

XIANXINAGSHIZHENGSHIGONGGUIFANSHIYONGQUANSHU

现行市政施工规范实用全书

• 2 •

郑 起/主编

中国环境科学出版社

现行市政施工规范 实用全书

(2)

郑 起 主编

中国环境科学出版社

· 北 京 ·

目 录(2)

第四篇 桥梁工程施工

第一部分 桥梁工程施工技术详解	(903)
第一章 桥梁工程施工概述	(903)
第一节 城市桥梁工程施工的特点.....	(903)
一、城市桥梁工程施工部位和工序的划分	(903)
二、城市桥梁施工各部位共有的工序或工序组合	(904)
三、城市桥梁工程施工的特点	(904)
第二章 桥梁工程施工测量	(905)
第一节 桥梁施工测量的技术要点.....	(905)
一、开工前的交、接桩.....	(905)
二、桥梁施工测量	(905)
三、施工测量、放样核验.....	(906)
第二节 桥梁工程施工测量放样的质量通病与防治.....	(911)
一、平面测量放样	(911)
二、高程测量放样	(914)
三、识图与内业计算	(914)
第三章 桥梁基础工程施工	(915)
第一节 桥梁基础工程类型与施工方法概述.....	(915)
一、基础的类型及选择	(915)
二、浅置基础	(917)
三、桩基础	(917)
四、就地成孔灌注桩基础	(918)
五、管柱钻孔桩基础	(922)
六、沉井基础	(924)
七、地下连续墙基础	(928)
八、锁口钢管桩基础	(930)
九、深水设置基础	(930)
第二节 桥梁工程明挖地基技术要点.....	(932)
一、基坑质量要求	(932)
二、围堰质量要求	(933)
三、双壁钢围堰质量要求	(933)

四、明挖基础和排水检查	(934)
五、地基处理质量要求	(935)
六、地基加固质量要求	(937)
七、基础开挖施工监理工作程序	(943)
八、明挖基础质量检查	(944)
第三节 桥梁工程明挖地基的质量通病与防治	(944)
一、挖方	(944)
二、填方	(947)
三、围堰与套箱	(949)
第四节 桥梁桩基础施工	(951)
一、桩的预制、起吊、运输、堆放	(952)
二、沉桩(打桩)前的准备工作	(953)
三、锤击沉桩(打桩)施工	(954)
四、静力压桩施工	(961)
五、振动沉桩施工	(963)
第五节 桥梁、桩基础工程的质量通病与防治	(964)
一、沉入预制钢筋混凝土矩形桩、板桩	(964)
二、沉入高强度预应力混凝土离心管桩[PHC 桩]	(968)
三、沉入钢管桩	(970)
四、回转式钻机成孔灌注桩	(972)
第四章 桥梁工程中的混凝土和钢筋混凝土工程施工	(977)
第一节 混凝土工程概述	(977)
第二节 混凝土与钢筋混凝土工程技术要点	(977)
一、混凝土与钢筋混凝土工程施工	(977)
二、混凝土暑期施工要点	(979)
三、混凝土工程质量检查程序	(980)
第三节 混凝土及钢筋混凝土工程质量通病与防治	(980)
一、原材料质量控制	(980)
二、水泥混凝土拌合物质量控制	(984)
三、水泥混凝土的浇注、振捣及养护质量控制	(987)
四、混凝土及钢筋混凝土成品的质量通病及防治	(994)
五、混凝土裂缝的分类及防治	(1000)
第五章 预应力混凝土桥施工	(1014)
第一节 预应力混凝土桥施工概述	(1014)
一、预应力混凝土的基本原理和工艺	(1014)
二、先张法工艺	(1014)
三、后张法工艺	(1015)
四、预应力混凝土桥梁	(1015)
第二节 预应混凝土工程施工	(1016)
一、台座	(1016)

