

# 几种常用方法加固改建钢楼梯

龚金京, 赵启明

(清华大学, 北京 100084)

[摘要] 中国京剧院综合业务楼由于使用功能的改变, 需要对楼梯进行改造施工。通过采用不同的加固方法对楼梯及梁、板等构件实行了加固, 缩短了工期, 取得了较好的效果。

[关键词] 加固; 改造; 施工; 楼梯; 拆除

[中图分类号] TU746.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2006)08-0026-03

## Some Usual Methods for Strengthening and Reconstructing Steel Stairs

GONG Jin-jing, ZHAO Qi-ming

(Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Because of the change of function in combined service building of China Beijing Opera Theater, the stairs should be reconstructed. Different methods are used to strengthen stair, beam, and slab, the construction periods are shortened, and the construction effect is good.

**Key words:** strengthen; reconstruct; construction; stair; demolition

中国京剧院综合业务楼位于北京市西城区平安里大街南侧, 2003 年 5 月设计, 2004 年底土建主体工程竣工, 2005 年进入装饰期。该楼共 12 层, 其中地下 3 层, 混凝土强度等级为 C40; 地上 9 层, 为框架剪力墙结构, 混凝土强度等级为 C35; 圆钢型号 HPB235, 螺纹钢型号为 HRB335。电梯设在中央大楼主楼最东端的第①~②轴与①~⑤轴之间。第 1~3 层层高均为 4.2m, 原结构设计第 1、2 层是酒店, 第 3 层为宾馆套房区。雇主要把第 3 层楼的宾馆套房全部改为与第 1、2 层楼完全相同的酒店, 改造部位是与电梯井相邻的第②~③轴与③~⑤轴之间的 4 号钢筋混凝土楼梯井(简称 4 号楼梯井)内的第 1~2 层的楼梯井顶, 要求将其楼梯

延至第 3 层。

### 1 工程特点和难点

若想将图 1 中阴影部分的钢筋混凝土楼板拆除, 在此处预设钢楼梯, 就必须在图 2 所示位置增设 JGL-1 钢筋混凝土次梁, 按图 2 设计增设钢楼梯, 则需将标高为 8.35m、板厚为 120mm 的第 3 层楼板切割拆除。由于原结构没有预埋金属钢板, 新建钢楼梯钢梁、柱无法与 3 层楼的 C35 钢筋混凝土楼板切割边连接。雇主要

[收稿日期] 2006-05-15

[作者简介] 龚金京(1962—), 男, 北京人, 中国管理科学研究院中国未来研究所研究员, 土木工程专业工程师, 北京市海淀区 100084, 电话: 13146056174

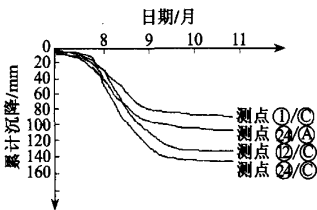


图 4 射水纠倾沉降及迫降曲线

### 6 结语

桩基础建筑物的高压射水纠倾技术是利用桩基新的不均匀沉降, 来调整建筑物的既有不均匀沉降, 从而达到纠倾扶正的目的。本工程是高压射水纠倾技术和

综合加固相结合的技术在沿海桩基工程中的成功应用, 表明了该技术适用于桩基建筑物的纠偏和加固。工程实践证明, 只要针对具体工程的实际情况, 严格控制设计和施工质量, 这种技术不仅安全可靠, 造价较低, 而且效果好, 风险程度低。

### 参考文献:

- [1] 唐业清. 建筑物改造与病害处理[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000.
- [2] 顾晓鲁. 地基与基础(第三版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [3] 中国建筑科学研究院. JGJ79-2002 建筑地基处理技术规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2002.

