

文章编号: 1674—8247(2012)06—0018—05

基于高精度测量网的既有线平纵断面设计研究

贾陈君

(中铁二院工程集团有限责任公司土木建筑设计研究院三院, 成都 610031)

摘 要:通过胶济客运专线既有工程测量网和精密工程控制测量网的对比研究,提出基于高精度测量网兼容低精度网的设计、施工分析处理方法,并在胶济客运专线施工图阶段平纵断面设计以及如何与现场施工相结合进行技术处理等方面进行了实际应用,减少设计返工与避免施工中的废弃工程。通过 3 年多的运营证明,胶济客运专线高精度测量网兼容低精度网的测设方法和成果、线路平纵断面设计处理方法,满足了建设、运营、维护的要求。

关键词:精控网; 平纵断面; 设计; 客运专线

中图分类号:U212.24 文献标识码:A

Research on Plan and Profile Design of Existing Line Based on Precise Engineering Survey Network

JIA Chen-jun

(Third Civil Construction Design & Research Znsitute, China Railway Eryuan Engineering Group Co. , Ltd, Chengdu 610031, China)

Abstract: This paper compares existing engineering survey network and precise engineering survey network of Qingdao – Jinan passenger dedicated line, and puts forward a solution for design and construction that is compatible with both high precision and low precision engineering survey network, and it is practically used in plan and profile design of construction drawing and technical treatment combing with field construction of Qingdao – Jinan passenger dedicated line, which decreases unnecessary redesign and waste works in construction. More than three years of operation has proved that test methods and results of high precision and low precision engineering survey network and design of plan and profile meet the requirements of construction, operation and maintenance.

Key words: precise engineering survey network; plan and profile; design; passenger dedicated line

1 前言

为了满足旅客列车在高速行驶条件下的安全性和舒适性,要求客运专线铁路线路必须具有非常高的平顺性和精确的几何线性参数,精度要保持在毫米级的范围以内。相对于传统的铁路工程测量,客运专线铁路的测量方法、测量精度完全不同。传统的铁路测量方法、测量精度已不能满足客运专线铁路工程建设的要求。客运专线有砟轨道静态铺设精度标准如表 1 所示。

表 1 客运专线有砟轨道静态铺设精度标准表

测量项目		高低	轨向	水平	轨距	扭曲 (6.25m)
幅值 (mm)	$350 \geq V \geq 200$ (km/h)	2	2	2	± 1	2
	$V = 200$ (km/h)	3	3	3	± 2	3
弦长 (m)		10		—		

胶济客运专线工程是以新建成的时速 200 km 的胶济电气化铁路为基础,以成段或局部新建客线或新建货线的方式,实现客货分线运输,形成济(南)青(岛)间全程时速 200 ~ 250 km 的客运通道和时速 120 km 的货运通道的四线铁路格局。工程于 2007 年 1 月 8 日正式开工,随后在业主的组织下,设计单位、

收稿日期:2012- 04-20
作者简介:贾陈君(1980-),男,工程师。

施工单位先后完成了全线的控制桩交接桩工作,且各单位对控制桩均进行了施工复测,并完成控制桩的复测报告。经建设指挥部批准后进行了全线施工放线,先后完成部分段落的路基、涵洞等工程施工。根据铁道部2007年1月22日关于发布《时速200~250 km有砟轨道铁路工程测量指南》(以下简称《指南》)的通知要求,胶济客运专线作为既有线提速200~250 km等级铁路工程须参照执行。

由于胶济客运专线既有测量控制网均是在原胶济电气化工程勘测控制网基础上建立起来的,对照《指南》要求,既有勘测控制网在控制点密度、测量精度和投影模型等方面的差别较大。按照既有施工测量控制网竣工的线下工程线路中线与由高精度建立的有砟轨道工程精密测量控制网测定的理论中线(设计中线)会有较大的差异,且不能满足客运专线有砟轨道静态铺设标准的要求。因此,为满足时速200 km/h以上胶济客运专线有砟铁路轨道平顺度的高精度标准,必须尽快建立一套时速200~250 km客运专线有砟轨道的精密工程控制测量网,便于调整设计文件,满足建设、运营、维护的要求。

