

# 滇中引水工程龙庆河倒虹吸深基坑穿越河流开挖技术措施

周云中<sup>1</sup> 罗祥雄<sup>2</sup> 张海涛<sup>3</sup>

1 云南省滇中引水工程建设管理局昆明分局 云南 昆明 650216

2 云南省滇中引水工程有限公司 云南 昆明 650216

3 云南省滇中引水工程有限公司 云南 昆明 650216

**摘要:** 随着我国引调水工程的不断发展,倒虹吸深基坑的开挖施工技术应用场景逐渐复杂化、多样化,本文介绍了滇中引水工程龙庆河倒虹吸深基坑穿越河流开挖技术措施,根据倒虹吸深基坑及穿越龙庆河施工特点,制定了深基坑开挖及导流等专项施工方案,避免了深基坑开挖安全风险,保证了开挖顺利开展,为滇中引水工程建设顺利推进奠定了基础。

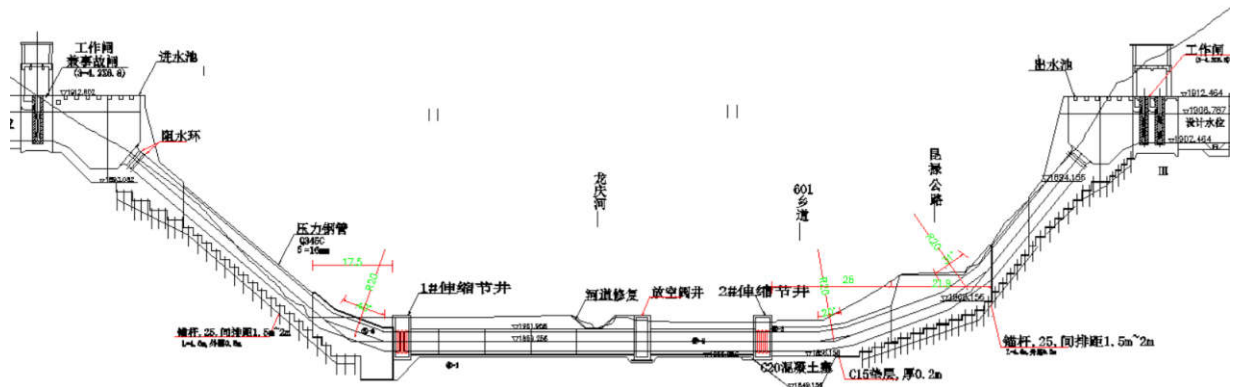
**关键词:** 倒虹吸;深基坑;河流;开挖;技术措施。

## 1 工程概况

龙庆河倒虹吸上接龙庆河隧洞,下连龙泉隧洞,采用埋式倒虹吸下穿龙庆河,倒虹吸水平长298m,实长331.598m。龙庆河倒虹吸设计流量 $80\text{m}^3/\text{s}$ ,采用3根直径4.2m压力钢管输水。龙庆河倒虹吸共布置分水阀1座,工作闸2座。倒虹吸通过的龙庆河河谷断面呈右岸陡左岸稍缓的不对称“V”型,左岸坡度一般 $20^\circ\sim 30^\circ$ ,右岸地形完整性差,陡缓变化较大,最陡 $70^\circ$ ,谷底地形平缓,宽约120m。倒虹吸通过的河床部位地下水埋深约16m,两岸地下水位均高于河谷水位且水力坡降较缓,埋深

20m~60m。根据水工布置和剖面分析,倒虹吸处以地下水位以上,开挖不受地下水影响。

龙庆河倒虹吸水平段管槽基坑:水平长度121m,桩号范围LQHS0+92.5~LQHS0+213.5。水平段管槽基坑最深处为1#、2#镇墩部位15.6m~14.8m(LQHS0+99~LQHS0+103.5、LQHS0+200~LQHS0+192);其中(LQHS0+113~LQHS0+183)段70m范围平均深度8.5m。主要施工内容有:截水沟、基坑土石方明挖、砂浆锚杆、挂网喷混凝土、排水孔、碎石垫层、C20混凝土垫层等。



