

自应力钢管轻骨料 混凝土结构

李帼昌 刘之洋 著



NEUPRESS
东北大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

自应力钢管轻骨料混凝土结构/李幅昌,刘之洋著. —沈阳:东北大学出版社,2001.12

ISBN 7-81054-698-8

I. 自… II. ①李… ②刘… III. 轻骨料-钢管结构:混凝土结构
IV. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 081420 号

出 版 者: 东北大学出版社

(邮编: 110004 地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号)

出 版 人: 李毓兴

印 刷 者: 东北大学印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

开 本: 850mm×1168mm 1/32

字 数: 136 千字

印 张: 5.25

出版时间: 2001 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2001 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 张德喜 秦振华 责任校对: 米 戎

封面设计: 唐敏智 责任出版: 秦 力

定 价: 18.00 元

垂询电话: 024—83687331 (发行部) 024—83680265 (传 真)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. neupress. com

前 言

钢管混凝土结构被称为土木工程中的第五大结构体系, 20 世纪初就应用于实际工程, 而且发展迅速。我国关于普通钢管混凝土结构的研究处于国际领先水平, 普通钢管混凝土工程层出不穷, 尤其是普通钢管混凝土的超高层建筑及钢管混凝土拱桥。普通钢管混凝土结构如此迅猛的发展, 与这种组合材料具有极优的力学性能密切相关。普通钢管混凝土结构与钢筋混凝土结构相比, 在外荷载相同的条件下, 可以减少截面尺寸 50% 以上, 用钢量略低或相当, 降低结构自重 50% 以上; 与钢结构相比, 可以节省钢材至少 50%, 造价大大降低。另外, 钢管混凝土结构还有施工速度快、抗震性能好等优点。然而, 对自应力钢管轻混凝土结构的研究报道甚少, 近似于空白。

我们在研究中选用的轻骨料混凝土为煤矸石混凝土, 它的最大特点是在抗压强度与普通混凝土相同的条件下, 其容重可降低 25%。如果用煤矸石混凝土代替普通混凝土形成钢管混凝土, 可在普通钢管混凝土的基础上进一步降低结构自重 20% 左右, 给结构设计带来很大方便。煤矸石混凝土的弹性模量较低, 将降低钢管混凝土构件的刚度, 但若在煤矸石混凝土中添加一定量的膨胀剂, 它不但可以提高核心混凝土的弹性模量, 还可以增强钢管对核心混凝土的约束, 改善煤矸石混凝土的力学性能。另外, 自然煤矸石用作轻骨料是轻骨料生产中最经济的一种方法, 价格比普通砂石还便宜。煤矸石是十分丰富的二次资源, 长期堆积, 不仅会占用大量耕地而且污染环境, 如果能将其充分利用, 会有可观的经济效益, 还会产生深远的社会效益。

本书共 7 章: 第 1 章主要介绍钢管混凝土结构在国内外的概况及研究自应力钢管轻混凝土结构的意义; 第 2 章介绍轻骨料混

凝土及钢材的力学性能；第3章是在总结国内外关于混凝土及钢材的本构关系基础上，通过理论分析和试验研究，建立钢材与轻骨料混凝土组合材料的本构关系及核心混凝土的强度准则；第4章介绍自应力钢管轻骨料混凝土轴压短柱的力学性能；第5章介绍自应力钢管轻骨料混凝土轴压中长柱和长柱的力学性能；第6章介绍自应力钢管轻骨料混凝土受弯构件的力学性能；第7章介绍自应力钢管轻骨料混凝土偏心受压构件的力学性能。本书可作为高等院校相关专业本科生、研究生教学参考书，也可供土木工程专业的广大科技人员工作参考。

