

# Discussion on the Application of Ground 3D Scanning Technology in Space Grid Structure Detection

Yang Yu

Shanghai Geotechnical Engineering Detecting Centre Co., Ltd., Shanghai, 200436, China

## Abstract

As a roof enclosure structure, space grid structure is widely used in various building structures in China. It has the characteristics of high stiffness, good integrity and high vision. As the structure of the grid is more complex, the traditional testing workload is large, and the work difficulty is high, for some structures that lose the as-built drawings, it is a big problem to overhaul or transform them. Using the ground 3D scanning technology to detect the space grid structure and obtain the surface information of the structure, combined with some conventional detection methods, can achieve the effect of twice the result with half the effort. Through practice and review, it is proved that the ground 3D scanning technology has the characteristics of high efficiency, safety and high precision, which is of great help to the detection of space grid structure.

## Keywords

space grid structure; three-dimensional scanning technology; detection; housing

## 论地面三维扫描仪技术在空间网架结构检测中的应用

禹扬

上海市岩土工程检测中心有限公司, 中国·上海 200436

## 摘要

空间网架结构作为屋面围护结构, 目前广泛地应用在国内各种建筑结构当中, 其具有刚度大、整体性较好、视野性较高的特点。由于网架结构较复杂, 传统检测工作量大, 且工作难度较高, 对于一些遗失竣工图纸的结构, 对其进行检修或者改造是大难题。运用地面三维扫描技术对空间网架结构检测, 获取结构表面信息, 并结合一些常规检测手段, 能达到事半功倍的效果。通过实践及复核证明, 地面三维扫描技术具有高效、安全、高精度等特点, 对于空间网架结构检测的工作有较大的帮助。

## 关键词

空间网架结构; 三维扫描技术; 检测; 房屋

## 1 引言

随着世界日新月异的变化, 我们的城市里涌现了许许多多造型奇特的商场, 这些商场各有各的特色。空间网架结构作为目前的新兴结构, 具有空间刚度大、稳定性较好、视野性较好等良好的特点, 在一些大型商场的屋面中有颇多使用。不幸的是, 目前一些既有的空间网架结构, 在建成之后由于各种各样的原因, 遗失了原始的竣工图纸及原始设计图纸, 而对于未收集到图纸的网架结构, 传统的一些检测方法具有一定的局限性, 例如网架结构一般会用作屋面的围护结构, 所在高度较高, 如若采用传统登高的方式进行检测, 作业安全性不能够保证且作业量太大。

论文通过探讨嘉定区某座商场的屋面网架结构, 在未知其竣工图纸及原始设计图纸的基础上, 运用三维扫描仪、

管壁测厚仪、里氏硬度计等仪器调查检测并得到网架所有杆件的外径、壁厚、材料强度等基础数据并使用游标卡尺、全站仪等仪器对通过三维扫描仪得到的相应数据进行抽样复核, 验证三维扫描仪技术在空间网架结构检测的精度是否满足要求。

本次检测的商场为一幢地下一层、地上四层的框架结构房屋, 我们本次研究的主要对象是房屋四层 1~4/①~⑥轴、5~8/①~⑥轴屋面区域的空间球壳网架屋面。商场的网架结构屋面围护结构除开调查本身的难度外, 本次研究的网架结构下部大部分布置了整吊吊顶, 网架下部视野极差, 仅有局部未设置整吊吊顶的位置能够观测到相应的网架部分(网架位置商场现状见图 1、网架结构现状见图 2)。

现场使用徕卡 RTC360 型三维扫描仪对房屋四层的两处空间网架进行三维扫描, 该型号的三维扫描仪扫描速度为每秒 200 万点, 采用了 WFD 波形数字化技术, 点位精度高达 1.9mm, 各项技术参数均满足本工程测绘的需要。

【作者简介】禹扬(1997-), 男, 土家族, 本科, 助理工程师, 从事房屋检测研究。



图1 网架位置商场现状



图2 网架结构现状

根据扫描工况，在4层1~4/C~E轴、5~8/C~F轴屋面区域的可视范围内，采用脚手架的形式，在可视范围内，将仪器架于脚手架上，采集现场数据，并通过处理软件进行去噪和消冗，通过对两处位置所得点云数据进行鸟瞰及剖面观察，发现点云数据足够，空间网架结构球节点及杆件的清晰度足够，可以进行内业绘图，图3为三维扫描仪扫描后使用软件建模重生成后的鸟瞰图及单轴剖面图。

