新　建　铁　路

武汉至广州客运专线

沉降变形观测系统

实 施 细 则

（暂行）

（公司未正式发布，供本次试验段路基技术交流会参考）

武广铁路客运专线有限责任公司

2006 年 **10** 月

目　　录

1　沉降变形观测范围、内容

1.1　　路基

1.2　桥涵

1.3　隧道

1.4　过渡段

2　路基沉降变形观测

2.1　观测断面及点的设置原则

2.2　观测断面及点的设置、元件布设

2.3　观测元件的选取、埋设

3　桥涵沉降变形观测

3.1　一般要求

3.2　观测点的布置

3.3　观测精度

3.4　观测频次

4　隧道基础沉降观测

4.1　一般要求

4.2　观测断面的布设

5　过渡段沉降观测

6　沉降变形测量

6.1　一般要求

6.2　观测水准基点、工作基点的布设

6.3　沉降变形观测主要技术要求

6.4　测量观测资料整理及提交资料

7　沉降观测结果的分析、评估

7.1 路基

7.2　桥涵

7.3　隧道

7.4　过渡段

7.5　区段铺设无碴轨道技术条件综合评定

8　无碴轨道铺设时间的审定

9　评估报告的汇编

10　各单位职责及要求

武广铁路客运专线沉降变形观测系统实施细则

客运专线无碴轨道对路基、桥涵、隧道等线下工程的工后沉降要求严格、标准高，设计中对土质路基、桥梁墩台基础等均进行了沉降变形计算，采取了相应的设计措施。而影响沉降计算的因素较多，沉降计算的精度不足以控制无碴轨道工后沉降。施工期必须按设计要求进行系统的沉降变形动态观测。通过对沉降观测数据系统综合分析评估，验证或调整设计措施，使路基、桥涵、隧道工程达到规定的变形控制要求。分析、推算出最终沉降量和工后沉降，合理确定无碴轨道开始铺设时间，确保客运专线无碴轨道结构铺设质量。为统一武广客运专线沉降变形观测系统的技术要求，保证沉降变形观测系统的质量，依据《客运专线铁路无碴轨道铺设条件评估指南》、《客运专线无碴轨道铁路工程测量技术暂行规定》等标准制定本实施细则。

1　沉降变形观测范围、内容

1.1　　路基：根据不同的路基高度及不同的地基条件，主要内容有

1.1.1　路基面的沉降变形观测

1.1.2　路基基底沉降观测

1.1.3　路堤本体的沉降观测

1.2　桥涵：桥各墩、台；预应力混凝土梁的徐变上拱变形；涵洞沉降观测

1.3　隧道：隧道口仰拱、隧道一般地段和不良、复杂地质区段沉降观测

1.4　过渡段：路桥、路隧、路涵、堤堑过渡段沉降观测

2　路基沉降变形观测

2.1　观测断面及点的设置原则

2.1.1　路基沉降观测应以路基面沉降和地基沉降观测为主。沉降变形观测断

面应根据不同的地基条件，不同的结构部位等具体情况设置；测点的设置位置应满足设计要求，同时还应针对施工掌握的地质、地形等情况调整或增设。

2.1.2　观测点应设在同一横断面上，这样有利于测点看护，便于集中观测，统一观测频率，更重要的是便于各观测项目数据的综合分析。

2.1.3　路基面观测断面沿线路方向的间距一般不大于 50m；地势平坦、地基条件均匀良好的路堑、高度小于 5m 的路堤可放宽到 100m；地形、地质条件变化较大地段应适当加密观测断面。

2.1.4　一般路基填筑至路基基床表层顶面，加堆载预压的路堤填筑至基床底层表面后，在路基面设观测桩，进行路基面沉降观测，时间不少于 6 个月。根据观测结果，分析评价地基的最终沉降量完成时间，及时调整设计措施使地基处理达到预定的控制要求。同时作为竣工验收时控制沉降量的依据。

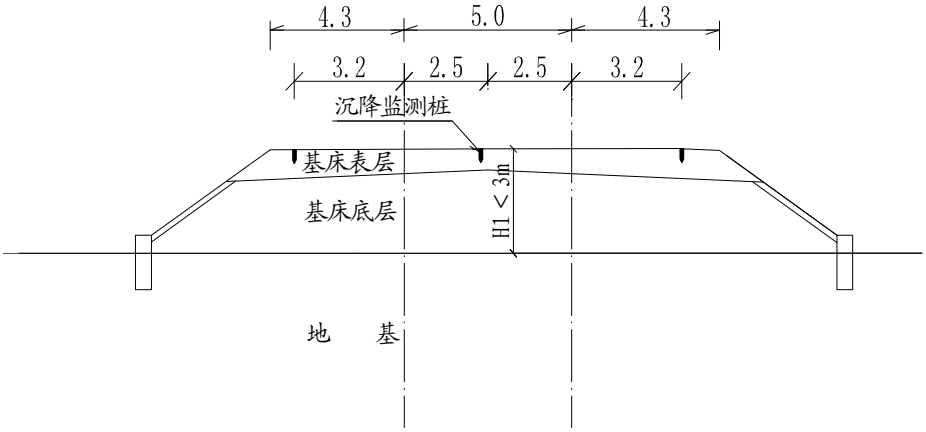
2.1.5　测点及观测元器件的埋设位置应符合设计要求，且标设准确、埋设稳定。观测期间应对观测点采取有效的保护措施，防止施工机械的碰撞，人为因素的破坏，务必使观测工作能善始善终，取得满意成果。

2.2　观测断面及点的设置、元件布设

观测断面的设置及观测断面的观测内容、元件的布设应根据地形、地质条件、地基压缩层厚度、路堤高度、地基处理方法、堆载预压等具体情况，结合沉降预测方法和工期要求具体确定。代表性观测断面示意图如下：

2.2.1　路堤填高＜3m，地基压缩层厚＜5m 地段

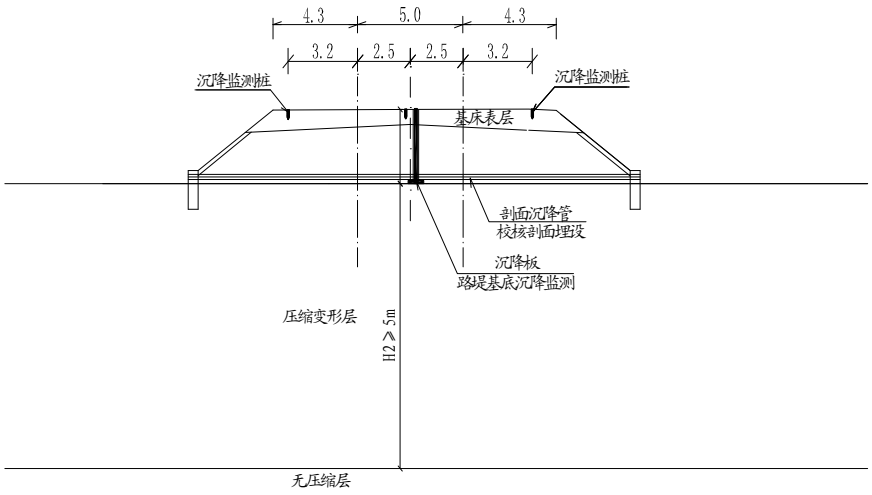
顺号	观测内容	观测元件	观测点数量	断面间距	附注
1	路基面沉降观测	观测桩	3 个/断面	50m	地势平坦、地基条件良好地段可 100m



