

# 二级水源保护区路段的道路排水设计

贾丹

北京市市政工程设计研究总院有限公司深圳分院

**摘要：**随着城市化进程的加快，越来越多城市道路进入水源保护区范围，其营运期初期雨水、冲洗水及突发事故泄漏等废水不加收集处理将引起城市用水安全问题。本文以深圳市某道路为例，介绍了穿越二级水源保护区道路的设计标准，排水系统布置，排水收集及处理方案，以供相关人士参考。

**关键词：**二级水源保护区；初期雨水；初雨池；事故应急池

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.19.108

## 引言

饮用水水源关系到民生，同时与生态环境和经济息息相关。其安全问题关系国计民生、社会稳定和国家发展，国家制定了完善的法律法规保障饮用水安全。根据《中华人民共和国水污染防治法》和《饮用水水源保护区污染防治管理规定》等规定，禁止在一级水源保护区内新建、扩建与供水设施和保护水源无关的建设项目；禁止在二级水源保护区内新建、改建、扩建排放污染物的建设项目。

水源的保护不仅可以保障饮用水安全，还能维持生态平衡和生物多样性，防止水土流失。但近年来，城市的飞速发展和道路交通的大规模建设，不可避免地进入水源保护区范围，激发了城市建设与水环境安全的矛盾<sup>[1-2]</sup>。道路对水源保护区水安全的影响主要包括施工期的影响和营运期的影响。施工期间的挖、填工程，将造成一定的地表裸露地表。营运期的初期雨水、隧道冲洗废水、事故废水等若不经收集和处理直接排入水源保护区，将会对饮用水水源造成污染，引发水安全问题甚至事故。因此，对经过水源保护区的道路采取有效的排水设计，是保护水源保护区饮用水安全的需要，是减少水污染和洪涝灾害，保护水资源的可持续利用的主要路径。本文以深圳市东部过境高速公路工程为例，探讨该道路在穿越水源保护区的排水设计。

## 一、项目概况

在本次研究中，将深圳东部过境高速公路为研究案例。工程项目路线基本为西南—东北走向，是形成《珠江三角洲城镇群协调发展规划》中“十三纵”之一的“粤赣高速”的组成部分；并通过与“沿海高速”及“博深高速”相交，形成以香港为起点的、向粤东地区以及华南东部沿海地区发散的重要交通通道。路线全长32.5公里，其中莲塘隧道北出口至盐排立交（K3+285~K10+219）路段月7km位于深圳水库二级水源保护区内。

深圳水库是供应深圳特区及香港的生活和工业用水的水源水库，集水面积60.5平方公里，总库容4577万立方米，水面面积314公顷。它位于深圳特区东部，沙湾河中游，是东深供水工程中不可缺少的调节水库。

根据国家相关规定可知，诸如《中华人民共和国水污染防治法》等，其中明确要求禁止在二级水源保护区内开展与排放污染物有关的建设活动。本项目的重点是控制施工期和营运期未经处理达标的路面径流（含运输车辆液体货物事故泄漏）对水库的影响。而施工期对整个项目周期而言历时较短，通过先进的施工技术，严格的管控措施等能将影响降到最低，本文着重阐述营运期的水污染风险及其对策措施。

本项目主要借鉴国外发达国家的道桥设计经验，诸如美国、英国等，并将重点放在雨水处理的方法上。根据环评报告分析的营运期污染物及事故时有害物质的组成成分，确定了初期雨水和事故废水的处理方案。即水源保护区内的路面径流（包括雨水、隧道冲洗水等）统一收集，经初雨池沉淀、过滤达到排放标准后排入截污隧道，后期干净雨水经溢流管排放至附近水体；突发事故时采取应急措施产生的废水或者恰逢暴雨时产生的废水，统一收集进入应急池，等待相关部门针对性处理。

结合道路纵向及范围内污水系统，水源保护区路段内共设三个排水系统，每个系统末端设处理站一座，将统一收集的路面径流处理达标后进行有组织的排放。

## 二、污染物来源分析

营运期的污染的主要来源有：

- 1) 在遇到降雨天气时，持续的降雨会对路面产生冲刷作用，同时有径流污水产生。在此过程中，公路表面沉降大量有害物质或者大气颗粒物，这些物质会随着降雨流入水体；
- 2) 管理设施产生的废污水；
- 3) 隧道冲洗废水；
- 4) 事故废水，指在公路上发生交通事故时，车辆可能泄漏的废水，其中可能包含有机物、燃料或者化学物质。这些废水如果未经处理直接排放到环境中，会对水体造成污染。

