

第七章 排水沟道系统规划

§1 排水沟道系统规划布置

一、明沟排水系统的组成

田间排水工程（毛、腰、墒沟）
排水沟道系统（干、支、斗、农沟）
排水闸、涵、站等建筑物
排水承泄区（江、河、湖、海等）

二、明沟排水系统的类型

1. 一般排水系统

- (1) 排水沟道系统组成：干、支、斗、农沟。
- (2) 作用：一般只起排水作用。
- (3) 适用：有一定坡度的坡地平原地区；干旱、半干旱地区。

2. 综合利用排水系统（也称河网）

(1) 组成

- 1) 骨干河网 干河（一级河）
支河（二级河） 相当于干沟
- 2) 基本河网 大沟（三级河） 相当于支沟
中沟（四级河） 相当于斗沟
小沟（丰产沟，生产河） 相当于农沟

3) 墒网 毛沟

腰沟

墒沟

- (2) 作用：除排水作用外，还有滞涝、引蓄水灌溉、养殖、航道等作用。
- (3) 河网的主要特征（河网的特征是由其综合利用功能所决定的）：

深：沟河要深，能排地面水，也能降地下水，蓄水灌溉。

网：水系成网，调度灵活。

平：沟底要平，能排能引，航运、养殖。

分：分级分片控制，高低片分级控制。高水高排、低水低排

其中“深”为关键。（原因：“深”是综合利用的关键）

- (3) 适用：地形平坦的平原或圩区。

三、规划布置原则

- 1. 低处布置：各片低处。

2. 分片排水：高水高排、低水低排。
3. 洪涝分治：修堤防、撇洪沟等。
4. 滞蓄结合：减少排水量。
5. 统筹规划：与渠道、道路、林网、居民点、行政区结合。
6. 灌排分开：各成系统 有利于灌、也有利于排。
7. 降低造价：可利用天然河道、顺直、减少交叉建筑物。
8. 安全可靠：土质好、防止坍塌。
9. 综合利用：如引水灌溉、船运、水产养殖等。

（以上9条原则只板书标题，不板书释内容）

四、规划布置方法

1. 山丘区

干渠：尽可能利用天然河道。

支渠：也可利用天然河道。

斗、农沟：地面有一定坡度时，用灌排相邻布置；

平坦时，作灌排相间。

一般斗沟间距 400~1000m，深 1.5~2m；

农沟间距 100~300m，深 1.0~1.5m。

2. 平原地区

江苏河网的一般规格：

（1）徐淮平原

	大沟	中沟	小沟
间距 (m)	2000~5000	500~1000	100~200
沟深 (m)	4~5	2.5~3	2
底宽 (m)	4~6	2~3	1~2

（2）通南和太湖平原

	大沟	中沟	小沟
间距 (m)	1000~3000	600~1000	150~200
沟深 (m)	4.6~6.5	3.5~6.0	2
底宽 (m)	3~6	2~4	1