二、张拉设备	(1019)
三、夹具	(1020)
四、先张法施工工艺	(1020)
五、折线张拉工艺	(1023)
第三节 预应力混凝土工程后张法施工	(1024)
一、锚具	(1025)
二、后张法施工工艺	(1026)
三、后张自锚法	(1031)
第四节 先张法预应力混凝土梁、板的质量通病及防治	(1033)
一、断丝	(1033)
二、构件顶面及侧面垂直轴线的横裂缝	(1033)
三、梁、板肋端头劈裂	(1034)
四、梁腹侧面水平裂缝	(1034)
五、孔内露筋	(1034)
六、梁、板预拱度超标	(1035)
第五节 后张法施工预应力混凝土结构的质量通病及防治	(1035)
一、混凝土浇注时的质量缺陷	(1035)
二、穿束、张拉时的质量缺陷	(1037)
三、灌浆时的质量缺陷	(1040)
第六节 预应力混凝土 T 梁和箱梁质量通病与防治	(1042)
一、预应力混凝土 T 梁	(1042)
二、预应力混凝土箱梁	(1045)
第七节 预应力混凝土连续梁桥平衡悬臂施工质量通病与防治	(1051)
一、挂篮施工	(1051)
二、支架现浇施工(边跨施工)	(1057)
三、中跨合拢段施工	(1058)
四、施工控制	(1060)
第六章 混凝土工程中的模板工程施工	(1063)
第一节 模板工程概述	(1063)
第二节 模板、支架和拱架技术要点	(1063)
一、模板、支架和拱架的设计和施工应符合下列要求:	(1063)
二、模板、支架和拱架的设计审核	(1064)
三、模板、支架和拱架制作及安装要求	(1065)
第三节 模板支架工程的质量通病与防治	(1071)
一、加工、拼装期间发生的质量问题与防治	(1071)
二、混凝土浇注期产生质量问题及防治	(1078)
第四节 拆模期发生的质量问题及防治	(1082)
一、模板拆卸的次序	(1082)
二、拆模处置不当造成的质量问题及防治	(1083)

第七章 桥梁工程中的钢筋工程施工	(1084)
第一节 钢筋工程施工概述	(1084)
第二节 钢筋工程技术要点	(1084)
一、钢筋验收、保管、使用要求	(1084)
二、钢筋加工及焊接	(1088)
三、钢筋安装及埋设	(1096)
第八章 桥梁架设工程施工	(1102)
第一节 桥梁架设工程施工方法	(1102)
一、膺架架设	(1102)
二、架桥机架设	(1102)
三、龙门吊机架设	(1104)
四、浮运架设	(1104)
五、预应力混凝土梁的悬臂法施工	(1105)
六、用造桥机架设预应力混凝土梁	(1106)
七、采用移动式支架逐跨就地灌注混凝土箱梁	(1108)
八、顶推法架设预应力混凝土梁	(1108)
九、悬臂法架设大跨度钢桁梁	(1110)
十、用双层吊索架悬臂架设大跨度钢桁梁	(1110)
十一、大跨度钢桁梁跨中合拢	(1111)
十二、整体起吊安装钢桁梁	(1112)
十三、钢斜腿刚构桥的拼装与合拢	(1113)
第二节 桥梁架设工程技术要点	(1114)
一、梁式桥的梁、板架设安装	(1114)
二、顶推施工法	(1115)
三、梁桥悬拼施工法	(1116)
第三节 桥梁架设施工工程质量通病及防治	(1117)
一、吊装法架设工程质量通病及防治	(1117)
二、顶进法悬拼法架设工程质量通病及预防	(1121)
三、架设工程的质量标准	(1124)
第九章 钢桥施工	(1129)
第一节 钢桥概述	(1129)
一、钢桥的主要特点和应用范围	(1129)
二、钢桥所用材料	(1129)
三、钢桥的结构型式	(1129)
第二节 钢桥施工技术要点	(1132)
一、钢桥制造的一般规定	(1132)
二、钢桥制造质量检查	(1132)
三、钢桥质量验收	(1139)
四、钢桥工地安装检查	(1141)
第三节 钢结构的质量通病及防治	(1144)

