

Research on the Design and Application of Steel Ball Extrusion-type Rebar Coupling Sleeve

Zhiqiang Gu

Hebei Yida United Machinery Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

Aiming at the problems of complex thread processing or dependence on large-scale special equipment existing in conventional rebar coupling sleeves, this study proposes a steel ball extrusion-type rebar coupling sleeve. Composed of an outer sleeve, an inner sleeve, a lock nut and steel balls, this sleeve eliminates the need for thread processing on rebars, and the installation can be finished only with a small wrench. Through the way that steel balls flow and wrap along the profile of rebars under extrusion, reliable connection of rebars is realized. Experimental verification shows that this coupling sleeve has the advantages of high installation efficiency and stable connection strength. It is suitable for multiple engineering fields such as nuclear power and construction, and has remarkable practical value and popularization prospects.

Keywords

rebar connection; coupling sleeve; thread-free processing; no special equipment required; steel ball extrusion

钢珠挤压式钢筋连接套筒的设计与应用研究

谷志强

河北易达核联机械制造有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

摘要

针对现有钢筋连接套筒存在的螺纹加工复杂或依赖大型专用设备的问题, 本文设计提出一种钢珠挤压式钢筋连接套筒。该套筒由外套筒、内套筒、锁母和钢珠组成, 无需对钢筋进行螺纹加工, 仅通过小型扳手即可完成安装操作。通过钢珠在挤压作用下随钢筋外形流动包裹的方式, 实现钢筋的可靠连接。实验验证表明, 该连接套筒安装效率高、连接强度稳定, 适用于核电、建筑等多个工程领域, 具有显著的实用价值和推广前景。

关键词

钢筋连接; 连接套筒; 免套丝; 无专用设备; 钢珠挤压

1 引言

在核电、建筑等工程建设中, 钢筋连接是保障结构稳定性的关键工序, 连接套筒作为核心连接件, 其质量直接影响结构承载能力与耐久性, 其性能直接影响工程质量和施工效率^[1]。当前主流的钢筋连接套筒主要分为两类: 钢筋套丝型与钢筋免套丝型^[2]。钢筋套丝型套筒需提前对钢筋进行螺纹加工, 加工精度要求高、工序繁杂, 导致施工周期延长, 安装效率低下^[3]; 钢筋免套丝型套筒虽省去螺纹加工环节, 但需借助大型专用设备施加外力使套筒变形包裹钢筋, 设备体积大、操作不便, 且现场劳动强度高, 在狭小空间或高空作业中适应性差, 限制了施工灵活性^[4]。

为解决上述问题, 本文设计一种钢珠挤压式钢筋连接

套筒, 无需螺纹加工且摆脱大型设备依赖, 实现高效、可靠的钢筋连接, 为工程施工提供新的技术方案。其技术意义在于突破传统设计思路, 提出钢珠挤压随形包裹的连接方式, 丰富钢筋连接技术体系; 工程意义在于简化施工流程、降低设备与人工成本, 提升复杂环境下的施工适应性, 符合工程建设高效化、绿色化发展趋势。

2 连接套筒结构设计

2.1 整体结构组成

本连接套筒主要包括外套筒(2)、内套筒(4)、两个锁母(1)和多个钢珠(3), 其结构示意图如图1所示。外套筒内腔两端通过螺纹连接锁母, 锁母未完全旋入外套筒, 预留调整空间; 内套筒长度大于外套筒, 滑动配合插设于两个锁母内腔, 两端作为待连接钢筋的插入端; 两个锁母之间形成中间腔, 内部填充钢珠, 用于挤压固定钢筋。

【作者简介】谷志强(1984—), 男, 中国河北石家庄人, 本科, 高级工程师, 从事钢筋连接技术及配套加工设备的研发设计研究。

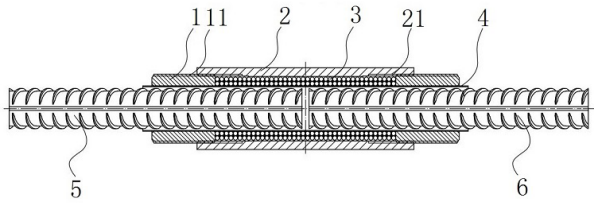


图 1

2.2 关键部件设计

外套筒: 采用圆柱形内腔设计, 两端开设内螺纹(21), 与锁母外螺纹适配, 为锁母拧紧提供受力基础, 保证连接密封性和稳定性; 作为主要的承载主体, 材料选用高强度合金钢, 采用整体淬火处理, 提高抗拉强度及表面硬度, 承受钢珠的挤压力。

