

# 改进型盾构管片吊装头对质量安全隐患的控制

张国甜

中铁七局集团西安铁路工程有限公司 陕西 西安 710000

**【摘要】**由于地铁项目建设主要位于城区在加上盾法施工的诸多优点，在地质条件的允许下地下隧道广泛采用盾构法施工。盾构隧道施工过程中混凝土管片的拼装至关重要，对成型隧道质量起着一定的影响因素。由于隧道管片吊装和拼装是通过管片中间吊装孔起吊完成的，因此该处质量问题也比较多。本文重点对塑料预埋吊装孔混凝土管片质量问题进行了分析研究，通过对吊装头外观形状、尺寸和受力结构进行改进优化，从而防止常见的管片吊装孔凹槽周边混凝土损伤、咬丝损坏丝套、预埋丝套扫牙拔出等现象和问题的发生，保证成型隧道管片外观质量和作业安全。

**【关键词】**管片；吊装头；吊装孔；晃动；扫牙；安全质量

**【DOI】** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.12.728

## 一. 管片拼装安全质量问题

### 1. 塑料吊装孔扫牙、拔出

吊装头晃动现象极易造成管片塑料预埋件丝牙被咬坏，破坏预埋件和周边混凝土的受力结构，造成吊装孔破坏，塑料预埋件扫牙拔出，造成整块管片无法完成拼装和摔裂报废（图1），同时也存在较大的安全隐患。

### 2. 损坏混凝土管片吊装孔周边混凝土

吊装头为了和盾构机拼装机抓举头更好的啮合，在设计吊装头时，我们通常把吊装头设计成大头形状，一方面为了与拼装机抓举头啮合，一方面与管片吊装孔凹槽贴紧，便于上紧吊装头。这样一来就造成在拼装机拼装管片时一旦吊装头出现晃动吊装头大头处就会来回碰撞管片吊装孔凹槽周边的混凝土面，造成混凝土面发生破裂掉皮现象，造成成型隧道的外观质量隐患（图2）。

### 3. 吊装头丝牙丝杆间隙问题

丝套与丝牙间隙是造成吊装头晃动的主要原因，吊装头丝牙与塑料预埋件丝牙间的间隙过大造成吊装头晃动，过小则造成旋入摩擦阻力增大、旋入困难，无法旋入到位情况。另一方面由于塑料吊装孔预埋件在管片预制混凝土浇筑过程受到热量和挤压的影响难免存在一定的形变，因此不得不把吊装头丝牙与塑料预埋件间的间隙加大，同时也为后期吊装出现晃动、丝套拔出现象提供了条件。

### 4. 吊装头丝牙范围长度不足

管片预埋件丝套丝牙有效范围长度138mm（螺杆有丝牙部分总长度149mm），丝牙为11个，实际上大部分吊装头丝牙仅有8-9个，造成管片预埋丝套最下面2-3扣无受力，受力面积减少，导致承受垂直吊装和拼装晃动水平剪力的能力下降，再加上管片拼装过程中反复晃动管片以及惯性等多种不利因素组合，很容易造成管片预埋件丝套周边混凝土发生破坏。再就是管片吊装头没能完全旋入到位，工人为了管片拼装成型后吊装头便于拆卸，在个别吊装头旋入困难时不辅助扳手拧紧，致使丝牙没能完全旋入到丝套内，也为吊装孔的破

坏、拔出、晃动过大提供了必要条件。

### 5. 螺丝丝距误差

由于加工精度问题，使得吊装头螺丝丝距与塑料管片预埋丝套丝距出现误差和不匹配现象，导致吊装头在旋入后螺线受力出现不均匀，导致预埋丝套的抗拔能力下降。另外就是吊装头丝距累计误差过大也会造成在施工过程中旋入困难，无法拧紧到位的情况。

### 6. 吊装头牙部与预埋丝套啮合差

吊装头丝牙受力面与预埋丝套丝牙弧面啮合不够紧密，弧度不一致导致抗拔受力面应力集中，出现扫牙现象发生，实物测量我们将预埋丝套纵向中间锯开，将吊装头螺线旋入丝套，发现垂直吊装主受力面弧面结合不好、啮合程度差，出现间隙大小不一的现象（图3）。

