

自由设站控制网和轨道精密测量系统在城市轨道交通施工中的应用

李凯

杭州杭港地铁五号线有限公司

DOI:10.32629/gmsm.v2i4.277

[摘要] 为提高城市轨道交通(以下简称地铁)轨道的铺设精度,规避轨道在建设期间出现的人为误差,确保轨道的绝对精度及所有几何尺寸满足规范要求,同时方便运营期轨道几何尺寸的数据采集,信息化指导精调,降低钢轨的磨损系数及扣件更换率从而使列车平稳运行,减少建设与运营成本投入,保障运营安全。通过对比自由设站控制网和轨道精密测量系统技术与常规基标结合人工精调轨道技术的优越性,验证了:采用自由设站控制网和轨道精密测量系统技术可以更好的控制轨道的绝对精度与相对精度,可操作性强、测量方法有效可行,为地铁轨道施工测量技术和测量设备的创新提供建议,为轨道精铺设计和施工提供决策依据。

[关键词] 城市轨道交通; 轨道铺设; 铺轨基标; 自由设站控制网和轨道精密测量系统

引言

随着我国城市的发展,城市人口密度逐年递增,交通压力剧增,伴随着汽车尾气的排放,给城市空气质量带来了极大的挑战,为了能有效缓解交通压力,减少汽车尾气污染,促使我国地铁建设步入了高速发展阶段,为了能使地铁轨道工程在施工期间得到高精度控制,我们将高速铁路轨道施工测量技术结合地铁轨道施工的实际情况,合理的应用到地铁轨道工程施工中,经过几年的应用,已建立了一套完善的控制网布设和施工测量体系,自由设站控制网是地铁建设过程中所布设的第三级测量控制网,一般在土建工程施工完成后施测,主要为无砟轨道铺设和运营维护提供控制基准。采用自由设站、边角交会网的测量方法^[1-2],改变了传统控制网测量单一性。自由设站控制网测量采用高精度全自动型全站仪,通过相邻测站重叠观测多个控制点,获得测站和控制点间的强相关性,对每个控制点进行多目标多测回测量,以减小观测偶然误差,从而实现控制点间较高的相对精度^[3]。轨道精密测量系统,对轨道设计线型及其他相关参数进行自动计算后并通过轨检小车载体中的轨距、超高及若干个传感系统及配套软件,配合自由设站控制网进行实测数据与设计数据对比分析,从而指导轨道定位。自由设站控制网和轨道精密测量系统测量技术已经在我国地铁轨道施工得到了验证,近几年在地铁工程广泛推广。那么在地铁轨道施工测量中是否使用及应用此技术是否优越,为此,本文通过对采用自由设站控制网和轨道精密测量系统精调轨道的先进技术与常规基标测设人工精调轨道的传统技术阐述相应的优劣势。

1 测设工艺对比

1.1 控制网测设方法

类型	自由设站控制网	优势	控制基标	优势
平面	采用自由测站边角交会法测量	点之间相对精度较高/成网状	极坐标放样	实施方便
高程	三角高程	点之间相对精度较高/成网状	二等水准测设	

大量的研究和成功经验证明,只要满足一定的前提条件,三角高程测量可以达到一、二等高程测量的精度。本次平面网测量时,通过全站仪读取视线高,同步测量所有 CPIII点高程,免去了量取仪器高和棱镜高过程,减少工作流程,提高测量效率和测量精度。

1.2 点位布设

自由设站控制网:由于地铁曲线半径较小,隧道内施工条件恶劣,为了保证观测精度,将自由设站控制点纵向间距缩小,直线段为 60m,曲线段为 30m~50m,盾构隧道/矩形隧道宜布设在设计轨道标高 0.7m~1.2m 左右,车站一侧布设于站台侧墙、另一侧布设于电缆支架与广告灯箱之间,高架段宜布设于桥梁两侧防撞挡墙上,为了减少人防隔断门对测量通视影响,需在人防隔断门侧墙布设一对控制点。