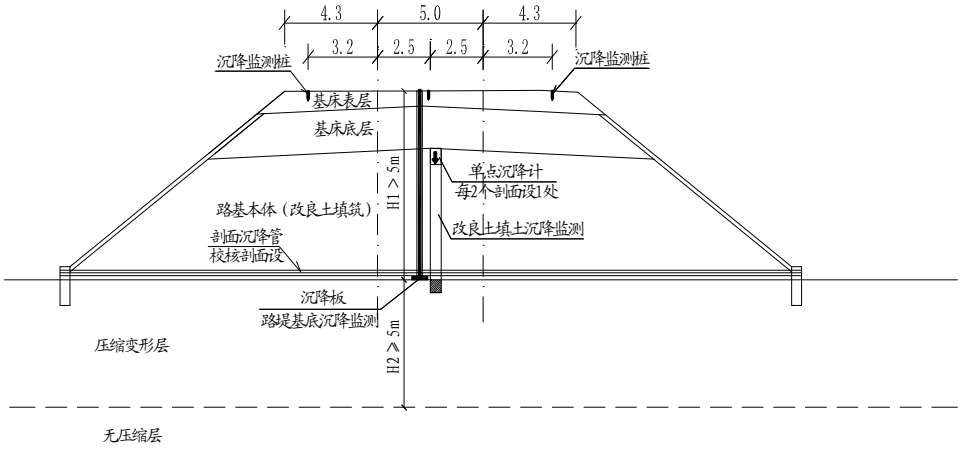
沉降监测剖面元件布置示意图（A-1型）

2.2.2　路堤下地基压缩层厚≥5m 地段及路堤填高≥3.0、地基压缩层厚＜5m 地段

顺号	观测内容	观测元件	观测点数量	断面间距	附注
1	路基面沉降观测	观测桩	3 个/断面	50m	地势平坦、地基条件良好地段或高度小于 5m 路堤地段可 100m
2	路堤基底沉降观测	沉降板	1～2 个/断面	50～100m	地基面横坡大于 1：5 时，每个断面埋设 2 个。
3	路堤基底全断面沉降观测	剖面沉降管	1 个/断面		一般地段 25%的观测剖面，各类过渡段路基 50%的剖面埋设剖面沉降管作校核剖面，校核剖面基底同时布置沉降板与剖面沉降管。
4	改良土填土沉降观测	单点沉降计	1 个/断面	200m	改良土路堤填高大于5m时设，每个工点不少于 1 处。



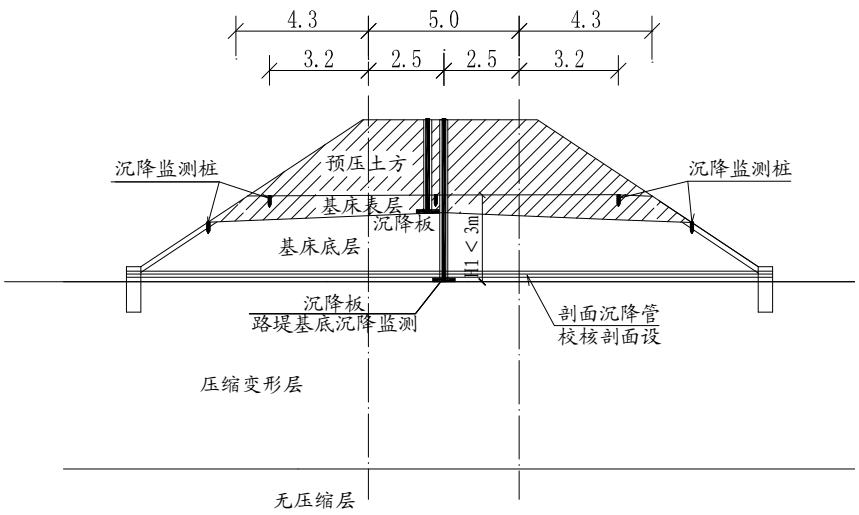
沉降监测剖面元件布置示意图（B-3型）



沉降监测剖面元件布置示意图（D-1型）

2.2.3　路堤加载预压地段

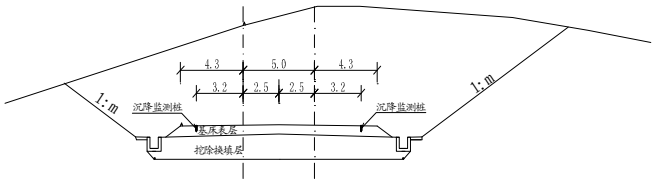
路堤加堆载预压地段按上述 2.2.2 项布设断面及点，其中路基面沉降观测在路堤填筑到基床底层表面后，在基床底层表面两侧设观测桩，在路基面中间设沉降板后，加载预压进行沉降观测。待预压卸除基床表层填筑后，在路基面两侧及线路中心设置沉降观测桩。



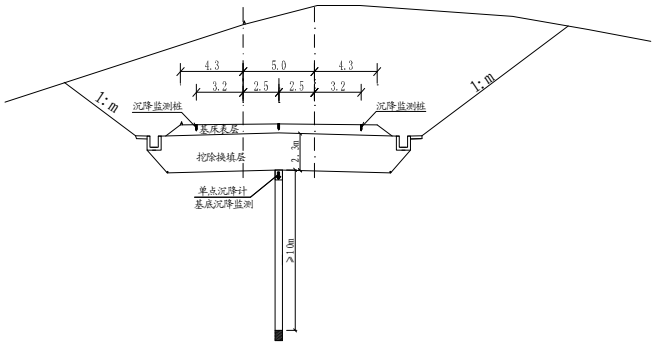
沉降监测剖面元件布置示意图（F-3型）

2.2.4 土质路堑地段

土质路堑（含基岩全风化层）一般地段只设路基面沉降观测桩 2～3 个/断面，断面间距 50m，地势平坦、地基条件良好地段间距 100m；当地基地层为红黏土、膨胀土时，同时在换填底面埋设单点沉降计观测地基沉降或隆起情况。



路堑地段沉降监测剖面元件布置示意图（E-1型）



红黏土、膨胀土路堑地段沉降监测剖面元件布置示意图（E-3型）

2.3　观测元件的选取、埋设

2.3.1　观测元件的选取：

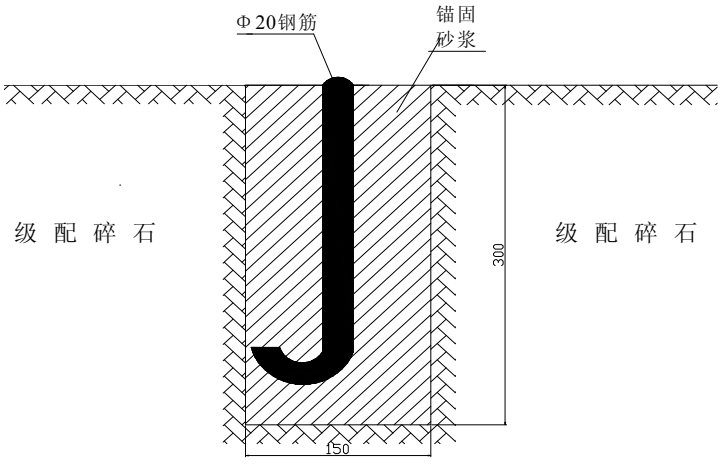
应满足工后沉降的评估需要以及精度要求。路基面采用观测桩观测，地基面采用沉降板、剖面沉降管和电测元件相结合进行观测。

对于剖面沉降管、单点沉降计等电测元件及检测仪器的选配，应选用高灵敏度、高精度、高可靠性及稳定性好的仪器；仪器企业厂家应具有相应的生产许可证、计量器具许可证和质量等证明文件，并具有良好的工程应用业绩和信誉评价。由公司统一招标采购。

2.3.2　观测元件的埋设：

观测元件除沉降观测桩外，均应在地基加固完成后路堤填筑施工前埋设。

2.3.2.1　沉降观测桩（点）：在一般路基填筑至基床表层顶面，加载预压路堤填筑到基床底层顶面后，埋设沉降观测桩（点），路基面两侧观测桩应设在距左右线路中心 3.2 m 处。埋设规格见附图 2.3.2.1。



附图 2.3.2.1　路基面沉降观测点设置参考图

2.3.2.2　沉降板：由钢底板、金属测杆（Φ40mm 厚壁镀锌铁管）及保护套管

（直径不小于φ75mm、壁厚不小于 4mm 的硬 PVC 管）组成，钢底板尺寸为 50cm×50cm，厚 1 cm；具体按设计图样焊接组装。采用水平仪按国家一等精密水准测量方法测量沉降板标高变化。

沉降板应埋入褥垫层顶部嵌入 10cm，采用中粗砂回填密实，再套上保护套管，保护套管略低于沉降板测杆，上口加盖封住管口，并在其周围填筑相应填料稳定保护套管，完成沉降板的埋设工作。采用水平仪按国家一等精密水准测量方法测量埋设就位的沉降板测杆杆顶标高作为初始读数，随着路基填筑施工逐渐接高沉降板测杆和保护套管，每次接长高度以 1m 为宜，接长前后测量杆顶标高变化量确定接高量。

