

# 探究坡屋面太阳能集热板支架预埋施工技术

刘玉久 马平 马文博 马军辉 杨博

中建四局 陕西西安 710000

**摘要:**太阳能集热板目前作为市场新能源主导产品,在社会中被广泛应用,太阳能集热板是太阳能低温热利用的基本设备装置。目前,太阳能集热板已被广泛应用于建筑采暖工程领域,具体的说是平板太阳能热水器,该装置由太阳能集热板和底座支架组成,常规底座支架采用混凝土现浇支墩进行设置,于坡屋面上进行混凝土支墩施工,需进行模板安装、钢筋绑扎、混凝土浇筑、混凝土养护等多重工序,坡屋面施工难度大,施工工艺繁琐且成本较高,对此,本文中提出一种预埋式角钢支架施工技术,于坡屋面钢筋绑扎时预埋到位,一次成型,施工成本低,且成型效果美观,适用范围广。

**关键词:**太阳能集热板;广泛应用;坡屋面;预埋式支架。

Explore the embedded construction technology of solar heating panel support on slope roof

Yujia Liu, Ping Ma, Wenbo Ma, Junhui Ma, Bo Yang,

China Construction Fourth Bureau Xi'an, Shaanxi 710000

**Abstract:** Solar collector panel, as the leading market new energy product, is widely used in the society. Solar collector panel is the basic equipment of solar low-temperature thermal utilization. Currently, solar collector panels have been widely used in the field of building heating engineering. Specifically, flat-panel solar water heaters, the device consists of a solar heat collector and a base bracket. Conventional base support is set up with concrete cast-in-place support pier. Construction of concrete support pier on the slope roof, template installation, steel bar binding, concrete pouring, concrete maintenance and other multiple processes. Slope roof construction is very difficult. The construction process is cumbersome and costly. In this paper, a construction technique of embedded angle steel support is proposed. Embedded in place when binding the steel bars on the slope roof. One time molding. Low construction cost. And the molding effect is beautiful. Wide range of application.

**Key words:** solar collector panel; widely used; slope roof; embedded support.

## 引言

现如今社会二氧化碳排放量总体仍呈上升趋势,为实现“十四五碳达峰、碳中和目标,大力推广使用太阳能可再生能源是当今社会的一大趋势。平板太阳能集热板结构简单,运行可靠,成本低廉,承压能力强,吸热面积大等特点,是太阳能与建筑一体结合最佳选择。太阳能集热板是太阳能热水系统中必须暴露在室外的部件,其支架无疑是其稳健工作的最重要组成部分。西安市儿童福利院工程施工中儿童养育中心南区及北区屋面为坡屋面,坡屋面施工角度为 $\angle A=20^\circ$ ,项目太阳能集热板支墩原图设计为 $200*200*400\text{mm}$ 混凝土支墩,总数量约900个,考虑混凝土支墩施工工艺较为繁琐,且坡屋面上施工难度大,施工周期长,决定将原混凝土支墩改为 $200*400\text{mm}$ 预制角钢构件( $\angle 40*40*4\text{mm}$ )。此做法减少了坡屋面支墩繁琐的混凝土支模及浇筑工序,同时节约了支模材料,采用预制角钢构件,可提前工厂化定制,与结构钢筋一同施工,一次预埋到位,施工效率高,节约工期,有利于提高集热板的美观度及平整度。

## 1. 坡屋面太阳能集热板应用研究

近年来针对散煤燃烧取暖带来的环境问题,各地陆续出台系列清洁能源政策文件。习近平主持召开中央财经领导小组会议明确提出推进冬季清洁取暖,是能源生产和消费革命的重要内容,引发行业内广泛热议与大力行动。太阳能是再生清洁能源,我国太阳能光热利用历史悠久,将太阳能利用技术与建筑物结合是太阳能利用的重要方向。我国北方供暖区太阳能资源分布广泛,探索太阳能供暖成为能源领域研究的热点,如何研制高效太阳能空气集热器是影响建筑采暖推广的重要因素。

