

# 桥巩水电站二期工程长距离皮带机运输方案设计

韦建聚,黄继廷

(广西水电工程局,广西 南宁 530001)

**摘要** 根据桥巩水电站二期工程的实际情况进行皮带机的线路布置,从栈桥基本跨设计和结构设计 2 个方面考虑皮带机输送线路结构设计,确定皮带机的型号和主要参数。皮带机的试运行调试首先进行对整个皮带机栈桥、支架、人行道、扶梯走廊等进行检查,检查钢结构是否焊接牢固;其次进行负载运行,主要检测各种设备的单机能力和性能指标,以及整个输送系统的功能;最后进行过载启动。实践证明,长距离皮带机运输方案在桥巩水电站二期工程施工中得到了较好的应用,解决了桥巩水电站二期工程施工中混凝土浇筑强度和输送能力的矛盾,运行安全可靠。

**关键词** 桥巩水电站;混凝土运输;皮带机选型;真空溜槽;运行调试

中图分类号:TV53+6      文献标识码:B      文章编号:1006-7647(2009)S2-0042-04

## 1 混凝土运输方案的选择

在桥巩水电站二期工程施工中,施工方根据合同要求,必须在 2008 年 5 月 31 日前完成 5~10 号溢流坝混凝土的浇筑,其中闸坝基础混凝土方量约为 17.3 万 m<sup>3</sup>,闸墩上升到牛腿底以便于在汛期能继续进行桥面及后闭机排架的施工,本阶段混凝土的最大浇筑强度达 8.0 万 m<sup>3</sup>/月,如何解决混凝土的运输问题成为实现工期节点目标的关键。如果采用汽车运输、门机吊料入仓的常规方案,首先会存在混凝土和易性损失问题;其次,混凝土车辆需从左岸混凝土拌和系统途经迁江大桥和五里桥,并穿过人口密集的迁江镇,再到达工作面,运距达 5.0 km,且与开挖渣道路重叠,中途交通干扰相当大,存在着严重的交通安全隐患,此外迁江大桥和五里桥的通行能力有限制(设计通行能力仅 5 t),因此,采用高速皮带机辅以汽车运输混凝土的方案成为最佳选择。

## 2 皮带机线路布置

桥巩水电站二期工程的混凝土采用左岸 2 座 HL120-2S1500L 拌和楼拌制,拌制能力共达到 14.2 万 m<sup>3</sup>/月,1 号皮带机布置于 2 座拌和楼中间,拆除拌和楼侧墙,分别搭建 2 条短皮带机,悬挂在拌和楼出料口接料,皮带距离出料口 50 cm。短皮带机正转可将混凝土卸至 1 号皮带机;反转时,混凝土从

皮带的另一端卸料到混凝土运输车上,在施工高峰期既可满足大批量碾压混凝土的运输要求,也可通过汽车运输满足特殊部位小批量标号混凝土的运输要求。1 号皮带机(全长 60.00 m)从 2 座拌和楼间接料后,跨过左岸施工主干道公路卸料到 2 号皮带机(全长 150.00 m),2 号皮带机沿左岸主干道公路至木模厂转接 3 号皮带机(全长 233.50 m),3 号皮带机将混凝土运输到左岸坝头,转料到 4 号皮带机(全长 406.50 m),经船闸上闸首、厂房上游交通桥、一期 4 孔溢流坝的坝顶交通桥至一期纵向围堰 8 号墩的 6 m<sup>3</sup> 集料斗,通过 1 号真空溜管送至二期基坑接料斗,汽车倒运入仓。1~4 号皮带机总长 848.90 m,混凝土从拌和楼出料经皮带机运输到真空溜槽出料总共需 577 s。

## 3 皮带机输送线路设计

### 3.1 栈桥基本跨设计

由于皮带机栈桥长,且系临时性建筑物结构,一次性投入大,故栈桥及支墩结构的型钢支架尽可能使用现有材料,并充分利用从乐滩水电站拆卸的 7 榀钢桁架,见图 1,支墩采用 C15 混凝土浇筑。除钢桁架和皮带机的桥面段之外,采用标准跨结构,纵梁为槽钢,标准跨支墩设计见图 2,桥面标准跨设计在 4 号皮带机中阐述。