2.3.2.3　单点沉降计：单点沉降计是一种埋入式电感调频类智能型位移传感器，由电测位移传感器、测杆、锚头、锚板及金属软管和塑料波纹管等组成。采用钻孔引孔埋设，钻孔孔径 Φ108 或 Φ127，钻孔垂直，孔深应达到硬质稳定层（最好为基岩），孔口应平整密实。观测路堑换填基底沉降或隆起变形埋设在换填基底面，表面应平整密实；观测路基本体变形按设计断面图埋设。

2.3.2.4　剖面沉降管：采用专用塑料硬管，其抗弯刚度应适应被测土体的竖向位移要求，管端接口密合。剖面沉降测量是将剖面沉降仪探头预埋在剖面沉降管槽内，按一定间距依次读数，起始端管口标高采用水平仪按国家一等精密水准测量方法进行测量，再通过数据处理计算求出不同位置处地基的沉降量。

剖面沉降管在褥垫层顶面开槽埋设，槽底中粗砂找平，表面回填 5cm 中粗砂并与褥垫层相平，两端部应进行有效保护。

2.3.3　每个工点观测断面及观测点的数量，埋设观测元件的种类、数量，根据设计要求和 2.1、2.2 条中原则由设计、施工、监理方在现场核查确定。并填写《工点沉降观测断面、点布置表》，见沉降观测－01 表。

2.4　沉降变形的水准测量精度为 1mm，读数取位至 0.1mm；剖面沉降管的测量精度为 8mm/30m；单点沉降计观测精度为 0.01mm。

2.5　路基沉降观测的频次不低于表 2.5 的规定。当环境条件发生变化或数据异常时应及时观测。

表 2.5　　路基沉降观测频次

观测阶段	观测频次	
填筑或堆载	一般	1 次/天
	沉降量突变	2～3 次/天
	两次填筑间隔时间较长	1 次/3 天
堆载预压或路基施工完毕	第 1 个月	1 次/周
	第 2、3 个月	1 次/10 天
	3 个月以后	1 次/2 周
	6 个月以后	1 次/月
无碴轨道铺设后	第 1 个月	1 次/2 周
	第 2、3 个月	1 次/月
	3～12 个月	1 次/3 月

3　桥涵沉降变形观测

3.1　一般要求

3.1.1　桥梁变形观测应以墩台基础的沉降和预应力混凝土梁的徐变变形为主，涵洞除应进行自身的沉降观测外，尚应进行洞顶填土的沉降观测。

3.1.2　桥梁变形观测应逐跨、逐墩(台)布置测点，涵洞应逐个布置。岩石地基、嵌岩桩基础的桥涵可选择典型墩(台)、涵进行观测。对原材料变化不大、预制工艺稳定、批量生产的预应力混凝土预制梁，徐变变形观测可每 30 孔选择 1 孔进行。

3.1.3　桥涵主体工程完工后，沉降观测期一般应不少于 6 个月；岩石地基等良好地质区段的桥梁，沉降观测期应不少于 60 天。观测数据不足或工后沉降

评估不能满足设计要求时，应适当延长观测期。

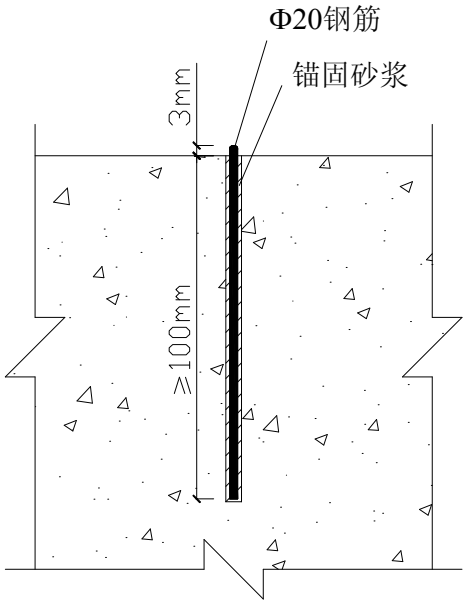
3.2　观测点的布置

3.2.1　墩台沉降观测点可在墩顶、墩身或承台上布置，每个墩、台的测点总数不应少于 4 个。一般在墩、台、或承台四个角处。

3.2.2　预应力混凝土梁徐变上拱变形观测点设置在箱梁四个支点和跨中截面两侧腹板处，每孔梁的测点数应不少于 6 个。

3.2.3　涵洞沉降观测点设在涵洞边墙两侧帽石顶上，每个涵洞测点数 4 个。

3.2.4　桥涵变形观测点可参考附图 3.2.4-1 埋设。



附图 3.2.4－1　桥涵变形观测点设置参考图

3.3　观测精度：桥涵基础沉降和梁体徐变变形的观测精度为±1mm，读数取位至 0.1mm。

3.4　观测频次

3.4.1　墩台观测频次见表 3.4.1。

表 3.4.1　墩台沉降观测频次

观测阶段		观测频次		备　注
		观测期限	观测周期	
墩台施工完成		/	/	设置观测点
墩台混凝土施工		全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	承台回填时，测点应移至墩身或墩顶
预制梁桥	架梁前	全程	1 次/周	
	预制梁架设	全程	前后各 1 次	
	附属设施施工	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	
桥位施工桥梁	制梁前	全程	1 次/周	
	上部结构施工中	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	
	附属设施施工	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	
架桥机(运梁车)通过		全程	前后各 1 次	至少进行 2 次通过前后的观测
桥梁主体工程完工～无碴轨道铺设前		≥6 个月	1 次/周	岩石地基的桥梁，一般不宜少于 2 个月
无碴轨道铺设期间		全程	1 次/天	
无碴轨道铺设完成后	24 个月	0～3 个月	1 次/月	工后沉降长期观测
		4～12 个月	1 次/3 个月	
		13～24 个月	1 次/6 个月	

注：观测墩台沉降时，应同时记录结构荷载状态、环境温度及天气日照情况。

3.4.2　预应力混凝土徐变上拱观测频次见表 3.4.2。

表 3.4.2　梁体徐变上拱变形观测频次

观测阶段	观测频次		备 注
	观测期限	观测周期	
梁体施工完成	/	/	设置观测点
预应力张拉期间	全程	张拉前后各一次	测试梁体弹性变形
桥梁附属设施安装	全程	安装前后各一次	测试梁体弹性变形
预应力张拉完成～无碴轨道铺设前	≥60 天	1 次/1、3、5 天后期 1 次/周	
无碴轨道铺设期间	全 程	1 次/天	
无碴轨道铺设完成后	24 个月 0～3 个月	1 次/月	残余徐变变形长期观测
	4～12 个月	1 次/3 个月	
	13～24 个月	1 次/6 个月	

注：测试梁体徐变上拱变形时，应同时记录梁体荷载状态、环境温度及天气日照情况。

3.4.3　涵洞观测频次见表 3.4.3。

表 3.4.3　涵洞沉降观测频次

观测阶段	观测频次		备　注
	观测期限	观测周期	
涵洞基础施工完成	/	/	设置观测点
涵洞主体施工完成	全程	荷载变化前后 或 1 次/周	观测点移至边墙两侧
洞顶填土施工	全程	荷载变化前后 或 1 次/周	
架桥机(运梁车)通过	全程	前后	至少进行 2 次通过前后的观测
涵洞完工～ 无碴轨道铺设前	≥6 个月	1 次/周	岩石地基的涵洞,一般不宜少于 2 个月
无碴轨道铺设期间	全程	1 次/天	
无碴轨道铺设完成后	24 个月	0～3 个月	1 次/月	工后沉降长期观测
		4～12 个月	1 次/3 个月	
		13～24 个月	1 次/6 个月	

注：测试涵洞沉降时，应同时记录结构荷载状态、环境温度及天气日照情况。

4　隧道基础沉降观测

4.1　一般要求

4.1.1　隧道主体工程完工后，变形观测期一般不应少于 3 个月。观测数据不足或工后沉降评估不能满足设计要求时，应适当延长观测期。

4.1.2　隧道内一般地段沉降观测断面的布设根据地质围岩级别确定，不良和复杂地质区段适当加密布设。

4.2　观测断面的布设

4.2.1　一般情况下，Ⅲ级围岩每 400m、Ⅳ级围岩每 300m、Ⅴ级围岩每 200m 布设一个观测断面。地应力较大，断层破碎带，膨胀土等不良和复杂地质区段适当加密布设。

