

第5章 路基排水

5-1 路基排水一般原则和要求

路基排水的目的和要求

表 5-1

项 目	路 基 排 水 的 目 的 和 要 求
路基排水的重要性及其分类	<p>1. 路基的强度与稳定性同水的关系十分密切。在路基形成病害的多种因素中,水是主要影响因素之一,因此路基设计、施工和养护中,必须重视路基排水,认真做好排水工程。</p> <p>根据水源的不同,影响路基的水流可分为地面水和地下水两大类,与此相应的路基排水工程,则分为地面排水和地下排水</p>
地面水与地下水对路基的影响与危害	<p>2. 地面水包括大气降水(雨、雪)以及海、河、湖、水渠、水库水。地面水对路基产生冲刷和渗透,冲刷可能导致路基整体稳定受损害,形成水毁现象。渗入路基土体的水分,使土体过湿面降低路基强度。</p> <p>3. 地下水包括上层滞水、潜水、层间水等,其对路基的危害程度,因条件不同而异,轻者能使路基湿软,降低路基强度;重者会引起冻胀、翻浆或边坡滑坍,甚至整个路基沿倾斜基底滑动</p>
路基排水是设计、施工和养护的重要环节	<p>4. 路基排水的目的是将路基范围内的土基湿度降低到一定的范围内,保持路基常年处于干燥状态,确保路基、路面具有足够的强度和稳定性。为此,在路基的设计、施工和日常养护中路基排水是不可忽视的重要环节</p>
路基排水的设计要求	<p>5. 路基设计时,必须考虑将影响路基稳定性的地面水排除和拦截于路基用地范围以外,并防止地面水漫流、滞积或下渗。对于影响路基稳定性的地下水,则应予以隔断、疏干、降低,并引导至路基范围以外的适当地点</p>
路基排水的施工要求	<p>6. 路基施工中,首先应校核全线路基排水系统的设计是否完备和妥善,必要时应予以补充或修改,使全线的沟渠、管道、桥涵组成完整的排水系统。此外,应根据实际情况和需要,设置施工现场的临时排水措施,以保证路基土石方及附属结构物在正常条件下进行施工作业,消除路基基底和土体内与水有关的隐患,保证路基工程质量,提高施工效率</p>
路基排水的养护要求	<p>7. 路基养护中,对排水设施应定期检查和维修,保证排水设施正常使用,水流畅通,并根据实际情况不断改善路基排水条件</p>

路基排水一般原则和施工注意要点

表 5-2

项 目	路基排水一般原则和施工注意要点
路基排水设施布置原则要求	<p>1. 路基排水的设计布置要因地制宜,全面考虑,综合治理,讲实效,注意经济,并充分利用有利地形和自然水系。一般情况下地面和地下设置的排水沟渠,宜短不宜长,以使水流不至于汇集,做到及时疏散,就近分流。</p> <p>2. 各种路基排水沟渠的设置,应注意与农田水利相配合,必要时可适当增设涵管或加大涵管孔径,以防农业用水影响路基稳定,并做到路基排水有利于农田排灌。高速和一级公路的边沟不应作为农业排灌渠道,其他公路不得已时可和排灌渠道结合,但应适当加大泄水断面,并予加固,以防水流危害路基。</p> <p>3. 路基排水要注意防止附近山坡的水土流失,尽量不破坏天然水系,不轻易合并自然沟渠和改变水流性质,尽量选择有利地质条件布设人工沟渠,减少排水沟渠的防护与加固工程。对于重点路段的主要排水设施,以及土质松软和纵坡较陡地段的排水沟渠,应注意必要的防护与加固。</p> <p>4. 排水设施的进出水口,应视当地土质、水文、地形条件及道路等级和筑路材料等情况,适当加固,并注意就地取材,以防为主。</p>
路基施工排水设施先行	<p>5. 路基施工中,必须首先进行排水工程,以及施工场地附近的临时排水设施,然后再做主体工程,以保证地基和路基用土不致受害,使路基施工正常进行,在无条件时,排水工程可与路基同步施工,并使其随施工进度逐步成型。</p>
施工注意事项	<p>6. 路基施工中不应破坏地表植被或堵塞水路,不得任意堆积弃土或不按指定借土地点随处就近取土并破坏农田排灌系统。</p> <p>7. 路基施工期内,各类排水设施应注意及时维修和清理,保持其完好状态,使水流畅通不产生冲刷和淤塞。</p> <p>8. 临时性排水设施应尽量与永久性排水设施相配合,地下排水与地面排水相结合。</p>
施工质量要求	<p>9. 各类排水设施的位置、断面、尺寸、坡度、标高及使用材料应符合设计图纸要求。</p> <p>10. 沟渠边坡必须做足、平整、稳定,严防贴坡。</p> <p>11. 排水设施要求纵坡顺适,沟底平整,排水畅通,无冲刷和无阻水现象。</p> <p>12. 边沟要求线型美观,直线线形顺直,曲线圆滑。</p> <p>13. 各类防渗加固设施要求坚实稳定,平整美观、砂浆配比正确,砌体紧密,嵌缝饱满、密实,沟底平顺无剥落,缝宽一致。干砌片石要求咬扣紧密,错缝,无叠砌、贴砌和浮塞。</p>

5-2 地面排水设施

5-2-1 各类防渗加固材料选用

各类防渗加固材料的选用与要求

表 5-3

材料名称	适用条件	平均流速(m/s)
粘性土	通常用于将沟底沟壁夯拍坚实的粘性土质边沟和排水沟。不适用于路堑顶的截水沟和堑顶排水沟	>0.8
三合土或四合土	一般用于无冻害及无地下水地段的水沟	1.0~2.5
水泥砂浆或防水砂浆	抹平层适用于常年流水且无冻害、无地下水地段的水沟	>3.0
粘土碎石加固	适用条件与三合土或四合土同	

续上表

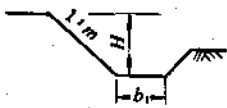
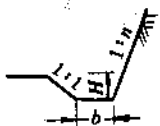
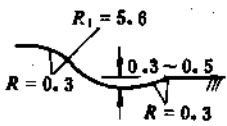
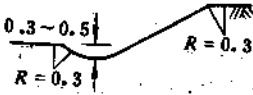
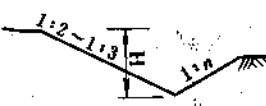
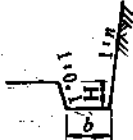
材料名称	适用条件	平均流速(m/s)
浆砌片石	用于防渗要求较高,沟的纵坡大于5%而小于7%的各种水沟,但在有地下水(或常年流水)及冻害地段,沟壁及沟底外侧须设反滤层(或垫层)并在沟壁预留泄水孔	>4.0
混凝土预制块	用于流速较大,缺乏片石材料地区的各种水沟	>4.0
单层干砌片石	用于无防渗要求的各种沟渠,并在平均流速(右列)以内	2.0~3.5
单层浆砌卵石	用于无严格防渗要求,且容许平均流速在右列范围以内的防冲沟渠加固段	2.0~2.5
浆砌片石排水槽	适用条件同浆砌片石	

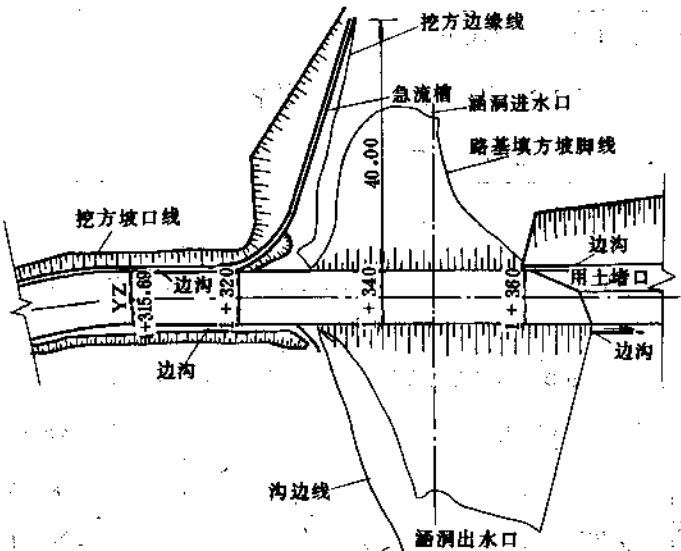
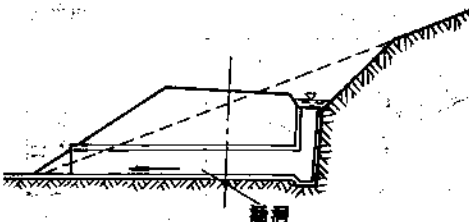
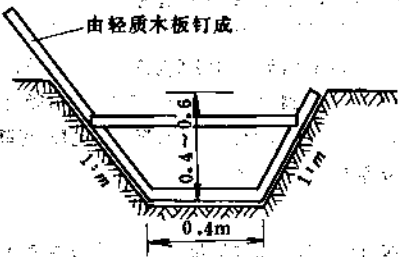
* 参照《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》有关条文编表。

5-2-2 边沟设置与施工要求

边沟设置与施工要求

表 5-4

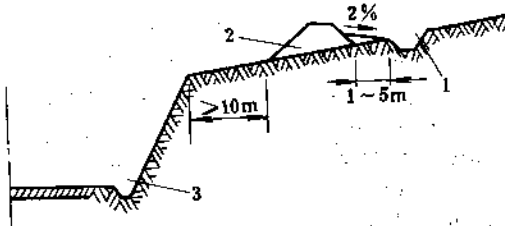
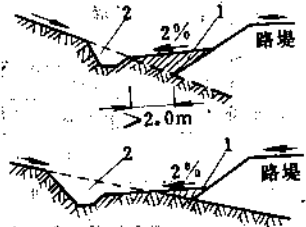
项目	边沟设置与施工要求		
边沟的设置	1. 挖方地段和填土高度小于边沟深度的填方地段均设置边沟。山坡上路堤靠上坡一侧的坡脚应设置不透水的边沟		
边沟的断面形式	2. 边沟的断面形式有梯形、矩形、三角形和流线形几种,如下图(图示尺寸单位,m)		
	梯形边沟		流线形边沟
			
	流线形边沟	三角形边沟	矩形边沟
边沟的断面形式			
边沟形式的采用	3. 一般情况下土质边沟宜用梯形,石质边沟宜用矩形,矮路堤或机械化施工时用三角形,积雪、积砂路段用流线形。为了少占农田,保证矮路堤的稳定,对土质路段宜用石砌矩形边沟		
边沟的边坡与底宽	4. 梯形土质边沟的边坡,靠路基一侧一般为1:1~1:1.5,另一侧则可与挖方边坡相同;三角形土质边沟的边坡,约为1:2~1:3;矩形边坡用于石方地段或石块铺砌时,可以直立,有时可稍有倾斜。各种边沟的深度,约为0.4~0.6m,多雨地区或水流汇集地段,可适当放宽,干旱地区或水流较少地段,可降低至0.3m,但不得小于0.3m,梯形和矩形边沟的底宽,一般均应等于或大于0.4m		
边沟的长度	5. 边沟不宜过长,尽量使沟内水流就近排至路旁自然水沟或低洼地带;为了防止边沟漫溢或冲刷,在平原区或重丘山岭区,梯形边沟长度不宜超过300m,三角形边沟不宜超过200m		

项 目	边 沟 设 置 与 施 工 要 求	
边沟纵坡及曲线内外侧边沟	<p>6. 边沟的纵坡(出水口附近除外)一般与路线纵坡一致。平坡路段,边沟仍应保持0.3%~0.5%的最小纵坡。边沟出水口附近,以及排水困难路段,如回头曲线和路基超高较大的平曲线等处边沟应进行特殊设计。</p> <p>7. 平曲线处边沟沟底纵坡施工时,应与曲线前后沟底平顺衔接,不允许曲线内侧有积水或外溢现象发生。曲线外侧边沟应适当加深,其增加值等于超高值</p>	
边沟的加 固	<p>8. 土质地段当沟底纵坡大于3%,宜采用加固措施;采用干砌片石对边沟进行铺砌时,应选用有平整面的片石,各砌缝要用小石子嵌紧;采用浆砌片石铺砌时,砌缝砂浆应饱满;沟身不漏水;若沟底采用抹面时,抹面应平整压光</p>	
路堑与高路堤衔接处的边沟排水布置		<p>9. 在路堑与高路堤衔接处,由于边沟泄出水流流向路堤坡脚处,二者高差大,必须因地制宜,根据地形与地质等具体条件,将出水口延伸至坡脚以外,以免边沟水冲向填方坡脚</p>
边沟泄水流入涵前 窖井示例		<p>10. 边沟水流入桥涵进水口时,为避免边沟流水产生冲刷,应作适当处理,左图所示为涵洞进口设置窖井(作为单级跌水)的一例。倘边沟与窖井间标高相差很大,两者间还应修建跌水或急流槽</p>
边沟样板		<p>11. 为确保边沟开挖的边坡和深、宽质量,并便于随时校核,一般可制成“边沟样板”,方便而快速的查核边沟各部尺寸是否符合标准要求</p>