一、高强度钢的焊接裂纹	(1144)
二、钢结构拼装缺陷及防治	(1146)
三、高强螺栓安装缺陷及防治	(1147)
四、钢梁涂漆	(1148)
第十章 桥面及附属工程施工质量通病防治	(1151)
一、排水设施	(1151)
二、桥面伸缩装置	(1152)
三、梁间接缝	(1154)
四、混凝土桥面铺装	(1155)
五、沥青混凝土桥面铺装	(1157)
六、人行道	(1160)
七、防撞护栏和栏杆	(1161)
八、修补与装饰	(1162)
第二部分 桥梁工程施工规范	(1165)
第一章 钢结构工程施工及验收规范	(1165)
第二章 钢结构工程质量检验评定标准	(1198)
第三章 城镇地道桥顶进施工及验收规程	(1235)
第四章 市政桥梁工程质量检验评定标准	(1263)
第五章 市政桥梁工程质量检验标准(北京市标准)	(1308)
第六章 市政桥梁工程质量评定标准(北京市标准)	(1347)
第七章 天津市市政工程施工技术规程	(1352)
第八章 公路桥涵施工技术规范	(1485)
第九章 城市人行天桥与人行地道技术规范	(1694)
第十章 公路隧道施工技术规范	(1713)

第四篇
桥梁工程施工

第一部分 桥梁工程施工技术详解

第一章 桥梁工程施工概述

第一节 城市桥梁工程施工的特点

城市桥梁虽然种类繁多、构造各异,但从其施工环节来看,是有共同规律的。例如各类基础工程,都需经过基坑开挖(或钻孔,或挖孔)、加工安装钢筋、制作安装模板、浇注水泥混凝土、拆模、基坑回填等共有施工环节。按照此种规律,可将一座桥梁做为单位工程划分为若干部位和工序。

一、城市桥梁工程施工部位和工序的划分

(一)部位划分

城市桥梁目前主体部分仍为水泥混凝土工程(含钢筋混凝土和预应力混凝土工程),其次有圬工砌筑和钢结构工程。因此,城市桥梁的施工,是从制造基本材料——水泥混凝土开始的。以施工现场的质量管理而言,桥梁工程做为一个单位工程,可划分为基础工程、下部结构工程、上部结构工程、桥面系、附属工程五个施工部位。特殊情况(如属于地下通道,大型悬拼或悬浇桥梁的上部构造)可按施工分段,划分为若干部位。

(二)各部位工序的划分及相互逻辑关系

1. 上部结构和下部结构施工部位的工序划分

城市桥梁上部结构和下部结构施工中,按其工作特点可分为九个工序组合,即砌筑工程、混凝土工程、钢筋工程、钢筋混凝土工程、预应力混凝土工程、架设工程、附属工程、土方工程和钢结构工程。砌筑工程和地下通道的混凝土工程,应有土方工程的基坑开挖为前导工序,土方工程的填方为后续工序。其中混凝土工程工序组合包括模板、支架制作、安装工序,混凝土浇注工序和拆模、养生工序;钢筋工程工序组合包括钢筋的加工、钢筋焊接、钢筋成型与安装,以及预埋件预埋或预留孔洞预留等工序;而钢筋混凝土工程组合,除含有混凝土工程的工序外,还包括钢筋工程的工序;预应力混凝土工程组合除含有钢筋混凝土所有工序外,还包括预应力孔道预留(或安装)、预应力钢材张拉,预应力孔道灌浆和锚固区浇注封锚混凝土等工序;架设工程工序组合含有的工序名称,因其施工方法的不同而异,分别为预制构件安装、预制结构顶进,预制块件悬拼等工序。架设工程的前导工序是钢筋混凝土工程,或是预应力混凝土工程的所有工序及支座安装工序。后续工序是桥面系工程的工序内容。对于人行过街天桥等钢结构工程含有放样、加工、组装焊接、试拼装、工地拼装架设、工厂涂漆和工地涂漆等工序。

2. 基础工程部位的工序划分

基础工程部位的工序划分因基础类型不同而异。明槽基础工程可分为基坑开挖、垫层混凝土、基础砌注(或浇注钢筋混凝土)等工序;沉入桩的桩基础工程可分为预制桩钢筋混凝土、沉入桩、承台现浇钢筋混凝土等工序;混凝土灌注桩的桩基础工程可分为预制埋设护筒、桩成孔、清孔、钢筋工程、灌注水下混凝土、承台现浇钢筋混凝土等工序;沉井基础可分为填方筑岛、预制沉井钢筋混凝土工序组合、挖土下沉、封底浇注水下混凝土、井盖钢筋混凝土等工序。

