



升船机大直径提升钢丝绳安装技术与应用

黄 群

(华能景洪水电工程建设管理局, 云南 景洪 666100)

摘要: 在超过直径4 m的卷筒上同时安装多根大直径钢丝绳需解决卷筒可靠驱动、钢丝绳在卷筒上的精确定位、钢丝绳在卷筒上的同步缠绕等技术难题, 工程具有精度要求高、技术难度大等特点。通过分析, 采用综合性控制措施, 完成了16个卷筒上共64根钢丝绳的安装, 安装精度达到设计要求, 使用效果良好。

关键词: 升船机; 大直径钢丝绳; 安装; 应用

中图分类号: U 642

文献标志码: B

文章编号: 1002-4972(2016)12-0183-05

Installation and application of large-diameter steel cable in ship lift

HUANG Qun

(Hua' neng Jinghong Hydropower Project Construction and Management Bureau, Jinghong 666100, China)

Abstract: To solve key technical problems such as reliable driving and precise positioning of steel cables on the drum, as well as synchronized winding of cables while installing steel cables on a drum of more than 4 m in diameter, we take comprehensive control measures and accomplish installation of 64 steel cables on 16 drums with desired installation precision and satisfactory effect achieved.

Keywords: ship lift; large-diameter steel cable; installation; application

景洪水电站通航建筑物采用我国发明的水力提升式垂直升船机, 提升机构主要为制造质量和体积合适的浮筒作为平衡重, 浮筒位于竖井内, 竖井布置在升船机塔楼中, 承船厢布置在两侧塔楼中间的船厢室中, 悬吊承船厢的提升钢丝绳布置在船厢两侧, 钢丝绳绕过升船机塔楼顶部的卷筒、通过动滑轮后一端与承船厢调平油缸连接, 一端与均衡油缸连接(图1)。

提升钢丝绳共64根, 为圆形股, 右交互捻(简称右旋)和左交互捻(简称左旋)各32根, 分别卷绕在16个卷筒上, 卷筒绳槽底径4 180 mm, 各卷筒间以同步轴连接, 保证各卷筒转速一致。每个卷筒上对称缠绕右旋和左旋钢丝绳各2根, 钢丝绳在卷筒上的工作圈数5圈, 固定圈数2.5圈。

