

牛角湾水电站高压钢管的制作与安装

沈志勤

(中国水利水电第十工程局, 四川都江堰, 611830)

摘要 牛角湾电站高压斜管, 其主管长达 1 265 m, 角度顺山坡变化布置。场地狭窄, 安装难度大。本文总结了采用架空索道和轨道运输相结合的办法, 做到成本低, 进度快, 顺利地完成任务, 并介绍了一些经验。

关键词 牛角湾电站 高压钢管 制作 安装

1 工程概况

牛角湾一级电站位于凉山州布拖县牛角湾乡, 距西昌市 208 km, 隧洞长 12.85 km, 引泥姑河水发电。电站枢纽在金沙江左岸海拔 1 679.50~2 238.00 m 高程之间, 由前池、高压管道、主副厂房、升压站等组成。装机 2×1.1 万 kW, 最大水头 567 m, 引用流量为 $4.82 \text{ m}^3/\text{s}$, 属彝族地区, 气候、生活、交通运输、施工等条件均十分艰苦。然而, 通过指挥部和全体职工夜以继日的艰辛奋战, 1994年6月进场, 10月正式开工, 至1996年6月已基本胜利完成了整个电站的全部土建工程和机电安装调试任务, 两台机组已经并网发电。

2 压力管道的布置与特征

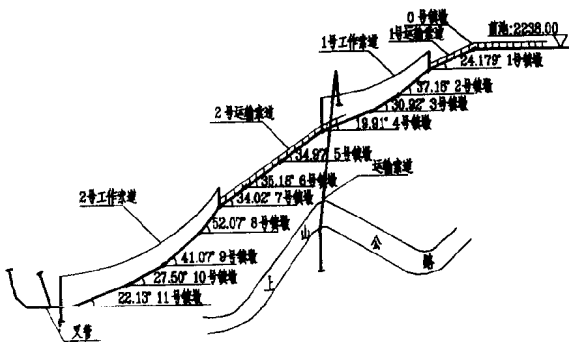


图1 压力钢管安装布置示意图

2.1 压力钢管轴线布置(见图1)

该电站属于高水头电站, 采用联合供水方式, 管道进口在前池下游边墙中部正向进水, 钢管从隧洞穿过至0号镇墩为暗管(水平段)。管轴线从0号镇墩开始立面转角至11号镇墩, 再以11号镇墩经叉管转平面角 120° 后, 沿主厂房上游墙正向进入水轮

机球阀。

主管长 1 265.884 m, 管径 1.2 m, 重 1 054.5 t, 流量 $4.82 \text{ m}^3/\text{s}$, 流速 4.26 m/s , 管道进口中心高程 2 238.00 m, 出口中心高程 1 679.50 m, 其中明管长 1 110.594 m, 暗管长 155.29 m, 支管长 26.18 m, 内径 $\varnothing 80 \text{ mm}$, 重 15.2 t。高压管道总长 1 292.064 m, 重 1 069.7 t。

2.2 压力钢管结构

整个压力钢管共设 134 个支承环, 其中有 11 个滑动支承, 其余均为滚动支承。支承环间距均为 8 m。两镇墩间设伸缩节一个, 共计 12 个伸缩节, 以保证镇墩间的钢管在气温变化时, 能自由伸缩。在整个钢管上共设 5 个进入孔, 分别设在 2 号、4 号、6 号、8 号、10 号镇墩的上游侧。

2.3 压力管道的结构布置

压力管道位于金沙江左岸侵蚀台地斜坡上, 坡面在 $20^\circ \sim 50^\circ$ 之间, 基岩裸露, 岩性以灰岩为主, 岩层倾向山外, 倾角在 120° 至 145° 之间, 12 个镇墩、134 个支墩的基础均置于基岩上。根据管道地形、地质条件, 钢管处在 12 个不同的坡度上, 从上至下分别为: 前池至 0 号(管道隧洞)属于水平段; 0 号~1 号镇墩为 24.1795° ; 1 号~2 号镇墩为 37.1658° ; 2 号~3 号镇墩为 30.9479° ; 3 号~4 号镇墩为 19.9194° ; 4 号~5 号镇墩为 34.9750° ; 5 号~6 号镇墩为 35.1812° ; 6 号~7 号镇墩为 34.0163° ; 7 号~8 号镇墩为 52.0664° ; 8 号~9 号镇墩为 41.0698° ; 9 号~10 号镇墩为 27.5039° ; 10 号~11 号镇墩 22.1269° 。

