

## 关于钢筋混凝土筒仓顶板支撑体系的讨论

王志勇

中国十五冶金建设集团有限公司, 湖北 武汉 430000

**[摘要]**文章结合河北大唐国际丰润电厂新建三座3万吨储煤筒仓工程筒仓钢筋混凝土顶板支撑体系的施工难题,对比介绍满堂脚手架支撑体系,钢平台支撑体系,型钢混凝土组合结构无支撑体系顶板等三种施工方法,并简要说明型钢混凝土组合结构顶板在该工程中的应用。满堂脚手架工艺简单,支撑稳定,便于计算,但资源投入大,拆除时材料运输难度大。钢平台支撑体系吊装及安装难度大,专业性强,受力复杂,拆除难度大,但材料可重复利用,资源投入少,危险系数大。型钢混凝土组合结构施工简便,可与筒仓壁板同时施工,节约工期,支撑体系拆除工作量小,混凝土养护时间短,但需要投入型钢和大型吊装设备。

**[关键词]**筒仓顶板;支撑体系;满堂脚手架;钢平台;型钢混凝土组合结构

DOI: 10.33142/ec.v3i5.1926

中图分类号: TU755.2

文献标识码: A

### Discussion on the Supporting System of the Reinforced Concrete Silo Roof

WANG Zhiyong

China 15th Metallurgical Construction Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**Abstract:** Combined with the construction problems of reinforced concrete roof support system of three newly built three 30,000-ton coal storage silo project in Hebei Datang International Fengrun Thermal Power Co., Ltd., this paper introduces three construction methods of full scaffolding support system, steel platform support system, steel-concrete composite structure without support system roof, and briefly describes the application of the steel reinforced concrete composite structure roof in this project. The technology of full scaffold is simple, the support is stable and easy to calculate, but the resource input is large, and the material transportation is difficult when dismantling. It is difficult to lift and install the support system of steel platform, which is characterized by strong specialty, complex stress and difficult removal. However, the materials can be reused, with less resource input and high risk coefficient. The steel-concrete composite structure is easy to construct, and can be constructed simultaneously with the silo wall panel, which saves the construction period. The demolition workload of the support system is small, and the concrete curing time is short. However, the steel section and large hoisting equipment are needed.

**Keywords:** silo roof; support system; full scaffolding; steel platform; steel reinforced concrete composite structure

在钢筋混凝土筒仓结构施工中,筒仓顶板混凝土平台施工时的模板支撑系统较为复杂,其施工措施费用占到了整个仓上结构造价的40%。因此,进行多种方案支撑设计的技术经济分析,是降低混凝土筒仓成本的一项重要措施,同时也是国内外建筑业研究的一项重要课题。

目前筒仓顶板混凝土支撑体系一般有满堂脚手架支撑和钢平台支撑两种,可根据筒仓直径、顶板高度、工期要求等选用一种方案,但都存在施工工期长、费用高的缺点。河北大唐电厂新建筒仓工程工期紧张,是冬季供暖的民生工程,工期后墙不倒,项目部经过多方论证,创新性采用型钢混凝土组合结构筒仓顶板,不仅节约工期2个多月,还能大大降低成本,效果不错,本文将重点介绍几种方案的对比,可供类似工程参考。

#### 1 工程概况

大唐国际丰润热电厂新建三座3万吨储煤筒仓工程的3个筒仓为钢筋混凝土筒体结构,筒仓外直径为37.5m~35.8m,外筒壁略向内倾斜,17m以下外筒壁壁厚为600mm、17m以上外筒壁壁厚为450mm,筒仓中心设中心柱,中心柱内径2.4米,壁厚650mm,筒仓总高度为41.4m。仓内漏斗为环形结构,4.2m~12.576m为悬挑环形斗壁,斜度60度;仓顶混凝土平台高41.4m,梁的最大净跨为14.9m,净高为37.9m,如图1所示。仓顶混凝土平台施工的支撑系统,是筒仓结构施工的重点、难点。