4.2.2　隧道洞口至分界里程范围内应至少布设一个观测断面。

4.2.3　隧底工程完成后，每个观测断面在相应于两侧边墙处设一对沉降观测点。观测点的埋设参照附图 3.2.4-1 进行。

4.2.4　隧道基础沉降观测的频次不低于表 4.2.4 的规定，沉降稳定后可不再进行观测。

表 4.2.4　隧道基础沉降观测频次

观测阶段	观测频次		
	观测期限		观测周期
隧底工程完成后	3 个月		1 次/周
无碴轨道铺设后	3 个月	0～1 个月	1 次/周
		1～3 个月	1 次/2 周

5　过渡段沉降观测

5.1　过渡段沉降观测应以路基面沉降和不均匀沉降观测为主，沉降观测期与路基相同，不少于 6 个月。

5.2　分别在路桥、路涵、路隧过渡段的结构物起点、距结构物起点 5～10m 处、15～25m 处、50m 处及过渡段终点处各设一个观测断面，沿涵洞轴线设路基面观测断面，每个观测断面设 3 个观测桩。

5.3　路堤和路堑过渡段在分界处设路基面观测断面，每个观测断面设 3 个观测桩。

5.4　沉降观测水准的测量精度不低于 1mm，读数取位至 0.1mm。

5.5　沉降观测的频次不低于表 2.5 的规定。当环境条件发生变化或数据异常时应及时观测。

6　沉降变形测量

6.1　一般要求

6.1.1　沉降变形观测根据《客运专线铁路无碴轨道铺设条件评估技术指南》、《客运专线无碴轨道铁路工程测量技术暂行规定》的要求，沉降变形观测网按三等变形测量等级技术要求建立，沉降变形观测点的水准测量采用二等变形观测测量技术要求。

6.1.2　应建立沉降变形观测网，布设水准基点和工作基点。高程应采用施工高程控制网系统并与施工高程控制网联测。全线二等水准测量贯通后，将沉降变形观测网与二等水准点联测，统一归化为二等水准基点上。

6.1.3　所使用的仪器和设备应进行定期检查并作出详细记录；每次测量应采用同一仪器，固定观测人员，采用相同的观测路线和观测方法，在基本相同的环境和观测条件下工作。

6.1.4　各种原始测量记录应真实、可靠，并有可追溯性；计算成果和图表清晰、签署齐全，并妥善保存。

6.1.5　参与观测的人员必须经过培训才能上岗。

6.2　观测水准基点、工作基点的布设

6.2.1　观测水准基点的布设

在沿线施工已设水准基点的基础上，按距离不大于 1km 增设水准基点，水准基点应设在变形区以外的岩石或原状土层上，亦可利用稳固的建筑物、构筑物设立水准点。

6.2.2　工作基点的布设

为满足沉降变形观测精度要求，在两水准基点之间沿线路方向按间距不大于 200m、距路基中心距离小于 100m 布设工作基点。工作基点应布设在不受施工干扰的稳定土层内，以便长期保存和使用的地点。采用Φ20mm 长 60cm 顶端圆滑的钢筋打入土中，桩周上部 30cm 用混凝土浇注固定并编号。

6.2.3　观测网中，工作基点应定期与水准基点进行校核。当对沉降观测成果发生怀疑时，应随时进行复测校核。

6.3　沉降变形观测主要技术要求

6.3.1　沉降变形观测网主要技术要求

沉降变形观测网的主要技术要求

等级	相邻基准点高差中误差(mm)	每站高差中误差(mm)	往返较差、附合或环线闭合差(mm)	监测已测高差较差(mm)	使用仪器、观测方法的要求
二等	0.5	0.13	$\leq 0.3\sqrt{n}$	$\leq 0.5\sqrt{n}$	DS_{05}型仪器，按国家一等水准测量的技术要求施测
三等	1.0	0.3	$\leq 0.6\sqrt{n}$	$\leq 0.8\sqrt{n}$	DS_{05}或DS1型仪器，按暂行规定二等水准测量的技术要求施测

6.3.2　沉降变形观测点的精度要求和观测方法

沉降变形观测点的精度要求和观测方法

等级	高程中误差(mm)	相邻点高差中误差(mm)	观测方法	往返较差、附合或环线闭合差(mm)
二等	±0.5	±0.3	按国家一等精密水准测量	$\leq 0.3\sqrt{n}$
三等	±1.0	±0.5	按二等水准测量	$\leq 0.6\sqrt{n}$

6.3.3　一、二等水准测量仪器及主要技术要求

等级	仪器	视线长度(m)	前后视距差(m)	在任一测点上前后视距差累计(m)	视线高度(m)
一等	DSZ05、DS05	≤30	≤0.5	≤1.5	≤0.5
二等	DS1、DS05	DS1≤50，DS05≤60	≤1.0	≤3.0	≤0.3

6.4　测量观测资料整理及提交资料

6.4.1　一般要求

6.4.1.1　观测资料应齐全、详细、规范符合设计及细则要求。

6.4.1.2　人工测试数据，必须在观测当天及时输入计算机，核对无误后在计

算机内备份；自动采集测试数据应及时在计算机内备份。沉降观测资料及时输入沉降观测管理信息系统，以保证各相关单位在观测过程中时时监控。观测中有沉降异常情况应及时通知有关各方及时处理。

6.4.1.3　按照提交资料要求及时整理、汇总、分析，按有关规定整编成册。

6.4.2　资料整理

6.4.2.1　沉降观测资料表

1）工点沉降观测断面、点布置表　沉降观测－01

2）沉降板观测资料汇总表　沉降观测－02

3）路基面沉降观测资料汇总表　沉降观测－03

4）单点沉降计测试资料汇总表　沉降观测－04

5）剖面沉降管测试资料汇总表　沉降观测－05

6）绘制路堤施工过程和完成后填土高—时间—沉降曲线

沉降观测－03 附 1

7）绘制路基面沉降时间—沉降曲线　沉降观测－03 附 2

8）桥梁墩台沉降观测资料汇总表　沉降观测－06

9）隧道沉降观测资料汇总表　沉降观测－07

10）预应力混凝土梁徐变上拱观测资料汇总表　沉降观测－08

11）涵洞沉降观测资料汇总表　沉降观测－09

6.4.2.2　观测点的平面、纵断面和横断面布置图及控制点与观测量

6.4.2.3　标石、标志规格及埋设图

6.4.2.4　仪器检测及校正资料

6.4.2.5　观测记录本（簿）

6.4.2.6　平差计算、测量成果质量评定资料

6.4.3　提交资料

在路基面观测第三个月末、六个月末及无碴轨道铺设前以书面和电子文件将每个断面（点）的路基面、地基面沉降观测资料、沉降观测结果分析报送评估单位。

工点沉降观测断面、点布置表

施工标段：　　施工单位：

观测工点里程：_____至_____　　编号：

序号	观测断面里程	断面距离（m）	断面类型	观测点及埋设元器件类型、数量				说明
				沉降板	剖面沉降管	单点沉降计	路面观测桩	

制表：　　复核：　　设计单位签字：　　监理签字：　　年　月　日

沉降板观测资料汇总表

施工标段：_____　　施工单位：_____

观测断面里程：_____　　所在断面位置：_____

路基填筑总高度：_____　　填料种类：_____

地基土类型及地基处理方法：_____　　编号：

观测日期（年、月、日）	相隔天数	填土顶面标高（m）	累计填土高度（m）	管顶面标高（m）		本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）
				接管前标高	接管后标高		

