

Research on the Construction Technology and Design of the Protection Layer of Concrete Filled Steel Tube Column

Peng Shao¹, Rong Bai^{1,2}, Chuanqin Yao¹, Chengyang Wang²

¹Institute of Civil Engineering and Construction, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

²China Construction Fourth Engineering Division Corp. Ltd., Guangzhou Guangdong

Email: 94498017@qq.com

Received: Feb. 11th, 2017; accepted: Feb. 28th, 2017; published: Mar. 3rd, 2017

Abstract

Through the calculation analysis and characteristic introduction of the protective layer of concrete filled steel tube columns, it is concluded the protection layer thickness which complies with the design requirements. According to the actual site condition and optimization of the construction process, it sums up the actual construction process which ensures the design of fireproof requirement and at the same time controls the key process in the construction process. The new technology makes wide prospect and extensive popularized significance.

Keywords

Concrete-Filled Steel Tube Column, The Protection Layer, Calculation and Analysis, Construction Technology

钢管混凝土圆柱保护层的设计及施工技术研究

邵 鹏¹, 白 蓉^{1,2}, 姚传勤¹, 王成洋²

¹安徽理工大学土木建筑学院, 安徽 淮南

²中国建筑第四工程局, 广东 广州

Email: 94498017@qq.com

收稿日期: 2017年2月11日; 录用日期: 2017年2月28日; 发布日期: 2017年3月3日

摘要

通过对钢管混凝土圆柱保护层的计算分析及特点介绍, 得出符合设计要求的防火保护层厚度。根据现场实际情况, 优化施工工序, 总结出符合实际的施工工艺。不但保证设计的防火要求, 同时施工过程中对关键工序进行控制。使得该施工技术可以在类似工程中推广应用。

关键词

钢管砼柱, 保护层, 计算分析, 施工技术

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着生活水平的提高和建筑业的快速发展, 城市综合体和超高层建筑应运而生。在这个过程中推出了第五种结构类型, 即全新的钢-混凝土组合结构(Concrete-Filled Steel Tube)类型。钢管混凝土大截面圆柱外挂网抹浆保护层能有效地保护好这种大截面钢管柱, 使其发挥更好的力学性能和优势, 克服了防火涂料等其他外保护层造价高、施工复杂、维护费用高、不环保等缺陷。同时它也是一种新颖的设计理念和更加环保的施工工艺。

广州市珠江新城 F2-4 地块是集商业、办公、高级公寓、五星级酒店于一身的多功能综合性大型公共建筑, 最高楼层达 49 层 280 米。通过对本项目超高层钢管混凝土大截面圆柱外挂网抹浆保护层施工, 总结形成了超高层钢管混凝土大截面圆柱外挂网抹浆保护层施工工艺。实践证明此保护层主要起到防火作用, 另具有施工快捷、方便、降低成本、节能环保、防腐、防锈、后期维护费用低、便于装修第一时间插入、节省工期等优点。因此此施工工艺将会在超高层和大型城市综合体建筑圆柱中得到广泛应用。

2. 钢管混凝土圆柱保护层设计分析

2.1. 钢结构保护层的抗火一般验算

钢结构构件抗火设计以火灾高温下钢结构的承载力极限状态为基础, 根据概率极限状态设计法的原则进行设计。

钢结构构件抗火设计, 可采用承载力法或临界温度法。

临界温度法可按偶然设计状况的作用效应组合进行钢结构抗火验算时。根据构件和荷载类型, 计算构件的临界温度 T_d 。当保护材料为膨胀型时, 保护层厚度可按试验方法确定。因为砂浆为非膨胀型保护材料, 可按下述方法计算所需防火被覆厚度: 由构件的临界温度 T_d 、耐火极限(标准升温时间 t 或等效曝火时间 t_e) 按查表确定构件单位长度综合传热系数 B [1];

由下式计算保护层厚度:

$$d_i = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4k \left(\frac{F_i}{V} \right)^2 \frac{\lambda_i}{B}}}{2k \frac{F_i}{V}}$$

$$k = \frac{c_i \rho_i}{2c_s \rho_s}$$

当 $k \leq 0.01$ 或不便确定时, 可偏于安全地按下式计算保护层厚度: $d_i = \frac{\lambda_i}{B} \cdot \frac{F_i}{V}$

式中 B —— 钢构件单位长度综合传热系数 [$W/(m^3 \cdot ^\circ C)$]

c_s —— 钢材的比热容

ρ_s —— 钢材的密度

F —— 构件单位长度的受火表面积 (m^2/m);

V —— 构件单位长度的体积 (m^3/m);

c_i —— 保护材料的比热容 [$J/(kg \cdot K)$];

ρ_i —— 保护材料密度 (kg/m^3);

d_i —— 保护材料厚度 (m);

