

厂房火灾后结构安全性检测及鉴定分析

蒋红全, 常亮

(深圳市建筑科学研究院有限公司, 广东 深圳 518049)

摘要:对某厂房火灾后结构受损情况进行了现场检测,详细了解该厂房结构构件遭受火灾的破坏程度,并结合结构构件火灾后承载力验算结果,评定结构构件在火灾后的安全性能,并对该厂房火灾后出现的结构质量问题提出合理建议,为其加固修复提供依据。

关键词:厂房;结构安全性;检测鉴定;火灾

中图分类号:TB115

文献标识码:A

1 工程概况

某厂房建于 2003 年,自建成以来一直作为生产电子产品的工业厂房使用,其中一、二层为生产车间,三、四层为办公区。该厂房为 4 层钢筋混凝土框架结构,采用独立基础,建筑面积约 3 700 m²。该厂房结构平面布置(详图 1)呈矩形,框架柱截面尺寸主要为 400 mm × 600 mm,600 mm × 700 mm;梁截面尺寸主要为 300 mm × 1000 mm,250 mm × 700 mm,250 mm × 600 mm;楼面、屋面板厚度均为 110 mm。该厂房楼面及屋面设计使用荷载分别为 5.5 kN/m²、1.5 kN/m²;混凝土设计强度等级为:梁、板 C20,柱 C25。该厂房的外墙和楼梯间墙采用 180 mm 厚粘土砖,内隔墙采用夹板墙。经现场实地勘察,该厂房实际结构布置(纵向 8 跨)比原设计结构布置(纵向 7 跨)在纵向多出一跨(6.6 m);首层实际结构层高(5.5 m)与设计结构层高(4.5 m)不符。该厂房二层局部区域于 2011 年某日遭受火灾,楼层主要过火面积约 400 m²(图 1 阴影部分),火灾持续时间大约为 180 min。

2 结构检测部分

本次检测内容主要分两部分进行:(1)结构构件混凝土强度、钢筋配置及构件截面尺寸检测等;(2)火作用调查,包括火作用现场调查,火场温度判定,构件损伤情况调查等。

2.1 混凝土强度检测

该厂房框架柱、梁构件混凝土强度检测采用钻芯

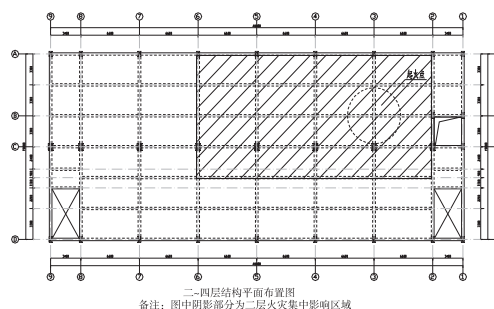


图 1 结构平面布置图

法,混凝土强度检测评定结果详见表 1。

表 1 混凝土强度批量检测评定结果

检测 评定 单元	抽检 数量 (个)	样本 均值 (MPa)	样本 标准差 (MPa)	检测批 推定区 间上限 值(MPa)	检测批 推定区 间下限 值(MPa)	设计 强度
一~四层柱	20	32.3	2.7	29.2	26.3	C25
二~顶层梁	20	21.5	4.3	16.4	12.0	C20

该厂房一至四层柱现龄期混凝土强度推定区间为 26.3 ~ 29.2 MPa,推定值为 29.2 MPa,满足设计图纸要求;二至顶层梁现龄期混凝土强度推定区间为 12.0 ~ 16.4 MPa,推定值为 16.4 MPa,不满足设计图纸要求。

2.2 构件钢筋配置检测

构件钢筋配置检测采用电磁感应法,共抽检 23 根柱、23 根梁、20 块板。检测结果表明:(1)部分抽检框架柱箍筋间距不满足设计图纸要求,所抽检框架柱的纵筋数量均满足设计图纸要求;(2)各抽检梁梁底主筋根数和箍筋间距均满足设计图纸要求;(3)抽检楼板底钢

