

客运专线铁路预制轨道板（枕）场建设技术指导手册

客运专线铁路扣件系统安装技术手册

客运专线铁路地基处理技术手册

客运专线铁路路基填筑施工技术要点手册

客运专线铁路路基防排水施工技术手册

客运专线铁路变形观测评估技术手册

客运专线铁路路基质量检测技术要点手册

客运专线铁路后张法预应力混凝土简支箱梁预制施工技术要点手册

节段预制拼装移动支架造桥机施工技术要点手册

活性粉末混凝土构件施工要点手册

客运专线铁路箱梁运架安全管理手册

铁路隧道钻爆法施工及机械配置要点手册

隧道典型事故预防、处理及工程实例

铁路隧道施工通风技术与标准化管理指导手册

客运专线铁路工地试验室建设管理手册

客运专线铁路工程质量安全监控要点手册

铁路建设项目部管物资指导手册

客运专线铁路建设征地拆迁工作手册

客运专线铁路建设项目投资管理与控制要点手册

统一书号：15113·3005

定 价：14.00 元

客运专线铁路 变形观测评估技术手册

铁道部工程管理中心



中国铁道出版社

客运专线铁路技术管理手册

客运专线铁路
变形观测评估技术手册

铁道部工程管理中心

1.1.1

中国铁道出版社

2009年·北京

客运专线铁路技术管理手册
客运专线铁路变形观测评估技术手册

铁道部工程管理中心

*

中国铁道出版社出版发行

(100054, 北京市宣武区右安门西街8号)

中国铁道出版社印刷厂印

开本: 850 mm × 1168 mm 1/32 印张: 3.125 字数: 83千字

2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷

书号: 15113·3005 定价: 14.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 请与本社发行部调换。

编辑部电话: 路(021)73141, 市(010)51873141

发行部电话: 路(021)73170, 市(010)51873172

<http://www.tdpress.com>

关于发布《客运专线铁路预制轨道板(枕)
场建设技术指导手册》等16项客运
专线铁路技术手册的通知

工管技〔2009〕77号

各铁路局、各客专公司(筹备组), 铁一、二、三、四院, 中铁设计咨询集团, 铁五院, 中铁上海院, 中铁工程、建筑公司, 中交、中水集团公司, 中国安能建设总公司:

为满足客运专线铁路建设需要, 加强客运专线标准化技术管理, 使相关工程技术人员快速掌握其施工技术, 铁道部工程管理中心组织编写了《客运专线铁路预制轨道板(枕)场建设技术指导手册》、《客运专线铁路扣件系统安装技术手册》、《客运专线铁路地基处理技术手册》、《客运专线路基填筑施工技术要点手册》、《客运专线铁路路基防排水施工技术手册》、《客运专线铁路变形观测评估技术手册》、《客运专线铁路路基质量检测技术要点手册》、《客运专线铁路后张法预应力混凝土简支箱梁预制施工技术要点手册》、《节段预制拼装移动支架造桥机施工技术要点手册》、《活性粉末混凝土构件施工要点手册》、《铁路隧道钻爆法施工及机械配置要点手册》、《隧道典型事故预防、处理及工程实例》、《铁路隧道施工通风技术与标准化管理指导手册》、《客运专线铁路工程质量安全监控要点手册》、《铁路建设项目部管物资指导手册》、《客运专线铁路建设征地拆迁工作手册》(另发单行本), 现予发布, 以供建设、施工等单位在铁路工程建设中参考使用。

各单位在使用过程中, 应结合工程实践, 认真总结经验, 积

累资料。如发现需要修改和补充之处,请将建议或意见及时反馈
铁道部工程管理中心。

以上客运专线铁路技术管理手册由中国铁道出版社出版发行。

铁道部工程管理中心
二〇〇九年七月十三日

前 言

为加强客运专线铁路无砟轨道铺设条件沉降变形分析和评估技术管理工作,使相关工程技术人员快速掌握其技术,铁道部工程管理中心组织铁道第三勘察设计院等单位,依据国家和铁建设〔2006〕158号文等相关规定和文件要求,参考国外先进技术,在总结京津城际铁路、郑西客运专线铁路、武广客运专线铁路、京沪高速铁路等沉降变形观测、评估工作的基础上,编制本手册。

本手册共分10章,其内容包括:客运专线铁路变形控制要求、观测评估组织与管理、变形观测基准网、变形观测点布设和观测、变形观测资料要求、沉降预测方法、变形预测及评估、观测评估资料及设备移交、常见问题及处理、工程实例等,另有2个附录,涵盖了路基、桥梁及隧道工程。

本手册供客运专线铁路沉降变形观测、评估的现场作业、施工管理、工程技术和工程监理等人员参考使用,如与现行规范、规定不一致时,以正式颁布的规范、规定和文件为准。

由于客运专线铁路分布在全国各地以及资料来源的限制,本手册难免存在疏漏甚至错误之处,在使用中如

发现需要修改和补充完善之处,请及时将意见和有关资料寄交铁道部工程管理中心(北京市复兴路10号,邮政编码:100844),供今后修订时参考。

本手册主要编制单位及人员:铁道部工程管理中心
张梅、盛黎明、尤昌龙、孙明智、汪霞,铁道第三
勘察设计院崔维孝、张劲松、陈兴、高世强、马志富、
林卫东、王长进、苏伟、刘成、杨克鉴、石德斌、
高树峰。

目次

1 客运专线铁路变形控制要求	1
1.1 路基	1
1.2 桥涵	2
1.3 隧道	3
2 观测评估组织与管理	4
2.1 建设单位	4
2.2 观测单位	4
2.3 平行观测单位	5
2.4 监理单位	5
2.5 评估单位	6
2.6 变形观测评估工作流程	6
3 变形观测基准网	8
3.1 基准点的布设	8
3.2 观测方法及精度控制	10
4 变形观测点布设与观测	14
4.1 路基	14
4.2 桥涵	27
4.3 隧道	36
4.4 过渡段	38
5 变形观测资料要求	40
6 沉降预测方法	41
6.1 双曲线法	41
6.2 三点法(固结度对数配合法)	43
6.3 抛物线法	44
6.4 指数曲线法	44

6.5	修正指数曲线法与修正双曲线法	45
6.6	沉降速率法	47
6.7	星野法	48
6.8	Asaoka法	49
6.9	泊松曲线法	50
6.10	灰色理论	52
6.11	人工神经网络	52
7	变形预测及评估	54
7.1	评估单元划分和分析评估	54
7.2	路基	58
7.3	桥涵	60
7.4	隧道	61
7.5	综合评估	62
8	观测评估资料及设备移交	64
9	常见问题及处理	66
9.1	观测仪标保护	66
9.2	异常数据的分析处理	66
10	工程实例	69
10.1	京津城际铁路沉降观测	69
10.2	京津城际铁路路基沉降评估	73
附录A	沉降观测记录手簿	75
附录B	沉降观测表	79

1 客运专线铁路变形控制要求

1.1 路基

1.1.1 竖向变形标准

1 无砟轨道路基

- 1) 路基在无砟轨道铺设完成后的工后沉降应满足扣件调整和线路竖曲线圆顺的要求,工后沉降一般不应超过15 mm。
- 2) 沉降比较均匀且调整轨面高程后的竖曲线半径能够满足式(1.1.1)的要求时,允许的最大工后沉降量为30 mm。

$$R_{sh} \geq 0.4v_{sj}^2 \quad (1.1.1)$$

式中 R_{sh} ——轨面圆顺的竖曲线半径(m);

v_{sj} ——设计最高速度(km/h)。

- 3) 路基与桥梁、隧道或横向结构物交界处的差异沉降不应大于5 mm,过渡段沉降造成的路基与桥梁或隧道的折角不应大于1‰。

2 有砟轨道路基工后沉降控制应满足表1.1.1的要求。

表 1.1.1 有砟轨道工后沉降控制标准

设计速度 (km/h)	一般地段工后沉降 (mm)	路桥过渡段工后沉降 (mm)	沉降速率 (mm/a)
200	150	80	40
250	100	50	30
350	50	30	20

1.1.2 水平变形标准

为了保证施工过程中路基的安全,软土地基地段必须控制填土速率并加强变形监测。其控制标准为路堤中心地面沉降速率不大于 1.0 cm/昼夜 ,坡脚水平位移速率不大于 0.5 cm/d ,地基条件较差时应适当提高变形控制要求。

1.2 桥 涵

1.2.1 梁体徐变

1 无砟轨道桥梁:常用跨度简支梁在轨道系统铺设完成后,跨度小于 50 m 的简支梁,徐变上拱度不应大于 10 mm ,当跨度大于 50 m 时,其徐变上拱度不应大于 $L/5000$,且不得大于 20 mm 。

2 有砟轨道桥梁徐变值不宜大于 20 mm 。

3 特殊桥跨结构的徐变限值按设计文件规定。

1.2.2 桥梁墩台

1 无砟轨道对于静定结构须满足均匀沉降量不大于 20 mm 、相邻墩台沉降差不大于 5 mm 的要求。

2 有砟轨道:

1) 时速 $200\sim 250\text{ km}$ 客运专线铁路,对于静定结构须满足均匀沉降量不大于 50 mm ,相邻墩台沉降差不大于 20 mm 的要求;

2) 时速 $300\sim 350\text{ km}$ 客运专线铁路,对于静定结构须满足均匀沉降量不大于 30 mm ,相邻墩台沉降差不大于 15 mm 的要求。

3 有砟、无砟轨道的超静定结构,其相邻墩台沉降差除满足静定结构的规定外,还应根据沉降对结构产生的附加应力的影响确定。

1.2.3 框构、旅客地道及涵洞

1 无砟轨道工后沉降值一般不应大于 15 mm ,并与相邻路基地段协调。

2 有砟轨道:

1) 时速 $200\sim 250\text{ km}$ 客运专线铁路,工后沉降值一般不应大于 100 mm ,并与相邻路基地段协调;

2) 时速 $300\sim 350\text{ km}$ 客运专线铁路,工后沉降值一般不应大于 50 mm ,并与相邻路基地段协调。

1.3 隧 道

1.3.1 铺设无砟轨道的隧道基础工后沉降值一般不应大于 15 mm ,轨道基础与路基、桥涵等结构物间的工后差异沉降小于 5 mm ,且折角小于 1‰ 。

1.3.2 铺设有砟轨道的路隧过渡段标准同路桥、路涵过渡段。

2 观测评估组织与管理

客运专线铁路线下工程沉降观测与评估工作是一项系统工程,需要各方密切配合,恪尽职守,确保观测数据真实、准确,评估结论正确可靠。该项工作一般由建设单位组织,观测、评估、监理等单位参加成立工作小组,制订技术方案,确定工作程序,明确工作职责。

2.1 建设单位

2.1.1 建设单位应充分认识沉降观测与评估工作的重要性和艰巨性,其主要职责如下:

- 1 委托咨询单位或专业队伍进行沉降分析及评估工作。组织成立变形观测工作管理机构,负责沉降变形观测及评估工作的领导、协调,对沉降变形观测及评估进行监督检查。
- 2 组织制订变形观测和评估的技术方案、工作程序和实施细则。
- 3 负责组织观测和评估人员的技术指导和培训。
- 4 检查、监督、协调、处理变形观测评估工作中的有关问题。
- 5 组织建立变形观测和评估数据库。
- 6 组织阶段评估工作,根据评审结论,决策铺轨时机。

2.2 观测单位

2.2.1 沉降观测的主体单位为施工单位,应由专业测量人员组成,其主要职责如下:

- 1 参与制订变形观测和评估工作的实施细则。

- 2 配备观测人员、仪器和设备。
- 3 组织人员培训和仪器检校。
- 4 平面基点、水准基点埋标、测量和平差处理。
- 5 建立变形监测网并进行有效保护。
- 6 按设计要求布置变形观测断面和观测点。
- 7 按变形观测技术方案要求组织变形观测。
- 8 对变形观测数据整理和分析,对数据的真实性、可靠性负责。
- 9 根据评估单位检查要求进行复测和数据复核整理。
- 10 提供观测成果数据供评估单位进行评估。

2.3 平行观测单位

2.3.1 为加强观测质量控制,一般应组织平行观测。平行观测单位应是与沉降观测主体相互独立的第三方,其主要职责如下:

- 1 负责对沉降变形进行同步平行观测。平行观测的数量,一般地段应不少于总测点的10%,对于地质复杂、沉降变化大以及过渡段等区段,平行观测的数量不应少于30%。
- 2 及时核对观测单位观测数据。
- 3 观测数据应及时提交评估单位。

2.4 监理单位

2.4.1 监理单位应加强对于沉降观测工作的监督和检查,确保观测程序、方法规范,观测数据真实、可靠,其主要职责如下:

- 1 参与制订变形观测和评估工作的实施细则。
- 2 全面监督检查沉降变形监测网的建立及其保护,确保各种监测设备、仪器、仪标的工作状态符合相关要求。
- 3 对变形观测过程进行工作检查、监督和质量审核,对重要环节进行旁站监理。
- 4 对观测单位的观测数据及时签字确认。

5 按建设单位要求, 选取代表性地段按规定进行平行观测、复核工作。

2.5 评估单位

2.5.1 受建设单位委托, 根据设计、观测相关资料进行系统分析, 预测工后沉降, 其主要职责如下:

- 1 了解线下工程设计和施工基础资料。
- 2 负责对测量人员进行测量及数据管理的培训与指导。
- 3 抽检观测方法及数据。
- 4 接收变形观测成果数据, 分析变形观测数据质量。
- 5 确定线下工程变形评估方法和判定标准。
- 6 用数学方法结合工程经验进行综合分析预测。
- 7 提供评估报告, 提出建议意见。

2.6 变形观测评估工作流程

2.6.1 变形观测评估的工作流程见图 2.6.1。

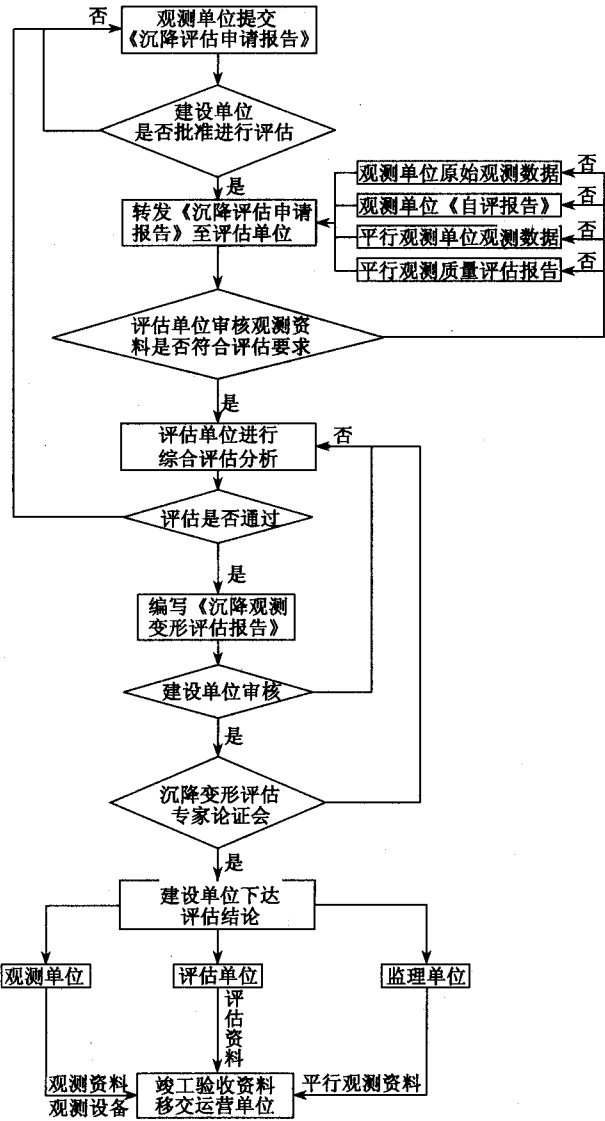


图 2.6.1 变形观测评估工作流程

3 变形观测基准网

3.1 基准点的布设

3.1.1 垂直变形基准网控制点分为基准点和工作基点，其布设应满足下列要求：

1 垂直位移监测网可根据需要独立建网，精度控制须充分考虑客运专线工程的具体特点，制定适宜的精度标准。垂直变形基准网应布设成闭合环状、结点或附合水准路线等形式。

2 每个独立的监测网应设置不少于3个稳固可靠的基准点，长度4 km左右。基准点应选设在变形影响范围以外，便于长期保存的稳定装置，可选用现有的控制桩。

3 工作基点应选在比较稳定的位置，一般200 m设一个。

4 基准网应定期进行复测。

3.1.2 基准点应直接采用施工控制测量中的首级高程网，增设基准点时应按国家二等水准测量的相关要求执行。基准点应埋设在变形区以外的基岩或原状土层中，保证其在较长时间内稳定。

