

# 红层边坡无粘结预应力锚索锚固力的监测分析

王晓强

中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 陕西 西安 710000

**摘要:** 通过某水电站泄洪放空洞出口红层三级边坡3173m~3218m高程第一级边坡监测锚索测力计观测数据分析测力计安装、锚索张拉、锁定各工序质量,了解和掌握工程红层边坡锚索施工质量,同时反馈支护措施的适应性,反馈工程设计信息。

**关键词:** 红层边坡; 监测锚索; 分析工序质量; 总结经验

## 引言

第三系(R)统称第三系红层,与三叠系中~上统(T2~3)及中性代侵入岩( $\pi\gamma_5$ )呈角度不整合沉积接触。按岩质,砾岩多为钙质胶结,属中硬岩;且泥质粉砂岩具有遇水软化、膨胀,失水干缩、崩解等特殊物理性质。通过分析边坡设置的无粘结预应力监测锚索数据,了解和掌握工程红层边坡锚索施工质量,同时反馈支护措施的适应性,反馈工程设计信息。

## 1 工程概况

某水电站泄洪放空洞出口部位出露基岩主要为变质砂岩、第三系“红层”砾岩及少量覆盖层,建基面底板最低高程3110.0m,硬岩范围弱风化岩体开挖坡比1:0.3,强风化岩体开挖坡比1:0.75,层高15m~20m,马道宽3m~5m;“红层”软岩范围岩体开挖坡比1:1~1:1.5,顶部与开挖平台或与自然边坡衔接。

## 2 锚索和监测锚索仪器布置

泄洪放空洞出口红层三级边坡范围3173m~3218m高程之间,系统布置15排2000KN级、间排距3.0m×3.0m无粘结预应力锚索;预应力锚索系统布置范围边坡系统采用0.5厚混凝土。

在每级边坡布置的系统锚索选择一排分别间隔布置5~6个锚索测力计,以了解支护效果的变化情况<sup>[1]</sup>。

## 3 锚索测力计的结构及工作原理

本部位采用的锚索测力计是西安联能生产的振弦式VWA-2000型;锚索测力计为高强度的合金钢圆筒,内置4个高精度振弦式传感器,传感器由不锈钢保护管保护;当钢筒受压产生轴向变形后,振弦式传感器与筒壁同步变形。传感器可以测量作用在锚索测力计上的总荷载,同时通过测读每只传感器,还可以测出不均匀或偏心荷载。锚索测力计采用全防水密封结构设计,可以在露天或野外工作。

对于环境温度的变化产生的热胀冷缩变形,经改进

工艺后已不影响传感器的测值,故观测值无须进行温度修正。锚索受力P按以下公式计算:

$$P = G \times (R_0 - R_1)$$

P—荷载(KN)

G—仪器率定系数

R0—初始读数(平均值)

R1—当前读数(平均值)

## 4 锚索测力计安装及张拉

### 4.1 锚索测力计安装

待锚索内锚固段与承压垫座混凝土的承载强度达到设计要求后,在锚索张拉前,将锚索测力计安装在孔口垫板上,并将测力计专用的传力板安装在孔口垫板上,要求垫板与锚板平整光滑,并与测力计上下面紧密接触,测力计或传力板与孔轴线垂直,其倾斜度应小于0.5°,偏心不大于5mm。

测力计安装就位后,加荷张拉前,应准确测量其初始值和环境温度,连续测三次,当三次读数的最大值与最小值之差小于1%F.S时,取其平均值作为监测的基准值。

### 4.2 锚索测力计张拉

张拉过程:分为单股预紧和整束分级张拉两个阶段。

单股预紧张拉程序:安装千斤顶→0→30KN/股→测量钢绞线伸长值→卸千斤顶。此过程使各股钢绞线受力均匀,并起到调直对中作用。

整束分级张拉:预紧→50%P→75%P→100%P→110%P(其中P为设计张拉力)稳压锁定;除最后一次超张拉要求静载持荷20min外,其余每级加载后的稳压时间为5min。

锚索张拉时采用张拉力控制为主,伸长值校核的双控操作方法。张拉各级加载稳压前后,均应量测钢绞线的伸长值,若实测伸长值与理论计算伸长值偏差超出+10%或小于-5%,应停止张拉,查明原因后才能重新张拉。

5 监测成果分析

5.1 油压表测试荷载与测力计荷载的关系

在监测锚索张拉过程中，可根据锚索测力计测值、千斤顶油压表读数、锚索钢绞线理论伸长量与实测伸长量的比较判断锚索锚固力的大小。以量测准确度的高低排序为：锚索测力计测值、千斤顶油压表读数、锚索钢绞线理论伸长量与实测伸长量的比较。及时分析和研究锚索测力计的测值与千斤顶油压表读数的关系，可判断锚索在张拉过程中的张拉质量，从而对锚索的张拉过程进行指导<sup>[2]</sup>。

由表5-1看出，锚索测力计PR15-XC分级张拉钢绞线实测伸长值均在允许最大值（+10%）和允许最小值

（-5%）之间，满足张拉技术要求；由图1看出，测力计实测荷载与千斤顶油压表荷载有较强的线性相关性，说明两者工作基本同步；由表1看出，测力计实测荷载与油压表荷载基本一致。