## 2 主要风险

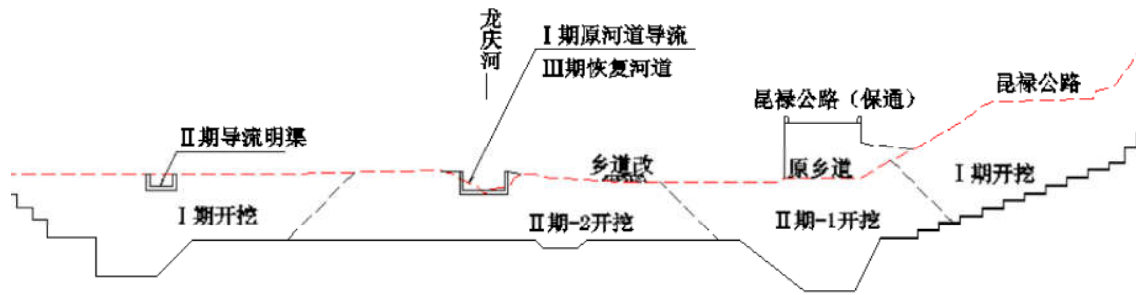
在水平段倒虹吸管槽的深基坑开挖时,主要存在的风险有:(1)围护结构变形过大或基坑边坡失稳;(2)围护结构渗水;(3)坑底承压水突涌;(4)汛期施工期发生超标洪水倒灌基坑;(5)基坑开挖后,施工时临边作业易造成高处坠落;(6)施工用电线路及照明线路搭设不规范导致触电事故的发生<sup>[1]</sup>。

## 3 施工导流

龙庆河倒虹吸导流根据水文资料及施工计划分三个阶段进行<sup>[2]</sup>。

第一阶段:由龙庆河原河床进行导流排水。开挖I期龙庆隧洞出口洞脸至LQHS0+92.5段土石方、LQHS0+92.5~LQHS0+125水平段、LQHS0+213.5至龙泉隧洞进口洞脸段土石方;II期导流明渠下部倒虹吸钢管安装及回填混凝土施工完成后回填,施工II期导流明渠。

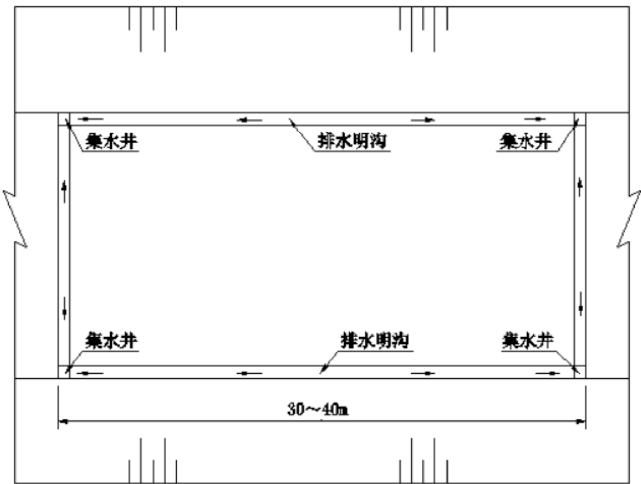
开挖示意图如下。



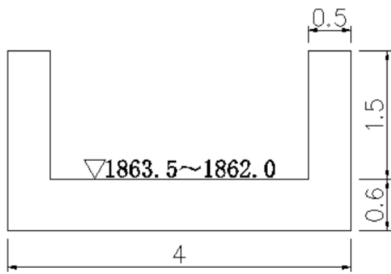
第二阶段：由龙庆河上、下游土石围堰挡水，由左岸II期导流明渠进行导流排水。

进行II期LQHS0+125.0~LQHS0+188.5水平段、LQHS0+188.5~LQHS0+213.5及其他倒虹吸剩余段施工，在河床段基坑周围设置施工围堰，围堰高程高于设计洪水水位加安全超高。汛前完成剩余河床部分倒虹吸段施工。同时，完成龙庆河河道修复施工。