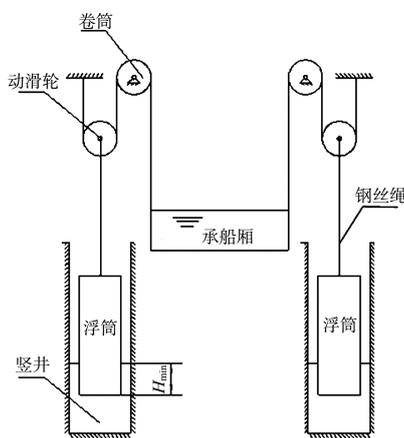


图1 水力式升船机总体布置

钢丝绳直径70 mm, 出厂前已预拉伸, 两端带有锥套, 两锥套耳孔中心距无荷载时长206.25 m, 受额定荷载561 kN时长度为207.689 m,

收稿日期: 2016-09-19

作者简介: 黄群(1974—), 男, 工程师, 从事水电站机电设备安装调试工作。

单根钢丝绳净质量约 5 200 kg，钢丝绳上标有红色中轴线(钢丝绳扭转标记)和绿色定位线(距承船厢

侧锥套耳孔中心 92.505 m，设计定位基准)。提升钢丝绳在卷筒上的布置见图 2。

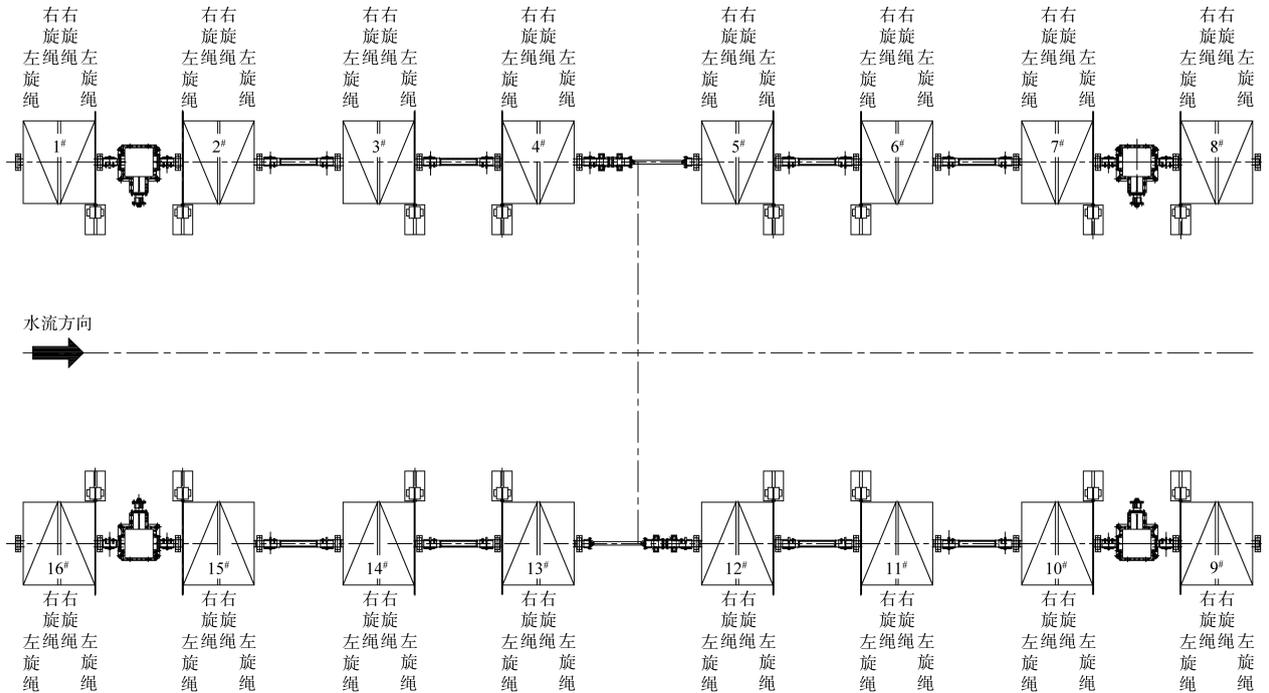


图 2 提升钢丝绳布置

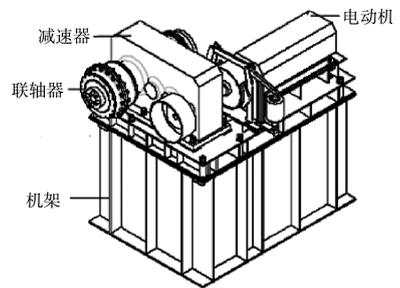
1 技术难点与措施

1.1 卷筒缠绕钢丝绳驱动力

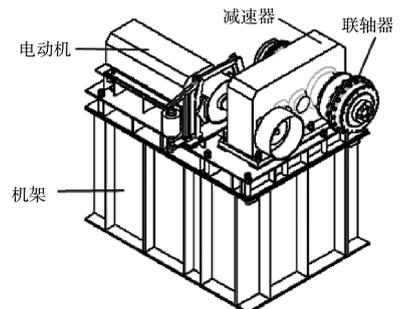
水力式升船机动力来源为浮筒在竖井内随水位升降带动钢丝绳使卷筒旋转，现场安装钢丝绳时，竖井及相应充泄水系统尚未投入使用，无法提供驱动力使卷筒旋转缠绕钢丝绳。

为解决卷筒驱动力问题，现场安装一套辅助驱动装置，由机架、315 kW 直流调速电机、双输入输出减速器、制动器、高、低速联轴器和控制系(含遥控)等组成，辅助驱动装置轮流布置在左、右岸 8 个卷筒的末端(即图 2 中的 8#、9# 卷筒下游侧)，将减速器输出端半外齿轴套通过螺栓固定在卷筒轴端，电动机通过高速联轴器、减速器、低速联轴器与卷筒连接在一起，驱动左、右岸任一侧 8 个卷筒正、反转运行，将被驱动的 8 个卷筒由上游至下游逐一将钢丝绳缠绕上卷筒，已缠绕好钢丝绳的卷筒解开同步轴不再被驱动，待同一侧 8 个卷筒上的钢丝绳全部缠绕完后再将同步轴连接。