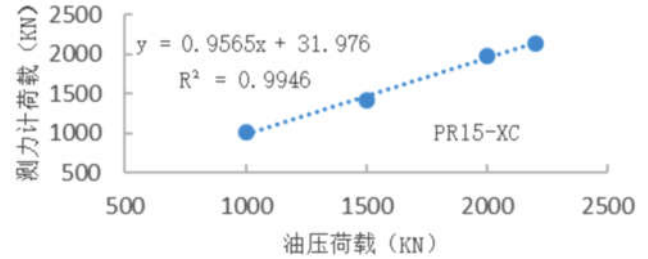


图1 PR15-XC测力计荷载和油压表荷载关系

表1 锚索测力计PR15-XC张拉数据记录表

力值 (KN)		油压表读数 (MPa)	钢绞线稳压前及理论伸长值 (mm)				锚索测力计读数及荷载	
张拉阶段	张拉力值		稳压前测值	理论值	允许最大值 (+10%)	允许最小值 (-5%)	模数	荷载 (KN)
50%P	1000	17.56	67.12	61.93	68.12	58.83	4464.1	1014.49
75%P	1500	26.32	101.50	92.89	102.18	88.25	3973.5	1413.84
100%P	2000	35.08	118.72	123.86	136.24	117.67	3285.6	1973.79
110%P	2200	38.59	137.29	136.24	149.87	129.43	3088.5	2134.23

注：1.测点PR15-XC1锚索孔深60m，锚固段长度8m；2.力值与油压力表关系公式： $P = 0.17527F + 0.029325$ ；3.伸长量与力值关系公式： $\Delta L = PL/AE$ ，A截面积，E：弹性模量 = 195000N/mm<sup>2</sup>，L：张拉段长度；4.锚索测力计读数模数为均值，测点PR15-XC仪器系数为0.814，初始值读数均值为5710.4。

5.2 锚索测力计监测成果分析

表2 锚索锚固力监测成果统计表

仪器编号	锁定荷载 (KN)	现存锚固力 (KN)	损失率 (%)	$\frac{\text{现存锚固力}}{\text{设计锚固力}} \times 100\%$	时间 (天)
PR02-XC4	1973.0	1912.8	3.05%	96.9%	87
PR12-XC	2184.4	2121.5	2.88%	97.1%	86
PR13-XC	1993.4	1897.6	4.81%	95.2%	86
PR14-XC	2042.8	1977.8	3.34%	96.8%	86
PR15-XC	1979.2	1913.1	3.34%	96.7%	86

注：损失率 = (锁定荷载 - 现存锚固力) / 锁定荷载 × 100%

从表2看出，红层边坡3173.5m~3188.5m高程安装的5个监测锚索中测点PR13-XC锚固损失率最大，86天后锚固损失率为4.81%，实测锚固力为设计锚固力

(2000KN)的95.2%。

5.3 锚固力特征值统计分析

表3 锚索锚固力变化特征值统计表

锁定荷载	PR02-XC4		PR12-XC		PR13-XC		PR14-XC		PR15-XC	
	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)
1973.0	1936.1	1.87	2184.4	0.58	1993.4	0.69	2042.8	0.41	1979.2	0.49
2184.4	1928.4	2.26	2184.4	0.73	1993.4	1.08	2042.8	0.53	1979.2	0.66
1993.4	1916.6	2.86	2153.9	1.40	1956.7	1.84	2016.8	1.27	1965.3	0.70

续表:

锁定荷载	PR02-XC4		PR12-XC		PR13-XC		PR14-XC		PR15-XC	
	1973.0		2184.4		1993.4		2042.8		1979.2	
时间	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)	实测荷载	损失率 (%)
40d	1914.8	2.95	2129.9	2.50	1922.7	3.55	1989.9	2.59	1934.3	2.27
50d	1912.6	3.06	2121.7	2.87	1899.8	4.70	1979.9	3.08	1915.6	3.21
60d	1913.5	3.01	2122.4	2.84	1900.5	4.66	1978.7	3.14	1916.7	3.16
70d	1912.9	3.04	2122.5	2.84	1899.7	4.70	1977.9	3.18	1915.8	3.20
87d	1912.8	3.05	2121.5	2.88	1897.6	4.81	1977.8	3.18	1913.1	3.34

由表3看出,各监测锚索在张拉完成30d内损失率较大,约占本观测期总损失率的50%以上,锚固力下降速率较快。此阶段的锚固力损失,是由于锚固影响范围内表层岩土压缩和锚索锚固段灌浆而引起。锚索锚固30d之后,锚固力波动变化,主要受岩土自身变形和受温度影响产生的变形。

### 6 结论

(1) 从各监测锚索在张拉过程中油压荷载和锚索测力计荷载相关成果可知,测力计实测荷载与千斤顶油压表荷载有较强的线性相关性,说明两者工作基本同步。

(2) 从监测数据看出,锚索锚固力损失主要出现在

张拉锁定1个月内,后期主要受温度影响变化的影响。

(3) 从本观测期监测数据看出,各测点锚索最大损失率为4.81%,现存锚固力最小值占设计锚固力的95.2%,表明锚索测力计安装、锚索安装、张拉、锁定满足设计各项技术要求。

### 参考文献

[1]倪志鹏;拉西瓦水电站泄洪临时底孔部位试验性锚索测力计设计及安装质量控制[J];西北水电;2009(03):15-20.

[2]张友科,傅倩.有粘结和无粘结预应力锚索在混凝土结构中的应用[J].西北水电.2007(4):30-33.