第 12 卷 第 2 期 复 合 材 料 学 报 Vol. 12 No. 2
1995 年 6 月 ACTA MATERIAE COMPOSITAE SINICA June 1995

用复合材料三基圆技术成型竹/玻璃钢桥

蔡 红
(北京航空航天大学，北京 100083)

摘 要 本文介绍了用复合材料三基圆技术成型竹/玻璃钢桥的成型工艺。桥梁是一种大型工程承力构件，目前广泛使用的钢筋混凝土桥、石桥和钢桁梁桥，由于自身重量大，所用材料的 40～60% 用于支承自身重量，而竹/玻璃钢桥成本低，重量轻，仅有约 10% 的材料用于承受自身重量。实验表明，利用复合材料三基圆技术成型的结构有十分优良的性能。

关键词 三基圆成型工艺，复合材料，竹/玻璃钢桥

1 引 言

三基圆缠绕成型技术是一种新型三维复合材料成型方法。该技术有优异的组合、联接、分支和补强功能。综合利用这些功能，可以成型各种整体承力的三维复合材料结构。目前已经利用该技术成功地开发了竹/玻璃钢船、竹/玻璃钢蔬菜大棚、商棚及公路护栏等产品。经过各种实验表明，这种结构有十分优良的性能。

竹子是一种性能优良的天然材料，其比强度，比模量可以超过普通玻璃钢，而且来源广泛，价格低廉。但以往利用竹子的方法不佳，经过复杂加工使竹子失去了自身优良的整体性能，而且增加了产品成本。三基圆利用竹子的方法是无需复杂加工，直接将竹子作为管件使用，充分利用了竹子的整体性能，大幅度降低了成本。特别是利用缠绕玻璃钢的补强，可以改变天然材料的弱点，使结构可设计性大为加强，适合用于各种整体承力结构。

桥梁是一种大型工程承力构件。目前广泛使用的是钢筋混凝土桥，石桥和钢桁梁桥。这些桥梁由于自身重量大，所用材料的 40～60% 用于支承自身重量，使其成本加大。而我国钢材、水泥等价格不断上涨，进一步加大了成本。我国利用竹子造桥的历史很长，著名的灌县安澜竹索桥已有 190 年的历史(1803 年)，该桥长 340 米，分 8 个孔，最大跨径 61 米，用 24 根竹索组成，该桥保留到今。

用三基圆缠绕成型法可成型各种竹/玻璃钢桁梁桥。桁梁桥则是一种整体承力刚架。利用三基圆组合功能还可成型各种板式桥。板式桥的优点是成型简便，成本低廉，桥面承载能力大。

2 竹/玻璃钢桥结构

三基圆缠绕成型方法有四大功能。分别是补强、组合、连接和分支。竹/玻璃钢桥则是利用

本文于 1994 年 5 月 16 日收到

这四大功能进行结构设计的。桥梁结构有板式、桁梁式、拱式和斜拉式。所用材料一般为钢筋混凝土、石头及玻璃钢。除玻璃钢以外，所用的材料都是大比重材料，约 40%～60%的材料用于承受自身的重量。而竹/玻璃钢桥所用的材料比重轻，仅有约 10%的材料用于承受自身重量。

从三基圆缠绕成型方法的特点来看，可以方便地成型二种结构。一种是利用组合功能成型板式结构；另一种是利用连接、分支功能成型桁梁结构的钢架，其结构如图 1、图 2 所示。