制表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

路基面沉降观测资料汇总表

施工标段：　　施工单位：

观测断面里程：_____　　路堤填（挖）总高度：_____

地基土种类：_____　　地基处理方法：_____

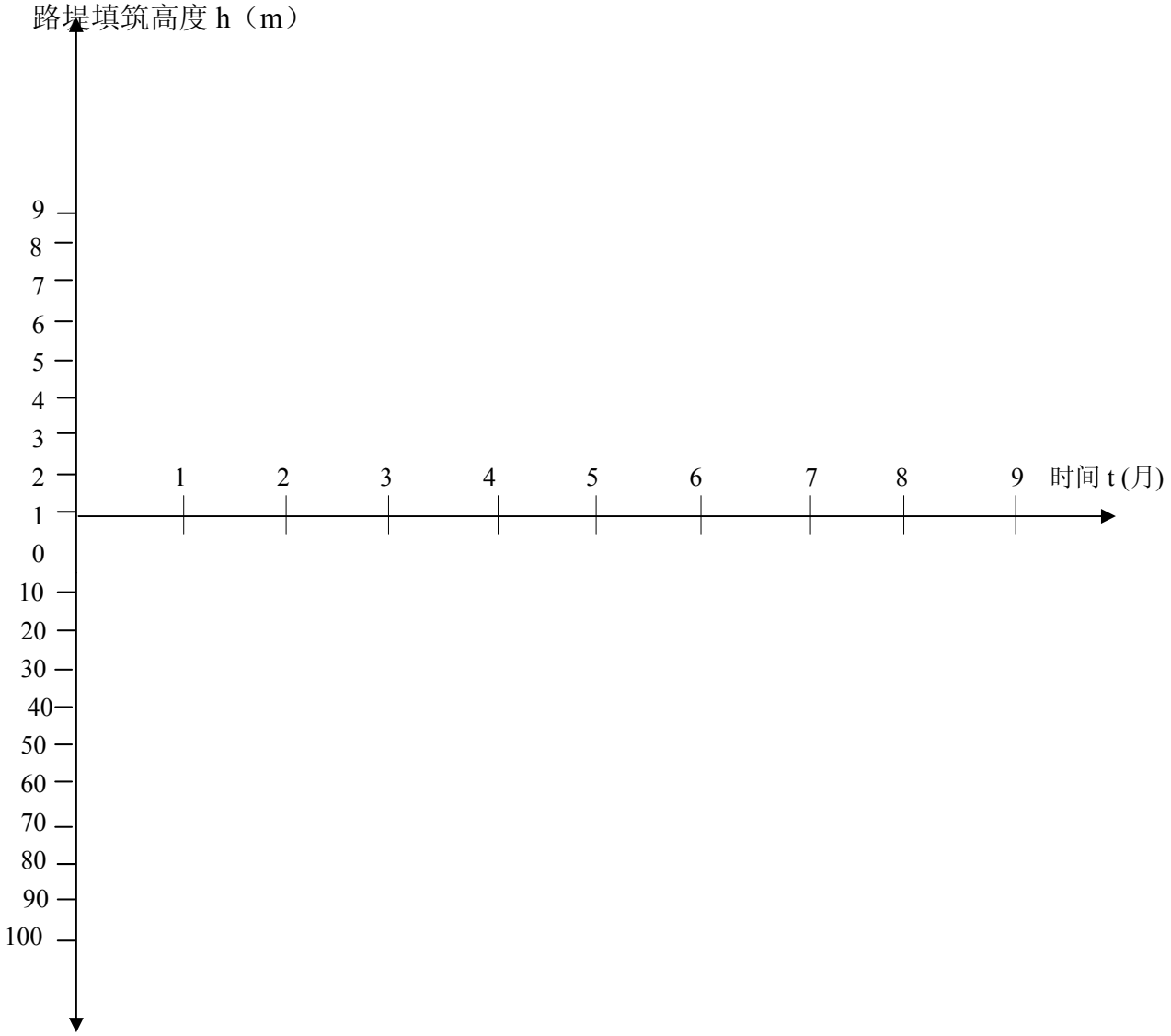
预加载高度：_____　　卸载时间_____　　编号：

观测时间(年、月、日)	相隔天数	左侧路肩			路基中心			右侧路肩		
		标高（mm）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	标高（mm）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	标高（mm）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）

填表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

路堤施工过程和完成后填土高 h—时间 t—沉降 s 曲线格式

观测断面里程：　　编号：



制表：　　复核：　　技术负责人：　　年　　月　　日

路基面沉降时间 t——沉降 s 曲线格式

观测断面里程 ：_____　　编号：

年												年											
9 月				10 月				11 月				12 月				1 月				2 月				3 月			

沉降 s（mm）

制表：　　复核：　　技术负责人：

单点沉降计观测资料汇总表

施工标段：　　施工单位：

观测断面里程：　　所在断面位置：

填筑总高度及填料种类：　　地基土类型及地基处理方法：

单点沉降计规格型号：　　单点沉降计观测编号：

单点沉降计锚头标高：　　单点沉降计锚板标高：　　编号

观测日期（年、月、日）	相隔天数	填土顶面标高（m）	累计填土高度（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	观测日期（年、月、日）	相隔天数	填土顶面标高（m）	累计填土高度（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）

制表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

剖面沉降管测试资料汇总表

施工标段：　　施工单位：

观测断面里程：　　所在断面位置：

填筑总高度及填料种类：　　地基土类型及地基处理方法：

剖面沉降仪规格型号：　　剖面沉降仪观测编号：　　编号：

起始（左）端管口原始标高：　　终端（右）管口原始标高：　　共　页第　页

距左距离（m）	年　月　日				年　月　日				年　月　日			
	左向右	右向左	平均差值（mm）	累计沉降量（mm）	左向右	右向左	平均差值（mm）	累计沉降量（mm）	左向右	右向左	平均差值（mm）	累计沉降量（mm）
0.5												
1.0												
1.5												
2.0												
2.5												
3.0												
3.5												
4.0												
…												
…												
…												
…												

…												
…												
…												
31.0												
31.5												
32.0												
管口标高（m）												
路堤填高（m）												

填表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

桥梁墩台沉降观测汇总表

施工标段：　　施工单位：

桥梁名称：　　桥梁起止里程：　　编号：

观测时间 / 标高、沉降值 / 台、墩号、观测点	年　月　日					年　月　日				
	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）
武汉台左 1										
左 2										
右 3										
右 4										
1#墩左 1										
左 2										
右 3										
右 4										
2#墩左 1										
左 2										
右 3										
右 4										
……										
广州台左 1										
……										

填表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

涵洞沉降观测汇总表

施工标段：　　施工单位：

涵洞里程：　　涵洞类型：　　编号：

观测时间 / 标高、沉降值 / 台、墩号、观测点	年　月　日					年　月　日				
	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）
左 1										
左 2										
右 3										
右 4										
观测时间 / 标高、沉降值 / 台、墩号、观测点	年　月　日					年　月　日				
	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）
左 1										
左 2										
右 3										
右 4										
观测时间 / 标高、沉降值 / 台、墩号、观测点	年　月　日					年　月　日				
	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）

填表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

桥梁梁部徐变观测汇总表

施工标段：　　施工单位：

桥梁名称：　　桥梁起止里程：

观测梁编号：　　编号：

观测时间 / 标高、沉降值 / 台、墩号、观测点	年　月　日					年　月　日				
	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	徐变上拱量（mm）	徐变累计上拱量（mm）	天气温度（℃）	荷载情况	标高（m）	徐变上拱量（mm）	徐变累计上拱量（mm）
武汉端左 1										
武汉端右 2										
差值（左 3-左 1）										
差值（右 4-右 2）										
梁中左 3										
梁中右 4										
差值（左 3-左 5）										
差值（右 4-右 6）										
广州端左 5										
广州端右 6										

填表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　月　日

隧道沉降观测汇总表

施工标段：　　施工单位：

隧道名称_____　　隧道起止里程_____　　编号：

观测时间 / 标高、沉降值 / 观测、断面点	年　月　日			年　月　日			年　月　日		
	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）	标高（m）	本次沉降量（mm）	累计沉降量（mm）

填表：　　复核：　　技术负责人：　　监理签字：　　年　　月　　日

7　沉降观测结果的分析、评估

7.1 路基

7.1.1　一般规定

7.1.1.1　路基上铺设无碴轨道前，应对路基变形作系统的评估，确认路基的工后沉降和变形符合设计要求。

7.1.1.2　路基填筑完成或施加预压荷载后应有不少于6个月的观测和调整期，观测数据不足以评估时，应继续观测；工后沉降评估不能满足设计要求时，应采取必要的加速或控制沉降措施。

7.1.1.3　评估时发现异常现象或对原始记录资料存在疑问，可进行必要的检查。

7.1.2　计算和实测沉降的比较

7.1.2.1　比较计算的总沉降量与实测总沉降主要目的是：

（1）审核设计阶段的沉降计算模型和参数是否符合实际。

（2）估计真实的路基压缩模量 Es，以便确定铺设无碴轨道结构（自重）产生的附加沉降。

（3）如果施工期观察到的沉降明显大于计算沉降量，超过设计值20%及以上时，而且经过检查排除测量仪器和人为错误，可尽早检查修改设计，保证路基的工后沉降满足要求。

由设计院提供相应观测断面的路堤本身压缩变形量与地基总沉降量。

7.1.2.2　计算和实测沉降值的比较

具体操作时，应对路基工点每一观测断面的各观测面（特别是路堤底部地基面）沉降绘制施工过程（包括观察期）沉降随时间发展的曲线，见示意图7.1.2.2。在此基础上估计各观测面的最终沉降。对每一路基工点应制作沉降

