此要想在田面以下 15cm 的犁底层处获得 $4\text{kg}/\text{cm}^2$ 的承载力就必须将地下水位降低到田面以下 30cm 。

这里所表示的只不过是一个例子。如果将在各种水田上调查的结果进行综合,就会发现作为犁底层形成的条件需要将地下水位降低到犁底层以下 $20\sim 30\text{cm}$ 。因此,为了获得所需地基承载力应该在田面以下 $40\sim 50\text{cm}$ 左右。

在水田单作地带暗渠的目的是为了强化地基承载力。所以把这里所叙述的地下水位作为计划地下水位加以应用是合理的。

表-3.2.3 各种拖拉机的车辆指数与可行走界限的地基承载力

拖拉机的行走部位	重量	履带宽	车辆指数VCL	可行走界限的贯入阻力值	平均	地基承载力
空气轮胎	500~1000kg		50~55	11~12.5kg	12kg	3.8kg/cm
	1000~2000		45~50	10~11	10.5	3.3
	2000~3000		45	10	10	3.1
水田用车轮	500~1000		40~45	9~10	9.5	3.0
	1000~2000		35~40	8~9	8.5	2.7
半装轨	1000~2000		25~30	6~7	6.5	2.0
装 轨	2000~2500	300mm	25~30	6~7	6.6	2.0
		400	20~25	4.5~6	5.5	1.7
		500	18~20	3.5~4.5	4.0	1.3

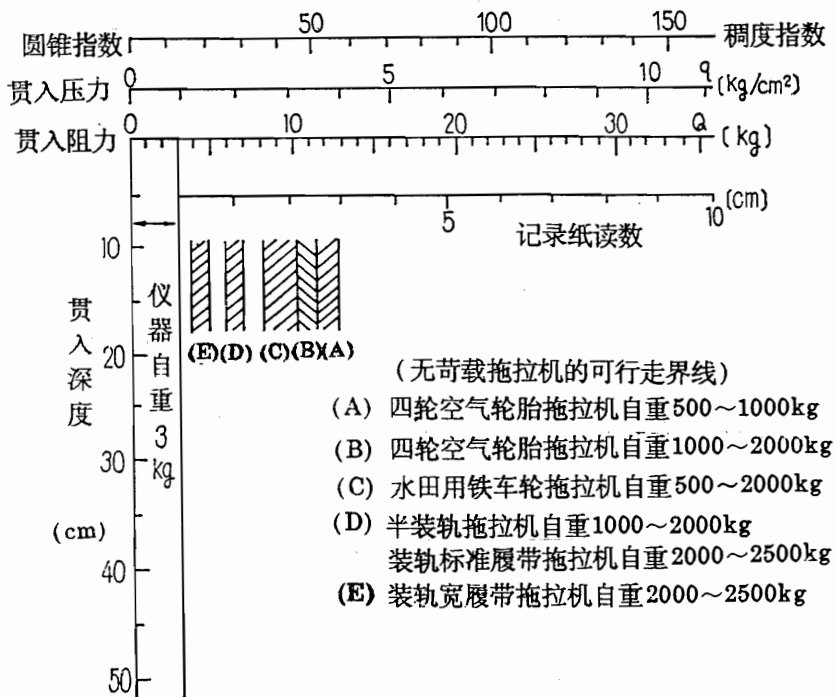


图-3.2.3 各种拖拉机的可行走界限

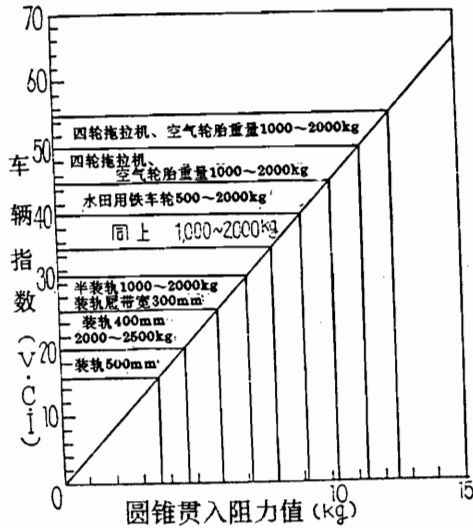


图-3.2.4 车辆指数与圆锥贯入阻力(近畿农政局,小中之湖试验站)

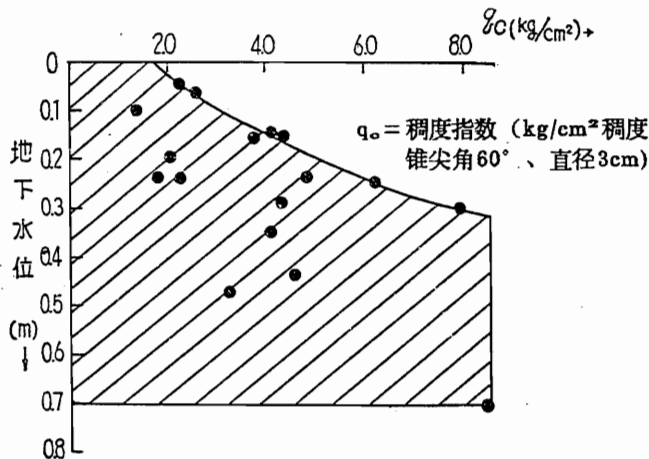


图-3.2.5 地下水位与地基承载力的关系(降雨后第一天以前的数据除外)
(近畿农政局,小中之湖试验站)

4. 土壤状态与地下水位

如3.2.1中的第3部分及3.2.2中的第1部分所述,为了使地下水位在规定的时间内降到所定的深度,必须保证土壤的透水性好。另外,为了确保必要的地基承载力和渗透量,又需要裂缝等土壤构造发达,并能保证期望的透水性。

透水系数在 $1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 以下的弱透水性土壤和一部分壤土质土壤从土壤条件来看一般很难达到上面要求的目标,如果可能的话,应尽量使透水系数再大一些,作为目标值最好是能达到 10^{-4}cm/sec 。

近年来随着水田利用政策的调整,正在向水旱轮作或水田旱地化的方向发展。在这种情况下,从土壤条件上要求透水系数应在 10^{-4}cm/sec 以上。也就是说水田转化为旱田利用时需要的土壤条件是透水性、保水性和通气性良好,并且能够保持必要的空气量。一般来说作为旱田土壤表层30cm以内的物理条件所期望的目标值应该是PF1.6以下的大孔隙在5%

以上, 土层的三相分布当中气相体积在18%以上, 有效持水量(相当于PF2.0~3.0的水分量)在50mm以上, 压实度(山中式土壤硬度计)在24mm以下。在轮作田中要想直接获得这些值是比较困难的, 为了满足期望的目标值, 需要在积极改善土壤物理性的同时实施暗渠排水计划。

3.3 暗渠排水系统规划

3.3.1 基本暗渠排水系统规划

(1) 适用范围

基本暗渠排水系统规划原则上是制定有关暗渠排水系统规划的基本事项, 无论地形的倾斜程度和土壤类型如何, 对于所有的地区都适用。

[解说]

暗渠排水系统规划按地形条件可以分为倾斜和平坦地, 按土壤条件又可以分为砂质土壤、壤土质土壤、难透水性土壤和泥炭土壤。本项(3.3.1)中的事项不仅与它的划分有关而且与各种情况下都适用的标准暗渠排水系统规划有关。而按照各种情况划分的特定事项在各相应的项目中另有规定。

各种具体划分如下。

- 砂质土壤: 地表以下1m土层的透水系数大于 1×10^{-3} cm/sec, 经过排水改良后土壤性质变化不大的土壤。
- 壤土质土壤: 地表以下1m土层的透水系数大于 1×10^{-5} cm/sec, 小于 1×10^{-3} cm/sec的中等透水性土壤。
- 弱透水性土壤: 地表以下1m土层的透水系数小于 1×10^{-5} cm/sec, 仅靠一般的暗渠排水系统达不到充分排水效果的土壤
- 泥炭土壤: 泥炭层较厚, 经过排水改良田面产生凹凸不平且设施产生不均匀沉陷的土壤。
- 地面倾斜的水田: 平均地形坡降大于1/50, 来自地区以外的渗透水较多, 需要采取特殊排水措施的水田。

(2) 暗渠排水系统

1) 暗渠排水系统一般由吸水渠、集水渠、调节闸门和排水口构成。除此之外, 根据需要有时还应在吸水管前部设置通气孔, 在集水管路上设置检查孔等等。

2) 暗渠排水系统规划除了要适应地区的地形、气象及土壤条件之外, 还要考虑与用排水设施及道路的配置关系、与田间排水方法的关联、与系统维护管理方法的关联。

[解说]

1. 暗渠排水系统的构成和机能

暗渠排水系统的构成和机能用模式表示为图-3.3.1。

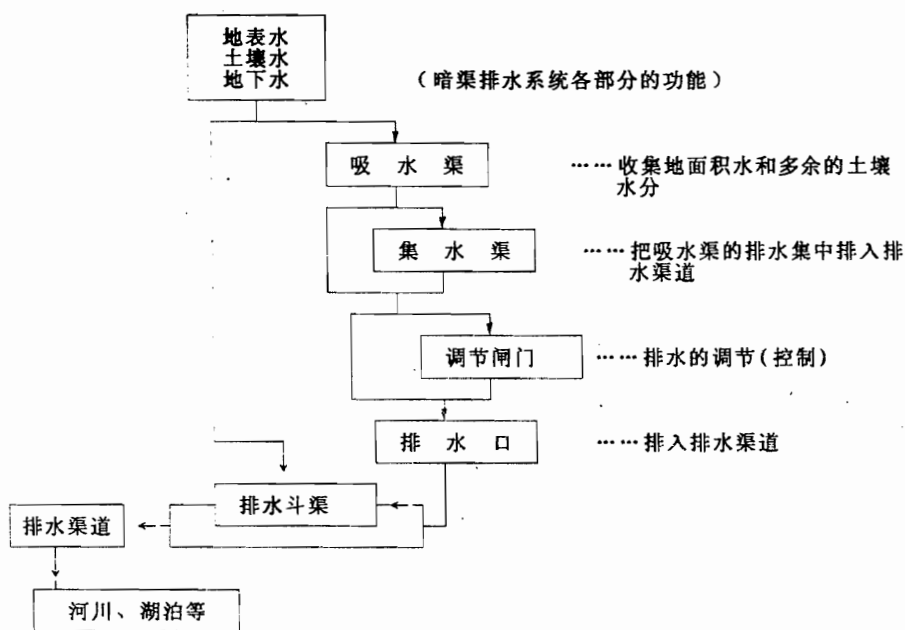


图-3.3.1 暗渠排水系统的构成图

2. 根据地形条件、地区的用水排水及土地利用状况等，暗渠排水系统与地表排水系统（排水系统的形式——分离与合并）有如下关系。

① 把吸水渠直接与地表排水用的排水斗渠（或灌排兼用渠道）相连（适用于田间地面配备已经完成，且排水斗渠水位比较低、有一定落差的倾斜地区，在围垦造田初期地面排水系统的配备还处于过渡阶段等情况）。

② 在农区内地表排水（由排水斗渠排水）与地下排水（由集水渠排水）分离，把用于地下排水的集水渠与排水支渠连在一起（适用于平坦地区地面排水系统已经配备，而且排水支渠水位较低等情况）。

③ 经过几个农区，范围比较广，而且地表排水与地下排水分离，把用于地下排水的集水渠与干渠或排水支渠相连（适用于平坦地区末端地面排水系统的配备还不够完善，并且排水支渠的水位较高或者地下排水系统按这种形式配备比较有利等情况）。

④ 通过水泵把地下排水抽入地面排水渠道或灌排兼用渠道（适用于平坦地区骨干用排水系统的配备还不够完善，用水不足与排水不良同时存在或者是平坦地区地面排水系统没有配备，并且有部分水田变为旱田耕作等情况）。

⑤ 使地表排水流入地下排水系统（目的是节约排水渠用地等情况）。

3. 暗渠以外的其他排水方法还有临时或长期设置在田间或地块周围的明渠、以土地改良为目的进行的深耕、心土破碎措施等。

4. 在制定田间配备规划的同时最好也做出梗概的暗渠排水规划。在工程安排上先进行田间配备工程的施工，待土层稳定及特殊的排水不良地块明显之后再行暗渠排水的施工。但是，在含石块较多的地区也可以同时施工，这时暗管上的覆盖断面要尽可能地大一些。

(3) 吸水渠的构造与材料

1) 吸水渠由吸水管、吸水管覆盖材料及滤水材料组成。但使用木材、竹子、石子

等做成的暗渠及不使用任何材料的鼠道式排水暗渠和切割式暗渠等不必采用这样的结构。

2) 使用的吸水管要有一定的过水断面积，还要满足强度、耐久性及吸水性的要求。覆盖材料要具有提高土壤透水性及防止泥砂流入吸水管的性能，还必须是易于防腐的材料。另外暗渠材料不要使用危害作物、污染水质的材料。

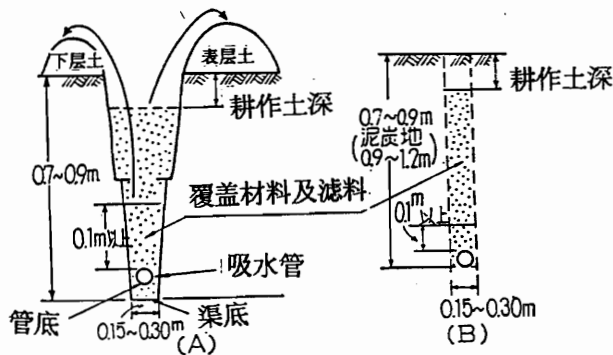
【解说】

吸水渠由排除管外来水的吸水管和确保来自土层的排水顺利通过且具有连续性的吸水管覆盖材料(以下简称覆盖材料)及滤水材料组成。覆盖材料直接覆盖在管子的周围，是一种透水性的材料，对于流入管内的水起反滤层的作用，同时还可以达到增加管道吸水的目的。滤水材料在覆盖材料的上部，可以进一步促进排水的吸入，起到向覆盖材料内引水的水道作用，也是一种透水性材料。覆盖材料和滤水材料常常使用同一种材料，这时，可以认为材料具有同样的机能没有必要特别加以区分。

1. 吸水管的种类大致可按表-3.3.1进行划分。而吸水管、覆盖材料等暗渠排水用材料的物理性质请参照其它有关规范。

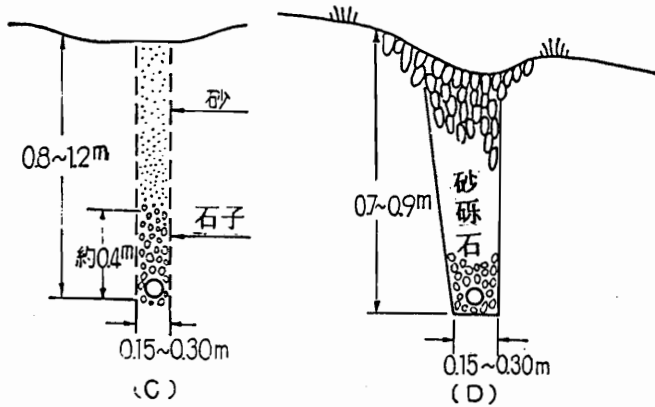
表-3.3.1 吸水管的种类

种类	备注
土管	这种管以前经常使用,内径为50~150mm,长度为0.3~0.6m,分为着色管和非着色管两种。
合成树脂管	这种管很多种类在市场上都有销售,大体可以分为柔性管和非柔性管两类。具体选择哪一种应该根据现场情况进行分析比较。经常使用的一般内径都大于50mm。
其他	日本自古以来有打通竹节以后用竹子做成的竹暗渠,有用木材拼装起来的箱型暗渠,有把竹子和木柴捆在一起埋设的木柴暗渠,还有铺设石子的砂砾石暗渠等。

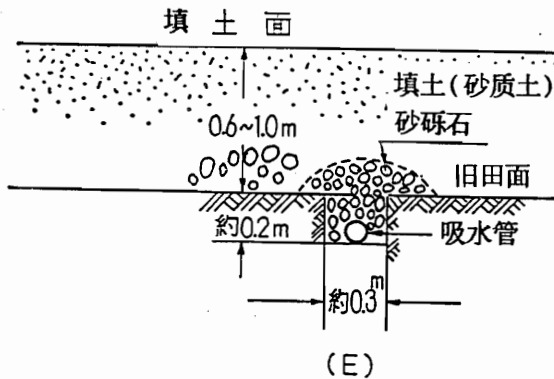


开挖	人力(开挖两次)	开沟机
覆盖材料及滤水材料	木柴、桔杆、稻皮等	同左
适用地块	排水不良、软弱地带的水田	水田

图-3.3.2 吸水渠的断面形状



开挖	开沟机	开沟机、人力
覆盖材料及		
滤水材料	石子、砂子	石子、砂砾石
适用地块	果树地	倾斜旱地
	(兼用于地表排水)	(防侵蚀地带)



开挖	人力
覆盖材料及	
滤水材料	砂砾石
适用地块	水田转换为果树地等
	(砂质土填方)

图-3.3.2 吸水渠的断面形状

2. 吸水管的周围必须用透水性好的覆盖材料覆盖。覆盖材料或滤水材料要尽可能地填厚一些，最好是直接填至耕作土层的正下方。最低也要保证管顶以上有10cm以上的厚度(参照-3.3.2(A)(B))。另外在规划上如果同时设有鼠道式暗渠之类的辅助暗渠时，为了保证主暗渠与辅助暗渠的连接，滤水材料要辅厚一些。

3. 为了达到迅速排除地表水的目的，还有用砂砾石等直接覆盖到地表(参照图-3.3.2(C)(D))，或在暗渠上设置竖管，使地表水直接流入暗渠的结构形式。

4. 当需要提高水田田面，把水田转换成旱田或果园时，其暗渠排水采用图-3.3.2(E)的方法。

5. 在特殊情况下,也有采用抬高排水渠水位,从暗渠中反向供水进行灌溉的形式。

(4) 吸水渠的埋设深度及间隔

1) 吸水渠的埋设深度「从地表面至计划地下水位的深度+安全超深(a)」,一般情况下,吸水渠的上游端为0.6~0.8m,下游端为0.8~1.0m。但是,主暗渠(耐久性暗渠)的埋设深度必须大于0.6m。