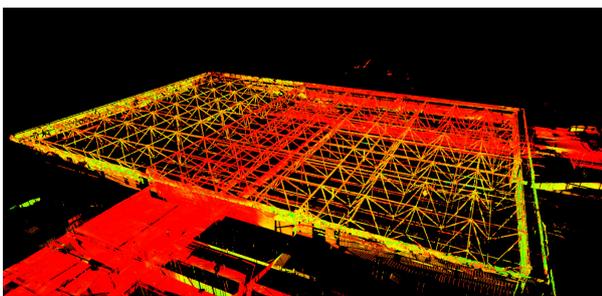


图3 1~4/C~E轴网架三维扫描鸟瞰图

使用AR900型超声波测厚仪对网架杆件及球壳节点壁厚进行测量。经现场检测，网架上弦杆件截面尺寸主要为QK:  $d=121\text{mm}$ ,  $t=3.00\text{mm}$ ; 上弦网架GJ1:  $d=76\text{mm}$ ,  $t=4.00\text{mm}$ ; 上弦网架杆件GJ2:  $d=121\text{mm}$ ,  $t=4.00\text{mm}$ 。网架下弦杆件截面尺寸主要为: QK:  $d=121\text{mm}$ ,  $t=3.00\text{mm}$ ; 下弦网架GJ3:  $d=45\text{mm}$ ,  $t=4.00\text{mm}$ ; 上弦网架杆件GJ2:  $d=60\text{mm}$ ,  $t=4.00\text{mm}$ ; 上下球形节点连接斜杆尺寸GJ5:  $d=48\text{mm}$ ,  $t=4.00\text{mm}$ 。

## 2 屋面网架构件外径尺寸检测及游标卡尺检测结果复核

通过采用三维扫描仪测得网架构件外径尺寸与游标卡尺测得尺寸测得数据相对比得出相对误差在2mm内，本工程测绘精度满足要求。房屋网架构件外径尺寸检测结果见表1。

表1 房屋网架构件外径尺寸检测结果表

位置	三维扫描测得尺寸 (mm)	游标卡尺测得尺寸 (mm)	相对误差 (mm)
1~4/C~E轴上弦杆件1	77	76	1
1~4/C~E轴上弦杆件2	120	121	-1
1~4/C~E轴上弦杆件3	77	79	-2
1~4/C~E轴上弦杆件4	119	120	-1
1~4/C~E轴下弦杆件1	48	46	2
1~4/C~E轴下弦杆件2	63	61	2
1~4/C~E轴下弦杆件3	47	49	-2
1~4/C~E轴下弦杆件4	63	62	1
1~4/C~E轴球壳	119	121	-2
5~8/C~F轴上弦杆件1	76	76	0
5~8/C~F轴上弦杆件2	120	121	-1
5~8/C~F轴上弦杆件3	76	77	-1
5~8/C~F轴上弦杆件4	120	121	-11
5~8/C~F轴下弦杆件1	48	46	2
5~8/C~F轴下弦杆件2	61	60	1
5~8/C~F轴下弦杆件1	47	48	-1
5~8/C~F轴下弦杆件2	61	60	1
5~8/C~F轴球壳	119	121	-2

## 3 屋面网架挠度测量及全站仪挠度复核

本次根据三维扫描模型中以四层地板高度为基准高度-1.55m，选取两个网架下弦各处球壳节点底部标高，得到屋面网架挠度如下，经现场检测结果如下：

本次测量1~4/C~E轴网架选取4轴以西第4~第7轴下弦球壳节点，得到中间位置相对标高平均值为1.89m，北侧位置相对标高平均值为1.90m，南侧位置相对标高平均值为1.94m，挠度比为3/1000。5~8/C~F轴网架选取6/E轴以东北第①~第③轴下弦球壳节点，得到中间位置相对标高平均值为1.77m，北侧位置相对标高平均值为1.78m，南侧位置相对标高平均值为1.79m，挠度比为1/1000。所检测数据均基本符合JGJ7—2010《空间网格结构技术规程》规范中挠度限值1/250要求。

通过全站仪复核1~4/C~E轴网架选取4轴以西第4~第7轴下弦球壳节点的相对底标高，得到中间位置相对标高平均值为2.85m，北侧位置相对标高平均值为2.86m，南侧位置相对标高平均值为2.90m，挠度比最大值为3/1000；复核5~8/C~F轴网架选取6/E轴以东北第①~第③轴下

弦球壳节点的相对底标高,得到中间位置相对标高平均值为2.75m,北侧位置相对标高平均值为2.76m,南侧位置相对标高平均值为2.77m,挠度比最大值为1/1000。全站仪所测

