

# Identification and Reinforcement Design of Photovoltaic Panels for Steel Structure Factory Houses

Xuefeng Wu

Hubei Zhiyuan Testing Technology Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443201, China

## Abstract

At present, with the rapid development of China's society and economy, the construction field has also made great development. In the process of photovoltaic building construction, there are many buildings with structural inconsistency requirements. Therefore, it need to undergo certain reinforcement to improve the overall strength of the original structure, to meet the relevant standards and requirements. The reconstruction appraisal of the existing workshop is an important basis for the feasibility of the workshop reconstruction, and the reinforcement design is made according to the appraisal conclusion and suggestions. This paper discusses the renovation scheme of an existing plant, evaluates the feasibility of the renovation scheme, and proposes the efficient and reasonable reinforcement design scheme according to the appraisal suggestion.

## Keywords

steel structure; factory building; photovoltaic panels; prestress; reinforcement design

## 钢结构厂房屋盖安置光伏板鉴定和加固设计

吴雪峰

湖北至源检测技术有限公司, 中国·湖北 宜昌 443201

## 摘要

当前, 伴随着中国社会以及经济的飞速发展, 建筑领域也取得了较大的发展。而在此背景下, 光伏建筑的建设数量也在呈增长趋势。在光伏建筑施工的过程中, 有许多建筑存在结构不符合要求的问题。因此, 还要经过一定的加固, 以提升原结构的总体强度, 方能够符合相关的标准要求。既有厂房的改造鉴定是厂房改造可行性的重要依据, 依据鉴定结论和建议进行加固设计。论文论述了某既有厂房需在屋面安装光伏板的改造方案, 进行改造方案可行性鉴定; 并根据鉴定建议, 提出高效合理的加固设计方案。

## 关键词

钢结构; 厂房; 光伏板; 预应力; 加固设计

## 1 引言

随着新能源的推广, 越来越多的钢结构厂房屋盖安置光伏板, 需要对厂房进行鉴定和加固, 经现场调查和计算, 由于新增光伏板荷载, 原钢梁和檩条承载力不足, 根据《工业建筑可靠性鉴定标准》规定评定单元可靠性为四级, 必须采取措施才可新增光伏板。传统的粘钢加固和扩大截面, 施工复杂, 还需卸荷, 造价高, 周期长, 采取预应力加固, 有效改善原结构的弯矩, 施工快, 造价低, 周期短。

## 2 工程概况

厂房由4跨排架结构组成。排架结构柱为钢筋混凝土牛腿柱, 牛腿顶标高为8.000m; 屋架为变截面H型钢梁,

屋面板为岩棉夹芯板, 房屋设计于2009年。

原结构安全等级为二级, 抗震设防类别为丙类, 抗震设防烈度为7度(0.1g), 地面粗糙度类别为B类, 场地类别为IV类, 屋面恒荷载 $0.25 \text{ kN/m}^2$ , 原设计活荷载 $0.3 \text{ kN/m}^2$ (用于受荷水平投影面积大于 $60 \text{ m}^2$ 的刚架构件)。现考虑光伏板荷载 $0.2 \text{ kN/m}^2$ , 按照GB55001—2021《工程结构通用规范》活荷载为 $0.5 \text{ kN/m}^2$ 。

## 3 光伏电站在钢结构厂房中的应用

钢结构厂房独特性是房屋盖盖面平坦、宽阔且可利用, 结合光伏电站安装加固需求, 钢结构的具体因素是可以为其提供更加合理、规范的场所, 并通过有效的加固设计技术进行有效的安置, 建筑结构加固应考虑可行及不利因素, 充分发挥安置作用<sup>[1]</sup>, 实现对光伏电站的安装。在这方面, 需要考虑厂房面积情况和场地范围, 掌握一些影响因素, 准确计算屋顶纵横比, 明确计算待安装钢结构的钢梁面积, 通过

【作者简介】吴雪峰(1987-), 男, 中国江苏南京人, 硕士, 工程师, 从事结构检测鉴定和加固研究。

精确计算,光伏电站可以成功安装。

在屋面原设计的基础上,还应考虑恒载的标准范围值,并详细考虑屋面增加光伏板的规格,包括安装支架和连接件的结构重量,在此过程中要保证标准数值一定得达标,所以,在屋顶上安装光伏电站后,需要提高其标准值范围。施工单位在加固屋面、布置光电板时有一定的要求,像施工是被及材料不能集中放一起,应审核校对施工荷载标准,若有抄表情况出现,则应使用加固的防范举措,最终充分确保施工过程及结构的安全性。

## 4 鉴定方案

### 4.1 后续使用年限的确定

根据鉴定标准,安全性鉴定和抗震鉴定应首先明确目标使用年限和后续使用年限。本工程于2009年设计,鉴定的后续使用年限依据GB50023—2009《建筑抗震鉴定标准》确定为50年,按照现行的抗震规范鉴定抗震能力。

### 4.2 改造方案及针对性的鉴定方案

主要是厂房屋盖新增光伏板导致原有的结构承载力不足,针对性的鉴定方案主要包括以下内容:

