

台阶式溢流坝水力特性初探

吴宪生

(电力工业部成都勘测设计研究院,成都,610072)

摘要 本文结合嘉陵江东西关水电站枢纽右岸台阶式溢流坝坝型,对四种不同台阶型式坝面的流态、消能效果及台阶上时均压力分布进行了实验研究。其结果表明,台阶式溢流坝在一定的下泄流量范围内,由于台阶间形成强烈的横向滚浪,水流掺气,显著提高了坝面的消能效果,台阶上的时均负值一般不大,但在较大的单宽流量下,由于坝面流速较大,仍易发生空化现象,故台阶式溢流坝适宜在单宽流量不大的情况下采用。

关键词 台阶式溢流坝 横向滚浪 掺气消能率 时均压力 单宽流量 空化 空蚀

1 前言

台阶式溢流坝早在20世纪初就在美国新克劳顿大坝中采用,目前国内外已建或在建的台阶溢流坝已达数十座。由于台阶溢流坝的下游坝面呈台阶状,尤其能够适应碾压混凝土筑坝成层施工的要求。随着碾压混凝土筑坝技术在大、中型水电站主体工程中的应用和发展,台阶溢流坝(或台阶溢洪道)的运用越来越受到广大工程技术人员的关注。

台阶式溢流坝可以利用坝面台阶消耗部分水流能量,大大简化甚至取消溢流坝下游的消能工程措施,节省工程投资。如美国上静水坝^[1],坝高61 m,溢流坝下游坝面改为台阶式后,其下游消力池缩短了50%。但随着坝面流速的增加,台阶坝面又易产生气蚀破坏。如我国丹江口水电站^[2],在1974年10月渲泄大洪水时,过坝单宽流量为120 m³/s·m,在台阶溢流坝段的台阶面上出现大面积空蚀坑,最深达1.2 m;水工模型试验也表明,此时坝面流速已达21~26.4 m/s,负压值可达5.2×9.81 kPa,其相应空化数仅为0.18~0.87。因此,该消能方式的运用在一定程度上受到了限制。目前,国内外有关台阶溢流坝水力特性等方面的研究成果还不多,且其实验成果的单宽流量一般在1~10 m³/s·m范围内^{[3][4]},流量变化小,为此,我们根据东西关电站枢纽的台阶溢流坝坝型,对台阶溢流坝的水力特性进行了研究。

2 工程及实验概况

东西关电站挡水建筑物布置见图1。右岸溢流

坝总长280 m,坝顶高程248.5 m,曲线型实用堰堰顶的上游坝面曲线为椭圆形,下游坝面曲线为WES标准剖面,直线段拟为1:0.8坡度的台阶式坝面,直接与坝下游消力池相接,消力池池底高程为229.0 m,池尾设差动式消力坎,其齿与槽的宽度均为4 m,高差为1.5 m,坝断面如图2所示。

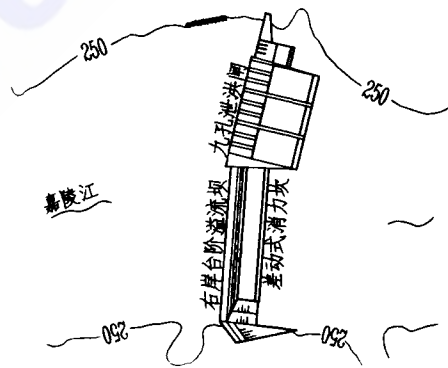


图1 东西关闸坝布置图

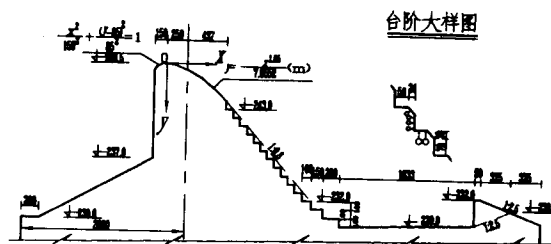


图2 东西关台阶溢流坝断面图

实验是在成都勘测设计研究院科学研究所内宽0.92 m、高1.2 m的玻璃水槽内进行的。溢流坝断面模型比尺选定为1:25,按重力相似准则设计。实验分别就坝面台阶高度为1.0 m的削角台阶(尺寸