2 胶济客运专线既有工程测量方法及控制网现状评价

2.1 既有工程测量方法

过去我国铁路建设的速度目标值较低,对轨道平顺性的要求不高,在勘测、施工中并没有要求建立一套适应于勘测、施工、运营维护的完整的控制测量系统。各级控制网测量的精度指标主要是根据满足线下工程的施工控制要求而制定,没有考虑轨道施工和运营对测量控制网的精度要求,其测量作业模式和流程为:初测→定测→线下工程施工测量→铺轨测量。

2.1.1 初测

平面控制测量——初测导线:坐标系统:1954北京坐标系;测角中误差 $12.5''(25''\sqrt{n})$,导线全长相对闭合差:光电测距 $1/6\ 000$,钢尺丈量 $1/2\ 000$ 。

高程控制测量——初测水准:高程系统:1956年黄海高程/1985国家高程基准,测量精度:五等水准($30\sqrt{L}$)。

2.1.2 定测

以初测导线和初测水准点为基准,按初测导线的精度要求放出交点、直线控制桩、曲线控制桩(五大桩)。

2.1.3 线下工程施工测量

以定测放出交点、直线控制桩、曲线控制桩(五大桩),作为线下工程施工测量的基准。

2.1.4 铺轨测量

直线用经纬仪穿线法测量;曲线用弦线矢距法或偏角法进行铺轨控制。

2.2 既有工程测量方法的缺点

胶济客运专线既有工程控制网测量方法是传统的铁路测量方法,适合普速铁路工程测量。但在广泛采用GPS、全站仪、电子水准仪等新技术测量的今天,这一传统的铁路工程测量方法已不能适应我国铁路建设,特别是客运专线建设的要求。它存在着以下的不足:

(1)平面坐标系投影差大。采用1954年北京坐标系 3° 带投影,投影带边缘边长投影变形值最大可达 340 mm/km ,不利于采用GPS RTK、全站仪等新技术坐标定位法进行勘测和施工放线;

(2)没有采用逐级控制的方法建立完整的平面高程控制网。线路施工控制仅靠定测放出的交点、直线控制桩、曲线控制桩(五大桩)进行控制,线路测量可重复性较差,当出现中线控制桩连续丢失后,就很难恢复;

(3)导线方位角测量精度要求较低($25''\sqrt{n}$)使得测量精度较低,施工单位复测期间经常出现曲线偏角超限问题。因原有控制网精度较低,施工单位只有采用改变曲线要素的方法来进行施工。在普速条件下,这种施工不会影响行车安全和舒适度,但在高速行车条件下,就有可能影响行车安全和舒适度;

(4)轨道的铺设不是以控制网为基准按照设计的坐标定位,而是按照线下工程的施工现状采用相对定位进行铺设。这种铺轨方法由于测量误差的积累,往往造成轨道的几何参数与设计参数相差甚远。

2.3 胶济客运专线既有勘测控制网存在的问题

对照《指南》规定,现有勘测控制网主要存在以下6个问题:

(1)平面坐标系统为1954年北京坐标系 3° 带投影,边长最大投影差为 166 mm/km 。

(2)现有勘测控制GPS网按D级网精度测量。

(3)导线测量不能满足线路控制网(CP II)测量按D级GPS网或四等导线施测,相邻点位坐标中误差 $\leq 10\text{ mm}$ 的要求。

(4) 高程系统为 1956 年黄海高程,不满足采用 1985 国家高程基准的要求。

(5) 高程控制网按四等水准施测,不满足三等水准测量的要求。

(6) 由于勘测控制网于 2003 ~ 2005 年施测,控制桩破坏严重,不能满足胶济客运专线的施工要求。

2.4 对现有工程控制网的总体评价

胶济客运专线既有工程控制测量网存在控制网精度低、布网密度未兼顾时速 200 ~ 250 km 客运专线有砟轨道铺轨要求等问题。为确保胶济客运专线的设计、施工和运营维护各个阶段的测量要求,迫切需要对现有施工控制测量网进行改造,提高精度和可靠性。改造后的工程控制测量网应保证网的点位密度和精度满足胶济客运专线“三网合一”的要求。

