

高空大挑檐结构装配式支模体系高效施工关键技术

陈小龙

上海建工四建集团有限公司 上海 201103

摘要：高层建筑的大挑檐结构，普遍存在结构支模体系工序复杂，安全风险高，施工难度大，工期长等难题，不仅带来较高的施工措施费用，还显著增加施工成本。本文针对上述问题，结合具体工程实际案例，形成了一套高空大挑檐结构装配式支模体系高效施工关键技术，取得良好效果，以期能够为国内外高空大悬挑混凝土结构支模体系的高效施工提供技术借鉴。

关键词：高空；挑檐结构；装配式；高效施工

工程概况

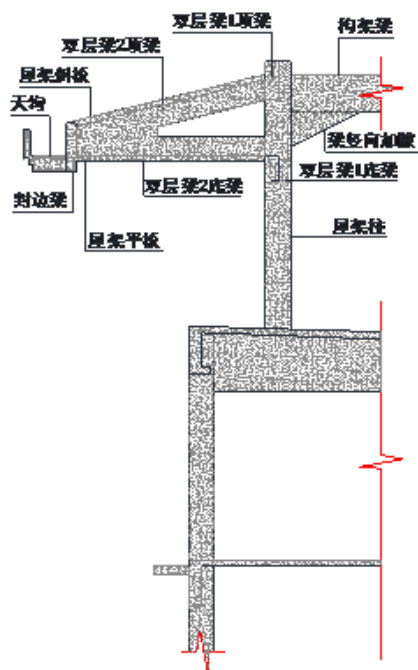


图1 大挑檐剖面示意

中山大学深圳建设工程项目是拥有超36栋建筑单体的大规模群体工程，总建筑面积约110万平方米，秉承中山大学老校区红砖绿瓦的红楼建筑风格，“岭南”瓦片的设置，造就了多数单体在屋面上部的屋架层四周设置混凝土大挑檐结构，挑檐结构外挑在3.9~5.9m。大挑檐结构是由边梁+双层梁板+屋架结构架梁柱+天沟组成的中空三角形断面（如图1），双层梁2截面尺寸为300/400×600，封边梁尺寸为250×1150，屋架斜板和平板

作者简介：陈小龙（1992—），男，本科，工程师。姓名：陈小龙性别：男民族：汉籍贯：安徽阜阳职称：中级职称学历：本科研究方向：无身份证：341222199209124696。

厚度为100~130mm。

1 工程特点、难点分析

(1)本工程各单体的建筑高度在20m~100m不等，大挑檐结构设置在各单位屋架层四周，位于较高的高空中，最高达到100m。

(2)大挑檐结构悬挑出屋面结构距离较大，自身最大悬挑跨度达到5.9m。

(3)大挑檐结构组成较为复杂，是由双层梁板+封边梁构成的大截面混凝土结构，组合后梁截面达到300×1050~2060。大挑檐结构的支模体系需同时考虑结构和装修施工^[1]。

(4)大挑檐双层梁板外附加天沟，且上层为斜梁斜板，自身结构标高变化多，施工顺序复杂^[1]，自身结构施工过程中危险性较大。

(5)本项目为超大规模校园群体工程，大挑檐结构施工体量巨大，工期要求紧迫，安全高效的完成大挑檐结构，是项目降本增效的重要一部分。

2 装配式钢平台支模体系

2.1 大挑檐钢平台方案选型

比选分析3种常规的大挑檐结构支撑系统：落地支撑架方案、扣件式钢管悬挑支撑架方案^[2]、^[3]和悬挑钢平台方案，3种方案在施工方面优缺点如下：

(1)落地支撑架方案。优点是受力传力直接，架体基础一般为硬化地面或地下室顶板，稳定性好，适用悬挑尺寸大；缺点是不适用高空大挑檐结构。

(2)扣件式钢管悬挑支撑架方案。优点灵活性好，适用于一定跨度尺寸悬挑结构，用材单一；缺点扣件连接节点质量要求较高，搭设过程安全系数较低。

(3)悬挑钢平台。悬挑钢平台根据承载方式不同可大致分为3类：下撑式、上拉式、下撑上拉式。1)上拉式钢平台优点是斜拉杆受力稳定，缺点是需先施工上部

结构后设置拉结点,影响工期,且斜拉杆的设置也将影响后续支撑排架的杆件搭设。2)下撑式钢平台优点是架体形成较早,不影响后续结构施工,缺点是斜撑角度受下层层高影响,且由于斜撑杆件为受压杆件,需要考虑单杆长细比和斜撑整体的稳定性。3)下撑上拉式优点是承载能力更优,缺点是包括斜拉杆及下撑杆,搭设施工较为麻烦,工序较为复杂。

