

地铁盾构隧道管片中预埋槽道的安装风险及解决措施

殷林杰 桑俊杰 桑钰博 陈书杰 焦改霞 吕军锋

(河南坤金金属材料科技有限公司, 461500, 许昌//第一作者, 工程师)

摘要 针对地铁盾构隧道管片中 T 型螺栓与预埋槽道安装不到位或使用中 T 型螺栓松动风险进行分析, 并提出使用止转垫片和较大规格的槽道等解决措施。经试验验证, 止转垫片生产工艺简单、成本低、安装方便, 既能彻底解决 T 型螺栓装不到位或使用中松动引起的脱落问题, 同时又能很好地改善预埋槽道的受力状况。

关键词 地铁盾构隧道管片; 预埋槽道; T 型螺栓; 止转垫片

中图分类号 U231+3; U455.43

DOI: 10.16037/j.1007-869x.2020.11.040

Installation Risk and Preventive Measures for Pre-buried Channels in Metro Shield Tunnel Segments

YIN Linjie, SANG Junjie, SANG Yubo, CHEN Shujie, JIAO Gaixia, LYU Junfeng

Abstract Problems of T-bolt and embedded-channel being not installed in place or T-bolt in use is loosened are analyzed, and measures such as using stop gasket or bigger channel are proposed. Experiments verify that the stop gasket has advantages of simple manufacture process, low cost, and easy installation, which can not only completely solve the problem of T-bolt not in place or loosening in use, but also can improve the stress condition of the embedded-channel at the same time.

Key words metro segment; tunnel embedded-channel; T-bolt; stop gasket

Author's address Henan Kunjin Metal Material Technology Co., Ltd., 461500, Xuchang, China

预埋槽道最早由德国人发明, 由槽道型材和若干根锚杆铆接或焊接而成。预埋槽道结构图如图 1 所示。

近几年来, 我国不少城市的地铁盾构隧道管片(以下简为“地铁管片”)开始采用预埋槽道产品。与传统的后锚固方式相比较, 预埋槽道具有施工环保、工人劳动强度低、使用寿命长及安装方便等突出优点。但是, 由于目前很多项目业主未深入了解

预埋槽道的工作机理, 而只是盲目地按照生产企业的宣传材料进行使用。如果后期的机电设备安装使用不当, 则很可能发生 T 型螺栓连同机电设备从预埋槽道中脱落, 造成重大安全事故。

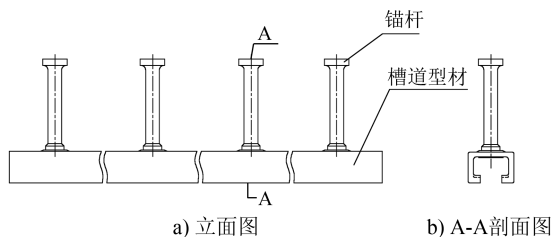


图 1 预埋槽道结构图

1 安装风险

经过研究发现, 地铁管片中的预埋槽道存在 2 个方面的安装风险。

1.1 预埋槽道内的 T 型螺栓松动脱落风险

1.1.1 T 型螺栓的正确安装方法

项目施工后期, 在预埋槽道上正确安装机电设备方法为: 首先, 将 T 型螺栓的头部插入到预埋槽道的开口中, 并将其旋转一定角度至转不动为止; 然后, 将机电设备的底板孔穿入 T 型螺栓的螺杆, 并将设备调节安装到位; 最后, 用防松垫圈及防松螺母将底板锁紧到预埋槽道中。

1.1.2 松动脱落风险

T 型螺栓在未被锁紧之前, 能自由移动、反向旋转, 并且可能会脱落。

T 型螺栓安装到位时, 其端头的刻线应与槽壁长度方向相垂直。检查二者是否垂直是安装到位的关键环节。但在隧道内, 仅依靠简单的目视来逐个检查这项环节, 显然既不太科学、也不太可靠。

此外, 初次安装时 T 型螺栓虽已安装到位并锁紧, 但机电设备的底板同槽道或管片表面不一定贴合得很好。在后期的使用中, 机电设备底板还会产生塑形变形。因此, 在列车高速通过时产生的震动及冲击等外力作用下, T 型螺栓仍然存在反向松动