管槽也置于基岩上, 采用梯形断面形式, 底宽 3.6 m, 边坡为 1:0.3, 左边布置排水沟, 右边设梯步, 均用 C_{15} 混凝土护底护坡, 管道隧洞长 147 m, 直墙 $1/3$ 圆拱型, 直墙高 2.94 m, 洞身高 4.28 m, 底宽 3.6 m, 用 C_{15} 混凝土衬砌。

3 钢管的制作

3.1 钢管的制作

由于工地施工场地狭窄,不能在现场制作,则在西昌西溪变电站内一平地修建制作场。除叉管和支管要求热卷的少量钢管在四川省锅炉厂加工外,其余均全部由公司结构厂在西溪制作。根据板材宽度和运输条件,钢管制作长度均为4.8m或5.4m,制好的钢管,由汽车运至工地临时堆放场。

3.2 钢管制作的质量控制

为确保钢管制作质量,除严格按照规程规范施工外,重点规定以下标准,以保证钢管制作的质量。

钢板划线应满足下列要求:

表1 钢板划线的允许偏差表

序号	项 目	允许偏差 /mm
1	宽度和长度	±1
2	对角线相对差	2
3	对应边相对差	1

明管的纵缝位置与明管的垂直轴线或水平轴所夹的圆心角范围应符合设计规范要求;

在同一管节上,相邻纵缝间距不应小于500mm;

钢管对圆应在平台上进行,其管口不平度允许偏差在3mm以内;

钢管对圆后,其实际周长与设计周长差不应超过 $\pm 3D/1000$,相邻管节周长差,当板厚小于10mm时,不应大于10mm;

钢管纵缝对口错位不应大于板厚的10%,且不大于2mm;环缝对口错位不应大于板厚的15%,且不大于3mm;

焊缝的检查与要求:

钢管的焊接必须经过取得高压容器四种位置焊接合格证的合格电焊工施焊。

焊条在焊接前应按厂家说明书规定进行严格烘烤合格,装入保温桶,随焊随取。焊条的型号规格必须根据钢管的材质和焊缝的位置选用;材质为16Mn的钢管,焊条选用低氢型507,规格选用 $\varphi 4$ 、 $\varphi 3.2$,直流焊机施焊;材质为A3的钢管,焊条选用结422,规格同上,交流电焊机施焊。

为了减小焊接变形和焊接应力,采用对称多层多道施焊的方法,根据钢管安装顺序逐条缝施焊完,不得跳越焊接。焊缝根部的焊瘤、焊渣必须用碳弧气刨清除干净,然后焊接背缝,焊缝高度必须符合规范要求,表面成形良好。

3.3 钢管的场内运输

临时堆放场内的钢管用汽车运至上山公路,但由于上山公路距压力管道的安装位置较远,而且山坡地形复杂,象吊车类的起重运输设备不能将钢管运到安装位置,则只能根据实际地形,采用索道和轨道两种运输方式。

3.3.1 陡坡段采用索道运输(见图1)

运输索道是将运至上山公路的1号~7号镇墩的钢管材料、设备等全部运到4号镇墩(即1号工作索道(1号~4号镇墩的索道)与2号轨道运输(4号~7号镇墩之间的轨道)的汇合处,再通过1号工作索道和2号轨道分别将钢管运往安装的具体部位。