2) 吸水渠的间隔应根据地形和土壤条件、土地利用形式等确定。

[解说]

1. 安全超深(a)是在促进田间地下水位下降和排水改良而引起地基收缩下沉时,对农业经营机械的行走荷载、冻结等情况,起到保护暗渠的作用,一般取 $a=20\sim40\text{cm}$ 。

2. 以下几种情况是加大安全超深(a)的条件。①土壤的透水性大、吸水渠的间隔宽,②在围垦造田的周围及倾斜地等,需要对深层潜流进行截流,③由于排水改良预计有可能发生土层收缩,④引入深根性多年生作物等。但是,无论哪种情况,土壤的透水性特别是暗渠埋设深度处土层的透水性良好是必要条件。

3. 遇到成层土壤时,暗渠要避免埋设在透水性差的土层中。当暗渠埋设深度处存在透水性差的土层时,应以避开这一层为原则确定安全超深(a)。

当土壤全层或下层的透水性差时,安全超深(a)可取小一点并通过调整断面形状及覆盖材料的大小使表层与主暗渠平顺连接,如果还不能满足的话,可以兼用鼠道式暗渠和心土破碎等方法改良土层的透水性。

4. 由于机械在田面上行走引起的暗渠破坏是在机械行走部位(车轮、履带等)下沉的同时,土层产生变形涉及到暗渠的埋设部位造成的。对于高湿田及围垦造田初期的犁底层还不够发达,下层属于软弱地基的情况,土层变形的深度可以达到机械行走部位沉降量的2.0~2.5倍,从而造成暗渠破坏或产生凹凸不平的现象。因此,在确定安全超深(a)及暗渠管材时应该考虑这些问题。

另外,由于机械行走引起的土层变形或扰动即使不会造成暗渠破坏,也会破坏暗渠周围水的通路,使暗渠的吸水性能降低,因此暗渠应该有足够大的覆盖断面。

5. 在寒冷的地区,地基的冻结深度也是决定安全超深(a),增大暗渠埋设深度的一个重要因素。

耕地的冻结深度因土壤的性质和土壤水分的变化而有所不同,应根据类似地区的调查资料等加以确定。

冻结深度的最大值可以由(3.3.1)或(3.3.1')式求出。

$$Z = 0.01\sqrt{\Omega} \quad (\text{degc. sec 单位}) \quad (3.3.1)$$

$$Z = 2.94\sqrt{\Omega} \quad (\text{degc. sec 单位}) \quad (3.3.1')$$

公式中 Z : 冻结深度(cm)

$\Omega (= \theta t)$: 冻结指数,等于 0°C 以下气温(θ)与持续时间(t)的乘积。

调节闸门及排水口等暴露部分直接接触低温,容易因低温而损坏,因此在结构和材质的选择上要考虑这一问题。

[参考]冻结深度计算举例

(气温为1931年~1960年的平均值 函馆)

月	11	12	1	2	3	4	计(Ω)
平均气温($^\circ\text{C}$)	4.6	-1.3	-4.1	-3.6	0.0	6.1	
天数(日)	30	31	31	28	31	30	
$\theta t(^\circ\text{C}\cdot\text{day})$		40.3	127.1	100.8	0		268.2

$$\text{冻结深度 } Z = 2.94 \sqrt{\Omega} = 2.94 \sqrt{268.2} = 48.1 \text{ cm}$$

6. 吸水暗渠的间隔应根据土壤的透水性及土地利用状况确定。

除砂质土壤和泥炭土壤的透水性受土壤的颗粒组成控制之外，其它土壤的透水性主要受裂缝等土壤构造状况控制，土壤构造特别是下层土壤构造如果很发达，或通过排水改良和土层改良可以使土壤构造发达，暗渠的间隔就可以选得宽一些。反之如果土壤构造不发达，或是构造的发达程度影响不到下层土壤，暗渠的间隔就要选得窄一些，并且设置浅一些。

吸水渠的间隔应参考过去的施工经验和类似地区的实例来确定。如果找不到合适的类似地区，最好是预先做一下实际施工试验，再来确定吸水渠的间隔。

7. 从土地利用的关系上考虑，对于地下排水的必要性不是很大的旱田和不需要迅速排水的水田，暗渠的间隔可以选得宽一些。而对于需要迅速排水的旱田和偶尔发生高地下水水位状态给多年生作物带来决定性灾害的情况，暗渠要设置得密一些，这时首先要从类似地区的实例中分析一下是否仅仅依靠缩短暗渠间隔就能解决问题，是否需要增设辅助暗渠在此基础上确定合理的方案。

(5) 集水渠

集水渠在规划上应该做到不停地排除吸水渠的来水，同时又具备对其进行调节（控制）的机能。这时，集水渠的配置及坡降应该以合理连接吸水渠下游端（即与集水渠的汇流点）为原则，有时为了保证集水渠的坡降更合理还需要对吸水渠下游端的高程进行控制。

[解说]

1. 当地形平坦，集水渠的坡降过小及经过排水改良地基有可能下沉时，有时需要把集水渠做成明渠。即采用将吸水渠直接连接在排水渠上的结构形式。

2. 在吸水渠的汇流点使用分支管，采用两侧集水时，应该将汇流点错开。

3. 集水渠的动水坡降为集水渠的平均埋设坡降。在集水渠坡降明显降低的地方，集水渠汇流的地方及需要跌水设施的地方，为了减小水流势能，促进泥沙沉淀，应该设置检查孔。

(6) 调节闸门及检查孔

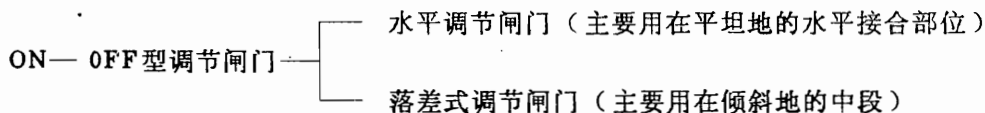
1) 调节闸门主要是对来自水田暗渠的排水进行调节（控制）的设施，旱田中的暗渠一般不需要设置。调节闸门的设置位置除考虑地形条件、管路的配置及坡降之外，还应该根据土壤条件、土地利用形式等等进行确定。

2) 检查孔主要是用于消减水流势能、沉砂及检查管路等，一般设置在管路的汇流点、管路坡降急剧变化的地方。另外，检查孔有时与调节闸门一样可以进行排水的调节。

[解说]

1. 调节闸门的种类与形式

调节闸门有以下种类和形式（参照图-3.3.3）。



溢流堰型调节闸门用在暗渠的水位需要进行定位控制（可变更设定水位）的地方。

2. 调节闸门以可以进行总排水调节所能控制的面积为单元进行设置。平坦地区水田，田面高差达到15~20cm，进行总排水调节一般也不会有什么問題，所以应该以这一高差为

间隔，在集水渠上设置调节闸门。

3. 水稻作物与旱田作物采用轮作方式在耕作区交错种植时，可以以每个耕作区为调节单位，所以应该在耕作区的吸水管末端设置调节闸门，而集水渠要经常保持低水位。这种情况吸水管中正常流动的水量比较少，调节闸门应该选用从外部清扫容易的结构形式。

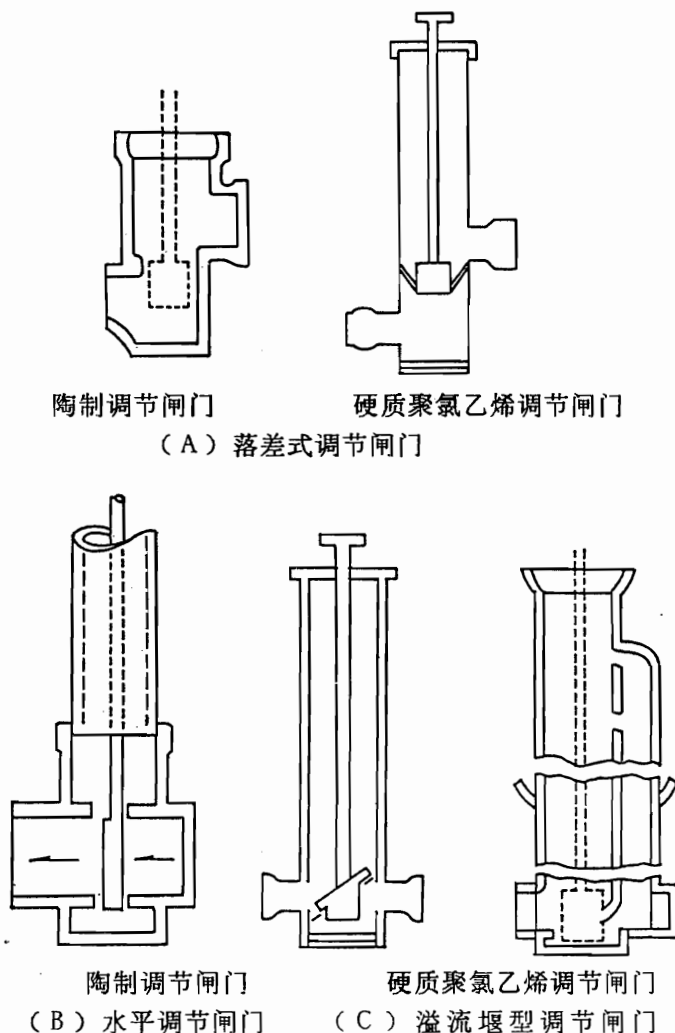


图-3.3.3 调节闸门的构造

另外，当调节闸门设置在吸水渠上时，调节闸门上游3米要使用不带吸水孔的管，与调节闸门密封联接后埋入地下。

4. 调节阀门止水不彻底是不可避免的，所以在落差较大的集水渠上设置较多调节闸门的情况下，当调节闸门关闭时，水就有可能从暗渠喷出，在这种地方可以采取以下措施：①将吸水渠直接接到排水沟上，或将集水渠缩短与排水沟相接。②设置调节闸门时，在尽量接近积水的高度处留一个开口。③将调节闸门设置在吸水渠的末端，直接与主管相接，或者是将几条吸水渠集中到一起通过调节闸门与集水主管相接。（参照图-3.3.4）。

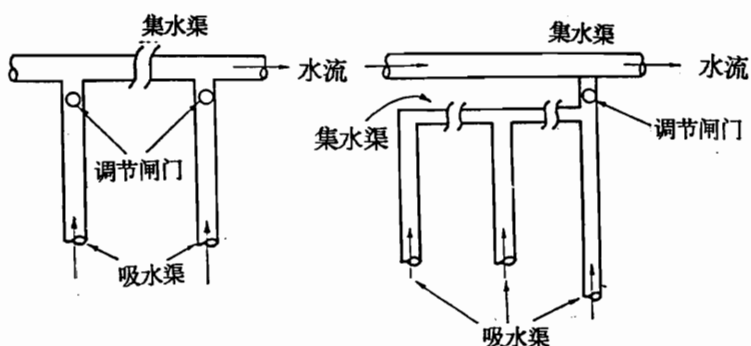


图-3.3.4 吸水渠集水渠的连接

(7) 排水口

排水口要设置在排水沟、河流等外水位不影响暗渠排水的位置，并且选择不易破坏排水口本身及排水用渠道的形状和构造。另外，当预计在洪水时或外水位上升时有可能发生杂物及泥砂倒流的情况，要设置逆止阀等以防止这种情况发生。

【解说】

1. 排水口的位置最好是设置在排水用渠道及河流的最高水位以上。当设置在最高水位以下时，要确认在短时间内可以降到排水口以下，并且确保洪水时水流不会对设施构成破坏和堆积的泥砂不会影响正常排水。

2. 排水口附近的集水渠应尽量使用长尺寸的管，排水口四周的明渠要采取必要的护坡措施（参照图-3.3.5）。当使用陶管等短管时，距排水口2~5m的部分，接口要使用砂浆灌缝，当地基为软基时，要进行基础处理，以确保管路的安全。

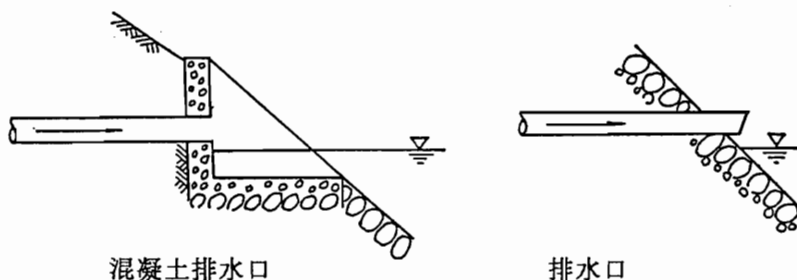


图-3.3.5 排水口的构造举例

(8) 暗渠配置

吸水渠的排列方向，以及调节闸门等暗渠排水设施的配置，既要考虑能够迅速排水，又要考虑能够长时间地保持排水机能。水田或水旱轮作田上的暗渠排水设施在配置上要保证能够很容易地进行地下排水调节。

【解说】

1. 吸水渠的配置方式有吸水渠沿地块最大坡降设置的纵向式和与最大地形坡降方向垂直相交的横向式，以及与最大地形坡降方向斜交的斜向式。

其中，横向式吸水效率比较高，而纵向式在平坦地区对于确保吸水渠的坡降比较有利。当地形坡降在0.4% (=1/250) 时，几种形式都能适用。

2. 水田中的吸水渠沿等高线方向多采用横向式。而从地下排水的调节和施工上考虑，吸水渠设置在耕作区的长边方向比较有利。

3. 平坦地区的水田考虑到与排水沟及其它设施的关系，有时候将吸水渠设置在田块的长边方向（耕作区的短边方向）。

这种情况应该考虑以下内容；

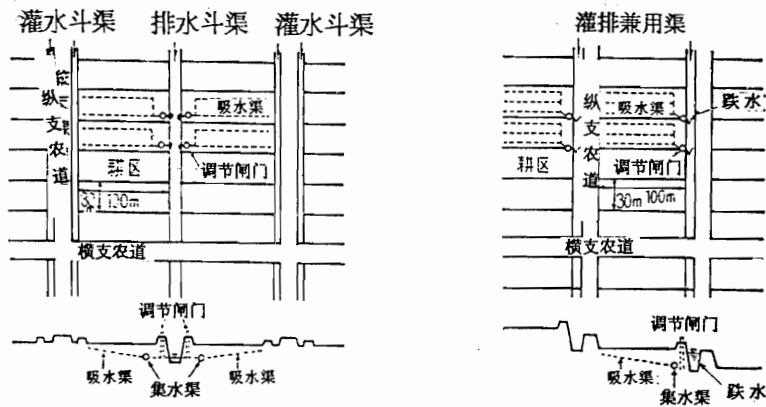
- ① 吸水渠下游部分的设置深度不要过大。
- ② 吸水渠及集水渠的坡降不能过小。
- ③ 不要影响调节闸门的设置和排水的调节。

4. 在平坦地区，从设施的机能、效果上考虑，以集水渠为最小单位进行调节比较有利。为了使水田和旱田能在一条集水渠的控制面积内共存，就需要增设地下水调节设施。

5. 水田中暗渠排水的调节方式

暗渠排水的调节方式大致可分为调节闸门方式（见图-3.3.6(A)~(D)）和抬高明渠水位方式见图（-3.3.6(E)），一般多采用调节闸门方式。但在平坦地区进行大范围（几个农区）的水位调节使用抬高明渠水位方式比较有利。这时是使用堰板和闸门调节。

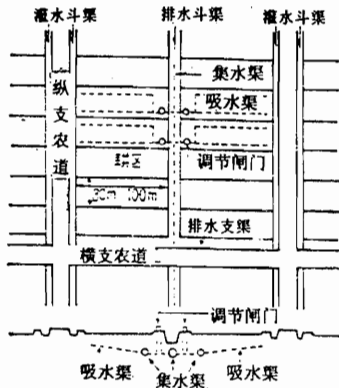
以一个耕作区（见图-3.3.6(A)(B)(C)）或以几个耕作区为单位进行排水调节，还是以田块甚至几个农区为单位集中进行排水调节，主要受土地利用形式、栽培管理方法、排水斗渠深度等的排水条件等因素支配。例如，水旱轮作是以耕作区为单位交错进行时，各耕作区就都要设置调节闸门。在高差较大的倾斜地区，并且又是水田时，也要以耕作区为单位进行调节。



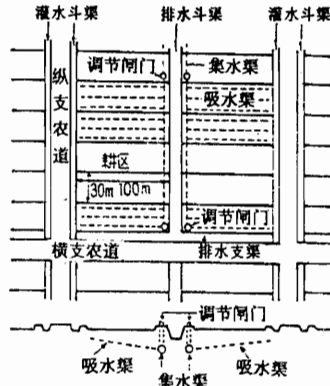
(A) 排水斗渠水位较低的情况
(以耕作区为单位进行调节的情况)

(B) 在倾斜地区灌排兼用渠道的情况
(以耕作区为单位进行调节的情况)

图-3.3.6 水田中暗渠配置的情况



(C) 排水斗渠比较浅的情况
(以耕作区为单位进行调节的情况)



(D) 排水斗渠比较浅的情况
(以1~数个块为单位进行调节的情况)



(E) 抬高排水斗渠水位进行调节的情况
(以几个农区为单位进行调节情况)

图-3.3.6 水田中暗渠配置的情况

6. 旱田的暗渠排水要根据地形坡度确定暗渠的方向和配置。波浪状地形时，要先按预定的集水渠渠线和坡度配置集水渠，然后再配置相应的吸水渠。当连接情况不好时，可以采用部分变更集水渠的配置，或增设集水支渠的办法使连接趋于合理。

