

文章编号: 1673-8993(2012)06-0048-03

# 大功率天线基座混凝土裂缝浅析与温差裂缝控制

段洪胜

(国家广播电影电视总局 561 台, 江西 南昌 330046)

**摘要:** 对大体积混凝土施工中的混凝土裂缝产生的原因、水化热的计算及温差裂缝控制进行了较详细的阐述, 提供了对混凝土裂缝的控制方法, 有效保障了现场浇注大体积混凝土的施工质量。

**关键词:** 天线基座; 温差裂缝; 控制措施

**中图分类号:** TU 755      **文献标识码:** B

## Analysis of concrete cracking of high power antenna base and control of cracks caused by temperature difference

Duan Hongsheng

(The state Administration of Radio Film and Television No.561 Channel, Nanchang 330046, Jiangxi)

**Abstract:** The cause for concrete cracking in mass concrete construction, the calculation of hydration heat and temperature crack control were described in detail, and the concrete crack control method was provided to effectively ensure of the construction quality of mass concrete in-situ casting.

**Key words:** antenna base; temperature crack; control measures

大体积混凝土指的是断面最小尺寸大于 1 m 以上的混凝土结构。大体积混凝土同普通钢筋混凝土比较, 它具有混凝土用量多、体形大、结构厚、施工技术要求高以及工程条件复杂等特点。而且, 大体积混凝土在施工和养护阶段极容易产生裂缝。

西新工程四期一阶段海南 2023 台工程是广电系统的重点工程, 是我国自主知识产权的最大功率全方位的转动天线诞生地。天线的基座呈正方体的大承台独立基础, 基座承台属于大体积混凝土结构。天线底座基础中心平面尺寸为: 18.2 mm × 18.2 m, 厚度为: 2.3 m。控制基座承台混凝土施工阶段产生的裂缝至关

重要。

## 1 基座承台混凝土裂缝原因浅析

基座承台大体积混凝土结构裂缝的种类及主要影响因素如下:

(1) 材料造成的裂缝。出现情况多为龟裂, 其原因主要是水泥安定性不合格或者骨料中含泥量过多引起的。

(2) 收缩造成的裂缝。即混凝土的收缩引起的裂缝。主要是混凝土中的用水量和水泥用量引起的, 水和水泥用量越高, 混凝土的收缩就越大。同时, 选用的水泥品种不同, 也会造成收缩量的差异。

(3) 温差造成的裂缝。温差的产生主要有两种情况:

一是在浇筑期间, 混凝土因水泥水化产生

收稿日期: 2012-10-21

作者简介: 段洪胜(1975-), 男, 高级工程师。

大量的水化热,由于混凝土体积大,聚集在内部的水泥水化热不易散发,混凝土内部温度将显著升高,而其表面则散热较快,形成了较大的温度差,使混凝土内部产生压应力,表面产生拉应力。此时,混凝土龄期短,抗拉强度很低。当温差产生的表面抗拉应力超过混凝土极限抗拉强度,则会在混凝土表面产生裂缝。这种因混凝土内外温差导致的混凝土裂缝一般产生在混凝土浇筑后的2~3d,即升温峰值阶段。当混凝土内部温度高达峰值后,与表面混凝土温度形成最大差值。二是在拆模前后,这时混凝土表面温度下降很快,从而产生裂缝。

这两种温差都会产生裂缝,但最严重的还是混凝土内部和外部的温差过大产生的裂缝。

## 2 温差裂缝的控制措施

温差裂缝控制通过对水化热温度进行计算分析,从控制混凝土升温、延缓降温速度、减少混凝土收缩等方面采取技术措施,控制大体积混凝土裂缝的产生<sup>[1]</sup>。

### 2.1 降低水泥水化热,对混凝土原材料进行预控

承台混凝土采用商品混凝土C30,水泥、石、砂和水的用量分别为:320 kg、1 025 kg、827 kg、148 kg;水灰比为0.46;减水剂用量为7 kg。

