

# 抓住建筑特点,优化结构方案

## ——大河口电站副厂房设计心得

刘德智

(四川省水利水电勘测设计研究院,成都,610072)

**摘要** 双向大跨度、超常化层高的水电站副厂房,在自身结构不利的情况下还要承担外部震动的影响,这在水电站厂房建设领域是不多见的。如何在保证建筑使用功能的前提下,尽可能提高结构的使用安全度,同时还要无损于建筑物的美学价值,笔者在此作了较为深入地研讨。

**关键词** 大跨度 超常层高 共振 扭转 刚度 沉降缝错位

大河口电站所在坝址阿蓬江大滩河段两岸山崖陡峭,如在边坡开挖平地建造副厂房有很大的局限性,同时也给电气设施的布置带来不便。因而在现有电站整体布置中,副厂房设在下游溢流坝顶上。按有关专业的具体要求,该建筑物横跨4#~9#溢流坝段,总长84.6m,宽18.3m,高近30m,总建筑面积约7750m<sup>2</sup>。在溢流坝顶建造高层厂房,给结构上带来诸多不利影响,在水电站厂房建设领域是极少见的。

水电站高层厂房不同于普通的城市高层建筑,也与一般单层或多层厂房有质的差异,设计师必须抓住建筑的特点,制定相应的结构方案。大河口电站副厂房在设计上具有以下几个特点:

### 1 双向大跨度、超常化层高

该副厂房横跨4#~9#溢流坝段,穿越五道净宽11m的溢流闸孔。又因电气工艺的需要,设置了户内110kV开关站和手车层,致使纵横双向的柱网尺寸达12m×13.3m;厂房共设电缆层、中控层、手车层和出线层四层,由下至上各层层高达4.8m、5.8m、11m、8.1m,总高近30m。且位于上部的手车层活荷载最大,因而形成相对底部小空间、上部大

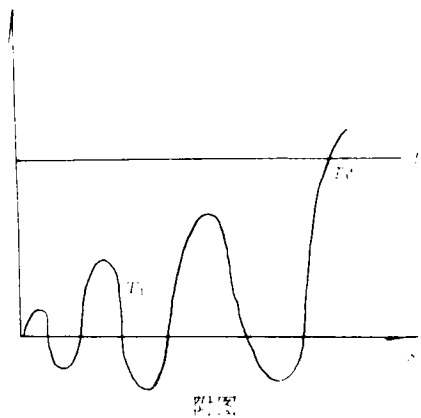
空间的双向大跨度框架。同时,整幢建筑的质量中心偏上,给人以“头重脚轻”之感。给结构的自身稳定带来不利。

### 2 泄洪震动的影响

该副厂房总高近30m,按《建筑设计规范》属高层建筑。而高层建筑自身对震动具有很高的敏感度,稍有不慎,就会带来大幅度的偏摆和侧移,造成上部延性框架的破坏。大河口电站地处6°设防区,副厂房因地震而破坏的机率不大,但副厂房同时又位于溢流坝顶,每次泄洪时,奔腾的洪水从溢流闸呼啸而过,给上部建筑带来的附加震动是不可忽视的。而且因水流引起的震动将呈三维加速变化,水流震动周期下的动力学特征十分明显,其值将是闸门开启方式和洪水流速等因素的复变多元函数。我们不妨作如下假设:

设副厂房自振周期为 $T$ ,水流变震周期为 $T_1$ ,在 $A$ 点时变震周期为 $T_1^A$ 。

如果 $T_1^A = T$ ,则 $T_1^A$ 即成为外部卓越周期,副厂房就有可能因发生强烈共振而破坏,用一个理想化的曲线来表示,见附图。



图中  $T_1^*$  即为共振产生的卓越周期。当然,这只是一个理想化的模型,共振现象是否会出现,还有待于作进一步的动力学特征值研究,但这种可能和由此带来的隐患是不容忽视的。

### 3 沉降缝错位的影响

房屋建筑对沉降缝设置有严格的规定,要求上部建筑物与基础沉降缝贯通。副厂房下部的五道溢流闸孔每孔净宽 11 m,欲在闸孔中央多层多跨悬挑分缝不但十分困难,也将严重削弱建筑物自身的刚度,因而采取了闸墩双柱分缝方案。但是,作为厂房基础的溢流坝采用了各闸孔中央分缝的方案,故而造成上下多道沉降缝错位的现象。经水工光弹试验和有限元计算,各坝段最大垂直沉降达 8mm。如果说坝体自身沉降趋于均匀,但在泄洪情况下沉降不均对上部厂房的危害仍不可低估。特别是对于这样一幢双向大跨度、超常化层高的高层建筑,厂房自身的延性和抗变形能力较差,沉降的影响就更加严重,从而给副厂房的建成使用留下隐患。