见图 2), 台阶高度为 0.5 m、1.0 m 和 2.0 m 的直角台阶进行消能效果的研究。另对台阶高度为 1.0 m 的两方案沿溢流坝面选择了 7 个台阶布置测压管施测压力。在实验中, 为了便于对台阶溢流坝水力特性

进行研究, 未考虑坝下游消力池及下游水位的影响, 即下游消力池不设消力坎, 且下游水位不作控制。实验坝单宽流量为 $0.45 \sim 48.85 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$, 相应溢流坝泄流量为 $125 \sim 13\,680 \text{ m}^3/\text{s}$, 其关系见表 1。

表 1 溢流坝泄流量与单宽流量对照表

坝泄流量 / $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	125	250	500	1 000	2 000	4 000	6 000	8 000	10 000	12 000	13 680
单宽流量 / $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$	0.45	0.89	1.79	3.57	7.14	14.29	21.43	28.57	35.71	42.86	48.85

3 台阶式溢流坝面的水流流态

台阶溢流坝泄流时, 在不同的流量条件下将呈现出不同的水流流态, 可概括为如图 3 所示的四种典型流态。

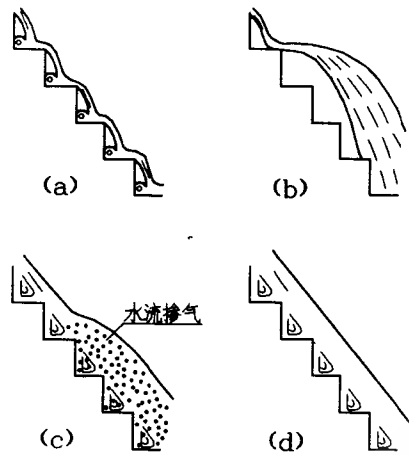


图 3 台阶坝面流态图

当过坝流量很小很小时, 下泄水流通过曲线型坝面已消耗了大部分能量, 流速较小, 水体将顺着台阶逐级下跌, 通过与台阶面的碰撞及水流紊动消能, 在台阶垂直面及下跌水舌之间形成空腔, 底部还存在弱漩滚, 其流态见图 3a, 与多级跌水消能相差无几, 此时, 其下跌势能已在各台阶上消减无遗。当过坝流量较小时, 薄层状的水体通过曲线光滑坝面后的流速仍然较大, 由于单一个台阶的消能率有限, 水体常从某一台阶平面挑出, 跃过几级台阶后跌入下游的台阶, 甚至在起挑台阶的垂直面, 还可能出现贴壁流, 导致部分挑出水流直接跌至台阶坝面下游, 未能达到利用台阶坝面消能的目的, 台阶较高时更易出现这种流态(见图 3b)。随着流量的增加, 挑流现象消失, 水流呈非掺气状态沿台阶顶部下泄, 沿程经台阶顶部破碎后, 在台阶之间形成横向漩滚(当台阶较高时可能出现空腔), 加剧了水流紊动和紊流边界层的发展。在某一台阶上, 可观测到水流中出现了无数漩滚的小气泡, 表明紊流边界层发展到水面, 空气

掺入水中, 水流开始自掺气, 水深也随之增大, 流速减小, 在其下游的各台阶上均形成了表面有掺气水流, 底部有稳定含气漩滚的典型台阶溢流坝流态(见图 3c)。此时, 水流能量通过水流分散、掺气、漩滚间的剪切作用和强烈的掺混作用得到消散, 消能效果最好, 自掺气发生的初始位置随流量的增加不断下移, 其实验结果见表 2; 当下泄流量较大时, 自掺气发生的初始台阶已移至坝趾, 坝面台阶间虽仍存在横向漩滚, 但自掺气现象消失, 水流清澈透明, 其流态与光滑坝面流态无异, 消能效果有所降低, 但台阶的存在相当于增加了溢流坝面的粗糙度, 加大了坝面阻力, 其消能效果仍较光滑坝面为好。