5-2-3 截水沟设置与施工要求

截水沟设置与施工要求

表 5-5

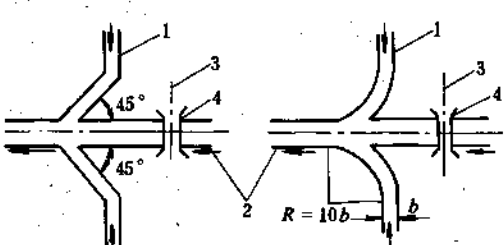
项 目	截 水 沟 设 置 与 施 工 要 求	
截水沟的设置	 <p>挖方路段弃土堆与截水沟 1-截水沟; 2-弃土堆; 3-边沟</p>	<p>1. 截水沟亦称天沟, 设在路基边坡上方的山坡上, 用以拦截路基上方流向路基的地面径流, 减轻边沟的水流负担, 保护挖方边坡和填方坡脚不受流水冲刷。降水量较少或坡面坚硬和边坡较低、冲刷影响不大的地段, 可不设截水沟; 相反, 如果降水量较多, 且暴雨频率高, 山坡覆盖层比较松软, 坡面较高, 水土流失比较严重的地段, 必要时可设置两道或多道截水沟(左图为土质不良地段)</p>
截水沟的纵坡与防渗加固		<p>2. 截水沟应有适当纵坡, 最小纵坡为 0.3%~0.5%, 亦不宜超过 3%, 以 1% 为适当; 更重要的是截水沟内要防渗加固, 保证不渗水, 特别是截水沟出水口等地段, 防止渗漏和冲刷沟底沟壁</p>
截水沟断面		<p>3. 截水沟的断面, 一般采用梯形, 底宽不小于 0.5m, 深度按截水沟流量而定, 亦不宜小于 0.5m。沟的边坡视土质采用, 一般为 1:1~1:1.5</p>
山坡路堤上方的截水沟		<p>4. 山坡上路堤的截水沟离开路堤坡脚至少 2.0m, 并用挖截水沟的土壤在路堤与截水沟之间, 修筑向沟倾斜坡度为 2% 的护坡道或土台, 使路堤内侧地面水流入截水沟排出, 如左图所示</p>
截水沟的长度		<p>5. 截水沟的长度超过 500m 时, 应选择适当地点设出水口, 将水引至山坡侧的自然沟中或桥涵进水口。截水沟必须有牢靠的出水口, 必要时须设排水沟(亦称引水沟)、跌水或急流槽, 截水沟的出水口必须与其他排水设施平顺衔接</p>

5-2-4 排水沟设置与施工要求

排水沟设置与施工要求

表 5-6

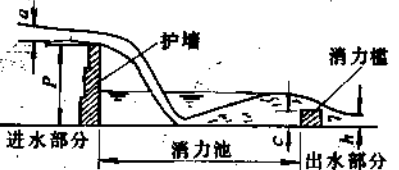

项 目	排 水 沟 设 置 与 施 工 要 求	
排水沟的断面		<p>1. 排水沟一般为梯形断面, 底宽不应小于 0.5m, 深度可按流量计算确定, 但不宜小于 0.5m。边坡视土质而异, 一般土层可用 1:1.5, 纵坡力求控制在 0.5%~5% 的范围内</p>
排水沟的平面线形		<p>2. 排水沟应尽量采用直线, 如必须转弯时, 其半径不宜小于 10~20m; 排水沟的长度, 按实际需要而定, 通常宜在 500m 以内</p>

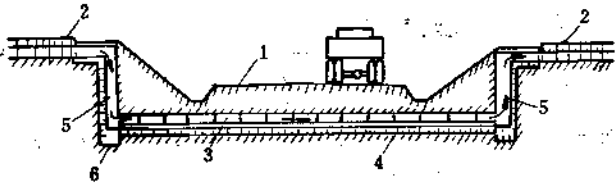
项目	排水沟设置与施工要求
排水沟与水道的连接	<p>3. 当排水沟中的水流流入河道或沟渠时,应使原水道不产生冲刷或淤积。一般应使排水沟与原水道两者水流的流向成锐角相交,并力求小于 45°,保证汇流处水流通畅。如限于地形,锐角连接有困难时,可用半径 $R=10b$ 的圆弧(弧长等于 $1/4$ 圆周, b 为排水沟顶宽),如下图所示</p>  <p>图示:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1——排水沟; 2——其他沟渠、水道; 3——公路中心线; 4——桥涵 <p style="text-align: center;">排水沟与水道的连接</p>

5-2-5 泄水结构物设置与施工要求

泄水结构物设置与施工要求

表 5-7

项目	泄水结构物的设置与施工要求
跌水设置及其构造	<p>1. 跌水的构造可分为进水口、消力池和出水口三部分组成,如右图所示。各部尺寸根据水力计算确定,一般情况下当地质条件良好,地下水位较低,流量不大时,跌水高度 P 在 2.0m 以内,跌水可用浆砌片(块)石或混凝土筑成,进水口处设护墙,墙基的埋置深度为水深 a 的 1~1.2 倍,并小于 1.0m,要求伸入冻结线以下</p>  <p style="text-align: center;">跌水构造示意图</p>
跌水各部分的大致尺寸(参考)	<p>2. 护墙的厚度,对砌石约为 0.3~0.4m,对混凝土为 0.25~0.3m。沟槽及消力池的边墙高度,应高出计算水深的 0.2m 以上,边墙厚可与护墙相同。消力槽的槽高 c,一般低于水深,槽顶厚不小于 0.4m,底部留有 $5 \times 5 \sim 10 \times 10$cm 泄水孔,以便水流停止时排除池内积水。消力池底板厚度,当流速小于 $2\text{m}^3/\text{s}$ 时,约为 0.35~0.4m 厚</p>
跌水阶梯高度与长度	<p>3. 跌水的阶梯高度,可根据地形、地质条件确定,多级阶梯的各级高度可以相同,也可以不同,一般可不大 于 0.5~0.6m,以 0.3~0.4m 较为普遍。每级阶梯的高度与长度之比,应力求与原地面坡度或沟渠设计纵坡相配合</p>
急流槽的设置	<p>4. 急流槽的结构亦分为进水槽、主槽(包括消力池在内)和出水槽三个组成部分,如右图所示。可用浆砌块(片)石或混凝土(必要时加设钢筋)筑成,基础应嵌入地面以下,并宜设在中等强度以上的岩层上。在临时急需时,也可就地采用木槽。</p> <p>正常情况下,当急流槽的纵坡度等于或小于 $1:2$,以及高度在 1.2m 以内时,其结构尺寸,包括护墙及槽的边墙与底板在内,基本上与上述跌水差不多</p>  <p style="text-align: center;">急流槽构造示意图</p>

项 目	泄水结构物的设置与施工要求
急流槽的砌筑	5. 急流槽的纵坡较陡, 为防止其沿地面(或坡面)向下滑移, 槽底每隔 1.5~2.5m, 以及在转折地点, 设置耳墙深入地基约 0.3~0.5m。当边墙高度大于 1.5m 时, 墙脚下面要设基础。急流槽槽身较长时, 应分段砌筑, 每段约 5~10m 长, 接头处留伸缩缝, 缝用防水材料填塞
路堤边坡上的急流槽	6. 路堤边坡急流槽的修筑, 应能为水流入排水沟提供一个顺畅通道, 路缘石开口及流水进入路堤边坡急流槽的过渡段应连接圆顺, 以便及时排出路面雨水
倒虹吸与渡水槽的设置	7. 当水流需要横跨路基, 同时受到设计标高上的限制, 可以采用管道或沟槽, 从路基底部或上部架空跨越, 前者为倒虹吸, 后者为渡水槽, 分别相当于涵洞和渡水桥, 两者属于路基地面排水的特殊结构物, 而且多数情况下是为配合农田水利所需而采用
倒虹吸布置示例	<p>8. 倒虹吸的管道有箱形和管形两种, 以混凝土和钢筋混凝土结构为主, 临时性简易管道可用砖石结构。其进、出水口砌缝及管节接头应特别严密以防漏水。下图所示为竖井式进、出水口的倒虹吸布置一例, 其井底标高低于管道(亦称落底), 起沉淀泥沙杂物的作用, 以利清捞。亦有采用斜管式或缓坡式, 以替代竖井式升降管, 可改善水流条件, 但路基用地宽度增大, 管道长度增加</p>  <p>1——路基; 2——原沟渠; 3——洞身; 4——砂砾垫层; 5——竖井; 6——沉淀池(落底)</p> <p style="text-align: center;">竖井式倒虹吸布置示例</p>
倒虹管铺设后试验方法和要求 (JTJ 033—95)	<p>9. 倒虹吸管施工完成后, 在回填之前应按以下规定进行试验:</p> <p>(1) 烟雾试验——直径大于 450mm 的圆管, 在覆盖之前进行烟雾试验。管道的两端要求进行封闭, 然后用发烟机压入具有 250Pa 的浓烟雾, 封闭所有出现烟雾的开口, 在封完最后的开口之后, 保持此压力 5min, 如果管道有漏烟处应进行补修并重新进行试验。</p> <p>(2) 水压试验——直径小于 450mm 的圆管, 在基槽回填之前应分段进行水压试验。将水灌入管内, 在管道高处水头应高出管道顶部 1.2m 以上, 在管道低处水头高出管道顶部不大于 6.0m, 陡坡线上的管道应分段试验, 以免超过以上最大水头, 试验应在试验段灌水后 1h 开始, 此时垂直管的水位应能达到所要求的 1.2m 最小试验水头, 通过每隔 10min 加一次水来保持原来的水位, 并且记录加水数量, 测出 30min 内水的消耗量, 如果单位内径的管子增加的水量不超过 0.3L/h/30m(厘米)/cm, 则认为管子合格。如果管道试验不合格, 应修补其缺陷, 并重新进行试验</p>
渡水槽过渡段及其沟渠加固	<p>10. 渡水槽由进、出水口、槽身和下部支承三部分组成。渡水槽的过水断面, 通常较两端小, 进、出水口处需设过渡段, 根据沟渠土质情况分别将槽身两端伸入路基两侧地面 2~5m 且其出水口过渡段宜适当加长以防淤积。</p> <p>与渡水槽相接的土质沟渠应予加固, 其长度至少应是沟渠水深的 4 倍</p>
拦水缘石的设置	<p>11. 为避免高路堤边坡被路面水冲刷, 可在路肩上设拦水缘石, 将水流拦截至挖方边沟, 或在适当地点设急流槽引离路基。与高路堤急流槽连接处应设喇叭口。</p> <p>缘石应直接安砌在路面基层或底基层上, 或安砌在规定厚度的水泥混凝土垫层上。同时对于设置拦水缘石路段的路肩宜作适当加固, 以避免集中水流造成冲刷</p>

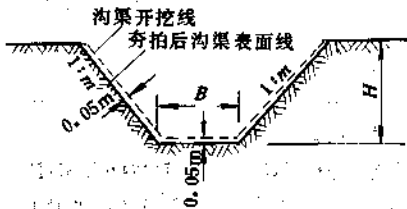
项 目	泄 水 结 构 物 的 设 置 与 施 工 要 求
蒸发池的设置	<p>12. 根据《公路路基施工技术规范(JTJ 033-95)》规定:在年降雨量不大,晴天日数多,气候干燥,排水困难的平坦地区,设计规定设置蒸发池时,应按下列规定施工:</p> <p>(1)用取土坑作蒸发池时与路基坡脚间的距离一般不应小于5~10m,面积较大的蒸发池至路堤坡脚的距离不得小于20m,坑内水面应低于路基边缘至少0.6m。</p> <p>坑底部应做成两侧边缘向中部倾斜0.5%的横坡。取土坑出入口应与所连接的排水沟或排水道平顺连接。当出口为天然沟谷时,应妥善导入沟谷内,不得形成漫流,必要时予以加固。</p> <p>(2)蒸发池的容量一般不超过200~300m³,蓄水深度不大于1.5~2.0m,池周围可用土埂围护,防止其他水流入池中</p> <p>蒸发池的设置不应使附近地区泥沼化及影响当地环境卫生</p>