计算和测定结果比较表，表 7.1.2.2 为示范性例子。

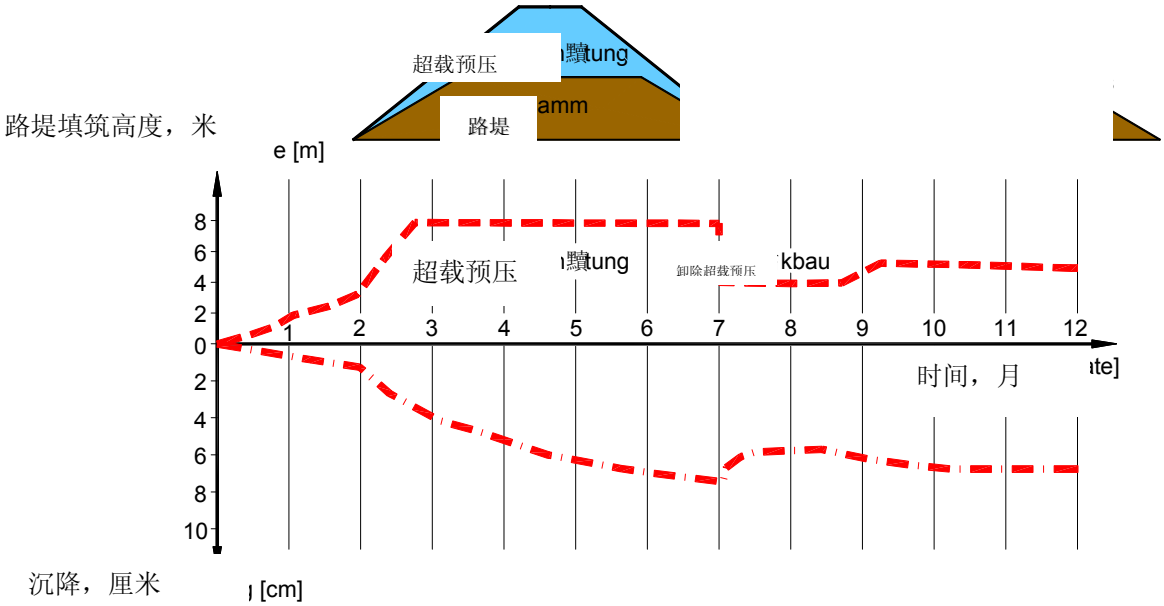


示意图 **7.1.2.2**　沉降随时间(施工过程包括观察期)的发展曲线

表 **7.1.2.2**　沉降计算和观测结果比较表

区段编号：		工点号：	沉降测定时间：		报告日期：	
观测面编号	里程	观测断面描述，包括观测断面类型；沉降测定时施工进度	计算沉降		实测沉降	
			地基总沉降 mm	基床顶面沉降 mm	地基总沉降 mm	基床顶面沉降 mm

7.1.2.3　沉降分析和观测结果比较应按要求及时报送业主及咨询、设计单位，如果发现测定的沉降明显大于计算沉降，超过设计值 20%及以上时，应及时通知设计方、咨询方和业主，由咨询方组织进行分析讨论，确定原因，采取相应措施。

7.1.3　推导各观测断面沉降变形拟合曲线

7.1.3.1　为了尽可能准确的预测工后沉降，应对基床表层顶部（沉降观测桩或在超载预压时为沉降板）观测的沉降进行曲线拟合，对路堤区段可根据路堤填筑完成后沉降观测桩（或在超载预压时为沉降板）观测的结果为基准。曲线

拟合一般以中心观测桩结果为主，路肩观测桩为参考。对路基横断面不对称区段（例如基底地面横坡≥1：5）应相应考虑路肩观测桩测定结果。

7.1.3.2　拟合曲线的推导一般以三个月为周期反复进行以不断逼近路基的真实变形状况。具体的说，在路堤完成填筑、安装沉降观测桩后，按规定的周期测定三个月后可根据三个月测定的沉降观测结果推导第一个拟合曲线 $S_1(t)$，见示意图 7.1.3.2。 根据这个沉降拟合曲线可外推（预测）六个月后的沉降 S_1（t=6 个月）然后继续观测三个月，并检查第一次预测结果是否合理。然后根据总共六个月观测的结果推导第二个更接近时间的沉降拟合曲线 $S_2(t)$，以这种方式不断逼近真实的路基变形发展。应当指出，在推导沉降拟合曲线时后期的沉降测定结果特别重要，应重点考虑，见示意图 7.1.3.2。

通常采用的沉降拟合曲线有以下几种：

$$s(t) = s_\infty\left(1 - e^{-a\cdot t}\right)$$

指数函数

$$s(t) = \frac{t}{b + t/s_\infty}$$

双曲函数

其中：

s_∞：　以路堤填筑完成后（沉降观测桩安装后）为时间起点（t=0）发生的最终沉降量（t=∞）。

a, b：　　沉降拟合曲线的参数。

如有更合理的函数形式，也可采用。

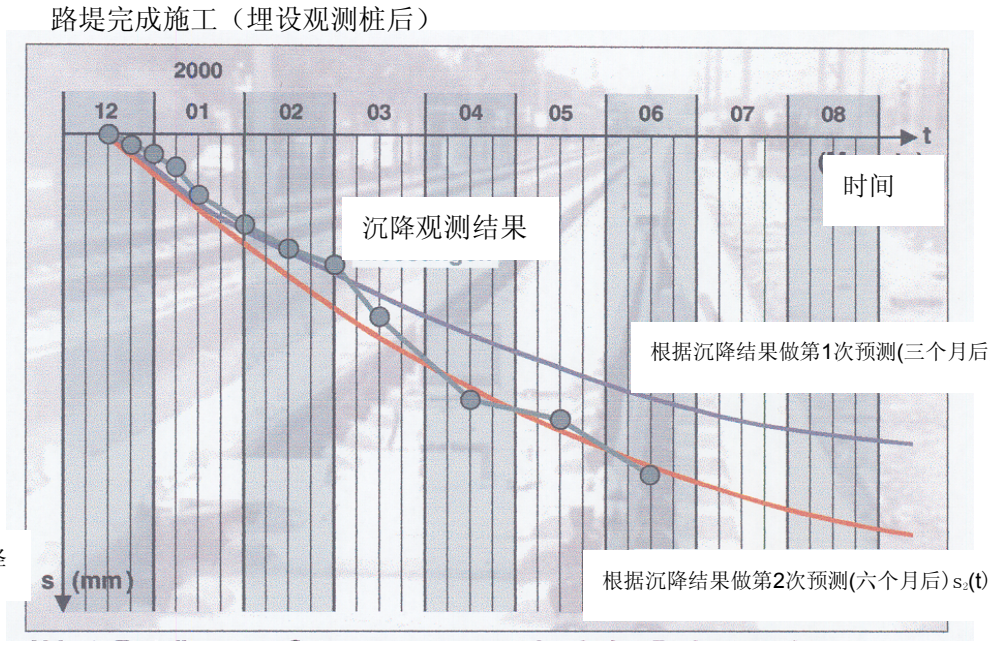


示意图 7.1.3.2　推导沉降拟合曲线 s(t)7.1.3.3　对路基工点每一观测断面应推导相应的沉降拟合曲线及参数，作为预测工后沉降的基础。如果三个月内没有进一步的沉降发生，可在充分考虑所在工点和观测断面路基具体情况的基础上，征得各方同意后可考虑不再进行沉降拟合曲线的推导工作。

7.1.4　各观测断面工后沉降的预测

7.1.4.1　路基沉降预测应采用曲线回归法，并满足以下要求：

（1）根据路基填筑完成或堆载预压后不少于 3 个月的实际观测数据作多种曲线的回归分析，确定沉降变形的趋势，曲线回归的相关系数不应低于 0.92。

（2）沉降预测的可靠性应经过验证，间隔不少于 3 个月的两次预测最终沉降的差值不应大于 8mm。

（3）路基填筑完成或堆载预压后，最终的沉降预测时间应满足下列条件：

$s(t)/s(t=\infty)\geqslant 75\%$

式中：s(t)：　　预测时的沉降观测值；

s(t=∞)： 时间 t 时预测的最终沉降值（时间起点 t=0 为沉降观测桩安装后观测算起）。

7.1.4.2 在观测沉降三个月后（以完成路堤填筑埋设沉降观测桩为始点），即完成第一个拟合曲线推导后可进行第一次工后沉降预测。

为了进行工后沉降预测，除了对路基工点各观测断面以迭代方式确定相应的沉降拟合曲线 s(t)外，见第 7.1.3 节，还应根据具体施工组织计划确定以下时间点：

- 预计铺设无碴轨道时间点 T 0
- 预定运营完成的时间点 T3（100 年）

工后沉降 s_R(不包括交通荷载引起的附加沉降)由两部分组成，见图 7.1.4：

$$s_R = s(T3 - T0) + s_{st}$$

其中:s(T3-T0)：为路基在铺轨后发生的沉降，见 4.1.2 节。

s_{st}：铺设无碴轨道结构自重发生的沉降，一般很小，影响深度很浅，而且完成较快。可根据传统方法计算确定。如果实测总沉降明显小于计算值（见第 7.1.2 节）可相应提高路基压缩模量计算值。