本书汇集了作者5年的研究成果，感谢辽宁省自然科学基金、沈阳大学的大力支持。书中所述不当之处，恳请各位读者批评指正。

李岷昌 刘之洋

2001年7月

目 录

1 绪 论	1
1.1 钢管混凝土的特点	1
1.2 国外钢管混凝土的发展概况	2
1.3 国内钢管混凝土的发展概况	5
1.4 结构用轻骨料混凝土的应用	8
1.5 研究预应力钢管混凝土的意义	12
1.6 研究自应力钢管轻骨料混凝土的意义	13
2 组合材料	15
2.1 轻骨料混凝土	15
2.2 钢管规格和要求	35
3 组合材料的本构关系	39
3.1 组合材料一次受压的工作性能	39
3.2 钢材的本构关系	41
3.3 三轴混凝土强度概述	46
3.4 钢管约束下普通混凝土的本构关系	48
3.5 核心轻骨料混凝土的强度准则	50
3.6 确定核心轻骨料混凝土本构关系的方法	53
3.7 核心轻骨料混凝土的本构关系	55
3.8 核心轻骨料混凝土的横向变形系数	57
3.9 组合材料轴心受压的应力-应变曲线分析	59

3.10	简化的自应力钢管轻骨料混凝土的本构关系	62
4	轴心受压短柱的力学性能	65
4.1	膨胀混凝土	65
4.2	自应力钢管轻骨料混凝土的机理分析	66
4.3	自应力钢管轻骨料混凝土的优越性能	67
4.4	轴压短柱的应力-应变曲线分析	71
4.5	轴压短柱的承载力计算	74
4.6	用神经网络方法预测轴压短柱的承载力	75
5	轴心受压中长柱、长柱的力学性能	81
5.1	概 述	81
5.2	自应力钢管轻骨料混凝土理想轴压杆的弹性稳定	82
5.3	自应力钢管轻骨料混凝土轴压杆的非弹性屈曲	84
5.4	轴压中长柱的试验研究	91
5.5	用经验系数法计算轴压中长柱的稳定承载力	100
5.6	理论分析的试验验证	101
5.7	计算方法分析	101
6	受弯构件的力学性能	103
6.1	概 述	103
6.2	试 验	104
6.3	受弯过程的理论分析	105
6.4	荷载变形曲线分析	110
6.5	中性轴的确定及 ϵ_0 值的变化	111
6.6	抗弯强度	112
6.7	承载力和挠度的计算	113
6.8	核心混凝土对抗弯强度的影响	115

7 偏心受压构件的力学性能	116
7.1 普通钢管混凝土偏压构件计算方法的分析	116
7.2 试验方案	118
7.3 试验过程和方法	121
7.4 用经验系数法计算偏压构件的承载力	122
7.5 荷载-应变曲线	124
7.6 自应力钢管轻骨料混凝土偏压构件的工作性能	125
7.7 极限状态时中和轴的位置	134
7.8 挠度和曲率	136
7.9 紧箍力	137
7.10 用边缘纤维屈服准则计算偏压构件	140
7.11 用极限荷载准则计算偏心受压构件	142
参考文献	154

1 绪 论

1.1 钢管混凝土的特点

钢管混凝土就是由混凝土填入薄壁钢管内而形成的组合结构。

钢管混凝土的基本原理如下：

(1) 借助内填混凝土增强钢管壁的稳定性；

(2) 借助钢管对核心混凝土的套箍(约束)作用,使核心混凝土处于三向受压状态,从而使核心混凝土具有更高的抗压强度和变形能力。

钢管混凝土主要特点如下：

(1) 与钢结构相比,在保持自重相近和承载力相同的条件下,可节省钢材 50%,焊接工作量可大幅度减少;与普通钢筋混凝土相比,在保持钢材用量相近和承载力相同的条件下,构件的横截面面积可减小一半,从而建筑的有效面积得以加大,混凝土和水泥用量以及构件自重相应减少约 50%。

(2) 圆形钢管混凝土柱的强度,在任意方向都是相等的。这用于抵抗方向不确定的地震荷载作用是很有效的。在那些有任意方向的交通流的地方,例如公共建筑的大厅、车站、车库等,采用圆形的钢管混凝土柱是十分合理的。将钢管混凝土用作城市立交桥的支墩,可在任何方向都得到最佳的视野而有助于交通安全。