3. 圩区

外河网：地区骨干河网（干、支河）

内河网：由中心河、生产河组成

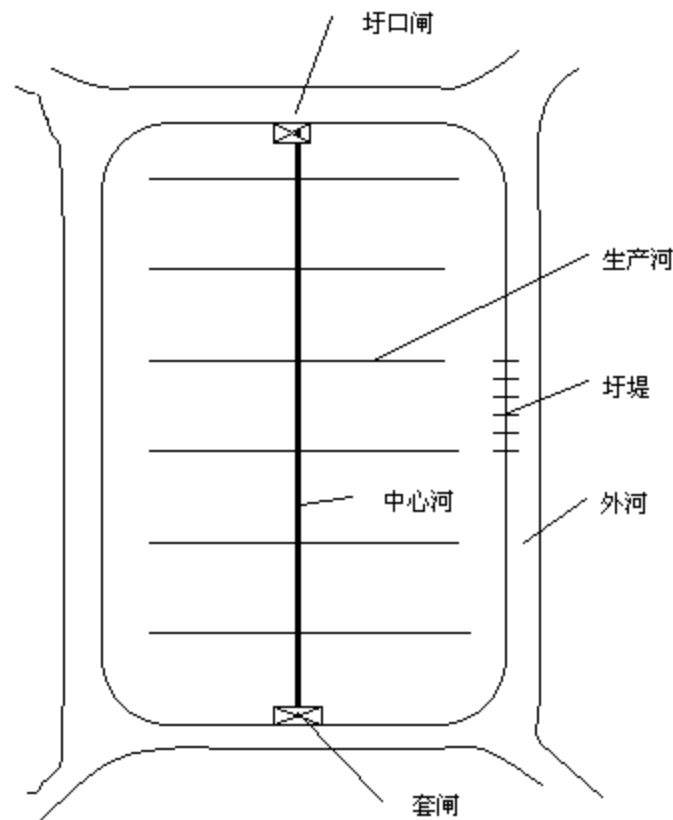
较小的圩区宜采用丰字形内河网。

较大的圩区宜采用井字形内河网。

（1）丰字形内河网

丰字形河网布置如下图。在圩中心或接近中心的位置布置一条干河（中心河），垂直于干河均匀地布置若干支河（生产河），形成丰字形河网。

生产河的间距约为 200~300m。



(2) 井字形内河网

圩子面积较大时，纵横两方向具有两条以上干河。此时称内河网为井字形河网。

§ 2 排水沟的设计流量

排水设计流量：排涝设计流量、排渍设计流量

一、设计排涝流量（最大设计流量）

设计排涝流量：排除在某一排涝设计标准下的暴雨产生的地面径流的排水流量。

作用：确定排水沟断面（骨干排水沟）排水建筑物的尺寸。

（一）地区排涝模数经验公式法

排涝模数：排涝区单位面积（ km^2 ）的上排涝流量，单位： $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$

用符号 q 表示。

计算步骤：

- (1) 确定计算暴雨 P
- (2) 计算设计净雨 R
- (3) 用经验公式计算排涝模数 q

(4) 计算设计排涝流量 Q

1. 确定设计暴雨 P

(1) 历时:

F=100~500 平方公里 选 1 日暴雨

F=500~3000 平方公里 选 3 日暴雨

(2) 暴雨量: 由设计标准进行频率分析计算得到。

2. 求设计净雨深 R

(1) 水田地区

采用暴雨扣损法

$$R = P - h_{\text{田滞}} - E$$

式中: P ——设计暴雨量 (mm);

$h_{\text{田滞}}$ ——水田滞蓄水深, $h_{\text{田滞}} = h_p - h_0$;

h_p ——雨后最大允许蓄水深度, mm;

h_0 ——雨前正常水深, 可取 $h_0 = \frac{h_{\text{min}} + h_{\text{max}}}{2}$;

E ——排水期间水田耗水量 (mm)。

(2) 旱田地区

1) 利用 $P + P_a \sim R$ 关系曲线

P : 前期影响雨量;

P_a : 前期影响雨量, $P_a = \alpha I_m$;

α : 前期影响系数;

I_m : 最大初损。

2) 径流系数法 (适用于小汇水面积)

$$R = \alpha P$$

式中: α ——径流系数。

(3) 有水田也有旱田

分别计算 $R_{\text{水}}$ 、 $R_{\text{旱}}$, 然后加权平均。

$$R = \frac{R_{\text{水}} F_{\text{水}} + R_{\text{旱}} F_{\text{旱}}}{F}$$

式中 $F_{\text{水}}$ 、 $F_{\text{旱}}$ 、 F ——分别为水田面积、旱地面积、水旱地总面积。

3. 计算排涝模数

$$\text{经验公式 } q = KR^m F^n$$

式中：R ——设计净雨，mm；

K ——综合系数，表 8-5；

m ——峰量指数，表 8-5；

n ——递减指数，表 8-5。

4. 计算排涝流量

$$Q = qF$$

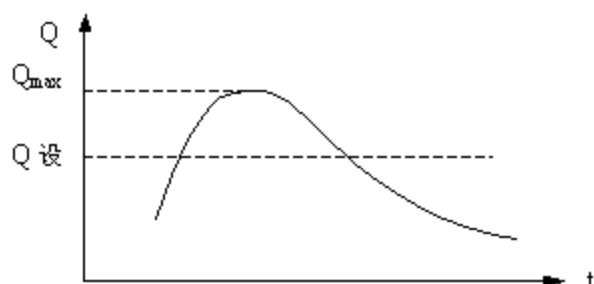
适用：地区性骨干排涝河道。

(二) 平均排除法

1. 计算方法

(1) 特点

以排涝历时内的平均排流量作为设计排涝流量：



农田会受短时间淹没。

适用：规模较小的排水沟道。

(2) 计算

$$Q = \frac{RF}{3.6Tt}$$

$$q = \frac{R}{3.6Tt}$$

式中：T——排涝历时 (d)；

t——每排水时间 (h)，一般自排 t=24h，抽排 t=20~22h。

自排时上述公式为简化为

$$Q = \frac{RF}{86.4}$$

$$q = \frac{R}{86.4}$$

计算 R 时注意:

- ①水田和旱地的设计净雨计算方法同前;
- ②平原河网地区宜考虑排水沟滞蓄;
- ③圩区应考虑预降滞蓄, 圩堤渗漏产水和套闸进水。

2. 算例

例 1 已知淮北平原地区, $F=20\text{km}^2$, 水田、旱田及沟塘面积分别为 12km^2 、 7km^2 、 1km^2 , 稻田耗水 $e=4\text{mm/d}$, 稻田滞蓄 30mm , 沟水面蒸发, 沟滞蓄 500mm 。排涝标准为日雨量 200mm 两天排出。求 Q 、 q 。

解: (1) 计算 R

$$\textcircled{1}\text{计算 } R_{\text{旱}} \quad R_{\text{旱}} = P + P_a - b$$

$$P_a = \alpha I_m = 0.6 \times 90 = 54\text{mm}, \quad b = 116 \quad (\text{根据水文手册})$$

$$\therefore R_{\text{旱}} = 200 - 54 - 116 = 138\text{mm}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2}\text{计算 } R_{\text{水}} \quad R_{\text{水}} &= P - h_{\text{田滞}} - eT \\ &= 200 - 30 - 4 \times 2 = 162\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3}\text{计算 } R_{\text{沟}} \quad R_{\text{沟}} &= P - h_{\text{沟滞}} - e_0 T \\ &= 200 - 500 - 3 \times 2 = -306\text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore R &= \frac{R_{\text{水}} F_{\text{水}} + R_{\text{旱}} F_{\text{旱}} + R_{\text{沟}} F_{\text{沟}}}{F} \\ &= \frac{162 \times 12 + 138 \times 7 + (-306 \times 1)}{20} = 130.2\text{mm} \end{aligned}$$

(2) 计算 Q 、 q

$$Q = \frac{RF}{86.4T} = \frac{130.2 \times 20}{86.4 \times 2} = 15.07(\text{m}^3/\text{s})$$

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{15.07}{20} = 0.75(\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{km}^2)$$

例 2

已知苏南某圩区， $F=3.8\text{km}^2$ ，其中旱地占 15%，水田占 80%，河沟占 5%。水田日耗水 $e=5\text{mm/d}$ ，水田滞蓄 30mm，河沟水面蒸发 $e_0=3\text{mm/d}$ ，预降滞蓄 500mm。圩堤总长 7.8km，渗漏产水 $i=0.05\text{mm/km/d}$ ，套闸进水 0.55mm/d 。排涝标准为日暴雨 200mm 日排出。求 Q 、 q 。

解：（1）计算 R

$$\begin{aligned}\text{计算 } R_{\text{旱}}: R_{\text{旱}} &= P + Pa - b \\ &= P + \alpha \cdot I_m - b \\ &= 200 + 0.6 \times 90 - 120 = 134\text{mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{计算 } R_{\text{沟}}: R_{\text{沟}} &= P - e_0 T - h_{\text{滞}} \\ &= 200 - 5 \times 2 - 30 = 160\text{mm}\end{aligned}$$

$$\text{计算 } R_{\text{渗}}: R_{\text{渗}} = iLT = 0.05 \times 7.8 \times 2 = 0.78\text{mm}$$

$$\text{计算 } R_{\text{闸}}: R_{\text{闸}} = 0.55 \times 2 = 1.10\text{mm}$$

$$\begin{aligned}\text{所以 } R &= \frac{R_{\text{旱}} F_{\text{旱}} + R_{\text{水}} F_{\text{水}} + R_{\text{沟}} F_{\text{沟}}}{F} + R_{\text{渗}} + R_{\text{闸}} \\ &= \alpha_{\text{旱}} R_{\text{旱}} + \alpha_{\text{水}} R_{\text{水}} + \alpha_{\text{沟}} R_{\text{沟}} + R_{\text{渗}} + R_{\text{闸}} \\ &= 0.15 \times 134 + 0.80 \times 160 + 0.05 \times (-306) + 0.78 + 1.10 = 136.4\text{mm}\end{aligned}$$