λ_i —— 保护材料 $500^\circ C$ 时的热传导系数或等效热传导系数 [$W/(m^3 \cdot ^\circ C)$];

F_i —— 构件单位长度防火保护材料的内表面积 (m^2/m)。

承载力法进行抗火设计验算: 首先设定防火被覆厚度。其次按有关条文计算构件在要求的耐火极限下的内部温度。并确定高温下钢材的参数及计算构件在外荷载和温度作用下的内力。然后按规定进行结构分析(含温度效应分析), 并进行作用效应组合。最后根据构件和所受荷载的类型, 按有关条文进行构件抗火承载力极限状态验算。当设定的防火被覆厚度不合适时(过小或过大), 可调整防火被覆厚度, 重复上述步骤。

2.2. 钢管混凝土圆柱保护层设计分析

当圆形截面钢管混凝土柱保护层采用金属网抹普通水泥砂浆时, 其厚度可按《建筑钢结构防火技术规范》中表 8.1.3 确定[1]。选取规范表中直径 1200 mm 进行查询, 如下表 1: 圆形截面钢管混凝土柱金属网抹灰保护层厚度所示。

根据混凝土结构设计规范对框架结构各层计算长度[2]取值可按下表 2 进行取值:

根据广州市珠江新城 F2-4 地块项目设计图纸钢管柱从首层开始布置, 可计算其最不利状态为首层架空层。本建筑的第 2 层计算长度为最大值, 即 $l_0 = 1.25 \times 11.4 = 14.25$ 米。根据 $\lambda = 4L/D$ 计算公式可求得 $\lambda = 4 \times 14.25 \div 1.2 = 47.5$, 查上表得钢管柱保护层厚度为 45 mm, 为增加其防火的安全系数我们取大一级别的保护层厚度, 即选取 70 mm 的金属网抹普通水泥砂浆保护层。

2.3. 设计对施工的要求

设计要求普通水泥砂浆强度等级为 M7.5, 其中水泥强度等级为 42.5R。施工配合比为: 水泥: 混合材料: 砂: 水 = 1:0.35:4.46:0.88; 选用外加剂为高效增稠保水剂, 掺量为 0.12%。相关技术参数如下表 3 所示。

设计要求的 70 mm 厚的挂网抹浆保护层在施工中会面临保护层厚度厚、圆弧面不易控制、易出现常规抹灰中的裂缝、空鼓等质量问题, 不利于保护层的施工。需要施工单位根据现场实际情况, 在满足结构设计要求的同时, 保证施工质量。严格按照《建筑装饰装修工程质量验收规范》等相关规范进行现场验收, 保证结构防火要求, 使建筑结构能更好的发挥其承载力[3]。

3. 工艺流程及施工要点

3.1. 工艺流程

施工钱准备 → 焊接固定钉 → 挂第一道钢丝网 → 验收 → 甩面浆 → 分层抹灰 → 挂第二道钢丝网 → 验收 → 做灰饼 → 分层抹灰 → 压光成型 → 验收 → 养护及成品保护。

Table 1. Circular steel tube concrete column metal lath and plaster protective layer thickness (mm)**表 1.** 圆形截面钢管混凝土柱金属网抹灰保护层厚度(mm)

圆形截面直径 (mm)	耐火极限(h)	保护层厚度 di (mm)			
		$\lambda = 20$	$\lambda = 40$	$\lambda = 60$	$\lambda = 80$
1200	1.0	13	22	34	48
	1.5	17	29	45	64
	2.0	20	34	54	76
	2.5	24	40	63	88
	3.0	27	45	71	99

注: $\lambda = 4L/D$, 其中 L 为柱的计算长度, D 为柱截面直径。

Table 2. Calculating length of each column of frame structure (mm)**表 2.** 框架结构各层柱的计算长度(mm)

楼盖类型	柱的类别	l_0
现浇楼盖	底层柱	$1.0H$
	其余各层柱	$1.25H$
装配式楼盖	底层柱	$1.0H$
	其余各层柱	$1.25H$

注: 表中 H 为底层柱从基础顶面到一层楼盖的高度; 对于其余各层柱为上下两层楼盖面之间的高度。

Table 3. Technical parameters of M7.5 cement mortar**表 3.** M7.5 成品水泥砂浆相关技术参数

产品名称	强度等级		28 d 轻度(Mpa)	凝结时间(h)	保水性(%)	密度(kg/m ³)
普通砌筑砂浆(DM)	M7.5	标准要求	≥ 7.5	3-8	≥ 88	≥ 1800
		实验结果	9.0	5.35	93	1910

钢管柱表面点焊固定钉, 挂双层钢丝网片。钢管混凝土圆柱保护层剖面示意图如下图 1 所示。

3.2. 施工要点

(1) 施工前的准备工作:

钢管混凝土大截面圆柱外挂网抹浆保护层施工, 涉及到土建施工队、钢结构施工队、钢结构第三方检测单位及外架专业等各工种之间交叉作业, 所以对各工种、班组之间的沟通和协调工作要求较高。材料准备中包括钢管柱圆弧模具和吊线用的工具还有需要主材强度等级为 M7.5 的砂浆和符合要求的钢丝网。

在工人进场后, 项目部对施工工人进行施工方案和施工技术的交底。检测工作包括钢管柱对接焊缝的超声波探伤检测和钢管柱混凝土的超声波密实度性能检测, 在钢管柱基面清理之前要做好检测工作。为保证砂浆与钢管柱外表面粘结良好, 需对基面进行清理。清理时应以除锈机对钢管柱表面进行除锈, 以表面无锈蚀为宜。清理过程中严禁用水冲洗。

(2) 焊接固定钉

相关准备工作完成以后就可以在钢管柱表面进行固定钉的焊接工作。固定钉规格为 A10@600*600 ($L = 60$ mm), 应以砂轮切割机进行切割, 保证与钢焊接端部平整。钢管柱均为圆钢管柱, 则固定钉竖向间距为 600 (在柱头或柱脚, 不足 600 者需设一道)。固定钉应尽量均匀, 呈梅花型布置。

根据现场实际情况我们自制了一个三角铁架用于选择固定钉位置的，利于高效、保质的完成固定钉的焊接工作。三角铁架焊接时的应用如下图 2 所示。

(3) 挂第一道钢丝网及验收

固定钉焊接好后，挂第一道密目式钢丝网。钢丝网规格为 A1.6@20×20 mm，钢丝网须拉直、压紧，并与固定钉绑扎固定。钢丝网水平搭接区长度为 300，然后根据挂网要求进行检查[4]。钢管柱保护层平面挂网搭接示意图如下图 3 所示。

钢管柱保护层挂好第一道钢丝网如图 4 所示。

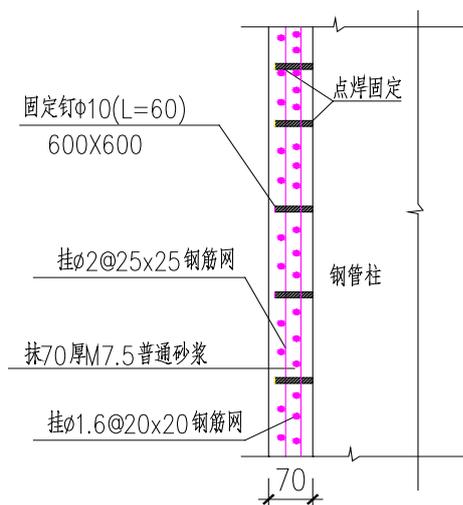


Figure 1. Schematic diagram of steel pipe column

图 1. 钢管柱保护层剖面示意图

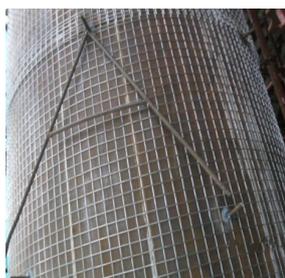


Figure 2. Application of trevet welding

图 2. 三角铁架焊接时的应用

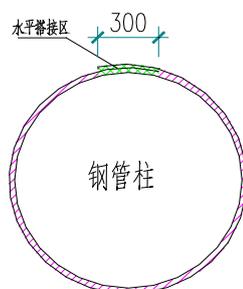


Figure 3. Schematic diagram of steel pipe column protective layer

图 3. 钢管柱保护层平面挂网搭接示意图



Figure 4. Hanging the first wire mesh
图 4. 挂第一道钢丝网

(4) 甩面浆

按照相关要求挂好第一道钢丝网后，进行甩底层砂浆。底层砂浆要求水灰比为 1:2 的水泥浆，提高抹灰砂浆与柱体的粘结力。

甩浆时用笤帚沾水泥浆甩至柱体上，甩出的毛刺在 0.5 cm 左右。注意甩浆时的技巧，保证毛刺的高度符合要求。甩浆完了之后，注意润水养护。

(5) 分层抹灰

分层抹砂浆至 50 厚，砂浆采用 M7.5 普通成品砂浆。砂浆应分 3~4 层抹上，每层厚度不得超过 15 mm。一层砂浆抹完后，需待其流淌性减小后方可抹下一层，以免砂浆滑落。

(6) 挂第二道钢丝网及验收

当抹灰抹到 50 mm 左右，即大概离固定钉端部 10 mm 时开始挂第二道钢丝网片。钢丝网规格为 A2.0@25 × 25 mm，钢丝网须拉直、压紧，并与固定钉绑扎固定，然后根据挂网要求进行检查。