(3) 钢管混凝土结构的阻尼比介于钢结构和钢筋混凝土之间,在高层建筑中具有比钢结构优越的动力性能,增加居住人员的舒适感。

(4) 钢管本身就是耐侧压的模板。因而浇灌混凝土时,可省去

支模、拆模的工和料,并可适应先进的泵灌混凝土工艺。

(5) 钢管本身就是钢筋。它兼有纵向钢筋(受拉和受压)和横向箍筋的作用。制作钢管远比制作钢筋骨架省工省料,而且便于浇灌混凝土。

(6) 钢管本身又是劲性承重骨架。在施工阶段它可起到劲性钢骨架作用。其焊接工作量远比一般型钢骨架为少,吊装重量较轻,从而可简化施工安装工艺,节省脚手架,缩短工期,减少施工用地。在寒冷地区,冬季也可以安装空钢管骨架,开春后再浇灌混凝土,施工不受季节的限制。

(7) 钢管混凝土还可与预应力技术相结合,提高结构的刚度和耐疲劳性能。

(8) 钢管混凝土结构耐冲击的能力比钢结构和钢筋混凝土结构都强。

(9) 钢管混凝土耐火性虽不如钢筋混凝土结构好,但比钢结构要强。

(10) 在露天塔架结构中,圆形杆件的暴露面积最小,阻风面积也最小。

(11) 钢管混凝土耐腐蚀的性能和钢结构相似。

1.2 国外钢管混凝土的发展概况

1.2.1 国外钢管混凝土的研究情况

在土木建筑工程中应用钢管混凝土结构已有近百余年的历史,它和螺旋箍筋混凝土几乎是同时出现的。早在 20 世纪初,美国就在一些单层和多层房屋建筑中采用了称为“Lally Column”的圆型钢管混凝土柱^[1]。20 世纪 30 年代末期,前苏联曾用钢管混凝土建造了跨度为 101m 的公路拱桥和跨度为 140m 的铁路拱桥。20 世纪 60 年代前后,钢管混凝土结构的应用,在前苏联、西欧、北美和日本等工

业发达国家受到了重视,曾在厂房建筑、多层和高层建筑、立交桥以及特种工程结构中加以应用,收到良好的效果。比利时 1961 年修建船坞时,采用了钢管混凝土构件做桁架的压杆和立柱,节省钢材 40%;法国巴黎居民区的第一座摩天大楼采用了钢管混凝土框架柱,比钢结构省钢 40%;日本、瑞士等国家在输电跨越塔中采用了这种新型结构,如日本在鸣门海峡建造了高 140m,跨距达 1700m 的钢管混凝土输电跨越塔等,取得了显著的经济效果。前苏联在 1979 年建设的诺里尔工业中心和惹列士诺伏斯克市的疗养院等多种建筑中采用了钢管混凝土结构。还在一些吊车栈桥中(跨度达 48m)采用钢管混凝土结构,比全钢结构节省钢材 12%~28%,降低造价 28%,比钢筋混凝土结构节省钢材 9%,降低造价 56%。

在英国,聂基(Neogi P K)等人 1969 年研究了钢管内的混凝土三向受压时强度的提高,及考虑钢管对混凝土的约束效应时钢管混凝土柱承载力的计算方法。近年来,英国曼彻斯特大学(Manchester University)一直在进行着钢管混凝土柱各种受力情况的实验研究工作,同时还研究这种柱和钢梁的连接点。不过,其工作主要集中于研究钢管内填混凝土的柱。

在美国,除上述早期进行的研究工作外,20 世纪 60 和 70 年代,费隆(Rechard W Furlong),克劳尔(Robert B Knowles)和派克(Robert Park)等人从事钢管混凝土组合结构柱的研究和实验工作,取得了很多成果。

在设计方面,美国制定的 ACI 规范(ACI318—65)中,列入了轴心受压钢管混凝土柱的计算公式,1971 年修订的规范(ACI318—71)则把钢管混凝土结构作为组合构件而单独分列,包括轴心受压和受弯工作的计算以及 AISC—LRFD—1986 规范。日本建筑学会在 1967 年年会上制订了“钢管混凝土构件设计规范”,内容包括内填型、外包型和内填外包型等三种,并在 1980 年作了修订。