波浪状地形的旱田中暗渠配置的例子见图-3.3.7。

7. 暗渠配置中的一些有关事项

① 与地表排水的关系

在排除地表水方面，地下排水与地表排水相互之间有着密切的关系。地下排水与地表排水相比具有排水速度慢的特点。因此在排除地表水时应尽可能地以地表排水为主，这对于减轻暗渠的负担，提高排水效果是一个有效的办法。

② 截水渠

为截断规划区以外的来水，在必要的时候可以设置截水渠。外来水当中地表水占有很大的比重，因此截水渠多采用明渠的形式。截水渠有时候是单单为了截水而设置，但是做为田间配套规划的一个环节而实施时，使灌水渠、排水渠或路边沟等兼有截水的功能是比较有利的。

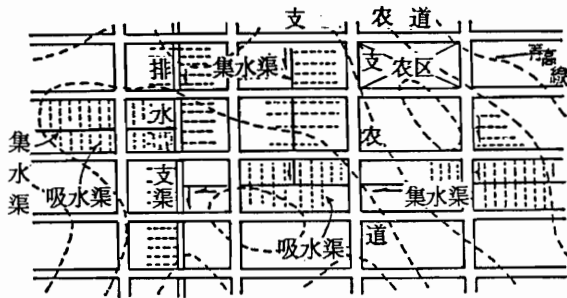


图-3.3.7波浪状地形的旱田中暗渠的配置情况

遇到透水性土层与规划区以外相连，地下水可以从这一层流入的情况时，如果能够开挖也应该采用明渠形式截水。当采用暗渠截水时，管道的过水断面和覆盖断面都要大一些。这里在下游侧（靠近规划区一侧）设置用塑料薄膜做成的隔水墙，可以提高截水效果。

截水渠原则上是直接和排水沟相连。与集水渠相连的情况，仅限于具有足够大过水断面的集水渠，不允许接在小口径的集水渠或吸水渠上。

③ 与道路、灌水渠道交叉

吸水渠不要与道路或灌水渠道交叉，集水渠在配置上也要尽量避免与道路或灌水渠道交叉。明渠穿越道路或灌水渠道的部分要采用坚固的结构，穿越部分的前后至少有一侧（原则上是下游侧）要设置检查孔。

吸水渠在配置上既要防止来自灌水渠道和浅排水沟的不必要的透水，又要避免与排水沟的排水效果所涉及的范围重复。

④ 补充工程

在田间，由于原来的地形和土层状况，会出现特殊排水不良的部位。通过现场调查发现了的或预测到的部分可以考虑配置暗渠（吸水渠）。但是对于工程完工之后发现的不良部位就要通过补充工程加以处理。这里的暗渠要做成补充吸水渠容易连接的构造（例如将吸水渠的滤水材料一直埋到地表面以下20cm处），同时还要做好埋设标志以便于找到设置位置。

(9) 暗渠的坡度及管径的大小

1) 暗渠的管径要做到使计划排水量在非满管出流的条件下顺畅地流出。除特殊情况之外，最小管径不得小于50mm（暗渠管为非圆形断面时，要用与50mm管径相等的断面积（ 19.6mm^2 ））。

2) 吸水渠的坡降以1/100~1/600为标准。集水渠的坡度要按照最大流量时流速在0.2 m/sec以上并且小于1.0m/sec的原则设计。

【解说】

1. 暗渠管的管内流速(V)按式(3.3.2)所表示的曼宁公式计算。

$$V=1/n \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} \quad (3.3.2)$$

式中 n: 粗糙系数(参照表-3.3.2);

R(=A/s): 水力半径;

I: 动水坡降;

A: 断面积;

S: 湿周。

动水坡降按吸水渠的设置坡降考虑。

2. 管径要根据管内的泥砂沉积、水垢的附着等情况考虑管断面的缩小，最好是将计划流量的过水深度定为管径的70%。

3. 管径在50mm以下的吸水管仅限于在吸水渠的坡度和覆盖足够大，管内的沉砂和气泡不会造成通水障碍的情况下使用。

4. 吸水渠的坡降在1/100以上时要选用接口部位可以密封连接的管种，并且要用水泥砂浆等耐久性材料包起来。

5. 从地形和配置情况上看坡度比较缓时，为了防止因管道凸凹不平而引起的通水不良，需要加大管径和覆盖材料的粒径，并且要实行严格的施工管理。另外，还要考虑配置能够通过调节闸门开启后的冲刷力及通过管端送水可以进行冲刷和清洗的附属设施。

6. 根据土壤构造的发达程度，暗渠排水量有时会超过计划排水量。这时候在平坦地区就会出现集水渠上游部分排水迟缓；在倾斜地区会出现集水渠下游部分排水迟缓的情况。因此在按计划排水量选择近似的管径时，在平坦地区集水渠的上游部分，倾斜地区集水渠的下游部分要将余量留得大一些。

7. 计划暗渠排水量用计划排水量（10~50mm/day）与集水面积的乘积表示。图-3.3.8以图的形式表示了它们之间的关系。

$$[\text{暗渠排水量}] = (\text{计划排水量}) \times (\text{集水面积})$$

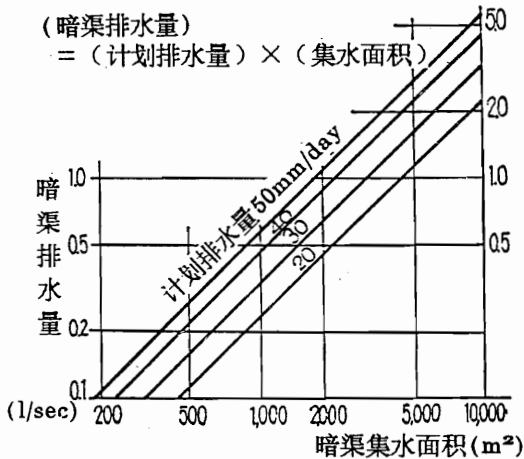


图-3.3.8 暗渠排水量

另外，表-3.3.3是为了使流量和流速的计算更加简便，将曼宁公式变形，用水深 / 管道直径、管道半径、动水坡降的关系表示流量和流速。表-3.3.3表示的就是公式中的（ α 、 β ）。

表-3.3.2 暗管的粗糙系数

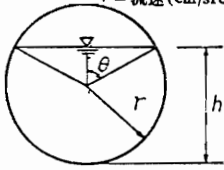
管 种	糙率系数	备 注
离心式钢筋混凝土管	0.013	连接情况不好时 n 值增大 进水孔有氧化物附着时， n 值会增大
带釉瓦管(陶管)	0.014	
无釉瓦管	0.013	
硬质聚氯乙烯管	0.012	
硬质聚氯乙烯吸水管	0.012	
波纹管	0.016	

(注)表中的粗糙系数是就新品而言。

表-3.3.3暗管的流量、流速计算表

$$Q=1/n \times r^{8/3} \times I^{1/2} \times \alpha$$

$$V=1/n \times r^{2/3} \times I^{1/2} \times \beta$$

$h/2r$	α	β	备 考
0.50	0.98954	0.62996	$Q = \text{流量 (m}^3/\text{sec)}$ $r = \text{管的斗径 (m)}$ $n = \text{粗糙系数}$ $I = \text{坡速}$ $V = \text{流速 (cm/src)}$ 
0.55	1.15917	0.65473	
0.60	1.32962	0.67558	
0.65	1.49699	0.69251	
0.70	1.65696	0.70541	
0.75	1.80468	0.71404	
0.80	1.93448	0.71799	
0.85	2.03932	0.71653	
0.90	2.10929	0.70827	
0.95	2.12655	0.68980	
1.00	1.97507	0.62996	

(注) $\alpha = \frac{(\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta)^{3/2}}{[2(\pi - \theta)]^{2/3}}$, $\beta = \left[\frac{\pi - \theta + \sin\theta \cdot \cos\theta}{2(\pi - \theta)} \right]^{2/3}$

3.3.2 砂质土壤地区暗渠排水系统的规划

(1) 适用范围

砂质土壤地区暗渠排水系统规划的标准适用于地表以下1.0m范围内的平均渗透系数约为 $1 \times 10^{-3} \text{cm/se}$ 以上，并且经过暗渠排水土壤性质也不会有很大变化的土壤地区。

—[解说]

最近有关暗渠排水的研究表明，以前根据达西定律得出暗渠排水理论在壤土质土壤、粘土质土壤及泥炭质土壤方面一般很难适用。其理由①这些土壤中裂隙非常发达，达西定律本身对这些土壤难以成立。②以前的理论中，边界条件的设定比较单纯，与现场的实际情况不能吻合。③现场土壤的渗透系数分散性大，通过调查难以求出可靠的渗透系数。④如果进行暗渠排水，土壤的性质就会发生变化，透水系数本身的数值也会发生变化，所以即使使用暗渠排水理论意义也不是很大。然而，这里所说的砂质土壤地区就不存在上述问题，因此可以应用由达西定律得出的暗渠排水理论。

(2) 吸水渠的埋设深度及间距

吸水渠的埋设深度，依据基本暗渠排水系统规划的标准，一般选择在0.6~1.0m的范围之内。间距要考虑保证暗渠排水量及地下水位都能满足规划标准值，大约在18~33m的范围内。但是在围垦造田及倾斜地区不在这一限制之列。

[解说]

1. 从暗渠排水量方面进行分析

为了搞清3.2.1中规定的按计划排水量为10~50mm/day进行排水在实际中是否能够实现，如果可以实现，在暗渠间距为18~33m的范围内采用哪一个值合适等这些基础的内容，就要求出暗渠排水量。如果不能实现，就必须考虑通过其他途径进行透水性的改良。

分析时要将土壤分成均质土壤和成层土壤分别进行分析。所谓成层土壤是指在土层之间存在有透水系数相差约10倍以上情况，土层情况可以通过目估的办法确定。

① 均质土壤

根据地表至不透水层的深度(h)与暗渠间距(a)的比值a/h是否大于1，分别使用下面的公式求出使排水量Q大于或等于计划排水量的间距。

$$a/h \geq 1 \quad Q = \frac{2\pi K(t+d-r)}{\ln\left\{\left[\tan \frac{\pi(2d-r)}{4h}\right]\left[\cot \frac{\pi r}{4h}\right]\right\}} \dots\dots\dots(3.3.3)$$

$$a/h < 1 \quad Q = \frac{2\pi K(t+d-r)}{\ln\left\{\left[\sinh \frac{\pi(2d-r)}{a}\right]\left[\operatorname{cosech} \frac{\pi r}{a}\right]\right\}} \dots\dots\dots(3.3.4)$$

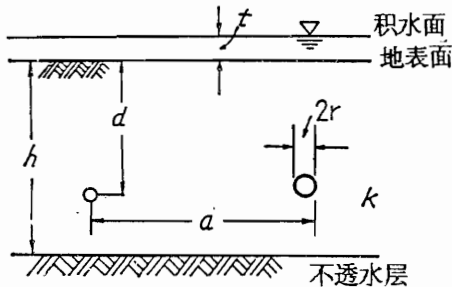


图-3.3.9 符号说明图

式中的h、d、a、r、t如图-3.3.9所示。K为渗透系数；Q为暗渠单位长度所对应的排水量。如利用图-3.3.10进行计算是非常方便的。

[计算举例]

设暗渠间距a=18m，当K=1.0×10⁻³cm/sec，
 r=t=0.025m，d=0.6m，a/d=30时，
 由图-3.3.10(A)可知Q/K(t+d-r)=1.63
 则暗渠排水量Q=1.63×K(t+d-r)
 =1.63×10⁻³×10⁻²(0.025+0.6-0.025)
 =10⁻⁵×0.978m³/sec

将此暗渠排水量换算成田面蓄水深度为：

$$10^{-5} \times 0.978 \times 86400 / 18 = 0.0469 \text{m/day} = 46.9 \text{mm/day}$$

因此，当渗透系数为1.0×10⁻³cm/day时，暗渠间距采用18m可以使暗渠排水量达到50mm/day。

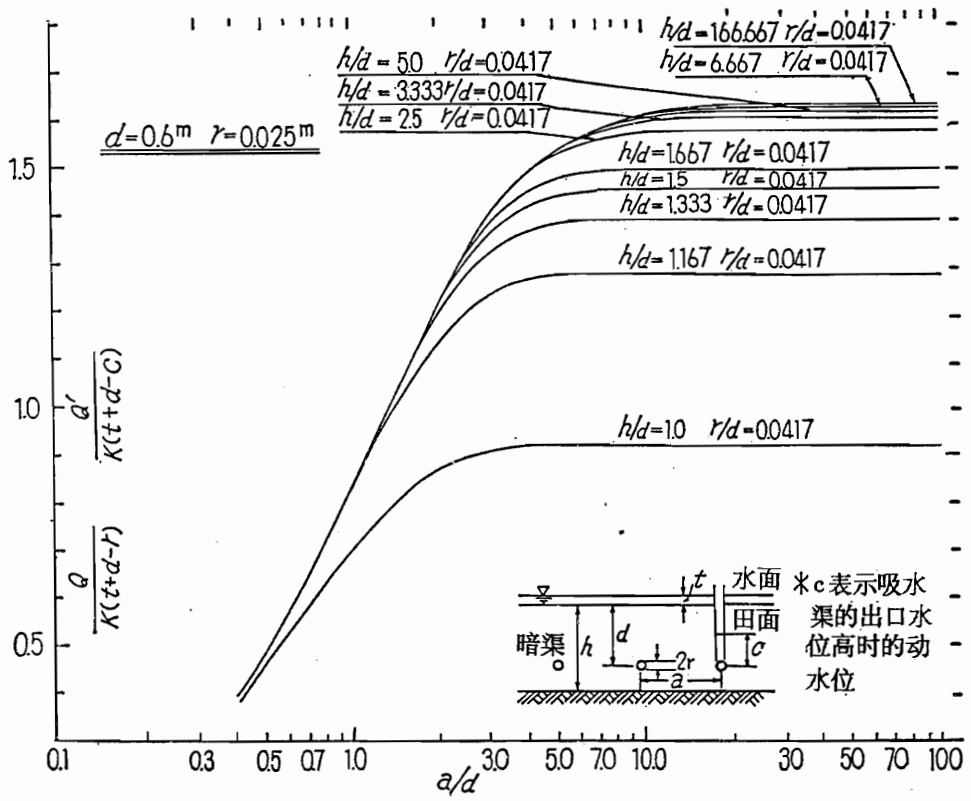


图-3.3.10(A) 暗渠排水量计算图

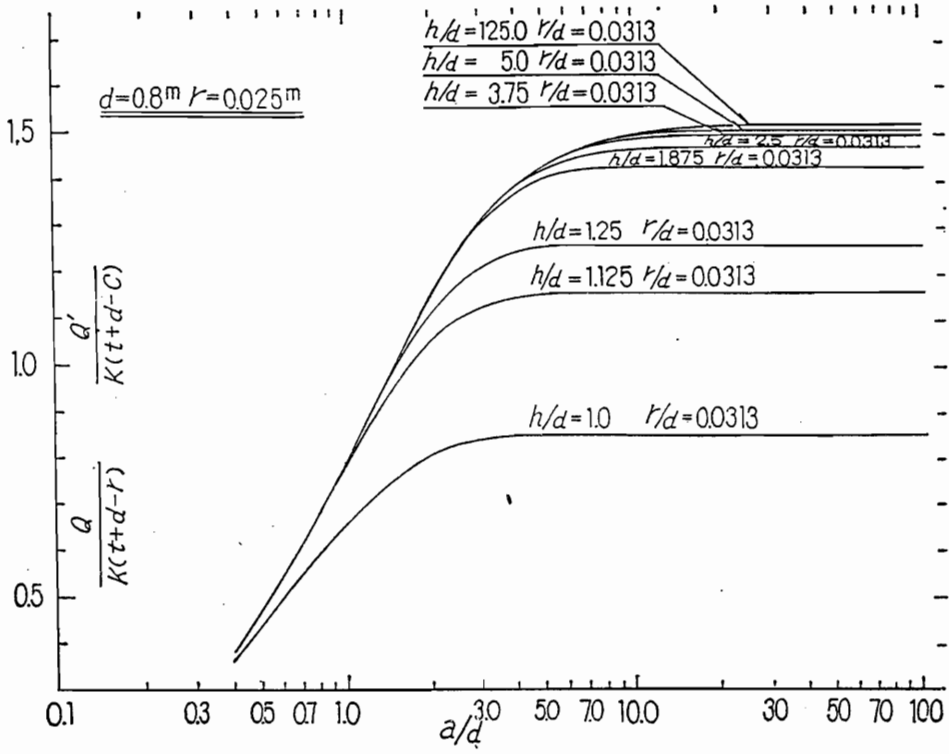


图-3.3.10(B) 暗渠排水量计算图

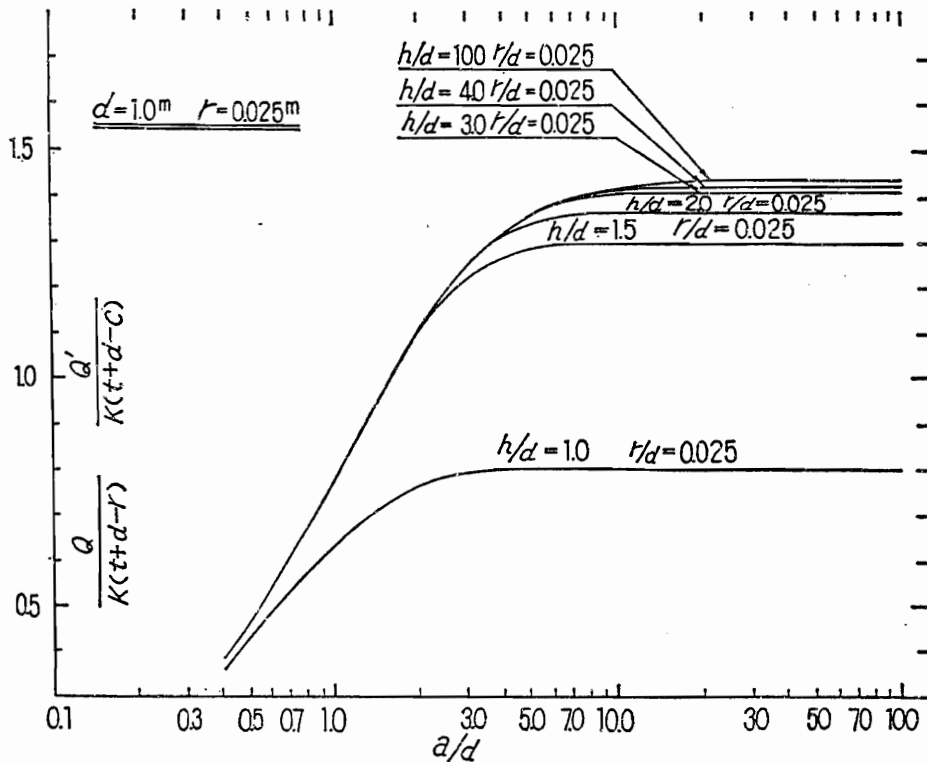


图-3.3.10(C) 暗渠排水量计算图

② 成层土壤

当各土层间的渗透系数相差10倍以上时，就可以按成层土壤处理。ドン・カーカム(人名)对于成层土壤也是用与均质土壤同样的方法分析的。但这只有在不透土层下方是无限的情况下才适用。