表 2 出现自掺气的初始台阶表

单宽流量 / $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$	0.45	0.89	1.79	3.57	7.14	14.29	21.43
台 1.0 削角	1 号	2 号	3 号	6 号	无		
阶 0.5 直角	1 号挑至 8 号	2 号	4 号	8 号	20 号	无	
高 1.0 直角	1 号挑至 11 号	1 号挑至 13 号	1 号	3 号	6 号	无	
/m 2.0 直角	1 号挑至 6 号	1 号挑至 7 号	1 号挑至底	1 号	3 号	6 号	无

过坝流量一定时, 由于台阶高度及型式的变化其坝面流态也不尽相同。从表 2 可见, 当台阶高度较低时, 在台阶上形成挑流的流量小, 能在较小的流量形成台阶溢流坝所具有的典型流态, 但该流态消失的流量也相对较小。反之, 台阶高度较高时, 形成挑流的流量范围较大, 需在较大的流量情况下才能获得台阶溢流坝的典型流态(图 3c), 该流态消失的流量也相对较大。当台阶削角以后, 流态一般较好, 在实验中未发现挑流现象, 但台阶溢流坝典型流态发生和消失的流量也相对较小, 甚至小于台阶高度为 0.5 m 时的对应流量, 表明台阶削角后, 台阶对泄流产生的破碎作用减弱, 对台阶的消能率将有影响, 但对改善坝面流态, 避免挑流现象出现有帮助。

由此可见, 台阶式溢流坝只有在一定的流量范围内, 才能形成具有强烈自掺气漩滚的典型流态。高度较低的台阶能适应较小的流量, 而高度较高的台阶则能适应相对较大的流量, 但在小流量时流态欠佳。在较高台阶上游设置较低的过渡台阶或削角台

阶,将有助于改善和消除较高台阶在小流量时的不良流态,使溢流水舌顺台阶逐级下跌,增加消能效果。

4 台阶式溢流坝的消能效果

4.1 溢流坝的消能率

光滑坝面溢流坝(非台阶溢流坝)由于坝面本身的糙率存在及过坝水流的紊动作用,总要消耗部分水流能量,也具有一定的消能率。而台阶式溢流坝由于坝面台阶的存在,不仅增加了坝面的粗糙度,而且由此造成大尺度紊动作用,形成强烈自掺气横向漩滚,使水流掺气、紊动作用加强、水深增加、流速减小,增加了水流在溢流面上的能量消耗,具有更好的消能效果。消能率 η 一般按下式计算

$$\eta = \frac{(E_0 - E_c)}{E_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中 E_0 —— 以高程 229.0 m 为基准面的坝前水流单位水体总能量

E_c —— 非台阶溢流坝下游收缩断面处水流单位水体总能量,台阶溢流坝记为 E_{cT}

根据实验结果按(1)式求得消能率如图 4 所示。

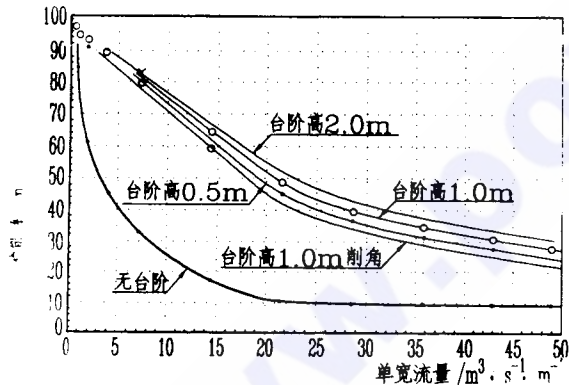


图 4 溢流坝的消能率关系图

可见对于非台阶溢流坝,当流量很小时,下泄水流的势能主要用于克服坝面沿程阻力而消耗,溢流坝面的消能率也是很高的,在单宽流量 $q < 0.5 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ 时,其消能率可达 90% 以上;随着流量的增加,非台阶溢流坝面的消能率下降很快,当 $q > 3 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ 以后,其消能率已低于 50%,且随流量的增加还不断减少;当单宽流量 $q > 20 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$ 后,消能率变化甚小,基本保持在一较小的常数 9% 左右。表明非台阶溢流坝依靠坝面糙率也能够消减部分水流能量,只是其消能效果有限,在较大流量时的消能率极低。

