

大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术研究

李 辉¹, 周炜岷²

(1. 中国水利水电第五工程局有限公司, 四川 成都 610066; 2. 北京科技大学 天津学院, 天津 宝坻 301811)

摘要:针对现浇混凝土坡屋面结构易产生裂缝而发生渗漏、卧瓦易脱落、施工功效低、作业危险性高这一施工难题, 结合工程实例, 通过优化设计、材料比选各种坡屋面结构方案, 介绍了一种大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术, 确定了设计参数, 通过坡屋面定位放线、角钢设计加工、顺水条调平及方管安装等技术手段的运用, 解决了现浇钢筋混凝土坡屋面结构存在的施工难题, 保证了坡屋面结构的整体稳定性及防渗漏性能, 降低了施工难度, 缩短了施工工期, 所取得的经验可为类似工程借鉴。

关键词:大角度双重檐坡屋面; 钢挂瓦; 优化设计; 设计参数; 施工技术; 民权县高级中学

中图分类号: [TU-026]; TU244. 1; TU745; TU761 **文献标志码:** B

文章编号: 1001-2184(2024)04-0022-05

Study on Construction Technology of Steel Hanging Tiles on Roof with Large Angle and Double Eaves Slope

LI Hui¹, ZHOU Weimin²

(1. Sinohydro Bureau 5 Co., LTD., Chengdu Sichuan 610066;

2. Tianjin College, University of Science and Technology Beijing, Baodi Tianjin 301811)

Abstract: In view of the construction problems that the cast-in-place concrete slope roof structure, such as cracks and leaks, tiles falling off, low construction efficiency and high operation risks, combined with engineering examples, various slope roof structure solutions are selected by optimizing the design and material comparison, a large angle double heavy eaves slope roof steel hanging tile construction technology is introduced in this paper, which determines the design parameters, solves the construction problems of cast-in-place reinforced concrete slope roof structure by using technical means such as slope roof positioning and alignment, angle steel design and processing, leveling and square tube installation, ensures the overall stability and leakage resistance of slope roof structure, reduces the construction difficulty and construction period, and provides reference for the promotion and application of similar projects.

Keywords: Roof with large angle and double eaves slope; Steel hanging tile; Optimized design; Design parameters; Construction technology; Minquan County Senior High School

1 概述

为了追求建筑物外观造型艺术美、生态美、历史美, 人类每时每刻都在使用所有技术创造出各种类型、风格的建筑。坡屋面作为中国传统古代建筑广泛使用的屋顶结构形式之一, 优先继承了这些特点。比较其他平面屋顶, 坡屋面的结构形式有效地提升了建筑物的整体艺术性, 满足了当前大众对绿色建筑和高质量居住环境的追求, 具有外观大气、造型美观、排水性能好、良好隔热性能、节能环保的优点。然而, 因现浇钢筋混凝土结构施工难度较大^[1], 常有混凝土裂缝产生而发生

渗漏、卧瓦易脱落、施工功效低、作业危险性高的缺点^[2-3]出现。笔者通过优化设计、材料比选各种坡屋面结构方案, 探索研究并创新了大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术, 解决了现浇钢筋混凝土坡屋面结构施工存在的难题, 能够保证坡屋面结构的整体稳定与防渗漏性能, 降低了施工难度, 缩短了施工工期, 提高了施工质量, 节约了成本, 所取得的经验可为类似工程案例的技术推广和运用提供借鉴。

民权县高级中学新校区工程位于民权县北环路以南、向阳路以东, 占地面积约 278 401.39 m², 总投资 10.3 亿元, 总建筑面积为 255 092.25 m²,

收稿日期: 2024-03-14

其中地上建筑面积为 237 546.58 m²,地下面积为 17 545.67 m²,可容纳 200 个班,共计 10 000 人。其中一期工程建筑面积为 160 163.48 m²,主要单体工程包括高一组团、高三组团、10 号实验楼、8 号报告厅、28 号图书信息楼、16 号食堂、人防地下室,总投资 6.5 亿元。所有楼栋屋面均采用大角度双重檐坡屋面结构,其上、下重檐坡屋面的设计坡度均为 45°~60°,上、下重檐整体坡屋面的净高为 0.8~4.0 m,下部承重框架结构构件由现浇柱、横梁、斜梁、上翻梯形梁、局部造型悬挑板组成,上重檐与下重檐通过上翻梯形梁连接;上部屋盖采用角钢龙骨焊接安装钢挂瓦,对其细部节点——瓦屋面端部封口采用聚合物防水砂浆封堵。高一组团大角度双重檐坡屋面钢挂瓦实体效果见图 1。



