

仓顶板旋转盘扣装配式桁架支撑体系设计与应用

廉志强

中交一公局第六工程有限公司 天津 300457

摘要：本文围绕赣州穗丰实业有限公司立筒仓子项仓顶专项施工措施展开，详细阐述了仓顶板旋转盘扣装配式桁架支撑体系的设计与应用。介绍了该支撑体系的组成、构件及尺寸、组装方法、整体提升方案、高空固定措施、仓顶模架搭设以及仓顶环梁及梁、板施工等内容，同时明确了仓顶结构现浇混凝土模板系统的构造要求，包括支撑梁、板立架支柱构造与安装、材料要求、施工技术要求以及模板拆除等方面的规定。通过实际工程应用表明，该支撑体系具有组装灵活、承载能力强、施工效率高等优点，为类似工程提供了有益的参考。

关键词：仓顶板；旋转盘扣；装配式桁架；支撑体系；设计与应用

1 引言

在建筑工程中，立筒仓等大型筒体结构的仓顶施工一直是施工难点之一。传统的支撑体系存在组装复杂、承载能力有限、施工效率低等问题。为了解决这些问题，本文提出了一种仓顶板旋转盘扣装配式桁架支撑体系，并在赣州穗丰实业有限公司年加工小麦20万吨及生产非油炸方便面5万吨项目立筒仓子项仓顶施工中进行了应用。该支撑体系采用旋转盘扣连接件，具有组装灵活、承载能力强、可重复使用等优点，能够有效提高施工效率和质量。

2 旋转盘扣装配式桁架支撑体系组成

2.1 旋转盘式扣件和临时支撑架的标准零件

旋转盘式扣件，简称旋转盘扣，是一种新型连接件。它将杆件两端的连接板用旋转盘扣连接起来，能够等强传递杆件之间的拉压力。旋转盘扣、多向空心球节点、弦杆和腹杆共同组成旋转盘扣临时支撑架的标准零件。旋转盘扣采用45号钢调质处理，确保了其强度和机

械加工精度。节点采用网架用空心球节点，在上面焊上杆件短节和连接板，与杆件或节点通过旋转盘扣连接。杆件采用国家标准 $\varnothing 48 \times 3.5$ 规格的无缝钢管，材质为Q345。旋转盘式扣件又名旋转盘式连接器，具有实用新型专利。

2.2 旋转盘扣装配式桁架

旋转盘扣临时支撑架组装灵活，可根据施工需要组装成单片多跨桁架、多片多跨桁架或在竖直方向上叠加为多层桁架，形成N片N跨N层装配式桁架^[1]。在施工中，该桁架能够形成大跨度装配式桁架桥梁或承载平台，满足不同施工场景的需求。旋转盘扣装配式桁架同样具有实用新型专利。

