

索网式支撑平台在筒仓仓顶施工中的应用

王展

河北工程大学土木工程学院

DOI:10.12238/etd.v6i1.11749

[摘要] 柔性支撑平台在筒仓锥顶施工过程中能够缩短施工周期,降低人力和物力的消耗,具有良好的经济效益和社会效益。为探究柔性支撑平台在大直径筒仓顶施工过程中的受力性能及变形情况,本文以新疆将军二号露天煤矿工程为例,对索网式支撑平台进行计算分析和施工监测,根据计算结果确定索网式支撑平台在各施工过程中的受力与位移的关键位置,并布设监测点位对其进行监测。结果表明在进行锥壳区域混凝土浇筑时,索网平台不会产生较大的变形,平台的受力与位移均呈现缓慢增长的趋势,相反在中心区域浇筑时,平台的受力与位移会显著增大;此外数值模拟结果与监测结果的变化趋势较为吻合,索网平台应力最大相对误差不足10%,位移最大误差不超过4%,该结果不仅验证了有限元模型的正确性,同时结论可为后续相关研究提供一定理论依据。

[关键词] 大直径筒仓; 锥顶施工; 索网式支撑平台; 施工监测; 数值模拟

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A

Application of cable support platform in the construction of silo top

Zhan Wang

School of Civil Engineering, Hebei University of Engineering

[Abstract] In the construction process of silo cone top construction, the flexible support platform can shorten the construction cycle, reduce the consumption of manpower and material resources, and has good economic and social benefits. To explore the flexible support platform in the construction process of the stress performance and deformation, this article in Xinjiang general 2 open coal mine project, for example, the cable network type support platform calculation analysis and construction monitoring, according to the calculation results determine the construction force and displacement type support platform in the key position, and layout monitoring points into the monitoring. The results show that during the concrete pouring in the cone shell area, the cable platform will not produce large deformation, and the force and displacement of the platform, the numerical simulation results are consistent with the change trend of the monitoring results, the maximum relative error of the stress of the cable platform is less than 10%, and the maximum displacement error is not more than 4, verifying the correctness of the finite element model, and the conclusion can provide some theoretical basis for subsequent related studies.

[Key words] large diameter silo; cone top construction; cable network support platform; construction monitoring; and numerical simulation

引言

钢筋混凝土筒仓具有容量大、占地面积小、机械化作业方便以及耐火性好等优点,在工业和农业领域被广泛应用^[1,2]。在钢筋混凝土筒仓的施工过程中,通常以搭设支撑平台的方式进行仓顶施工,难度系数较大。目前国内仓顶施工大部分采用刚性支撑平台进行施工,因此研究的重心主要在刚性支撑平台上,对于柔性支撑平台研究较少,但是在同等尺寸和荷载条件下,柔性结构的钢材消耗量是传统钢结构的30~50%^[3,4],有效地节约了资

源,且柔性支撑平台在人力物力的投入、施工周期以及经济效益上都是优于刚性支撑平台^[3],因此对柔性支撑平台的研究十分有必要。

大量学者对筒仓仓顶柔性平台施工进行了研究,Hairong Huang^[5]探究了在筒仓结构中不同预拉力对索网平台承载力的影响,结果显示,随着钢绞线预拉力的增大,其下挠度将不断减小。Zejiang Wang^[6]提出了一种基于GA-BPNN的分析方法来判断施工误差对单层正交索网结构索力的影响,并以2022年冬奥速

滑场为研究对象,验证了该方法的高效性和准确性。申博文、郝国然^[7,8]对仓顶施工中的柔性索网支撑平台进行了研究,并对不同工况下的索网平台的受力与沉降进行了模拟,分析了柔性索网支撑平台的受力与沉降规律。但是在施工过程中发现柔性支撑平台的受力与变形情况是比较复杂的,且目前对于柔性支撑平台的研究大多坐落于有限元模拟上,很少与实际工程相结合。基于此,本文结合实际工程对索网式柔性平台进行了有限元分析及施工监测,探索索网式支撑平台的受力与变形规律。

1 工程概况

新疆某产品仓建设工程项目,筒仓建筑高度52.5m,筒身直径34m,筒仓仓顶由锥壳和仓顶平台两部分组成,其中锥壳呈斜45°,锥壳板厚度500mm;仓顶平台为直径20m平台,上环梁尺寸为800mm×1500mm,平台梁尺寸为400×1200mm,平台板厚200mm,仓顶混凝土等级为C40。仓顶结构采用索网式支撑平台进行施工。