控制点成网状分布,点与点之间数据关联性强,设站方便,即使因施工原因,对其中某一个控制点造成破会,也不会影响设站精度,从而更不会影响到轨道施工精调。

控制基标:以车站的施工控制导线点为依据,利用区间施工控制点组成附合导线,并分别进行左、右线附合导线测量及控制基标角度“归化改正”,控制基标点直线段布设间距为 120m,曲线段除曲线元素外应不大于 60m;盾构直线段布设于疏散平台对侧,距设计线路中心 1.2m~1.508m 之间,车站应布设于站台另侧距设计线路中心 1.2m 处。

基标成线状布设于线路一侧,对仪器架设及操作有很大影响,采用点对点后视设站,误差较大,如因施工造成其中一个点破会,就会造成施工停工,从而影响到施工。

1.3 轨道精调方法

自由设站控制网结合轨道精密测量系统:采用高精度全自动全站仪后方交会自由设站后,轨道精密测量系统配合作业。根据设计线型结合施工工艺,直线地段应按 3m 间距、曲线地段应按 2m 间距,对架设轨排支架处轨道进行实测(曲线半径较小处,需缩短间距测量),根据轨道精密测量系统显示

的调整量, 指导精调人员进行轨道几何尺寸精调定位。优势在于设站灵活, 能确保轨道任何部位的几何尺寸都满足设计要求, 可以更好的控制轨道的绝对精度与相对精度, 轨道整体平顺性好。能够用数据反映当前轨道的几何状态信息, 较直观、可操作性强、作业速度快, 降低劳动强度。

基加密标测设结合人工精调: 采用高精度全站仪点对点后视设站后, 根据道床类型及施工工艺按线状布设于线路设计中心一侧, 直线地段按 6m 间距布设加密基标, 曲线地段按 5m 布设加密基标, 由技术员根据轨道设计高程与基标实测高程并结合基标布设位置与超高情况计算出起拨道量交由精调人员, 使用道尺与丁字尺进行轨道精调作业, 作业不灵活, 有可能由于技术员及精调人员职业素质不高, 容易出现质量事故, 只能满足加密基标点附近的轨道几何尺寸的绝对精度, 对整个轨道的平顺性, 运营的舒适性难以确保。

1.4 轨道平顺性检测原理

轨道精密测量系统: 按弦测法, 可对任意一处轨道的高低、轨向平顺性进行检测。如图 2.4-1, 要测量图中轨道的平顺性, 以等弦长 s 对整段轨道进行分段测量, 而后按照弦测法的以小推大法得到比 s 大的弦长 L 的不平顺, 可对任意处轨道平顺性进行数据化分析, 如图 2.4-2 所示。

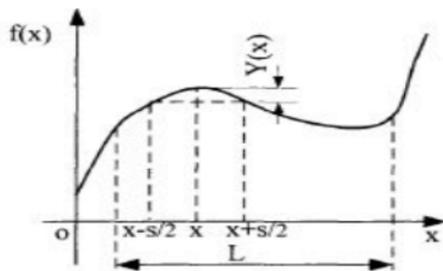


图 2.4-1 弦测法原理

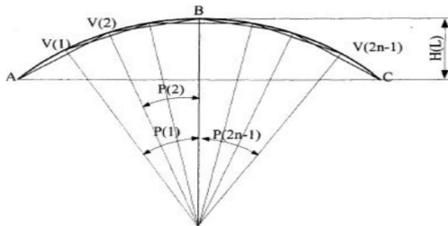


图 2.4-2 弦测法以小推大原理

人工精调: 绳矢法, 可对检测处的轨道高低、轨向平顺性检测。直线地段按等距选取两个固定点悬挂测绳进行人工检测, 曲线地段需提前根据曲线半径、曲线长计算出待检测位置的正矢值, 并按设计测绳悬挂位置进行人工检测。

2 评价指标

2.1 点位相对精度

《城市轨道交通工程测量规范》(GB50308—2017) 规定, 按连续 3 个控制基标推算的折角计算横向相对偏差应控制在 2mm 以内。因此, 按照误差传播律, 容易推得(按控制基标间距 120m 计算) 建立的高精度平面控制网纵向相邻点(间

距 60m) 相对点中误差应在 $\pm 1.4\text{mm}$ 以内。此分析也说明, 按自由设站控制网相对点中误差 $\pm 1\text{mm}$ 来建立地铁铺轨控制网, 精度要求较高。

