预制混凝土中钢筋加工創新工艺

尹衍樑[1] 詹耀裕[2] 吴子良[1] 赖宜政[2]

[1]台湾润泰集团 [2]沛丰建筑工程(上海)

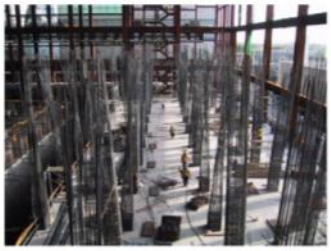
前言

传统建筑的管理项目通常把重点放在人力、机械和原料管理，而其中各个环节都不能疏忽，包括原料管理、材料储量、人员结构、建筑技术、机械应用，建筑路线和相互间的控制管理。 在任一个地方发生疏失都可能造成时间与金钱的损失，甚至是工安意外的发生。预制混凝土将现场工作移到工厂作业,采用工业化的手法进行生产加工,提升前述各个环节的质量、效率及安全,其中钢筋加工作业的自动化创新工艺,将使得预制混凝土的工业化程度更加提高。

1 自动化钢筋加工技术的开发

在传统 RC 建筑中，钢筋材料的费用就占了整体原物料中约 45%~55%，在建造工时方面，花在钢筋笼的绑扎与组装也占了整体工时约 40%~50%，由此可见钢筋笼在整个建筑中扮演相当关键的角色。传统 RC 建筑中需倚赖大量的钢筋技术工来做钢筋的裁切、弯折与绑扎的工作，但技术工的缺乏与训练程度的差异也造成质量上管理的困难，而人为的疏失与人员安全也都是需要注意的问题(图 1)

需投入大量的技术性人力



施工管理不易，品质不均一

工作场地杂乱，工安事件频传

箍筋挤爆，结构倒塌

图 1 传统营建钢筋工程的迷思

为了解决这样的情况，自动化钢筋笼技术的开发将能大幅降低人力的需求与建造的工时，并且提升了钢筋笼组装的质量与整体性能。

本文将介绍自动化钢筋笼技术的应用，分为下列项目：

(1) 自动化柱箍筋：“一笔式箍筋”与 “多螺箍筋”的介绍

(2) 自动化梁箍筋：“点焊钢丝网箍筋”与 “连续方螺箍筋”的介绍

(3) 成本与工时的比较

2 自动化柱钢筋加工

为了发展自动化的生产流程，第一步是先利用机器制造一笔弯折箍筋来取代传统的箍筋，第二步是将水平 2D 的箍筋发展成 3D 的钢筋笼，像是连续一笔箍、连续方螺箍与螺旋多螺箍等。利用自动钢筋笼的技术，可完全取代传统的钢筋绑扎与组装，不但在时间与金钱上都可大幅缩减，在结构强度上也有优于传统箍筋的表现。

2.1 一笔式箍筋

有了自动钢筋弯折设备后,一笔箍的制作非常简单，如图 2 所示，盘圆钢筋料经过水平与垂直向的整直后，进行弯折与裁切的动作，就成了一笔箍，数个一笔箍再与柱主筋固定后就完成了一笔箍箍筋笼,如图 2。