在考虑图-3.3.11所示的成层情况时，如果各土层的渗透系数为 $K_1、K_2……K_n$ ，相应的厚度为 $l_1、l_2……l_n$ ，并且可以认为水流的方向基本垂直向下，即与成层面垂直相交。根据达西定律水流的水头损失与各土层的厚度成正比，与渗透系数成反比，所以可以用下式将各土层换算成一个土层厚度 l ，其渗透系数 K 与埋设暗渠土层的渗透系数相同。

$$l = \frac{k}{k_1} l_1 + \frac{k}{k_2} l_2 + \dots + \frac{k}{k_n} l_n \quad (3.3.5)$$

也就是说如果使用(3.3.5)式中的 l ，就可以认为整个土层为均质土壤，其渗透系数为 K 。这样(3.3.3)，(3.3.4)式中的暗渠深度 d 换成 $l+b$ ，就可以求出暗渠的排水量。

2. 由地下水水位下降速度进行分析

为了确认3.2.2中确定的计划地下水水位下降速度在实际当中能否实现，可以用以下方法分析地下水位的下降速度。如果不能实现的话，可以考虑采取透水性改良的措施。

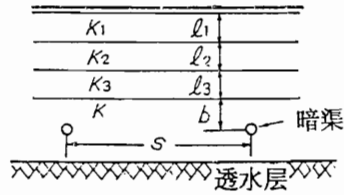


图-3.3.11 积水、成层土壤时的符号说明

关于从理论上推定地下水水位下降速度的方法已经有很多杰出的研究成果。但是这些研究成果都是以均一土壤为研究对象，并且没有考虑地下水面上毛管水层的土壤水分分布，因此应该说在精度上还有一定的限度。这些研究成果大致可以分为两类，一类是以平行流的假定为前提，另一类是考虑了暗渠附近的收缩水流情况。如果重点考虑理论的精确度，采用后者比较妥当。

其中苜蓿叶式就是考虑了暗渠附近收缩水流的情况，ドン・カーカム(人名)式是将恒定地下水水面形扩展到了非恒定形，另外还有穆迪的研究成果等，都是站在后者的立场上考虑的。

这里将采用比较合理的ドン・カーカム(人名)研究成果。

ドン・カーカム 的计算式如下：

$$hs/2 = H_0 e^{-(K/f) \cdot t/S^2} \dots\dots\dots (3.3.6)$$

$$F = \frac{1}{\pi} \left[\ln \frac{S}{\pi r} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \left(\cos \frac{2m\pi r}{S} - \cos m\pi \right) \left(\coth \frac{2m\pi l'}{S} - 1 \right) \right] \dots\dots\dots (3.3.7)$$

H_0 : 初期地下水位

$hs/2$: 两暗渠之间时间 t 的水位

$2r$: 暗渠直径

k : 渗透系数

f : 与排水有关的有效孔隙率

式中的符号如图-3.3.12所示， F 值见表-3.3.3。

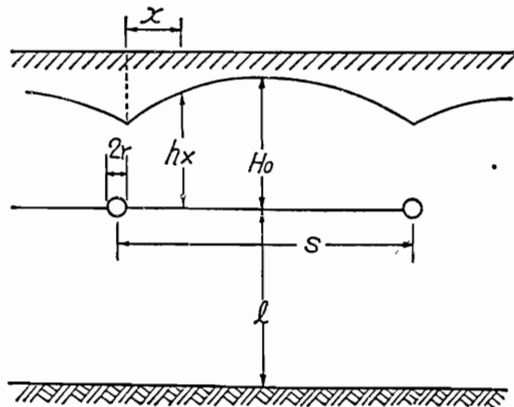


图-3.3.12 符号说明图

表-3.3.3 F 值

$\frac{t}{S}$	$2r/S$				
	0.0025	0.005	0.01	0.02	0.04
0.01	12.79	12.57	12.33	12.03	11.52
0.02	6.761	6.541	6.318	6.077	5.771
0.04	3.846	3.643	3.421	3.195	2.954
0.08	2.522	2.301	2.080	1.858	1.633
0.16	1.961	1.741	1.520	1.299	1.077
0.32	1.787	1.566	1.345	1.125	0.9040
0.64	1.764	1.543	1.323	1.102	0.8811
1.00	1.763	1.543	1.322	1.101	0.8808
∞	1.763	1.543	1.322	1.101	0.8808

【计算方法】

如果按后面讲述的方法首先确定了(k/f)，就可以先假定一个暗渠的间距S及确定暗渠半径r。然后由表-3.3.3中查出F，代入(3.3.6)式中求出规定时间t所对应的水位hs/2。再与允许地下水位（参照3.2计划标准值的确定，例如一周后达到田面以下40~50cm）相比较，如果过低就要加大S，过高就要减小S，按照这样的原则重新假定S。经过反复计算就可以确定出一周后的地下水位满足允许地下水位要求的间距s。

【例题】

设 $H_0=0.8\text{m}$ ， $l=2.0\text{m}$ ， $k/f=3\text{m/day}$ ，

$t=7\text{天}$ ， $hs/2=0.5\text{m}$ ， $r=0.025\text{m}$

将(3.3.6)式变形后，代入以上各值得：

$$SF = \frac{k}{f} \cdot t \times \frac{1}{\ln\left(\frac{H_0}{hs/2}\right)} = 3 \times 7 \times \frac{1}{\ln\left(\frac{0.8}{0.5}\right)} = 44.7 \quad (3.3.8)$$

当假定 $S=10\text{m}$ 时， $l/s=0.2$ ， $2r/s=0.005$ ，由表-3.3.3内查得 $F \approx 1.70$ 。则 $s \cdot F = 10 \times 1.70 = 17.0$ 。同样当 $S=19\text{m}$ 时， $S \cdot F = 45.6$ ，而 $S=18\text{m}$ 时， $S \cdot F = 41.4$ 。因此S为18m左右是最合适的。

【k/f调查方法】

在已经进行了暗渠排水施工的类似地区，按以下讲述的方法进行降低地下水位试验，求出k/f值。

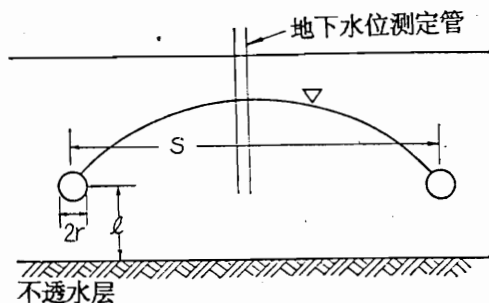


图-3.3.13 符号说明图

①首先测定吸水渠的间距 S ，从吸水渠至不透水层的深度 l' ，暗渠直径 $2r$ 。

②降雨之后（而且是没有积水的情况）马上测定两暗渠中间的地下水位 H_0 ，然后每隔一定的时间测定一次该点的水位 $h_s/2$ 。

③就 k/f 解(3.3.8)式时，可变为以下形式。

$$\frac{k}{f} = \frac{SF}{t} \ln \left(\frac{H_0}{h_s/2} \right) \quad (3.3.9)$$

用上式就可以求出 k/f 。

需要说明的是 $h_s/2$ 可以得出几个测定值，应用时要把几个值进行平均计算。

3.3.3 壤质土土壤地带的暗渠排水系统规划

(1) 适用范围

壤质土土壤地带的暗渠排水系统规划的标准适用于地表面以下1.0m范围内的平均渗透系数大约为 1×10^{-5} cm/sec以上，小于 1×10^{-3} cm/sec的土壤地区。

〔解说〕

壤质土土壤的性质介于3.3.2砂质土壤和3.3.4弱透水性土壤的中间。

壤质土土壤地带的暗渠排水系统规划的标准大多数情况都能适用于表-3.3.4中的土壤地区。

一般情况下，经过耙田即使是颗粒相当粗的土质，其渗透系数也会降低，所以即使是表-3.3.4中的土壤情况，也要在落干后随着土壤的干燥，耕作土层出现裂隙，透系数才有可能上升。

表-3.3.4 符合壤质土土壤条件的土壤质地

土 壤 分 类		渗 透 系 数
按JIS A的土壤分类标准	按国际土壤学会的分类标准	
(1) 构造发达 粘土、粉质粘土、粉质粘壤土、粉质壤土、粉质壤土、砂质壤土、砂质粘壤土	(1) 构造发达 HC、SiC、LiC、SC、SiCL、CL、SCL、SiL	大于 1×10^{-5} cm/sec 小于 1×10^{-3} cm/sec
(2) 构造不发达 壤土、砂质壤土、砂土的一部分	(2) 构造不发达 L、SL、LS的一部分、S的一部分	

(2) 吸水渠的埋设深度及间距

根据基本暗渠排水系统规划的标准，吸水渠的埋设深度应在0.6~1.0m的范围内选择，吸水渠的间距应该同时满足暗渠排水量及地下水位的计划标准值，大约在9~18m的范围内选定。但是，在倾斜地下水田等特殊条件的地方不受此限制。

〔解说〕

暗渠的深度和间距必须适当，水稻栽培的情况下，在灌溉期要赋予适当的渗透量；在非灌溉期要保持必要的地基承载力，而在转换为旱田的情况下，要确保适宜作物生长的土壤空气容量（一般认为土壤的三相中，气相体积应占18%以上）并保持适合农业作业的土壤水分。为了满足作物生长和栽培管理的需要，保持田间的平整是必要的。但是一般情况下，暗渠排

水的施工刚刚结束之后在回填部位和暗渠的中间部位之间都会出现部分不均的情况,这需要经过土壤构造的发育,数年之后才能达到均一化。因此暗渠施工越严密就越接近于均一,并且土壤构造的均一化程度也就越快,但是还要考虑施工费的限制。

排水改良之后,由于渗透系数会发生变化;有犁底层的存在等很难看成是均质的土壤,以及很难精确地掌握渗透系数的精度等原因,到目前为止通过计算准确地决定暗渠的间距还有一定的困难。

因此,经过分析研究以往在我国实施的,并已基本获得满意结果的实例等,将暗渠的间距规定为9~18m的范围之内。另外,在规划时,还需要参考类似地区的实例具体加以确定。

3.3.4 弱透性土壤地带的暗渠排水系统规划

(1) 适用范围

弱透水性土壤地带的暗渠排水系统规划的标准为地表面以下1.0m范围内的平均渗透系数小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ 。主要适用于仅靠普通的暗渠排水不能获得足够的排水效果,或者仅靠心土破碎等机械性的透水性改良方法排水效果差,以及排水效果的持续性不好的土壤地区。

(解说)

弱透水性土壤地带的暗渠排水系统规划多数情况下都适用于表-3.3.5所示的土壤地区。

表-3.3.5 符合弱透水性土壤的土壤质地

土 壤 划 分		透 透 系 数	备 注
按 JLSA1204 的土壤分类标准划分	按国际土壤学会的分类标准		
(1) 构造不发达 粘土、粉质粘土、粉质粘壤土 粉质壤土 (2) 因密实而不发达 砂质粘土、砂质壤土、 砂质粘壤土、 (3) 揣和之后密实的 壤土、砂质壤土	(1) 构造发育不好或难以维持 HC、sic、Lic、SicL、 SiL (2) 构造不发达 SC、CL、ScL	小于 $1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$	

(参考)

有施肥改良调查结果的情况下,表-3.3.6中所表示的土壤只是水田大多数都符合弱透水性土壤。

土 壤 群	大部分都能符合的土壤类型	可能符合的土壤类型
泥炭土壤		强粘土性、粘土型
泥炭质土壤	强粘土型、粘土型	壤土型
黑泥土壤	强粘土型、粘土型	壤土型
强潜育土壤	强粘土还原型、粘土还原型、强粘土斑铁型	粘土斑铁型、壤土还原型
潜育土壤	强粘土构造型、强粘土锰土型	粘土型
灰色土壤		粘土锰土型、粘土构造型
灰褐色土壤	强粘土构造型	粘土质构造锰土型
黑色土壤	粘土火山腐植型、粘土腐植型	
黄褐色土壤	强粘土型、粘土型、强粘土锰土型	

(2) 弱透水性土壤地带的暗渠排水系统

① 弱透水性土壤地带的暗渠排水系统是将密而浅的辅助暗渠和较深的主暗渠进行组合后的暗渠排水系统。其中辅助暗渠是为了使地表及表层的排水迅速化，而主暗渠的目的是集中辅助暗渠的来水及降低地下水位。

② 主暗渠应该考虑与辅助暗渠的连接之后再确定断面形状，而选择的构造又具有耐久性。辅助暗渠有各种形式，并且耐久性也各不相同，所以要根据土壤条件进行选择。

③ 弱透水性土壤的排水在很大程度上还受土壤条件、气象条件及土地利用形态的影响。所以暗渠排水系统要参考类似地区的施工实例进行选择，如果没有现有的实例，就要通过试行的办法选择出最适合的方式。

(解说)

弱透水性土壤自身的透水性最非常差的，地表积水和地下水的排水主要是土壤中出现裂隙之后，经过裂隙的孔隙来完成。构造不发达的土壤中的粗大透水孔隙使地表水的排水变好，表层土壤容易干燥并产生粗大的裂隙，可以对排水机能和土壤干燥起促进作用。在土壤干燥初期发生的裂隙非常不稳定，如果土壤继续干燥，裂隙就会变得致密，土壤形成块状的颗粒，使土壤的透水性变好。但是经过耕地如果毛管被切断就会使干燥向深层的波及速度减弱，使降雨等滞留在这些孔隙中并发生泥化，以后就是这种干燥——泥化的反复。因此，对于弱透水性土壤来说，迅速排除裂隙中的水是尤为重要的。

象重粘质土壤这样土壤透水性低，渗流路径即土壤孔隙的形成非常重要的情况，土壤中的裂隙如果延伸不到吸水渠的部位，就不可能将田面水迅速地排除，或者说，如果不发生较大的裂隙，早期形成至暗管的有效渗流路径就有困难。因此在这种情况下，就需要实施鼠道式暗渠、心土破碎等措施，人工制造一些渗流路径，以确保充分发挥主暗渠的机能。这时候，与主暗渠一起进行组合施工的暗渠就是辅助暗渠，辅助暗渠因土壤条件和工种的不同耐久性也有差异，但一般情况下都比主暗渠耐久时间短。

即使是在水田的情况，如果非灌溉期的排水管理好，多数土壤在15~20cm的深度范围内也会产生干燥裂隙，变成透水性的构造。这些裂隙在耕地、培土、特别是耕田的过程中没有被搅动的部分(12~20cm处的土层)留了下来，这部分土层稳定之后就形成了透水性的土层($K=10^{-4} \sim 10^{-2} \text{cm/sec}$)。这一层在日本本州面临日本海地带多湿的水田中也可以在比较短的期间内(2~3年)就能够形成。因此，如果将暗渠设置为与这一透水层相接的形式，那么不仅能迅速解决地表地下水的排水问题，还能在非灌溉期使土壤干燥效果向更深处发展。

根据以上的叙述，如果将弱透水性土壤地带的排水机能以模式图方式表示的话，请见图-3.3.14

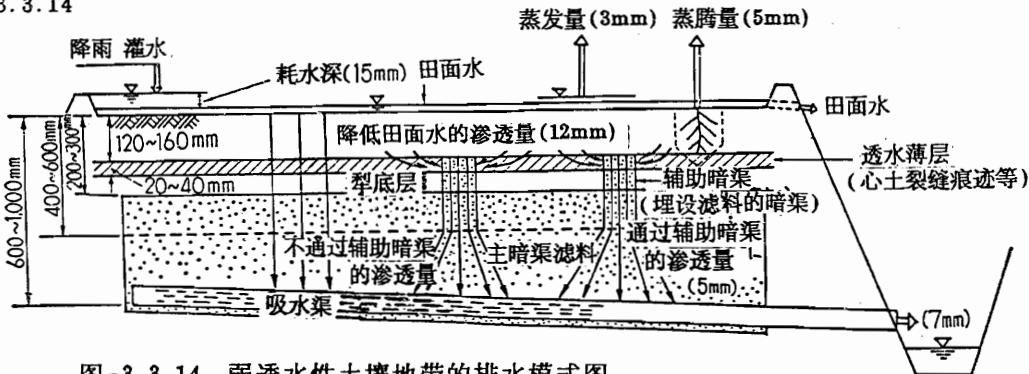


图-3.3.14 弱透水性土壤地带的排水模式图

(注)1. 本图是以模式图方式表示的水田用水期田面水及土壤水排除的机构。

2. 表示耗水深度及降低田面水的渗透量的数值是为便于说明而加上的，并不是实测值。

表-3.3.7 辅助暗渠的种类和特征

种 类	适 应 土 壤	施 工 上 的 特 征
鼠道式暗渠	孔的保存性好的土壤	施工简单。可以农用拖拉机施工。
埋设滤料的暗水渠	透水性、干燥裂隙保存性差的土壤	需要使用开沟机。可以利用稻米皮等作滤料。
牵引吸水管的暗渠	透水性、裂隙的保存性比较好的土壤	耐久性好，施工也比较简单。吸水管长度短时(50m以下)可以做单独暗渠使用。
鼠道式暗渠(滤料充填)	透水性、干燥裂隙保存性差的土壤	可以在软弱的地基上施工，更新也容易。
心土破碎	过硬的土壤、裂隙保存性差的土壤	施工简单