2 索网式支撑平台组成

索网式支撑平台由索网及支撑架组成,其中索网由80根钢索正交铺设而成,上、下层钢索水平间距均为800mm。悬索从中心线开始布置,距离中心线400mm,索网垂度5m。钢索采用直径32mm,型号6×37M-FC的纤维芯钢丝绳,支撑架立杆立于索网上、下层索相交的节点上,从下至上前四层水平杆步距为1200mm,其余水平杆步距为1500mm,支撑架搭设高度16m,支撑架杆件采用直径48mm、壁厚3mm的钢管,钢材型号Q235B,泊松比0.3。

3 索网式支撑平台数值模拟分析

3.1 工况设置

此次模拟中采用生死单元法进行施工过程模拟,以现场的实际施工情况考虑结构的受力与变形情况。荷载除钢筋和施工活荷载是等效为均布荷载的形式施加的,其余均是以结构建模自重的形式进行施加。钢筋荷载取值为1.1kN/m²,施工活荷载取值为2.5kN/m²^[9]。根据现场的施工顺序,制定了十一种施工工况:工况1为脚手架+模板;工况2在工况一的基础上增加了钢筋荷载和施工活荷载;工况3~工况11分别对应混凝土的九次浇筑,混凝土浇筑区域图如图1所示。

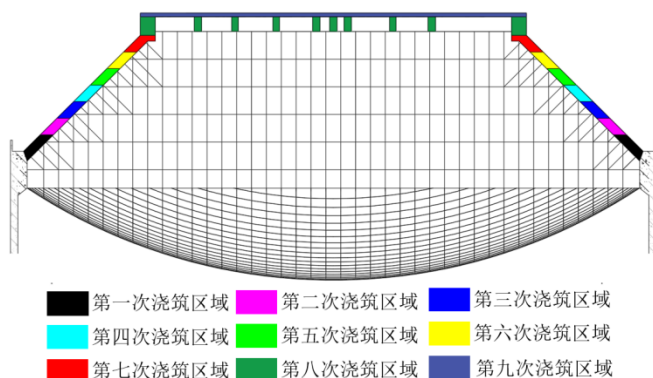


图1 混凝土浇筑区域图

3.2 索网应力结果分析

工况2钢筋绑扎完成后,索网平台整体受力比较均匀,最大应力出现在1号索端部,最大应力增加到了59.26MPa。工况3~工况9,在施加锥壳区域混凝土荷载时,随着混凝土荷载的施加,索网平台受力呈现缓慢增大的趋势,此过程中,索网平台的应力云图没有发生明显变化,并且最大应力在工况9,其最大应力累计增加到了105.23MPa。工况10~工况11,索网平台受力急速增大,这是由于相较于锥壳区域的荷载,这两个工况的荷载更大且更集中,这也使得索网平台的应力分布发生了变化,中心处钢丝绳承担了更多荷载。工况11为索网式支撑平台施工过程中的最不利工况,最大应力增大到了189.2MPa,位于1号索的端部,索网钢索受力由外至内依次增大,此时索力云图呈现中心对称且分布较为均匀。

3.3 索网位移结果分析

工况1~工况2,索网式支撑平台上方还未施加混凝土荷载,平台变形较小,此时模型的最大变形出现在索网平台的中心区域,工况2最大位移增大到了19.08mm。工况3~工况9,锥壳混凝土分七次进行浇筑,其中,工况8~工况9位移最大增大了10.4mm,在工况9时,最大位移累计增大到了36.70mm,变形最大处位于平台中心区域。可以发现,在锥壳区域逐步施加荷载时,索网平台变形较缓,并不会使结构产生很大的变形。工况10~工况11过程中荷载为上环梁和平台梁板混凝土荷载,荷载基数较大且位于平台的中心区域,其中工况11最大位移达到了-82.89mm,依旧位于平台中心区域。

4 索网式支撑平台监测及结果对比分析

4.1 测点布置

依据上述数值模拟结果选出各个工况下的关键部位并结合以下原则进行监测点布置,共计7个测点,具体测点布置图如下图2:

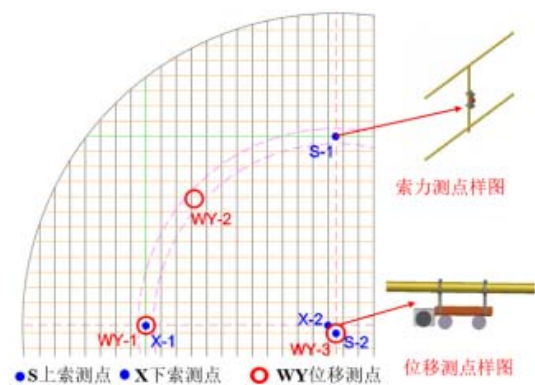


图2 索网测点布置图

4.2 索网应力监测分析

图3为“后紧式”支撑架施工方法在索网式支撑平台在施工过程中索网应力的变化规律,由图可知,索网平台同一区域的受力变化大小不同,这是由于在索网平台的施工中,不同位置的钢丝绳安装精度存在误差导致的。在进行锥壳区域施工时,索网应力增长缓慢,在进行中心区域施工时,索网应力有明显的变化。1