结合背景项目的实际项目特点,最终采用下撑钢平台,并将钢平台进行装配式施工,可以更早完成钢平台安装和拆除,也利用在多单体之间进行周转使用,在安全、质量、进度、成本控制四方面均是更优的选择^{[4][7]},如图2所示。

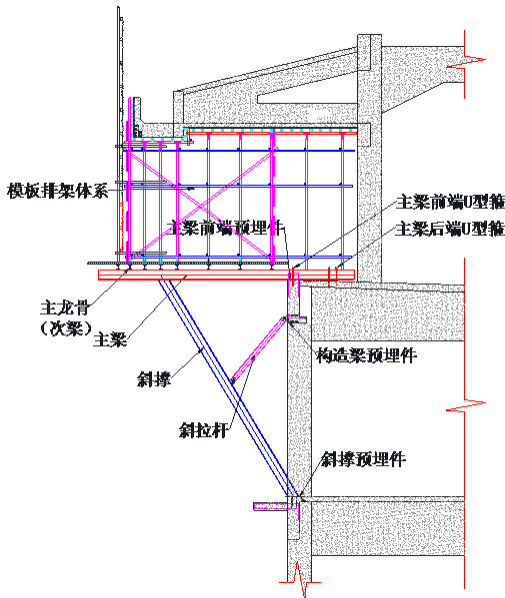


图2 大挑檐装配式钢平台剖面示意图

2.2 装配式钢平台设计

装配式钢平台由操作面、主龙骨(次梁)、主梁、斜撑、斜拉杆(构造梁)以及稳定构造措施组成。其中主梁斜撑为主要承力构件,构造梁与构造角钢为增加结构总体稳定性的构造措施。

钢平台主梁采用25a号工字钢,工字钢一端通过U型锚固螺栓与预埋件固定在结构上,离悬挑端头处与下层结构梁之间设置25a号工字钢作为斜撑,斜撑与主梁采用高强螺栓连接。为了减小斜撑的长细比,在钢平台平面内斜撑中部设置12.6号工字钢斜拉杆与主体结构连接。为了提高钢平台整体稳定性,在钢平台平面外设置75*7或90*6角钢作为水平连系梁,连接各榀钢平台框架,每隔25m及转角部位设置75*7或90*6角钢剪刀撑作为构造措施。

3 装配式钢平台施工技术

3.1 装配式钢平台安装流程

主梁、斜撑杆件、预埋件及节点工厂加工→材料运输至现场专用场地→预埋件、U型箍定位埋设→现场钢平台框架(主梁+斜撑作为一个安装单元)地面拼装→钢平台框架吊装及固定(斜撑底部固定、U型箍固定)→斜拉杆及水平联系杆安装→次梁工字钢安装→钢平台操作平面铺设^[4]→平台面外侧防护脚手架搭设→大挑檐结构模板排架搭设→大挑檐结构钢筋混凝土施工。

3.2 装配式钢平台安装

钢平台框架拼装:单榀平台架体重量在760kg以内(最长9m主钢梁剖面),多数在560kg以内。根据图纸在地面批量进行主梁工字钢、斜撑工字钢的拼装,构成单榀钢平台安装单元,拼装时需严格控制拼装精度。如图3所示。

钢平台框架安装:在预埋件、U型箍完成定位施工,结构浇筑完成达到一定强度,钢平台框架单元拼装后,采用汽车吊或塔吊进行吊装安装。吊装到位后,先固定主梁前后端U型箍,即可松开吊钩,剩余构造梁和水平向构造角钢等节点可由工人后续在脚手架上操作固定,不影响后续钢平台架体吊装作业。如图4所示。