2. 辅助暗渠的种类和特征

辅助暗渠的种类和各种施工方法所适用的土壤条件和施工上的特征见表-3.3.7。其中，图-3.3.15所表示的是具有代表性的断面形状。

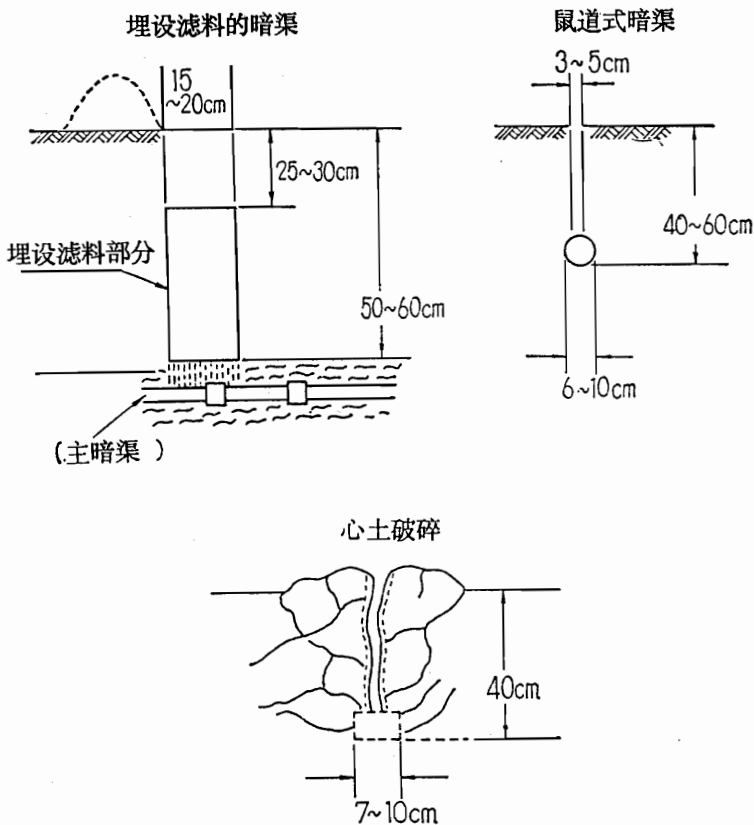
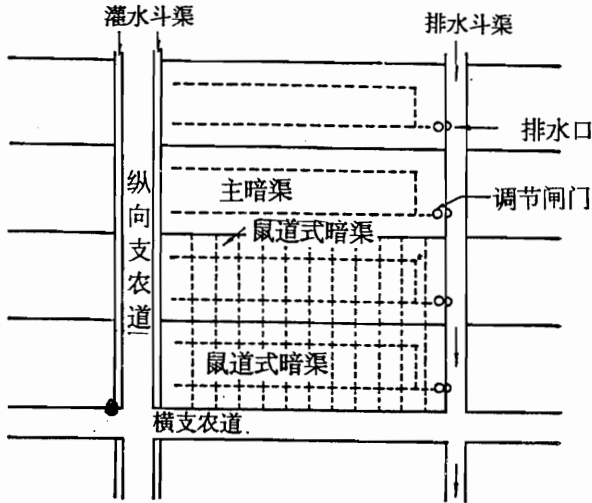


图-3.3.15 具有代表性的辅助暗渠断面形状

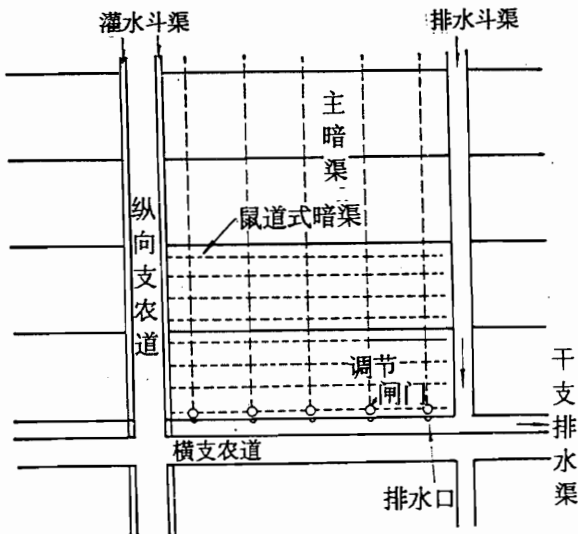
3. 辅助暗渠与主暗渠的组合方式

(1) 辅助暗渠原则上设置成与主暗渠垂直相交的方式。主暗渠与辅助暗渠同时施工时，应优先确定主暗渠的配置。

水田中主暗渠的配置如图-3.3.16(A)(B)分为沿耕区的长边平行配置吸水渠和垂直于耕区的长边配置吸水渠两种情况。图-3.3.16分别表示两种情况的辅助暗渠组合方式。



(A) 主暗渠的吸水渠沿耕区长边平行设置的情况

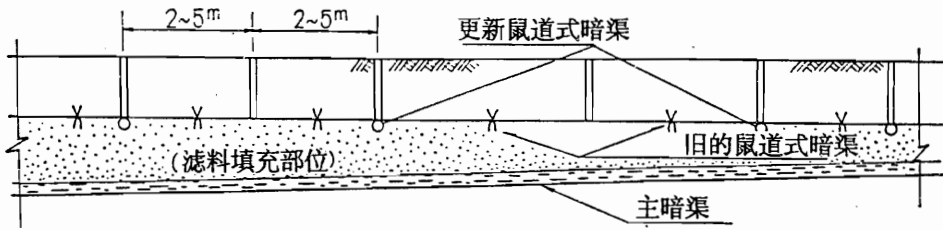


(B) 主暗渠的吸水渠沿耕区的短边平行设置的情况

图-3.3.16 主暗渠与辅助暗渠的组合配置图

(2) 为了将辅助暗渠收集的水引入主暗渠，在地表面以下20cm的范围内要铺设主暗渠滤料，使辅助暗渠与主暗渠通过滤料连接（对照图-3.3.17）。

(A) 主暗渠纵断面图



(B) 鼠道式暗渠纵断面图

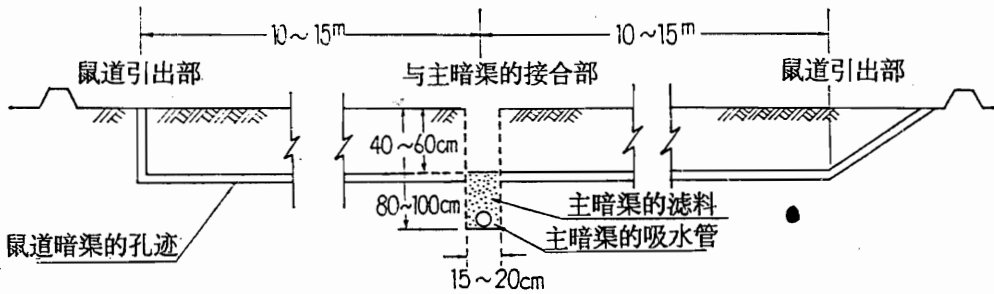


图-3.3.17 主暗渠与辅助暗渠的组合断面图

(3) 在已设的主暗渠上进行辅助暗渠施工时，其连接方法如下。

① 在主暗渠的正上方补充埋设便于暗渠连接的滤料（参照图-3.3.18(A））。

② 在进行埋设滤料暗渠的施工时，尽量将埋设深度定深一些，使埋设滤料暗渠在与主暗渠的交点连接（参照图-3.3.18(B））。

4. 辅助暗渠（种类）的选择

(1) 根据土壤条件选择

① 对于因短期间的排水强化而造成的裂隙等土壤构造发达，并且可以长期保持的土壤，适于选用鼠道式暗渠。

一般情况下，土壤处于湿润状态时，透水性将会降低，并朝着越来越湿润的状态发展；相反，土壤如果干燥，透水性就会提高，并且将显示出愈来愈干燥的性质。在这种情况下，辅助暗渠应使土壤的湿润循环转变为干燥循环，对水起到引导的作用。

② 对于土壤构造发育比较缓慢的土壤，适合于选用对鼠道式暗渠反复多次施工、填充滤料的鼠道式暗渠、引入吸水管暗渠等。

③ 对于土壤构造发育缓慢，且易流动或易坍塌的土壤，适合于选用引入吸水管暗渠和填充滤料的鼠道式暗渠。

(2) 根据施工条件选择

① 对于拥有拖拉机（输出功率在20PS以上），而又能依靠经营农业的个人进行施工或区域范围的集体施工，并且又有利的情况下，适合选用鼠道式暗渠（包括填充滤料的情况）和心土破碎。

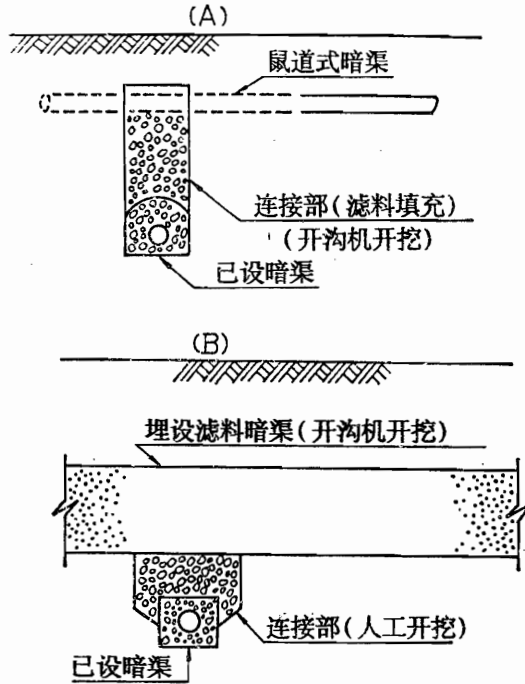


图-3.3.18 已设主暗渠与辅助暗渠的组合断面

②对于拥有经营农业用开沟机（引入式开沟机、自走式开沟机等）并可以利用，而且又有利的情况下，适用选用埋设滤料（稻皮等）暗渠。

③在专业施工人员施工的情况下，利用任何一种都可以。

(3) 吸水渠的埋设深度及间距

在组合暗渠下部设置的主暗渠间距采用处于土壤构造发育好、透水性比较大，仅靠主暗渠就能排水的状态所需的间距。埋设深度执行基本暗渠排水系统规划的标准。

【解说】

1. 与辅助暗渠组合设置主暗渠间距，在东部日本面临太平洋那样的土壤干燥，裂隙等土壤构造发育容易的地区，采用壤质土土壤的间距，而在日本本州面临日本海和日本北部那样的土壤不容易干燥、土壤构造发育迟缓的地区，选用的间距应比壤质土土壤的间距小一些。

2. 辅助暗渠是通过土壤干燥裂隙等粗大的孔隙进行集水，所以无论暗渠的形状如何，其效果涉及的范围都比较窄。因此象鼠道式暗渠、心土破碎等造价低廉的工程间距设为1.5~3.0m，即使是牵引吸水管暗渠及埋设滤料暗渠等，间距也应控制在6m以内。

辅助暗渠的埋设深度，在无材暗渠的情况下，埋深过浅会因机械行走造成破坏，而过深柱刃轨迹又容易闭塞，出现效果降低的情况，所以最好是在0.4~0.6m的范围。埋设滤料暗渠的埋设深度采用从耕作土层的正下方算起至与主暗渠的滤料相接的厚度。

3. 辅助暗渠的长度

辅助暗渠由于孔的破坏和不均匀沉陷等原因，过长的话会失去排水效果。因此，需要按一定的间距与主暗渠相接。辅助暗渠的有效长度随土壤的特性而异，最好是参考表-3.3.8的值确定。

表-3.3.8

辅助暗渠的长度

种类	事例	长度
引入吸水管暗渠	施工良好时(最大起伏8cm)	100m
	施工不良时(最大起伏15cm)	30m
	倾斜2~3°的旱田	200m
埋设滤料暗渠	埋设断面宽度15cm×20cm	18m以下
	滤料为稻皮暗渠间距5m	15m
填充滤料的鼠道式暗渠	滤料为稻皮鼠道直径7cm	12m以下
	滤料为片状材料断面宽度6cm×12~18cm	20m
鼠道式暗渠	土壤为洪积黄褐色Lic(施工后1年)	3m以下
	土壤为潜育HC(施工后1年)	5~8m
	土壤为泥炭混合sil(施工后2年)	10~30m
	土壤为灰褐SC(施工后5年)	30~50m

[参考]

1. 滤料的渗透系数

滤料的渗透系数因材料的种类和固结的程度而异,表示一个固定的值是比较困难的。以下所表示的是调查事例,仅供参考。

稻皮: 在 10^{-2} ~ 10^{-1} cm/s范围内

硬质聚氯乙烯废渣: 在1~10cm/s范围内

软质聚氯乙烯废渣: 在0.1~1cm/s范围内

2. 以下所表示的是粘质土壤耕作土层正下方透水性薄层的厚度和透水率调查事例。

土壤: 潜育土壤 粘土斑铁型

透水性土层: 土层位置15~20cm

水平方向渗透系数 晒田期: 在 10^{-3} cm/s范围内

收割期: 在 10^{-2} cm/s范围内

(4) 组合暗渠的施工

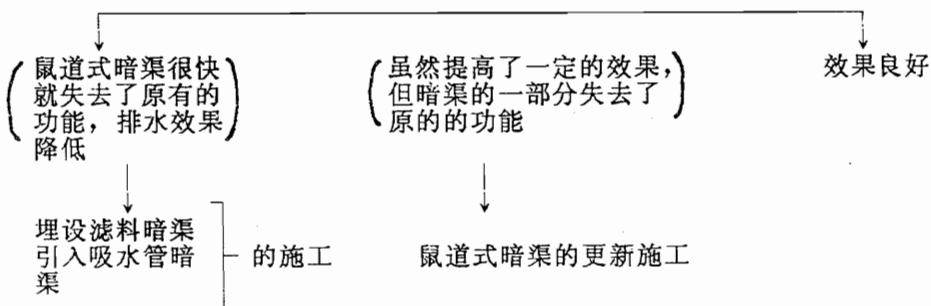
需要实施组合暗渠的弱透水性土壤,经过排水改良透水性的变化是比较复杂的。所以,暗渠施工要按照土壤构造的变化,采用分阶段施工的方式。另外,在类似地区如果有已经确立了的施工方式,也可以效仿。

[解说]

组合暗渠的施工方式根据土壤条件及排水条件可以有多种方式。以下所表示的是几种有代表性的方式。

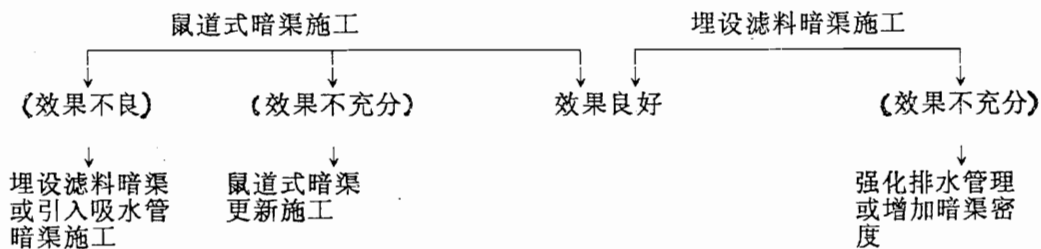
①虽然主暗渠已经埋设,排水渠的水位可以降低,排水管理等也比较好,但是排水仍然不够充分。在这种情况下可以考虑实施以下内容。

实施鼠道式暗渠并与已设暗渠垂直相交



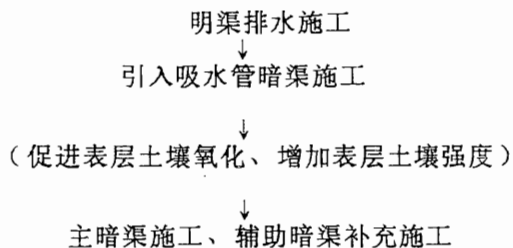
② 在湿水田中新设暗渠

为了与辅助暗连接首先实施滤料断面大的主暗渠, 然后根据土壤状况同时实施以下内容。

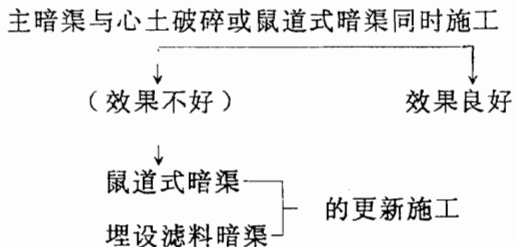


③ 在地基软弱的强湿水田中新设暗渠排水

(在围垦造田的初期或者属于这种类型的特殊情况)



④ 在密实的粘土地基上新设暗渠排水



3.3.5 泥炭地带的暗渠排水系统规划

(1). 泥炭地带的暗渠排水系统

泥炭地带的暗渠排水系统规划原则上以基本暗渠排水系统规划为准。但是分解不良的泥炭会因为地下排水而产生严重的不均匀沉陷，所以首先应该通过简易的辅助暗渠进行排水，然后再进入主暗渠的施工，这里主暗渠的埋深比壤质土土壤稍深一点（20~30cm）为好。如果排水和分解比较快时，也可以直接将暗渠埋深一点。

(2). 使用材料也是以基本暗渠排水系统规划的标准为原则。但在泥炭分解不良时，为防止因不均匀沉陷造成接合部位脱开，应使用长管或有接头的标准尺寸管，并且管径最好选大一点。