的可能性。

一旦 T 型螺栓松动,很可能使机电设备从预埋槽道中脱落,造成重大安全事故。这也是行业内一些专家对预埋槽道产品持反对意见的关键原因。

1.2 预埋槽道的受力方式

预埋槽道的受力方式不正确,超出了其极限破坏荷载。

预埋槽道在管片中的理想位置如图 2a) 所示,槽道的开口平面与管片表面平齐。当锁紧 T 型螺栓时,设备底板对槽道口产生正压力 F ,其性质为内应力。 F 越大,槽道开口平面和底板之间压得越紧,其变形抗力就越大。当底板承受外部拉力荷载时,预埋槽道仅承受外部拉力荷载。这种情形是比较理想的受力状态。

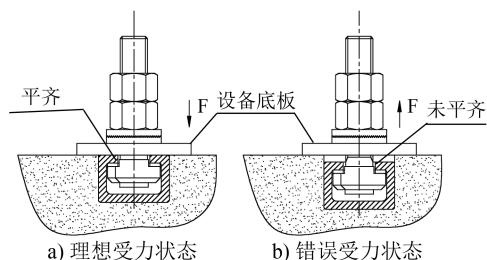


图 2 预埋槽道受力分析图

然而,为了防止预埋槽道在管片中被灌浆,预埋槽道出厂时必须在槽内充填泡沫棉,并要在开口端粘接厚度约为 2.0~2.5 mm 的密封胶带。这使得浇注完工后的预埋槽道表面实际低于管片表面约 2.0~2.5 mm (如图 2 b) 所示)。当锁紧 T 型螺栓时,设备底板对槽道口产生拉力 F ,其性质为外部作用力; F 值越大,槽道受到的外部荷载越大。这种错误的受力状态也是使用预埋槽道的安全隐患。

与 30/20 型预埋槽道配套的是 M12 T 型螺栓。按照相关技术文件要求,M12 T 型螺栓的拧紧扭矩应不低于 80 N·m。

根据工程力学计算,螺栓的拧紧力矩为:

$$M_t = KP_0 d$$

式中:

K ——拧紧力系数,本文取 $K=0.22$;

P_0 ——预紧力;既是 T 型螺栓的拉力 F ,也是槽道的反作用力;

d ——螺纹公称直径;M12 螺栓的 $d=12$ mm。

经测量, $M_t=80$ N·m,故计算可得 $P_0=30\ 303$ N ≈ 30 kN。

技术文件同时规定:30/20 型预埋槽道每个 T

型螺栓处沿管片径向的抗拉承载力应不小于 10 kN,极限破坏荷载不小于 30 kN。

试验表明,当 30/20 型预埋槽道开口方向承受超过 30 kN 的径向拉力荷载时,槽道开口会产生明显的塑性变形。

从计算结果看,在仅锁紧 T 型螺栓、且尚未施加 10 kN 的外部工作荷载时,预埋槽道就承受了 3 倍的工作荷载。一旦施加 10 kN 的工作荷载,甚至 3 倍的极限工作荷载,则实际荷载就会超过预埋槽道的极限破坏荷载,产生破坏。可见,预埋槽道存在槽口破坏失效的巨大风险!

此外,如果预埋槽道槽口的塑形变形量超过 T 型螺栓头部的最小尺寸,也会使机电设备从预埋槽道中脱落,造成重大安全事故。

严峻的现实情况是,目前我国所有城市地铁管片中使用的预埋槽道均存在上述隐患。这些产品使用时间尚短,问题暂时虽还没有暴露出来,但是隐患始终存在。一旦发生预埋槽道破坏或设备脱落,后果不可想象。

2 解决措施

2.1 止转垫片

要解决以上的问题须从两方面着手:一方面,必须保证 T 型螺栓安装到位,并且保证在使用过程中不能反转;另一方面,必须设法将设备底板直接或间接的压在预埋槽道开口平面上,二者之间不能有空隙,以改善预埋槽道的受力状况。

基于这两方面考虑,笔者所在团队研制了 1 种止转垫片(见图 3)。经过试验验证,这种止转垫片不仅能保证 T 型螺栓安装到位,还能保证 T 型螺栓在使用过程中不发生反转。