3.1.3 为了施测方便以及保证测量精度，应布设工作基点。工作基点埋深应在当地冻土层以下，其距离应满足式(3.1.3)。

$$\sqrt{L} < M/10 \quad (3.1.3)$$

式中 L ——相邻两基准点间的距离(km)；

M ——构造物允许变形值。

3.1.4 水平位移监测网可采用独立坐标系统一次布设。根据变形测量等级及精度要求进行施测，并与施工平面控制网进行联测，引入施工测量坐标系统，实现水平位移监测网坐标与施工平面控网坐标的相互转换。

控制点宜采用有强制归心装置的观测墩，见图3.1.2—1；照准标志采用强制对中装置的觇牌或红外测距反射片，见图3.1.2—2。

在设计水平位移监测网时，应进行精度预估，选用最优方案。

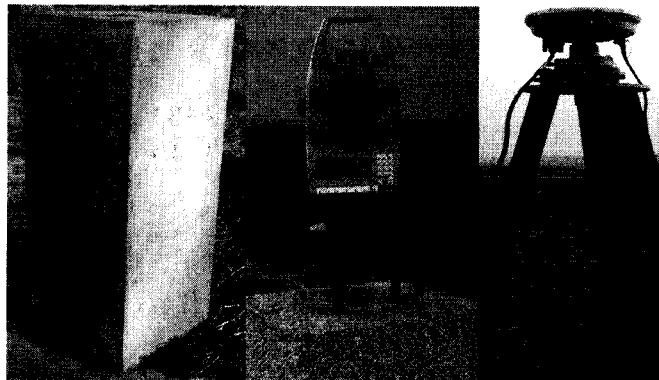


图 3.1.2—1 地面强制归心装置的观测墩

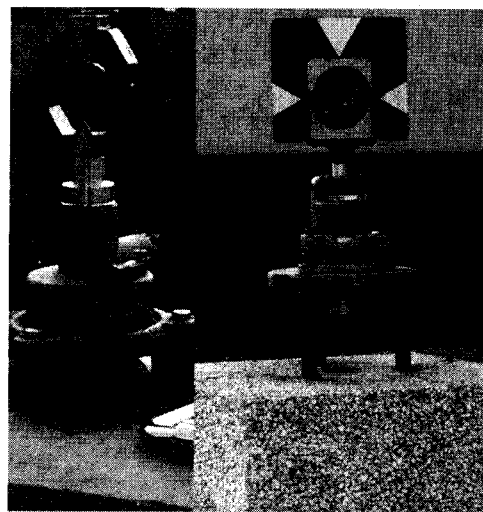


图 3.1.2—2 照准标志采用强制对中装置的觇牌

3.2 观测方法及精度控制

3.2.1 沉降变形监测基本要求

1 水准基点使用时应做稳定性检验，以稳定或相对稳定的点作为沉降变形的参考点，并应有一定数量的稳固可靠的点校核。

2 每次观测前，对所使用的仪器和设备进行检验校正，并保留检验记录。

3 每次沉降变形观测时应符合下列要求：

- 1) 参与观测的人员必须经过培训才能上岗，并固定观测人员；
- 2) 沉降变形观测实行“五固定”原则，即固定水准点和工作基点、固定人员、固定测量仪器、固定监测环境条件、固定测量路线和方法。

3.2.2 观测仪器

1 水准仪。使用的水准仪型号和标尺类型除应符合表 3.2.2—1 的规定外，还应符合现行《国家一、二等水准测量规范》(GB/T12896)、《国家三、四等水准测量规范》(GB 12898) 及《建筑变形测量规范》(JGJ8)，当规范不一致时，应执行高标准。

2 GPS 仪器。选用的 GPS 接收机，除应根据项目需要并满足表 3.2.2—1 和表 3.2.2—2 的要求，还应符合现行国家标准《全球定位系统 (GPS) 测量规范》(GB/T18314) 的相应规定。

表 3.2.2—1 变形测量等级及精度要求 (mm)

变形测量等级	垂直位移测量		水平位移观测
	变形点的高程中误差	相邻变形点的高程中误差	变形点点位中误差
一等	±0.3	±0.1	±1.5
二等	±0.5	±0.3	±3.0
三等	±1.0	±0.5	±6.0

表 3.2.2—2 水平位移监测网的主要技术要求

等级	相邻基准点的点位中误差 (mm)	平均边长 (m)	测角中误差 (")	最弱边相对中误差	作业要求
一等	±1.5	<300	±0.7	≤1/250 000	国家一等平面控制测量
		<150	±1.0	≤1/120 000	国家二等平面控制测量
二等	±3.0	<300	±1.0	≤1/120 000	国家二等平面控制测量
		<150	±1.8	≤1/70 000	国家三等平面控制测量
三等	±6.0	<350	±1.8	≤1/70 000	国家三等平面控制测量
		<200	±2.5	≤1/40 000	国家四等平面控制测量

3 全站仪选用应根据项目需要，除考虑测角精度和测距精度外，应满足表 3.2.2—1 和表 3.2.2—2 的要求，此外还应符合现行国家标准《精密工程测量规范》(GB/T15314) 的相应规定。

3.2.3 沉降变形监测观测具体要求

1 水准网的观测按照预先制定的技术方案进行施测，采用单路线往返观测。每次观测均应形成闭合检验条件。

2 使用仪器各种设置正确，其中有限差要求的项目按规范要求要求在仪器中进行设置，并在数据采集时自动控制，不满足要求的在现场进行提示并进行重测。

3 外业测量一条路线的往返测使用同一类型仪器和转点尺垫，沿同一路线进行。观测测站限差的设置、观测成果的重测和取舍按现行相关国家规范及铁路行业标准有关要求执行。

4 观测时，一般按后—前—前—后的顺序进行，对于有变换奇偶站功能的电子水准仪，按以下顺序进行：

- 1) 往测：奇数站为后—前—前—后，偶数站为前—后—后—前；
- 2) 返测：奇数站为前—后—后—前，偶数站为后—前—前—后。

5 每一测段均为偶数测站。晴天观测时给仪器打伞，避免阳光直射；扶尺时借助尺撑，使标尺上的气泡居中，标尺垂直。

6 观测前 30 min，将仪器置于露天阴影处，使仪器与外界气温趋于一致；对于数字式水准仪，进行不少于 20 次单次测量，达到仪器预热的目的。测量中避免望远镜直接对着太阳；避免视线被遮挡，遮挡不超过标尺在望远镜中截长的 20%。观测时用测伞遮蔽阳光，对于电子水准仪，施测时均装遮光罩。

7 自动安平水准仪的圆水准器严格置平。在连续各测站上安置水准仪时，使其中两脚螺旋与水准路线方向平行，第三脚螺旋轮换置于路线方向的左侧与右侧。除路线拐弯处外，每一测站上仪器与前后视标尺的三个位置，一般为接近一条直线。

8 观测过程中为保证水准尺的稳定性，选用 2.5 kg 以上的尺垫，水准观测路线必须路面硬实，观测过程中尺垫踩实以避免尺垫下沉。同时观测过程中避免仪器安置在容易震动的地方，如果临时有震动，确认震动源造成的震动消失后，再激发测量键。水准尺均借助尺撑整平扶直，确保水准尺垂直。

9 对于宽度较宽的河、湖水中的沉降测量，按照跨河水准测量要求进行观测。

10 数据处理时，闭合差、中误差等均满足要求后进行平差计算，主水准路线须进行严密平差，选用经鉴定合格的软件进行。

3.2.4 变形监测网技术要求

1 有砟轨道变形观测依据不同项目的各自特点，综合考虑各种因素，制定出具体的、适合于本项目实际情况的观测方法和适宜的精度控制标准。

2 无砟轨道变形观测等级及精度应满足表 3.2.2—1 的要求，水平位移监测网应满足表 3.2.2—2 的要求，垂直位移监测网应满足表 3.2.4 的要求。

表 3.2.4 垂直位移监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、附和或环线闭合差 (mm)	监测已测高差较差 (mm)	使用仪器、观测方法及要求
一等	0.3	0.07	$0.15\sqrt{n}$	$0.2\sqrt{n}$	DS ₀₅ 型仪器，视线长度 ≤ 15 m，前后视距差 ≤ 0.3 m，视距累积差 ≤ 1.5 m，宜按国家一等水准测量的技术要求施测
二等	0.5	0.13	$0.3\sqrt{n}$	$0.5\sqrt{n}$	DS ₀₅ 型仪器，宜按国家一等水准测量的技术要求施测
三等	1.0	0.3	$0.6\sqrt{n}$	$0.8\sqrt{n}$	DS ₀₅ 或 DS ₁ 型仪器，宜按《客运专线无砟轨道铁路工程测量暂行规定》二等水准测量的技术要求施测

4 变形观测点布设与观测

每个观测段落至少有 2 个工作基点, 形成附和或闭合水准线路。变形观测采用水准测量方法, 水准测量的精度为 $\pm 1.0 \text{ mm}$, 读数取位至 0.1 mm 。

4.1 路 基

4.1.1 沉降板

1 普通沉降板

1) 普通沉降板由底板、测杆和保护套管组成, 见图 4.1.1—1。底板可采用混凝土预制或采用钢板; 测杆可采用钢管, 与底板固定在垂直位置上; 保护管采用塑料套管, 套管尺寸以能套住测杆并使标尺能进入为宜。随着填土增高, 测杆和套管亦相应接高, 每节长不超过 1.0 m 。接高后测杆顶面应略高于套管上口, 测杆顶用顶帽封住管口, 避免填料落入管内而影响测杆下沉自由度。

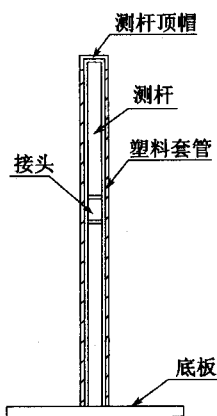


图 4.1.1—1 普通沉降板

2) 沉降板一般设置在线路中心或路肩, 根据观测内容不同, 沉降板埋设于路基基底或路堤基床底层表面, 对于桩网复合地基应埋设于垫层上顶面, 沉降板埋设位置采用全站仪定位。

3) 观测方法:

- ① 采用水准测量, 按测量精度要求和频次定期观测沉降板测杆顶面测点高程;
- ② 沉降板观测时应在测杆头上套一个专用的测量帽;
- ③ 测量帽下部以刚好套入测杆为宜, 测量帽上部以中心为一半球形的测点为宜;
- ④ 在沉降板测杆接高时应同时测量接高前后的测杆高程。

2 组合式沉降板

1) 组合式沉降板主要由沉降板和连接管组成, 见图 4.1.1—2。

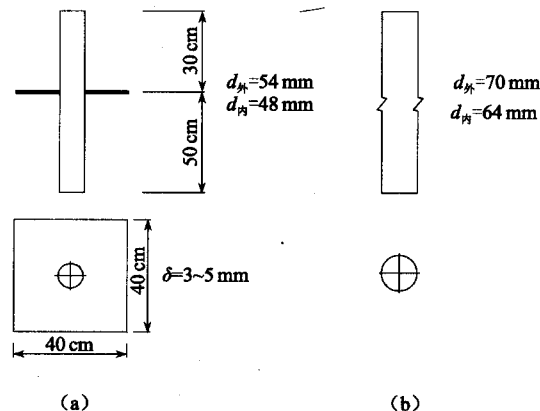


图 4.1.1—2 组合式沉降板与连接管

- ① 沉降板可采用正方形钢板, 厚度不小于 3 mm ; 中间穿套镀锌钢管 (作防锈处理) 或其他不产生锈蚀的管材, 壁厚不小于 3 mm 。管与板需焊牢, 相互垂直, 板以上的管为上管, 以下为下管, 上管也可做成可拆卸结构, 与沉降板用丝扣连接, 见图 4.1.1—2(a)。
- ② 连接管可用镀锌钢管 (做防锈处理) 或其他不产生

锈蚀的管材,壁厚不小于3 mm,长度根据沉降板在深度上的布置,一般取沉降板间距减15 cm。每组组合式沉降板的最下端是底管,它与连接管直径一样,长120 cm,下端焊接封口,见图4.1.1—2(b)。

- ③ 圆形圈用于沉降板下小管套在大管内时的封口,其内径稍小于沉降板管的外径,圈的粗细直径为8~10 mm,可在橡胶厂按要求订做。组合式沉降板组合关系见图4.1.1—3。

- ④ 量测钢尺,在钢尺的端部用铆接的方法接上量测连接杆。当钢尺下到组合式沉降板的管内时,可以与沉降板下管口连接上,量测下管口至地面管口的距离。连接杆质量约0.6~0.8 kg。

- 2) 组合式沉降板一般设置在线路中心或路肩,根据观测内容不同,沉降板埋设于路堤基底和路

堤基床底层上表面,埋设于路堤基底主要是为了观测地基沉降,埋设于路堤基床底层上表面主要是为了观测路基面沉降。沉降板埋设位置采用全站仪定位。

组合式沉降板埋设时应考虑线路运营期间观测的方便和安全,因需要在孔口进行钢尺量测和抄平。沿高度上的布置沉降板的间距一般不小于2.0 m,可以考虑埋设于路堤基底和路堤基床底层上表面等位置。

- ① 埋设前的准备工作:组合式沉降板的埋设是配合路基的施工,在施工过程中逐次将连接管和沉降板埋

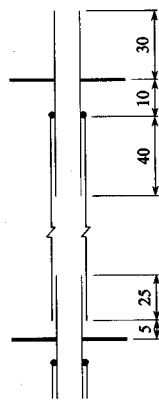


图4.1.1—3 组合式沉降板组合关系示意(单位:cm)

入路基内,形成互相套接的,而相互不接触的成组沉降板,在一组沉降板中,沉降板可以沿深度布置在需要的位置上。一组沉降板的平面位置可按测试需要确定。

在路基(或地基处理)施工之前,应确定每组组合式沉降板埋设的位置,并根据该处路基高度和计划好在深度上沉降板的位置,设计出底管、各个沉降板和连接管在路基中的高程,以供埋设时掌握进度,并按此高程埋设沉降板和连接管。

确定埋设的位置用全站仪定位,该位置在整个埋设过程中每个部件的埋设均需恢复定位和校核部件的位置,必须要记下定位参数,保护好支镜点。

- ② 观测路基基底在路基自重和上覆荷重作用下的沉降,需从地基面便开始沉降板的埋设。埋设步骤如下:

- 成孔:填土前在预定位置用洛阳铲掏出约1.5 m深(使底管上口距地面约30 cm)、直径80~90 mm的孔。
- 放入底管,并盖上管帽(管帽是用作埋设过程中临时盖沉降管,尺寸以能套在沉降管上,封口即可),这时须用全站仪校对底管的位置,之后将上余不满的孔回填,恢复地平。
- 挖埋设沉降板的坑。当填土高度约50~60 cm(填土标高到设计的沉降板上口加约30 cm时,若采用可拆卸上管,填土高度则可为30 cm),用全站仪定出该组埋设的位置,挖出45 cm见方的坑,深约50~60 cm(采用可拆卸上管时深度为30 cm,对于第一块沉降板即到原地面),并将坑底整平。之后用洛阳铲将底管以上的填土掏出

(这时要小心与管帽的碰撞), 并将管帽用提勾取出, 这个过程的操作一定要注意不要将土落入底管。

- d) 在沉降板下管安置圆形圈套。将圆形圈套在沉降板下管约距下端不到 40 cm 的位置 (也可量测坑底面到下面底管口的距离, 确定圆形圈的位置), 此位置应考虑放沉降板时有将圆形圈往上推移个小距离, 可将底管口封的较严实。
- e) 埋设沉降板。上述工作之后, 放置沉降板, 用全站仪复核对中, 且沉降板水平 (用水平尺检查)。沉降板放好后, 进行抄平给出每个沉降板起始标高 (以后观测计算沉降的起点), 然后盖上与之配套的管帽。
- f) 恢复地坪。将坑回填, 恢复施工地面, 注意密实度要与周围已碾压后的填土尽量一致。
- g) 埋设连接管。当填土标高到沉降管上口加 30 cm 时, 进行连接管的埋设。全站仪定点, 用洛阳铲掏孔、取管帽等。将套管下到孔内, 且将沉降板的上管套进约 25 cm, 用全站仪校对连接管的位置, 然后盖上管帽。将套管周围填土, 用击实锤捣实, 并回填连接管上约 30 cm 的孔, 恢复原施工面。