（2）计算 Q 和 q ：

$$Q = \frac{RF}{3.6Tt} = \frac{136.4 \times 3.8}{3.6 \times 2 \times 22} = 3.23\text{mm}$$

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{3.23}{3.8} = 0.85(\text{m}^3 / \text{s} / \text{km}^2)$$

二、设计排渍流量（日常流量）

定义：雨后地下水位回落到控制要求的深度时，地下水的排水流量称为日常流量。

作用：确定排水沟沟底高程，并校核允许最小流速。

计算方法：

1、确定排渍模数

（1）采用当地或邻近地区实测资料。

（2）采用公式计算（《规范》中公式）。

$$q_h = \frac{10^3 \mu H}{86.4T}$$

式中： q_h ——设计排渍模数 ($m^3/s \cdot km^2$)；

μ ——土壤给水度（释放水量与土壤体积的比值）；

H ——地下水位设计降低深度（m）；

T ——排渍历时（h）。

（3）采和经验数据（P. 238，表 8-6）。

2、计算排渍流量

$$Q_{\text{渍}} = q_h \cdot F$$

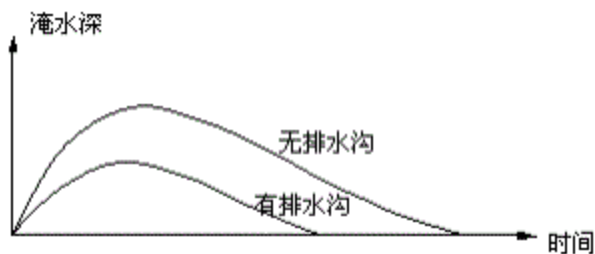
§ 2 田间排水沟设计

田间排水沟设计的关键是确定排水沟的深度和间距，比降(i)、边坡系数(m)等均按经验确定。

一、除涝田间排水沟

（一）除涝田间排水沟作用

作用：及时排除地表积水，减小农田淹没深度和时间。



（二）田间除涝排水沟的间距与断面

目前田间排涝排水沟间距与断面的确定还没有完善的理论方法，多数按经验确定。我国北方地区农沟间距一般为 150~400m，毛光线间距为 30~50m。南方农沟（小沟）间距一般为 100~200m。

（三）田间除涝排水沟的断面

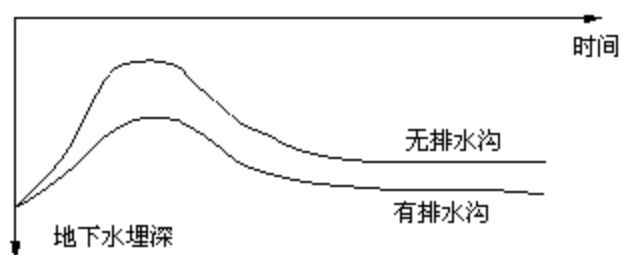
除涝排水沟断面根据排涝流量确定。

兼有除涝和防渍的排水沟，一般以排渍要求确定沟深，再初步拟定过水断面，再校核是否满足除涝要求。

二、控制地下水位的田间排水沟（防渍，防盐碱）

（一）田间排水沟对控制地下水位的的作用

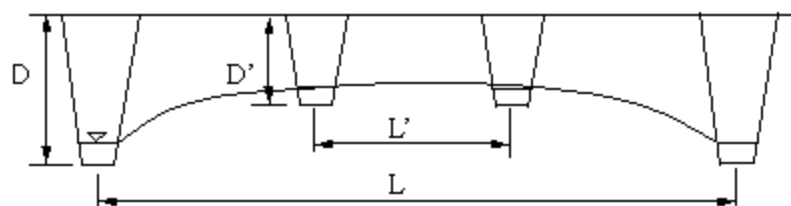
- (1) 降雨期间及时排除部分水量，减小地下水水位上升高度。
- (2) 雨后加快地下水位的回落。



