

大直径筒仓锥顶施工方法分析

潘小军 曹军 范得亮

江苏沪武建设集团有限公司

[摘要]某直径25 m筒仓仓顶为锥壳式结构,采用悬吊钢管桁架作为仓顶施工的支撑体系。为明确此支撑体系在荷载作用下的内力及挠度变化规律,提高其设计承载能力,基于ANSYS有限元分析软件,依次对桁架杆件尺寸不同的支撑体系和钢绞线悬吊位置不同的支撑体系进行优化分析。结果表明:桁架杆件压应力对支撑体系承载力起控制作用;桁架杆件尺寸对钢绞线和桁架杆件拉应力影响显著并呈正相关,对体系承载力影响不大;当桁架杆件尺寸为1.0 m×1.0 m,在距桁架中心5, 8, 12 m下弦节点处依次均匀拉第1圈,第2圈和第3圈钢绞线时,支撑体系承载力最大。

[关键词]筒仓仓顶;支撑体系优化;有限元分析;承载力

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6261.2020.02.1409

筒仓建设和发展到现在已有两百多年,初期建造结构为钢筋混凝土筒仓,因施工技术以及使用要求的限制,直径都相对较小,大直径筒仓是随建造技术与设计技术的不断发展而出现的。20世纪80年代,法国南特糖厂成功建成一座总贮量达7万t的钢索预应力筒仓——南特预应力筒仓,该筒仓内径约为47.5m,高度为54m。法国同时代建设的布瓦里粮仓,筒仓直径接近53m,高度接近34m,贮量达到6万t。随着电力、粮食加工业、矿业等行业的不断发展,散装物料运输、贮存数量逐渐增多,在这种情况下,世界各地纷纷开始建造大容量钢筋混凝土筒仓,以满足日益扩大的社会需求。

预应力混凝土筒仓具有体积大、占地较少、运行费用较低、卸料顺畅、环境影响小、粉尘易控等优点,随着国家现有煤炭环保标准的提高和人们环保意识的增强,尤其是在电力工业、化学工业等以煤炭为原料的行业,钢筋混凝土大直径储煤筒仓逐渐成为行业发展的主流。同时,钢筋混凝土筒仓垂直高度、直径随着不断加大,对筒仓顶盖工程管理提出了更高的要求。

1 施工工艺原理

常规筒仓锥顶施工采用满堂脚手架、中心局部脚手架支撑平台或中心钢结构支撑平台等,常规施工方法仅中心支撑构造便较烦琐、施工周期长、占用资源多且高空作业暴露时间长、对结构核算要求高,主受力为中心支撑结构,如混凝土浇筑中控制不当,中心结构稳定性不够,极易在顶盖浇筑中模板变形,甚至发生事故。文章所提施工工艺方法主受力结构为悬挑辐射钢梁,中心塔吊标准节支撑为副受力结构,HW350型钢+Φ219钢管斜撑将支撑上部结构70%的重量,中心标准节支撑作为提高整体结构稳定性的支柱,整个平台单个构件最重为1.5t,由现场6t塔吊组合安装,钢平台施工完成后进行斜锥顶壳支模架搭设,随后进行斜锥顶壳浇筑,浇筑斜锥顶壳时先浇筑顶环梁的上部和天沟平台,其强度达到75%时,锥壳钢筋网下端已形成固定端,再浇筑斜锥顶壳,施工缝留置在阴角处。待筒仓顶盖施工完成后从顶板预留洞口处将锥壳临时支撑材料拆除。

筒仓顶壳施工技术具有非常完整的使用功能,采用中心柱周转使用、吊装和拆除,工业化、机械化程度较高,在相同规模电厂设计日趋标准化的今天,预计能周转用于6个同直径圆形筒壁,周转率较高,符合建筑行业绿色施工标准,目前已周转于3个同直径的圆形筒壁结构,降低了工程成本。

作为一种新型施工工艺,该方法操作简单、方便,施工速度快,工程质量好,且混凝土表面平整光洁。

2 施工工艺流程及相关参数

2.1 工艺流程

该方法的工艺流程为筒仓仓壁砼施工(同时中心支撑节安装)→仓壁及仓顶环梁预埋钢板(辐射钢梁加工)→焊接中心钢平台→焊接中心钢平台→焊接辐射梁→搭设锥壳脚手架→斜锥壳施工→搭设56m层梁板脚手架→56m层梁板施工→脚手架拆除→钢平台拆除。