筋间距基本满足设计图纸要求。

2.3 构件截面尺寸检测

现场对构件截面尺寸及过火区域构件截面损失情况进行了调查、检测。检测结果表明:1、该厂房过火区域中二层柱 $4 \times C$ 、 $3 \times A$ 、 $4 \times A$ 截面损失较严重, b 面和 h 面截面损失深度基本为 50 mm, 过火区域其他抽检框架柱及非过火区域抽检框架柱实测截面尺寸满足或基本满足设计图纸要求。2、该厂房过火区域中大部分三层梁截面损失严重, 截面损失深度最小为 50 mm, 严重的可达 150 mm 以上, 非过火区域抽检梁实测截面尺寸满足或基本满足设计图纸要求。3、根据火场板构件板底混凝土保护层脱落, 露筋特征, 判定过火区域 ($2-6 \times A-1/C$ 区域) 三层楼板截面损失在 20 ~ 30 mm, 有效板厚基本为 80 ~ 90 mm, 非过火区域部分抽检的楼板厚度不满足设计图纸要求。

3 火灾后建筑结构鉴定部分

3.1 火作用调查

3.1.1 火作用现场调查

该厂房二层用作电子产品的生产车间使用。本次火灾影响范围集中在该厂房二层 $2-6 \times A-1/C$ 区域, 燃烧物主要为塑料电子原件, 燃烧时间约 180 min。通过火场结构构件表面特征及燃烧残留物烧损特征, 结合手工工作台角钢及室内通风铁皮管扭曲变形的情况, 判断起火点附近最高温度超过 700 °C。该厂房采用消防车喷水方式灭火, 火灾过程中未出现轰燃的情况。

该厂房二层 $2-6 \times A-1/C$ 区域受火灾烧灼影响严重。其中, 部分框架柱砼表面呈灰白色、酥松, 砼严重脱落, 有可见粗裂缝网, 棱角处砼脱落严重且露筋; 部分梁构件砼表面呈灰白色, 下表面局部砼脱落, 棱角严重露筋; 部分板构件砼表面呈灰白色, 酥松, 砼保护层大面积脱落, 且露筋严重如图 2 所示。



图 2 过火区域内景

该楼层 $2-6 \times A-1/C$ 以外的区域受火灾影响较小, 仅构件表面熏黑, 批档局部脱落, 构件无裂缝及露筋, 构件基本无损伤。

3.1.2 火场温度判定

根据燃烧时间及现场通风情况, 根据 ISO834 火灾

时间-温度曲线公式计算火场最高温度:

$$T_f(t) = 345 \lg(8t + 1) + T_0$$

式中: $T_f(t)$ —— t 时刻的环境温度 (°C)

T_0 ——初始环境温度 (°C)

t ——升温时间 (min)

根据委托方提供资料, 着火时间约为 180 min, 初始环境温度 T_0 取 25 °C, 按上述公式计算得到火场的最高温度约为 1000 °C。

3.2 火灾后结构构件初步鉴定评级

《火灾后建筑结构鉴定标准》(CECS 252 : 2009) 中根据构件烧灼损伤、变形、开裂 (或断裂) 程度对火灾后结构构件评定分以下四种等级:

II_a 级 - 轻微或未直接遭受烧灼作用, 结构材料及结构性能未受或仅受轻微影响, 可不采取措施或仅采取提高耐久性的措施。

II_b 级 - 轻度烧灼, 未对结构材料及结构性能产生明显影响, 尚不影响结构安全, 应采取提高耐久性 or 局部处理和外观修复措施。

III 级 - 中度烧灼尚未破坏, 显著影响结构材料或结构性能, 明显变形或开裂, 对结构安全或正常使用产生不利影响, 应采取加固或局部更换措施。

IV 级 - 破坏, 火灾中或火灾后结构倒塌或构件塌落; 结构严重烧灼损坏、变形损坏或开裂损坏, 结构承载能力丧失或大部丧失, 危及结构安全, 必须或必须立即采取安全支护、彻底加固或拆除更换措施。

根据标准耐火试验中混凝土构件的颜色及外观特征, 并结合该厂房火灾后构件实际状态特征, 依据火灾后混凝土构件各级损伤等级状态特征判定, 该厂房火灾后混凝土构件初步鉴定等级结果见表 2。物件火灾受损表征如图 3 所示。

表 2 火灾后混凝土构件初步鉴定结果汇总

鉴定构件	II _a 级数量	II _b 级数量	III 级数量	IV 级数量
柱	6 根	3 根	3 根	0 根
梁	19 根	6 根	14 根	0 根
板	11 块	3 块	7 块	0 块



