

农业科技资料译丛

(一)

农田水利专辑

宁夏农学院编

一九七九年十二月

目 录

1、地面排水.....	(1)
2、排水明沟的设计、施工与养护.....	(14)
3、伏尔加河流域的灌溉制度分区.....	(48)
4、论垂直排水修建费和管理费的降低.....	(61)
5、灌区垂直排水计算的基本原理.....	(69)
6、关于估定扬水井壁阻力的研究.....	(76)
7、计算灌溉水库蓄水容量的一个方法.....	(81)
8、滴灌的理论与实验研究.....	(90)
9、土壤水分现象的概念.....	(99)
10、田间条件下土壤水流理论的应用.....	(109)
11、洪峰流量预报的线性和非线性模型.....	(120)
12、在推求特大洪水时降雨与径流的线性分析.....	(125)
13、采用概化偏差系数的洪水频率分析.....	(139)
14、降低稻田渠道的设计流量.....	(147)

地 面 排 水

概 论

地面排水是通过改善过的天然沟道或专门修建的沟道以及通过自然地形，正常地排走多余的水分。

地面排水主要用在平坦的土地，在这样的土地上，由于土壤通透性差，入渗性低，或土壤剖面有不透水层，或在岩层或厚粘土层上只有薄层土壤等情况，会阻滞降雨、迳流、高地渗流或河道溢流通过土壤渗到深层。

要排水的土地必须具有相应于田间排水沟（即毛沟——译注）的连续的坡降，而田间沟系又必须对农沟具有连续的坡降。农沟的设计水面必低到足以排除田地的水分。

专门规划的排水系统，是为了排泄积水，防止长期浸渍，加速出流以防沉淀或冲刷土壤⁽¹⁾。在某些情况下，作物种植行的正确定向使与地形坡度一致，可以达到这个目的。在另一些情况下，或者需要修建分洪工程，或者需要修建完善的沟系以及作物行的排水小毛沟，如图3—1所示，在地面倾斜而平缓的地区，地面排水与地下排水两者结合，常是合理而且经济的。

地面排水系统的一部分，主要用作汇集和排除来自田地或小地区的地表水，其横断面、比降、布向和沟间距是设计时考虑的主要因素，地表排水的沟道通常设计，以排除排水区因一常见降雨所产生的径流，使之不损毁庄稼。

排水率称为排水系数，即在排水设计中采用的每一单位面积上排走的水量，地面排水的排水系数通常以一单位面积上的产水量表示之，这一数值又随排水面积的大小而变。在排水系统或其一部分，主要用于泄走来自一个或更多的农田区，多数农场或来自大的土地面积上的流量，而流出一个排水出口时，还要考虑排水沟的深度、容量和其水力坡降线等因素。地面排水的排水系数及排水系统的沟道设计，在本书第五章《明沟—设计、施工和养护》中讲述。

美国各地区之间，在气候、地形、土壤、作物和耕作实践方面的变异，改变着地面排水的要求。所以，当规划和设计地面排水系统时，必须参考州的有关手册和地方的排水指南。

地面排水系统

基本的地面排水系统可分为平行的，不规则的，横坡（垂直地面坡向的一译者）的，或分流（*Diversion*）的排水系统，不同排水系统的采用，决定于具体地点的要求。排水

（1）见美国农业工程师学会地面排水委员会1966年出版《潮湿地区农田地面排水系统的设计与施工》。

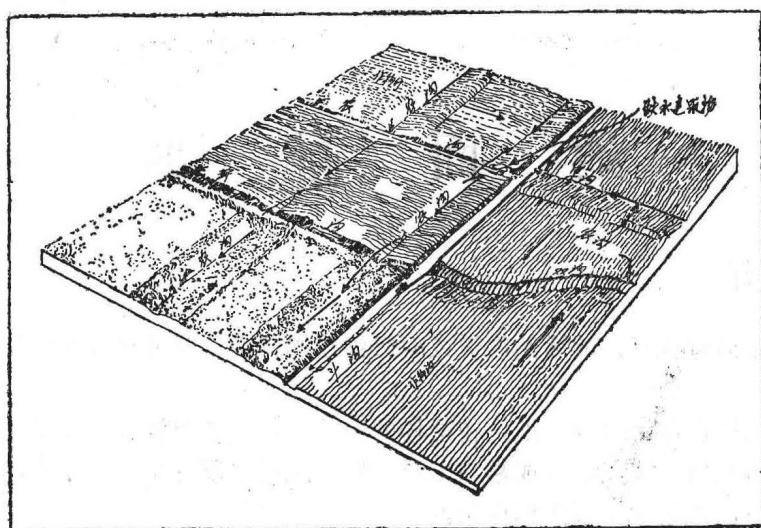


图3-1 单位面积排水沟的类型设计

(地形起伏不平, 沟渠弯曲)

系统必须:

1. 适应于耕作制度。
2. 使水顺利地由耕地泄至沟道, 而不引起严重冲刷或淤积。
3. 有泄流所需的, 足够的容量。
4. 设计有当地可用的, 适当的施工和管理的建筑物。

不规则排水系统

在地形不规则, 但较平坦或具有缓坡, 以及排水面积上有分散零星低洼地, 如图 3-2 的地区, 可以采用不规则的排水系统, 它的田间沟的布置应该穿过尽可能多的低洼地, 沿田地的最低部位, 走向可能利用的排水出水口, 沟线的选择应该尽可能的减少对耕作操作的干扰和最小的挖方。3 呎以上的挖方都应该避免, 虽然这有时在达到出水口, 或为避开耕地是必要的。在耕作机器经常要通过的地方, 田间沟一般不得浅于半呎, 或不得深于 1 呎, 为人工耕作设备通过所需要的沟道边坡, 照地方指南决定, 田间沟必须完全扩展到所有的洼地, 如图 3-2 所示, 以保证完善的排水。在土地坡斜平坦或台地 (bedding) 地区, 常需要在渗透性差的土壤上保证完善的地面排水。

