

偏斜式储料斗在水利水电工程布料中的应用

肖维良¹, 周 山², 谭 锋³, 何金龙³

(1. 中国水利水电第八工程局有限公司, 湖南 长沙 410004; 2. 中国华能集团有限公司, 北京 100031;
3. 华能澜沧江水电股份有限公司托巴水电工程建设管理局, 云南 迪庆 674608)

摘要:碾压混凝土大坝在采用胶带机供料系统或满管供料系统进行混凝土输送时,常在供料系统起始端布置一个能够调节卸料量大小的储料斗,传统水电工程施工中,主要采用正锥形储料斗,TB 水电工程施工过程中分别设计采用了正锥形储料斗和偏斜式储料斗。结合实际应用效果,从多方面分析了正锥形储料斗应用过程中存在的问题和偏斜式储料斗的优势,结果表明,偏斜式储料斗在与胶带机机尾适配性、胶带机水平布置适配性、满管供料系统水平和竖向安装角度的适配性等方面都更优于正锥形储料斗,转料效率上也更具优势。

关键词:碾压混凝土坝; 供料系统; 卸料弧门; 储料斗; TB 水电工程

中图分类号:TV53⁺2 **文献标志码:**A **文章编号:**1006-7647(2024)S1-0155-04

Application of skewed storage hopper in fabric of water conservancy and hydropower projects//XIAO Weiliang¹, ZHOU Shan², TAN Feng³, HE Jinlong³ (1. *Sinohydro Engineering Bureau 8 Co., Ltd., Changsha 410004, China*; 2. *China Huaneng Group Co., Ltd., Beijing 100031, China*; 3. *Tuoba Hydroelectric Engineering Construction Management Bureau of Huaneng Lancang River Hydropower Inc., Diqing 674608, China*)

Abstract: When the roller compacts concrete dam adopts the belt machine feeding system or the full pipe feeding system to transport concrete, a storage hopper that can adjust the discharge volume is usually arranged at the beginning end of the feeding system. In the traditional hydropower construction, the positive conical storage hopper is mainly used. In the construction process of TB Hydropower Project, the positive conical storage hopper and the skewed storage hopper are respectively designed. Based on practical application effects, the problems in the application process of the positive conical storage hopper and the advantages of the skewed storage hopper were analyzed from multiple aspects. The results showed that the skewed storage hopper was better than the positive conical storage hopper in terms of adaptability to the tail of the belt conveyor, adaptability to the horizontal layout of the belt conveyor, and adaptability to the horizontal and vertical angles of the full pipe feeding system. It also had more advantages in material transfer efficiency.

Key words: roller compacted concrete dam; feeding system; discharge arc door; storage hopper; TB Hydropower Project

现阶段国内外大中型水利水电工程挡泄水建筑物主要采用拱坝和重力坝两种结构形式,其中拱坝采用的混凝土主要为低塑性常态混凝土,重力坝采用的混凝土多为碾压混凝土。

目前国内外挡泄水建筑物的混凝土入仓手段主要有直接运输入仓、缆门塔机吊运入仓、泵送入仓、胶带机供料系统入仓、溜槽入仓及满管供料系统入仓^[1-2],其中碾压混凝土主要采用直接运输入仓、胶带机供料系统入仓和满管供料系统入仓 3 种方式。满管溜槽在碾压混凝土坝施工中广泛采用,是混凝土垂直运输的常用施工技术,已成功解决了大坡脚、高陡边坡等施工条件下的混凝土入仓问题^[3]。在传统混凝土胶带机供料系统或满管供料系统中,常在其起始端布置一个能够调节卸料量大小的正锥形储料斗,正锥形料斗出料口位于卸料平台中部,其距离卸料平台

外挡墙一般小于 1.9 m,在进行胶带机供料系统设计时往往因胶带机的接料点与机尾的间距远大于该尺寸而不得不降低胶带机的安装高程或抬高卸料平台的高度。在满管供料系统的设计中往往因卸料弧门过于靠后导致设计时不得不调整满管安装角度以抬高卸料平台安装高度,从而对供料系统的布置地形选择、布置条件、供料能力产生制约及影响。为此,吴都督等^[4]针对这类供料系统专门设计了一种偏斜式储料斗,有效地解决了上述问题,在云南 TB 水电工程大坝左右岸供料系统中投入实践应用并取得较为显著的成效。