## 二. 吊装头改进技术方案

### 1. 用锥形吊装头丝牙调整间隙

将吊装头螺纹部分整体设计成锥形，考虑到塑料预埋件在混凝土浇筑振捣存在一定形变的因素，我们把吊装头螺纹设计成锥形，下部螺纹直径与上部螺纹直径差设定为1mm。以预埋件内丝牙设计外直径54.7mm为例，我们将吊装头下部丝牙直径设计为53mm，上部丝牙直径设计为54mm。这样一来吊装头丝牙部分的底部、中部、顶部与预埋件内丝牙间隙是依次由小变大的，就会形成吊装头初期旋入轻松，手动即可，待旋入到实际深度2-3丝时受到间隙与摩擦力的作用导致旋入扭矩增大，辅助以扳手拧紧，这样一来顶部直径仅有0.7mm的间隙可有效限制吊装头的晃动范围（如表1：吊装头改进各部位与管片预埋丝套间的尺寸间隙数据表）。

### 2. 底部增设定位轴

塑料预埋件丝套底部有24mm长度无丝牙部分，设计直径43.2mm，我们充分利用塑料丝套24mm长这一段，将吊装头在丝牙不增长的情况下丝轴加长22.7mm（其中0.7mm直径不增加），丝轴直径增加为43mm，使其加长的这部分丝轴（定位轴头）刚好可以旋入丝套这部分闲置位置，使其下部限制晃



图 1



图 2



图 3

表1：吊装头改进各部位与管片预埋丝套尺寸间隙数据表

表1：吊装头改进各部位与管片预埋丝套尺寸间隙数据表						图例	
丝牙与预埋丝套参数表 (mm)	项目	预埋丝套	吊装头丝牙	差值/间隙	锥度差值	Φ54-Φ53=1mm	
	可旋入有效长度	138	旋入133/总长149	5			
	上部直径Φ	54.7	54	0.7			
	中部直径Φ	54.7	53.5	1.2			
下部直径Φ	54.7	53	1.7				
定位轴与预埋丝套参数表 (mm)	项目	预埋丝套	定位轴头	差值/间隙	锥度差值	0	
	长度	24	22	2			
	上部直径Φ	43.2	43	0.2			
	中部直径Φ	43.2	43	0.2			
下部直径Φ	43.2	43	0.2				
丝轴与预埋丝套参数表 (mm)	项目	预埋丝套	吊装头丝轴	差值/间隙	锥度差值	0	
	长度	156	156	0			
	上部直径Φ	44	42	2			
	中部直径Φ	44	42	2			
下部直径Φ	44	42	2				
吊装头大头与管片接触面凹槽 (mm)	项目	砼管片吊装孔凹槽	吊装头大头	差值/间隙	锥度差值	—	
	深/长度	10	45	—			
	上部直径Φ	—	92	—			
	中部直径Φ	—	106	—			
下部直径Φ	95.5	90	5.5				

动的受力面增加，起到防止晃动的作用，因吊装头丝牙整体设计为锥形，其下部丝牙Φ53mm与预埋丝套Φ54.7mm有1.7mm的晃动间隙，而我们增加定位轴头后充分限制了这部分间隙产生的晃动。

3. 吊装头与混凝土管片吊装孔顶面凹槽接触面周边间隙

吊装头大头形状我们仅考虑与吊装孔凹槽周边相接触这一部分的形状改进，其他部位保留原貌，保证与管片拼装机抓举头相吻合即可。

这部分我们把吊装头大头与混凝土管片凹槽周边间隙适当加大，使其在晃动过程中不会碰撞凹槽周边混凝土表面，因经多次测试，无论该处吊装头的形状和受力部位如何调整，只要铁头接触到管片吊装孔凹槽周边混凝土面都会不同程度的对混凝土表面造成损伤，所以我们把这里的间隙设定为5.3mm，使其无论如何晃动，吊装头铁件本体都不会与吊装孔凹槽周边混凝土相接触。防止损伤混凝土表面的问题的发生。例如广州地铁13号线二期工程隧道管片吊装孔凹槽底部周边内径Φ95.3mm，吊装头大头与凹槽根部接触部位直径设定为Φ90mm。

4. 提高吊装头预埋件丝牙有效旋入长度

实物测量得出管片预埋件丝套丝牙有效范围长度138mm，丝牙为11个，我们将可有效旋入长度的螺杆丝牙设计为10.5个丝牙，保证其有效受力面积不受损失，保证吊装头丝牙部分能全部精准旋入到位。

5. 保证丝距加工精度

每道螺纹丝距加工误差不宜大于±0.02mm，总螺纹（10.5个丝牙）累计误差值不应超过±0.1mm，管片吊装孔预埋丝套材质为塑料材质，具备一定弹性变形能力，微小的丝距误差值会经过预埋丝套的弹性变形能力得到补偿，但是如果累计误差值较大时，虽然预埋丝套也能通过变形补偿，但是会造成局部受力过大和整体受力不均匀。因此保证加工精度、防止误差累计是非常有必要的。