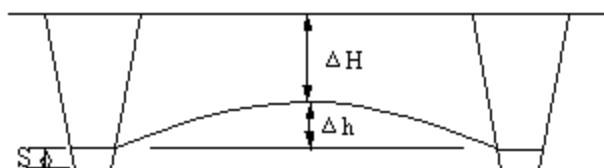
(二) 确定沟深和间距

1、沟深与间

在要求的地下水水位一定时，沟深大则间距大，沟深小则间距也小。因此存在许多方案，宜用经济比较加以确定。



2、确定沟深



实际计算中，一般先根据要求控制的地下水埋深、土质及施工管理方便等要求拟定 $D = \Delta H + \Delta h + s$

式中 ΔH : 排渍深度或地下水临界埋深（作物要求的地下水埋深）（m）；

Δh : 悬挂水头（m），0.2~0.3m；

s : 日常水深（m），0.1~0.2m。

确定 D 后，再选择适当方法确定 L 。

3、确定间距

(1) 排水试验法

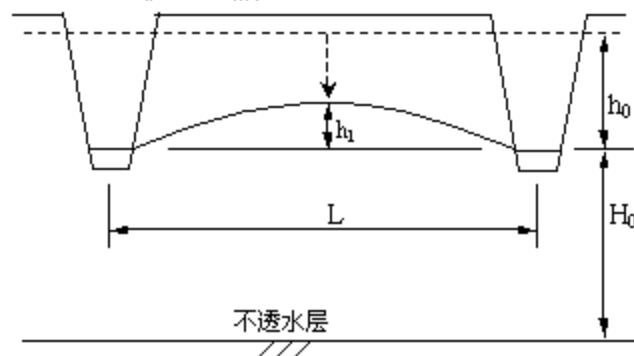
根据《农田排水试验规范》（SL109-95）的要求进行试验。

试验时，针对某种沟深，拟定一组排水沟间距，测试其排水效果，最终选择符合排渍标准的排水沟间距。

(2) 公式计算法（公式有多种，有于时间关系，只介绍两个较常用的公式）

1) 非恒定流公式

可以解决的问题 $L = \pi \sqrt{\frac{\alpha k \bar{H} t}{\mu \ln \frac{4h_0}{mb}}}$ 间内地下水位降至某要求的深度，求排水沟的间距。



式中， α 为非完整沟修正系数，若为完整沟，则 $\alpha = 1$ ；

k 土壤渗透系数， m/d ；

$$\bar{H} = H_0 + \frac{h_1}{2}$$

t 为排水时间， d ；

μ 为土壤给水度。

非完整沟修正系数按下式计算
$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{8\bar{H}}{\pi L} \ln \frac{2\bar{H}}{\pi D}}$$

实际计算时采用迭代法：先按完整沟计算，计算出 L_1 ，并计算出 α ，再按式 (*) 计算 L_2 ，若 $L_2 \approx L_1$ ，则 L_2 即为所求，否则再计算新的 α ，并按式 (*) 算出 L_3 ，如此反复，直至两次计算出的间距近似相等为止。

实际计算时采用迭代法：先按完整沟计算，计算出 L_1 ，并计算出 α ，再按式 (*) 计算 L_2 ，若 $L_2 \approx L_1$ ，则 L_2 即为所求，否则再计算新的 α ，并按式 (*) 算出 L_3 ，如此反复，直至两次计算出的间距近似相等为止。

2) 淹灌稻田稳定入渗条件下的排水沟间距

为防止渍害，淹灌条件下的水稻田需要保持一定的渗流强度。下面介绍在已知排水沟深度和渗流强度条件下，确定排水沟间距的计算公式：

$$L = \frac{kH}{q\phi_0}$$

（注：该公式是《农田排水工程技术规范》上推荐的公式。）

式中， k 为土壤渗透系数，m/d；

H 为作用水头，田面水位至沟内水位差，m；

q 为稻田淹灌时的设计渗漏率，m/d；

ϕ_0 为渗流阻抗系数。

渗流阻抗系数估算公式为

$$\phi_0 = 0.5 + 0.174 \frac{h_q}{T}$$

其中， h_q 为排水沟深度，m；

T 为田面至不透水层的距离，m。当 $T > 5h_q$ 时，可认为含水层无限深，此时取 $\phi_0 \approx 0.5$ 。

（3）经验数据法

在缺乏试验条件和计算条件情况下，可以根据本地区或类似地区的经验数据确定排水沟间距。

防渍排水沟沟深与间距经验数据

沟深	轻壤土	中壤土	重壤土或粘土
1.0~1.3	50~70	35~50	20~35
1.3~1.5	70~100	50~70	35~50
1.5~1.8	100~150	70~100	50~70
1.8~2.3	-	100~150	70~100