1 储料斗主要技术参数

1.1 正锥形储料斗

正锥形储料斗(图 1)按照结构和功能主要分为

储料斗、卸料弧门、检修操作平台、支撑立柱 4 个部分。储料斗部分的有效容积为 25.0 m^3 , 由上部外形尺寸为 $3.6\text{ m}\times 3.6\text{ m}\times 1.04\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高) 的正四方体和下部外形尺寸上口 $3.6\text{ m}\times 3.6\text{ m}$ 、下口 $0.6\text{ m}\times 0.6\text{ m}$ 、高 2.24 m 的正四方椎台两部分组成。储料斗卸料弧门开口尺寸为 $0.6\text{ m}\times 0.6\text{ m}$, 卸料弧门与后方卸料平台挡墙间距为 1.9 m 。储料斗卸料弧门视安装胶带机供料系统或满管供料系统的不同分别配置普通卸料弧门和蝶形弧门, 卸料弧门与储料斗安装平台的净距分别为 3.70 m 和 6.64 m , 储料斗立柱间的净距为 3.12 m 。

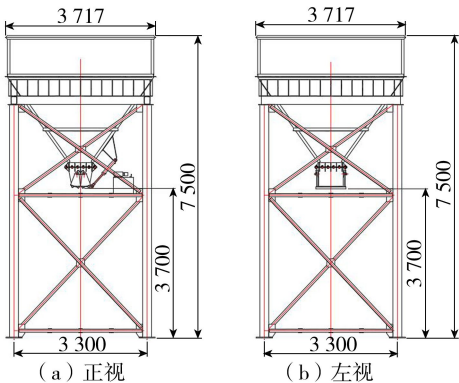


图 1 正锥形储料斗结构示意图 (单位:mm)

1.2 偏斜式储料斗

偏斜式储料斗 (图 2) 按照结构和功能主要分为储料斗、卸料弧门、检修操作平台、支撑立柱 4 个部分。储料斗部分的有效容积为 25.0 m^3 , 由上部外形尺寸 $3.6\text{ m}\times 3.6\text{ m}\times 1.0\text{ m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高) 的正四方体和下部外形尺寸上口 $3.6\text{ m}\times 3.6\text{ m}$ 、下口 $0.6\text{ m}\times 0.6\text{ m}$ 、高 2.64 m 的斜椎台两部分组成。储料斗卸料弧门开口尺寸为 $0.6\text{ m}\times 0.6\text{ m}$, 卸料弧门与后方卸料平台挡墙间距为 3.12 m 。储料斗卸料弧门视安装胶带机供料系统或满管供料系统的不同分别配置普通卸料弧门和蝶形弧门两种, 卸料弧门与储料斗安装平台的净距分别为 3.47 m 和 6.47 m 。储料斗立柱间的净距为 3.12 m 。

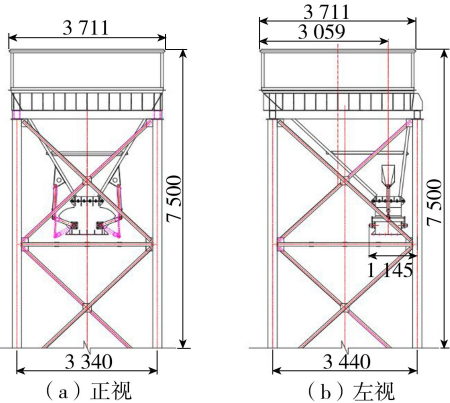


图 2 偏斜式储料斗结构示意图 (单位:mm)