填土继续施工, 当填土标高到第二块沉降板上口设计标高加约 30 cm (若采用可拆卸上管, 填土标高则为沉降板设计标高加约 30 cm), 按 c) ~ g) 项埋设沉降板及以后的连接管、沉降板, 直到路基施工结束。最上面的地面沉降板上管口应用带丝扣的管帽, 打开时用专用工具。

- ③ 如需对地基以下, 如地基处理范围的底部和中部, 或以下某个部位进行沉降观测, 按下述方法埋设地

基内部的深部沉降板。

根据埋设部位到地面的深度, 设计深部沉降板。深部沉降板由深部板和深部管组成, 二者焊在一起。深部管的直径与组合式沉降板的连接管相同, 用外管箍接长, 在孔口的位置与底管一样。在深部管的上端以下约 100 cm 处的管内, 居中焊长 10 cm, 与沉降板下管相同直径的一节管。在深部管的外侧再套一个护管, 结构见图 4.1.1—4。

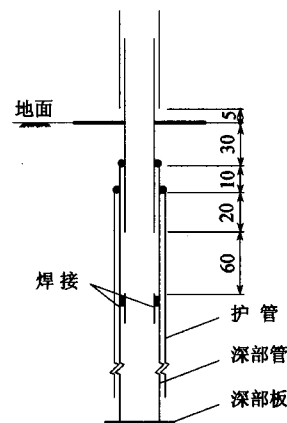


图 4.1.1—4 地基内深部沉降板和组合式沉降板连接示意图 (单位: cm)

打孔至需埋设的深度, 将深部沉降板与护管下到孔底。孔底须捣实, 护管下口与深部板要有约 30 ~ 40 cm 的距离。这时深部管一方面作为深部沉降观测的标志, 另一方面也起到组合式沉降板中底管的作用。地面以上的组合式沉降板的埋设与上述相同, 只是地面上的沉降板下管长改为 60 cm, 沉降板与深部管的管口距离为 30 cm。

- ④ 组合式沉降板埋设的程序见图 4.1.1—5。

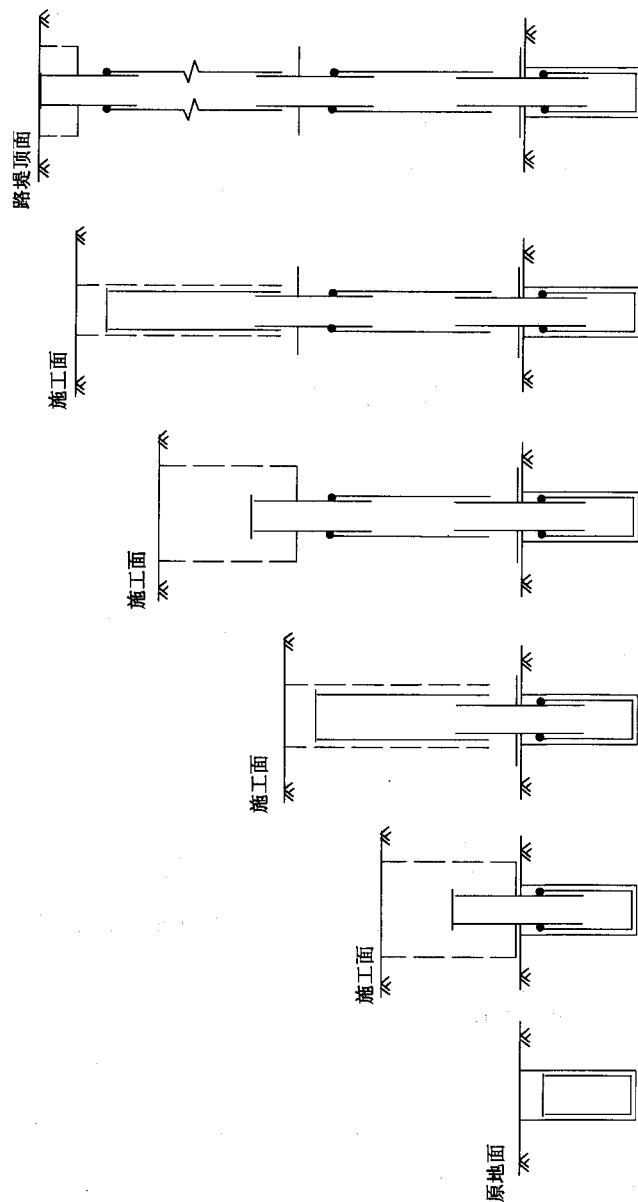


图 4.1.1—5 组合式沉降板埋设程序图

4.1.2 沉降水杯

1 沉降水杯观测系统包括储水室、排水室、观测杯、进水管、排水管和排气管，见图 4.1.2。容器的大小和排水管的管径、管壁厚度对观测的精度有较大影响。如果容器的高度 h_1 过小，将使排水室中的水无法完全经排水管排出，而是经排气管排入路基，因此要求容器高度应大于一定数值，建议 h_1 在 8 ~ 12 cm 范围。在保证 h_1 高度的同时，应尽量增大容器内储水室的高度 h_2 和排水孔 A_2 与排气孔 A_3 的间隔高度 h_3 。管路系统一般采用软管，如 PVC 管。排水管管壁应较厚（不小于 2 mm），刚度较大，管径应不小于 8 mm，宜为 10 ~ 15 mm。

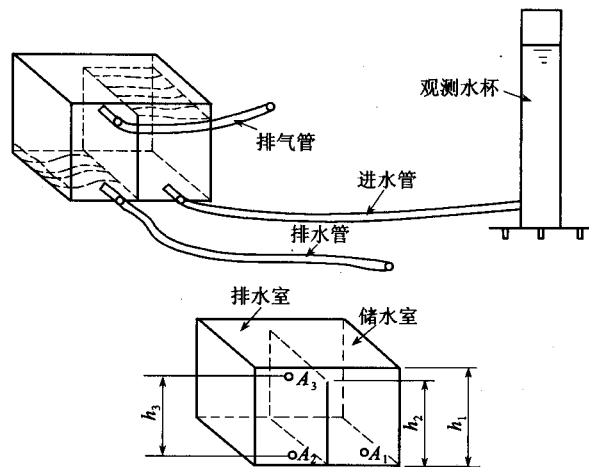


图 4.1.2 沉降水杯观测系统示意图

2 沉降水杯一般设置在线路中心或路肩，根据观测内容不同，沉降水杯埋设于路堤基底和路堤基床底层上表面。埋设于路堤基底主要是为了观测地基沉降，埋设于路堤基床底层上表面主要是为了观测路基面沉降。

1) 为防止路基施工碾压机具施工时对管路造成破坏，管路系统应套上铁皮软管保护，并在碾压完成的路基层

次上挖槽埋设。

- 2) 管路系统应预埋在测点以下 10 ~ 20 cm (路基沉降大时取高值, 反之取低值), 以增加排水管路的水头, 保证排水畅通。
 - 3) 在挖槽埋设管路系统时, 槽底向路基外应有一定的坡度, 坡度应小于 5%, 严格禁止槽底中途突出上翘, 并要求靠水杯的一段管路的坡度应小于 10%。
 - 4) 埋设水杯时, 应该在路基施工高度高出测量点 15cm 左右的层次碾压完成后, 再挖坑至测点埋设水杯, 并把预先埋设在下部的管路系统与水杯相接。
- 3 沉降水杯的观测:

- 1) 沉降水杯观测系统埋设完成后应立即进行灌水试验, 一是为了检查管路是否畅通, 以便及时进行纠正; 二是测量观测点的高程初始值。在进行灌水量测高程时, 应注意以下几点:
 - ① 观测杯上的刻度所代表的高程, 在每次测量前应进行矫正;
 - ② 向观测杯中加水时, 应缓慢沿杯壁倒入, 以防止产生气泡, 影响测量精度;
 - ③ 观测杯中的水位在灌水时, 大致保持与观测点高度一致, 不宜过高或过低, 过高会使进水管中的水以较大速度涌进储水室, 造成储水室中的水过量排走, 最终观测杯液面低于观测点高度, 过低则会使储水室无法装满, 水不能溢入排水室, 也导致观测杯液面低于观测点高度;
 - ④ 在确认管路中的气泡已排除完毕后, 向观测杯加少量水, 待液面稳定后方可读数, 之后再向观测杯中加一次水, 再读数, 可取其平均值作为观测点高程;
 - ⑤ 为检查管路中的气泡是否排完, 可将排水管尾段稍

微提起, 让排出的水滞留一些在尾段, 然后再向观测杯中加水, 观察尾段涌出的水中有无气泡即可判断, 并可从尾段涌水的速度与时间间隔判断该测量系统的灵敏度;

- ⑥ 排水管和进水管管口在每次测量后应密封, 防止异物堵塞。

4.1.3 观测标

1 路基面沉降观测标可以采用埋设钢钎或钢筋混凝土沉降观测桩, 钢钎长度不小于 60cm, 直径不小于 40mm, 顶面磨圆。轨道板底座两侧或支挡等结构物上设置观测标时, 可采用不锈钢观测标, 见图 4.1.3。

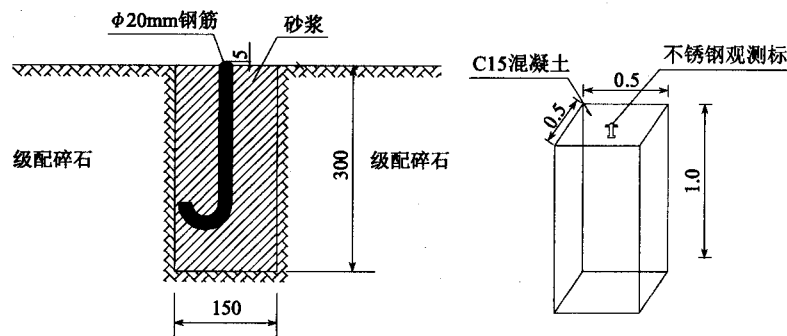


图 4.1.3 沉降观测点设置参考图

2 观测标一般设置在路基面两侧路肩、轨道板底座两侧或挡土墙等支挡结构物上, 或根据需要设置, 基础必须稳定坚固。

3 观测方法如下:

- 1) 沉降观测桩采用水准测量方法, 按测量精度要求和频次定期观测路肩观测桩顶面测点高程;
- 2) 位移观测边桩采用水平位移观测方法, 按测量精度要求和频次定期观测位移观测边桩水平位移。

4.1.4 剖面管

1 结构形式

- 1) 仪器构成：一般由探测器（沉降仪探头）、手提式数字指示器、连接电缆、剖面沉降管、观测桩和保护墩等部分组成，见图 4.1.4。

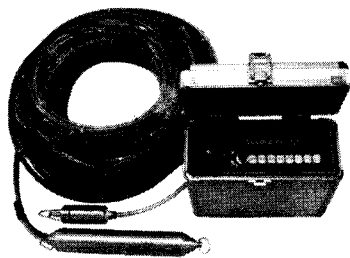


图 4.1.4 横剖面沉降测试仪

- 2) 剖面管采用专用的高强 PVC 塑料硬管，其抗弯刚度能适应被测土体的竖向位移要求，柔韧性好，不易压碎。
- 3) 沉降管两头设置混凝土保护墩，并于一侧管口处设置观测桩，并在观测桩顶预埋不锈钢观测标。
- 2 埋设位置：一般埋设于路基地基处理面以上，桩网复合地基应埋设于垫层上顶面。
- 3 埋设方法如下：
- 1) 在地基加固或路基面施工填土至一定高度、碾压密实后开槽埋设，开槽宽度 20 ~ 30 cm，开槽深度至地基加固表层顶面，槽底回填一定厚度的中粗砂，在槽内敷设沉降管（沉降管内穿入用于拉动测头的镀锌钢丝绳），其上夯填中粗砂至与碾压面平齐。
- 2) 沉降管埋设位置处于挡土墙或其他结构物处沿所设孔洞穿越（如京津城际铁路设穿越扶壁式挡土墙）。
- 3) 沉降管敷设完成后，两头砌筑观测坑，并于一侧管口处设置观测桩。
- 4 管口保护：在观测坑上加设盖板，对孔口进行长期保护，并做好坑内及其周围的排水。

5 观测方法如下：

- 1) 采用横剖仪和水准仪进行横剖面沉降观测；
- 2) 每次观测时，首先用水准仪测出横剖面管一侧的观测桩顶高程，再把横剖仪放置于观测桩顶测量初值，然后用横剖仪测量各测点；
- 3) 测点间距根据设计要求和工程地质特点确定；
- 4) 剖面沉降观测的精度应不低于 4 mm/30 m。

4.1.5 观测断面

路基沉降观测应以路基面沉降和地基沉降观测为主，可在线路两侧设置地基和路肩观测桩及在地基和基床表层底面设置剖面沉降变形观测装置，或在线路中心设置沉降板；在过渡段宜布置剖面沉降管，并在管口设置沉降观测桩。路基观测附合水准路线一般 200 m，高路堤可延长至 600 ~ 800 m。

1 路基沉降观测断面的设置及观测断面的观测内容应根据沉降控制要求、地形地质条件、地基处理方法、路堤高度、堆载预压等具体情况并结合施工工期和沉降预测方法有侧重地布置。

2 沉降观测断面的间距一般不应大于 50 m，对于地势平坦、地基条件均匀良好、高度小于 5 m 的路堤或路堑可以放宽到 100 m；对于过渡段和地形地质条件变化较大的地段应适当加密。

3 沉降观测装置的具体埋设位置应符合设计要求，且埋设稳定。观测期间应对观测点采取有效的保护措施。

路基面观测设备由于受到施工干扰，其设置位置及方式有时候需要根据施工进度进行调整，比如用于测量路基面沉降的沉降板在预压土卸载后如果保留会对后续基床表层填筑及轨道结构施工造成干扰，因此需要随预压土一起撤除，为保证路基面沉降观测的连续性，可在路肩位置设置观测标取代沉降板的观测。路肩观测标同样存在施工干扰及稳定问题，因此可在轨道底座板施工完成后，将观测标移至底座板边缘进行长期沉降变形观测，见图 4.1.5。

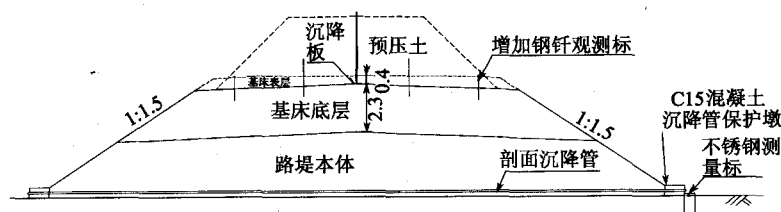


图 4.1.5 观测点的转移

4.1.6 观测频率

路基沉降观测的频率应满足表 4.1.6 的要求。实际工作进行时，观测时间的间隔还要看地基的沉降值和沉降速率，两次连续观测的沉降差值大于 4 mm 时应加密观测频率。当出现沉降突变、地下水变化及降雨等外部环境变化时应增加观测频率。路基施工各节点时间，包括路基堆载预压土前后、卸载预压土前后、运梁车架桥机通过前后、基床表层施工、轨道板底座施工、铺板、轨道板精调或铺砟以及铺轨时等，应具有沉降观测数据。观测过程中及时整理绘制“填土—时间—沉降”曲线图。

表 4.1.6 路基沉降观测频率表

观测阶段	观测频率	
填筑或堆载	一般	1 次/天
	每天填筑量超过 3 层时	1 次/每填筑 3 层
	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/2 周
	3 个月以后	1 次/月
轨道铺设后	第 1 个月	1 次/2 周
	第 2~3 个月	1 次/月
	3 个月以后	1 次/3 月

4.2 桥 涵

4.2.1 桥梁梁体收缩徐变变形

对于原材料变化不大、预制工艺稳定、批量生产的预应力混凝土预制梁，按照每 30 孔梁选择 1 孔设标观测。当实测弹性上拱度大于设计值时，该孔梁前后未观测的梁应补充观测标并逐孔进行观测；对于移动模架施工的梁，可对前 5~6 孔梁进行重点观测以验证支架预设拱度的精度，经验证达到设计要求后可每 10 孔梁选择 1 孔设标观测；对于实测上拱度大于设计值的梁，该孔梁前后未观测的梁均应补充观测标志进行逐孔观测；其余现浇梁应逐孔设置观测标志进行变形观测。

1 徐变的观测标志应牢固设置于桥梁结构上，观测标志直径 20 mm，埋入混凝土深度 500 mm 并设标准半圆弯钩，外露 20 mm，材质为不锈钢 GB00Cr17Ni14Mo2。徐变和沉降变形的观测标志可参照图 4.2.1—1 设置。