皮带机检修维护的人行道宽度为 60 cm,63 角钢

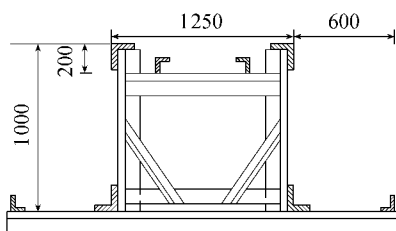


图1 钢桁架剖面(单位: mm)

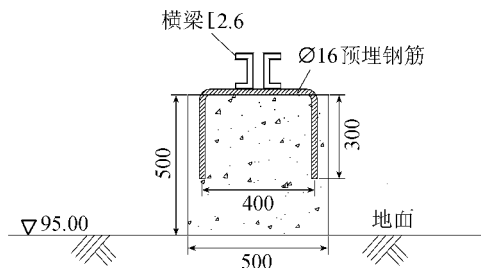


图2 支墩大样(单位: mm)

间距 2 m 贴角焊接到跨梁型钢上,外挑 60 cm 护栏采用间距为 2 m 的螺纹 18 钢筋制作,用螺纹 16 钢筋制作扶手,走道使用  $\varnothing 8$  钢筋网制作,每块面积为  $60\text{ cm} \times 300\text{ cm}$ ,其网格尺寸为  $5\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ ,或用钢丝网铺设,最后在钢材表面涂红丹及防锈漆各 2 道。

### 3.2 结构设计

1 号皮带机有 9 个支墩,第 3 个~第 8 个支墩为素混凝土独立标准支墩,支墩混凝土采取 C15 三级配,尺寸为  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ ,钢板下焊接  $\varnothing 16$  钢筋锚入墩内。第 1 个和第 2 个支墩之间使用跨度达 19.80 m 的钢桁架跨过公路,因荷载较大使用角钢柱作为皮带机桥跨结构支柱,其余支墩都采用标准跨结构,跨路桁架底高度 4 m,并在前后设置警示标志保证运渣车辆安全通过。1 号皮带机采用布置于皮带机尾部的螺旋拉紧装置。

2 号皮带机共计 28 个支墩,见图 3,前部分支墩坐落于松散堆积土上,将松散积土挖除到实土地基高程(高程 95.00 m),实测其承载力大于 0.18 MPa,后部分支墩段皮带机开始爬升。坐落于实土地基上的支墩和栈桥采用标准跨结构,碰到软土时采取深挖扩挖基础处理。采用重锤拉紧装置,重锤布置于

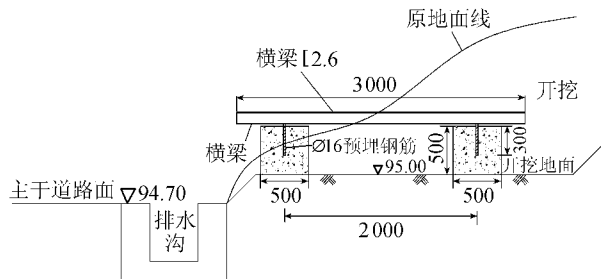


图3 2号皮带机横剖面(单位: mm)

皮带爬升段的中部,挖重锤槽以满足重锤下垂的长度要求。

3 号皮带机线路地形较为复杂,前部分支墩坐落在实土地基上,后部分坐落于松散堆积土上,且有电线杆和配电房等障碍物阻碍。3 号皮带机共计 29 个支墩,前部分支墩和栈桥采用标准跨结构,直柱为  $\varnothing 100\text{ mm}$  钢管。后部分支墩坐落于回填土上,使用 5 根 19.80 m 钢桁架跨梁以减少支墩数,使用  $40\text{ cm} \times 40\text{ cm}$  角钢柱。为了使支墩满足承载力要求,高度在 2~4 m 的支柱采用条形基础形式,支墩扩大为条形基础整体式浇筑,基础埋深大于 300 mm。采用重锤拉紧装置,根据实际地形布置于皮带爬升段的尾部。

4 号皮带机见图 4。前部分支墩坐落在回填土地基上,用 19.80 m 钢桁架跨过中间的土沟,后部分支墩从船闸和一期工程的上游交通桥面上通过。在坝顶交通桥面的皮带机采用排架管支撑,立管间距为 2 m,管底部用冲击钻打孔深为 20 cm、直径为 16 mm 的锚固孔,锚入  $\varnothing 12\text{ mm}$  钢筋并与立管焊接固定,或用膨胀螺钉固定,跨梁为槽钢,焊接于立管上。采用重锤拉紧装置,重锤布置于接头坝左侧的土沟。