## 三、排水设计标准

按照环评报告结论及要求，跨水源保护区路段排水工程设计标准如下：

**排水系统：**设路面路外两套排水系统，路面雨水统一收集，集中处理集中排放，路界外雨水分段自然排放。1) 路面雨水采用在土路肩外侧设边沟汇集路面径流，路堑地段设置双边沟，内侧边沟收集路面雨水，外侧边沟截排路界外雨水2) 桥梁段路面雨水通过桥上挂设雨水管道收集，导向下游集中处理。

**水源区路面径流处理：**结合线路纵坡设计、涵洞及桥梁的布置、路段的汇水面积等情况，在水源保护区范围内和敏感路段设置路面径流排出点，每个排出点设雨水处理站一座。

**雨水管渠设计重现期：**本项目雨水管渠设计重现期采用公路标准，路面和路肩表面排采用P=5a，路界内坡

面排水P=15a。

初期雨水水量标准：考虑深圳水库的重要性，本项目参考英国的设计规范，将（系统最远端）15mm的降雨量（能进入初期雨水池）作为初期雨水量。

事故应急池水量标准：按深圳市20年暴雨重现期历时20分钟的降雨量确定。

处理站工艺流程：水源保护区内的路面径流（包括雨水、隧道冲洗水等）统一收集，经初雨池沉淀、过滤达到排放标准后排入截污隧道，后期干净雨水经溢流管排放至附近水体；突发事件时采取应急措施产生的废水或者恰逢暴雨时产生的废水，统一收集进入应急池，等待相关部门针对性处理<sup>[3]</sup>。

处理站污水处置及排污去向：对雨水进行集中处理，当满足排放要求与标准后，在附近污水系统中统一排放，后期干净雨水经溢流管排放至附近水体，事故应急废水储存于应急池，等待专业人士处理。