2.2 轨道平顺性

对既有轨道施工工艺铺设的轨道用自由设站控制网和轨道精密测量系统进行检测后, 其综合评价表如表 1 所示。

表 1 既有轨道施工工艺铺设轨道检测综合评价表

工程名称: 某号线		轨道类型: 支承块式承轨台整体道床				
起讫里程: SDK21+550-SDK21+630		检测时间: 2018-03-12				
序号	检测项目	实测数量	合格		不合格	
			数量	百分比%	数量	百分比%
1	绝对精度	137	91	66.42%	46	33.58%
2	平面位置 ($\pm 2\text{mm}$)	137	69	30.36%	68	49.64%
3	轨距 ($-1\text{mm} \rightarrow +2\text{mm}$) 变化率不应大于 1‰	137	107	78.10%	1-2mm: 25 >2mm: 5	18.25% 3.65%
4	水平 ($\pm 2\text{mm}$)	137	72	52.55%	65	47.45%
5	相对精度	109	104	95.41%	5	4.59%
6	左轨轨向 10m (2mm)	129	109	84.50%	20	15.50%
7	左轨高低 10m (2mm)	129	101	78.29%	28	21.71%
8	右轨轨向 10m (2mm)	129	95	73.64%	34	26.36%
9	右轨高低 10m (2mm)	129	101	78.29%	28	21.71%

对用自由设站控制网和轨道精密测量系统铺设的轨道进行检测, 其综合评价表如表 2 所示。

表 2 自由设站控制网和轨道精密测量系统轨道检测综合评价表

工程名称: 某地铁		轨道类型: 支承块式承轨台整体道床				
起讫里程: XDK21+000-XDK21+710		检测时间: 2018-03-13				
序号	检测项目	实测数量	合格		不合格	
			数量	百分比%	数量	百分比%
1	绝对精度	119	119	100.00%	0	0.00%
2	平面位置 ($\pm 2\text{mm}$)	119	119	100.00%	0	0.00%
3	轨距 ($-1\text{mm} \rightarrow +2\text{mm}$) 变化率不应大于 1‰	119	110	92.44%	1-2mm: 9 >2mm: 0	7.56% 0.00%
4	水平 ($\pm 2\text{mm}$)	119	108	90.76%	11	9.24%
5	三角坑(18m 基长, $\pm 1\text{mm}$)	91	91	100.00%	0	0.00%
6	相对精度	111	109	98.20%	2	1.8%
7	左轨轨向 10m 弦 (2mm)	111	109	98.20%	2	1.8%
8	左轨高低 10m 弦 (2mm)	111	111	100%	0	0.00%
9	右轨轨向 10m 弦 (2mm)	111	111	100%	0	0.00%
	右轨高低 10m 弦 (2mm)	111	111	100%	0	0.00%

以上检测数据和报表是按照《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299-1999 中轨道施工验收标准设置统计, 从表中统计数据可以看到, 采用自由设站控制网和轨道精密测量系统技术铺设完成的轨道, 其各项平顺性指标均优于传统施工方法铺设完成的轨道。既有轨道铺设工艺的轨道绝对精度较差, 相对平顺性指标也有较多超过允许偏差, 轨面高程有近一半超限。

2.3 采用自由设站控制网和轨道精密测量系统作业的轨道信息表

表 1 自由设站控制网设站信息表

测站号	点号	坐标			设站精度		
		X	Y	H (m)	X (m)	Y (m)	H (m)
第一站	G24T05	4875.3563	14790.6984	407.4520	0.0001	0.0003	0.0001
	G24T06	4870.6751	14791.2776	407.4580			
	G24T07	4879.7575	14820.2102	408.1871			
	G24T08	4875.1570	14821.0066	408.1841			
	G24T09	4886.9660	14850.0256	408.8848			
	G24T10	4882.4727	14851.4178	408.8797			
	G24T11	4896.1318	14877.5446	409.2695			
	G24T12	4891.7132	14879.1897	409.2696			

表 2 自由设站控制网和轨道精密测量系统作业的轨道信息表