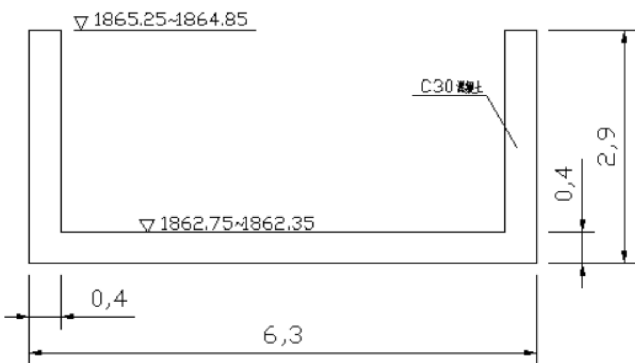
第三阶段：由修复后的龙庆河河道导流，进行两岸坡倒虹吸剩余部分及建筑物施工<sup>[3]</sup>。



导流明渠断面图



倒虹吸河道恢复结构图



#### 4 水平段管槽深基坑开挖施工

##### 4.1降低地下水位的排水措施

倒虹吸通过的河床部位地下水埋深约16m，两岸地下水位均高于河谷水位且水力坡降较缓，埋深20m~60m。根据水工布置图和剖面分析，倒虹吸处以地下水位以上，开挖不受地下水影响。

管槽基坑明沟排水示意图

4.1.1 在基坑内基础外围采用开挖明排水沟，排水沟宽40cm，深于基坑底标高50cm以上，距边坡根部30cm，采用人工开挖方法，沟内满填2-4cm石子，防止沟壁坍塌。

4.1.2 基坑四周各设一个集水井，集水井采用灰砂砖砌筑；井底低于排水沟底50cm，保证潜水泵能全部没入水中，集水井为倒棱台样式，上口宽80cm，下口宽50cm。

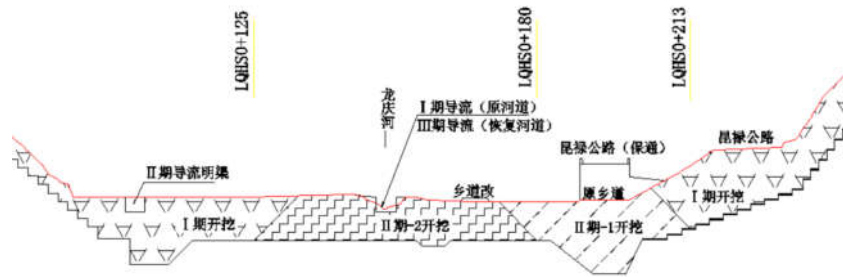
4.1.3 抽水采取自动间断式抽水，即水满则抽，无水则停的原则；根据渗水量大小，选用2.2KW潜水泵或更换较大排水量的水泵。

4.1.4 安排专人管理排水设施，定期对集水井内沉淀物进行清挖，保证潜水泵沉入水中深度，避免因水位过浅烧毁水泵。

4.1.5 集水井四周设置防护设施，防止人员不慎坠入井中受伤<sup>[4]</sup>。

##### 4.2 分期开挖

龙庆河倒虹吸开挖分2期进行，一期保通路修建完毕后，新建保通路倒虹吸下游陡坡之间，砌筑2道拦渣墙，形成隔离区挡墙高3m，第一起到保护新建保通路的作用，第二可以有效防范意外落实伤及过路的人员、车辆。



龙庆河倒虹吸分期开挖示意图

I期开挖：即龙庆隧洞出口洞脸至LQHS0+92.5斜坡段管槽、LQHS0+92.5~LQHS0+125水平段管槽、LQHS0+213.5(3#镇墩处)至龙泉隧洞进口洞脸段；开挖完成后浇筑管槽基础混凝土，随后进行3#镇墩压力钢管安装工作，3#镇墩弯管安装完成后，马上浇筑3#镇墩混凝土，然后进行3#镇墩以上的钢管安装及混凝土浇筑，此段施工完成后，原昆禄公路恢复通行。

