



CECS 58 : 94

中国工程建设标准化协会标准

# 混凝土电视塔施工技术规程

中国建筑资讯网

[www.sinoaec.com](http://www.sinoaec.com)

中国工程建设标准化协会标准

# 混凝土电视塔施工技术规程

**CECS 58:94**

主编单位:中国建筑科学研究院建筑机械化研究所

批准部门:中国工程建设标准化协会

批准日期:1 9 9 4 年 6 月 2 8 日

# 前 言

现批准《混凝土电视塔施工技术规程》CECS 58:94 为中国工程建设标准化协会标准,推荐给各有关单位使用。在使用过程中,请将意见及有关资料寄交河北省廊坊市金光道 61 号中国建筑科学研究院建筑机械化研究所(邮政编码:102849),以便修订时参考。

中国工程建设标准化协会  
1994 年 6 月 28 日

中国建筑资讯网

www.sinoec.com

# 目 次

1	总 则 .....	(1)
2	术 语 .....	(2)
3	混凝土结构施工 .....	(5)
3.1	一般规定 .....	(5)
3.2	混凝土材料的选择 .....	(5)
3.3	基础施工 .....	(6)
3.4	筒体结构施工 .....	(7)
3.5	塔楼及混凝土桅杆支承结构施工 .....	(10)
4	塔楼及桅杆钢结构施工 .....	(12)
4.1	钢结构制作 .....	(12)
4.2	塔楼钢结构安装 .....	(13)
4.3	钢桅杆安装 .....	(14)
5	垂直运输机械 .....	(16)
5.1	垂直运输机械选择原则 .....	(16)
5.2	垂直运输机械与设备 .....	(17)
5.3	垂直运输机械的高空拆除 .....	(18)
6	施 工 测 量 .....	(19)
6.1	一般规定 .....	(19)
6.2	施工控制测量 .....	(19)
6.3	筒体结构施工放样 .....	(20)
6.4	筒体施工中的日照变形观测 .....	(21)
6.5	沉降观测 .....	(22)
7	预应力施工 .....	(23)
7.1	埋 管 .....	(23)
7.2	下料及穿束 .....	(23)
7.3	张 拉 .....	(24)

7.4	预应力孔道摩阻损失试验	(24)
7.5	灌 浆	(25)
8	季节性施工	(27)
8.1	一般规定	(27)
8.2	冬期施工技术措施	(27)
8.3	雨季和炎热天气的施工技术措施	(28)
9	施 工 安 全	(29)
9.1	一般规定	(29)
9.2	地面安全措施	(29)
9.3	操作安全措施	(30)
9.4	消防安全措施	(31)
附录 A	引用规范与标准	(32)
附录 B	本规程用词说明	(33)
附加说明		(34)

# 1 总 则

**1.0.1** 为使混凝土电视塔施工有章可循,做到技术先进,确保工程质量,安全生产,经济合理,特制定本规程。

**1.0.2** 本规程适用于高度为 **450m** 以下的混凝土电视塔施工。

**1.0.3** 本规程未涉及事项,仍须遵守现行有关工程建设规范及有关规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 混凝土电视塔

塔结构采用钢筋混凝土或预应力混凝土材料的自立式电视塔。

### 2.0.2 塔 基

电视塔基础的简称。泛指零米以下的塔结构,特指直接与地基接触的结构,如圆板、环板、桩及承台等。

### 2.0.3 塔 座

又称裙房。一般指地面部分及与塔身相联系的多层或单层建筑(包括地下室)。

### 2.0.4 塔 身

又称筒身、塔肢等。指塔基以上、桅杆以下,具有闭合空腔的单独或多个筒体组合的竖向承重结构。截面形式一般有环形、多边形及组合形式,塔身为塔楼及桅杆的支承结构。

### 2.0.5 塔 楼

在高空支承于塔身上的楼层建筑,供布置发射机房、安置传输设备及开展旅游、综合利用等项目使用。

### 2.0.6 梯 井

为安排电梯、楼梯及设备井道的竖向筒体结构。也可不专设而利用塔身布置。

### 2.0.7 桅 杆

安装发射天线的竖向结构,支承于塔身顶部,由多节混凝土筒体结构或钢结构筒体组成。钢桅杆也有采用格构式结构。

### 2.0.8 筒体结构

闭合空腔的竖向结构。一般为塔身、梯井、混凝土桅杆的总称。

## 2.0.9 筒壁

筒体结构的壁板。

## 2.0.10 桅杆支承结构

塔身顶部的穹顶结构,如桅杆基座。有截面多变化,混凝土体积大、钢筋密集、预埋件多等结构特点。

## 2.0.11 滑框倒模工艺

由液压滑升平台、模板约束系统及工具式模板组成的模板工艺。区别于滑模工艺的是液压平台不带动模板向上滑动。平台提升到位后再安装模板,并拆除下层模板。

## 2.0.12 提模工艺

属移置式模板工艺。模板由起重机具提升或挂靠于平台上,随平台整体提升到新模位。

## 2.0.13 爬模工艺

也属移置式模板工艺。由提升架及机具、模板、附墙连接体等组成。模板与提升架配套并附着于混凝土筒壁上,相互提升,交替向上。

## 2.0.14 日照变形观测

塔身及桅杆结构,因日照变化而发生温度变形。对此变形在一昼夜内的动态变化进行观察、测量及分析工作。

## 2.0.15 相对工作基点

根据地面控制网的坐标系统,在筒体某一高度处建立新的平面坐标系统,并以该系统为基点,控制一定范围内的施工放样。该坐标系统即为相对工作基点。

## 2.0.16 中心线垂直度偏差

任意高度截面处,筒体结构的中心点偏离理论中心线的水平距离。

## 2.0.17 综合蓄热法

对混凝土原材料加热,掺外加剂和模板保温并用的一种冬期施工方法。



## 2.0.18 随升暖棚法

对整体上升平台的下部模板进行封闭保温,并有热源供暖以养护筒壁混凝土的一种冬期施工方法。

## 3 混凝土结构施工

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 混凝土电视塔的施工技术有以下主要特点：

**3.1.1.1** 超高空施工，作业面小，受自然气候影响大，安全防护难；

**3.1.1.2** 施工作业和工程质量受风、雨、日照、温差等多种动态作用的影响；

**3.1.1.3** 对施工测量、支模技术、钢结构安装、预应力工艺及施工垂直运输机械等均有特殊要求。

**3.1.2** 设计对施工的要求有以下主要特点：

**3.1.2.1** 施工与设计密切配合，确保质量，维护工程总体效果，提高综合效益；

**3.1.2.2** 改善施工工艺和技术装备，适应工程需要；

**3.1.2.3** 保证混凝土筒体结构的整体性，控制施工误差和塔身外观质量。

**3.1.3** 根据混凝土电视塔的不同规模和结构特点，一般分为塔基、塔座、塔身(含梯井)、塔楼、桅杆等五部分。

**3.1.4** 施工前必须认真做好各项准备工作，要充分了解设计意图，调查工程环境条件，研究确定施工技术方案，认真编制施工组织设计和主要分部分项施工方案。施工组织设计必须报上级主管部门审批。施工中应严格按施工组织设计和施工方案执行，不得随意更改。