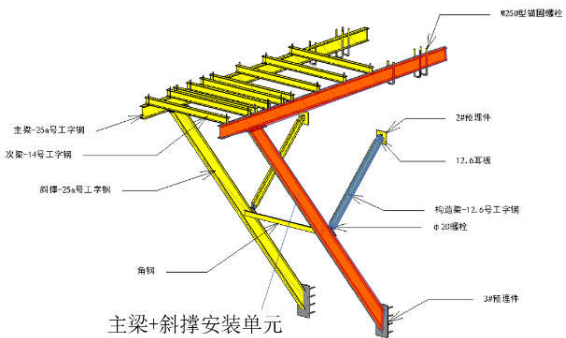


图4

钢平台操作面:在钢平台框架安装完成后,采用汽车吊吊装或结构层内转运安装的方式安装次梁工字钢。次梁工字钢安装完成后按照先木方后九夹板的顺序铺设操作面,期间确保定位筋露出便于后续支模体系排架脚手架施工。

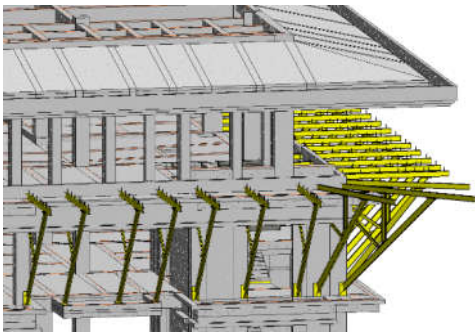


图3 安装钢平台示意图



图4 安装钢平台示意图二



图5 钢平台现场照片

3.3 装配式钢平台监测措施

钢平台安装完成后必须进行监测,观察其在使用过程中的变形是否满足安全要求。

监测项目:钢平台的沉降、位移。

监测部位:(1)钢平台沉降在结构大角(各转角处)、受力不利位置主梁和斜撑处设置监测点,相对主体结构进行观察,主梁工字钢端部沉降不超过11mm;(2)钢平台水平向位移在结构大角(各转角处)、受力不利位置的主梁设置监测点,相对主体结构进行观察,主梁工字钢端部水平位移不超过3mm。

监测频率:(1)钢平台吊装完成后及脚手架搭设前监测一次;(2)模板排架搭设过程中,施加荷载前,每三天监测一次;(3)模板排架搭设完成后结构钢筋绑扎前,每三天监测一次;(4)混凝土浇筑过程中,每一小时监测一次;(5)混凝土浇筑完成后,每十天监测一次;(6)遇有六级大风与大雨后,在晴天每三天监测一次;(7)停用超过一个月后复用监测一次。

3.4 装配式钢平台拆除

钢平台的拆除工作在下部结构脚手架拆改完成后进

行,采用塔吊或汽车吊等起吊设备与手动葫芦配合抬吊的方法按安装单元分块进行拆除。

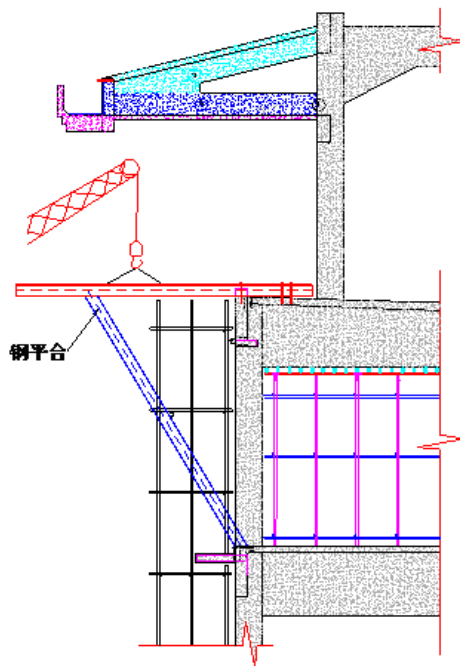
在建筑物外圈位置或内部有消防车道位置,可直接采用汽车吊,停放于钢平台侧面位置,上部距离结构预留一段空间,直接吊运拆除。

在建筑内部,且无法利用汽车吊直接调运拆除,现场利用卷扬机或电动葫芦用于拆除时的构件牵引。使用时利用电动葫芦或卷扬机或者另一端固定在内部牢靠结构上,然后吊住钢平台伸出悬挑屋檐部分的最前端,钢平台靠近结构端通过吊环与卷扬机连接,吊钩与卷扬机钢丝绳均保持轻微受力状态,钢平台从U型箍处完全分离后,卷扬机缓慢下放,待整个拆解单元完全由塔吊承重时开始下勾,吊运至地面重复利用或二次拆解。