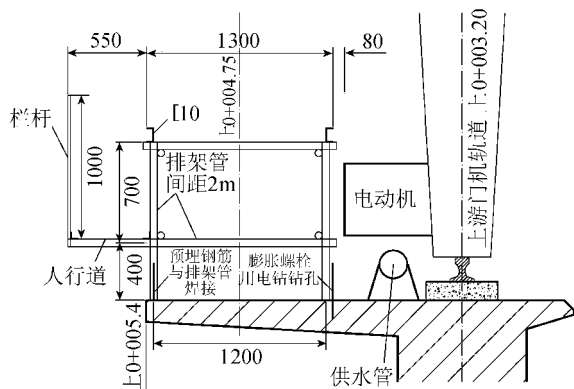


图4 4号皮带机横剖面图(单位: mm)

## 4 皮带机的选型

### 4.1 主要参数的确定

为了按照完成 5~10 号泄水闸坝混凝土施工,皮带机单月计划最大浇筑强度达 8 万  $\text{m}^3$ 。根据现有设备,选用皮带带宽  $B = 800\text{ mm}$ ,计划使用 4 层尼龙帆布,运输时速  $v = 1.6\text{ m/s}$ ,采用槽形托辊,上托辊间距为 1.2 m,下托辊间距为 3.0 m。上下托辊辊径为 108 mm。模拟摩擦系数  $f = 0.022$ ,碾压混凝土松散堆积密度  $\rho = 2400\text{ kg/m}^3$ ,在皮带上的截面面积  $S = 0.0798\text{ m}^2$ 。经计算得:皮带机的理论运输能力  $Q = 460\text{ m}^3/\text{h}$ ,满足浇筑强度要求,亦大于拌和楼混凝土拌和能力。按 80% 的工作效率计,为  $368\text{ m}^3/\text{h}$ ,单月(按 25 d 计算)最大输送能力达到 22.08 万  $\text{m}^3$ ,满足浇筑强度要求。

在计算皮带机输送功率的计算过程中,主要考虑由托辊、皮带重和输送的碾压混凝土产生的摩擦阻力,皮带机爬升时所需的提升力,以及其他附加阻力(如托辊的前倾阻力、清扫器阻力等)。选用 4 层尼龙帆布,在本施工方案中所有皮带机均采用 NN-150 规格皮带。

#### 4.2 皮带机功率的计算与选型

皮带机功率的计算公式为

$$P_M = P_A / \eta \tag{1}$$

其中  $P_A = Fv \tag{2}$

$$F = C_f L g (q_{ro} + q_{rw} + 2q_B + q_Q) + q_C H g + F_{s1} + F_{s2} \tag{3}$$

式中: $P_M$ 为皮带机所需要的正功率; $P_A$ 为皮带机功率; $\eta$ 为系数,取 0.85; $C$ 为系数,取 2.1; $L$ 为输送机长度; $g$ 为重力加速度; $q_{ro}$ 为上托辊的质量, $q_{ro} = 8.83 \text{ kg/m}$ ; $q_{rw}$ 为下托辊的质量, $q_{rw} = 2.9 \text{ kg/m}$ ; $q_B$ 为每米长输送带的质量, $q_B = 1.28 \text{ kg/m}$ ; $q_C$ 为每米长输送物料的质量, $q_C = 91.66 \text{ kg/m}$ ; $F_{s1}$ 和  $F_{s2}$ 分别为特种主要阻力和特种附加阻力。

已知 1 号皮带机  $L = 58.26 \text{ m}$ ,  $C = 2.1$ ,  $H = 6.42 \text{ m}$ ,  $F_{s1} = 306.8 \text{ N}$ ,  $F_{s2} = 1152 \text{ N}$  2 号皮带机  $L = 150.00 \text{ m}$ ,  $C = 1.58$ ,  $H = 2.09$ ,  $F_{s1} = 795 \text{ N}$ ,  $F_{s2} = 1152 \text{ N}$  3 号皮带机  $L = 233.5 \text{ m}$ ,  $C = 1.4$ ,  $H = 8.05 \text{ m}$ ,  $F_{s1} = 1236 \text{ N}$ ,  $F_{s2} = 1152 \text{ N}$  4 号皮带机  $L = 406.5 \text{ m}$ ,  $C = 1.25$ ,  $H = 0$ ,  $F_{s1} = 2154 \text{ N}$ ,  $F_{s2} = 1152 \text{ N}$ 。计算可得 1~4 号皮带机所需要的正功率分别为 19.88 kW, 39.90 kW, 34.82 kW, 32.20 kW。1~4 号皮带机分别选用 22 kW 的电动滚筒, 45 kW 的变速箱, 37 kW 的变速箱和 37 kW 的变速箱。