### 1.1 太阳能空气集热器结构原理

能源是人类生存发展的基本条件,我国建筑能耗占总消费量比例上升到30%。中央提出树立科学发展观,确立以提高能源利用率为核心的发展战略,大力发展太阳能科技装备技术。太阳能光热利用集热器将太阳辐射能转换为热能利用,太阳能资源丰富,各种类型太阳能产品相继研发推广应用。目前太阳能应用范围广泛,现有太阳能利用技术效率较低,如何降低对传统化石能源的依赖是重要的研究课题,对生态环境保护促进可持续发展具有深远战略意义。

太阳能集热器是太阳能利用系统的核心部件,目前集热器主要有太阳能热水器与空气集热器,空气集热器可广泛应用于太阳能采

暖通风等领域,太阳光透过玻璃盖后照在吸热板上,辐射转换为热能传递给工质,通过工质的流动将热量输送到需要用热的地方。常用的结构形式为平板式空气集热器,具有结构简单,不需防冻等优点。太阳能集热器种类较多,基本结构包括集热板,保护外壳与保温层。为形成温室效应,在玻璃盖板与吸热芯体间形成闷晒空气层,厚度使其中空气处于导热状态,不会产生对流带走热量。

太阳能空气集热构件工作原理是玻璃盖板接受太阳辐照,通过玻璃盖板射到吸热芯体温度升高,通过对流换热带走吸热芯体的热量。玻璃盖板的选材应满足低反射吸收与高透射的性能,背板及外壳具有良好的隔热保温性能等。构件分为正负压运行,风机位于构件入口段使处于正压运行鼓风模式,出口段构件为负压运行抽风模式。集热板是太阳能的重要部件,工质空气从吸热板面经过,使空气温度升高满足取暖需要。集热板几何形状包括波纹式、管板式等。材料采用铜铝不锈钢等导热性能较好的金属材料,集热板涂层最开始为非选择性涂层,随着吸收率的提高发射率增加。随着科技的进步,当前选择涂层可以吸收更多太阳辐射的短波,常用的涂层方法包括黑镍钴涂层等。外壳集装箱装入集热板与保温层,对壳体要求具有刚强度,外壳材料有不锈钢板,玻璃钢与塑料等。保温层作用是阻挡内部热量向外散失,通常采用玻璃棉,聚氨酯等导热系数小不吸水的材料,厚度通常要求30-50mm。

### 1.2 坡屋面太阳能集热板的应用

太阳能利用技术需要大量采光面积,建筑物具有电力和热能需求,将太阳能利用技术与建筑物结合是太阳能利用的重要途径。目前许多发达国家建筑物广泛应用太阳能空气加热系统,太阳能在我国建筑业应用广泛,在建筑行业具有广阔应用前景。太阳能空气集热器以空气为传热介质,由于空气导热系数小导致吸热板温度增高,空气密度小于水传热能力较小,太阳能空气集热器热性能较差,但在干燥空调等方面由于不需二次转换,冬季不存在冻结等问题。

19世纪80年代美国人设计制造首块太阳能空气集热器, Telkes首次对太阳能空气集热器集热性能进行分析研究,各国科学家设计各类太阳能空气集热器。近几年国内外许多学者对太阳能空气集热器进行研究,设计成功的太阳能空气集热器大多趋向于提高换热系数,在流道间距等参数上优化。提高太阳能空气集热器性能可以通过强化空气与集热板间换热,换热受到热量传递与流动因素的影响,热量传递主要由导热对流与热辐射,对流换热在太阳能空气集热器中占比最大。对流换热可分为强制与自然对流,太阳能空气集