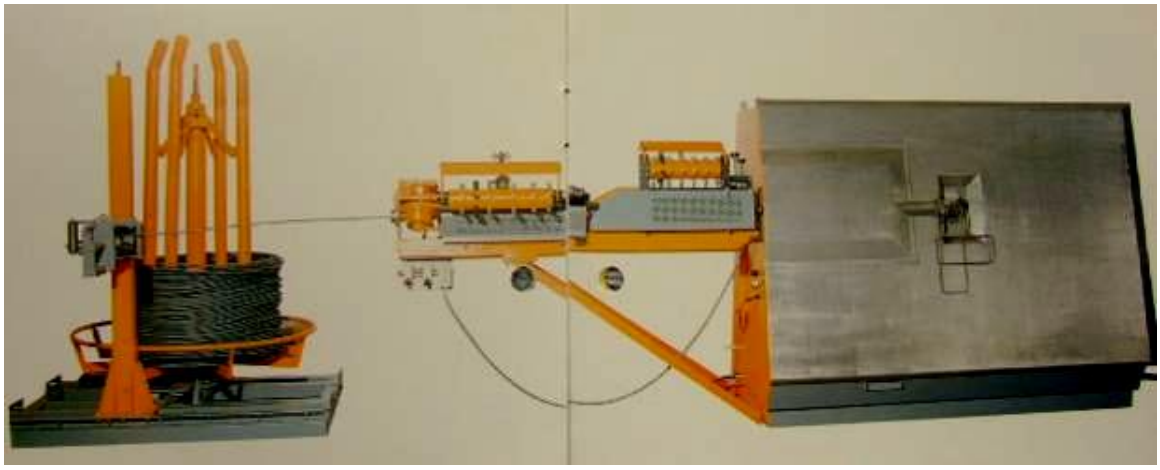


图 2 自动钢筋弯折机

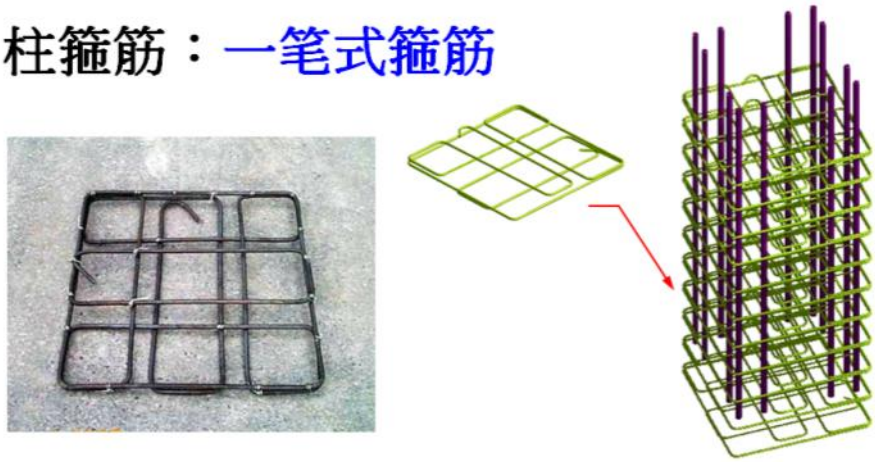


图 3 一笔式箍筋成品及示意

另一种自动化钢筋弯折机称为 “箍筋万能机”(图 4)，弯折的箍筋是垂直向下生产，如此可制造一笔箍与连续一笔箍。

图 4 箍筋万能机(Eurobend S.A.， 2006)

在预制混凝土柱钢筋笼加工作业中,采用一笔式箍筋的新工艺,将使整个流程的加工

效率及质量有了很大的帮助，图 5 为预制混凝土柱钢筋笼加工情形。一笔式箍筋的工艺也可进一步应用到现浇结构柱的钢筋加工绑扎,如图 6 为现浇工地中柱钢筋笼组装过程。

图 5 (1) 箍筋与端模固定 (2)穿入主筋 (3) 定位箍筋绑扎(4) 钢筋笼入模

图 6 (1) 箍筋套入主筋 (2)叠入所需箍数 (3)连接主筋(4) 定位箍筋绑扎完成

2.2 多螺箍筋

柱新型多螺箍筋的配置方式是以一个中心的大圆螺箍再搭配四个角落的小圆螺箍交织而成(图 7)，这种配置突破了传统上螺箍箍筋仅适用于圆形断面柱的限制。克服螺旋箍筋应用于方形柱的缺点，可使方形柱四个角落的混凝土能够发挥良好约束效果，其抗压强度较传统箍筋柱提高约 20%，柱钢筋整体使用量较传统节约 13%，所以新型多螺箍筋即有良好的力学性能，又具有明显的经济效益。其不仅可以大量降低柱箍筋的使用量，提高柱箍筋的围束能力，使柱的整体性能大大提升，还在提高柱钢筋笼组立过程中机械化作业的比重，以降低绑扎作业人员的需求方面更具有卓越的表现，采用型新多螺箍筋技术，即符合国家对建筑行业发展方向的要求，又充分实现了“建筑工业化”的国家计划目标。

