

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2977—2017

在役天然气管道保护规范

Code for protection of natural gas pipeline

2017 - 09 - 15 发布

2017 - 10 - 15 实施

安徽省质量技术监督局 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本规定	4
5 公路、铁路与管道并行或交叉	5
5.1 一般规定	5
5.2 技术方案	5
5.3 施工技术要求	6
6 埋地设施与管道并行或交叉	7
6.1 一般规定	7
6.2 技术方案	7
6.3 施工技术要求	7
7 交流干扰	8
7.1 一般规定	8
7.2 交流干扰程度判定	8
7.3 交流干扰防护措施	9
7.4 交流干扰效果评价及防护系统的调整	10
8 水域穿越	11
8.1 一般规定	11
8.2 技术方案	11
8.3 施工技术要求	12
9 水工保护	13
9.1 一般规定	13
9.2 技术方案	14
10 管道浅埋保护	15
11 废弃管道的处置	15
附录 A (资料性附录) 管道保护做法	16
附录 B (资料性附录) 交流干扰保护做法	26
附录 C (资料性附录) 水工保护做法	37

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由安徽省天然气开发股份有限公司提出。

本标准由安徽省特种设备安全标准化委员会归口。

本标准起草单位：安徽省天然气开发股份有限公司、中国石油工程建设有限公司西南分公司。

本标准起草人：张振武、王棠昱、姚礼进、黎延志、谌贵宇、吴海、张先锋、曹根苗、关显波、陈杰、蒋喜、郭涵宇、唐强、胥杰、向阳、辜利江、张胜利、张平、白琳、李如海。

引 言

天然气管道是保障能源供给、关系国计民生的重要基础设施。随着地方经济建设的快速发展，省内各种新（改、扩）建公路、铁路、输电线路、水利等工程项目与已建天然气管道存在交叉、并行或接近等现象日益增多，随之而来的在管道附近各类第三方施工也越来越多。

为贯彻落实《中华人民共和国安全生产法》、《中华人民共和国石油天然气管道保护法》、《安徽省燃气管理条例》等法律法规的要求，维护管道沿线人民群众生命财产安全和能源安全，处理好其他建设项目与已建天然气管道的关系，满足管道运营维护的需要，特制定本标准。

在役天然气管道保护规范

1 范围

本标准规定了在役埋地天然气管道线路工程保护的内容、方法和要求，包括公路、铁路、水域穿越以及其他埋地设施与已建天然气管道的交叉（或并行）保护，管道交流干扰防护，浅埋管道保护，废弃管道处置等内容。

本标准适用于在役埋地天然气管道线路工程的保护，其他新建埋地天然气管道的保护可参照使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 21448 埋地钢质管道阴极保护技术规范
GB/T 28055 钢制管道带压封堵技术规范
GB 32167 油气输送管道完整性管理规范
GB 50028 城镇燃气设计规范
GB 50251 输气管道工程设计规范
GB 50423 油气输送管道穿越工程设计规范
GB 50424 油气输送管道穿越工程施工规范
GB/T 50698 埋地钢质管道交流干扰防护技术标准
JTG D60 公路桥涵设计通用规范
SY/T 0330 现役管道的不停输移动推荐作法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

天然气管道 natural gas pipeline

按 GB 50251 或 GB 50028 的高压燃气管道标准设计建造的已投入运营或建成的天然气管道，本标准统称“管道”。

3.2

管道企业 pipeline enterprise

天然气管道的所有者或运行管理者。

3.3

建设单位 project owners

在已建天然气管道附近从事新建、改建和扩建工程项目的建设方或施工方。

3.4

公路、铁路与管道并行 highway and railway paralleling pipeline

新建、改建和扩建中的公路、铁路与管道走向基本相同且间距较小但不交叉，其施工作业可能危及管道安全。

3.5

公路、铁路与管道交叉 highway and railway crossing pipeline

新建、改建和扩建中的公路、铁路与管道平面投影交叉。

3.6

埋地设施与管道并行 buried obstacles paralleling pipeline

新建、改建和扩建中的其他埋地管道、电力电缆、通信光（电）缆与管道走向基本相同且间距较小但不交叉，其施工作业可能危及管道安全。

3.7

埋地设施与管道交叉 buried obstacles crossing pipeline

新建、改建和扩建中的其他埋地管道、电力电缆、通信光（电）缆在管道上方或下方交叉通过。

3.8

水域 water areas

天然形成或人工建造的河流、湖泊、水库、沼泽、水塘、养殖塘、水域区域。

3.9

顺坡敷设 pipe laying downward grade

管道通过坡面时，管道与等高线垂直或大角度交叉的敷设方式。

3.10

横坡敷设 pipe laying cross slope

管道通过坡面时，管道基本平行于等高线的敷设方式。

3.11

水工保护 hydraulic protection

防止水土流失给管道造成安全隐患所采取的工程措施。

3.12

平衡压袋 bag filled weights

由无纺布制成的充填袋，充填材料后安装于管道上部的压载物。

3.13

混凝土压重块 saddle type concrete weights

用于控制管道浮力，安装于管道上部的马鞍形钢筋混凝土预制件。

3.14

防冲墙 submerged wall

防止河床下切的埋地式固床构筑物。

3.15

石笼 gabion

用铁丝或其他材料编制的中间填充石块、在穿越中起稳管作用的笼子。

3.16

护坡 slope protection

防止边坡坡脚受冲刷，在边坡坡脚处所做的各种工程防护措施的统称。

3.17

护底 river bed protection

防止河床冲刷或下切的防护措施的统称。

3.18

护岸 reventment

防止水流冲刷河道岸坡或保护河堤安全而修筑的防护构筑物的统称。

3.19

护面 slope surface protection

防止边坡坡面受冲刷，采取的边坡坡面防护措施的统称。

3.20

挡土墙 retaining wall

依靠自身重力承受土体侧压力的墙式构造物。

3.21

交流干扰 AC interference

由交流输电系统和交流牵引系统在管道上耦合产生交流电压和电流的现象。

3.22

管道交流干扰电压 pipeline AC interference voltage

由交流干扰产生的管道对地交流电压，也称为管地交流电位。

3.23

交流电流密度 AC current density

交流电流在防腐层破损点处单位面积的泄漏量。

3.24

故障屏蔽 fault shield

在输电线路杆塔、变电站等的接地体与管道之间设置浅埋接地体，当输电系统发生故障时，可为管道和防腐层局部位置提供防护的措施。

3.25

固态去耦合器 solid-state DC decoupler

由固态电子元器件组成的干型去耦隔直装置。它具有在低压直流时的高电阻和交流时的低电阻的特性。

3.26

集中接地 lumped ground

在受附近输电系统干扰的管道的某些重要位置设置的深埋或浅埋接地，为管道和防腐层提供持续干扰或瞬间干扰防护。

3.27

废弃管道 abandoned pipe

不再用于天然气输送的管道。

4 基本规定

4.1 管道企业应当建立健全管道巡护制度，配备专门人员对管道线路进行日常巡护。管道巡护人员发现危害管道安全的情形或者异常情况，应当按照管道企业规定及时报告和处理。

4.2 管道企业应当定期对管道进行检测、维修。对管道安全风险较大的区段和场所应当进行重点监测，采取有效措施防止管道事故的发生。对不符合安全使用条件的管道，管道企业应当及时维修、改造或者停止使用。

4.3 管道企业发现管道自身存在安全隐患，应当及时排除。对管道沿线存在的外部安全隐患，管道企业自身排除确有困难的，应当向县级以上地方人民政府主管管道保护工作的部门报告。

4.4 管道企业应根据 GB 32167 相关要求对管道完整性管理。

4.5 禁止下列危害管道安全的行为：

- a) 擅自开启、关闭管道阀门。

- b) 采用移动、切割、打孔、砸撬、拆卸等手段损坏管道。
 - c) 移动、毁损、涂改管道标志。
- 4.6 在管道线路中心线两侧各 5 m 地域范围内，禁止下列危害管道安全的行为：
- a) 种植高度大于 5 m 的深根植物。
 - b) 取土、采石、用火、堆放重物、排放腐蚀性物质、使用机械工具进行挖掘施工。
 - c) 挖塘、修渠、修建水产养殖场、建温室、建家畜棚圈、建房以及修建其他建筑物、构筑物。
 - d) 其他建设工程的工程地质和水文地质的钻探。
- 4.7 在管道附近，禁止堆载或开挖等影响管道安全的行为。
- 4.8 其他建设工程修建的防洪、分流、蓄水等造成水文条件变化的设施，建设单位应当事先通知管道企业并应保护管道水工防护设施。
- 4.9 进行下列施工行为时，建设单位应向管道所在地主管保护工作的政府部门和管道企业提出申请：
- a) 穿跨越管道的施工作业。
 - b) 在管道线路中心线两侧各 5 m 至 50 m 和管道附属设施周边 100 m 地域范围内，新（改、扩）建铁路、公路、河渠，架设电力线路，埋设地下电缆、光缆，设置安全接地体、避雷接地体。
 - c) 在管道线路中心线两侧各 200 m 和管道附属设施周边 500 m 地域范围内，进行爆破、地震法勘探或者工程挖掘、工程钻探、采矿。
- 4.10 其他项目建设可能危及管道安全时，应符合下列要求：
- a) 建设单位应当编制专项施工方案，专项施工方案应包括但不限于项目概况、施工工法、施工区边界与管道的空间关系、施工过程中可能危害管道安全的因素、管道安全保护措施、安全管理方案、应急预案等。管道企业应积极配合提供相关图纸资料。
 - b) 专项施工方案应经管道企业同意，建设单位报管道所在地县级人民政府主管管道保护工作的部门批准，并与管道企业签订安全生产管理协议后方可施工，在实施过程中应接受管道企业的监督。
- 4.11 新（改、扩）建高压交流输电线路、交流电气化铁路与管道并行时，建设单位应按照第 7 章相关要求，对交流干扰进行调查和防护。
- 4.12 管道企业应根据管道敷设的特点，结合地形地貌、地质条件、水文条件等因素，对损毁的水工保护进行修复，水工保护的做法应执行第 9 章的有关规定。
- 4.13 管道两侧各 200 m 新设置人员聚集、密集的场所，建设单位应报管道所在地政府主管管道保护工作的部门批准。

5 公路、铁路与管道并行或交叉

5.1 一般规定

- 5.1.1 公路、铁路与管道并行时，公路、铁路用地界距管道中心线不宜小于 3 m。
- 5.1.2 公路、铁路与管道交叉时，应采取相应保护措施，保护措施应符合相关技术标准的规定。当交流电气化铁路与管道并行间距不小于 1000 m 时，可不进行干扰调查测试。当并行间距小于 1000 m 时，应执行第 7 章的有关规定。
- 5.1.3 邻近管道的公路、铁路桥梁基础建设工程，应考虑管道的安全，必要时应进行专项论证。

5.2 技术方案

- 5.2.1 公路、铁路与管道并行应符合下列要求：
 - a) 建设单位应编制专项施工方案，符合本标准 4.10 的相关要求。

- b) 公路、铁路用地界距管道 3 m 以外时,可不进行特殊保护。但施工危及管道安全的情况除外,如施工可能造成管道损伤或发生管道位移等。
- c) 局部受限地段,公路、铁路用地界与管道间距在 3 m 以内时,应根据具体情况对管道采取保护措施。
- d) 公路用地边线范围内的路边绿化带内占压管道时,应在管顶上方 0.5 m 处连续铺设钢筋混凝土盖板对管道进行保护并密集设置管道标识。
- e) 公路行车道占压时,建设单位应与管道企业协商进行改线。若不进行改线,应进行专项论证。

5.2.2 公路、铁路路基与管道交叉应符合下列要求:

- a) 建设单位应编制专项施工方案,符合本标准 4.10 的相关要求。
- b) 宜垂直交叉,特殊情况下交角不宜小于 30°。
- c) 校核管道强度系数,设置管道专用保护涵,管道顶部距离涵洞盖板底部距离不宜小于 0.5 m,应根据管道的不同管径,选取合适的保护涵尺寸,公路与管道交叉保护涵的穿越详细尺寸可参见附录 A。铁路穿越保护涵的尺寸以铁路部门设计为准。
- d) 管道保护涵上方应埋设警示带,在公路、铁路两侧用地界范围内管道上方各设置一个交叉标志桩。
- e) 盖板涵长度宜伸出路堤坡脚、排水沟外边缘不小于 2 m;当穿过路堑时,应长出路堑顶不小于 5 m。涵洞内空间应采用细土充填。

5.2.3 公路、铁路桥梁与管道交叉应符合下列要求:

- a) 建设单位应编制专项施工方案,符合本标准 4.10 的相关要求。
- b) 宜垂直交叉,特殊情况下交叉角不宜小于 30°,当交叉角度小于 30°时,应进行专项论证。
- c) 管顶上方应铺设钢筋混凝土板对管道进行保护,钢筋混凝土板宽度应不小于 $D+1$ m (D 为管道外径),钢筋混凝土板的制作要求可参考图集 02J331。钢筋混凝土板长度不应小于规划公路用地范围以外 3 m 或铁路线路安全保护区范围。
- d) 公路桥墩(台)与管道的水平净距不应小于 5 m,铁路桥墩(台)与管道的水平净距不应小于 3 m。
- e) 桥梁施工应采取防止物体坠落冲击管道或引起管道位移的措施。
- f) 交叉段管顶上方应增设管道标志桩,标志桩间距不大于 10 m。

5.2.4 公路、铁路桥梁与管道并行应符合下列要求:

- a) 水域桥梁选址与穿越管道距离应符合相关规定要求。
- b) 陆地桥梁桥墩边缘与管道间距不应小于 5 m。

5.3 施工技术要求

5.3.1 施工前,应在管道中心线的地面上连续放线,标识出管道的埋设位置。

5.3.2 应将管道中心线两侧各不小于 5 m 范围内的区域设置管道保护区,保护区的边缘应插设标志旗和拉设警示带或采用安全隔离栏等警戒措施。

5.3.3 局部受限地段,需在管道两侧各 5 m 范围内施工时,宜采用人工作业。

5.3.4 当管道保护区外的取土、堆土或震动施工影响管道安全时,建设单位应采取保证管道安全的措施。

5.3.5 当施工车辆不可避免要从管道上方经过时,施工方应在管道上方搭设钢制便桥或采取其他保护措施,避免车辆碾压管道。

5.3.6 盖板涵施工时,管道下方及两侧 0.3 m 范围内不允许开挖,涵洞内空间应采用细土填实。

5.3.7 盖板涵施工时,应分段依次施工,前段施工完毕后才能进行后段施工,每段施工长度不宜大于 6 m。

- 5.3.8 盖板涵及其基础在养护期内禁止使用。
- 5.3.9 道路桥墩施工过程中应对管道邻近土体进行沉降观测，每个观测断面宜布置 4 个沉降观测点。
- 5.3.10 桥墩桩基施工时，禁止采用爆破开挖等扰动大的作业方式。靠近管道一侧承台土方开挖需采取可靠的支护措施。

6 埋地设施与管道并行或交叉

6.1 一般规定

- 6.1.1 新建其他埋地管道与管道并行时，不受地形、地物或规划限制地段，最小净距不宜小于 6 m；受地形、地物或规划限制地段，采取安全措施后净距可小于 6 m。新建其他埋地管道石方地段采用爆破开挖管沟时，并行净距宜大于 20 m 且应控制爆破参数。
- 6.1.2 新建电力电缆与管道并行时，并行净距不宜小于 5 m。采取绝缘隔离等安全措施后，电力电缆与管道并行净距不应小于 1 m。
- 6.1.3 新建其他埋地管道与管道交叉时，根据埋深情况和交叉空间要求，宜从管道下方通过。
- 6.1.4 新建电力电缆、通信光（电）缆与管道交叉时，宜从管道上方通过。
- 6.1.5 新建的排水管涵、地下管廊、电缆管涵、交通涵洞（隧道）、热力管沟等地下空间与埋地管道交叉、或邻近距离在 10 m 之内时，建设单位应保持地下空间良好的密封性，宜在邻近管道的两侧位置设置可燃气体检测报警装置，并定期巡查。

6.2 技术方案

- 6.2.1 新建埋地管道与管道交叉应符合下列要求：
- 新建埋地管道与管道交叉时，交叉角度不宜小于 60°，受条件限制时最小交叉角度不应小于 30°。管道交叉的垂直净距不应小于 0.3 m，新建其他埋地管道以非开挖形式与管道交叉时，垂直间距不应小于 1 m，交叉点两侧各延伸 10 m 以上的天然气管道管段，应确保管道防腐层无缺陷。
 - 以开挖形式新建埋地管道与管道交叉开挖保护做法参见附录 A。
 - 交叉点上方的地面上应设置交叉标志桩。
- 6.2.2 新建电力电缆、通信光（电）缆与管道交叉应符合下列要求：
- 新建电力电缆、通信光（电）缆与管道交叉时，垂直净距应不小于 0.5 m，交叉点两侧各延伸 10 m 以上的天然气管道管段，应确保管道防腐层无缺陷。
 - 新建电力电缆、通信光（电）缆与管道交叉保护方法参见附录 A。
 - 交叉点上方的地面上应设置交叉标志桩。

6.3 施工技术要求

- 6.3.1 应按本标准 4.10 的相关要求编制专项施工方案。
- 6.3.2 应采用人工开挖，管道开挖后的管道悬空段长度不宜大于 6 m，因施工原因不能满足以上要求时，应采取砌筑基墩支撑等措施。
- 6.3.3 交叉段施工后应及时回填，确保管道底部的回填土密实。
- 6.3.4 以非开挖形式穿越管道宜在管道顶进方向一侧 5 m 处设置平行钢（或钢筋混凝土）质挡板，长度应根据穿越交叉位置和施工情况确定，底部标高应低于管底标高。
- 6.3.5 其余施工技术要求应符合本标准 5.3.1 至 5.3.5 的有关要求。

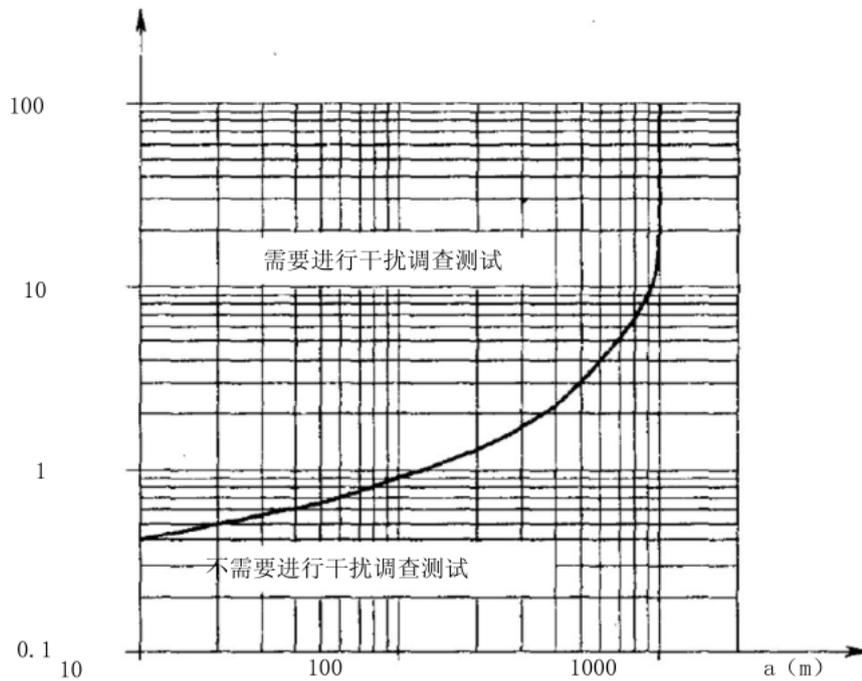
7 交流干扰

7.1 一般规定

7.1.1 新建高压交流输电线路、交流电气化铁路与管道的间隔距离大于 1000 m 时，可不进行干扰调查测试。

7.1.2 当存在下列情况时，宜进行交流干扰调查：

- a) 当 110 kV 及以上高压交流输电线路与管道长距离并行，极限接近段长度大于图 1 规定时。
- b) 当 110 kV 及以上高压交流输电线路与管道的交叉角度小于 55° 时。
- c) 当交流电气化铁路或牵引变电站与管道的间隔距离不大于 1000 m 时。



L (km)

图1 管道与 110kV 及以上高压交流输电线路的极限接近段长度 (L) 与间距 (a)

7.1.3 受交流干扰影响区域内的管道应进行交流干扰电压和土壤电阻率的测量，并绘制交流干扰电压与里程分布图。测试方法应符合 GB/T 50698 的规定。

7.1.4 对交流电气化铁路或高压交流输电线路，对管道有干扰时，宜进行 24 h 连续测试和记录。

7.1.5 在交流干扰区域的管道上宜安装极化探头或腐蚀检查片，以测量交流电流密度，并对交流腐蚀及防护效果进行评价。对受干扰状况复杂及腐蚀速率控制程度不易判断的场合宜设置 ER 腐蚀探针。

7.2 交流干扰程度判定

7.2.1 当管道上的交流干扰电压不高于 4 V 时，可不采取交流干扰防护措施；高于 4 V 时，应采用交流电流密度进行评估，交流电流密度可按式 (1) 计算：

$$J_{AC} = \frac{8V}{\rho\pi d} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- J_{AC} —— 评估的交流电流密度(A/m²)；
 V —— 交流干扰电压有效值的平均值(V)；
 ρ —— 土壤电阻率(Ω·m)；
 d —— 破损点直径(m)。

注1： ρ 值应取交流干扰电压测试时，测试点处与管道埋深相同的土壤电阻率实测值；1

注2： d 值按发生交流腐蚀最严重考虑，取 0.0113。

7.2.2 管道受交流干扰的程度可按表 1 交流干扰程度的判断指标的规定判定。

表1 交流干扰程度的判断指标

交流干扰程度	弱	中	强
交流电流密度 A/m ²	<30	30-100	>100

7.2.3 当交流干扰程度判定为“强”时，应采取交流干扰防护措施；判定为“中”时，宜采取交流干扰防护措施；判定为“弱”时，可不采取交流干扰防护措施。

7.3 交流干扰防护措施

7.3.1 技术规定

应符合下列规定：

- a) 防护采取的措施应根据调查与测试的结果，对下列各项进行预测和评估：
 - 1) 干扰源在正常运行状态下对管道的交流腐蚀。
 - 2) 故障情况或雷电状态下对管道防腐层和金属本体、阴极保护设备和干扰防护设施的损伤。
 - 3) 操作和维护人员及公众的接触安全等影响。
- b) 当确认管道受交流干扰影响和危害时，应采取与干扰程度相适应的防护措施。
- c) 应根据调查与测试的结果，选择采取集中接地、故障屏蔽、固态去耦合器接地等综合防护措施。
- d) 对存在交流干扰的管道，阴极保护电位应符合 GB/T 21448 中阴极保护电位准则的要求。
- e) 高压交流输电线路与管道的距离应符合下列规定：
 - 1) 在开阔地区，高压交流输电线路杆塔基脚间与管道控制的最小距离不宜小于杆塔高度。
 - 2) 在路径受限地区，交流输电系统的各种接地装置之间与管道的最小水平距离不宜小于表 2 的规定。

表2 交流接地体与管道的最小距离

电压等级 (kV)	≤220	330	500
铁搭或电杆接地 (m)	5.0	6.0	7.5

7.3.2 持续干扰防护措施

应符合下列规定：

- a) 持续干扰防护宜采用 1 台固态去耦合器与受影响的管道相连接，接地体宜采用 15.88 mm×22.22 mm 的带状锌阳极。在土壤电阻率小于 $25 \Omega \cdot \text{m}$ 或低土壤电阻率与不超过 $50 \Omega \cdot \text{m}$ 土壤电阻率交替的地段，锌带接地电阻宜不大于 1Ω ；高土壤电阻率的地方，锌带接地电阻宜为 $2\sim 3 \Omega$ 。
- b) 防护位置应根据实测结果或计算评估的结果设置，高压交流输电线路通常设置位置如下：
 - 1) 交流电密度较大的点；
 - 2) 管道受交流干扰电压较高，且持续时间较长的点；
 - 3) 高压输电线导线换位处；
 - 4) 与高压输电线路的交叉角度小于 55° 的点；
 - 5) 管道接近或离开干扰源处；
 - 6) 交流电气化铁路宜平均每 km 设置 1 处防护点（包括交叉处）；
 - 7) 持续干扰防护点安装方法及要求参见附录 B. 2。

7.3.3 强电冲击瞬间干扰的防护措施

应符合下列规定：

- a) 当线路管道与高压交流输电杆塔或通讯铁塔等设施靠近，不满足表 2 的距离时，应设置故障屏蔽防护。
- b) 故障屏蔽防护宜采用 2 台固态去耦合器与受影响的管道相连接，接地体宜采用 15.88 mm×22.22 mm 的带状锌阳极。管道单侧与杆塔接地极靠近时锌带按单侧设置，双侧均靠近时锌带按双侧设置。在土壤电阻率不大于 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 地段，长度宜为 150 m，在土壤电阻率大于 $100 \Omega \cdot \text{m}$ 地段，根据接地电阻计算长度且应大于 150 m；且锌带与杆塔接地体的净距必须大于 2 m，如果不能满足该净距，应与电力部门协商移动接地体。
- c) 屏蔽防护安装方法及要求参见附录 B. 3 和 B. 4。