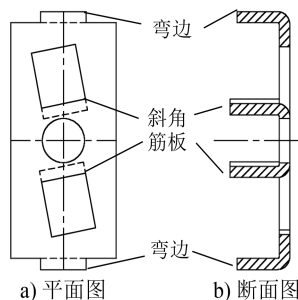


图 3 止转垫片结构图

止转垫片由钢板冲压而成,其外形结构如图 3 所示。垫片的宽度等于或略小于预埋槽道的宽度;其中间有一圆孔,用来穿入 T 型螺栓的螺杆;圆孔

斜角筋板由翻边模具将钢板两侧切口翻边而成。2个斜角筋板之间的宽度略大于T型螺栓头部的宽度,且筋板的斜角等于T型螺栓头部的斜角。故T型螺栓头部刚好卡在止转垫片的2个斜角筋板中,无法转动。垫片的两端有2个90°弯边,可以使垫片刚好卡在预埋槽道的槽口处不能转动。所以止转垫片能有效限制T型螺栓无法转动。

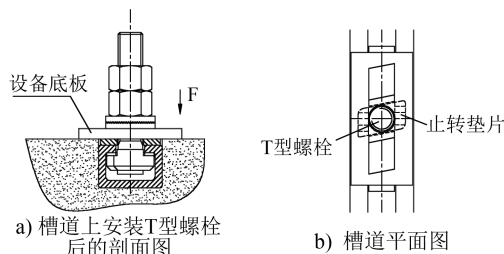


图 4 止转垫片安装示意图

由于 T 型螺栓的头部始终卡在止转垫片的 2 个斜角筋板中,即使日后设备的底板发生塑形变形,或其它原因引起了 T 型螺栓松动, T 型螺栓也无法发生反转,始终不能从预埋槽道中脱离。可见,该止转垫片配合 T 型螺栓一起使用,能确保预埋槽道产品的安全性。

不难看出,止转垫片不仅对 T 型螺栓起止转作用,解决了预埋槽道中 T 型螺栓安装不到位或后期的 T 型螺栓松动等问题,而且还消除了预埋槽道和管片之间的间隙,使机电底板间接压在了预埋槽道上,改善了预埋槽道的受力状况,使预埋槽道不再承受额外的附加拉力,而只承受工作荷载。

此外,该止转垫片制造工艺简单、成本低,安装使用方便。

经过深入的计算分析发现,目前我国地铁管片中的预埋槽道选型规格偏小,富裕量不足,安全系数偏小。

目前,我国地铁管片中的预埋槽道大多为 30/20 型。该型号预埋槽道与 T 型螺栓头部的有效接触面积太小,导致槽道接触面压强过大。故长期使用,槽道口存在塑性变形失效的风险。当槽道口塑性变形太大时,机电设备就会发生从预埋槽道中脱落。

图 5 为 30/20 型预埋槽道的断面尺寸和与之配套的 T 型螺栓尺寸。

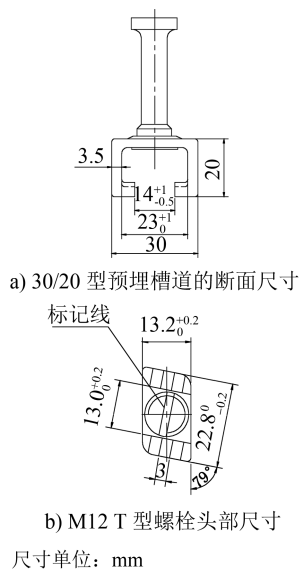


图 5 30/20 预埋槽道和 T 型螺栓尺寸图

预埋槽道是热轧型钢,其尺寸偏差较大。其槽口最小宽度为 13.50 mm,最大宽度为 15.00 mm;内腔最小宽度为 23.00 mm。考虑到表面处理的厚度,与之相配套的 T 型螺栓头部宽度最多取 13.20 mm,最小长度取 22.60 mm。故预埋槽道与 T 型螺栓长度方向的最小接触长度为 7.6 mm,单边的接触宽度仅为 3.8 mm(如图 6 所示)。考虑到二者的边缘部位均存在圆角,故单边的实际接触宽度不超过 3 mm。

尽管从理论计算和试验结果来看,预埋槽道能够满足单点 10 kN 的工作荷载和 30 kN 的极限破坏荷载。但是试验时间是相对短暂的。在长期的使用过程中,受列车运行振动的影响,预埋槽道与 T 型螺栓之间会产生摩擦磨损,甚至变形。一般情况下,由于 T 型螺栓的强度远高于预埋槽道,所以最后变形失效的一定是预埋槽道。