运输索道全长178m,高差80m,设计起重运输能力6t,在4号镇墩上方,距管线8m处,设立单排门型排架高18m,在上山公路外侧设立门型排架高12m。根据起运能力,承载绳选用型号为 $6 \times 37+1-170\varphi 43$ 的钢丝绳双股,牵引绳选用 $6 \times 37+1-170\varphi 7.5$ 的钢丝绳,起重绳选用的型号为: $6 \times 37+1-170\varphi 15$ 两台5t卷扬机,一台用于起重,一台用于牵引。

3.3.2 1号工作索道(1号~4号镇墩之间的索道)

该索道主要承担运输索道运来的1号~4号镇墩之间的钢管材料,再次转到安装部位,还要承担该段钢管安装就位的调整。1号工作索道全长293.475m,高差138.5m,设计起重运输能力为3t,1号镇墩排架高8m,4号镇墩排架高12m。承载绳选用 $6 \times 37+1-170\varphi 30$ 的钢丝绳,牵引绳为 $6 \times 37+1-170\varphi 7.5$,起重绳为 $6 \times 37+1-170\varphi 15$ 的钢丝绳,选用2台5t的卷扬机。

3.3.3 2号工作索道(7号~11号镇墩之间的索道)

该索道主要承担该段钢管运输就位,以及调整。索道全长为370.2m,高差188m,设计起重运输能力为5t,7号镇墩排架高8m,距11号镇墩40m处排架高为18m,所用承载绳为 $6 \times 37+1-170\varphi 39$,牵引绳为 $6 \times 37+1-170\varphi 7.5$,起重绳为 $6 \times 37+1-170\varphi 15$,选用3台5t的卷扬机,一台用于起重,一台牵引,一台备用。

3.3.4 缓坡段、水平段采用轨道运输(见图1)

前池至0号镇墩间是水平段0号~1号段坡度较缓采用轨道运输较为方便。该段轨道总长264.40m(双轨)轨距630mm,轨道采用12kg/m级,轨道铺设在各支墩上,中间加设临时支撑,支撑点必须牢固可靠,否则滑车运行时要跳轨、跑偏,布置5t卷

扬机牵引,其钢丝绳选用 $6 \times 37 + 1 - 170 \Phi 7.5$ 。4号~7号镇墩之间的坡度为 35° ;没有折线,采用轨道运输方式,轨道总长 $334\ 223\text{ m}$ (双轨),高差 190 m ,布设 5 t 卷扬机牵引,选用牵引钢丝绳规格型号同上。

4 钢管的安装

4.1 钢管的安装顺序

根据整个管道的地形条件,尤其在坡度陡的地段,必须避免上、下双层同时作业和交叉作业,以保证安装人员施工安全为重点,尽量错开相邻镇墩的同时施工,以确保安全施工为前提,钢管安装分5个工作面进行:

1号工作面:4号~1号镇墩;2号工作面:4号~7号镇墩;3号工作面:11号~7号镇墩;4号工作面:11号镇墩~厂房;5号工作面:前池~1号镇墩。安装顺序是从下至上,现以1号工作面为例介绍如下:

3号镇墩弯管安装 II期混凝土浇筑 直管安装 支承环安装 支墩II期混凝土浇筑 伸缩节整体安装 2号镇墩弯管安装 II期混凝土浇筑 直管安装 支承环安装 支墩II期混凝土浇筑 伸缩节整体安装 1号镇墩弯管安装 II期混凝土浇筑
3号~4号镇墩间直管安装。

4.2 钢管就位的调整方法

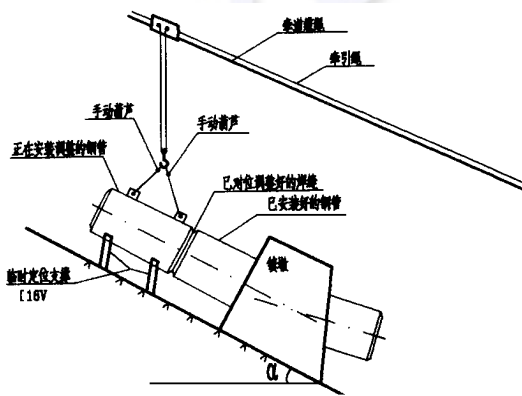


图2 索道运输安装就位的调整方法示意图

4.2.1 索道运输就位的调整方法(见图2)