直流调速电机、双输入输出减速器、制动器、高、低速联轴器等设备在机架上设有两种装配形式，布置在左岸侧时采用装配形式 1，布置在右岸侧时采用装配形式 2(图 3)。



a) 装配形式 1



b) 装配形式 2

图 3 辅助驱动装置

受现场场地布局限制，辅助驱动装置的 315 kW

辅助驱动装置驱动卷筒缠绕钢丝绳时，通过直流调速电机、减速器将卷筒转速控制在 1 r/min，并采用遥控器实时控制电机启停及转动方向。

1.2 钢丝绳在卷筒上的长度定位

升船机运行时承船厢与浮筒由 16 个卷筒上的 64 根钢丝绳共同提升或下降，因此 64 根钢丝绳安装完成后应保证在承船厢侧、浮筒侧长度一致，虽然钢丝绳两端设有机械调平装置，可在一定程度上调节 64 根钢丝绳长度偏差，但考虑到调节余量有限，设计要求钢丝绳长度安装允许误差控制在 ± 5 mm 内。

设计单位根据升船机上、下游最高、最低通航位置以及钢丝绳弹性模量确定钢丝绳安装定位基准为距承船厢侧锥套耳孔中心 92.505 m(制造厂进行了标记)，即安装完成后标记处应与钢丝绳绳槽压板中心线重合。

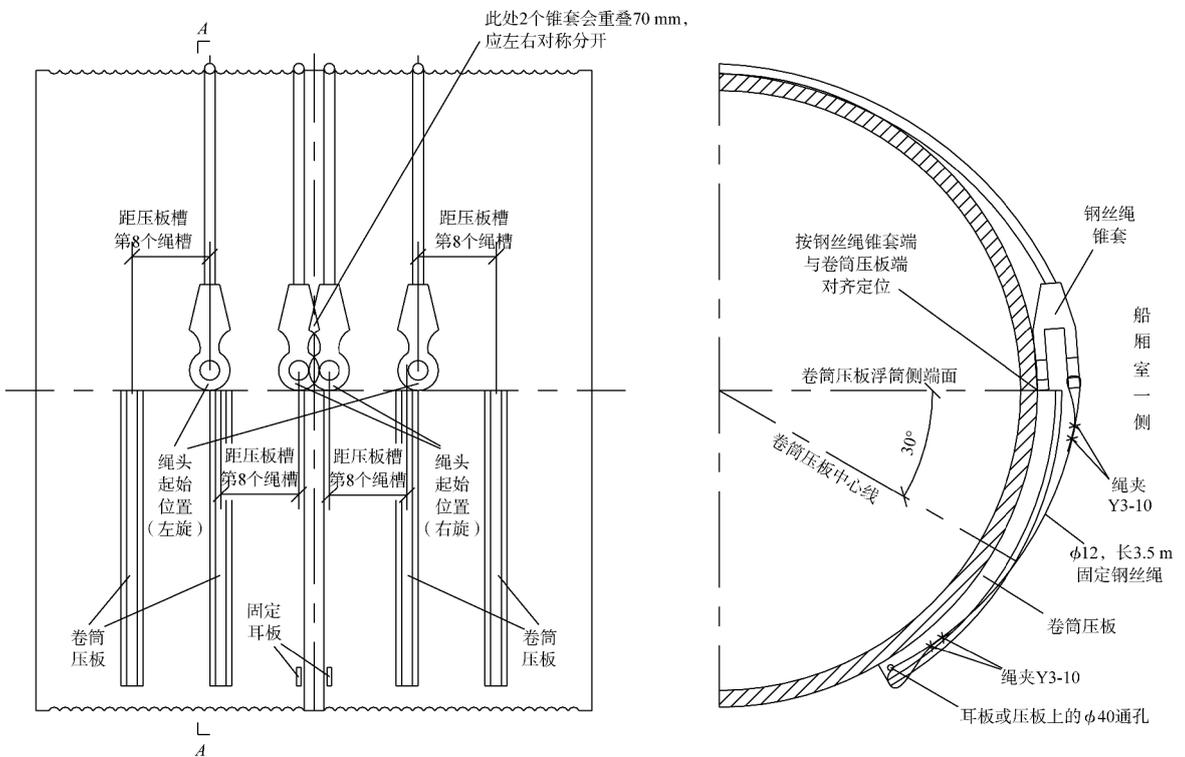
根据现场实际情况，确定定位分为初始定位与安装中的精确调整定位，初始定位的主要思路是先计算 92.505 m 钢丝绳在卷筒上的缠绕圈数，由此确定钢丝绳轴向初始位置(经计算需缠绕