求在 20d(施工期气温  $-8 \sim 0^{\circ}\text{C}$ ) 以前必须完成改建楼梯的任务并交付使用。用普通混凝土在露天  $-8 \sim 0^{\circ}\text{C}$  气温的冬天施工, 养护时间只有 20d 以内的混凝土抗压强度是达不到设计的轴心抗压强度的, 即用普通混凝土在 20d 的时间内建造钢楼梯的方案是行不通的事, 必须寻找解决此技术难题的新方案。

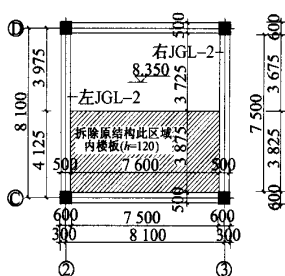


图1 原结构第3层钢筋混凝土楼板拆除平面

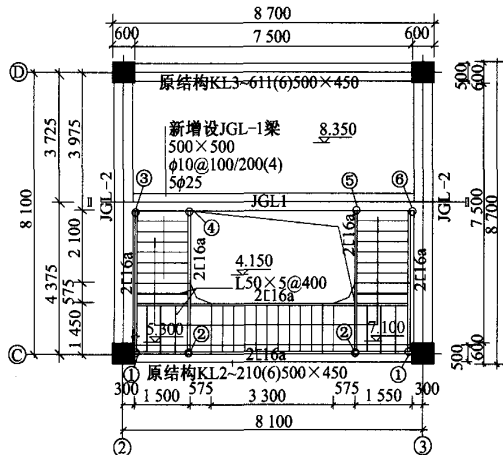


图2 增设4号钢楼梯后的加固平面

## 2 框架结构受力分析计算

根据原中国京剧院综合业务楼结构专业结构施工图中的总说明和相关的技术参数, 用 PKPM 结构计算软件对原框架结构改造前框架梁的内力进行了分析计算; 再对原框架结构改造后(切除楼面板之后)的梁的内力进行分析计算与复核; 最后, 用通用有限元软件进行了校核。得出 4 号楼梯井第 3 层框架梁格内(已拆除混凝土楼板形成钢楼梯的)楼梯洞口处框架梁局部支座正负弯矩、跨中最大弯矩、剪力值的计算结果。经过对框架梁格的内力分析计算与复核得知, 若要在此处建造钢楼梯, 就必须要对原结构的局部进行补强与加固。

## 3 加固改造方案

经内力分析计算与加固改造技术方案筛选, 决定采用以下方案: ①用高强无收缩微膨胀灌浆料 HGM-2 材料代替普通混凝土现浇 JGL-1 次梁, 在 JGL-1 次梁两端与左右 2 根 JGL-2 梁交汇处植筋, 在 JGL-1 次梁底部受拉区配置 5 根  $\phi 25$  螺纹钢筋、梁顶面(板顶)另设抵抗负弯矩的薄钢板(用粘钢胶粘贴钢板)1 层; ②在左右 2 根 JGL-2 梁梁底粘贴 2 层碳纤维布加固。

万方数据

## 4 具体技术措施及做法

### 4.1 拆除原钢筋混凝土楼板

切除图 1 中的  $7600\text{mm} \times 3875\text{mm}$  阴影面积的原楼板形成新的孔洞, 利用这个洞口空间把新设计的钢楼梯从第 2 层楼面  $4.15\text{m}$  升至第 3 层楼面  $8.35\text{m}$ , 进入第 3 层。

### 4.2 增设 JGL-1 次梁, 粘贴碳纤维布加固 JGL-2 主梁

对图 1、2 中拟设  $500\text{mm}$  宽 JGL-1 梁位置的混凝土楼板进行了强度计算与复核, 此处  $120\text{mm}$  厚 C35 钢筋混凝土楼板的强度承受不了钢楼梯和 3 层楼面荷载, 若在此处改建钢楼梯就必需增设 JGL-1 次梁。如果不设 JGL-1 次梁, 那么, 在只有  $120\text{mm}$  厚的切割板边上就不能预埋图 2 中的第⑤、⑥节点  $400\text{mm} \times 400\text{mm}$  预埋件钢板, 无法焊接第⑤、⑥钢节点 2 根钢梁的端部。为了确保钢梯梁与已切割洞口处的第 3 层楼面钢筋混凝土结构牢固地连接成一个整体, 共同抵抗负弯矩、剪力与扭矩, 经过内力分析与计算, JGL-1 次梁内的配筋如图 3 所示。在 JGL-2 左右 2 根主梁的梁底设计粘贴 2 层碳纤维布加固, 用这一措施加固 JGL-2 主梁偏于安全, 如图 4 所示。

