

规划设计 ·

浅谈那吉水利枢纽软基上泄水闸坝的堰型选择

岑允元

(广西水利电力勘测设计研究院 南宁 530023)

〔文摘〕 那吉坝址下伏基岩为新第三系红层,在水利水电工程中第三系红层属软岩,软岩作为坝基通常隐含着一些特殊的工程地质问题,为此,必需改变泄水建筑物的结构形式来满足建坝条件并改善建筑物的运行环境,通过方案比较,最后选择驼峰堰覆盖层方案。

〔关键词〕 软岩基础 堰型选择 那吉水利枢纽

〔分类号〕 TV64

1 概述

那吉水利枢纽位于广西百色市下游 38 km 的右江河段上,是郁江综合利用规划 10 个梯级中的第 4 级,是一个以航运、发电为主,兼顾灌溉和其他效

益的综合利用工程,是百色水利枢纽的反调节水库。枢纽主要建筑物包括右岸发电厂房、左岸船闸、右河床泄水闸和左河床土石坝等(见图 1)。枢纽正常蓄水位 114 m,相应库容 2.11 亿 m^3 ,装机容量 51 MW,船闸规模 2 \times 500 t。

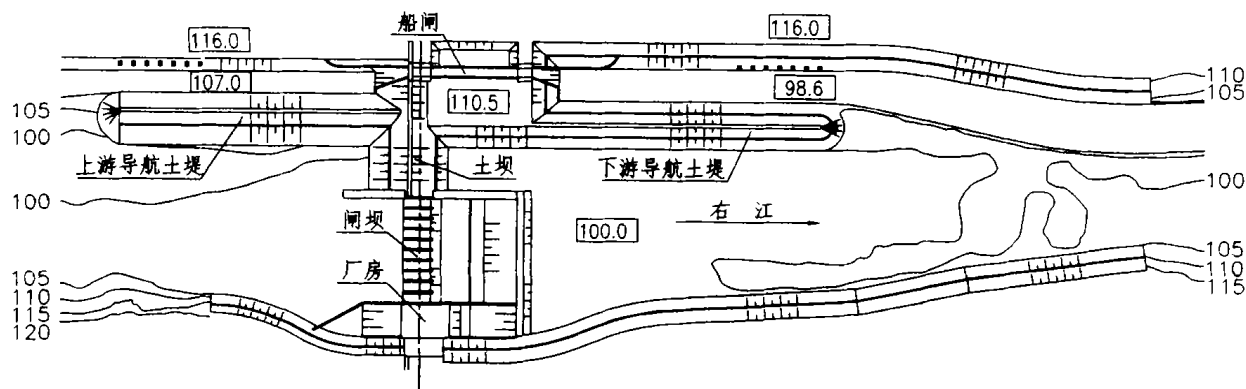


图 1 枢纽平面布置图 (单位:m)

坝基地层主要为第四系覆盖层和新第三系红层,覆盖层上部为壤土、粘土,下部为砂卵石,新第三系红层岩性主要有泥岩、含粉砂泥岩、泥质粉砂岩、疏松粉砂泥岩、生物碎屑岩、煤系等,在水利水电工程中第三系红层属软岩,软岩作为坝基通常隐含着一些特殊的工程地质问题,如:承载力低、抗滑抗倾稳定性差、抗冲刷能力低、具膨胀性等。本文就那吉水利枢纽软基建坝的一些问题进行探讨。

2 坝基工程地质

坝址河床覆盖层厚度一般为 1.6 m ~ 8.9 m,河

中砂洲及河床两岸表层粉砂土层厚 1.1 m ~ 3.8 m,砂卵石层厚 1.6 m ~ 8.2 m;下伏基岩为新第三系红层。

2.1 工程地质特性

2.1.1 砂卵石层特性

根据室内试验成果,覆盖层砂卵石层天然干容重 19.89 kN/m^3 ,比重 2.77,孔隙比 0.385,压缩系数 $0.44 \times 10^{-3} \text{ kPa}^{-1}$,压缩模量 47.74 $\times 10^3 \text{ kPa}$,不均匀系数 $C_u = 47.6$,河床砂卵石级配良好,允许承载力 0.35 MPa ~ 0.4 MPa,变形模量 $E_s = 47.74 \times 10^3 \text{ kPa}$,临界渗透坡降 0.3。砂卵石层级配均一,无

中、细砂层,粒径大于 5 mm 颗粒含量为 70.5%,可不考虑液化问题(坝区地震裂度为 7 度)。

2.1.2 坝基软岩特性

坝址第三系那读组属内陆盆地边缘河湖相沉积,因其沉积的古地理环境不稳定,岩相岩性变化大,在诸多岩层中,泥岩和砂质泥岩起控制作用,其主要特性有:

(1) 湿化后易崩解 在大气中暴露时泥岩极易失水干裂,浸水则软化、崩解,具快速风化特征。钻孔岩芯取出后在大气中几分钟就开始出现裂纹,而后裂纹迅速增多延展,不消几小时岩芯就干裂呈

饼状;反之将岩芯投入水中,伴随着“嗤嗤”声并冒气泡,不多时便崩解,软化呈泥状。

(2) 具膨胀性 坝址泥岩为含伊利石、高岭石及绿泥石为主的膨胀性泥岩,具弱~中等膨胀性。

(3) 岩性软弱 软岩单轴抗压强度、抗剪强度较低,通常泥岩的单轴抗压强度为 0.33 MPa~9.36 MPa。强度与其含水量密切相关,浸水时其抗压强度将骤减。

(4) 其他特性 软岩生成时代新,成岩作用差,波速小,变模大,流变特性明显。坝址基岩力学参数见表 1。

表 1 坝基岩石力学参数表

岩石类别	风化程度	饱和抗压强度	弹性模量	变形模量	抗剪强度		允许承载力
					C	f	
泥岩	弱	0.78			0	0.32	0.3~0.35
含粉砂泥岩	弱	1.03	110.3	30.2	0	0.34	0.35~0.4
疏松粉砂泥岩	弱	1.2~1.4			0	0.5	0.5~0.6

设计采用的地质参数:混凝土与含粉砂泥岩 $f = 0.36$,与砂卵石 $f = 0.45$;含粉砂泥岩允许承载力 0.35 MPa~0.4 MPa;砂卵石层允许承载力 0.35 MPa~0.4 MPa;砂卵石层变形模量 $E_s = 47.74 \times 10^3$ kPa,临界渗透坡降 0.3,粉砂泥岩变形模量 $E_s = 117$ MPa,临界渗透坡降 0.4。

3 堰型特性

在水利工程的闸坝建设中,一般采用实用堰,个别工程采用驼峰堰,两种堰型过流能力相当,但各自特点也相当明显:

WES 型实用堰为低槛曲线型非真空堰,由堰面上游曲线段、下游堰面曲线段、下游直线连接段和下游反弧段等组成。堰顶上、下游堰面曲线可分别采用椭圆曲线和幂曲线。WES 型实用堰堰面形状较流畅,水流平顺,但施工不够方便。当堰顶至堰底建基面之间没有足够空间来布置实用堰的各种堰面曲线(含直线)时,可考虑采用驼峰堰。

驼峰堰由堰顶圆弧、上下游反弧和上下游水平段(需要时)等组成,剖面形状较扁平,堰型简单,施工方便,整体稳定性好,尤其适用于软基或地震区。

4 那吉泄水闸坝堰型选择

根据广西地区建坝一般经验,坝工建基面至少需落在基岩弱风化层之上限,河床覆盖层及强风化层一般应挖除。那吉坝址强风化下限为 92.5 m~

93 m 高程,堰顶高程 105 m, WES 型实用堰(见图 2)堰顶上游堰面采用椭圆曲线,椭圆方程如下式:

$$\frac{x^2}{3.5^2} + \frac{(2.05 - y)^2}{2.05^2} = 1$$

堰顶下游堰面采用幂曲线,其方程为: $y = 0.05864 x^{1.86}$,下游反弧圆心角 29.67° ,半径 $R = 17.67$ m,闸坝建基面高程 92 m,坝顶高程 121 m,闸坝高 29 m,闸底宽度(沿水流方向)39 m。在正常运行情况下基底最大应力 0.389 MPa,已接近软基允许承载力 0.35 MPa~0.4 MPa 的最大值,应力比也接近规范允许最大值 2.0。也就是说,坝高仅 29 m 建于岩基上 WES 实用堰型泄水闸坝已是软基上的“高坝”,基岩承载力已基本用完。

由于 WES 型实用堰泄水闸坝已处在基岩允许承载力的极限状态下运行,而且施工时第三系软岩基础有诸多不利因素。因此,有必要研究直接利用第四系河床覆盖作为坝基持力层的可能性。根据国内外在软基上修建低堰的实践经验,考虑到驼峰堰过流能力及整体稳定性均较好,基底应力分布较均匀,对软基或地震区有较强的适应性。因此,以第四系河床砂卵石覆盖层为建基面时考虑采用驼峰堰(见图 3)。驼峰堰建基面高程 99 m,闸顶高程 121 m,最大坝高 22 m。闸底板厚 2.5 m,底板顶面高程 101.5 m,堰顶高程 105 m,驼峰高 3.5 m,闸底宽度(沿水流方向)37 m。根据本工程设计水头,取堰顶驼峰圆弧半径 8 m,上下游反弧段半径均为 18 m,复