5-3 排水沟渠的加固

5-3-1 土沟夯实加固

土沟表面夯实加固

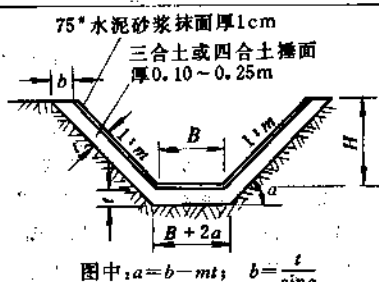
表 5-8

项 目	土 沟 表 面 夯 实 加 固						
断面形式及适用条件	土沟夯实加固示意图		适 用 条 件				
			<p>1. 一般适用于土质边沟和排水沟,不适用于浆顶截水沟或浆顶排水沟。</p> <p>2. 沟内平均流速不大于 0.8m/s。</p> <p>3. 沟底纵坡不大于本表所列</p>				
施工注意要点	<p>1. 开挖水沟时沟底及沟壁部分均少挖 0.05m;</p> <p>2. 将沟底沟壁夯拍坚实,使土的干容重不小于 1.66t/m³,土层厚度不小于 0.05m;</p> <p>3. 沟渠开挖时应随开挖随夯拍,以免土中水分消失,不易夯拍坚实;</p> <p>4. 施工中如发现沟底沟壁有鼠洞或蛇穴,应用原土补填夯实</p>						
沟底纵坡及每米沟长的夯拍面积	沟 底 纵 坡 限 制						
	边坡坡度 1:m	1:1					
	断面 B×H(m)	0.4×0.4	0.4×0.6	0.6×0.6			
	纵坡(%)	1.5	0.7	0.6			
	1m 长土沟的夯拍面积						
	断面尺寸(m)	水 沟 边 坡 率 m=1.0					
工程名称	B	H	B	H	B	H	
	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	
夯拍面积(m ²)		1.531		2.097		2.297	

5-3-2 三合土或四合土加固

三合土或四合土加固层

表 5-9

项 目	三 合 土 或 四 合 土 加 固 沟 渠													
断面形式及适用条件	三合土或四合土加固示意图					适用条件								
	 <p>75# 水泥砂浆抹面厚1cm 三合土或四合土铺面厚0.10~0.25m</p> <p>图中: $a = b - mt$; $b = \frac{t}{\sin \alpha}$</p>					<p>1. 一般用于无冻害及无地下水地段的水沟。</p> <p>2. 沟内平均流速在 1.0~2.5m/s。</p> <p>3. 在常流水的水沟加固表面,可加抹 7.5 号水泥砂浆,厚 1cm。</p> <p>4. 混合土厚 0.1~0.25m,可视沟内平均流速或沟底纵坡大小而异</p>								
施工注意要点	<p>1. 施工前两周将石灰水化,使用前 1~3d 将黄土或炉渣掺入拌匀;使用时将卵(碎)石或水泥及砂掺入,反复拌和均匀。</p> <p>2. 沟渠开挖后趁土质潮湿时立即加固,如土质干燥,则宜洒水湿润后再行加固。</p> <p>3. 沟渠铺混合土前,应将沟底及沟壁表面夯拍平整,然后每长 2m 左右安一模板,用以保证加固厚度的一致。</p> <p>4. 沟渠铺混合土后,应拍打提浆,然后再抹水泥砂浆护层,待稍干后,用大卵石将表面压紧磨光,最后用麻袋(或草帘)覆盖,并洒水养生 3~5d。不宜在冬季施工,以防冻胀</p>													
加固工程数量	三合土或四合土加固层工程数量													
	厚度 (cm)		断面尺寸 (m)				沟渠边坡率 $m=0.5$				沟渠边坡率 $m=1.0$			
			B		H		B	H	B	H	B	H	B	H
			0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	
	三合土或四合土铺面(m ²)		10	0.114		0.147		0.171		0.228		0.248		
			15	0.165		0.234		0.271		0.356		0.386		
			20	0.264		0.329		0.379		0.493		0.533		
			25	0.351		0.432		0.497		0.639		0.689		
	7.5 号水泥砂浆抹面(m ²)		1	0.971		1.294		1.531		2.097		2.297		
混合料配合比参考	混合料名称		配合材料			配合比			备 注					
	三合土		水泥:砂:炉渣			1:5:1.5			(质量比)					
			水泥:黄土:卵(碎)石			1:3.3:2.3			无炉渣地区可试用(体积比)					
	四合土		水泥:石灰:砂:炉渣			1:3:6:24								
注:水泥宜采用低标号;炉渣经过高温烧化且含灰量不超过 5%,其粒径不超过 5mm。														

5-3-3 单层干砌片石加固

单层干砌片石加固

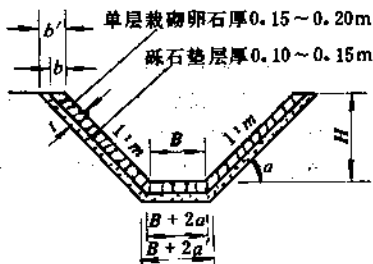
表 5-10

项 目	单 层 干 砌 片 石 加 固 沟 渠							
断面形式及适用条件	单层干砌片石加固示意图				适 用 条 件			
	<p>单层干砌片石加固厚0.15~0.25m 卵(碎)石垫层厚0.10~0.15m</p> <p>图中: $a = b - mt$; $a' = b' - mt'$</p>				<ol style="list-style-type: none"> 1. 一般用于无防渗要求的沟渠加固。 2. 一般土质沟底纵坡大于5%,流速在2m/s以上必须考虑加固。对砂土地段,纵坡在3%~4%以上,即须考虑加固。 3. 沟内平均流速在2.0~3.5m/s时,干砌片石尺寸可用0.15~0.25m;流速在4m/s以上时,应采用急流槽或加设跌水。 			
施工注意要点	<ol style="list-style-type: none"> 1. 当沟壁沟底为细颗粒土时,应加设卵(碎)石垫层,其厚度按平均流速大小及土质情况,在0.10~0.15m范围内选用。 2. 垫层石料以粒径为5~50mm占90%(质量比)以上为宜。 3. 片石空隙应用碎石填塞紧密,片石大面向上,减少表面粗糙程度。 							
加固工程数量	单层干砌片石加固工程数量(m ³ /m)							
	1 : m		1 : 1					
	片石厚(最小厚)(cm)		15		20		25	
	工程名称	垫层厚 (cm) 断面尺寸 B × H (m)	10	15	10	15	10	15
	干砌片石	0.4 × 0.4	0.271		0.379		0.497	
		0.4 × 0.6	0.356		0.493		0.639	
		0.6 × 0.6	0.386		0.533		0.689	
	垫 层	0.4 × 0.4	0.226	0.353	0.245	0.381	0.263	0.408
		0.4 × 0.6	0.283	0.438	0.301	0.405	0.319	0.493
		0.6 × 0.6	0.303	0.468	0.321	0.495	0.339	0.521

5-3-4 单层栽砌卵石加固

单层栽砌卵石加固

表 5-11

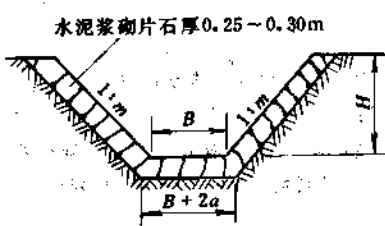
项 目	单层栽砌卵石加固沟渠							
断面形式及适用条件	单层栽砌卵石加固示意图			适 用 条 件				
				1. 一般用于无严格防渗要求,且容许流速在2.0~2.5m/s以内的防冲沟渠加固地段。 2. 当沟底沟壁为细颗粒土时,需加设砾石垫层,其厚度视容许流速及土质情况而定(参见本表后列)				
施工注意要点	1. 垫层可采用平均粒径2~4mm的干净砂砾,其含土量应在5%以下。 2. 一般应先砌沟底,后砌沟壁。砌底选用较大较好的卵石,坡脚两行尤应注意选料耐冲。 3. 砌筑可自下而上,逐步选用较小的卵石,最上一层选用较长卵石平放封顶压牢。 4. 所有卵石均应栽砌,大头朝下,相互靠紧,每行卵石须大小均匀,两排之间保持错缝。 5. 卵石下部及卵石之间的空隙,均应用小石填塞紧密							
加固工程数量	单层栽砌卵石加固工程数量(m³/m)							
	1:m		1:1			1:1.5		
	卵石厚 (cm)		15	20		15	20	
	工程名称	断面尺寸B×H(m)	10	10	15	10	10	15
	栽砌卵石	0.4×0.4	0.271	0.379		0.324	0.453	
		0.4×0.6	0.356	0.493		0.433	0.577	
		0.6×0.6	0.386	0.533		0.462	0.637	
	垫 层	0.4×0.4	0.225	0.245	0.381	0.268	0.289	0.450
		0.4×0.6	0.283	0.301	0.465	0.340	0.362	0.558
		0.6×0.6	0.303	0.321	0.495	0.361	0.382	0.588
	卵石尺寸与流速关系及垫层厚度要求	卵石尺寸与容许流速关系		砾石垫层厚度(m)				
卵石直径(m)		容许流速(m/s)	容许流速 (m/s)		土 质			
0.15		2.0	一般细粒		<2.5			
0.20		2.5	粘 土		2.5~3.0			

注:粗糙系数 $n=0.020$ 。

5-3-5 浆砌片石加固

浆砌片石加固

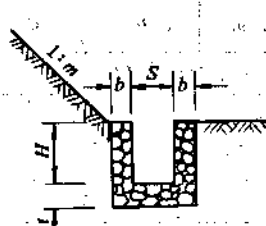
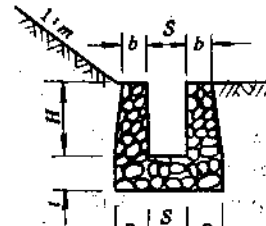
表 5-12

项 目	浆 砌 片 石 加 固 沟 渠																
断面形式及适用条件	浆砌片石加固示意图								适 用 条 件								
	 <p>水泥浆砌片石厚0.25~0.30m</p>								<ol style="list-style-type: none">1. 一般用于沟内水流速度较大及防渗要求较高的地段。2. 在有地下水(或常年流水)及冻害地段,沟壁沟底外侧应加设反滤层(或垫层),并在沟壁上预留泄水孔。3. 沟内水流平均速度大于 4m/s,沟底纵坡不限,可考虑用急流槽形式								
施工注意要点	<ol style="list-style-type: none">1. 沟槽开挖后应即平整夯实,如土质干燥须洒水湿润,遇有鼠洞陷穴,应堵塞夯实。2. 水泥砂浆标号一般可采用 5 号,随拌随用,砌筑完后应注意养生。3. 砌筑过程中,应随时注意沟底沟壁的平整坚实,砂浆要饱满,无空隙松动																
加固工程数量	浆砌片石加固工程数量(m ³ /m)																
	1 : m		1 : 0.5				1 : 0.75				1 : 1						
	工程名称	断面尺寸(m) 片石厚 (cm)	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	B	H	
			0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	水泥浆砌片石	25	0.351		0.432		0.459		0.554		0.634		0.749		0.639		0.539
		30	0.447		0.545		0.587		0.728		0.788		0.624		0.794		0.854

5-3-6 浆砌片石矩形排水槽

浆砌片石矩形排水槽

表 5-13

项 目	浆 砌 片 石 矩 形 排 水 槽															
断面形式	直墙式矩形槽								斜墙式矩形槽							
																

项 目	浆 砌 片 石 矩 形 排 水 槽									
直 墙 式 矩 形 水 槽	浆砌片石矩形排水槽工程量									
	H (m)	b (m)	t (m)	浆砌片石体积(m ³ /m)						
				S=0.4 (m)	S=0.5 (m)	S=0.6 (m)	S=0.7 (m)	S=0.8 (m)	S=0.9 (m)	S=1.0 (m)
	0.2	0.3	0.3	0.42	0.45	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60
	0.3	0.3	0.3	0.48	0.51	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66
	0.4	0.3	0.3	0.54	0.57	0.60	0.63	0.66	0.69	0.72
	0.5	0.4	0.4	0.88	0.92	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12
	0.6	0.4	0.4	0.96	1.00	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20
	0.7	0.4	0.4	1.04	1.08	1.12	1.16	1.20	1.24	1.28
	0.8	0.4	0.4	1.12	1.14	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36
	0.9	0.4	0.4	1.20	1.24	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44
1.0	0.4	0.4	1.28	1.32	1.36	1.40	1.44	1.48	1.52	
斜 墙 式 矩 形 水 槽	H (m)	b (m)	B (m)	t (m)	浆砌片石体积(m ³ /m)					
					S=0.5 (m)	S=0.6 (m)	S=0.7 (m)	S=0.8 (m)	S=0.9 (m)	S=1.0 (m)
	1.1	0.45	0.67	0.50	2.15	2.20	2.25	2.30	2.35	2.40
	1.2	0.45	0.69	0.50	2.31	2.36	2.41	2.46	2.51	2.56
	1.3	0.50	0.76	0.50	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85	2.90
	1.4	0.50	0.78	0.50	2.82	2.87	2.92	2.97	3.02	3.07
	1.5	0.50	0.80	0.55	3.11	3.16	3.22	3.27	3.33	3.38