3 旋转盘式桁架构件及尺寸

3.1 桁架结构形式

桁架结构形式采用空心焊接球形节点杆件搭设，杆件形式如图1所示。

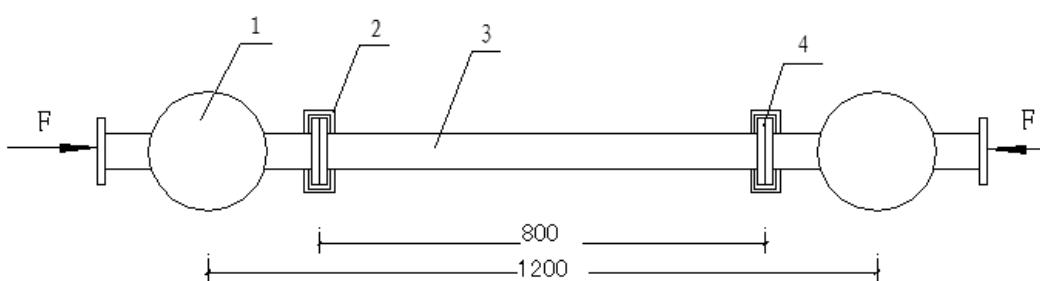


图1 空心焊接球形节点上下弦杆件

3.2 构件材质及尺寸

焊接空心球节点：材质为Q345。

连接钢管的扣件：材质为Q345。

钢管杆件：适用于弦杆和腹杆，材质为Q345。

钢管端部连接板：板厚 $a = 10\text{mm}$ ，材质为Q345。

3.3 旋转盘扣桁架扣件

新型旋转盘扣件卡槽外形为八方体，通过两个四爪形的连接体对接放入八方体的卡槽实现对接。由于材

质的提高和磨损小，该扣件可实现多次重复使用，且具有操作方便、强度高、人为因素影响小等特点。

3.4 旋转盘口钢管桁架杆件

钢管杆件通过旋转盘扣件把 48×3.5 mm钢管的连接板

连接在一起，两扣件间距水平杆上为800mm，斜撑杆上为1298mm。钢管属性如表3-1所示，外径d为48mm，壁厚t为3.5mm，截面积A为 4.8×10^{-4} m²，密度为7850kg/m³，弹性模量为 2.06×10^5 MPa，泊松比为0.3，屈服强度为345MPa。

表1 钢管属性

外径d (mm)	壁厚t (mm)	截面积A(m ²)	密度(kg/m ³)	弹性模量(N/mm ²)	泊松比	屈服强度(Mpa)
48	3.5	4.8×10^{-4}	7850	2.06×10^5	0.3	345

3.5 旋转盘扣桁架节点

旋转盘扣桁架节点采用 $\varnothing 160 \times 8$ mm焊接空心球节点，材质为Q235，每个节点有八根到十根的 48×3.5 钢管相连接。

4 旋转盘式桁架的组装

4.1 施工工艺

临时架体搭设→满铺架板→放线、验线→安装平面网格→安装立体网格→安装上弦网整体提升→桁架高空固定→桁架验收。

4.2 旋转盘式桁架平面安装

旋转盘式桁架平面安装时，先将验收合格的焊接球按规格、编号放入安装节点，调整好受力方向与位置（一般将球水平中心线环形焊缝置于赤道方向）；接着放置备好的杆件，放置前检查规格、尺寸，将其置于两球间并调整间隙后安装连接；平面桁架拼装从中心线起逐步向四周展开，先组成封闭四方网格并控制尺寸，再拼四周网格以扩大范围，注意控制累积误差且网格以负公差为宜；安装前需编制好安装工艺和连接顺序，防止平面桁架变形。

4.3 旋转盘式桁架主体组装

旋转盘式桁架主体组装时，先检查验收平面桁架尺寸与轴线偏移情况，确认无误后继续组装主体桁架，将一球（上弦球）四杆（桁架斜腹杆）的小拼单元吊至平面桁架上方，小拼单元就位后检查网格尺寸、矢高及斜杆角度，对位置和角度偏差进行矫正，合格后再安装，若安装时发现杆件长度、角度不一致，需以标准杆件和标准方向位置重新就位检查。

4.4 旋转盘式桁架上下弦组装

旋转盘式桁架上下弦组装时，先依次放入上下弦平面桁架的纵向、横向杆件，分别检查上下弦球在纵向和横向的位置、尺寸是否正确；接着安装调整立体单元斜腹杆，使上弦的纵向与横向杆件与节点球正确就位，确保上下弦网格尺寸准确；调整各部间隙至基本合格后连接上下弦杆件，点固后再紧固旋转盘口并安装定位销；随后逐步检查网格尺寸并向前推进，桁架腹杆与上弦杆