台阶溢流坝的消能率随流量的增加也呈下降的趋势(见图 4)。但由于坝面除了本身糙率外,还存在

台阶形状阻力,以及由此产生的水流强烈紊动和掺气的影响,其消能率高于非台阶溢流坝,在相对大流量 ($q = 50 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$) 左右以后,消能率的下降才趋于平缓。对于不同的台阶,一般来说较高台阶的消能率稍高,较低台阶的消能率稍低。当台阶削角后,不仅相对台阶高度降低,且坝面趋于光滑,水流紊动及掺气减弱,消能率将有所下降。由图 4 中可见,高度为 1.0 m 的台阶削角后,其消能率较高度为 0.5 m 的直角台阶消能率还略低。表明坝面台阶的存在增加了溢流坝面的消能率,其台阶的高度及台阶型式对消能率的大小具有一定的影响。

从图 4 中还发现,不同台阶的消能率构成了大致平行的曲线,它们与非台阶溢流坝消能率的变化规律是基本相同的,其差值表明了台阶溢流坝由于台阶的存在,水流紊动强度增加,水流掺气强烈而较非台阶溢流坝多具有的消能率。当流量很小时,由于非台阶式溢流坝本身消能率就高,其差值不明显,说明在小流量时各种坝面的消能效果相差不大。随着流量的增加,台阶溢流坝增加的消能率(差值)不断加大,可达 40%~50%。随着流量的进一步增大,其增加的消能率又逐步减少,最后差值仅为 10%~20%。可见台阶溢流坝可显著提高坝面消能效果是有一定条件的,当过坝流量太大时,其消能效果较小。

4.2 台阶溢流坝的相对消能率

为将台阶及非台阶溢流坝坝趾处的能量作比较,现引入相对消能率 η_k 的概念,以表示台阶溢流坝坝趾处的能量 E_{cT} 较非台阶溢流坝坝趾处的能量 E_c 所降低的百分数,其公式为

$$\eta_k = \frac{(E_c - E_{cT})}{E_c} \times 100\% \quad (2)$$

η_k 的物理意义为,相对非台阶溢流坝而言,台阶溢流坝在坝趾处所能多消减的能量。

根据(2)式的实验结果如图 5 所示,可见各种台

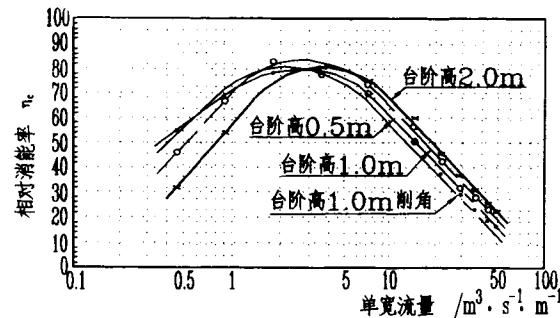


图 5 台阶溢流坝的相对消能率关系图

阶的曲线均呈驼峰型,存在一个相对消能率 η_k 的最大值 80% 左右,其对应的单宽流量随台阶的不同而

略有变化,但一般均较小,在实验坝型条件下为 1.8~3.5 m³/s.m 左右。当流量很小时,由于非台阶溢流坝本身消能率较高,而台阶存在所多消减的能量就相对较少,因此在该范围内,流量越小,η_c越小。在图 5 中,台阶越高,其 η_c越小的结果主要是由于高台阶的挑流流态消能不充分引起的。在高台阶上游设置适宜的过渡台阶,改善流态,可望提高在小流量时的消能率。在流量不很大的情况下,台阶坝面的消能效果是相当显著的,在 q < 20 m³/s.m 时,其相对消能率 η_c 可达 40% 以上,表明通过台阶坝面的消能,在坝趾处的水流能量可至少减少 40%。在大流量时,由于水流掺气消失,台阶消能率不断下降,当 q = 50 m³/s.m 左右时,η_c 仅为 10%~20%,可见在大流量情况下,台阶的消能效果不十分显著。

综上所述,在一定的流量范围内,台阶溢流坝能显著提高坝面的消能率,减小坝趾处水流的能量,台阶越高,消能效果越好,但在大流量条件下,其消能效果下降,利用坝面消能的意义不大,因此,台阶溢流坝适宜在单宽流量不很大的情况下采用。