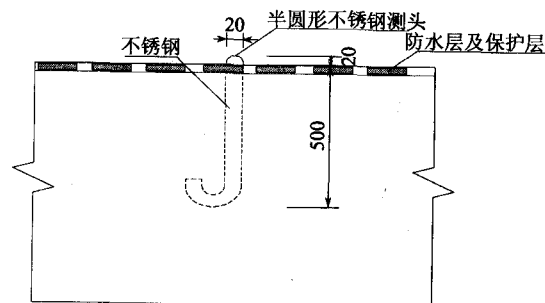


图 4.2.1—1 徐变变形观测标志 (单位: mm)

2 布置方式如下:

1) 对于铺设无砟轨道的客运专线铁路桥梁一般均采用箱形截面梁，其梁体徐变观测点应按以下原则布置，见图 4.2.1—2、图 4.2.1—3。

① 沿线路纵向一般每隔 8~10 m 左右设 1 个观测点，

具体为在梁体支点截面、1/2 截面、1/4 截面和 3/4 截面均应设置变形观测点，若桥梁单跨跨长较大或采用连续结构时，可在上述布置要求的基础上内插增加观测点。

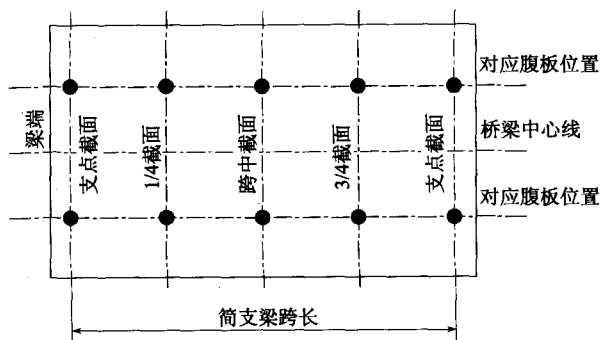


图 4.2.1—2 简支梁观测标志平面布置图

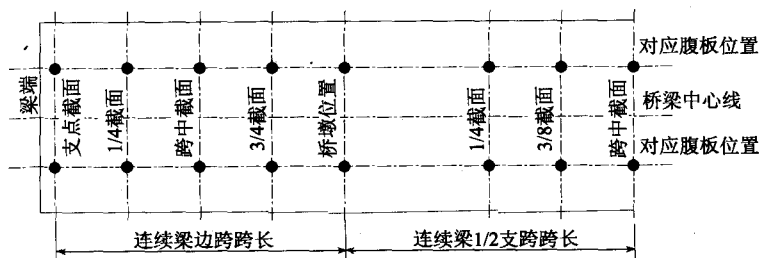


图 4.2.1—3 连续梁观测标志平面布置图

- ② 桥梁横向截面上的观测点一般布置在箱梁两侧腹板的梁体底板或桥面顶板上，即采用纵向 2 排的布置方式，见图 4.2.1—4，并应保证桥梁泄水管和观测点错开布置。一般情况下观测标志布置在桥面顶板上，此种布置方式测量方便、数据质量容易保障，但桥面上施工其他工程项目时观测标志易被破坏，观测时应引起注意。

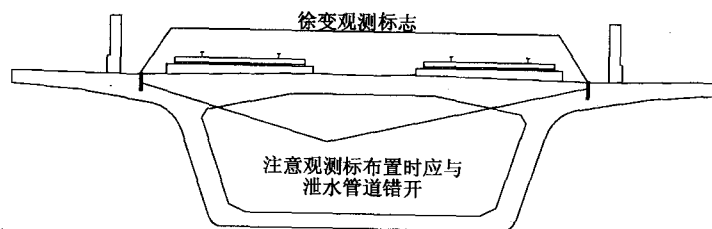


图 4.2.1—4 观测标横截面布置图

- ③ 一般跨度桥梁结构徐变观测标志数量可按表 4.2.1 设置。

表 4.2.1 一般跨度桥梁徐变观测点统计表

跨 度	徐变观测点 (个)
20m、24m (包含 20m 以下) 简支箱梁	10
32m、40m 简支箱梁	10
32m + 48m + 32m 混凝土连续梁	30
40m + 64m + 40m 混凝土连续梁	38
48m + 80m + 48m 混凝土连续梁	46
60m + 100m + 60m 混凝土连续梁	56

- 2) 对于有砟轨道的桥梁结构，可选择在梁体顶面或梁体底面布设徐变观测标志，一般情况下建议观测标志设在梁底的布置方式为优先选择的布置方案。

- 3 当在桥梁顶板设置观测点时，每次变形观测均需挖开桥面道砟，测量完成后再进行局部道砟的人工捣固作业，这种观测方式不但要求配置必需的测量人员和仪器设备，同时还需要线路养护人员的配合作业方可进行测量，而且轨道道砟捣固后的质量难以保证，因此一般情况下不建议采用此种徐变观测标志的布置方式。当在桥梁梁底位置设观测标志时，此时徐变观测需在桥下进行，因此观测梁跨梁底至地面的高度应控制在 4 ~ 5 m 左右，

用以保证倒尺观测的方法可以在实际测量中予以实现。

徐变观测标志数量同无砟轨道。

4 观测方法：梁体徐变变形主要反映的是桥跨结构本身的变形情况，因此在进行变形观测时可不要求对徐变观测点测量其绝对高程，但必须将变形观测点相对于整体桥跨结构的相对变形予以准确测量，从而客观的体现出梁体徐变发展变化的实际情况。

徐变变形观测中可按照如下方法进行观测：

- 1) 选择变形观测点的投影平面，一般选取简支梁端支点截面3个观测点形成观测的基准投影面即变形零平面；
- 2) 在梁体预应力张拉前进行首次变形观测测量，将各观测点变形的初始情况予以确认；
- 3) 在已确定的基准投影面上对其他观测点的变形进行观测，从而形成每个观测工点的徐变变形曲线；对于连续结构应选择桥墩位置处的观测点形成基础投影面，见图4.2.1—5；投影平面的观测点应分布在桥梁梁跨两端，并在现场做好标记便于识别，长期使用不再变化。

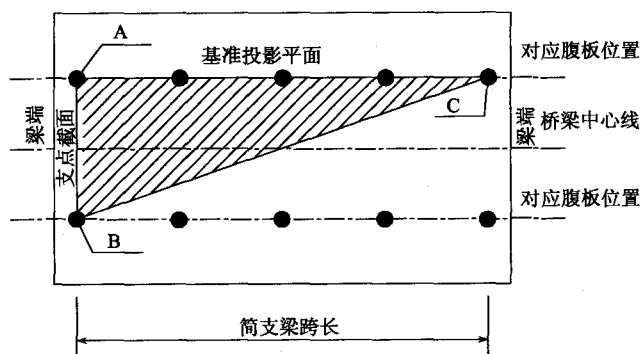


图 4.2.1—5 徐变观测基准投影面布置图

对于梁体的收缩徐变变形也可采用其他方法进行观测，但须保证观测结果准确可靠。

4.2.2 桥墩台及基础沉降观测

1 沉降观测标志可按照梁体徐变变形所采用的标志执行。

2 布置方式如下：

- 1) 墩台及基础观测标志的布置，见图4.2.2—1。每个桥墩均设置基础观测标、墩身观测标，具体要求如下：

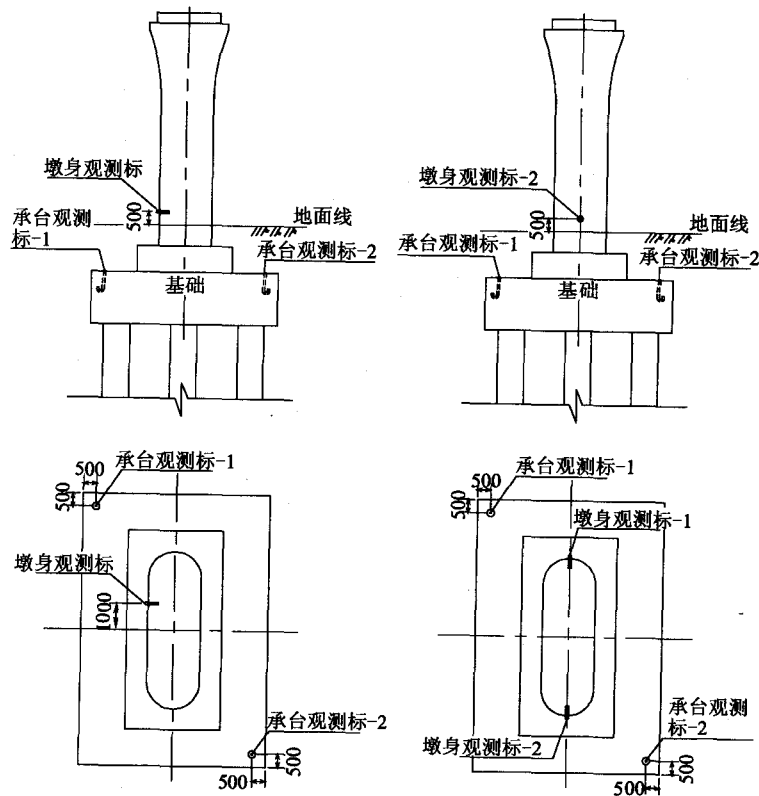


图 4.2.2—1 墩身及基础沉降观测布置图（单位：mm）

① 基础观测标设 2 个, 1 号标志设置于底层承台左侧小里程角上, 2 号标志设置于底层承台右侧大里程角上。

② 桥墩观测标埋设, 一般情况下当墩全高大于 14 m 时 (指承台顶至墩台垫石顶), 墩身上埋设两个观测标; 当墩全高小于等于 14 m 时, 埋设一个观测标。

桥墩观测标志一般设置在墩底高出地面或常水位 0.5 m 左右; 当墩身较矮, 梁底距地面净空不足 4.0 m 时, 桥墩观测标也可在对应墩身埋标位置的顶帽上埋设。

③ 涵洞 (框架桥) 出入口帽石顶及结构长度 1/4、1/2 和 3/4 处内侧边墙上应各设置一个沉降观测标, 一般情况下标志间距为 5~8 m 并不少于 10 个观测点, 观测标埋设位置应高于地面不小于 0.5 m, 见图 4.2.2—2。

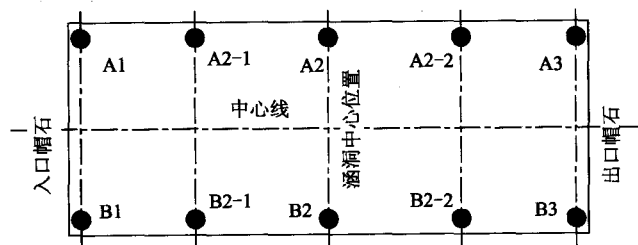


图 4.2.2—2 涵洞 (框架) 观测标布置

3 观测方法: 沉降观测依据观测点的埋设布置, 应在水准基点与沉降观测点之间建立固定的观测路线, 见图 4.2.2—3, 观测方法可采用支路线法和附和水准路线法。根据施测方案及确定的观测周期, 首次观测应在观测点安装稳固后及时进行, 并在架设仪器站点与转点处施作标记桩, 保证各次观测路线统一。

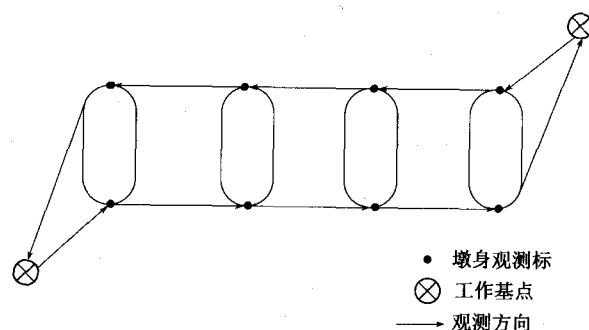


图 4.2.2—3 沉降观测路线示意图

4 观测频率

1) 梁体的竖向变形应该从梁体预应力张拉开始至轨道铺设前、后均应进行系统的长期观测, 对观测数据通过计算分析得出梁体发生徐变变形的趋势和稳定状态, 提出轨道铺设条件是否具备的评定意见。徐变观测以梁体预应力张拉前为变形观测起点, 变形观测的阶段及频率应满足表 4.2.2—1 的要求。

表 4.2.2—1 梁体竖向变形观测频率

观测阶段	观测频率		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 1 次	测试梁体弹性变形
桥梁附属设施安装	全程	安装前后各 1 次	测试梁体弹性变形
预应力张拉完成 ~ 轨道铺设前	≥ 2 个月	1 次/1、3、5 天, 后期 1 次/周	
轨道铺设期间	全程	1 次/天	
轨道铺设完成后	24 个月	0~3 个月	残余徐变变形 (长期观测)
		4~12 个月	
		13~24 个月	

2) 沉降观测

① 桥梁墩台沉降观测频率应满足表 4.2.2—2 要求。

表 4.2.2—2 桥梁墩台沉降观测频率

观测次数	观测周期
桥墩	
初始测量	承台施工完后 24h 内
承台测量	以上各级承台施工完后 24h 内
第一次测量	桥墩施工完后第 1 天
第二次测量	桥墩施工完后第 7 天
第三次测量	桥墩施工完后第 14 天
连续测量	桥墩施工完后 1~3 月, 每 14 天为一测量周期
	桥墩施工完后 4~6 月, 每 28 天为一测量周期
架梁以后	
第一次测量	架梁后第 1 天 (架梁前 1 天应进行观测)
第二次测量	架梁后第 3 天
第三次测量	架梁后第 7 天
第四次测量	架梁后第 14 天
第五次测量	架梁后第 21 天
第六次测量	架梁后第 28 天
连续测量	第 2~3 个月, 每 14 天为一测量周期
	第 4~6 个月, 每 28 天为一测量周期
	第 7~24 个月, 每 3 个月为一测量周期
二期恒载	
第一次测量	二期恒载施工后第 1 天 (施工前 1 天应进行观测)
第二次测量	二期恒载施工后第 7 天

续表 4.2.2—2

观测次数	观测周期
二期恒载	
第三次测量	二期恒载施工后第 14 天
第四次测量	二期恒载施工后第 21 天
第五次测量	二期恒载施工后第 28 天
连续测量	第 2~3 个月, 每 14 天为一测量周期
	第 4~6 个月, 每 28 天为一测量周期
	第 7~24 个月, 每 3 个月为一测量周期
	第 24~48 个月, 每 6 个月为一测量周期
	第 48 个月以后, 每 12 个月为一测量周期

② 框架桥及涵洞沉降观测频率应满足表 4.2.2—3 要求。

表 4.2.2—3 涵洞 (框架桥) 沉降观测频率

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	—	—	
涵洞主体施工期间	全程	荷载变化前后各 1 次或 1 次/周	设置观测点、进行零观测及随后的测量
洞顶填土施工	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	至少进行 2 次通过前后的观测
涵洞完成 ~ 轨道铺设前	≥6 个月	1 次/周	
轨道铺设期间	全程	1 次/天	

续表 4.2.2—3

观测阶段	观 测 频 率		备 注
	观测期限	观测周期	
轨道铺设完成后	24个月	0~3个月	工后沉降长期观测
		4~12个月	
		13~24个月	

4.3 隧 道

4.3.1 观测断面布设

1 隧道的进出口洞内进行地基处理的地段,从洞口起每25 m布设一个断面。

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,一般情况下Ⅲ级围岩每400 m、Ⅳ级围岩每300 m、Ⅴ级围岩每200 m布设一个观测断面,Ⅵ级围岩隧道及位于第四系沉积地层地下隧道观测断面间距沿线路纵向不应大于50 m。