注：①浆砌排水槽，大致与浆砌片石加固相同；

②开挖基坑时，应根据土质条件确定边坡坡率，沟槽砌筑完成后用原土回填，并拍实。

5-4 排水沟渠的水文水力计算

5-4-1 设计流量

沟渠设计流量计算

表 5-14

项 目	沟 渠 设 计 流 量 公 式 数 据
说 明	<p>1. 沟渠断面上，单位时间内(以s计)通过的水流数量(以m³计)，称为流量。它是路基排水设计的基本依据，其大小与汇水面积和一定频率下的迳流厚度，以及汇水区域内的地形、地貌与地表植被等因素有关。设计流量的计算方法有多种，对路基排水的明渠，如果汇水面积不大($F < 10\text{km}^2$)，可按下列经验公式估算</p>

项 目	沟 渠 设 计 流 量 公 式 数 据					
设计流量 估计的经验 公式	2. 公式 1: $Q_s = AF^n \quad (5-1)$ 式(5-1)使用简便,但纯属经验性质,地区差别亦大,故各地区宜作长期观测,求得A与n值			Q_s ——设计流量(m^3/s); F ——汇水面积(km^2); A ——径流模量,其值与设计洪水频率及地区有关,约为5~20之间; n ——地区指数,当 $F < 1.0 km^2$ 时, $n = 1$; 当 $1 km^2 < F < 10 km^2$ 时,其值因地区而异, $n = 0.75 \sim 0.85$		
	3. 公式 2: 当有当地降雨资料时的经验估算式 $Q_s = CSF^{2/3} \quad (5-2)$			S ——相应于设计洪水频率的小时降雨量(mm); C ——地貌有关系数,山岭区为0.55,一般丘陵区为0.4~1.5,黄土丘陵区为0.37~0.47,平原区为0.3~0.40		
	4. 公式 3: 如汇水面积 $F < 1.0 km^2$, 式(5-2)可简化为 $Q_s = CSF \quad (5-3)$					
路基设计 的洪水 频率	5. 目前我国《公路工程技术标准(JTJ 001—97)》规定的洪水频率					
	公路等级	高速公路	—	二	三	四
	设计洪水频率	1/100*	1/100	1/50	1/25	按具体情况确定
设计流量	6. 路基排水设计流量,常可采用交通部公路科研所建议的下列经验公式 4: $Q_s = \varphi(h-z)^{2/3} \cdot F^{4/5} \quad (5-4)$ Q_s ——设计流量(m^3/s); φ ——地貌系数,根据主沟的平均纵坡 i (‰)、地形和汇水面积范围($F < 10 km^2$)查本表; F ——汇水面积(限于 $10 km^2$ 以内,按汇流时间 $t = 30 min$ 计,直接量自地形图); h ——径流厚度(mm),按暴雨分区、洪水频率和汇水面积内的土壤,查表而得; z ——与地表植物覆盖等有关的径流厚度(mm),见表列					
	7. 当汇水面积较小($F < 3.0 km^2$),亦可用下列简化的经验公式计算: $Q_s = 0.6SF \quad (5-5)$ 式中, S ——设计洪水频率内最高的时降水量(mm); F ——汇水面积(km^2) Q_s 同式 5-4					
常用公式						

*注:表列 1/100 表示一百年一遇的洪水频率,余类推。

项 目	沟 渠 设 计 流 量 公 式 数 据		
地貌系数	地 貌 系 数 φ 值 表		
	地 形	按主河沟平均坡度 $i(\%)$	系 数 φ 值
	平 地	1~2	0.05
	平 原	3~6	0.05
	丘 陵	10~20	0.09
	山 地	27~45	0.10
	山 岭	60~100	0.13
		100~200	0.14
		200~400	0.15
		400~800	0.16
注: 本表适用范围为, 当汇水面积小于 10km^2 , 汇流时间等于 30s 时。			
径流厚度	径 流 厚 度 z 值 表		
	地 形 特 征		$z(\text{mm})$
	密草高大于 1.5m , 稀灌木丛, 幼林高小于 1.5m , 根浅茎细的旱田农作物		5
	幼林高大于 1.5m , 灌木丛		10
	稀林(郁闭度 40%)		15
	中等稠密林(郁闭度 60% 左右)		25
	密林(郁闭度 8% 以上)		35
	山地水稻田(梯田)、根茎粗的旱田作物(如高粱)		10
	平地水稻田		20

5-4-2 水力计算

水力计算公式及数据

表 5-15

项 目	沟 渠 水 力 计 算 公 式 、 数 据
梯形断面 沟渠简图	

项 目		沟 渠 水 力 计 算 公 式、 数 据			
基 本 关 系 式	通过流量	计 算 公 式		说 明	
		$Q=\omega \cdot v$ (5-6)		Q ——通过流量(m^3/s); ω ——沟渠的过水断面面积(m^2); v ——平均水流速度(m/s)	
	过水断面面积	$\omega=bh+mh^2$ (5-7)		ω ——过水断面面积(m^2); b ——沟底宽度(m); h ——水流深度(m); m ——边坡坡率	
	湿周	$P=b+2\sqrt{1+m^2} \cdot h=b+Kh$ (5-8)		P ——湿周(m); K ——计算系数, $K=2\sqrt{1+m^2}$,如果 m 值已定,则 K 值可预先算好备用。不对称梯形边沟,取边坡率的平均值 m' ;矩形边沟取 $m=0$	
	水力半径	$R=\frac{\omega}{P}$ (5-9)		R ——水力半径(m)	
	水流速度	在等速流情况下沟渠内流速: $v=C\sqrt{Ri}$ (5-10)		v ——水流速度(m/s); i ——沟底纵坡(以小数表示); C ——流速系数,按下式计算: $C=\frac{1}{n}R^y$	
粗 糙 系 数 表	沟渠表面铺砌种类		n	$1/n$	其中: y ——指数,大致为: 当 $R \leq 1.0$ 时, $y \approx 1.5 \sqrt{n}$ 当 $R > 1.0$ 时, $y \approx 1.3 \sqrt{n}$ 对于加固的沟渠,一般可用: $y=\frac{1}{6}=0.167$
	不整齐土方边沟,整齐石方边沟		0.0275	36.5	n ——沟渠的粗糙系数,大致为:0.01~0.03,见左列
	整齐土方边沟,草皮铺砌		0.025	40	
	不整齐石方边沟		0.030	33.3	
	干砌块石铺砌		0.020	50	
	浆砌块石铺砌,粗糙混凝土铺砌		0.017	59	
	整齐混凝土铺砌		0.014	71	
沟 内 容 许 最 小 流 速	计 算 公 式		说 明		
	$v_{min}=\alpha R^{1/2}$ (5-11)		v_{min} ——对于水流不致产生淤积的容许最小流速(m/s); α ——与水中含土粒径有关的系数,见下列淤积系数表;		
	淤 积 系 数 表				
	土 的 类 别	α	土 的 类 别	α	
	粗 砂	0.65~0.77	细 砂	0.41~0.45	
	中 砂	0.58~0.64	极细砂	0.37~0.41	
由本表可知,粗砂用高限,极细砂用低限。经验表明,一般情况下沟渠内水流平均流速不得小于 0.25m/s;水中含有细砂,或防止沟内丛生喜水植物阻挡水流,平均流速要大于 0.5m/s					

项 目		沟 渠 水 力 计 算 公 式 、 数 据																																									
沟内容 许最大 流 速		沟内流速亦不允许过大,以防水流对沟渠的冲刷。对明渠的最大设计流速,见下列:																																									
		明渠容许最大流速																																									
		明 渠 类 别		$v_{\max}(\text{m/s})$		明 渠 类 别		$v_{\max}(\text{m/s})$																																			
		粗砂及亚砂土		0.8		干砌片石		2.0																																			
		亚粘土		1.0		浆砌片石及浆砌砖		3.0																																			
		粘土		1.2~1.3		石灰岩、砂岩及混凝土		4.0																																			
草皮护面		1.6		—		—																																					
		表列数值是在水深 h 为 0.4~1.0m 而言,如果水深 h 超过此范围,则表列数值乘以列系数: $h < 0.4\text{m}$, 系数为 0.85; $h > 1.0\text{m}$, 系数为 1.25; $h \geq 2.0\text{m}$, 系数为 1.40																																									
水力最佳 断面的有 关 说 明		为求得在设计流量 Q_d 下,容许(不需加固)最大流速 v_{\max} 通过,使流水断面最小(ω_{\min}),据以确定排水沟渠的断面尺寸,可称为最佳断面法。 由式(5-6)、(5-9)和(5-10)可分析得知,在已知 Q_d 、 i 、 C 、 Q_d 与 m 条件下,为使断面最佳,关键是使湿周 P 最小,据此可导出相应的水力参数关系式如下:																																									
水 力 最 佳 断 面 时 的 关 系 式	水深 h 与断面面积 ω 关系	计 算 公 式					说 明																																				
		将式(5-7)代入式(5-8),得: $P = \frac{\omega}{h} + (K-m)h \quad (5-12)$ 欲使 P 值最小,对式(5-12)微分,即得: $h = \sqrt{\frac{\omega}{K-m}} \quad (5-13)$					P ——湿周(m); ω ——过水断面面积(m^2); h ——水流深度(m); m ——边坡坡率; K ——计算系数,见式(5-8)有关说明																																				
		将式(5-13)代入式(5-7),得: $b = (K-2m)h \quad (5-14)$ 由此求得 b/h 与 m 的关系,亦即沟渠断面最佳比值如下: <table><tr><th colspan="11">沟渠断面最佳比值</th></tr><tr><th>m</th><th>0</th><th>1/4</th><th>1/2</th><th>3/4</th><th>1</th><th>1 $\frac{1}{4}$</th><th>1 $\frac{1}{2}$</th><th>1 $\frac{3}{4}$</th><th>2</th><th>3</th></tr><tr><th>b/h</th><td>2.00</td><td>1.56</td><td>1.24</td><td>1.00</td><td>0.83</td><td>0.70</td><td>0.61</td><td>0.53</td><td>0.47</td><td>0.32</td></tr></table>					沟渠断面最佳比值											m	0	1/4	1/2	3/4	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{3}{4}$	2	3	b/h	2.00	1.56	1.24	1.00	0.83	0.70	0.61	0.53	0.47	0.32	b ——沟底宽(m); 其余同上述			
	沟渠断面最佳比值																																										
	m	0	1/4	1/2	3/4	1	1 $\frac{1}{4}$	1 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{3}{4}$	2	3																																
	b/h	2.00	1.56	1.24	1.00	0.83	0.70	0.61	0.53	0.47	0.32																																
水深 h 与沟底宽 b 关系																																											
面 积 周 长 与 系 数 关 系	湿周 P_0 与断面	将式(5-13)代入式(5-12),得: $P_0 = 2 \sqrt{\omega(K-m)} \quad (5-15)$					代号除注明外,意义同前																																				
		将式(5-15)代入式(5-9),得: $R_0 = \frac{\omega}{P_0} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\omega}{K-m}} \quad (5-16)$ 比较式(5-13)与式(5-16),可知 $R_0 = \frac{h}{2}$					代号除注明外,意义同前																																				
最 佳 水 力 半 径 R_0																																											

沟渠水力计算公式、数据		
项 目	计 算 公 式	说 明
水力最佳断面时的流速 v_0 最佳断面时的关系式	<p>令 $a = \frac{1}{2\sqrt{K-m}}$ 为与 m 值有关的常数, 则式(5-16)改为:</p> $R_0 = a\omega^{0.5}$ <p>再代入式(5-10)得:</p> $v_0 = \frac{1}{A} \omega^{0.59+0.25} \quad (5-17)$	<p>左式(5-17), 其中系数 A 为:</p> $A = \frac{n}{\omega^{0.5+0.5 \cdot 0.5}}$
	<p>已知 Q_0 与 v_0, 按式(5-6)的关系, 得:</p> $\omega_0 = \frac{Q_0}{v_0} (Q_0 \cdot A)^{\frac{1}{0.59+1.25}} \quad (5-18)$	代号意义同前

