

浅析房屋火灾后加固方法应用

窦国围

苏州工业园区建设工程质量检测咨询服务有限公司, 江苏 苏州 215021

[摘要]随着我国经济的高速发展,旧工业建筑出现不符合现代发展要求、不符合持续发展战略等诸多问题,大量既有建筑的结构和功能已不能满足人们的需求,建筑工程的加固有着重要的意义。加固涉及很多因素,加固材料的选择和加固技术的施工将直接影响资金的投入和加固的质量。文章结合1个受火灾的混凝土框架结构,对原有的混凝土梁、板、柱进行承载力等参数测试与分析,通过对过火后结构现状进行调查,分析火灾对构件钢筋、混凝土强度等参数的影响程度,选用合适的加固方案进行加固,并对最终加固施工质量进行验证。

[关键词]加固;火灾;测试;碳纤维;外包型钢

DOI: 10.33142/ec.v5i3.5501

中图分类号: TU317

文献标识码: A

Brief Analysis of Application of Reinforcement Method after House Fire

DOU Weiwei

Suzhou Industrial Park Construction Project Quality Test and Consultation Service Co., Ltd., Suzhou, Jiangsu, 215021, China

Abstract: With the rapid development of China's economy, there are many problems in old industrial buildings that do not meet the requirements of modern development and sustainable development strategy. The structure and function of a large number of existing buildings can no longer meet people's needs. The reinforcement of construction engineering is of great significance. Reinforcement involves many factors. The selection of reinforcement materials and the construction of reinforcement technology will directly affect the investment of funds and the quality of reinforcement. Combined with a concrete frame structure affected by fire, this paper tests and analyzes the bearing capacity and other parameters of the original concrete beams, plates and columns. Through the investigation of the current situation of the structure after fire, this paper analyzes the influence of fire on the parameters such as component reinforcement and concrete strength, selects an appropriate reinforcement scheme for reinforcement, and verifies the final reinforcement construction quality.

Keywords: reinforcement; fire; testing; carbon fiber; wrapped section steel

1 工程概况

苏州某公司的厂房,为地上单层混凝土框架结构,梁、板、柱混凝土设计强度等级均为C30,钢筋强度等级均为HRB400,抗震设防烈度7度,地震加速度0.10g,地震分组第一组,抗震设防类别丙类,抗震等级三级。平面呈矩形布置,面积约95 m²,围护墙体采用220mm厚蒸压粉煤灰加气混凝土砌块和水泥砂浆筑。

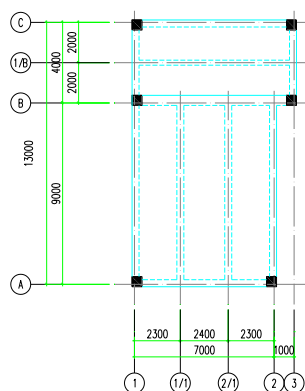


图1 锅炉房结构平面布置图

该厂房建成后作为生产辅助设备用房使用,使用过程中,该厂房(1-2)/(A-B)轴区域发生火灾,造成部分混凝土柱、梁、板及填充墙体过火约45分钟,大火导致部分混凝土结构构件受损严重,影响正常使用,结构平面布置及外观内部照详见图1~3。



图2 外观照



图3 内部照

2 过火后结构现状检查

2.1 火灾后构件截面尺寸测量

现场对该工程过火区域抽取部分混凝土构件,采用钢卷尺对柱、梁构件进行截面尺寸测量,采用一体式楼板测厚仪对屋面板厚度进行测量,结果详见表1。

表 4 构件混凝土抗压强度、碳化深度检测结果汇总表

序号	芯样位置	芯样直径 (mm)	芯样高度 (mm)	高径比	破坏荷载 (kN)	混凝土抗压强度值 (MPa)	碳化深度 (mm)
1	1/A 轴柱	74.0	75	1.01	101.6	23.6	4
2	1/B 轴柱	74.0	75	1.01	92.8	21.6	4
3	(1/1) / (A-B) 轴屋面梁	75.0	76	1.01	89.0	20.2	6
4	(2/1) / (A-B) 轴屋面梁	75.0	76	1.01	94.1	21.3	5
5	2/ (A-B) 轴屋面梁	75.0	76	1.01	105.3	23.8	4