图 1 高一组团大角度双重檐坡屋面钢挂瓦实体效果图

2 优化设计情况

为保证坡屋面建筑外观呈现艺术美、生态美、历史美的设计效果,该工程从方案初选即探索研究了多种坡屋面结构方案。首先是对坡屋面结构形式承重体系的确定,如整体现浇、局部现浇等;其次对屋面结构的功能进行了材料选定,比如混凝土、不锈钢、铝合金等。由于工期紧与成本控制等原因,最终通过优化设计、比选、现场试验论证确定采用“钢挂烧结瓦+焊接并安装镀锌角钢挂瓦条+可调平焊接固定顺水条镀锌角钢龙骨”支撑系统的大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术。大角度双重檐钢挂瓦优化设计节点情况见图 2。

2.1 整体稳定性

考虑到该工程楼栋主体结构的整体连续性,必须满足抗震与结构承重传力要求^[4]。坡屋面结构形式的承重体系沿用主体结构框架结构,因此,对于结构构件的柱、梁、板均采用 C30 商品混凝土,利用混凝土结构自有整体性、耐久性好的优点

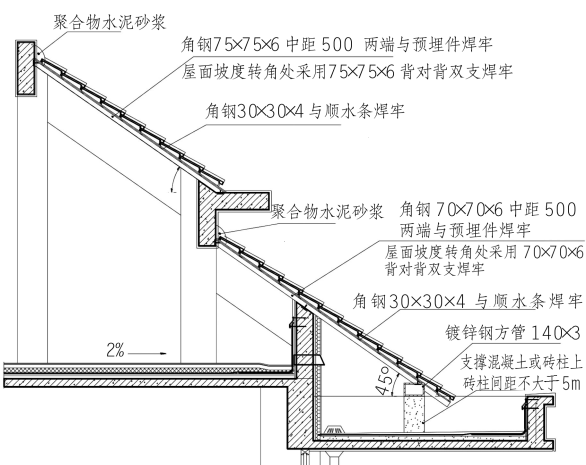


图 2 大角度双重檐钢挂瓦优化设计节点详图

支撑坡屋面下部的整体稳定性,同时,坡屋盖通过预埋件钢板与顺水条镀锌角钢龙骨、顺水条与挂瓦条镀锌角钢焊接固定连接,其上部的烧结瓦片采用双股铜丝绑扎拉结和局部双股铜丝绑扎拉结、结合聚合物防水砂浆粘接固定两种施工工艺,替代了传统普通砂浆卧瓦工艺,进而使坡屋面结构承重体系、支撑龙骨体系、烧结瓦片形成整体,提高了其整体稳定性与质量。

2.2 防渗漏性能

该屋面结构具有遮风挡雨、防止渗漏、抵御外部恶劣环境侵扰、承受自身、风雨雪及屋面检修人员与设备荷载^[5],美化建筑外观形象的作用,而屋面防水功能则处于重要的位置。该工程在屋面防水设计时考虑了建筑物类别、重要程度、使用功能要求,设计出合理的防水等级,对平屋面部位设置了一道防水设防,同时优化设计了大角度双重檐坡屋面钢挂瓦以满足相应屋面工程规范中的强制要求,防水等级为二级,其通过烧结瓦片瓦爪与瓦槽紧密结合、环环相扣,当雨雪水突袭时,顺着烧结瓦波浪形曲面凹面顺利排水起到排水疏导、防渗漏的作用;同时,钢挂瓦系统整体充当了第二层防水层,可以有效阻挡雨雪对下方平屋面防水层造成直接侵害,使其耐久性、防水性、安全性得到保持与巩固,进而降低了结构渗水发生的概率,提高了其防渗漏性能。

2.3 防止瓦片脱落

在坡屋面结构施工过程中,为了保证坡屋面大角度独特造型的实现,其角度会超过 45°,甚至达到 60°以上,而屋面卧瓦若未采取牢固的固定

措施则其很难保证脱落的发生^[6]，自然会影响到坡屋面结构的安全性、耐久性。因此，该工程在设计时优化了全新大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术，从结构设计、材料选定上要求其必须具备足够的刚度、牢固连接点、抵抗塑性破坏的潜力，所选定的挂瓦条、顺水条均采用镀锌角钢，其抗拉强度、屈服强度、断后伸长率必须满足上述性能要求，其与结构主体混凝土梁、柱通过预埋件焊接固定，然后在挂瓦条上使用双股 18 号铜丝固定烧结瓦片，并在瓦片最下面、上面用聚合物水泥砂浆进行粘接封堵，进而保证了瓦片不易脱落滑动，整体连动捆绑在一起，不会因瓦片单个下滑导致其下面衔接瓦片的脱落，使坡屋面钢挂瓦系统的稳定性更强，质量更高。