脱盐或防盐碱地区的排水沟沟深与间距经验数据

沟深	粘质土	轻质土
1.2	160~200	-
1.4	220~260	-
1.6	280~320	-
1.8	340~380	-

§4 骨干排水沟设计

主要包括水位推算与纵、横断面设计。

一、排水沟的设计水位

与排涝设计流量和排渍设计流量相应，有排涝设计水位和排渍设计水位。

(一) 排渍水位（日常水位）

排渍水位是排水沟经常需要维持的、满足防渍或防止盐碱化要求的水位。也称日常水位。

若有养殖和通航等需要，也兼顾这些方面其它方面的要求。

推算步骤

- (1) 确定排渍控制点 A 高程（最远处低洼地高程）。
- (2) 初拟各级排水沟的比降。
- (3) 推算排干沟出口的日常水位：

$$Z_{\text{日常}} = A_0 - D_{\text{农}} - \sum Li - \sum \Delta z$$

式中： $Z_{\text{日常}}$ ——排水沟出口的日常水位（m）；

A_0 ——排渍控制点高程（m）；

$D_{\text{农}}$ ——农沟日常水位离地面的高差（m）；

$$D_{\text{农}} = \text{排渍深度或地下水临界埋深} + \text{悬挂水头}$$

L ——自 A 点到排水干沟出口各级沟道的长度（m）；

i ——自 A 点到排水干沟出口各级沟道的比降；

Δz ——局部水头损失，或下级沟道衔接处水头落差（0.1~0.2m）。

应满足：干沟出口处的日常水位 外河（排水承泄区）的日常水位。

若不满足上述要求，则调整比降，尽量争取自排。

在水网圩区，无法自排，则采用抽排来维持日常水位。

（二）排涝水位（最高水位）

排涝水位是排水沟通过排涝设计流量时的水位。

计算步骤：

（1）确定排涝控制点 A。

（2）拟定各级排水沟比降。

（3）计算干沟出口处的排涝水位：

$$Z_{\text{排涝}} = A_0 - D_{\text{农}}^I - \sum Li - \sum \Delta z^I$$

式中： $D_{\text{农}}^I$ ——农沟中最高水位到地面的距离，可取 0.2~0.3m；

L 、 i ——自 A 点至排水沟出口的各级排水沟长度与比降；

Δz ——局部水头损失，可不考虑上下级排水沟衔接的水位落差。

应满足：干沟出口处最高水位应不低于外河的最高水位

若干沟出口发生壅水，则需调整排水沟比降，或筑堤束水。

若无法自排（如在水网圩区），则（1）建站抽排；（2）进一步提高沟道的滞蓄能力，可采取提高加密沟网、提前预降沟水位等措施。

若排水沟同时具有排渍和排涝的要求，则应同时满足上述两种水位要求。若以排涝要求确定沟道断面，则以排渍要求来校核。若以排渍要求确定沟道断面，则以排涝要求来校核。

二、排水沟横断面设计

任务：确定排水沟横断面尺寸一般干、支沟应作具体设计，斗沟选择有代表性斗沟作典型设计，农沟可采用地区统一的标准断面。

下面介绍排水沟横断面设计的步骤。

（一）按排涝设计流量确定排水沟过水断面通常按明渠均匀流公式计算，方法与渠道计算相似。

1、底坡 i

考虑（1）接近地面坡降，以避免深挖方

（2）应考虑承泄区水位，尽量自排

（3）满足不冲不淤（比降不能太大，也不能太小）

（4）结合引水的沟道比降宜缓，此时应顺坡排水，倒坡引水。

（5）结合蓄水灌溉、滞涝、通航时，也可采用平底。

一般取值范围：

干沟 1/6000~1/20000，支沟 1/4000~1/10000，

斗沟 1/2000~1/5000, 农沟 1/1000~1/2000

2、边坡系数 m

主要与土质和沟深有关, 参考表 8-9 (P. 242)。

一般同级沟、渠相比, 沟道的边坡系数大于渠道的边坡系数。因为 (1) 地下水渗出; (2) 坡面径流冲刷; (3) 沟内积水时, 波浪的侵蚀。

3、糙率 n

(1) 新开的沟道 与渠道相同, 约 0.02~0.025;

