

# 钢管混凝土结构

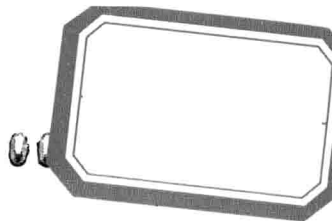
(研究生用)

钟善桐 编著

哈尔滨建筑工程学院

一九八三年五月





# 目 录

<b>第一章 绪论</b> .....	1
§ 1—1 发展概况.....	1
§ 1—2 钢管混凝土结构的特点.....	2
§ 1—3 钢管混凝土结构的应用.....	7
<b>第二章 材料</b> .....	16
§ 2—1 钢材性能.....	16
§ 2—2 混凝土的性能.....	19
§ 2—3 钢管规格和要求.....	27
§ 2—4 混凝土标号和要求.....	29
<b>第三章 轴心受压构件</b> .....	30
§ 3—1 关于轴压构件工作性能的几种不同观点和计算方法.....	30
§ 3—2 轴心受压构件的工作性能和破坏机理.....	32
§ 3—3 莫尔强度理论的应用.....	37
§ 3—4 轴心受压短柱承载力的计算.....	40
§ 3—5 影响因素的分析和实验验证.....	43
§ 3—6 用塑性理论确定极限承载力.....	47
§ 3—7 混凝土徐变、收缩和温度变化对构件工作的影响.....	51
§ 3—8 轴心受压柱的稳定承载力.....	57
<b>第四章 偏心受压构件</b> .....	69
§ 4—1 国内外对偏心受压构件的几种计算方法.....	69
§ 4—2 偏心受压构件的工作特点.....	72
§ 4—3 偏心受压构件的强度承载力.....	75
§ 4—4 偏心受压构件的稳定承载力.....	77
§ 4—5 格构式偏心受压构件.....	98
<b>第五章 刚度和变形计算</b> .....	101
§ 5—1 构件刚度的几种计算方法.....	101
§ 5—2 轴心受压单肢柱的刚度计算.....	102
§ 5—3 偏心受压单肢柱的刚度计算.....	108
§ 5—4 轴心受压组合柱的刚度计算.....	110
<b>第六章 钢管混凝土结构的构造和施工</b> .....	113
§ 6—1 钢管混凝土结构的构造要求.....	113
§ 6—2 桁架压杆的节点构造.....	114
§ 6—3 单层厂房排架组合柱的构造.....	115
§ 6—4 多层厂房及构架钢管混凝土柱的构造.....	121
§ 6—5 钢管混凝土结构的施工和质量检查.....	125

# 第一章 绪 论

## § 1—1 发 展 概 况

钢管混凝土结构是在劲性钢筋混凝土结构、螺旋配筋钢筋混凝土结构及钢管结构的基础上演变和发展起来的。

早期在欧美修建的摩天大楼采用了多层框架钢结构。为了防火要求，在钢梁和钢柱外面包上了混凝土。但长时期中并不考虑外包混凝土参加受力。

外包混凝土的钢柱的最早试验是 *Burr W.H.* 1908 年在纽约进行的，他发现由于混凝土的存在，柱子的强度提高了。以后进行这方面的试验的有 *Talbot A.N.* *Lord A.R.* 1912 年于依利诺斯；*Shank J.R.* 1927 年于沃海渥；*Mensch L.J.* (1930 年) 以及 *Stang A.H.* *Whittemore H.L.* 和 *Persons D.E.* 等 (1936 年)。欧洲约在同时期进行试验的有 *Saliger R.* (1931 年德国) 和 *Emperger E.F.* (1932 年)。试验都限于长细比小的轴心受压短柱，获得的承载力是钢截面承载力加上混凝土有效截面的承载力之和。图 1—1 示外包混凝土组合柱的实验结果。

英国 1948 年以前，对组合柱的设计规定了不考虑外包混凝土的作用。到了 1948 年，才在 *BS 449* 规范中允许考虑外包混凝土对截面刚度的增大作用，在截面回转半径计算中包括混凝土部分，但在面积计算中仍不考虑混凝土的作用。到 1956 年，先后对这种结构进行了更多的试验研究以后，才在 *BS 449* (1959) 规范中规定计入混凝土参加受力，取混凝土应力为钢的容许应力的十三分之一。

上述外包混凝土柱是在型钢截面外面包上混凝土，属于劲性钢筋混凝土结构。为了更多地提高其承载力，还出现了在外包混凝土中加配钢筋的截面型式。它们的计算都沿用了钢筋混凝土结构的计算方法。

在钢管结构得到采用以后，不久就出现了在钢管中填混凝土用作受压构件的钢管混凝土结构。从此，这种新型结构就在苏联和欧美各地逐渐地得到应用。例如苏联乌拉尔的伊谢特铁路桥，采用了钢管混凝土构件做拱形桁架的上弦杆和上部建筑的柱子，省钢 52%。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，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%。以及日本、瑞士等国都在输电跨越塔中采用了这种新型结构，如日本鸣门海峡

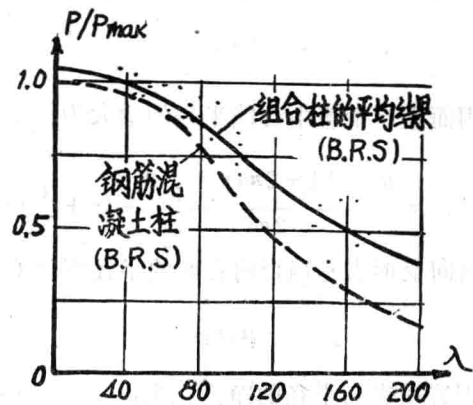


图 1—1 实验结果

的跨越塔等，取得了突出的经济效果。

在设计方面，美国制定的 *ACI* 规范 (*ACI* 318—63) 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 (*ACI* 318—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。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1979年作了修订。其他如苏联、英国、西德等国也都制订了这方面的设计规范或规程。所有这些国外资料表明，对这种新型结构的设计方法大都沿用了钢筋混凝土结构的设计传统，特别是采用了螺旋配筋混凝土结构的计算方法，提供了类似的计算公式。