### 5 真空溜槽设计与使用

#### 5.1 真空溜槽的设计

真空溜槽从集料槽到出料口的高程差达 37.30 m, 顶部为 6 m<sup>3</sup> 集料槽, 出料口到基坑接料斗。弧门开关因受较大压力, 需采用液压弧门开关装置。1 号真空溜槽采用管形定型产品, 外部为 Q235 钢套管(直径  $d = 54 \text{ cm}$ ), 内部  $d = 8 \text{ mm}$ , 溜筒每节长 4 m, 内衬为半圆高强锰钢, 其内空直径为 252 mm, 每段管、槽间衔接平顺, 用螺钉连接牢固以防脱落。2 号真空溜槽自行加工而成。1 号溜槽的斜槽段总长约 38 m, 2 号溜槽斜槽段总长为 33 m。因为真空溜槽主要输送的是干硬性的碾压混凝土, 为避免堵管和混凝土骨料分离, 溜槽倾角为 45°, 面层用橡胶皮带覆盖, 皮带和溜槽间用半圆形铁皮和螺钉夹紧固定, 沿钢管方向约 10 m 距离的顶部安装钢管排气阀, 避免管内气压影响混凝土下泄的均匀性。单条真空溜槽

的设计生产效率为 240 ~ 320 m<sup>3</sup>/h。在卸料点附近的地面开挖至高程 60.00 m, 以便与运输道路相连接。

#### 5.2 支撑结构

因支撑钢结构工作时所承受的荷载达到近 10<sup>6</sup> N(不包括活荷载), 因此支撑结构的设计必须牢固。在纵向围堰高程为 85.50 m, 80.00 m, 74.00 m, 68.00 m 这 4 个台阶上打钻, 将螺纹 32 的锚筋锚入混凝土中 120 cm, 露出混凝土面 35 cm, 挑出槽 28 槽钢, 倒焊 U 形钢筋将槽钢扣紧, 槽钢底部用角钢柱或钢管斜撑。角钢柱的主肢采用角钢 L50 × 4 制作, 钢筋柱的主筋采用螺纹 25。支撑钢管(直径为 200 mm)的壁厚大于 8 mm, 钢支撑的联系加固根据现场决定。

#### 5.3 真空溜槽的使用

输送混凝土前先用水润滑溜筒内壁, 再用砂浆润滑筒内壁。当运输结束或溜筒堵塞处理后, 应及时清洗。

### 6 皮带机的调试与运行

#### 6.1 试运行调试

首先对整个皮带机栈桥、支架、人行道、扶梯走廊等进行检查, 检查钢结构是否焊接牢固。检查电气信号、控制装置、监视装置是否灵敏。在完成上述检查后进行空载运行的检测, 观察是否有异常的噪声和振动, 以及清扫器刮板和皮带的接触情况。

其次进行负载运行, 主要检测各种设备的单机能力和性能指标, 以及整个输送系统的功能。先间接给料, 观察物料在输送过程是否位于皮带中央, 使碾压混凝土料经过各段转载溜槽, 调节溜槽挡板至最佳角度, 检查 8 号墩的真空溜槽是否通畅, 输送皮带是否跑偏, 并及时进行纠偏处理。在间接给料顺利完成, 再按输送强度 50% 的额度加载, 无异常后按 80%, 100% 的额度加载, 在各种负荷条件下每次试运行的时间约 2 h, 用秒表测定输送速度, 并重复进行间接给料时的检查内容, 重点检查输送带和托辊等构件是否有损伤性的摩擦, 每个托辊是否都与皮带紧密接触, 有无托空或卡死的现象, 混凝土料有无洒落, 以及清扫器的清理效果。

最后进行过载启动, 在设计输送量的 125% 的荷载情况下启动并紧急刹车, 目的是为了检测设备的功率富余储备, 因为桥巩水电站所采用的驱动设备功率均大于设计计算值, 在 125% 的设计输送量荷载情况下输送系统仍可平稳运行。