3 设计参数

坡屋面结构分为上、下坡屋面，上坡屋面的坡度为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，上坡屋面的水平投影宽度为 2.1 m；顺水条镀锌角钢的规格为 $75\text{ mm}\times 75\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ ，长 2.6 m，间距 500 mm。顺水条上下端与预埋件采用双边焊接，预埋件钢板的规格为 $80\text{ mm}\times 80\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ ，间距 500 mm，锚筋采用三级钢，直径为 8 mm，长 120 mm，直锚长度为 12 倍直径；下坡屋面坡度为 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，水平投影宽度为 2.6 m；顺水条镀锌角钢的规格为 $70\text{ mm}\times 70\text{ mm}\times 6\text{ mm}$ ，长 3 m，间距 500 mm。顺水条上端与预埋件双边采用焊接固定，下部与镀锌方管采用焊接连接，方管规格为 $140\text{ mm}\times 3\text{ mm}$ ，支撑在悬挑屋檐混凝土梁与砖柱上，间距 5 m；上、下坡屋面挂瓦条镀锌角钢的规格均为 $30\text{ mm}\times 30\text{ mm}\times 4\text{ mm}$ ，间距 340 mm，挂瓦条与顺水条采用单边焊接，顺水条与挂瓦条角钢的抗拉强度 $\geq 370\text{ MPa}$ ，屈服强度 $\geq 265\text{ MPa}$ ，断后伸长率 $\geq 26\%$ ，锌层厚度 $\geq 85\text{ }\mu\text{m}$ ，表面均匀平整，外观质量良好。烧结瓦规格为 $300\text{ mm}\times 400\text{ mm}$ ，纵向搭接长度为 6 cm，横向搭接长度为 4 cm，脊瓦规格为 $180\text{ mm}\times 260\text{ mm}$ ，搭接长度为 5 cm，瓦片抗弯曲性能 $\geq 1\,200\text{ N}$ ， $10\%\leq$ 吸水率 $\leq 18\%$ ，抗冻性能为 15 次冻融循环后不出现剥落、掉皮、开裂。

4 施工技术要点

大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术主要包括定位放线、角钢龙骨的设计与加工、顺水条调平及方管安装、挂瓦条安装、钢挂瓦施工、细部节点

处理等。具体的施工工艺流程见图 3。

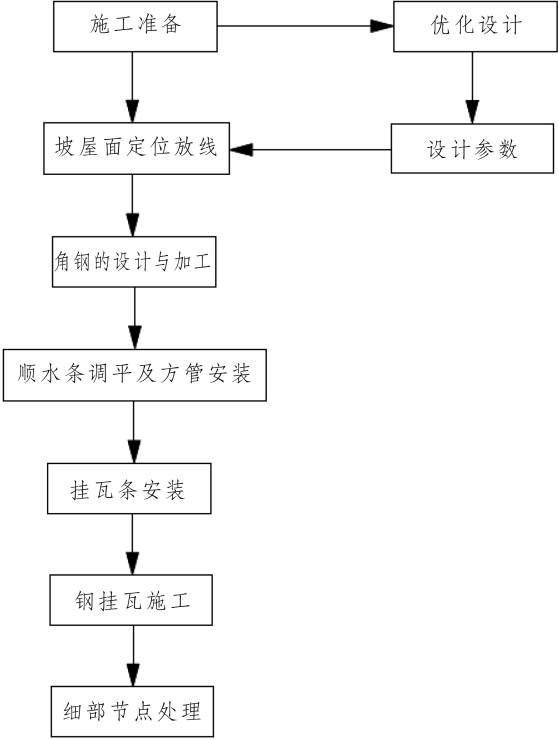


图 3 施工工艺流程图

4.1 坡屋面的定位放线

定位放线是设计图纸转化为实物的第一步。在定位放线之前，首先按优化设计方案查阅了建筑节点详图、相关屋面工程施工及验收规范以领略设计意图，掌握定位放线施工中存在的重难点问题；其次，复核了坡屋面下部现浇结构的横梁、斜梁、上翻梯形梁预埋件是否移位、倾斜，假若其不满足优化设计方案，则需采用膨胀螺栓加镀锌钢板进行处理，以保证其间距为 500 mm；再次，根据预埋件位置、角钢龙骨布置图及排瓦图弹出正斜脊线、檐口水平线、山墙侧边线、方管布置线^[7]，再横向贯通拉线进行轴向定位，纵向间隔一定距离拉线进行纵向定位，且其纵横向轴线的交叉必须垂直，以确保钢挂瓦角钢龙骨坡度与坡屋面一致；最后，在坡屋面转角处平面弹出斜脊投影线，再通过拉竖直线定位斜脊轴线，以便于斜脊线两侧的角钢背对背双支焊接安装。