在欧洲,设计钢-混凝土组合柱的规范有 BS5400(1979)中的第五部分(Part 5)和德国规范 DIN18806 等。

除日本 AIJ 规范对钢管混凝土柱仍采用容许应力设计方法外,其他国家设计规范都采用了极限状态设计法。

20 世纪 80 年代末,曼彻斯特大学开始研究一种钢-混凝土-钢夹心壁构成的圆筒形容器,可用作海底储油罐。这种容器毋须加强环,用料十分经济。近年来,我国也开始了这方面的研究。

1.2.2 国外钢管混凝土的应用情况

在世界各地,越来越多地采用钢管混凝土结构。

美国旧金山市一幢 50 层办公楼,高 175.3m,为了提高抗震能力,采用了钢管混凝土柱。1976 年,美国林同炎设计了一座跨越 6 条公路、利用公路的上部空间建造架空停车场和旅馆建筑(共 4 层)的预应力钢管混凝土大拱,跨度 175.5m,矢高 30.5m,间距 18.3m。上弦因轴压力很大,采用直径为 1830mm 的钢管混凝土柔性拱;下弦因需支承 4 层建筑的荷载,采用预应力混凝土刚性大梁。拱的变形值,借多次调节预应力束的张力来控制。由于建筑物要跨越 6 条公路,如按常规采用小跨度的结构,则柱网很不规则,不仅施工困难,停车也不方便,采用大跨度拱避免了这些困难^[2]。

1989 年开始建造的西雅图太平洋第一中心大厦,44 层,核心筒由 8 根 $\phi 2286\text{mm}$ 的粗钢管组成,内填抗压强度为 124MPa 的高强混凝土(加硅粉)。周边柱为 $\phi 762\text{mm}$ 的较细钢管,内填抗压强度为 124MPa 的高强混凝土。混凝土用泵车顶灌。混凝土的水灰比为 0.22,加外加剂,现场塌落度为 15cm。钢管混凝土柱每四层分为一段。梁和板均为钢-混凝土组合结构,建造速度为每周四层。

西雅图双联广场大厦建于 1989 年,位于美国西雅图市,58 层,总高 219.5m,建筑平面布置呈卵形,核心筒为 4 根 $\phi 3048\text{mm}$ 的钢管混凝土柱组成的构架,承担 40% 的重力荷载。周边柱为较细的钢管混凝土柱。混凝土圆柱体强度为 133MPa。比传统的钢结构节省一半的钢材,钢材用量从 122kg/m^2 降为 57.6kg/m^2 ,造价降低 30%^[3]。

西雅图 Gateway Tower 大厦,建于 1989 年,62 层,建筑平面呈长八角形,核心筒由 4 根 $\phi 2743\text{mm}$ 的钢管混凝土柱组成,用 X 形大斜撑联系,每 10 层楼为一个 X 斜撑单元,构成抗侧力的延性构架。混凝土圆柱体抗压强度为 77MPa ,梁和板均为钢-混凝土结构^[4]。

墨尔本公共卫生中心新办公大楼,46 层,位于墨尔本市,这是澳大利亚首次采用的钢管混凝土高层建筑结构。水平风荷载由电梯井和楼梯间的钢筋混凝土心筒承担。沿建筑物周边布置的柱子为钢管混凝土柱。钢管外径为 950mm ,每段长 8m (两个楼层),用花篮螺丝与焊于下段钢管柱的耳座相连接,保持平稳,直至上下段钢管间对接焊完为止。钢筋混凝土心筒用滑模施工,在各层主梁支承处预埋钢板,然后焊上角钢支座支承主梁。主梁的另一端的腹板借螺栓与焊在钢管柱上的支座连牢,成为简支。楼层为压型钢板铺垫的钢-混凝土组合楼板。钢管内的混凝土每四层浇灌一次,采用泵送顶灌法,无需振捣。于每段钢管两端各 300mm 范围内的内表面上加焊平头锚钉作为抗剪连接件,以保证钢管与核心混凝土共同工作。在建筑的底部各层,钢管壁厚为 16mm ,然后逐步减薄,直至顶部楼层钢管壁厚减为 8mm 。与此同时,混凝土强度(特征值)从底部的 70MPa 逐渐降低至顶部的 30MPa 。设计时考虑了钢管对核心混凝土的套箍作用,借喷涂防火涂层来实现防火,这样的组合结构比其他构造形式经济^[5]。

