

网架结构制作 与施工

杨文柱 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



网架结构制作与施工

主编 杨文柱
参编 杨晓杰 张晓玲 黄少安
毛 勇 吴洪林

机械工业出版社

本书是在总结广州新白云国际机场货运站钢网架安装工程施工实践基础上,收集整理上千个网架的安装施工资料,编写而成。全书共分七章,第一章钢网架概述。内容包括:钢网架结构特点和应用范围集锦,钢网架结构形式与计算。第二章钢网架的制作、安装与检测。内容包括:制作与检验一般规定,施工工艺与质量监控,网架结构的安装,常见质量问题。第三章钢网架涂装工程。内容包括:钢网架的防腐蚀,质量标准与质量监控,涂装工艺与方案设计,防火涂装工艺、施工设备与机具,涂装工程的质量保证。第四章钢网架屋面工程。内容有:普通型混凝土屋面,轻型屋面、金属屋面。第五章有压流(虹吸式)屋面排水系统。第六章质量安全保证措施。第七章为钢网架工程施工实例。

本书供建筑安装工程技术人员、监理人员阅读。建筑类院校师生也可作教学参考。

图书在版编目(CIP)数据

网架结构制作与施工/杨文柱主编. —北京:机械工业出版社, 2004.10

ISBN 7-111-15118-6

I. 网... II. 杨... III. 钢结构: 网架结构—工程施工
IV. TU392.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 083627 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 何文军 版式设计: 霍永明 责任校对: 王 欣

封面设计: 张 静 责任印制: 李 妍

北京机工印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2005 年 1 月第 1 版·第 1 次印刷

890mm×1240mm A5·8.5 印张·249 千字

000 1—4 000 册

定价: 20.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

序

广州新白云国际机场南航基地迁建工程位于广州市人和镇，占地面积 $1\,409\text{km}^2$ ，建筑面积约 41万 m^2 ，总投资 35.5 亿元。工程建设项目共九项：停机坪工程；飞机维修库工程；机务区工程；货运站工程；配餐楼工程；综合楼工程；基地供电工程；基地给水排水工程；计算机系统及通信工程。以上工程均为国家一类重点工程。其中货运站和飞机维修库（GAMECO）是我国民航机场建设史上规模最大的工程。基地建成后，可满足南航 2010 年运输周转量 25.5 亿 $\text{t}\cdot\text{km}$ ，旅客年吞吐量 $1\,350$ 万人次，年维修飞机 257 架次的要求。

机务区 2 号汽车修理厂房、3 号综合航材库、5 号发动机及中转寄售库屋盖均为网架结构、钢筋混凝土柱、多点柱支承。网架均采用焊接球节点、正放四角锥网架，网架平面面积分别为 $4\,536\text{m}^2$ 、 $17\,058.72\text{m}^2$ 、 $8\,424\text{m}^2$ ；总面积为 $30\,018.72\text{m}^2$ ，由中国航空工业规划设计研究院设计。

货运站屋盖为网架结构，钢筋混凝土柱，多点柱支承，共分 14 个区。网架均采用螺栓球节点，正放四角锥网架，网架平面面积分别为：1 区、3 区、5 区为 $9\,216\text{m}^2$ ；2 区、4 区为 $12\,288\text{m}^2$ ；11 区、12 区、13 区、14 区为 $1\,536\text{m}^2$ ；6 区、10 区为 $2\,592\text{m}^2$ ；7 区、9 区为 $3\,264\text{m}^2$ ；8 区为 $2\,880\text{m}^2$ ，总计 $72\,960\text{m}^2$ 。由中元国际工程设计研究院设计。

飞机维修库由 10 号机库、12 号地面设施维修库及其附楼、室外工程、门房等组成，总建筑面积为 $103\,413\text{m}^2$ 。有钢结构、框架结构、网架结构等多种结构形式。机库大厅跨度 $100\text{m} + 150\text{m} + 100\text{m}$ （自南向北纵跨），进深 96.5m （自东向西横跨），屋架下弦标高 29m ，局部 18m ，建筑物限高 45m ，单层钢筋混凝土柱，钢桁架屋盖。10 号机库屋盖钢结构为 $7\,712\text{t}$ 。

以上工程规模大，工程性质特殊，技术要求高，屋盖属于大面

IV

积、大跨度、大厚度的钢结构，工程质量要求高，制作、安装施工难度大。

为实现工程指挥部的质量管理目标，针对机务区、货运站、飞机维修库钢网架、钢结构工程的重点、难点和特点，特聘请知名的安装专家杨文柱教授为指挥部技术顾问。为指导工程技术工作的开展，杨教授组织编写了《钢网架制作、安装、检测及常见质量问题及预防措施》、《钢网架涂装工程及屋面系统工程》供技术人员参考。