3 明暗交界处、结构类型变化处及沉降变形缝位置应至少布设两个断面。

4 地应力较大、断层破碎带、膨胀土、湿陷性黄土等不良和复杂地质区段适当加密布设。

5 隧道洞口至分界里程范围内应至少布设一个观测断面。

6 路隧分界点处,路、隧两侧分别设置至少一个观测断面。

7 施工降水范围应至少布设一个观测断面。

8 长度大于20 m的明洞,每20 m设置一个观测断面。

9 在隧道双口掘进或有辅助坑道的隧道,由两个工作面相向施工贯通里程处两侧各设置一个观测断面。

4.3.2 隧道工程完成后,每个观测断面在相应于两侧边墙处设一对沉降观测点,原则上设于高于水沟盖板0.2 m处,见图4.3.2。

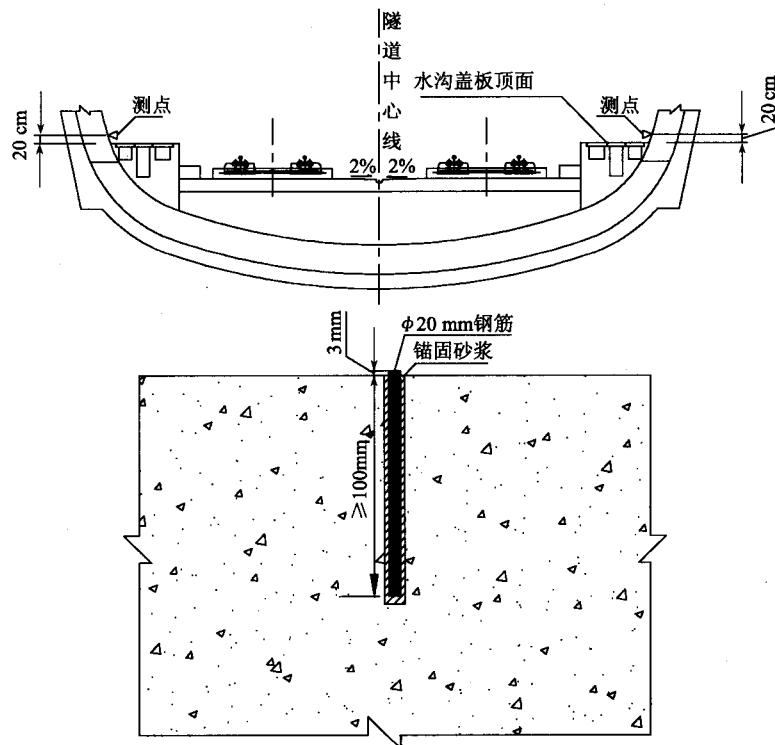


图 4.3.2 隧道基础沉降观测点设置示意图

4.3.3 一般布点应在隧道两侧边墙处,测点一般需外露3 mm。根据沉降量测要求,仰拱施作完成后进行布点监测,但因隧道施工的连续性,仰拱上部在无砟轨道施工前有施工运输车辆及设备频繁通过,测点伸出混凝土为3 mm,容易受到机械碰撞而损坏,观测受施工干扰大。而对于满铺无砟轨道基础的隧道,轨道板厚30 cm,当测点布预先铺设在仰拱上后,铺设道板时,测点会被道板压住,后续量测将无法进行。经综合分析,为了观测到各部位的总沉降,从隧道衬砌施作后开始,沉降观测也随即进行。沉降标志的埋设是在施工过程中进行的,隧道的施工要与标志的埋设做好协调,做到互不干扰、影响。

4.3.4 沉降观测的开始时间是在仰拱施工结束后立即进行, 沉降观测采用水准测量法, 采用水准仪进行量测。

4.3.5 观测频率

沉降观测的开始时间是在仰拱施工结束后, 隧道基础沉降观测频率应满足表 4.3.4 要求。沉降观测主要分为四个阶段:

表 4.3.4 隧道基础沉降观测频率

观测阶段	观测频次	
	观测期限	观测周期
仰拱施工完成至无砟轨道铺设前	不小于 3 个月	1 次/周
无砟轨道铺设期间	全程	1 次/天
无砟轨道铺设后至试运营开始的观测	全程	1 次/周
试运营期间	6 个月	0~1 个月 1 次/周
		1~3 个月 1 次/2 周
		3~6 个月 1 次/月

1 仰拱施工结束到铺设无砟轨道开始前的沉降观测阶段, 应对隧道内仰拱的沉降进行系统的观测, 直到工后沉降评估满足铺设无砟轨道要求为止。

2 无砟轨道铺设期间的沉降观测。

3 无砟轨道铺设后至试运营开始前的沉降观测。

4 无砟轨道铺设后试运营阶段的观测。

工程竣工验收时, 基础沉降观测点和观测资料应同时移交给工程接收单位。

每阶段的沉降观测, 在开始时一般可每周观测一次, 以后视两次观测的沉降量, 可根据该沉降量调整沉降观测的频率。

4.4 过渡段

4.4.1 观测断面布置如下:

1 过渡段应考虑线路纵向平顺性和不同结构物差异沉降, 桥涵两端的过渡段、路隧过渡段及堑堤过渡段均需要进行沉降观测。

2 不同结构物起点处、距起点 5~10 m、20~30 m 处分别设置观测断面。每个横向结构物每侧各设置一个观测断面, 沿涵洞轴线设路基观测断面, 每个观测断面观测点设置参照路堤。

3 路堤和路堑分界处设置观测断面。

4.4.2 过渡段测点布置沉降板、沉降水杯、观测标及剖面管等元器件, 埋设及观测同路基元器件。

4.4.3 过渡段沉降观测频率同路基沉降观测频次。

5 变形观测资料要求

5.0.1 变形观测单位应按照变形观测技术要求及时组织观测作业,观测数据按照统一格式填写,按月份将采集的数据进行整理,在规定时间以书面及电子文件两种形式的观测数据、变形曲线同时报送变形评估单位。

5.0.2 变形观测的数据记录可以采用手工记录和电子记录两种方式。

1 手工记录:观测手簿原始观测值和记事项目一律用铅笔直接记录于手簿中,文字、数字应清晰工整,不得潦草模糊;手簿中的任何原始记录不得擦去或涂改;对原始记录有错误的数字与文字,应仔细核对后以单线划去,在其上方写出正确的数字和文字,并在备考栏内注明原因,不得连环更改;对作废的测站记录,应以单线划去,并注明重测原因及重测结果记于何处,重测记录加注“重测”二字。测量作业除符合上述要求之外还应满足相关规范要求。

2 电子记录:电子数据记录的要求目前还没有详细的规定,除满足手工记录中关于数据格式和数据真实准确等要求之外,观测完成后还应同时对记录成果进行分析整理,核对无误后形成硬拷贝作为检查核备资料。

6 沉降预测方法

沉降预测应采用曲线回归法,并满足以下要求:

根据荷载施加完成不少于3个月的实际观测数据做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。沉降预测的可靠性应经过验证,间隔不少于3个月的两次预测的最终沉降的差值不应大于8mm。沉降预测时间 t 应满足下列条件:

$$S(t)/S(t=\infty) \geq 75\%$$

式中 $S(t)$ ——预测时的沉降观测值;

$S(t=\infty)$ ——预测的最终沉降值。

以下介绍利用沉降资料进行预测路基沉降随时间发展的常用方法。

6.1 双曲线法

6.1.1 双曲线方程为

$$S_t = S_0 + \frac{t}{a + bt} \quad (6.1.1-1)$$

$$S_t = S_0 + \frac{1}{b} \quad (6.1.2-2)$$

式中 S_t ——时间 t 时的沉降量;

S_t ——最终沉降量 ($t=\infty$);

S_0 ——初期沉降量 ($t=0$);

a, b ——将荷载不再变化后的实测数据经过回归求得的系数;

6.1.2 沉降计算的具体顺序如下:

- 1 确定起点时间 ($t=0$), 可取填方施工结束日为 $t=0$ 。
- 2 就各实测计算 $t/(S_t - S_0)$, 见图 6.1.2—1。

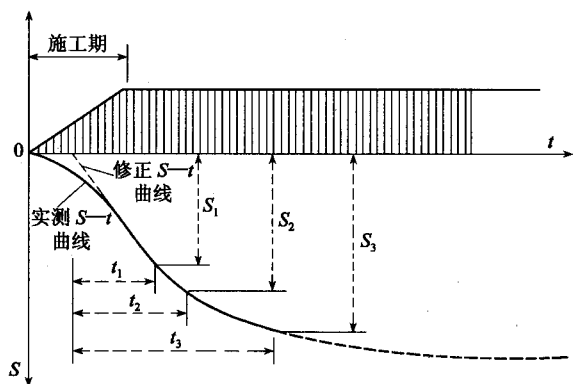


图 6.1.2—1 用实测值推算最终沉降

- 3 绘制 t 与 $t/(S_t - S_0)$ 的关系图, 并确定系数 a 和 b , 见图 6.1.2—2。

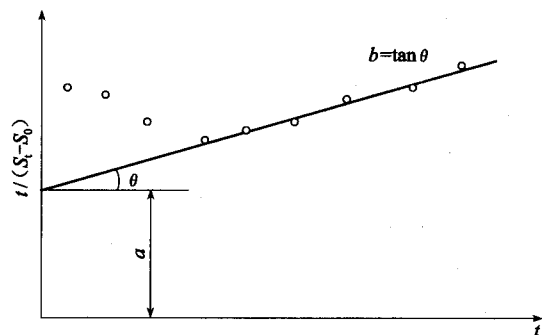


图 6.1.2—2 确定系数 a 和 b

- 4 计算 S_t 。
 - 5 由双曲线关系推算出沉降(S)—时间(t)曲线。
- 6.1.3 双曲线法是假定下沉平均速率以双曲线形式减少的经验推导法, 要求恒载开始后的沉降实测时间至少 6 个月以上。

6.2 三点法 (固结度对数配合法)

6.2.1 固结度的理论解普遍表达式为

$$U = 1 - \alpha \cdot e^{-\beta t} \quad (6.2.1-1)$$

式 (6.2.1—1) 不论竖向排水、向外或向内径向排水, 或竖向和径向联合排水等情况均可使用, 所不同的只是 α 、 β 值。

根据固结度定义有

$$U_t = \frac{S_t - S_d}{S_\infty - S_d} \quad (6.2.1-2)$$

式中 S_d ——瞬时沉降量;

S_∞ ——最终沉降量。

由式 (6.2.1—1) 和式 (6.2.1—2) 联立可得

$$S_t = S_d \alpha e^{-\beta t} + S_\infty (1 - \alpha e^{-\beta t}) \quad (6.2.1-3)$$

为求时刻 t 的沉降, 式 (6.2.1—3) 右边有四个未知数, 即 S_d 、 α 和 β 。在实测初期沉降—时间曲线 ($S-t$) 上任意选取三点: (t_1, S_1) , (t_2, S_2) , (t_3, S_3) , 并使 $t_3 - t_2 = t_2 - t_1$, 将上述三点分别代入式 (6.2.1—3) 中, 联立求解得参数和最终沉降量 S_∞ 以及 S_d 的表达式, 其中 S_d 的表达式中还含有 α 这个变量。一般在求 S_d 时, α 可采用理论值或根据实测资料计算, 将所求得的 β 、 S_∞ 、 S_d 分别代入式 (6.2.1—3) 中便可取得任意时刻的沉降。

以下是具体求解过程:

$$S_1 = S_\infty (1 - \alpha e^{-\beta t_1}) + S_d \alpha e^{-\beta t_1}$$

$$S_2 = S_\infty (1 - \alpha e^{-\beta t_2}) + S_d \alpha e^{-\beta t_2}$$

$$S_3 = S_\infty (1 - \alpha e^{-\beta t_3}) + S_d \alpha e^{-\beta t_3}$$

由此解得

$$e^{\beta(t_1 - t_2)} = \frac{S_2 - S_1}{S_3 - S_2}$$

$$\beta = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{S_2 - S_1}{S_3 - S_2}$$

$$S_{\infty} = \frac{S_3(S_2 - S_1) - S_2(S_3 - S_2)}{(S_2 - S_1) - (S_3 - S_2)}$$

$$S_d = \frac{S_1 - S_{\infty}(1 - \alpha e^{-\beta t})}{\alpha e^{-\beta t}}$$

1 连接 $S-t$ 曲线时, 应对 $S-t$ 曲线进行光滑处理, 即尽量使曲线光滑, 使之成为规律性较好的曲线, 然后再在曲线上选点。

2 为了减少推算误差提高预测精度, 要求三点时间间隔相等且尽可能大, 即选取的 $(t_2 - t_1)$ 尽可能大, 一般要求观测资料持续时间较长。根据实际情况, 可以多取几个不同的时间段来分别计算, 最后取其平均值作为推算的最终沉降值。

3 本法要求实测曲线基本处于收敛阶段方可进行。

6.3 抛物线法

6.3.1 对于有些情况, 沉降曲线在初期并不表现双曲线或指数曲线的形式, 而在沉降—时间对数坐标系 ($S-\lg t$) 中, 沉降曲线可由两部分组成。第一部分可由抛物线来拟合, 第二部分 (即次固结部分) 可由直线拟合; 第一部分和第二部分发生的量级和时间取决于土层固结后达到的孔隙比所对应的当量固结应力, 只要运营期的有效应力小于预压期末的固结应力, 次固结可以忽略不计, 否则, 就应该考虑次固结的影响。实践证明, 除有机质含量很高的土外, 沉降量主要集中在第一部分, 沉降曲线的一般表达式为

$$S = a(\lg t)^2 + b \lg t + c \quad (6.3.1)$$

式中参数 a, b, c 可用优化方法求得。

6.4 指数曲线法

6.4.1 指数曲线法方程为

$$S_t = (1 - Ae^{-Bt}) S_m \quad (6.4.1)$$

式中 S_m ——最终沉降;

A, B ——系数, 求法同双曲线法中 a, b 。

6.4.2 指数曲线法和双曲线法简单实用, 但是前提是假定荷载是一次施加或者突然施加的, 这与实际情况不符, 因此其方法尚待改进, 下面介绍的修正指数曲线法将路堤荷载分为若干个加载阶段, 将各级荷载增量所引起的沉降叠加。

6.5 修正指数曲线法与修正双曲线法

6.5.1 对于多级加荷的、路堤沉降曲线“台阶状”发展的情况, 可把常规的指数曲线或双曲线模型拓展为

$$S_t = \sum_{k=1}^m [1 - Ae^{-Bt}] S_k \quad (6.5.1-1)$$

$$S_t = \sum_{k=1}^m \left(S_{0k} + \frac{t}{a+t} S_k \right) \quad (6.5.1-2)$$

式中 m ——加荷的总级数;

t ——沉降预测时刻 t_i 到第 k 级荷载施加时刻 t_k 的时间间隔, 见图 6.5.1;

S_k ——第 k 级荷载增量所引起的最终沉降量, 当加荷速率与土层状况不变时, 不考虑地基土的非线性特性, S_k 与荷载大小成正比, 则有

$$S_k = C \Delta P_k \quad (6.5.1-3)$$

其中 ΔP_k ——第 k 级荷载增量;

A, B, C ——反映土体固结性质的参数, 与荷载的施加无关, 视为常量, 式 (6.5.1-1)、(6.5.1-2) 就变为

$$S_t = \sum_{k=1}^m [1 - Ae^{-Bt}] C \Delta P_k \quad (6.5.1-4)$$

$$S_t = \sum_{k=1}^m \left(d + \frac{t}{a+t} \right) C \Delta P_k \quad (6.5.1-5)$$

其中 $d = \frac{S_{0k}}{C \Delta P_k}$ 。

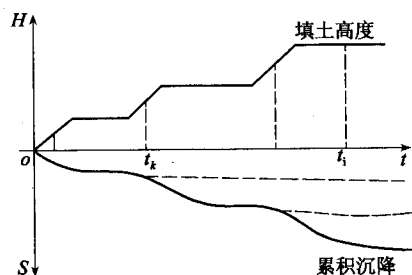


图 6.5.1 加荷与沉降发展曲线

根据沉降实测值,采用试算法确定式(6.5.1—4)、(6.5.1—5)中的参数 A, B, C ;将已确定出的参数带回上述经验公式模型中,分别计算各级荷载在 t_i 时刻所引起的沉降量,将各级荷载在 t_i 时刻所引起沉降量进行叠加,即得 t_i 时刻总沉降量。

6.5.2 修正指数曲线法与修正双曲线法,还可预测后期增加荷载(如对未设预压土地段,对后期增加的轨道及列车荷载)的沉降。设已有 m_1 级荷载有沉降观测资料,要观测 m_2 级荷载作用后的 t_i 时刻沉降,则先令 $m = m_1$,用实测资料拟合式(6.5.1—4)中的参数 A, B, C 或式(6.5.1—5)中的参数 a, d ,再令 $m = m_2$,将拟合的参数代入,用任何一式可求得 t_i 时的沉降。参数拟合用0.618优选法,使各观测时刻的计算沉降与实测沉降之差的平方和最小者,即为所要求的参数。

6.5.3 对路堤,填土荷载宽度随路堤的升高而减小,荷载增量在地基中应力扩散影响的深度也减小。考虑这些因素,参照分层总和法计算沉降的原理,认为与沉降直接相关的是地基中的附加应力。沉降与附加应力沿深度分布土的面积成正比,而不是与作用在地面的荷载强度成正比,因此对不同荷载宽度,按在地基中相应的附加应力沿深度分布图的面积比,将上部填土荷载打折来计算沉降。

6.6 沉降速率法

6.6.1 方程为

$$S_{\infty} = mS_c \quad (6.6.1-1)$$

$$S_t = \left[(m-1) \frac{P_t}{P_0} + U_t \right] S_c \quad (6.6.1-2)$$

$$U_t = 1 - \alpha e^{-\beta t} \quad (6.6.1-3)$$

式中 S_{∞} ——固结沉降量;