7 圈，占用 8 个绳槽)；再以 92.505 m 标记处与钢丝绳绳槽压板中心线重合，计算缠绕 7 圈后钢丝绳锥套所处的位置(经计算距离约 1 168 mm)，同时结合钢丝绳定位纠偏时“放松钢丝绳易，收紧钢丝绳难”的特点，确定钢丝绳的环向初始位置在浮筒一侧，锥套端部与绳槽压板对齐(图 4)。

1) 轴向初始位置——从卷筒横向中心线一侧，距卷筒压板槽第 8 个绳槽定位；

2) 环向初始位置——在浮筒一侧，按钢丝绳锥套端与卷筒压板端对齐定位。

初始定位完成后，将锥套与钢丝绳压板临时连接固定，使用辅助驱动装置驱动卷筒缠绕钢丝绳，待缠绕至 90.505 m 左右时，绿色定位基准出现在钢丝绳绳槽压板中心附件，此时使用桥机将浮筒一侧钢丝绳悬空段吊起，向船厢侧调整使 90.505 m 定位基准与钢丝绳绳槽压板中心重合，拧紧压板螺栓，完成精确调整定位，此时船厢侧钢丝绳与绳槽压板间会形成部分钢丝绳松弛，在将钢丝绳向船厢下放过程中将自行逐渐收紧，达到钢丝绳与绳槽的紧密贴合。



a) 卷筒上钢丝绳初始位置(从船厢侧向浮筒侧视图)

b) A-A

图 4 钢丝绳初始定位

1.3 4根钢丝绳在卷筒上的同步缠绕

由于每个卷筒需同时缠绕4根钢丝绳，采用型钢制作钢丝绳固定支架1套，分为上、下2层，每层放置2盘钢丝绳，分左、右旋放置在相应位置，利用钢丝绳原厂木盘包装，在木盘中心插入

钢管为轴，使钢丝绳绕轴旋转放出钢丝绳，缠绕至卷筒相应绳槽(图5)。

钢丝绳固定支架安装在浮筒侧上方，与卷筒相对安装位置见图6。

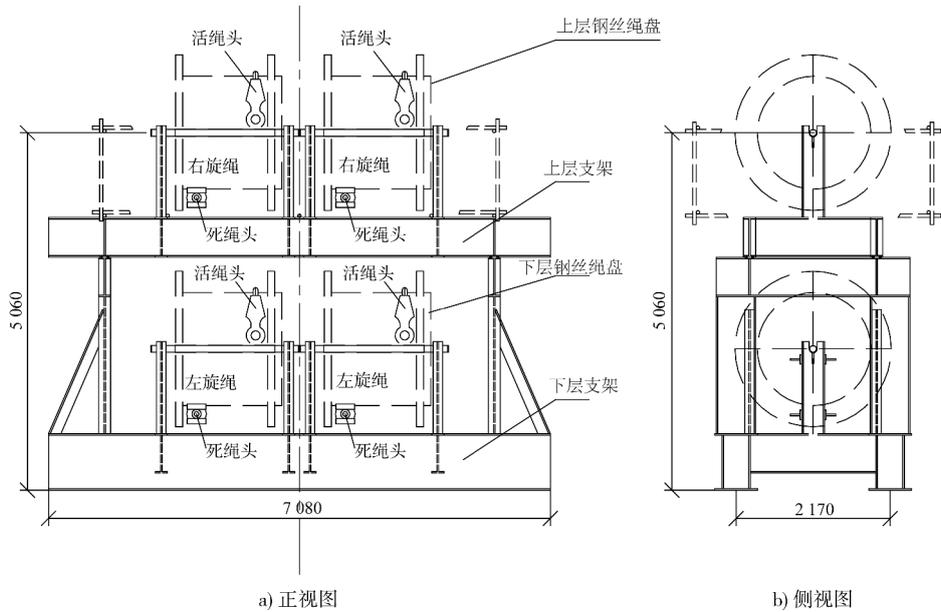


图5 钢丝绳安装工装及钢丝绳布置 (单位: mm)