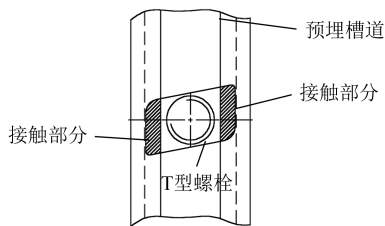


图 6 30/20 型预埋槽道和 T 型螺栓的接触部分示意图

显然,在地铁管片中选用的 30/20 型预埋槽道设计富裕量不足。因此,建议将地铁管片中的预埋槽道选用 38/23 型等较大规格的类型。

图 7 是 38/23 预埋槽道的断面图和与之配套的 T 型螺栓的尺寸图。

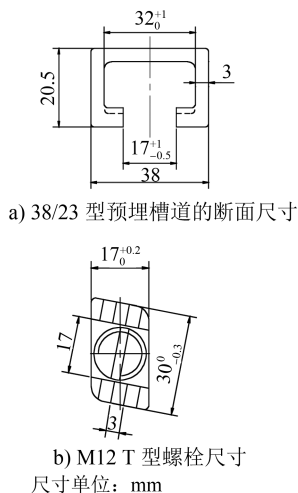


图 7 38/23 型预埋槽道和 T 型螺栓的尺寸图

不难算出,38/23 型预埋槽道与 T 型螺栓在长度方向的最小接触长度为 13.00 mm(是 30/20 槽道的 1.7 倍),在宽度方向的最小接触长度为 16.68 mm(是 30/20 槽道的 1.26 倍)。比较可知,38/23 预埋槽道比 30/20 预埋槽道的接触面积增加了 2.14 倍。可见,采用 38/23 型预埋槽道后,预埋槽道的受力状况得以大幅改善,其使用也会更安全可靠。

目前,天津等城市的地铁管片已开始采用了 38/23 规格的预埋槽道。

3 结语

如果 T 型螺栓与预埋槽道安装不到位或使用中 T 型螺栓松动,很容易引起 T 型螺栓连同机电设备从预埋槽道中脱落,造成重大安全事故。

本文介绍的止转垫片生产工艺简单、成本低、安装方便,既能彻底解决 T 型螺栓装不到位或使用中松动引起的脱落问题,同时又能很好地改善预埋槽道的受力状况。

此外,地铁管片中的预埋槽道选用 38/23 型等较大规格也能有效提高预埋槽道的使用安全性。

参考文献

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 混凝土结构设计规范:GB 50010—2010 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [2] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 城市轨道交通技术规范:GB 50490—2009 [S]. 北京:中国建筑工业出版社,2009.
- [3] 裴利华. 盾构隧道管片结构设计研究 [J]. 铁道设计标准, 2009(12): 86.
- [4] 杜峰. 深圳地铁 9 号线盾构法隧道管片预埋滑槽设计研究及探讨 [J]. 隧道建设, 2014(3): 249.
- [5] 马晓波. 盾构管片预埋滑槽技术在兰州地铁中应用 [J]. 铁道设计标准, 2016(3): 101.
- [6] 徐淑美. 预埋式槽型锚轨抗拔性能的试验研究 [J]. 结构工程师, 2010(5): 111.
- [7] 李智明. 电气化铁路接触隧道网内预埋槽道论和试验研究 [D]. 武汉:华中科技大学, 2013.
- [8] 尹旅超. 日本隧道盾构新技术 [M]. 武汉:华中理工大学出版社, 1999.
- [9] 刘奇. 地铁盾构管片预埋槽道质量及性能研究 [J]. 中国铁路, 2016(6): 102.
- [10] 郭小农,高舒羽,裴进玉,等. 预制混凝土梁端预埋槽钢节点静力性能试验 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 2017(9): 1258.
- [11] 张标. 地铁盾构管片预埋槽道技术与传统工艺分析 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016(18): 143.
- [12] 张伯阳,严少发,任浩. 高速铁路隧道接触网预埋槽道施工控制技术 [J]. 铁道工程学报, 2012(9): 75.
- [13] 王春云,张茂松,杨金龙. 客运专线隧道接触网基础槽道预埋施工工艺 [J]. 城市建设理论研究(电子版), 2012(28).
- [14] 刘长利,田志军,宫衍圣. 隧道内接触网槽道式基础的预埋设计 [J]. 电气化铁道, 2006(增刊 1): 33.
- [15] 李大为. 高速铁路隧道内槽道预留错误解决方案探究 [J]. 电气化铁道, 2015(3): 18.

(收稿日期:2019-01-12)