①现状结构布置与原设计的符合性核查。

②上部结构构件变形与损伤状况调查。

③结构构件施工质量抽样检测。本工程竣工验收合格,施工质量主要进行复核性抽样检测,主要包括构件截面尺寸、混凝土强度、钢筋分布等。

④主体结构构件复核验算。由于规范的更新,恒荷载分项系数由1.2改为1.3,活荷载分项系数由1.4改为1.5,活荷载由原来的 $0.3\text{kN/m}^2$ 提高为 $0.5\text{kN/m}^2$ ,新增了 $0.2\text{kN/m}^2$ 光伏板荷载,这些都会导致原有构件承载力不足。

⑤根据《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144—2019进行安全性鉴定,并以此条件进行加固设计,屋面轻钢结构,风荷载效应强于地震作用,一般不再单独进行抗震鉴定。

## 5 现场调查检测

建筑、结构布置与设计基本相符;上部结构未见不均匀沉降引起的明显裂缝及变形,混凝土柱、钢梁及其连接节点工作状态未见明显异常<sup>[2]</sup>;吊车已经弃用,厂房改造后也不再使用吊车,抽检的结构构件截面尺寸、混凝土强度、钢筋分布,钢构件尺寸和强度等施工质量可基本符合原设计要求。

## 6 结构鉴定分析

### 6.1 构件安全性和使用性分析

所测钢构件、混凝土构件的材料强度和截面尺寸均满足设计要求,该房屋钢筋混凝土牛腿柱构件的承载力均满足《工业建筑可靠性鉴定标准》a级要求;钢屋架H型钢梁 $R/Y < 0.88$ ,H型钢梁的承载力能力评定等级为d级。屋面

C型钢条的承载力 $0.85 \leq R/Y < 0.92$ ,屋面C型钢条的承载力能力评定等级为c级。该房屋构件的构造和连接满足要求。

混凝土构件未发现影响使用的裂缝、变形、缺陷和损伤、腐蚀,钢构件未发现影响使用的变形、偏差、构造缺陷和腐蚀。

### 6.2 结构系统安全性和使用性分析

经现场检查,该房屋的纵横围护墙体无沉降变形裂缝,钢梁、钢筋混凝土柱无明显变形或位移,基础不存在影响上部结构的差异沉降,房屋基础稳定。

该房屋构造要求,结构形式和构件选型、整体性构造和连接等基本符合国家现行标准规范的规定,支撑系统布置情况均满足设计图纸要求,房屋所有钢构件的安全性等级评定为c级和d级,上部承重结构中各平面计算单元的所有钢构件集承载功能的安全性等级均评定为D级。上部承重结构的使用状况和结构水平位移的满足使用要求。

承重维护系统中檩条存在大量C类构件<sup>[3]</sup>,根据《工业建筑可靠性鉴定标准》第7.4.1条规定,评定该房屋承重构件安全性为C级。非承重围护结构构造合理,连接方式正确,符合国家现行标准规范要求。综合评定围护结构的安全性等级为C级。评定围护结构的使用满足使用要求。

### 6.3 鉴定单元分析

昶屹结构件厂房鉴定单元的地基基础可靠性等级为A级,上部承重结构可靠性等级为D级和围护结构系统的可靠性等级为C级,根据《工业建筑可靠性鉴定标准》第8.0.2条规定,评定鉴定单元的可靠性为四级,即极不符合国家现行标准规范的可靠性要求,已严重影响整体安全,必须立即采取措施。

## 7 加固设计

应委托方需求,根据检测鉴定结果,有针对性地提出加固设计方案,具体的加固设计方案如下。

### 7.1 钢梁加固设计

对承载力不满足现行规范要求的钢梁施加预应力的加固方式提高钢梁承载能力,预应力线性选择,钢绞线根数和张拉端局部设计成为预应力加固成功与否的关键。

对钢梁施加预应力,使钢梁成为张弦结构,跨度为18m和24m,采用两端张拉,张拉端考虑施工的方便,预留足够的操作空间,离柱边缘0.5m。设置两个撑杆,位于1/3跨度处,撑杆高度越高,张弦效应越明显,但考虑厂房空间的利用,此次撑杆高度选为1.2m。由此确定钢绞线线性如图1所示。

钢绞线对称张拉,减少对原结构的影响,同时张拉过程会对原钢梁产生压力作用,需要增加水平系杆增加平面外稳定性,一般轻钢屋面荷载较小,将线性代入计算,设置两根对称的公称直径为15.2的钢绞线满足结构的承载力要求。