S_c ——固结沉降量;

m ——综合性修正系数;

P_t —— t 时的累计荷载;

P_0 ——总的累计荷载;

U_t —— t 时的固结度;

β ——回归计算得到的系数;

$\alpha = \frac{8}{\pi^2}$ 或根据地基固结排水条件取值。

在恒载条件下,可得沉降速率为

$$S_t = AS_c e^{-\beta t} \quad (6.6.1-4)$$

$$A = \frac{8}{P_0 \pi^2} \sum_{i=1}^n q_n (e^{-\beta t_n} - e^{-\beta t_{n-1}}) \quad (6.6.1-5)$$

式中 q_n ——第 n 级的加荷速率;

t_n, t_{n-1} ——第 n 级加荷的终点和始点时间;

A ——常数;

P_0 ——总的累计荷载。

通过 $\ln S_t$ 和 t 的数据进行线性回归分析。

求出 A, S_c, β ,根据沉降计算公式和 α 值反算各级荷载的 m ,取平均值为 m 的最终值,即可求得任意时间沉降。

此外,也可根据式(6.6.1—6)、式(6.6.1—7)求竖向与水平固结系数。

只有竖向排水时: $\beta = \frac{\pi^2 C_v}{4H^2}$ (6.6.1—6)

竖向排水与水平反排水共存时: $\beta = \frac{\pi^2 C_v}{4H^2} + \frac{8C_h}{F_{(n)} d_e^2}$ (6.6.1—7)

式中 H ——最大排水距离;

d_e ——地下排水体的有效排水直径;

n ——井径比, 即排水体的有效直径与排水体直径比;

C_v ——水平固结系数;

C_h ——竖向固结系数。

6.6.2 沉降速率法要求输入各个观测时刻的沉降速率作为分析依据, 适用于软土层较厚、填土速率较均匀的情况, 同时要求恒载开始后的实测沉降时间至少在半年以上。

6.7 星野法

6.7.1 星野法根据现场实测值证明了总沉降(包括剪切应变的沉降在内)与时间平方根成正比。沉降计算公式为

$$S = S_0 + S_t = S_0 + \frac{AK \sqrt{t - t_0}}{\sqrt{1 + K^2(t - t_0)}} \quad (6.7.1-1)$$

式中 S_0 ——假定的瞬时沉降;

S_t ——随时间变化的沉降量;

t_0 ——假定瞬时沉降时的时间。

将式(6.7.1—1)改变为直线方程形式:

$$\frac{t - t_0}{(S - S_0)^2} = \frac{1}{A^2 K^2} + \frac{1}{A^2}(t - t_0) \quad (6.7.1-2)$$

式中 $\frac{1}{A^2 K^2}$ ——直线截距;

$\frac{1}{A^2}$ ——直线斜率。

式(6.7.1—2)适合于荷载瞬时施加情况下的沉降曲线, 但在实际施工中, 荷载是逐级增加的, 因此必须加以修正。在加载方法规则的情况下, 以加载期间的中点作为瞬时起点 t_0 ; 在加载方法不规则的情况下, 应根据实测沉降曲线的趋势在加载的初期适当假定一个瞬时加载的起点 t_0 和相应的沉降 S_0 。

6.7.2 星野法推求最终沉降量的步骤如下:

1 假定几组 t_0 和 S_0 , 根据实测值点绘 $(t - t_0)/(S - S_0) - (t - t_0)$ 的关系曲线, 见图 6.7.2。

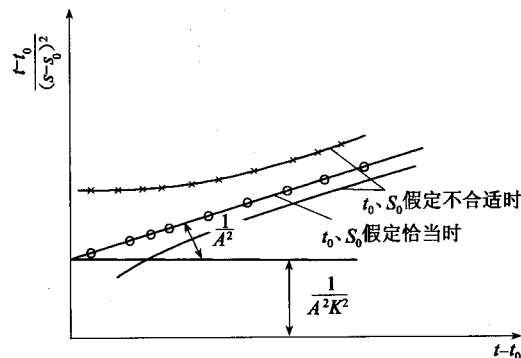


图 6.7.2 确定系数 A 和 K

2 取最符合线性关系的直线, 求出相应的系数 A 和 K 。

3 将 A 和 K 的值代入式(6.7.1—1)计算。

6.7.3 星野法预测路基沉降的关键是调整假定瞬时沉降和假定瞬时沉降发生的时间, 使得回归分析的数据点能较好地落在一条直线上, 需要注意的是假定瞬时沉降和假定瞬时沉降发生的时间都不能取负值。要求恒载开始后的实测沉降时间至少半年以上。

6.8 Asaoka 法

6.8.1 Asaoka 法也称浅岗法, 是 Asaoka (1978 年) 提出的一种从一定时间所得的沉降观测资料来预测最终沉降量和沉降速率

的方法。用以下简化递推关系可近似地反映一维条件下以体积应变表示的固结方程,利用此简化递推关系可用图解法来求解最终沉降值。

$$S_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot S_{i-1} \quad (6.8.1)$$

6.8.2 图解法推算步骤如下:

1 将时间划分成相等的时间段 Δt , 在实测的沉降曲线上读出 $t_1, t_2 \dots$ 所对应的沉降值 $S_1, S_2 \dots$, 并制成表格。

2 再以 S_{i-1} 和 S_i 为坐标轴的平面上将沉降值 $S_1, S_2 \dots$ 以点 (S_i, S_{i-1}) 画出, 同时作出 $S_i = S_{i-1}$ 的 45° 直线。

3 过一系列点 (S_i, S_{i-1}) 作拟合直线与 45° 直线相交, 交点对应的沉降为最终沉降值。

6.8.3 在 Asaoka 法推算的过程中, Δt 的取值对最终沉降量的推算结果有直接的影响。 Δt 过小会造成拟合点的波动性较大, 拟合直线的相关系数较小; Δt 过大, S_i 点过少, 易产生较大的偏差, 而且对是否已进入次固结阶段不易做出判断。一般取 Δt 在 30 ~ 100 天之间。在实际的推算过程中, 宜同时多计算几个不同的 Δt 得出相应的最终沉降值, 而后在其中选取相关系数较好的沉降值作为最终沉降值。

6.9 泊松曲线法

6.9.1 有观点认为, 全过程的沉降量与时间的关系包括两个方面: 一是 $S-t$ 曲线不通过原点; 二是 $S-t$ 曲线呈“S”形。

1 不通过原点的机理分析: 对于饱和土来说, 在荷载作用下会立即发生瞬时沉降 (亦称初始沉降或不排水沉降); 其变形是在体积不变的情况下由荷载区域下的剪应变引起的。当黏土的渗透性很低时, 则几乎不发生排水。在荷载中心线下, 垂直压缩和侧向膨胀同时发生, Bjerrum (1972 年) 指出, 这一沉降的组成部分更确切地说应是侧向的屈服。对非饱和土, 荷载施加后, 空隙中的气体可立即压缩, 土骨架变形, 故开始荷载就由骨架、

水和气体三者来承担。随着水和气体的排出, 骨架进一步压缩, 水和气体的应力逐渐转移到骨架上, 这表现为沉降过程线上存在一个瞬时的沉降, 且饱和度愈小, 初始沉降愈大。对工程上所涉及的土, 通常都受到扰动, 在荷载的作用下也会存在瞬时沉降。综上所述, 由于初始沉降的存在, 故不通过原点。

2 “S”形机理分析: 成长曲线反映的实际上是事物的发生、发展、成熟并达到一定极限的过程, 这一点和荷载逐步增加与测点逐步发生沉降的关系十分相似。加载过程中的沉降也可分为四个阶段:

- 1) 发生阶段: 在刚加载时, 测点的土体尚处于弹性状态, 随着荷载的增加, 测点的沉降量近乎线性增加。
- 2) 发展阶段: 随着荷载的不断加大, 测点土体所受的荷载也越来越大, 并使其逐步进入到弹塑性状态。随着塑性区的不断开展, 测点的沉降速率也在不断地增加, 直到荷载不再增加为止。
- 3) 成熟阶段: 当荷载不再增加时, 由于固结尚未完成以及土体的流变, 测点的沉降将随着时间的推移而继续, 但沉降速率递减。
- 4) 到达极限: 理论上讲, 当时间为无穷大时, 到达极限状态。事实上, 取 t 足够大即可, 如对公路, t 取为 15 年加填筑时间, 而对于建筑物, t 取 5 年即可。

6.9.2 泊松曲线亦称推理曲线, 也有人称之为饱和曲线。在时间序列预测中, 泊松曲线的表达式为

$$y_t = \frac{k}{1 + ae^{-bt}} \quad (6.9.2)$$

式中 y_t —— t 时刻对应的预测值;

t ——时间;

a, b 和 k ——待定参数且为正 (a 无量纲, b 的单位为时间的倒数, k 的单位为与 y_t 相对应的长度单位)。

利用时间序列求出 a 、 b 、 k 三个待定参数,即可建立泊松曲线方程,从而可以对 y_i 进行预测。

6.10 灰色理论

6.10.1 灰色理论属于系统科学理论,它提供了在贫信息情况下求解系统问题的新途径。它将一切随机变量看作是在一定范围内变化的灰色量,将随机过程看作是在一定范围内变化的、与时间有关的灰色过程。对灰色量用数据生成的方法,将杂乱无章的原始数据整理成规律性较强的生成序列,然后建立模型而进行预测,这样就能在较高的层次上处理问题,从而较全面地揭示系统的长期变化规律。

6.11 人工神经网络

6.11.1 神经网络模型是采用物理可实现的系统来模仿人脑神经细胞的结构和功能的系统。它是由大量功能简单的神经元相联结而成的高度非线性动力系统,是并行的结构,并有较强的容错能力,少量的神经元和连接发生差错对整体功能影响较小,同时具有很强的自适应性能,可通过自身学习,以适应外部环境的变化,尤其在处理信息复杂、背景不清楚、规则不明确的问题,更有其独特的优越性。利用神经网络较强的非线性映射能力,根据实测沉降资料,通过神经网络的 BP 网络进行建模,具有很强的客观性和适应性。

6.11.2 地基沉降受多种因素的影响和制约,其变化的自然规律很难用一个显式的数学公式予以表示,而人工神经网络是这一领域的一个突破。该方法视传统函数的自变量和应变量为输入和输出,将传统的函数关系转化为高维的非线性映射,而不是显式的数学表达式。该方法在处理非线性问题上,具有独特的优越性,在针对软土地基沉降预测时,就是利用实测资料对复杂的非线性的土工结构进行直接建模。具体做法是先应用 ANN 建立沉降影

响因素参数(如处理方式、软土层厚度、地基硬壳层厚度、软土的压缩模量、硬壳层的压缩模量、路堤宽高比、施工期和竣工时沉降量)与沉降之间的非线性关系,再将待测点的实测沉降影响因素参数输入到已训练好的网络中,即可得到预测的沉降量。

7 变形预测及评估

7.1 评估单元划分和分析评估

7.1.1 评估单元划分依据路基结构与桥梁、隧道、涵洞等的关系确定,分为基本单元、组合单元和集成分析单元,见表7.1.1。

表 7.1.1 线路系统沉降单元划分及要求

单元等级	单元工程名称	满足的条件
基本单元	路基(路堑、路堤)	路堤、路堑、路堤路堑过渡段满足其条件
	涵洞	满足涵洞沉降条件
	桥梁	满足桥梁沉降和徐变变形条件
	隧道	满足工后沉降和过渡段条件
组合单元	路基+桥梁+路基+涵洞	满足各自条件要求和过渡段要求
	路基+涵洞+路基+隧道	
	路基+桥梁+隧道	
集成单元	路基+桥、涵+隧道+路基+……	满足各自基本条件要求和组合单元基本条件要求,满足沿线不同单元及其接口要求

注:接口要求即不同基本单元、组合单元间的沉降变形要求。

7.1.2 线路整体变形观测、集成分析

1 在取得基本单元沉降变形观测成果的基础上,综合分析基本单元和组合单元的沉降变形量及其分布特征,沿线路纵向对各单元及其接口段的沉降变形进行系统分析评估,当各组合单元及其接口满足铺设无砟轨道的基本条件后,集成单元所有沉降变

形接口条件满足要求,即认为满足铺设无砟轨道的条件,可进行铺设无砟轨道施工。

2 若不同单元的沉降变形量过大或单元间的沉降变形不能满足限值要求,则应根据预案采取相应的优化技术措施,保证工后沉降变形量和差异沉降变形量满足设计要求。

3 根据全线路基、桥涵、隧道等工程结构物满足列车安全、高速、舒适运营的要求,提出初步设计方案。该设计包括选线、地质勘察、线路安全稳定性分析、初步设计;施工图设计、实施性施工组织设计、沉降变形观测方案设计;沉降变形观测、数据分析和评估、确认轨道工程实施等,其目的是确保满足铺设无砟轨道的基本条件和实施。

4 其主要阶段包括设计阶段,沉降变形观测点布设和实施观测阶段,沉降变形数据采集、分析、评估阶段,沉降观测数据评估结果应用阶段。

- 1) 设计阶段:根据轨道工程技术要求和工程地质勘察资料,分析设计区段内不同结构物修建完成后满足车辆运行需要的工后沉降变形量并据此进行工程设计,计算给出满足设计要求的沿线路纵向分布的沉降变形包络线。对于设计区段内疑问段,设计期间应详细分析地质勘察资料和沉降分析计算,制定观测预案。
- 2) 沉降观测点布设和实施观测阶段:根据设计要求,在施工阶段开展相应的观测区段、不同观测断面沉降变形观测装置布设工作,并根据施工进度和气候条件变化情况,在观测期内进行变形观测。
- 3) 沉降变形数据采集、分析、评估阶段:
 - ① 沉降变形预测分析的目的:一是根据沉降变形预测结果推断预计铺设无砟轨道的时间点;二是当预测结果不能满足需要时,确定应采取的技术对策;三是预计运营开始的时间点;四是对特殊工点,继续预测无砟轨道运营

后可能的沉降变形趋势，确定相应的维修预案。

② 沉降变形数据采集：

- a) 建立沉降变形数据库，统一归档管理沉降变形观测数据。
- b) 数据观测单位依据《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》和《客运专线无砟轨道铁路工程测量暂行规定》的要求进行沉降变形数据观测，观测数据经监理签认后纳入数据库。
- c) 评估单位依据《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》要求和建设单位要求进行平行观测并将观测数据纳入数据库。

③ 分析、评估：观测数据分析、评估单位依据《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》技术要求，对入库的数据进行分析、评估，并预测未来一定时间段相应的沉降变形量，并根据满足最终评估条件的观测数据预测最终沉降变形量和工后沉降变形量。

- a) 给出实际观测沉降变形曲线。
- b) 当沉降变形监测数据满足监测沉降变形量 $S_{(i)}$ 与计算最终沉降变形量 $S(\text{end})$ 的比值大于 75%、监测数据回归曲线的相关系数大于 0.92、且间隔不少于 3 个月的两点预测最终沉降的差值不大于 8 mm 时，认为沉降观测数据满足评估要求，沉降预测成果可靠、可行，可给出预测沉降变形量。
- c) 当预测工后沉降变形量在设计工后沉降变形包络线内时，认为满足相关单元铺设无砟轨道的基本条件要求。
- d) 当预测工后沉降变形量高于设计工后沉降变形包络线，但在工后沉降变形量限值内时，认为无砟轨道相应评估单元满足铺设无砟轨道要求。

根据《客运专线铁路无砟轨道铺设条件评估技术指南》规定，观测期内，路基、桥涵等结构沉降实测值超过设计值 20% 及以上时，应及时会同建设、勘察设计等单位查明原因，必要时进行地质复查，并根据实测结果调整计算参数，对设计预测沉降进行修正或采取沉降控制措施。

4) 线路变形分析系统集成评估—沉降观测数据评估成果应用阶段：分别完成路基、桥梁、隧道等单元工程及其组合单元工程的沉降变形评估后，进行沿线路纵向的综合评估，对线下工程各结构物间的变形量大小、分布及变形协调性进行系统集成评估。