【解说】

1. 泥炭的分解度

不均匀沉陷、透水性、地基承载力等因泥炭的分解度不同而各异。分解的程度大致可分为以下几种情况。

分解好：构成泥炭层的植物残体已经充分分解，原形基本上已不复存在

分解不好：大部分植物残体还保留着原形

分解一般：介于上面两者之间

另外还有将分解度分成10个阶段的分类方法，但是对于排水来说，仅用上面的三个阶段就足够了。

2. 不均匀沉陷

存在有大面积分解不良泥炭的サロベツ(日本地名)地区，在暗渠施工后的5年中地基沉陷达40~50cm，其中一半以上是暗渠的下层收缩。另外从其他实例中也能看出在分解不良的情况下都会发生相当大的沉陷，大部分地基沉陷都是在开始的两年中发生的，所以辅助暗渠在这段时间可望发挥有效作用。

3. 不均匀沉陷与使用材料

在分解不良的泥炭地区，不均匀沉陷是不可避免的。因此为了防止暗渠材料在接合部位发生错位，应尽可能地使用长尺寸的管材。表-3.3.9是在埼玉县秩父地区测定的实例，从表中可以看出因管种不同，暗渠的出流量会有怎样的不同。

表-3.3.9 暗渠的出流量（秩父地区的几个实例）

施工后， 经过的年限	划分	暗渠的出流量(l/day)			观测期间 降雨量(mm/day)
		土管	长尺寸管	鼠道式暗渠	
1年		375	809	295	6.3
2年		282	396	109	3.3
3年		557	1,013	0.8	4.5

管道内径土管为6cm、长尺寸管为4.8cm，深度都是60cm。长尺寸管与土管出流量的差主要是由于土管的接合部位脱离造成的。而与鼠道式暗渠的差是由于鼠道轨迹收缩闭塞造成的。

4. 辅助暗渠

在分解不良的泥炭地区为了防止因排水改良产生的不均匀沉陷，以预先促进排水为目的而设置的简易辅助暗渠有钻孔暗渠、鼠道式暗渠、截断暗渠等。这些暗渠的排水机能，如果以相同的密度布置效果依次变高，而施工效率正好相反依次逐渐降低。截断暗渠是使用链锯或鼠道式暗渠柱式型的刀刃将泥炭纤维切断，钻孔暗渠是用梯架式挖掘机将相当于鼠道的部分挖出，然后将挖完后的地表部分的轨迹用机械封死。辅助暗渠的间距在5~10m范围内并且越密越好。而深度应为70cm~1.0m。

(2) 吸水渠的埋设深度及间距

吸水渠的埋设深度根据泥炭层的状态规定为0.8~1.2m，而间距规定在9~18m。在地下水水位降低有困难时，可以的采用吸水渠的埋设深度不变，设置与吸水渠成直角的截断暗渠或缩小吸水渠的间距。

【解说】

1. 保水性、排水性

泥炭土保水能力很强，所以在降雨后或落干后2~3天内都会给机械行走、家畜放牧带来影响。因此在泥炭土情况下，应使正常的地下水位保持在地表面以下50cm，以便迅速排水。

表-3.3.10是在高仓地区测定的水田落干后土壤水分的情况。

表-3.3.10 泥炭土地块的土壤水分(高仓地区)(含水率为体积比)

土层	位置	
	暗渠正上方	暗渠中间
耕作土层	70%	70~80%
下层	70~80%	80~90%

田间调查选择的是在非灌溉期，正常地下水位在30~40cm比较高的地方。从表中可以看出水田落干后土壤水分仍然还是很高的。

也就是说有客土的耕作土层水分含量占70%~80%，已经接近饱和，在暗渠的中间下层的液相已经达到了80%~90%，而气相只不过是百分之几，在这样的地方，降雨以后地下水位降低迟缓，并经常处于过湿状态。

如果暗渠排水效果好，因降雨上升30cm左右的地下水位在未分解的泥炭地区可以以10~15cm/day的速度、在分解好的泥炭地区可以以5cm/day的速度降低。渗透系数前者为 10^{-3} cm/sec，后者 10^{-4} cm/sec。

サロベツ(日本地名)是正常地下水位为50cm左右的例子，其调查结果见表-3.3.11从表中可以看出渠深0.6m、间距18m是可以满足要求的，但是象サロベツ(日本地名)地区这样的没有分解的泥炭是很少见的。如果再考虑地基沉陷、土壤冻结等情况，以及地区的差别和土壤条件的影响，暗渠埋深选择0.8~1.2m比较适宜。泥炭地区的明渠常常会出现坡面坍塌和渠底上浮等造成暗渠出口的淤积，所以暗渠埋得过深并不一定是上策。

表-3.3.11 泥炭地区的地下水位(サロベツ地区)(cm)

序号	1	2	3	4	5	6	7	
测定间距	暗渠 ○ ←1m→ ←2m→ ←6m→ ←6m→ ←2m→ ←1m→ ○ 暗渠							
耕种期平均	58.4	56.4	57.1	50.6	51.5	51.2	52.0	
降雨期	53.6	49.6	43.0	41.3	38.5	41.8	46.7	

注：渠暗深0.6m，间距18m

2. 地基承载力

泥炭土保水能力很强，在非灌溉期表土比较干燥时，下层还是湿润的，地基承载力仍然很小，只不过是表层的值稍大一点而已。图-3.3.19是美呗地区水田中的调查结果。

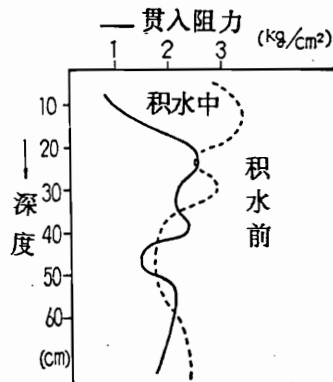


图-3.3.19 泥炭土层的贯入阻力

从荷载试验的结果上看，土层充分干燥、分解好的泥炭地地基承载力不存在问题。在最湿的地方地基承载力在 $0.1\text{kg}/\text{cm}^2$ 左右，排水比较好的地方为 $0.25\sim 0.3\text{kg}/\text{cm}^2$ ，排水非常好的地方为 $0.35\sim 0.45\text{kg}/\text{cm}^2$ 。 $0.25\text{kg}/\text{cm}^2$ 相当于履带式湿地车的履带接触地面压力，而 $0.45\text{kg}/\text{cm}^2$ 相当于普通履带式拖拉机的履带接触地方压力。但是，当在泥炭纤维上行走时，有时即使地基承载力很小也能用轮式拖拉机作业。在泥炭地区，排水的程度和客土的质量严重影响着车辆的行走性，而上层部分的干燥又是特别重要的因素。

(3) 调节闸门

在泥炭地区，调节闸门的数量应尽可能少，调节闸门的周围还应该用粘土等进行加固。

[解说]

泥炭地区土层比较软弱，调节闸门部位容易产生坍塌、冲刷等。所以在不影响排水管理的范围内应尽量减少调节闸门的数量。另外，泥炭地的水田漏水比较严重，所以一般都是在灌溉期间预先将调节闸门关闭，但有的地方即使关闭调节闸门仍然会有水从调节闸门周围的泥炭层渗出流入明渠，这里就应该在灌溉期间将调节闸门埋死，待水田落干后再将调节闸门挖出来。或者，在调节闸门的周围应该用粘土加固或用塑料板做成防渗墙，这样既可以防止漏水，又可以避免事故的发生。

(4) 排水口及明渠

排水口附近的明渠在构造上应该保证不会因坡面坍塌及渠底上浮等给暗渠来水带来影响。

[解说]

泥炭地的明渠容易发生坡面坍塌和渠底上浮等情况，常常会对暗渠来水造成影响。因此，应该注意对明渠的坡面和渠底进行保护，并且还要考虑周密的维护管理。另外明渠的长度还应该尽量地短一些。在泥炭地区即使广泛地进行暗渠施工仍然会有一些排水不良的部分，这是由于排水口淤积或因不均匀沉陷使暗渠错位造成的。为了使明渠的状态保持完好，需要每年清淤。另外，水田有些地方要从畦埂的内侧挖开通入明渠，这就需要在明渠的边缘留一点空地，这样做对明渠的维护管理也是有利的。

3.3.6 倾斜地水田的暗渠排水系统规划

(1) 对于来自地区外渗入水的处理

对于倾斜地水田来说，截断来自地区外渗入水原则上是设置截水渠。

[解说]

倾斜地水田（一般在1/50以上）的外来水一般多是来自周围地区的渗透水及地表水，这往往会造成地区内排水不良。截断这些外来水原则上采用以下方法（参照图-3.3.20）。

1. 在地区周围设置明渠或暗渠形式的截水渠。渠的深度可以根据规划地区的土质决定，但是连到透水层上效果最好。
2. 用1的方法不能充分截水时，可以在地区内平行于沿等高线走向的横交道路，并在道路的下游侧设置地区内截水渠，这样做有时很有效。
3. 倾斜地土层一般是比较复杂的，虽然都是来自地区以外的渗透，但往往渗透的路径是不同的，而要发现这些路经常常又是很困难的，一旦发现了渗透的路径就应该立即引到排水渠上。

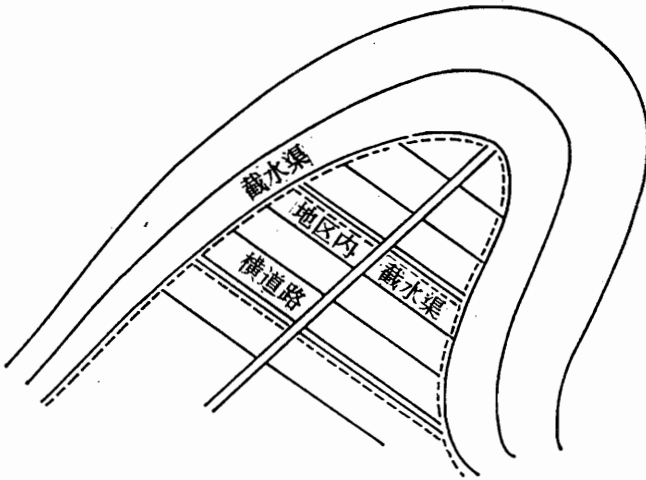


图-3.3.20 截水渠的例子

1. 在地区周围设置明渠或暗渠形式的截水渠。渠的深度可以根据规划地区的土质决定，但是连到透水层上效果最好。

2. 用1的方法不能充分截水时，可以在地区内平行于沿等高线走向的横交道路，并在道路的下游侧设置地区内截水渠，这样做有时很有效。

3. 倾斜地土层一般是比较复杂的，虽然都是来自地区以外的渗透，但往往渗透的路径是不同的，而要发现这些路经常常又是很困难的，一旦发现了渗透的路径就应该立即引到排水渠上。

(2) 集水渠的配置

倾斜地区内暗渠排水部分与排水渠之间的落差应在允许范围内，集水渠的用量也要控制在最小限度。

[解说]

在平坦地区为了确保与排水渠之间的落差，常常是受用集水渠方式比较有利。而在倾斜地区排水渠之间的落差很容易保证，只有尽快地将水由排水渠排出才是有利的。

在倾斜地区集水渠过长容易产生过高的流速，同时还给暗渠带来过高的压力，不仅会给维护管理带来困难，而且集水渠方式布置灵活的优点也不能得以发挥。积于以上原因，在倾斜地区暗渠排水系统的规模应尽量小一些，并且集水渠的用量也要控制在最小限度。

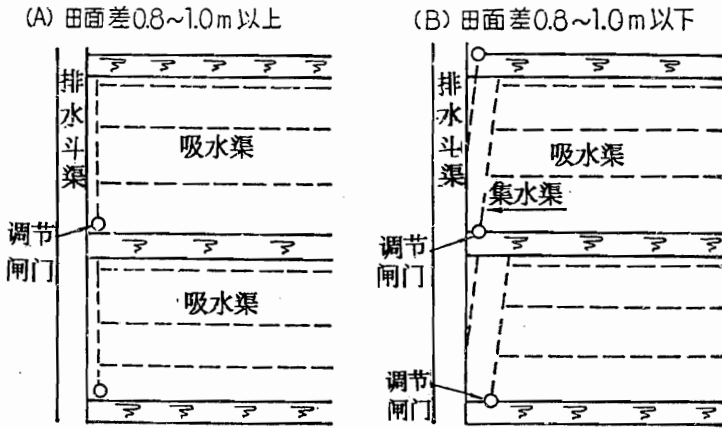


图-3.3.21 暗渠系统的例子

如图-3.3.21所示，具体可分为两种情况，第一种情况是田面差在0.8~1.0m以上，将暗渠排水系统集中在一块水田内，第二种情况是田面差在0.8~1.0m以下，必须将水引到下游水田，否则落差就无法满足，前者为图-3.3.21(A)的方式，后者为图-3.3.21(B)的方式。图-3.3.21中(B)方式是使集水渠按吸水渠的间距平行布置，这样做的好处在于可以使集水渠兼有吸水渠的作用。另外这种方式在上游水田与下游水田的畦埂部位存在的结合方法问题，可以通过在畦埂的正下方设置落差的方法，以及如图-3.3.22所示的部分地改变集水渠坡度的办法来解决，从减少故障的方面考虑还是采用后者较好，这时候要求集水渠的深度在最浅的地方也应在要保证在田面以下50~60cm左右。

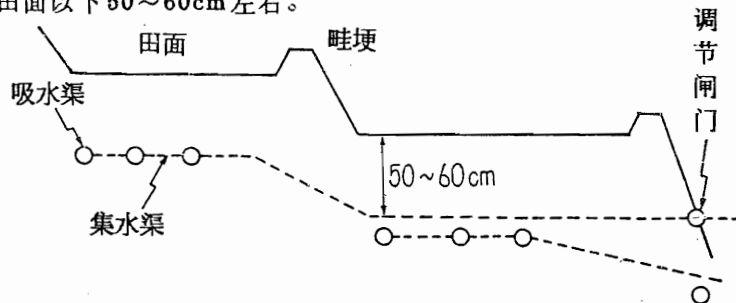


图-3.3.22 倾斜地水田中的集水渠结合方法

(3) 吸水渠的埋设深度及间距

吸水渠的平均间距从土壤性质上考虑与平坦地区的情况相同。但是考虑到涌水的状况，高的一侧应布置得密一些，而低的一侧应该布置得稀一些。吸水渠的埋设深度原则上也与平坦地区的情况相同。但是当排水不良的主要原因是由于涌水时，就要稍微埋深一些。

【解说】

在倾斜地水田由于来自上游水田的渗透水，在同一个耕区中高的一侧就比较湿润，而低的一侧就容易干燥。这种情况还会因倾斜程度、田块高差、土层状况等而不同。因此需要通过现场调查，充分掌握本地区实际状况。

现场调查的结果如果发现因来自上游水田的渗透水使坡脚附近过湿时，就要在坡脚的正下方（1m以内）设置第一条吸水渠。为了促使这条吸水渠尽可能地截住来自上游的渗透水，在构造上最好是将滤料直接通到耕作土层的下方（参照图-3.3.23）。

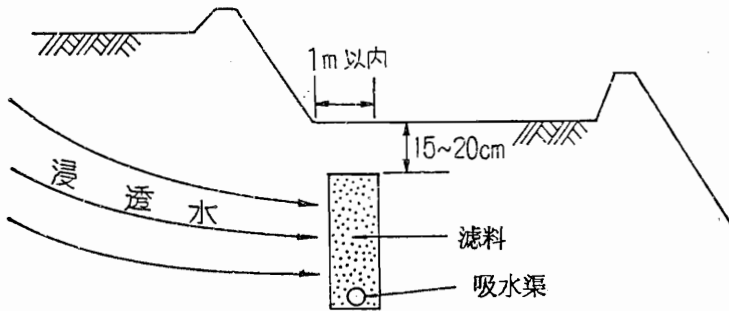


图-3.3.23 坡脚下方暗渠的构造

吸水渠的间距应该是高的一侧密、低的一侧稀，平均下来与平坦地区同一土壤性质情况下的间距相等。但是，合理地确定这种间距稀密的方法还没有确立。因此在现阶段可以通过充分了解现场的实际情况，并参考类似地区的实例加以确定。

【参考】

下面以平坦地区的吸水渠间距为标准，或采用加权平均的方法做一个确定倾斜地区吸水渠间距的方案。

首先设平坦地区吸水渠的间距为 \bar{l} ，一块水田的短边长为 L ，在这块水田中应设置的吸水渠数量 N 为 $N = L/\bar{l}$ 。这时 N 取整数 \bar{l} 进行修正。如果以图-3.3.24所表示的将吸水渠的间距由高的一侧算起分别定为 $l_1, l_2 \dots l_i \dots l_n$ ，就可以通过用加权系数 $W_1, W_2 \dots W_i \dots W_n$ 分别乘以 \bar{l} 的方法确定吸水渠的间距。