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。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。到1963年以后，原建筑材料研究院、北京地下铁道工程局、哈尔滨建筑工程学院、电力工业部电力建设研究所以及中国建筑科学院结构所等单位都先后对基本构件的工作性能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所、冶金部冶金建筑科学研究所、北京钢铁设计院、原第六机械工业部第九设计院、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、首钢设计院、建设部第三工程局以及基建工程兵 000 一九部队等单位都积极地推广了这种新结构。到目前为止，在我国钢管混凝土结构已经在工业厂房、地下铁道工程、多层框架结构、高炉构架以及锅炉构架等方面获得了普遍的应用。

## § 1—2 钢管混凝土结构的特点

当钢管混凝土构件受轴向力  $N$  作用时，钢管和混凝土都发生纵向应变  $\varepsilon_1$ ，钢管中心线的伸长为：

$$\mu_g \varepsilon_1 \cdot 2\pi \left( r + \frac{t}{2} \right)$$

因而引起钢管中心线半径的增大为：

$$\delta_{1r} = \frac{\mu_g \varepsilon_1 \left[ 1 + 2\pi \left( r + \frac{t}{2} \right) \right]}{2\pi} - \left( r + \frac{t}{2} \right) = \mu_g \varepsilon_1 \left( r + \frac{t}{2} \right)$$

纵向变形引起钢管内表面的半径变化（缩小）为：

$$\delta_{2r} = -\mu_g \varepsilon_1 \frac{t}{2}$$

钢管内表面半径的净变化为：

$$\delta_r = \delta_{1r} + \delta_{2r} = \mu_g \varepsilon_1 r \quad (1-1)$$

但是，纵向变形引起混凝土外表面半径的增大为：

$$\delta_s = \mu_h \varepsilon_1 r \quad (1-2)$$

众所周知，钢材在弹性工作阶段时，它的波桑比变动很小，在 0.25~0.30 之间，因而可以认为是常数，取其平均值 0.283。而混凝土的波桑比  $\mu_h$  却随着纵向力的

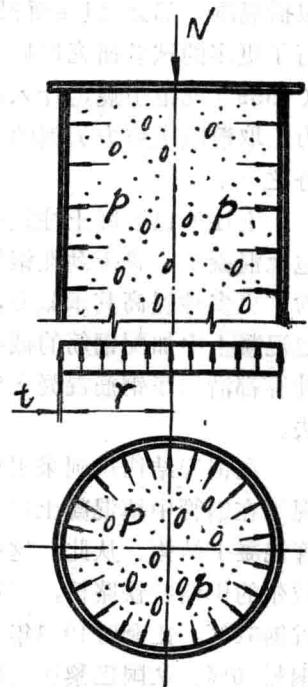


图1—2

增长而为变数，由低应力状态下的 0.167 左右逐渐增大到 0.5，当接近破坏阶段，由于混凝土内部纵向微裂缝的发展， $\mu_h$  将超过 0.5。对于钢管混凝土来说，在轴向压力  $N$  的作用下， $\mu_h$  逐渐增大，并且迅速地超过钢材的破柔比  $\mu_g$ 。

由公式(1-1)和(1-2)可见：当  $\mu_h = \mu_g$  时， $\delta_r = \delta_s$ ，混凝土和钢管的径向变形一致，相互间不产生任何作用力 ( $p = 0$ )。当  $\mu_h > \mu_g$  时， $\delta_r < \delta_s$ ，钢管限制了混凝土的径向变形，根据变形协调关系，钢管产生环向拉力，而混凝土却受到径向和环向的压力作用。当  $\mu_h < \mu_g$  时， $\delta_r > \delta_s$  由于钢管混凝土之间有粘结力，得到相反的应力状态，钢管产生环向压力，而混凝土受到径向和环向的拉力作用。

图1-4a 所示为钢管的波柔比变化；图中b 示核心混凝土波柔比的变化；图中c 则为产生紧箍力的示意图。图1-5为钢管进行退火后的情况。

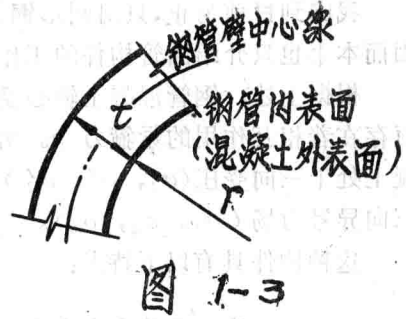


图 1-3

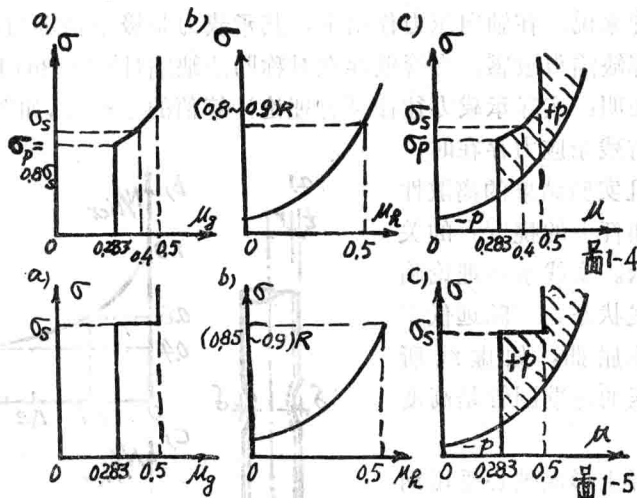


图1-6示方形管和八角形管的紧箍力分布情况。对于方形管来说，在紧箍力作用下，管壁受弯而变形，紧箍力集中在四个角上，分布很不均匀，因而效果不大。但这种截面易于和梁相连。八角形管就大大改善了紧箍力的分布，其工作和圆管接近。