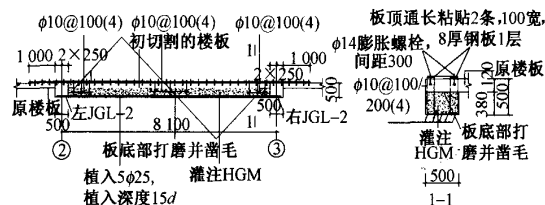


图3 JGL-1梁加固示意

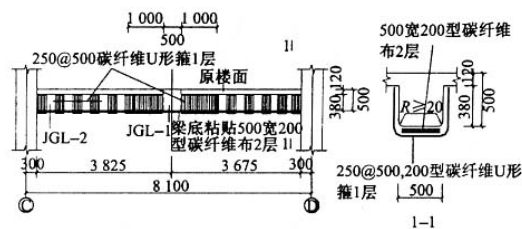


图4 JGL-2梁加固示意

### 4.3 用 HGM 材料浇注 JGL-1 梁

根据 HGM 材料的性能和特点, 选用 HGM 材料浇注 JGL-1 梁, 在图 3 1-1 剖面中  $120\text{mm}$  厚旧混凝土楼板板底以下至梁底之上(其灌浆层厚度  $\geq 150\text{mm}$ ) 之间均选用 HGM-2 材料填充; 在填充的 HGM-2 材料的上表面与旧楼板板底之间的缝隙用 HGM-1 填充。这是因为这个缝隙的灌浆层厚度  $\delta < 30\text{mm}$ , 故选用 HGM-1 自流平自密实早强高强无收缩微膨胀灌浆料填充缝隙。试验表明: HGM 材料 3、7、28d 的抗压强度分别大于 30、50、60MPa。

### 4.4 植筋及其工艺流程

### (1) 钢筋笼制作

从图 3 可知, JGL-1 次梁的底部受拉区配 5 $\phi$ 25 螺纹钢抵抗弯矩, JGL-1 次梁两端的 5 $\phi$ 25 螺纹钢分别种植在②轴和③轴上的左右各 1 根 JGL-2 梁的梁身内侧。植筋养护(3d 左右)期过后, 按图 3 中的要求再向已钻穿的钢筋混凝土旧楼板的孔内插入 4 肢箍筋即 4 $\phi$ 10@100(4), 箍筋安装后再与 5 $\phi$ 25 螺纹钢纵筋绑扎及焊接就做成 JGL-1 次梁钢筋骨架笼(见图 3)。

### (2) 植筋工艺流程

基面清理→划定位线→钻孔→清孔→孔径、孔深验证→干燥清孔→清洗钢筋→配胶→向孔内灌胶→向孔内旋转插筋→固定养护。

### 4.5 JGL-1 次梁中预埋焊接节点钢板

在第 3 层楼面 8.35m 标高处的 JGL-1 梁上第⑤、⑥钢节点处将连接钢楼梯钢梁的预留竖向钢板(垂直钢板焊接多根锚固钢筋)预埋在 JGL-1 次梁的外侧, 便于与钢梁焊接。

将 6 根  $\phi$ 20、长 350mm 锚筋一端弯成半圆形弯钩, 另一端与⑤、⑥节点的钢板背面焊接成一个整体, 将其放入 JGL-1 次梁⑤、⑥节点处的钢筋笼骨架中, 用 HGM 材料填充 JGL-1 次梁。

### 4.6 用碳纤维布加固 JGL-2 主梁

(1) 设计计算 JGL-1 梁承受第 3 层楼面静、活荷载和钢楼梯的部分集中荷载, 这些荷载均由 JGL-1 次梁传递给 JGL-2 主梁, 由 JGL-2 主梁传递给框架柱, 经过对 JGL-2 主梁多种补强方案进行全面的综合分析比较后, 拟采用碳纤维布补强加固 JGL-2 主梁。按照《混凝土结构加固技术规范》CECS25:90 规定, 并经计算确定 JGL-2 主梁梁底设计粘贴 2 层碳纤维布, 即可满足其强度和刚度的要求。