4.2 角钢的设计与加工

为保证大角度坡屋面双重檐坡度的实现，项目部根据该工程优化设计出大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术，研究并确定了角钢龙骨加工施

工工艺,明确了现场制作采用的设计参数及精度要求。在角钢加工制作前需要进行角度及尺寸放样、量测、定点、划线,并在核实参数无误后切割、加工斜角,当发现所加工制作的角钢龙骨棱角有高出 0.5 mm 的毛刺时,必须将其清理干净,以防止在角钢安装时其平整度偏差过大;最后,重复上述工序进行矫正,必须保证其加工后的精度尺寸偏差为+3 mm,角度偏差为 20'。

4.3 顺水条的调平及方管的安装

顺水条采用镀锌角钢,其安装间距为 500 mm,垂直于一侧坡屋面屋脊线均匀排列。依据放线定出坡屋面控制线及预埋件,安装时采用移动脚手架高空散装沿顺水流方向铺设,铺设后进行复核、测量、调平,对顺水条的安装间距、平整度进行校核,直至其满足规范偏差±5 mm 的范围,保证坡屋面顺水条平整和上端屋脊线笔直,不出现波浪起伏和弯扭现象;然后使顺水条上下端与拉通线在竖直面内对齐平行并进行点焊固定,将下坡屋面顺水条上端与预埋件点焊固定,其下端与方管通过 8 cm 长的截断角钢双支朝上焊接连接,使角钢悬挑出方管中轴线 35 cm,并需保证角钢下端与檐口水平线吻合、顺直;点焊结束后进行大面补焊,焊缝必须牢固。

4.4 挂瓦条的安装

烧结瓦片的规格为 300 mm×400 mm。为保证瓦片紧密结合并防止其渗漏,在瓦片顺水流方向的搭接宽度为 6 cm,垂直于屋脊线方向的搭接宽度为 4 cm,故挂瓦条顺水流方向的间距为瓦片减去搭接宽度,为 340 mm。首先在顺水条镀锌角钢上弹出定位线并用记号笔标注,从上、下坡屋面檐口下部依次向上铺设挂瓦条,并需保证顺水条上下排之间的接头相互错开;其次,采用跳点焊进行临时固定,确保挂瓦条间距为 340 mm,并随时进行动态控制,若最后一道挂瓦条间隔大于 340 mm,则需增加一道挂瓦条;然后复核顺水条檐口第一道与屋脊最后一道挂瓦条的平整度,用于保证坡屋面整体处于水平及稳定;最后进行大面补焊,其焊缝应饱满,无夹渣^[8-9],清理干净后涂刷防锈漆。挂瓦条布置情况见图 4。

4.5 钢挂瓦施工

待角钢龙骨体系检查合格后方可进行挂瓦的施工作业。为增强瓦片的固定与连接的牢固性,



图 4 挂瓦条布置图

每块烧结瓦片均要求用 18 号双股铜丝绑扎拉结固定并需具有足够的搭接尺寸。对于屋脊处及结构梁檐口处的烧结瓦片,必须同时使用聚合物防水砂浆粘接固定。施工前拉通线,按照从下至上、从大面至细部、从檐口至屋脊的顺序铺瓦,随时检查烧结瓦片纵向与横向的平整度并时刻进行动态调整,以保证每一块瓦片在纵向与横向处于一条水平线上;同时,瓦片通过瓦爪与瓦槽紧密结合,片片相扣以形成共同的整体屋盖体系。采用 18 号铜丝绑扎时,先穿过瓦孔,对齐拉紧双股铜丝,并将其绑扎在挂瓦条上,屋脊处的瓦片同时涂抹粘接聚合物水泥砂浆以加强其牢固性。当钢挂瓦施工至坡屋面最上端屋脊处,瓦片裁剪的尺寸必需合适并预留 20 mm 的缝隙以便于屋盖体系变形的调节,待斜脊轴线两侧大面瓦片施工后铺设防水层、聚合物水泥砂浆压实并安放脊瓦,其搭接宽度为 5 cm,以保证铺瓦牢固、顺直、排水流畅,瓦片整洁、无杂物。双股铜丝绑扎情况见图 5。