安装相互配合；桁架漏斗面安装结束后按整体尺寸验收；待吊装的桁架须拼装工序完成方可起吊（提升），若用滑模设备拖带，需可靠连接且受力、布局合理^[2]。

5 高空固定

高空固定时，先检查桁架整体标高。若高低不匀，先让标高合格一端就位，通过调整一侧吊车绳使较高端就位；标高与水平距离合格端插入钢管连接，修正杆件尺寸，用一侧拉紧、另一侧放松吊绳调整距离，也可少量起吊或下降控制标高，同时观察已就位点固侧情况。另一侧标高调整后拉紧距离，初步检查就位，正确后悬挂锁定、紧固固定，悬挂时桁架略高于预设高度（提前提高5—10mm）。按面积确定悬挂点与索数量，保证牢固，悬挂点在球形节点均匀分布，考虑荷载，索有预紧力，拆除临时支撑达预起拱值，固定遵守起重规范，设好绳卡数量与间距。吊装就位后，先用钢筋拉杆初步固定，再用15mm钢丝绳斜拉，分两圈，按要求生根、绕杆、锁死。

6 仓顶模架搭设

仓顶结构施工模架搭设以桁架间距为参考确定仓顶模架间距，按仓顶结构型式搭至结构层。先在桁架上搭设满堂架，钢管间距1200mm，仓顶梁下部多加一根立杆，满堂架需兼顾刚度与自重最小化，是梁施工关键。仓顶底纵向立面按规范加设剪刀撑，所有架体立杆与桁架上下弦连接，斜纵向钢管环向间距0.5m，环向钢管沿斜壁间距0.5m，垂直斜壁钢管斜撑水平及斜向间距0.5m，斜撑上下部均设双扣件防滑。模架起拱原则上采用单项起拱，通过钢丝绳拉紧、拉平盘式桁架，仅考虑桁架上普通钢管脚手架正常起拱。

7 仓顶环梁及梁、板施工

仓顶模架搭设完毕后，按正常施工程序进行板底模板支设，钢筋绑扎和侧模安装，验收合格后，方可进行仓顶混凝土浇筑。混凝土浇筑前要根据仓顶的结构型式和工程的实际情况确定合理可靠的浇筑工艺次序，必要时，可按规范要求设置施工缝，进行分批浇注。仓顶砼浇筑前，在仓顶板内侧设置不少于4个吊钩，便于使用卷扬机进行桁架的降落拆卸。

8 仓顶结构现浇混凝土模板系统构造要求

8.1 支撑梁、板的立架支柱构造与安装

梁和板立柱纵横向间距相等或成倍数。钢管立柱底部设垫木与底座，顶部设可调支托，U形支托与楞梁间隙锁紧，螺杆伸出顶托顶部不超200mm，外径与立杆钢管内径间隙不超3mm且上下同心。立柱底距地面200mm高处纵下横上设扫地杆，可调支托底部立柱顶端沿纵横向设一道水平拉杆，按模板设计水平拉杆步距平均分配后，每步距纵横向各设一道，端部与四周建筑物顶紧，无处可顶时设连续式剪刀撑。扫地杆等用Φ48×3.5mm钢管与立柱扣牢，扫地杆、水平拉杆对接，剪刀撑搭接长度不小于500mm，用不少于2个旋转扣件固定。采用扣件式钢管作立柱支撑时，规格、间距、扣件符合设计，立杆底部设底座及不小于50mm厚垫板，立柱间距等设置符合规范，立杆用对接扣件连接，相邻接头不同步且竖向错开不小于500mm，各接头中心距主节点不大于步距1/3，严禁上下段立柱错开固定在水平杆上，满堂模板等支架立柱外侧周围及中间纵横向设剪刀撑，剪刀撑杆件与地面顶紧，夹角45~60度^[3]。

8.2 材料要求

新钢管进场要有产品质量检验合格报告，表面平直光滑，无裂缝等缺陷，外径等偏差符合规范且涂防锈漆；旧钢管、盘式扣件使用前需质量检查，有裂缝等严重问题者禁用。脚手架钢管用Q235普通钢管，宜选Φ48×3.25mm；钢管扣件用可锻铸铁或铸钢制作，螺栓拧紧扭力矩达65N·m不破坏。可调托撑螺杆外径不小于36mm，与支托板焊接牢固，各参数符合国标，抗压承载力设计值不小于40kN。现场模板材料中，夹板底模、侧模厚18mm，支撑用Φ48×3.25钢管，相关参数有明确规定。搭设时注意横杠水平度和立杆垂直度，误差不超过15mm；模板拆除混凝土强度须达规范要求，经审批后才能拆模。