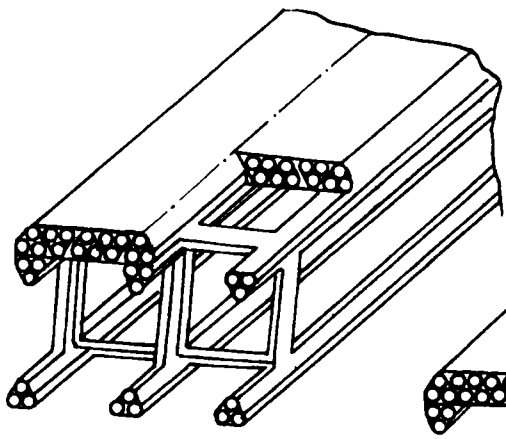

图 1　三基圆竹/玻璃钢板桥结构

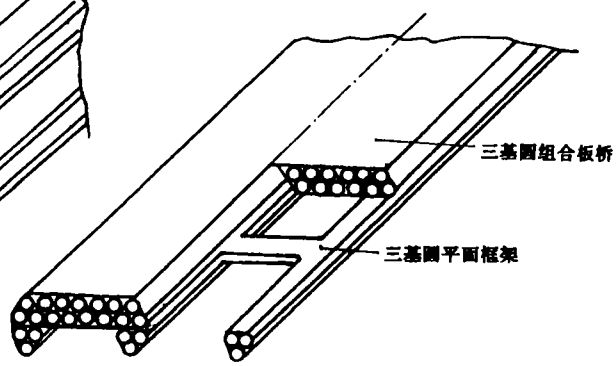

图 2　板式一桁梁组合结构

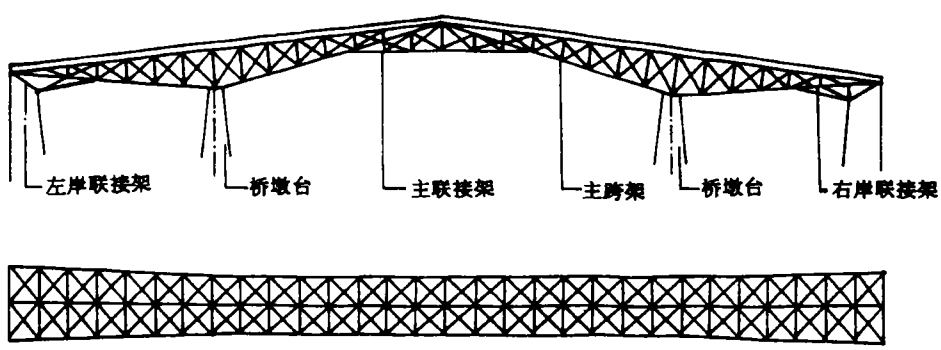

图 3　板式－桁梁组合式桥梁示意图

板式桥主要结构可分为两部分。其一为三基圆组合桥板，该桥板有较强的承载能力。由于属直管式组合构件，其工艺简单，成本低廉。特别是可充分利用竹管的选择，以加大竹管的用量，不仅可提高桥梁的纵向刚度和强度，而且还可降低成本。板式桥另一个主要结构是平面联接框。平面联接框也为三基圆结构，桥板组合成三基圆构件用捆绑方式与平面联接框联为一体。平面联接框不仅起到联接作用，而且增大了板桥的惯性矩，提高了桥的整体强度和刚度。除了桥板和联接框外，还可采用钢网水泥制成桥面，再加上护拦则成了一座完整的板式竹/玻璃钢桥。

在板式桥的基础上，将平面联接框发展为立体桁梁则可组成板式－桁梁组合桥。如图 2 所示。与板桥相比，加大了桥梁截面的惯性矩，可使桥梁不仅有可承重载的桥面，而且还可用桁梁结构加大桥梁的跨度，同时利用桁梁的设计，制成多种桁梁式、拱式和斜拉式桥梁。使竹/玻璃钢桥增加了可设计性。

3 竹/玻璃钢桥的造型和结构计算

竹/玻璃钢板式桥的造型十分简单，图 3 是板式－桁梁组合式桥结构。该结构利用三角形稳定原理，在人字桥基础上增加了三个联接架，分别将主联接架与两座主跨架联为一体。为加强人字桥，根部采用了两个岸基联接架，起到加强和完成与岸基联接的作用。

参照《桥规》钢筋混凝土桥的挠度标准，使用有限元结构计算方法计算了该桥结构，若选用平均直径为 50mm 的竹子，按每平方米三百公斤载荷计算，在满载情况下，节点的最大挠度为 35.1mm，为全桥跨度的 1/540，可以满足设计要求。

表 1 桥架部分节点的挠度(Z 方向)

节点号	12	18	24	30	33	36	39	45
挠度(mm)	−4.38	−13.01	−16.65	−33.24	−34.70	−35.10	−30.69	−2891
节点号	48	51	57	60	66	72	78	84
挠度(mm)	−30.62	−30.69	−33.24	−35.10	−34.70	−16.65	−13.01	−4.38

计算时未考虑到桥面的增强作用，从计算结果可以看出，竹/玻璃钢桥的性能完全可达到钢桁桥和钢筋混凝土桥的标准。

4 结 论

竹/玻璃钢桥在技术上是完全可行的，其性能可从多方面进行设计。桥梁结构的基础是板式桥。板式桥结构简单，造价低，适合于中、小跨径的人行桥和公路桥。板式－桁梁组合桥则是在板式桥的基础上发展的桁梁桥，这种桥适合于作中、大跨径的桥梁，可以工业化生产。

FORMATION OF BAMBOO/GLASS FIBER REINFORCED PLASTICS BRIDGES BY THE TECHNIQUE OF THREE BASIC CIRCLE COMPOSITE MATERIALS

Cai Hong

(Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

Abstract An introduction is presented to the formation process of bamboo/glass fiber reinforced plastics bridges by using the formation technique of three basic circle composite materials. In the present widely－used reinforced concrete bridges, stone bridges, and steel －girder bridges, up to 40～50% of the material is employed to support their own weight due to the heavy weight of the material itself, whereas a bamboo/glass fiber reinforced plastics bridge is featurde by its light weight and low cost. Experiments show that excellent properties of structures can be obtained by applying the formation technique of the three basic circle composite materials.

Key words formation process by three basic circles, composite materials, bamboo/glass fiber reinforced plastics bridges