2.5 对既有工程测量控制网的改造方案

(1) 按照《指南》要求,体现“三网合一”的测量要求,建立 CP I、CP II 控制网及三等水准高程控制网。

(2) 利用新建的 CP I 和 CP II 控制网对施工线路切线边进行检测,并根据检测结果对线路进行平纵面调整。在新建立 CP I 和 CP II 控制网基础上完成线下工程施工。

3 胶济客运专线精密工程控制测量网设置与评价

3.1 精密工程控制测量网的特点

(1) 应建立客运专线铁路工程测量的平面、高程控制网,作为施工及运营维护的基准,确保轨道几何参数与设计位置之间的偏差保持在最小。

(2) 客运专线铁路工程平面控制测量应按分三级布网的布设原则施测,使各级控制网满足施工运营维护的要求。

(3) 提出客运专线铁路工程测量平面坐标系统应采用边长投影变形值并控制在一定范围内 (25 mm/km),以满足采用坐标定位的精度要求。

(4) 客运专线铁路轨道必须采用绝对定位与相对定位测量相结合的铺轨测量定位模式。

3.2 精密工程控制测量网设置工作内容

按照《指南》的要求,按分级布网、逐级控制的原则,建立胶济客运专线平面和高程控制网,具体内容: (1) 基础平面控制网 (CP I) 测量; (2) 线路控制网 (CP II) 测量; (3) 三等水准高程控制网测量; (4) 利用新建成的精密控制测量网对施工线路切线边进行检测,为线路调整和修改施工图设计提供参考意见。

经统计,胶济客运专线平面高程控制网的建立,共布设 132 个 CP I 基础平面控制点,258 个线路平面控制点,133 个三等水准高程控制点。平面坐标系统采用高斯投影平面直角坐标系,满足长度变形不大于 25 mm/km 的要求;分带投影的独立工程坐标系。高程系统采用 1985 国家高程基准。

3.3 精控网设置与质量评定

3.3.1 CP I 控制网布设原则

基础平面控制网 (CP I) 采用 GPS 测量,按 C 级网精度要求测量,GPS 网采用边联结方式构网,形成大地四边形图形的带状网。测量遵循的主要技术指标是: (1) CP I 按 C 级 GPS 网要求施测; (2) 基线边方向中误差 $\leq 1.7''$; (3) 最弱边相对中误差 $\leq 1/100\,000$; (4) CP I 控制点为全线整体平差。

3.3.2 CP I 控制网的质量评定

经过 CP I 控制网三维无约束平差计算,得出 CP I 基线向量网基线向量边长相对中误差、坐标方位角中误差、点位坐标中误差等指标,平差精度统计如表 2 所示。

表 2 CP I 平面控制网平差精度统计表

基线向量边长相对中误差		基线向量坐标方位角中误差 (")		点位坐标平面中误差 (cm)	
最大	最小	最大	最小	最大	最小
CP I 124 ~ CP I 123 1/ 464 760	CP I 96 ~ CP I 102 1/ 13 988 135	CP I 124 ~ CP I 123 0.61	CP I 49 ~ CP I 54 0.02	LL 1.52	CP I 01 0.85

由表 2 可知:基线向量网边长相对精度优于 1/1 000 000 的边占 96.7%,由此可判断 CP I 控制网的基线向量网自身的内符合精度高,基线向量没有明显系统误差和粗差,基线向量网的质量是可靠的。新建立的 CP I 控制网最弱边相对中误差和最弱边方位角中误差完全满足《指南》CP I 控制网基线边方向中误差 $\leq 1.7''$ 、最弱边相对中误差 $\leq 1/100\,000$ 的精度要