2.2 相关参数

(1) 技术参数。项目筒仓直径为27m,壁厚为400mm,绝对标高3.7m(筏板顶)~13.3m为筒壁,13.3m~50.9m为仓壁。仓壁顶环梁尺寸为700mm×2000mm,仓顶为锥壳结构,与水平面夹角为42.68°,壳壁厚度350mm,壳顶为一半径为8m的封顶环梁。封顶环梁层为56.3m(绝对标高)结构层,横纵向各3道混凝土结构主梁,中间若干次梁。

(2) 辐射钢梁参数。主梁型号为HW350×350×12×19,长度为12m,单仓有36根,沿仓顶环梁均布,一端焊接在环梁预埋件上,另一端架在中心支撑平台并与平台梁焊接。斜撑梁型号为Φ219×6,长度为6m,主要设置在辐射梁近环梁端,用以支撑锥壳,距节点垂直高度为3m。

(3) 中心支撑参数。中心支撑构件为12节16t塔吊标准节,主尺寸为2m×2m×3m,标准节立柱为L200×20的等边角钢,斜撑及横撑为L110×14等边角钢组成的支架结构,中心支撑顶部焊接由HW350×350×12×19型钢组合而成的4m×4m框架,以架设辐射梁。中心支撑每15m设置横撑与筒仓筒体连接,以保证中心支柱的稳定性,每层横撑为长12m的Φ219×6钢管,其一端焊接钢翼板与筒体顶紧,另一端设置可调节顶丝与中心支撑标准节连接,通过每层横撑使中心支撑与筒体形成整体。

(4) 平台架体参数。在仓内+49.3m钢平台上,分别沿辐射梁方向以及环向进行钢管脚手架搭设,钢管的尺寸为Φ48×3.0,在搭设之前首先在型钢梁上焊接Φ25钢筋头(100mm长)作为限位。锥壳脚手架立杆沿钢梁方向间距1.2m,环向间距1m,当支撑脚手架的竖向受力杆未直接撑在型钢上时,采用18#槽钢设置次梁,次梁架在型钢翼缘上与翼缘焊接(部分次梁未设置处架体采用八字撑加强立杆),使立杆受力均匀传递至型钢上,水平杆步距为1.2m。56.3m层梁

脚手架搭设立杆横纵间距为1m,水平杆步距为1.2m。板底立杆横纵间距为1m,水平杆步距为1.2m。

(5) 平台荷载的确定。(1) 恒荷载。仓顶锥壳(50.9~54.7m)砼量为139m³;锥顶小环梁(56.3m)砼量为34m³;仓顶梁(56.3m)砼量为62m³,仓顶板(56.3m)砼量为21m³,仓顶锥壳与56.3m平台模板量为712.8m³;仓顶锥壳的钢管脚手架重量为9.7t;梁板脚手架自重为8.6t。锥壳施工时的恒载为3208.6kN。梁板施工时单次最大恒载为1736.9kN。(2) 活荷载。操作人员荷载为80kg×10人=8kN;振捣荷载为2kPa×1.5m×2m=6kN。(3) 锥壳施工时为单次浇筑最大总施工荷载:ΣN=3208.6+1.4×(6+8)=3228.2kN。将上述荷载数值输入计算钢结构软件,验算全部型钢是否满足现场荷载要求,计算结果显示所选用型钢结构支撑体系满足施工需要。

3 施工过程控制

3.1 施工顺序

搭设脚手架→独立柱钢筋安装→中部腰梁底板和梁钢筋安装→独立柱和腰梁模板安装→上部框架梁底和梁外绑板安装(外绑板简单固定)→浇筑独立柱和腰梁混凝土→清理上部柱顶混凝土和凿毛接口→铺设锥斗模板→框架梁和板筋安装→梁绑板和脚手架加固→浇筑混凝土→养护和拆除模板。

3.2 施工工艺:

脚手架搭设:脚手架搭设要考虑上部混凝土重量,因筒仓设计板厚450mm,混凝土自身重量较大,脚手架立杆间距应保持在0.9米-1米圆型搭设,水平杆间距不大于1.4米,扫地杆和水平杆以圆心向外辐射,水平杆均不采用直接接头,环形方向水平杆需将钢管加工成所需圆弧形状然后连接,梁底杆可采用一般做法,剪刀撑也采用加密搭设。

