

西藏某小型水库施工导流设计及思考

栾荣章¹, 王晓燕², 许宝友³

(1. 山东省水利勘测设计院有限公司, 山东 济南 250014; 2. 山东省高密市海建建筑工程有限公司, 山东 高密 261500;
3. 山东水务招标有限公司, 山东 济南 250014)

【摘要】近年来, 西藏地区陆续规划建设了一批水库, 该地区具有海拔高、氧含量低等特点。部分小型水库选址在海拔 4 500 m 以上, 现场年内冰期时间长、场地空间有限, 同时受投资限制, 导流方案设计难度大。文章以某小型水库为例, 通过分析论证选择汛期施工延长年度施工时长, 同时采取直立挡墙结构和坝下埋管克服场地空间对分期导流方式的限制, 实现了项目施工期间的导流目标, 保障了工程建设的经济和安全。

【关键词】西藏自治区; 汛期施工; 施工导流; 坝下埋管

【中图分类号】TV551.1

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2026)-07-0032-04

Construction Diversion Design and Reflections on a Small Reservoir in Xizang

LUAN Rongzhang¹, WANG Xiaoyan², XU Baoyou³

(1. Shandong Survey and Design Institute of Water Conservancy co., Ltd, Jinan, Shandong 250014, China;

2. Haijian Construction Engineering Co., Ltd., of Gaomi City, Shandong Province, Gaomi, Shandong 261500, China;

3. Water Affairs Tendering Co., LTD. Of Shandong Province, Jinan, Shandong 250014, China)

Abstract: In recent years, a number of reservoirs have been planned and constructed in Xizang. The region is characterized by high altitude and low oxygen content, with some small reservoirs sited at elevations above 4,500 m. The site features a long annual ice period, limited space, and is constrained by investment, making the design of diversion schemes highly challenging. Take a small reservoir as an example, through analysis and demonstration, this paper selects flood-season construction to extend the annual construction duration, and adopts vertical retaining wall structures and buried pipes under the dam to overcome the limitations of site space on stage diversion methods. The approach achieves the diversion objectives during project construction and ensures the economic viability and safety of the engineering works.

Key words: Xizang Autonomous Region; Flood-season construction; Construction diversion; Buried pipe under dam

西藏某新建水库项目所在地水土资源较为丰富, 但由于技术、资金等问题, 长期以来, 形成了灌溉标准低, 水利基础设施规模小, 设施简陋等现状。通过新建水库, 有效利用河道水量, 合理开发水资源, 满足现有灌域的农田、人工饲草地灌溉需求, 改善当地生态环境。水库建成后, 可为 0.14 万 hm^2 下游灌区解决灌溉用水水源。

该水库工程等别为Ⅳ等, 工程规模小(1)型, 设计总库容为 507.3 万 m^3 , 兴利库容 414.4 万 m^3 。挡水建筑物为 C15 堆石混凝土重力坝, 坝轴线长 156.0 m, 最大坝高 49.1 m, 坝顶总宽 4.5 m。泄水

建筑物由 4 个坝身溢流表孔组成, 单孔净宽 8 m, 采用 WES 实用堰。取水兼放空建筑物共 1 孔, 进水口闸门井底板高程 4 715.0 m, 闸门孔口尺寸 1-1.2 m×1.2 m(扇-宽×高), 坝顶布置启闭设施。冲排沙建筑物共 2 孔, 进水口闸门井底板高程 4 710.3 m, 闸门孔口尺寸 1-1.4 m×1.4 m(扇-宽×高), 坝顶布置启闭设施。

水库大坝建设中断了现有河道, 施工期间需要采取导流措施, 确保上游设计洪水下泄并确保

收稿日期: 2026-01-12

作者简介: 栾荣章(1979—), 男, 高级工程师

导流期间施工安全。

1 导流难点

1.1 冰期长

工程所在区域属高原严寒带半干旱气候区。空气稀薄,日照充足,昼夜温差大,干燥寒冷,只有温、寒季之别。年平均气温 3.5℃,极端最低气温-30.1℃,极端最高气温 28.2℃。年无霜期 105 d 左右。工程区域冰期为 12 月至次年 3 月,平均冰厚 5 cm,最厚可达 10 cm,基本以岸冰为主,有流冰现象,项目区最大冻土深约 1.5 m。