### 3.2 混凝土材料的选择

**3.2.1** 混凝土原材料应符合下列要求：

**3.2.1.1** 水泥应符合《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175—85 及《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》GB1344—85 的要求。

**3.2.1.2** 粗、细骨料应符合《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52—92 及《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53—92 的要求。

**3.2.1.3** 混凝土外加剂的使用应遵守《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ119—88 的规定。

**3.2.1.4** 拌合用水等其他有关事项应遵守《混凝土工程施工与验收规范》GBJ50204—92 的规定。

**3.2.2** 塔体结构所用钢筋、钢绞线、钢丝及其他结构钢材的质量，应符合国家标准和冶金工业部的有关标准要求。

### 3.3 基础施工

**3.3.1** 混凝土电视塔基础一般为深基础，主要指厚大体积混凝土底板或桩基等。施工前必须制定具体的施工方案。

**3.3.2** 厚大底板施工时宜采取分层浇筑的方法，每一层应连续浇筑，不得留施工缝。层间的施工缝应按规范和设计要求处理。

**3.3.3** 为防止大体积混凝土产生温度裂缝和收缩裂缝，应通过计算确定混凝土的浇筑方案、入模温度、养护方法和养护时间，并采取有效措施，使混凝土内外温差、混凝土外表面和环境的温差小于或等于 25℃。

**3.3.4** 基础内的钢筋，尤其是从底板上伸出的竖向钢筋及预应力埋管，应采取有效固定措施，防止位移。

**3.3.5** 基础位置和尺寸的允许偏差不得超过下列数值：

**3.3.5.1** 基础中心点对设计中心的位移小于或等于 10mm；

**3.3.5.2** 底板结构厚度小于或等于 +20mm；

**3.3.5.3** 底板边长、环板(圆板)外半径小于或等于 +50mm；

**3.3.5.4** 环板内半径小于或等于 -50mm。

## 3.4 筒体结构施工

3.4.1 混凝土筒体结构一般指塔身、电梯井和混凝土桅杆等。筒体结构的施工根据塔形特点和施工条件可选择以下不同工艺：

3.4.1.1 液压滑动模板(简称滑模)工艺；

3.4.1.2 提模或爬模工艺；

3.4.1.3 液压滑框倒模工艺；

3.4.1.4 其他专用移置式模板工艺。

3.4.2 模板系统(包括模板、支撑约束、连接件和提升架等)的设计应符合以下原则：

3.4.2.1 强度可靠,刚度符合变形要求；

3.4.2.2 安装简便,连接紧密,收分灵活；

3.4.2.3 易于加工制作,便于维修。

3.4.3 平台系统(包括操作平台、料台、吊脚手架、随升垂直运输设施等)的设计应符合以下原则：

3.4.3.1 整个系统布局合理,便于施工操作；

3.4.3.2 整体刚度好,承载力强,利于纠偏和调平；

3.4.3.3 在筒体变直径或变截面时,适应性强,拆改方便；拆改后,全系统仍具有足够的整体刚度、承载力和安全保证。

3.4.4 模板和操作平台(架)的提升系统,应以采用机械化程度较高的液压爬升千斤顶或电动提升机为主,简易的提升机具为辅。液压爬升千斤顶宜优先选用提升力  $60\text{kN}$  以上的大吨位千斤顶,并配以  $\varnothing 48 \times 3.5$  的钢管式支承杆。

3.4.5 对无整体操作平台的模板或操作架的提升,可使用塔吊、把杆等起重设备。

3.4.6 筒体的竖向钢筋连接,可优先采用冷挤压套管、锥螺纹管等机械连接接头。

3.4.7 筒体钢筋施工时,应保证钢筋位置准确,并符合下列规定：

3.4.7.1 在每层混凝土浇灌面上,至少有一道绑扎好的水平环

筋；

**3.4.7.2** 竖向钢筋的下料长度控制在  $4\sim 6\text{m}$ ；

**3.4.7.3** 对连续变截面圆形筒壁，其竖向钢筋向圆心的倾斜角应有限位措施；

**3.4.7.4** 筒体内外钢筋应设有保证其排距尺寸的钢筋支架，其密度一般不大于  $1\text{m}$ 。

**3.4.8** 预埋件的锚固钢筋、螺杆或套管应避开塔体结构主筋及预应力埋管。当采用滑升模板施工塔体结构时，预埋件的设置应符合《液压滑动模板施工技术规范》GBJ113—87 的有关规定。

**3.4.9** 筒体混凝土应选用同品种、同标号(等级)的普通硅酸盐水泥或硅酸盐水泥。混凝土的配制除满足设计规定的强度、抗渗性、耐久性等要求外，尚应满足下列规定：

**3.4.9.1** 混凝土早期强度的增长应满足施工速度的要求。当采用滑模工艺时，其施工速度应按《液压滑动模板施工技术规范》GBJ113—87 执行；当采用其他工艺施工时，混凝土强度增长和施工速度的关系应通过计算或试验确定；

**3.4.9.2** 宜采用同一厂家的同种水泥和同一砂场的同种砂，应保持混凝土颜色均匀一致，对混凝土外加剂或掺合料应通过试验选择确定。

**3.4.10** 混凝土浇灌应符合下列规定：

**3.4.10.1** 按计划的浇灌方向和路线分层、均匀、对称和连续浇灌；

**3.4.10.2** 分层浇灌的混凝土厚度，滑模时宜为  $200\sim 300\text{mm}$ ，其他移置式模板以不大于  $500\text{mm}$  为宜；

**3.4.10.3** 为避免筒体因浇灌混凝土引起的扭转，应匀称地变换混凝土浇灌的起止点和方向。

**3.4.11** 施工缝的设置由设计单位与施工单位根据实际情况商定。

筒体混凝土宜连续浇灌，在同一模板高度内一般不留置施工

缝。因故不能连续浇灌时,应按《混凝土工程施工与验收规范》GBJ50204—92 的有关规定执行。

特殊或重要受力部位的水平施工缝应按设计要求处理。

### 3.4.12 筒体混凝土的标准养护试块留置应符合下列规定:

3.4.12.1 一个工作班或一个模板高度留试块不应少于一组,并代表此段筒体混凝土强度;