如今，随着工程的如期胜利完成，为了总结经验，推广工程中成功使用的新工艺和新技术，杨教授特组织编写本书，献给广大建筑业同行。希望本书的出版，对推动我国钢结构工程的进一步发展，起到积极的作用。

广州白云国际机场南航基地迁建工程指挥部

指挥长 韩马章

前 言

近年来,网架空间结构在我国有了很大的发展,应用范围也越来越广。由于钢网架的结构重量轻,刚度大,整体效果好,抗震能力强,由很多杆件从两个或多个方向有规律地组成高次超静定空间结构,改变了一般平面桁架受力体系,能承受来自各方向的荷载。所以在国内外广泛用于机场航站楼、航管楼、货运库、体育场馆、科技馆、会展馆、教育培训中心、多功能厅、电信大楼、海关大楼、工业厂房、核电站、机动车辆厂房、磷矿厂房、地铁、车站、码头、加油站、煤棚、煤仓等。

本书是在广州新白云国际机场南方航空股份有限公司迁建工程的货运站 $72\,960\text{m}^2$ 螺栓球节点、正放四角锥网架与机务区 $30\,018.71\text{m}^2$ 焊接球节点、正放四角锥网架现场安装施工实践基础上,收集整理上千个网架的安装施工资料编写而成,并请南航基地迁建工程指挥部韩马章指挥长写了本书的序。

全书共分七章:

第一章钢网架概述。其内容为:钢网架结构特点和应用范围集锦,钢网架结构形式,钢网架结构的计算、杆件和节点的设计与计算。

第二章钢网架的制作、安装与检测。其内容为:制作与检验一般规定,施工工艺与质量监控,网架结构的安装,常见质量问题与预防措施。

第三章钢网架涂装工程。其内容为:钢网架的防腐蚀,质量标准与质量监控,涂装工艺与方案设计,防火涂装工艺,施工设备与机具,涂装工程的质量保证。

第四章钢网架屋面工程。其内容为:普通型混凝土屋面,轻型屋面,金属屋面。

第五章有压流(虹吸式)屋面排水系统。其内容为:有压流(虹

吸式)排水的工作原理,有压流(虹吸式)屋面雨水排水的水力计算,有压流(虹吸式)雨水斗的安装形式。

第六章质量安全保证措施。其内容为:质量保证的手段与措施,工艺线路与资源配置,安全文明管理体系。

第七章钢网架工程施工实例。主要介绍广州新白云国际机场货运站钢网架工程施工组织设计实例,内容包括:工程总体部署概况,总体施工方案,网架施工组织设计,现场施工方案,网架涂装工程实例,工程质量保证措施与质量保证体系,确保施工工期措施,确保安全生产措施及安全保证体系,工地文明生产、卫生保证措施等。此外,还介绍了各具特点的其他国内大型网架安装实例。

本书由重庆大学杨文柱教授主编。资料由杨晓杰、黄少安、张晓玲、毛勇、吴洪林等提供,并参与编写。

由于编著者的水平有限,书中难免有缺点和不妥之处,希望广大读者批评指正。

目 录

序

前 言

第一章 钢网架概述	1
第一节 钢网架的特点和应用范围与集锦	1
第二节 钢网架结构形式	23
第三节 钢网架结构的计算	32
第四节 杆件和节点的设计与构造	38
第二章 钢网架的制作、安装与检测	51
第一节 一般规定	51
第二节 制作与检验	53
第三节 焊接球节点网架的制作与安装	73
第四节 网架结构安装	83
第五节 常见质量问题与预防措施	91
第三章 钢网架涂装工程	97
第一节 钢网架的防腐蚀	97
第二节 质量标准与质量监控	112
第三节 涂装工艺方案设计	118
第四节 防火涂装工艺	122
第五节 施工设备与机具	126
第六节 涂装工程质量保证	127
第四章 钢网架屋面工程	133
第一节 普通型混凝土屋面	133
第二节 轻型屋面	133
第三节 金属屋面	152
第五章 有压流（虹吸式）屋面排水系统	166
第一节 有压流（虹吸式）排水的工作原理	166