坝址区各施工时段设计洪水流量见表 1。

表 1 设计洪水成果表

导流时段	6—9 月	10—11 月	12—4 月	5 月
流量/(m ³ ·s ⁻¹)	20.8	2.77	1.37	0.83

工程所在区域冰期长,大幅缩短了年内适宜施工时间,增加了施工导流方案的选择难度。

1.2 空间窄

坝址处河谷下口宽约 70 m,为河谷地貌,两岸为低高山地貌。现状主河槽紧靠右侧山体,宽约 10 m。左岸山体较右岸缓,沿坝轴线方向平均坡度 33.5°,为陡坡;右岸山体陡立,沿坝轴线方向平均坡度 42.8°,为陡坡。

水库工程开挖范围内河谷揭露第四系全新统冲积洪积堆积物,两岸山体揭露第四系全新统坡积洪积堆积物,基岩为中生代侏罗纪上统维美组沉积岩,岩性主要为灰岩。第四系全新统冲积洪积堆积物(Q₄^{alp})分布于主河床及漫滩,岩性主要为含细粒土卵砾石层。第四系全新统坡积洪积堆积物(Q₄^{pld})分布于两岸山坡,岩性主要为碎石土。基岩主要为中生代侏罗纪上统维美组(J₃^{wl})沉积岩,岩性为灰岩,基岩节理裂隙发育,在库区普遍分布。

综上,坝址区河谷宽度小,两岸山体较陡,施工导流布置面临空间窄难题。

2 导流时段选择

2.1 导流工程规模

由表 1 可知,坝址处汛期洪水流量 20.8 m³/s,非汛期最大流量 2.77 m³/s,非汛期最大流量仅为汛期流量的 13.3%。经方案设计比选,汛期施工方案导流建筑物规模更大,导流建筑物所需空间

更大、布置难度更大,汛期施工方案较非汛期施工方案导流措施投资增加 430 万元。

2.2 施工进度

工程所在地区属于高原亚寒带半干旱季风气候区,根据当地气象资料分析,项目区冰期为 12 月至次年 3 月,所在地区气温低于 0℃的时间有 4 个月。

如考虑非汛期组织施工,汛期 6—9 月需停工 4 个月,冰期 4 个月不适宜安排施工,年内适宜施工的时间仅剩 4 个月,为全年时间的 1/3;汛前仅有 2 个月时间适宜施工,汛期需停止施工,汛后施工人员、机械再次进场,汛后也仅有 2 个月适宜施工时间,施工效率低,所需施工总工期长;如利用冰期施工延长年内施工时长,则大坝砌筑需采取搭设暖棚、混凝土材料加热、暖棚供暖等低温时段施工临时措施,导致项目建设成本增高,经测算,冰期施工措施费增加 790 万元。综合考虑汛期停工时长、低温时段施工降效因素以及保温措施施工时间,施工工期 38 个月。

如考虑汛期组织施工,年有效施工时长可由 4 个月延长至 8 个月,且年内可以连续施工,施工人员、设备等不再需要二次进场,有利于项目建设各工序开展,提高工程建设效率,确保尽早下闸蓄水,使水库具备调蓄供水功能,施工工期 36 个月。

综合分析可知,汛期施工方案虽然导流投资较高,但增加的措施费用较冰期施工保温措施费节省 360 万元(费用降低 45%);此外汛期施工工期较非汛期施工少 2 个月,考虑到汛期施工方案可在 11 月进行施工准备,非汛期方案开工时间需要推迟到第二年 7 月,汛期施工方案实际完工时间较非汛期施工方案提前 10 个月。为确保充分利用年内适宜施工时长、提高工程建设效率、合理控制施工措施费用,导流时段选择在冰期以外的全年时段,即 4—11 月,设计洪峰流量同汛期(6—9 月),为 20.8 m³/s。

2.3 导流方案选择

工程水库大坝坝轴线长 156.0 m,最大坝高 49.1 m,河谷系数 3.2,坝址处地形狭小,两岸山体均为陡坡。从导流建筑物空间布置要求分析,分期导流建筑物不适宜,而围堰一次拦断河床、隧洞导流方案较适宜。但由于坝址处海拔高,含氧量低(平均含氧量仅约为平原地区的 55%),隧洞