图 5 双股铜丝绑扎图

4.6 细部节点的处理

在坡屋面钢挂瓦施工过程中会出现很多细部节点,若对其处理不到位将会影响到整个坡屋面

结构的稳定性与防水功能的发挥。角钢龙骨采用焊接连接,焊接前必需将焊接区域表面的油、污垢等杂物清理干净;焊接时必须进行必要的预热,将焊缝熔渣彻底敲掉,并需保证焊缝的饱满和质量,避免出现夹渣、气孔、开裂等缺陷;焊缝清理至无油脂污垢后涂刷镀锌防锈面漆,其厚度需满足相关设计规范,可以有效降低焊缝的氧化性,增强角钢龙骨屋盖体系结构的耐久性,避免质量隐患的发生。对于上坡屋面屋脊与横梁、上坡屋面檐口与上翻梯形梁、下坡屋面屋脊与上翻梯形梁交汇等部位,在其安装时需预留 20 mm 的缝隙使用抹刀填补聚合物水泥砂浆并抹平,做成顺坡瓦片斜坡以起到防雨水与阻止侧风灌入坡屋面内侧的作用。对于坡屋面山墙、横向屋脊线等阴角部位,在其不能使用沟瓦时同样施做聚合物水泥砂浆顺坡瓦片排水沟。对于屋面排气管等突出屋面的部位,拼装瓦片时需画分格圆弧线切割以保证瓦片无裂纹^[10],留足管道与瓦片间的缝隙,上翻防水层包裹管道,将多余的防水层下部铺设于管道四周的瓦片上,使用聚合物水泥砂浆封堵做支墩呈倒喇叭口形状。待坡屋面整个屋盖钢挂瓦全部施工完毕进行瓦缝与平整度的专项检查,若瓦缝过大则对齐封堵聚合物水泥砂浆以减少风荷载产生的不均匀受力破坏瓦片。

5 结 语

笔者以大角度双重檐坡屋面为研究对象,结合具体的工程实例,探索研究了大角度双重檐坡屋面钢挂瓦技术,对坡屋面结构、材料及布置进行了优化设计,主要结论如下:

(1)通过多种坡屋面工程方案比对与优化设计并经现场试验论证后确定该工程采用“烧结瓦+焊接安装镀锌角钢挂瓦条+可调平焊接安装顺水条镀锌角钢龙骨”支撑系统大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术,明确了施工技术参数并将其用于指导现场钢挂瓦施工作业,所取得的经验可

为类似工程技术推广和运用参考。

(2)相比现浇钢筋混凝土坡屋面结构,笔者在文中详细介绍了大角度双重檐坡屋面钢挂瓦施工技术具有的优势,且具有详细、操作可行的设计参数与技术手段,解决了坡屋面混凝土裂缝导致的渗漏、卧瓦易脱落、施工功效低的缺陷。

(3)该工程的实践证明大角度双重檐坡屋面钢挂瓦技术原理的可行性,达到了该项目坡屋面的设计理念及外观艺术效果的实现,其可上下立体交叉大面积作业施工,且不受混凝土强度与龄期的影响,保证了坡屋面结构快速高效施工,既能缩短工期,又节约了成本,具有显著的经济和社会效益。

参考文献:

[1] 肖维,罗兴,黄镜维,等.超 50°坡屋面主体结构施工技术研究[J].工程技术研究,2021,44(14):84-85.

[2] 李强,苏乔峰,何强龙,等.坡屋面挂瓦技术分析[J].江西建材,2023,43(7):279-281.

[3] 苗振彬,戴文忠,陈冲,等.坡屋面挂瓦施工技术的探讨[J].中华建设,2019,20(10):148-149.

[4] 屋面工程技术规范:GB 50345-2012[S].

[5] 张洋.坡屋面架空干挂瓦施工关键技术研究[J].建筑技术开发,2020,47(10):35-36.

[6] 高海涛,邴志强,戴连双,等.坡屋面挂瓦条可调式安装工具的研制及应用[J].建筑施工,2022,44(7):1538-1540.

[7] 张子良,高峰,李波.坡屋面挂瓦施工质量研究[J].天津建设科技,2015,25(5):45-46.

[8] 冯开玉,柏凯,覃玻玮,等.仿古挂瓦坡屋面预埋式顺水条施工技术[J].建筑技术,2023,54(5):565-568.

[9] 唐慧芹,周生林,莫雄清,等.箱形钢结构挂瓦坡屋面施工技术[J].建筑施工,2020,42(10):1862-1863.

[10] 屋面工程质量验收规范:GB 50207-2012[S].

作者简介:

李 辉(1988-),男,河南商丘人,项目工程管理部副主任,工程师,硕士,从事建筑工程施工技术与管理工作;

周炜岷(2003-),男,四川新都人,大学本科在读,专业:土木工程.

(编辑:李燕辉)