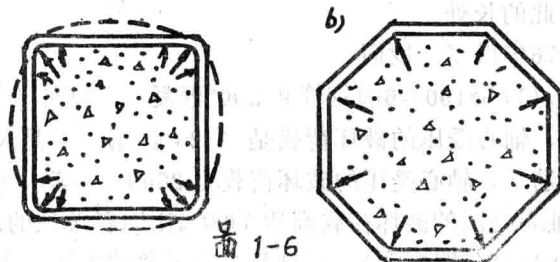


图 1-6

我国到目前为止,只对圆形钢管混凝土构件进行了系统和深入的研究,并推广应用。因而本书也只介绍圆管构件的工作性能和设计与计算。

根据上述,钢管混凝土轴心受压构件在设计荷载作用下,在钢管和核心混凝土之间恒存在着相互作用的紧箍力  $p$ 。由于  $p$  的存在,核心混凝土处于三向受压( $\sigma'_1, \sigma'_2, \sigma'_3$ ) 状态,而钢管则处于三向异号力场( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ )。

这种构件具有以下特点:

### 1. 构件承载力大大提高

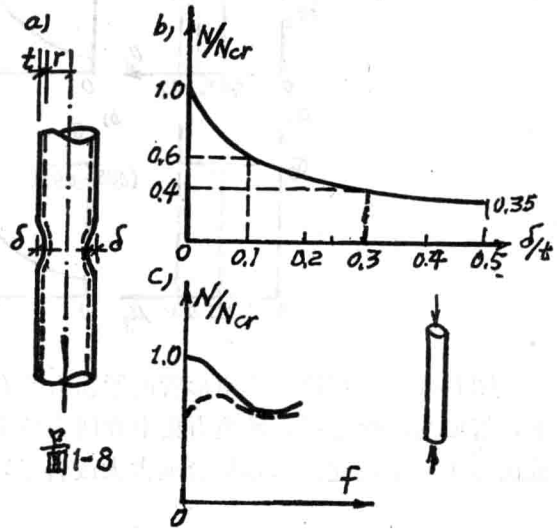
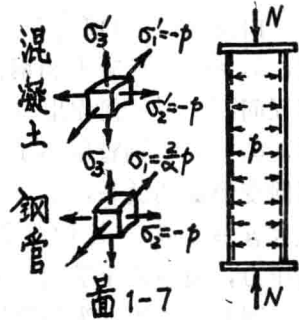
众所周知,任何物体在三向压力作用下将改变其工作性能,即使是脆性的花岗岩,在三向等压力的作用下,其承载力也将大为提高。

由于三向压应力的作用,使混凝土的工作性能发生了质的变化,不但提高了承载力,而且还增大了极限压缩应变。这是钢管混凝土结构所以区别于其他结构的根本原因。

对于薄壁钢管来说,在轴向压力作用下,其承载力是极不稳定的,远比理论计算值低。因为它对局部缺陷很敏感。当管壁存在对称凹凸缺陷(图 1—8a)时,稳定承载力就大大下降。实验证明:实际承载力往往只有理论计算值的  $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ ,如图 1—8b 所示。如系不对称缺陷,又有残余应力存在时,影响则更大,且实验结果的离散性也很大。临界力和杆中的挠度  $f$  的关系如图 1—8c 所示。实线示达理论临界力后屈曲的发展状态,实际远低于理论临界力就发生屈曲,如虚线所示。因此轴心受压的薄壁圆管是高度不稳定的。

当管中灌混凝土形成轴心受压钢管混凝土构件后,钢管保护了混凝土,使它三向受压,延缓了受压时的纵向开裂;而混凝土却保证了薄壁钢管的局部稳定,相互弥补了彼此的弱点,却充分发挥了彼此的长处。

哈尔滨锅炉厂 1976 年做了一次简单的对比试验,采用  $A3F \phi 400 \times 6$  的钢管和 300# 混凝土,试件长 3180mm。做了三组试件,第一组是空钢管,轴心受压的破坏荷载是 142t。第二组是大小为管内径的素混凝土柱(有少量构造配筋),轴心受压的破坏荷载为 266t。第三组是把混凝土灌入钢管中的钢管混凝土柱,轴心受压的破坏荷载高达 708t,比二者单独的承载力之和 300t,是二者承载力之和的 173%(图 1—9)。这只是一次形象的比较,根据很多设计和试验结



果，都充分证明了这种新型结构的承载力确实大大提高。

## 2. 具有良好的塑性和韧性性质

众所周知，混凝土接近于脆性材料，破坏时属于脆性破坏。但核心混凝土在钢管的约束下，不但使用阶段工作时改善了它的弹性性质，而且破坏时产生很大的塑性变形。试验结果表明，钢管混凝土柱破坏时可以压缩到原长的 $\frac{2}{3}$ ，完全没有脆性破坏的特征（如图1—10a）。剖开钢管后，内部混凝土顺着钢管的变形趋势，也形成显著的鼓曲状态，表皮仍光滑完整，并未粉碎松散（图1—10b）。显然，处于钢管中的核心混凝土，已经由脆性破坏转变为塑性破坏，在基本性质方面起了质的变化。整个构件呈现着弹性工作塑性剪切破坏的特征。

此外，这种新结构在承受冲击和振动荷载时，也具有很大的韧性，十分安全可靠。

## 3. 经济效果显著

和钢结构相比可节约钢材50%，造价也可降低。例如1976年建成的辽化热电分厂八号锅炉构架柱和原设计的钢柱相比，节约钢材51%，降低造价44.8%；和钢筋混凝土结构