(1) 水泥:选用“蓝岛”高标号普通硅酸盐水泥(P.042.5),320 kg水泥用量,为混凝土中较少的水泥用量,降低了水化热。质量符合现行国家标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175-2007)<sup>[2]</sup>。符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204-2002)<sup>[3]</sup>中的要求,同时也满足了底板混凝土水泥强度等级不应低于42.5 MPa的要求。

(2) 减少水泥用量-掺加粉煤灰:为减少每立方米混凝土中的水泥用量,混凝土中掺用了质量符合现行国家标准《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》(GB/T 1596-2005)<sup>[4]</sup>中的规定的粉煤灰,其级别为Ⅱ级。粉煤灰掺量通过试验确定为60 kg,符合掺量小于等于20%的标

准。

(3) 选用适宜的骨料-碎石:选用了抗压强度高的碎石粒径5~31.5 mm,级配良好,满足了泵送时其最大粒径小于0.25管径的要求;含泥率为0.5%,高出规范要求一倍。符合国家现行标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52-2006)<sup>[5]</sup>的规定。

(4) 砂:采用河砂,属于Ⅱ区中砂,细度模数2.8。其要求符合国家现行标准《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》(JGJ 52-2006)的规定。

(5) 水:现场采用380 m深井水饮用水拌制混凝土,搅拌用水的质量符合《混凝土拌合用水标准》(JGJ 63-2006)<sup>[6]</sup>的规定。

(6) 缓凝减水剂:加入“蓝岛”牌缓凝高效减水剂,符合《混凝土外加剂均质性试验方法》(GB/T 8077-2000)<sup>[7]</sup>,延缓混凝土的凝结时间,进而延长水化热释放时间,达到降低早期水泥水化热。

### 2.2 最大绝热温升温度值计算

(1) 绝热温升温度值:

$$T(t) = CQ(1 - e^{-mt}) / (\varphi\rho) \\ = 320 \times 377 \times (1 - 2.718^{-0.3 \times 28}) / (0.96 \times 2400) \\ = 52.35(\text{°C})$$

式中,  $T(t)$  为混凝土浇筑完  $t$  段时间, 最大绝热温升温度值°C;  $C$  为水泥用量  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;  $Q$  为每千克水泥水化热量(见表1)求得, P.042.5水泥  $Q = 377 \text{ J/kg}$ ;  $e$  为常数 2.718;  $m$  为与水泥品种比表面、浇捣时温度有关的经验系数,一般取 0.2~0.4;  $t$  为混凝土浇筑后至计算时的天数,取 28 d;  $\varphi$  为混凝土的热比,一般 0.92~1.0, 取 0.96;  $\rho$  为混凝土的容重,取  $2400 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

表 1 不同标号、品种、龄期水泥水化热量值

水泥品种	水泥标号	水泥的水化热/(kJ·kg <sup>-1</sup> )		
		3 d	7 d	28 d
普通硅酸盐水泥	(P.0 42.5)	314	356	377
	(P.0 32.5)	251	272	355
矿渣硅酸盐水泥	(P.0 32.5)	188	251	335

(2) 混凝土入模时温度经测定为27°C,

所以混凝土内的计算最高温度  $T = 27 + 52.35 = 79.35$  (℃)。

### 2.3 采用内部散热降温

预埋水管, 通循环水降温。现场采用 DN20 镀锌管, S 型铺设, 分上下两层, 下层距底边 0.8 m 设置, 两层间距为 0.7 m, 总管长 268.4 m。

换热量  $Q$  计算:

$$Q = mc(t_g - t_h)$$

式中,  $Q$  为每秒换热量, kJ;  $m$  为质量流量,  $\text{m}^3/\text{s}$ , 质量流量 = 平均质量流速 × 管径截面积 (质量流量 = 体积流量 × 密度; 流速 = 体积流量 ÷ 截面积), 现场流速为 0.8 m/s;  $c$  为水的比热容, 4.2 kJ/(kg · ℃);  $t_g$  为供水温度, 测量为 15 ℃;  $t_h$  为回水温度, 测量最高为 75 ℃。