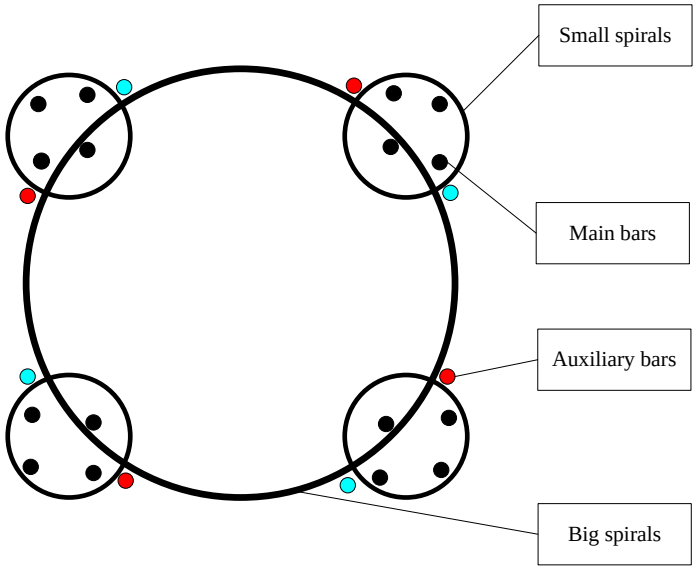


图 7 柱新型多螺箍筋示意

圆螺箍在结构效能上与生产的效率上都比方型箍来的好，因此配合自动化的机器生产来制造圆螺箍钢筋笼，可以更有效率的应用在建筑上。螺旋多螺箍钢筋笼由小螺箍、大螺箍与纵向钢筋所组成。螺旋箍的制造是从盘圆钢筋经过整直后，经过螺旋箍机弯曲成型，而螺旋箍的大小可透过成型转轮的位置来精确的调整，维持质量的稳定。图 8 为预制混凝土多罗箍筋柱生产作业情形。

图 8　(1)圆螺箍机 (2)多螺箍钢筋笼 (3)入模浇灌混凝土(4)　预制混凝土柱成品

3　自动化梁钢筋加工

点焊钢丝网常被用在楼版及墙版的钢筋加工组立,可以提高钢筋作业效率及稳定产品性能质量,为钢筋加工自动化演进的一大主力,图 9 为典型的点焊钢丝网及其应用在预制墙版钢筋笼情形。

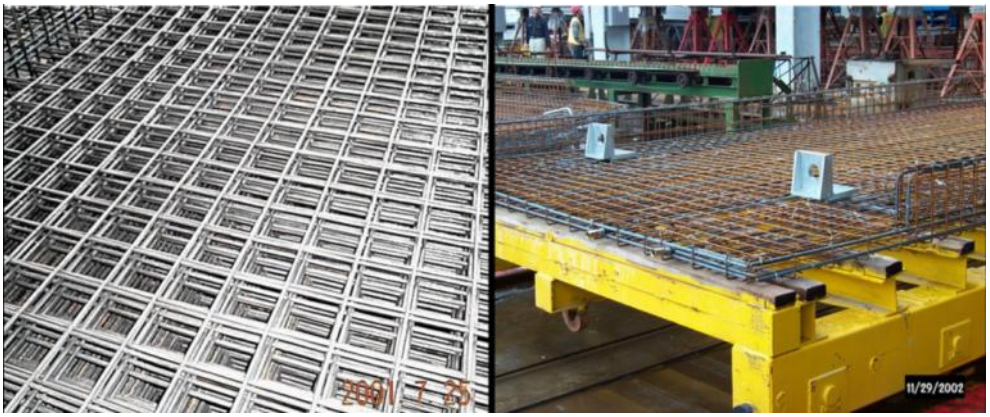


图 9　典型的点焊钢丝网及其应用

3.1 点焊钢丝网箍筋

传统梁箍筋是采用封闭箍，与梁主筋的绑扎需倚赖钢筋工的绑扎，费力且耗时，且箍筋的间距需不断调整。有鉴于此，点焊钢丝网 U 型箍筋的技术便发展在梁箍筋的使用。梁箍筋笼的制作是使用钢丝网弯折机，对整片的点焊钢丝网进行 U 字形的弯折,图 10 及图 11 为点焊钢丝网箍筋的加工及预制混凝土梁作业情形。如此的工艺也可应用到现浇结构梁的钢筋加工绑扎,如图 12,梁钢筋笼的组装为先绑扎固定下层主筋，再来是固定上层主筋，最后再将上层帽盖箍绑扎固定。