(7) 做灰饼并分层抹灰

第二道钢丝网挂好检查完以后开始做灰饼。灰饼根据自制的半圆弧模具从下往上做灰饼。因为要求的抹灰厚度为 70 mm，而自制的固定钉为 60 mm，做灰饼可以更好的保证抹灰的厚度及质量。灰饼先做下面的，然后用吊线引到柱子上部。制作灰饼图如下图 5 所示。

分层抹砂浆至 70 厚，砂浆采用 M7.5 普通成品砂浆。应分 1~2 层抹砂浆 20 厚。一层砂浆抹完后，需待其流淌性减小后方可抹下一层，以免砂浆滑落。最面层砂浆抹完后，应用抹灰刀修整，达到面层呈圆形、无棱角、无缺陷。

(8) 压光成型、验收及最后成品保护

当砂浆抹至规定的厚度时需要用我们自制的模具进行检查。最后用铝搓(铝合金刮尺)进行压光、收光。压光成型以后根据要求进行检查，保证施工质量。

钢管混凝土大截面圆柱外挂网抹浆保护层施工的养护需喷雾养护 7 天，喷水养护在水泥砂浆初凝后进行。保持抹灰面的湿润，以防抹灰面干缩裂缝导致开裂和空鼓。钢管柱保护层养护如下图 6 所示。

3.3. 质量控制点

钢管混凝土大截面圆柱外挂网抹浆保护层质量控制要点如下：

(1) 钢管混凝土圆柱保护层的检验批按下列规定划分：每一层划分为一个检验批。每个检验批应抽查



Figure 5. Production of steel pipe column protective layer cake

图 5. 钢管柱保护层制作灰饼图



Figure 6. Protection of steel pipe column (keep moist)

图 6. 钢管柱保护层养护(保持湿润)

钢管柱根数的 10%，并不得少于 3 根；

(2) 抹灰工程应分层进行。因为抹灰厚度大于 35 mm，所以要采取加强措施。根据设计要求加双层不同规格的钢丝网，钢丝网要求拉直、压紧，钢丝网的搭接长度不得小于 300 mm。

(3) 抹灰前钢管柱基层表面的尘土、锈迹、污垢等应清理干净，并应严禁洒水。抹灰层与钢管柱基层之间及各抹灰层之间必须粘结牢固，抹灰层应无脱层、空鼓，面层应无爆灰和裂缝。需用小锤轻击检查[5]。

(4) 防止完成面呈椭圆、出现棱角、缺陷：抹砂浆时，注意分层厚度均匀，抹完一圈后方可抹下一层。

在施工过程中用自制的圆弧模具进行过程控制和检查如下图 7 所示。

(5) 根据《建筑装饰装修工程质量验收规范》中对抹灰的要求[4]，自制钢管柱抹灰立面、弧面等部位允许偏差表。见下表 4 所示。

4. 结语

随着国内建筑行业迅速发展，设计师对钢管柱结构运用越来越多。本文对钢管柱挂网抹灰的厚度进行简单的受力计算并对相应的施工工艺做了简要的总结。钢管混凝土圆柱保护层以其独特的优点：施工快捷、方便、节能环保、防火性能好、便于后期精装修等，满足人们对施工及时间要求。同时具有降低



Figure 7. During the process of self inspection and control of circular arc mold

图 7. 过程中自制圆弧模具检查控制

Table 4. Column plastering allowable deviation inspection table

表 4. 钢管柱抹灰允许偏差检查表

项次	项目	允许偏差(mm)		检验方法
		圆柱		
1	立面垂直	20		用 2 m 托线板检查
2	总高垂直度	$H/1000 \leq 50$		挂吊线及尺量检查
3	弧形表面精确度	20		用 1/4 园周样板和楔形塞尺检查
4	柱群纵横向顺直	30		拉通线和尺量检查
5	成型厚度检查	5		周长法

成本、日后钢管柱保护层维护费用低等优点，将在日后城市综合体及超高层钢管柱结构中得到广泛应用。防火性能好，具有极大的市场潜力，创造了较好的经济效益。因此可以在类似工程施工中推广应用。

参考文献 (References)

- [1] CECS200-2006, 《建筑钢结构防火技术规范》[S].
- [2] GB50010-2010, 《混凝土结构设计规范》[S].
- [3] GB50210-2002, 《建筑装饰装修工程质量验收规范》[S].
- [4] 李强, 李同优, 路佳杰. 保证钢丝网架夹芯板抹灰质量的技术措施[J]. 建筑技术, 2006, 37(11): 850-852.
- [5] 王赫, 徐国斌. 加气混凝土砌块墙面抹灰空鼓与裂缝的分析及预防[J]. 建筑技术, 2006, 37(4): 248-249.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjce@hanspub.org