- ① 绘制沿线路纵向的沉降—距离曲线，并沿线路纵向标示出不同的结构物及其相应的工后沉变形量，并与沉降设计控制线绘制在同一图中，见图 7.1.2—1。

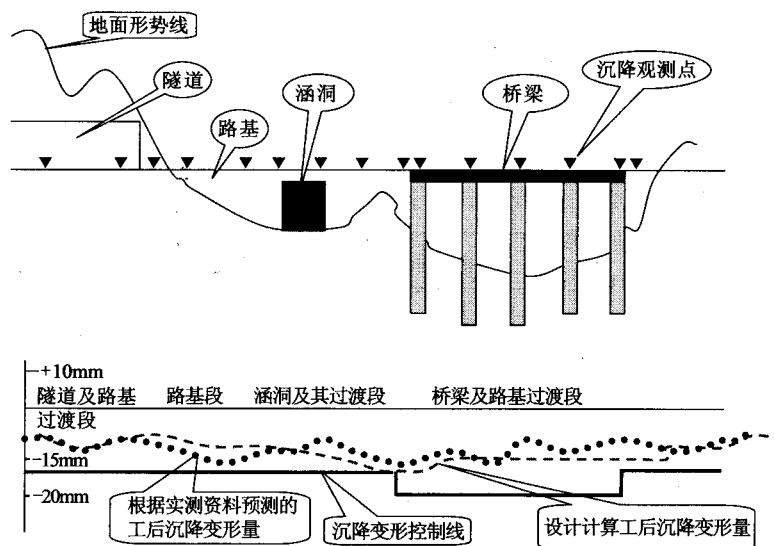


图 7.1.2—1 沿线路纵向所作的沉降变形系统集成评估示意图

- ② 当满足铺设无砟轨道的各项技术要求后, 批准铺设无砟轨道。
- ③ 在综合评估分析过程中, 若发现部分单元、单元接口间沉降观测数据异常或不能满足调整轨面高程后的圆顺竖曲线半径需要, 则应按预案进行处理。
- ④ 当预测工后沉降变形量高于沉降变形量限值时, 应针对相应单元进行轨道圆顺性评估, 若不能满足圆顺性要求时, 应按设计预案采取相应的措施。

5) 评估管理流程图见图 7.1.2—2。

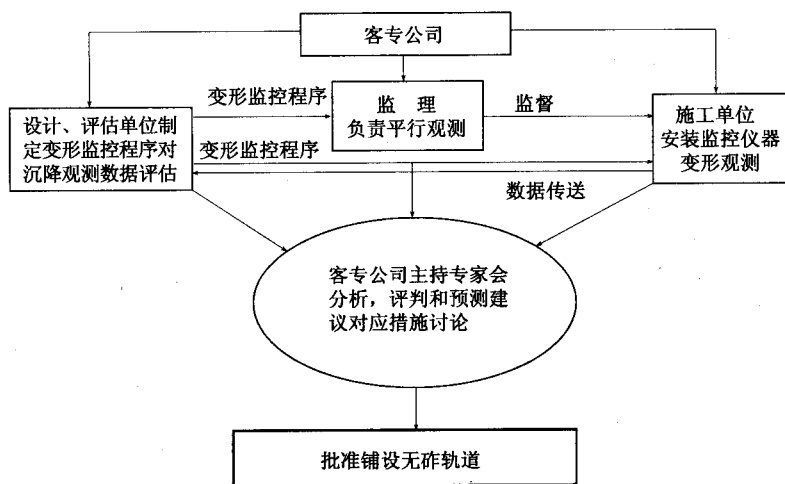


图 7.1.2—2 评估管理流程

7.2 路 基

7.2.1 路基分析评估所需资料如下:

- 1 路基沉降观测资料;
- 2 路基地段的线路设计纵断面图、工程地质纵横断面图、设计图纸和说明书等相关设计资料;

3 施工过程、施工核查以及填料、级配、地基和压实检验情况等施工资料;

4 施工质量控制过程和抽检情况等监理资料。

7.2.2 路基地段的沉降评估主要包括以下内容:

- 1 当采用预压措施时, 进行卸载评估;
- 2 无预压措施时, 直接进行铺轨评估。

7.2.3 评估工作中应注意的问题如下:

1 沉降规律的建立一般要求恒定不变的荷载维持足够长的时间, 因此当采用预压措施时, 预压时间应满足一定长度 (一般不少于 6 个月) 方能保证沉降预测结果的准确可靠。无预压措施时, 路基填筑完成须保持足够长的静置时间。

2 路基沉降稳定的时间与地基条件、地基加固措施、荷载、填料性质及压实度密切相关, 可能的稳定时间从一两个月到数十年皆有可能。客运专线铁路建设一般都有一定的工期要求, 因此要求沉降稳定的时间一般不超过一年, 沉降控制措施一般依据施工组织进行确定, 工期调整时需要根据具体施组重新进行沉降分析。

因为各种原因导致的静置期不足现象给沉降评估的准确性带来了很大困难 (如京津城际铁路在建设根据工期预压 1~2 个月就需要进行卸载评估), 这种情况下由于沉降观测数据较少, 一般需要利用路堤填筑过程中的观测数据。修正的沉降预测方法满足了这一需要, 比较简单的考虑方法就是假设荷载与沉降成正比关系, 也有根据附加应力和沉降计算进行修正的方法, 从理论上似乎更为可靠, 但操作繁琐, 与实际情况的吻合程度未必令人满意。

静置期荷载与运营荷载存在一定的差别, 因此即使静置时间满足评估精度要求, 也需要根据荷载情况对于评估结果进行修正。

3 路基地段沉降评估的意义在于, 沉降满足技术要求时可

进行下步工序的施工,如卸载预压土、铺轨等,沉降不满足要求时延长预压时间或根据工期需要研究应对处理措施,如增加预压荷载及进行高度预留或采取其他应对措施。

7.3 桥 涵

7.3.1 桥涵评估前应收集下列资料:

- 1 桥涵沉降及变形观测资料;
- 2 桥涵地段线路纵断面图、工程地质纵断面图、桥涵设计图纸和说明书等相关设计资料;
- 3 施工过程、施工核查、施工记录和原材料检验情况等施工资料;
- 4 施工质量控制过程和抽检情况等监理资料。

7.3.2 变形评估的阶段划分如下:

1 桥梁结构徐变变形的评估可根据施工阶段(荷载条件)的不同划分为梁体张拉前至梁体张拉完成、梁体张拉完成至轨道铺设前、轨道铺设完成后等3个评定分析阶段,根据每个阶段不同的情况分析计算梁体变形发展趋势,从而提出结论意见。

2 桥梁墩台沉降变形评估可分为架梁以前、架梁以后至轨道铺设前、轨道铺设以后等3个阶段;框架桥和涵洞的沉降变形评估可分为桥涵主体施工完成以前、桥涵主体施工完成至路基预压土施工前;路基预压土施工至预压土卸载前、预压土卸载后等4个阶段。

7.3.3 变形评估的判定标准如下:

1 桥涵主体施工完成后,变形观测期一般不应小于6个月,岩石地基等良好地质区段的桥梁结构观测期也应不小于2个月,观测数据不足或评估结果不满足设计要求时,应适当延长观测期。

2 桥涵结构首次进行变形评估分析时,其观测周期不应少

于桥涵主体完工后3个月,对岩石地基等良好地质也不应少于1个月。

3 根据桥涵结构的荷载情况和观测数据,按照回归计算的相关系数应不低于0.92的要求。应做多个阶段的变形分析和预测,综合确定变形的发展趋势。

4 两次变形预测分析的时间间隔一般不应少于3个月,对于良好地质的桥涵应不少于1个月。对于两次沉降变形预测的最终沉降的差值不应大于8mm。

5 桥梁主体结构完成至轨道铺设前的观测时间一般情况下应满足观测变形值达到预测变形值75%以上的要求,以保证桥涵结构有足够的观测数据和变形稳定时间。

7.4 隧 道

7.4.1 评估前应收集下列资料:

- 1 隧道基础沉降观测资料;
- 2 隧道地段的线路设计纵断面图、工程地质纵横断面图、地质勘察报告、设计图纸和说明书等相关设计资料;
- 3 隧道开挖地质描述及开挖围岩分级记录、IV~VI级围岩地段基底承载力检测情况、施工监控量测资料、仰拱施工分项工程验收记录等施工资料;

4 施工质量控制过程和抽检情况等监理资料。

7.4.2 隧道内无砟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,隧道基础的沉降预测、资料分析和评估办法可借鉴路基工程。

7.4.3 隧道工后沉降评估标准如下:

1 地质条件较好、沉降趋于稳定及设计与实测沉降总量不大于5mm时,可判定沉降满足无砟轨道铺设条件,但观测期一般不少于60天。当对沉降预测有充分依据时,观测期限可适当缩短,但不少于30天。

2 根据实测沉降观测资料推算的隧道工后沉降不超过扣件允许的沉降调高量 15 mm。

3 桥隧或路隧交界处的差异沉降不应大于 5 mm，过渡段沉降造成的隧道与桥梁或路基的折角不应大于 1/1 000。

7.5 综合评估

7.5.1 在对路基（含过渡段）、桥梁、隧道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变形曲线，重点检查不同结构物连接处及相同建筑物不同地段的沉降变形的差异是否在允许范围内，并进行相邻地段的沉降差异分析及发展趋势预测。

7.5.2 综合评估成果应满足以下要求：

1 所有原始观测记录资料应真实、可靠，具有可追溯性，严格执行责任人签字制度。

2 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相关规定。

7.5.3 综合评估完成后应提交评估报告，主要包括以下内容：

- 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 沉降计算分析结果；
- 4 标石、标志规格及埋设图；
- 5 仪器检验及校正资料；
- 6 观测记录（手簿）；
- 7 平差计算、成果评定资料及测量成果表；
- 8 各观测断面沉降过程的分布图表；
- 9 区段或全线的基础沉降沿线路纵向的分布图表；
- 10 沉降变形评估分析的成果资料。

7.5.4 单项的路基、桥梁与隧道等工程沉降评估满足要求后，铺轨工程开始前应进行综合沉降评估，其流程见图 7.5.4。

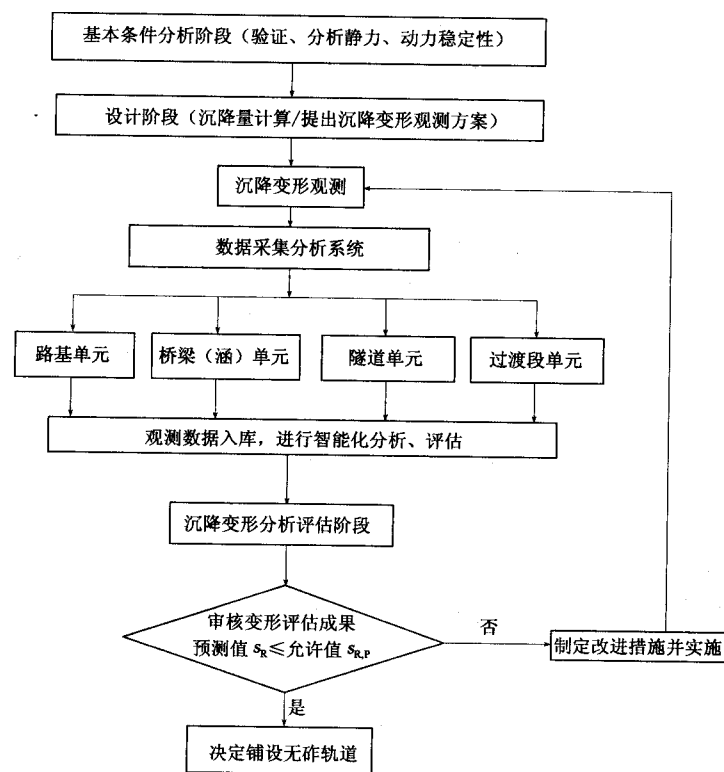


图 7.5.3 线路沉降变形分析评估集成流程

8 观测评估资料及设备移交

8.0.1 变形观测测量成果资料及评估资料作为客运专线铁路无砟轨道施工质量控制的基础资料，应按建设项目竣工资料的要求进行整理和归档，并移交建设、运营等管理单位。

8.0.2 变形观测过程中埋设的测量基点、观测标或观测元器件等，应移交运营部门，用于运营过程中后续的观测与评估工作。

8.0.3 变形观测评估资料移交主要包括以下内容：

- 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 沉降计算报告；
- 4 标石、标志规格及埋设图；
- 5 仪器检验与校正资料；
- 6 观测记录（手簿）；
- 7 平差计算、成果质量评定资料及测量成果表；
- 8 各观测断面沉降过程的分布图表；
- 9 成区段或全线的基础沉降沿线路纵向的分布图表；
- 10 沉降变形评估分析的成果资料；
- 11 沉降观测工作技术总结报告；
- 12 沉降观测与评估工作技术会议纪要或有关函件。

8.0.4 变形观测设备移交主要包括以下内容：

- 1 平面及高程控制点桩橛；
- 2 变形测量基准点桩橛；

3 观测标及观测元器件；

4 桩橛、观测标及观测元器件的保护设施。

8.0.5 变形观测评估资料及设备的移交应做好交接记录，交接记录应与被移交的资料一起归档保存。

9 常见问题及处理

9.1 观测仪标保护

9.1.1 沉降观测数据是沉降预测的基础资料, 直接决定评估结果的准确性, 但是沉降观测工作任务量大, 要求高, 专业性强, 需要具有资质的专业测量队伍承担。测量过程中应根据精度控制要求配备测量仪器与设备, 并加强测量人员的管理和培训, 同时需加强沉降观测工作的推进过程中检查和指导, 保证沉降观测工作按照有关技术标准和要求进行。

9.1.2 为保证观测结果真实反映建筑物沉降情况, 必须加强水准基点和观测标志的规范设置与保护工作。

1 注意做好观测标志和观测元器件的保护。观测标志和观测元器件受自然环境和人为活动的影响, 极易破坏或扰动。沉降观测工作中应高度重视观测标志和观测元器件的保护工作, 确保沉降观测工作连续有效地进行。

2 注意平面基点、水准基点的保护。平面基点、水准基点受沿线自然环境和人为活动的影响, 极易破坏或扰动。变形观测工作中应高度重视平面基点、水准基点的埋设和保护问题, 应综合考虑沿线地层条件、施工影响因素等确定平面基点、水准基点的埋设深度和埋设位置, 以确保平面基点、水准基点具有较高的稳定性。

9.2 异常数据的分析处理

9.2.1 变形观测中, 发生异常观测数据的主要原因可归纳为以下三类:

1 平面基点、水准基点扰动引起的异常观测数据。受各种自然和人为因素的影响, 平面基点、水准基点可能会被破坏或扰动。当平面基点、水准基点破坏或发生较大扰动时, 现场测量时可以发现, 应及时恢复平面基点、水准基点并进行补充测量, 然后才能进行变形观测。当平面基点、水准基点少量扰动时, 现场测量不易发现, 但通过对引用同一平面基点或水准基点的多个观测标突然发生同一趋势较大量的异常变化分析, 结合相邻平面基点、水准基点的检核结果可以判定原因。当确认属于平面基点、水准基点扰动时, 应首先对平面基点、水准基点进行补充测量, 消除问题, 然后进行变形观测。

平面基点、水准基点的破坏和扰动只要及时发现和正确处理, 不会对变形观测成果质量产生影响。

2 观测标或观测元器件扰动引起的异常观测数据。受各种自然和人为因素的影响, 观测标或观测元器件可能会被破坏或扰动。当观测标或观测元器件破坏或发生较大扰动时, 现场测量时可以发现, 应及时恢复观测标或观测元器件, 然后进行变形观测。当观测标或观测元器件少量扰动时, 现场测量不易发现, 但通过与相邻观测标或观测元器件变形差异分析, 结合地形地质状况、施工加载情况对比分析可初步判定, 然后通过后续的观测可进一步验证之。

观测标或观测元器件的破坏或扰动将引起变形观测的不连续, 即上一次观测至本次观测的变形量无法准确测定, 因此将会影响变形观测成果的质量, 当观测标或观测元器件频繁破坏或扰动时, 将会严重影响变形观测成果的质量。

对观测标或观测元器件扰动引起异常观测数据的情况, 当两次观测之间时间较短时, 可采取本期变形值归零的方式; 当两次观测之间时间较长时, 可采取按上期变形值线性变化的方式确定本期变形值。

3 测量错误引起的异常观测数据可以通过检查核对观测记

录和计算数据发现,当未发现时,可以通过补充观测发现。测量错误引起的异常观测数据只要及时发现和正确处理,不会对变形观测成果质量产生影响。

10 工程实例

10.1 京津城际铁路沉降观测

10.1.1 基准点测量和监测

基准点按照国家一等水准测量进行,要求使用 Leica NA3003 精密电子水准仪或同精度的其他电子水准仪,2 m 或 3 m 钢瓦条码水准尺,自动观测记录,采用单路线往返观测,一条路线的往返测必须使用同一类型仪器和转点尺垫,沿同一路线进行。