平行排水系统

在地形平坦而规则的地方, 不规则的排水系统是不适用和不适当的。这里的田间沟道应该平行布置, 但间距不要求相等, 如图 3-1、图 3-3 及图 3-4 所示。田间沟的方向决定于地面坡度; 分流沟、横坡沟的位置, 决定于斗、农沟和干沟, 以及决定于开垦增加的土地面积。

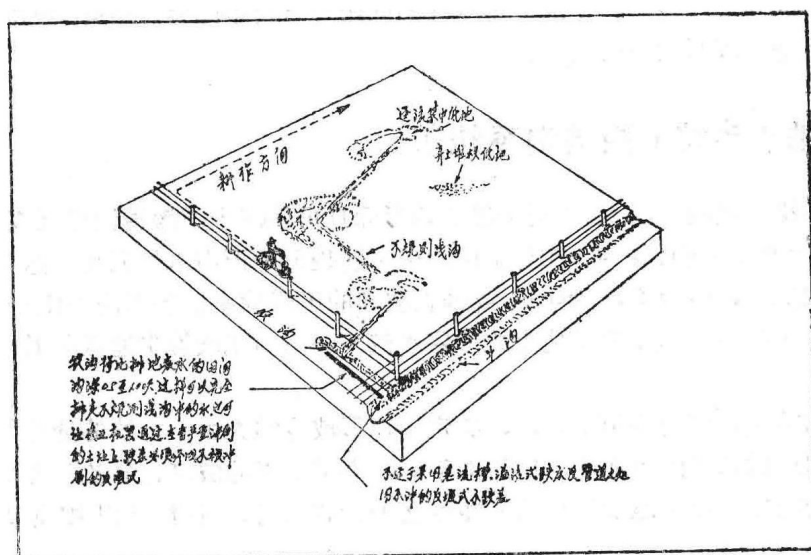


图3-2 不规则排水系统

通常田间沟互相平行布置，横过田地，输水至位于田地边界的农沟。农沟与斗沟应比毛沟（田间沟）深些，以俾排水自流，当作物行间沟不存在时，必须使地面具有坡度和平整，使水流能沿作物行或地面不断流走。

当土壤渗透性好，田间沟将是干的，差不多与此同时，邻近的地面也将是干的，作物行可以与田间沟垂直或交叉，为此则田间沟可以汇集和输送作物行的水分直接入农沟。

当作物行平行于田间沟时，作物行间沟应设计为穿过低洼地的排水小毛沟并减小作物行的长度，这样的沟是临时性的，用手铲修成或在进行耕作时用犁修成。

平行排水沟系的田间沟的间距，决定于土地面积的大小，必须使耕作和收割工作经济，决定于作物的耐旱能力，决定于土地的价值和数量，这些因子必须因当地的条件不同而定。有的地方可能需要田间沟系与地下排水设施相结合，以保护对水分高度敏感的作物，如

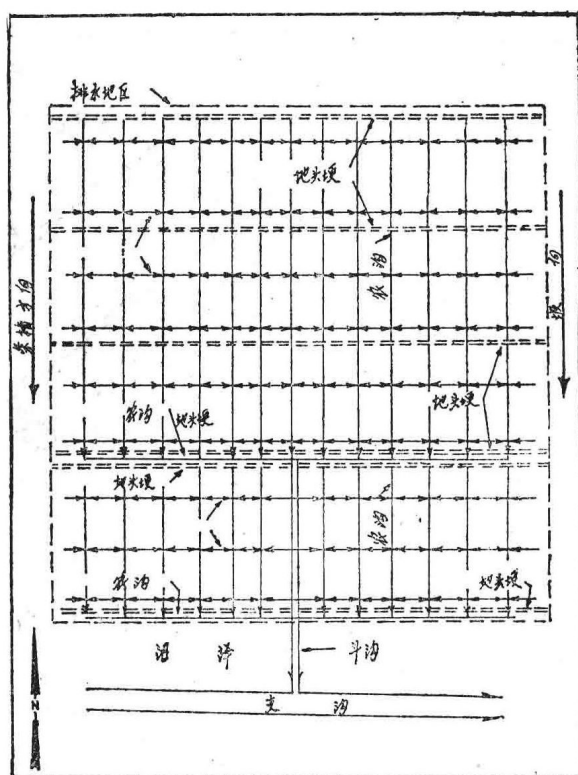


图3-3 平行排水系统

烟草。田间沟的间距可能需要与地下排水网的间距要求调整配合，田间沟的间距也要考虑田地上使用耕作和收割设备的需要。

横坡排水系统（截流沟系统）

采用横坡排水系统时，（a）用于倾斜地形而且可能因土壤渗透性差而潮湿的地区，（b）防止高地来水的聚积；（c）防止田地中窄狭袋形地形中水的汇集。这种系统包括一个或更多的截流沟，阶台（terraces）或垂直坡向的田间沟系。当水流下山——或顺耕地上作物行间的小毛沟，或是沿草地上的薄层水流——田间横坡沟中途截断并予以排走，如图3—5。