合圆弧段总长 26.058 m。驼峰堰泄水闸坝基底最大应力为 0.194 MPa,应力分布不均匀系数 1.62,小于规范允许值 2.0,闸底应力状态较好。闸坝上下游最大水位差 12.5 m,基底渗透坡降 0.3,尚未达

到砂卵石地基的临界渗透坡降 0.4,且砂砾石覆盖层级配连续,充填比较密实,结构相对紧密,渗透稳定满足。

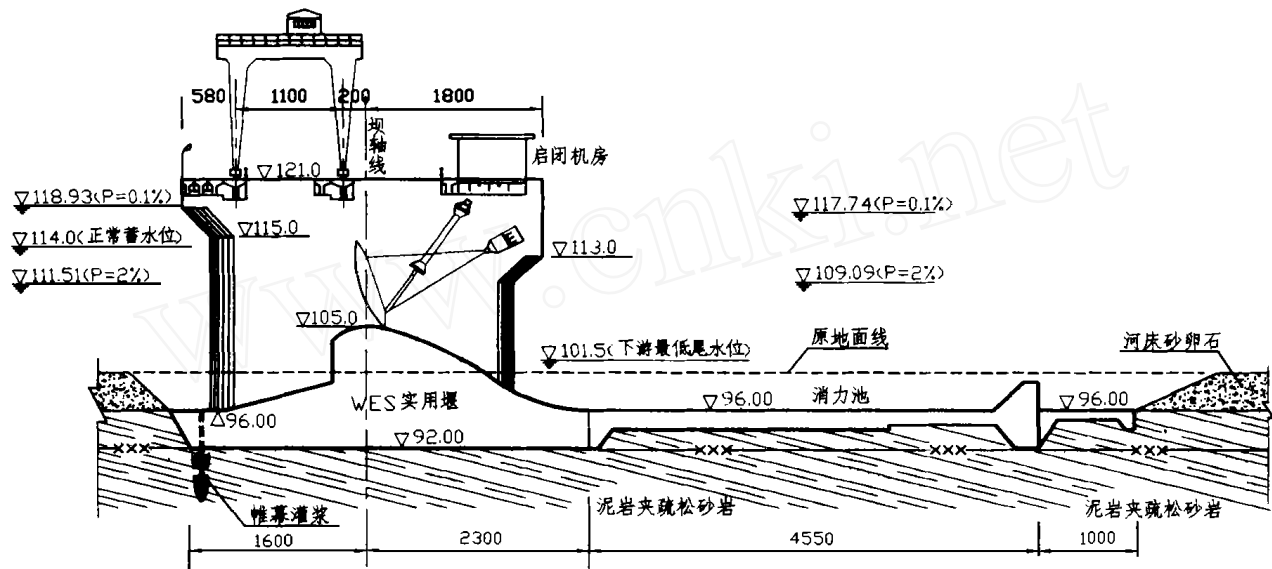


图2 WES实用堰方案闸坝剖面图 (单位:高程 m,其余 cm)