8.3 施工技术要求

施工前需熟悉设计图纸、会审记录、技术资料、构件大样图及经审批的模板施工组织设计，对作业人员进行全面安全技术交底，作业人员经专门技术培训考核合格方可上岗。依据设计图纸做好测量放线，准确标定标高、轴线等数据，合理选择模板安装顺序，一般自下而上安装。模板支柱应在同条竖向中心线上且落于坚实承载体，竖向模板及其支架支撑部分要有足够面积。模板安装全程随时检查，严格控制刚度等指标，合装全程设足够有效临时固定设施防倾覆^[4]。按设计与施工说明顺序拼装模板，梁跨度等于及大于4m时中部起拱，无设计要求时起拱高度为梁跨的1‰-3‰，主要梁交接先主梁后次梁起拱。安装模板须用胶合板，楼板模板安装后测标高，保证结构构件形状、

尺寸和位置正确，防漏浆且构造符合设计要求，模板要具备足够承载能力、刚度和稳定性。桁架立柱倾斜或支架立柱顶表面倾斜时，要采取可靠措施确保支点稳定、支撑底脚防滑移，垂直支架柱保持垂直；安装配件放工具箱或袋内，工具系挂在作业人员身上或工具袋中。吊运模板时，作业前检查绳索等确保完整有效，升降过程专人指挥、统一型号、密切配合；吊运大块模板，竖向不少于2个吊点，水平不少于4个吊点；用卡环连接，稳起稳落，模板就位连接牢固后摘除卡环。浇筑混凝土时，随时留意换茬模板受荷情况，出现位移、下沉等问题及时处理。

8.4 模板拆除

为便于楼板混凝土浇筑后顺利降下桁架及模板，安装桁架和模板时，预先用Φ12钢丝绳以各三个绳卡栓紧桁架整体四个角位置做准备，楼顶面混凝土板浇筑时，在桁架支座吊筋（含钢丝绳）部位预留150×150施工孔洞；楼板混凝土强度达拆模要求后，拆模前用一台2吨卷扬机在库顶板中心500×700预留孔位置，用吊钩钩住绑着四个角的Φ20钢丝绳，检查卷扬机吊钩牢固吊着钢丝绳且四条钢丝绳受力均衡、吊点中心位置后，用气割对称、均衡切断原吊紧桁架的吊筋，之后检查卷扬机吊着的桁架和模板是否牢固稳定，徐徐降下桁架至约200mm左右位置，用钢钎等在预留孔洞位置拆除桁架上的模板和木枋，施工人员从孔洞下到桁架上拆模时须系好安全带，待操作人员拆除桁架上部模板支撑体系并运出仓外无安全隐患后，再匀速将桁架降到底部，由操作人员拆除桁架各部件并运出仓外。

结语：仓顶板旋转盘扣装配式桁架支撑体系在赣州穗丰实业有限公司立筒仓子项仓顶施工中得到了成功应用。该支撑体系具有组装灵活、承载能力强、施工效率高等优点。通过合理的构件设计和组装方法，能够满足仓顶结构施工的要求。同时，严格的模板系统构造要求和施工技术要求，保证了施工质量和安全。在实际工程中，该支撑体系为类似工程提供了有益的参考，具有广阔的应用前景。未来，可进一步优化该支撑体系的设计和施工工艺，提高其性能和施工效率，为建筑工程的发展做出更大的贡献。

参考文献

- [1]郭建行.大直径筒仓仓顶施工支撑体系设计与施工关键技术研究[D].河北工程大学,2022.
- [2]孔强.筒仓仓顶施工伞状支撑平台受力分析与方案优化研究[D].河北工程大学,2023.
- [3]张远.新型旋转盘扣式网架结构受力性能试验研究与数值模拟[D].华北水利水电大学,2023.
- [4]孟文清,白松,张亚鹏,等.筒仓模块化穹顶式滑模刚性平台单榀足尺试验研究[J].煤炭工程,2023,55(01):41-46.