不论采用截流沟还是采用田间沟，决定于地形坡度的大小，土壤的透水能力以及水从高地流到田间后被排泄的可能性，田间沟系最好小于2%的坡度，截流沟应用于更陡的地形，当田间沟高出地面可能形成危险的冲刷之处，截流沟也可以用以缩短坡长（如图3—6）。

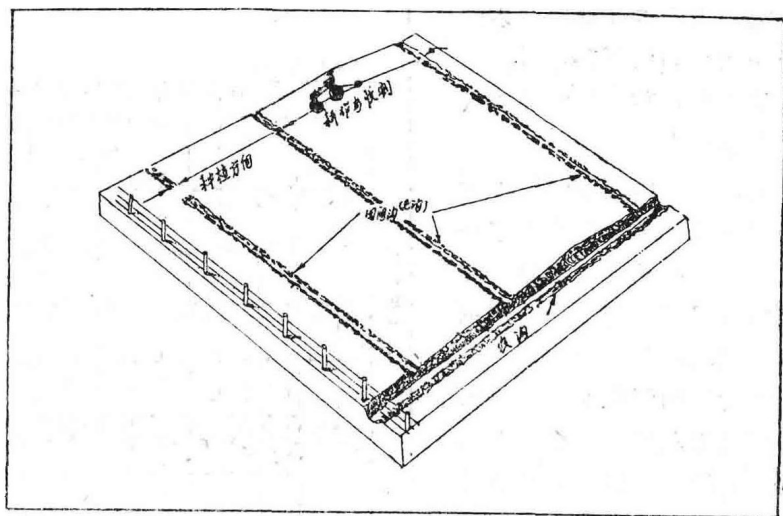


图3-4 平行条播系统

（适用不同条播作物的田间设计，包括棉花、玉米、黄豆、甘蔗及谷类）

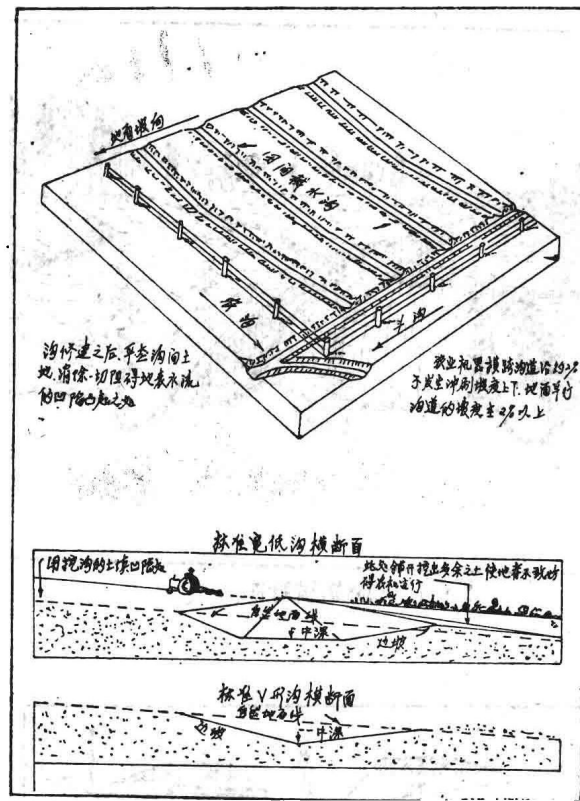


图3-5

横坡排水系统

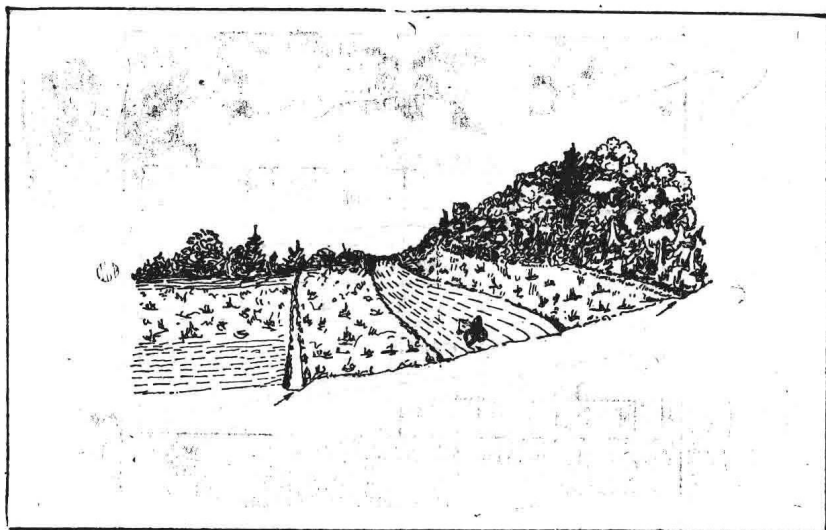


图3-6

在中度及陡坡地的横坡沟系图

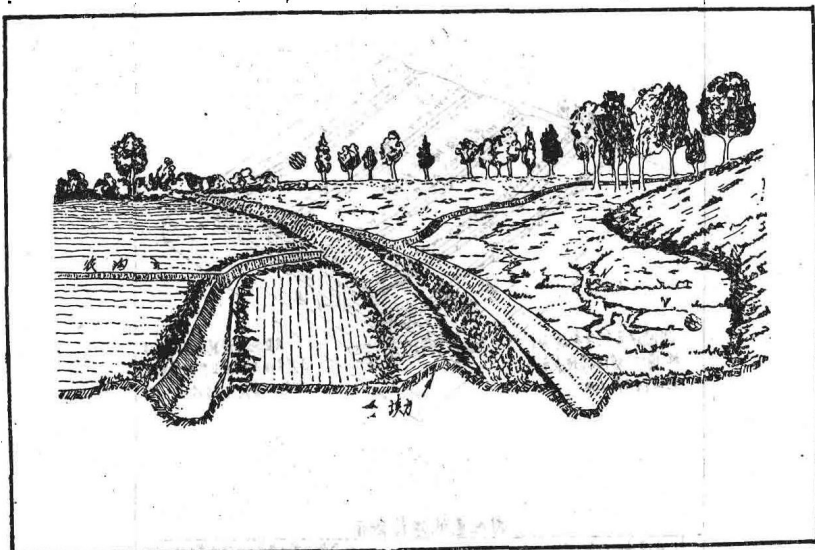


图3-7 低地的植被类型

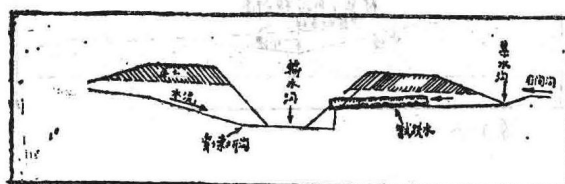


图 3-8 制导地表水入深沟

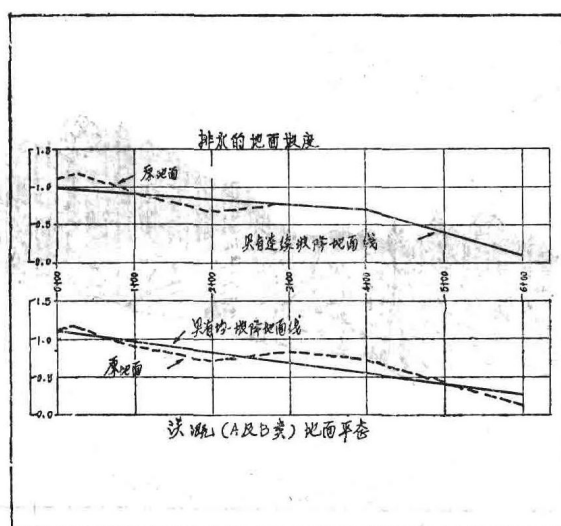


图 3-9 洪既平在布排木设计图的比较

小面积排水，特别是排除小田面上的水层，可采用抛物线型沟槽或V型沟槽，较大的排水面积则采用宽底沟槽。

沟道的设计必须保证沟床不发生重大的淤淀与冲刷，也不能冲刷沟坡，参见本书第五章《明沟设计规范》。

为了保证在渗透性差的土壤上排水良好，作物行间的小毛沟顺地面坡度布设，并垂直于排水毛沟（田间沟），排水毛沟不大于百分之二的比降，或参照地方指南规定的冲比降极限值，超过这个极限比降，小毛沟平行于横坡沟或截水沟。

地面排水沟的型式与作用

地面排水沟用作集水沟或输水沟，每一条沟，不论其为单独的沟或作为沟系的一部分，它的位置与断面形状都必须完成它的特定的作用。

集水沟设计的位置必须使水能自然地流入，为防止水自沟坡流入形成冲刷，沟应宽浅，边坡要坦些，并以化学方法或植草加以保护，尤其是在易冲刷的挖方土壤上。