水力计算方法与示例

表 5-16

项 目	水 力 计 算 方 法 与 示 例
计算方法简述	<p>排水沟渠水力计算, 目的在于合理确定其断面尺寸。但因水力计算涉及参数较多, 计算条件不一, 且同时要满足几项要求, 如: 要满足流量的要求, 流速须介乎容许范围内, 并使断面尺寸经济合理等。因此, 计算过程中需反复试算与调整, 以符合要求。</p> <p>沟渠水力计算方法可分为选择法和分析法两种, 前者又称为试算法, 后者则又称之为最佳断面法, 分别示例如下</p>
例 题	<p>示例: 已知设计流量 $Q_0 = 1.10 \text{ m}^3/\text{s}$, 粘性土沟渠的粗糙系数 $n = 0.025$, 沟底纵坡 $i = 0.005$, 采用对称梯形断面的边坡率 $m = 1.5$, 试确定沟底宽 b 及沟深 H (一般取沟深为水深 $h + \Delta h$ 安全高度, 而 $\Delta h = 0.15 \sim 0.20 \text{ m}$, 见表 5-15 沟渠简图)</p>
按选择法计算	<p>用选择法(试算法)求算:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 按常用尺寸, 假定 b 与 h 均为 0.6 m, 由式(5-7)得 $\omega = 0.9 \text{ m}^2$, 由式(5-8)得 $P = 2.76 \text{ m}$, 由式(5-9)得 $R = 0.33 \text{ m}$ 2. 用式(5-10)计算实际流速 v <p>因为 $R < 1.0$, 故 $y = 1.5 \sqrt{n} = 0.24$, $C = \frac{1}{n} R y = 30.65$</p> <p>所以 $v = C \sqrt{R} = 1.22 \text{ m/s}$</p> <p>由式(5-6)计算通过流量 Q</p> $Q = \omega \cdot v = 0.9 \times 1.22 = 1.10 \text{ m}^3/\text{s}$
验算分析确定沟渠断面尺寸	<p>验算结果表明通过流量与设计流量两者相差极小(未超过 5%, 本例相等), 原假定尺寸符合要求。</p> <p>当验证流速时, 先确定最小容许流速, 现取 $a = 0.6$, 按式(5-11)得最小容许流速 $v_{\phi} = a R^{0.5} = 0.34 \text{ m/s}$; 由 5-15 容许最大流速表, 当水深未超过 1.0 m 的密实粘土层, 其最大容许流速 $v_{\text{大}} = 1.3 \text{ m/s}$, 本例计算实际流速 $v = 1.22 \text{ m/s}$, 可无须加固。由此可确定: 沟底宽 $b = 0.6 \text{ m}$, 沟深 $H = h + \Delta h = 0.6 + 0.15 = 0.75 \text{ m}$</p>

项 目	水 力 计 算 方 法 与 示 例
按分析法计算	<p>同上例,用分析法(即最佳断面法)计算:</p> <p>1. 最佳断面面积 ω_0</p> <p>因坡率 $m=1.5, K=2\sqrt{1+m^2}=3.61$</p> $\alpha = \frac{1}{2\sqrt{K-m}} = 0.343, A = \frac{n}{\alpha^{0.5} + 0.5 \cdot i^{0.5}} = 0.764$ <p>所以 $\omega_0 = (Q_0 + A)^{\frac{1}{0.5+1.25}} = 0.88\text{m}^2$</p>
	<p>2. 断面尺寸沟底宽 b 与沟深 h (水深):</p> <p>由式(5-13), $h = \sqrt{\frac{\omega_0}{K-m}} \approx 0.65\text{m}$</p> <p>由式(5-14)或由沟渠断面最佳比值(表 5-15)内查 b/h 比值计算得:</p> $b = (K-2m)h = 0.40\text{m}$
	<p>3. 实际流速 v_0 与流量 Q:</p> <p>由式(5-17)得: $v_0 = \frac{1}{A} \omega_0^{0.5+0.25} = 1.24\text{m/s}$</p> <p>由式(5-6)得: $Q = v_0 \cdot \omega_0 = 1.09\text{m}^3/\text{s}$</p>
计算结果简析	<p>分析法是以容许最大流速和设计流量为前提,计算结果一般能满足要求,可以不验算。本例结果采用 $b=0.4\text{m}, h=0.65+0.15=0.8\text{m}$, 沟深与底宽为 2:1, 虽然水流条件最佳,但尺寸比例不协调,且采用 m 为 1.5 坡率,则沟口宽将达 2.80m, 占地面较宽,因此对小型沟渠不宜采用此法</p>

5-4-3 各种土、石质的(不冲刷)容许平均流速

非粘性土的(不冲刷)容许平均流速表

表 5-17

编号	土 石 及 其 特 征		土的粒径 (mm)	水 平 均 深 度 (m)					
	名 称	形 状		0.4	1.0	2.0	3.0	5.0	≥10
				平 均 流 速 (m/s)					
1	粉砂,淤泥	粉砂及淤泥带细砂,沃土	0.005 ~0.05	0.15 ~0.20	0.20 ~0.30	0.25 ~0.40	0.30 ~0.45	0.40 ~0.55	0.45 ~0.65
2	砂,小颗粒的	细砂带中等尺寸的砂粒	0.05 ~0.25	0.20 ~0.35	0.30 ~0.45	0.40 ~0.55	0.45 ~0.60	0.55 ~0.70	0.65 ~0.80
3	砂,中等颗粒的	细砂带粘土,中等尺寸的砂带大的砂粒	0.25 ~1.00	0.35 ~0.50	0.45 ~0.60	0.55 ~0.70	0.60 ~0.75	0.70 ~0.85	0.80 ~0.95
4	砂,大颗粒的	砂夹杂砾石,中等颗粒砂带粘土	1.00 ~2.50	0.50 ~0.65	0.60 ~0.75	0.70 ~0.80	0.75 ~0.90	0.85 ~1.00	0.95 ~1.20
5	砾,小颗粒的	细砾掺有中等尺寸的砾石	2.5 ~5.00	0.65 ~0.80	0.75 ~0.85	0.80 ~1.00	0.90 ~1.10	1.00 ~1.20	1.20 ~1.50
6	砾,中等颗粒的	大砾石含有砂和小砾石	5.00 ~10.0	0.80 ~0.90	0.85 ~1.05	1.00 ~1.15	1.10 ~1.30	1.20 ~1.45	1.50 ~1.75
7	砾,小颗粒的	小卵石含有砂和砾石	10.0 ~15.0	0.90 ~1.10	1.05 ~1.20	1.15 ~1.35	1.30 ~1.50	1.45 ~1.65	1.75 ~2.00
8	卵石,小颗粒的	中卵石含有砂和砾石	15.0 ~25.0	1.10 ~1.25	1.20 ~1.45	1.35 ~1.65	1.50 ~1.85	1.65 ~2.00	2.00 ~2.30

续上表

编号	土 石 及 其 特 征		土的粒径 (mm)	水 平 均 深 度 (m)					
				0.4	1.0	2.0	3.0	5.0	≥10
	名 称	形 状		平 均 流 速 (m/s)					
9	卵石,中等颗粒的	大卵石掺有砾石	25.0 ~40.0	1.25 ~1.50	1.45 ~1.85	1.65 ~2.10	1.85 ~2.30	2.00 ~2.45	2.30 ~2.70
10	卵石,大颗粒的	小鹅卵石含有卵石和砾石	40.0 ~75.0	1.50 ~2.00	1.85 ~2.40	2.10 ~2.75	2.30 ~3.10	2.45 ~3.30	2.70 ~3.60
11	鹅卵石,小个的	中等尺寸鹅卵石带卵石	75.0 ~100	2.00 ~2.45	2.40 ~2.80	2.75 ~3.20	3.10 ~3.50	3.30 ~3.80	3.60 ~4.20
12	鹅卵石,中等的	中等尺寸鹅卵石夹杂着大个的鹅卵石	100 ~150	2.45 ~3.00	2.80 ~3.35	3.20 ~3.75	3.50 ~4.10	3.80 ~4.40	4.20 ~4.50
	鹅卵石,中等的	大鹅卵石带着小的夹杂物	100 ~150	2.45 ~3.00	2.80 ~3.35	3.20 ~3.75	3.50 ~4.10	3.80 ~4.40	4.20 ~4.50
13	鹅卵石,大个的	大鹅卵石带小溪卵石带卵石	150 ~200	3.00 ~3.50	3.35 ~3.80	3.75 ~4.30	4.10 ~4.65	4.40 ~5.00	4.50 ~5.40
14	漂圆石,小个的	中等漂圆石带卵石	200 ~300	3.50 ~3.85	3.80 ~4.35	4.30 ~4.70	4.65 ~4.90	5.00 ~5.50	5.40 ~5.90
15	漂圆石,中等的	漂圆石夹杂着鹅卵石	300 ~400	—	4.35 ~4.75	4.70 ~4.95	4.90 ~5.30	5.50 ~5.60	5.90 ~6.00
16	漂圆石,特大的		400 ~500 及以上	—	—	4.95 ~5.35	5.30 ~5.50	5.50 ~6.00	6.00 ~6.20

粘性土的(不冲刷)容许平均流速表

表 5-18

土 的 名 称	颗粒成分(%)		土 的 特 征															
			不大密实的土(孔隙系数1.2~0.9),土的容重在 1.2 t/m³以下				中等密实的土(孔隙系数0.9~0.6),土的容重 1.2 ~ 1.66t/m³				密实的土(孔隙系数 0.6~0.3),土的容重 1.66 ~ 2.04t/m³				极密实的土(孔隙系数 0.3~0.2),土的容重 2.04~ 2.14t/m³			
	<0.005mm	0.005~0.05mm	水 流 平 均 水 深 (m)															
			0.4	1.0	2.0	≥3.0	0.4	1.0	2.0	≥3.0	0.4	1.0	2.0	≥3.0	0.4	1.0	2.0	≥3.0
			平 均 流 速 (m/s)															
粘 土	30~50	70~50	0.350	0.400	0.54	0.50	0.700	0.800	0.95	1.10	1.00	1.20	1.40	1.50	1.40	1.70	1.90	2.10
重砂质粘土	20~30	80~70																
贫脊的砂质粘土	10~20	90~80	0.350	0.400	0.45	0.50	0.650	0.800	0.90	1.00	0.95	1.20	1.40	1.50	1.40	1.70	1.90	2.10
沉陷已结束的黄土性土							0.600	0.700	0.80	0.85	0.80	1.00	1.20	1.30	1.10	1.30	1.50	1.70
砂质土	5~10	20~40	根据砂粒大小按非粘性土采用															

石质土的(不冲刷)容许平均流速表

表 5-19

编号	土 的 名 称	水流平均深度(m)			
		0.4	1.0	2.0	≥3.0
		平均流速(m/s)			
1	砾岩、泥灰岩、页岩	2.0	2.5	3.0	3.6
2	多孔的石灰岩, 紧密的砾岩, 成层的石灰岩, 石灰质砂岩, 白云石质石灰岩	3.0	3.5	4.0	4.8
3	白云石质砂岩, 紧密不分层的石灰岩, 硅质石灰岩, 大理石	4.0	5.0	6.0	6.5
4	花岗岩, 辉绿岩, 玄武岩, 石英岩, 斑岩	15	18	20	22

注: ①表 5-17~表 5-19 中的数值不必内插, 如实际水深在表列水深之间时, 容许流速可按较接近的水深值采用;

②水深度大于表列的最大水深时, 如有实际观测资料, 可按观测资料采用;

③非粘性土容许流速的高低限应与颗粒直径的高低限分别相对应。

人工加固工程的(不冲刷)容许平均流速表

表 5-20

编号	加 固 工 程 种 类	水流平均深度(m)			
		0.4	1.0	2.0	3.0
		平均流速(m/s)			
1	平铺草皮(在坚实的基础上) 叠铺草皮	0.9 1.5	1.2 1.3	1.3 2.0	1.4 2.2
2	青苔上的单层铺砌(青苔层厚度不少于 5cm) 1) 用 15cm 大小的圆石(或片石) 2) 用 20cm 大小的圆石(或片石) 3) 用 25cm 大小的圆石(或片石)	2.0 2.5 3.0	2.5 3.0 3.5	3.0 3.5 4.0	3.5 4.0 4.5
3	碎石(或砾石)上的单层铺砌(碎石层厚度不小于 10cm) 1) 用 15cm 大小的片石(或圆石) 2) 用 20cm 大小的片石(或圆石) 3) 用 25cm 大小的片石(或圆石)	2.5 3.0 3.5	3.0 3.5 4.0	3.5 4.0 4.5	4.0 4.5 5.0
4	单层粗凿石料铺砌在碎(或砾)石上, 碎石层厚不小于 10cm 1) 用 20cm 大小的石块 2) 用 25cm 大小的石块 3) 用 30cm 大小的石块	3.5 4.0 4.0	4.5 4.5 5.0	5.0 5.5 6.0	5.5 5.5 6.0
5	铺在碎(或砾)石上的双层片石(或圆石), 下层用 15cm 石块, 上层用 20cm 石块(碎石层厚度不少于 10cm)	3.5	4.5	5.0	5.5
6	铺在坚实基础上的枯枝铺面与枯枝铺褥(临时加固工程用) 1) 当铺面厚度 $\delta = 20 \sim 50$ cm 时 2) 当铺面厚度为其它数值时	—	2.0	2.5	—
7	柴排 1) 厚度 $\delta = 50$ cm 时 2) 其它厚度时	2.5	3.0	3.5	—
8	石笼(尺寸不小于 $0.5\text{m} \times 0.5\text{m} \times 1.0\text{m}$)	≤4.0	≤5.0	≤5.5	≤6.0
9	在碎石层上用 50 号水泥砂浆砌双层片石, 其石块尺寸不小于 20cm	5.0	6.0	7.5	—