在匈牙利,采用一种叫“升模技术”的施工方法。这是匈牙利建筑科学研究院开发的一种多层现浇混凝土板柱体系的施工方法。该板柱体系的柱子就是钢管混凝土柱,楼板为井式双向密肋板^[6]。

1.3 国内钢管混凝土的发展概况

我国主要研究在钢管中灌素混凝土的内填型钢管混凝土结构,且主要是圆钢管混凝土结构。在这方面最早开展研究工作的是原中国科学院哈尔滨土建研究所。1963 年以后,苏州混凝土与水泥制品

研究院、北京地下铁道工程局、原哈尔滨建筑工程学院、冶金工业部冶金建筑研究总院、电力工业部电力研究所以及中国建筑科学研究院结构所等单位,都先后对基本构件的工作性能、设计方法、节点构造和施工技术等,开展了比较系统的实验研究工作。原国家建委建筑科学研究院、冶金工业部冶金建筑科学研究院、北京钢铁设计院、南昌有色金属设计院、太原钢铁公司设计院、哈尔滨锅炉厂、北京锅炉厂、东北电力设计院、中南电力设计院、华东电力设计院、山西电力设计院、首钢设计院、广西壮族自治区建委综合设计院、东北三省各电力设计院、建设部第三工程局以及基建工程兵某部队(现鞍钢设计公司)等单位都积极推广了这种新结构。

20 世纪 60 年代在一些厂房柱和地下铁道工程中开始采用钢管混凝土结构。例如,临汾钢厂洗煤车间、山西恒曲十八河尾矿输送流槽桥(跨度 19m 和 27m, 1969 年)以及首都地铁一期工程中的部分站台柱等。

进入 20 世纪 70 年代,在科研工作获得显著成就的基础上,钢管混凝土结构在国内得到了进一步推广应用。例如:首都地铁二期环线工程中所有的站台柱,本溪钢铁公司二炼钢轧辊钢锭车间的刚架柱(1972 年),首钢二号高炉构架采用的单管混凝土柱(1972 年),以及辽阳化纤厂热电厂八号钢炉构架柱(1976 年)等。

1978 年,钢管混凝土结构第一次列入国家科委发展规划。从此,这一新结构在我国的发展进入了一个新阶段,无论是科学研究和设计施工,都有较大的进展,取得了可喜的成果。自那以后,先后建成的大型工程中采用钢管混凝土柱的有:太原钢铁公司一轧厂二小型厂房双肢柱(1980 年),哈尔滨船舶修造厂船体结构车间的排架柱(1978 年),以及上海第三十一棉纺织厂多层厂房柱(1982 年)等。

华北电力设计院设计并已于 1987 年建成的华北电管局微波塔(北京),建在高 40m 的办公大楼顶上,塔高 78.3m。塔身采用了 20 根 $D = 273\text{mm}$, $t = 8\text{mm}$, 内灌 C15 混凝土的钢管混凝土柱,沿直径为 2.6m 的圆周等距离布置。为了提高塔身的稳定性,采用了 20 对

钢绞线(每根为 $\phi 74\text{mm}$)上端固定在平台结构上,下端固定在屋顶上,而在中部偏上处与塔身相连。这些钢绞线斜向交叉设置,形成一个空间抛物面,施加预应力后,为塔身提供了一个中部弹性支座。这是融合钢管混凝土结构和预应力钢结构于一体的典型范例,且造型新颖美观。

1990年,由黑龙江省电力设计院设计并建成的沈海热电厂(沈阳)工程,部分柱子采用了钢管混凝土双肢柱和三肢柱。

钢管混凝土结构的研究在我国日趋完善和深入,在构件性能和理论研究方面属于国际领先水平,特别是近十几年来取得了令人瞩目的成就。目前,先后由国家建材总局、建设部、国家经贸委和中国人民解放军总后勤部颁布施行的有关钢管混凝土结构的设计规程,主要有 JCJ01—89: (1989), CECS28: 90 (1992), DL/T5085—1999 (1999)和 GJB(1999)。目前,钢-混凝土组合结构已被列入国家科技成果重点推广项目,为进一步在实际工程中推广应用钢管混凝土结构创造了条件。