7.3.4 集中接地防护措施

应符合下列规定：

- a) 位于干扰区域的管道，应在进出工艺站场、监控阀室的管道上或监视阀室安装有绝缘接头的放空管等位置处，设置集中接地。
- b) 集中接地应采用 1 台固态去耦合器与受影响的管道相连接，接地体宜利用就近的共用接地网接地。
- c) 集中接地防护点安装方法及要求参见附录 B. 5。

7.4 交流干扰效果评价及防护系统的调整

7.4.1 防护效果

应符合下列规定：

- a) 在土壤电阻率不大于 $25 \Omega \cdot \text{m}$ 的区段，管道交流干扰电压低于 4 V；在土壤电阻率大于 $25 \Omega \cdot \text{m}$ 的区段，交流电流密度小于 60 A/m^2 ；
- b) 在安装阴极保护电源设备、电位远传设备位置处，管道上的瞬间干扰电压应低于 1000 V；
- c) 高土壤电阻率位置持续干扰电压低于 15 V，以满足安全接触电压的要求。

7.4.2 防护系统的调整

根据防护效果的评定，对未达到防护效果的线路管段，应改变防护接地点位置或增设防护接地点。

8 水域穿越

8.1 一般规定

8.1.1 运营期间由于洪水冲刷或河道疏浚导致的造成水域穿越管道埋深不足、露管，管道企业应及时采取处理措施。

8.1.2 管道企业应对水域穿越埋深不足、露管管段，采取稳管、沉管和换管三种方式防护。

8.1.3 管道企业宜对管道防腐层进行完整性检测，对具备修补条件的防腐层破损点应进行修补，不能修补的应增加阴极保护措施。

8.2 技术方案

8.2.1 稳管

应符合下列要求：

- a) 可采用多种防护措施组合，如修筑防冲墙+设置过水面方式、稳管桩+套管、稳管桩+石笼顶铺方式和稳管桩+防冲墙+石笼顶铺方式+过水面方式。
- b) 对于开挖穿越埋深不足的管道，宜设置防冲墙及护底措施。

8.2.2 沉管

应符合下列要求：

- a) 沉管应进行专项设计，沉管作业时管线宜降压运行。
- b) 沉管是以管道自身的弹性自由弯曲为基础，将管道标高降低，按照 SY/T 0330 相关要求执行。
- c) 沉管后穿越段管道的埋深应符合表 3 的规定。
- d) 在沉降管段底部沿管道轴向设置支墩，支墩应便于沉管操作。
- e) 若沉管段管道存在弯管应对其进行特殊保护，避免弯管受扭矩。
- f) 应确定管道的准确位置及标高。
- g) 应对管道进行应力分析计算，在计算过程中需考虑管道由于压力、温度、自身重力、弯曲、拉伸等因素。可根据 SY/T 0330 中相关公式进行分析计算，也可采用公认的应力分析软件进行分析计算。
- h) 最小管沟长度是在不超过沉降管道轴向应力极限的条件下沉降管段的最小轴向距离。它是弹性自由理论为基础，把管道简化为两端固定、荷载均匀的单跨梁来进行分析计算的。

表3 防护处理后穿越段管道的最小埋深

单位：m

水域情况	管顶埋深
有冲刷或疏浚的水域，应在设计洪水冲刷线下或设计疏浚线下，取其深者	≥ 1
无冲刷或疏浚的水域，应埋在河床底面以下	≥ 1
河床为基岩，并在设计洪水下不被冲刷时，管道应嵌入基岩深度	≥ 0.5

注1：当水域有抛锚或疏浚作业时，管顶埋深应达到防腐层不受机械损伤的要求；

注2：以下切为主的河流上游，埋深应从累积冲刷线算起；

注3：基岩段所挖沟槽应用满槽混凝土覆盖封顶，应达到基岩标高；

注4：当管道有配重或稳管结构时，埋深应从结构物顶面算起；

注5：基岩内管道埋深尚应根据岩性、风化程度确定，强风化岩、软岩埋深应加大。

8.2.3 换管

应符合下列要求：

- a) 换管应进行专项设计。
- b) 采取换管方式进行防护处理后，穿越段管道应按 GB 50251、GB 50423 的有关规定对管道焊口进行检测，埋深应符合表 3 的规定。
- c) 可采用不停输封堵工艺和停输封堵工艺两种方式，宜采用不停输封堵工艺进行换管。

8.2.4 岸坡构筑物损毁修复

对岸坡构筑物的损毁情况，宜进行原状修护；或根据河流特征、水流性质、地形、地质等因素，结合管道敷设条件，参照第9章选用其他适宜的岸坡构筑物方式。

8.3 施工技术要求

8.3.1 设计方案

实施稳管、沉管、换管应编制详细的施工组织设计方案。

8.3.2 稳管

应符合下列要求：

- a) 施工时应对管道采取保护措施，严禁损伤管道。
- b) 进行稳管施工时，应在专人的监护下作业。
- c) 应根据现场情况采取适宜的稳管、护岸等水工保护措施。水工保护措施见第 9 章。

8.3.3 沉管

应符合下列要求：

- a) 施工前应对需沉管的管道的埋深、位置进行仔细复核，复核单位长度管道下降深度，确定出整个沉管段的起点及终点。
- b) 在对暴露管道实施沉降前，应对管道压重。
- c) 管沟开挖前，必须将管道上的压重袋/块全部移到支墩上面以减小管道附加应力，并用厚度为 8 mm 的橡胶板将管道进行整体包覆，以防止在施工过程中防腐层受损。为便于下沉操作，支墩两侧管沟底宽一般不小于管道外径 + 2 m。
- d) 管道沉降采用大开挖结合导链或吊装设备的沉降工艺。在沉降管段时，根据弹敷曲线与支墩标高差，各支墩按等比例同时降低标高。每次降低高度不超过 0.2 m。完成一个阶段的沉降后复测标高。为防止支墩垮塌造成管道剧烈沉降，建议沉降段中部间隔 15 m 设置铰链或吊装设备保护管道，保证管段均匀沉降。沉管期间增加抽水台班，防止漂管。
- e) 管沟回填前应先清除管沟内塌方、石块、硬土块等，混凝土浇筑段和卵石灌浆段管底应采用草袋间隔铺垫 0.3 m 超挖厚度。复测管沟深度，符合要求后进行适宜的稳管措施，最后按相关规范要求进行管沟回填。

8.3.4 换管

应符合下列要求：

- a) 根据换管位置，确定施工位置及开挖面积，开挖作业坑时，应采用人工开挖，并在专人的监护下作业。

- b) 开挖后应对管道椭圆度、壁厚等参数进行测量，确保满足封堵作业的要求，若开挖点不能满足封堵作业要求应在附近位置另外选择作业点。
- c) 管道的施工应符合 GB/T 28055、GB 50251、GB 50424 的要求。
- d) 管道施工完成后，应根据现场情况采取适宜的稳管、护岸等水工保护措施。

9 水工保护

9.1 一般规定

9.1.1 管道企业应根据管道敷设的特点，结合地形地貌、地质条件、水文条件等因素，对损毁的水工保护设施采取适宜方式修复，必要时新建水工保护。

9.1.2 常见水工保护类型、材料和适用范围见表 4，具体详细做法和施工技术要求，参见附录 C。

表4 常见水工保护类型、材料和适用范围

水工保护类型	材料	适用范围
挡土墙	C15 混凝土/浆砌石	适用于抗震设防烈度为 6 度 (0.05 g)、7 度 (0.1 g、0.15 g) 的一般地区。
坡式护岸	C15 混凝土/浆砌石	适用于流速不大于 4 m/s 的岸坡防护。坡比不陡于 1:1，采用多级边坡时，每级坡高不大于 10 m，每级台阶宽度不小于 2 m。当河道水流流速大于 4 m/s 或者河岸较竖直、放坡有困难时，挡土墙加护岸结合。
石笼护岸	石笼充填石料	适用于护岸的石笼容许流速为 4 m/s~5 m/s 的易受水流冲刷且防护工程基础不易开挖的河岸防护。
过水面	C15 混凝土/浆砌石	适用于基本稳定的河（沟）床。
地下防冲墙	C15 混凝土/浆砌石	适用于各类土质条件下有明显下切作用的河（沟）床的冲刷防护；如管线完全进入基岩则采取其他防护措施。
石笼护底	石笼充填石料	适用于护底的石笼容许流速为 5 m/s~6 m/s 的沟埋敷设穿越砂砾石河（沟）道。
喷浆、锚杆挂网喷浆护坡	C25 混凝土/M10 砂浆	适用于坡比小于 1:0.75 的土质或岩质边坡。 喷浆护面适用于易风化但尚未严重风化的 I 类岩石边坡，不宜在成岩差和土质边坡上采用。 锚杆挂网喷浆护面适用于易风化但坡面岩体破碎的边坡。
草袋护坡	草袋	适用于土质地区的地坎恢复和无冲刷下切作用的软土地区的边坡防护，且边坡坡比不宜陡于 1:1。
排水沟	C15 混凝土/C20 混凝土	适用于水流集中并在长期的冲刷下容易形成冲沟并发育，造成管道外露的地段。排水沟应将汇水引至远离管道的安全地段。
堡坎	草袋/浆砌石/C15 混凝土	适用于田坎恢复。
混凝土浇筑管沟	C25 混凝土	适用于管线穿越的河床、沟床基岩埋深较浅的河段，管顶应进入稳定基岩不小于 0.5 m。
混凝土压重块	C25 钢筋混凝土	适用于开挖穿越的砂、卵砾石、软土地质等水域及高地下水水位地区的管道抗浮稳管措施，且管道埋深应置于冲刷线或疏浚线以下。
平衡压袋	土工袋装砂或碎石	适用于开挖穿越的砂、卵砾石、软土地质等水域及高地下水水位地区的管道抗浮稳管措施，且管道埋深应置于冲刷线或疏浚线以下。

9.2 技术方案

9.2.1 山区地段

应符合下列规定：

- a) 管道顺坡敷设地段水工保护应符合下列规定：
 - 1) 宜采取工程措施和植物措施相结合的综合防治措施，并与周围环境相协调。
 - 2) 顺坡段出现露管或局部滑塌时，应依据地质、地形及水文条件，设置护坡和挡土墙措施。
- b) 管道顺坡敷设，地表汇水面积大、汇水条件好、坡面径流冲刷明显，应补充设置地表排水措施，并应符合下列规定：
 - 1) 截水沟距坡顶边缘距离不宜小于 5 m。截排水沟的排水应充分利用原始坡面沟道，出水口设置不应对应管道、耕地或邻近建(构)筑物形成冲刷破坏。
 - 2) 坡面宜采取防止雨水汇流的措施，如植草，使雨水就地入渗。
- c) 管道横坡敷设水工保护应符合下列规定：
 - 1) 管道以浅挖深埋的方式横坡敷设，管沟覆土出现流失时，可在管沟外侧修筑挡土墙进行防护，以保证管顶覆土厚度。
 - 2) 对扫线开挖、削坡形成的土质坡面或风化严重的岩石坡面，在降水渗流的渗透、地表径流及沟道洪水的冲刷作用下容易产生坍塌、滑坡、岩石风化等边坡失稳现象时，可采取护坡或挡土墙工程，以保证边坡的稳定性。对易风化岩石或软质岩层坡面，可采取喷锚工程支护，以稳定坡面。管道横坡敷设时，对于由管沟开挖所诱发的浅表层滑坡、小型岩崩等地质灾害，应及时采取挡墙、砌石护面等水工保护措施。
- d) 穿越田坎、地坎地段水工保护应符合下列规定：
 - 1) 对于施工破坏的田坎、地坎应按原结构形式恢复。对于高度 0.8 m 及以上或有特殊要求的田坎、地坎，应根据农田的利用类型和地方要求，选取堡坎措施。
 - 2) 对于一般地区较高的田坎、地坎可依据地质、地形条件，采用挡土墙、护坡或组合形式恢复。位于河流、水沟台地的田坎、地坎的堡坎，还应采取防止堡坎基础淘蚀的措施。
- e) 山区河谷地段，水工保护应符合下列规定：
 - 1) 管线在漫滩及阶地上敷设时，应选用挡土墙或护岸防止侧蚀。
 - 2) 管线顺河床敷设时可采用地下防冲墙结合石笼护底的措施防止河床下切。
- f) 坡角 $\theta \leq 30^\circ$ 的土质边坡，坡面宜采用植草护坡；坡角 $30^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 的土质边坡，宜在坡面修筑截排水措施，或采取柔性护坡，坡脚宜修筑挡土墙。边坡每级高度不宜超过 8 m。
- g) 管道经过坡度大于 60° 的基岩边坡，坡高小于 10 m 时，可在基岩上开槽将管道嵌入基岩，管沟采用浆砌片石回填，管道外包裹橡胶板保护；坡高大于 10 m 时，管道需增加锚固管卡，管卡间距 10 m，锚杆进入中风化层不小于 0.8 m，管沟采用浆砌片石回填，管道外包裹橡胶板保护。

9.2.2 水网地区

应符合下列规定：

- a) 管道穿越池塘、水库库区、沼泽、水源地等静水水域时，应依据水域疏浚清淤情况、地质和水文条件等按照 GB 50423 的规定进行稳管验算，依据验算结果选取稳管措施。
- b) 管道穿越水源保护区和水体时，水工保护方案所采用的材料不应对应水域造成污染。
- c) 管道穿越池塘、水网、沼泽等地基承载力较低的水域时，稳管结构宜采用平衡压袋或混凝土配重块连续稳管方式。

10 管道浅埋保护

10.1 水田段埋深不足段，宜在管顶采取混凝土连续覆盖层或混凝土盖板、覆盖马鞍式压重块对管道进行保护。

10.2 可耕作的旱地段埋深不足，宜在管顶敷设盖板。盖板的制作要求参见图集 02J331。管道上方设置加密桩。

10.3 荒地埋深不足，应地形地貌等具体情况，可采取区域截排水措施，并加密地面标识。

10.4 管道埋深不足的地段，管道企业应制定专项管理方案，如加强巡线的频次、对公众的宣传、换管等。

11 废弃管道的处置

11.1 废弃管道应编制废弃计划，可采取就地废弃和管道移除两种方式进行。

11.2 废弃管道应采用水或氮气作为介质进行清理并置换，并检测合格。

11.3 就地废弃管道穿越公路、铁路宜采用注砂浆或泥浆进行充填处理，并进行封堵。无法进行注浆填充时，可选择充入惰性气体，应进行泄漏检测，并设置永久密封阀门和填充点，定期进行压力测试，必要时重新打压。

11.4 河堤穿越段废弃管道的处置应符合河道管理部门的要求。

11.5 对其他一般地段就地废弃管道，可采用管帽直接封堵，并在地面间隔一定距离设置废弃管道标识。

11.6 就地废弃不能确保安全的管道应进行管道移除。

附录 A
(资料性附录)
管道保护做法

A.1 概述

管道保护的做法主要包括：

- 新建公路穿越管道保护做法，见 A.2；
- 新建铁路穿越管道保护做法，见 A.3；
- 新建其他埋地管道与管道交叉保护做法，见 A.4；
- 新建通信光（电）缆与管道交叉保护做法，见 A.5；
- 钢套管保护做法，见 A.6。

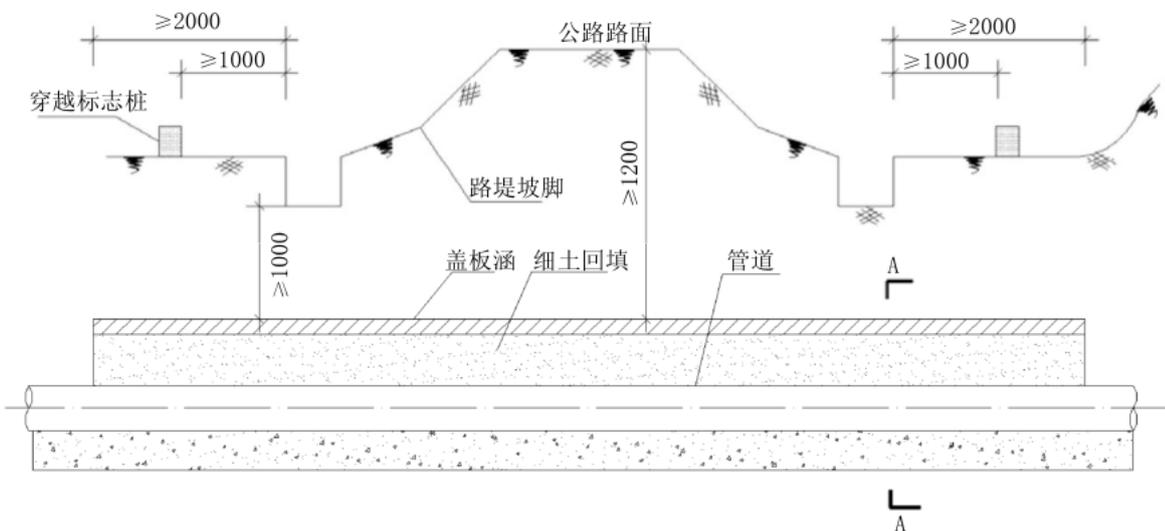
A.2 新建公路穿越管道保护做法

A.2.1 保护要求

应符合下列要求：

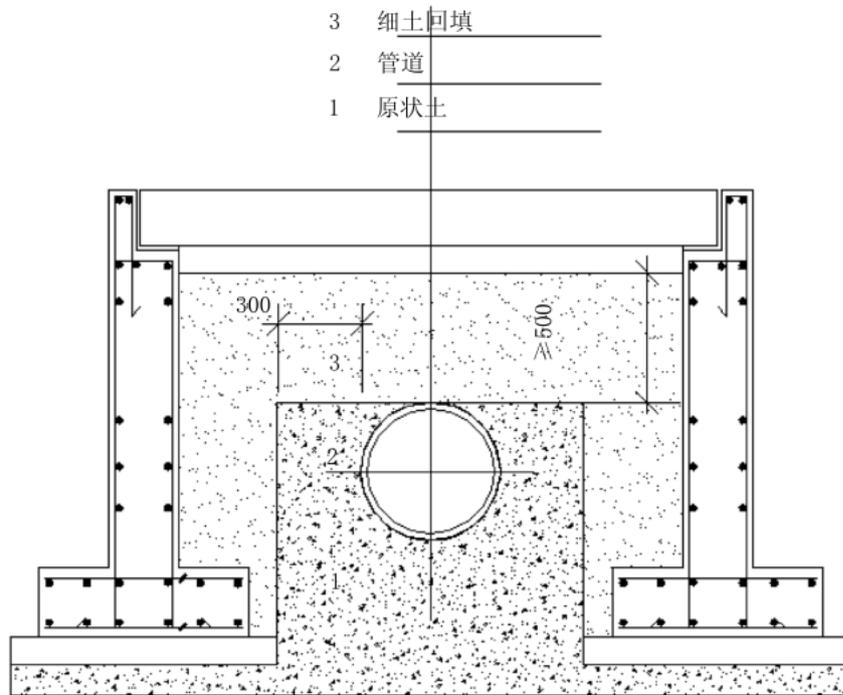
- a) 公路采用盖板涵保护穿越管道保护做法由图 A.1 和图 A.2 组成。盖板涵的具体做法详见 A.2.2。
- b) 新建公路穿越管道时，宜垂直交叉，特殊情况下交角不宜小于 30°。
- c) 盖板涵的设置长度：
 - 宜伸出路堤坡脚、排水沟外边缘不小于 2 m；
 - 当穿过路堑时，应长出路堑顶不小于 5 m。
- d) 公路穿越两侧设置标志桩。
- e) 盖板涵上方敷设警示带。
- f) 改、扩建公路穿越管道的保护可参照本做法。

单位：mm



图A.1 新建公路采用盖板涵保护穿越管道纵断面图

单位: mm



图A.2 盖板涵保护穿越管道纵断面 A-A 剖视图

A.2.2 盖板涵制作

应符合下列规定:

a) 一般规定

- 1) 盖板涵制作由图 A.3 至图 A.6 组成。
- 2) 做法适用于非地震区及抗震设防为 6~8 度地区、覆土厚度为 0.5~1.5 m 的盖板涵。
- 3) 盖板涵结构形式为普通钢筋混凝土结构。
- 4) 对于覆土厚度大于 1.5 m 的箱涵由于地质情况变化较大,需根据地质报告复核盖板涵尺寸及配筋。
- 5) 结构设计使用年限 50 年,结构安全等级二级;环境类别一类或二 a 类。
- 6) 尺寸超出本文件要求及适用范围的盖板涵应单独设计另行计算。

b) 材料

- 1) 混凝土采用 C30 (一类环境) 或 C35 (二 a 类环境), 采用整体式箱涵混凝土则采用 C50, 垫层采用 C15。
- 2) 吊环钢筋采用 HPB300 级 (Φ), 其余钢筋采用 HRB400 级 (Φ), 严禁采用冷加工钢筋。
- 3) 混凝土钢筋保护层厚度不小于 30 mm, 底板钢筋保护层厚度不小于 40 mm。
- 4) 设计中选用材料须有出厂合格证明, 并符合国家及主管部门颁发的产品标准, 并应经质检部门抽查合格方能使用。
- 5) 钢筋搭接及锚固长度应符合相应抗震规范要求。

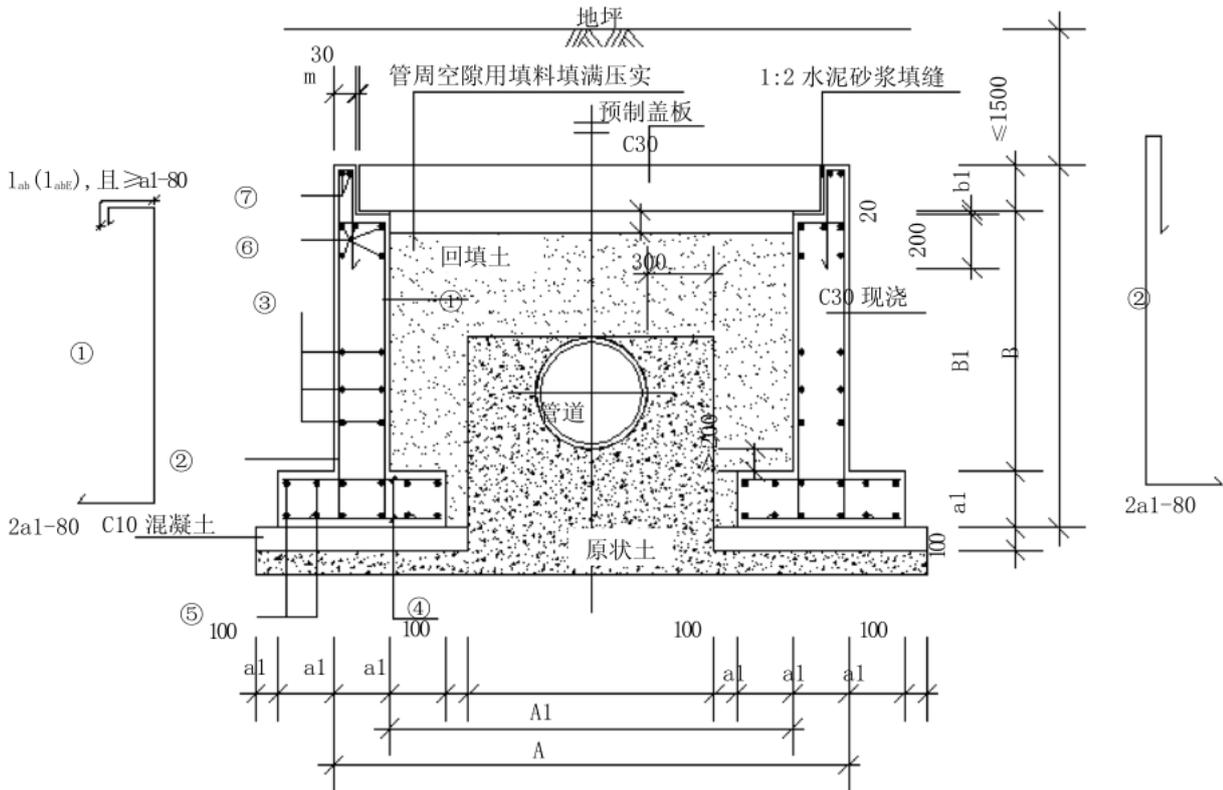
c) 设计作用及作用效应组合: 依据 JTG D60 的规定进行设计, 重要性取 1.0, 不计算冲击力。

d) 地基基础要求

- 1) 盖板涵地基承载力要求应根据地基情况进行复核, 不满足要求时另行计算。

- 2) 地基有腐蚀情况时需另行考虑。
- 3) 不良地质情况应采取级配碎石换填措施。
- e) 其他要求
 - 1) 变形缝间距建议取 10 m，采用沥青麻丝填塞，具体见图 A.7。
 - 2) 箱涵施工完成后，应分层回填压实，并注意对箱涵结构的保护。
 - 3) 如果涵洞设计与公路部门的设计有冲突，应以公路部门设计为准。