续上表

编号	加固工程种类	水流平均深度(m)			
		0.4	1.0	2.0	3.0
		平均流速(m/s)			
10	50号水泥砂浆砌石灰岩石的圬工(石料极限强度不小于15MPa)	3.0	3.5	4.0	4.5
11	50号水泥砂浆砌坚硬的粗凿片石圬工(石料极限强度不小于30MPa)	6.5	8.0	10.0	12.0
12	水泥混凝土护面加固				
	1)20号水泥混凝土护面加固	6.5	3.0	9.0	10.0
	2)15号水泥混凝土护面加固	6.0	7.0	8.0	9.0
	3)10号水泥混凝土护面加固	5.0	6.0	7.0	7.5
13	混凝土水槽表面光滑者				
	1)20号混凝土	13	16	19	20
	2)15号混凝土	12	14	16	18
	3)10号混凝土	10	12	13	15

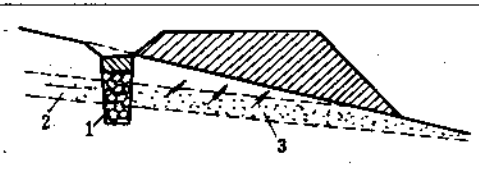
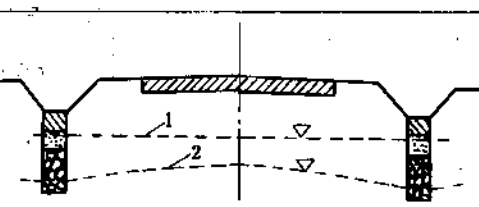
注:表列流速数值不得用内插法,水流深度在表值之间时,流速数值采用接近于实际深度的流速。

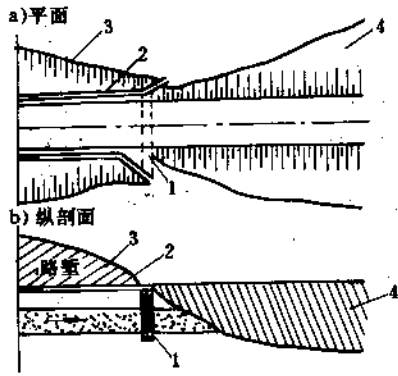
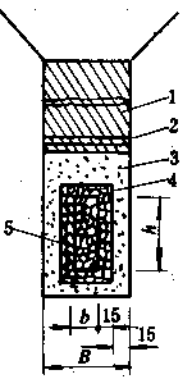
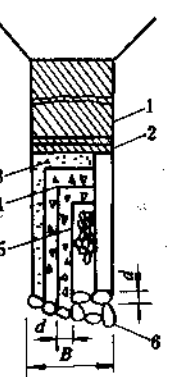
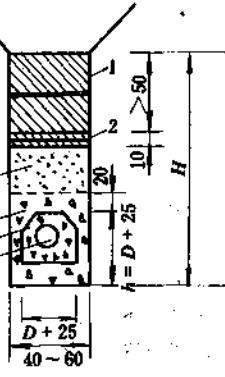
5-5 地下排水设施

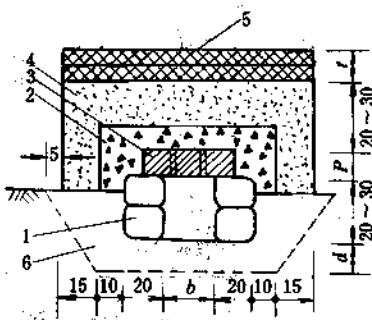
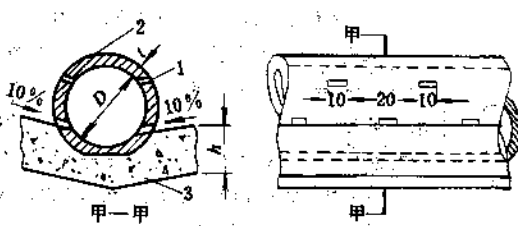
5-5-1 地下排水设施与施工要求

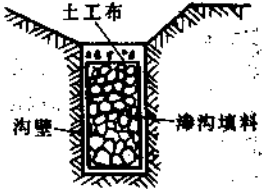
地下排水设施与施工要求

表 5-21

项目	地下排水设施及有关施工要求
地下排水设施的重要意义	1.路基的地下水排除,主要是为了截断与排除来自山坡、高地流向路基的地下水,其中包括层间水或泉水等,使之不致侵蚀路基;有时是为降低地下水位,加强路基稳定,特别对高级路面的道路,为避免严重破坏,必须根据具体情况,因地制宜,就地取材,做好地下排水设施
明沟和槽沟的设置	2.当地下水位较高,潜土层埋藏不深时,可采用明沟或槽沟截流地下水及降低地下水位,沟底宜埋入不透水层内,沟壁上最下一排渗水孔(或裂缝)的底部宜高出沟底不小于0.2m。 明沟可兼排地表水,在寒冷地区不宜采用。 3.明沟或槽沟采用混凝土浇筑或浆砌片石砌筑时,应在沟壁上与含水层接触面的高度处,设置一排或多排向沟中倾斜的渗水孔。沟壁外侧应填以粗粒透水材料或用土工布作反滤层。沿沟槽每隔10~15m或当沟槽通过软硬岩层分界处时,应设置伸缩缝或沉降缝
盲沟的设置	 <p>1-盲沟;2-层间水;3-毛细水</p> <p>4.盲沟亦称暗沟,是地下排水渗沟的一种,可用以隔断或截住流向路基的层间水或少量泉水,亦可用以降低地下水位。左上图是设在路基一侧边沟下的盲沟,拦截层间水,保证路基基底不受水流侵害;左下图为设在路基两侧边沟(亦可在路中)下面的盲沟,用以降低地下水位</p>  <p>1-原地下水位;2-降低后的地下水位</p>

项目		地下排水设施及有关施工要求			
盲沟的设置	拦截路基地下水流向路基用	<div><p>挖填交界处横向盲沟</p><p>1-盲沟; 2-边沟; 3-路基; 4-路堤</p></div>	<p>5. 左图所示盲沟, 是用于隔断与排除路基下面的层间水或泉水, 不致流向路堤成害。平面图表明盲沟将地下水拦截排出路堤边坡以外。</p> <p>基于上述, 凡是路基范围内或附近的泉水、裂隙水等, 如对路基有害, 均应在水源处设置暗沟或兼设明沟(排水沟), 将水引出排至路基以外</p>		
盲沟的构造及其施工		<p>6. 盲沟的断面通常为矩形或梯形, 在沟底和中间填筑较大碎石或卵石(粒径 3~5cm), 在粗粒碎石的两侧和上部按一定比例分层(厚约 15cm)填以较细粒料(中、粗砂、砾石)作成反滤层, 逐层的粒径比例大致按 4:1 递减, 或用土工布包裹有孔的硬塑管, 管四周填以等粒径的碎、砾石组成盲沟。顶部作封闭层, 防止地面水和泥土进入。封闭层用双层反铺草皮或其他材料铺成, 并在其上夯填厚度不少于 0.5m 的粘土防水层。</p> <p>7. 盲沟埋置的深度, 一般要求渗水材料的顶部(封层以下)不得低于原有地下水位。用来排除层间水时, 盲沟底部应埋于最下面的不透水层, 在冰冻地区盲沟埋深不得小于当地最小冻结深度, 以确保全年使用。</p> <p>8. 盲沟的水流阻力较大, 只用于渗流不长的地段, 纵坡不能小于 1%, 一般采用 5%, 出水口底面标高应高出沟外最高水位 0.2m, 确保水流出路基以外, 不发生倒渗现象</p>			
渗沟类别		<p>9. 渗沟有填石渗沟、管式渗沟和洞式渗沟三种类别。三种渗沟均应设置排水层(或管、洞)、反滤层和封闭层。其构造分别如下列图示</p>			
渗沟构造示意图		<div><p>填石(盲沟)</p></div>	<div><p>洞式渗沟</p></div>	<div><p>管式渗沟</p></div>	<p>说明</p> <ol style="list-style-type: none">1—粘土夯实;2—双层反铺草皮;3—粗砂;4—石屑;5—碎石;6—浆砌片石沟洞;7—预制混凝土管

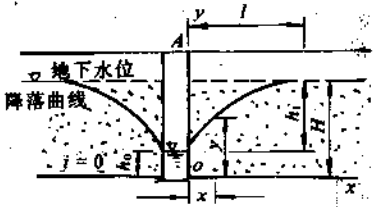
项目	地下排水设施及有关施工要求																		
填石渗沟与洞式渗沟结构施工	<p>10. 上图所示渗沟(即填石渗沟)其构造与盲沟相同,构造要求参照本表第6~8条所述。当地下水流量较大,要求埋置更深,可在沟底设洞或管,前者为洞式渗沟,后者为管式渗沟(见上图所示)。</p> <p>11. 洞式渗沟是在沟底部预留排水沟洞(如右图),将渗沟汇集的水流迅速排出路基。基洞宽b为20cm,洞高为20~30cm,洞顶用条石或预制混凝土作盖板(盖板之间可留空隙),使水流入洞内排出路基。盖板长约为$2b$,板厚P一般不小于15cm。</p> <p>洞身要求埋入不透水层内,如遇地基软弱还应铺筑砂石基础,洞身埋在透水层中,必要时在两侧和底部加设隔水层,以利排水。洞底须设不小于0.5%的纵坡,使集水畅通排出</p>  <p>(尺寸单位:cm)</p> <p>1-浆砌块石;2-碎(砾)石;3-盖板; 4-砂;5-双层反铺草皮;6-砂石基础</p>																		
管式渗沟的渗水管构造	<p>12. 在地下水流量更大和排水距离较长的地段,宜采用管式渗沟(见渗沟构造示意图),其渗沟水管部分的构造则如右图所示,可用陶管式混凝土预制品,管底设混凝土基础。</p> <p>渗水管的内径D由水力计算确定,一般为0.4~0.6m,对于冰冻地区,为防冻结阻塞,除管道埋在冻结线以下外,必要时采取保温措施,并宜适当放大管径</p>  <p>1-渗水孔;2-渗水管;3-混凝土基座</p>																		
渗沟排水层的反滤层要求	<p>13. 渗沟排水层(或洞、管)与沟壁之间应设置反滤层。反滤层应选用颗粒大小均匀的砂、石材料分层埋填,相邻两层的颗粒直径比例不小于1:4。</p> <p>反滤层的施工要求(据JTJ 033-95)如下:</p> <p>(1)反滤层材料粒径规定值</p> <table><tr><th>材料名称</th><th>粒径范围(mm)</th><th>平均粒径(mm)</th><th>材料名称</th><th>粒径范围(mm)</th><th>平均粒径(mm)</th></tr><tr><td>砾石</td><td>2~3</td><td>2.3</td><td>卵石</td><td>75~100</td><td>—</td></tr><tr><td>粗砾</td><td>15~20</td><td>17</td><td>片石</td><td>150以上</td><td>—</td></tr></table> <p>(2)砾砂及反滤层的空隙率不得小于35%。</p> <p>(3)作反滤层的材料应清洗干净,不允许含有有机质和其他有害物质,粗砾和卵石应质地坚硬</p>	材料名称	粒径范围(mm)	平均粒径(mm)	材料名称	粒径范围(mm)	平均粒径(mm)	砾石	2~3	2.3	卵石	75~100	—	粗砾	15~20	17	片石	150以上	—
材料名称	粒径范围(mm)	平均粒径(mm)	材料名称	粒径范围(mm)	平均粒径(mm)														
砾石	2~3	2.3	卵石	75~100	—														
粗砾	15~20	17	片石	150以上	—														
渗井设置与施工	<p>14. 当路基附近的地面水或浅层地下水无法排除,影响路基稳定时,应设置渗井(参见表5-22有关渗井图示),将地面水或地下水通过渗井渗入地下不透水层而达其下的透水层排除。</p> <p>15. 井深由地层构造决定,要求穿过不透水层而深达透水层。井内填充材料须按层次,在下层透水层范围内填碎石或卵石,上层不透水范围内填砂或砾石,填充料要求经过筛洗不同粒径的材料,要层次分明,不得粗细混杂填充,井壁与填充料之间应设反滤层。</p> <p>16. 渗井应离路基坡脚不小于10m,渗水井顶部四周(进口部分除外)用粘土筑堰围护,井顶用混凝土盖覆盖,严防渗井淤塞</p>																		