内尤其是工作面氧气含量更低,施工作业环境恶劣,洞内机械效率低。因此,高海拔地区、导流流量不大的工程,应尽可能避免选择隧洞作为导流通道,该工程选择分期导流方案。

坝址处主河槽偏右岸,左岸为滩地。考虑到河道常年有水,左岸滩地布置一期导流建筑物具备干地施工条件,施工费用较省。因此分期导流规划如下:一期导流3月到同年11月填筑一期上下游围堰及纵向围堰封闭大坝右侧基坑,利用左岸设置的一期导流明渠下泄设计洪水,进行一期基坑范围内大坝施工。二期导流为次年3—11月,填筑二期围堰挡水,利用一期已施工坝段范围内设置的导流设施下泄设计洪水,完成剩余坝体进行施工。

2.4 一期导流

1)导流建筑设计。一期导流选择结构简单、

施工便捷的明渠型式。由于坝基最大设计开挖深度16 m,覆盖层最大厚度8.1 m,覆盖层开挖临时边坡1:2,岩层开挖临时边坡1:0.75。明渠右侧距基坑需预留不小于26 m水平距离,以满足一期右岸基坑放坡开挖需要。明渠轴线偏左岸布置,大坝轴线处明渠左岸紧邻现状山体。

经水力计算,设计流量 $20.8\text{ m}^3/\text{s}$ 时明渠底宽12 m。右侧渠堤采用浆砌石结构型式。明渠结构为:左侧设计边坡1:2,右侧直墙。导流明渠进口底高程4 704.5 m,出口底高程4 700.5 m,明渠轴线长度240 m,渠底设计比降1.7%。

综合以上分析,一期导流在坝址上下游主河槽位置填筑围堰挡水,左岸明渠右侧浆砌石结构兼做一期纵向围堰,建筑物布置如图1所示。

设计洪水条件下,导流明渠渠内水流流速 2.84 m/s ,导流明渠利用筑坝石料进行护砌。护砌

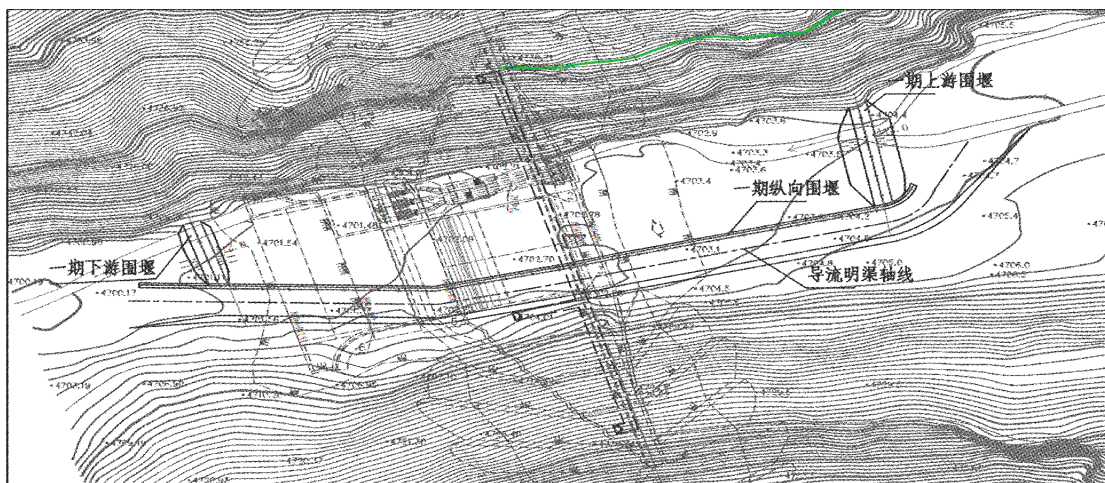


图1 一期导流布置图

结构采用干砌石,护砌厚度0.4 m,护砌至渠内设计水位以上0.5 m。明渠护砌石料可在二期导流时拆除并用于大坝施工。

2)围堰设计。围堰设计高度为设计挡水高度、波浪高度、安全超高之和。上游围堰设计挡水高度为1.3 m,围堰顶高程4 705.9 m。下游围堰挡水高度为0.2 m,围堰顶高程4 701.5 m。围堰结构形式为:顶宽为4 m,边坡比均采用1:2,围堰迎水面采用干砌石护砌(厚0.4 m)。围堰迎水侧坡脚采用石笼护脚(厚0.5 m)。

