

摘要 介绍京津城际轨道交通工程北京段对软土、松软土等地基所采取的设计、施工措施,其施工技术主要包括 CFG 桩的成孔、灌注;路堤填筑、碾压、检测以及 CFG 桩施工、路堤填筑的质量控制等。

关键词 客运专线 板式无碴轨道 路基工程 施工技术

## 1 引言

京津城际轨道交通工程是我国建设的第一条 350km/h 双线高速铁路客运专线,并首次引进德国博格板式无碴轨道系统技术。工程起于北京南站,止于天津站西端,全长 116 km。中铁二局施工亦庄站 DK19+445~DK21+455,永乐站 DK43+018~DK45+755,两段长 4.75 km。填筑 A、B 类填料 80 余万 m<sup>3</sup>、级配碎石约 8 万 m<sup>3</sup>。亦庄、永乐站位于北京市通州区,地形平坦开阔,地基为软土、松软土及地震可液化层等不良地质和特殊地质,地基必须加固处理。

## 2 设计概况

### 2.1 工程特点

350 km/h 客运专线要求线路轨道结构具有持久稳定的高平顺性,因此必须满足路基工后沉降小、不均匀沉降小,在动力作用下变形小、稳定性高的要求[1], [2]。其特点是:①变形已成为设计的控制因素;②各结构物间刚度应平稳过渡;③有好的耐候性,实现无维修或少维修。

### 2.2 设计措施

(1)地基加固采用 CFG 桩,桩顶以上铺设 15 cm 厚碎石垫层及 50 cm 厚钢筋混凝土板,形成桩板复合地基,桩基均匀承载,桩长 25m 左右,桩径 40 cm,平面上纵向间距 1.5 m,横向间距从中心向两侧为 1.2~2.2 m。

(2)路基工程除亦庄车站路堤采用自然放坡断面形式外,其它路基地段均设置扶壁式挡墙。

(3)路基与结构物结合处设置过渡段,长 20 m,但博格无碴系统要求与桥台连接地段设 50~100 m 长的端刺,其过渡段相应增长。

(4)基床顶面铺设沥青封闭层,防止雨水渗入。

## 3 施工技术[1]~[3]

### 3.1 CFG 桩施工

现以永乐站为例,CFG 桩孔采用螺旋钻机施工的流程见图 1。



图 1 桩孔施工流程图

(1)人工清理地表并放样后,将 KLB630 型液压步履长螺旋钻机就位,每台班作业配备 7 人,2~3 台混凝土罐车,一台混凝土输送泵,一台 250 kW 发电机。

(2)开钻前,拌和站配料、拌合,泵送前混凝土泵车料斗、拌和机搅拌桶应备好熟料。

(3)用钻机塔身垂直标杆检查导杆,垂直度偏差 $\leq 1\%$ ,桩位偏差 $\leq 5$  cm。

(4)开机后,关闭钻头阀门,移动钻头触及地面,启动马达,匀速钻进。施工中先慢后快,如钻进困难应缓慢进行。

(5)灌料前,检查管路是否顺畅。当钻杆芯管充满混凝土后才能拔管,严禁先提管后泵料。拔管采取静拔,速度 2~3m/min,要求混凝土泵送量≥设计量,桩顶标高高出设计 50 cm,桩体有效直径≥设计值。

(6)桩达到设计强度后,开挖桩间土至设计桩顶标高,采用截桩机截除桩头、打磨。

### 3.2 路堤施工

完成 CFG 桩、碎石垫层、钢筋混凝土板及挡墙后,即开始填筑路堤。以亦庄站为例,路堤施工流程见图 2。

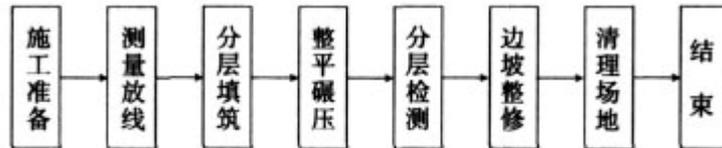


图 2 路堤施工流程图

(1)严格按“三阶段、四区段、八流程”的流水作业施工。

(2)填料选择。采用砂砾石 A、B 类填料,用于路基本体的最大粒径不得大于 15 cm,用于基床底层的最大粒径不得大于 10 cm[3]。

(3)填料含水量控制在 3.5%~4.0%,采用自重 20 t 以上、自重+激震力≥400 kN 的振动压路机。路基本体虚铺厚度为 35 cm,碾压 5 遍,压实后为 30cm;基床底层虚铺厚度为 35 cm,碾压 6 遍,压实后为 30 cm,基床表层虚铺厚度为 25 cm,碾压 7 遍,压实后为 20 cm;过渡段级配碎石虚铺厚度为 36 cm,碾压 7 遍,压实后为 30 cm。

(4)铺填。每段从最低地方开始,分层平行进行,先填边,后填心。填筑前用石灰画方格,每格卸一车,路基两边用标杆挂线,严格控制每层填土厚度,每侧加宽 0.5 m。每一水平层的全宽应用同种填料填筑,每种填料层累计总厚≥50 cm。