四、排水设计方案

(一) 路面径流收集

路面雨水与路界外雨水采用不同的收集系统，路面雨水统一收集，集中处理集中排放，路界外雨水分段自然排放。

1) 路面雨水采用在土路肩外侧设边沟汇集路面径流，路堑地段设置双边沟，内侧边沟收集路面雨水，外侧边沟截排路界外雨水；

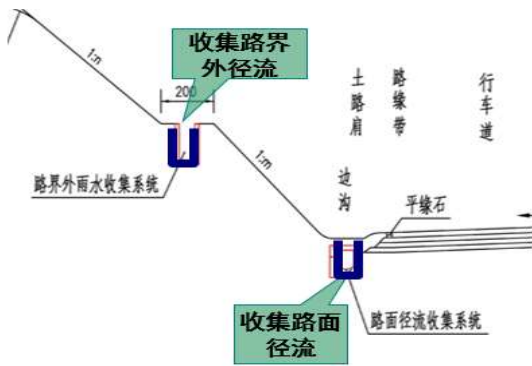


图1 挖方路路段路面径流收集示意图

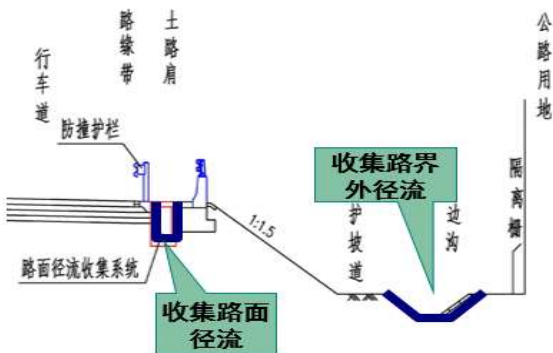


图2 填方路路段路面径流收集示意图

2) 设超高路段，超高侧的雨水流入沿路缘带设置的缝隙式集水管，通过横向排水管，流入土路肩外排水

管渠。

3) 桥梁段路面雨水通过桥上挂设雨水管道收集，导向下游集中处理<sup>[4]</sup>。

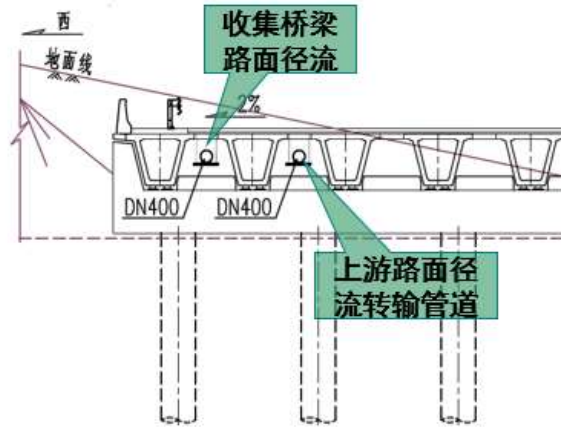


图3 桥梁段路面径流收集示意图

4) 隧道段路面雨水同路面径流系统。考虑隧道冲洗可避开雨天进行，隧道冲洗废水与路面径流公用一套管沟系统，将隧道冲洗废水排入处理站，经处理后排入截污隧道。

(二) 处理站设计

由于本项目运营期的主要污染物来源于：1) 持续的降雨对路面产生冲刷作用，致使径流污水产生；2) 隧道冲洗废水；3) 事故废水，包括机动车的机油系统泄漏，以及由突发性事故引起的机动车装载的毒害物质泄漏等。本项目在每个排出点设雨水处理站一座，包括初雨处理池和应急事故处理池，用以处理上述污染物。

1. 初雨处理池

通过分析路面雨水径流的水质可知，如果是初期雨水，其中包含的污染物质较多，但进入后期，雨水的水质相对清洁。初雨中石油类物质浓度较高，研究表明不采取任何防护措施下对水库影响最大的来自油类污染。

在初期雨水的取值和处理工艺的选择上，我国在此方面该没有制定统一的规范，缺乏可参考的资料。为确保排水设计的科学、合理，此具体设计中，将英国的设计规范作为参考，即降雨量在8~16mm时，可以看成初期雨水。初期雨量的确定，则是依照澳大利亚环保部门给出的数据，即将15mm的降雨量作为初期雨量。

通过分析欧美等国环保部门给出的统计数据可知，如果滤速低于5m，砂滤在去除悬浮物和油方面发挥重要作用，其中油的去除率达到90%，悬浮物在60%~90%之间。但在应用此方法时，需要定期更换过滤层，最好每年更换2~3次。在特大暴雨之后，应该及时清理过滤层，清理油类物质，降低过滤层堵塞概率。在滤池的池壁及池底建造时，主要利用天然土体。针对已经过滤的雨水，可以排放到污水管网。通过对上述处理工艺的合理应用，雨水能满足广东省制定的《水污染排放限值（DB44/26-2001）》第二时段一级标准。

初雨处理站内设置进水井（格栅）、初期雨水池、应急池、滤池，其中初雨池在事故时兼作应急池。

初期雨水经格栅去除塑料袋、矿泉水瓶等大粒径的固体污染物，然后暂时储存在初雨池内。采用预处理的方式对初期雨水处理，最后将处理后的水排放到配水井。滤池体积按24小时内将初期雨水处理完毕设计，过滤后雨水排入截污隧道。即初期雨水处理工艺流程为“进水→格栅→沉淀→过滤→缓冲→排入截污隧道”。

降雨前后期无须切换阀门，当应急池水位达到设计水位时，直接从进水池前溢流堰溢流。

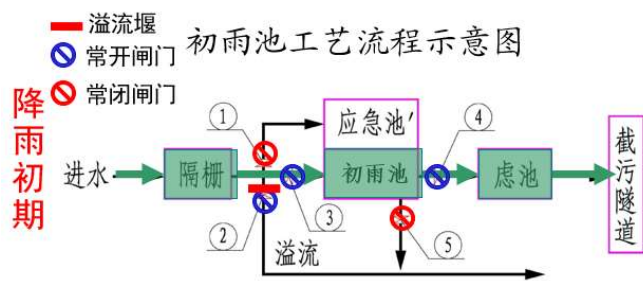


图4 初雨池工艺流程示意图

## 2. 事故应急池

在水源保护区路段，由于车祸发生概率大，部分车辆会泄油品、有毒化学品等，致使有害物质流入水库，最终对饮用水、生产用水水源造成污染。为解决此问题，提升设计的可行性，可以根据现场情况设计一座突发事故应急池，并且设置在每个路面雨水处理站，达到对有害物质截流的目的。如果是在雨天发生突发事故时，在降雨量确定时，相关部门应该在事故发生后20分钟之内赶到现场，结合实际现状制定紧急处理措施。