第二节	有压流（虹吸式）屋面雨水排水的水力计算	168
第三节	有压流（虹吸式）雨水斗及其安装方式	169
第六章	质量安全保证措施	181
第一节	质量保证的手段与措施	181
第二节	工艺路线及资源配置	186
第三节	安全、文明管理体系	193
第七章	钢网架工程施工实例	198
第一节	广州新白云国际机场货运站钢网架工程施工组织设计 实例	198
第二节	大跨度钢网架结构的制作与吊装	244
第三节	钢网架结构高空散装逐条累积滑移法	249
第四节	集群液压千斤顶整体提升（滑移）大型网架构件	252
参考文献		262

第一章 钢网架概述

钢网架的结构重量轻，刚度大，整体效果好，抗震能力强，由很多杆件从两个或多个方向有规律地组成高次超静定空间结构，它改变了一般平面桁架受力体系，能承受来自各方的荷载。钢网架结构的适应性大，既能适用于中小跨度的建筑，也适用于大跨度的房屋和厂房，而且从建筑物平面形式来说，可适用于矩形（北京体育馆）、圆形（上海体育馆）、扇形（上海文化馆）及各种多边形的平面建筑形式。钢网架的结构取材方便，一般多用 Q235 钢或 Q345 钢，杆件截面形式多采用钢管或型钢。钢网架由于结构、杆件、节点的规格化，适于工厂化生产，加速了工程的进度，提高了质量。通过多年的实践与发展，钢网架结构的计算及深化设计已有通用的计算机计算程序，制图简单，加上网架具有的特点和优越性，给我国网架结构的发展提供了有利的条件。

目前，在我国建成的网架结构已上万座。从 1990 年在北京举行的十一届亚运会的场馆建筑来看，13 个场馆中有 11 个采用了网架和网壳，其中网架占一半以上。从机场的飞机维修库、航站楼、指挥塔、工业厂房、科技馆、剧院、地铁维修库、加油站、高速公路和收费站、码头、电厂的煤仓、干燥棚等大量地采用了轻型网架结构。

第一节 钢网架的特点和应用范围与集锦

一、钢网架的特点

(1) 钢网架结构最大的特点是由于杆件之间的互相支撑作用，刚度大，整体性好，抗震能力强，而且能够承受由于地基不均匀沉降所带来的不利影响。即使在个别杆件受到损伤的情况下，也能自动调节杆件的内力，保持结构的安全。

(2) 钢网架结构是由很多杆件从两个方向或多个方向有规律的组

成高次超静定空间结构，它改变了一般平面桁架受力体系，能承受来自各方向的荷载。

(3) 钢网架的结构自重轻，节约钢材。如已建成的天津市科学宫，网架平面尺寸 $\times$ 网高：14.84m $\times$ 23.32m $\times$ 1.0m，用钢量仅为 6.3kg/m²，首都体育馆 112.2m $\times$ 99m $\times$ 6.0m，用钢量为 65kg/m²，北京首都机场航空货运楼 198m $\times$ 81m $\times$ 3.2m，用钢量为 25kg/m²，广州新白云国际机场货运站 608m $\times$ 120.5m $\times$ 2.397m，用钢量为 32kg/m²。由于钢网架结构的高度较小，可以有效地利用建筑空间。

(4) 钢网架结构的适用性大，既适用于中小型跨度的工业与民用公共建筑，也适用于大跨度的工业与民用建筑。而且从建筑物平面的形式来讲，可用于矩形（北京体育馆）、圆形（上海体育馆）、扇形（上海文化馆）、马鞍形（上海体育馆）、飘带形（广州奥林匹克中心）、鱼形（广州会展中心）等。

(5) 钢网架结构取材方便，一般多采用 Q235 钢或 Q345 钢，杆件多采用高频焊管或无缝钢管或其他型钢。

(6) 钢网架结构由于它的杆件、螺栓球、焊接球、锥头、高强螺栓等已标准化、系列化，适于工厂化生产。

(7) 钢网架结构的计算已有通用的计算机计算程序和软件，具有制作施工图、查看内力、作材料表和网架的安装图等功能，给钢网架结构的发展提供了有利的条件。

二、设计应用软件

见表 1-1。

表 1-1 网架结构设计软件一览表

序号	软件编号	编制单位及编制人	适用机型	解题能力			前处理功能	后处理功能
				节点数	杆件数	支座数		
1	MSG5	中国建筑科学研究院结构所钱基宏 宋涛 洪勇 赵基达	PC386 及以上	不限	不限	不限	自动生成各类网架及网壳，图形方式编辑	作设计图，加工详图和支座详图

(续)