锁母: 外部一端设外螺纹(11), 与外套筒内螺纹配合; 另一端设外六方(12), 便于扳手施加扭矩, 实现快速拧紧操作。锁母内腔为圆柱形, 直径等于或略大于内套筒外径, 确保内套筒顺畅滑动; 材质为热处理高强度合金钢, 提高硬度与耐磨性。

内套筒: 内外均为圆柱形, 内腔直径等于或略大于待连接钢筋外径, 便于钢筋插入和套筒抽出; 厚度小于钢珠直径, 可防止钢珠在抽出过程中掉落, 保证中间腔完整性。

钢珠与中间腔: 钢珠采用圆球状结构, 直径不大于中间腔厚度的一半, 确保流动性和填充效果; 中间腔长度为待连接钢筋底径的 4-6 倍, 可容纳足量钢珠, 保证钢筋连接的抱紧力。

2.3 结构适配关系

内套筒至少一端贯穿对应锁母: 两端均贯穿时, 锁母对称布置于外套筒两端; 仅一端贯穿时, 另一端不脱离锁母内腔, 避免钢珠泄露。外套筒与内套筒同轴设置, 中间腔呈圆环形, 确保钢珠均匀分布和挤压受力平衡。

3 工作原理与安装流程

3.1 工作原理

钢珠挤压式钢筋连接套筒的工作原理基于钢珠的挤压流动和多点夹紧机制, 具体如下:

定位导向阶段: 内套筒插设在两个锁母的内腔中, 为待连接钢筋提供插入导向, 使两根钢筋能够同轴对齐, 确保连接的同轴度。

钢珠填充阶段: 将两根待连接钢筋分别从内套筒两端插入, 插入深度约为中间腔长度的一半, 两根钢筋之间预留约两个钢珠直径的间隙。抽出内套筒后, 中间腔内的钢珠在重力和后续挤压作用下, 快速填充到钢筋的横肋档部, 与钢筋表面形成紧密接触。

挤压夹紧阶段: 通过扳手拧紧两个锁母, 锁母在螺纹作用下向外套筒内部移动, 使中间腔的容积减小, 钢珠受到挤压。由于钢珠具有良好的流动性, 在挤压力作用下会随钢

筋的外形流动, 紧紧包裹钢筋的横肋和纵肋, 形成多点、均匀的夹紧力。

可靠连接阶段: 随着锁母的持续拧紧, 挤压力不断增大, 钢珠与钢筋之间的摩擦力和正压力也随之增大, 最终实现钢筋的可靠连接。连接后的钢珠形成一个整体的夹紧结构, 能够有效传递拉力、压力和剪力, 确保连接部位的力学性能与钢筋本体一致。

该工作原理的核心优势在于利用钢珠的流动性实现“随形包裹”, 无需对钢筋进行任何加工, 也无需大型设备施加外力, 仅通过手动或小型扳手即可完成夹紧操作, 既保证了连接质量, 又提高了施工效率。

3.2 安装流程

3.2.1 施工准备

检查套筒与钢筋质量, 准备扳手、卷尺等工具, 清理施工区域并定位钢筋;

3.2.2 钢筋插入

将外套筒、锁母和内套筒按照装配要求组装好, 确保内套筒滑动顺畅, 锁母未完全旋入外套筒。将固定端钢筋的端部插入内套筒的一端, 插入深度约为中间腔长度的一半, 用卷尺测量确认插入深度符合要求。将活动端钢筋的端部插入内套筒的另一端, 同样插入深度约为中间腔长度的一半, 确保两根钢筋之间预留约两个钢珠直径的间隙, 避免钢筋端部直接接触影响钢珠填充。

3.2.3 抽出内套筒

确认两根钢筋插入到位后, 握住内套筒的外露端, 缓慢将内套筒从锁母和钢筋中抽出。抽出过程中要保持平稳, 避免过快或用力过猛导致钢珠掉落。抽出内套筒后, 检查中间腔内的钢珠是否均匀填充在钢筋横肋档部, 若有钢珠掉落, 需及时补充, 确保中间腔被钢珠完全填满。

3.2.4 拧紧锁母

用扳手分别夹住两个锁母的外六方结构, 按照对称、均匀的原则逐步拧紧锁母。先将两个锁母拧至与钢珠接触, 然后施加一定的扭矩继续拧紧。

扭矩值根据钢筋直径确定, 例如 $\Phi 25$ 钢筋对应的拧紧扭矩为 $300\text{N} \cdot \text{m}$, $\Phi 32$ 钢筋为 $450\text{N} \cdot \text{m}$, $\Phi 40$ 钢筋为 $600\text{N} \cdot \text{m}$ 。可通过扭矩扳手控制扭矩大小, 确保挤压力达到要求。