通常，输水沟的位置——如斗沟、支沟……比集水沟少有限制，如果排水系统仅有很少供选择的出水口，选定的出水口将影响输水沟的位置，这些输水沟通常要比集水沟深。输水沟开挖的弃土堆置不致严重地影响排水，但为了很好的利用土地，应该将弃土整齐堆置，除非在森林地区或堆置不能生长作物的底土足以毁坏好地。弃土的堆置应该不妨碍有效地耕作和管理操作。

集水沟 (Collector Ditches)

田间集水沟在一块田地之内汇集水分，它们的定线、断面形状以及容量都必须适合地形、排水面积和田间的土地利用情况，见图3—1及图3—2。集水沟的设置应具有足够的深度、宽度以及边坡的长度，以供耕作设备在作物行间开垄沟，水将由这些垄沟自由地流入田间小毛沟。

垄 沟

作物行间的垄沟是行播作物地面排水系统的第一道集水沟，作物行的布置方向应使水能沿行流动而不致形成积水坑和冲蚀，田间沟的布设必须便于垄沟的排水，如垄沟系即为沟灌系统的组成部分，则田间沟的位置可以按灌溉的需要来决定。

作物行 (Row) 的比降必须随地形、土壤及其位置而变，但作物行应该连续而且不能有形成冲刷的比降。

垄头沟 (Row Ditches)

垄头沟是自作物行间小毛沟集水的临时沟，垄头沟主要用于耐涝性差的作物的平行排水系统及台田排水系统，各地不同，称之为“横沟” (cross)、季节沟 (guavters)、年

度沟 (annual Ditches) 或“顶头沟” (header Ditches) 垄头沟直接横切作物行开挖, 防止在小凹地形处形成积水坑, 见图 3—3。垄头沟可以用小犁筑成, 因为它们不比作物行间沟 (croprows) 更深, 很短, 一般不超过 300 呎, 而且可以两端开口, 水流入田间沟 (field ditches)。

田间沟 (field ditches)

田间沟是汇集一块田地之内的水分的浅而有坡度的小沟, 一般它的边坡修筑得很平坦以便于通过。田间沟可排除低或凹地的水, 汇集或拦截来自地表的、低凹地沟渠的、犁沟的水流以及地下排水系统的水流, 地方政府的排水指南与规范有关田间排水沟的边坡、比降、间距的准则。