II期开挖分两阶段：

II期-1阶段开挖LQHS0+125.000~LQHS0+188.5水平段

II期-2阶段开挖LQHS0+188.5~LQHS0+213.50水平段，此段施工完毕后，恢复原601乡道。

#### 4.3 水平段管槽基坑开挖

主要适用于I期LQHS0+92.5~LQHS0+125水平段管槽开挖；II期-1阶段LQHS0+125.000~LQHS0+188.5水平段管槽开挖；II期-2阶段LQHS0+188.5~LQHS0+213.5水平段管槽开挖；水平段管槽长度约121m，底部宽度17.6m，采用1:1.2的坡度放坡。

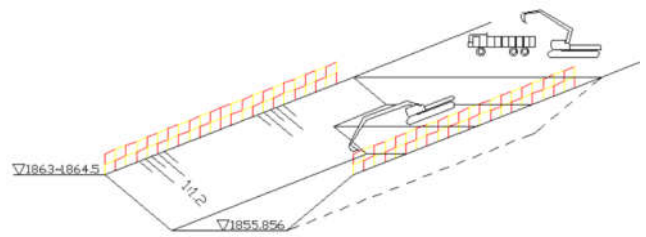
开挖底高程为1849.102~1855.856m，水平段管槽基坑最深处为1#、2#镇墩部位15.6m~14.8m(LQHS0+99~LQHS0+103.5、LQHS0+200~LQHS0+192)；其中(LQHS0+113~LQHS0+183)段70m范围，开挖深度7.19m~8.64m左右，开挖总方量约1.800万 $m^3$ 。

为提高施工安全系数，开挖时间选择在汛期后施工<sup>[6]</sup>。

4.3.1 开挖前进行测量放样，严格按照设立的开挖边线的标志进行开挖。开挖过程中随时校核开挖的平面位置、水平标高、桩号等，以确保开挖的位置、结构尺寸、高程准确无误<sup>[5]</sup>。

4.3.2 本段开挖采取分层开挖，分层高度3m，配备2台1.0 $m^3$ 挖掘机，1台TY220推土机，2台50装载机。由一台或两台挖掘机在管槽底部向上面甩渣，上面用装载机或挖掘机装车，自卸汽车运输至周家湾渣场。

水平段管槽开挖见下图。



4.3.3 采用挖掘机进行削坡，人工修整，满足施工图纸要求后，进行边坡喷锚支护施工。

4.3.4 边坡开挖和支护按高程由上至下进行施工，完成上部支护措施后方可进行下步开挖。

4.3.5 倒虹吸下穿龙庆河段应做好施工导流工作后进行开挖，开挖过程中及时进行基坑抽排水，保证干地施工，开挖边线外5m范围内不允许堆放任何物品、渣料。

4.3.6 挖掘机挖土至离槽底0.2m时停止挖掘，由人工配合挖除并清理好槽底，施工中随时作成一定的坡势，以利排水。

## 5 结束语

结合滇中引水工程龙庆河倒虹吸施工，对深基坑穿越河流开挖技术措施进行了分析，为确保深基坑安全及河流安全导流，主要做好以下几方面：一是做好施工导流，选择合适的导流方法，对防止河水倒灌基坑十分重要；二是制定合适的深基坑开挖方案，对开挖实际选择、测量控制、分层开挖工艺、资源配置等都需综合考虑。

### 参考文献：

- [1]《水利水电工程施工安全管理导则》(SL721-2015)；
- [2]《水利水电工程施工组织设计规范》(SL303-2017)；
- [3]《水工建筑物岩石基础开挖工程施工技术规范》(SL47-1994)；
- [4]《水利水电工程施工通用安全技术规程》(SL398-2007)；
- [5]《水利水电工程施工测量规范》(SL52-2015)；
- [6]《水利水电工程土建施工安全技术规程》(SL399-2007)；