观测时,视线长度不大于 30 m,前后视距差不大于 0.5 m,前后视距累积差不大于 1.5 m,视线高度不小于 0.5 m;测站限差:两次读数差不大于 0.3 mm,两次所测高差之差小于 0.4 mm,检测间歇点高差之差小于 0.7 mm;观测时,往返测奇数站按后—前—前—后的顺序,往返测偶数站按前—后—后—前顺序进行,且每一测段往返测均为偶数个测站。

一组往返测宜安排在不同的时间段进行;由往测转向返测时,应互换前后尺再进行观测;晴天观测时应给仪器打伞,避免阳光直射;扶尺时应借助尺撑,使标尺上的气泡居中,标尺垂直。

跨越较大河流或水域时,按《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12896—2006)跨河水准测量有关技术要求执行。

平差前应进行测段往返测高差不符值、闭合或附和路线闭合差检核和每公里高差中数偶然中误差计算;往返测高差不符值限差、闭合或附和路线闭合差限差应不大于 $\pm 1.8\sqrt{l}$,每千米水准测量的偶然中误差应不大于 ± 0.45 mm。

观测成果的重测和取舍按《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12896—2006)有关要求执行。

基准点一般每年复测两次,全线通车后,运营开始三年应每年复测两次,三年后应一年复测一次,直至沿线桥墩路基沉降量稳定在一定范围内停止观测。根据形变监测规律,从通车运营至形变稳定一般要5年的时间。

10.1.2 工作基点测量和监测

工作基点的测量按照国家二等水准测量进行,以基准点为起闭点,每次观测时应均固定水准路线。

要求使用 Leica NA3003 精密电子水准仪或同精度的其他电子水准仪,2 m 或 3 m 钢瓦条码水准尺,自动观测记录,采用单路线往返观测,一条路线的往返测必须使用同一类型仪器和转点尺垫,沿同一路线进行。

观测时,视线长度不大于 50 m,前后视距差不大于 1.0 m,前后视距累积差不大于 3.0 m,视线高度不小于 0.3 m;测站限差:两次读数差不大于 0.4 mm,两次所测高差之差小于 0.6 mm,检测间歇点高差之差小于 1.0 mm;观测时,往返测奇数站按后—前—前—后的顺序,往返测偶数站按前—后—后—前顺序进行,且每一测段往返测均为偶数个测站。

一组往返测宜安排在不同的时间段进行;由往测转向返测时,应互换前后尺再进行观测;晴天观测时应给仪器打伞,避免阳光直射;扶尺时应借助尺撑,使标尺上的气泡居中,标尺垂直。

跨越较大河流或水域时,按《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12896—2006)跨河水准测量有关技术要求执行。

平差前应进行测段往返测高差不符值、闭合或附合路线闭合差检核和每公里高差中数偶然中误差计算;往返测高差不符值限差、闭合或附合路线闭合差限差应不大于 $\pm 4\sqrt{l}$,每千米水准测量的偶然中误差应不大于 ± 1.0 mm,全中误差不大于

± 2.0 mm。

观测成果的重测和取舍按《国家一、二等水准测量规范》(GB/T 12896—2006)有关要求执行。

每次进行沉降观测时都有进行相关工作基点稳定性的检验,检验时水准路线要起闭于基准点。

10.1.3 变形点的测量和监测

在确定工作基点无粗差之后,即可用工作基点对变形点进行测量,测量按照国家二等水准测量进行,测量时应统一测量路线,同一变形始终用固定的基点进行观测。每次观测前要对仪器以及水准尺进行检校,确保仪器精度合格。路基剖面管观测要注意天气情况,要在无风或微风的天气情况下进行观测,每次观测前也要对其基点进行检核,检核精度要符合二等水准测量要求。在测量前,要确保剖面仪摆放稳定,检查水管里是否存在气泡,如果存在需排气后再进行测量。

1 水准沉降测量包括桥墩沉降测量、路基地座板测量、路基沉降板测量、路基测钎测量和中铁十七局路基段轨面测量等。

每个作业组严格按照国家二等水准测量的标准施测。视线长度不大于 50 m,前后视距差不大于 1.0 m,前后视距累积差不大于 3.0 m,视线高度不小于 0.5 m;测站限差:两次读数差不大于 0.4 mm,两次所测高差之差小于 0.6 mm,检测间歇点高差之差小于 1.0 mm;每一测段为偶数测站。

一组往返测安排在不同的时间段进行;由往测转向返测时,互换前后尺再进行观测;晴天观测时给仪器打伞,避免阳光直射;扶尺时借助尺撑,使标尺上的气泡居中,标尺垂直。

在对变形点观测前对工作基点都进行检查,以保证变形点的观测精度,并且按要求每次检查起讫于深埋点(即基础网点)每次观测时固定水准路线。在确定工作基点无粗差之后,即可用工作基点对变形点进行测量,测量时严格按照国家二等水准

测量进行,测量时统一测量路线,同一变形点始终用固定的基点进行观测。

2 路基剖面管观测应注意天气情况,在无风或微风的天气情况下进行观测,每次观测前也须对其基点进行检核,检核精度须符合二等水准测量要求。

在测量前,要确保剖面仪摆放稳定,检查水管里是否存在气泡,如果存在需排气后再进行测量。在拉动水管时要以 0.1 m/s 的速率均匀拉动。

3 梁面徐变观测一般采用中视法进行观测,以梁面任意一徐变点或其他一固定点为基点,观测其他徐变点与该基点的相对高差值。在数据处理时该基点的高程可以是绝对高程也可以是假定高程。

10.1.4 总 结

1 水准基点的稳定性对沉降观测起到至关重要的作用,所以在基点埋设时要充分考虑此问题,并且在观测过程中应注意加强基点的复测。存在区域性沉降的地方,应根据距离埋设一个或若干个基岩点。

2 由于观测周期长,在观测过程中全线有很多桥墩观测标丢失,建议以后项目观测标改为暗标。

3 在剖面管观测过程中,有很多孔被埋或被雨水淹没而使管内进入淤泥,使剖面管堵塞而不能施测,建议今后项目中,在埋设剖面管时要使剖面管距地面保持一定高度,并且在管口做好防护。

4 在施工过程中,梁面的打磨会破坏梁面徐变观测点,使徐变周期不连续。建议此后项目在观测梁面徐变时不在梁面上设置观测标志,而是直接在梁面上固定观测位置,在此观测位置上直接立水准尺进行观测,并且为了保持梁面徐变的连续性,在打磨前后必须各进行一次观测并对数据成果进行归零处理。

10.2 京津城际铁路路基沉降评估

10.2.1 京津城际铁路沉降预测分析一般选取横剖管对应左右路肩、线路中心三个位置的观测数据分别采用修正双曲线法、修正指数法和双曲线法、指数法等进行沉降预测;沉降板观测数据一般采用双曲线法、指数法等进行沉降预测。如 DK82 + 700 ~ DK83 + 200 路基堆载预压时间为 6 个月,以 DK83 + 022 断面为例,见图 10.2.1—1~3,选取左路肩、线路中心、右路肩三点对应剖面管观测数据进行沉降评估分析,采用双曲线法预测的工后沉降值分别为 12.6 mm、12.36 mm、12.85 mm,根据线路中心沉降板观测数据采用双曲线法预测的工后沉降值为 10.64 mm,相关系数均大于 0.92,工后沉降预测值均小于 15 mm,但由于只有堆载预压后的 5 个月的沉降观测数据,无法进行进一步的可靠性验证。

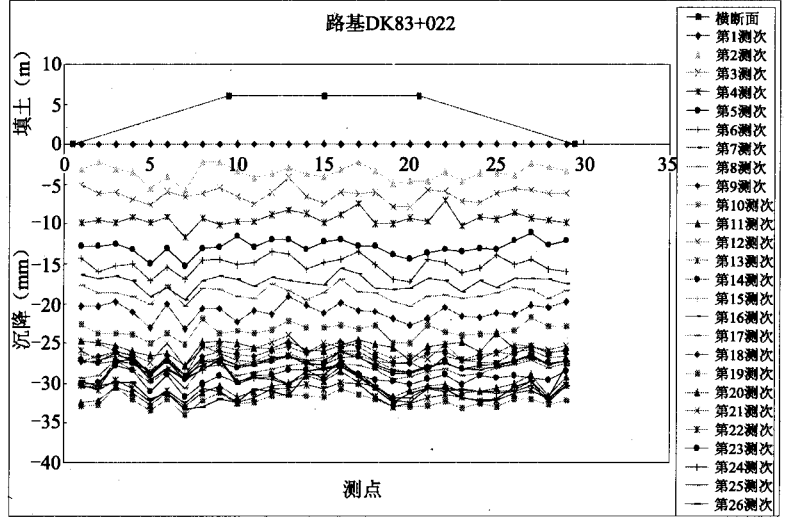


图 10.2.1—1 DK83 + 022 横断面沉降曲线

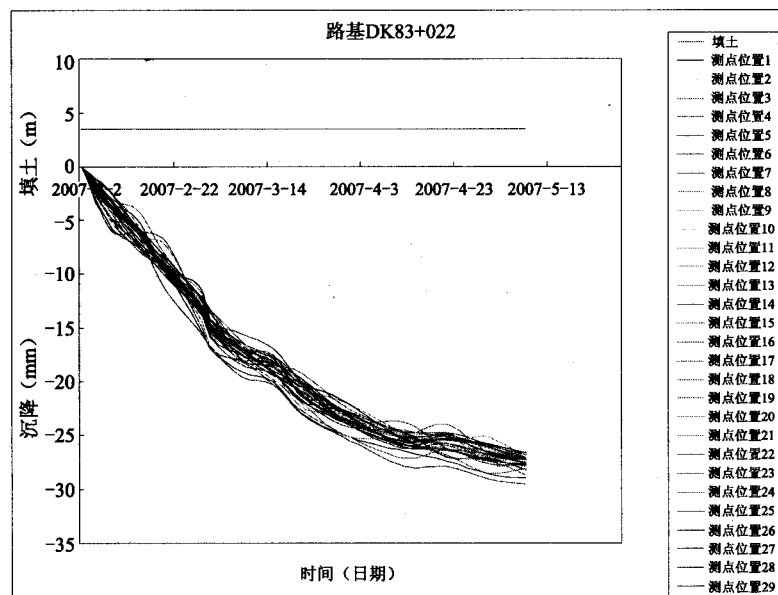


图 10.2—2 DK83 + 022 横断面各点填土—时间—沉降曲线

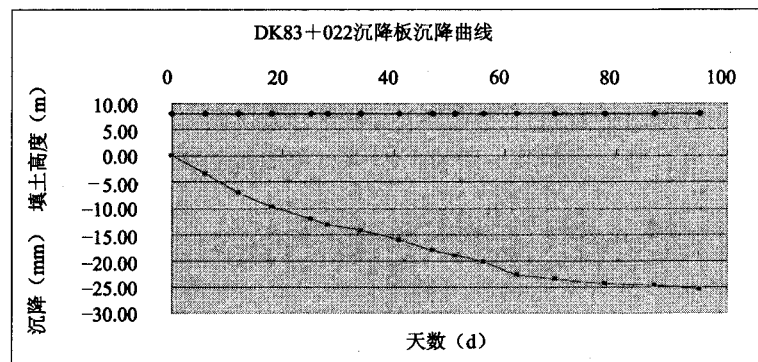


图 10.2—3 DK83 + 022 沉降板填土—时间—沉降曲线

附录 A 沉降观测记录手簿

A.0.1 封面:

新建铁路

_____ 线

_____ 桥 (路、隧)

里程范围 _____

沉降观测手簿 NO. _____

测量时间: _____

测量单位: _____

A.0.2 副封面:

仪器名称: _____ No. _____

制造厂名: _____

望远镜放大倍率: _____ 视距常数: _____

水准器分划值: _____ 测微器分划值: _____

倾斜螺旋分划值: _____

仪器检验校正情况: _____

标尺名称: _____ No. _____ No. _____

制造厂名: _____

读数差常数: _____

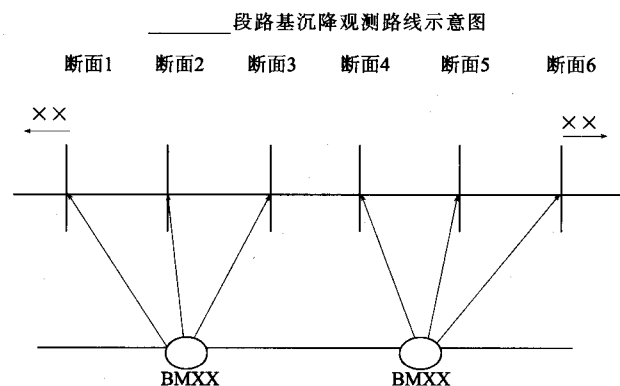
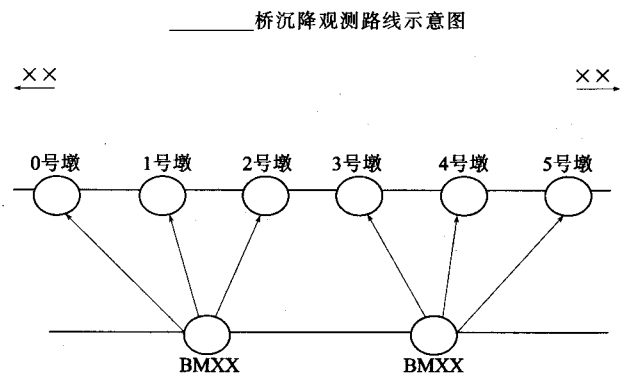
刻划间隔: _____

标尺检查校正情况: _____

观测者: _____

记簿者: _____

A.0.3 沉降观测路线示意图:



说明: 以上示意图根据现场情况绘制, 可分段单页绘制并对每页进行编页; 也可按成卷图方式绘制, 成卷图高度与手簿幅面高度同, 长度不限, 但应以便于装订为宜, 建议每个独立的桥梁或路基工点绘制在一卷图上。对于示意图中绘制的内容不限于本示例, 可根据需要增加有关内容 (如墩台中心里程, 墩台高度, 断面中心里程等)。

A.0.4 观测记录、计算:

自_____点测至_____点 时间 始 时 分 末 时 分 温度_____云量_____ 天气_____土质_____ 第____页 共____页				20 年 月 日 成像_____ 风向风速_____ 太阳方向_____					
测站编号	后尺	下丝 上丝	前尺	下丝 上丝	方尺及 向号	标尺读数		基 + K 减辅 (一减二)	备考
	后距		前距			基本分划 (一次)	辅助分划 (二次)		
	视距差 d		Σd						
	(1)		(5)		后	(3)	(8)	(14)	
	(2)		(6)		前	(4)	(7)	(13)	
	(9)		(10)		后—前	(15)	(16)	(17)	
	(11)		(12)		h	—		(18)	
1					后				
					前				
					后—前				
					h				
2					后				
					前				
					后—前				
					h				
3					后				
					前				
					后—前				
					h				
4					后				
					前				
					后—前				
					h				
沉降点 高程计算	支(附合)水准路线长度(m)								
	前后视距差累计(m)								
	往测(第一次置镜)高差(m)								
	返测(第二次置镜)高差(m)								
	往返测(两次置镜)高差之差 或附合水准路线闭合差(mm)								
	沉降点高程(m)								
计算：_____ 日期：_____ 复核：_____ 日期：_____									

附录 B 沉降观测表

表 B.0.1 路基沉降板观测记录表

[illegible]

表 B.0.2 路基沉降板观测记录汇总表

年 月 日

第 共 页

年 月 日 立

表 B.0.4 路基边桩位移观测记录汇总表

第 页共 页

[illegible]

表 B.0.5 路基观测桩沉降量记录表

工点里程范围:

观测日期：

第 页 共 页

[illegible]

单位:

测量：

记录:

年 月 日

第 页 共 页

墩(台)里程:

墩(台)编号:

桥梁名称:

[illegible]

单位:

整理:

复核:

年 月 日

第 页 共 页

里程段落:

观测日期：

第 页 共 页

[illegible]

单位:

測量：

记录:

年 月 日

涵洞中心里程: 涵洞孔径 (m): 涵长 (m): 第 页 共 页

[illegible]

表 B.0.11 隧道沉降量记录表

隧道名称: 观测日期: 第 页 共 页

[illegible]

第 页 共 页

隧道名称:

断面里程:

[illegible]

单位:

整理：

复核:

年	月	日
---	---	---

填表: 日期: 复核: 日期: 监理: 日期:

测量单位				负责人					
				(签字)					
观测点编号				测次					
观测点里程				时间					
填土高度（m）				基准点高程（m）					
测量位置	观测时间	第一次 标高 读数	第二次 标高 读数	平均值	上次 标高 读数	本次 沉降	累计 沉降	沉降 速率	备注
m	yy-mm-dd	m	m	m	m	mm	mm	mm/d	
基准点									
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									

• 91 •