项 目	地 下 排 水 设 施 及 有 关 施 工 要 求
土工织物在地下排水设施中的应用	<p>17. 利用土工织物(土工布)作用于路基排水隔离层、基底排水层等,在表 4-9 序号 7~9 及 11、12 中有所列述。用于排水隔离层的土工布,要求其最小抗拉强度为 5kg/m。铺接头处的纵、横向搭接长度一般为 100cm。</p> <p>在土工布上铺筑材料要求选用矿渣、碎石或砾石,其最大粒径为 30cm,通过 20mm 筛孔的材料不得大于 10%,通过 0.075mm 筛孔的材料其塑性指数不得超过 6%。铺筑材料采用重型机械压实,其最小厚度为 50cm。</p> <p>排水隔离层顶面须高出地下水位 30cm 以上,施工时应注意使下层土壤扰动最小。</p> <p>18. 盲沟及渗沟(包括填石渗沟、洞式渗沟和管式渗沟),为改善其排水功能并提高其耐久性,均可充分利用土工布在渗沟填料与土砂之间加以隔离,例如,用土工布包裹在渗沟外侧,或在洞式渗沟顶部盖板上铺垫土工布,以防止土砂渗入沟内</p>
	

5-5-2 地下排水的流量及水力计算

地下排水的流量及水力计算

表 5-22

项 目		地 下 排 水 流 量 及 其 水 力 计 算 公 式																																									
完整 渗沟 的 流量 及 平均 降坡 计算	条件说明	<p>渗沟底部挖至或挖入隔水层内,沟底不渗水的渗沟称为完整渗沟。</p> <p>假定含水层的长度和宽度为无限,水的储量也是无限的,且不考虑地面水渗入</p>																																									
	完整渗沟的流量计算	<p>下列图示,每 1m 长沟壁上,自一侧流入沟中的流量 q 为:</p> $q = \frac{K}{2} \cdot \frac{H^2 - h_0^2}{L} \quad (5-19)$ <p>如水自两侧同时流入沟内,则上式应乘以 2,流量为:</p> $q = K \frac{H^2 - h_0^2}{L}$	<p>h_0——渗沟的水流深度(m);</p> <p>K——含水层中水流的渗透系数(m/s),见下列;</p> <p>H——含水层的储水厚度(m);</p> <p>L——水力影响距离(m)</p> 																																								
	降落曲线平均坡度	<p>(I)地下水降落曲线 I_0 及 K、a 与 R 参考值</p> <table><thead><tr><th>含水层土质</th><th>渗透系数 K(参考值)(cm/s)</th><th>平均坡度 I_0</th><th>系数 $a = \frac{I_0}{2 - I_0}$</th><th>影响半径 R(m)</th></tr></thead><tbody><tr><td>粗 砂</td><td>$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$</td><td>0.003~0.006</td><td>0.0015~0.0030</td><td>300~200</td></tr><tr><td>砂 土</td><td>$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$</td><td>0.006~0.020</td><td>0.003~0.010</td><td>200~50</td></tr><tr><td>泥 炭</td><td>$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$</td><td>0.020~0.120</td><td>0.010~0.061</td><td></td></tr><tr><td>亚砂土</td><td>$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$</td><td>0.020~0.050</td><td>0.010~0.026</td><td></td></tr><tr><td>亚粘土</td><td>$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$</td><td>0.050~0.100</td><td>0.026~0.053</td><td>20~10</td></tr><tr><td>粘 土</td><td>$1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-6}$</td><td>0.100~0.150</td><td>0.053~0.081</td><td>10~6</td></tr><tr><td>重粘土</td><td>$\leq 1 \times 10^{-7}$</td><td>0.150~0.200</td><td>0.081~0.111</td><td>6~5</td></tr></tbody></table>			含水层土质	渗透系数 K (参考值)(cm/s)	平均坡度 I_0	系数 $a = \frac{I_0}{2 - I_0}$	影响半径 R (m)	粗 砂	$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$	0.003~0.006	0.0015~0.0030	300~200	砂 土	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$	0.006~0.020	0.003~0.010	200~50	泥 炭	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$	0.020~0.120	0.010~0.061		亚砂土	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	0.020~0.050	0.010~0.026		亚粘土	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$	0.050~0.100	0.026~0.053	20~10	粘 土	$1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-6}$	0.100~0.150	0.053~0.081	10~6	重粘土	$\leq 1 \times 10^{-7}$	0.150~0.200	0.081~0.111
含水层土质	渗透系数 K (参考值)(cm/s)	平均坡度 I_0	系数 $a = \frac{I_0}{2 - I_0}$	影响半径 R (m)																																							
粗 砂	$1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-1}$	0.003~0.006	0.0015~0.0030	300~200																																							
砂 土	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-2}$	0.006~0.020	0.003~0.010	200~50																																							
泥 炭	$1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-3}$	0.020~0.120	0.010~0.061																																								
亚砂土	$1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-3}$	0.020~0.050	0.010~0.026																																								
亚粘土	$1 \times 10^{-6} \sim 1 \times 10^{-5}$	0.050~0.100	0.026~0.053	20~10																																							
粘 土	$1 \times 10^{-7} \sim 1 \times 10^{-6}$	0.100~0.150	0.053~0.081	10~6																																							
重粘土	$\leq 1 \times 10^{-7}$	0.150~0.200	0.081~0.111	6~5																																							

项 目	地 下 排 水 流 量 及 其 水 力 计 算 公 式
完整 渗沟的 流量及 平均降 坡计算	<p>(1)可由上页表内有关数据确定;</p> <p>(2)在地下水稳定的情况下,无论为潜水和承压水均可按下经验公式(5-20)进行估算:</p> $I_0 = \frac{1}{3000 \sqrt{K}} \quad (5-20)$ <p>式中, K——渗透系数(m/s)。</p> <p>(3)按抽水试验的影响距离(或影响半径 R)和水位降低值($H-h_0$)估算如式(5-21):</p> $I_0 = \frac{H-h_0}{L} \quad \text{或} \quad I_0 = \frac{H-h_0}{R} \quad (5-21)$ <p>但抽水试验并非非常可靠,因而需要查表或采用经验公式估算</p>
降落曲 线上任 意点 距离与 降 深	<p>降落曲线上某点横距和水位高的计算,可按式(5-22)计算:</p> $x = \frac{K}{2q}(y^2 - h_0^2) \text{ 或 } x = L \cdot \frac{y^2 - h_0^2}{H^2 - h_0^2}$ $y = \sqrt{h_0^2 + \frac{x}{L}(H^2 - h_0^2)} \quad (5-22)$ <p>x——从渗沟边缘至降落曲线上某点断面的距离(m);</p> <p>y——降落曲线上某点断面的水位高(m);</p> <p>其余代号意义同前</p>
不完 整 渗 沟 的 降 落 曲 线 与 流 量	<p>条件说明</p> <p>沟底位于含水层中,沟底也有水渗入沟内的渗沟,称为不完整渗沟;</p> <p>假定地下水流为稳定潜水流,含水层宽度与长度无限,储水量无限,且不考虑地面水渗入</p> <div data-bbox="221 885 673 1241"> </div> <p>(1)如果含水层厚度 T 为无限时(当含水层厚度 T 不小于 $H+L+r_0$ 时,可认为厚度是无限的,见下图)其降落曲线与流量为:</p> $y = \frac{q}{K\varphi} \cdot \ln \frac{x}{r_0} \quad (5-23)$ <p>q——单侧渗沟流量(m^3/s);</p> <p>K——渗透系数;</p> <p>φ——单侧断面渗流张角(rad), $1\text{rad} = 2\pi/360 = 0.01745$;</p> <p>$r_0$——圆形渗沟的半径(m)。</p> <p>流量最大时, $x = R + r_0, y = H$, 如果渗沟全长为 L_0, 在两侧渗水时,再引入一个校正系数 ϵ (根据实验资料的修正系数)约为 $0.7 \sim 0.8$, 则总流量为:</p> $Q = \frac{2H\varphi L_0 K \epsilon}{\ln\left(\frac{H}{Ir_0}\right)} \quad (5-24)$
不完 整 渗 沟 的 流 量	<p>(2)如果含水层厚度 T 为有限时(当含水层厚度 T 小于 $H+L+r_0$, 可认为含水层厚度是有限的,见下图),此时流水张角 $\varphi = \alpha + \beta$, 并近似取:</p> $\sin \alpha \approx \tan \alpha = \frac{H}{L} \cdot I,$ $\sin \beta \approx \tan \beta = \frac{T}{H} \cdot I,$ <p>代入式(5-24)得:</p> $Q = \frac{2L_0 \cdot K \epsilon I (H+T)}{\ln\left(\frac{H}{Ir_0}\right)} \quad (5-25)$ <div data-bbox="694 1448 1168 1673"> </div> <p>不完整渗沟(T有限)流量计算图</p>

项 目		地 下 排 水 流 量 及 其 水 力 计 算 公 式	
渗水井的降落曲线	<p>路面 反滤层 储水层 隔水层 透水层</p> <p>a) 垂直剖面; b) 横剖面; c) 渗流曲线</p>	<p>左图所示,对于圆形竖井,其半径为 r_0, 曲线上任一点(坐标为 r, y)的竖向距离 y, 随水平 r 而变(向外降低扩散), 其降落曲线可按式:</p> $y = \sqrt{h_0^2 - \frac{Q}{\pi K} \cdot \ln \frac{r}{r_0}} \quad (5-26)$	
与流量	<p>最大流量时, $r=R, y=H$, 并用常用对数 \log (以 10 为底) 代替自然对数 \ln (以 2.3026 为底), 取 $\frac{\pi}{2.3026} = 1.36$ 代入式(5-26); 则得:</p> $Q = \frac{\pi K (h_0^2 - H^2)}{\ln \frac{R}{r_0}} = 1.36 \frac{K (h_0^2 - H^2)}{\log \frac{R}{r_0}} \quad (5-27)$		
渗井直径估算	<p>根据渗井最大排水量(设计流量 Q_d), 可按下式估算渗井孔径(m):</p> $D = \frac{Q_d}{65\pi h_0 \sqrt{K}} \quad (5-28)$ <p>D——渗井直径(m); Q_d——设计流量(m^3/d); h_0——地下水降落曲线与井壁接触处的有效高度, 自管底算起(m); K——含水层的渗透系数(m/d), 见下页</p>		
群井排水所需井的数量	<p>当所需排除的水量较多, 单个渗井的孔径又不宜过大, 可采用群井同时分担排水。一般渗井的平面间距应不大于 2 倍影响半径($\leq 2R$), 井的数量可按下式估算:</p> $N = \frac{1}{\beta} \cdot \frac{W}{qt} \quad (5-29)$ <p>N——井的数量(个); W——降低地下水位所需的总排水量(t); t——达到预定下降水位所需的排水时间(h); q——单井的排水能力(t/h); β——群井的相互干扰系数, 一般取 0.24~0.33</p>		