(5)整平。推土机初平,检查填料含水率,平地机精平。每层填料应摊铺均匀,大粒径填料密集处应人工分捡均匀,避免不均匀沉降。

(6)碾压。沿线路纵向行车,先慢后快,振动频率先弱后强,直线段由两侧向中间,曲线段由内侧向外侧纵向进退错行碾压,行与行轮迹重叠宽度≥0.4 m,纵向搭接长度≥2.0 m,上下两层接头处错开≥3.0 m,无漏压,无死角,碾压均匀。层面横向形成 4%的人字坡,以利排水。

(7)验标要求路基本体每填厚 30 cm 应检测 K30、n 两项指标,每 90 cm 应检测 EV2,基床底基层和过渡段每填厚 20 cm 应检测 K30、n 两项,每 60 cm 应增加检测 EV2、Evd,均按 50 m 一个断面检测;表层分两层,四项指标均检测[3]。

(8)堆载预压。基床底层完毕后,于其顶面铺设一层 CB150 土工布,宽度大于堆载范围每侧 1.5m,其上分层摊铺预压土,碾压后平均容重≥18kN/m<sup>3</sup>,预压时间≥8 个月。根据填土—时间—沉降曲线计算的工后沉降≤3 cm 时卸除预压土[1]。

## 4 质量控制与检测

### 4.1 原材料控制

当地 A、B 填料有 20%粒径大于 10 cm。为此,在存料场制作了 5 个 14 cm×14 cm 筛孔的筛子,安装成 60°倾角,装载机铲运进行筛分,对大块漂石再用破碎机破碎,装车前将填料拌合均匀。

### 4.2 CFG 桩控制

(1)灌注时应匀速提拔,严禁超速提拔或出现停机待料现象,杜绝断桩或超灌。

(2)桩间土采用小型机械开挖,配合人工清理,并采用切割机截桩,以保护桩头。

(3)尽量避免扰动桩间土,完工后低应变检查应达 II 类桩以上及单桩承载力≥600 kN。

(4)冬施期间,桩间土采用保温材料覆盖,防止桩间土冻胀拉断桩体。



#### 4.3 路堤填筑控制

(1)严格按工艺参数施工,控制松铺厚度、碾压遍数等指标。A、B 填料含水量必须在最佳含水量的 $\pm 2\%$ 以内。

(2)施工应合理分段,做到检测、填筑分段,提高机械设备利用率,并协调第三方,同时检测,以加快速度。

(3)做好沉降观测,是确定能否铺轨的重要依据。设计要求观测地基沉降、侧向位移,沉降观测断面示意图 3。路堤填筑每层均应进行一次观测,如沉降量突变,每天应观测 2~3 次;当两次填筑间隔较长,每天至少观测一次。当水平位移量大于 5mm/d,路基中心沉降量大于 10 mm/d 时,应停止施工,待沉降位移值回落到允许值以后,再进行填筑。当填筑至极限高度时,要加密观测次数至 2~3 次/d,并密切注视路堤沉降情况,路堤两侧地面有否隆起现象,及时调整填筑速率。堆载预压期间,前 2~3 个月内每三天观测一次,三个月后 7 天观测一次,半年后 15 天观测一次,一直观测到全线通车。

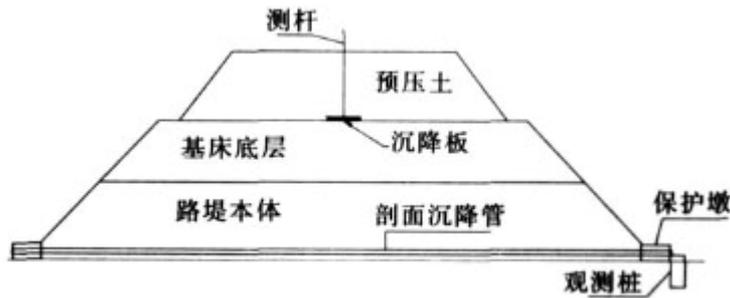


图 3 沉降观测断面图

#### 5 施工体会

(1)高速铁路客运专线要达到控制不均匀沉降的目的,单靠对路基、桥隧等工程分别预留沉降来实现是不可能的,只有在各种工程共同追求不产生工后沉降的基础上才能实现,也就是施工中应建立实施“零缺陷”理念,才能达到“零沉降”工程。

(2)京津城际轨道交通工程已于 2007 年 12 月 16 日完成全线铺轨。根据沉降观测数据显示,至今未见任何异常情况,证明该工程采用的施工技术是成功的,能满足 350 km/h 的客运专线运营要求。

#### 参考文献:

- [1]铁道部.客运专线铁路无碴轨道铺设条件评估技术指南.北京.中国铁道出版社, 2006. 8.
- [2]铁道科学研究院.客运专线无碴轨道铁路设计指南.北京.中国铁道出版社, 2005. 12.
- [3]铁道部.客运专线铁路路基工程施工质量验收暂行标准.北京.中国铁道出版社, 2005. 9.