为解决围堰下部覆盖层强透水问题,沿围堰轴线设置一道防渗墙,墙底入基岩0.5 m。选用高压旋喷截渗,孔间距取1.2 m,孔深6~10 m,防渗

墙与导流明渠高喷截渗连接封闭。

2.5 二期导流

1)导流建筑设计。大坝设有取水建筑物和冲排沙建筑物。取水兼放空建筑物共1孔,进水口闸门井底板高程4 715.00 m,孔口尺寸1.2 m×1.2 m;冲排沙建筑物共2孔,进水口闸门井底板高程4 710.30 m,孔口尺寸1.4 m×1.4 m。建筑物进水口高程较高,若考虑作为二期导流建筑物,上游设计水位较高,二期围堰规模大,围堰施工时间较长,投资较高。同时,根据一期导流布局情况,一期仅能施工大坝右岸两个坝段,取水建筑物、冲排沙建筑物均未施工,无法利用其进行二期导流。

二期导流可选择的导流措施有预留缺口和坝下埋管两种。预留缺口方式布置相对简单,费用较省。但缺口设置在大坝右岸,距离下游河道较远,导流期间对下游滩地冲刷影响大。坝下埋管方式可在一期施工时预埋至坝体内有效缩短

导流工期,根据导流需要灵活选择设置高程和断面大小;此外,导流期间设计洪水全部从管道内下泄至下游河道,导流对二期施工基本无影响,减少了防渗、防冲措施及费用。综合分析,二期导流采用坝下预埋钢管型式,如图2所示。



图2 二期导流布置图

导流钢管采用有压流公式计算,进口高程4 704.0 m,出口高程4 700.5 m,管道长度200 m。设计流量20.8 m³/s时,经计算,导流管管径2.0 m,壁厚20 mm,共需设2根导流管,进口处水位4 709.7 m,水深5.7 m,满足有压流水深要求。

鉴于管内流速较大,为确保管道稳定,穿坝钢管与坝体以外埋设的管道间设伸缩节,坝体外钢管设置镇支墩。二期导流结束后采取分段封堵方式,封堵材料选择微膨胀、低水化热混凝土,封堵时需严格控制混凝土内外温差不超25℃。回填完成后再接触面进行灌浆处理。

2) 围堰设计。上游围堰设计挡水水位4 709.7 m,围堰顶高程4 710.7 m。围堰结构形式为:顶宽为6 m,上游围堰两侧边坡比均采用1:2.5,围堰迎水面采用干砌石护砌(厚0.4 m)。为保护堰体稳定,围堰迎水坡脚采用石笼护脚(长5 m,厚0.5 m)。下游围堰设计挡水水位4 700.8 m,堰顶高程4 701.5 m。围堰结构形式为:顶宽为4 m,上游围堰边坡比均采用1:2,围堰迎水面采用干砌石护砌(厚0.4 m)。上游围堰堰基沿围堰轴线设置一道高喷截渗墙,墙底入基岩0.5 m,采用高压旋喷截渗。堰体内设置复合土工膜,下部与一期上游围堰高喷防渗体连接封闭。

3 总结和思考

1) 工程为在高海拔地区新建小型水库,坝址处每年冰期时间长,汛期设计洪水流量不大,选择汛期施工方案后年有效施工时间延长了一倍,增加的措施费较冰期施工方案节省了45%,此外汛期施工方案较非汛期施工方案提前10个月完工,工程可提前发挥效益。对于汛期洪水流量不大,冰期时间较长的工程,可考虑汛期施工方案。

2) 工程坝址处地形狭窄(河谷系数仅为3.2),导流方案选择分期导流。其中一期导流明渠靠近左侧山体布置,明渠右岸渠堤选择浆砌石直立挡墙结构节省明渠布置空间,为一期基坑开挖创造了条件;二期导流选择在细石混凝土砌石重力坝坝下预埋钢管的方式,有效解决了工程二期导流布置难题,降低了大坝施工干扰及安全风险。砌石结构明渠和坝下埋管的导流建筑物布置型式有效解决了空间狭小条件下导流建筑物的布置难题。

参考文献

- [1] 夏仲平.施工导流与施工度汛技术进展[J].人民长江,2005(10):11-12,28,68.

(责任编辑 崔春梅)