图 10 (1)点焊钢丝网弯折机 (2)钢丝网片弯折 (3)U 型箍筋(4) 预制混凝土梁钢筋笼

图 11 (1) 梁钢筋笼入模 (2)预制混凝土梁成品

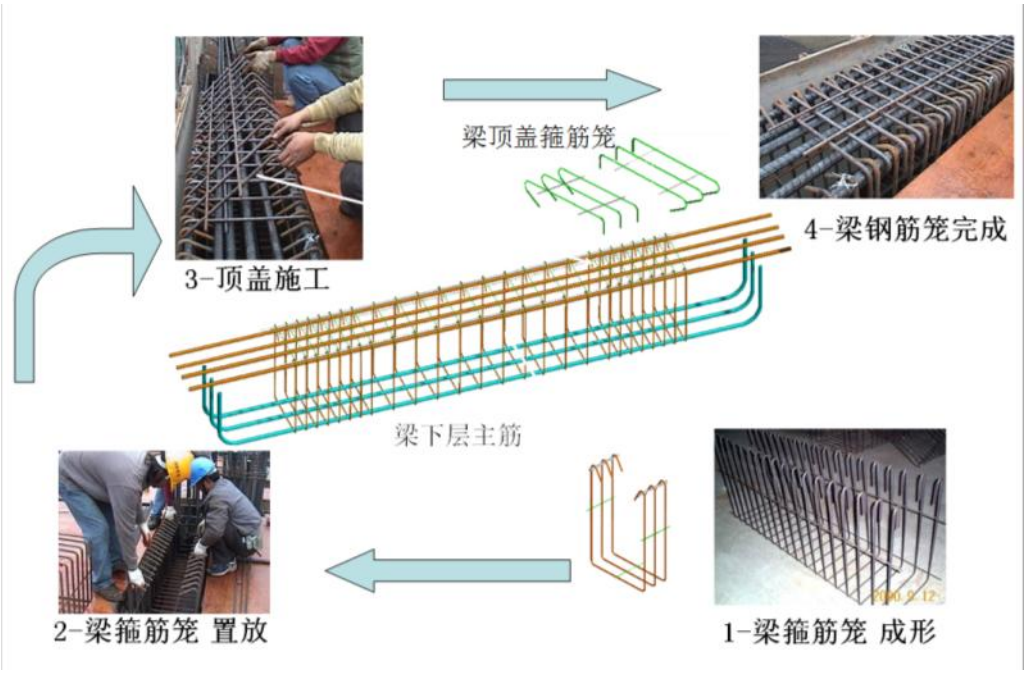


图 12 现浇工地梁采用点焊钢丝网绑扎情形

3.2 连续方螺箍筋

连续方螺箍的制作是将盘圆钢筋整直后，利用方螺箍成型进行 90 度的弯折，螺箍的长宽与间距均可透过机器来调整，如图 13 所示。

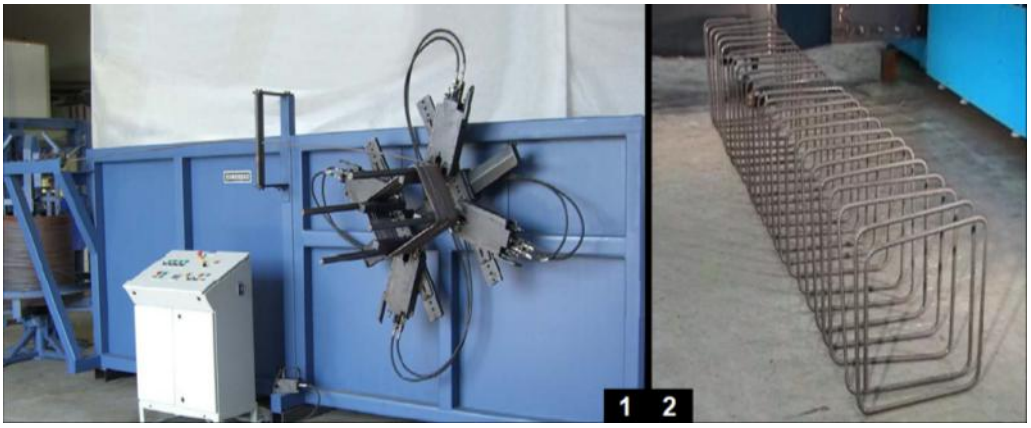


图 13 (1)连续方螺箍成型机 (2) 连续方螺箍成品

3.3 万能钢丝网焊接机

万能钢丝网焊接机利用机械手臂摆放，能生产任意形状，超大尺寸的梁、墙钢丝网，如图 14 所示，如此在制作钢筋笼上就不需要剪裁并减少搭接，每片生产的钢丝网大小与尺寸完全符合尺寸的需求，因此能自动化生产尺寸精准的钢丝网，确保质量和安全。