#### 6.2 皮带纠偏措施

为尽量减小皮带跑偏, 在皮带机栈桥及机架的安装过程中, 测量人员首先对其直线度、水平度以及

托辊安装的精度进行检测,并重点对松散堆积土上的栈桥进行定期沉陷检查,发现有不均匀沉陷后及时用铁片将跨梁垫高处理,不断调节转载溜槽及导料板到最佳位置,确保给料在皮带正中。皮带的硫化接头务必垂直,弯曲度不能大于 2 cm,且必须与皮带弯曲方向相反。为防止皮带跑偏,桥巩水电站采用侧托辊前倾 2°的方法,在皮带机架每间隔 20 m 装设上下活动托辊。此外,还在上托架的型钢(或者桁架)上安装槽型托架处用氧割烧出长度为 3 cm 的固定螺钉孔位,当出现跑偏时,能灵活调节活动托辊或可沿螺钉孔位前后方向调整托辊架位置,每调整一次角度要让皮带机运转数周,仍不能完全纠偏时,则连续调整以后几组托辊架直至满足施工要求。

### 6.3 皮带机运行过程出现的问题分析

在桥巩水电站二期工程施工过程中,皮带机输送混凝土是关键环节,如果某条皮带机出现故障,将导致工作面的瘫痪。为减少和防止故障的发生,运行过程中主要采取以下措施:分别在各皮带机头、尾轮装设  $\varnothing 32$  PVC 水管自动定时清洗辊筒,减少混凝土粘贴辊筒和皮带机,以免影响皮带机运转。成立由 6 人组成的检修班组,要求检修人员按时检查皮带机各部件是否牢固,皮带机刮板是否完好,若损坏应及时更换。

## 7 结 语

桥巩水电站二期工程长距离输送皮带机的整个

施工方案选取了适当的机械设备,栈桥及真空溜槽等钢结构设计刚度满足施工要求,并充分利用了现有材料,成功解决了桥巩水电站二期工程施工中混凝土浇筑强度和输送能力的矛盾,运行安全可靠。皮带机输送系统有效地缩短了入仓时间,把混凝土  $V_c$  值的损失减小到最小,同时该入仓方案能确保碾压混凝土高效、连续地上升,碾压混凝土的施工质量总体令人满意,单月最大浇筑强度达到 9 万  $m^3$ 。通过该输送皮带机的设计,积累了一些皮带机的栈桥设计、选型、调试运行的经验,但运行过程中,经转角送料后产生混凝土偏离皮带机中心的现象还有待研究解决。

### 参考文献:

[1] 水利电力部水利水电建设总局. 水利水电工程施工组织设计手册 第五卷 结构设计 [M]. 北京:中国水利水电出版社,2003.

[2] 机械工业部北京起重运输机械研究所. DT II 型固定式带式输送机设计选用手册 [M]. 北京:冶金工业出版社,1994.

[3] 孙可文. 带式输送机的传动理论与设计计算 [M]. 北京:煤炭工业出版社,1991.

(收稿日期 2009-12-01 编辑 骆超)

· 简讯 ·

## “移民与社会发展——中国特色的移民之路”论坛 将于 2010 年 7 月在哈尔滨举行

随着经济全球化、城市化和工业化进程的加快,国家之间、地区之间、城乡之间的人口流动与迁移已经成为世界潮流,随着社会经济发展、经济建设、生态环境恢复与保护、气候变化、灾害防治、公共安全保障的需要,大规模的工程、生态、环境、灾害、扶贫移民活动已经发生并且必然将继续发生。无论是自愿移民,还是非自愿移民,都带来了经济发展,促进了人类社会的进步,也带来了大量的社会问题和挑战。为了促进社会学界对移民问题的关注,加强移民社会学者之间的交流,中国社会学会移民社会学专业委员会(筹)和河海大学中国移民研究中心拟联合举办“移民与社会发展——中国特色的移民之路”分论坛。本论坛将邀请国内人口流动与迁移、非自愿移民、人口城市化等相关领域的著名学者作大会主题报告并参与论坛讨论。论坛的主题是“移民与社会发展”。研讨的主要内容有“移民社会学理论与方法”、“全球化与国际人口流动及迁移”、“中国经济变迁与移民”、“城市化与人口流动及迁移”、“气候变化、环境保护与人口迁移”、“城市化与失地农民”、“城市建设、改造与拆迁安置”、“基础设施建设与移民安置”、“生态移民与社区变迁”、“扶贫移民与社区变迁”、“灾后重建与社会发展”、“各类移民与和谐社会建设”。

(本刊编辑部供稿)