5 台阶溢流坝坝面压力及分析

测定台阶溢流坝坝面压力分布,将有助于分析和了解台阶坝面发生空化空蚀的可能性。实验对台阶高度为 1.0 m 的直角台阶和削角台阶分别进行了时均压力的观测,其成果见表 3,同时在表中还给出了相应流量下坝趾处收缩断面的流速值。

由表 3 可见,在该实验条件下,台阶溢流坝坝面

表 3 溢流坝坝面时均压力表

测 点	单 宽 流 量 /m ³ ·s ⁻¹ ·m ⁻¹											
	1.0 m 直 角 台 阶						1.0 m 削 角 台 阶					
	1.79	3.57	7.14	14.29	28.57	42.86	1.79	3.57	7.14	14.29	28.57	42.86
第 2 台 阶时 均压 力值 /×9.81 kPa	①						-0.05	-0.02	0.28	1.93	1.21	1.56
	②	0.01	-0.22	-0.10	0.53	1.16	0.23	0.28	0.61	2.18	1.48	1.86
	③	-0.02	0.16	0.13	0.71	1.28	0.16	0.18	0.41	2.16	1.43	1.86
	④	0.21	0.81	1.16	1.53	2.33	0.66	0.78	1.03	2.66	1.93	2.41
	⑤	0.26	0.51	0.66	1.21	2.01	0.56	0.56	0.91	2.56	1.88	2.13
	⑥	0.36	1.21	1.38	1.88	2.63	2.46	2.51	3.06	3.46	3.81	4.58
第 4 台 阶时 均压 力值 /×9.81 kPa	①						0.36	0.41	0.46	0.71	1.46	1.91
	②	0.03	-0.10	-0.32	0.03	0.46	0.03	0.03	0.03	0.36	0.93	1.41
	③	0.11	0.03	-0.40	0.03	0.28	0.86	0.03	-0.02	-0.02	0.16	0.71
	④	0.36	0.86	1.31	1.31	1.96	2.56	0.66	0.76	0.81	1.11	1.68
	⑤	0.43	0.51	0.46	0.63	1.26	1.81	0.33	0.31	0.51	0.61	1.13
	⑥	0.38	1.38	1.38	1.03	2.13	2.41	2.38	3.06	3.26	3.26	4.06
第 6 台 阶时 均压 力值 /×9.81 kPa	①						-0.10	-0.15	-0.10	-0.02	0.53	1.16
	②	-0.07	-0.20	-0.55	-0.47	0.11	0.66	-0.10	0.13	0.16	0.23	0.46
	③	-0.07	0.01	-0.60	-0.45	-0.02	0.61	0.01	0.01	-0.02	0.03	0.41
	④	0.16	0.28	0.71	0.91	1.33	2.01	0.41	0.41	0.46	0.68	1.16
	⑤	0.26	0.31	0.08	0.28	0.76	1.38	0.41	0.31	0.53	0.56	1.11
	⑥	0.23	0.31	0.51	0.68	1.28	2.01	3.01	3.46	3.53	3.88	5.31
第 8 台 阶时 均压 力值 /×9.81 kPa	①						0.16	0.21	0.36	0.71	1.41	2.26
	②	-0.07	-0.07	-0.10	0.18	1.06	1.91	0.01	0.08	0.21	0.46	1.16
	③	0.03	0.16	-0.10	0.03	0.71	1.61	0.18	0.18	0.21	0.41	1.16
	④	0.28	0.43	0.63	1.16	1.91	2.83	0.46	0.43	0.41	0.66	1.33
	⑤	0.33	0.38	0.46	0.96	1.56	2.51	0.31	0.26	0.31	0.68	1.31
	⑥	0.31	0.51	1.01	2.71	2.11	3.46	2.03	2.51	2.76	3.76	4.56
第 10 台 阶时 均压 力值 /×9.81 kPa	①						-0.32	-0.57	-0.85	-0.85	0.13	1.71
	②	-0.05	-0.15	-0.20	-0.17	0.91	2.51	-0.05	-0.07	0.03	0.03	1.03
	③	0.03	0.03	-0.12	-0.45	0.61	2.33	0.16	-0.05	-0.15	-0.15	0.91
	④	0.03	0.41	0.41	0.83	1.96	3.63	0.46	0.41	0.16	0.21	1.36
	⑤	0.13	0.26	0.16	0.28	1.38	2.93	0.31	0.13	-0.12	0.03	1.01
	⑥	0.11	0.38	0.61	1.16	2.21	3.81	2.41	3.06	3.51	3.53	4.88
坝 趾 流 速 /m·s ⁻¹	4.59	5.76	7.68	11.91	16.44	17.60	5.30	6.49	8.62	12.90	17.18	18.61