热器以强制对流为主。流体运动状态分为湍流与层流换热,工业应用中主要通过改变流道的几何形状改变流体的运动状态。太阳能集热器集热板形状包括波纹与矩形等。对流换热以牛顿冷却公式  $Q=hA\Delta T$  为基本公式,  $A$  为换热面积  $m^2$ ,  $Q$  为换热量  $W$ ,  $\Delta T$  为换热面上平均传热温差  $K$ ,  $h$  为对流换热系数  $W/m^2 \cdot K$ 。强化对流换热主要途径包括增加换热面积,增大平均换热温差与提高对流换热系数。国内外学者对太阳能集热器进行深入的研究,集热板是太阳能空气集热器系统的核心部件,结构复杂性与集热器效率存在矛盾,结构简单的平板太阳能集热器热效率较低。

## 2.工程概况

西安市儿童福利院改扩建项目是西安市民政局投资建设的西安市重点建设项目,项目占地  $45000m^2$ ;总建面  $74497.1m^2$ ,总投资  $4.17$  亿元;西安市儿童福利院现有床位  $520$  张,共有儿童  $630$  名,项目建成后将扩至  $1300$  张床位,将会进一步改善院内的医疗康复环境,为脑瘫儿童的康复训练、寄养家长和社区脑瘫儿童工作者的技能培训提供坚实保障。西安市儿童福利院接收的对象为西安市行政区域内“无法定监护人、无劳动能力和无生活来源”的孤残儿童,本次的建设,将会形成了一个“三季有花、四季常青”的花园式福利院,进一步推动了儿童福利事业的社会化进程,为儿童福利事业做出更大的贡献。

本项目原设计采用混凝土支墩设置太阳能集热板,混凝土用量  $10.83m^3$ ,因小支墩为非标尺寸,裁下的方木、模板只能供本项目该位置使用,用完即变为废品,材料利用率低,周转次数少。

经本团队深化后实行预制角钢构件一次预埋到位,通过工厂预制减少太阳能集热板施工周期,提高施工效率,同时可以有效提高集热板的美观度及平整度。整体符合国家“碳达峰”“碳中和”对项目建设的最新要求。

## 3.工程重难点

本工程实施前需根据设计图纸及集热板设备尺寸,在图纸上对预埋支架进行点位布控及深化设计,确定支架点位布置,同时要考虑美观效果。根据屋面结构及西安市积雪情况计算出支架高度及尺寸大小。按照深化图纸由专业施工人员对支架进行工厂化集中加工预制。坡屋面支架预埋施工时及混凝土浇筑施工时严格确保支架位置,如发生走位、偏移需及时调整回原位。

## 4.施工工艺流程

支架预制→支架放线定位→支架焊接→支架调整→支架防锈防腐处理→水平支架焊接→集热板安装

4.1 支架预制:加工场集中预制集热板预埋角钢支架,根据太阳能集热板图纸及建筑做法,集热板设计倾斜角度为  $20^\circ$ ,与坡屋面设计坡度一致,确保集热板安装完成后与坡屋面平行。集热板安装完成后支架外露高度应为  $200mm$ ,综合考虑坡屋面建筑做法,支架深化高度为  $400mm$ ,斜  $T$  长度为  $200mm$ 。

