

# 导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构及其施工方法

吴翔宇 卢彤 周林

徐州市铜山区水利工程处, 中国·江苏 徐州 221100

**摘要:**一种导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构及其施工方法,属于水利水电工程领域,提供一种施工工期短、施工方便且投资较低的适用于导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构以及施工方法,所述的导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构,具体包括边坡本体,在边坡本体上部设置有交通道路,还包括混凝土齿槽基础、混凝土齿槽上部结构、块渣堆填结构和钢筋混凝土护坡。可通过借助快速建成的块渣堆填结构本身形成第一施工便道作为施工平台,可极大地加快施工进度,缩短了施工工期;同时可通过混凝土齿槽基础、块渣堆填结构以及混凝土齿槽上部结构等起到较好的护脚加固作用,大大提高了整体结构的稳定性和防冲效果。

**关键词:**导流洞;出口对岸道路边坡;防冲刷抗滑结构;施工方法

## Anti Erosion and Anti Sliding Structure and Construction Method for the Slope of the Road Opposite the Outlet of the Diversion Tunnel

Xiangyu Wu Tong Lu Lin Zhou

Xuzhou Tongshan District Water Conservancy Engineering Office, Xuzhou, Jiangsu, 221100, China

**Abstract:** An anti erosion and anti sliding structure and construction method for the slope of the road opposite the outlet of a diversion tunnel, belonging to the field of water conservancy and hydropower engineering, providing an anti erosion and anti sliding structure and construction method suitable for the slope of the road opposite the outlet of a diversion tunnel with a short construction period, convenient construction, and low investment. The anti erosion and anti sliding structure of the slope of the road opposite the outlet of the diversion tunnel specifically includes a slope body, a traffic road set on the upper part of the slope body, a concrete tooth groove foundation, a concrete tooth groove upper structure, a block slag filling structure, and a reinforced concrete slope protection. The first construction access road can be formed as a construction platform by utilizing the rapidly constructed block slag filling structure itself, which can greatly accelerate the construction progress and shorten the construction period; at the same time, good foot protection and reinforcement can be achieved through concrete tooth groove foundation, block slag filling structure, and concrete tooth groove upper structure, greatly improving the stability and anti impact effect of the overall structure.

**Keywords:** diversion tunnel; the slope of the road opposite the exit; anti erosion and anti slip structure; construction method

### 1 背景技术

在中国正修筑与规划设计多座水利水电工程,这些水利水电工程位于高山峡谷中,河床两侧边坡陡峭,施工导流均采用在山体中开挖相应的导流洞的隧洞导流方案。然而,水电工程导流洞出口水流流速极高,出口对岸多为覆盖层深厚的道路边坡,经常出现道路边坡破坏,进而导致交通道路路面塌陷的案例,如西南地区某300m级特高堆石坝导流洞对岸道路边坡每年都采用大块石串护岸并修复岸坡,却每年都被冲毁,安全隐患十分突出,且道路经常中断,给工期紧张的工程带来较大影响。此外,西南地区水电工程导流洞出口河道水位洪枯变幅大,枯期可施工时间较短,导流洞出口对岸道路边坡的防护施工时间短,难度大。

目前,常规的岸坡基础防护结构主要有木桩基础、浆

砌石基础、喷粉桩基础、沉井基础、高喷墙基础及地下连续墙基础等,木桩基础、浆砌石基础、喷粉桩基础的防护深度往往防护深度较小,对于导流洞出口高流速条件下冲刷严重的库岸防护效果甚微。一种“岸坡防冲抗滑结构”其包括地下连续墙结构,但其施工工艺复杂,投资高,施工周期长,难以适用于导流洞出口对岸道路边坡。因此,有必要研究一种适用于导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构及其施工方法。

### 2 技术方案

一种导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构,由上述的导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构施工方法施工所形成,其包括边坡本体,在边坡本体上部设置有交