3.4.12.2 如一个模板高度内的混凝土由一个以上工作班完成时,则各班均应留置不少于一组的试块,并以其平均值为该段混凝土强度的代表值;

3.4.12.3 当一个工作班气温显著变或混凝土配合比有变动时,必须相应增留试块组数。

### 3.4.13 混凝土结构施工允许偏差

#### 3.4.13.1 塔身、混凝土桅杆

(1)轴线相对位移允许偏差应小于或等于 10mm。

(2)塔体结构任何高度的中心线垂直高度允许偏差应符合表

3.4.13 的规定。

中心线垂直高度允许偏差表

表 3.4.13

高度范围(m)	允许偏差(mm)
$h \leq 50$	$\leq \frac{h}{1000}$ , 且不得大于 30
$h \leq 100$	$\leq \frac{h}{1500}$ , 且不得大于 40
$h \leq 200$	$\leq \frac{h}{2000}$ , 且不得大于 50
$h \leq 250$	$\leq \frac{h}{2500}$ , 且不得大于 60
$h \leq 300$	$\leq \frac{h}{3000}$ , 且不得大于 70
$x \leq 350$	$\leq \frac{h}{3500}$ , 且不得大于 80

注:测量检查应在风荷及日照变形影响最小时间内进行。

(3)标高允许偏差:

层高小于或等于 10mm；

总高小于或等于 100mm。

(4) 扭转：

圆形筒体小于或等于  $\frac{h}{100}$ ，且不得大于 100mm；

梯形或方形筒体，不得大于 50mm。

(5) 截面尺寸允许偏差：

筒壁厚度小于或等于  $\begin{matrix} +20\text{mm} \\ -10\text{mm} \end{matrix}$ ；

筒壁直径小于或等于  $\pm 40\text{mm}$ 。

边长小于或等于  $\pm 20\text{mm}$ 。

(6) 表面不平度小于或等于 20mm/2m 靠尺。

### 3.4.13.2 电梯井

(1) 井道中心线垂直度允许偏差小于或等于 50mm。

(2) 截面厚度允许偏差小于或等于  $\pm 15\text{mm}$ 。

(3) 表面不平度小于或等于 15mm/2m 靠尺。

(4) 扭转小于或等于 40mm。

### 3.4.13.3 预埋件及预留孔洞位置允许偏差

(1) 塔楼结构预埋件中心线 垂直位置  $\pm 10\text{mm}$ ，

水平位置  $\pm 10\text{mm}$ ；

(2) 一般预埋件、套管中心线 垂直位置  $\pm 15\text{mm}$ ，

水平位置  $\pm 20\text{mm}$ ；

(3) 预留孔洞中心线 垂直位置  $\pm 10\text{mm}$ ，

水平位置  $\pm 20\text{mm}$ 。

## 3.5 塔楼及混凝土桅杆支承结构施工

3.5.1 混凝土倒锥壳是塔楼的一种支承结构型式，为高空悬挑作业，必须单独编制施工方案。

3.5.2 倒锥壳施工模板方案的确定应从以下几方面综合考虑：

3.5.2.1 设计的结构形式、几何尺寸和对施工的要求；

**3.5.2.2** 模板及支架的安装方法、程序 and 安全性；

**3.5.2.3** 模板及支架的拆除，如用倒锥壳底模作装修架子时，应包括底模的下降与调整方法、程序 and 安全性等；

**3.5.2.4** 工程进度要求；

**3.5.2.5** 垂直运输设备的各项性能。

**3.5.3** 模板支撑钢架设计时，应考虑以下五类荷载：

**3.5.3.1** 风荷载；

**3.5.3.2** 施工活荷载(包括人员、机具重量、混凝土倾倒荷载等)；

**3.5.3.3** 新浇混凝土重量；

**3.5.3.4** 钢筋重量；

**3.5.3.5** 模板和钢支架等自重。

倒锥壳模板宜采用组装式大型模板，安装前宜在地面进行试拼装。

**3.5.4** 倒锥壳与筒壁的混凝土应连续施工，壳体和水平壳板可分段施工。所有施工缝的留置都必须与设计单位商定。

**3.5.5** 桅杆支承基座一般为厚大体积混凝土结构，截面变化大、配筋密集，应单独编制施工方案。

**3.5.6** 混凝土桅杆支承结构的外模板可采用单侧滑模、爬模或其他移置式模板；内模板及支架宜采用预制拼装。内模板及支架应通过计算确定，并考虑对下层结构的影响。

**3.5.7** 桅杆支承结构的混凝土应分层浇筑。分层高度应视结构截面尺寸、模板高度、内模板与支架的承载力、震捣方法和混凝土运输能力等综合确定。同一层的混凝土应连续浇筑，不得留施工缝。各层间的施工缝设置，应会同设计人员商定。



## 4 塔楼及桅杆钢结构施工

### 4.1 钢结构制作

4.1.1 塔楼及桅杆的钢结构制作,除应执行设计和本节的要求外,尚应遵守《钢结构施工及验收规范》GBJ205—83 的规定。

4.1.2 塔楼及桅杆钢结构采用的钢材应符合设计文件的要求,并具有质量证明书。其质量标准应符合有关现行国家标准的要求。

塔楼及桅杆钢结构选用的钢材进场后,应进行机械性能和化学成分取样检验。取样方法应符合国家标准规定和设计文件要求,检验合格后方可使用。

断口处如有分层缺陷,应会同建设单位、设计单位、质检部门研究处理。

4.1.3 连接材料及涂料均应附有质量证明书,并须符合国家标准规定和设计文件要求。

4.1.4 承接塔楼及桅杆钢结构制作的单位,必须具有必要的设备条件和相应的人员技术条件,且应具有完备的质量保证体系。

4.1.5 塔楼及桅杆钢结构制作,必须在责任工程师和责任工艺师的指导下进行。责任工程师和责任工艺师应具有一定的钢结构制作经验和相应的专业技术水平。

4.1.6 参加塔楼及桅杆钢结构制作的人员,应认真学习有关标准和操作技术,考试合格后方可进行操作。

4.1.7 钢结构焊接应作工艺试验,优化参数。焊工必须持有考试合格证才能上岗施焊,对重要构件应打焊工代号。

4.1.8 塔楼及桅杆钢结构应进行试拼装。

4.1.9 构件成品允许偏差应按《钢结构施工及验收规范》GBJ205—83 执行。方形钢桅杆对角线的允许偏差应不大于 2mm。

**4.1.10** 构件制作完成后,检查部门应按照施工图的要求和《钢结构工程质量评定标准》**GBJ301—88**的要求验收。构件出厂时应提交以下技术资料:

**4.1.10.1** 构件质量证明书;

**4.1.10.2** 设计变更文件,钢结构施工图,并应在图中注明修改部位;

**4.1.10.3** 制作中有关技术问题的文件;

**4.1.10.4** 所用钢材与其他材料的质量证明书和试验报告;

**4.1.10.5** 高强螺栓摩擦系数的实测资料和焊缝质量检验资料;

**4.1.10.6** 出厂构件清单。

## **4.2 塔楼钢结构安装**

**4.2.1** 塔楼钢结构安装,除应执行设计和本节要求外,尚应遵守《钢结构施工及验收规范》**GBJ205—83**的有关规定。

**4.2.2** 结构安装应单独编制安装方案,由专业技术队伍施工,确定技术负责人,建立岗位责任制。

**4.2.3** 塔楼钢结构安装工作必须在责任工程师指导下进行。

参加塔楼钢结构安装的工人必须进行有关专业培训,培训合格后方可参加安装工作。

从事安装的电焊工必须持有合格证方能上岗施焊。

**4.2.4** 塔楼钢结构安装用的连接材料和涂料等,应具有产品质量证明书,并符合设计要求和有关规范的规定。

**4.2.5** 塔楼钢结构安装用的专用机具、设备,以及通讯、监控设施和检测设备,应满足施工要求,并定期进行检验。

**4.2.6** 构件安装前必须取得安装接合部位实测的偏差资料,并检查核对安装部位的轴线、标高等是否符合设计要求。

结构件运输时应防止变形,运到安装地点后,应按构件分层分类编号,并按吊装顺序清点、堆放。

4.2.7 安装允许偏差应符合《钢结构施工及验收规范》GBJ205—83的要求。

4.2.8 钢结构安装完成后,应积极组织设计、质检、建设等有关部门进行验收,并提交下列资料:

- 4.2.8.1 钢结构竣工图和设计变更文件;
- 4.2.8.2 在安装过程中所达成的协议文件;
- 4.2.8.3 安装所用钢材和其他材料的质量证明书或试验报告;
- 4.2.8.4 隐蔽工程中间验收记录,构件调整后的测量资料以及整个钢结构工程或单元的安装质量评定资料;
- 4.2.8.5 焊缝质量物验资料,焊工编号或标高;
- 4.2.8.6 高强螺栓的检查记录;
- 4.2.8.7 钢结构工程试验记录。

### 4.3 钢桅杆安装

4.3.1 钢桅杆安装应单独编制安装方案,并由专业技术队伍施工,确认技术负责人,建立岗位责任制。

4.3.2 钢桅杆安装工作必须在责任工程师指导下进行。

参加钢桅杆安装的工人必须进行有关专业培训,培训合格后方能参加安装工作。

从事安装的电焊工,必须持有合格证方能上岗施焊。

4.3.3 钢桅杆安装用的连接材料和涂料等,应具有产品质量证明书,并符合设计要求和有关规范的规定。

4.3.4 钢桅杆安装用的专用机具、设备以及通讯、监控设施和检测设备,应满足施工要求,并定期进行检验。

4.3.5 钢桅杆的安装、校正应选择风力、日照影响最小的时间进行。

4.3.6 钢桅杆的安装可以根据条件采用以下方法:

- 4.3.6.1 竖井架、把杆、多台卷扬机配合安装;
- 4.3.6.2 分段起吊、高空组装、整体或分段顶升与提升;

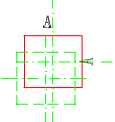
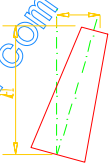

4.3.6.3 分段组装、整体提升就位。

4.3.7 钢桅杆整体提升就位时,不论采用何种方案,都必须采取切实可行的监控措施,防止发生倾斜、冒顶事故。

4.3.8 钢桅杆安装允许偏差应符合表 4.3.8 的规定。

钢桅杆安装允许偏差表

表 4.3.8

项 目	允 许 偏 差	示 意 图
桅杆底部与塔顶轴线位移	$A \leq 10\text{mm}$	
桅杆中心的不垂直度	$A \leq H/1500 \leq 50\text{mm}$	
桅杆整体弯曲	$f \leq 30\text{mm}$	

4.3.9 全塔整体中心垂直度偏差:

当  $H \leq 350\text{m}$  时,  $\Delta < 80\text{mm}$ ;

