

梁柱结构型主变基础加固方案研究应用

徐 军, 李志明, 吴海涛, 刘 巍

(无锡供电公司设计院, 江苏 无锡 214061)

摘 要:以梁增大截面加固方案和梁面粘贴钢板加固方案的结构验算和经济指标的比较, 来阐述方案的可行性和经济性; 通过与传统施工方案的对比, 验证了加固方案在工程造价、停电时间及环境保护等方面有着明显的优越性; 并希望总结出好的设计经验加以推广和广泛使用, 从而供工程技术人员在工程中参考应用。

关键词:增容扩建工程; 梁增大截面加固方案; 梁面粘贴钢板加固方案; 加固计算; 可行性; 工程造价; 停电时间; 环境保护

0 引言

近年来, 伴随着经济的高速发展和经济建设的不断深化, 为满足地区内不断增长的工商业用电需求, 解决当地供电卡脖子问题, 改善电网结构, 提高供电能力, 大量已建 110kV 变电站的增容扩建工程十分必要和迫切。然而, 由于多数已建 110kV 变电站的主变压器基础均在一期已施工完成, 并且新增主变压器的重量往往超过一期主变压器基础设计时参考的重量, 经设计验算, 原主变基础(户外变)或主变框架支撑结构(户内变)已不满足新主变压器的承载要求; 如果拆除重建, 则需要耗费大量的施工时间和人力物力, 这样就必然延长了停电时间, 造成了供电不稳定性, 并增加了工程造价, 造成了经济上的浪费和环境的污染。因此, 合理的改造方案显得非常重要。笔者日前设计的多个 110kV 户内变电站扩建工程就是这样的情况。如果按照拆除重建的做法, 土建施工的周期至少需要 50 多天, 要求的停电时间过长, 混凝土的重新浇筑也造成了经济上的浪费和环境的污染。而如果采用了梁增大截面加固方案或梁面粘贴钢板加固方案, 则可以大大缩短土建施工周期, 减少停电时间, 同时降低工程造价, 减少环境污染。本文就以此两种加固方案的结构验算和经济指标的比较, 来阐述方案的可行性和经济性, 并希望从中总结出好的设计经验加以推广和广泛使用, 从而供工程技术人员在工程中参考应用。

1 设备底座连续梁概况

原连续梁由两跨两端悬挑结构组成, 总长度为 7340mm, 中间距分别为 1520mm、2150mm, 梁截面尺寸为 600mm×600mm, 设备底座连续梁平面结构布置可见图 1。原结构采用 C30 混凝土, 其主要参数如下: 混凝土容重 $\gamma_c = 25.00\text{kN/m}^3$, $f_c = 14.3\text{N/mm}^2$, $f_t = 1.43\text{N/mm}^2$, $f_{tk} = 2.01\text{N/mm}^2$, $E_c = 29791\text{N/mm}^2$, 原结构采用 II 级钢, 钢筋强度设计值: $f_y = 300\text{N/mm}^2$, $f_y' = 300\text{N/mm}^2$, $f_{yv} = 210\text{N/mm}^2$, $E_s = 200000\text{N/mm}^2$, 受拉钢筋面积 $A_s = 1900\text{mm}^2$ (5d22), 受压钢筋面积 $A_s' = 1900\text{mm}^2$ (5d22)。