号索始终为受力最大的索。在整个施工过程中,中心处测点X-2拉应力累计增加了142.64MPa,该测点模拟拉应力累计增大了151.93MPa,对比监测结果和数值模拟结果,索网应力最大误差为6.11%,索网应力的数值模拟结果与监测结果较为吻合。

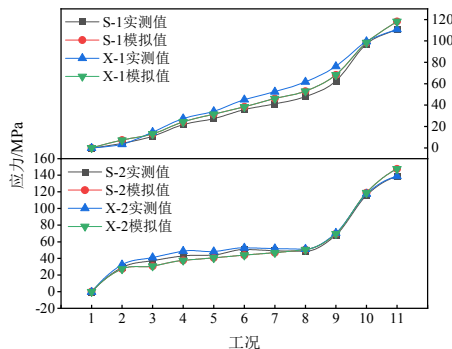


图3 索网各工况下测点应力图

4.3 索网位移监测分析

不同工况下索网测点处的位移变化情况如图4所示。由图可知,索网的位移与索网应力变化规律相似。WY-1、WY-2为上环梁下方测点,工况10~工况11,该测点处实测值相对模拟值偏小,同时结合现场对混凝土强度进行回弹取值发现,前次浇筑的混凝土已经具有一定强度可以承担部分荷载。从工况1到工况11,索网位移最大处始终位于平台中心区域,最大位移累计增大了77.55mm,数值模拟的最大位移亦在该区域,模拟最大位移累计增大了76.17mm,对比监测结果和数值模拟结果,位移结果的最大误差不超过4%,监测结果与数值模拟结果较为吻合。

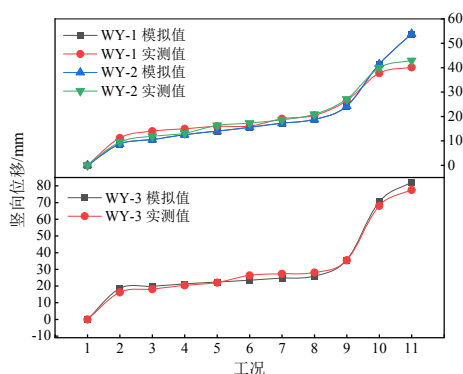


图4 索网各工况下测点位移图

5 结论

(1)通过对索网式支撑平台数值模拟发现,在进行锥壳区域

施工时,索网平台的索力和变形均变化较为缓慢;在进行平台中心区域施工时,会使结构产生较大的受力与变形,在实际工程中应注意此情况。

(2)通过对索网式支撑平台的施工进行监测,整个施工过程中结构并未发生失稳,结构的受力与位移均满足规范要求。索网式支撑平台的最大应力出现在1号钢索上,整个过程累计增大142.64Mpa;最大位移出现在平台中心区域,累计增大了77.55mm。

(3)将施工过程中数值模拟结果与监测结果进行对比,其结果与变化趋势均较为吻合,,索网式支撑平台应力最大误差不超过10%,位移最大误差不超过4%,验证了有限元模型的正确性。

[参考文献]

- [1]车颖文.筒仓的受力情况和稳定性研究[D/OL].武汉理工大学,2011[2025-02-21].
- [2]郭洪盛.温度作用下大直径水泥熟料筒仓有限元分析[D/OL].合肥工业大学,2012[2025-02-21].
- [3]VAEZZADEH A, DOLATSHAHI K M. Progressive collapse resistance of cable net structures[J]. Journal of Constructi onal Steel Research,2022,195:107347.
- [4]CHEN L, LI Z, LIU Y,等. Analysis and Evaluation of the Progressive Collapse Behaviour of a Cable Dome Structure[J]. Buildings,2022,12(10):1700.
- [5]HUANG H, HAO G, LV M. Construction Technology of Squat Silo Roof Supported by Cable Net and Finite Element Research[J].Engineering Advances,2022,2(1):18-25.
- [6]WANG Z, SHI G, LIU Z, 等. Effect of Construction Errors in Cable Forces of Single-Story Orthogonal Cable Network Structures Based on GA-BPNN[J].Buildings,2022,12(12):2253.
- [7]郝国然.基于钢绞线索网支撑的大直径浅圆仓仓顶盖建造技术及有限元分析研究[D/OL].河南工业大学,2022[2025-02-22].
- [8]申博文.筒仓顶钢丝绳软平台及支撑架受力性能研究[D/OL].西安建筑科技大学,2022.
- [9]建筑结构荷载规范GB50009-2012[EB/OL].

作者简介:

王展(2000—),男,汉族,河南漯河人,硕士研究生,结构工程研究。