3. 桥面系部位的工序划分

桥面系施工部位含有三个工序组合:即桥面防水及铺装、变形缝制作及安装和附属工程。桥面防水及铺装工序组合可分为找平层混凝土、防水层铺设、水泥混凝土桥面铺装(含模板、钢筋和混凝土工程)或沥青混凝土桥面铺装工序。变形缝制作安装工序组合可分为变形装置安装、钢筋工程、保护带混凝土浇筑等工序。附属工程工序组合包括栏杆、地袱、隔离墩、防撞墩的预制(现浇)钢筋混凝土及其安装、桥头搭板钢筋混凝土预制和安装、挡土墙、装饰挡墙、台阶、梯道的加工、安装(砌筑)和灯柱安装等工序。对于有装饰要求的桥梁工程,还有装饰工程的若干工序。

二、城市桥梁施工各部位共有的工序或工序组合

通过城市桥梁施工工序的划分,我们可发现在施工中经常遇到的工序组合有:土方工程(含基坑开挖、基坑回填与夯实)、模板支架工程、钢筋工程、混凝土工程、预应力混凝土工程、圬工砌筑工程、钢结构工程、架设工程和附属工程。上述工序组合或工序是各种类型桥梁施工的共有内容,也是现场质量控制的要点。如对上述各点产生的质量缺陷和事故的现象、危害、产生原因和防治措施进行深入探讨,就必然能为城市桥梁工程施工的质量控制,找到良策。

三、城市桥梁工程施工的特点

桥梁工程质量通病是指桥梁工程中经常发生的、普遍存在的一些工程质量问题。

桥梁工程的质量通病由于其多发性和普遍性。首先对桥梁工程质量危害很大。其次,这些质量通病多数会造成桥梁工程永久性缺陷,问题一旦发生,很难轻易解决。而解决起来往往是劳民伤财,结果还留有隐患。第三、多数质量通病具有不可逆转性,即只要发生,便束手无策。因此,对于桥梁工程质量通病往往需要事前的预防。质量通病防治的目的是采取一系列措施,避免质量通病的发生。同时,对质量通病发生采取一定治理手段,进行必要补救,防止问题进一步发展。

要树立“预防为主,防治结合,防重于治”的观念,将质量管理由事后被动检查,转变为事前有目的、有预见的防范,把施工中常见的质量通病及事故,消灭在萌芽状态。

第二章 桥梁工程施工测量

第一节 桥梁施工测量的技术要点

一、开工前的交、接桩

1. 交桩内容

- 1) 全线(本合同)平面控制桩、转角桩、方向桩、大中桥和涵及重要构造物定位桩等;
- 2) 高程控制桩;
- 3) 控制桩的护桩。

2. 交桩要点

- 1) 路线起、止控制桩与国家固定控制桩(平面、高程)的连接关系及精度;
- 2) 全路线由几个勘察设计单位分段承担设计时,应检查结合部桩位(平面、高程)连续关系及精度;
- 3) 路线跨越两个不同的高斯投影带,勘察设计单位应考虑并解决坐标换算的问题;
- 4) 重要桩位丢失过多,应要求原勘察设计单位补测。

3. 接桩

交桩数量和精度已满足施工要求时,承包人应签署接桩文件。

二、桥梁施工测量

1. 开工前

- 1) 承包人的测量组人员数量、资质、测量仪器种类、数量、精度级别及工作状态;
- 2) 全线(本合同)控制桩(平面、高程)恢复情况及复核精度;
- 3) 护桩的恢复和补充(按正常施工)情况;
- 4) 即将开工路段和构造物的施工测量及放样情况;
- 5) 桩的制作、埋设、保护情况。