(2) 易生杂草的沟道 n 较大, 一般取 0.025~0.030。

4、不冲不淤流速

不淤流速一般为 0.3~0.4m/s。

不冲流速见表 8-8。

排水沟的设计流速应满足不冲不淤的要求。

(二) 根据防渍、通航、养殖要求校核排水沟的水深和底宽

通航和养殖对干、支沟的要求如表 8-10。

如果不能满足防渍、通航和养殖要求, 则应拓宽加深断面;

如果排渍要求的沟深比排涝要求的沟深大得多, 则可以采用复式断面。(这样能满足排渍要求, 又不致使断面扩大很多)

(三) 校核滞涝要求

对于平原、水网圩区, 排水沟一般有滞涝要求。

1、确定需要排水沟滞蓄的水深

$$h_{\text{沟蓄}} = P - h_{\text{田蓄}} - h_{\text{沟蓄}} - h_{\text{抽排}}$$

式中, P ——设计净雨;

$h_{\text{田蓄}}$ ——田间蓄水量;

$h_{\text{沟蓄}}$ ——沟道蓄水量;

$h_{\text{抽排}}$ ——水泵抢排水量;

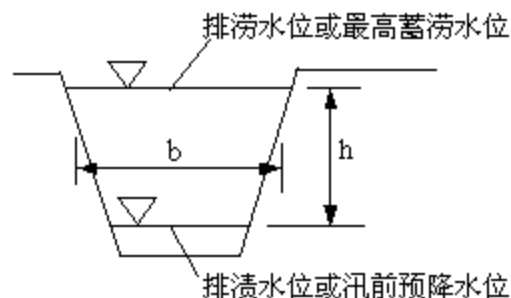
$h_{\text{沟蓄}}$ 、 $h_{\text{抽排}}$ 均为折算至全面积上的水深。

2、计算需要排水沟滞蓄水量

设排涝区面积为 F (m^2), 则需要滞蓄的水量为

$$W_{\text{滞}} = 0.00V_{\text{沟蓄}}F \quad (\text{m}^3)$$

3、排水沟滞蓄容积（滞蓄能力）



排水沟滞蓄能力为 $V_{\text{沟}} = \sum bhl$ (m^3)

式中, l 为排水沟的长度。

4、校核

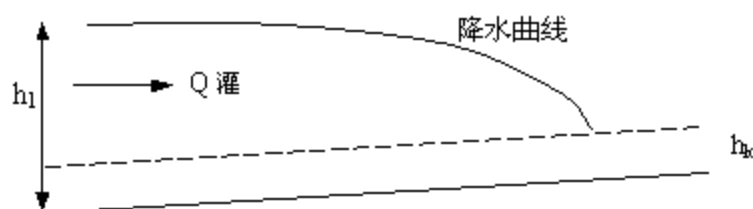
若 $V_{\text{沟}} \geq W_{\text{沟滞}}$, 则排水沟能满足滞蓄要求。

若 $V_{\text{沟}} < W_{\text{沟滞}}$, 则应当采取措施:

- 1) 增加抢排水量;
- 2) 减小要求的滞蓄量;
- 3) 扩大沟沟深或沟宽, 或采用复式断面,
- 4) 增加沟道密度。

(四) 校核沟道灌溉引水能力

利用排水沟引水灌溉时, 往往平坡, 逆坡引水。



需校核: 输水距离及水位能否满足灌溉要求。

校核方法: 推算水面曲线。

如不满足应调整排水沟的水力参数。

三、排水沟纵断面图绘制

1、上下级排水沟的水位接

上下级沟日常水位应有一定的水面落差（0.1~0.2m）。

上级沟道的排涝水位衔接可不考虑落差。

2、纵断面图的绘制步骤

（1）绘制地面高程线；

（2）绘出日常水位线；

（3）绘出沟底高程线（日常水位-日常水深）；

（4）绘出最高水位线（沟底高程+排涝水深）；

若该排涝水位线高于设计排涝水位线，则应修正设计。

（5）若干沟出口段有筑堤束水，则应绘出堤顶高程线。