具体布置见图 1 所示。

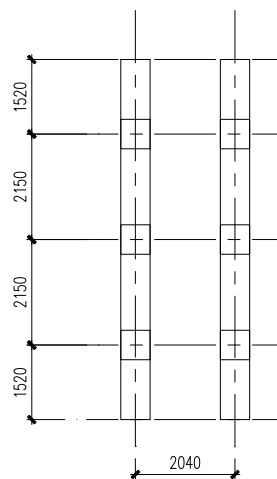


图 1 原有设备基础平面布置图

2 设备概况

设备底座尺寸为 4100mm×1650mm, 整个设备重约 140t。新设备结构立面结构可见图 2。

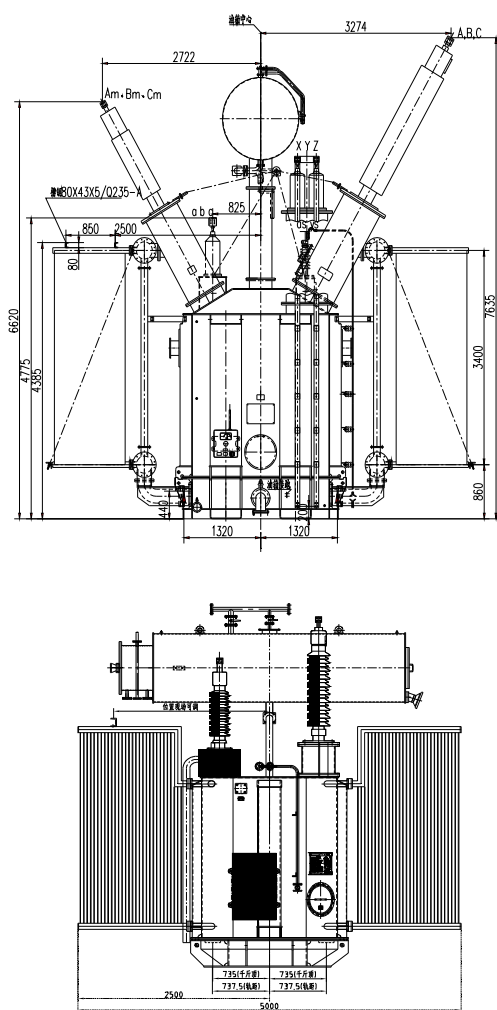


图2 新增设备立面图

3 原载荷连续梁验算结果

3.1 荷载信息

连续梁受力情况见连续梁受力简化图3。

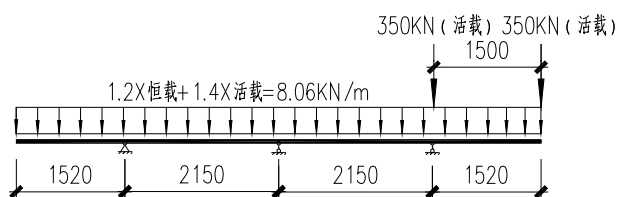


图3 连续梁受力简化图

3.2 内力计算及截面设

(1) 梁内力标准值

(单位: V — kN , 以绕截面顺时针为正; M — $kN \cdot m$, 以下侧受拉为正)

根据 PKPM 结构软件中“混凝土结构鉴定加固-8 层”计算得以下结构标准内力图, 见图 4 和图 5。

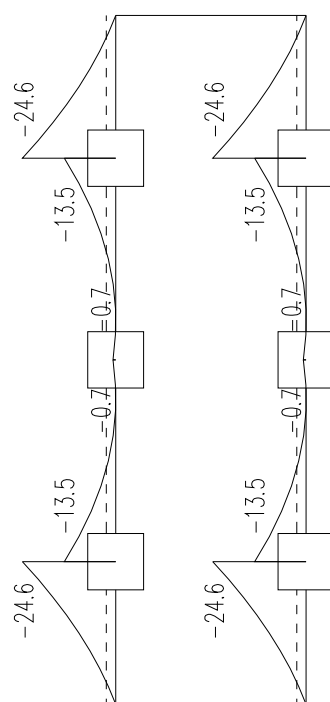


图4 梁截面恒载作用下弯矩图

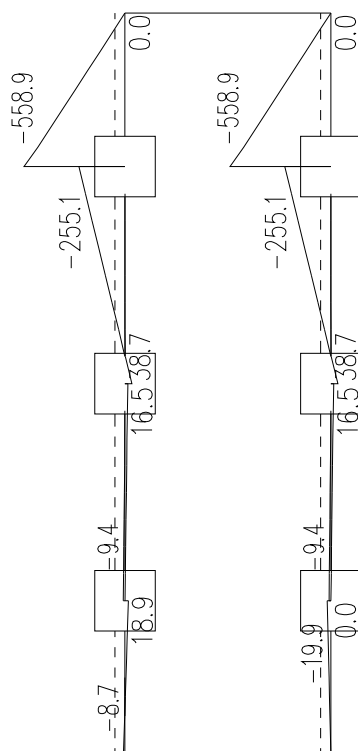


图5 梁在活载不利布置作用下弯矩图

(2) 梁内力设计值及配筋:

(单位: V — kN , 以绕截面顺时针为正; M — $kN \cdot m$, 以下侧受拉为正)

根据 PKPM 结构软件中“混凝土结构鉴定加固-8 层”计算得以下结构内力图, 见图 6 和图 7; 混凝

根据以上结果与原设计对比,连续梁原结构设计不能满足新增 140t 主变设备荷载的要求,需进行结构正截面与斜截面加固设计。

梁截面宽度 $b=600\text{mm}$ ，原高度 $h_1=600\text{mm}$ ，截面增大后高度 $h_2=800\text{mm}$ ，受压钢筋合力点至截面近边缘距离 $a's=37.50\text{mm}$ ，受拉钢筋合力点至截面近边缘距离 $a_s=37.50\text{mm}$ ，原截面混凝土强度等级为C30，原受拉纵筋强度设计值 $f_y=300\text{MPa}$ ，原受压纵筋强度设计值 $f_y'=300\text{MPa}$ ，原受拉钢筋截面面积 $A_s=1900\text{mm}^2$ ，原受压钢筋截面面积 $A's=1900\text{mm}^2$ ，抗震设计，设计截面位于框架梁中，弯矩设计值 $M=812\text{ kN}\cdot\text{m}$ ，加固前弯矩标准值 $M_k=583.5\text{ kN}\cdot\text{m}$ ，地震组合折减系数 $\gamma_{R_x}=1$ ，原构

根据加固规范GB 50367-2006第5.2.4条求得受

弯构件增大截面加固后的相对界限受压区高度:

$$\xi_b = 0.363$$

当 $\xi = \xi_b$ 时, 截面所能随的最大弯矩:

$$M_{\max} = 1784.56 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

当 $M_{\max} > M$, 经计算可求得受压区高度和新增受拉钢筋面积分别为:

$$X = 82.69 \text{ mm}$$

$$A_s = 2194.48 \text{ mm}^2$$

全截面受拉钢筋最小面积:

$$A_{s\min} = 960 \text{ mm}^2$$

4.3 梁增大截面法斜截面加固计算

4.3.1 基本参数

框架梁截面宽 $b=600\text{mm}$, 原高度 $h_1=600\text{mm}$, 截面增大后高度 $h=800\text{mm}$, 受拉钢筋合力点至截面近边缘距离 $a_s=37.50\text{mm}$, 计算 $l_0=1520\text{mm}$, 原截面混凝土强度等级 C30, 新增截面混凝土强度等级 C35, 原箍筋强度设计值 $f_{yv0}=210\text{MPa}$, 原箍筋间距 $s_0=100\text{mm}$, 抗震设计, 剪力设计值 $V=713.6\text{kN}$, 地震组合折减系数 $\gamma_{Ra}=1$, 原构件正损修复后承载力

折减系数 $\phi_t=1$ 。

4.3.2 加固计算

原混凝土抗拉强度设计值:

$$\phi_{f0} = 1.43 \text{ Pa}$$

新增混凝土抗拉、抗压强度设计值:

$$f_t = 1.57 \text{ MPa}, f_c = 16.7 \text{ MPa}$$

原构件截面有效高度:

$$h_{01} = 562.50 \text{ mm}$$

增大截面后截面有效高度:

$$h_0 = 762.50 \text{ mm}$$

根据加固规范 GB 50367-2006 第 5.3.1 条可求得截面可能承担的最大剪力:

$$V_{\max} = 1912.35 \text{ kN}$$

$V_{\max} > V$, 截面尺寸满足条件。

混凝土承担的剪力:

$$V_c = 431.11 \text{ kN}$$

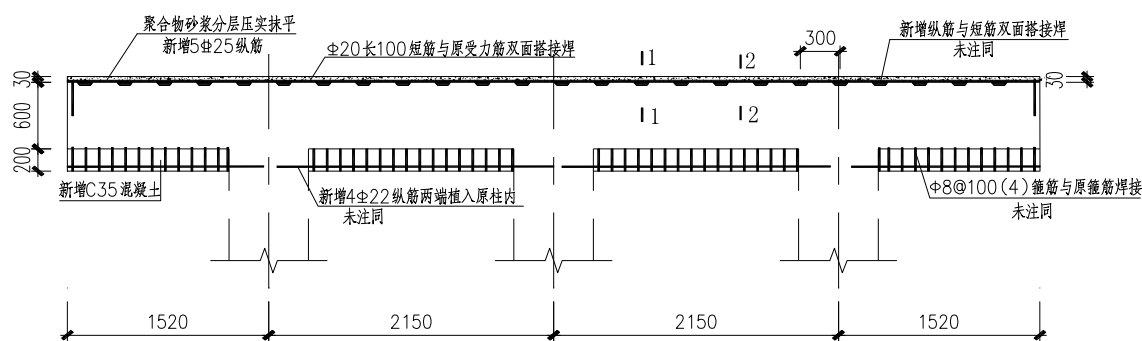
根据加固规范 GB 50367-2006 式 (5.3.2-1) 可求得 同一截面内原箍筋各肢截面面积之和:

$$A_{sv0} = 141.14 \text{ mm}^2$$

同一截面最小箍筋面积: $A_{s\min} = 107.97 \text{ mm}^2$

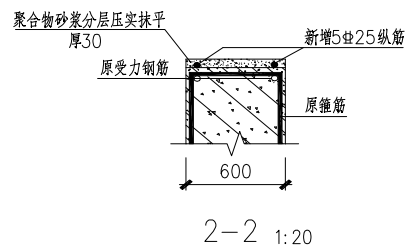
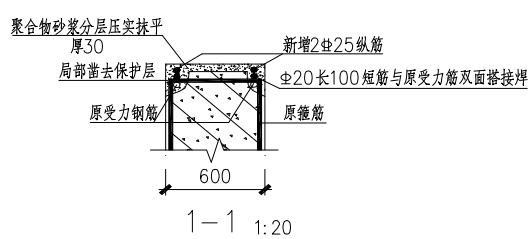
4.4 加固方案