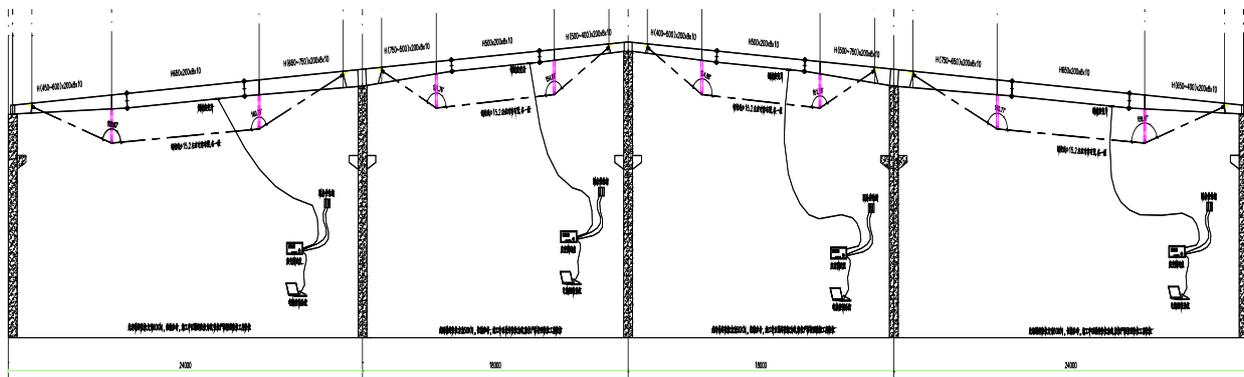


图1 钢梁加固设计

撑杆设计主要考虑撑杆稳定性，一般选用圆钢管，根据撑杆长度和力大小，选择钢管直径和厚度。

张拉端设计，张拉端板厚度选择，端板厚度一般不小于12mm，按照三边支撑的板计算，最终选择16mm的端板和12mm的加劲板。

钢梁张拉过程，要监测钢梁的变形和应力，发现异常立即停止。钢梁张拉时，没有相应的光伏荷载和活荷载，只考虑钢梁和屋面自身重量，根据计算，此时钢梁单根钢绞线张拉力控制为40kN左右，满足后续使用要求，满负荷情况下，钢绞线内力约为80kN。考虑一定富余量，张拉端板厚度按照100kN设计的。

### 7.2 檩条加固设计

对承载能力不满足要求的C型檩条可以采取檩条支座由简支檩条变为连续檩条的措施满足现行规范的相关要求。

利用角钢连接两个简支檩条，并新增隅撑起到一定的支撑作用，为了施工方便，同时减少对原结构的影响，隅撑下部采用角钢和拉杆组装与钢梁形成稳定的三角结构，如图2所示。经过计算，简支檩条变为连续檩条的措施满足现行规范的相关要求。

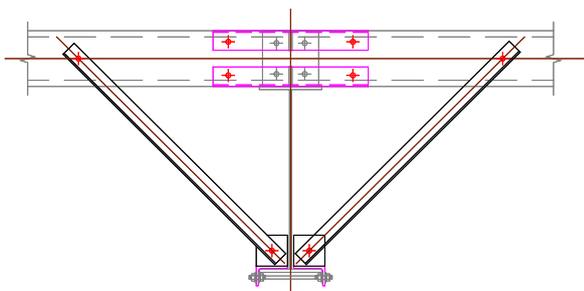


图2 檩条加固设计

## 8 结论

①屋面新增光伏板鉴定前，委托单位明确光伏板的荷

载，结合原设计初步分析改造方案的可行性。

②本次鉴定重点是钢屋面安全性鉴定，原屋面轻钢屋面，新增光伏板荷载较大，钢梁和檩条承载力不足。原吊车已弃用，混凝土牛腿柱受力大大较小，房屋钢筋混凝土牛腿柱构件的承载能力均满足要求。厂房由风工况控制，不再单独进行抗震鉴定。

③采取预应力加固，有效改善原结构的弯矩，施工快，造价低，周期短。通过对张拉端端板设计，钢绞线线型设计，撑杆设计，张拉力设计，使预应力加固的设计成为行之有效加固方法。

④对承载能力不满足要求的C型檩条可以采取檩条支座由简支檩条变为连续檩条的措施，考虑施工便捷，减少对原结构扰动，采用利用角钢连接两个简支檩条，新增隅撑，隅撑下部采用角钢和拉杆组装套件，大大减少梁上作业。

## 9 结语

总体而言，在中国可持续发展战略的影响下，清洁能源已成为中国建设、发展和生活的一种新能源形式。太阳能作为一种可再生能源，可以以光伏电站的形式为厂房提供电力。想要让中国钢结构厂房屋盖安装的光伏发电站设计更科学，施工设计者需要进一步优化不同厂房的结构，在有效落实光伏电站安装设计目标的基础上，提高光伏电站屋顶安装加固的综合能力，达到促进中国电站建设良性发展的目的。

### 参考文献

[1] 柳春,申蕾,王培康,等.分布式光伏发电在船厂钢结构厂房中的应用[J].电器与能效管理技术,2022(10):66-71.  
 [2] 张俊杰.对光伏发电系统危险有害因素若干分析[J].科技资讯,2022(26):22+24.  
 [3] 蒋凤昌,钟文乐,袁学锋,等.钢结构厂房屋盖安置光伏电站的加固设计[J].钢结构,2022(1):42-45.