安装单元拆除流程:拆除钢平台模板、木方和次梁工字钢→次梁工字钢人工拆除移位至主梁前端打捆,塔吊吊运至地面→在已有脚手架上拆除钢平台斜拉杆、联系角钢→割除斜撑底部连接→拆除脚手架最外侧两排的纵向水平杆,只保留立杆和短横杆→解除主梁横向水平限位,主梁末端增设手动葫芦导绳穿孔。

采用汽车吊拆除钢平台:汽车吊入场就位→吊钩吊点固定在框架安装单元→U型箍解除主梁限位→缓慢吊运至地面。

采用塔吊拆除钢平台:塔吊、手动葫芦就位→吊钩吊点固定→U型箍解除主梁限位→缓慢起吊→手动葫芦缓慢下放,待整个拆解单元完全由塔吊承重时开始下勾→解除手动葫芦导绳→吊运至地面。



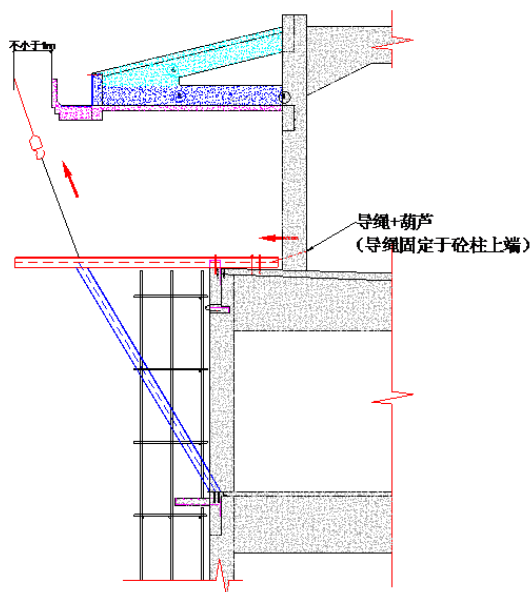


图6 采用汽车吊拆除钢平台示意

吊装作业注意事项：（1）外脚手架拆除、钢平台斜撑拆除、主梁末端开孔，应在拆除吊装前全部完成。（2）卷扬机与结构柱固定牢靠，操作规范，缓慢释放导绳。（3）拆除后随机补搭设脚手架，割除钢平台突出埋件。