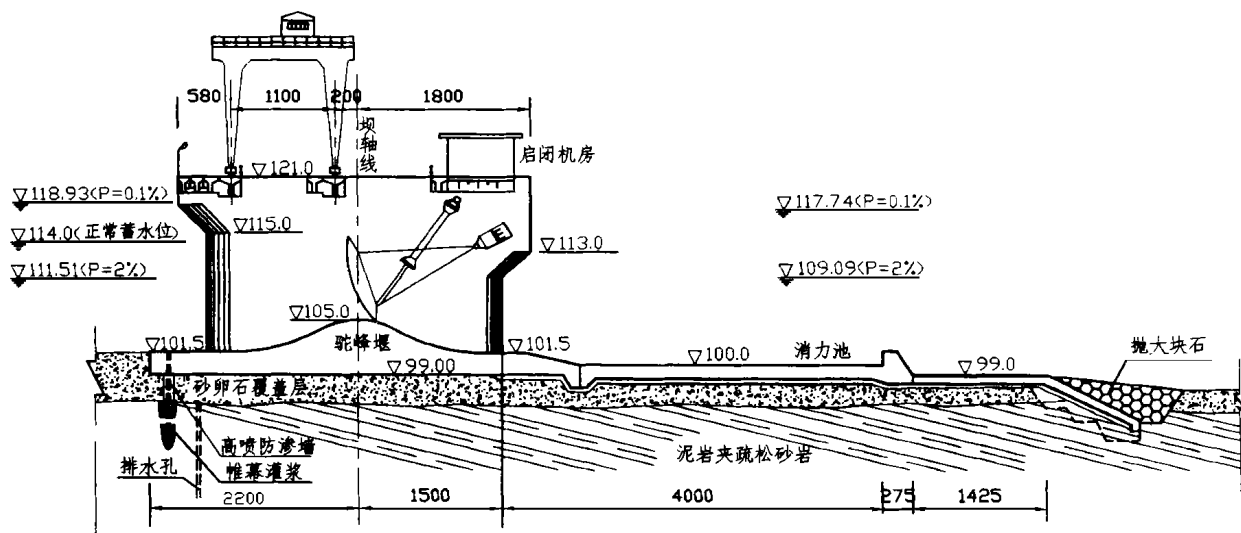


图3 驼峰堰方案闸坝剖面图 (单位:高程 m,其余 cm)

驼峰堰型泄水闸坝坝基沉陷及不均匀沉陷量亦较小,而且沉陷大多在施工期完成。闸门支铰处最大沉陷差 3.1 mm,启闭机的正常启闭不受影响;在坝下游消能防冲方面,由于坝基为砂卵石层,消力池不宜深挖,故采用尾坎式消力池,经计算并经水工模

型试验证实,坝下游消能效果与岩基建坝方案相似,护坦后冲坑深度与岩石基岩方案基本相同。且因护坦高程提高,消力池长度还有所缩短。由此可见,在运行条件方面,驼峰堰方案优于 WES 实用堰方案。

在施工方面,由于泥岩具有湿化后强度降低、易

崩解、易风化的特点。因此,存在着基岩开挖面要及时保护等问题。其实基坑内由于施工人员及施工机械的活动,泥岩表面极易变成泥浆,遇雨天时,建基面保护层不便开挖。所有这些都给工程施工造成极大困难和干扰,否则施工质量和进度就难以保证。而建基面放在砂砾石层上时,由于避免了与泥岩的直接接触,大大降低了施工难度,施工进度、施工质量也较易得到保证。因此,从施工条件方面来看,驼峰堰方案要比 WES 实用堰方案优越。

两方案工程量及投资比较如表 2。

表 2 两方案工程量及投资比较表

项 目	单 位	驼峰堰覆 盖层方案	WES 型实用 堰基岩方案
土方开挖	万 m ³	22.99	30.79
石方开挖	万 m ³	0.72	5.89
混凝土及钢筋混凝土	万 m ³	11.55	15.41
浆砌石	万 m ³	2.08	1.84
反滤料	万 m ³	1.94	1.67
钢筋钢材	t	1 597	1 399
高喷灌浆	万 m ³	0.48	0.29
帷幕灌浆	万 m ³	0.32	0.27
投 资	万元	5 286.57	5 887.92

从表 2 可见:驼峰堰覆盖层建坝方案与 WES 型实用堰岩基建坝方案相比,少浇混凝土 3.86 万 m³,少挖石方 5.17 万 m³,少挖砂卵石 8.8 万 m³,至少

减少工程造价 601.35 万元(建筑工程部分)。

5 结语

那吉水利枢纽坝址第三系泥岩类岩体,因其成岩作用差,岩性软弱且不均一,属极软岩类。这类岩石倘若作为建筑物地基,一方面因其具有一定的膨胀性,需采取一定的结构措施;另一方面为保护岩体天然含水状态和岩体天然边界条件不受破坏,需采取一些特殊施工措施,如严禁基坑泡水、预留开挖保护层、基础开挖工作面及时覆盖等。通过改变泄水建筑物的结构形式——由原先 WES 型实用堰改用驼峰堰型,建基面由岩石基础抬高到河床砂卵石覆盖层,既能减少许多施工困难和不便,又能改善泄水闸坝的运行环境。

总之,建于砂卵石覆盖层上的驼峰堰方案,不论是地质条件、施工条件、工程量及造价方面,还是建筑物运行条件方面均优于建于泥岩基础上的 WES 型实用堰方案。

参考文献

- 1 黄国展. 那吉水利枢纽坝基第三系软岩工程地质特性评价. 广西水利水电. 1998;(4) 68~71.

(收稿日期:1999-08-31)

(责任编辑:周 群)

Elementary discussion on weir type selection of discharging sluice dam on the soft foundation of the Naji WR pivotal project

Cen Yunyuan

Guangxi WREP investigation, design & research institute, Nanning, 530023

Abstract The underlying base rock of the Naji WRPP dam seat is new 3rd system red layer, it belongs to soft rock in hydraulic and hydropower engineering. There is a series of particular engineering geology problems for using soft rock as dam base, so the discharging building structure type must be changed to meet the need of constructing dam and improve the building's operating environment. By schemes comparison, the Naji WRPP finally chose hump weir blanket.

Key words soft rock base, weir type selection, the Naji WRPP