### 4 刚度削弱和偏心结构扭转

因电气、暖通、给排水等专业的需要,在各层楼盖、屋盖以及四面墙体开设了大小不等的各种孔洞近百个,严重削弱了建筑物自

身的刚度。而且在副厂房左端头设有剪力筒式电梯井,导致整幢建筑的刚度中心向左偏移,与质量中心错开。这种不均匀的刚度分配将导致偏心结构扭转,危及厂房的安全。

针对以上特点,笔者进行了多次结构方案的优化。严格按“强柱弱梁、强剪弱弯、强压弱拉、强节弱杆”的抗震设计原则进行设计,重点放在加强副厂房的侧移刚度和提高承重框架的延性匹配两者之上,具体方案如下:

#### 4.1 设置纵横双向框架

以纵横双向的大跨度框架作为竖向承重单体,现浇井字梁格双向板楼盖,同时,加强各节点区及薄弱区的细部处理。整浇的双向板楼盖不仅利于孔洞的设置,也从一定程度上提高了框架梁的截面有效高度。

#### 4.2 在适当部位设置剪力墙

剪力墙的设置有以下几个好处:

4.2.1 增强了建筑物的侧移刚度 事实证明,框架本身在水平荷载下呈剪切变形,而剪力墙呈弯曲变形。当两者通过楼板协同工作时,其侧向变形将呈弯剪型,上下各层层间变形趋于均匀,并减小了顶点侧移;同时,框架各层剪力亦趋于均匀,各层梁柱截面尺寸和配筋也趋于均匀,减小了填充墙等非结构构件的破坏,还避免了“鞭梢效应”的产生。

4.2.2 增加了抗震防线 在该厂房结构中,剪力墙和框架形成了两道抗震防线,当震动产生的强脉冲对建筑产生多次往复冲击时,即使首道防线因共振而破坏,后续的第二道防线会即时改变建筑的自振周期,与外部卓越周期错开,从而使共振现象缓解。

4.2.3 避免结构偏心扭转 剪力墙的合理设置,平衡了因电梯井设置带来的刚度不均,最大限度的使刚度中心与质量中心重合,避免了结构的偏心扭转。

以上结构方案曾在北京建科院研制的  
(下转第 76 页)

蓬江河流悬移质泥沙含量的资料分析:枯水期河流含沙量很小,河水清澈,电站出现较大水头;汛期泥沙含量较大的时间也只集中在雨后的几天。此时电站充分利用坝顶弧门的调节能力,避开河流含沙量较大的数天。充分挖掘电站设备潜力,加强电站运行管理,合理调度水库的调节能力,开大导叶使单位流量 $Q'_1$ 值到相应水头的单位转速值 $n'_1$ 线与5%出力限制线相交处,机组出力可达发电机设计出力2.5万kW。水轮机生产厂家为使发电机容量按厂标标准容量设计制造,将大河口水电站的水轮发电机按29411kVA设计制造,相应的功率因数为0.85,铭牌出力为2.3万kW。其运转特性如表4所示。

表4

水头 $H$ (m)	流量 $Q$ (m <sup>3</sup> /s)	水轮机效率 $\eta$ (%)	出力 $N$ (kW)
63.45	44.96	0.930	25000
57.84	49.00	0.920	25000
54.87	51.71	0.923	25000
43.76	44.96	0.921	17296

注:1. 本文不讨论水轮机额定水头如何确定的问题。2. 水轮机效率按 $\Delta\eta=0.016$ 修正,发电机额定工况时效率 $\eta_g=0.973$ 。

水轮发电机基本技术数据:

水轮机

机型	HLD75-LJ-240
转轮直径	2.4m
额定转速	250r/min
额定水头	54.3m
额定流量	48.3m <sup>3</sup> /s
吸出高度	-3.27m
安装高程	318.3m

发电机

型号	SF23-24/5500
额定容量	27059kVA
额定转速	250r/min
额定功率因数	0.85(滞后)

(收稿日期:19950124)

(上接第56页)

TBSA 三维空间结构程序上多次运行,又经笔者手算复核,证明纵向荷载完全可以由纵横双向的框架承担;而剪力墙的设置,又将沉降和震动影响的危害控制在最小程度。电站

建成之后,汹涌澎湃的巨大水流将从副厂房下的溢流闸孔奔腾下泄,从远处看,犹如5条银色巨龙托起一座金碧辉煌的宫殿,其气势之宏伟、景观之壮丽必将令人叹为观止。

(收稿日期:19941231)

\*\*\*\*\*

(上接第72页)

## Theory and Practice of Unlined Hydraulic Tunnel with Large Section

Zhou Wuping

(Sichuan Hydroelectric Investigation and Design Research Institute)

**Abstract** Optimizing process of design and optimized design of diversion tunnel at Dahekou project are introduced in this paper. Discharging capacity and roughness of the tunnel during operation are analyzed.

**Key Words** diversion tunnel optimizing process of design discharging capacity roughness