3 d 总换热量  $Q_3 = 0.8 \times 1 \times 3.14 \times 0.008 \times 0.008 \times 4200 \times (75 - 15) \times 3600 \times 24 \times 3 = 10501108.53$  (kJ); 基座水化热总量 =  $377 \times 320 \times 766.2 = 92434368$  (kJ)。循环水降温 3 d 能带走水化热总量的 11% 左右, 可为基座降温 5 ℃左右, 即混凝土理论计算最大温度为 74.35 ℃。经现场实测数据显示 3 d 基座混凝土温度达到最大值 75 ℃, 与计算温度一致<sup>[8]</sup>。

### 2.4 加强混凝土的养护

根据上述热工计算, 基座混凝土在 3 d 内部温度最高 74.35, 如 3 d 时现场晚上温度为 26 ℃, 则混凝土内外温差为 48.35 ℃大于规范 ( $\leq 25$  ℃) 要求, 因此, 必须对基座混凝土的养护过程采取表面保温措施, 在基座混凝土表面覆盖塑料薄膜和草席, 加强保温、保湿的养护, 延缓降温速率, 避免出现温差裂缝。在浇筑完混凝土初凝后, 可将内部散热流出的热水注入塑料薄膜内进行蓄水养护, 使基座混凝土表面温度和内部温度温差缩小到最少; 同时, 加强施工中的温度监测和管理, 及时调整保温及养护措施, 养护时间不少于 14 d<sup>[3]</sup>。

### 2.5 混凝土施工情况

混凝土浇筑过程在 4 月进行, 海南地区气

温相对较高, 根据计算, 混凝土内外温差依然较大。为此, 现场充分利用夜间低温时间浇筑且采取了分层、连续、由内向外等相应的施工措施, 同时对混凝土通循环水降温并用降温产生的热水养护, 确保混凝土内部与表面温差小于 25 ℃, 并保持混凝土内部与外界大气温差不大于 20 ℃, 达到规范要求。

由于对整个基座混凝土浇筑从混凝土水化热和缓凝时间加以控制、采用内部散热、循环热水养护的浇注与养护工艺, 并从加强温度监控等方面采取了有效措施, 天线基座大体积承台施工顺利, 混凝土表面光滑, 无蜂窝、漏浆现象, 外观及质量良好。

## 3 结语

对于应用日益广泛的大体积混凝土工程, 我们需要不断总结经验, 通过对天线基座承台施工前的计算分析、施工中后期的质量控制, 掌握大体积混凝土施工技术并完善了技术措施。在大体积混凝土施工时, 合理的水泥用量、掺合剂及配合比控制升温, 掌握混凝土入模温度, 并准确计算混凝土的绝热温升、掌握混凝土内部与表面温差, 有利于选取适宜的施工工艺, 采取相应的降温措施、养护工艺和方法, 就能够最大程度地避免混凝土温差裂缝的出现, 确保大体积混凝土结构的工程质量。

## 参考文献:

- [1] 江正荣. 建筑施工计算手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [2] GB 175-2007, 通用硅酸盐水泥 [S].
- [3] GB 50204-2002, 混凝土结构工程施工质量验收规范 [S].
- [4] GB/T 1596-2005, 用于水泥和混凝土中的粉煤灰 [S].
- [5] JGJ 52-2006, 普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准 [S].
- [6] JGJ 63-2006, 混凝土拌合用水标准 [S].
- [7] GB/T 8077-2000, 混凝土外加剂匀质性试验方法 [S].
- [8] GB 50108-2008, 地下工程防水技术规范 [S].

## 如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



### HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

### CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



### 13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



## 关于易迪拓培训:

易迪拓培训([www.edatop.com](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网([www.mweda.com](http://www.mweda.com)),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

## 我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养, 更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果, 又能免除您舟车劳顿的辛苦, 学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲, 结合实际工程案例, 直观、实用、易学

## 联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>