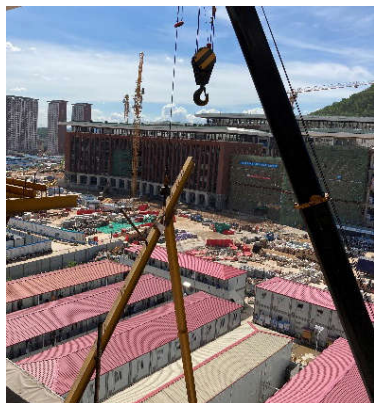


图7 采用塔吊拆除钢平台示意

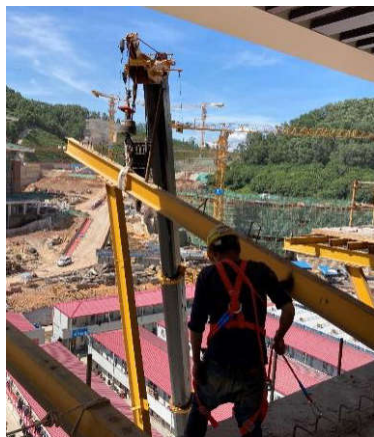


图8 拆除钢平台现场照片

4 装配式钢平台高效施工要点

4.1 前期节点设计考虑

（1）为提高装配式钢平台的施工效率以及后期材料周转使用，钢平台主次梁节点、斜拉杆两端分别与埋件和斜撑的连接节点采用螺栓连接。

（2）为方便以及快速安装与拆除主梁，在主体结构施工时预留U型箍，采用U型箍钢板螺栓固定的方式，实现钢平台安装单元的快速安拆作业。

（3）钢平台主梁上设置次梁限位兼定位螺栓，便于钢平台安装后次梁高空铺设，减少高空焊接作业，尽早形成操作平面。次梁上设置定位筋，便于模板体系立杆快速定位搭设。

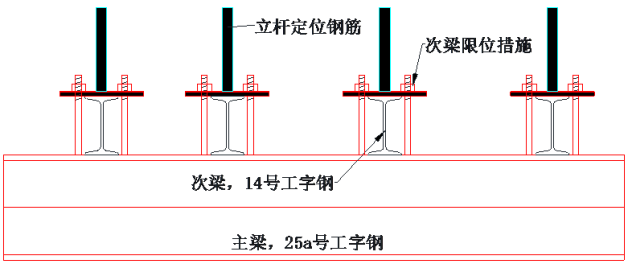


图9 次梁定位措施

4.2 预埋件U型箍、钢构件工厂化加工

预埋件U型箍、钢构件在钢结构厂统一制作加工，减少了大量现场焊接作业，构件加工质量也得以保证。由于预埋件U型箍和钢构件数量较大，工厂化加工保证了现场进度需求，也大大降低整体成本。

4.3 预埋件定位准确，做好复核工作

预埋件位置一旦出现偏差，后期调整将直接影响钢平台安装施工，在放置预埋件、U型箍时须严格按照方案图纸定位放线，经测量复核验收合格后，保证预埋件位置标高准确性，且固定牢靠，方可浇筑屋面层结构混凝土。钢平台安装前再次提前复查各预埋件位置是否准确，若存在局部偏差需提前做好针对性纠偏措施。

4.4 钢平台安装单元预拼装及安拆步骤优化

采用地面拼装成单框钢平台框架单元，逐单元依次吊装的方法进行钢平台的安装，有利于提高钢平台的拼装精度和效率，节省塔吊、汽车吊吊次，减少高空拼装、焊接作业，缩短钢平台安装的工期。

钢平台安装过程中，钢平台框架单元吊装到位后，先固定主梁前后端U型箍，即可松开吊钩，剩余各节点可由工人后续在脚手架上操作固定，不影响后续钢平台架体吊装作业。同样，钢平台拆除过程中，先由工人提前拆除各节点固定，只保留主梁前后端U型箍，在起吊钢框架安装单元前，解除U型箍限制即可。此安装步骤优化可

形成流水作业面,大大加快钢平台安拆工效,减少起吊设备起吊等待时间。

4.5 大挑檐结构支模体系兼顾结构和装修施工

大挑檐结构支模体系方案设计时优化水平杆步距,以便于结构施工完成后,架体顶部可以在调整后转换成操作平台,用于大挑檐装修施工,避免架体的重复搭设,造成人工材料的浪费,缩短大挑檐施工整体工期。

结语

通过此项目钢平台施工的实践,此下撑装配式钢平台与传统平台搭设相比:(1)钢平台节点尽量选用螺栓或U型箍钢板螺栓固定形式,减少了现场80%以上焊接作业,每个吊装设备台班可完成24根钢平台框架单元安拆作业,安装工效对比传统钢平台搭设提升100%;(2)本项目为超大规模校园群体工程,钢平台可周转4~5次使用,采用本钢平台经济效益也较为明显。

中山大学深圳建设工程项目的高空大挑檐结构,采用了下撑装配式钢平台,通过前期钢平台整体设计、优化节点设计,施工过程中将预埋件、钢构件工厂化统一

加工,严格把控预埋件隐蔽验收流程,采用预拼装钢平台框架单元等措施,实现钢平台高效安拆作业施工,大幅缩短钢平台的安装工期,在节能增效方面较为显著。

参考文献

- [1]毛杰,李全,智孙国平等.高空大跨度悬挑结构承重架设计与施工[J],建筑施工,2008,37(6):52-54.
- [2]原青.超高悬挑钢筋混凝土结构施工技术[J],建筑施工,2010(8):179~181.
- [3]吴剑生.大跨度挑檐扣件式钢管悬挑支撑架设计与施工[J],建筑施工,2006(2):10-11,24.
- [4]李晓青.高空双层斜面大跨混凝土挑檐结构施工技术[J],建筑施工,2022,44(2):285-287.
- [5]武雷,曹洪鑫.观光水塔高空悬挑结构模板支架施工[J],钢结构,2005,34(3):55-56.
- [6]张玉品,张士兴.组合型钢平台模板支撑技术在挑空结构施工中的应用[J],建筑技术,2019,50(8):907-54.
- [7]孙新民,刘建岗.高大悬挑结构高支模架体支承钢平台施工技术[J],施工技术,2015,46(8):690-692.