(1) 独立柱钢筋安装

根据图纸进行钢筋安装,要求参考16G101-1

(2) 中部腰梁底板和梁钢筋安装

中部腰梁底板根据图纸放样安装,因为腰梁为圆形,在制作梁底板时,需将底部方木稍加处理,使其圆弧顺滑,成型时外观感较好。

腰梁钢筋制作时,需先放出大样线,钢筋大样线保护层预留为钢筋公称直径+0.5cm,这样有效避免保护层厚度不够。

(3) 独立柱和腰梁模板安装

独立柱模板安装,根据规范要求制作安装,柱子定位与柱子垂直度,梁定位和梁水平垂直满足规范要求。

(4) 上部框架梁底与梁外绑板安装

梁底铺设与腰梁要求一致,梁外邦安装时,柱头部位顺下板向上延伸,加固处理,非柱头部位将绑板拼接密实,可先用铁丝将整个圆缠绕固定收紧,此时检查模板是否有变形,然后再下部缠绕一道,此时圆梁外模板应顺滑。

(5) 浇筑独立柱与腰梁混凝土

在浇筑混凝土时,独立柱分3次浇筑,第一次浇筑至梁上口高度,将梁与柱振捣密实,第二次浇筑至梁上1/2处,第三次浇筑至上部梁底。

(6) 将独立柱与腰梁混凝土先行浇筑的优点:

减少顶板浇筑时混凝土量大,导致柱子涨模风险,中部

梁混凝土溢出风险。

柱子和中部梁浇筑完毕后,增加脚手架在锥斗顶板浇筑时的稳定性。

增加吊装模板和钢筋时,局部受压整体安全性。

(7) 清理上部柱顶混凝土和凿毛接口

清理上部浇筑混凝土时留下的混凝土残渣,凿毛接口为下部工序做准备。

(8) 铺设锥斗模板

锥斗模板铺设时,需放样铺设,确保模板角度,哈尔滨正大筒仓角度为38°,方木铺设时测量角度,调整脚手架高低,确保角度与图纸相符。

(9) 框架梁和板筋安装

上部框架梁安装时需要放样梁主筋弯曲程度,环向钢筋采用绑扎时,钢筋搭接长度50d,接头位置应错开布置,水平方向错开的距离一般不小于1m,也不应小于一个搭接长度,在一个垂直截面上,至少每隔三根才允许有一个接头。

一般筒仓顶部梁设计较大,钢筋密集,在制作时每根钢筋弧度都不同,这点在钢筋制作时需注意。

上部梁安装完毕后需调整梁外侧钢筋保护层,并与主筋绑扎牢固,保护层数量,布局要符合规范要求,这点非常重要,要为后期模板加固提供有利条件。

(10) 梁绑板和脚手架加固

梁绑板加固,采用活动板,及在外绑板上竖向固定木方,木方间隔不大于20cm,固定好木方后,用铁丝在外围缠绕固定并勒紧,再次调整方木,测量方木最外面直径和周长,采用直径14钢筋弯弧,弧度与外直径要基本一致,将钢筋上中下三道包裹梁绑板,拉紧焊接,将方木完全与钢筋接触,像木桶制作那样,这是外绑板虽然箍紧,但由于直径大,外绑板能摇晃,此时加固毕。

(11) 浇筑混凝土

因为上部梁绑板活动,所以浇筑混凝土时一定要按照圆形梁浇筑方法,自一个方向环形浇筑,并且要随浇随振捣,梁要分3次以上环形浇筑,第一次浇筑一圈后,木工检查模板,看圆形梁是否顺滑,第二次浇筑完毕后,还要检查,第三次基本随锥斗板一起浇筑完毕,继续检查。

因上部为锥形结构,所以混凝土塌落度要控制好,否则施工难度成倍增加,混凝土收面及其重要,一般筒仓底部不得挂料,所以施工要求为光面,不得存在坑洼。

4 结论

对大直径非核心筒结构筒仓斜锥顶壳施工而言,采用型钢辐射梁加塔吊标准节作为锥顶施工操作平台,既满足施工要求也解决了仓顶结构重载施工支撑问题。该技术具有施工快、结构稳定性好、安全性能高等特点,值得进一步推广应用。

参考文献

[1] 肖树豪,赵海龙,李勤山,等.大直径筒仓仓顶施工支撑体系优化分析[J].工业建筑,2018,48(5):139-143.

[2] 中国煤炭建设协会.钢筋混凝土筒仓设计规范:GB50077-2017[S].北京:中国计划出版社,2017.