单位：mm

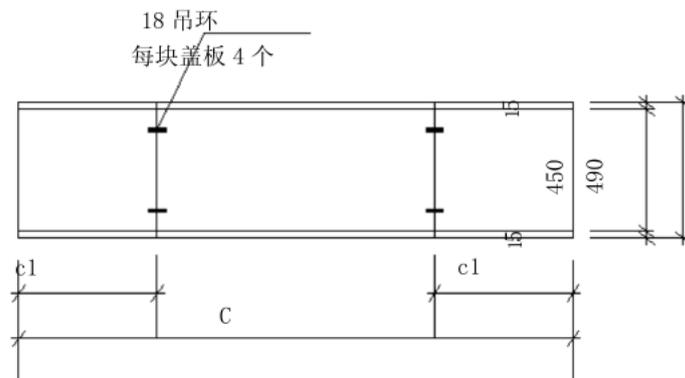


图中：

——尺寸见表 A.1、表 A.2 和表 A.3。

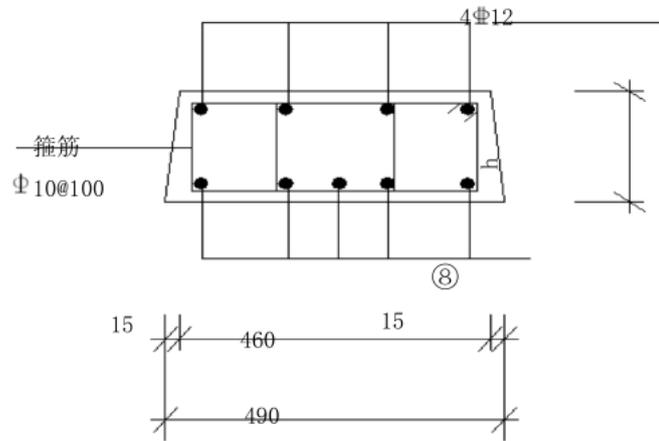
图A.3 盖板涵详图

单位：mm



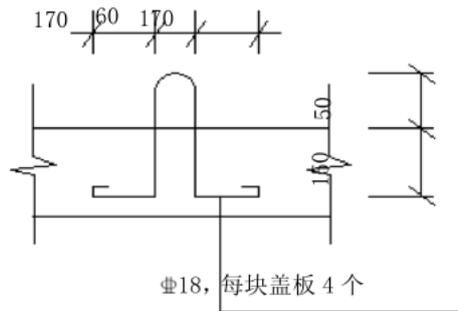
图A.4 盖板吊环布置图

单位：mm



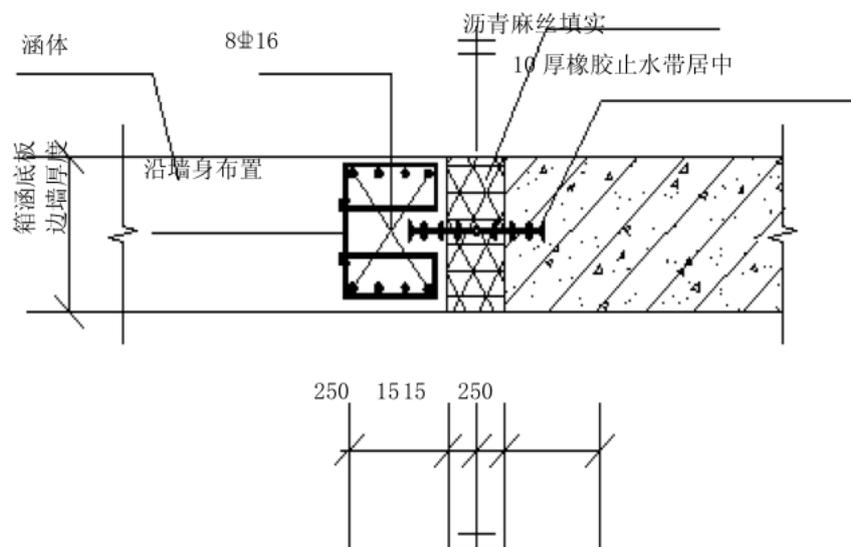
图A.5 盖板截面配筋图

单位：mm



图A.6 盖板吊环详图

单位：mm



图A.7 变形缝详图

表A.1 盖板涵尺寸及配筋表

箱涵类型	项目	参数								适用范围
		AxB	A1xB1	a1	b1	C	c1	m	h	
XH _c -1	尺寸 (mm)	2000x2000	1500x1500	250	250	1740	440	80	250	管道直径： D219.1
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	配筋	Φ20@100	Φ20@100	Φ16@100	Φ20@100	Φ20@100	5Φ22	2Φ22	5Φ22	
XH _c -2	尺寸 (mm)	2400x2400	1800x1800	300	300	2140	700	100	300	管道直径： D273-D406.4
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	配筋	Φ22@100	Φ22@100	Φ16@100	Φ22@100	Φ22@100	5Φ25	2Φ25	6Φ22	
XH _c -3	尺寸 (mm)	2600x2600	2000x2000	300	300	2140	700	100	300	管道直径： D406.4-D610
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	配筋	Φ25@100	Φ25@100	Φ16@100	Φ22@100	Φ22@100	5Φ25	2Φ25	6Φ22	
XH _c -4	尺寸 (mm)	2800x2800	2200x2200	300	300	2340	700	100	300	管道直径： D610-D813
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	配筋	Φ25@100	Φ25@100	Φ16@100	Φ22@100	Φ22@100	5Φ25	2Φ25	6Φ22	
XH _c -5	尺寸 (mm)	3000x3000	2400x2400	300	350	2540	700	100	350	管道直径： D813-D1016
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	
	配筋	Φ25@100	Φ25@100	Φ16@100	Φ22@100	Φ22@100	5Φ25	2Φ25	6Φ22	

表A.2 受拉钢筋的基本锚固长度 l_{ab}

钢筋类别	混凝土强度等级		
	C30	C35	C50
HRB400	35d	32d	27d

表A.3 抗震设计时受拉钢筋的基本锚固长度 l_{abE}

钢筋类别	混凝土强度等级		
	C30	C35	C50
HRB400	37d	34d	28d

表A.4 盖板涵每延米工程量

箱涵编号	混凝土 (m^3)				钢筋 (kg)		
	垫层 C15	底板 C30	边墙 C30	盖板 C30	底板	边墙	盖板
XH _c -1	0.18	0.26	0.57	0.29	44.5	213.4	97.3
XH _c -2	0.24	0.59	0.99	0.5	63.8	253.2	116.2
XH _c -3	0.24	0.59	10.19	0.6	63.8	287.7	135.2

XHc-4	0.24	0.59	10.19	0.66	63.8	297.4	135.2
XHc-5	0.24	0.59	10.19	0.76	63.8	307.4	165.2

A.3 新建铁路穿越管道保护做法

A.3.1 新建铁路采用盖板涵保护穿越管道保护做法由图A.8 和图A.2 组成。盖板涵的详细设计以铁路部门设计为准,但不得低于 A.2.2 盖板涵的制作要求。

A.3.2 新建铁路穿越管道时,宜垂直交叉,特殊情况下交角不宜小于 30° 。

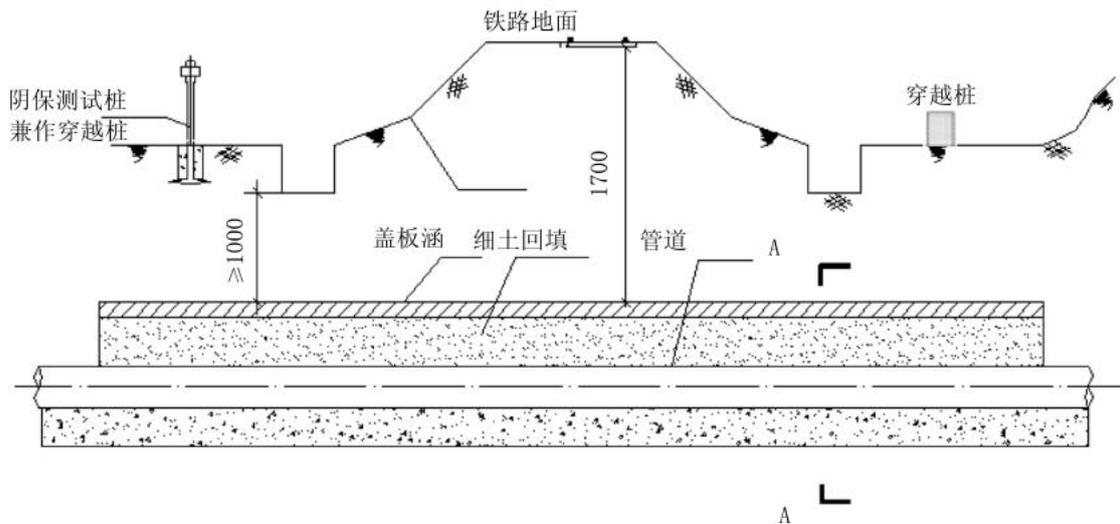
A.3.3 盖板涵的设置长度:宜伸出路堤坡脚、排水沟外边缘不小于 2 m;当穿过路堑时,应长出路堑顶不小于 5 m。

A.3.4 铁路穿越两侧设置穿越桩,如有必有可将一侧穿越桩设置为阴保测试桩。

A.3.5 盖板涵上方敷设警示带。

A.3.6 改、扩建铁路穿越管道的保护可参照本做法。

单位: mm



图A.8 新建铁路采用盖板涵保护穿越管道纵断面图

A.4 新建其他埋地管道与管道交叉保护做法

A.4.1 新建其他管道开挖穿越管道保护做法由图A.9 和图A.10 组成。

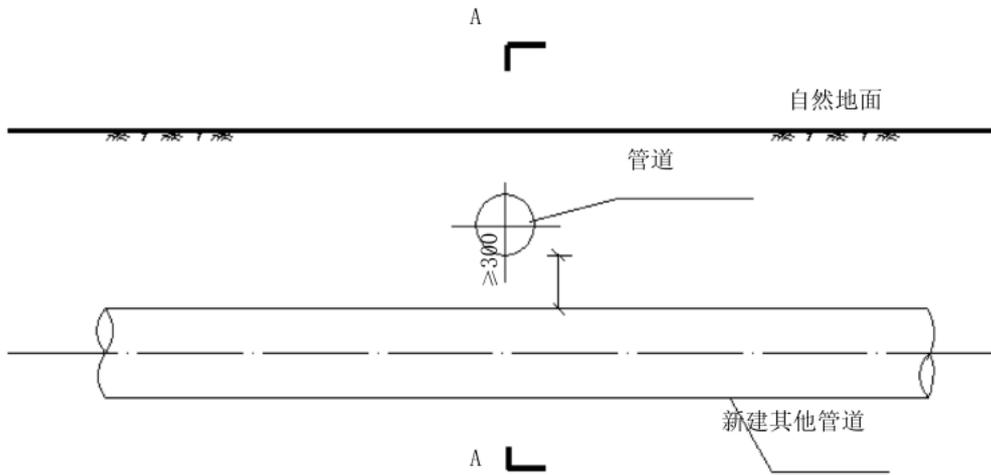
A.4.2 管沟回填时,管道下方的回填土应分层密实。

A.4.3 新建其他埋地管道与管道交叉时,根据埋深情况和交叉空间要求,新建其他管道宜从管道下方通过。

A.4.4 已建管线开挖后的悬空段长度原则上小于 6 m,因施工原因无法满足以上要求时,已建管线的悬空段长度应根据管线的刚度计算出自身的跨度,并砌筑基墩支撑,同时对管沟两侧采用支护措施,确保已建管线的运行安全。

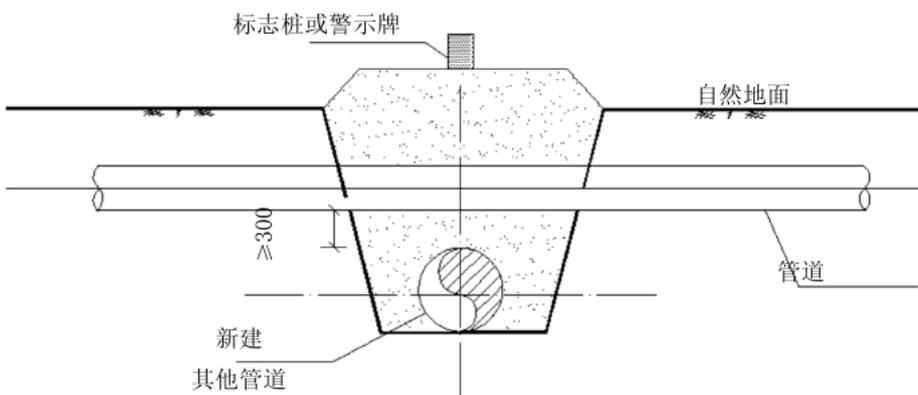
A.4.5 穿越处应设标志桩或警示牌,并标明管道的埋设深度。

单位：mm



图A.9 新建其他管道穿越管道纵断面图

单位：mm

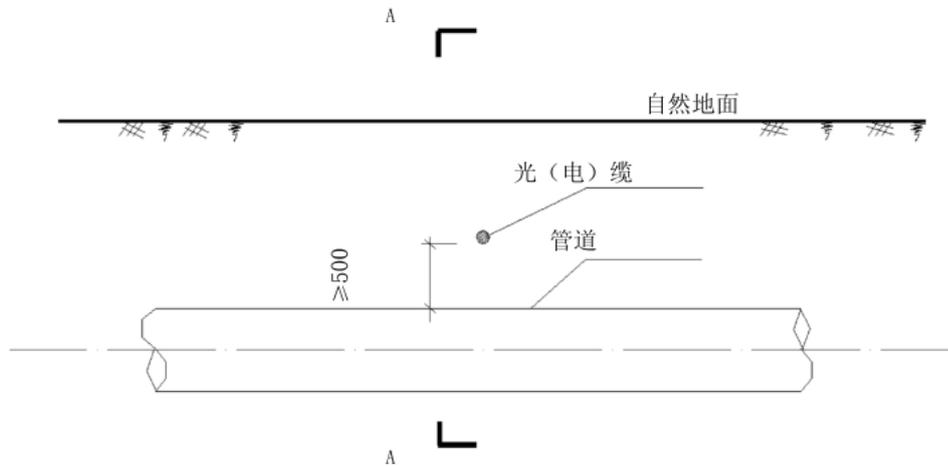


图A.10 新建其他管道穿越管道纵断面 A-A 剖视图

A.5 新建通信光（电）缆与管道交叉保护做法

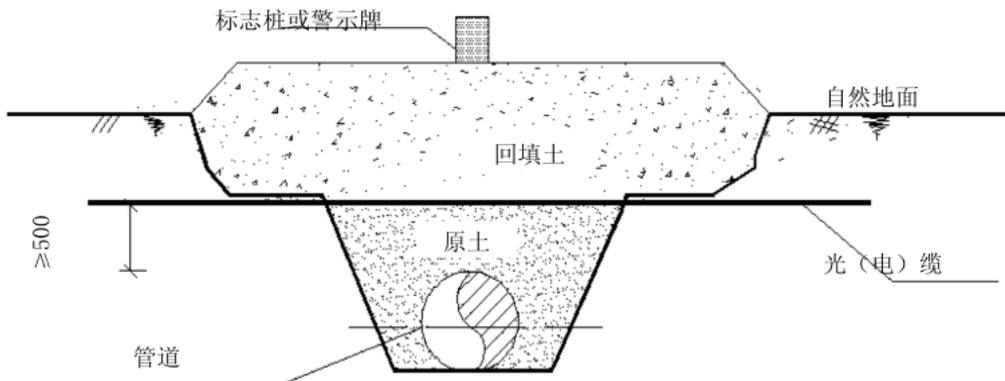
- A.5.1 新建通信光（电）缆与管道交叉的保护做法详由图A.11 和图A.12 组成。
- A.5.2 管沟回填应分层密实。
- A.5.3 新建电力电缆、通信光（电）缆与管道交叉时，宜从管道上方通过。
- A.5.4 穿越处应设标志桩或警示牌，并标明埋设深度。

单位: mm



图A.11 电(光)缆穿越管道纵断面图

单位: mm



图A.12 电(光)缆穿越管道纵断面图 A-A 剖视图

A.6 钢套管保护做法

A.6.1 钢套管保护管道做法由图A.13 至图A.17 组成。

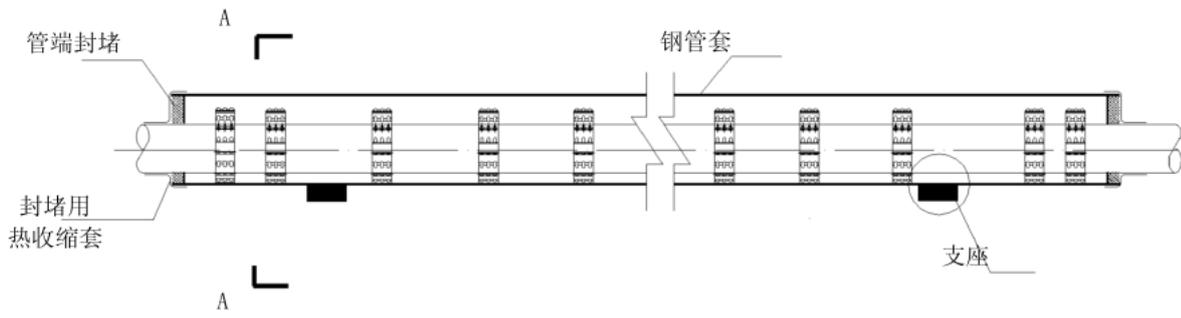
A.6.2 做法适用于宽度小于 10 m 的水渠、河流小型穿越管道露管保护, 应根据实际情况选择使用。

A.6.3 钢筋采用 HPB235 热轧钢筋; 支座采用 C25 钢筋混凝土。

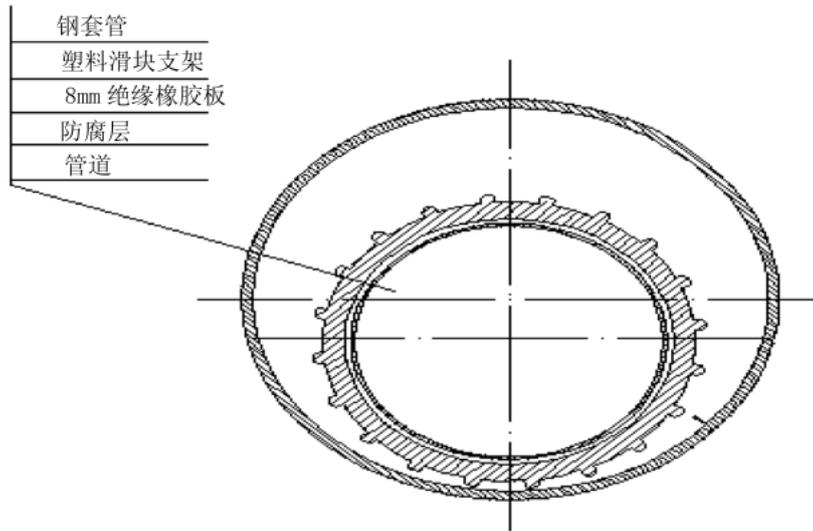
A.6.4 管道设置塑料滑块支架, 套管内支撑每 2 m 设置一组, 两端按 0.5 m 设置。

A.6.5 钢套管由直缝钢管切割为两半组成, 用管箍进行连接, 管箍间距宜小于 1.5 m。钢套管内径宜大于管道外径 200 mm, 钢套管壁厚宜大于 10 mm。

A.6.6 支座应设置在稳定土层中。

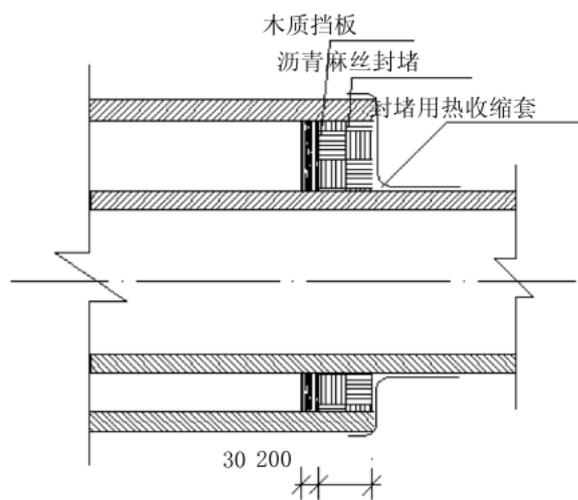


图A.13 钢套管保护纵断面示意图



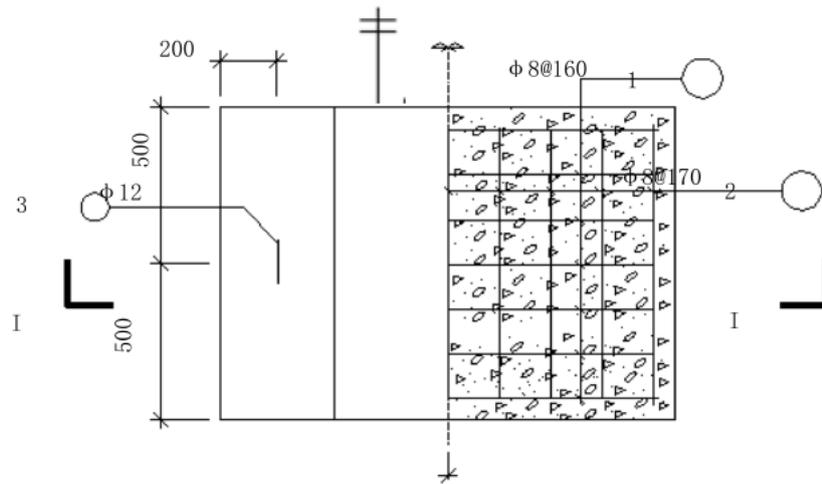
图A.14 钢套管保护纵断面示意图 A-A 剖面图

单位：mm

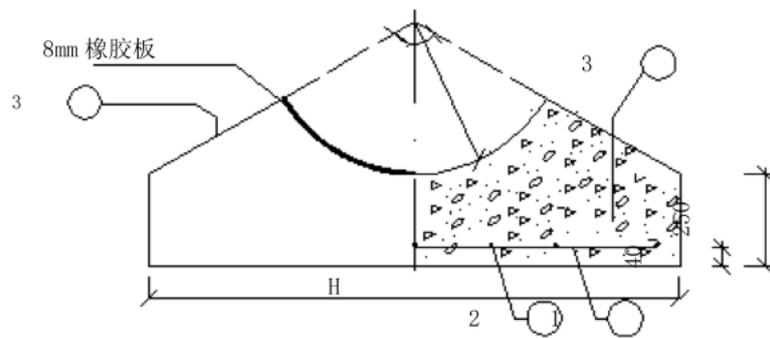


图A.15 封堵端封堵图

单位：mm



图A.16 支座板平面图



图中：
H 值根据现场实际需要确定。

图A.17 支座板平面 I-I 剖视图

附录 B
(资料性附录)
交流干扰保护做法

B.1 概述

交流干扰防护做法主要包括：

- 持续交流防护点的保护做法，见 B.2；
- 屏蔽防护点（单侧）的保护做法，见 B.3；
- 屏蔽防护点（双侧）的保护做法，见 B.4；
- 集中接地防护点的保护做法，见 B.5；
- 交流保护做法中电缆连接及焊点防腐（铜焊/铝热焊）的具体做法，见 B.6；
- 固态去耦合器基墩制造，见 B.7。

电线与管道的连接宜优先采用铜焊、但也可采用铝热焊；采用铜焊时，采用 YJV-0.6/1 1×35 mm² 电缆，铝热焊时，采用 YJV-0.6/1 2×16 mm² 电缆。

B.2 持续交流防护点的保护做法

B.2.1 持续交流干扰防护点的保护做法由图B.1 和图 B.2 组成。

B.2.2 每处防护点安装一台固态去耦合器，安装在管道正上方。

B.2.3 接地材料采用带状高纯锌阳极（15.88 mm×22.22 mm），电缆与接地材料的连接采用铜连接管钳接，电缆端应除去绝缘层，芯线应伸出 70 mm，电缆芯线伸入铜管 60 mm 进行压接。然后涂上热熔胶，再用电缆热缩式附件进行加热、收缩密封防腐。

B.2.4 电缆通过铜接线端子与接线板的接线柱连接，铜接线端子与电缆芯连接处应压接牢固，并采用绝缘胶带密封绝缘。

B.2.5 固态去耦合器安装时，应先完成排流接地体的施工。接线时，先将接地体电缆与固态去耦合器连接，然后再将管道电缆与固态去耦合器连接，拆除时按相反程序进行。操作者应带绝缘手套，并执行单手操作程序。