原结构构件采用混凝土加大截面的加固方法, 其加固方案可详见连续梁加固大样图见图 9。



连续梁加固大样图 1:50

注: 加大截面部分采用 C35 混凝土



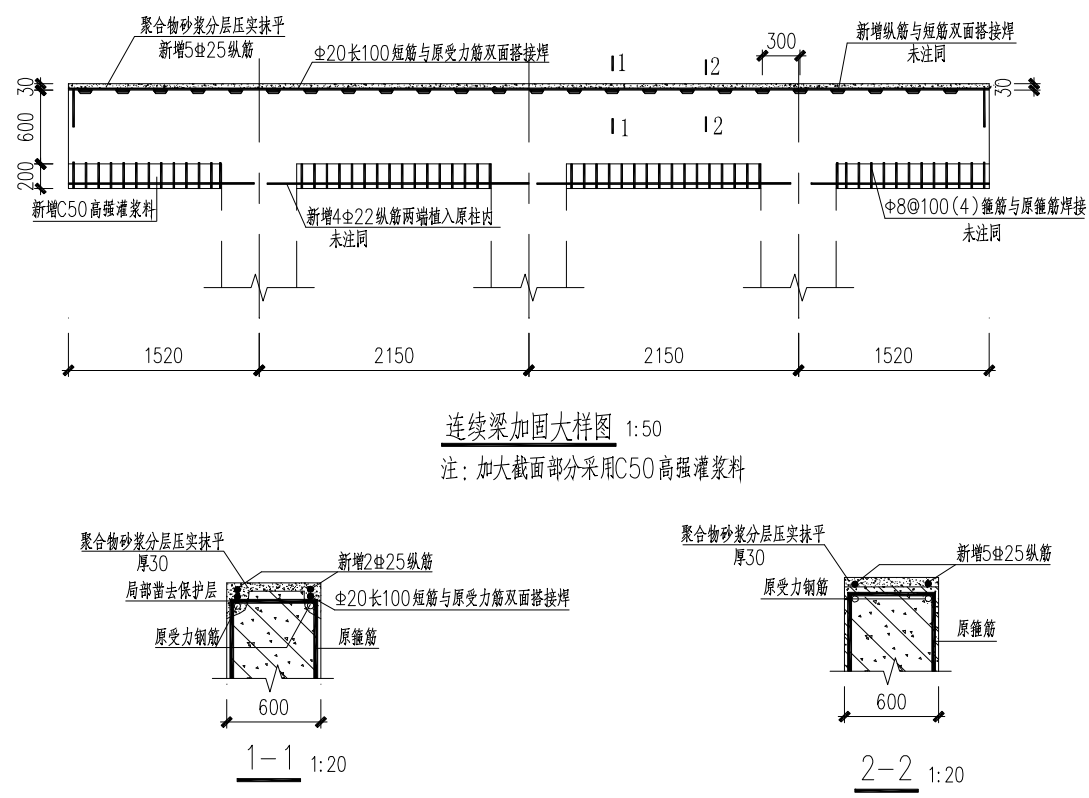


图 9 连续梁加大截面加固大样图

5 梁粘贴钢板加固方案

5.1 加固构件概况

梁截面宽度 $b=600\text{mm}$ ，原高度 $h_1=600\text{mm}$ ，受压钢筋合力点至截面近边缘距离 $a's=37.50\text{mm}$ ，受拉钢筋合力点至截面近边缘距离 $as=37.50\text{mm}$ ，原截面混凝土强度等级为C30，原受拉纵筋强度设计值 $f_y=300\text{MPa}$ ，原受压纵筋强度设计值 $f_y'=300\text{MPa}$ ，钢板强度设计值 $f_y'=205\text{MPa}$ ，原受拉钢筋截面面积 $A_s=2940\text{mm}^2$ ，原受压钢筋截面面积 $A_s'=1960\text{mm}^2$ ，抗震设计，设计截面位于框架梁中，弯矩设计值 $M=549\text{ kN}\cdot\text{m}$ ，地震组合折减系数 $\gamma_{Rx}=1$ 。

5.2 加固计算

根据已知条件，原混凝土抗压强度设计值：

$f_{c0}=14.3\text{ MPa}$

截面相对界限受压区高度

$\xi_b=0.495$

当 $\xi=\xi_b$ 时，截面所能随的最大弯矩：

$M_{\max}=1400.9\text{ kN}\cdot\text{m}$

当 $M_{\max}>M$ ，经计算可求得受压区高度和新增受拉钢筋面积分别为：

$X=50.85\text{ mm}$
 $A_{sp}=698.68\text{ mm}^2$

当 $x<2a's$ ，重新计算受拉钢板面积：

$A_{sp}=745.37\text{ mm}^2$

5.3 加固方案

原结构构件采用粘贴钢板的加固方法，其加固方案可详见连续梁加固大样图见图 10。

6 技术经济指标比较

6.1 工程造价

加固施工必须由专业的加固公司进行施工，采用混凝土增大截面加固方案施工费用约为 17355 元左右，由此方案改进的高强灌浆料增大截面加固方案的费用需要约为 22742 元左右；采用连续梁粘贴钢板加固方案施工费用约为 15560 元。而如果采用混凝土加大截面加固方案，则需要工程费用约为 50000 元左右。比较可以得知，利用加固结构的改造方案明显节约许多。