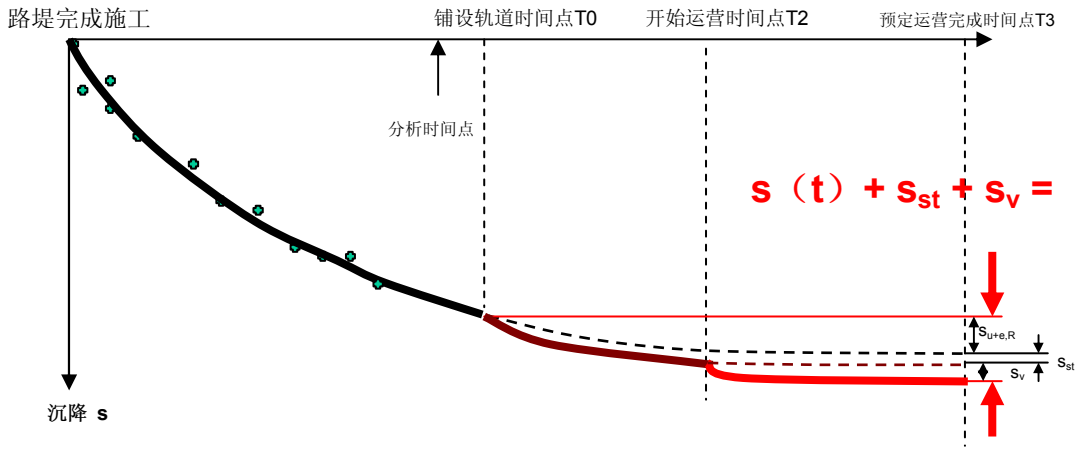


示意图 7.1.4 沉降预测

路基各工点每个观测断面的工后沉降可由 s_R = s(T3-T0) + s_{st} 预估。其中 s(T3-T0)由以 7.1.3 节确定的沉降拟合曲线外推确定，s_{st} 可以根据第 4.1.1 节反推的路基压缩模量估算。

对每个路基工点的各个观测断面应分别预测其相应的工后沉降并填写以下表格：

表 7.1.3　工后沉降预测表

区段编号:		工点号:			预测时期:	
计划铺轨时间 T0:				计划完成运营时间 T3:		
观测面编号	里程	观测面状态说明	工后沉降计算值*	根据沉降测定结果预测的工后沉降部分 s(T3-T0)	估算轨道结构自重引起的附加沉降 s_{st}	工后沉降 s_R=s(T3-T0) + sst

*表格中的工后沉降计算值由设计院提供

7.1.5　铺设无碴轨道技术条件的评定

对每个路基工点应以三个月为周期根据最新推导的沉降拟合曲线进行工后沉降预测至少两次以上，并检查所有观测断面的预测工后沉降是否满足以下要求：

$$s_R = s(T3 - T0) + s_{st} \leq 15mm$$

见图 7.5.1

对路基和刚性结构过渡段还应同时审核其预测工后沉降差异是否≤5mm，折角≤1/1000。

此外，还应检查同一个观测断面前后两次工后沉降预测值的差异，如果其

差值≤8mm，可认为预测的工后沉降具有足够的可信度。

设计预计总沉降量与通过实测资料预测的总沉降量的差值不宜大于 10mm。

如果一个路基工点所有的观测断面满足以上要求，该路基工点可以铺设无砟轨道。

7.2　桥涵

7.2.1　桥涵基础沉降分析评估应采用曲线回归法。对于预制梁桥，基础沉降应按架梁前、后两阶段进行；对于原位施工的桥梁及涵洞，基础沉降应根据实际施工状态及荷载变化情况，划分多个阶段。

7.2.1.1　根据桥涵实际荷载情况及观测数据，应作多个阶段的回归分析及预测，综合确定沉降变形的趋势，曲线回归的相关系数应不低于 0.92。首次回归分析时，观测期不应少于桥涵主体工程完工后 3 个月，对于岩石地基等良好地质的桥涵不应少于 30 天。

7.2.1.2　利用两次回归结果预测的最终沉降的差值不应大于 8mm。两次预测的时间间隔一般不少于 3 个月，对于岩石地基等良好地质的桥涵不应少于 30 天。

7.2.1.3　桥梁主体结构完工至无砟轨道铺设前，沉降预测的时间应满足以下条件：

$s(t)/s(t=\infty)\geqslant 75\%$

式中：

$s(t)$：　　预测时的的沉降观测值；

$s(t=\infty)$：　预测的最终沉降值。

7.2.2　铺设无砟轨道技术条件的评定

7.2.2.1　处于岩石地基等良好地质的桥涵，当墩台沉降值趋于稳定且沉降总量不大于 5mm 时，可判定沉降满足无砟轨道铺设条件。

7.2.2.2　对于一般的桥梁其墩台工后沉降≤20mm，相邻墩台的沉降差≤5mm；对于连续梁等特殊结构其相邻墩台均匀沉降差的允许值满足设计允许值。

7.2.2.3　预应力混凝土梁在无碴轨道铺设跨中徐变上拱：L≤50m 时，不应大于 7mm；L＞50m 时，不应大于 L/7000 或 14 mm。

7.2.2.4　涵洞工后沉降量与路基一致且≤15mm。

满足以上条件的桥涵可铺设无碴轨道

7.3　隧道

7.3.1　一般规定

7.3.1.1　无碴轨道铺设前，应对隧道基础沉降作系统的评估，确认其工后沉降符合设计要求。

7.3.1.2　隧道主体工程完工后，变形观测期一般不应少于 3 个月。观测数据不足或工后沉降评估不能满足设计要求时，应适当延长观测期。

7.3.1.3　评估时发现异常现象或对原始记录资料存在疑问，可进行必要的检查。

7.3.2　隧道内无碴轨道铺设条件的评估应根据有关设计、施工和监理的资料及交接检验和复检的结果进行综合分析。

7.3.3　隧道基础的沉降预测及评估方法参照 7.1 节路基部分。

7.3.4　铺设无碴轨道技术条件的评定

隧道内基础工后沉降≤15mm；隧道口相邻构筑物间差异沉降≤5mm，折角＜1/1000。

满足以上条件的隧道可铺设无碴轨道

7.4　过渡段

7.4.1　一般规定

7.4.1.1　过渡段工后沉降的分析评估应沿线路方向考虑各观测断面和各种结构物之间的关系综合进行。

7.4.1.2　对线路不同下部基础结构物之间以及不同地基条件或不同地基处理方法之间形成的各种过渡段，应重点分析评估其差异沉降。

7.4.2　过渡段沉降的预测、评估参照 7.1 节路基部分。

7.4.3　过渡段铺设无砟轨道技术条件的评定

过渡段不同结构物间的预测差异沉降不应大于 5mm，沉降引起沿线路方向的折角不应大于 1/1000。

7.5　区段铺设无砟轨道技术条件综合评定

7.5.1　在对路基、桥梁、隧道和过渡段等不同结构物的基础沉降变形预测评估完成后，应绘制区段或全线的沉降预测变形曲线，进行综合评估，确认其满足铺设无砟轨道的要求。