万能钢丝网焊接机对于钢筋加工的效益可分别说明如下：

(1)墙版钢筋：可藉此节省裁切人力,并减少钢丝网之搭接及损耗量，估计约有 22%。

(2)梁筋：以盘圆钢筋加工自制钢丝网，其加工單價具備競爭力，由此可省下約當外购钢丝网成品价钱的 6%。

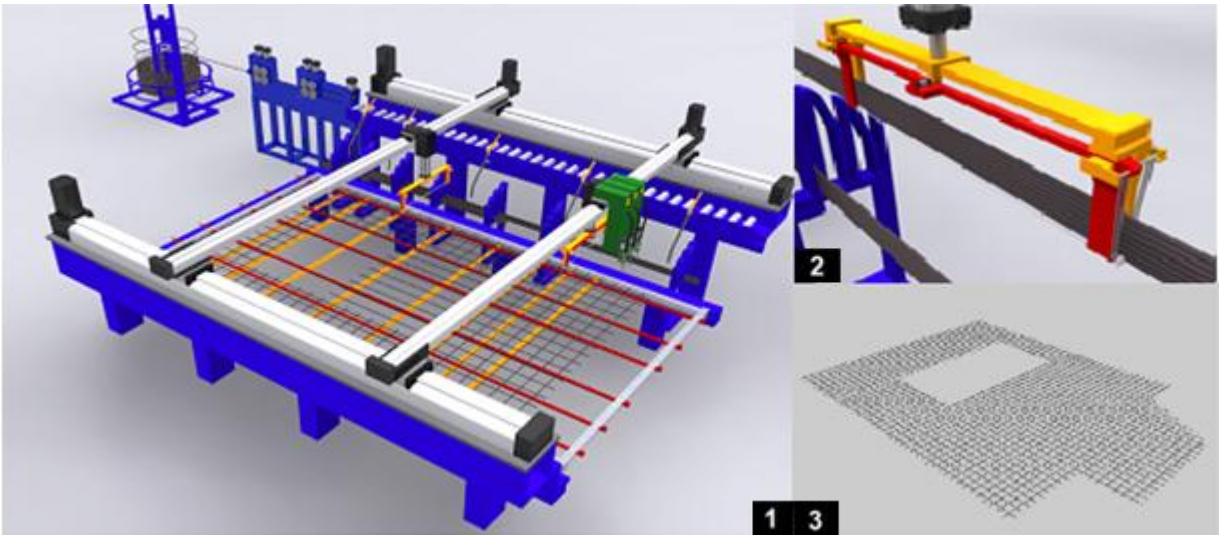


图 14　(1)万能钢丝网焊接机示意图　(2)机械手臂　(3)任意形状开窗钢丝网片

4 效能评估

图 15 与图 16 为传统柱箍筋与一笔箍及螺旋多螺箍在成本与工时上的比较，图 17 与图 18 为传统柱箍筋与钢丝网筋及连续方螺箍在成本与工时上的比较。可看出使用机器生产在成本上与工时上都更有效率，可有效取代传统人力的需求。