序号	软件编号	编制单位及编制人	适用机型	解题能力			前处理功能	后处理功能
				节点数	杆件数	支座数		
2		浙江大学土木工程系空间结构研究室 罗尧治	PC486及以上	不限	不限	不限	自行开发的图形系统, 处理各种复杂形体、荷载及约束等	结构可视化, 作施工图和加工图
3	TJWJ 908	天津空间网架工程公司(天津大学) 程万海 钱志伟 丁阳 尹越	PC386及以上	3 000	9 000	150	自动生成各类网架及网壳, 并作图形处理	查看内力、位移结果, 作施工图绘制
4	GR SAP	北方交通大学土木建筑工程学院 高日 徐国宾 刘智敏	PC386及以上	不限	不限	不限	利用商用软件 SuperSAP 强大的前后处理功能, 前置起重机最不利荷载模块	作施工图和加工详图
5	WJ CAD	北京工业大学土木工程系 张毅刚 吉林建筑工程学院 吴志金	PC386及以上	2 000	8 000	不限	自动生成网架数据及结构荷载	作施工图、材料表
6	SF CAD	中国航空工业规划设计研究院	SUN 工作站 UNIX 操作系统	不限	不限	不限	图形化前处理, 数据自动形成, 可进行人工干预	作加工图、材料表和网架安装图
7	NSD 93	五洲工程设计研究院 徐宜祥 孙吉泽 刘毅轩 郑岩	PC386及以上	3 000	10 000	200	生成节点坐标, 杆件关联, 材料型号, 约束情况, 起重机荷载	作施工图、材料表

(续)

序号	软件 编号	编制单位 及编制人	适用机型	解题能力			前处理功能	后处理功能
				节点数	杆件数	支座数		
8	Truss CAD	煤炭部太原设计研究院 龚大立 尹卫泽 技术顾问: 刘善维	PC386 及以上	4 000	20 000	不限	设计任意形式网架及单层网壳, 图形方式编辑, 定义多种荷载工况, 包括起重机荷载	作施工图、材料表和螺栓球加工详图及支座设计
9	SF CAD (微机版)	北京云光建筑设计咨询开发中心 朱坊云	PC386 及以上	不限	不限	不限	自动生成各类网架及网壳, 图形方式编辑	作施工图、加工详图和材料表
10	GBS CAD	海军工程设计研究局 叶学杰 李忠平 张林福	PC386 及以上	6 000	30 000	200	对各类网架及网壳具有很强的且十分简便的三维图形编辑功能	作施工图、螺栓球加工详图和材料表

三、钢网架应用范围与集锦

1. 机场

图 1-1 为深圳国际机场航站楼, 是我国“七五”期间重点项目, 是结构与建筑完美结合的一个典范。图 1-2 是上海浦东国际机场。图 1-3 是广州新白云国际机场的飞机维修库。

2. 体育场馆

图 1-4 为北京奥林匹克体育中心田径场看台罩棚。该工程为北京第十一届亚运会而建造的, 网架为双曲面正放四角锥形悬挑罩棚。平面尺寸 $29.2\text{m} \times 100.2\text{m}$, 展开面积为 $3\,000\text{m}^2$ 。网架支座采用球形压力支座, 该工程质量优良, 被评为亚运会工程特别鲁班奖。