在容量设置方面，需要将深圳市20年暴雨重现期历时20分钟的降雨量作为基准，科学设置，具体可以分为2格，其中一格为初雨池兼用。如果车辆转载的是有毒化学品且出现泄漏情况，先排至应急池一格，此时初雨池进水闸3关闭，放空闸门⑤打开放空，放空速度快于应急池的充满速度，放空后关闭闸门⑤，有毒废水从上格溢流入初雨池。有毒废水暂存在两池中等待进一步处理。

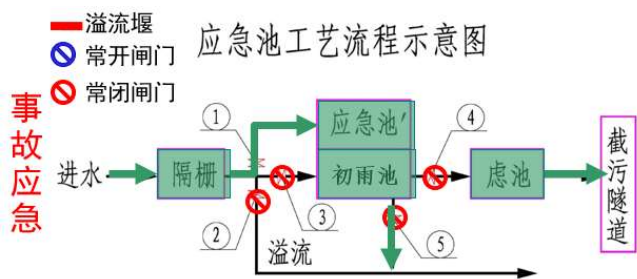


图5 事故应急池工艺流程示意图

在高速公路的中央控制室内的电子屏上可以显示全线雨水处理站内设置的每个电动闸门的工作状态。电动闸门的启闭采用中央控制室远程控制和就地控制两种控制方式。为监测水源保护区路段全线的运行情况，及时发现路段上会出现的突发事故，可以安装电子监控系统。在事故发生时，系统会将信息快速传递给中央控制室，相关人员在接到信息后，二十分钟内达到事故现场并合理处理。

## 五、其他工程及管理措施

作为一项系统工程，要保证水源保护区水安全，需要各方面工程保障和管理保障。

其他工程措施：1) 设两套排水系统，路面雨水统一收集进处理站，路界外清洁雨水通过路界外沟渠系统自然排放；2) 桥梁和填方路段设双防撞墙，防止车辆外翻进入水源保护区；3) 不在水源保护区道路开口；4) 将电子监控系统安装在水源保护区路段，全线、实时监控，保证事故发生时能第一时间发现。

运营管理要求：1) 禁止装载有毒、有害物品的车辆进入本高速公路行驶；采取措施减少对路面径流的污染；3) 加强维护工作，以便水处理以及应急设施设备能始终处在稳定运行状态；4) 应配置相应的劳动卫生防护具，确保工作人员的人身安全；5) 建立监控系统、报警系统，对涉水源保护区路段实施实时监控，保证危险事故在出现时能及时应对。6) 配备必要的应急处理设备、物资。

## 结语

随着越来越多的道路进入水源保护区范围，城市建设与水环境安全的矛盾也日益凸出。通过设置路面路外两套排水系统，将路面径流统一收集输送至处理站，达标后有组织地排放至排水系统，能有效减少初雨及隧道冲洗水对水源保护区水质的破坏，也能防止突发事故时有毒有害物质对水质的污染。同时，结合其他工程措施及后期有效的运营管理措施，能保证水源保护区水安全。

## 参考文献

- [1] 田寿. 公路穿越饮用水水源保护区的防护措施[J]. 山西建筑, 2021, 47 (01): 121-123.
- [2] 刘碧娴. 跨水源保护区桥梁应急排水系统设计要点[J]. 城市道桥与防洪, 2019 (9): 119-121.
- [3] 周铖. 跨水源地保护区的桥面径流收集处理设计方案研究[J]. 城市道桥与防洪, 2020, 16 (78): 127-129.
- [4] 侯刚. 基于环保设计理念的高等级公路桥梁排水设计[J]. 2020, 交通节能与环保, 2022 (3): 111-113.