通道路,还包括混凝土齿槽基础、混凝土齿槽上部结构、块渣堆填结构和钢筋混凝土护坡,混凝土齿槽基础和块渣堆填结构并列设置于边坡本体的坡脚部位,其中混凝土齿槽基础靠近边坡本体侧,块渣堆填结构靠近河道侧,混凝土齿槽基础和块渣堆填结构的上表面平齐,混凝土齿槽上部结构设置于混凝土齿槽基础上方且与边坡本体相接,钢筋混凝土护坡为层叠设置于边坡本体的坡表,钢筋混凝土护坡的下边缘与混凝土齿槽上部结构相接,钢筋混凝土护坡的上边缘与交通道路相接。

导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构施工方法,包括如下步骤:

第一步:在河道枯期开始施工,对初始的边坡本体开挖清理至稳定坡比,开挖产生的石渣料存放备用。

第二步:沿边坡本体的坡脚进行回填块石串施工,同时还利用第一步中产生的石渣料进行回填,然后用打夯机夯实以形成块渣堆填结构,并在块渣堆填结构的上表面形成第一施工便道,第一施工便道的高程高于施工期的水位高程  $H_1$  至少 0.5m。

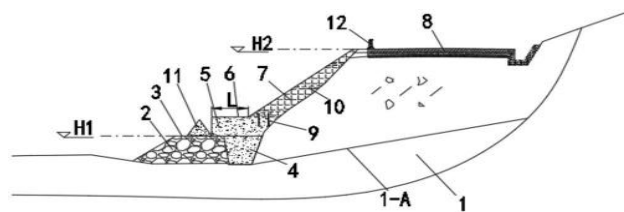
第三步:采用挖掘机在第一施工便道上沿边坡本体的坡脚进行挖掘施工以形成挖掘槽,挖掘至边坡基覆界限处,然后在挖掘槽内浇筑水下混凝土以形成混凝土齿槽基础,混凝土齿槽基础浇筑至与第一施工便道同高程。

第四步:对混凝土齿槽基础的上表面凿毛处理,然后在混凝土齿槽基础上部进行混凝土浇筑以形成混凝土齿槽上部结构,在混凝土齿槽上部结构的上表面形成第二施工便道。

第五步:在边坡本体表面进行钢筋制安,然后浇筑混凝土以形成钢筋混凝土护坡,钢筋混凝土护坡的下边缘与混凝土齿槽上部结构相接,钢筋混凝土护坡的上边缘与交通道路相接,钢筋混凝土护坡的顶高程高于汛期水位  $H_2$  至少 0.5m。

### 3 附图说明

导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构的示意图见图 1。



图中:1—边坡本体;1-A—边坡基覆界限;2—块渣堆填结构;3—第一施工便道;4—混凝土齿槽基础;5—混凝土齿槽上部结构;6—第二施工便道;7—钢筋混凝土护坡;8—交通道路;9—插筋;10—排水管;11—四面体;12—防浪墙。

图 1 导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构的示意图

### 4 具体实施方式

如图 1 所示,导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构施工方法,包括如下步骤:

第一步:在河道枯期开始施工,对初始的边坡本体开挖清理至稳定坡比,开挖产生的石渣料存放备用。

第二步:沿边坡本体 1 的坡脚进行回填块石串施工,同时还利用第一步中产生的石渣料进行回填,然后用打夯机夯实以形成块渣堆填结构 2,并在块渣堆填结构 2 的上表面形成第一施工便道 3,第一施工便道 3 的高程高于施工期的水位高程  $H_1$  至少 0.5m。

第三步:采用挖掘机在第一施工便道 3 上沿边坡本体 1 的坡脚进行挖掘施工以形成挖掘槽,挖掘至边坡基覆界限处 1-A,然后在挖掘槽内浇筑水下混凝土以形成混凝土齿槽基础 4,混凝土齿槽基础 4 浇筑至与第一施工便道 3 同高程。

第四步:对混凝土齿槽基础 4 的上表面凿毛处理,然后在混凝土齿槽基础 4 上部进行混凝土浇筑以形成混凝土齿槽上部结构 5,在混凝土齿槽上部结构 5 的上表面形成第二施工便道 6。