图 1-5、图 1-6 为悉尼奥运会主场馆及主会场。

图 1-7 为西安城运村体育馆, 图 1-8 为大圆顶体育场, 图 1-9 为浙江黄龙体育中心体育场。



图 1-1 深圳国际机场航站楼

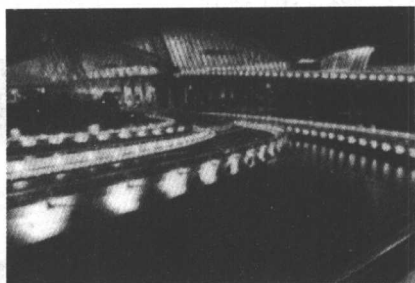


图 1-2 上海浦东国际机场



图 1-3 广州新白云国际机场的飞机维修库

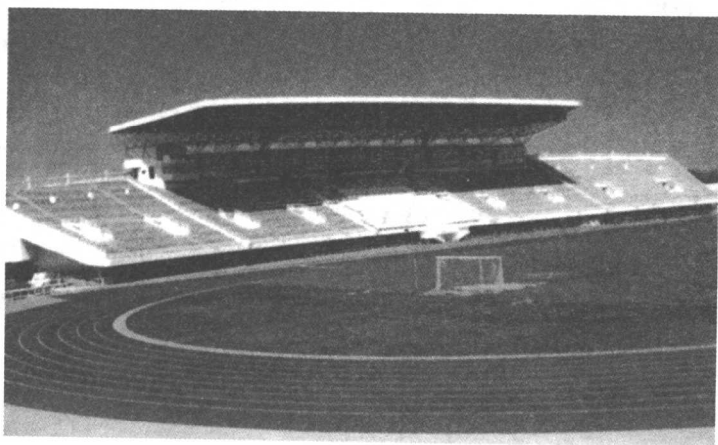


图 1-4 北京奥林匹克体育中心田径场看台罩棚



图 1-5 悉尼奥运会主场馆

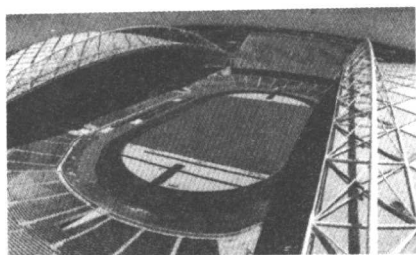


图 1-6 悉尼奥运会主会场

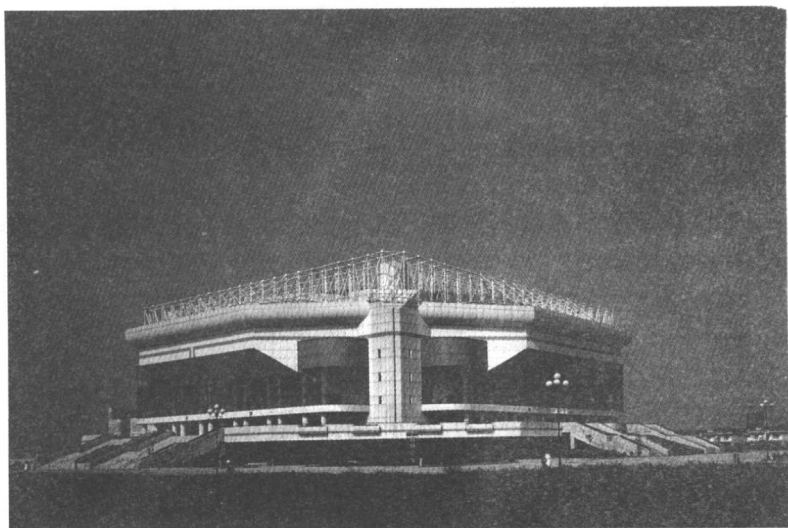


图 1-7 西安城运村体育馆

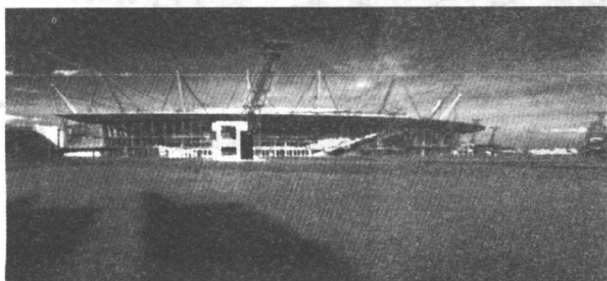


图 1-8 大圆顶体育场



图 1-9 浙江黄龙体育中心体育场

图 1-10 为珠海体育场罩棚，图 1-11 为北京亚运村康乐宫网球场，图 1-12 为浙江嘉兴学院中心场馆网架工程。

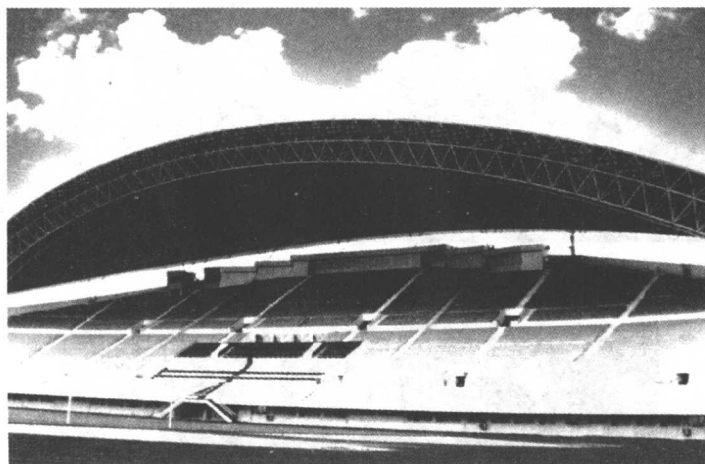


图 1-10 珠海体育场罩棚

图 1-13 为中国国防大学的游泳馆工程。图 1-14 为云南楚雄游泳馆，该工程屋盖覆盖面积 $6\,600\text{m}^2$ ，支撑钢柱采用钢管相贯桁架，屋盖采用网架形式，其造型新颖，如一片飞扬的树叶屹立风中。