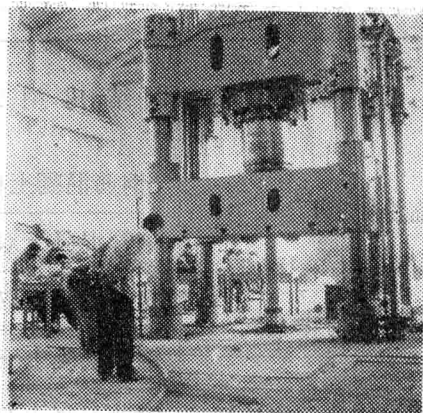


图1—9

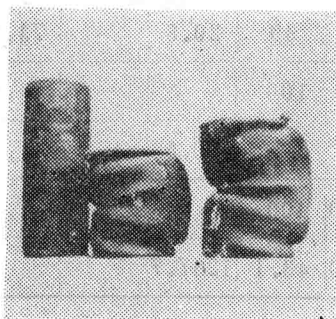


图1—10a

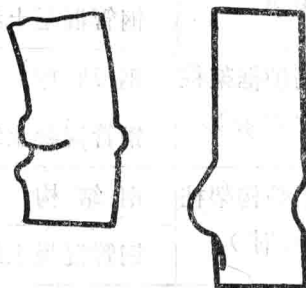


图1—10b

相比，不需要木模板，节约混凝土50%以上，减轻结构自重50%以上，而耗钢量和造价略多或约略相等。1978年建成的哈尔船舶修造厂船体结构车间可作为典型的例子：和钢筋混凝土柱相比，节约木材100%，混凝土80%，减轻自重69.6%，而耗钢量和造价却相等。表1—1示一些已建成工程的经济效果的比较。

## 4. 施工简单，可大大缩短施工工期

这种结构组成组合柱时，缀材也采用空钢管，和普通组合钢柱相比，不用节点板，



表1—1

工程名称	结构型式	用钢量		混凝土用量		自重	
		公斤	%	立方米	%	吨	%
临汾钢铁厂	钢筋混凝土柱	422	100	1.98	100	5.26	100
	钢管混凝土双肢柱	450	107	0.44	22	1.46	28
本钢钢锭模车间	钢管混凝土双肢柱	1880	100	7.3	100	20	100
	钢管混凝土三肢柱	2320	123	1.84	25.2	6.8	34
哈尔滨船舶修造厂船体结构车间	钢筋混凝土双肢柱	2600	100	10	100	25	100
	钢管混凝土三肢柱	2600	100	2	20	7.6	30.4
武昌造船厂船体结构车间	钢柱	4500	195	/	/	45	44
	上部钢柱下部钢筋混凝土柱	2300	100	35	100	103	100
	钢管混凝土四肢柱	2100	91	7.55	22	40	39
苏联谢米卢斯克工厂	钢筋混凝土柱	1207	100	5.0	100	13	100
	钢管混凝土三肢柱	803	67	0.5	10	2	16
辽化热电分厂8#锅炉构架	钢结构	42500	100			42.5	100
	钢管混凝土结构	20800	49	20.8		73.24	174.5
首钢2*高炉框架柱(1327立方米)	钢结构	23700	100				
	钢管混凝土结构	15810	66.7	19.6			
六十万瓩锅炉构架柱(2050吨/时)	钢结构	1450,000	100				
	钢管混凝土结构	625,000	43.1	1267.7			

焊缝短，而且柱脚特别简单，可以直接插入混凝土基础的预留杯口中，免去了繁杂的柱脚构造（图 1—11）。和钢筋混凝土结构相比，免除了支模、绑扎钢筋和拆模之繁。同时由于自重的减轻，大大简化了吊装工作。在北方寒冷地区还可以冬季安装空钢管组成构架，而在开春后灌混凝土，以加快建设速度。

钢管混凝土结构由于具有以上特点，因而特别适用于轴心受压。也可用作小偏心受压构件。当偏心较大时，宜做成格构式的缀条组合柱，把弯矩转变成轴向力，使这种结构可

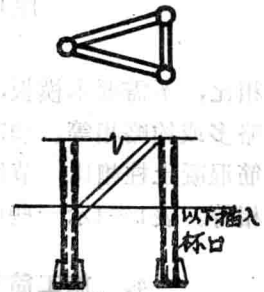


图 1—11

以充分发挥其特点。

由于钢管混凝土结构的出现，解决了我国建筑工程中长期存在而未能解决的“胖柱”问题，从而提高了建筑水平。

### § 1—3 钢管混凝土结构的应用

这种结构在我国目前应用于下列方面：

1. 单层工业厂房排架柱。到目前为止，这是国内采用钢管混凝土构件最多的方面之一，因为排架柱属于偏心受压构件，因而都采用格构式缀条组合柱。早期工程有鞍山混凝土制管车间，采用了钢管混凝土三肢柱(图1—12)；天水某厂 $L=15m$ 三等跨无吊车厂房，采用 $\phi 280 \times 2.5$ 钢管，灌300#混凝土的单肢柱，柱高6m；临汾钢铁厂洗煤车间受煤坑采用了 $\phi 219 \times 4$ 的钢管混凝土双肢柱(北京钢铁设计研究总院设计)等。近期工程有1969年建成的6848厂某车间，采用了钢管混凝土三肢组合排架柱(图1—13)；1972年