当  $H > 350\text{m}$  时,  $\Delta < 100\text{mm}$ 。

## 5 垂直运输机械

### 5.1 垂直运输机械选择原则

**5.1.1** 混凝土电视塔施工采用的垂直运输机械,应按以下原则合理选择确定:

**5.1.1.1** 根据结构的最大高度和平面尺寸,选择机械的起重高度和工作半径;

**5.1.1.2** 结合吊运物的最大重量和最大尺寸,确定机械的起重量和装载空间;

**5.1.1.3** 结合施工方法、施工速度和工期,考虑机械的台班效率(包括额定效率和各种停机损失等),确定机械的基本参数和配备数量;

**5.1.1.4** 结合当地气象情况和机械在高空中的外露面积,考虑机械的抗风能力和其他安全性;

**5.1.1.5** 结合塔身、塔座的周围条件,考虑内爬塔、自行塔或附着塔、电梯的位置,以及布设卷扬机组的可能性;

**5.1.1.6** 结合筒体的竖井空间、出入口位置和尺寸,考虑机械的布置、安装、使用和拆除方法等。

**5.1.2** 电视塔施工用的垂直运输机械,应根据不同部位和用途,按以下几种情况选择:

**5.1.2.1** 塔身及混凝土桅杆施工,一般采用内爬塔、随升式平台金属起重把杆;

**5.1.2.2** 塔楼钢结构施工选用内爬塔、塔桅起重机;

**5.1.2.3** 人员、小型机具和部分材料的运输采用施工电梯或各类井架;

**5.1.2.4** 钢桅杆的安装采用液压顶升或其他提升设备。

## 5.2 垂直运输机械与设备

**5.2.1** 内爬塔式起重机安装于塔身内时,必须进行结构验算,并征得设计单位同意。当其支承于筒壁时,宜采用预留洞的方法。内爬塔的技术性能应满足施工需要,主要包括:

**5.2.1.1** 最大幅度及最大额定起重量;

**5.2.1.2** 最大起升速度以  $100\text{m}/\text{min}$  为宜;

**5.2.1.3** 慢就位钩速为  $0\sim 5\text{m}/\text{min}$ ;

**5.2.1.4** 塔身自由高度宜大于  $20\text{m}$ ;

**5.2.1.5** 塔机应能在  $20.7\text{m}/\text{s}$  风速下正常工作,在  $13.8\text{m}/\text{s}$  风速时能正常进行顶升作业;

**5.2.1.6** 在非工作状态,臂架应能随风自由回转;

**5.2.1.7** 塔机使用期限,应能满足施工周期的需要;

**5.2.1.8** 必须设有可靠的避雷系统。

**5.2.2** 塔桅起重机宜架设在混凝土塔身顶部,应与混凝土施工同步埋设移位用机座、钢丝绳导向滑轮及操作平台用的埋件,塔桅可直接利用混凝土桅杆,以代替金属桅杆。塔桅起重机的起重能力,应按钢构件吊装组合单元的重量来确定。方案确定前,应征得设计同意。

塔桅起重机由臂架、机座、起重、变幅、回转机构、钢丝绳、导向装置、通讯系统、高空控制装置及地面两台起重、变幅用慢速卷扬机等组成。其主要技术要求规定如下:

**5.2.2.1** 起重机臂架可采用无缝钢管制作,或由角钢、钢管组成格构式臂架。长度应根据工程需要选定,一般不宜超过  $20\text{m}$ ,为便于运输可分段制作,每段长度以  $6\sim 7\text{m}$  为宜;

**5.2.2.2** 起重钢丝绳宜走单线,可选用进口防扭钢丝绳或国产高强度多层股(不扭转)钢丝绳,钢丝绳导具的使用应符合《结构安装工程施工操作规程》YSJ404—89 有关条款的规定;

**5.2.2.3** 起重机用卷扬机宜选用无级变速、多级或慢速卷扬

机；

**5.2.2.4** 塔桅起重机必须设置高空控制装置。制动必须灵敏可靠，以便构件就位和吊装过程中发生异常情况时使用。

**5.2.3** 附着式爬升井架是利用筒体井壁作承力结构，用电动或液压机械作相对提升，随塔身施工高度不断升高而上升。其起重动力宜选用**5~10t**单、双筒变速卷扬机。

如用落地钢井架或附着式爬升井架作为施工电梯时，必须有足够的结构安全度和可靠的吊笼紧急制动措施，经安全部门检查验收合格后方可投入使用。

**5.2.4** 钢桅杆分段起吊，整体安装，宜采用机械提升或液压顶升设备，并根据单件重量配置相应的自行式起重机。

**5.2.5** 施工电梯应满足人、货运送的续要。当电梯采用附着时，其附着杆件应有足够的抗高空风荷载的能力，同时验算电梯附着杆件和附着区域内筒体混凝土的强度。

### **5.3 垂直运输机械的高空拆除**

**5.3.1** 垂直运输机械拆除前应有专门的拆除方案，并经主管技术负责人审批后实行。对参与拆除的技术人员和工人，均应进行技术和安全交底。

**5.3.2** 垂直运输机械拆除，应根据不同的机械采用不同的方法，具体方法如下：

**5.3.2.1** 内爬式塔式起重机，拆除前应在塔体顶部设置临时竖井架、工作平台，架设把杆和缆索，将塔吊大小臂分别卸至地面，然后将塔帽和塔身逐节从内筒降至地面；

**5.3.2.2** 把杆的拆除，可先在塔楼顶部平台上设置辅助工具、索具，用卷扬设备整体或分段降至地面；

**5.3.2.3** 钢井架、爬升井架可以分别自上而下在原位整体或逐节拆除；

**5.3.2.4** 施工电梯的拆除应严格按使用说明书执行。

## 6 施工测量

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 混凝土电视塔的施工测量主要包括测量控制网的建立、筒体结构的施工放样以及日照变形观测等。

**6.1.2** 施工前必须做好测量准备工作。根据当地规划部门提供的建筑红线桩坐标和已知水准点组织设计、编制施工测量方案。其主要内容应包括以下方面：

**6.1.2.1** 工程特点及施工特点；

**6.1.2.2** 控制网的布设方法；

**6.1.2.3** 筒体中心线垂直测量放样方法；

**6.1.2.4** 高程测量放样方法；

**6.1.2.5** 测量精度分析及仪器、观测方法的选定；

**6.1.2.6** 测量组织保证体系。

**6.1.3** 测量和放样应遵循先整体后局部、先高精度后低精度、步步有校核的原则。

**6.1.4** 对电视塔的变形监测，建设单位应委托专业勘测单位进行，施工单位和勘测单位应就观测方法和结果取得联系。

**6.1.5** 筒体结构施工中每升高一次都应有测量，分阶段提出塔体中心线垂直偏差测量成果报告。工程竣工时，应提出完整的电视塔中心线垂直偏差报告。

### 6.2 施工控制测量

**6.2.1** 电视塔平面控制网的建立应符合下列要求：

**6.2.1.1** 平面控制网应采用独立坐标系统；

**6.2.1.2** 根据设计定位条件、施工方案和场地情况，综合全面



地考虑控制网的布设；

**6.2.1.3** 控制网应包含塔的主要轴线。控制网的布设形式宜采用中心辐射型，网的中心就是塔的中心。多塔肢电视塔宜采用三角形或多边形网。

**6.2.2** 从已知水准点引测到高程控制点后，现场应按有关规定埋设三个深埋水准点，以供施工用。

### 6.3 筒体结构施工放样

**6.3.1** 筒体结构的施工放样是根据平面控制网，将其设计尺寸通过一系列测量手段，放样在任何标高处的施工面上，并达到规定的精度要求。

**6.3.2** 筒体结构的放样重点是：筒体中心点、任意标高处的筒体半径(边长)控制点，以及主要轴线角度的控制点。

**6.3.3** 根据施工方法、现场条件和技术条件的不同，筒体结构中心点的向上投测可采用下列不同方法：

**6.3.3.1** 激光铅直仪法。在塔中央安置**3~4**台激光铅直仪，其中两台的中心连线通过主控制轴线，在作业平台上配置带坐标的激光接受靶，将下面的塔心几何位置投射到该标高处。该法投测距离视仪器精度不同，可达**200~500m**高；

