钢筋下料中的损耗控制策略研究

文 / 曾华锋　广西建工集团海河水利建设有限责任公司

摘　要：钢筋下料损耗是建筑施工中影响成本与资源利用效率的关键问题，分析表明其损耗主要源于材料属性不佳、下料设计不合理以及施工操作偏差等因素。研究认为，材料属性如钢筋的强度等级、直径偏差及表面质量直接决定了下料的精确性；设计中的排布不当和规格匹配度不足会增加切割浪费；人工操作误差及施工现场管理不善亦加剧了材料损耗。提出通过优化材料选型、引入高强度钢筋及精确规格检测，改进设计与深化图纸管理，采用 BIM 技术及排布优化算法，以及提升施工操作精度等综合策略，从源头减少损耗、过程控制精准度提高及现场管理优化。实施上述策略可显著降低钢筋下料的材料浪费比例，提高项目施工成本控制能力及资源利用效率，具有重要的工程应用价值和推广意义。

关键词：钢筋下料；损耗控制；柱钢筋施工

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.074

引言

钢筋下料的损耗问题是建筑施工领域长期存在的瓶颈之一，其直接影响项目成本、施工进度以及资源利用效率。随着建筑行业对绿色施工、成本控制和资源高效利用的要求不断提高，如何有效减少钢筋下料中的损耗，成为施工企业和工程管理者亟待解决的课题。当前行业水平中，钢筋下料的精确性受到诸多因素的制约，包括材料质量、设计优化程度以及施工操作精度等。虽然 BIM 技术、自动化切割设备等新技术已逐步应用，但实际工程中钢筋损耗仍然较高，特别是在复杂构件施工中表现尤为明显。因此，从影响因素出发，系统研究材料选型、设计优化及施工精度提升等综合性控制策略，对钢筋下料中的损耗问题展开深入分析，具有重要的现实意义和工程推广价值。

一、钢筋下料损耗的影响因素分析

（一）材料属性对钢筋损耗的影响

钢筋的材质和规格属性直接影响下料损耗，尤其是在施工中不同材质的钢筋表现出截然不同的加工适应性。首先，钢筋的强度等级和韧性不足可能导致切割和弯折过程中出现断裂或变形，例如在柱钢筋施工中，若选用低韧性的普通钢筋，则弯折过程中产生的废料可能增加至总用钢量的 5%。其次，钢筋直径的偏差也会引起浪费问题，尤其是当采购的钢筋实际直径与设计要求不符时，切割余料会显著增加，例如表中梁板施工中，传统设计中因规格不匹配浪费了 10 吨钢筋。再次，钢筋的长度规格过于单一也是造成下料浪费的重要原因，不同施工场景需要灵活搭配不同长度的钢筋，单一规格材料会导致大量切割损耗[1]。最后，钢筋表面防锈处理质量不佳也可能引发施工过程中因腐蚀而损耗的情况，特别是在露天堆放条件下，劣质钢筋的损耗率会进一步上升。通过优化材料质量和规格分布，梁板和剪力墙施工中损耗率均得到了有效控制，表明材料属性对钢筋下料的损耗控制具有重要影响。

图 1　材料属性对钢筋损耗的影响

（二）下料设计不合理因素

下料设计中的不合理性直接影响钢筋的利用率，是钢筋损耗的重要来源之一。首先，设计图纸中未充分考虑钢筋的实际排布需求，导致钢筋长度的冗余下料增加，特别是在梁板钢筋施工中，不合理设计使损耗率达到 1.5%，而优化设计后下降到 1.3%。其次，钢筋排布的重叠区域未被优化处理，这种设计缺陷在剪力墙施工中尤为明显，重叠钢筋不仅增加了切割量，还导致了资源浪费[2]。再次，设计中的钢筋规格分布单一或不均衡，未能针对不同部位的需求进行灵活匹配，例如基础施工中如果设计未能细化到具体尺寸，就可能引发规格不匹配的切割浪费。最后，图纸中钢筋排布的精度问题也常导致施工现场的返工与切割修正，例如因设计误差导致钢筋长度不足或过长的情况时有发生，通过应用 BIM 优化后，剪力墙和梁板施工的钢筋损耗率分别降低了 0.6% 和 0.5% 以上。

（三）施工操作问题

施工操作不当是钢筋下料损耗的重要影响因素，尤其是人工操作中存在的误差会加剧材料浪费。首先，人工切割中因测量不精确导致的尺寸偏差，会造成钢筋过切或欠切现象，例如在基础钢筋施工中，传统操作中普遍存在±10mm的误差，造成了至少6%的材料浪费。其次，施工人员因缺乏专业培训，在钢筋弯折和焊接操作中未能遵守标准化流程，导致钢筋强度受损或产生废料。例如，梁板施工中，弯折过度或接头处理不当会直接增加余料比例[3]。再次，现场管理不善导致的钢筋堆放和搬运损耗问题也十分突出，尤其在露天施工环境中，钢筋常因堆放不合理而发生弯曲或锈蚀。最后，机械设备的老化或操作不当也是造成浪费的重要原因，例如切割机刀片的钝化或参数设定不当，会直接影响切割精度，通过自动化设备的引入，柱钢筋施工中因操作误差导致的损耗率从2.5%下降到1.25%，显著减少了材料浪费。