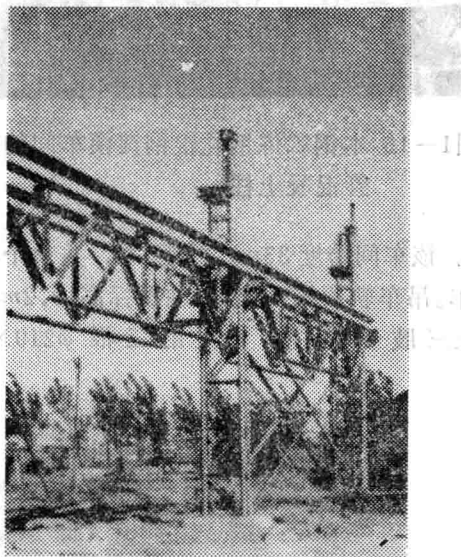


图1—12 鞍山混凝土制管车间的施工情况

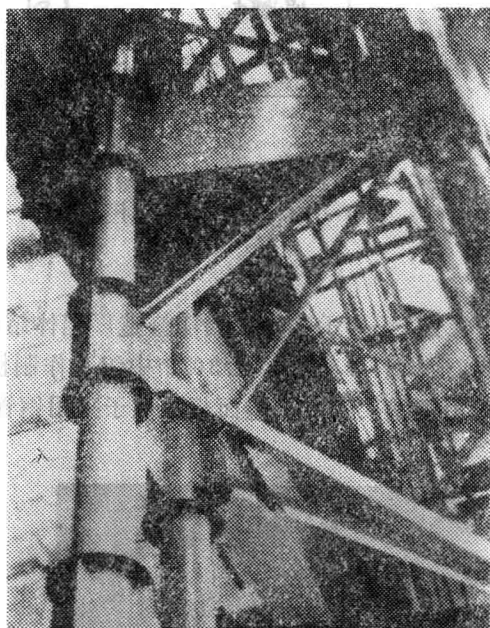


图1—13 6848厂某车间采用的钢管混凝土组合柱

建成的本溪钢铁公司二炼钢轧辊钢锭模车间，采用了钢管混凝土四肢组合排架柱；以及1978年建成的哈尔滨船舶修造厂船体结构车间，采用了钢管混凝土三肢组合排架柱等。

本溪钢铁公司二炼钢轧辊钢锭模车间跨度为24m，柱距6m，设有起重量 $Q=100/20t$ 及50/10t重级工作制的桥式吊车，轨顶标高11.5m，柱顶标高15.8m。屋盖采用预应力钢筋混凝土屋架和屋面板，并采用了预应力钢筋混凝土吊车梁。

钢管混凝土柱由四根 $\phi 219 \times 5$ 的螺旋焊接管组成，截面尺寸为 $1240 \times 400\text{mm}$ ，腹杆用 $\phi 89 \times 3$ 的直缝焊接空管，直接和柱肢对接焊接（图1—14）。图1—15示柱子安装就位的情况。

该车间于1972年建成投产。由于设计经验不足，安全度较大，因而用钢量较多，但混凝土用量却节省了78%，自重减少了72%，见表1—1。

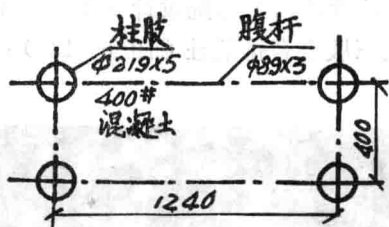


图1—14 四肢柱截面尺寸

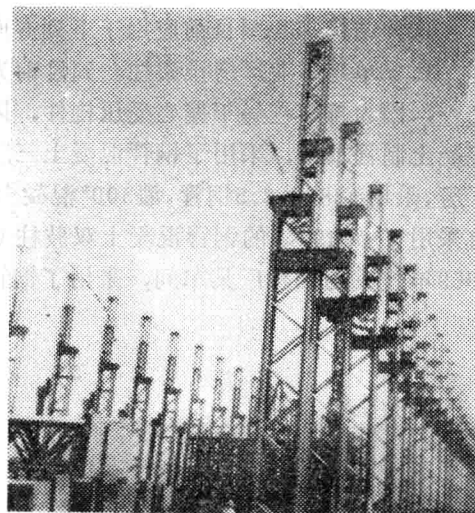


图1—15 本钢二炼钢轧辊钢锭模车间的钢管混凝土柱

图1—16示哈尔滨船舶修造厂船体结构车间。该车间跨度 $33\text{m}$ ，柱距 $6\text{m}$ ，共14个柱步，全长 $84\text{m}$ ，备有二台 $30/5\text{t}$ 中级工作制桥式吊车。吊车轨顶标高 $16\text{m}$ ，柱顶标高 $19.2\text{m}$ 。采用钢屋架和大型屋面板，柱子采用钢管混凝土三肢组合柱。下柱用三根 $\phi 219 \times 6$

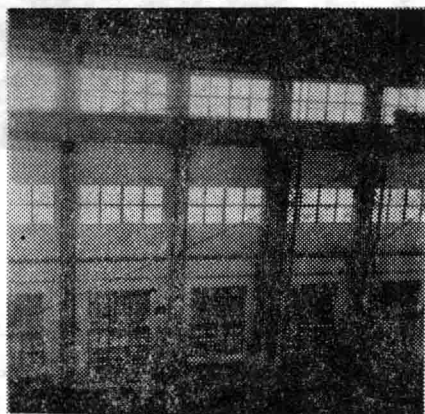


图1—16 哈尔滨船舶修造厂船体结构车间

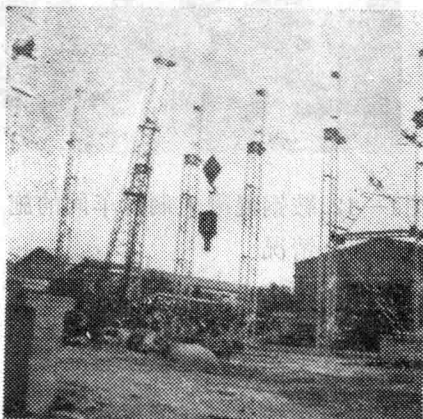


图1—17 哈船厂船体结构车间钢管混凝土柱吊装情况

钢管组成，上柱用一根  $\phi 219 \times 6$  和两根  $\phi 114 \times 4$  钢管组成，都系 3 号钢，内灌 400# 混凝土，腹杆用  $\phi 89 \times 3$  空钢管。图 1—17 示哈船体结构车间钢管混凝土柱吊装情况。正如前面已经介绍过的，哈尔滨船舶修造厂船体结构车间采用钢管混凝土柱的经济指标很好，和原设计的钢筋混凝土双肢柱相比，节省木材 100%，节省混凝土用量 80%，减轻自重 69.6%，而用钢量相等。这一经济效果的取得，主要是采用了三肢组合柱。竣工后，对排架进行了刚度测试，结构刚度完全满足要求。该车间于 1978 年建成。