求,完全满足勘测、施工、运营维护提供坐标基准的精度需要。

3.3.3 CP II 控制网布设原则

线路控制网 (CP II) 采用 GPS 施测,起闭于基础平面控制网 CP I,采用边联结方式构网,形成三角形或大地四边形图形的带状网,并与基础平面控制网 CP I 控制点联测构成附合网,按 D 级 GPS 控制网的要求施

测。测量遵循的主要技术指标是:(1)CPⅡ按C级GPS网要求施测;(2)基线边方向中误差≤2.0″;(3)最弱边相对中误差≤1/60 000;(4)CPⅡ主要为勘测和线下工程施工提供控制基准。

3.3.4 CPⅡ控制网的质量评定

(1)CPⅡ控制网三维无约束平差精度统计和分析

表3 CPⅡ控制网三维无约束平差精度统计表

投影带中央子午线 经度,投影面高程	基线向量边长相对中误差		基线向量坐标方位角中误差(″)		点位坐标平面中误差(cm)	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小
119°15′ 0 m	CPⅠ35-CPⅡ059 1/610 020	CPⅠ10-CPⅠ03 1/18 873 898	CPⅠ35-CPⅡ059 0.49	CPⅠ03-CPⅠ07 0.01	CPⅡ004 0.33	CPⅠ04 0.08
118°15′ 0 m	CPⅡ118-CPⅡ117 1/495 386	CPⅠ93-CPⅠ98 1/13 344 008	CPⅡ118-CPⅡ117 0.39	CPⅠ93-CPⅠ98 0.02	CPⅡ180 0.41	CPⅡ112 0.11
117°15′ 0 m	CPⅡ246-CPⅠ127 1/256 161	CPⅠ104-CPⅠ97 1/14 858 486	CPⅡ246-CPⅠ127 0.70	CPⅠ104-CPⅠ97 0.02	CPⅡ243 0.41	CPⅡ197 0.10

表4 CPⅡ控制网二维约束平差精度统计表

投影带中央子午线 经度,投影面高程	基线向量边长相对中误差		基线向量坐标方位角中误差(″)		点位坐标平面中误差(cm)	
	最大	最小	最大	最小	最大	最小
119°15′ 0 m	CPⅠ35-CPⅡ59 1/823 881	CPⅠ05-CPⅠ02 1/43 034 970	CPⅠ35-CPⅡ059 0.33	CPⅡ18-CPⅠ10 0.01	CPⅡ059 0.14	CPⅡ046 0.01
118°15′ 0 m	CPⅡ123-CPⅠ166 1/658 818	CPⅠ79-CPⅡ140 1/17 723 359	CPⅡ150-CPⅠ140 0.43	CPⅠ79-CPⅡ140 0.01	CPⅡ054 0.14	CPⅡ026 0.05
117°15′ 0 m	CPⅡ246-CPⅡ245 1/250 830	CPⅡ197-CPⅠ105 1/8 855 980	CPⅡ246-CPⅡ245 0.77	CPⅡ197-CPⅠ105 0.02	CPⅡ243 0.21	CPⅡ197 0.06

由表4可得出以下结论:新建CPⅡ控制网最弱边相对中误差和最弱边方位角中误差均达到D级GPS点的精度,满足高速铁路轨道工程CPⅡ控制网的基线边方向中误差和最弱边相对中误差的精度要求。

表5 胶济客运专线三等水准网精度统计表

序号	测段起点	测段终点	高差闭合差(mm)	测段长度(km)	高差闭合差限差(mm)
1	I 济柳 27-1	I 济柳 2	27.610	56.278 8	±90.02
2	I 济柳 13 基上	I 济柳 27-1	-21.750	68.676 8	±99.44
3	I 济柳 27-1	I 柳沙 26-1	-29.070	136.565 3	±140.23
4	I 柳沙 26-1	1-2-163	-50.760	102.690 9	±121.60