钢管在转运前,每节钢管外圆纵向焊接两个吊耳,间距 3 m 左右,以便于索道运输起吊,也便于安装就位时管轴线的调整。在两个吊耳处各挂一个手动葫芦,用以每节钢管上下管口的高程调节。弯管安装时,当轴线、高程调整到符合图纸和规范要求后,用 16 号槽钢临时支撑、固定牢固,防止浇筑II期混凝土时移位。

4.2.2 轨道运输安装就位的调整方法(见图3)

由于管道多数为斜坡,为了不影响钢管运输到位置和管轴线的测量,管轴线的上下游处都不能立架,则只有利用门型架立于轴线两侧,挂手动葫芦两个,即能满足钢管运到位置的卸车和就位以后的调整,又不影响管轴线的测量。调整后同样支撑加固。

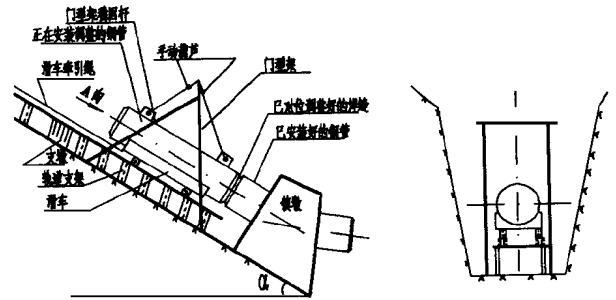


图3 轨道运输安装就位的调整示意图

5 钢管安装的轴线控制

在钢管安装以前,测量人员必须将整个钢管的安装轴线准确的放于间隔距离为 30 m 左右的临时轴线支架上,并作明显的标记,弯管处也要放出座标线,便于控制弯管的起点位置。钢管就位调整时,用 0.2 mm 的钢琴线,其一端固定在已安装好的钢管的中心上,另一端放在作有钢管中心标志的临时支架上,并用重锤拉直钢琴线,用钢板尺测量管的中心,直至钢管的安装偏差符合设计和规范要求为止。轴线调整好以后,钢管必须临时加固,所有支撑加固材料(16 号槽钢)应有足够强度和刚度;支撑点应置于基岩上,确保钢管在安装过程中轴线不发生位移和其它的变化。

6 钢管安装的焊接控制

见钢管制作的焊接质量控制,即参考前第3节第7条,对焊缝的检查和要求。

6.1 钢管焊接的条件

冬季施工必须考虑雨雪等寒冷天气对施工的影响,对于普通材质的钢管焊接在 -20 以下的天气,应采取加热预热到 100 至 150 ,对于 16Mn 材质的钢管,应按下表要求处理后再进行施焊:

表2 在不同环境温度下焊接 16Mn 材质的钢管预热温度表

钢板厚度 /mm	不同环境温度下的预热温度 /	
16以下	不低于 -10	不预热, -10 以下预热 $100 \sim 150$
16~24	不低于 -5	不预热, -5 以下预热 $100 \sim 150$
24~24	不低于 0	不预热, 0 以下预热 $100 \sim 150$

预热方法,是在工作面采用搭设保暖棚提高周

围环境温度,并在焊缝附近用气割工具加温预热。

6.2 焊缝质量检验

焊缝按受力和重要性分类:钢管的纵缝和凑合节的环缝属一类焊缝;钢管的环缝属二类焊缝。

6.2.1 一、二类焊缝的质量检查

超声波探伤检查长度占焊缝全长:一类焊缝不少于50%,二类焊缝不少于30%;

明管如不作水压试验,则其焊缝无损探伤检查长度:纵缝为100%,环缝不少于50%;