输水沟 (Disposal ditches)

输水沟包括斗、农沟和支、干沟, 它们的作用是将汇集的水流输送至出水口, 其设计原理应依照本书第五章“明沟”部分。除农沟 (lateral) 经常为 V——形沟槽外, 斗沟及支、干沟一般是梯形沟槽。斗沟及支、干沟必须有足够的深度, 以便所有从集水沟汇集的水能够流入。

所有从输水沟挖出的土方应用以填筑低的面积, 以便整平田面或筑成田面缓坡, 散置时也不允许妨碍排水, 或在沟两岸堆成平行的堤岸。输水沟沿其岸边应筑有一道平坦的小路 (berm), 其尺寸应依照地方排水指南的要求, 见图 3—2, 3—4, 3—5, 3—8 及图 3—10。

农沟 (field lateral)

农沟可有相当陡的边坡, 因为不需要水流自边坡流入沟中, 沟两岸用弃土筑成堤岸, 以防止地表水冲毁边坡。如沟坡是用定期刈草来防护, 其边坡比不应大于 3:1, 通常, 用一推土机修筑 V 型农沟, 而用拖铲或索斗铲修筑梯形沟。

斗沟及支、干沟 (Farm lateral and main)

输水量大时, 用梯形沟, 因为这种沟至少深 3 呎, 水自浅的田间沟和农沟中流入之处应该有工程措施, 如图 8。采取下述措施使来自集水沟的水流不致形成冲刷: (a) 集水沟出口接农渠底, 修成陡坡 (grade); (b) 用管道将农沟之水安全输入支、斗沟岸较低之处; (c) 修建定型跌水建筑物。

土地平整 (Land forming)

以机械改变地表以利于排水, 叫土地平整, 可以粗平, 可以修成缓坡, 可以垫高或铺

平 (bedding or Leveling) , 任何特定的平整方法均求有利于地表排水。

粗 平 (Land Smoth)

地表粗平对排地表水是很重要的, 粗平不改变地面一般等高线, 仅消除田间高程微小的差异, 及填平浅的凹地, 这样, 少量的沟可能获得较好的排水效果, 同时, 可以使耕作机械的操作运转更有效, 可以减少沟的养护费用, 以及减少冰蚀。

粗平的土壤剖面务必在少量挖切下, 不露出妨碍农机操作和妨碍作物生长的土层。通常, 具有渗透性差的表土层的土地和地面坡度小于0.5%的土地, 应该先进行粗平。

土地的高凸处和低凹处一般不需用水准仪就可以看出, 平整土地一般可以用平板仪, 仅需要少量的测量与设计。

修缓坡地 (Land grading)

排水地面修缓坡包括挖切和填筑, 以整平至计划的地面连续坡度, 如图 3—9 所示, 建立连续坡度的目的是保证逕流不至于停积。

修筑排水坡地不要求将全部地面修成同一的比降。

规划填筑低凹地形时, 要强调自附近的脊梁或土丘取土。如填筑低地需要的土方多, 或有余土不能利用时, 则可修筑田间小毛沟, 这些小毛沟可沿凹或凸小地形弯曲, 修筑坡地的坡面应与作物行或耕作的方向一致, 横坡排水只在有利的条件下采用, 而且要求挖填方数量最小。

设计与定线的方法见《国家工程手册》(SCS National Engineering Hand book) 第十二章第十五节灌溉部分, 修筑坡地的地方准则将指明允许的坡度数值。

在平坦和坡度小的地区, 可以在两条平行的田间沟之间, 自一条沟边挖土填向另一条沟边以形成必要的坡度, 见图 3—10。两沟之间经过平整和弃土形成如台田的脊, 如图 3—10, 这种人工地脊在两沟之间的中心, 形似两沟之间地面的抛物线凸部, 自沟肩至中心通过平整而形成。中心必要的隆起高度及填方, 由调整两沟的间距, 平整沟坡及取挖沟的弃土而成, 沟的间距及隆起的高度参考地方政府的手册与指南。

作物播行的长度 (Row Length)

在坡地上最大允许的作物行长度随土壤的渗透性能和坡度而变, 应详细规定在地方政府的排水或技术指南中。

作物行的坡度 (Row gradient)

在非塑性的、渗漏的但易冲的土壤上作物行的坡度, 应不超过0.5%。在塑性的、渗透慢的土壤上采用较小的行长, 其坡度可大至2.0%, 它们的极限值也应在地方排水或技术指南中查明。