2. 施工中

- 1) 检查、批复承包人路基施工中测量、放样自检报告;按合同规范和路基施工监理程序要求,复核承包人路基施工中边桩位置和高程测量结果;
- 2) 检查、批复承包人路基验收测量报告,按要求组织部分或全部路段复核测量;
- 3) 检查、批复承包人路面(包括结构层)施工放样自检报告,按要求组织部分或全部路段复核放样;
- 4) 对桥、涵构造物施工中重要工程部位,应对承包人测量、放样自检报告组织复核测量;
- 5) 检查现场监理人员要求的测量、放样复核工作是否办理;
- 6) 经历雨季或按规范规定的施工时间间隔,如每隔半年督促承包人复核全线(本合同)控制桩;并审核其测量结果。

3. 竣工后

1)检查承包人全线(已竣工路段)恢复定线和路线竣工验收测量工作,审批竣工测量报告,视情况组织部分路段复测;

2)检查承包人全线(已竣工)桥涵及其它设施竣工验收的测量资料,按总监或驻地监理要求组织复核测量,审核批准测量报告;

3)核实因变更设计引起工程数量变动所需的测量内容;

4)检查、督办总监、高级驻地和现场监理人员要求的其他测量工作。

三、施工测量、放样核验

1. 开工前检查工作

在开工前,应检查承包人如下测量内容,并审核测量报告:

1)人员及仪器配置情况、仪器精度及使用状态;

2)桥位桩、基线桩以及重要部分桩位测量、放样工作;

3)护桩分布及精度;

4)监理复核测量内容和方法。

桥梁工程测量放样工作的检查和复核,应由测量工程师与桥梁工程师研究和协调进行,但测量工程师为主要负责人;

测量工程师安排监理测量组人员,检查承包人测量放样工作;测量工程师和桥梁工程师审核承包人测量报告后,决定监理复核测量内容;

现场测量、放样过程中或资料审核时,如确实存在精度或其它问题,应由承包人测量人员解释,必要时指令复测部分或全部桩位,如确系设计问题,应会同设计单位研究解决;

测量工程师批复承包人测量放样报告,并把该项执行结果和批复意见报告总监(驻地监),以作为批准开工申请报告依据。

宜绘制并在监理办公室张贴全桥测量资料综合示意图。图上详列:桥位桩、基线桩、主要分部桩及护桩的编号、坐标、距离、方位角、曲线资料、水准点资料等。综合示意图上列出导线点坐标表、桥位及分部桩位坐标表、导线距离和夹角资料表、桥位及分部桩位放样资料表、路线曲线资料表、水准点表等。

制作并张贴全桥测量资料综合示意图的目的是除了测量方面人员外,有关监理人员对全桥测量资料有一整体性了解,同时也方便查找有关基本测量资料。实际工作中也可将该图分解为几个互相配合的图表。

2. 施工测量检查要点

1)一般、经常性的检查,包括:

高程、平面控制基点桩、桥涵中心桩及测量资料的复测、核对;布网是否通视,不受干扰,基点埋石是否牢靠,编号是否清晰;

桩志总图的检查;

补充的水准点、桥涵中桩精确与否;

各种测量方法如二级坐标法、直角坐标法、方向线交合法操作正确与否,等等。

2)大型桥梁的桥位校测

(1)平面位置校测

a. 利用电磁波测距仪,把仪器立在已知的控制点上,通过控制点与测点的坐标计算出距离及方位角,以极坐标法进行测量,测量点的点位精度:

$$m = \sqrt{s^2(m_a/p)^2 + m^2} \quad (4-2-1-1)$$

$$m_s = a + b \cdot D$$

式中 m ——测点的点位精度;
 m_s ——测量距中误差;
 s ——控制点与测点的水平距离;
 p ——1 弧度秒值;
 m_a ——测角中误差(n);
 a, b, D ——参见表 4-2-1-4。

b. 利用全站仪测量,利用边角后方交会定点,先计算出测点的角度及坐标,持标立点即可,测量点的点位精度:

$$m_p = \sqrt{2} \sqrt{[(X_T - x)^2 + (Y_T - y)^2] / (2n - 4)} \quad (4-2-1-2)$$

式中 m_p ——测点的点位精度;
 X_T, Y_T ——控制点经全站仪变换后的计算坐标;
 x, y ——控制点原始坐标;
 n ——控制点数。

(2) 高程校测

在有水河流上,水面宽度在 150m 以上时,两岸水准点的高程应采用跨河水准测量方法校测。跨河水准测量,应在阴天(晴天应日出 1 时开始时,至地方时上午 9 时 30 分止,下午自 3 时 15 分起至日落前 1 时止)进行;跨河水准测量方法,可参照国家标准《工程测量规范》(GB50026-93)进行,观测的测回数、组数及允许偏差按三、四等跨河水准测量的规定执行。