上出现的负压一般较小。在各台阶上,一般①的压力最低,②和③次之,是易发生负压之处。对直角台阶,压力最低处一般出现在台阶棱角的下游侧,而④~⑥一般为正压,由于⑥位于水舌与台阶的碰撞处,其

时均压力最大,而碰撞后使水舌分流也正是导致①压力最小的原因。随着坝泄流量的增加,④~⑥的压力随坝面流速的增加,碰撞加剧而逐渐加大,但①~③的压力则可认为是流速与水深共同作用的结果。

流速加大可导致压力下降,但坝面水深增加又将使压力上升,因此,时均压力表现为先逐渐减小,然后再逐渐加大。从整个台阶坝面来看,①~③的压力有随坝面流程的增加而减小的趋势,常使发生最低压力的台阶位于较下游,在实验情况下位于第10台阶,而第12台阶由于下游水位的影响,其上的压力均较大,故表中未列出,因此台阶坝面受破坏处常出现在较下游的台阶上。而④~⑥的压力主要受坝面流速的影响,在坝面流速不随流程增加而增加时,其压力值变化不大。对直角台阶来说,由于其对水流的干扰作用较大,故其①~③的压力略低于削角台阶压力值。可见,在流量不大时,由于台阶溢流坝坝面水流与台阶不断发生碰撞,形成强烈自掺气水流,既使坝面出现负压,其时均值也不大;在大流量时,则由于坝面水深增加,一般负压不大,但由于坝面流速增加,产生较大脉动压力的影响是不容忽视的。

6 结 论

1. 台阶溢流坝在一定的流量范围内,可形成具有强烈自掺气漩滚的典型坝面流态,显著提高坝面的消能效果,对改善坝下游消能防冲设计具有较大价值。

2. 台阶溢流坝的消能效果随坝面台阶高度的增加而增加,随过坝流量的增加而减小。

3. 台阶溢流坝坝面出现的时均负压值一般不

大,在单宽流量较小时,坝面水流不易发生空化;在大单宽流量下,则易因坝面流速过大使空化数减小,发生空蚀破坏。

4. 在台阶溢流坝的设计中,单宽流量的选取是至关重要的,一般较高的坝、较低的台阶可泄流量较小,而较低的坝、较高的台阶泄流量可较大。设置过渡台阶可改善较高台阶的流态,台阶削角亦可使流态改善,但消能效果将有所下降。

5. 在大单宽流量条件下,台阶溢流坝面的典型流态消失,消能效果下降,同时因坝面流速较大,易发生空蚀破坏,因此,过坝单宽流量不宜过大。

台阶坝面对坝高的适应性还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Houston, L. L., Richardson, A. T. . Energy Dissipation Characteristics of a Stepped Spillway for an RCC Dam. Proceedings of the International Symposium on Hydraulics for High Dams. Beijing; 1988, P. 91—98
- 2 水利电力部成都勘测设计研究院. 国内外高坝泄洪消能工程实例. 1984年8月
- 3 汝树勋等. 曲线形阶梯式溢流坝的消能特性. 泄水工程与高速水流论文集, 成都科技大学出版社, 1994年9月
- 4 潘瑞文等. 阶梯溢流坝的水流特性与消能效果. 泄水工程与高速水流, 1995年6月

作者简介

吴宪生 男 电力工业部成都勘测设计研究院研究所 副所长 高级工程师 (收稿日期:1996-07-24)

(上接第28页)

参 考 文 献

- 1 郭耀煌、贾建民, 综合评价与排序, 系统工程理论与实践, Vol. 10, 1990年2期
- 2 吴培安、雷有成、尚新生、李元婷. 模糊综合评判在岩石分级中的应用. 西北水资源与水工程, 1991年2期