具有同一方向一般坡降和局部小坑立把区的典型横断面

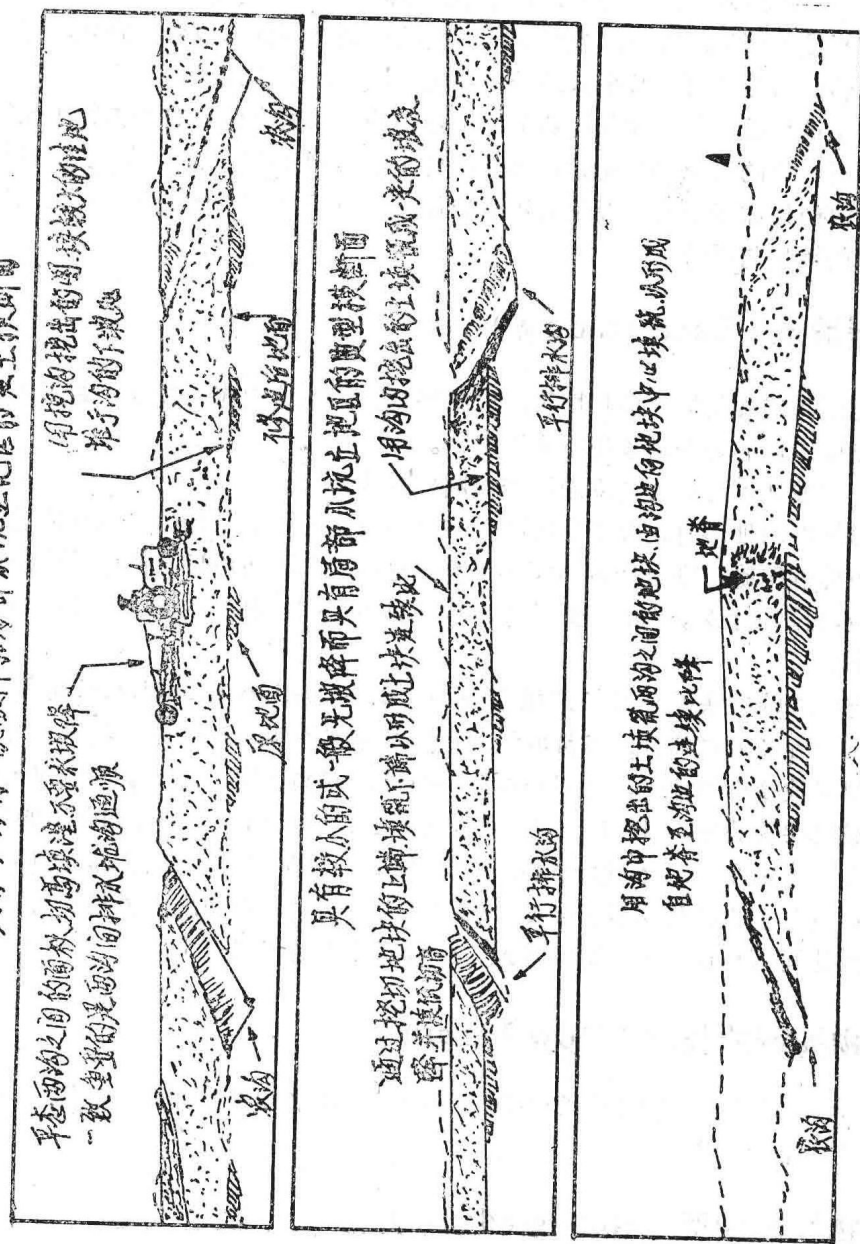


图 3—10 具有小的坡度或一般无坡度而具有很多小坑丘地区的典型横断面

台田排水 (Bedding)

台田排水类似起伏地形形成的隆起地面的田间平行排水沟系统。

这种台田由犁地，挖铲或者即在平地上抬高地面形成一系列地块，具有小的脊梁，由浅而平行的死水垄沟（即一端不流通的沟——译注）或田间沟隔开而形成的。

台田排水由顺地面自然坡降或朝向排水出口最近的方向建立的平行地块，这提供了改进地面的排水方式，这种排水方式达到下述一个或几个任务：减少了水的聚积；提供了排洪坡降；允许耕作物和收割机器的高效率操作。

台田排水实践有其两种独特的形式:

1 地块或畦田式台田 在这种形式的台田中，由犁地或挖切形成的隆起面积，位置在两条死水垄沟之间。这种死水垄沟的间距，一般为30呎，最大80呎。这些地块或畦田要求有田间沟或农沟以汇集各死水垄沟的来水，见图3—11。

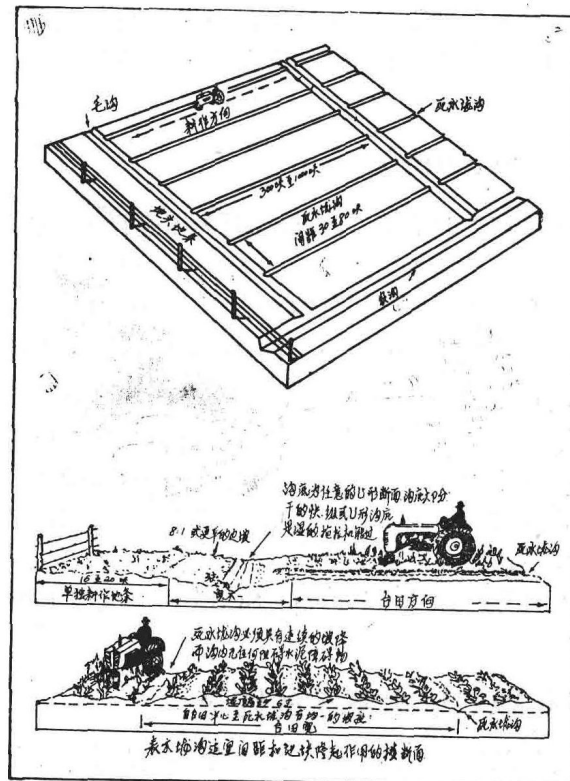


图3-11 台田(炮决反畦田)

2 起脊地块式台田 这种台田的修筑形式是台田地面凸起，一般具有大于60呎的宽度，地面坡度垂直于地脊，每一块脊地的边界由某些形式的地面排水沟所形成。这种脊地用铲土机筑成，见图3—12。农沟之间的面积，即由北到南脊地地块的面积。