2 正锥形储料斗在工程布料中的常见问题

2.1 胶带机供料系统配置问题

正锥形储料斗与胶带机配置作为仓面混凝土的供料系统时, 主要存在机尾长度限制和水平安装角度限制两方面问题。

a. 胶带机机尾长度限制问题。由于正锥形储料斗卸料弧门下料点与卸料平台挡墙的间距只有 1.9 m , 受供料系统 1.0 m 带宽胶带机机尾长度及接料点位置的影响, 1.0 m 带宽胶带机接料点与卸料平台挡墙的间距最少应满足 2.8 m 的安装尺寸, 因此储料斗卸料点与胶带机接料点的间距存在 0.9 m 的位置偏差, 为满足胶带机的顺利接料运行, 在该系统布置中需降低胶带机机尾的安装高程或抬高储料斗的安装高度, 增加储料斗卸料弧门与胶带机的间距并布置一斜向溜槽连接弧门下料点与胶带机接料点, 导致胶带机的输送角度增大或卸料平台的填筑工程量增大。

b. 胶带机水平安装角度限制问题。由于正锥形储料斗卸料弧门下料点相对于偏斜式储料斗的卸料点相对靠后, 在布置胶带机供料系统时, 受储料斗外侧两根立柱的限制, 胶带机供料系统的左右摆动安装角度较小, 当卸料平台与胶带机的安装地形条形受限时, 客观上限制了胶带机供料系统的布置。

2.2 满管供料系统配置问题

正锥形储料斗与满管配置作为仓面混凝土的供料系统时, 主要存在满管供料系统竖向安装角度限制和水平安装角度限制两方面问题。

a. 满管供料系统竖向安装角度限制问题。由于正锥形储料斗蝶形弧门下料点与卸料平台挡墙的间距只有 1.9 m , 在供料系统布置位置边坡坡度较缓的情况下, 会对满管供料系统的竖向安装角度造成一定的影响。

b. 满管供料系统水平安装角度限制问题。由于正锥形储料斗蝶形弧门下料点相对于偏斜式储料斗的卸料点相对靠后, 在布置满管供料系统时, 受储料斗外侧两根立柱的限制, 胶带机供料系统的左右摆动安装角度较小, 当卸料平台与胶带机的安装地形条形受限时, 客观上限制了胶带机供料系统的布置。

2.3 正锥形储料斗直接供料问题

采用正锥形储料斗直接供料的情况主要有两种:

a. 入仓道路与浇筑仓面高差在 15.0 m 左右时, 直接在仓内安装储料斗加挂导料皮筒, 仓面转料车直接从储料斗下方接料。

b. 在胶带机或满管供料系统仓面升层到一定高程, 用于运送混凝土的胶带机供料系统或满管供料系统拆除后, 仓面转料车直接从储料斗下方接料。

正锥形储料斗作为浇筑仓面直接供料的储料斗,由于其卸料弧门下料点与卸料平台挡墙的间距只有 1.9 m,当仓面转料车倒入储料斗下方接料时,卸料点靠后于转料车车厢中部,导致每次转料车接料时只能接很少的一部分料,严重降低仓面混凝土的供应强度。

3 偏斜式储料斗在工程布料中的布置优势

3.1 胶带机供料系统配置优势

偏斜式储料斗与胶带机配置作为仓面混凝土的供料系统时,具有机尾长度配置和水平安装角度配置两个优势。

a. 胶带机机尾长度配置优势。由于偏斜式储料斗相对于正锥形储料斗的卸料点向前移动了 1.2 m,其卸料弧门下料点与卸料平台挡墙的间距超过 3.12 m(图 3),在胶带机的机尾端部与接料点间距 2.8 m 的情况下,储料斗下方的距离足够胶带机供料系统的布置,从而简化了采用正锥形储料斗安装胶带机供料系统需降低胶带机机尾安装高程或抬高储料斗的安装高度以增加储料斗卸料弧门与胶带机的间距等步骤。

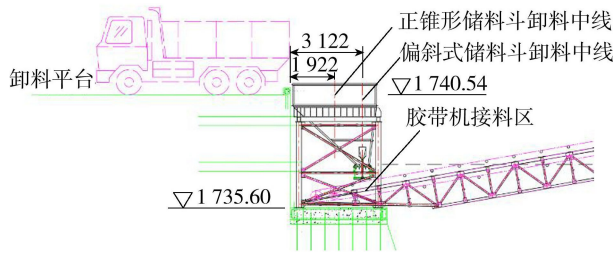


图 3 偏斜式储料斗与胶带机机尾关系示意图
(尺寸单位:mm;高程单位:m)