三. 吊装头改进设计图和说明

1. 吊装头加工时要特别注意，由于增加了定位轴头，吊

装头与管片塑料预埋件的结合更加贴合，尤其是在旋入到剩余深度2-3丝左右时结合间隙急剧减小，在旋入过程大气压力变大（旋入时正压，拆卸时负压），造成旋入和拆卸困难，因此吊装头轴心必须设置贯通排气孔，保证在吊装头旋入旋出时排气通畅消除大气压带来的不利作业条件。

2. 改进型吊装头由于最后2-3丝间隙减小和摩擦力加大的原因，需要辅助扳手进行紧固，为了保证扳手受力和构造更加合理，在吊装头最顶部圆面周边设置直径为9mm的半盲孔，以备特制扳手能够有效钩挂在半盲孔内。半盲孔数量不少于4个，孔径Φ9mm均布，以满足特制扳手多角度的使用。

3. 吊装头的抓举部位根据不同型号的盾构机拼装机抓举头进行外形修改和调整，本吊装头的抓举部位设计根据广州地铁13号线二期工程（E42-车陂站-E43区间）左线隧道中铁装备CREC470盾构机和右线隧道中铁装备CREC704盾构机的管片拼装机抓举头几何尺寸进行设计加工。

4. 改进型吊装头设计图（图4）

四. 成品验收

吊装头加工完成后使用前进行验收和检验，建议主要将其分为外观检验、实体验收、原材缺陷验收三部分，保证其满足安全质量使用要求。

1. 外观检验

外观质量检查应根据进场数量全数进行检查，应满足表面无目视可见气孔、气泡、裂纹、夹杂、翻皮、斑点等现象。表面光滑，色泽均匀，无明显的尺寸外观错误和车刀误车产生的车痕、划痕等现象。不得有明显锈蚀、锈迹等现象。表面不得有碰撞冲击坑洞以及其他不明原因的机械性损伤。

2. 实体验收

吊装头进场建议以6个为一个批次进行实体验收，抽检数量不少于2个，吊装头进场数量不足6个的，按照一个检验批次进行实体验收。实物测量采用游标卡尺（0-200mm I型），螺纹丝距累计误差值不大于0.1mm。其他各部位实测数据应满足《表1：吊装头改进各部位与管片预埋丝套间的尺寸间隙数