此外，天津新河船厂某车间的大型墙板结构中采用了三肢钢管混凝土组合柱作为墙架柱，该工程于 1977 年建成。

图 1—18 示 1980 年建成的安徽枞阳船厂船体结构车间。为一双跨厂房，边柱采用三肢柱，中柱为四肢柱。

1980 年吉林市建成了种籽厂种籽处理车间（图 1—19）及造纸厂碱炉电站工程都采用了钢管混凝土组合柱。

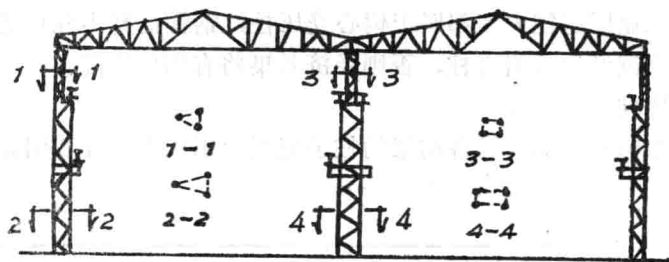


图 1—18 枞阳船厂船体结构车间

1982 年设计的武昌造船厂船体结构车间，采用  $\phi 351 \times 7$  四肢组合柱，外形尺寸  $2 \times 2m$ ，400# 混凝土，双跨， $L = 30m$ ，柱间距  $24m$ ，75t 中级工作制桥式吊车，轨顶标高  $24m$ 。材料消耗见表 1—2。于 1983 年初建成。

总之，到 1982 年底止，建成的采用钢管混凝土柱的各类车间已将近二十个。跨度由  $24m$  到  $33m$ ；柱高超过了  $20m$ ，车间中的桥式吊车起重量达到了  $100t$ 。而且还在不断地扩大中。

## 2. 多层工业厂房柱：

从 1978 年开始，在我国有不少设计部门尝试着在多层工业厂房中采用钢管混凝土柱，并已先后完成了几个较大的工程设计。其中于 1982 年下半年完工的上海国锦三十一厂，如图 1—20 所示。系双跨三层框

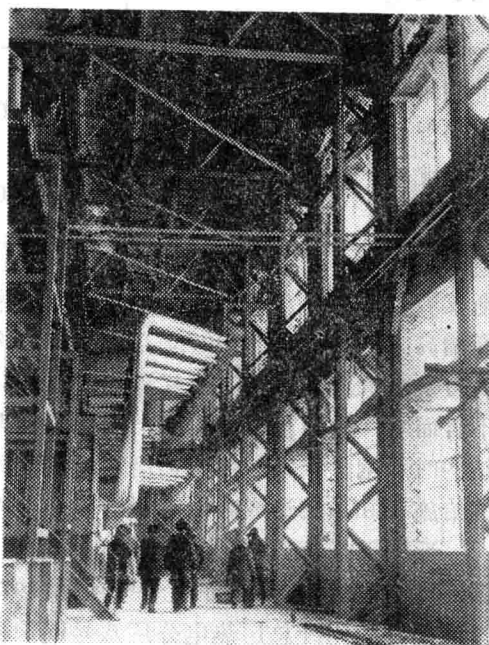


图 1—19 吉林种籽厂种籽处理车间

架，采用 $\phi 377 \times 5$  (A3F) 的单肢柱，内灌300#混凝土。

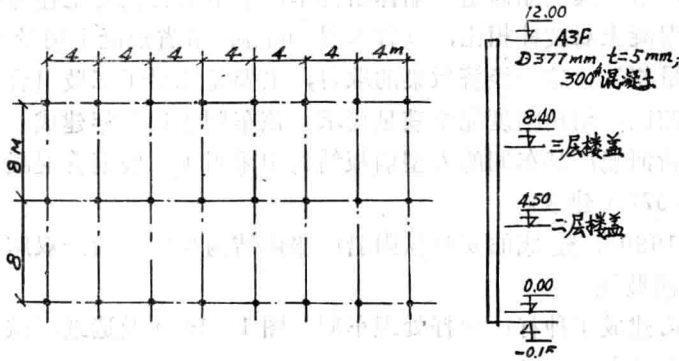


图1—20

当然，多层工业厂房柱大多都属于偏心受压柱，钢管混凝土柱只适于小偏心受压，当偏心较大时，应该设计成组合柱，否则经济效果将有明显下降。

### 3. 设备构架柱

钢管混凝土结构做为各种设备构架的柱子应用于工程中，在我国是最近十几年来逐

表1—2

材料指标 柱子类型	钢 材		水 泥		木 材		混 凝 土		自 重	
	t	%	t	%	m <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup>	%	t	
钢 柱	45	214	—	—	—	—	—	—	45	
上柱钢柱,下柱 钢筋混凝土柱	23	110	12	406	2.31	—	35	460	103	
钢管混凝土四 肢柱	21	100	2.95	100	—	—	7.55	100	40	

渐发展起来的。众所周知，由于生产技术的不断发展，一些大型设备的构架高度也在逐渐增高。例如容积为1327立方米的高炉构架的顶部标高为40.8m，而设计用于六十万瓩火力发电机组，每小时蒸气蒸发量为2050吨的塔式锅炉构架的顶部标高竟达105.64米。不言而喻，由于构架的增高，荷载的加大，构架柱的截面也势必随之增大。当采用全钢结构时耗钢量很大，如果仍沿用钢筋混凝土结构，则由于构架高、截面大、构件重，往往给施工和吊装造成难以克服的困难。因此，最合理的是采用钢管混凝土构架柱。

近些年来，一些单位在推广应用钢管混凝土构件做为构架柱方面取得了可喜的成绩。据不完全统计，主要有如下一些项目：1972年投产的首都钢铁公司四号高炉构架；1976年投产的辽阳化纤总厂热电分厂八号锅炉构架；1978年投产的福建杏林、河南周口、许昌等电厂的BG—130/30—M中容量锅炉构架，高约27米，平面尺寸9×9m，采用 $\phi 500 \times 8$

螺旋焊接管，比钢构架省钢20~30%；以及1979年建成的首钢二号高炉构架等。

HG220/100—5型锅炉构架材料用量比较（辽化热电厂）

表1—3

型 式	钢 材			混 凝 土				总 造 价	
	t	单 价 元/t	价 值 元/t	m <sup>3</sup>	单 价 元/m <sup>3</sup>	浇 灌 工 元/m <sup>3</sup>	起 吊 工	元	%
7号锅炉钢构架	42.5	1500	63000	—	—	—	—	63000	100
8号锅炉钢管混凝土构架	20.8	1500	31200	21.4	141.7	10.0	240	34780	55.2