3) 平面、水准控制测量及质量要求

(1) 平面控制网

平面控制网可采用三角测量、导线测量、三边测量、边角网的测量和 GPS 测量。平面控制网的划分,三角测量、三边测量依次为二、三、四等和一、二级小三角、小三边;导线测量依次为二、三、四等和一、二、三级。GPS 测量,其等级依次为 B、C、D、E,多等级的采用应根据工程需要选择。

桥梁网宜采用桥轴线独立坐标系,桥轴线相对精度的估算可按桥墩、台定位精度和相对定位精度求得:

$$m_e/L = 0.4(\sqrt{2\Delta_B})/2L = 0.28(\Delta_D/L) \quad (4-2-1-3)$$

式中 m_e/L ——桥轴线的相对精度;
 Δ_D ——墩、台定位限差;
 L ——桥轴线长。

0.4 是按控制误差占总的定位误差 1/10m 考虑,桥轴线超过 1000m 的特大桥梁应按严密方法进行精度设计。

(2) 一般大、中桥的三角控制测量

三角网的基线不应少于 2 条,依据当地条件,可设于河流的一岸或两岸。基线一端应与桥轴线相连,并尽量近于垂直。当桥轴线较长时,应尽可能两岸均设基线。长度一般不小于桥轴长度的 0.7 倍,困难地段不得小于 0.5 倍。设计单位布设的基线桩精度够用时应予以利用;三

角网所有角度宜布设在 $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间, 困难情况下不应小于 25° 。

①三角测量的主要技术要求, 详见表 4-2-1-1、表 4-2-1-2、表 4-2-1-3、表 4-2-1-4、表 4-2-1-5。

表 4-2-1-1

三角测量等级

等 级	桥梁桥位控制测量
二等三角	> 5000m 特大桥
三等三角	2000 ~ 5000m 特大桥
四等三角	1000 ~ 2000m 特大桥
一级小三角	500 ~ 1000m 特大桥
二级小三角	< 500m 大、中桥

表 4-2-1-2

三角测量的主要技术要求

等 级	平均边长(km)	测角中误差(")	起始边边长相对中误差	最弱边边长相对中误差	测回数			三角形最大闭合差(")
					DJ ₁	DJ ₂	DJ ₆	
二等	3.0	±1	≤1/250000	≤1/120000	12	—	—	±3.5
三等	2.0	±1.8	≤1/150000	≤1/70000	6	9	—	±7.0
四等	1.0	±2.5	≤1/100000	≤1/40000	4	6	—	±9.0
一级小三角	0.5	±5.0	≤1/40000	≤1/20000	—	3	4	±15.0
二级小三角	0.3	±10.0	≤1/20000	≤1/10000	—	1	3	±30.0

表 4-2-1-3

水平角方向观测法的技术要求

等 级	仪 器 型 号	光学测微器两次重合读数之差(")	半测回归零差(")	一测回中 2 倍照准差变动范围(")	同一方向值各测回较差(")
四等及	DJ ₁	1	6	9	6
以上	DJ ₂	3	8	13	9
一级及	DJ ₂	—	12	18	12
以下	DJ ₆	—	18	—	24

注: 当观测方向的垂直角超过 $\pm 3^{\circ}$ 的范围时, 该方向 2 倍照准差的变动范围, 可按相邻测回同方向进行比较;

表 4-2-1-4

测距的主要技术要求

平面控制网等级	测距仪精度等级	观测次数		总测回数	一测回读数较差	单 程各测回较差	往返较差
		往	返				
二、三等	I	I	I	6	≤5	≤7	≤2(a + bD)
	II			8	≤10	≤15	
四等	I	I	I	4~6	≤5	≤7	
	II			4~8	≤10	≤15	
一级	II	I	—	2	≤10	≤15	
	III			4	≤20	≤30	
二、三级	II	I	—	1~2	≤10	≤15	
	III			2	≤20	≤30	