另外原则上还是沿高的一侧设置第一条吸水渠。但是如果田面高差比较小，并且一块水田中吸水渠的数量又比较少时，也可以离开畦埂一点距离（3~5m）。

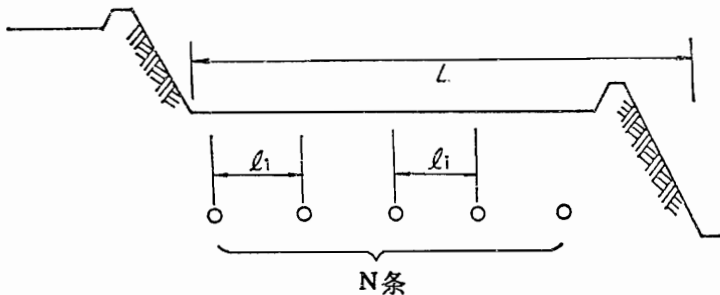


图-3.3.24 符号说明图

$$L_i = W_i \times l \quad (3.3.9)$$

$$W_i = W_y + \frac{W_t - W_y}{N-1} \quad (3.3.10)$$

W_t 、 W_y 可由表-3.3.12中查得。

N: 吸水渠条数

i: 由高的一侧算起吸水渠间距的编号

表-3.3.12 W_y 、 W_t 值

高差(m)	W_y	W_t
0.5	0.7~0.9	1.1~1.3
1.0	0.5~0.7	1.3~1.5
1.5	0.3~0.5	1.5~1.7

当一块水田中设置2条或3条吸水渠时，按以上方法得出的间距见表-3.3.13。

表-3.3.13 暗渠间距的标准

田面 高差	土壤性质	渗透系数	平坦地区 的标准	2条吸水渠		3条吸水渠			备注
				l_1	l_2	l_1	l_2	l_3	
0.5	弱透水性土壤	$\sim 1 \times 10^{-5}$	4~9	3~7	5~11	3~7	4~9	5~11	$W_y=0.8$
	壤质土土壤	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	9~18	7~14	11~17	7~14	9~18	11~17	$W_t=1.2$
	砂质土壤	$1 \times 10^{-3} \sim$	18~33	14~26	17~31	14~26	18~33	17~31	
1.0	弱透水性土壤	$\sim 1 \times 10^{-5}$	4~9	2~5	6~13	2~5	4~9	6~13	$W_y=0.6$
	壤质土土壤	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	9~18	5~11	13~25	5~11	9~18	13~25	$W_t=1.4$
	砂质土壤	1×10^{-3}	18~33	11~20	25~46	11~20	18~33	25~46	
1.5	弱透水性土壤	$\sim 1 \times 10^{-5}$	4~9	2~4	6~14	2~4	4~9	6~14	$W_y=0.4$
	壤质土土壤	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	9~18	4~7	15~29	4~7	9~18	15~29	$W_t=1.6$
	砂质土壤	$1 \times 10^{-3} \sim$	18~33	7~13	29~56	7~13	18~33	29~56	

(注) 弱透水性土壤在平坦地区的标准暗渠间距的值为不与辅助暗渠并用时的数值。

(4) 特殊排水

在倾斜的水田中涌水以散在的形式发生时，必须采取适当的对策加以处理。

[解说]

在倾斜地水田中地形、地质情况是复杂的，由涌水引起的排水不良的部位也是以散在的形式存在并且是不规则的。在这种情况下，仅靠实施普通的暗渠排水还不能完全解决问题，需要采取特殊的排水措施。这些涌水部分用地方的话来说叫作「锅底坑」(千叶县)或「蛤蟆坑」(兵库县)，遇到这样的情况不要说农业作业机械，就连人也很难进入。另外在这样的涌水部位由于水温低，农作物本身的生长也受到影响。因此，从整个田间面积来看，特殊涌水部分所占的面积即使很少，为了提高劳动生产率、和提高作物生产能力，以及满足交换土地的需要，无论如何也要对其实施排水改良。

1. 判定是否需要特殊排水

在以下的情况下可以认为特殊排水是需要的。

① 涌水部位的涌水量过大（落干以后，将涌水部位围起来，通过观测这部分水面上升的速度就能判定涌水量的大小）。

② 涌水部位的地温偏低（即使是在积水的情况下，地温仍然比周围低很多）。

③ 植物生长不良（因为水凉，杂草的种类与周围不同，并且草高和叶色等都有差异）。

④ 地基承载力异常低下。

2. 排水方法

可以分为两种情况选择排水方法，即涌水路径明确并且大部分涌水都能截住的情况和这以外的情况。前者又可以分为两种；一种是涌水部位浅，并且分布面广的情况，在这种情况下采用的方法应该是主暗渠布置得密一些，滤料使用多一些；另一种是涌水部位深，并且分布面狭的情况，在这种情况下，采用设置纵型暗渠（参照图-3.3.25）进行排水效果比较好。在两综合地的洼地水田和地震ヶ浦周围的围垦地下层有明显的砂层，涌水就是来自这一部分，在这种情况下，采用本种方法就可以取得明显的效果。

后者的情况是涌水路径不够明确，所以，首先要设置主暗渠，然后根据主暗渠的排水状况作为第二期工程再实施特殊排水工程。有时候即使是从地表上观察可以发现明显的涌水，但是具体是从土层的哪一部分涌出来的仍然是不明确的。如果土壤的渗透系数在 10^{-4}cm/sec 以下，即使承压力很高，用前者的办法常常也不能彻底解决问题。因此在涌水路径和透水层不明确的情况下，只好采用后者的方法。

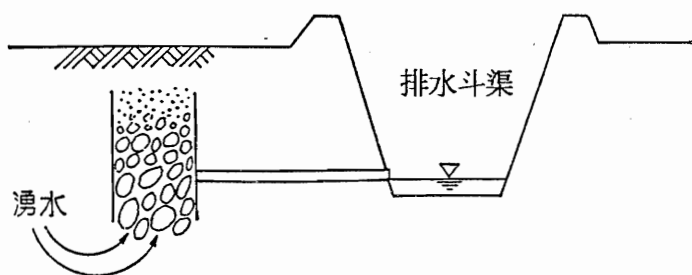


图-3.3.25 纵型暗渠

(5) 材料（施工）

在倾斜地水田中，要充用使用滤料等材料，而且还需要认真施工。

【解说】

倾斜地水田与平坦地区的水田相比，渗透水多，干燥困难。因此裂隙和暗渠回填部位的排水效果，不如平坦地区好。这就需要暗渠的覆盖材料或滤料用得更多一些（可能的话最好是通到耕作土层的下方）以便提高暗渠排水的机能。

另外，因为湿润，暗渠排水的施工也就必然比较困难，所以这就需在在施工上特别精心，并且暗渠回填应尽量迟一些，这样可以使开挖面（沟）干燥一些。

第四章 暗渠施工

4.1 暗渠施工的标准工序

暗渠施工原则上按以下工序进行。

渠线的确定 —— 材料的配备 —— 挖掘 —— 管路铺设 —— 临时回填 —— 回填 —— 排水口的施工

【解说】

在进行暗渠排水施工时,应对施工工序的每个阶段的精度进行确定,而后进入下一阶段。特别重要的是确认挖掘和铺管后渠底和管的坡降,以及平整状况是否符合要求。

在一个工程中,要进行几种作业,取决于材料及施工机械的种类。例如,在一个工程中,以柔性长管做为暗渠材料,可以由挖沟机进行挖掘、铺设、投入覆盖材料,一直到埋管等全部工序。但是,这种施工方法,不能确认渠底及管的坡降和平整状况是否符合要求;另外不能以挖掘的干燥,促进土壤裂隙的发展,所以要注意上述缺点。

鼠道暗渠的施工方法是在渠线确定后,直接由鼠道作业机进行施工并修建排水口。另外,管道钻孔引入施工方法的工序为:管线的确定、材料的配备、接头部分的挖掘、管的引入(铺设)、挖掘部分的回填及排水口的施工。

4.2 主暗渠的施工

4.2.1 渠道的确定

渠道确定的原则是把系统规划落实到现场,所以,要考虑现场的状况,以使工程的施工顺利进行。

【解说】

(1) 根据系统规划平面图、纵断面等进行渠道的确定,具体方法是确定:排水口、上游起点、调节闸门的位置、吸水渠与集水渠的接合点、坡降的变化点等,并在各点打桩标记。

(2) 挖掘时为了校核渠深、坡降等要沿着渠线设置适宜的放线架,并且拉上线。机械开挖时,要每隔数米立一个标杆做为标记,或在前方立两根以上的标杆,以确认行进方向。

(3) 在旱田起伏大的地方,因为要确保暗渠一定的坡降挖掘深度变化很大时,为了避免起伏,把吸水管布置在地形坡降陡的方向上,这时会使管内流速提高。这种情况下,间距的变化和管路坡降的变化也是不得以的,但即使是这样,也不能使管路出现反坡。水田系统为了不使管路坡降发生变化要事先把机械通过部分的田埂等摊平。

4.2.2 材料的选择

选择材料要考虑:暗渠的排水系统、土层的种类、地基是否有不均匀沉陷、施工方法、气候条件、材料来源的难易程度、材料费用等。

【解说】

在易产生不均匀沉陷的泥炭地及软基的地方,长管或能用接头连接的管比土管效果要好

得多，其管径以大口径为好。如果暗渠排水系统比较浅且形式简单，采用钻孔引入的施工方法是有利的，而这种方法必须用柔性长管。但是这种施工方法不适合于砂砾或埋有木柴多的地方及需要大量滤料的土壤。

对于挖掘、回填施工方法，软质聚乙烯管易压坏，所以并不适用，但它具有耐低温的特性。聚乙烯管抗压能力强，但抗寒性差。另外，在强酸性土壤中，使用混凝土管是不适宜的。使用的各种材料要符合 J I S 规定或其它检验标准。

4.2.3 挖掘

挖掘是以下游向上游、集水渠向吸水渠的顺序进行

[解说]

在挖掘时为了排除涌水流的干扰，就有必要从排水渠开始，进而从下游向上游挖掘。在人工开挖时要把表土和深层土分开，并堆放在距坡肩30cm以上的位置。还要边用拉线、桩子等来确定挖深、坡降，边向前推进。要保持底面所定的坡降，必须慎重成形。为了防止积水使底面变膨软及水流对底面的侵蚀，需要花费时间采用人工开挖时，按不同层次分几次挖，最后再对挖掘面进行整修。

在用机械开挖时，为了保证施工质量，组织者应及时进行挖深及坡降确定，并提供适宜的建议及指令。

管分支部分的挖深，因为要考虑各自的管径等，所以接合部分可能是不统一的。

常用的挖掘机按挖掘部分为旋转或梯架型挖沟机和铲斗式挖掘机。但要根据土壤等施工条件，选定最适当的形式。梯架型挖沟机是在环状链条上安装着铲斗、卡爪等，连续挖掘砂和土。旋转型是用圆板代替环状链条。梯架型适于挖掘深度变化大或需要深层挖掘的情况，而旋转型在这一点上不如梯架型。但是，旋转型的挖掘力大而且挖掘速度快，因而，适用于硬质土壤或地下有障碍物的地带。但是旋转型挖沟机数量较少，实际使用的例子不多。铲斗式挖掘机虽然效率低，但挖掘力强，适用于石砾等障碍物多挖掘深度变化大的地方，或大面积挖掘等多种条件。

如果使用挖掘力小的机械，遇到土层中有孤石和在局部地方存在有砾石等情况，这部分的挖深就会变浅。这样会使暗渠效果及性能大幅度下降，所以，特别重要的是选定的施工机械要符合地区的土壤条件。

4.2.4 管的铺设

铺设管道时，地下水易流入管内，这时，要防止泥沙流入；另外，还要考虑能使管内的水顺利地流出，最好在干旱期进行施工。

[解说]

管要沿着渠线事先布置好。管的铺设顺序与挖掘相反，由上游向下游，由吸水管向集水管进行。这是为了防止由下游铺设的时候，因上游有水造成管子移动及泥沙流入管内。但是如果用长管连续施工，挖掘与铺设能同时进行或挖掘断面有坍塌、流动时，可以从下游安装，并立即回填。为防止泥沙的侵入，还应该在管的上游端设置塞栓。

长管可以直接铺设在渠底，而塑料制品系列材料的短管要在地上进行连接，然后，利用管的挠度以自然弯曲的状态放进沟内。

当铺设土管时，把软竹竿、硬质聚乙烯管等的下端立在渠底，再从上端把土管滑进去。这样可以提高铺设效率。渠底为软基可能产生不均匀沉陷时，可以先把竹、板、圆木之类铺在渠底做衬底，上面铺管。

管有一端为承口，另一端为插口时，应该把承口装在上游方向。在途中有管径变化或有分支时，采用变径套管，弯管接头，T型接头等连接或在土管的一面开孔连接分支管。

为了防止泥沙流入管内和加大吸水部分的断面，管道上面要充分覆盖，采用的覆盖物有：稻草、麦秆、松叶、丛生竹、芦苇、稻皮等。但是，要符合覆盖的目的，并且应选择在当地最容易筹备的覆料。因为玻璃纤维、塑料纤维类的纺织布易引起堵塞，所以必须注意。这些材料特别不适用于细颗粒土壤。用稻草、麦秆、丛生竹、松叶等覆盖物时要把穗梢顺向下游且纵向排列。在砂质土壤中，管外产生的流水对渠底有冲刷危险的地方，覆盖物不能用在管底，只能在两边和管上施用。在泥炭地易产生不均匀沉陷的地方会造成管底不平整，所以在管的底部要铺设覆盖物。

排水口部分要用桩子固定或用粘土加固，以防汛期洪峰流过时，管被冲出或移动。另外，为了防止管道出流对排水渠的坡面、底面造成冲刷，要把管的末端伸出坡面，并在管的周围衬砌。

长管比短管容易铺设，而且还可以用机械从挖掘、铺设、投入覆盖物到回填以一道工序全部完成。但是在粘性土地等管路临时回填后要暂时放置，待挖掘面干燥后，再进行全面回填，这对提高暗渠的效果是很重要的。正是因为这个原因，除特别地方外，最好不要采用这种施工方法。在干旱期施工，有利于土层干燥及裂隙的发展。而且，地下水位低，有利于管道的敷设。

4.2.5 回填

回填要考虑进水通道的保护，管的固定，促进进水通道的功能等，进而施工。

[解说]

为了保护和固定管路及其覆盖物，防止对渠底的侵蚀，管道铺设后，至少先回填10-20cm。此时要注意不能打乱管道的排列顺序和坡降，不能损坏管道。在回填时，最好把深层土填在下面，表层土填在上面，但是这对于机械施工是有困难的。

因为土层中的渗水，主要是通过裂隙等构造形成的，所以，在粘性土地，过湿地等进行暗渠施工时，挖掘到回填，应尽可能使土壤长时间干燥。此外，对于粘土，如果用石子、煤碴、泥炭、砂等混合回填，则可以提高其效果。

还有，为了避免由于施工造成土层的透水性减弱，应尽可能在水分少时施工，还要用干燥后的土回填。

长时间回填时，应注意因地形、气候、暗渠材料等引起土壤流失、侵蚀、管的破损等。调节闸门部分，要截断水流，所以，不使用覆盖材料。回填时，用粘土等充分加固。

4.3 无材暗渠的施工

无材暗渠不使用暗渠材料，而是通过在土层中设通水孔达到暗渠排水的功能。鼠道暗渠、截水暗渠、钻孔暗渠等就属于这种类型。其中可以结合主暗渠施工或单独施工，究竟采用哪种方式要由土壤条件确定。

【解说】

(1) 无材暗渠在粘质土中是做为完全暗渠的辅助暗渠，在软地基中是做为完全暗渠能维持稳定之前的预备暗渠，在过湿地带如果利用无材暗渠进行土壤预先改良，对地基的干燥有很好的效果。总之无材暗渠如果使用得当，可以得到很好的效果和耐久性。

(2) 鼠道暗渠是典型的无材暗渠，它可以由机械动力在土层中钻出鼠道形成贯通的通气孔。其施工效率高，钻孔器是由横刃和钻孔体组成，其中横刃装在机架上并固定在支柱刃下端，而钻孔体则用钢丝链条等连接在横刃后部。钻孔体用于横刃钻出的通水孔的整形。横刃由油压控制，可以上下移动，直装型作业机是直接固定在拖拉机上。而牵引型是通过装在机架上的定位车或定位滑板与地面保持平行。所以鼠道暗渠适用于起伏不大的地方，但若事先把拖拉机预定通过的线路平整好，也可以采用鼠道暗渠，另外，若采用光线自控装置施工，就可以不受地面的凹凸影响，而得到一定的稳定的坡降。

作业机械的牵引，可以利用拖拉机也可以利用卷扬机。但除了因覆盖层条件不好，妨碍拖拉机的运行外，一般用拖拉机施工是有利的。鼠道暗渠的牵引阻力较大的是4吨左右，普通的是1~2吨，所以要使用相称的动力。但是，用拖拉机施工时，如果地面的条件不好，如容易泥泔化的粘土地等，有必要使用60ps级履带型拖拉机。

鼠道暗渠在没必要使用调节闸门的地方，最好在明渠上直接开口。这时是在明渠中把横刃落下，由这里按所定的方向进行施工。在必须用调节闸门时，在闸门附近应使用土管、塑料管等材料。与集水渠衔接时，首先进行集水渠的挖掘，由这里作起点进行鼠道暗渠的施工。在接合部分除用土管、塑料管外，还要根据需要用各种形式的接头连接。另外，鼠道暗渠的出口处应该用管引出，防止出口坍塌。鼠道暗渠在有砾石或杂木多的土层中施工很困难。另外，在砂质土和未分解的泥炭、软的腐殖土壤等地方，多在短期内失去效果，但是，在土壤中，持续效果十几年时间的例子还是不少的。鼠道暗渠虽然不能说是完全无材暗渠，但是如果在鼠道暗渠的钻孔部分再充填滤料（参照图-4.3.1）其效果能够持续相当长时间，效果会更好。

鼠道暗渠因为经济，持续效果好，所以，无论作为辅助暗渠或预备暗渠都是有利的。

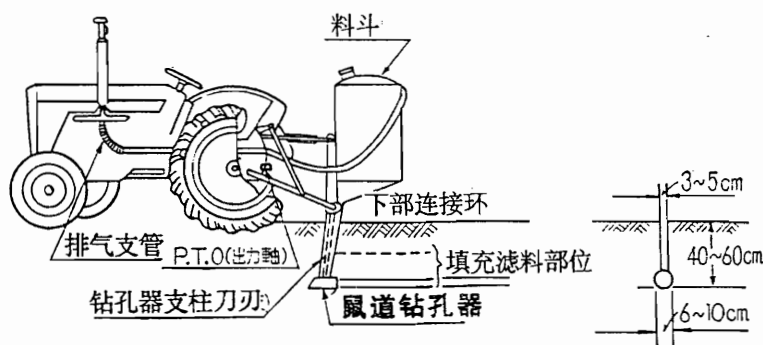


图-4.3.1 充填滤料鼠道暗渠

(3) 截水暗渠和钻孔暗渠，主要适用于泥炭地截水暗渠多直角进入主暗渠，由与挖沟机类似的链锯或由与鼠道暗渠作业机的支柱刃刀类似的劈刀把土层截断，在钻孔暗渠中，是用狭窄的梯架式挖掘机挖出沟，再从沟的侧面把地表部分压实，或是先将土层用链锯切断，然后用旋转的卡爪钻孔，将切下部分从切口运至地上形成鼠道形状。施工要点以鼠道暗渠为标准。