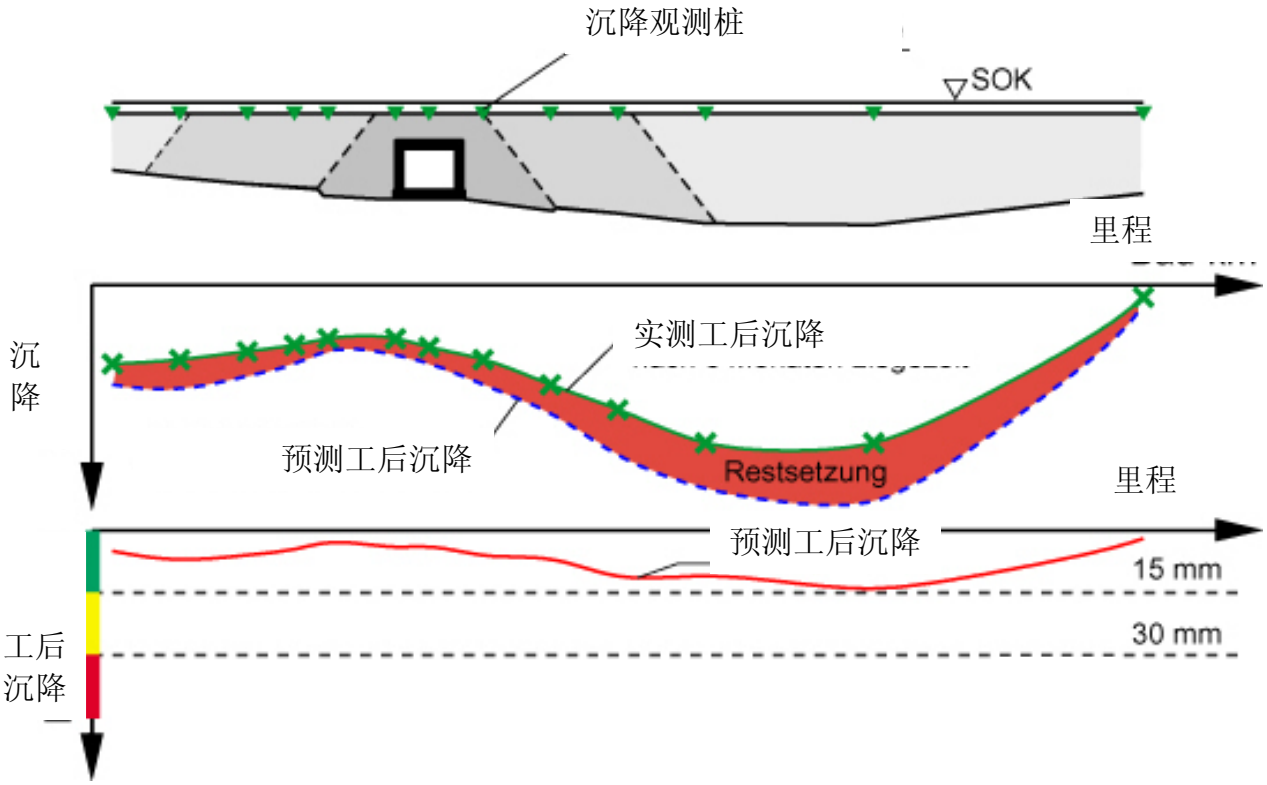


示意图 7.5.1　审核区段铺设无砟轨道的条件

7.5.2 7.5.2　在分析、评估区段内路基、桥涵、隧道、过渡段工后沉降满足铺设无碴轨道技术要求后，编制区段铺设无碴轨道申请报告，报送武广公司及所在公司项目部和技术评审委员会成员单位。

8　无碴轨道铺设审定

武广公司成立铺设无碴轨道技术评审委员会，由公司总工程师和分管生产的副总经理任主任委员，委员会成员由设计、施工、监理、咨询、弗莱德尔公司、站后集成以及评估单位组成。收到区段《区段铺设无碴轨道申请报告》（附整套评估报告资料）和咨询单位专项咨询报告后，由公司总工程师主持，设计总体、施工项目部总工、监理单位总监（含中方站长）、咨询单位总咨询师、弗莱德尔公司技术负责人、评估单位技术负责人、站后集成单位技术负责人和外聘专家以及公司有关技术负责人组成评审组，在部工管中心的指导下，进行铺设无碴轨道技术条件的评审并形成由各方签署的评审报告，评定通过后由武广公司签发批准申请报告。

9　评估报告的汇编

9.1　评估报告是竣工验收资料的组成部分，应符合竣工文件编制和移交的有关规定。

9.2　每一工程项目的变形评估任务完成后，应提交《无碴轨道铺设条件评估报告》，评估报告至少包括以下内容：

（1）沉降和变形观测方案与技术设计书；

（2）观测点的平面、纵断面和横断面布置图；

（3）标石、标志规格及埋设图；

（4）仪器检验与校正资料；

（5）观测记录（手簿）；

（6）平差计算、成果质量评定资料及测量成果表；

（7）各观测断面沉降过程的分布图表；

（8）成区段或全线的基础沉降沿线路纵向的分布图表；

（9）沉降变形评估分析的成果资料。

10　各单位职责及要求

10.1　武广公司（建设单位）：

10.1.1　委托专业队伍进行无碴轨道铺设条件的评估工作。

10.1.2　根据设计要求和《客运专线铁路无碴轨道铺设条件评估指南》的相关规定，组织制定沉降变形观测及评估工作实施细则。

10.1.3　组织观测及评估人员的技术指导和培训。

10.1.4　组织阶段评估工作和铺设无碴轨道申请报告的审定。

10.1.5　检查、监督、协调、处理沉降变形观测及评估工作中的有关问题。

10.1.6　将沉降变形观测系统工程质量管理纳入信息管理系统。

10.2　设计单位：

10.2.1　提交线下工程沉降变形观测断面、观测点布置等要求；沉降变形计算报告，包括不同阶段的设计沉降值与时间的关系曲线等。

10.2.2　对沉降变形观测的设计要求进行技术交底。

10.2.3　参与制定沉降变形观测及评估工作实施细则。

10.2.4　根据沉降变形观测结果，对设计预测沉降进行实时修正，并将设计预测的结果提交建设和评估、咨询单位。

10.3　施工单位：

10.3.1　负责线下工程沉降变形的观测。

10.3.2　参与制定沉降变形观测及评估工作实施细则。

10.3.3　变形观测网的建立。

10.3.4　根据建设、设计单位和本细则提出的相关要求成立沉降变形观测组织机构，严格管理，明确专人负责；埋设观测元器件，设置沉降变形观测点，进行观测，并及时提交观测数据和相关资料。并对观测数据的真实、可靠性负责。

10.3.5　负责观测设施的保护，确保施工过程中不受扰动或破坏。

10.3.6　负责《无碴轨道铺设条件的评估报告》的汇编工作。

10.3.7　经过分析、评估，区段内线下工程工后沉降满足铺设无碴轨道技术要求后，及时将《区段铺设无碴轨道申请报告》（附整套评估报告资料）报送公司项目部及武广公司，由公司组织评审。

10.3.7　参与观测人员必须经过培训才能上岗

10.4　监理单位：

10.4.1　参与制定沉降变形观测及评估工作实施细则。

10.4.2　对沉降变形观测的重要环节进行旁站监理，并责任明确。

10.4.3　监督、检查观测设施的保护，确保其不受施工或外界的扰动或破坏。

10.4.4　对施工单位的观测数据及时签字确认。

10.5　评估单位（委托专业队伍）：

10.5.1　制定沉降变形分析、评估工作实施细则。。

10.5.2　参与对施工单位的观测及评估人员、监理人员进行技术指导和培训。

10.5.3　负责建立沉降变形观测和评估数据库，统一全线变形观测数据的统计整理形式，制定相关记录表格；编制分析、评估计算机软件。

10.5.4　对线下工程各阶段沉降变形观测及时进行分析、预测、评估，并将各阶段分析评估报告提交各方。

10.5.5　全过程对沉降变形观测进行平行监测。

10.5.6　分析评估工作完成后，将各标段的分析评估报告交施工单位，并参与《无碴轨道铺设条件的评估报告》的编制工作。

10.6　咨询单位：

10.6.1　参与制定沉降变形观测及评估工作实施细则。

10.6.2　负责对施工单位的观测及评估人员、监理人员进行技术指导和培训。

10.6.3　参与建立沉降变形观测和评估数据库，统一全线变形观测数据的统计整理形式，制定相关记录表格。

10.6.4　对线下工程沉降变形观测阶段评估报告和铺设无碴轨道申请报告及时进行咨询，并提出咨询意见和结论性的专项咨询报告。

10.6.5　协助公司主管部门检查、监督、协调、处理沉降变形观测及评估工作中的有关问题。

武广铁路客运专线责任有限公司

2006 年 10 月