(2) 按照文献[3]的规定进行碳纤维布加固 JGL-2 主梁施工。

### 4.7 用膨胀螺栓锚固梁顶面薄钢板

JGL-1 次梁的上部受拉区(板顶)另设有 2 条通长 100mm 宽、8mm 厚抵抗负弯矩的钢板 1 层(见图 3), 为了保证钢板与混凝土之间的共同工作, 提高粘结质量, 在钢板和原钢筋混凝土楼板上钻孔预埋间距为 300mm M14 膨胀螺栓, 在此钢板上涂 1 层粘钢胶后, 再将已钻孔的钢板套在相应的膨胀螺栓上, 拧紧螺帽, 使钢板紧贴原钢筋混凝土楼板板面上, 并用 4 $\phi$ 10@100(4)箍筋套牢这 2 条薄钢板。为防止钢板生锈, 在钢板表面先用建筑结构胶粘结 1 层粗砂, 再在楼板(JGL-1 梁上的旧楼板)上面抹 20mm 厚 1:3 水泥砂浆, 用 HGM 材料填充 JGL-1 梁(此梁上部的旧楼板下面需填充部分)使之形成一个整体。

### 4.8 钢楼梯安装

在第①~④节点处的原钢筋混凝土梁(或柱)上的对应混凝土部位每处各钻 4 孔, 用建筑结构植筋胶在每处各种植 4 根 M20 丝杆, 在每块钢板上各钻 4 孔(下料钢板尺寸分别为 250mm $\times$ 300mm $\times$ 12mm、300mm $\times$ 300mm $\times$ 12mm、250mm $\times$ 300mm $\times$ 12mm、400mm $\times$ 400mm $\times$ 12mm), 将钢板上的孔与丝杆对准后把钢板套在丝杆上用螺丝帽压丝杆夹紧钢板; 再将钢楼梯的钢梁与①~⑥钢节点焊接牢固; 将钢楼梯梁、柱与新增①~④各个节点的钢板进行焊接, 钢楼梯就基本上做成了。

①~④节点处钢板与钢梯梁焊接, 然后将螺帽拧入丝杆上用螺帽压紧节点钢板后, 节点钢板与混凝土表面结合部位均有空腔缝隙, 用 901 快速堵漏剂将每个节点上的每块钢板边的(左、右、底)三边与混凝土表面之间形成的缝隙堵死, 防止漏胶, 再用注胶器由钢板顶边向钢板与混凝土之间的缝隙空腔内灌粘钢胶粘贴钢板。

### 5 结论

(1) 多种加固改造措施联合应用对原来旧工程进行加固改造的同时同步建造钢楼梯是可行的。试验证明, 其钢筋混凝土结构偏于安全, 是坚固可靠的。

(2) JGL-1 次梁用 HGM 材料代替普通混凝土现浇可缩短 7 倍工期, 建造钢楼梯的起止时间是 2005 年 11 月 16 日~12 月 1 日, 结合试块试压结果和拆模时间参数, 实际只用了 4d(96h)就拆除了梁长 8 100mm、截面尺寸为 500mm $\times$ 500mm 的 JGL-1 次梁梁底的底模, 缩短了抢建钢楼梯的工期。完成建造钢楼梯的实际持续时间只用了 15d, JGL-1 梁底部受拉区配制的 5 根  $\phi$ 25 螺纹钢两端均用建筑结构植筋胶将其植入 JGL-2 梁内 20d, 由 12h 钢筋后锚固抗拔承载力现场非破坏性检验结果可知, 在非破坏性检验荷载下混凝土基材无裂缝、植筋无滑移等宏观裂损现象, 所检项目合格。

(4) 对①~④节点种植丝杆进行钢筋后锚固抗拔承载力现场非破坏性检验, 其结果符合要求。检测试验结果表明: 钢筋在 HGM 材料中的握裹力强度值(不低于 6MPa)大于设计值和标准值。

### 参考文献:

- [1] 四川省建筑科学研究院. CECS25:2005 混凝土结构加固技术规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2005.
- [2] 中国建筑科学研究院. JGJ 145-2004 混凝土结构后锚固技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [3] 国家工业建筑诊断与改造工程技术研究中心. CECS146:2003 碳纤维片材加固混凝土结构技术规程[S]. 北京: 中国计划出版社, 2003.