第五步:在边坡本体 1 表面进行钢筋制安,然后浇筑混凝土以形成钢筋混凝土护坡 7,钢筋混凝土护坡 7 的下边缘与混凝土齿槽上部结构 5 相接,钢筋混凝土护坡 7 的上边缘与交通道路 8 相接,钢筋混凝土护坡 7 的顶高程高于汛期水位  $H_2$  至少 0.5m。

其中,第一步的开始施工选择在河道枯期开始,此时河道的水位处于较低状态以便于施工更加方便;而通过对初始的边坡本体 1 的表面进行混凝土浇筑施工以形成钢筋混凝土护坡 7 进行保护,同时可使得最终的坡比相对稳定,以确保最终的边坡的稳定性。

在第二步中,通过采用回填块石串施工,以在坡脚快速形成第一施工便道 3,第一施工便道 3 可作为相应的施工通道,以便于施工设备及人员的通行。块石串施工具体可为回填相对较大的块石,并进一步将第一步中产生的石渣料进行回填,及通过回填较大的块石与石渣料的混合结构,然后再用打夯机夯实以形成块渣堆填结构 2 并将其表面整理平整后作为第一施工便道 3。当然,为确保第一施工便道 3 的有效使用,实际施工时要求第一施工便道 3 的高程高于施工期的水位高程  $H_1$  至少 0.5m,施工期的水位高程  $H_1$  一般为施工枯期月份对应的导流洞出口 5 年一遇的水位,以确保施工过程中第一施工便道 3 不会被水淹没;当然一般情况下,设置第一施工便道 3 的高程比施工期的水位高程  $H_1$  高 0.5m 即可。同时第一施工便道 3 还可以在建成后作为结构护脚加固结构,大大提高了整体结构的稳定性和防冲效果。

在第三步中,采用挖掘机在第一施工便道 3 上沿边坡本体 1 的坡脚进行挖掘施工以形成挖掘槽,并且挖掘过程中可进一步设置挖掘槽挖掘至底部的硬质岩石为止,这样可使

得后续浇筑施工所形成的混凝土齿槽基础 4 的稳定性,避免后续因地基差而导致结构变形甚至垮塌。挖掘槽挖掘完成后,在挖掘槽内浇筑水下混凝土以形成混凝土齿槽基础 4,混凝土齿槽基础 4 浇筑至与第一施工便道 3 同高程;混凝土齿槽基础 4 以及块渣堆填结构 2 均可在整个结构建成后作为结构护脚加固结构,能够大大提高了整体结构的稳定性和防冲效果;同时混凝土齿槽基础 4 还进一步作为后续混凝土齿槽上部结构 5 的施工基础。

在第四步中,即为进行混凝土齿槽上部结构 5 的施工,以作为后续钢筋混凝土护坡 7 的下边缘的基础,同时还可形成第二施工便道 6;当然,第二施工便道 6 的宽度尺寸具体可优先设置为不小于 3m,这样可允许必要的施工设备的通行,以便于后续施工的交通所需。进一步还可在第四步中,进行混凝土齿槽上部结构 5 的混凝土浇筑施工过程中预埋有插筋 9,插筋 9 的部分穿出混凝土齿槽上部结构 5 后埋入第五步中浇筑的钢筋混凝土护坡 7 内;以确保混凝土齿槽上部结构 5 与钢筋混凝土护坡 7 之间的连接强度。

最后,在第五步中,则为进行钢筋混凝土护坡 7 的施工,以在初始开挖清理所形成的边坡本体 1 的坡表面形成钢筋混凝土护坡 7 起到防冲保护作用。当然,不失一般性的,钢筋混凝土护坡 7 的顶高程应当高于汛期水位 H2 至少 0.5m,汛期水位 H2 一般为施工汛期对应的导流洞出口 20 年一遇的水位;如具体设置钢筋混凝土护坡 7 的顶高程比汛期水位 H2 高 0.5m。