结果与三维扫描仪所得结果基本一致。1~4/C~E轴网架上弦节点图、5~8/C~F轴网架立面布置图分别如图4、图5所示。

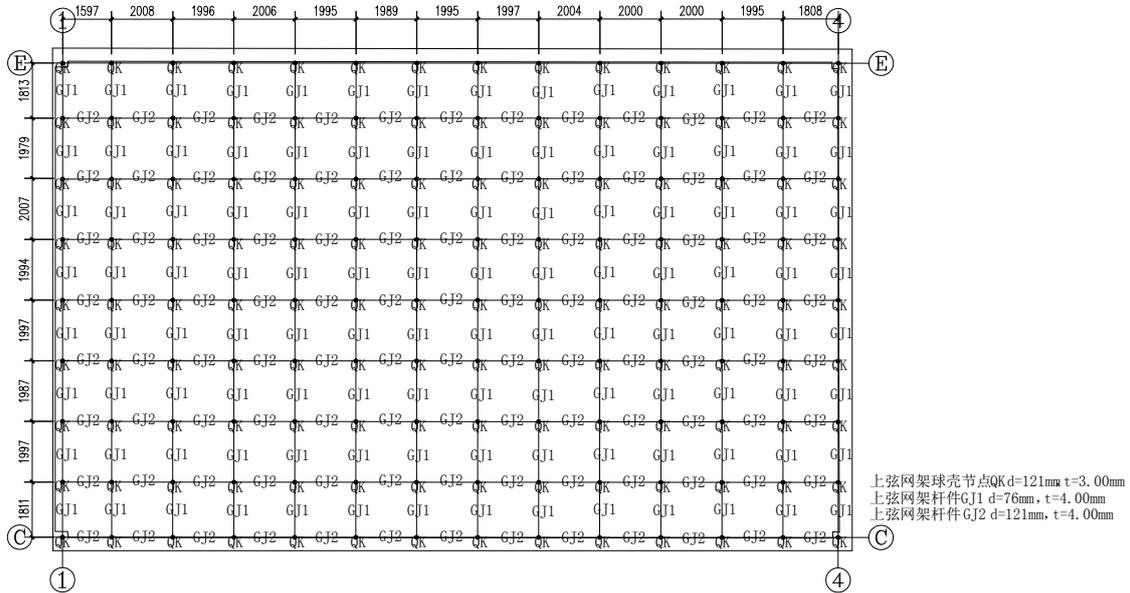


图4 1~4/C~E轴网架上弦节点图

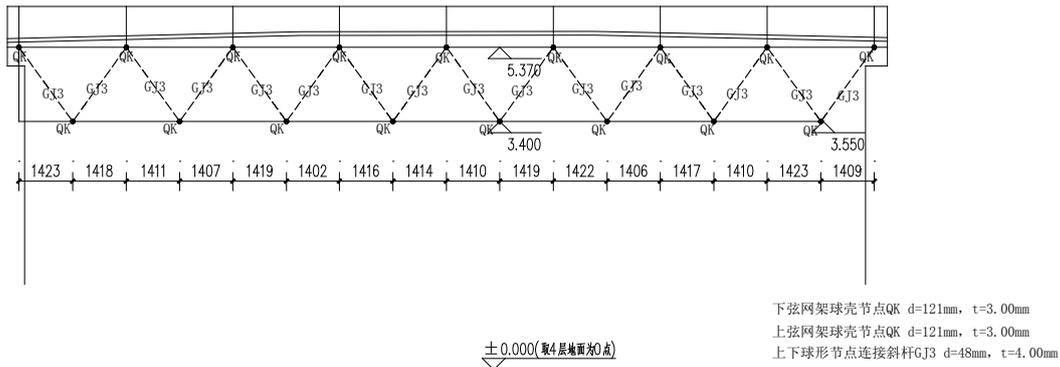


图5 5~8/C~F轴网架立面布置图

通过本次研究发现,三维扫描仪在未有网架结构图纸的情况下,具有一定的突破环境限制达到检测目的的能力,同时在作业效率上,可以省略纹理信息数据采集过程,通过游标卡尺以及全站仪对三维扫描仪精度的复核,得出三维扫描仪在精度方面也能够达标。本次通过三维扫描仪测量网架球壳结构及杆件结构的外径、管壁结构的挠度,并通过相应原始工具对三维扫描仪的检测结果进行复核,误差相对较小,从侧面也证明了三维扫描仪在测量网架结构的相应基础数据方面具有不错的性能。在三维扫描的过程中,关键在于点云密度满足实际工作需求,综合考虑扫描仪精度、被扫描杆件尺寸,作业范围及精度,合理选择仪器以及仪器扫描分辨率。

参考文献

- [1] 沈水明,马人乐,唐军.上海文化广场网架结构检测及分析[J].结构工程师,2006,22(3):80-82.
- [2] 朱纪委,钟宏伟,王月波,等.钢网架结构的变形检测探析[J].四川建材,2013,39(4):135+142.
- [3] 刘辉,赵荣欣,龚治国.地面三维激光扫描技术在既有空间网架结构测绘中的应用[A].施工技术,2021,50(21):28-31+126.
- [4] 曹兆峰,杨红军,张婧娴.三维激光扫描技术在建筑物立面测量中的应用[J].现代测绘,2021,44(2):50-52.
- [5] 张东波,王卓琳,蒋利学.三维激光扫描技术在外墙外保温系统缺陷检测中的应用[J].施工技术,2020,49(9):20-23.