**6.3.3.2** 光学铅直仪(又称光学天顶仪)法。适用于高度**100m**左右塔的直接投测或采用分段投测的高塔，分段投测距离应小于**100m**；

**6.3.3.3** 线锤法。适用于较封闭的筒体结构。线锤一般为专门加工，不小于**20kg**，用细钢丝吊挂并配以阻尼油箱。该法仅作为辅助测量，应和其他有效测量方法结合使用，并互为检校；

**6.3.3.4** 塔外经纬仪(或激光经纬仪)法。该法一般在地面主控制轴线上安置**3~4**台经纬仪或激光经纬仪，经纬仪的精度应不低于**T<sub>2</sub>**型，且望远镜放大倍数应不小于**30**倍。投测的后视点应嵌固在混凝土塔身外表面上，并做永久性标志。仪器的安置点至塔中心

的水平距离,宜为塔高的 **1.5~2** 倍。

**6.3.4** 塔身、桅杆的中心点放样,必须考虑日照变形的影响。为减小和消除其影响,可采用分段建立相对工作基点、分段向上投测中心点的方法。

**6.3.5** 相对工作基点的建立必须在无施工干扰和风力小于 **2** 级的条件下,在该塔近期所确定的最小日照变形时间区段内进行。各工作基点间的分段距离(高度)应根据具体情况确定,一般为筒体直径或边长的 **3~5** 倍。

## 6.4 筒体施工中的日照变形观测

**6.4.1** 电视塔施工应进行日照变形观测,根据塔体在不同季节、不同时间、不同部位条件下的日照变形规律,指导塔身及其以上结构施工和安装的放样工作。

**6.4.2** 日照变形观测的主要内容应包括:

**6.4.2.1** 观测期的混凝土筒壁的温度分布值、大气温度以及风速值。

**6.4.2.2** 观测和记录筒体中心点在各时段偏离中心线的位移值和方向。

**6.4.2.3** 提出观测成果报告,绘制塔体日照变形曲线,即位移—时间曲线。

**6.4.3** 日照变形的观测应事先制定观测方法、步骤和操作程序,观测频率应视结构部位、施工进度和气候变化而定。一般应从塔身 **100m** 开始,每升高 **20m** 观测一次或每月观测一次。每次观测周期以一昼夜为宜,或根据需要而定。在一个观测周期内每隔 **1x** 记录一次日照变形的有关数据。

**6.4.4** 日照变形的观测方法可采用激光铅直仪法或经纬仪前方交汇法,具体技术要求应按建筑变形测量的有关规定执行。

## 6.5 沉降观测

**6.5.1** 为了掌握地基变化情况,在施工中或竣工后,应对电视塔进行系统的沉降观测。

**6.5.2** 水准基点的设置及埋设数量应与设计单位商定。水准基点应埋设在牢固、稳定的混凝土或钢柱上,顶部焊有半球形的不锈钢标头,水准基点四周应砌筑保护井以使保护标志不被破坏。沉降观测点埋于塔身上,为便于在施工期间观测,沉降点应埋在 $\pm 0$ 以下;塔座装修完后,将沉降点移至 $\pm 0$ 以上,供竣工后长期观测用。

## 7 预应力施工

### 7.1 埋 管

7.1.1 埋管一般宜使用镀锌钢管,水平埋管也可使用波纹管,并按国家有关标准要求抽样检验,合格后方准使用。

7.1.2 预埋管段间与端部承压板间应保证连接处不漏浆。使用波纹管时应有防变形、破裂措施。镀锌钢管的连接可用焊接、套管、管接头连接。

7.1.3 应按设计要求弯制钢管,所弯钢管不得出现裂缝和死弯。

7.1.4 预埋管位置应正确。水平埋管在任意 10m 长度内,偏差值不得大于  $\pm 20\text{mm}$ ;竖向埋管每段的垂直度应控制在 5‰ 以内,端部承压板应垂直于埋管中心线。

7.1.5 灌浆管与排气管设置数量、位置应与设计商定,应保证不堵。

### 7.2 下料及穿束

7.2.1 进场的预应力筋应有出厂质量证明书,并根据国家《预应力混凝土用钢丝》GB5223—85 和《预应力混凝土用钢绞线》GB5224—85 标准及规范要求,抽样检查验收。

7.2.2 下料长度应按孔道实际长度加上两端锚具、张拉千斤顶、工具锚等的长度计算确定。

下料严禁使用电、气焊切割。下料场地应清洁,不得污染预应力筋。

整束穿筋时,下料后应编束,约 2m 间距用 18~22 号铁丝捆扎。端头应保证光滑整齐。

7.2.3 孔道穿束宜采用后穿法。用于穿束的连接器和竖向穿束的

预应力筋临时固定夹具均应进行负荷试验,安全系数应大于**2.5**。

**7.2.4** 竖向穿束应特别注意安全,防止预应力筋滑脱伤人。

### 7.3 张 拉

**7.3.1** 预应力筋锚夹具应该按国家标准和设计的要求抽样检查验收。

**7.3.2** 张拉设备在使用前应进行配套校验,以确定张拉力与表读数的关系。使用中或检修后如出现反常现象,应重新进行配套校验。标定时,千斤顶活塞运行方向应与实际张拉方向一致。检验用试验机或测力计精度不得低于**±2%**。

**7.3.3** 张拉设备中油压表精度不宜低于**1.5**级,使用范围应在表满度的**20%~80%**内。

**7.3.4** 预应力筋的张拉应按对称张拉原则进行。

**7.3.5** 预应力筋张拉控制应以应力控制为准,张拉控制应力 $\sigma_{con}$ 由设计给定,同时进行伸长值校核,伸长值测定范围为**0.1~1 $\sigma_{con}$** ,与该计算值相比,其差值一般应为计算值的**-5%~+10%**。对于较长钢绞线束的预应力张拉,当千斤顶行程不够时,可进行重复张拉,实际总伸长值为每次实测值之和。