更为具体的,在第五步中进行钢筋制安过程中,可进一步按间排距 3m 设架立筋固定,并按 2.4m 每仓分层支设钢模板从下至上浇筑钢筋混凝土护坡 7 至顶部。而且,在浇筑钢筋混凝土护坡 7 的过程中,进一步可预埋排水管 10 以便于通过排水管 10 将边坡本体内部积水排出,以起到更好的排水作用;具体的排水管 10 可参照附图中所示位置和角度关系进行安装。

另外,在上述第一步至第五步施工完成后,还可进一步包括第六步:用水泥浆喷洒在第一施工便道 3 上,增加渣体粘结力,提高块渣堆填结构整体稳定性;将若干四面体 11 吊装放置到第一施工便道 3 上,并用钢丝绳串起形成四面体串;即进一步在第一施工便道 3 上放置若干的由混凝土预制的四面体 11 结构,以起到更好的防冲、防浪效果。

还提供一种通过上述本发明所述的导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构施工方法施工所形成的一种导流洞出口对岸道路边坡的防冲刷抗滑结构,其包括边坡本体 1,在边坡本体 1 上部设置有交通道路 8,还包括混凝土齿槽基础 4、混凝土齿槽上部结构 5、块渣堆填结构 2 和钢筋混凝土护坡 7,混凝土齿槽基础 4 和块渣堆填结构 2 并列设置于

边坡本体 1 的坡脚部位,其中混凝土齿槽基础 4 靠近边坡本体 1 侧,块渣堆填结构 2 靠近河道侧,混凝土齿槽基础 4 和块渣堆填结构 2 的上表面平齐,混凝土齿槽上部结构 5 设置于混凝土齿槽基础 4 上方且与边坡本体 1 相接,钢筋混凝土护坡 7 为层叠设置于边坡本体 1 的坡表,钢筋混凝土护坡 7 的下边缘与混凝土齿槽上部结构 5 相接,钢筋混凝土护坡 7 的上边缘与交通道路 8 相接。

其中,可通过设置块渣堆填结构 2 以及混凝土齿槽基础 4 可作为结构护脚加固结构,大大提高了整体结构的稳定性和防冲效果。而且也可作为施工过程中临时的施工平台使用,使得施工更加方便、快速。

进一步还可在交通道路 8 上靠近边坡本体 1 的一侧设置有防浪墙 12;通过防浪墙 12 可起到一定的防浪作用,降低水流涌浪到交通道路 8 上。

## 5 有益效果

①混凝土齿槽基础可以很好的起到防止底部淘刷的作用,同时对道路边坡起到很好的固脚加固作用。

②巧妙的利用最枯时段施工,采用块石串与石渣的混合回填结构形成第一施工便道,第一施工便道既可以作为后续开挖施工和水下混凝土填筑的施工平台,也可以在建成后作为结构护脚加固结构,还可以作为码放混凝土四面体串的平台,大大提高了整体结构的稳定性和防冲、防淘刷效果,且缩短了施工工期。

③设置混凝土齿槽上部结构并形成第二施工便道,其不仅可以作为施工期的临时施工平台方便后续混凝土四面体的吊装施工以及后续钢筋混凝土护坡等的施工,而且对建成后的钢筋混凝土护坡还可起到很好的底部加固作用,较好的保证了钢筋混凝土护坡的稳定性和整体结构的稳定性。

④整体结构各部位都能起到较好的防护和稳定效果,最终形成的整体承载结构体系,防护强度高,施工安全方便,对于导流洞出口高流速条件下的复杂道路边坡适应性好,防冲和整体抗滑稳定效果好。通过整体结构体系,减少了工程量,节省了工程造价。

⑤提出的施工方法通过借助快速建成的块渣堆填结构本身形成第一施工便道作为施工平台,可极大地加快施工进度,缩短了施工工期。

### 参考文献:

- [1] 薛江海.道路填方路基工程施工技术[J].科学技术创新,2019(9):2.
- [2] 王涛.钢管注浆施工技术处理填方路基裂缝研究[J].工程技术研究,2021(20):88-89.
- [3] 欧长胜.泡沫轻质土在填方路基施工中的应用探讨[J].中华建设,2020(7):2.