拧紧过程中要观察钢筋的状态, 确保钢筋无偏移、弯曲等现象, 若出现异常需及时调整。完成连接(安装后示意图如图 2 所示)。

3.2.5 质量检查

外观检查: 观察连接套筒的外观, 确保锁母拧紧到位, 无松动现象; 钢珠无外露, 中间腔密封良好。

尺寸检查: 用卷尺测量连接套筒的总长度、钢筋插入深度等尺寸, 确保符合设计要求。

力学性能抽检: 对于重要工程或批量施工, 需按规范

要求抽取一定数量的连接接头进行拉伸试验，检验连接强度是否达到设计标准。拉伸试验中，接头的抗拉强度应不小于钢筋母材的抗拉强度标准

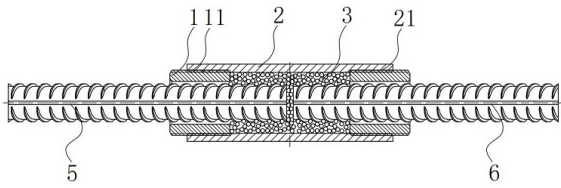


图 2

4 技术优势分析

4.1 工序简化，缩短工期

传统套丝型套筒需对钢筋进行剥肋、套丝等复杂预处理，加工周期长且精度要求高，易产生质量隐患。本新型套筒无需任何钢筋螺纹加工，仅需清理端部锈蚀与油污即可直接插入连接，彻底省去前置加工工序。按批量施工测算，每千个接头可节省 80-100 小时加工时间，大幅缩短前置准备工期，适配工期紧张的工程项目。

4.2 摆脱大型设备，提升灵活性

免套丝型冷挤压套筒依赖 50-100kg 的专用挤压设备，运输与现场操作受空间限制严重，狭小空间或高空作业难以开展。本套筒仅需普通扳手或扭矩扳手即可完成操作，工具轻便易携带，完全摆脱大型设备束缚。同时，普通施工人员经简单培训即可上岗，降低专业技能依赖，还节省设备租赁、运输及维护成本。

4.3 连接可靠，受力均匀

传统螺纹连接易因精度问题出现局部应力集中，冷挤压套筒变形均匀性难以控制。本套筒利用钢珠随形流动特性，挤压后紧密填充钢筋横肋档部，形成多点全方位夹紧力，避免局部受力不均。测试显示其连接强度变异系数仅 0.015，低于传统套筒，断裂位置均在钢筋母材，连接可靠性与稳定性更优。

4.4 环境适配性强，适用场景广

传统套筒在狭小空间、恶劣环境下适应性不足。本套筒结构紧凑，可在狭窄空间内操作，适配高空、地下室等复杂施工场景。且部件经防锈处理，钢珠耐磨耐腐蚀，在高温、低温、潮湿环境下连接强度仍保持稳定，满足核电、桥梁、地下工程等多领域需求。

4.5 重复使用，经济环保

传统套筒多为一次性使用，材料浪费严重。本套筒核心部件无塑性变形，钢珠清理后可重复使用 5 次以上，重复使用后强度仍达标。单次使用成本较传统套筒降低 60%-70%，同时减少废弃套筒产生，符合绿色施工理念，降低综合工程成本。

5 结论与展望

5.1 结论

新型连接套筒结构设计合理，通过钢珠挤压随形包裹实现钢筋连接，无需螺纹加工与大型设备，解决传统技术痛点；关键参数优化后，连接强度超钢筋母材，稳定性、重复使用性与环境适应性良好；施工效率较传统套筒提升显著，工程应用中成本降低、适应性强，满足核电、建筑等领域需求。

5.2 展望

未来可进一步优化套筒材质与加工工艺，降低生产成本；拓展适配钢筋规格范围，开发异形钢筋专用型号；结合智能化施工趋势，研发配套扭矩控制工具，实现连接质量数字化管控，推动钢筋连接技术向更高效、智能方向发展。

参考文献

[1] GB 50204-2015, 混凝土结构工程施工质量验收规范[S].
[2] 李明, 王强. 钢筋连接套筒的发展现状与应用前景[J]. 建筑技术, 2020, 51(3): 321-323.
[3] 张华, 刘敏. 直螺纹钢筋连接套筒施工工艺优化研究[J]. 施工技术, 2019, 48(12): 89-91.
[4] 王建国, 陈晓. 冷挤压钢筋连接技术的应用与改进[J]. 工程建设与设计, 2018, (16): 165-166.