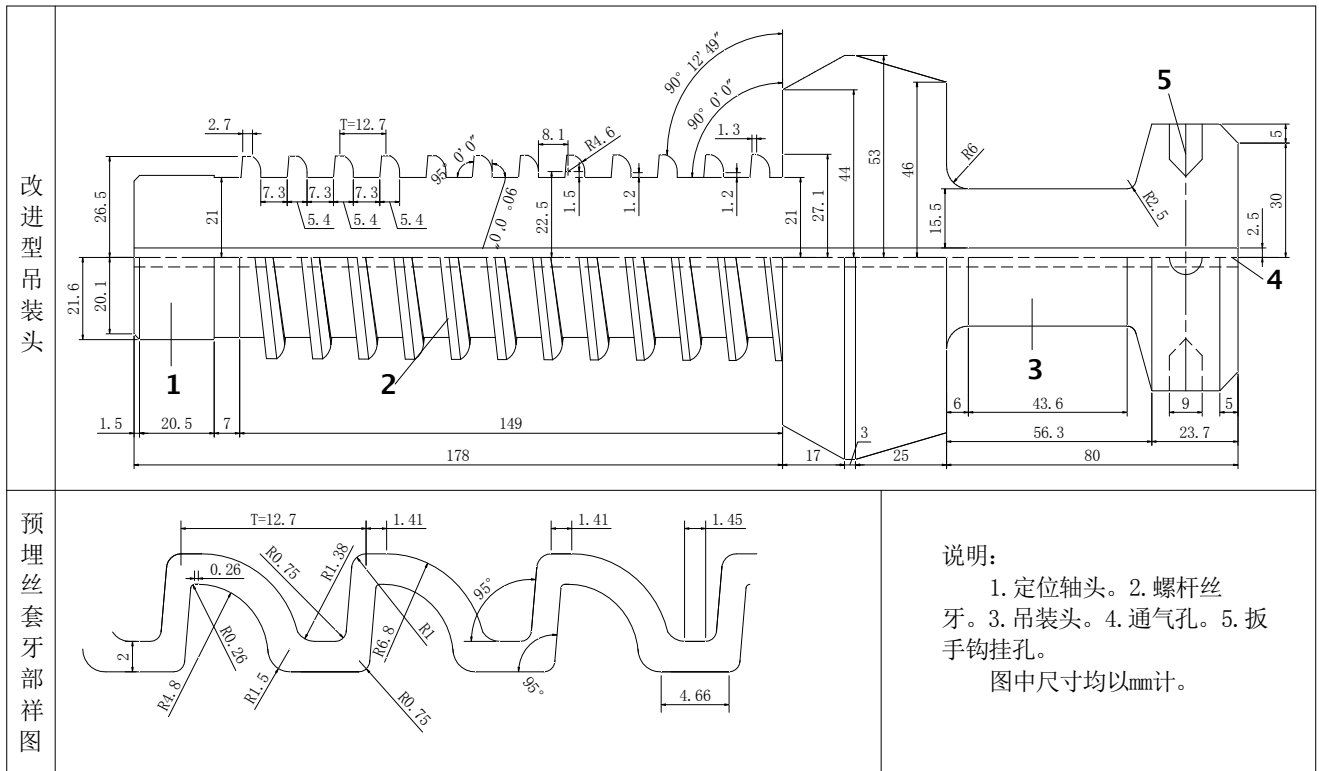


图 4

据表》要求，误差不大于0.1mm。

将成品吊装头与管片吊装孔进行实物旋入测试，应满足在不借助任何工具的情况下可顺利旋入，待旋入深度剩余2-3丝时辅助扳手可完全旋入拧紧，不出现无法旋入到底的情况视为该项检验合格。

3. 原材缺陷

为保证吊装头本身具备良好的抗冲击性能并具备一定刚度和韧性，材质建议选用超高强度钢42CrMo锻件，该原材应有超声波检验报告，判定标准应符合《钢的低倍组织及缺陷超声波检验法GB/T7736-2001》判伤界限“低倍合格”要求，详见《表3：判伤界限表》。成品吊装头交付使用前吊装头供货商应提供原材检验报告复印件加盖本单位印章后一并交付使用单位。

直径或边长/mm	分类		
	单个缺陷	密集缺陷	底波损失%
≤20	Φ1.0mm平底孔	Φ0.8mm平底孔	50
>20-80	Φ2.0mm平底孔	Φ1.7mm平底孔	50
>80	Φ2.7mm平底孔	Φ3.2mm平底孔	50

五. 更新报废

管片吊装头为易损件，建议每台盾构机配备吊装头不少于6个以上。及时更换损坏报废的吊装头，并进行数量补充。有下列情形之一的应当立即报废，不得使用，防止出现人身伤害事件的发生。

1. 每个吊装头累计拼装完成300环管片（1800块）时进行换新。
2. 吊装头出现裂纹现象和不明原因的机械性损伤。
3. 吊装头出现塑性变形，几何尺寸发生变化。

4. 吊装头螺纹出现锈蚀严重和表层掉皮现象。
5. 磨损严重，间隙增大，无法拧紧，将吊装头螺纹全部旋入管片吊装孔后仍出现晃动不紧现象。
6. 发生过吊装孔预埋丝套扫牙、丝套拔出等现象的吊装头应进行标记回收，查明原因，按照验收程序重新进行外观和实体验收，确认各项指标满足要求后方可继续使用，否则应进行报废处理。

六. 结语

经过对吊装头的形状和受力部位做出调整和改进，增加定位轴使得吊装头与管片吊装孔塑料丝套的受力更加合理，结合部位更加贴合。通过对间隙的调整使得螺栓旋入更加紧固，通过锥形丝牙的设计使得吊装头旋入前松后紧，顶部剩余2-3丝辅助扳手拧紧，紧固状态更加理想。通过提高丝距加工精度使得螺纹丝距周边与塑料预埋丝套件间的吊装受力更加均匀，抗拔效果良好。通过对加工原料材质的选择和调质处理，使得吊装头综合力学性能能够满足受力要求。通过加强验收和报废管理使得作业安全得到保证，这样一来使得我们在控制管片拼装成型质量上有了积极有效的改善，杜绝了普通吊装头造成的一系列质量问题，同时也保证了施工安全。

参考文献

[1] 广州地铁设计研究院有限公司. 管片构造图, 广东省建设工程施工图设计文件, 2018

[2] 范长年 崔宁林 张文明 钱智明 栾燕. 钢的低倍组织及缺陷超声波检验法, 中华人民共和国国家标准GB/T7736-2001, 2001

[3] 中铁工程装备集团有限公司. 0143-004-007-000管片抓举头总成, 中铁装备CREC470盾构机图纸, 2017