表 5 单个构件混凝土强度推定值汇总表

序号	构件名称	测区数	混凝土设计强度等级	混凝土抗压强度换算值 (MPa)			现龄期混凝土强度推定值 (MPa)
				平均值	标准差	最小值	
1	(1-1/1) / (A-B) 轴屋面板	10	C30	44.1	7.15	35.0	32.3
2	(1/1-2/1) / (A-B) 轴屋面板	10	C30	23.6	0.83	22.4	22.2
3	(2/1-2) / (A-B) 轴屋面板	10	C30	22.8	0.99	21.4	21.2

表 1 火灾后构件截面尺寸测量结果汇总表

序号	构件位置	检测项目	构件截面尺寸 (mm)		备注
			设计值	实测值	
1	1/A 轴柱	南侧×西	500×500	502×505	含粉刷层
2	2/A 轴柱	南侧×东	500×500	501×502	含粉刷层
3	(1/1) / (A-B) 轴屋梁	梁宽×梁高	350×580	360×575	含粉刷层
4	(2/1) / (A-B) 轴屋梁	梁宽×梁高	350×580	358×576	含粉刷层
5	(1/1-2/1) / (A-B) 轴板	板厚	120	128	含粉刷层
6	(2/1-2) / (A-B) 轴板	板厚	120	130	含粉刷层

说明：1、“梁高*”为“梁底到板底之间的距离”；2、每侧粉刷层厚度约 5-10mm；

2.2 混凝土柱、梁纵筋数量检测

现场对该工程过火区域抽取部分混凝土构件，采用钢筋探测仪进行柱侧、梁底纵筋数量的扫描检测，具体结果详见表 2。

表 2 混凝土柱、梁纵筋数量扫描检测结果汇总表

序号	轴线位置	检测部位	纵向钢筋数量 (根)		备注
			设计值	实测值	
1	1/A 轴柱	南侧×西侧	4×4	4×4	无
2	2/A 轴柱	南侧×东侧	4×4	4×4	无
3	(1/1) / (A-B) 轴	梁底	6	6	无
4	(2/1) / (A-B) 轴	梁底	6	6	无

2.3 屋面板板底钢筋间距测量

现场对该工程过火区域抽取 2 处屋面板，采用钢筋探测仪，进行板底钢筋间距扫描检测，具体结果详见表 3。

表 3 现浇板板底钢筋间距检测结果汇总表

序号	轴线位置	钢筋方向	板面钢筋间距 (mm)	
			设计值	实测平均值
1	(1/1-2/1) / (A-B) 轴屋面板	东西向	150	157
		南北向	150	154
2	(2/1-2) / (A-B) 轴屋面板	东西向	150	140
		南北向	150	155

2.4 混凝土构件强度检测

现场对该工程过火区域抽取部分柱、梁构件，采用钻芯法钻取混凝土芯样进行混凝土抗压强度试验，并对混凝土进行碳化深度测试，具体结果详见表 4。

现场检测时，该工程过火区域构件混凝土龄期已超过 28 天且少于 1000 天，抽取部分构件采用回弹法进行现龄期混凝土强度检测，具体结果详见表 5。

2.5 火灾后构件钢筋力学性能

现场对该工程过火区域各选取 1 个柱、梁、板构件，凿掉混凝土保护层露出柱角筋、梁底角筋、板底受力钢筋，对这 3 处钢筋进行截样，将截样送至实验室进行力学性能检测，具体结果详见表 6。