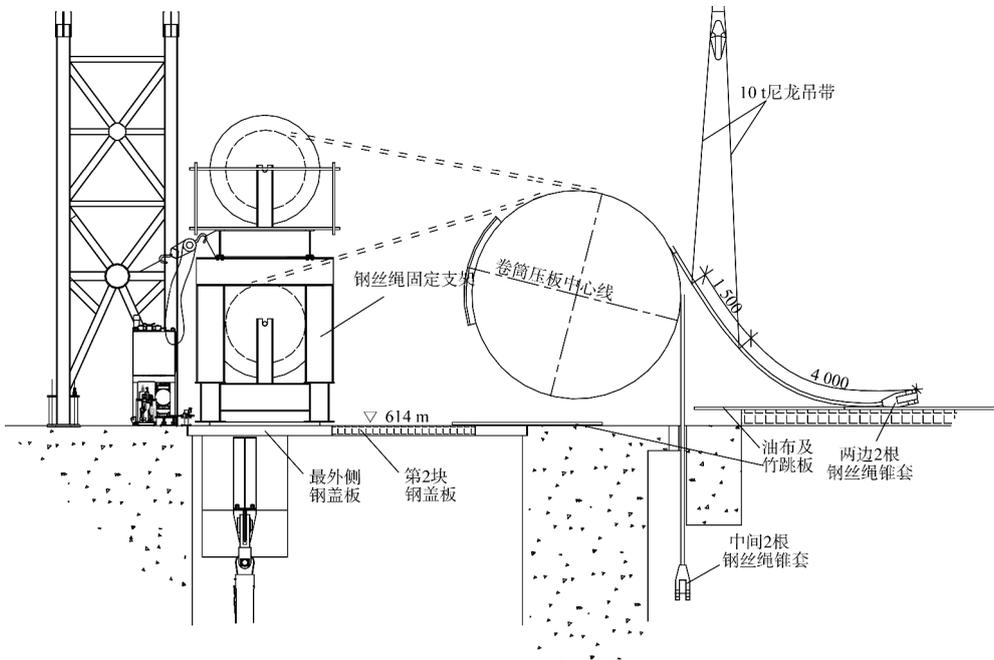


图6 钢丝绳安装工装与卷筒相对位置 (单位: mm)

2 安装

2.1 安装工序

在明确卷筒驱动、钢丝绳在卷筒上的精确定位以及4根钢丝绳的同步缠绕问题的解决措

施后，根据现场条件，制定了总体安装工序，64根提升钢丝绳分为16组，每组4根，按卷筒编号16→15→14→13→12→11→10→9；1→2→3→4→5→6→7→8的顺序，逐组进行钢丝绳安装。

安装前，脱开左、右两侧卷筒的同步轴连接，脱开已装钢丝绳卷筒与待装钢丝绳卷筒之间的连接同步轴，同时要求及时回装已完成钢丝绳安装的卷筒脱开的同步轴，例如：脱开 13[#]与 14[#]卷筒间的同步轴以前，先回装 14[#]与 15[#]卷筒间已脱开的同步轴，以保证各卷筒初始位置的一致性。

每组 4 根钢丝绳的安装工序见图 7。

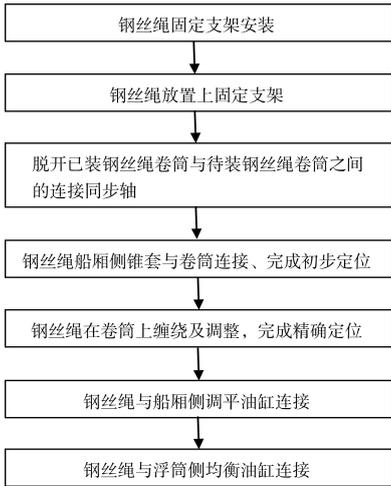


图 7 每组 4 根钢丝绳安装工序

2.2 主要安装过程

2.2.1 钢丝绳与固定支架装配

首先在指定位置安装钢丝绳下层支架，完成后将下层待安装钢丝绳与下层支架装配；再吊装钢丝绳上层支架，上层支架与下层支架之间用螺栓连接；然后将上层待安装钢丝绳与上层支架装配。