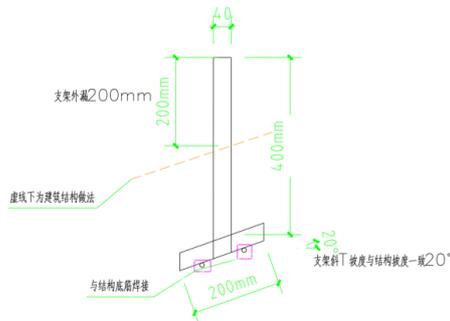


图1 支架详图

4.2 支架放线定位:按照图纸和深化设计采用钢卷尺、激光扫平仪、墨斗等测量工具将角钢支架位置在坡屋面弹线定位,确保整齐排列。

4.3 支架焊接:在支架设置板底附加两根  $500mm$  长  $\Phi 12$  螺纹钢,将支架底座与板底附加筋进行单面焊连接,确保焊接牢靠。

4.4 支架调整:混凝土浇筑完成后,在混凝土初凝时,对支架垂直度及平行度进行校验,如有移位及时调整,确保支架安装位置与深化图纸一致。

4.5 支架防锈防腐处理:结构混凝土养护完成后,对外漏支架

进行防锈防腐处理。

4.6 水平支架焊接:屋面防水采用  $2mm$  后聚氨酯涂膜进行涂刷(不得少于三遍),支架预埋位置需进行防水细部处理,将缝隙采用聚氨酯进行封堵,确保防水施工一次合格,屋面瓦铺贴时在支架位置需对瓦片进行切缝裁剪,铺贴完成后,瓦片缝隙处采用密封膏进行封堵,最后进行集热板水平支架与原预埋支架焊接施工,水平支架焊接需保证与坡屋面角度一致。

4.7 太阳能集热板安装:对每个焊接点位进行防锈处理后,统一进行集热板铺设安装。



图2 太阳能集热板安装效果

## 4.8 操作要点

(1) 集热板设计倾斜角度为  $20^\circ$ ,与斜屋面设计坡度一致,保证集热板安装完成后集热板与斜屋面平行。

(2) 集热板安装完成后支架外漏高度应为  $200mm$ ,综合考虑斜屋面建筑做法,支架高度应为  $400mm$ ,斜  $T$  长度为  $200mm$  与结构板底筋焊接牢固。

(3) 该施工工法经项目深化设计后,细化了支架加工尺寸,焊接的具体要求,以及成型后的系部处理进行了深化,委托专业焊工进行批量工厂化量产加工。

(4) 支架预制进场后,对其尺寸、焊接情况进行查验,检查支架垂直度及斜角度数,支架表面是否完好,无损伤,复测支架长度及规格后方可进行使用。焊接质量需满足规范要求,观感应平滑顺畅,不得有夹渣、气孔、咬边等缺陷。

(5) 在坡屋面板面进行放线定位。确保点位精准预埋,要求支架高低、左右偏差控制在  $\pm 2mm$  误差范围内。因本角钢支架在结构板中一次预埋到位,因此对支架精确度要求极高,对放线定位工作要求严格,通过图纸优化和现场测量,采用红外线十字交叉法定位定点点。

(6) 在坡屋面防水施工时需确保支架位置防水厚度不得小于  $2mm$ ,支架位置需着重处理。

(7) 在屋面瓦铺贴施工中,整体排砖完成后,对于支架位置的屋面瓦进行切缝或裁砖,切缝位置采用密封膏进行封堵处理,确保整体屋面砖施工美观。

## 5.结语

原混凝土支墩儿童养育中心南区北区混凝土支墩南区共计  $900$  个,其中坡屋面支模工期需要约  $5$  天,预埋件安装工期需  $2$  天,混凝土浇筑工期需要  $3$  天,拆模工期  $3$  天,混凝土养护工期  $7$  天,共需工期  $20$  天。经项目深化施工后,支架全部采用前期工厂化预制,支架预埋与斜屋面钢筋施工同步进行,斜屋面混凝土浇筑完成后进行支架调整、刷漆、除锈与混凝土养护同步进行,预制构件全过程均为非关键节点,不影响总工期。对比原混凝土支墩,本次深化可节约总工期  $20$  天。

本次深化相较于传统混凝土支墩,角钢支座施工周期短,施工便捷,可以有效减轻坡屋面承载力。预埋支架安装效率高,一次成型,节约工期。本次深化  $900$  个角钢预制支架材料损耗极小,且支架焊接工厂预制,焊接作业焊烟收集器等配套装置全程使用,节能,响应国家“四节一环保”的政策,符合国家“碳达峰”“碳中和”对项目建设的最新要求。

## 参考文献:

- [1]刘义德;新型经济的采暖系统[J];建筑技术通讯(暖通空调);1983年04期
- [2]宁方军;关注细节 提高采暖系统质量[J];现代家电;2012年07期
- [3]杨立权;预制式太阳能集热板采暖系统应用与研究[D];吉林农业大学;2017年