6.2 停电时间

采用混凝土增大截面加固方案施工需要大约 30 天的停电时间, 由此方案改进的高强灌浆料增大截面加固方案施工需要仅 8 天的停电时间; 采用连续梁粘贴钢板加固方案施工更仅仅只需用 5 天的停电时间。而如果采用新建设基础的方法, 由于施工过程繁琐, 需要拆除老基础、开挖地基及支模等施工过程, 同时混凝土的养护时间较长, 总共需要大约 50 天左右的停电时间。比较可以得知, 加固改造方案可以大大缩短停电时间, 这从

根本上解决了土建施工造成停电时间过长的问題, 提高了供电可靠率。

6.3 环境保护

加固改造方案仅需要在原有结构上进行加固, 大大减少了钢筋混凝土的使用量, 一方面节约了材料, 而另一方面也避免了环境的污染和资源的开采, 从而保护了生态环境, 符合环境友好型的要求。

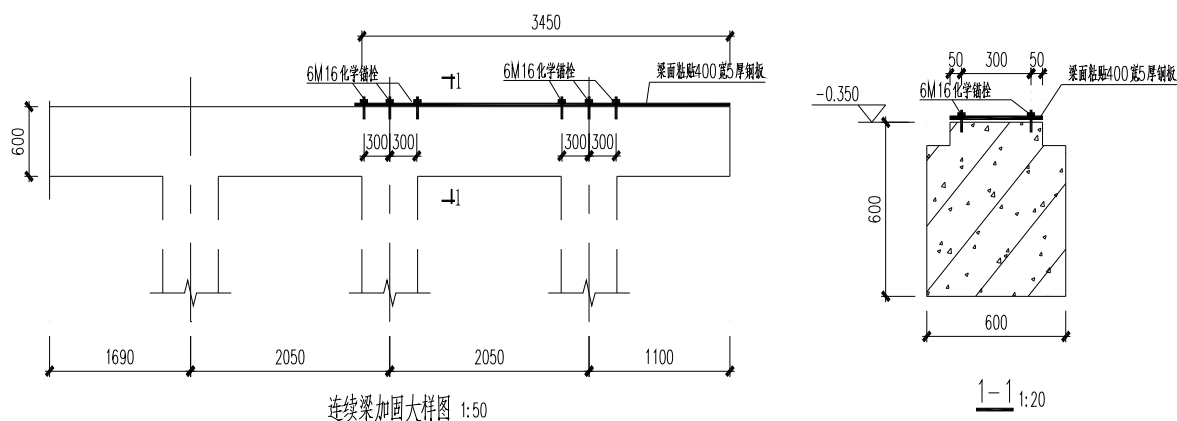


图 10 连续梁粘贴钢板加固大样图

7 结论

由于设备荷载增加较大, 验算结果表明原连续梁承载力不能满足要求, 故采用混凝土增大截面和梁粘贴钢板的加固方案, 计算结果表明了两方案的可行性、适用性和经济性, 在保证结构安全的基础上, 可缩短更换施工周期, 从而产生巨大的社会效益和经济效益。因此, 应该在今后的扩建增容工程中广泛地推广应用。

参考文献:

- [1] 过镇海, 时旭东. 钢筋混凝土原理和分析[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [2] 蓝宗建, 梁书亭. 混凝土结构设计原理[M]. 南京: 东南大学出版社, 2002.

- [3] 蓝宗建, 朱万福, 黄德富. 钢筋混凝土结构[M]. 南京: 江苏省科学技术出版社, 1988.
- [4] 龚洛书, 柳春圃. 混凝土的耐久性及其防护修补[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
- [5] 金伟良, 赵羽习. 混凝土结构耐久性[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [6] 过镇海. 钢筋混凝土原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.

作者简介:

徐 军 (1981-), 男, 江苏淮安人, 工程师, 一级注册结构师, 从事变电工程土建设计工作, E-mail: xu_june@qq.com;

李志明 (1975-), 男, 高级工程师, 一级注册结构师, 从事变电工程土建设计工作。