**7.3.6** 采用超张拉方法减少预应力筋的松弛损失时,其张拉程序可采用**0~1.03 $\sigma_{con}$** 。

**7.3.7** 预应力筋张拉时,应填写施加预应力记录表,张拉记录应按《混凝土工程施工及验收规范》**GBJ50204—92**执行。

**7.3.8** 张拉完后用气割切除锚具外露预应力筋,外露预应力筋保留长度不宜小于**200mm**。

### 7.4 预应力孔道摩阻损失试验

**7.4.1** 预应力孔道摩阻损失试验,应在预应力筋正式张拉前进行,选择摩阻损失试验的孔道,应随机取样或按设计规定,同类孔道的摩阻损失试验不应少于两根。

**7.4.2** 进行摩阻损失试验的张拉设备和操作方法,应与工作实际

方法相同。试验时采用一端张拉另一端测定,测定端设备可采用经过校验的压力传感器或千斤顶。

**7.4.3** 孔道摩阻损失计算按照《混凝土结构设计规范》GBJ10—89 有关规定和设计要求进行。

**7.4.4** 试验结果应填写记录表,摩阻损失值应经设计认可后方可进行正式张拉。

## 7.5 灌 浆

**7.5.1** 灌浆前应先作水泥浆配合比和相应灌浆工艺试验,经优化确定其配合比和灌浆参数。

**7.5.2** 预应力筋张拉后,孔道宜尽快灌浆。水泥浆应采用标号不低于 425 号的锅酸盐、普通硅酸盐水泥配制,其 28d 强度不应小于 M30 或设计规定。

**7.5.3** 孔道灌浆应采用净水泥浆,可掺入对预应力筋无腐蚀作用的减水剂和微膨胀剂,掺入量根据试验要求确定。

**7.5.4** 水泥浆的流动度应满足工艺要求,水灰比最大不超过 0.45。搅拌后 3h 泌水率宜控制在 1% 以内,最大不超过 2%。

**7.5.5** 水泥浆应采用机械搅拌,搅傍时间不少于 20s,搅拌好的水泥浆停放时间一般不超过 30min。

**7.5.6** 每根水平孔道须一次连续灌浆完成,待另一端冒出浓浆后封闭出浆口,继续加压,稍后再关闭灌浆机。

灌浆机与孔道应采用阀门连接,防止灌浆时进入空气。当水泥浆到达另一端后先关闭阀门,然后再停机。

**7.5.7** 竖向孔道灌浆应由下向上进行,既可接力灌浆,也可分段灌浆。分段灌浆时,各段间的连接处应保证浆体饱满,可由人工补浆后再继续上一段灌浆。为保证孔道上端的密实,可采用二次压浆工艺,也可用其他工艺解决。

**7.5.8** 每班应取水泥浆试块一组,试模尺寸可采用 7.07cm × 7.07cm × 7.07cm,宜用无底试模。

**7.5.9** 预应力筋封头可在灌浆结束后进行,封头用 C30 级以上混凝土或按设计要求。施工时严禁强烈震动外露预应力筋端头。

中国建筑资讯网 [www.sinoaec.com](http://www.sinoaec.com)

## 8 季节性施工

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 根据混凝土电视塔施工的特殊性特作本章规定,施工前和施工中,必须结合施工方案制定季节性施工技术措施。

**8.1.2** 季节性施工技术措施主要包括冬期、雨季和炎热天气施工的技术措施。

### 8.2 冬期施工技术措施

**8.2.1** 电视塔混凝土基础的冬期施工不得在强冻胀性地基上进行。在弱冻胀性地基上冬施基础时,必须采取有效的保温措施,覆盖地基持力层,以免遭冻。保温措施可采用留土覆盖、保温材料覆盖或直接用混凝土垫层覆盖。所有覆盖材料的厚度均应通过计算确定。

**8.2.2** 混凝土的配制、搅拌、运输、浇灌,钢筋加工和焊接,均必须严格按《混凝土工程施工及验收规范》GBJ50204—92 中有关冬施的规定执行。钢结构的现场低温焊接也必须按相应的规程和有关技术标准执行。

**8.2.3** 塔身、梯井、桅杆等混凝土筒体结构的冬期施工,可根据具体条件采取综合蓄热法、随升暖棚法或其他适用方法。当没有条件时,应停止施工。

**8.2.4** 选择冬期施工方法的技术条件,应根据模板工艺,混凝土的出罐、入模温度,模板或暖棚的保温性能和养护温度等,通过热工计算确定筒体结构的施工速度;也可根据预计的混凝土强度增长情况和结构的实际承载能力通过验算确定;必要时可通过试验确定。



**8.2.5** 筒体的模板、混凝土应采用防冻型脱模剂和混凝土养护剂。

**8.2.6** 水泥浆在灌浆过程中和硬化期不许受冻。预应力结构部位的混凝土温度低于 $0^{\circ}\text{C}$ 时,不许灌浆。若低温不能灌浆时,应即时将孔道上的所有进气口封闭,外露预应力筋亦须采取防锈措施。

### **8.3 雨季和炎热天气的施工技术措施**

**8.3.1** 雨季施工基础时必须有足够的排水、降水措施,基坑不得长期泡水。

混凝土施工遇雨时,必须适时测定砂石含水率,及时调整配合比,确保混凝土质量。新浇混凝土必须有防雨水冲淋的遮盖措施,遇中到大雨时应停止施工。

**8.3.2** 夏季高温天气时须采取以下措施:

**8.3.2.1** 基础或其他部位(如倒锥壳、塔身压顶)厚大体积混凝土施工应采取有效降温措施;

**8.3.2.2** 必要时应在混凝土中加入高效减水剂或高效缓凝剂;

**8.3.2.3** 增加对混凝土养护的浇水次数。

## 9 施工安全

### 9.1 一般规定

**9.1.1** 电视塔在施工中应严格遵照国家颁发的建设工程施工现场管理规定及《建筑施工安全检查评分标准》JGJ59—88、《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33—86、《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46—88等有关规定。