本工程工期十分紧张,根据倒排的进度计划,筒仓壁板施工完后,每个筒仓顶板需在15天内施工完毕,选择合适

的施工方案是项目能否按期投产的关键。

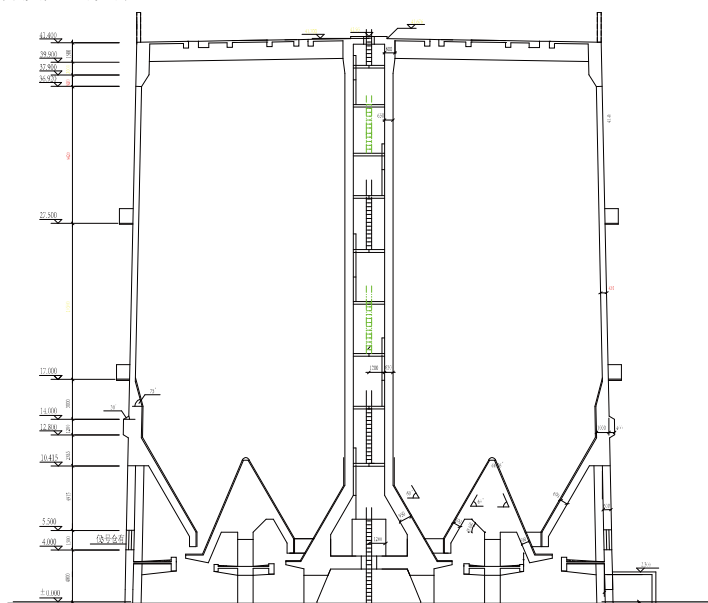


图1 钢筋混凝土筒仓上部结构图

## 2 满堂脚手架支撑体系施工工艺分析

满堂脚手架是利用脚手架作为顶板支撑体系，脚手架从漏斗层一直搭设至仓顶底板，搭设高度最大达到37米，最大跨度14米，属于超高超重大跨度结构的支模，脚手架搭设工程量大，每个筒仓满堂脚手架达到3万立方米。

仓内脚手架需从漏斗层开始搭设，漏斗层混凝土为斜壁结构，斜度达到60度，因此脚手架生根处需做特别处理，将底部混凝土凿平，为确保脚手架整体稳定性，所有横杆与筒壁顶紧。脚手架搭设示意图如下：

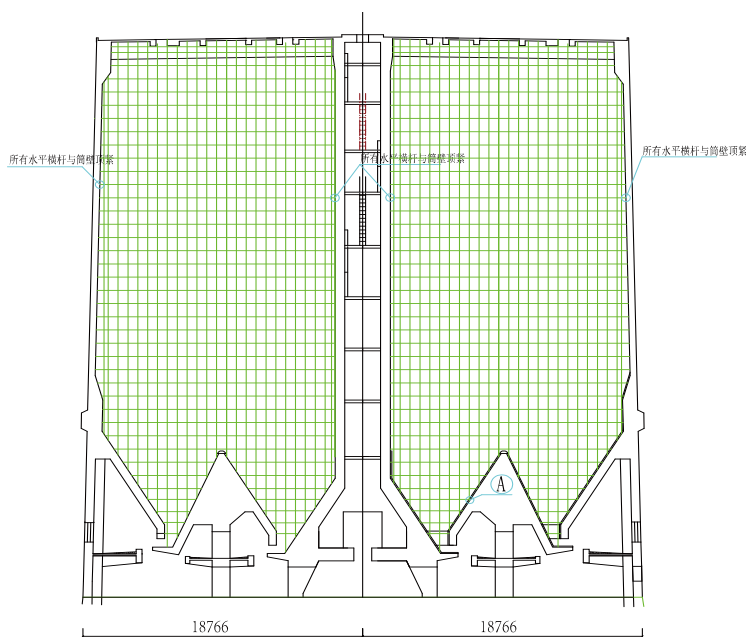


图2 满堂脚手架立面图

满堂脚手架为传统施工工艺，材料租赁方便，操作工艺简单，整体稳定性及安全性较高，但也存在较为明显的缺点：

如图所示，架体根部为斜斗壁，斜度达到60度。若采用预埋则无法保证垂直度，只能在根部将混凝土凿平，且人员操作难度较大，一旦处理不好，架体整理受力就会存在一定的安全隐患。