项 目		地 下 排 水 流 量 及 其 水 力 计 算 公 式								
计算常用重要参数	(II)土的渗透系数(按 m/d 计)									
	土 类	渗透系数 $K(m/d)$	土 类	渗透系数 $K(m/d)$						
	粘 土	<0.001	细 砂	1~5						
	重亚粘土	0.001~0.050	中 砂	5~20						
	轻亚粘土	0.05~0.10	粗 砂	20~50						
	亚砂土	0.10~0.50	砾 石	50~150						
	黄 土	0.25~0.50	卵 石	100~500						
	粉 砂	0.50~1.00	漂石(砂质充填)	500~1 000						
一般渗沟的水力计算	一般渗沟(盲沟)内部分层填入较大粒径的矿料,相当于粗糙不均的含水层,水力计算按紊流状况考虑,其渗流速度 v_p 和流量 Q 的经验公式如下。									
	渗流速度:		ω ——盲沟断面面积对矩形沟为沟高与沟宽乘积(m^2);							
	$v_p = K_m \cdot \sqrt{i}$ (5-30)		i ——沟底纵坡(不小于 0.01,一般可达 0.05);							
	盲沟内水流量:		K_m ——紊流时的渗透系数(m/s),令沟内填料颗粒直径为 d ,填料的孔隙率为 ϵ ,则按经验公式如左列式(5-32)							
水 力 计 算 公 式 及 示 例	$Q = \omega \cdot v_p = \omega \cdot K_m \cdot \sqrt{i}$ (5-31)									
	紊流时的渗透系数:									
	$K_m = \left(20 - \frac{14}{d}\right) \epsilon \sqrt{d}$ (5-32)									
	* 当孔隙率 ϵ 数值以比值(小数)代入时,所得的 K_m 值以 cm/s 计。此间 ϵ 值以百分数代入,故所得的 K_m 值以 m/s 计。									
洞 式 渗 沟 的 水 力 计 算	〔例〕已知设计流量 $Q_d = 0.013 m^3/s$,当渗透系数 $K_m = 0.35 m/s$,纵坡 $i = 3.5\%$ 时,试确定渗沟尺寸。									
	由式(5-31)得		$\omega = \frac{Q_d}{K_m \sqrt{i}} = \frac{0.013}{0.35 \sqrt{0.035}} = 0.2 m^2$							
	欲取矩形沟底宽 $b = 0.4 m$,则沟的渗水高度 $h = \frac{\omega}{b} = 0.50 m$ 。									
	如果先采用 $b = 0.36 m, h = 0.60 m$,则 $\omega = b \times h = 0.216 m^2$,代入式(5-31),亦可求得纵坡 $i = 3\%$									
洞 式 渗 沟 的 水 力 计 算	洞式渗沟,相当于顶部可以渗水的涵洞,一般多用正方形,其水力计算与明渠相同,断面尺寸可定型。边长约在 0.2~0.3 m,洞内水可为满流或非满流,为查用便捷,事先制成简表。									
	由上述明渠有关公式,得下列关系:									
	$Q = \omega \cdot v = \omega \cdot C \sqrt{Ri} = J \sqrt{i}$ (5-33)		J ——流量特性系数($J = \omega \cdot S = \omega \cdot \frac{1}{n} R^{2/3}$);							
	$v = C \sqrt{Ri} = S \sqrt{i}$ 和 $J = \omega S$		S ——流速特性系数($S = \frac{1}{n} R^{2/3}$)							
	(III)满流时(方洞)水力单元计算表									
	$b \times h$ (m)	ω (m^2)	$p = 2(b+h)$ (m)	$R = \frac{\omega}{p}$ (m)	$R^{2/3}$ (m)	$\frac{1}{n}$	S	J		
	0.2×0.2	0.04	0.8	0.050	0.118	50	5.9	0.236		
	0.3×0.3	0.09	1.2	0.075	0.158	50	7.9	0.711		
	0.4×0.4	0.16	1.6	0.100	0.194	50	9.7	1.552		
	注:表中 $n = 0.020, y = 1.5 \sqrt{n} = 0.212$ 。									
(IV)各种水深的特性系数与满流时比值表										
$h_0/h(b=0.2)$	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
$J_0/J(Q_0/Q)$	0.047	0.134	0.244	0.368	0.500	0.638	0.781	0.927	1.076	1.000
$S_0/S(v_0/v)$	0.46	0.67	0.82	0.92	1.00	1.06	1.12	1.16	1.20	1.00
注: b 非 0.2 m 时,相应类推。										

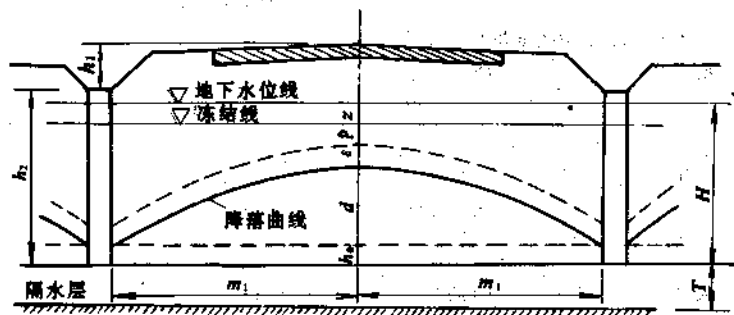
项 目		地 下 排 水 流 量 及 其 水 力 计 算 公 式																																																																																							
渗沟水力计算公式及示例	洞式渗沟计算例	<p>〔例〕已知 $Q_0=0.019\text{m}^3/\text{s}$, $v_{\min}>0.6\text{m/s}$, 求洞式渗沟的纵坡 i 及洞的尺寸 $b\times h$。</p> <p>1. 取 $i=1\%$ (容许的最小纵坡), 则</p> $J=Q_0/\sqrt{i}=0.190$ <p>查水力单元表, 取接近并大于 0.190 的 $J=0.236$, 即</p> <p>拟选用 $b\times h=0.2\times 0.2$ 的方形洞</p>																																																																																							
	洞式渗沟计算示例	<p>2. 求有关比值</p> <p>已知 $J/J_0=0.190/0.236=0.805$</p> <p>查同上水力单元表得, 按插入法为 $h/h_0=0.788$, $S/S_0=1.155$</p> <p>3. 验算结果</p> <p>通过流量 $Q=J\sqrt{i}=0.805J_0\sqrt{i}=0.190\text{m}^3/\text{s}$;</p> <p>实际流速 $v=S\sqrt{i}=1.155S_0\sqrt{i}=0.70\text{m/s}(>v_{\min}=0.6\text{m/s})$;</p> <p>实际水深 $h_0=0.788\times h=0.16\text{m}$</p> <p>验算表明, 采用 $0.2\times 0.2\text{m}$ 尺寸可符合要求。倘流速小于容许值或水深过低等, 须重新改变纵坡 i 重复计算至符合要求</p>																																																																																							
	管式渗沟水力计算表	<p>管式渗沟可利用流量与流速关系, 由表解查表计算, 见下表, 取混凝土管管壁粗糙系数 $n=0.013$, 湿周 P 按圆形断面计。</p> <p>(V) 圆形沟管水力计算简表</p> <table><tr><th rowspan="2">$\frac{h}{D}$</th><th colspan="2">150mm</th><th colspan="2">200mm</th><th colspan="2">250mm</th><th colspan="2">300mm</th></tr><tr><th>S (m/s)</th><th>J (L/s)</th><th>S (m/s)</th><th>J (L/s)</th><th>S (m/s)</th><th>J (L/s)</th><th>S (m/s)</th><th>J (L/s)</th></tr><tr><td>0.3</td><td>6.61</td><td>29.48</td><td>8.02</td><td>63.6</td><td>9.32</td><td>115.4</td><td>10.53</td><td>187.8</td></tr><tr><td>0.4</td><td>7.69</td><td>50.58</td><td>9.32</td><td>109.0</td><td>10.83</td><td>197.9</td><td>12.24</td><td>322.1</td></tr><tr><td>0.5</td><td>8.53</td><td>75.38</td><td>10.35</td><td>168.6</td><td>12.01</td><td>294.8</td><td>13.58</td><td>479.9</td></tr><tr><td>0.6</td><td>9.16</td><td>101.60</td><td>11.10</td><td>218.9</td><td>12.95</td><td>399.1</td><td>14.56</td><td>646.1</td></tr><tr><td>0.7</td><td>9.56</td><td>126.30</td><td>11.60</td><td>272.5</td><td>13.46</td><td>454.0</td><td>15.22</td><td>804.4</td></tr><tr><td>0.8</td><td>9.73</td><td>147.60</td><td>11.80</td><td>318.2</td><td>13.70</td><td>577.2</td><td>15.48</td><td>939.2</td></tr><tr><td>0.9</td><td>9.60</td><td>160.80</td><td>11.64</td><td>346.6</td><td>13.51</td><td>628.7</td><td>15.28</td><td>1024.0</td></tr></table> <p>注: $1.0\text{m}^3=1000\text{L}$; $n=0.013$, $y=1.5\sqrt{n}=0.171$。</p>								$\frac{h}{D}$	150mm		200mm		250mm		300mm		S (m/s)	J (L/s)	S (m/s)	J (L/s)	S (m/s)	J (L/s)	S (m/s)	J (L/s)	0.3	6.61	29.48	8.02	63.6	9.32	115.4	10.53	187.8	0.4	7.69	50.58	9.32	109.0	10.83	197.9	12.24	322.1	0.5	8.53	75.38	10.35	168.6	12.01	294.8	13.58	479.9	0.6	9.16	101.60	11.10	218.9	12.95	399.1	14.56	646.1	0.7	9.56	126.30	11.60	272.5	13.46	454.0	15.22	804.4	0.8	9.73	147.60	11.80	318.2	13.70	577.2	15.48	939.2	0.9	9.60	160.80	11.64	346.6	13.51	628.7	15.28	1024.0
	$\frac{h}{D}$	150mm		200mm		250mm		300mm																																																																																	
S (m/s)		J (L/s)	S (m/s)	J (L/s)	S (m/s)	J (L/s)	S (m/s)	J (L/s)																																																																																	
0.3	6.61	29.48	8.02	63.6	9.32	115.4	10.53	187.8																																																																																	
0.4	7.69	50.58	9.32	109.0	10.83	197.9	12.24	322.1																																																																																	
0.5	8.53	75.38	10.35	168.6	12.01	294.8	13.58	479.9																																																																																	
0.6	9.16	101.60	11.10	218.9	12.95	399.1	14.56	646.1																																																																																	
0.7	9.56	126.30	11.60	272.5	13.46	454.0	15.22	804.4																																																																																	
0.8	9.73	147.60	11.80	318.2	13.70	577.2	15.48	939.2																																																																																	
0.9	9.60	160.80	11.64	346.6	13.51	628.7	15.28	1024.0																																																																																	
管式渗沟计算示例	<p>〔例〕已知 $Q_0=0.019\text{m}^3/\text{s}$, $v_{\min}=0.6\text{m/s}$, 求采用水泥混凝土圆管的尺寸 D 及纵坡 i。</p> <p>假定用 $i=1\%$, 则 $J=Q_0/\sqrt{i}=0.190\text{m}^3/\text{s}=190\text{L/s}$。查上列圆管水力计算表, 接近而大于 190 中取 $D=200\text{mm}$ 时充水度 $h/D=0.6$, 此时 $J=218.9\text{L/s}$ 和 $S=11.10\text{m/s}$。</p> <p>验算流量和流速, $Q=J\sqrt{i}=21.9\text{L/s}=0.0219\text{m}^3/\text{s}$, $v=S\sqrt{i}=1.11\text{m/s}$, $h=0.6D=120\text{mm}$, 由于流速、流量均偏大, 改用 $i=0.8\%$, 则相应得: $Q=0.0196\text{m}^3/\text{s}$ (与 Q_0 相差 3%), $v=0.99\text{m/s}$ (大于 $v_{\min}=0.6$), 水深 $h=120\text{mm}$。因此决定采用 $D=200\text{mm}$ 圆管。纵坡 $i=0.8\%$</p>																																																																																								

项 目

地 下 排 水 流 量 及 其 水 力 计 算 公 式

渗沟的埋置深度与其用途及所在位置有关,下图所示,是为降低路基地下水位,沿两侧边沟而设置的渗沟,并考虑冰冻因素在内。其埋深 h (自边沟底标高计算)为:

$$h = z + p + \varepsilon + d + h_0 - h_1 \quad (5-34)$$



双侧渗沟降落曲线计算图

式中: z ——沿路基中线的冻结深度(m);

p ——沿路基中线冻结线至排水后毛细水上升曲线的距离,近似取 0.25m;

ε ——毛细水上升高度,以实验数据为准,一般为,砂土 0.2~0.3m,砂性土 0.3~0.8m,粉性土 0.8~2m,粘性土 1.0~2.0m;

h_0 ——渗沟内的水深(m),一般取 0.3~0.4m;

h_1 ——路中至边沟底的高差(m);

d ——路基范围内降落曲线的最大矢距(m),与路基宽度 m_1 及 I_0 有关,对于双侧渗沟 $d = I_0 \cdot m_1$;

I_0 ——地下水降落曲线的平均坡降;

m_1 ——渗沟边缘至路基中线的距离(m)

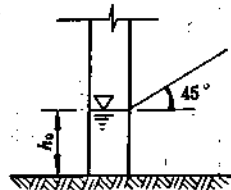
渗
沟
底
最
小
高
度
计
算

当完整渗沟埋置在不透水层(即隔水层)内,其降落曲线末端至透水层之间,应具有必要的有效高度,即沟底最小高度 h_0 是保证排水所必需,如右图所示,当渗流接近沟壁时,降落曲线下垂接近 45° ,近似 $1:1$,取 $I_0 = 1$, $\omega = h_0$, $q = K\omega I_0 = Kh_0$,代入式(5-22),则:

$$h_0 = \left(\frac{I_0}{2 - I_0} \right) H = aH \quad (5-35)$$

式中: $a = \frac{I_0}{2 - I_0}$,见表 5-22(1)表;

H ——地下水位与沟底的高差(m)

 h_0 的计算示意图