作者简介

尚新生 男 西北水利科学研究所 工程师 硕士 (收稿日期:1997-01-17)

Application of Relative Approximation in Rock Quality Sequencing

Shang Xinsheng

(Northwest Hydrotechnical Science Research Institute, Yangling, Shanxi, 712000)

Abstract The several test indices for rocks of the same class are selected as the basis for comprehensive rock quality sequence. The sequence is calculated by relative approximation, giving rock of the same class in quality sequence. It is found in rock classification comparison that classification shows the class of rock quality (such as class I, II etc.). However, when the results are basically same or differ a little, the relative approximation can give rock in quality order. Therefore, as a compensation for classification the relative approximation sequencing is of theoretical and practical significance in rock quality assessment. This method can also be applied in the comparison of rocks of different classes.

Key words sequencing, property matrix, relative approximation

CONTENTS.

General Situation and Prospect of Sichuan Electric Power Industry Development	Ma Huaixin (1)
Study on Hydropower Rolling Development at Dadu River	Zhang Dengshi Dai Weiyang (4)
Derivation of Mean Annual Sediment Content in Rivers Without Sediment Data in Sichuan	Cao Jianxinag (9)
Rainfall Runoff Forecast Based on Nervous Network	Chen Ke (12)
Elementary Study on Sediment Deposit at Gongzui Reservoir	Zhang Xiangjin (17)
Derivation of Design Flood at Substation Project in Very Small Basin	Cai Xinghe (20)
Fracture Geometry Properties in Fissure Effect of Clay Mass	Hu Xiewen Wand Shiping (22)
Application of Relative Approximation in Rock Quality Sequencing	Shang Xinsheng (27)
Landsliding Treatment during the Construction Period in 220 kV Step-up Substation at Longtan Hydropower Station	Li Daipei (29)
Study on Hybrid Finite Element Method for Stress Intensity Factor of Three Dimensional Interface Crack	Tian Winye Huang Shongmei Jian Zheng (31)
Raise Reaming Machine and Its Application in Chinese Hydropower Project	Liang Haibo Ma jiming Gu Zhaoqi Liu Zhiqiang (34)
Probing into Controlled Blasting in Rock Trench near Newly Placed Concrete	Xu Chengguang (37)
Discussion on Crack Grouted With Epoxy Material in the Block 6 at Baozhusi Hydropower Station	Wang Zhengsheng (39)
Construction of Roof Beam With Prestressing Steel Strand in Main Erection Bay of Powerhouse at Boazhusi Hydropower Station	Jie Jianjun Zhao Jun (42)
Brief Comment on Construction of Giant Hydropower Station (I)	Deng Nianyuan (48)
Effect of Asymmetric Wire Breakage on Relay Protection for Generator and Transformer at Gongzhui Hydropower Station (II)	Liu Bingzhang (54)
Application of 700 t Metal and Elastica Fluorite Plastic Thrust Bearing Liner made in China in Generators in Our Plant	Lin Yunhai (63)
Treatment of Capping Plate Cracking in Runner at Gongzhui Hydropower Station	Lui Fukun (64)
Review on Hydraulic Study and Application of Stilling Basin for Flood Discharge from Surface and Middle-level Outlets on High Arch Dam	Zeng Xiang Xiao Xingbing (66)
Elementary Study on Hydraulic Property of Stepped Spillway	Wu Xiansheng (73)
Field Coordinated Management by Engineer Under FIDIC Contract Conditions	Gao Zhongcheng (78)
Supervision on Shotcrete Quality in Underground Works at Ertan Project	Luo Yi (82)
Schedule Control by Supervision Engineer in Construction of International Bidding Project	Li Ming (85)
Maintaining Normal Operation of Equipment by Scientific Advance	Xiang Jin (90)
Strengthening Environmental and Legal Senses and Law Enforcement	Pu Jidong (93)

Editor: Editorial Office of Sichuan Water Power

Post Address: Qingyanggong, Chengdu, Sichuan, China

Post Code: 610072

Chief Editor: Li Yuanhui

Distributor: China International Book Trading Corporation (P. O. Box: 399, Beijing, China)