**9.1.2** 施工前必须针对结构和施工特点,以及地理环境、气候条件等,编制切实可行的安全技术组织措施,纳入电视塔施工组织设计,并报请上级安全和技术主管部门审批后实施。

**9.1.3** 高空施工操作人员应事先检查身体,凡不适合高空作业的,一律不得从事高空作业工作,严禁酒后上塔作业。

**9.1.4** 施工现场应和当地气象部门建立专业天气预报联系,遇雷雨或六级以上大风天气必须采取措施,防止事故发生。

### 9.2 地面安全措施

**9.2.1** 施工现场必须根据塔形、地形和周围环境条件等因素,确定和划分危险警戒区,并用明显标志标出。危险区的等级和半径范围可参考表 9.2.1 确定。

**9.2.2** 危险警戒区确定后应严格管理:

**9.2.2.1** 现场供电、办公及生活设施等暂设工程和大宗材料堆场,应布置在二级危险区以外;垂直运输用卷扬机棚也应布置在二级危险区以外;地面的塔吊设在一、二级危险区时,司机室顶上应用木板密铺搭设一层防护棚罩;

**9.2.2.2** 一、二级危险区内的建筑出入口及上塔通道,应搭设高度不低于 2.5m 的安全防护棚;

**9.2.2.3** 地面施工作业人员在一级危险区防护棚外工作时,应与高空操作平台的人员取得联系,并指定专人负责警戒。

危险区等级警戒区范围

表 9.2.1

危险区等级 塔体高度(m) 危险区半径(m)	$\leq 100$	$\leq 200$	$\leq 300$	$> 300$
	一	20	20~30	30~40
二		40~50	60~70	$\geq 80$
三			80~90	$\geq 100$

注:危险区半径以塔心为中心

### 9.3 操作安全措施

**9.3.1** 操作平台和吊脚手架上的铺板必须严密平整、防滑、固定可靠,不得随意拆动。平台上的孔洞应设盖板封严。

操作平台和吊脚手架外边缘应设钢制防护栏杆,高度不小于1.2m,并设挡脚板。内外吊脚手架应兜底满挂安全网。

**9.3.2** 塔吊、施工电梯和井架等垂直运输机械,均必须经机械、安全、技术部门联合检验合格后挂牌使用,作业前必须有专人进行班前检查。通讯、联络信号应灵敏可靠,设专人管理。塔吊和井架顶部应按规定设置信号灯。

**9.3.3** 施工现场和操作部位必须有符合规定要求的电气照明;动力和照明应分路供电,同时必须有备用电源。

**9.3.4** 施工操作的最高位置,应设有符合标准的防雷接地装置。

**9.3.5** 应控制操作平台上人员、堆放材料与设备的重量及分布位置;大风天气施工时,必须将操作平台上的易动物件予以固定,避免大风吹落。

**9.3.6** 重大拆除工作必须编制详细的施工方案,明确拆除的内

容、方法、程序、操作岗位、进退路线、机械设备、安全措施及指挥人员职责等。拆除方案必须经主管部门审批,对难度大的拆除工作,尚应报上级主管部门审批后方可实施。

## 9.4 消防安全措施

9.4.1 施工现场应有健全的消防组织,并配有专职人员负责日常工作。

9.4.2 施工现场应按消防要求设置防火消防栓,场内道路畅通,保证消防车顺利通行。

9.4.3 塔上进行电焊、气焊时,必须派专人看守,看守人员任何时候严禁离岗。

9.4.4 塔上操作平台应设有足够数量的灭火器材,并备有干粉灭火器用于电气防火。

9.4.5 塔上操作平台与结构楼梯之间,应设置疏散通道。

9.4.6 结构楼梯间,应设置专线安全照明。

## 附录 A 引用规范与标准

(以正文引用先后为序)

- A. 0. 1 《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175—85
- A. 0. 2 《矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥与粉煤灰硅酸盐水泥》GB1344—85
- A. 0. 3 《普通混凝土用砂质量标准及检验方法》JGJ52—92
- A. 0. 4 《普通混凝土用碎石或卵石质量标准及检验方法》JGJ53—92
- A. 0. 5 《混凝土外加剂应用技术规范》GBJ119—88
- A. 0. 6 《混凝土工程施工及验收规范》GBJ50204—92
- A. 0. 7 《液压滑动模板施工技术规范》GBJ113—87
- A. 0. 8 《钢结构施工及验收规范》GBJ205—83
- A. 0. 9 《钢结构工程质量评定标准》GBJ301—88
- A. 0. 10 《高强多层股(不旋转)钢丝绳》GB1102—74
- A. 0. 11 《结构安装工程施工作业规程》YST 404—89
- A. 0. 12 《预应力混凝土用钢丝》GB5223—85
- A. 0. 13 《预应力混凝土用钢绞线》GB5224—85
- A. 0. 14 《混凝土结构设计规范》GBJ10—89
- A. 0. 15 《建筑施工安全检查评分标准》JGJ59—88
- A. 0. 16 《建筑机械使用安全技术规程》JGJ33—86
- A. 0. 17 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46—88

## 附录 B 本规程用词说明

**B.0.1** 为便于在执行本规程条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

(1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”;反面词采用“严禁”。

(2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”;反面词采用“不应”或“不得”。

(3)表示允许稍有选择,在条件许可时,首先应这样做的:

正面词采用“宜”或“可”;反面词采用“不宜”。

**B.0.2** 条文中指明必须按其他有关标准执行的写法为“应按……执行”或“应符合……的要求(或规定)”;非必须按所指定的标准执行的写法为“可参照……的要求(或规定)”。

## 本规程主编单位、参加单位 和主要起草人

**主编单位：**中国建筑科学研究院建筑机械化研究所

**参加单位：**北京市建筑工程总公司

广播电影电视部设计院

四川省建筑工程总公司

中国建筑第三工程局

冶金部第一冶金建设公司

广播电影电视部安装公司

北京市第六建筑工程公司

四川省建筑研究院

**主要起草人：** 杨嗣信 汪祖培 肖绍统 陈传仁 王 钢

郑念中 黄启宇 马亚平 张希黔 何景洪

冯新德 王文山 俞志雄 黎万策