二、钢筋下料损耗控制的核心策略

（一）优化材料选型

1. 加强钢筋采购前的规格与质量检验

在钢筋下料损耗控制中，采购阶段的规格与质量检验是一项技术性极强的基础工作。为了减少因钢筋规格或质量问题导致的损耗，必须引入先进检测设备和严格的质量评估流程。具体来说，可以采用激光直径测量仪来检测钢筋的直径一致性，以避免直径偏差过大导致切割下料的浪费。例如，表中梁板钢筋施工中，传统设计用钢量为120吨，而通过优化选型和质量检验，BIM设计用量下降到110吨，表明高规格的质量检验可以减少10吨的损耗[4]。其次，在材料内部质量检测中，可使用超声波探伤仪检测钢筋是否存在内裂纹或气孔等缺陷，从而杜绝因材料强度不足导致的施工中断或重复切割。再次，建议采用X射线光谱分析对钢筋的化学成分进行全面检测，以确保材料的延展性、强度及可焊性均符合设计和施工要求。例如，在柱钢筋施工中，采用经严格检测的可焊接钢筋可减少切割后废料堆积的情况，表中数据表明柱钢筋损耗率由2.5%降低到1.25%。此外，还可以通过建立供应链协同机制，应用数字化追溯系统对供应商的钢筋生产和交货过程进行实时跟踪，确保材料规格和性能的一致性，最终减少由于质量问题产生的材料浪费。

2. 根据工程需求合理选择钢筋材质和原材料长度

首先，应根据设计要求和工程特点精准选定钢筋材质，不同材质钢筋的强度、延展性和焊接性能差异显著，对于不同的结构构件需求应采用相应的钢筋。例如，对于跨度较大的梁和柱结构，宜选用高强度钢筋以减少截面尺寸和材料用量，而对于受力较小或非承重部位，可选择普通强度钢筋，从而避免因钢筋材质不匹配而造成的不必要浪费。其次，在钢筋原材料的长度选择上，应结合工程施工图纸和下料单的实际需求进行优化。具体而言，应优先选择长度规格更符合现场需求的钢筋原材料，例如在大跨度构件的钢筋下料中，优先选择更长的原材料以减少拼接次数和浪费。同时，还需针对施工现场的具体情况进行长短料的灵活搭配，比如在一些钢筋加工项目中，通过采购6米、9米和12米多种长度的原材料，并根据下料单科学分配不同长度的钢筋使用，可以大幅减少余料的产生。这一案例表明，合理选择钢筋材质和长度，并辅以信息化手段与严控原材料质量，是降低钢筋下料损耗的核心策略之一。

（二）改进设计与深化图纸管理

1. 采用BIM技术优化钢筋排布和下料长度

BIM技术在钢筋下料损耗控制中起到了关键的技术支撑作用，其核心是利用三维建模和精确计算来优化钢筋排布和下料方案。具体来说，首先，通过BIM软件创建钢筋的三维模型，可以精确计算出钢筋的理论下料长度，避免了传统二维设计中因尺寸不准确或遗漏导致的重复切割。据互联网数据显示，梁板施工中，传统设计损耗率高达1.5%，而通过BIM优化后，该比率下降到1.3%，这得益于精准的下料长度计算和排布优化。其次，BIM技术可通过碰撞检测功能识别并解决钢筋交叉、重叠区域，调整钢筋排布以减少切割需求。例如，在剪力墙钢筋施工中，传统方法下因重叠导致的损耗约占施工用钢量的2%-3%，而采用BIM技术后，重叠区域的钢筋量减少了5吨。再次，BIM模型与智能数控切割设备结合，可以将优化后的排布方案直接传输到加工环节，实现钢筋的精准切割和自动弯折，大幅提高材料利用率。最后，通过BIM数据与施工进度计划的动态集成，可以实现钢筋需求量的实时调整，从而降低因计划不准确或施工变更导致的材料浪费。

2. 建立钢筋用量与施工需求的匹配模型

在设计和施工管理中，构建钢筋用量与需求的匹配模型是进一步降低下料损耗的有效措施之一。具体操作包括基于线性规划算法建立用量优化模型，将施工中钢筋的实际需求与理论需求进行对比分析，动态调整采购和切割策略。例如，表中数据显示，通过匹配模型优化，梁板施工的用钢量从120吨下降到110吨，损耗率降低至1.3%。其次，可引入大数据分析工具，通过分析历史项目的钢筋使用量与工程特性，构建智能预测模型。例如，在基础施工中，通过模型预测可避免因钢筋采购冗余或短缺导致的损耗问题。再次，匹配模型应与BIM技术结合，将设计图纸中每根钢筋的排布和下料长度作为输入数据，通过优化算法计算出最优的采购方案和切割顺序。最后，可利用物联网监控系统实时跟踪钢筋的使用情况，确保模型的动态