火力发电厂锅炉构架以往多采用钢结构或钢筋混凝土结构，近年来发展了全悬吊或半悬吊式锅炉。由于悬吊式锅炉的锅炉构架所受的荷载大部分由柱顶直接传递，构架柱受轴向压力，因而适宜选用钢管混凝土结构。

BG-130/39-M 锅炉为燃煤通用化悬吊锅炉。炉膛断面为正方形6.336×6.336米。正四角布置燃烧器，因此，锅炉构架柱不能紧贴炉体，柱距较大，设计为9.5×9.3米。构架柱高27米（图1—22示 BG—130/39—M 锅炉构架结构简图）。锅炉本体的重量通过吊杆、顶板梁传到四根钢管混凝土柱上。尾部对流受热面系用迭置式，设在六米高的尾部构架上。炉室构架除后墙平面上部由于水平烟道需要通过不能在柱内侧设置斜杆，而改在柱外侧设置风撑外，其它各层均设置斜杆构成多层空间桁架。

钢管选用直径为φ529×8mm的螺旋焊接管，材质为A3F，管内灌350#混凝土，斜杆为[20a焊接而成。图1—21为BG—130/39-M 锅炉构架的施工情况。

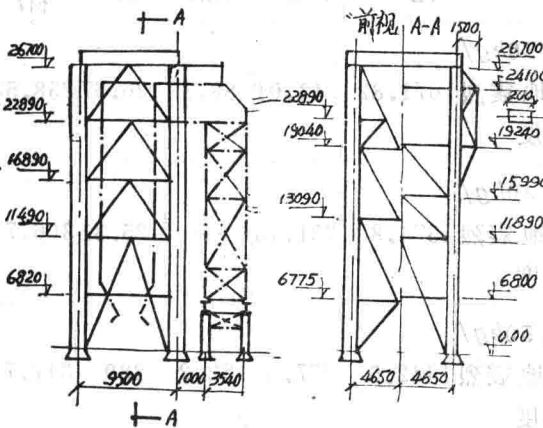


图1—22 锅炉构架结构简图

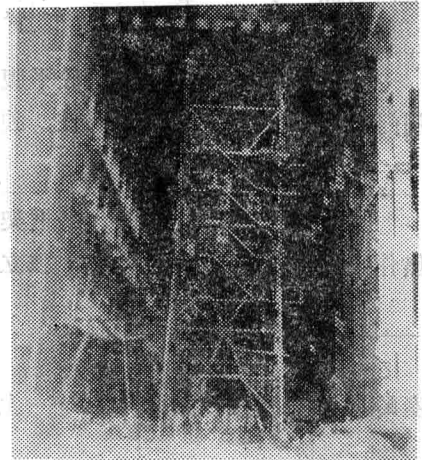


图1—21 BG-130/39-M 锅炉构架的施工情况

1981年九月在哈尔滨化工区电厂建设中，也采用了钢管混凝土锅炉构架。

值得特别提出的是1982年建成的湖北荆门热电厂的锅炉构架，如图1—23和1—24所示。采用平腹杆式双肢柱，柱宽1.8m，柱长49.303m。柱肢采用16M<sub>n</sub>钢 $\phi 800 \times 12$ 焊接

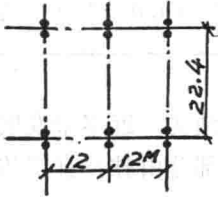


图1—23

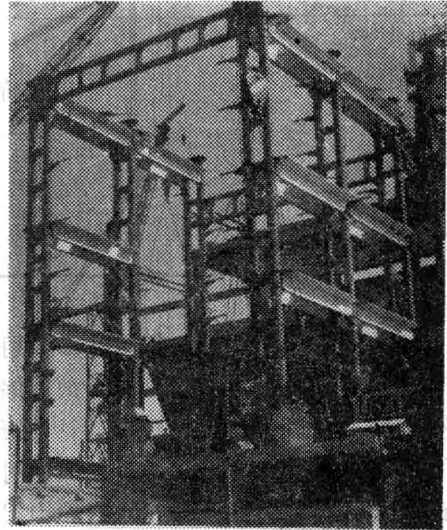


图1—24 (荆门热电厂照片)

管，平腹杆 $\phi 720 \times 10$ ；柱肢内灌400<sup>#</sup>混凝土。这是目前国内最大的钢管混凝土锅炉构架。

670吨/小时锅炉构架材料用量比较表

表1—4

工程名称	炉型	构架型式 及布置	设计条件	材 料 用 量				
				砼 $m^3$	钢筋 $t$	型钢 $t$	埋件 $t$	总计 钢材 $t$
荆门二期	HG-670/140-8型汽包露天炉	钢管砼平腹杆双肢柱，独立布置	风压30kg/ $m^2$ 地震烈度6度	671.82	43.04	188.88	26.67	258.58
焦作一期	HG-670/140-5型汽包露天炉	R、C框架式构架，独立布置	风压40kg/ $m^2$ 地震烈度7度	1574.88	281.43	—	25.31	306.74
秦岭二期	DG-670/140-4型汽包露天炉	同上	风压50kg/ $m^2$ 地震烈度8度	1442.5	277.5	62.2	280	317.70
锦州工程	HG-670/140-7型汽包室内炉	同上	风压50kg/ $m^2$ 地震烈度7度	1982	304	—	—	304.0

续表1-4

工程名称	炉型	构架型式及布置	设计条件	材 料 用 量				
				砼 $m^3$	钢筋 $t$	型钢 $t$	埋件 $t$	总计钢材 $t$
马头三期	TII E-670/140型苏制T型汽包露天炉	钢 构 架 独立布置	风压 50kg/ $m^2$ 地震烈度 8 度	—	—	732.61	—	732.61
陡河三期	HG-670/140-6型汽包燃煤露天炉	同 上	风压 40kg/ $m^2$ 地震烈度 8 度	—	—	416.66	—	461.66