近年来,我国采用钢管混凝土结构的高层建筑也是层出不穷:采用钢管混凝土的第一座高层建筑是福建泉州邮电大厦,高 87.5m,采用了框架剪力墙结构,底部 3 层的框架柱采用了 $\phi 800 \times 10$, C30 的钢管混凝土柱,于 1990 年建成。由于柱子截面小,扩大了使用空间,同时施工也方便,因而取得了较好的经济效益。继该工程之后,采用钢管混凝土结构的高层建筑有:厦门阜康大厦,高 86.5m,地下 2 层,地上 25 层,其中下部 12 层采用了钢管混凝土柱($\phi 1000 \times 10$, C40), 1994 年建成;厦门金源大厦,高 96m,地上 28 层,地下 2 层,从地下开始到 20 层的全部 28 根框架柱,以及第 21 层至 23 层的四根角柱,都采用了钢管混凝土柱($\phi 900 \times 12$, C40), 1995 年竣工;广东惠州市嘉骏大厦,28 层,高度近百米,全部柱子采用了钢管混凝土柱;广州好世界广场,地下 3 层,地上 22 层,其中裙房部分地下和地上各 3 层,采用了钢管混凝土柱,该工程 1995 年竣工;福州侨益大厦,地下 2 层,地上 32 层,高 115.7m,建筑面积 42960m^2 ,主楼部分从地下室

至地上 15 层的框架柱采用了钢管混凝土柱,此工程 1997 年竣工;广州新中国大厦,地面以上结构总层数 51 层,由地面起计总高度 201.8m,另有 23m 高屋顶塔杆,地下共 5 层,总建筑面积约 170000m²。总之,普通钢管混凝土结构在我国应用越来越广。

20 世纪 90 年代,钢管混凝土结构出现了新形式,例如河北建筑工程学院和天津大学合作研究了上弦采用钢管陶粒混凝土的正放四角锥网架,并进行了模型试验,证明受力合理,刚度较大,且工作可靠。天津大学还对钢管陶粒混凝土柱进行了研究。沈阳大学、东北大学在自应力钢管轻骨料混凝土结构的研究方面取得了一定的成绩。

1.4 结构用轻骨料混凝土的应用

结构用轻骨料混凝土适用于高层和多层建筑、大跨屋顶、中跨和长跨桥梁、地基不好的结构、装配式结构、耐火性要求高的结构、抗震结构和漂浮结构等。

1.4.1 在水工结构方面的应用

美国在 1908 年即开始应用轻骨料混凝土于造船业。第一次世界大战期间,共造了 14 艘船。第二次世界大战时,增加到 104 艘,吨位从 3200 吨至 140 250 吨。经过航驶证明,轻骨料混凝土具有不透水和振动小的优良质量。意大利根萨艾兹基港建造的轻骨料混凝土浮船坞是水工建筑的典型例子。1968 年宁波试制了一条载重 80 吨的陶粒混凝土囤船。1980 年 8 月在加拿大“海洋环境中混凝土的性能”国际会议上,与会代表指出了结构用轻骨料混凝土在海洋结构中的应用前景。随着世界人口的不断增长,对资源的需求量迅速增加,人类活动将逐渐扩展到近海大陆架,如在海洋中建造采油平台、贮油罐等。不久的将来,还可以考虑将城市、飞机场、核电站和废料处理工厂放在近海的漂浮平台上。由于海洋结构是处于恶劣的侵蚀性环

境中工作,因此采用耐久性好的、维修费用少的轻骨料混凝土作为海洋用结构材料,是较为合适和经济的。此外,混凝土材料的能耗低,约为钢材的 $1/4 \sim 1/6$ 。根据几十年来的实践应用,已经证明,在海洋结构中采用结构用轻骨料混凝土建造各种移动式 and 固定式漂浮平台、浮桥、船码头和大型地下混凝土管,更能显示出“轻”和“耐久”的特性来。海洋结构的发展也将为结构用轻骨料混凝土开辟一个更为广泛的应用领域。