2.2.2 钢丝绳与卷筒连接

固定支架 2 层上的钢丝绳与卷筒得的连接顺序是先连接下层钢丝绳，后连接上层钢丝绳。与卷筒连接前，先回装已完成钢丝绳安装的两个卷筒间的同步轴，再脱开已装钢丝绳卷筒与待装钢丝绳卷筒之间的同步轴，已完成安装不再需要转动的卷筒使用制动器上闸，使之处于安全状态。

采用桥机和尼龙吊带吊住木盘上的钢丝绳活头，缓缓转动木盘，放出钢丝绳到卷筒上，按图 4 完成初始定位后，采取临时连接措施使钢丝绳锥套与卷筒上的临时固定吊耳孔可靠连接，为便于钢丝绳固定，卷筒的初始位置，按卷筒压板端面处于水平状态定位(图 4b))。

一个卷筒上的 4 根钢丝绳逐根定位、临时连接完成后，启动辅助驱动装置转动卷筒，同时缠绕 4 根钢丝绳，直至钢丝绳的定位标记出现在卷筒压板附近。根据初步定位情况，标记线与压板中心约有 300 mm 距离(标记线偏向浮筒一侧)，此时，用尼龙吊带捆绑吊起浮筒一侧的钢丝绳，使钢丝绳的标记线与压板中心重合，控制在设计要求误差 ± 5 mm 以内。

钢丝绳精确定位完成后，按设计要求预紧力矩对称锁紧钢丝绳绳槽压板上的固定螺栓。

2.2.3 钢丝绳与承船厢侧调平油缸连接

钢丝绳绳槽压板上的固定螺栓拧紧后，卷筒压板的方位仍同图 4b) 视图，此时解除钢丝绳锥套与卷筒的临时连接，使用辅助驱动装置，转动卷筒将 4 根钢丝绳的锥套垂直放下，到达承船厢调平油缸上端吊耳位置时停止，逐一将钢丝绳锥套与调平油缸吊耳进行连接(图 6)。

2.2.4 钢丝绳与均衡油缸连接

船厢侧的钢丝绳下放到位后，将固定支架上的三盘钢丝绳固定，仅卷动 1 根钢丝绳的木盘，将木盘上剩余的钢丝绳放出，放置在主机房地面预先铺设好的胶皮上，使用桥机 2 台小车，采用尼龙吊带将钢丝绳吊入竖井中，直至钢丝绳绳头锥套与浮筒滑轮组底部高程平齐，然后使用倒链拉住钢丝绳锥套，牵引钢丝绳锥套穿过滑轮底部(图 8)，同时桥机吊钩吊住钢丝绳中段同步下放，使钢丝绳锥套穿过动滑轮底部，然后将其他 3 盘钢丝绳同样吊入竖井并穿过相应的动滑轮。

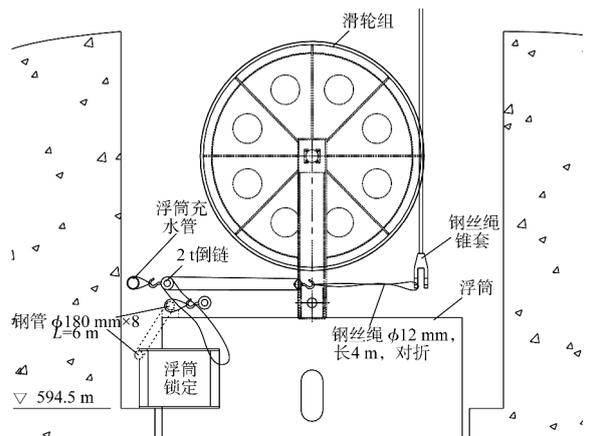


图 8 钢丝绳穿过浮筒动滑轮示意 (下转第 193 页)