架体搭设高度最大 37 米，跨度 14 米，承重架自重很大，对钢管的质量要求高，而市场普遍的租赁脚手架很难达到质量要求，且壁厚偏差区间较大，会存在理论计算与实际操作有较大出入，搭设质量不可控、不安全。

筒仓顶板浇筑完成后，脚手架被封闭在筒仓内部，在封闭空间内拆除脚手架的难度较大，材料转运困难，拆除时间长，一个筒仓需要至少 25 天才能拆完。

工期无法满足要求，仓顶板施工至少需要 3 个月时间（满堂脚手架搭设拆除 45 天、顶板施工 20 天、跨度 14 米养护 28 天），远远超过本工程倒排工期节点要求。

### 3 钢平台支撑体系施工工艺分析

钢平台支撑体系是在筒壁施工过程中在仓壁预留牛腿支撑，筒壁施工完毕后，在筒内搭设钢结构平台，使牛腿、钢平台、斜拉钢丝绳等形成一个支撑平台，在平台上进行简单的脚手架作业，组成一套用以支撑仓顶钢筋混凝土平台的施工的支撑体系。如下图所示：

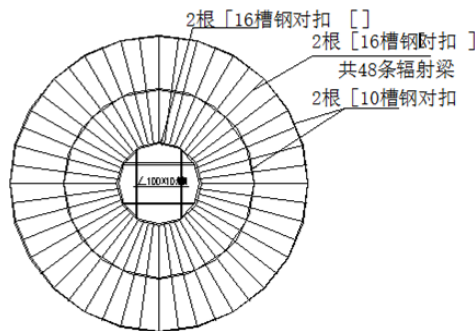


图 3 钢平台支撑平面结构图

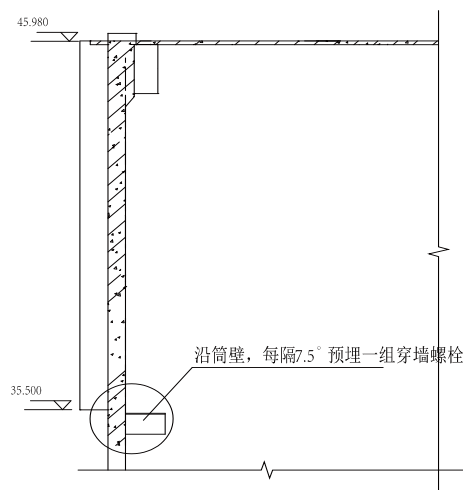


图 4 筒壁预埋牛腿示意图

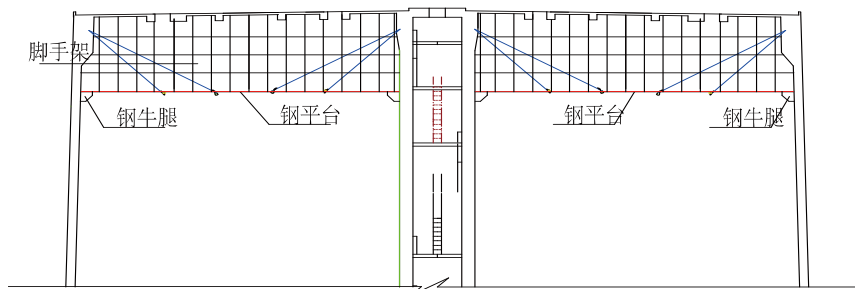


图 5 钢平台支撑立面结构图

钢平台支撑体系施工工艺, 相比传统满堂脚手架, 可以节约大量的脚手架搭设的租赁和人工成本, 只需要在钢平台上搭设 7 米左右脚手架即可, 钢平台所用牛腿及钢构件可重复利用, 大大降低了材料的损耗, 实用性较强, 可周转使用, 降低了一定的施工成本, 但也存在一定的局限性:

施工周期较满堂脚手架有所缩短, 但仍需要至少 2 个半月时间:(钢平台搭设拆除 25 天、顶板施工 20 天、跨度 14 米养护 28 天), 无法满足工期要求。

钢平台支撑系统受力复杂, 钢结构连接节点施工要求高, 需要有丰富经验的专业施工队伍施工, 整体稳定性需要牛腿、斜拉钢丝绳、钢平台高强螺栓等共同受力, 危险系数较大。

钢平台拆除难度较大, 筒仓顶板施工完毕后, 钢平台拆除空间小、拆除作业属于高空无防护作业, 必须严格按结构受力分段拆除, 拆除作业进度慢, 危险系数大。

施工措施费用较高, 钢平台从安装到拆除需要 2 个半月, 期间钢平台的租赁费用、拼装、吊装、拆除等费用单个筒仓超过 15 万元, 对于大直径筒仓和单个筒仓工程不适用, 投资较大。

#### 4 型钢混凝土组合结构无支撑体系施工工艺分析

型钢混凝土组合结构施工筒仓顶板, 是在仓顶板结构主次梁中加入型钢, 在筒壁预埋钢牛腿, 型钢梁和钢牛腿形成支撑体系, 支撑顶板钢筋混凝土的施工荷载。在仓下提前拼装好型钢混凝土梁组合单元, 用吊车吊装至仓顶, 在型钢梁上做吊架支撑钢筋混凝土梁的施工, 梁混凝土浇筑完毕后拆除吊架, 在梁间铺设压型钢板, 再施工压型钢板组合楼面。此工艺不需要脚手架或钢平台等辅助支撑措施。

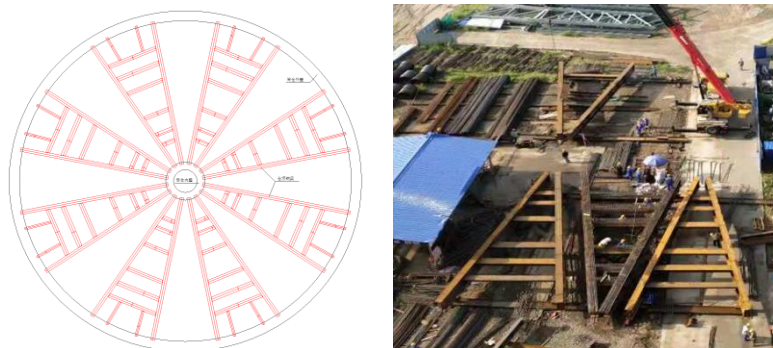


图 6 仓顶板型钢单元及仓下拼装图

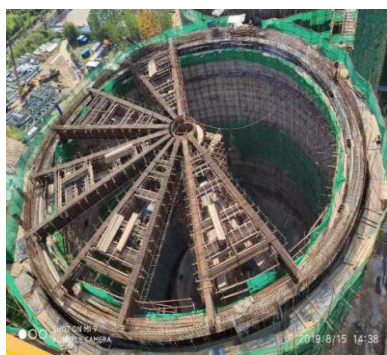


图 7 仓顶梁吊装就位



图 8 仓顶板施工、浇筑混凝土

型钢混凝土组合结构施工筒仓顶板, 增加了型钢、压型钢板等工程材料的用量, 一定程度上增加了主材成本, 但在施工图纸设计中, 可以予以计量。相比满堂脚手架或钢平台支撑体系, 具有以下优越性:

(1) 节约工期。采用型钢混凝土组合结构, 型钢梁可以在筒仓施工过程中加工组装好, 主梁及 50%次梁钢筋模板安装好, 待施工至仓顶时一次吊装就位。同时, 省掉了满堂脚手架或钢平台支撑体系搭拆的工序, 3 个仓顶板施工只需要 1 个月的时间, 可以缩短工期 2 个多月。

(2) 安全风险低。若采用满堂脚手架或钢平台支撑体系, 搭设和拆除时间长、人员多、危险系数大, 而采用型钢混凝土组合结构施工, 可在地面上组装时将安全措施安装到位, 然后整体吊装, 采用压型钢板作为板底模, 无需拆除, 大大降低了施工安全风险。

(3) 为后续安装快速创造工作面, 缩短工期。若采用满堂脚手架或钢平台支撑体系, 需等混凝土浇筑完 28 天后才能拆除支撑系统, 而模板脚手架或钢平台拆除又需要至少 25 天, 而在这近 2 个月时间里仓内无法作业, 而采用型钢混凝土组合结构是无支撑体系的, 浇筑完混凝土只要仓顶洞口封堵好, 做好安全措施, 仓上仓下可以同时作业, 为设备安装、铸石板粘贴创造工作面。同时, 型钢梁在混凝土内部起骨架支撑作用, 顶板混凝土浇筑完毕后, 仓上设备安装可以在很短的时间内进行, 大大缩短混凝土养护时间, 节约工期。

(4) 节约成本。采用型钢混凝土组合结构, 节约了搭设和拆除脚手架的费用及租金, 同时减少了 2 个月工期的管理成本和工期罚款, 大大降低了项目成本, 创造了很好的经济效益。

(5) 降低了施工难度。传统的满堂脚手架或钢平台支撑体系, 脚手架或钢平台的搭设和拆除难度大, 特别是钢平台支撑需要有丰富经验的专业队伍来完成, 而采用型钢混凝土组合结构, 80% 的结构在地面完成, 混凝土浇筑完成后不需要拆除支撑体系, 施工简便, 质量更容易控制。

## 5 结语

钢筋混凝土筒仓顶板的施工, 属于超高超大模板支撑系统施工, 其措施费用投入大, 施工周期长, 危险系数大。可根据筒仓直径、高度、数量、工期等要求, 结合项目实际情况, 选用合适的施工工艺:

满堂脚手架支撑系统, 适用于直径 22 米以内, 顶板高度 30 米以下的小筒仓, 且工期不紧张的工程, 材料及人员投入小, 安全风险低, 施工难度不大。

钢平台支撑系统, 适用于直径 22 米以上, 顶板高度 30 米以上的筒仓, 筒仓个数 2 个以上, 且顶板施工工期 2 个半月以上的工程。钢平台安装、拆除时间充裕, 材料可周转, 安全风险可控, 施工措施费用较满堂脚手架明显降低。

型钢混凝土组合结构, 是一种新型的仓顶板施工工艺, 不需要支撑系统, 适用于直径 30 米以上, 顶板高度 30 米以上的筒仓, 特别适用于顶板工期要求 1 个月以内的工程。型钢混凝土组合结构施工工艺新颖, 实用性、操作性比较强, 减少了高空作业的工作量和安全风险, 降低了施工成本, 较大的缩短的施工周期。在河北大唐电厂新建三座 3 万吨储煤筒仓工程中得到了成功应用, 1 个月就完成了 3 座直径 36 米的筒仓顶板施工, 值得借鉴和推广。

## [参考文献]

[1] 李佳琦, 赵飞. 钢筋混凝土筒仓顶板支撑桁架的搭设与加固[J]. 河北建筑工程学院学报, 2011(04): 9-13.

[2] 段锦祥, 曾帆. 钢筋砼筒仓顶板高支模施工技术[J]. 中国标准化, 2017(12).

作者简介: 王志勇 (1973.10-), 男, 毕业院校: 武汉冶金科技大学, 所学专业: 工民建, 职务: 第七分公司副总经理兼技术负责人, 职称: 工程师。