一、二类焊缝探伤检查发现有缺陷时,应用电弧起刨切除重新焊接,直至检查合格为止,但重复次数不得超过二次。

6.2.2 焊缝外观检查质量标准

钢板厚 $\delta \leq 10$ mm, 咬边深度不大于 0.5 mm, $\delta > 10$ mm, 咬边深度不大于 1.0 mm, 连续咬边长度不应大于 100 mm, 两侧咬边累计长度不应大于焊缝全长的 10%;

对接焊缝加强高度 Δh : 钢板厚度 $\delta \leq 10$ mm 时, $\Delta h = 1 \sim 2$ mm, $\delta > 10$ mm 时, $\Delta h = 2 \sim 3$ mm;

焊缝宽度,要盖过每边坡口 2~3 mm,并且平缓过渡。

7 几点体会

(1)通过牛角湾电站高压管道安装的起吊、运输、调整过程,实践证明采用索道运输比轨道运输有

以下优点:

工程成本低。轨道铺设时,所用临时支撑材料量大,而且回收时几乎全部是废品。索道架设,虽然一次投入略高于轨道施工,但能够全部回收,没有损坏,可以再次使用;

安装进度快。索道起吊运输可以多开安装工作面,故提高了安装进度,缩短了安装工期;轨道施工只能开展一个工作面,施工进度慢;

施工安全。索道施工比轨道施工安全,轨道滑车行走时,容易跳轨、跑偏,而且运输速度慢;

索道起吊运输,钢管安装就位方便。钢管可以直接对位调整,不再设其它设备,轨道运输则不能。

(2)牛角湾电站高压钢管的支承环是在现场组装焊接,这样不仅增加了安装的工作量,而且组焊困难,条件差、劳动强度大、进度慢,直接影响钢管安装的总体进度,今后如有此类钢管的支承环,应在制作厂家组装焊接,便于提高安装进度和工程质量。

(3)高压钢管安装与土建施工必须密切配合,统一协调,这样对提高安装进度和安装质量、降低工程成本有着密切的联系。如果钢管或弯管安装好后,没有及时浇筑二期混凝土,势必造成钢管的加固材料用量增大,而且容易造成安全隐患。

作者简介

沈志勤 男 中国水利水电第十工程局四分局副局长 工程师

(收稿日期:1998-06-11)

本刊 1998 年第 4 期要目预告

(二滩水电站专辑)

我们是如何管理二滩水电站建设资金的	春廷彦
高拱坝混凝土施工计算机模拟系统在二滩水电工程中的应用	范贵华 陈万涛
二滩水电站地下厂房的监测及反馈分析	程志华
国际贷款项目施工承包合同中计量和支护条款的编制	刘绍泉 张国荣
二滩地下厂房施工监理实践	龙选明
二滩水电站工程建设合同管理的几点做法与体会	

.....	魏 华 李人伦
二滩水电站帷幕灌浆	黄 翮 李 俊
二滩水电站泄洪洞硅粉混凝土衬砌边墙裂缝处理	
.....	李润泉
冶勒水电站深厚覆盖层帷幕灌浆试验工艺	牟兴华
西河水电站项目法施工中的设备物资管理	
.....	付孝国 裴开宇
枯水期提高运行水头方案论证及实施	陈清源

《中华人民共和国防洪法》颁布实施

《中华人民共和国防洪法》已由中华人民共和国第八届全国人民代表大会常务委员会第二十七次会议于1997年8月29日通过,江泽民主席当日发布第八十八号主席令予以公布,自1998年1月1日起施行。

《防洪法》共分8章,对防洪规划、治理与防护、防洪区和防洪工

程设施的管理、防汛抗洪、保障措施、法律责任等都作了明确规定。该法的颁布施行,对于防治洪水、防御、减轻洪涝灾害,维护人民的生命财产安全,保障社会主义现代化建设顺利进行,提供了坚实的法律保障。

国家电力公司成勘院 李燕辉