B.2.6 电缆连接完毕后，应对支撑桩钢管下部开孔处进行胶泥封堵，以防止水汽进入。

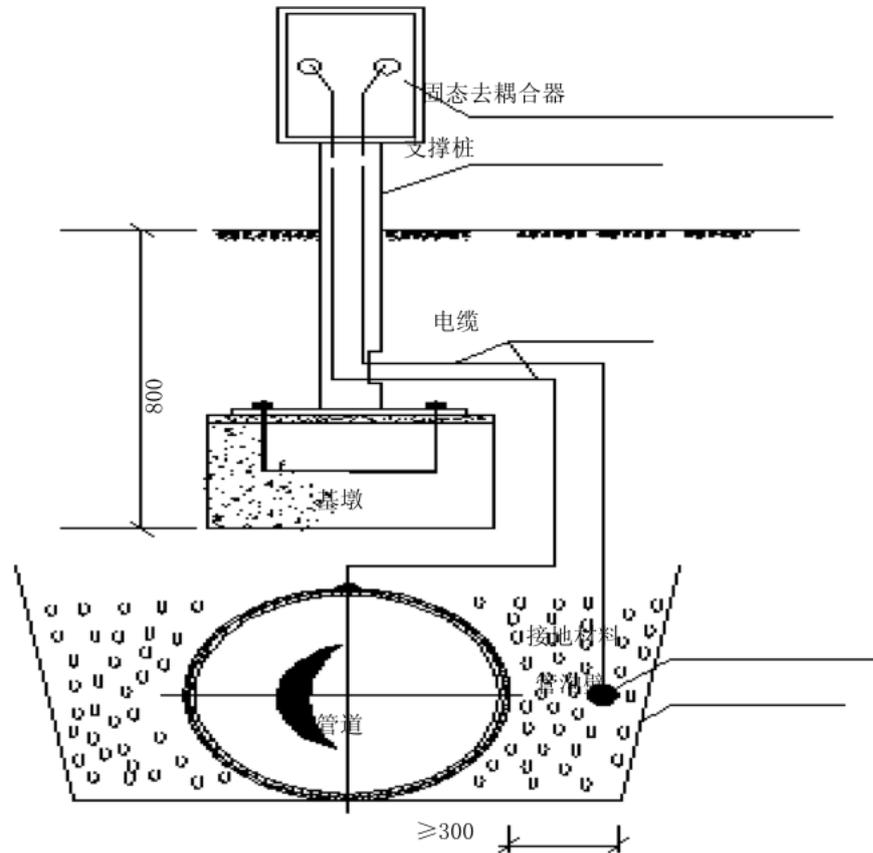
B.2.7 每处持续交流防护点所需设备、材料见表B.1。

表B.1 每处持续交流防护点工程量

编号	名称及型号（规格）	单位	数量	备注
1	固态去耦合器	套	1	带防护箱及配件
2	铜芯电缆 YJV-0.6/1 2X16(1X35) ² mm	m	15	
3	封口胶带	m	10	
4	铜接线端子	个	2	
5	电缆与管道焊接	处	1	铝热焊/铜焊
6	焊点防腐密封	处	1	
7	基墩	个	1	

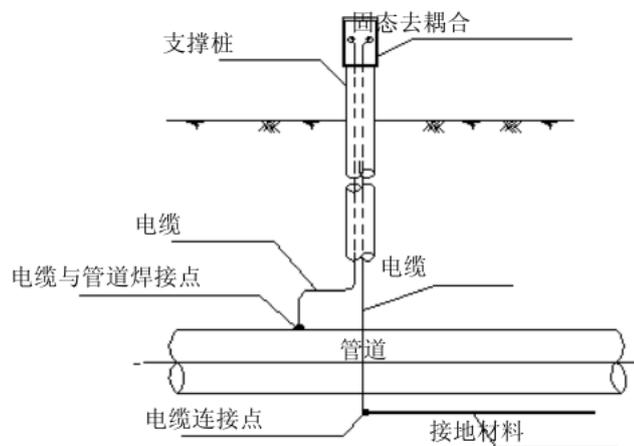
8	带状高纯锌阳极 (15.88 mm×22.22 mm)	m	-	由接地电阻计算取得
9	防水胶泥	kg	5	

单位: mm



注: L 为长度, 由接地电阻计算取得。

图B.1 交流干扰防护点测视图



图B.2 交流干扰防护点接线图

B.3 屏蔽防护点（单侧）的保护做法

B.3.1 屏蔽防护点（单侧）的保护做法由图B.3 和图B.4 组成。

B.3.2 管道与电力/通讯杆塔接地体或拉线的临近处，需设置强电冲击屏蔽防护点 1 处。每处屏蔽点安装两台固态去耦器，与管道距离最近处的杆塔接地体宜位于两台固态去耦器中间的接地材料外侧，且需保证接地材料与电力/通讯杆塔接地线的最小间距不应小于 2 m。固态去耦器安装在管道正上方。

B.3.3 接地材料采用带状高纯锌阳极（15.88 mm×22.22 mm），电缆与接地材料的连接采用铜连接管钳接，电缆端应除去绝缘层，芯线应伸出 70 mm，电缆芯线伸入铜管 60 mm 进行压接。然后涂上热熔胶，再用电缆热缩式附件进行加热、收缩密封防腐。

B.3.4 电缆通过铜接线端子与接线板的接线柱连接，铜接线端子与电缆芯连接处应压接牢固，并采用绝缘胶带密封。

B.3.5 固态去耦合器的安装宜在排流接地体下沟完成后进行。接线时，先将接地体电缆与固态去耦器连接，然后再将管道电缆与固态去耦器连接，拆除时按相反程序进行。操作者应带绝缘手套，并执行单手操作程序。

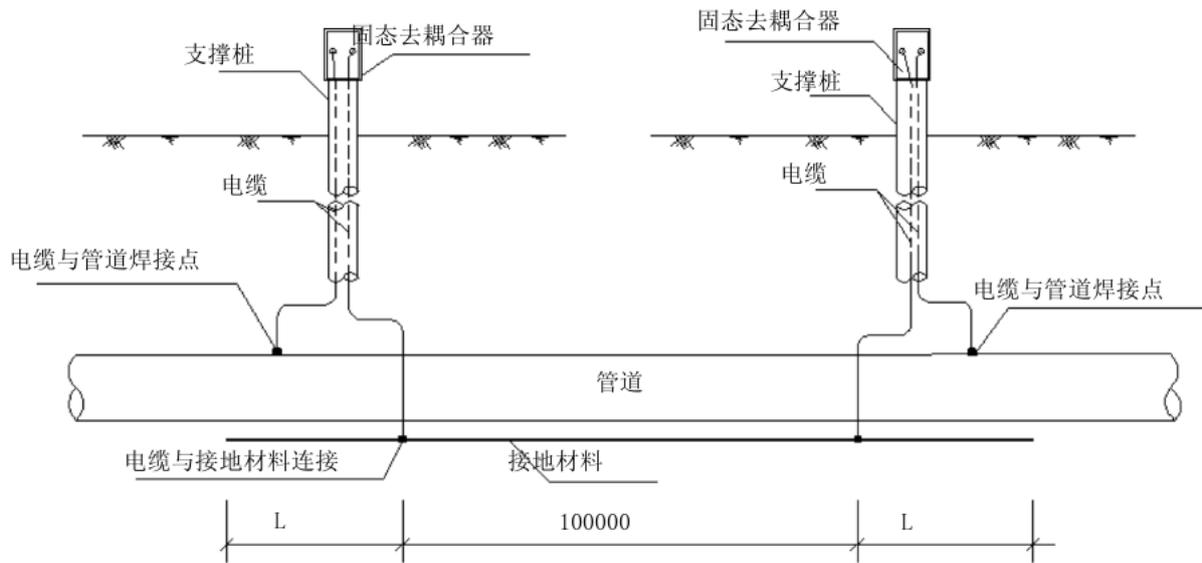
B.3.6 电缆连接完毕后，应对支撑桩钢管下部开孔处进行胶泥封堵，以防止水汽进入。

B.3.7 每处屏蔽防护点（单侧）所需设备、材料见表B.2。

表B.2 每处屏蔽防护点（单侧）工程量

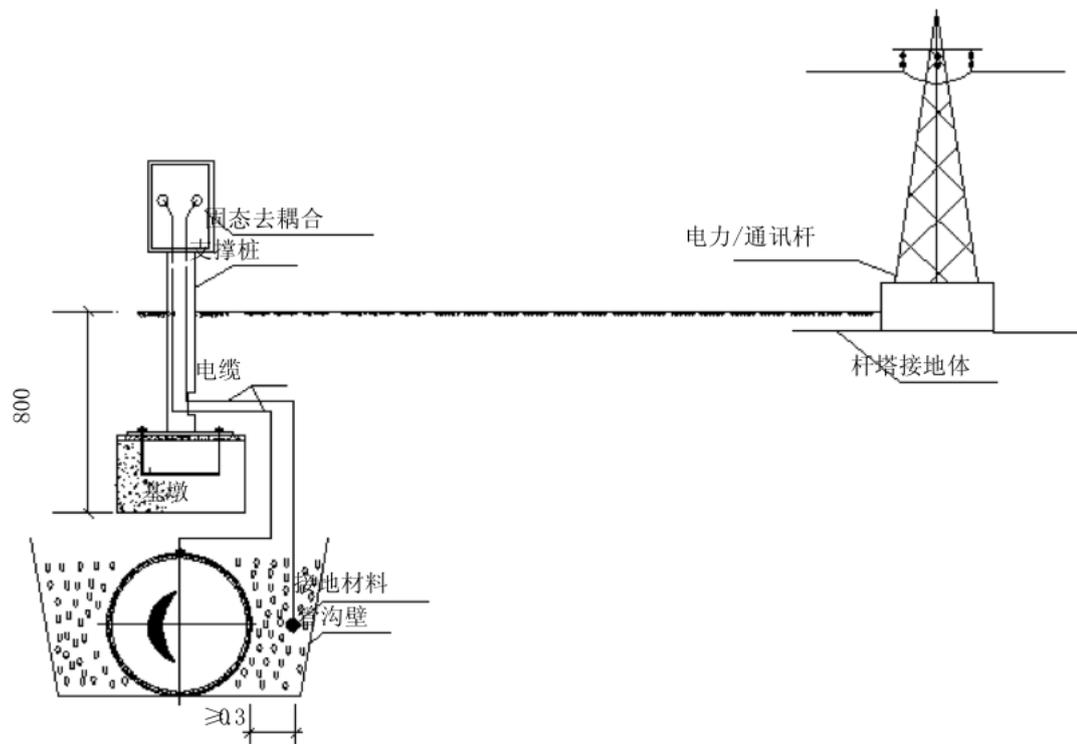
编号	名称及型号（规格）	单位	数量	备注
1	固态去耦合器	套	2	带防护箱及配件
2	铜芯电缆 YJV-0.6/1 2X16(1X35) ² mm	m	30	
3	封口胶带	m	20	
4	铜接线端子	个	2	
5	电缆与管道焊接	处	2	铝热焊/铜焊
6	焊点防腐密封	处	2	
7	基础	个	2	
8	带状高纯锌阳极（15.88 mm×22.22 mm）	m	-	由接地电阻计算取得
9	防水胶泥	kg	10	

单位：mm



图B.3 强电冲击屏蔽防护接线图

单位: mm



图B.4 强电冲击屏蔽防护安装图

B.4 屏蔽防护点（双侧）的保护做法

B.4.1 屏蔽防护点（双侧）的保护做法由图B.5 和图B.6 组成。

B.4.2 管道与电力/通讯杆塔接地体或拉线的临近处，需设置强电冲击屏蔽防护点 1 处。每处屏蔽点安装两台固态去耦器，与管道距离最近处的杆塔接地体宜位于两台固态去耦器中间的接地材料外侧，且需保证接地材料与电力/通讯杆塔接地线的最小间距不应小于 2 m。固态去耦器安装在管道正上方。

B.4.3 接地材料采用带状高纯锌阳极（15.88 mm×22.22 mm），电缆与接地材料的连接采用铜连接管钳接，电缆端应除去绝缘层，芯线应伸出 70 mm，电缆芯线伸入铜管 60 mm 进行压接。然后涂上热熔胶，再用电缆热缩式附件进行加热、收缩密封防腐。

B.4.4 电缆通过铜接线端子与接线板的接线柱连接，铜接线端子与电缆芯连接处应压接牢固，并采用绝缘胶带密封。

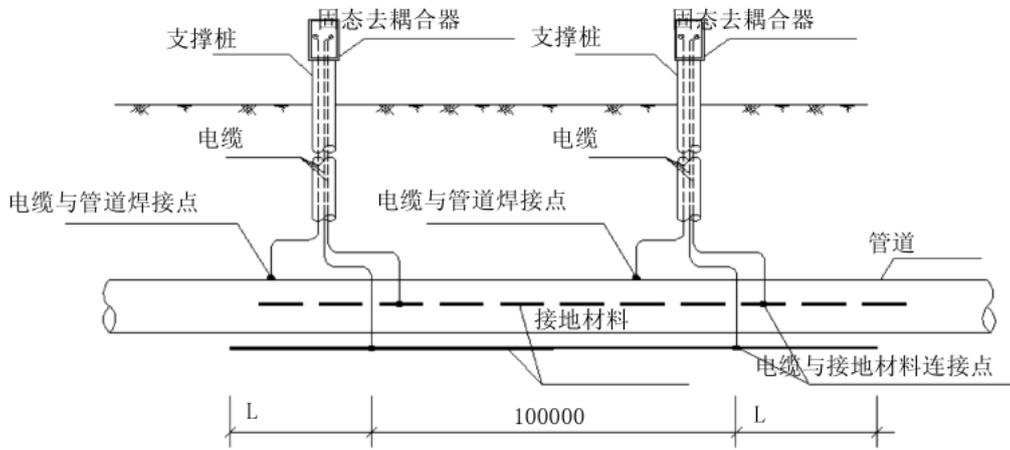
B.4.5 固态去耦器的安装宜在排流接地体下沟完成后进行。接线时，先将接地体电缆与固态去耦器连接，然后再将管道电缆与固态去耦器连接，拆除时按相反程序进行。操作者应带绝缘手套，并执行单手操作程序。

B.4.6 电缆连接完毕后，应对支撑桩钢管下部开孔处进行胶泥封堵，以防止水汽进入。

B.4.7 每处屏蔽防护点（双侧）所需设备、材料见表B.3。

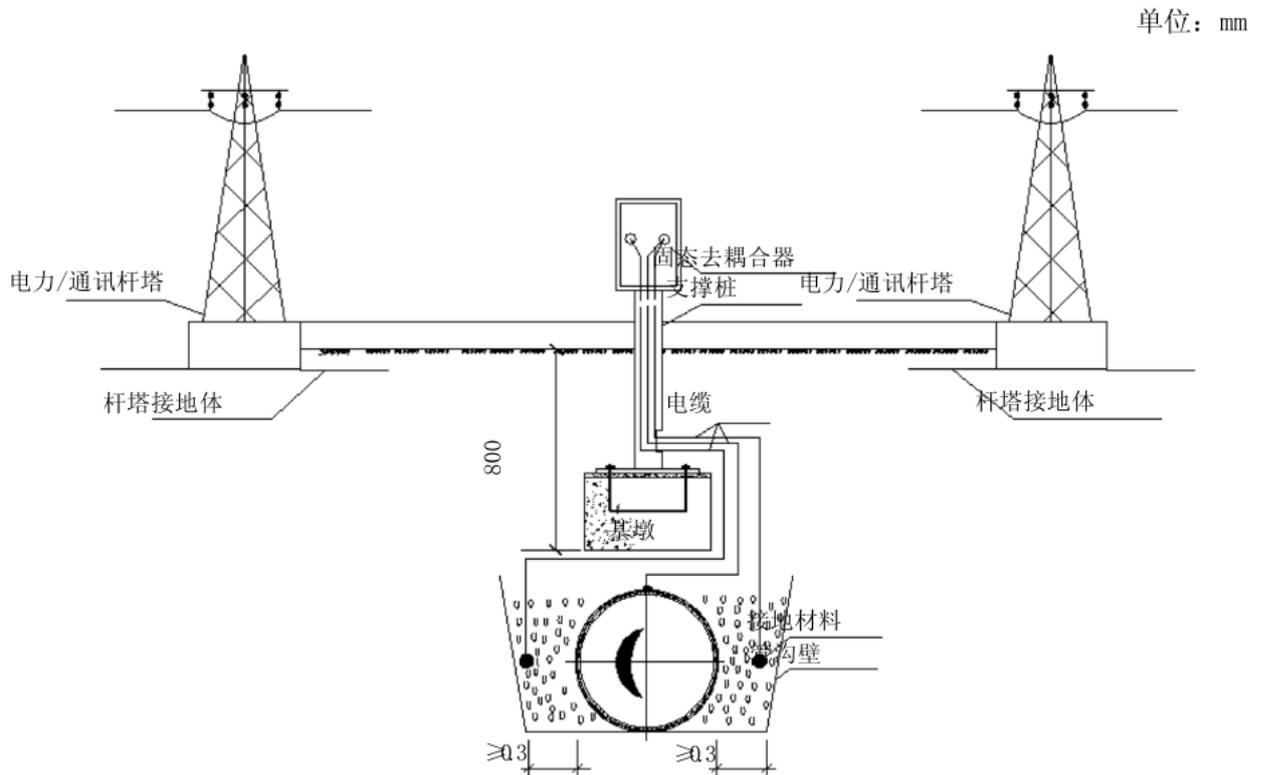
表B.3 每处屏蔽防护点（双侧）工程量

编号	名称及型号（规格）	单位	数量	备注
1	固态去耦器	套	2	带防护箱及配件
2	铜芯电缆 YJV-0.6/1 2X16(1X35) ² mm	m	30	
3	封口胶带	m	20	
4	铜接线端子	个	2	
5	电缆与管道焊接	处	2	铝热焊/铜焊
6	焊点防腐密封	处	2	
7	基础	个	2	
8	带状高纯锌阳极（15.88 mm×22.22 mm）	m	-	由接地电阻计算取得
9	防水胶泥	kg	10	



图中：
 ——L 为长度，由接地电阻计算取得。单位：mm

图B.5 强电冲击屏蔽防护接线图



图B.6 强电冲击屏蔽防护安装图

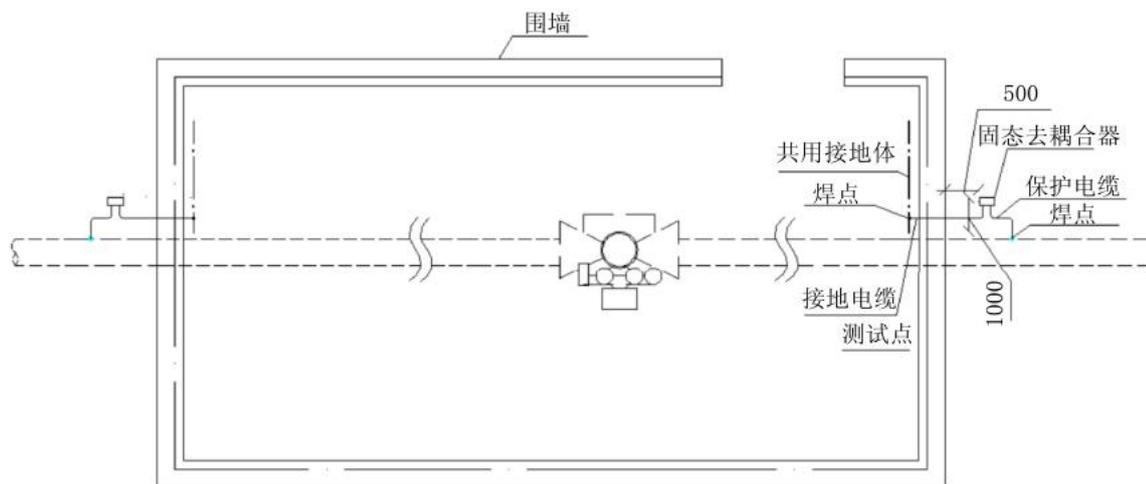
B.5 集中接地防护点的保护做法

- B.5.1 集中接地防护点的保护做法由图B.7 和图B.8 组成。
- B.5.2 固态去耦合器安装在防爆接区外，不影响交通、工艺设备操作的地方。
- B.5.3 电缆与管道、电缆与接地体连接均采用焊接。
- B.5.4 防浪涌保护器安装时，应先完成排流接地体的施工，接线时，先将接地体电缆与防浪涌保护器连接，然后再将管道电缆与防浪涌保护器连接，拆除时按相反程序进行。操作者应带绝缘手套，并执行单手操作程序。
- B.5.5 电缆连接完毕后，应对支撑桩钢管下部开孔处进行胶泥封堵，以防止水汽进入。
- B.5.6 每处集中接地防护点所需设备、材料见表B.4。

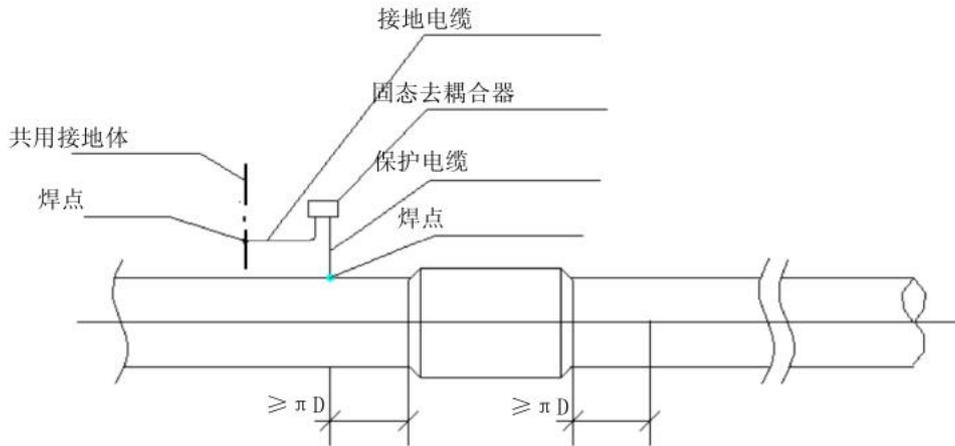
表B.4 每处集中接地防护点工程量

编号	名称及型号（规格）	单位	数量	备注
1	固态去耦合器	套	1	带防护箱及配件
2	铜芯电缆YJV-0.6/1 1X16mm ²	m	15	
3	封口胶带	m	10	
4	铜接线端子	个	1	
5	电缆与管道焊接	处	2	铝热焊/铜焊
6	焊点防腐密封	处	2	
7	基碇	个	1	
8	防水胶泥	kg	5	

单位：mm



图B.7 工艺站场、监控阀室集中接地防护点安装图



图中：
——D 为管径。

图B.8 监视阀室绝缘接头处集中接地防护点安装图

B.6 电缆连接及焊点防腐（铝热焊/铜焊）

B.6.1 电缆连接及焊点防腐由图B.9 至图B.12 组成。

B.6.2 电缆与管道连接及电缆敷设宜在管道下沟后，回填前进行，否则存在二次开挖。

B.6.3 电缆与管道连接可采用铝热焊/铜焊方式。焊接前应按图B.7 所示将焊接部位管道防腐层除去，边缘切成坡口形，坡角 $< 30^\circ$ ；用配套的电动除锈工具使欲焊处有足够大小的金属光亮表面；电缆端应除去绝缘层，芯线应伸出 50 mm，电缆必须清洁，干燥，无油和无油脂，焊点至少离管道焊缝大于 100 mm。

B.6.4 电缆焊接完成后，地面和地下均应留足裕量（10%伸缩裕量），以防土壤下沉时拉断电缆，敷设时宜贴在管壁顶部，每隔 5 m 用封口胶带与管道绑扎一次，在测量点旁应将电缆敷设成一个大的蝴蝶结，并用封口胶带将其固定在管子上，以减轻拉力。

B.6.5 焊后应除去焊渣，并对焊点进行牢固性试验，合格后方可进行密封防腐处理。首先清除干净焊接处的焊渣及杂物，采用粘弹体防腐膏对防腐层缺陷处进行填充，接着采用 300 mm 宽粘弹体防腐带进行贴补，应保证补伤片与主体防腐层搭接不少于 100 mm，贴附应紧密，最后再用补口热收缩带/聚乙烯胶粘带外包覆。

B.6.6 焊接位置不应在弯头上或管道焊缝两侧 200 mm 范围内。电缆与电缆之间采用铜管钳接的方式进行连接，外用热熔胶及电缆热收缩套进行防腐密封。

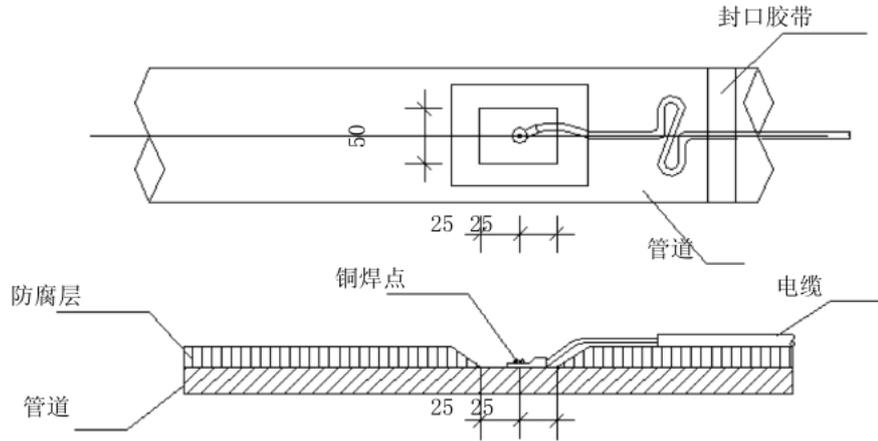
B.6.7 每处电缆连接及焊点防腐（铝热焊/铜焊）点所需设备、材料见表B.5。

表B.5 每处电缆连接及焊点防腐（铝热焊/铜焊）点工程量

编号	名称及型号（规格）	单位	数量	备注
1	铝热焊/铜焊材料	套	1	
2	粘弹体防腐膏	kg	0.3	
3	300 mm 宽粘弹体防腐带	m	0.4	
4	热收缩带	个	1	
5	电缆热缩式附件	个	1	
6	铜接管	个	1	