表 6 钢筋力学性能检测结果汇总表

构件编号	牌号	规格 (mm)	屈服强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)
1/B 轴柱	HRB400	25	332	520
(2/1) / (A-B) 轴屋面梁	HRB400	20	345	533
(1/1-2/1) / (A-B) 轴屋面板	HRB400	8	351	560

3 结构计算

根据现场检查、检测结果，采用 PKPM 软件对该工程主要受力构件进行结构计算，按照设计当时规范、荷载，过火区域考虑混凝土、钢材强度折减，分别采用 C20 混凝土和 HRB335 钢筋，其余参数均按原设计标准取值。经验算，该工程有 2 根柱、3 根屋面梁承载力不满足原设计要求。

4 加固方案的选择

考虑到该工程结构体系简单，面积较小，同时作为设备用房，施工过程需尽量减少对原结构的损伤，需要尽快恢复使用，经仔细分析对比，对该工程混凝土柱采用外包型钢加固法，屋面梁、板采用粘贴纤维复合材料加固法，过火区域填充墙体、其余混凝土构件采用外观修复措施。

4.1 外包型钢法技术保障

(1) 凿除构件表面粉刷层，用砂轮机将混凝土构件

表面打磨平整,使得新增型钢与原结构混凝土连接可靠^[1];

(2) 加固前用钢筋位置测定仪确定混凝土柱、梁构件钢筋位置,钻取锚栓孔时应避开钢筋;

(3) 先锚固柱四角角钢,再将缀板与角钢焊接,角钢、缀板与混凝土之间注满粘结剂;

(4) 加固后构件表面喷涂砂浆保护层。

4.2 粘贴纤维复合材料加固法技术保障

(1) 对高温、化学腐蚀等环境,应在加固设计中提出有效的防止对策^[1];

(2) 纤维复合材表面喷涂砂浆保护层^[1];

(3) 对使用胶粘方法或掺有聚合物加固的结构构件,尚应定期检查其工作状态,第一次检查时间不应迟于10年^[1]。

5 加固后施工质量检测

5.1 加固工程概况

现场检测时该加固工程已施工完成,尚未做粉刷,详见照片4~5。



图4 柱加固照

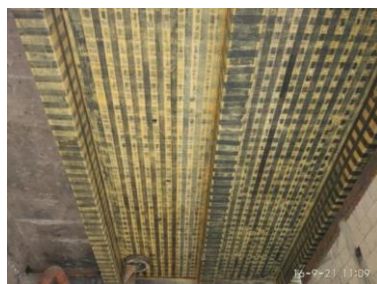


图5 屋面梁、板加固照

5.2 资料核查

(1) 火灾后主体结构检测报告1份;

(2) 碳纤维纺织品检验报告1份;

(3) 钢材检测报告1份;

(4) 设备用房加固设计图纸1套。柱采用外包角钢加固法进行加固处理,钢材为Q235B级,角钢规格为L75×5,结构胶采用A级胶;屋面梁、屋面板板底采用碳纤维粘结方法加固。碳纤维复合材料采用高强度单向I级织物(织物),碳纤维织物规格采用300g/m²(厚度为0.167mm),结构胶采用A级胶。

5.3 粘钢法加固混凝土柱检测

现场对该工程加固区域抽取2根混凝土柱,采用钢卷尺、游标卡尺对缀板宽度、厚度、间距及角钢宽度、厚度检测,均符合设计图纸要求。该工程所加固的2根混凝土柱构件的加固外观质量较好,所粘贴型钢表面平整,型钢与混凝土之间粘结质量较好,未发现明显空鼓、脱落现象。

5.4 碳纤维加固混凝土梁、板检测

现场对该工程加固区域抽取1根屋面梁、2块屋面板,采用钢卷尺进行梁侧面、板底面碳纤维布条宽度、间距检测,均符合设计图纸要求。抽取1根加固的屋面梁、1块屋面板,采用微型拉拔仪在梁侧、板底对碳纤维布与混凝土的正拉粘结强度进行拉拔检测,均符合规范要求。该工程所加固3根屋面梁和2块屋面板构件的加固外观质量较好,所粘贴碳纤维布表面平整,碳纤维织物和混凝土之间的粘结质量良好,未发现明显空鼓、脱落现象。