1.4.2 在单层工业厂房中的应用

首先,在单层工业厂房中,国外将轻骨料混凝土多应用于梁、板、柱和屋架等预制构件中。如英国伦敦查尔顿波特食品分配中心,建筑面积 $198\text{m} \times 107\text{m}$,柱距 $24.6\text{m} \times 8.2\text{m}$ 的工程中,就是采用高为 2.4m 的成对预制粉煤灰陶粒混凝土空腹桁架建造的;澳大利亚蒂罗尔汽车制造厂的一个车间,覆盖面积为 4287m^2 的屋面,采用了 22.6m 钢绞线配筋的双坡预应力轻混凝土梁。目前,在美国的单层工业厂房中,占 45% 的双 T 板和 20% 的单 T 板采用预应力轻混凝土制造,并已作为定型标准产品。预应力轻混凝土双 T 板定型产品的最大跨度已达 30m ,单 T 板达 38m ,预应力轻混凝土单 T 板的非定型产品,最大跨度已达 45m 。

在俄罗斯采用轻骨料混凝土预制构件建造单层工业厂房,也取得了较好的技术经济效果。如古比雪夫一个三跨单层厂房,用 18m 预应力屋架、 12m 托架、矩形柱和 6m 长的屋面板建造,采用强度等级分别为 C40, C30 和 C20 陶粒混凝土,经济分析表明,主体结构降低投资 3.4%,减轻自重 30.5%,减少用钢量 8.8%,节省水泥 12.8%,减少劳动消耗 8.4%。

在我国采用轻骨料混凝土构件修建的单层工业厂房也日益增多,不少生产轻骨料的地区都有所采用。采用的轻骨料品种主要有黏土陶粒、页岩陶粒、粉煤灰陶粒、煤矸石、膨胀矿渣珠和浮石等。在构件类型上,天津推广应用的类型较多,如预应力大型屋面板、 18m

薄腹屋面梁、巨型工型及空腹双支柱、门式屋架、混合式 5 吨吊车梁和山墙柱等大部分工业厂房预制构件。又如辽宁阜新市构件公司,建成一幢跨度 15m 的单排架厂房,其柱、梁、屋面折板和吊车梁等全部采用煤矸石轻骨料混凝土建造。目前我国用轻骨料混凝土作工业厂房墙板较为普遍,特别在东北、华北地区,由于气候寒冷,利用轻骨料混凝土作装配式大型墙板较早。用轻混凝土制成的工业墙板在有采暖要求的保温车间外墙上使用,与砖墙或普通混凝土复合墙板相比,施工工艺简单,制作和运输吊装方便,可大大提高劳动生产率,具有较好的综合技术经济效益。

1.4.3 在多层建筑中的应用

国外轻骨料混凝土用于多层建筑的越来越多,特别是轻工业厂房在美国多采用轻混凝土双 T 板体系,英国则多采用升板体系。如在伦敦哈尔尼建造的升板体系,板厚为 24cm,采用密度为 1800 kg/m^3 ,强度为 280kPa 的轻混凝土。

在我国,北京一个果品仓库就是采用轻骨料混凝土的多层升板体系。目前,天津已将轻骨料混凝土用在大面积的夹层升板多层纺织工业厂房体系中。另外,我国还采用煤矸石混凝土修建多层建筑,如阜新市玻璃厂切装车间,为现浇多层框架结构,就是全部采用煤矸石混凝土建造的。1983 年,在天津建成了第一幢现浇轻骨料混凝土纯框架结构。其主楼为六层,局部为七层,建筑物总高为 26.52m,建筑面积为 3832 m^2 。

1.4.4 在大跨度结构屋盖上的应用

在大跨度结构屋盖中,自重往往占有很大比重,因此也较多地采用轻骨料混凝土来建造。使用的轻混凝土强度一般为 C30~C50,其结构的类型有壳体、大梁和悬索结构等。

德国一座边长为 90m 的正方形飞机库,要求无内柱,室内净空由地面到 5 吨悬挂吊钩不得低于 12.6m,根据飞行安全要求,屋脊标