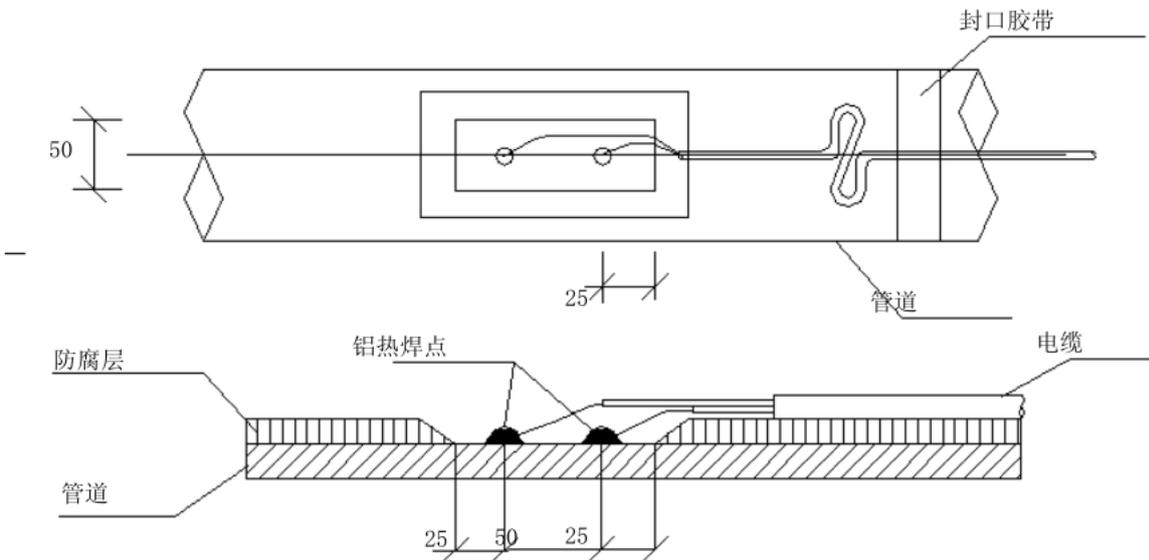
7	100 mm 宽粘弹体防腐带	m	0.5	
8	75 mm 宽聚乙烯胶粘带	m	1	

单位: mm



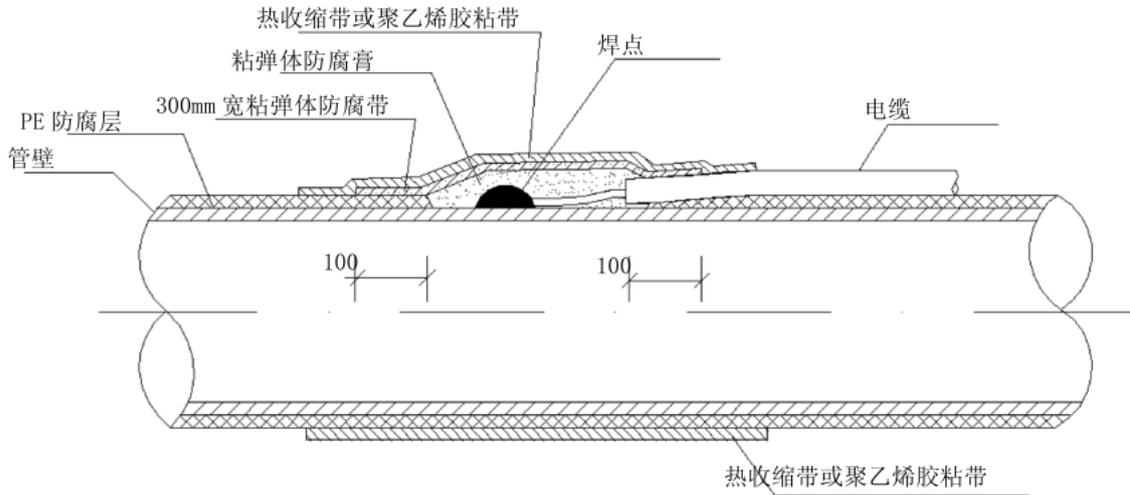
图B.9 铜焊电缆焊接图

单位: mm



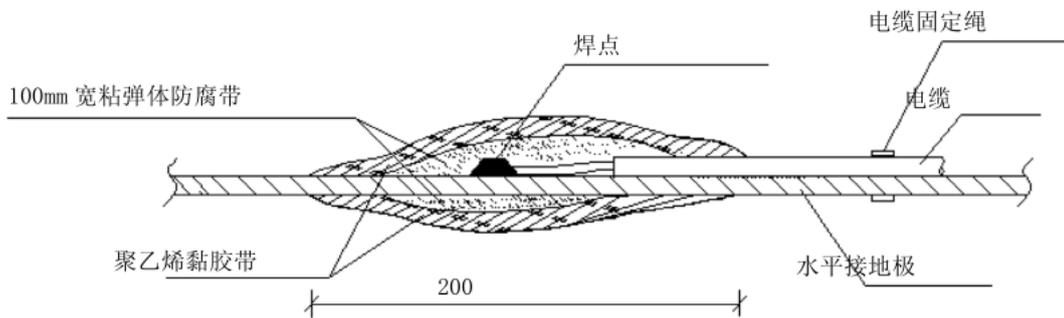
图B.10 铝热焊电缆焊接图

单位：mm



图B.11 电缆与管道焊接处防腐密封图

单位：mm



图B.12 电缆与接地极焊接点防腐密封图

B.7 固态去耦合器基墩制造

B.7.1 固态去耦合器基墩制造由图B.13 和图B.14 组成。

B.7.2 基墩基底置于均匀密实土层,地基承载力不小于 80 kPa。

B.7.3 地脚螺栓由 $\varnothing 12$ mm 圆钢制,地脚螺栓两端螺纹长各 30 mm,配螺母、垫片。

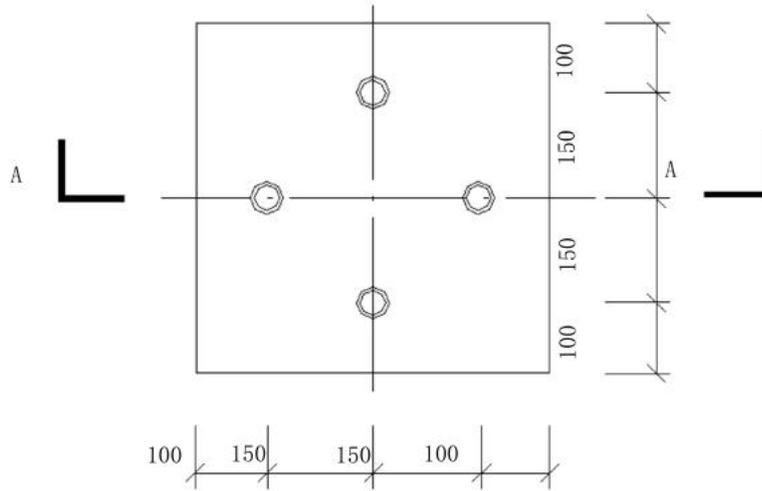
B.7.4 每个固态去耦合器基墩制造所需设备、材料见表B.6。

表B.6 每个固态去耦合器基墩制造工程量

编号	名称及型号(规格)	单位	数量	备注
1	圆钢 $\varnothing 12$	mm	1320	
2	地脚螺栓螺母 M12	个	4	
3	地脚螺栓垫片 M12	个	8	

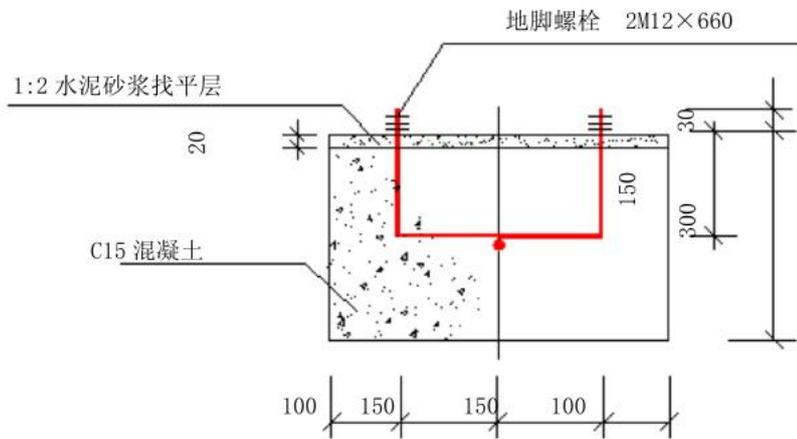
4	水泥 P.O 42.5	kg	25	
5	中砂	m ³	0.04	
6	砾石(5-40)	m ³	0.07	

单位: mm



图B.13 基墩俯视图

单位: mm



图B.14 基墩俯视图 A-A 详图

附 录 C
(资料性附录)
水工保护做法

C.1 概述

附录C 列出了常见水工保护的详细做法，统计表见表C.1，具体做法详见 图C.2~图C.13。

表C.1 常见水工保护做法统计表

具体章条	名称
C.2	挡土墙
C.3	坡式护岸
C.4	地下防冲墙
C.5	过水面
C.6	混凝土浇筑管沟
C.7	石笼护底/护岸
C.8	喷浆、锚杆挂网喷浆护面
C.9	现浇混凝土排水沟
C.10	堡坎
C.11	草袋素土护坡
C.12	混凝土压重块
C.13	平衡压袋

C.2 挡土墙

C.2.1 挡土墙的做法由图C.1 至图C.5 组成，直立式挡土墙宜用于填方段，仰斜式挡土墙宜用于挖方段。表C.2 至表C.5 给出了常见岩土承载力参考特征值，工程量表见表C.6 至表C.9。

C.2.2 墙身用强度等级不低于 C15 的混凝土或块石混凝土浇筑，墙顶抹成 5%的外斜坡。

C.2.3 排水孔，采用 DN100 的 PVC 管，孔距 2.0 m，品字形布置，在进水口设反滤层。

C.2.4 挡墙伸缩缝间距 10~20 m，缝中填塞沥青麻絮或其他有弹性的防水材料，缝宽一般为 20 mm~30 mm，深度应不小于 200 mm。迎水面用沥青止水。

C.2.5 挡墙基础：

——土质地基埋深不小于 1.0 m，岩质地基应置于表面风化层以下 0.25 m。

C.2.6 挡土墙基底 1:m：土质地基逆坡坡度不大于 1:10，岩石地基逆坡坡度不大于 1:5。

C.2.7 基础埋置要求：

a) 土质及软质岩石地基，最小基础埋深不宜小于 1 m。岩质地基，基底应置于基岩表面风化层以下 0.25 m。墙趾前有排水沟时基础埋深应从排水沟底算起。

b) 受水流冲刷时，基底应置于冲刷线以下不小于 1 m。

- c) 挡土墙墙体砌出地面后，基坑必须及时回填夯实，压实系数不小于 0.90，墙后土体应待墙身强度超过 75%后再回填，压实系数不小于 0.90，分层压实厚度不大于 0.3 m，并做成不小于 5%的向外流水坡，以免积水下渗影响墙身稳定。
- d) 管线下穿墙基时，应用 8 mm 厚橡胶板包裹管线，橡胶板在墙基两边各延出 0.5 m，包裹时搭接长度为 0.2 m。

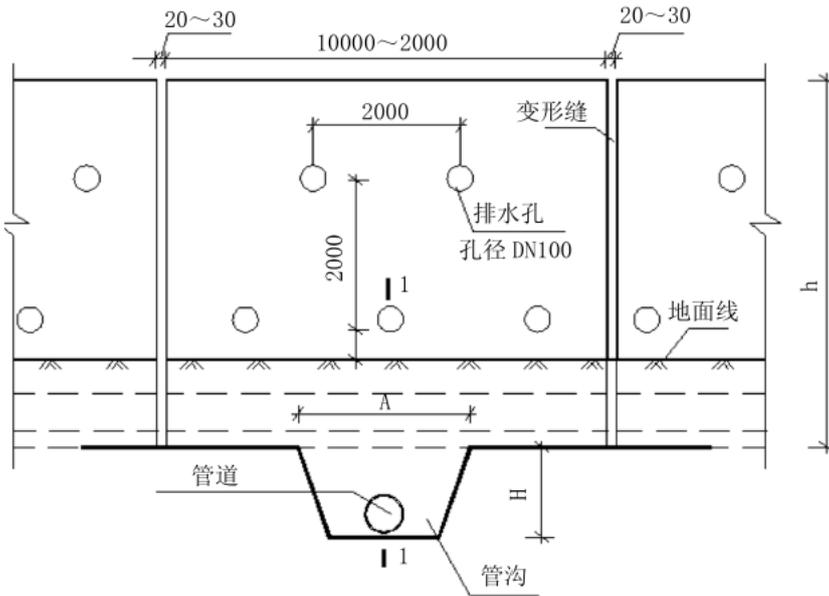
C.2.8 墙后填料要求：

- a) 挡土墙强度达到设计强度的 75%时，方可进行填土。
- b) 填料以就地取材为主，宜选用透水性较强的砂性土、砂砾、碎石、粉煤灰等；当选用粘性土作填料时，宜掺入适量的砂砾、碎石等；不得选用膨胀土、淤泥质土、耕作土作填料，并按施工质量验收规范要求分层夯实，夯实时应注意勿使墙身受到较大的冲击影响。

C.2.9 应根据墙体顶部地形、地貌及水体浸入情况，修建排水沟或封闭地表等措施，防止水体浸入到墙后土体内；如有地下水，应设置排水盲沟，为防积水渗入基础，底部须在最低排泄孔下部夯填至少 300 mm 厚的粘土应设置隔水层，或设置排水沟。挡土墙式护岸不得改变原岸坡的形式和原沟道过水断面，两端须圆滑过度嵌入原岸各 1 m，用作一般挡土墙时，嵌入 0.5 m~1.0 m。

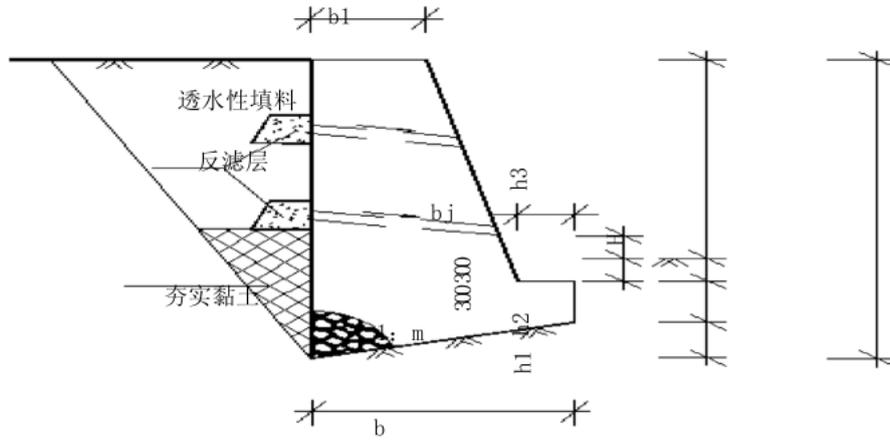
C.2.10 管径大于 500 mm 时管道穿挡土墙时采用过梁。

单位：mm



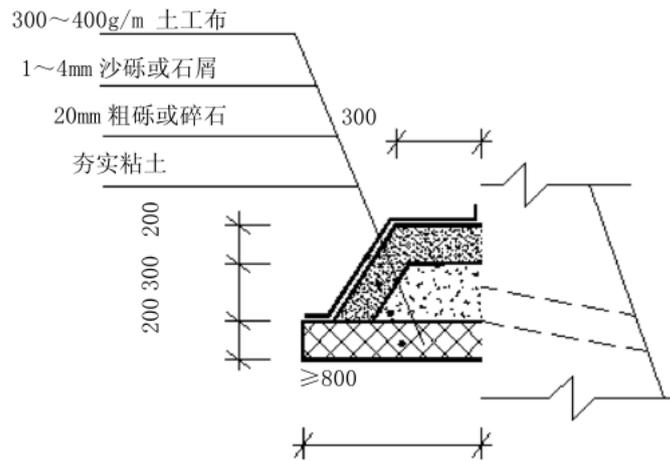
图C.1 挡土墙立面图

单位：mm



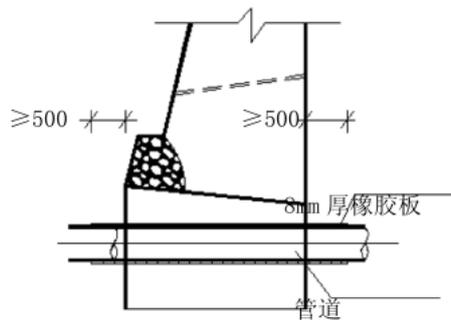
图C.2 挡土墙断面图

单位：mm

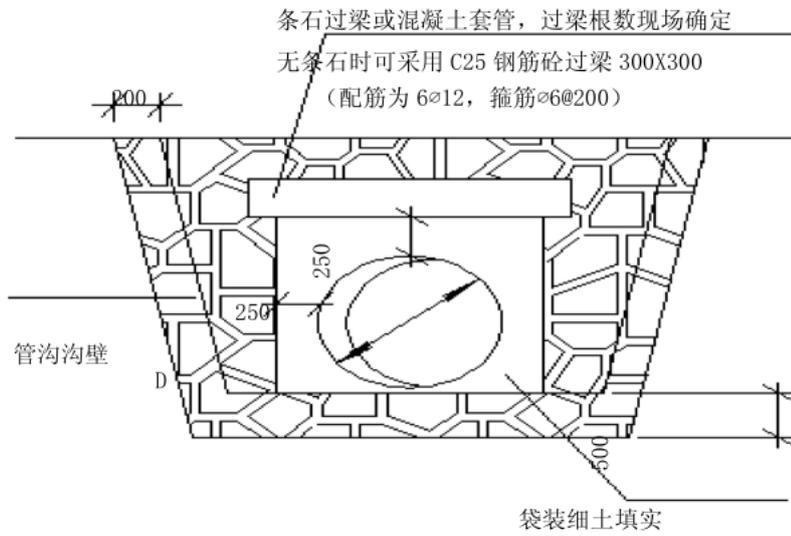


图C.3 反滤层大样

单位：mm



图C.4 挡土墙立面 1-1 剖面图



图C.5 挡土墙底管沟大样图

表C.2 岩体承载力参考特征值 (kPa)

岩性	风化程度		
	强风化	中等风化	微风化
硬岩	500~1000	1500~2500	≥4000
软岩	200~500	700~1200	1500~2000

表C.3 碎石土承载力参考特征值 (kPa)

名称	密实程度		
	稍密	中密	密实
卵石	300~500	500~800	800~1000
碎石	250~400	400~700	700~900
圆砾	200~300	300~500	500~700
角砾	200~250	250~400	400~600

表C.4 粉土承载力参考特征值 (kPa)

孔隙比	含水率 (%)						
	10	15	20	25	30	35	40
0.5	410	390	(365)				
0.6	310	300	280	(270)			
0.7	250	240	225	215	(205)		
0.8	200	190	180	170	(165)		
0.9	160	150	145	140	130	(125)	
1	130	125	120	115	110	105	(100)

注：有括号者仅供内插用。

表C.5 粘性土承载力参考特征值

孔隙比	液性指数 IL					
	0	0.25	0.5	0.75	1.00	1.20
0.5	475	430	390	(360)		
0.6	400	360	325	295	(265)	
0.7	325	295	265	240	210	170
0.8	275	240	220	200	170	135
0.9	230	210	190	170	135	105
1.0	200	180	160	135	115	
1.1		160	135	115	105	

注：有括号者仅供内插用。

表C.6 直立式挡土墙工程量表（墙后填土水平）

抗震设防烈度 6 (0.05)、7 (0.1 g) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.30$								
编号		ZDA2	ZDA3	ZDA4	ZDA5	ZDA6	ZDA7	ZDA8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	172	237	301	396	467	537	608
	h_3	1128	2013	2899	3754	4633	5513	6392
	b	1720	2370	3010	3960	4670	5370	6080
	b_1	1150	1580	2000	2730	3220	3700	4190
	b_j	170	190	210	230	250	270	290
主要参数	Ea	29	59	101	169	239	322	416
	K_s	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
	K_t	5.85	4.96	4.52	4.91	4.75	4.62	4.54
	P1	38	63	89	108	132	158	183
	P2	41	56	69	93	110	125	141
体积	V	2.87	5.93	10.02	16.73	23.67	31.75	41.08
抗震设防烈度 7 (0.15) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.30$								
编号		ZDA2	ZDA3	ZDA4	ZDA5	ZDA6	ZDA7	ZDA8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	183	270	357	483	578	672	767
	h_3	1117	1980	2843	3667	4522	5378	6233
	b	1830	2700	3570	4830	5780	6720	7670
	b_1	1260	1910	2560	3600	4330	5050	5780
	b_j	170	190	210	230	250	270	290
主要参数	Ea	29	66	117	201	289	394	514
	K_s	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11

主要参数	Kt	5.86	5.66	5.58	6.53	6.48	6.44	6.42
	P1	39	60	81	94	114	134	154
	P2	40	60	80	109	131	152	174
体积	V	3.09	6.915	12.26	21.075	30.33	41.195	53.8
抗震设防烈度 6 (0.05)、7 (0.1 g) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.40$								
编号		ZDB2	ZDB3	ZDB4	ZDB5	ZDB6	ZDB7	ZDB8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	141	194	247	323	380	437	495
	h_3	1159	2056	2953	3827	4720	5613	6505
	b	1410	1940	2470	3230	3800	4370	4950
	b_1	840	1150	1460	2000	2350	2700	3060
	b_j	170	190	210	230	250	270	290
主要参数	Ea	20	41	70	117	166	223	289
	Ks	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
	Kt	3.56	3.15	2.94	3.08	2.99	2.94	2.89
	P1	46	75	105	129	158	188	218
	P2	28	36	43	61	70	79	87
体积	V	2.25	4.635	7.86	13.075	18.45	24.745	32.04
抗震设防烈度 7 (0.15) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.40$								
编号		ZDB2	ZDB3	ZDB4	ZDB5	ZDB6	ZDB7	ZDB8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	143	211	278	375	448	520	593
	h_3	1157	2039	2922	3775	4652	5530	6407
	b	1430	2110	2780	3750	4480	5200	5930
	b_1	860	1320	1770	2520	3030	3530	4040
	b_j	170	190	210	230	250	270	290
主要参数	Ea	18	40	72	123	177	241	315
	Ks	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
	Kt	2.88	2.81	2.75	2.99	2.97	2.95	2.94
	P1	56	87	120	144	175	206	237
	P2	19	28	36	56	66	77	87
体积	V	2.29	5.145	9.1	15.675	22.53	30.555	39.88
注：墙高不在此范围内可内插进行计算。								

表C.7 直立式挡土墙工程量表（墙后填土坡角 $\leq 45^\circ$ ）

抗震设防烈度 6 (0.05)、7 (0.1g) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.30$								
编号		ZDC2	ZDC3	ZDC4	ZDC5	ZDC6	ZDC7	ZDC8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	128	188	248	331	395	459	523
	h_3	1172	2062	2952	3819	4705	5591	6477
	b	1060	1400	1740	2230	2590	2950	3320
	b_1	620	800	980	1310	1520	1720	1920
	b_j	170	190	210	230	250	270	290
主要参数	Ea	17	34	56	92	128	170	218
	K_s	1.32	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
	K_t	2.64	2.37	2.25	2.36	2.3	2.27	2.25
	P1	60	97	135	165	202	238	274
	P2	11	10	8	17	17	18	18
体积	V	1.68	3.3	5.44	8.85	12.33	16.35	20.96
抗震设防烈度 7 (0.15) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.30$								
编号		ZDC2	ZDC3	ZDC4	ZDC5	ZDC6	ZDC7	ZDC8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	121	161	201	258	300	342	384
	h_3	1179	2089	2999	3892	4800	5708	6616
	b	1210	1610	2010	2580	3000	3420	3840
	b_1	680	870	1060	1430	1650	1860	2080
	b_j	180	200	230	250	270	290	320
主要参数	Ea	19	37	62	102	142	189	242
	K_s	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
	K_t	2.68	2.4	2.27	2.39	2.33	2.29	2.26
	P1	59	94	130	159	194	229	264
	P2	59	94	130	159	194	229	264
体积	V	1.89	3.72	6.14	10.03	13.95	18.48	23.68
抗震设防烈度 6 (0.05)、7 (0.1 g) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.40$								
编号		ZDD2	ZDD3	ZDD4	ZDD5	ZDD6	ZDD7	ZDD8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	110	138	175	218	255	293	330
	h_3	1190	2112	3025	3932	4845	5757	6670
	b	1100	1380	1750	2180	2550	2930	3300
	b_1	490	510	630	810	930	1050	1170
	b_j	170	190	210	230	250	270	290

主要参数	Ea	17	34	56	92	128	170	218
	Ks	1.63	1.39	1.43	1.35	1.36	2.03	2.02
	Kt	2.68	2.09	2.07	2.05	2.03	2.03	2.03
	P1	55	95	125	160	192	224	256
	P2	12	1	1	1	1	1	1
体积	V	1.59	2.84	4.76	7.48	10.44	13.93	17.88
抗震设防烈度 7 (0.15) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.40$								
编号		ZDD2	ZDD3	ZDD4	ZDD5	ZDD6	ZDD7	ZDD8
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700
	h_2	112	141	180	225	263	302	342
	h_3	1188	2109	3020	3925	4837	5748	6658
	b	1120	1410	1800	2250	2630	3020	3420
	b_1	500	530	660	860	990	1130	1270
	b_j	180	200	230	250	270	290	320
主要参数	Ea	19	37	62	102	142	189	242
	Ks	1.24	1.12	1.15	1.11	1.11	1.11	1.11
	Kt	2.21	1.76	1.75	1.75	1.73	1.72	1.73
	P1	64	114	152	193	234	272	310
	P2	2	0	0	0	0	0	0
体积	V	1.62	2.91	4.92	7.78	10.86	14.53	18.76
注：墙高不在此范围内可内插进行计算。								