4.4 钻孔引管的施工方法

钻孔引管的施工方法既具有鼠道暗渠的施工效率又具有主暗渠的效果及其持续性,对不需要滤料的土壤很有效。

【解说】

钻孔引管的施工方法,如图-4.4.1所示,把管安装在鼠道暗渠的钻孔体后面,通过牵引管引入钻孔内,以防止钻孔坍塌。

把鼠道暗渠的钻孔体卸下,如图-4.4.2所示,把钻孔体接在横刃上,再把长管暗渠材料前端插入钻孔体的插口上,用绞链从上面勒紧。钻孔体与管的连接根据材料的性质有各种方法。

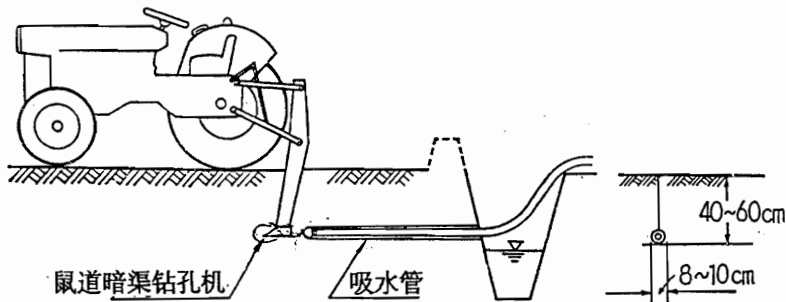


图-4.4.1 引入吸水管暗渠

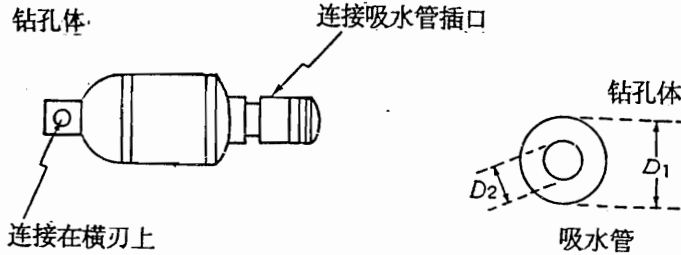


图-4.4.2 带插口的钻孔体

以鼠道暗渠为标准进行施工。因为,管道引入较大的通水孔,所以,孔与管的摩擦比较小,钻孔机的牵引力与在鼠道暗渠时没有什么变化。在未分解的泥炭土中,钻孔后,孔在土层中很快收缩,因为孔壁的收缩,把引入的管夹紧,产生很大的阻力,管道有可能被拉断。管与钻孔体的外径比 D_1/D_2 一般是2左右,但对于收缩大的土壤,必需在3左右。管道铺设后,孔逐渐地收缩,管的四周产生相等的压力,所以按挖掘和回填的方法施工可能会被压坏的管子在这里也不会有什么问题。但是,由于地面的条件不好,拖拉机成蛇形行进,或剧烈颠簸时,在图-4.4.3中由于带符号位置的阻力,有时管被拉坏。

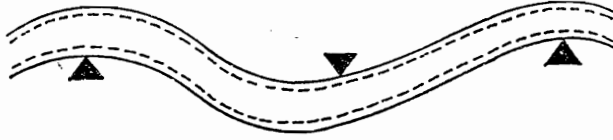


图-4.4.3 产生起伏的钻孔体剖面图

这种方法，因为不可能投入滤料，所以必须投入滤料的土壤，不适用此方法。另外，在埋有硬木，砂砾不适于鼠道暗渠施工的地带同样也不适于这种方法。实验结果证明，如果管的内壁光滑，采用有圆孔的管，就能得到很好的效果。

这种施工方法，如果避开引起堵塞土壤，基本不产生坍塌，排水效果可以持续很久。特别是不均匀沉陷严重的泥炭地基与采用土管等短管的暗渠比较，在接头部分不产生断层，有很大的持续性。

在这种施工方法中，在要与集水渠接合的地方或设立调节闸的地方，必须使用适宜的专用材料。

4.5 心土破碎

心土破碎是将坚硬的弱透水性土壤的心土破碎，使其膨松增加土层透水性和保水性的施工方法，应与主暗渠同时施工。

【解说】

作业机械称作心土铲，其构造基本与鼠道作业机相同，但因为是用于土层破碎，与钻通水孔的目的不同，所以，不安装钻孔体而是在支柱刀刃的前端，安装横刃和翼板，心土铲的安装型式与鼠道暗渠相同，有直装型的拖拉机和牵引型的拖拉机。前者小回转能力强适于土层破碎，后者比前者横刃通过的轨迹更明确能够保持良好的通水功能。在一般情况心土铲的支柱刀刃用农用拖拉机牵引一联，用60~80PS级的履带型拖拉机可以牵引三联，（参照图-4.5.1）。

三联心土铲的支柱刀刃间隔约为75cm，施工深度可达40~60cm。

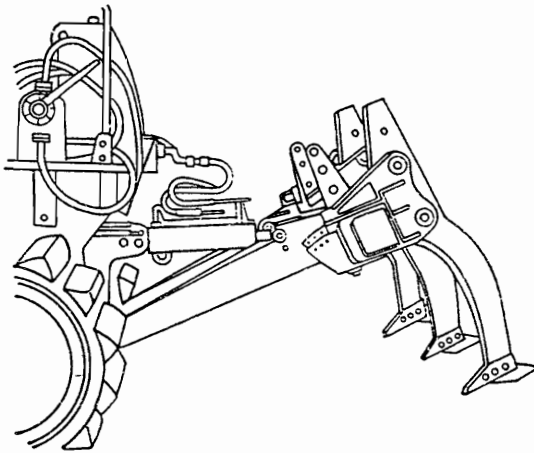


图-4.5.1 三联直装心土铲

支柱刀刃为一联时，牵引阻力与鼠道暗渠相同，但三联时需要 9 吨以上。同样土壤的情况下，牵引阻力越大，土壤受力后，发生的变化也越大。心土破碎在倾斜的方向施工时是提高排水机能，在水平方向施工时则提高保水机能。但是要考虑与主暗渠的衔接情况后具体确定方向、深度、衔接方法。心土破碎不能直接接在明渠上。

心土破碎的效果中，密度、三相比等可以维持二三年，而透水性则可以持续数年时间，其效果的大小，持续时间的长短，是随施工时的土壤水分而变化的。所以，要选择在干燥时期施工。在特殊情况下，还应预先用无材暗渠排水，达到一定的干燥程度后再进行施工。

第五章 效果和评价

暗渠排水工程的效果，如下所述。关于其效果的计量，要评价工程的经济效益。

1. 作物的生产效果。
2. 农业经营所需劳动力节减效果。
3. 维修管理费节省效果。

【解说】

(1) 作物生产效果包括水稻田水田旱田化的效果、旱田防止渍涝的效果，由于旱田化对作物的种植增减效果，另外还包括，在实行水旱田轮作时，水旱田轮作的效果。根据这些效果，要计算出作物生产的增产值。

(2) 农业经营所需劳动力节减效果由于采用暗渠排水，增加了土地的耐力，易于进行机械作业及栽培管理工作，因而，农业经营所需劳动力节减。由作物生产效果，无法掌握的生产费用的增减，可以从劳动力费用的侧面进行计量，而且可以根据暗渠排水实施前后，农业经营所需劳动力投入量的变化，及农业技术体系的变化来计算。

(3) 维修管理费节减效果，这是由于实施暗渠排水，所需设施的维修管理费用的增减效果。可以由实施暗渠排水前后各种设施在维修管理费、运行费、赋税等方面的年度经营差额，算出。

第六章 维修管理

6.1 维修管理的要点

为了充分发挥暗渠排水的效果，并完好地保持暗渠排水系统各部分的性能，必须充分对各设施进行维修及管理。

【解说】

为了充分发挥暗渠排水的效果，要让有关人员熟知暗渠排水的目的及各设施性能的要点（包括操作上的注意事项），要对设施进行定期巡回检查，并对故障和缺陷尽早发现。处理耕作者故障、缺陷报告时，还要组织一个管理机构以及能迅速有效地进行处理。

6.2 设施的维修管理办法

为经常保持暗渠排水系统各设施的功能，使用者及管理者要充分地了解各设施的功能及目的，并对各设施经常进行维修管理。

【解说】

要保证暗渠排水系统整体的连贯性和保持各设施的功能。对设施必须进行维修管理。暗渠排水设施的维修管理大致分下面三点。关于各自维修管理的要点分别表示如下：

- ① 暗渠的排水口及排水渠的维修管理
- ② 暗渠管自身的维修管理
- ③ 调节闸门设施的维修管理

1. 排水口及排水渠的维修管理

(1) 为了充分保持暗渠的功能，首先，暗渠的排水口必须在水面以上。假如暗渠埋设较深，排水口淹没在水中或埋在泥里，成为淹没水头乃至其多余的水头变成了水头损失，将使暗渠的排水量降低。特别是埋在泥中时，水头损失显著增大，暗渠几乎没有效果。因而，排水渠要经常维修主要是降低水深使暗渠的排水口在排水渠的正常水位以上，一般，在排水渠的坡面上，有繁茂的枯草会堵塞排水口，或在枯草上有流下的泥沙堆积，往往使排水渠底抬高。为此，在巡查时要特别重视对排水口的检查，而且，要监视排水口不要被分解的物质和泥堵塞。

(2) 排水渠（与供水渠一样春季通水前和秋季落水后即春秋二季，进行坡面的补修，渠底的疏竣和清扫，以便降低水深使暗渠排水口保持在正常水位以上。此外，出水口出水后因为会有泥沙沉积，所以，在退水前为了保证水流通畅也需要进行疏竣或清扫。

2. 暗管（吸水渠、集水渠）的维修管理

(1) 暗管的维修管理要尽量在每年耙前及停水后，对暗渠进行两次清扫。除用调节闸门操作外，还可以用地表水的导流，用泵或压力喷嘴进行压水清扫。在用调节闸门操作时，管内水位大致与田面一致时，排除最下游的调节闸门的水，利用水位差产生的水势，排除管内的沉淀物。并依次把这个方法用在上游。

在黑泥土壤，火山灰土壤等土颗粒易移动的土壤中，在施工后的一年间，泥沙会在管内

大量的堆积，如放任不管，就会固结在管内，使暗渠排水的性能及寿命大幅度降低，所以在施工的第一年，对管内的清扫是必不可少的。

(2) 暗渠的故障调节闸门排不出水时，可能是管有破损、阻塞或滤料堵塞等故障。此外，如果暗管发生故障，地下排水就不畅，在产生故障处的上游田面就变得过湿。因而，依据调节闸门的水流状态，做了判断，就可以知道由于故障所引起的影响范围。暗渠的故障、缺陷有情况：(1) 暗管及调节闸门阻塞或破损不能排水；(2) 在聚氯乙烯管暗渠中产生覆盖材料（玻璃纤维、塑料制的滤料）的堵塞，(3) 因为施工时不注意造成透水不好。

(3) 在修复故障不能通水时，及时把管更换，使阻塞的泥沙流出。为了使泥沙流出，排除保护材料的堵塞问题，首先要把调节闸门关闭使暗渠内的水充满管内以后，再打开调节闸门，通过水势排出沉淀物。最近还有采用压力水由喷嘴或泵对管内进行清洗和排除保护材料堵塞的办法有效地提高排水效果。以上方法施行后仍然不能通水时，就很可能是管道破损的问题了。以下是确认管道自身破损方法的一个例子：在湿润地的下游端，将暗管切断再挖一个比管稍深的试坑，取出暗管。如果水由这地方喷出说明破损处在其下游，看不见水时，破损处则在此处的上游。由此可判断是挖上游还是挖下游。在集水渠底、道路、堤防等部位下面的暗管易因管的破损、移动、不均匀沉陷等引起功能障碍，这一点要特别注意。

3. 调节闸门的维修管理

(1) 调节闸门的操作及管理

① 调节闸门的关闭是由上游向下游方向，开启时则相反，是从下游向上游方向进行。在某一时间，若把数个调节闸门打开，由于管内滞水的缘故，流量会变得过大，使管内排水暂时停滞，水流变缓。这时助长了管内沉淀物的沉积，冲走这些沉淀物就困难。

② 耙前调节闸门的使用，由每个地区水源的条件（用水是否丰富）及复种作物的状况是不同的。应该在满足耙田要求以后，尽早关闭闸门，以谋求地下水位的上升和耙地用水量的节俭。

③ 把全部调节闸门关闭后，最好是经过一昼夜后再进行水田的灌溉。

④ 尽可能采用能进行水位调节的调节闸门，稻作期间水位的调节应根据水稻的生长进行操作。

(2) 调节闸门的故障及其修复

关闭调节闸门时，水从耕地地面喷出，这是由于暗管之间接合不完善或管的破损所造成的，应及时进行修复。虽然调节闸门没有破损，但关闭时水位没有上涨，说明调节闸门漏水，调节闸门漏水有止水贴得不紧或者从调节闸门管接头漏水的情况。对于从调节闸门接头管漏水的处理，是把调节闸门挖出来，其接头部分用粘土，二合土或灰浆包裹，把周围仔细地重新加固。

6.3 田间水管理

为了提高暗渠排水的功能，各种排水管理要与耕作方法紧密结合，同时还要以促进土壤干燥为目的进行水管理。

【解说】

为了充分发挥暗渠排水的功能，最重要的是要对暗渠排水设施进行完善的维修管理，同时要把田面水迅速地排除，促进土壤干燥，使水田产生裂隙，改善其透水性。

为此，进行田间水管理，要注意如下几点：

- ① 加强田面排水；
- ② 坚持实行落干；
- ③ 引进合理的栽培方法改善土壤的透水性；
- ④ 尽力维持暗渠排水施工形成的地下水通道；
- ⑤ 稻苗成活后断水（为了促进裂隙）。

下面就以上内容中一些应该注意的主要事项阐述如下。

1. 排除田面地表水

田间的排水管理，重要的是尽可能排除地表水，不给地下排水增加负担。因为地表积水透过土层渗入地下，不仅会使地下排水速度变慢，在土壤中保留过剩的水分，还会妨碍土壤的干燥。为了改善田面排水，在不妨碍机械行驶的原则下，在田面增设浅沟排水也是一种方法。

非灌溉期的水田土壤干燥，即使在水稻单作时，也直接与接插秧准备及收获工作的效率有关，所以严格的排水管理是非常重要的，其中主要包括：防止供水渠漏水侵入、严格进行地表排水、截断外区域来水、经常检查排水渠水位和暗渠的调节闸门保持各排水设施功能良好等。

以前，在水稻单作的地区，没有加强这些方面的管理。特别是在日本内地或没有实行复种的地区收割后排水管理还不够充分，但是为了进行土壤物理性能的改善，尤其是通过干燥促进渗水结构的发展，在非灌溉期的地下水管理是不可缺少的。所以，包含非灌溉时期在内平时的排水工作是必不可少的。

2. 落干

在水稻栽培期间内，由于栽培方法的不同，水管理方式也各有差异。在积水移植方式时，是在落干和以后的积水间断期间及从退水后到收割期间进行连续落干。如果天气很好，加上茂盛的水稻蒸发作用，落干可以使地面下30~40cm土壤水分减少，使被耙的表层产生裂隙，透水性增大。落干后，采用间断灌溉和地下排水时，通过落干，能够使增大的透水性及土壤强度持续一段时间，但是，过高期望落干的效果是危险的，更重要的是要把落干和以后的水管理，作为一个连贯的系统来考虑。

3. 改良土壤的透水性和旱直播

以下的栽培方法对于促进土壤透水性和土壤干燥是有利的。

- ① 旱直播具有代表性的免耙的方法
- ② 采用粗耙的栽培法：
- ③ 地下灌溉方式，无积水栽培方式是具有代表性的方法。
- ④ 采用缩短或间断积水期间的栽培法。

只有表层土壤透水性不良时，由水管理和栽培法可以得到一定程度的改善。但是，在水稻栽培方面取水管理及栽培法，使土壤干燥及透水性得到改善，其效果也只能达到15~30cm的深度，超过这个深度是罕见的。如若超过这个深度，就必须与鼠道暗渠等其他改良方法并用。

4. 努力维持暗渠排水施工所形成的地下水通道

由于主暗渠、辅助暗渠等施工形成的土壤裂隙等地下水通道，会向发展和消失两个方向进展。因而，作为暗渠施工后的田间管理，重要的是要保持所形成的水道使水道更发达。由鼠道暗渠及心土破碎形成的地下水通道由于水的作用会引起崩溃、闭塞。尤其在积水时，由于土壤的扰乱，地下水通道显著变小。但是，这种表层的地下水通道堵塞，

由于干燥产生不同形态的裂隙，可以使其恢复。要保持田间的地下水通道，重要的是要进行对表层土的维护管理和地表水的管理。作为表层土地下水通道的维护管理，尽量不搅拌土壤，希望保存裂隙。理想的是旱直播、旱地灌溉的灌水栽培法，但是，由于气象等因素不一定能实施，所以，移植田等最好采用粗耙。因为耙田而消失的地下水通道，可以通过落干裂隙使其恢复，所以，最好尽可能采用强落干和落干后间断灌溉的方法。

此外，在暗渠排水施工后引旱作物或牧草等，并且2-3年连茬时，有助于裂隙等土壤结构的发展，但是，牧草在复种仅仅是短期栽培时，会使地表排水不利，在收草时由于机械踏压等原因，使土壤的透水结构成为不良的土壤（黑泥乃至泥炭混合的土壤等），所以根据土壤条件，必须充分注意。

即使认真地进行以上的管理，仍然会出现因辅助暗渠的（除了滤料埋设暗渠之外）土壤透水性逐年变差的情况，所以为了改善透水性，辅助暗渠（鼠道暗渠、心土破碎）必须每隔一定时间进行更新。