

凉滩电站溢流式厂房预制混凝土拱的吊装

李道鸿 曾虎祥

(四川省水利水电设计院)

凉滩电站位于四川省广安县城东北 60 公里的渠江中游，是利用已建闸坝拦水发电的农村中小型电站。电站装机容量为 4×3500 千瓦，第一期工程为 2×3500 千瓦。由于渠江洪枯水位变化大（高达 27~28 米），采用溢流式厂房，岸边设斜坡式廊道为进厂交通通道。主厂房净跨 15 米，第一期工程的主厂房总长度为 48.1 米，土建部分由县组织人力施工，设备条件受到一定限制。

预制拱圈的吊装方案

主厂房拱顶设计采用预制吊装 35 厘米厚拱圈作为钢筋混凝土拱的底模，拱圈上再浇 1.25~2.1 米厚变截面圆弧拱形混凝土。由于主厂房跨度较大，顶拱施工有一定难度，因此吊装预制拱圈则是电站主厂房拱顶施工的关键问题。

主厂房地处岸边陡崖侧，地势狭窄，加之右侧河床至拱顶高差达 25 米左右，吊装条件是不利的。由于拱圈跨度较大（拱跨 15 米矢高 3 米），若按整体拱圈预制则运输吊装均感困难。设计时将拱圈分成两段，运输至现场，并在拱顶拱脚预埋钢板，进行现场拼装焊接。吊装半拱圈重 3 吨，预制件截面 35×40 厘米（高×宽），拱弧内半径为 10.875 米，弧长 8.5 米。

吊装到厂房顶采用双索道方案，索道布置见图 1。

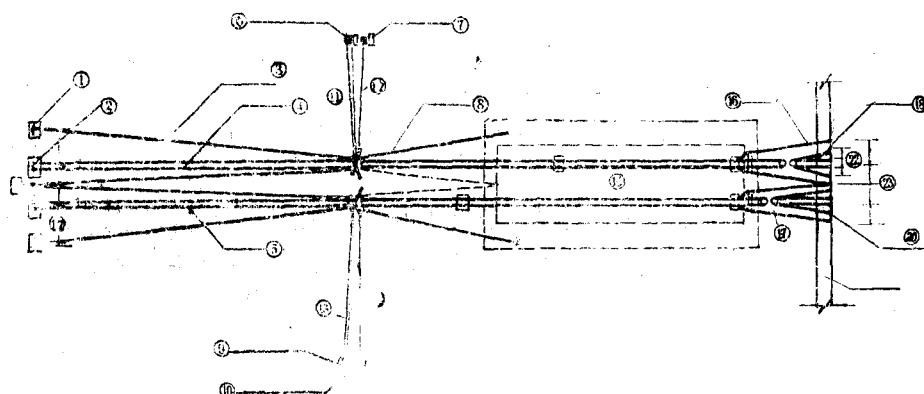


图 1 索道平面布置图

注：①风缆地垄；②主索地垄；③风垄Φ19；④主缆索2Φ26；⑤主缆索2Φ31；⑥5吨卷扬机牵引（接正反绳）；⑦3吨卷扬机起重；⑧反风缆Φ26；⑨5吨单筒卷扬牵引；⑩3吨单筒卷扬机起重；⑪Φ19；⑫Φ12；⑬Φ19；⑭Φ12；⑮电站主厂房；⑯风缆Φ26；⑰间距各410；⑱主缆地锚8Φ19；⑲Φ26；⑳Φ17；㉑浆砌石围缆；㉒间距各140；㉓间距各410。

主缆索共两组布置于距厂房纵轴线各4.1米处，（图1），由于受设备材料限制，靠上游侧主缆采用2φ31钢丝绳。靠下游侧主缆采用2φ26。钢丝绳主缆绳因利用旧的，其强度按70%估计，当计算最大张力为14吨时，钢丝绳安全系数分别为5和3.6，2φ26主缆安全系数略低，但因时间紧迫，无法再找到更粗的钢丝绳代替。

主缆索最大跨度为78米（水平投影距离）设计最大垂度为6米。左侧为土地锚，距左侧人字扒杆62米处，缆索与地面夹角为 $7^{\circ}22'$ ，地锚埋深2.5米，上压一米高的干砌条石，钢丝绳端头套以φ300钢管横穿于土坑内，钢管上架纵横向方木。右侧地锚因地形条件限制只能锚于厂房端墙外侧浆砌条石围堰上，缆索与地面夹角达 58° ，地锚拔力较大。埋入部分采用8根φ28的锚筋，锚入深1.8米的浆砌条石中。锚筋端部作鱼尾叉加钢塞，锚固后灌注高标号水泥沙浆。为分散主缆索的拉力，每一套主缆索用20吨五门滑车分成四根φ19钢丝绳与四根锚筋连接。