表C.8 仰斜式挡土墙工程量表

抗震设防烈度 6 (0.05)、7 (0.1 g) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.30$										
编号		YDA2	YDA3	YDA4	YDA5	YDA6	YDA7	YDA8	YDA9	YDA10
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700	750	800
	h_2	72	93	115	147	169	193	218	256	281
	h_3	1228	2157	3085	4003	4931	5857	6782	7694	8619
	b	720	930	1150	1470	1690	1930	2180	2560	2810
	b_1	590	930	1000	1310	1520	1750	1990	2380	2610
	b_j	170	190	210	230	250	270	290	310	340
主要参数	Ea	12	24	40	65	91	120	155	211	257
	Ks	1.32	1.32	1.34	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31
	Kt	1.99	1.89	1.86	1.91	1.88	1.89	1.92	1.96	1.95
	P1	61	90	117	142	170	193	212	239	264
	P2	14	24	38	55	68	85	109	126	142
体积	V	1.31	2.79	4.3	6.95	9.63	12.88	16.68	22.23	27.1

抗震设防烈度 7 (0.15) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.30$										
编号		YDA2	YDA3	YDA4	YDA5	YDA6	YDA7	YDA8	YDA9	YDA10
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700	750	800
	h_2	86	111	136	176	204	231	258	310	340
	h_3	1214	2139	3064	3974	4896	5819	6742	7640	8560
	b	860	1110	1360	1760	2040	2310	2580	3100	3400
	b_1	740	980	1220	1620	1890	2310	2580	3100	3400
	b_j	170	190	210	230	250	270	290	310	340
主要参数	Ea	14	27	45	74	104	138	177	241	294
	K_s	1.12	1.11	1.1	1.11	1.11	1.23	1.2	1.11	1.11
	K_t	2.04	1.85	1.79	1.88	1.85	1.82	1.81	1.92	1.9
	P1	65	103	141	168	202	239	273	292	325
	P2	11	14	17	33	40	45	53	78	87
体积	V	1.6	3.14	5.16	8.45	11.79	16.17	20.64	27.9	34
抗震设防烈度 6 (0.05) 、 7 (0.1 g) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.40$										
编号		YDB2	YDB3	YDB4	YDB5	YDB6	YDB7	YDB8	YDB9	YDB10
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700	750	800
	h_2	67	87	107	134	155	176	198	229	252
	h_3	1233	2163	3093	4016	4945	5874	6802	7721	8648
	b	670	870	1070	1340	1550	1760	1980	2290	2520
	b_1	540	720	910	1170	1380	1580	1780	2090	2310
	b_j	170	190	210	230	250	270	290	310	340
主要参数	Ea	12	24	40	65	91	120	155	211	257
	K_s	1.54	1.47	1.49	1.42	1.45	1.45	1.45	1.38	1.39
	K_t	1.73	1.62	1.61	1.63	1.61	1.61	1.61	1.61	1.61
	P1	71	110	145	184	216	251	282	330	362
	P2	3	2	7	11	20	25	36	31	40
体积	V	1.21	2.39	3.96	6.28	8.79	11.69	15.04	19.71	24.15
抗震设防烈度 7 (0.15) 度 填料内摩擦角 $\phi=30^\circ$ 基底摩擦系数 $\mu=0.40$										
编号		YDB2	YDB3	YDB4	YDB5	YDB6	YDB7	YDB8	YDB9	YDB10
墙高	H	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
截面尺寸	h_1	400	450	500	550	600	650	700	750	800
	h_2	62	84	106	136	160	183	206	242	266
	h_3	1238	2166	3094	4014	4940	5867	6794	7708	8634
	b	620	840	1060	1360	1600	1830	2060	2420	2660
	b_1	750	980	1210	1520	1760	2000	2240	2600	2850
	b_j	170	190	210	230	250	270	290	310	340
主要参数	Ea	14	27	45	74	104	138	177	241	294
	K_s	1.12	1.11	1.1	1.11	1.11	1.23	1.2	1.11	1.11

主要参数	Kt	1.58	1.49	1.46	1.46	1.46	1.45	1.44	1.45	1.44
	P1	87	137	187	237	283	332	382	435	487
	P2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
体积	V	1.37	2.73	4.54	7.2	10.08	13.41	17.2	22.59	27.55
注：墙高不在此范围内可内插进行计算。										

表C.9 管沟内工程量表管沟内方量 (m³)

管径 (mm)	管沟深度 (m)	挡墙底宽 (m)							橡胶板 (m ²)
		1.1	1.38	1.75	2.18	2.55	2.93	3.4	
219.1	1	1.74	2.18	2.77	3.45	4.03	4.63	5.38	1.27
	2	4.62	5.80	7.35	9.16	10.71	12.31	14.28	
	3	8.60	10.79	13.68	17.05	19.94	22.91	26.59	
	4	13.68	17.16	21.77	27.12	31.72	36.44	42.29	
323.9	1	1.81	2.27	2.87	3.58	4.19	4.81	5.58	1.63
	2	4.80	6.02	7.64	9.52	11.13	12.79	14.84	
	3	8.90	11.16	14.16	17.63	20.63	23.70	27.50	
	4	14.09	17.68	22.42	27.93	32.67	37.54	43.57	
406.4	1	1.84	2.31	2.93	3.66	4.28	4.91	5.70	2.04
	2	4.93	6.19	7.85	9.78	11.43	13.14	15.25	
	3	9.12	11.44	14.51	18.07	21.14	24.29	28.19	
	4	14.41	18.08	22.92	28.55	33.40	38.38	44.53	
457	1	1.86	2.34	2.96	3.69	4.32	4.96	5.76	2.30
	2	5.01	6.28	7.96	9.92	11.60	13.33	15.47	
	3	9.25	11.60	14.71	18.33	21.44	24.63	28.58	
	4	14.59	18.30	23.21	28.92	33.82	38.86	45.10	
508	1	1.88	2.35	2.99	3.72	4.35	5.00	5.80	2.56
	2	5.08	6.37	8.08	10.06	11.77	13.52	15.69	
	3	9.38	11.77	14.92	18.59	21.74	24.98	28.99	
	4	14.78	18.54	23.51	29.29	34.26	39.37	45.68	
559	1	1.89	2.37	3.00	3.74	4.37	5.02	5.83	2.81
	2	5.14	6.45	8.18	10.19	11.92	13.69	15.89	
	3	9.50	11.91	15.11	18.82	22.02	25.30	29.36	
	4	14.95	18.76	23.79	29.63	34.66	39.83	46.22	
610	1	1.89	2.37	3.01	3.75	4.38	5.03	5.84	3.06
	2	5.20	6.52	8.27	10.31	12.06	13.85	16.07	
	3	9.61	12.06	15.29	19.05	22.28	25.60	29.71	
	4	15.12	18.97	24.06	29.97	35.06	40.28	46.74	

711	1	1.89	2.37	3.00	3.74	4.37	5.02	5.83	3.57
	2	5.31	6.66	8.44	10.52	12.30	14.14	16.41	
	3	9.83	12.33	15.64	19.48	22.79	26.18	30.38	
	4	15.45	19.39	24.58	30.62	35.82	41.16	47.76	
813	1	1.86	2.34	2.96	3.69	4.32	4.96	5.76	4.08
	2	5.40	6.77	8.59	10.70	12.51	14.38	16.68	
	3	10.03	12.59	15.96	19.88	23.26	26.72	31.01	
	4	15.77	19.78	25.08	31.25	36.55	42.00	48.73	
914	1	1.82	2.29	2.90	3.61	4.23	4.86	5.64	4.59
	2	5.47	6.86	8.70	10.84	12.68	14.57	16.91	
	3	10.21	12.81	16.25	20.24	23.68	27.21	31.57	
	4	16.06	20.15	25.55	31.83	37.23	42.78	49.64	
1016	1	1.70	2.13	2.71	3.37	3.94	4.53	5.26	5.56
	2	5.56	6.97	8.84	11.01	12.88	14.80	17.18	
	3	10.51	13.19	16.73	20.84	24.37	28.00	32.50	
	4	16.57	20.79	26.36	32.84	38.41	44.14	51.22	
1219	1	1.69	2.11	2.68	3.34	3.91	4.49	5.21	5.65
	2	5.56	6.98	8.85	11.02	12.89	14.81	17.19	
	3	10.54	13.22	16.77	20.88	24.43	28.07	32.57	
	4	16.61	20.84	26.43	32.93	38.52	44.26	51.35	

C.3 坡式护岸

C.3.1 坡式护岸做法由图C.6 和图C.7 组成，工程量表见表C.9。

C.3.2 护坡采用 C15 混凝土浇筑或采用浆砌石砌筑，浆砌石中石料标号为 MU30，石料厚度不小于 15 cm，砂浆标号为 M7.5。

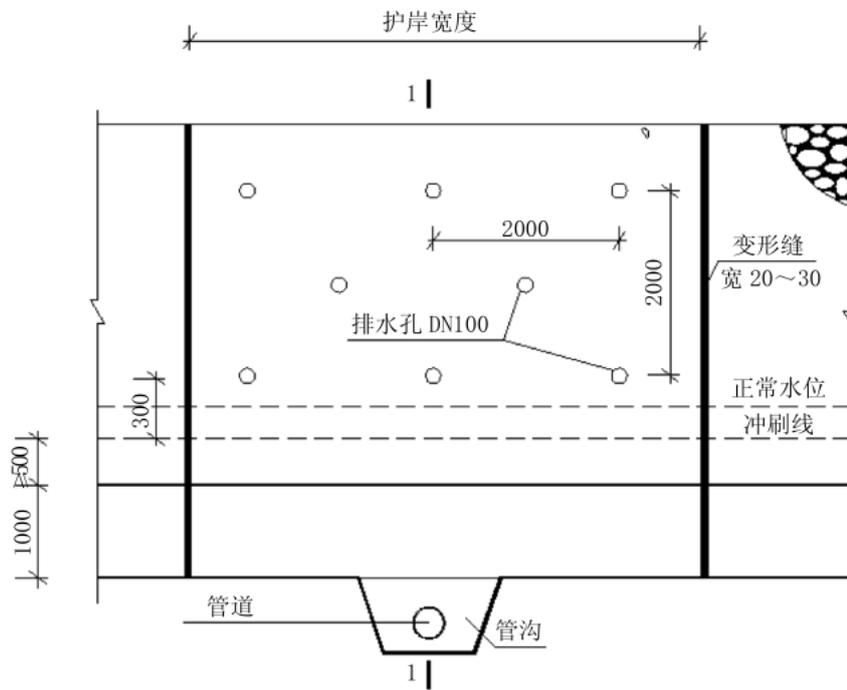
C.3.3 排水孔，采用 DN100 的 PVC 管，孔距 2.0 m，品字形布置，在进水口设反滤层。

C.3.4 埋置深度不宜小于河道冲刷线以下 1 m。

C.3.5 护岸宽度在设置时要有足够的宽度，同时设置位置应考虑水工保护设施上下游是否会出现冲刷情况，若根据现场情况需增加护岸宽度，当宽度大于 20 m 时应设置伸缩缝。

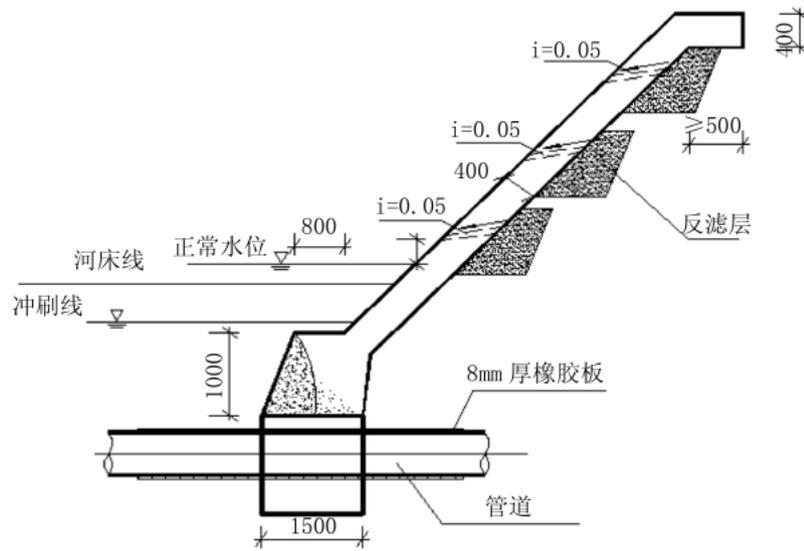
C.3.6 岸、坡后如为土质回填时，应分层夯实，压实系数不应小于 0.90；同时应注意岸身不得受夯击影响；护岸不得改变原岸坡的形式，两端须圆滑过度过渡，嵌入原岸深度应各不小于 1 m。

单位：mm



图C.6 坡式护岸立面图

单位：mm



图C.7 坡式护岸立面 1-1 剖面图

C.4 地下防冲墙

C.4.1 地下防冲墙做法由图C.8 和图C.9 组成，工程量表见表C.6。

C.4.2 采用 C15 混凝土浇筑或采用浆砌石砌筑，浆砌石中石料标号为 MU30，石料厚度不小于 20 cm，砂浆标号为 M7.5。

C.4.3 墙后分层夯填，防冲墙基坑坡比根据河床岩土性质确定，粉质粘土不小于 1:1.5，碎石土类不小于 1:2。

C.4.4 基坑回填土体距墙顶 1 m 深度，采用块石或漂石回填，墙顶及回填标高不高于原沟床标高。防冲墙设置应基本与河道垂直。

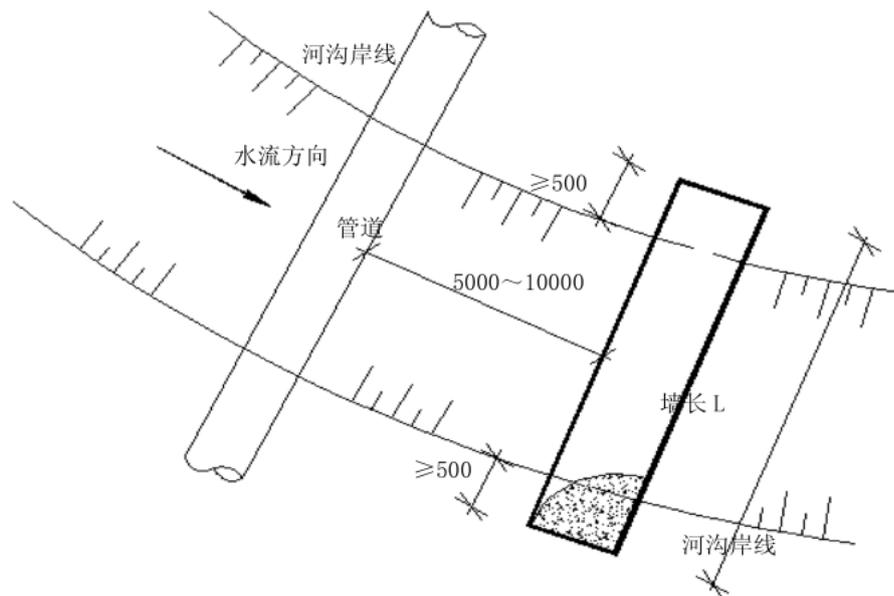
C.4.5 防冲墙走向应与水流方向、两岸垂直，两端应嵌入原岸各 0.5 m 以上或与护岸搭接。

C.4.6 地下防冲墙顶面宜与河（沟）床面齐平，不宜改变原过水断面的形状。特殊条件下防冲墙露出原河（沟）床的高度超过 500 mm 时，防冲墙后应采取防跌水措施。

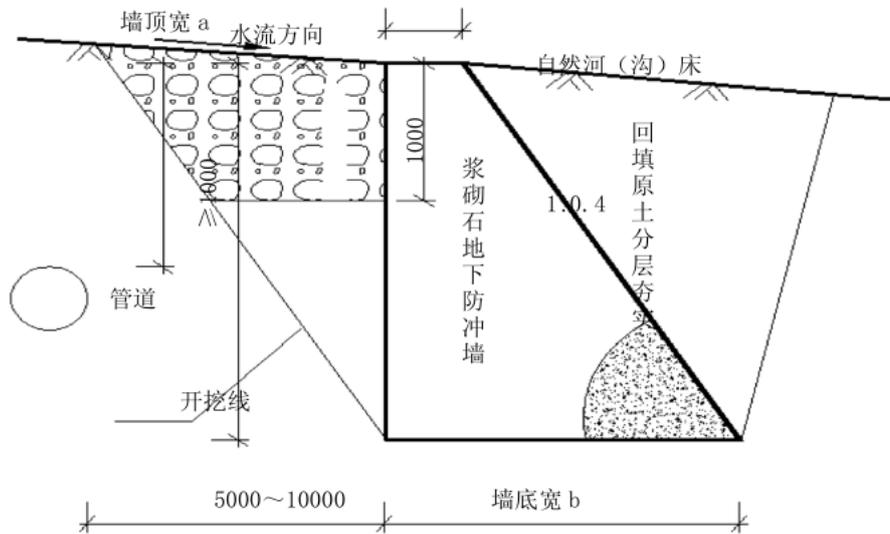
C.4.7 当河床为粘性土时，则防冲墙基础需做 150 mm 厚砂砾石垫层，并夯实处理。当河床为基岩时，则防冲墙基础进入岩层深度不应小于 300 mm。

C.4.8 当防冲墙墙身强度指标满足要求后，墙体两侧回填土必须分层夯实，夯实系数不应小于 0.90。

单位：mm



图C.8 地下防冲墙平面布置图



图C.9 地下防冲墙剖面图

表C.10 地下防冲墙主要尺寸一览表

墙高 h (m)	墙顶宽 a (m)	墙底宽 b (m)	块石/每延米 (m ³)
1.5	0.45	1.05	1.1
2.0	0.60	1.40	2.0
2.5	0.70	1.70	3.0
3.0	0.80	2.00	4.2

C.5 过水面

C.5.1 过水面做法由图C.10 和图C.11 组成, 工程量表见表C.11。

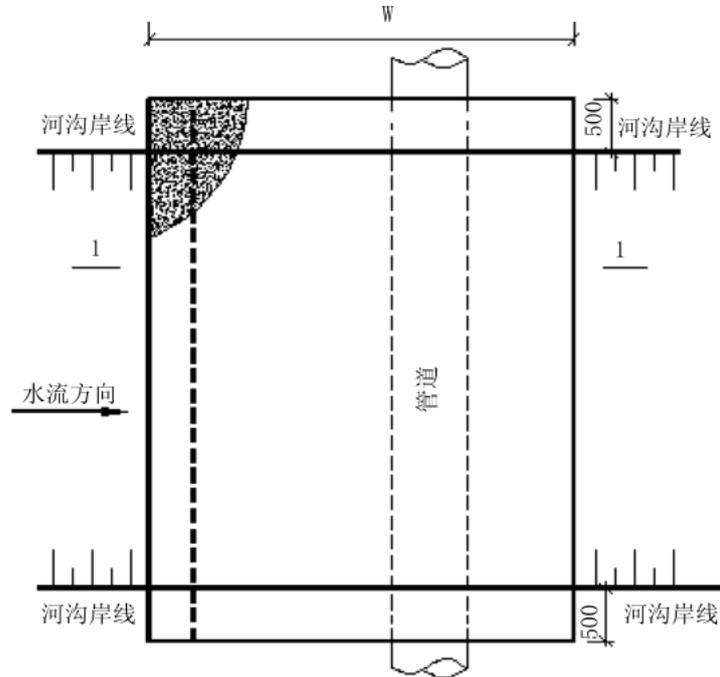
C.5.2 用于河沟护底时, 护底铺设前, 须对底部进行整平、压实处理, 两端须嵌入原岸各 0.5 m, 过水面宽度不应小于管沟上口宽度。

C.5.3 过水面用于渠底防护时, 宽 w 为管沟宽两边各延伸 1 m。

C.5.4 沉降缝:

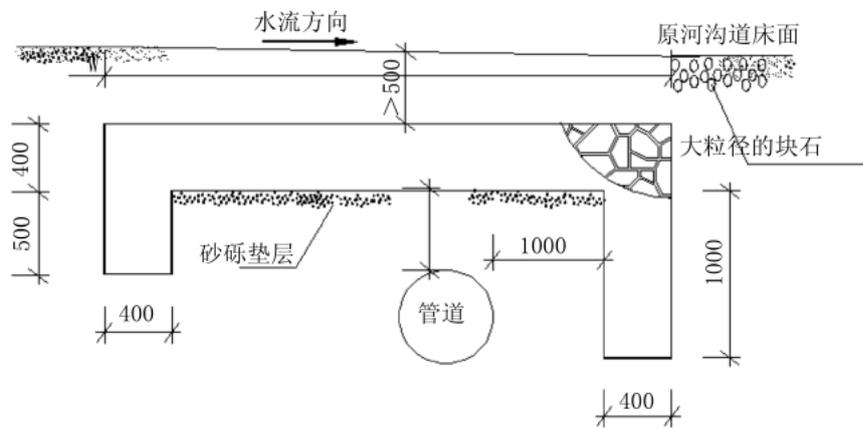
——每隔 5~20 m 设沉降缝一道, 缝宽 2 cm, 缝中填塞软木板。

单位：mm



图C.10 浆砌石过水面平面布置图

单位：mm



图C.11 浆砌石过水面 1-1 剖面图

表C.11 主要尺寸一览表

浇注宽度 W (m)	块石/每延米 (m ³)
3	1.8
4	2.2
5	2.6

C.6 混凝土浇筑管沟

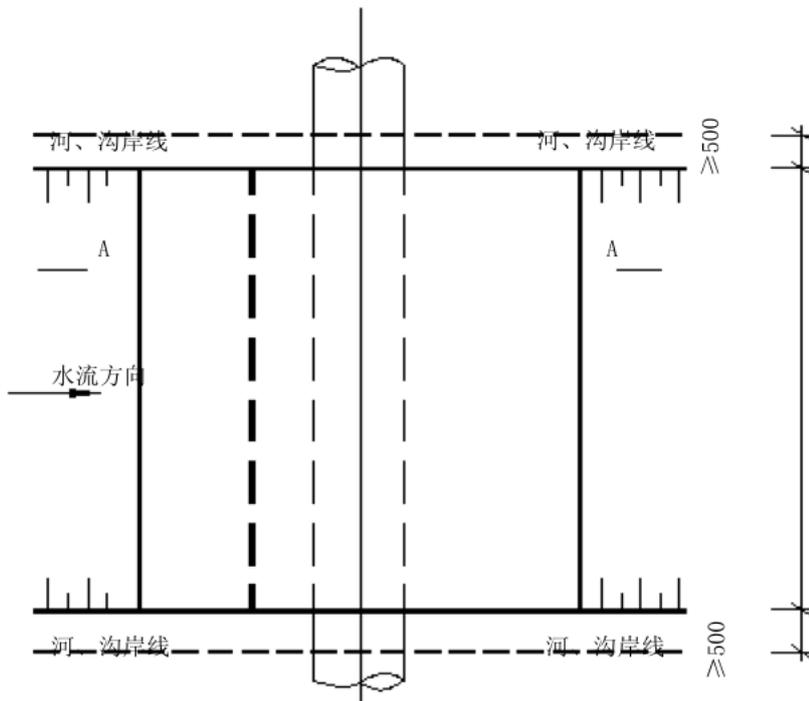
C.6.1 混凝土浇筑管沟做法由图C.12 和图C.13 组成，工程量表见表C.12。

C.6.2 混凝土浇筑管沟前用 8 mm 厚的橡胶板包裹管道，包裹时搭接 20 cm。

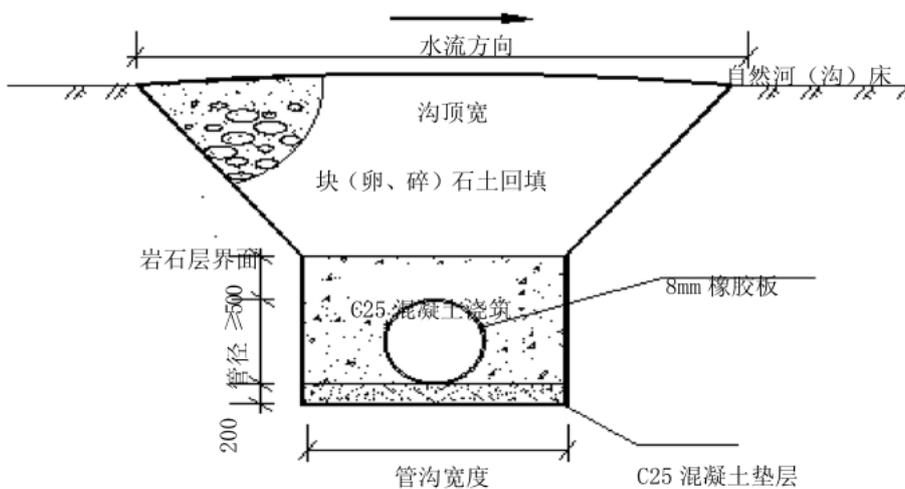
C.6.3 混凝土标号应不低于 C25，水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥，细骨料（砂子）采用粒径范围为 0.16~5.0 mm 的坚实清洁砂，粗骨料（碎石与卵石）的最大粒径不超过 40 mm。