到目前止，国内已建成的钢管混凝土锅炉构架已有十几个。北京锅炉厂、中南电力设计院以及前国家建工总局第三工程局等单位在这方面作出了贡献。

高炉构架在以往设计中都采用全钢结构，首都钢铁公司四号高炉构架却首次采用了钢管混凝土柱作高炉构架柱，与型钢梁及型钢支撑共同组成空间桁架式构架。构架柱距为 $14 \times 14m$ ，构架柱高 $26.3m$ 。在标高 $17.7m$ 以上部分，柱直径为 $0.7m$ ，钢管壁厚 $12mm$ 。标高 $8.9m$ 至 $17.7m$ 部分，柱直径 $1m$ ，壁厚 $14mm$ 。钢管内均填 $300\#$ 混凝土。标高 $8.9m$ 以下为钢筋混凝土结构。图1-25为炉体框架简图。

黑龙江省新华电厂二十万瓩加热器平台采用钢管混凝土结构做支柱，已建成投产。平台布置如图1-26所示。这是一个由钢管混凝土柱、钢梁、现浇钢筋混凝土平台板组

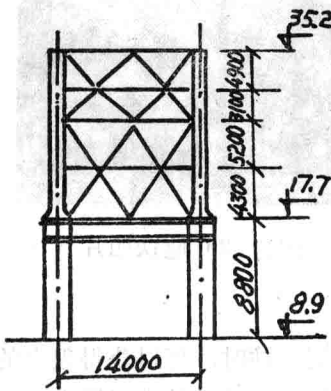


图1-25 首钢四号高炉构架

成的混合结构。平台分上下两层，下层标高 $5m$ ，上层标高 $10m$ 。使用荷载分别为 $400kg/m^2$ 和 $1000kg/m^2$ 。钢管混凝土柱采用 $\phi 300 \times 6mm$ 钢管，内填 $300\#$ 混凝土。上述荆门热电厂的加热器平台也采用了钢管混凝土构件做支柱。

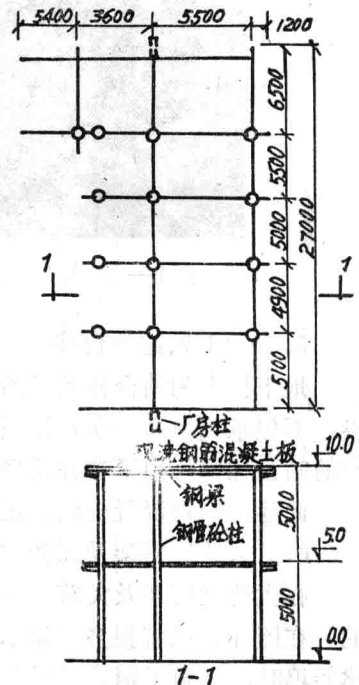


图1-26 新华电厂加热器平台柱



此外，江西德兴铜矿在矿槽构架中开始采用钢管混凝土柱。这类结构荷载大，且轴心受压，因而采用钢管混凝土柱是很合宜的。

#### 4. 输电杆塔：

档距大的高压输电杆塔或微波塔，都可采用钢管混凝土构件作立柱，可以取得节约钢材的经济效果。特别是跨距大的跨越塔架，经济效果就更为显著。例如日本跨越鸣门海峡的输电塔架，高140m，跨越档距达1700m，就采用了钢管混凝土构件做立柱。1979年华东电力设计院设计的500KV门式变电构架采用了钢管混凝土A形柱(图1—27)，取得了较好的经济效果，并通过真形试验鉴定，工作安全可靠，已经决定在电力部系统中推广采用。

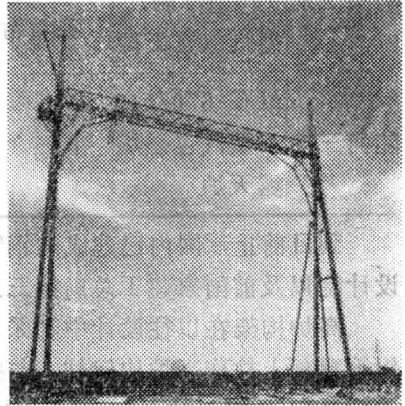


图1—27

随后，吉林省于1980年也在蛟白220KV线路中的终端塔采用了钢管混凝土A形柱， $\phi 245 \times 4$  灌300#混凝土，钢材用A3F。比全钢塔节约钢材50%，节省投资30%。如图1—28所示。

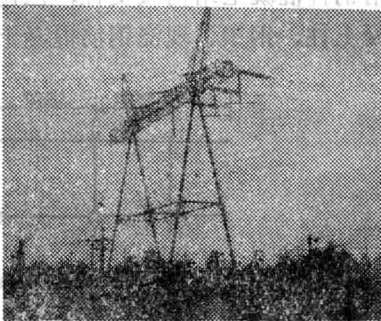


图1—28 蛟白线终端塔

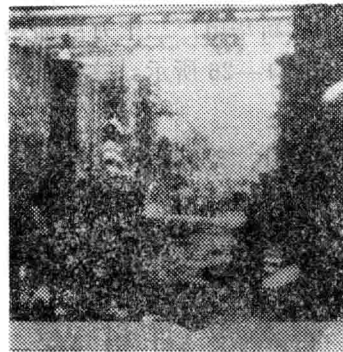


图1—29 地铁照片

#### 5. 地下铁道站台柱

地下铁道的站台柱承受的压力很大，采用钢管混凝土柱时，可以获得很大的经济效果，不但承载力高，而且体积小，扩大了使用空间。例如，首都地铁二期工程中几乎所有的站台柱都采用了这种新型结构。图1—29是正在施工时的情况。

此外，钢管混凝土结构还可用于以承受冲击荷载为主的各种地下防护工程中。

#### 6. 大跨度桁架及拱的主要压杆

在大跨度桁架及大跨度拱中，主要压杆受很大的压力，采用钢管混凝土构件是合理的。在国外，已有很多实际采用的例子。例如第一章中已经提到过的，比利时1961年修建船坞时，采用了钢管混凝土构件做桁架压杆和立柱，比普通钢桁架省钢40%。

我国吉林省吉林市造纸厂1981年新建的碱炉电站工程中，就在屋架的上弦杆采用了