左侧主缆索支承点采用人字扒杆，系用φ219钢管制作，管长9.6米，用32吨滑车支承缆绳。右侧主缆支承点采用φ219钢管排架，排架下部埋入3米深的混凝土中。由于右地锚与地面夹角大，钢排架受滑轮的水平分力约12吨左右，设两根φ26的风缆与条石围堰上的锚筋连接。

每一组缆索采用一台3吨单筒卷扬机作为起重，各将一台5吨单筒卷扬机（利用现货）加装大滚筒，按正反绳作为牵引绳（代双筒卷扬机用），安置于人字扒杆的两侧。

预制拱圈的设计及修改

主厂房顶部混凝土因通风需要埋有6根φ300~400的通风管，原设计在预制拱中埋钢管穿孔，当φ400钢管穿过拱圈时预制拱圈宽度扩大一倍，改为800毫米，单件重变为6吨，预制拱穿过的钢管与受力钢筋焊接。原设计拱圈型号为三种吊重有三根6吨拱圈，加以拱圈上有预埋吊顶棚的拉杆，在每4米位置，拱圈间要留间隙，因此吊装将变得复杂化，起重设备也有困难。根据工地吊装设备等实际情况，将设计修改为同一断面型号，在有风管通过的地方留一孔不安装，当风管安装完后，剩余孔洞用小块混凝土板蔽盖。经过简化设计型号在吊装过程中证明，施工方便，效率大大提高。

原设计两组缆索同时吊装，在拱顶处悬空对接，施工过程中也作了改进。为避免空中对接困难，采用每一根对接一半断面。这样，当1#缆索吊装至现场对接已定位的拱圈时，2#缆索又开始起吊。避免了悬空对接，加快了施工进度。

吊装施工中出现的问题及处理

（一）由于预制拱圈不平，在安装时，间隔有稀有密。在吊装过程中曾出现拱圈渐渐不垂直于纵轴线，使拱圈长度不够，拱顶钢板敞开越来越大，焊接时要塞较厚的钢板才能闭合，影响施工进度。因此在施工中应及时测定拱圈轴线，并作相应的调整。

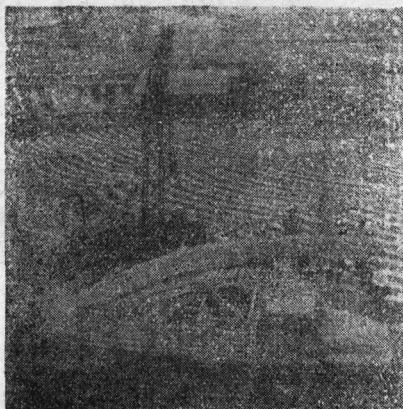
（二）在风管留孔相对应的两半跨，拱顶均只有一半截面承压，受力条件不好，在施工中应予加强。该厂房是用20#工字钢支撑于起吊环上，焊接加强的。

(三) 原估计预制件宽度误差为+1厘米, 而实际远远超过, 主要是浇筑基面不平, 因而预制的拱轴线不直。按原计划预制了215根, 实际吊装了204根, 尚余11根未用, 即实际间隙达到+3厘米左右。因此今后这类型预制件可以根据施工水平适当加大预计误差, 减少富裕留量。

(四) 为保证吊装的半拱圈按拱形就位, 吊装时用工字钢作一平衡挑梁。挂钩为一长一短(照片1), 并使吊点中心偏上, 才能使拱圈按一高一低就位。

(五) 为保证吊重不左右摇摆以致在空中失去控制, 在吊装过程中两头应有绳索牵引。

(六) 原设计预制件吊环方向垂直于拱轴, 在吊装时绳索受力方向顺拱轴, 将环拉弯变形, 故今后吊环应顺轴线方向埋设



照片1 半拱圈用索道运至现场



照片2 预制厂在吊运拱圈

拱圈的预制施工

预制拱圈共215块, 由于要达到一定强度才能搬运, 平铺地上又必然占地过宽(要占2000多米²)。然而受场地和时间的限制, 预制拱圈采用拱上再重拱, 重叠三层的办法预制, 因此预制场只用了700米²左右, 在每浇完一层后, 面上放置水泥纸袋作隔层, 但应注意不得有破洞漏浆。

由于最低一层是铺砂子, 有的经振捣器震动后与下部混凝土地面直接粘结, 往往用千斤顶顶开才能起吊, 类似此情况的施工应予以注意。

在施工中模板应严格控制拱弧的弦长, 外弧与内弦均应控制, 并保证振捣器振动后弦长保持不变, 否则会影响安砌速度。

凉滩电站溢流式主厂房拱顶的吊装从1984年5月1日作吊装试验, 5月2日开始试吊(照片2), 到5月10日胜利完成(其中有一天吊行车进厂房), 每天分两班作业(深夜班未吊), 共吊装204块, 平均每天25块, 最高一天可吊44块, 效率是较高的。