图 3 构件火灾后受损表征

3.3 结构计算及鉴定

结构计算主要依据《混凝土结构设计规范》(GBJ10 - 89)、《建筑抗震设计规范》(GBJ11 - 89)、《建筑结构

荷载规范》(GB 50009-2001),采用PKPM软件进行建模分析。结构构件截面尺寸及混凝土强度均按实测值取,二层遭受火灾烧灼而截面损失的构件,计算时对钢筋强度按照火灾鉴定规范要求折减,主筋强度折减系数取0.8,箍筋强度折减系数取0.9。

主要计算参数取值为:设防烈度7度,抗震设防类别丙类,基本风压 0.75 kN/m^2 ;110 mm厚楼板恒载: 4.3 kN/m^2 ;180 mm厚粘土砖墙: 4.1 kN/m^2 ;楼面活荷载:按现使用用途取 3.5 kN/m^2 ;屋面活荷载:上人屋面取 1.5 kN/m^2 ;混凝土强度:柱C25、梁板C16;钢筋设计强度:I级光圆钢筋210 MPa, II级变形钢筋310 MPa。

承载力校核时,受火灾烧灼而导致棱角处混凝土疏松、脱落,严重露筋的框架柱、梁构件,由于混凝土与钢筋的握裹力损失较大,承载力计算校核时考虑角部钢筋未能充分发挥作用而扣除角部钢筋面积。对于过火区域内板底混凝土保护层大面积脱落,板底筋露筋严重且被烧灼变形的板构件,不考虑板底钢筋对承载力的作用。

结构构件安全性评定时,火灾影响区域内(即二层2-6×A-1/C区域),根据《火灾后建筑结构鉴定标准》(CECS 252:2009)对构件进行评定,非火灾影响区域按《工业建筑可靠性鉴定标准》(GB 50144-2008)对构件进行评定。具体汇总结果见表3。

表3 构件安全性等级评定结果汇总表

鉴定构件	过火区域构件	其他区域构件
柱	d级:3根	a级或b级
梁	d级:9根 c级:10根	a级或b级
板	均为d级:共16块	a级或b级

注:过火区域内结构构件详细鉴定等级系根据构件承载力校核结果和结构遭受火灾烧灼损伤程度综合分析后按《火灾后建筑结构鉴定标准》(CECS 252:2009)中6.1.3条规定评定。

综上所述,火灾区域内大部分受损混凝土构件已不能满足安全使用的要求,须进行加固或修复处理。非火灾区域内结构构件满足或基本满足安全使用要求,可不采取具体措施或仅采取提高耐久性的措施。

4 建议

针对该厂房目前结构构件存在的问题,为了保证厂房结构构件可安全使用,对该厂房提出以下处理建议:

(1)对于火灾集中影响区域外的初步鉴定评级为II_a的构件,可仅作表面修复处理。

(2)对于火灾集中影响区域内的初步鉴定评级为II_a及II_b的构件,应把受火烧灼损伤的混凝土凿除,然后采用置换混凝土的方法进行加固修复处理。初步鉴定评级为III的构件,建议采取局部置换或拆除更换的加固措施,且在加固前必须做好临时支撑以确保安全。

(3)在后续使用过程中,应注意对建筑物的日常维护检查,以保证建筑物的正常工作和使用。

参考文献:

- [1] CECS 252:2009,火灾后建筑结构鉴定标准[S].
- [2] GB 50144-2008,工业建筑可靠性鉴定标准[S].
- [3] GB50023-2009,建筑抗震鉴定标准[S].
- [4] 张大巍,黄薇,严衍隆.厂房结构弹塑性动力分析与抗震性能评估[J].河北工程大学学报:自然科学版,2009(2):32-35.
- [5] GB 50367-2006,混凝土结构加固设计规范[S].
- [6] 万忠伦,杨虹.混凝土结构设计中对立统一[J].四川理工学院学报:自然科学版,2005,18(4):106-107.
- [7] GBJ10-89,混凝土结构设计规范[S].

Inspection and Appraisal Analysis of Structural Safety of Some Factory Building After Fire

JIANG Hong-quan, CHANG Liang

(Shenzhen Institute of Building Research, Shenzhen 518049, China)

Abstract: In order to learn more about the damage of the plant building after fire, in-site inspection of building structure is implemented. Combined with the bearing capacity checking results of the interrelated members, the safety performances of structural members after fire are assessed, and some advice is given for structure strengthening.

Key words: factory building; structure safety; detection and identification; fire