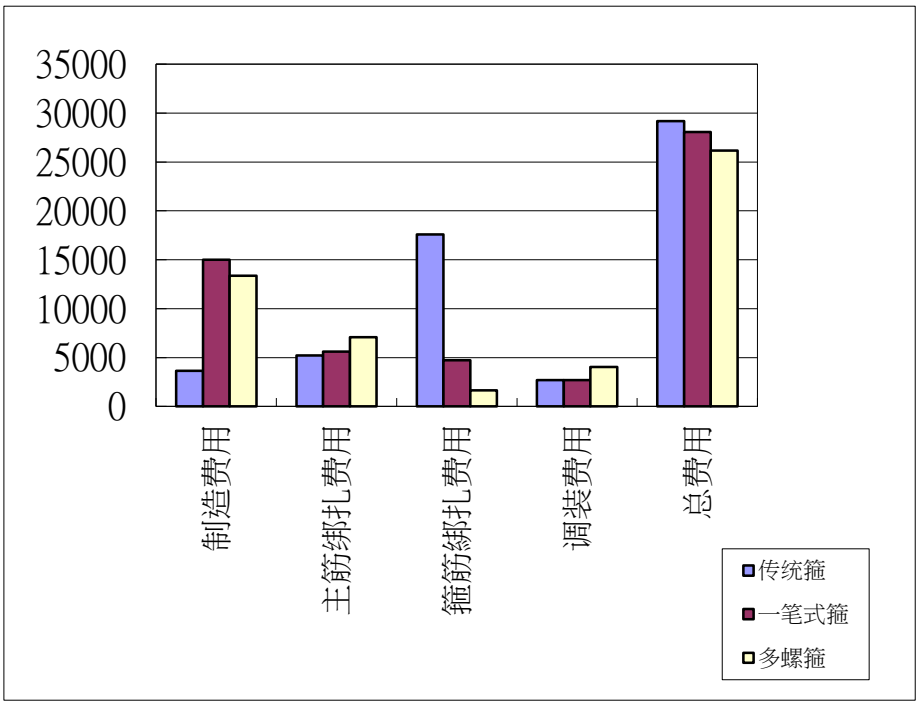


图 15 柱箍筋笼成本比较

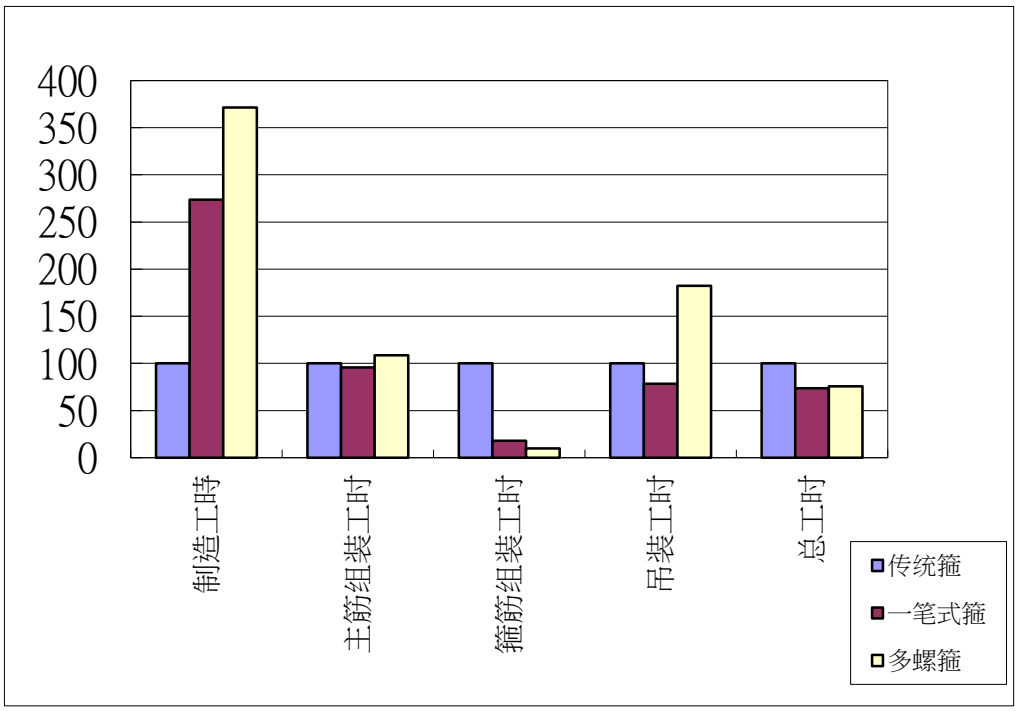


图 16 柱箍筋笼工时比较

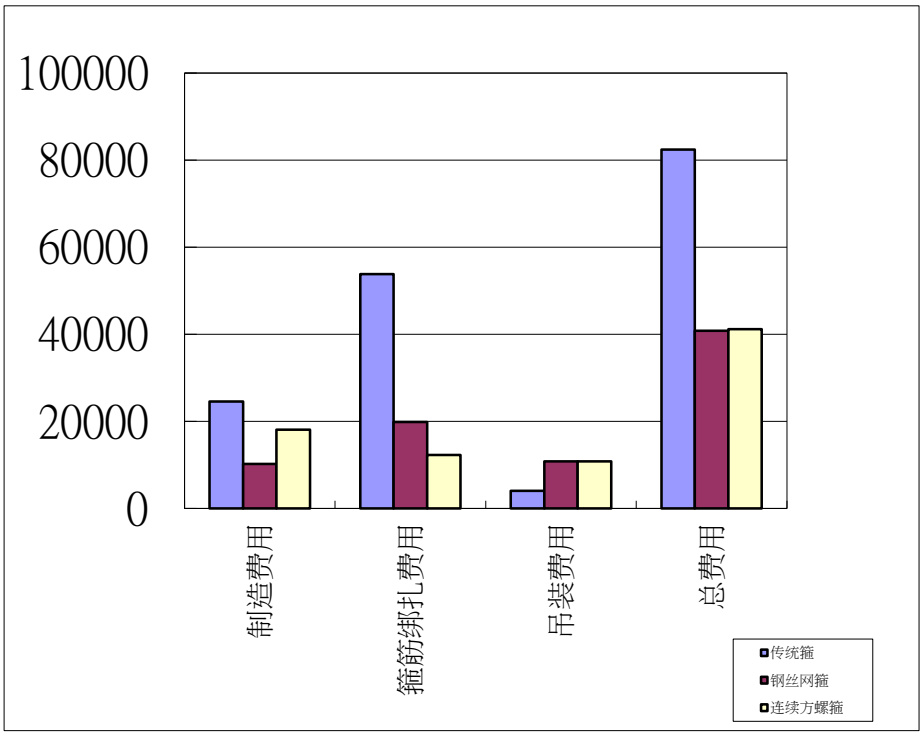


图 17 梁箍筋笼成本比较

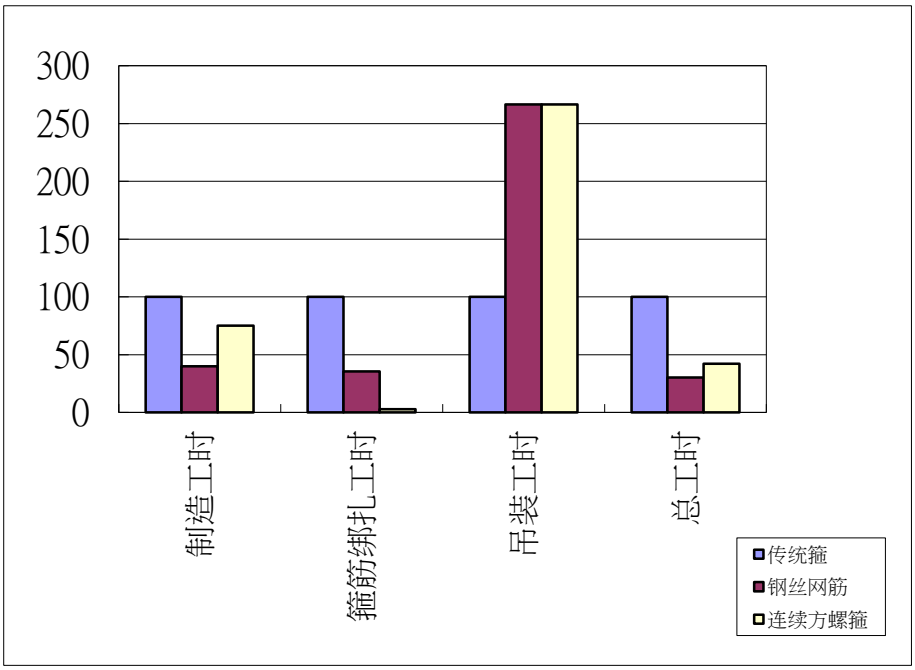


图 18 梁箍筋笼工时比较

5 结论

使用自动化钢筋笼技术在建筑上，柱钢筋笼其工时只需传统的 74%，梁钢筋笼更只需传统的 50%。而在费用的部份，柱钢筋笼总费用为传统的 74~80%，梁钢筋笼总费用为传统的 50%。此外，使用机器生产就不需倚赖钢筋技术工，因此在质量上与管理上也都更容易控制。从上述的统计中，可看出自动化钢筋笼技术在成本，工时与质量上，都比传统钢筋笼有显著的提升。