胶济客运专线三等水准路线每千米高差全中误差为:

$$M_w = \pm \sqrt{\frac{1}{4N} \left[\frac{\Delta H \cdot \Delta H}{L} \right]} = \pm \sqrt{\frac{51.71}{16}} = \pm 1.79(\text{mm})$$

由表5可以看出胶济三等水准网所测的附和水准路线闭合差及测区每千米高差全中误差均能够满足《国家三、四等水准测量规范》三等水准的要求。

3.4.6 精控网的质量评定

根据上述对胶济客专精控网的分析,其平面、高程控制网均能够满足胶济客运专线的设计、施工和运营维护各个阶段的测量要求。

4 既有工程测量控制网直线边的检测与评价

根据沿线各施工单位用既有平面控制网将线路设

(如表3所示)。

由表3可知,CPⅡ控制网的基线向量网自身的内符合精度高、质量可靠,基线向量没有明显系统误差和粗差,在此基础上可以进行二维约束平差。

(2)CPⅡ控制网二维约束平差精度分析(如表4所示)。

3.4.5 高程控制网平差精度

全线共联测5个已知国家水准点,形成4条附合水准路线,数据处理按严密平差方法进行水准网整体平差。胶济客运专线三等水准网精度统计如表5所示。

计的每条直线或切线上测设2个线路中线点。按《指南》要求的高速铁路施工精度放样每段夹直线ZH、HZ点,若ZH、HZ位于树林中、高压线下等不利于GPS观测作业要求的,可往直线段移动,同一直线两放样点间距尽量大,以保证联测后切线方位角精度。每段曲线尽量放出QZ点,以便于检测修改设计后最大横向偏移(如图1所示)。

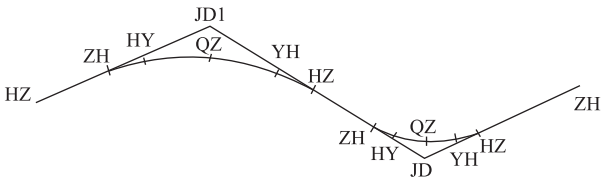


图1 曲线测设示意图

设计单位在平面控制网CPⅠ、CPⅡ的基础上,将

施工单位测设的线路中线点或切线边上的点按照 CPⅡ 精度要求用 GPS 进行测量。根据两单位的测量成果,进行以下统计计算工作:根据 GPS 实测结果统计相邻直线边的线路偏角,并与线路设计转角比较,通过两者的偏角差值可判断既有线路平面控制网与精密控制网精度差。根据勘测单位完成全线设计偏角与检测偏角差值统计工作,经统计全线新建客运专线段共计 60 个曲线,其设计偏角与检测偏角差值如表 6 所示。

表 6 设计偏角与检测偏角统计表

偏差范围	曲线个数	所占比例(%)
$0'' \leq \Delta \leq 10''$	26	43.33
$10'' < \Delta \leq 15''$	9	15.00
$15'' < \Delta \leq 20''$	7	11.67
$20'' < \Delta \leq 40''$	10	16.67
$40'' < \Delta \leq 60''$	5	8.33
$60'' < \Delta \leq 75''$	3	5.0
$0'' \leq \Delta \leq 75''$	60	100

由表 6 可见,偏角差值大部分为 10'' 左右,经对全部曲线的设计偏角与检测偏角逐个计算得出的最大差值为 $\pm 72''$,最小为 0''。根据桥隧设计规范中对曲线偏移值及测量等相关规定,通过计算可得出如下结论:

- (1)若偏角差值小于 10'' 为正常范围,因此,全线约一半曲线不需调整可以满足施工要求;
- (2)若偏角差值大于 20'' 为非正常范围,分析原因主要可能为直线点放样误差或错误,需要重新检测,以确定偏角差值的准确性,为施工调整评估提供充分依