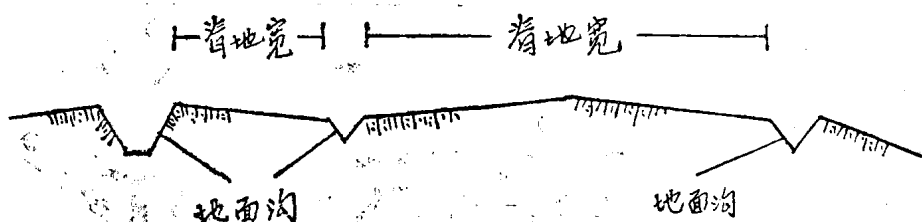


图3-12 起脊式台田的典型剖面

地块及畦田式台田本身不能为大型、新式的农业机械的最高效率操作提供有利条件，一般用于排水不良的草地。

起脊式台田一般用于甘蔗地或甘蔗与其它作物轮作地，或草地。在某些地方，这种排水系统用于蔬菜（truck crops）及其它条播作物，作物行与地脊长平行，采用这种排水系统，是因为地形倾斜，以及要求少开沟的排水系统，如图3-12。

在各种形式的台田上，来自作物行的地表逕流由浅的行间沟排入死水垄沟或毛沟，这种浅的行间沟在台田或在地形变化比较规则之处，横切低处。这些在台田之间的死水垄沟或毛沟均坡向一个出水口，通过出水口，水流入更深一些的毛沟，为防止冲刷，可能需要出口护坡。

平地（Land Leveling）

平地是将地面整成平缓坡度的精细工作，目的是为了进行更有效的灌溉，见SCS《国家工程手册》第十二章第十五节“灌溉”。

灌溉土地也常加以平整以利于排水，见图3-12、3-13及3-14灌溉排水系统典型设计。在潮湿地区，沿平整过的土地的边界，在垄沟的尾端的集水沟或灌溉“尾水沟”，必须能够接受和引导暴雨逕流，这个容量必须大于灌溉实践时的尾水量。

《国家工程手册》第十二章第十五节“灌溉”中的第21表所说的A类和B类灌溉工作，是建立在地面坡度一致的条件上的。土壤轻质，地块的长度决定于灌溉的要求；但在重质土壤和潮湿地区，地块的长度则决定于排水的要求。如果土地是按照灌溉的要求进行平整的，它也将满足排水所需要的地面坡度。

平整土地所需测量及标桩的详细说明，请见SCS《国家工程手册》第十二章第十五节“灌溉”。

地面排水系统与地下排水系统的结合

地下排水系统也经常排除一部分地面水分。在耐淹性能低以及地下排水系统敷设的土层透水性差的地区，这种地面排水和地下排水的结合系统，对作物是有益的，在结合系统中，地面排水沟的设置已在本章中叙述，地下排水的设置在本书第四章中讨论。