b. 胶带机水平安装角度配置优势。由于偏斜式储料斗相对于正锥形储料斗的卸料点向前移动了 1.2 m,相对于正锥形储料斗,在布置胶带机供料系统时,在储料斗受外侧两根立柱限制的情况下,偏斜式储料斗胶带机供料系统的左右摆动安装角度可增大 22°左右。这种优势在 TB 水电工程 15~21 号坝段 1726.5~1738.5 m 高程的碾压混凝土胶带机供料系统中表现较为典型(图 4),其胶带机供料系统桁架向上游水平旋转已经与储料斗上游前端立柱相接触,达到 36.32°的水平夹角。

3.2 满管供料系统配置优势

偏斜式储料斗与满管配置作为仓面混凝土的供料系统时,具有满管供料系统竖向和水平安装角度配置、卸料平台填筑量较小及供料高程较高等方面的优势。

a. 满管供料系统竖向安装角度配置优势。由于偏斜式储料斗相对于正锥形储料斗的卸料点向前



图 4 TB 水电工程偏斜式储料斗与胶带机
水平夹角关系现场应用

移动了 1.2 m,相对于正锥形储料斗,在供料系统布置边坡相对较缓的情况下,偏斜式储料斗满管供料系统的竖向安装可调整角度范围更大。

b. 满管供料系统水平安装角度配置优势。由于正锥形储料斗蝶形弧门下料点相对于偏斜式储料斗的卸料点相对靠后,在布置满管供料系统时,由于储料斗外侧两根立柱的限制,导致满管供料系统的左右摆动安装角度过小。在卸料平台与满管供料系统的安装角度出现较大水平夹角的地形条形限制情况下,客观限制了满管供料系统的布置。

c. 卸料平台填筑量较小的优势。在地形限制、混凝土运输车卸料平台需要填筑的情况下,偏斜式储料斗相对于正锥形储料斗因其下料中心向前移动了 1.2 m,在安装过程中偏斜式储料斗相对于正锥形储料斗的安装高度也相应地减小了 1.2 m,这就减小了斗体后卸料平台挡墙土石方的填筑工程量。

d. 供料高程高的优势。在安装地形不受限制的情况下,偏斜式储料斗相对于正锥形储料斗因其下料中心向前移动了 1.2 m,满管的架设高度比正锥形储料斗满管的架设高度高了 1.2 m,偏斜式储料斗在进行一次架设后比正锥形储料斗能多输送 1.2 m 高的仓面混凝土。

3.3 偏斜式储料斗直接供料优势

采用储料斗直接供料的情况和采用正锥形储料斗直接供料的情况相同。

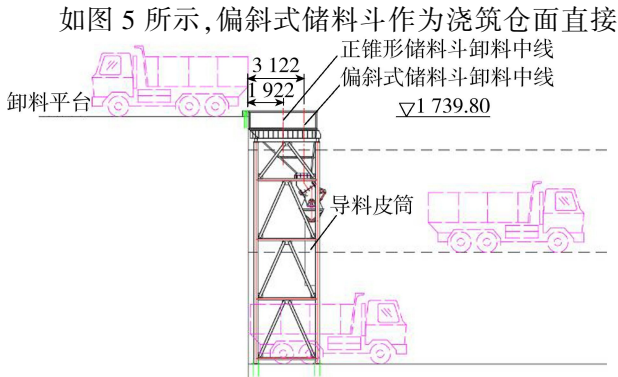


图 5 偏斜式储料斗仓面直接供料关系示意图
(尺寸单位:mm;高程单位:m)

供料的储料斗,由于其卸料弧门下料点与卸料平台挡墙的间距超过 3.12 m,在仓面转料车倒入储料斗下方就位接料后,其卸料点可卸料于转料车的车厢前部,可有效提高转料车的转料效率,从而加快仓面混凝土的覆盖进度以提高碾压混凝土的浇筑质量。

4 结 语

本文对比分析了正锥形储料斗和偏斜式储料斗在水利水电工程布料应用中的优缺点,TB 水电工程的应用表明,偏斜式储料斗作为胶带机供料系统或满管供料系统起始端储料调节料斗,其在与胶带机机尾适配性、胶带机水平布置适配性、满管供料系统水平和竖向安装角度的适配性等方面都更优于正锥形储料斗,同时偏斜式储料斗作为仓面混凝土的直接供料设施在仓面转料车转料效率上也更具优势。