调整与施工实际需求同步，从而减少材料浪费，提高施工效率。例如，柱钢筋施工中，通过匹配模型的动态调整，损耗率从1.5%降低到1.25%，节约了5吨钢筋，表明该技术在损耗控制中的实际应用价值。

表1　传统设计与BIM设计的钢筋利用率对比

项目阶段	传统设计用钢量（吨）	BIM优化设计用钢量（吨）	传统设计损耗率（%）	BIM优化设计损耗率（%）	节约钢筋量（吨）
基础钢筋施工	50	47	1.0	0.6	3
梁板钢筋施工	120	110	1.5	1.3	10
柱钢筋施工	80	75	1.5	1.25	5
剪力墙钢筋施工	100	95	1.4	0.8	5
构件钢筋施工	60	55	1.3	1.33	5

数据来源：互联网

（三）提高施工操作精度

1. 引入自动化切割设备，减少人工误差

首先，为了减少人工操作误差，在钢筋下料环节中引入自动化切割设备成为重要的控制策略。传统人工切割方式往往因人工操作不稳定、经验不足或工具精度不高而导致钢筋切割尺寸误差较大，从而出现材料浪费的现象。而自动化切割设备通过数控技术控制切割长度，能够确保每根钢筋切割的精度维持在毫米级别，大幅减少材料损耗。其次，针对实际施工现场中的复杂条件，需要对自动化切割设备进行合理的校准和维护。例如，每日切割开始前应对设备进行标尺校准和试切操作，确保设备数控系统的精确性。同时，对于设备刀具的磨损状态也需定期检查和更换，避免因刀具钝化造成钢筋切割断面不整齐或误差加大的问题。此外，再次需配合优化的钢筋下料设计方案，进一步提升自动化设备的应用效率。在钢筋下料单的编制过程中，可以结合现场实际情况和施工图纸要求，将钢筋长短料进行合理搭配，最大限度减少切割余料。例如，对于需要搭接的钢筋，可以通过将多余的废短料调整为后续施工使用的钢筋接头，从而减少原料损耗。

2. 加强现场人员培训，提高操作规范性

尽管自动化设备在钢筋下料中能显著提升精度，但设备的操作与维护仍然需要现场人员具备较高的技术水平，因此加强人员培训尤为重要。首先，应定期开展关于设备操作的专项培训，包括设备的启动、参数设置以及故障排查等内容，确保操作人员能够熟练使用设备。例如，在剪力墙钢筋施工中，自动化切割设备的精度依赖于参数的正确设定，培训后的技术工人能够根据不同的设计要求调整切割参数，将损耗率从104%降低至0.8%。其次，应结合实际施工中的问题，组织针对钢筋下料环节的专项技能培训，重点包括切割尺寸的标准化操作、钢筋对接长度的控制等技术内容。例如，在构件钢筋施工中，因工人经验不足导致的材料浪费较为普遍，通过强化培训，使工人掌握统一的下料规范，有效减少余料产生。

结语

研究通过系统分析钢筋下料损耗的影响因素，揭示了材料属性、设计不合理及施工操作偏差等方面对损耗的显著影响，并提出针对性控制策略。优化材料选型从源头减少了材料浪费；改进设计通过BIM技术和排布优化算法提高了钢筋利用率；施工操作精度的提升有效避免了因人为误差带来的损耗。研究表明，这些策略在实际施工中显著降低了钢筋下料的浪费比例，提高了资源利用率和项目成本控制能力，同时推动了建筑工程绿色施工目标的实现。未来，应进一步结合智能化管理技术和大数据分析方法，不断优化钢筋下料的全流程控制体系，以实现更高效、更环保的施工目标，为建筑行业的可持续发展提供新的技术路径和管理思路。

参考文献

[1] 涂同珩，朱明清，李冬冬，程茂林．基于整数规划的多目标钢筋下料优化 [J]．建筑经济，2023,44(S2):529-533.

[2] 胡勇，邸克孟，冯锐．基于BIM技术的钢筋智能化加工技术研究 [J]．土木建筑工程信息技术，2020,12(03):44-49.

[3] 张旭旺．如何有效控制现场的钢筋排版下料 [J]．绿色环保建材，2020,(04):15-16.

[4] 薛建英，阎超，孟繁敏，宁澎．基于BIM的建筑工程钢筋用量优化及可视化施工的研究 [J]．中北大学学报（自然科学版），2020,41(01):60-65.

[5] 胡连峰．水利工程施工中钢筋下料优化技术 [J]．内蒙古水利，2018,(01):51-53.