本文译自美国农业部土壤保持处著的《农田排水》一书的第三章

宁夏农学院水利系谭孝源译

*SCS即美国土壤保持处的简称——译注

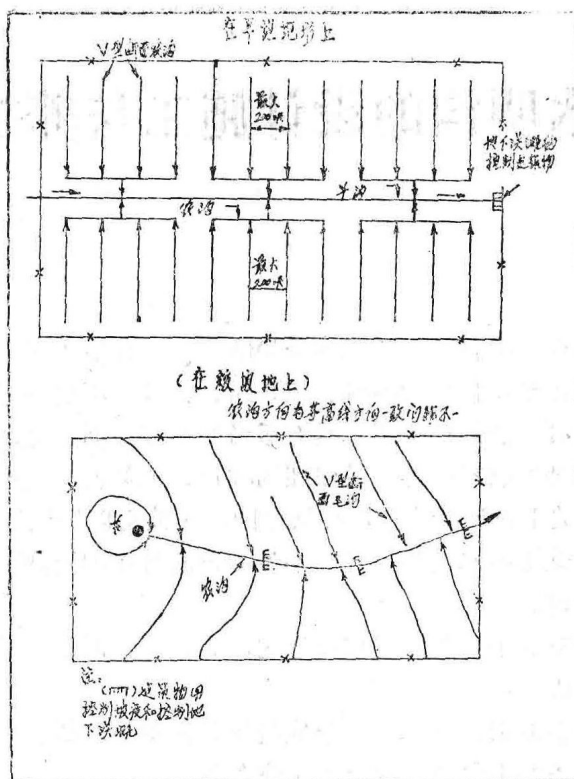


图 3-13

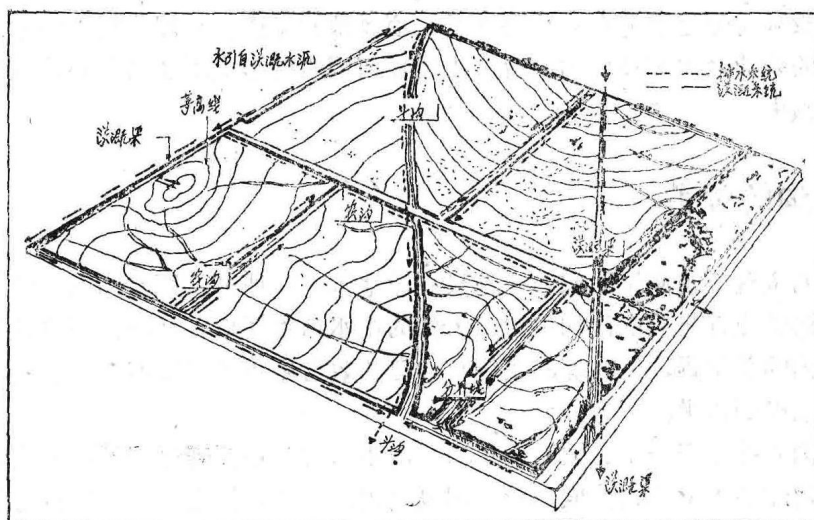


图 3-14 水稻田间排水系统典型设计

排水明沟的设计施工与养护*

概 述

本文论述农田排水明沟的设计、施工和养护的方法，包括人工开凿的明沟及改造的天然沟道，这些天然沟道主要用作宽阔河滩、三角洲、海滩、湖泊平原以及高地草原排水系统的出水口。这些地区一般地形平坦，具有适当的坡度，而且地表水是分散不集中的。这些地区的沟道伸展到邻近狭窄的低地及较陡的坡边，或伸入高地中。包括在土壤保持处(SCS)22号技术指导中关于设计及其稳定校核守则，应被用以保证沟底和沟岸不被冲刷，其方法与守则也适用于截流排水沟的设计。小型的田间排水网及地下排水的设计，已在本书第三及第四章中讨论过。

排水沟的设计应该充分考虑耕作机械的通过，施工方法以及养护沟道所采用的方法，还应该适当考虑下列各因素：

1. 沟道的设计应适合规划的要求，不形成沟床的淤积与冲刷和沟岸的冲刷。
2. 沟道的设计应使不断地保持其大小与工作条件。
3. 沟道的造价与管理费用必须比预期的收益为少。
4. 应使沟道的施工、运用和养护工作不形成下游明显的淤积，不应使工程运用和养护质量衰败。

沟道的设计与修建要适合上述要求是一项复杂的工作，一切因素的实际考虑将归结于对排水地区的农业经济和环境的改善。上述任何因素的考虑不当，将造成失策和土地所有者的经济损失。

排水沟的位置

排水沟的位置应使潮湿的农业土地最有效地排水。地形、原有沟道、桥涵、农场边界以及其他自然特点都将影响沟的位置。天然的出水口如河口、河流、湖泊或沼泽或旧沟，常常固定明沟的总位置，但沟道的定线及沟道的效益则可通过采取开挖、长的切线及平缓曲线等措施而得到改进。

排水明沟应终止于一个合适的出水口，出水口的容量必须适应于排出设计流量，这一设计流量使增加的水位不致造成下游的明显损害。出水口地点变更的比较方案也是需要的。在一定设计频率下排水区的暴雨迳流所形成的水位，决定了一个出水口水流的适合程度，需要研究大河流、湖泊及潮水高水位的频率，以确定出水口的适合性以及建立明沟水力坡降线在出水口处的高程。见本书第二章有关农田排水出水口更详细要求。

非冲刷条件下沟道的位置

在地形平坦之处，其土壤和沟道流速均在允许范围之内，沟道的稳定将无问题，沟道定线可以变动以适应地形。沟道定线改变时应考虑以下因素：（a），直线沟线可以形成长方形田块和有效的耕作；（b），一个较短的沟线较之在相同终点之间的较长沟线，将具有较大的比降，较高的流速和较小的横断面面积，同时也会有较少的淤积；（c）改变原有沟线可能要求将沟道置于高地，越过农场的边界，割裂农场土地形成孤立的地块以及需要修建否则不需要的新的桥涵；（d）沟线的位置应位于或多或少稳定的土壤上。

冲刷条件下沟道的位置

某些排水沟可能要位置于有可能发生稳定性问题的地方。沟水的流速、沟水位、土壤特性与结构以及植被情况是影响沟道冲刷的主要因素。在修建任何沟道之前，应该仔细研究这些因素和保护措施。如有明显的冲刷可能性，应该考虑解决方案。可行的方案是另选一条沟线；采用较长的沟线和不冲的比降；选沟线于更稳定的土壤上；或避免挖方和裁直天然沟道；采用宽浅沟槽以减小水力半径和降低流速等。

如果这些办法都不可行，则需要用坡度控制建筑物或护岸措施以保护沟道。控制沟道免被冲刷的主要方法与建筑物为：植草护坡；块石堆砌；码头；打桩或植树；四方体块镇墩；柴排；及排桩。码头，打桩或四方体块镇墩仅用于大沟道。当用于不稳定土壤的沟道时，常会遭致很高的失败率。

截水沟的位置

明沟常用作截水沟以防护溢流淹没土地。多数截水沟修建在山地或坡地的边缘，而且具有足够深度以拦截地下渗流和地表径流。挖掘截水沟的弃土通常堆在截水沟下坡方的一边，筑成一道堤岸以加强防护作用。堤岸的安全依靠于截水沟的适当容量。重要的是在于正规地检查和养护截水沟，要求不让柴草，泥沙及其它障碍物在沟中随水流动。截水沟的设计应能排泄2到10年一遇的暴雨径流的高峰流量。只当以防洪为目的时才采用更多的防护要求。经济的沟道设计可将主截水沟的部份洪峰流量通过溢洪道泄入其它的沟道、水坑洼地或泄洪区。溢洪道常可设在沿沟道没有堤岸的段落，或设在堤岸较其他段落为低的顶部，并设备一个导流闸（fuse plug），这种形式的建筑物，可以减少建筑费用，但仅适用于允许较低防护水平的地方。

小的地面水截流沟，经常用于农田排水系统以防止来自邻近土地的排水。拦截地下水的深截流沟，用以降低截流沟以下地区的地下水位。

潮湿地区的沟道设计

潮湿地区的排水系统，为农场沟系，地下排水沟系，截渗沟，以及为灌溉回归水提供