6 加固后结构计算

6.1 外包型钢法加固法计算原理

经过加固处理后,受损的钢筋、混凝土与新增型钢共同受力,承载力损失部分由新增型钢承担。

6.2 粘贴纤维复合材加固法计算原理

经过加固处理后,受损的钢筋、混凝土与纤维复合材共同受力,承载力损失部分由纤维复合材承担。

6.3 计算结果

经现场调查,该工程按原设计图纸施工,施工质量符合图纸和规范要求,加固工程施工质量符合加固图纸和相关规范要求,火灾后采用PKPM软件鉴定模块对该工程进

表7 加固前后构件配筋面积统计表

序号	加固部位	加固方法	实际配筋 (mm)	配筋面积 (m ²)		
				实际配筋	火灾后计算	加固后计算
1	1/A 轴柱	外包型钢	每侧 2 根 25+2 根 20	1610	1627	643
2	2/A 轴柱	外包型钢	每侧 2 根 25+2 根 22	1742	1868	643
3	(1/1) / (A-B) 轴梁	粘贴纤维复合材料	梁底 2 根 20+4 根 18	1646	1719	1612
4	(2/1) / (A-B) 轴梁	粘贴纤维复合材料	梁底 6 根 20	1885	1992	1799
5	2/ (A-B) 轴梁	粘贴纤维复合材料	梁底 6 根 18	1527	1595	1117
6	(1/1-2/1) / (A-B) 轴屋面板板底	粘贴纤维复合材料	双向 8@150	335	240	240
7	(2/1-2) / (A-B) 轴屋面板板底	粘贴纤维复合材料	双向 8@150	335	240	240

行建模计算,受损构件按照过火后的混凝土强度、钢筋强度计算,按照加固设计图纸的加固方案带入模型计算,经计算,受损柱、梁、板构件所需配筋面积均小于实际配筋面积,加固前后构件配筋面积统计表详见表7。

7 结语

本文基于实际受灾的框架结构实例,对未过火区域混凝土柱、梁、板的尺寸、混凝土强度、承载力等参数进行分析研究,主要内容如下:

(1) 对未过火区域构件的截面尺寸、纵筋数量、板底钢筋间距以及混凝土抗压强度进行检测;

(2) 对过火后混凝土结构进行结构计算及鉴定评级,对损坏的构件进行加固方案的选择和施工设计;

(3) 通过对现场资料核查、加固构件的施工质量检测、结构建模计算,结合受损构件火灾前、火灾后和加固后的配筋面积、构件评级决定采用外包型钢法加固柱、粘贴纤维复合材加固屋面梁、板;

(4) 对经过加固处理后的混凝土结构构件进行质量

检测、计算及效果验证,结果表明:受损的钢筋、混凝土与新增型钢共同受力,受损构件现状承载能力不足的部分由新增型钢、纤维复合材共同承担,加固效果达到预期。

【参考文献】

[1] 卜良桃,梁爽,黎红兵.混凝土结构加固设计规范算例[M].四川:混凝土结构加固设计规范算例,2015.

[2] 付子娟.火灾后钢筋混凝土结构承载力的计算与加固[J].濮阳职业技术学院学报,2011,24(4):146-148.

[3] 谭清华,韩林海.火灾后和加固后型钢混凝土柱的力学性能分析[J].清华大学学报(自然科学版),2013,53(1):12-17.

[4] 中国建筑标准设计研究院,国家建筑标准设计图集.混凝土结构加固构造(13G311-1)[M].北京:中国计划出版社,2013.

作者简介: 窦围围(1988.7-),工作单位苏州工业园区建设工程质量检测咨询服务有限公司。毕业学校南京工业大学。