C.6.4 管沟回填完以后，应尽可能在管沟上堆放一些粒径较大的块石或漂石，要保证与原河床面的齐平。

单位：mm



图C.12 混凝土连续覆盖平面图



图C.13 A-A 断面示意图

表C.12 混凝土连续覆盖工程量及材料表（每延米）

管径 D (mm)	混凝土体积 (m)	橡胶板 (m)
219.1	2.04	0.69
273	2.21	0.86
323.9	2.38	1.02
406.4	2.66	1.28
457	2.84	1.43
508	3.03	1.60
559	3.22	1.76
610	3.42	1.92
711	3.83	2.23
813	4.26	2.55
914	4.88	2.97
1016	5.18	3.19
1219	6.18	3.83

C.7 石笼护底/护岸

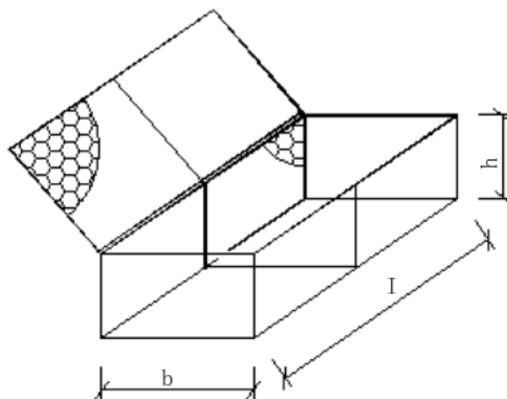
C.7.1 石笼做法

C.7.1.1 石笼做法图C.14 至图C.17 组成，工程量表见表C.13。

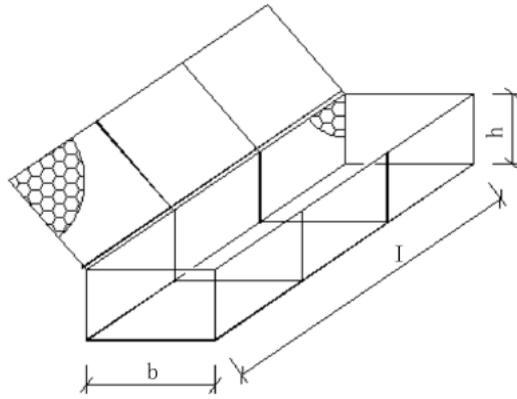
C.7.1.2 石笼应采用不小于 $\Phi 10$ 的 HRB400 钢筋做骨架，钢筋间连接采用焊接。宜采用 8# 镀锌铁丝编制网格，亦可采用机械加工成型的预制网片现场与石笼骨架绑扎。

C.7.1.3 石笼内填料应采用坚硬、重度大、浸水不崩解，未风化的石料，粒径应大于网孔。必须同时均匀地向同层的各箱格内投料，严禁将单格网箱一次性投满。填料施工中，应控制每层投料厚度在 30 cm 以下，一般一米高网箱分四层投料为宜。顶面填充石料宜适当高出网箱，且必须密实、空隙处宜以小碎石填塞。填充材料容重应不小于 1.70 吨/立方米。

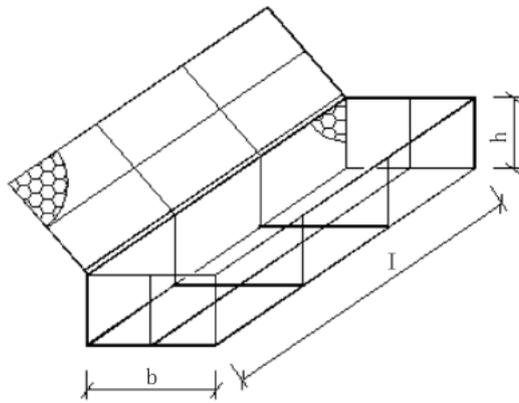
C.7.1.4 石笼的连接：单体石笼间的连接采用双股 8# 镀锌铁丝相邻接点绑扎。相邻石笼的上下四角各绑扎一道；相邻石笼的上下框线或折线，必须每间隔 25 cm 绑扎一道，必须将下方网箱一并绑扎，以求连成一体。



图C.14 I型石笼形式图

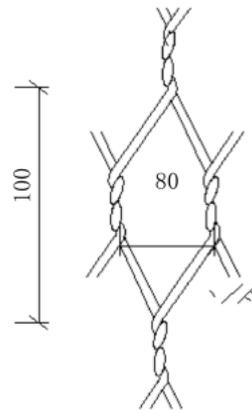


图C.15 II型石笼形式图



图C.16 III型石笼形式图

单位：mm



图C.17 六角形铁丝石笼网孔图

表C.13 铁丝石笼规格及单体工程量表

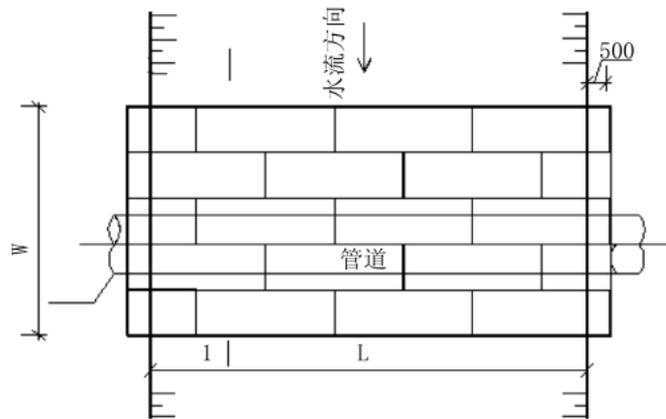
石笼规格	石笼尺寸 (m)	表面积	容量	石块厚度	Φ10 钢筋		8# 镀锌铁丝		石笼单重
	1×b×h	(m ²)	(m ³)	(cm)	长度 (m)	重量 (kg)	长度 (m)	重量 (kg)	(kg)
I	2×1×0.5	7.0	1.0	15-30	23	14.3	141	14.0	28.2
II	3×1×0.5	10.0	1.5	15-30	32	19.8	202	20.0	39.8
III	3×2×0.5	17.0	3.0	15-30	48	28.8	343	33.9	63.7

C.7.2 石笼护底

C.7.2.1 石笼护底的布置图见图C.18 和图C.19，工程量表见表C.14。

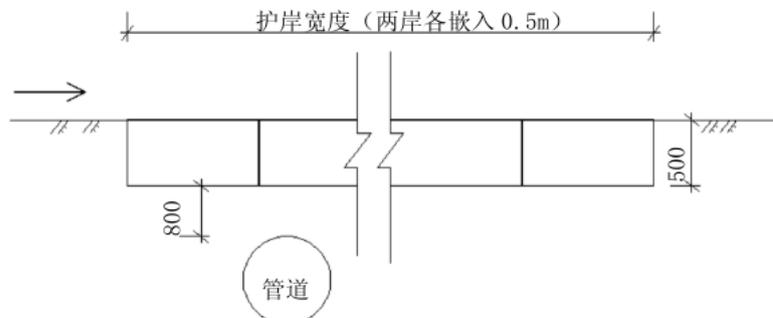
C.7.2.2 石笼铺设前须对底部进行整平、压实处理。其底部应与管顶之间保留不少于 0.8 m 的安全距离，其顶部不得高于原河（沟）床面，摆放时交错布置。摆放时，石笼的长边可垂直于水流方向，也可与水流方向平行，根据需要而定。顺水流方向的长度必须大于石笼顶到设计洪水冲刷线深度的 1.5 倍。

单位：mm



图C.18 石笼护底平面布置图

单位：mm



图C.19 石笼护岸平面布置 1-1 剖面图

表C.14 铁丝石笼护底工程量表 (L=1 m)

W (m)	名称				
	块石体积 (m ³)	Φ10 钢筋		8# 镀锌铁丝	
		长(m)	重(kg)	长(m)	重(kg)
2	1.0	23	14.3	141	14.0
3	1.5	32	19.8	202	20.0
4	2.0	46	28.5	282	27.9
5	2.5	55	34.1	343	33.9
6	3.0	64	39.7	403	39.9
7	3.5	78	48.4	484	47.9
8	4.0	87	53.9	544	53.9
9	4.5	96	59.5	605	59.9

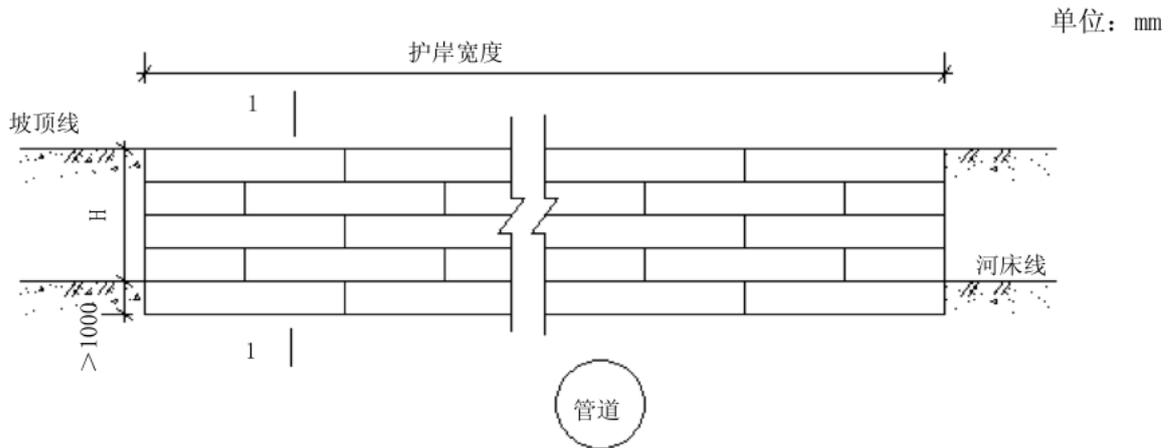
C.7.3 石笼护岸

C.7.3.1 做法由图C.20 和图C.21 组成，工程量表见表C.15。

C.7.3.2 石笼护岸底部应与管顶之间保留不少于 0.8 m 的安全距离，并间隔 3~6 m 距离横向布置条形石笼，即石笼长边垂直于岸坡，起到拉筋的作用。

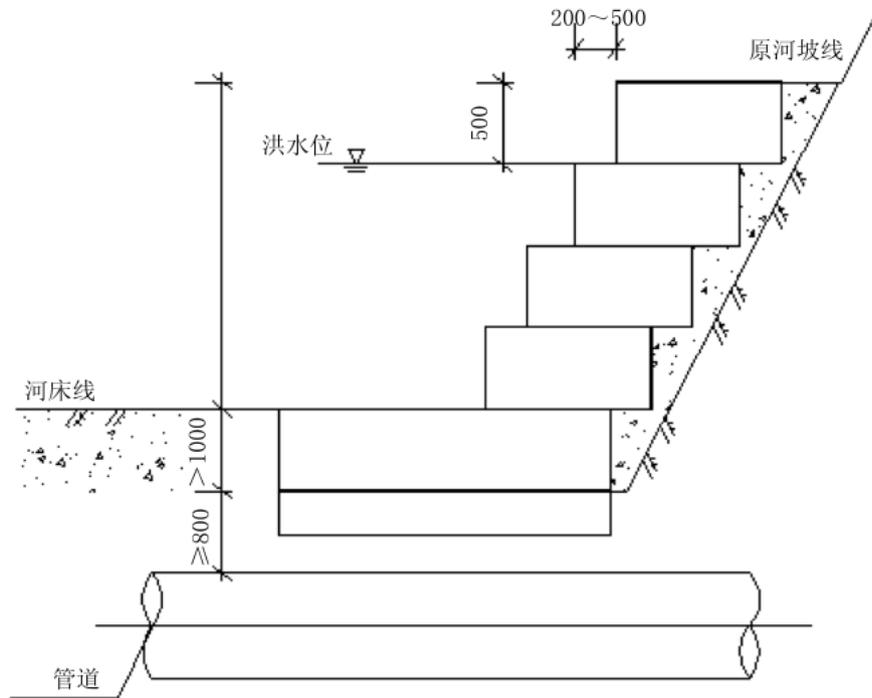
C.7.3.3 对于软弱地基应进行地基处理，采取抛石挤淤或换填。

C.7.3.4 护岸宽度现场确定。



图C.20 石笼护岸正立面图

单位: mm



图C.21 石笼护岸正立面 1-1 剖面图

表C.15 铁丝石笼护岸工程量表 (W=1m)

H (m)	名称				
	块石体积 (m ³)	Φ10 钢筋		8# 铁丝	
		长(m)	重(kg)	长(m)	重(kg)
1.0	2.0	51	31.6	302	29.9
1.5	2.5	65	40.3	383	37.9
2.0	3.0	79	49.0	464	45.9

C.8 喷浆、锚杆挂网喷浆护面

C.8.1 喷浆、锚杆挂网喷浆护面做法由图C.22 至图C.27 组成。

C.8.2 坡面防护措施可根据实际情况选用以下护面:

- 厚度不小于 80 mm 的 M10 水泥砂浆护面, 适用于较完整的基岩;
- 厚度不小于 80 mm 的 C25 混凝土护面, 适用于较完整的基岩;
- 厚度不小于 150 mm 的锚杆挂网喷 M10 水泥砂浆护面, 适用于较破碎的基岩。

C.8.3 钢筋网间距 $d=500$ 适用于喷播植物, $d=200$ 适用于喷浆、混凝土护面。

C.8.4 喷播植物时采用双网。

C.8.5 排水沟及挡土墙可按本图集选用。

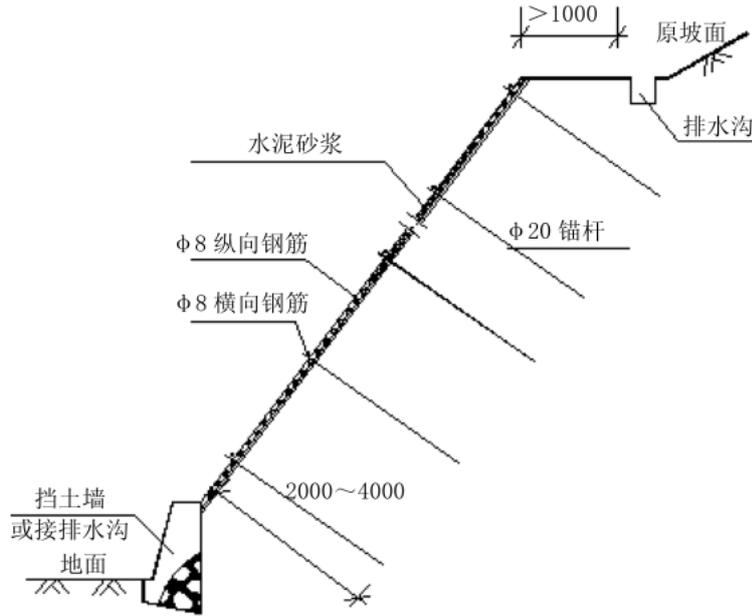
C.8.6 锚杆挂网喷浆、混凝土护面钢筋网间距由选用人员另行确定。

C.8.7 锚杆钻孔宜采用风钻成孔，并应比锚杆长度长 200 mm。

C.8.8 有机质基材应根据当地环境条件进行调整。喷护前须将边坡表面风化物、松浮石块和杂草树根等清理干净；在初凝后的第一次喷水养生时，要注意防止压力水冲坏喷浆面。

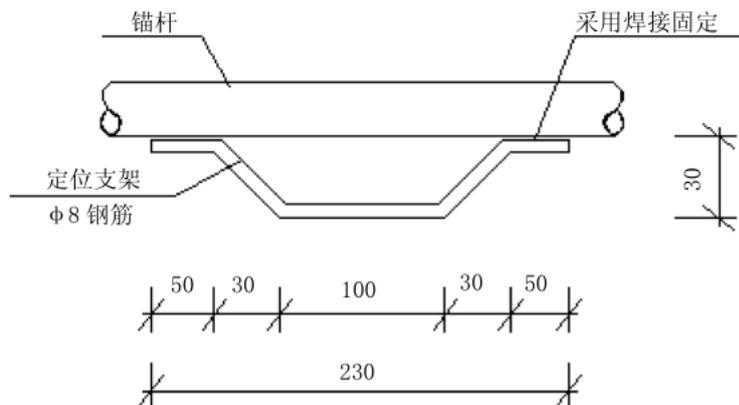
C.8.9 挂网锚固钢筋采用风钻成孔，并注入 M30 砂浆锚固，锚筋间距为 1~2 m，间距不大于锚固长度 0.5 倍。钢筋网的纵向钢筋、横向钢筋、锚杆等应作防腐处理：表面刷环氧富锌底漆两道。

单位：mm



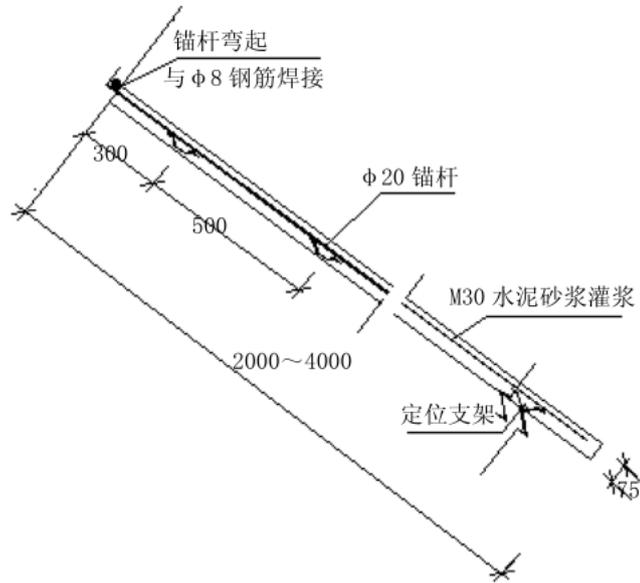
图C.22 护面剖面示意图

单位：mm



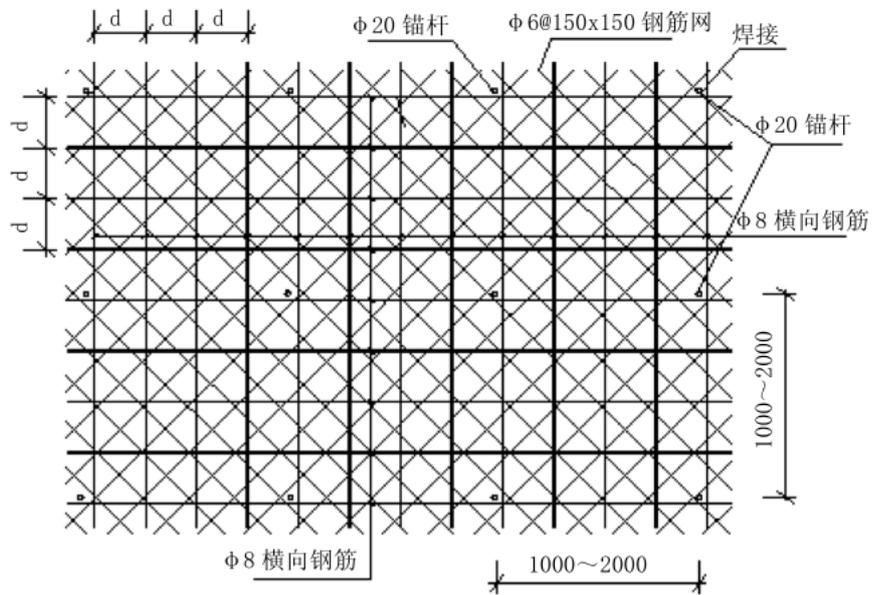
图C.23 护面锚杆定位支架

单位：mm



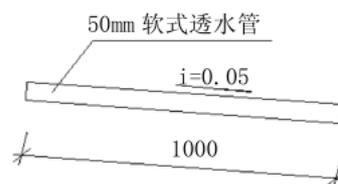
图C.24 护面锚杆大样图

单位：mm

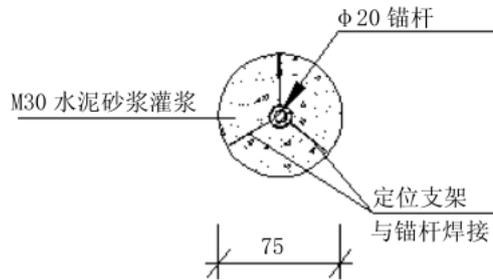


图C.25 护面细部构造图

单位：mm



图C.26 排水管大样图



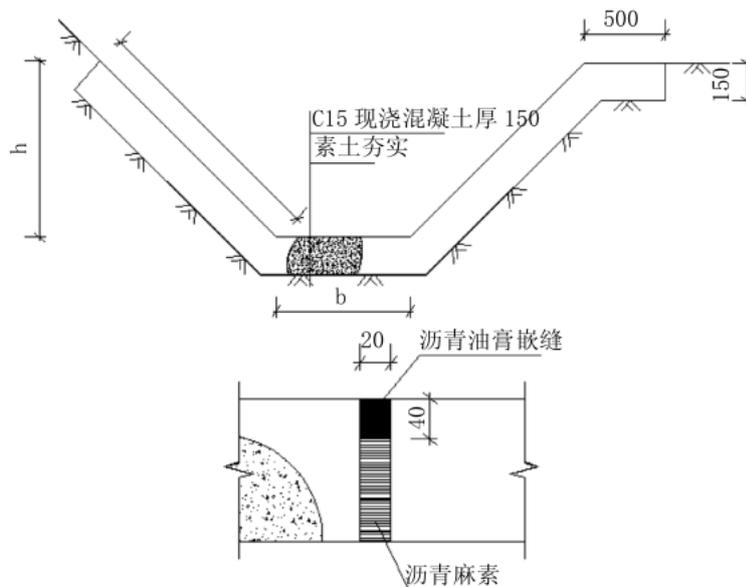
单位：mm

图C.27 锚杆横断面图

C.9 排水沟

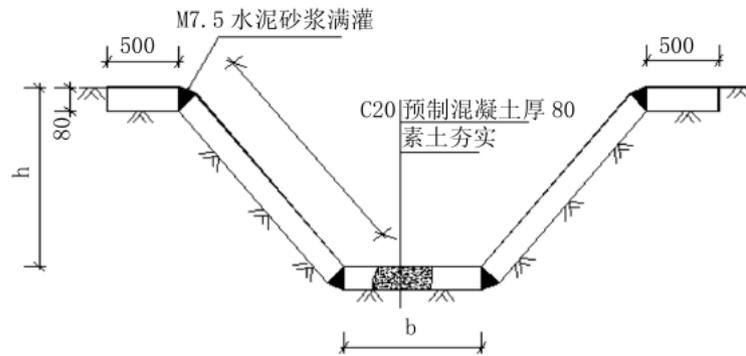
- C.9.1 排水沟分为现浇混凝土和预制混凝土两种类型，做法分别见图C.28 和图C.29，工程量表见表C.16 和表C.17。
- C.9.2 排水沟沟渠顶面应高出设计水位 200 mm 以上。排水沟较长时，应有逐级分流措施。
- C.9.3 排水沟起点和终点宜与既有沟渠平顶衔接。
- C.9.4 排水沟的纵向坡度一般不应小于 0.3%，困难地段不小于 0.2%。
- C.9.5 当引水入桥涵时，水沟沟底标高不得低于桥涵入口标高。
- C.9.6 散水或消力池用于排水沟或截水沟的端部消能排放；当排水沟端部出口置于陡坎位置，且排水沟集中水流量较小时，宜用抗冲层。

单位：mm



图C.28 现浇混凝土排水沟

单位: mm



图C.29 预制混凝土排水沟

表C.16 现浇混凝土排水沟主要工程量

主要参数 (mm)				混凝土体积/每10m (m ³)
b	m	h	L	
400	0.5	400	447	2.99
	1	400	567	3.40
	1.5	400	721	3.91
600	0.5	600	671	4.07
	1	600	849	4.67
	1.5	600	1082	5.44
800	0.5	800	894	5.14
	1	800	1131	5.94
	1.5	800	1442	6.97

表C.17 预制混凝土排水沟主要工程量

主要参数 (mm)				混凝土体积/每10m (m ³)	备注
b	m	h	L		
400	0.5	400	447	1.84	
	1	400	567	2.03	
	1.5	400	721	2.27	
600	0.5	600	671	2.35	
	1	600	849	2.64	可改为 2 块搭接
	1.5	600	1082	3.01	
800	0.5	800	894	2.87	可改为 2 块搭接
	1	800	1131	3.25	
	1.5	800	1442	3.75	

C.10 堡坎

C.10.1 常见的堡坎分为混凝土堡坎和草袋素土堡坎，堡坎做法由图C.30 和图C.31 组成，工程量表见表C.18 和表C.19。

C.10.2 堡坎的宽度 L、高度 h 随现场管沟开挖情况确定。

C.10.3 混凝土堡坎要求：

- a) 采用 C15 混凝土浇筑。
- b) 沉降缝：
——每隔 10 m 设沉降缝一道，缝中填塞沥青麻筋，沿内外顶三方填塞深度不小 0.15 m。
- c) 地基要求：
——堡坎砌出地面后，基坑必须及时夯实回填。管线与堡坎相交时，用 8 mm 厚的橡胶板包裹管线，搭接 0.2 m，在两侧各延伸 0.5 m。
- d) 坎身强度达到 75% 时，应立即填土并分层夯实，坎身不得受夯击影响。