表 7 平面曲线设计调整表

偏角误差	外矢距 E	调整原则	曲线个数	所占比例(%)	备注
$\Delta \leq 10''$	-	采用原设计	26	43.33	-
$40'' \geq \Delta > 10''$	$E \leq 30\text{ mm}$	采用原设计	14	23.33	经统计,外矢距 $30\text{ mm} < E \leq 50\text{ mm}$ 档无桥梁
	$30\text{ mm} < E \leq 50\text{ mm}$	采用原设计	6	10	
	$E > 50\text{ mm}$	修改原设计	6	10	
$\Delta > 40''$	-	修改原设计	8	13.33	-
合计	-	-	60	100	-

5.2 基于精密工程控制测量网下的纵断面调整设计方法

按照《指南》的要求,全线新建成的三等水准高程控制网与勘测阶段采用的四等水准高程控制网,由于测量的水准路线和测量等级的不同,三等水准高程经过严密平差计算后,原来作为线下施工基础的高程控制点,高程值发生改变,局部段落的相同水准点在两个高程控制网中的高程差值达到 0.20 m,引起了整个线路纵断面高程的改变,使得它与原纵断面设计可能会存在较大差异,需要进行全线的纵断面核对、调整。

为了尽量减少由于高程值改变而引起线路纵断面

据;同时从精测网与既有控制网的精度相差较大、检测偏角普遍较大及与部分检测的夹直线较短等 3 个方面考虑,造成观测切线方位角精度较低,重新检测时应注意增加检测夹直线长度或直接对两交点间方位角进行检测。

通过对偏角差值大于 20'' 的曲线进行二次复测后,最终确定曲线偏角数值与第一次的检测偏角一致,则进行平面设计内业处理工作。

5 基于高精度测量网的线路平纵断面施工图设计方法

5.1 基于精密工程控制测量网下的平面调整设计方法

由于胶济客运专线工期紧张,在精密工程控制测量网布设前,部分段落的涵洞、桥梁基础和路基工程已经开工。为避免造成在建工程废弃,根据中铁二院在遂渝线无砟轨道试验段精密工程控制网以及郑西、武广客运专线高精度应急控制测量网的设置经验,特别是郑西、武广客运专线的 350 km/h 标准下精控网测设及其调整线路平面的设计及实施效果,提出暂缓受精控网调整影响最大的曲线上梁式桥的施工,待精密工程控制网成果出来后,再按照调整后的设计资料正式施工。根据桥梁、路基等相关设计、施工规范和施工精度的要求,通过对逐个曲线的偏角误差、曲线外矢距的计算,对胶济客运专线制定了设计调整的原则如表 7 所示。

的调整,测绘单位重点对既有涵洞顶填方高度、既有线拨接拢口地段轨面高程、上跨建筑物净空(公路桥、天桥及部分电力线路)等影响线路纵断面设计的控制地段采用三等水准点进行复核测量,并成段提出三等高程和四等高程的系统差值。通过成段调整统一高差或局部调整纵坡设计两种方法,进行客货线纵断面的调整,施工中要求尽量采用三等水准测量,以提高施工控制测量精度。待线下工程全面完工及水准点完全稳定后,按调整后的线路纵断面进行全线轨面高程贯通测量。

(下转第 26 页)

电阻,应尽量降低接触网支柱接地电阻,并定期检查,使其保持在一个较低的范围。有综合地线区段,接触网支柱应接入综合地线。(2)对于雷击事故比较频繁的区域,可在该区段的接触网上方架设避雷线。

参考文献:

- [1] 赵智大. 高电压技术[M]. 北京:中国电力出版社,1999.
Zhao Zhi-da. High Voltage Technology[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1999.
- [2] 于增. 接触网防雷技术研究[J]. 铁道工程学报,2002(1):89-94.
Yu Zeng. Study on Lightning Protection of Catenary[J]. Journal of Railway Engineering, 2002(1):89-94.
- [3] 张坤莲. 电力线路耐雷水平判断及防雷措施[J]. 广西电业,2006(5):82-86.
Zhang Kun-lian. Power Line Lightning Resisting Level of the Lightning Protection and Judgment[J]. Guangxi Electric Power, 2006(5):82-86.