参考文献:

[1] 宋名辉,雷文训,钟春海. 满管溜槽输送混凝土应用技

术研究[J]. 水利水电施工,2010(1):26-28. (SONG Minghui, LEI Wenxun, ZHONG Chunhai. Research on application technology of concrete conveying in full pipe chute[J]. Water Conservancy and Hydropower Construction,2010(1):26-28. (in Chinese))

[2] 李斌,赵国民,刘刚. 满管溜槽输送碾压混凝土的新技术在施工中的应用[J]. 河南水利与南水北调,2010(9):72-73. (LI Bin, ZHAO Guomin, LIU Gang. Application of new technology for conveying RCC in full pipe chaff in construction[J]. Henan Water Resources and South-to-North Water Diversion,2010(9):72-73. (in Chinese))

[3] 刘妍. 满管溜槽在鲁地拉水电站施工中的应用[J]. 陕西水利,2018(5):176-179. (LIU Yan. Application of full pipe chute in the construction of Ludila Hydropower Station[J]. Shaanxi Water Resources,2018(5):176-179. (in Chinese))

[4] 吴都督,侯炼,刘金山,等. 一种偏斜式料斗: ZL202322161398.4[P]. 2024-02-23.

(收稿日期:2024-09-29 编辑:熊水斌)

(上接第 126 页)

光变化最小的时间段观测最为有利;垂直角应进行对象观测;仪器、目标的高度应在观测前后各量取一次并精确至 1 mm,取平均值作为最终高度。电磁盘测距三角高程测量的数据应进行地球曲率和折光系数改正。垂直角观测时,测回数、指标差和测回较差严格执行规范要求。

d. 水准测量。大中型水电站水准测量等级应采用二等,二等水准测量采用单路往返观测,一条路线往返测,须使用同一仪器和转点尺承,沿同一线路进行。在二等水准闭合环内,先连续进行所有测段的往测(或返测)随后再连续进行该区段的返测(或往测)。同一测段的往测(或返测)与返测(或往测)应分别在上午与下午进行。水准观测应在标尺分划线成像清晰且稳定时进行。观测时奇数站采用“后前前后”、偶数站采用“前后后前”的方法观测。每个测段的测站数必须采用偶数。水准观测时应该按照规范控制视线长度、前后视距较差、前后视距累积差、视线离地面和尺顶的距离等参数。超限时必须重新观测。

6 外业成果整理与平差计算

a. 概算。垂直角的观测值应加入地球曲率与大气折光对垂直角的修正量。边长观测值首先加入气象改正和加常数、乘常数改正,再用各点的水准高程或三角高程平差值进行改正,最后将其归算至投影高程面。

b. 验算。水准高差观测值应对往返差和闭合差进行验算。三角高程测量的技术要求不低于相关规范的要求。平面网应对所有的三角形角度闭合差和大地四边形极条件闭合差进行验算。闭合差正好超出限时时应按规定进行重测。

c. 平差计算。平差计算采用科傻或其他平差软件进行严密平差,观测值先验中误差按设计要求。平差计算时,应进行观测值粗差分析。

7 结 语

测量工作是施工的眼睛,测量控制网是测量工作的基准,一个图形强度好、精度高的施工测量控制网是保证施工质量的前提。大中型水电站施工测量控制网,应在踏勘选点、图上优化控制网图形强度、精度估算、埋设控制网点、外业观测、内业数据平差处理、成果输出以及对控制网点的保护等各个步骤严格控制,精心施工,才能建立一个精度较高、使用方便的施工测量控制网。

参考文献:

[1] 孔祥元,郭际明. 控制测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2005.

[2] 张正禄,李广云,潘国荣,等. 工程测量学[M]. 武汉:武汉大学出版社,2006.

[3] 电力行业水电施工标准化技术委员会. 水电水利工程施工测量规范:DL/T5173—2012[S]. 北京:中国电力出版社,2012.

(收稿日期:2024-09-26 编辑:熊水斌)