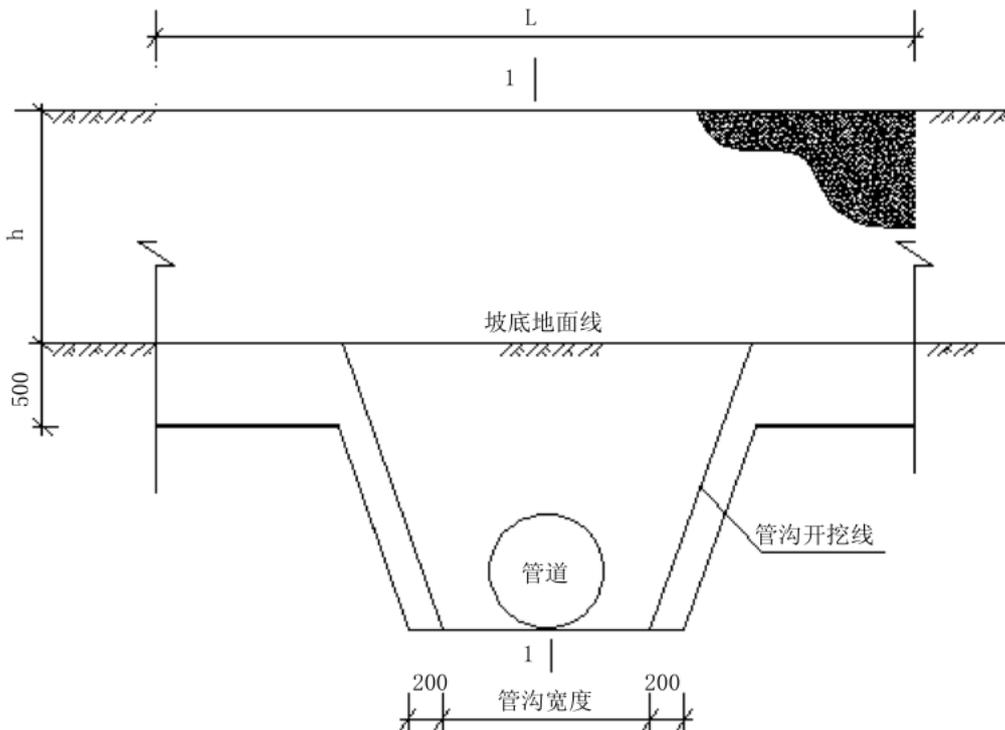
C.10.4 草袋素土堡坎要求：

- a) 采用草袋装素土码砌的形式。土料宜就地取材，不得含有大块土及碎石。每层草袋码砌完毕，必须经过压实后，方可码砌上一层草袋，码砌时交错搭接，不得形成纵向通缝。码砌时在临空面的草袋内掺入当地适合且容易生长的草籽。
- b) 坎身砌出地面后，基坑必须及时夯实回填。

C.10.5 坎后填土坡比为水平。填料以就地取材为主，可选用砂质土、卵砾石、石屑、碎（块）石土。

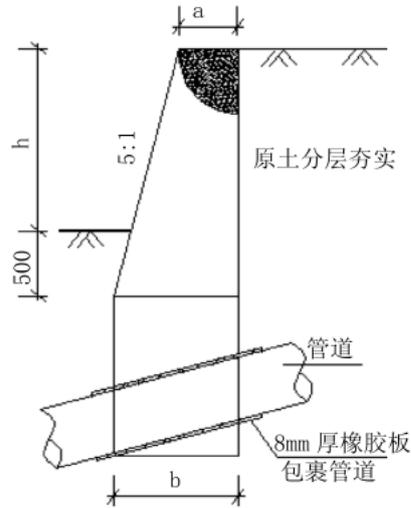
C.10.6 堡坎不得改变原田地坎的地貌，两端应圆滑过度嵌入两边稳定土体不小于 0.5 m。

单位：mm



图C.30 堡坎立面图

单位: mm



图C.31 堡坎立面图 1-1 剖面图

表C.18 每延米主要工程量

a	b	h	体积
(m)	(m)	(m)	(m ³)
0.5	0.89	1.39	0.94
0.5	0.95	1.60	1.13
0.5	1.01	1.80	1.33
0.5	1.07	2.01	1.55
0.5	1.13	2.21	1.78
0.5	1.19	2.42	2.01
0.5	1.25	2.63	2.27
0.5	1.31	2.83	2.53
0.5	1.37	3.04	2.81
0.5	1.43	3.24	3.09

表C.19 管沟内工程量 (m³)

堡坎底宽		b=0.95 m												
管径 (mm)		219.1	273	323.9	406.4	457	508	559	610	711	813	914	1016	1219
沟深 (m)	1.5	4.5	4.5	4.5	4.4	4.4	4.4	4.3	4.3	4.1	4.0	3.9	3.7	3.3
	2.5	9.0	8.9	8.9	8.9	8.8	8.8	8.7	8.8	8.6	8.4	8.3	8.1	7.7
	3.5	14.5	14.5	14.4	14.4	14.4	14.3	14.3	14.2	14.1	14.0	13.8	13.6	13.3
	4.5	21.1	21.1	21.1	21.0	21.0	20.9	20.9	20.8	20.7	20.6	20.4	20.3	19.9
堡坎底宽		b=1.19 m												

沟深 (m)	1.5	5.7	5.7	5.6	5.6	5.5	5.5	5.4	5.3	5.2	5.0	4.8	4.6	4.1
	2.5	11.2	11.2	11.2	11.1	11.1	11.0	11.0	10.9	10.8	10.6	10.4	10.2	9.7
	3.5	18.2	18.2	18.1	18.1	18.0	18.0	17.9	17.8	17.7	17.5	17.3	17.1	16.6
	4.5	26.5	26.5	26.4	26.4	26.3	26.3	26.2	26.1	26.0	25.8	25.6	25.4	25.0
堡坎底宽	b=1.43 m													
沟深 (m)	1.5	7.2	7.2	7.1	7.1	7.0	6.9	6.9	6.8	6.6	6.4	6.1	5.9	5.2
	2.5	14.3	14.2	14.2	14.1	14.0	14.0	13.9	13.8	13.6	13.4	13.2	12.9	12.3
	3.5	23.1	23.0	23.0	22.9	22.8	22.8	22.7	22.6	22.4	22.2	22.0	21.7	21.1
	4.5	33.6	33.6	33.5	33.4	33.4	33.3	33.2	33.2	33.0	32.8	32.5	32.2	31.6
橡胶板	1	1.2	1.5	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.2	3.7	4.2	4.6	5.6	

C.11 草袋素土护坡

C.11.1 草袋素土护坡做法由图C.32 至图C.34 组成，工程量表见表C.20 和表C.21。

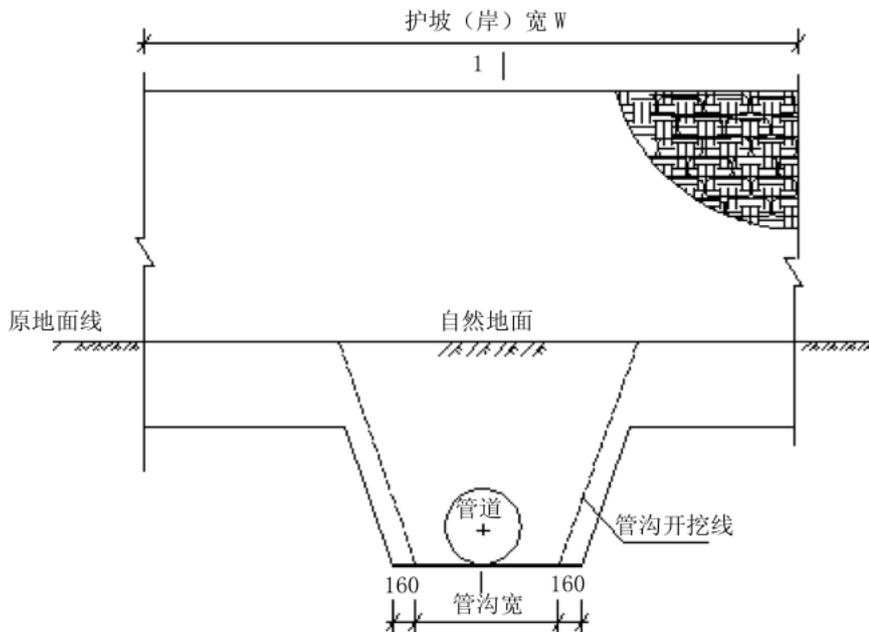
C.11.2 护坡宽度及高度根据现场情况确定。

C.11.3 基础应置于原土层中，严禁放在软土、松土或未经处理的回填土上，基坑内回填土应分层夯实，基础也可采用浆砌石。

C.11.4 设防的坡面如为原状土，则须整平。如为回填土，要求夯实、整平。

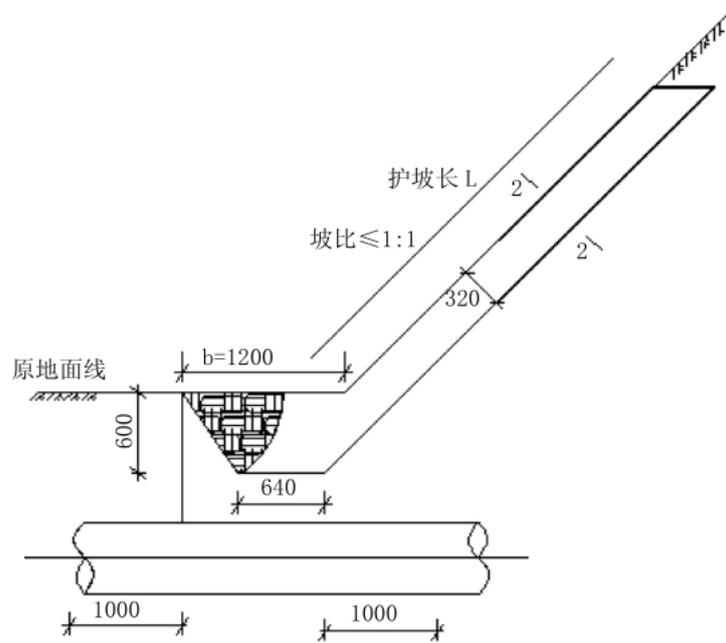
C.11.5 护坡修筑时为单层铺砌草袋装素土，草袋应交错码砌，不得形成通缝，铺砌时要进行压实，并在临空面的草袋内掺入当地适合且容易生长的草籽。

单位：mm



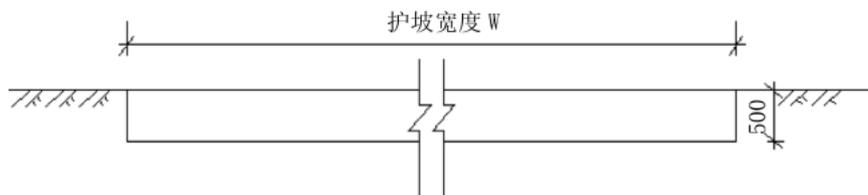
图C.32 草袋护坡正面图

单位: mm



图C.33 草袋护坡正面 1-1 剖面图

单位: mm



图C.34 草袋护坡正面 2-2 剖面图

表C.20 管沟内草袋素土工程量 (m³)

底宽 (m)	b=1.20 m														
管径 (mm)	219.1	273	323.9	406.4	457	508	559	610	660	711	813	914	1016	1219	
沟深 (m)	1.5	5.69	5.66	5.63	5.56	5.52	5.46	5.40	5.34	5.27	5.19	5.03	4.84	4.62	4.13
	2.5	11.24	11.21	11.18	11.12	11.07	11.02	10.96	10.89	10.82	10.75	10.58	10.39	10.18	9.69
	3.5	18.18	18.15	18.11	18.05	18.00	17.95	17.89	17.83	17.76	17.68	17.51	17.32	17.11	16.62
	4.5	26.49	26.46	26.43	26.36	26.32	26.26	26.20	26.14	26.07	25.99	25.83	25.64	25.42	24.93

表C.21 草袋护坡工程量表(每延米宽)

坡长 L (m)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
基础 (m ³)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
坡体 (m ³)	0.5	0.9	1.3	1.7	2.1	2.5	2.9	3.3	3.7	4.1
合计 (m ³)	1.5	1.9	2.3	2.7	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.1
草袋数量 (个)	31	39	48	56	65	73	82	91	99	108

C.12 混凝土配重块

C.12.1 配重块做法由图C.35 至图C.37 组成, 工程量表见表C.22 和表C.23。

C.12.2 压重块混凝土标号不低于 C25, 水泥采用 42.5 级普通硅酸盐水泥。

C.12.3 配重块规格及制作要求:

- ⑤号钢筋以外弧为参考间距 400 mm 摆放, ⑥、⑦号钢筋只在压重块的外侧主筋上设置、即四个角上设置, 钢筋连接可用铁丝绑扎、也可点焊。
- ①、②、③、④号钢筋采用 HRB400 热轧钢筋, ⑤、⑥、⑦号钢筋采用 HPB300 热轧钢筋。

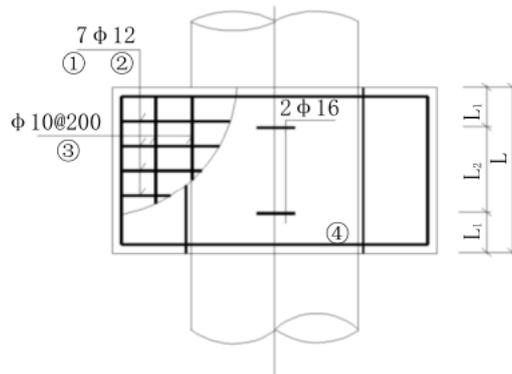
表C.22 配重块工程量表

管径 (mm)	底厚 B (mm)	砣厚度 A(mm)	外径R2 (mm)	内径R1 (mm)	高 h1 (mm)	总高 h (mm)	斜长C (mm)	压块长 L (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	单块重 (kg)	单块体积 (m ³)	橡胶板 (m ²)
219.1	230	200	325	125	150	474	178	0.4	0.1	0.2	195	0.08	1.2
273	230	200	352	152	177	528	192	0.6	0.2	0.2	333	0.14	1.7
323.9	230	200	377	177	202	579	205	0.6	0.2	0.2	372	0.16	1.9
406.4	230	200	418	218	243	661	226	0.8	0.2	0.4	578	0.25	2.7
457	230	200	444	244	269	712	239	0.8	0.2	0.4	628	0.27	2.9
508	300	260	529	269	294	823	287	0.8	0.2	0.4	932	0.41	3.2
559	300	260	555	295	330	884	300	0.8	0.2	0.4	1009	0.44	3.5
610	300	260	580	320	355	935	313	0.8	0.2	0.4	1075	0.47	3.8
660	300	260	605	345	380	985	326	1.0	0.3	0.5	1425	0.62	4.5
711	300	260	631	371	406	1036	339	1.0	0.3	0.5	1507	0.66	4.9
813	360	300	722	422	457	1178	393	1.2	0.3	0.6	2420	1.05	6.1
914	400	350	822	472	507	1329	441	1.2	0.3	0.6	3096	1.35	6.8
1016	400	350	873	523	558	1431	467	1.2	0.3	0.6	3361	1.46	7.5
1219	400	350	975	625	660	1634	520	1.2	0.3	0.6	3888	1.69	8.9

表C.23 压重块配筋表（每块）

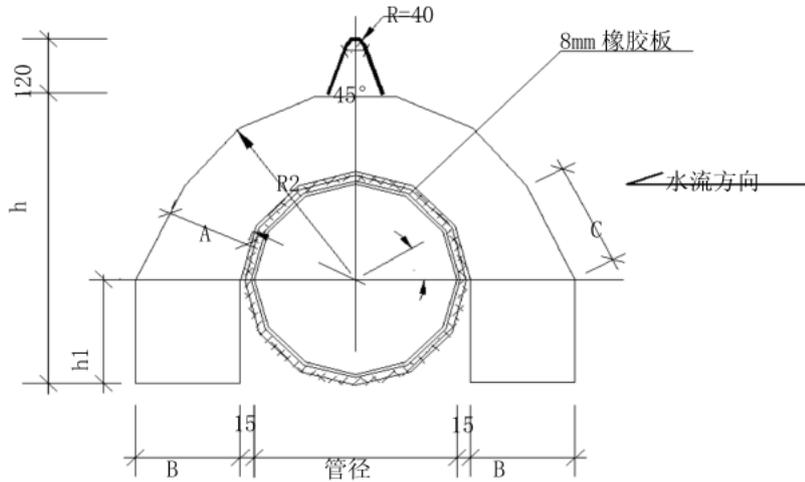
管径 (mm)	1号钢筋		2号钢筋		3号钢筋		4号钢筋		5号钢筋		6号钢筋		7号钢筋	
	单根长	根数												
	(mm)	(根)												
219.1	1279	3	510	3	450	11	809	2	202	8	232	9	217	6
273	1418	4	649	4	650	12	809	2	202	11	232	14	217	8
323.9	1548	4	780	4	650	14	809	2	202	11	232	15	217	8
406.4	1760	5	992	5	850	16	809	2	202	15	232	20	217	10
457	1889	5	1122	5	850	17	809	2	202	16	232	22	217	10
508	2208	5	1253	5	850	19	939	2	262	18	302	23	282	10
559	2359	5	1404	5	850	21	939	2	262	19	302	25	282	10
610	2490	5	1535	5	850	22	939	2	262	19	302	26	282	10
660	2618	6	1664	6	1050	23	939	2	262	24	302	33	282	24
711	2749	6	1795	6	1050	25	939	2	262	25	302	34	282	24
813	3136	7	2057	7	1250	28	1025	2	302	32	362	44	332	28
914	3551	7	2317	7	1250	31	1134	2	352	36	402	47	377	28
1016	3813	7	2579	7	1250	34	1134	2	352	38	402	51	377	28
1219	4333	7	3101	7	1250	39	1134	2	352	41	402	58	377	28

单位：mm



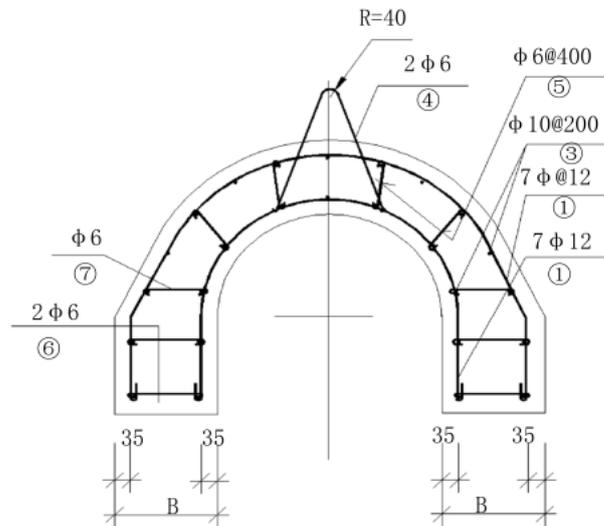
图C.35 配重块平面图

单位：mm



图C.36 配重块立面图

单位：mm



图C.37 配重块配筋图

C.13 平衡压袋

C.13.1 平衡压袋做法由图C.38 至图C.41 组成，工程量表见表C.24。

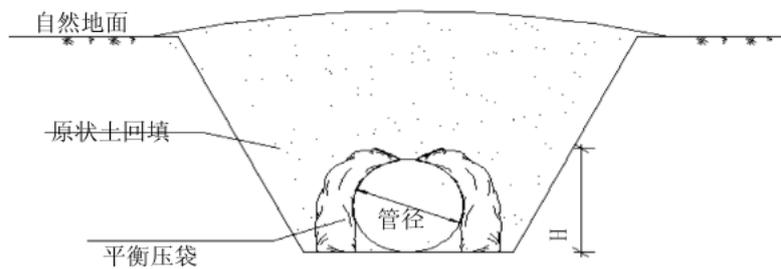
C.13.2 适用于大开挖穿越的砂、卵砾石、软土地质等水域及高地下水位地区的稳管。

C.13.3 平衡压袋计算及选用：

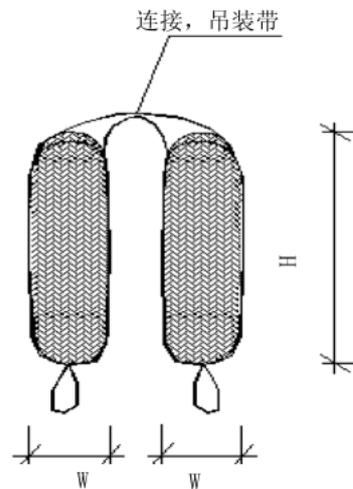
- a) 压袋内填充物密度：中粗砂密度不小于 1500 kg/m^3 ，碎石密度不小于 2100 kg/m^3 。
- b) 配重计算稳定安全系数取 1.2。

C.13.4 材料要求:

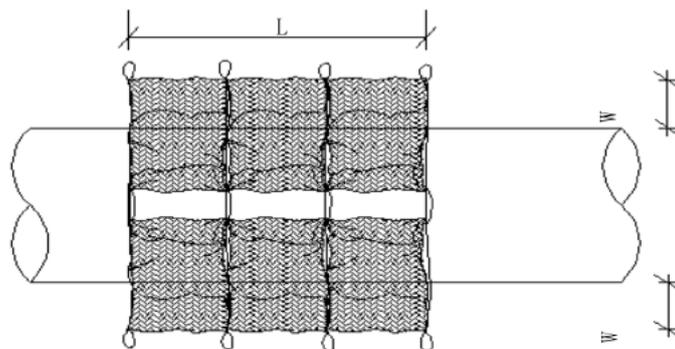
- a) 径向拉伸强度不小于 75 KN/m, 纬向拉伸强度不小于 60 KN/m; 经向最大力不小于 15 KN, 纬向最大力不小于 12 KN; 经向撕裂强度不小于 2 KN, 纬向撕裂强度不小于 1.5 KN; 顶破强力不小于 8 KN; 透水性 0.004~0.01 cm/s; 耐 10%HCL 后, 经向拉伸强度不小于 71 KN/m, 纬向拉伸强度不小于 57 KN/m; 耐 10%NaOH 后, 经向拉伸强度不小于 71 KN/m, 纬向拉伸强度不小于 57 KN/m。
- b) 缝纫线断裂强力不小于 250 N; 耐 10%HCL 后, 断裂强力不小于 240 N; 耐 10%NaOH 后, 断裂强力不小于 240 N。主体袋与吊带采用淋膜线加固缝合, 加固线断裂强力不小于 170 N; 耐 10%HCL 后, 断裂强力不小于 160 N; 耐 10%NaOH 后, 断裂强力不小于 160 N。
- c) 采用双层吊带, 其断裂强力不小于 1.8 KN \times 2; 耐 10%HCL 后, 断裂强力不小于 1.7 KN \times 2; 耐 10%NaOH 后, 断裂强力不小于 1.7 KN \times 2。



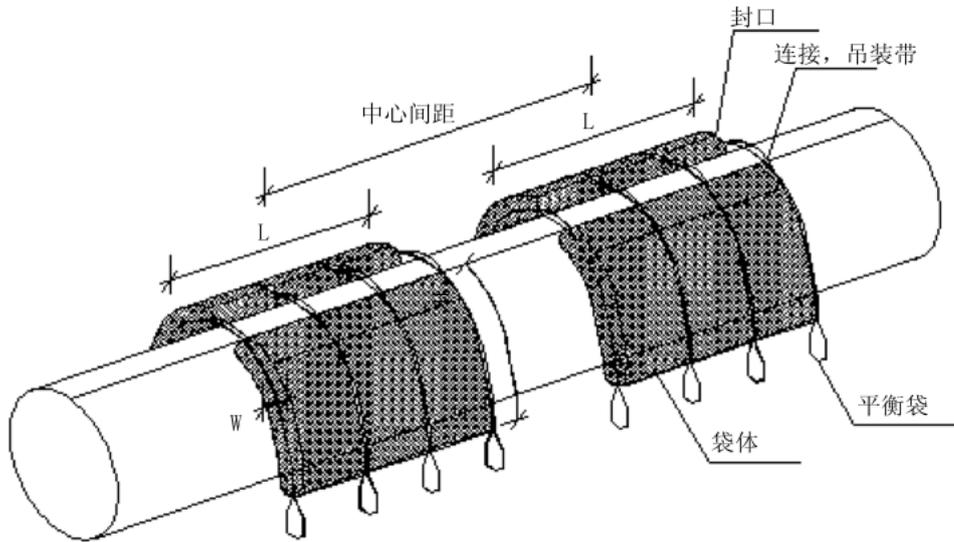
图C.38 平衡压袋稳管断面图



图C.39 平衡压袋侧立面图



图C.40 平衡压袋俯视图



图C.41 平衡压袋压载图

表C.24 平衡压袋工程量表

管径 (mm)	单位体积 (m ³)	每组压袋规格 L×W×H (cm)	每组压袋浮 容重(kg)	中心压距 (m)	每组袋数 (个)
219.1	0.04	120×30×35	185	11.8	4
273.1	0.06	120×30×40	212	7.5	4
323.9	0.08	120×30×50	265	5.4	4
406.4	0.13	120×30×60	318	3.4	4
457	0.16	180×40×70	741	5.9	6
508	0.2	180×40×75	794	5.1	6
559	0.25	180×40×80	847	4.3	6
610	0.29	180×40×85	900	3.7	6
660	0.34	180×40×90	953	3.2	6
711	0.4	180×40×100	1058	3.2	6
813	0.52	240×50×110	1940	4	6
914	0.66	240×50×125	2205	3.5	6
1016	0.81	240×50×140	2470	3.2	6
1219	1.17	240×50×165	2911	2.9	6