- [4] 顾乐观,孙才新. 电力系统的污秽绝缘[M]. 重庆:重庆大学出版社,1999.
Gu Le-guan, Sun Cai-xin. The Filth of the Power System Insulation[M]. Chongqing:Chongqing University Press,1999.
- [5] 任晓娜,吴广宁,付龙海,等. 采用避雷器后输电线路仿真模型的建立及应用现状[J]. 电瓷避雷器,2005(5):26-29.
Ren xiao-na, Wu Guang-ning,Fu Long-hai, et al. Research on Transmission Line System Simulation Models with Line Arrester and Its Application[J]. Insulators and Surge Arresters, 2005(5):26-29.
- [6] 陈纪纲,无砟轨道线路接触网防雷技术研究[J]. 铁道工程学报,2007(12):422-426.
Chen Ji-gang. Research on the Lightning Protection Technology of OCS on Ballastless Track[J]. Journal of Railway Engineering,2007(12):422-426.
- [7] 林苗,避雷线对带电导体的防雷保护角问题研究[J]. 电磁避雷器,2009(4):27-29.
Lin Miao. Study on the Lightning Protection Angle of the Lightning Shield Wire to the Energized Conductor[J]. Insulators and Surge Arresters,2009(4):27-29.

(上接第22页)

6 结论

通过对胶济客运专线既有控制网和精密控制网的对比分析,提出高精度控制测量网来兼容低精度控制测量网的分析处理方法;结合重要建筑物在线路平面上的偏差,进行较小的切线控制边调整,确定线路平面设计;通过对相同水准点在两个控制网中的高差,对既有涵洞顶填方高度、既有线拨接拢口地段轨面高程、跨线建筑物净空等控制和影响线路纵断面设计的地段采用三等水准点进行复核测量,成段调整线路纵断面。据此,在最短时间内调整工程线路平纵断面施工图设计资料,提出修改路基、桥涵等相关专业设计办法,未引起在建工程废弃,同时保证了工程进度和工程质量要求。胶济客运专线三年来的安全运营表明,精密控制测量网和平纵断面调整设计均较好地满足施工、运营维护的需求。

参考文献:

- [1] 卢建康. 铁路客运专线测量方法探讨[J]. 铁道勘察,2005(6):4

-7.

- Lu Jian-kang. Exploration for Survey Methods of Dedicated - Passenger Railway Lines[J]. Railway Investigation and Surveying, 2005(6):4-7.
- [2] 何华武. 论时速大于200 km 铁路精密工程测量技术[J]. 中国铁路,2007(3):1-4.
He Hua-wu. Precise Engineering Survey Technology for Railways Running by Trains over 200 km/h[J]. Chinese Railways,2007(3):1-4.
- [3] TB 10601-2009 高速铁路工程测量规范[S].
TB 10601-2009 Code for Engineering Survey of High Speed Railway[S].
- [4] GB/T 12898-2009 国家三、四等水准测量规范[S].
GB/T 12898-2009 Specification for the Third and Forth Order Levelling[S].
- [5] TB 10054-97 全球定位系统(GPS)铁路测量规程[S].
TB 10054-97 Code for GPS Survey of Railway Engineering[S].
- [6] 贾陈君. 胶济客运专线精控网的分析处理[J]. 常州工学院学报,2010(6):25-29.
JIA Chen-jun. Analysis and Treatment of Precise Engineering Survey Network for Qingdao-Jinan Passenger Dedicated Line[J]. Journal of Changzhou Institute of Technology, 2010(6):25-29.