注: ①测回是指照准目标一次, 读数 2~4 次的过程;

②根据具体情况, 测边可采取不同时间段观测代替往返观测;

③a—标称精度中的固定误差(mm)

b —标称精度中的比例误差系数(mm/km)

D —测距长度(km)。

表 4-2-1-5

电测距仪测量精度等级

等 级	每公里测距中误差 m_D (mm)	
I 级	$m_D \leq 5$	$m_D = \pm (a + b \cdot D)$
II 级	$5 < m_D \leq 10$	
III 级	$10 < m_D \leq 20$	

注: a 、 b 、 D 同表 4-2-1-4

②三角网平差,一般按角度以条件观测平差为主。平差结束后,验算精度应符合表 4-2-1-2 的规定:

a. 三角网测角中误差

$$m_\beta = \sqrt{\frac{(\alpha\omega)}{3n}}$$

式中 m_β ——测角中误差(");
 ω ——三角形闭合差(");
 n ——三角形的个数。

b. 测边单位权中误差

$$\mu = \sqrt{\frac{(pdd)}{2n}} \quad (4-2-1-4)$$

式中 μ ——测边单位权中误差;
 d ——各边往、返距离的较差(mm),应不超过按仪器标称精度的极限值(2倍);
 n ——测距的边数;
 p ——各边距离测量的先验权,其值为 $1/\sigma_0^2$, σ_0 为测距的先验中误差,可按测距仪的标称精度计算。

③任一边的实际测距误差:

$$m_{di} = \mu \sqrt{\frac{1}{P_i}} \quad (4-2-1-5)$$

式中 m_{di} ——第 i 边的实际测距中误差(mm)。
 P_i ——第 i 边距离测量的先验权。

当网中的边长相差不大时,可按式(4-2-1-6)计算平均测距中误差:

$$m_{di} = \sqrt{\frac{dd}{2n}} \quad (4-2-1-6)$$

式中 m_{di} ——平均测距中误差(mm)。

4)GPS 测量控制网的设置精度和作业方法,应符合《公路全球定位系统(GPS)测量规范》(JTJ/T066)的规定。

控制网相邻点间弦长标准差,按式(4-2-1-7)确定。

$$\sigma = \sqrt{a^2 + (bd)^2} \quad (4-2-1-7)$$

式中 σ ——弦长标准差(mm);
 a 、 b 、 d 同表 4-2-1-6。

表 4-2-1-6

GPS 控制网的主要技术指标

级别	每对相邻点平均距离 d (km)	固定误差 a (mm)	比例误差 b (mm/km)	最弱相邻点点位中 误差 m (mm)
一级	4.0	5	1	10
二级	2.0	5	2	10
三级	1.0	5	2	10

注:各级 GPS 控制网每对相邻点间最小距离,不应小于平均距离的 1/2,最大距离不宜大于平均距离的 2 倍。

5) 高程控制校测

(1)水准测量等级的确定,应符合下列要求:2000m 以上特大桥一般为三等,1000m~2000m 的特大桥为四等,1000m 以下桥梁为五等。水准测量的等级划分及主要技术要求,见表 4-2-1-7。

表 4-2-1-7

水准测量的主要技术要求

等级	每公里高差中数 中误差(mm)		水准仪 的型号	水准尺	观 测 次 数		往返较差、 附和或环线 闭合差
	偶然中 误差 M_{Δ}	全中误 差 M_W			与已知点联测	附和或环线	
二等	± 1	± 2	DS ₁	因瓦	往返各一次	往返各一次	平地(mm) $\pm 4\sqrt{L}$
三等	± 3	± 6	DS ₁	因瓦	往返	往一次	$\pm 12\sqrt{L}$
			DS ₃	双面	各一次	往返各一次	
四等	± 5	± 10	DS ₃	双面	往返各一次	往一次	$\pm 20\sqrt{L}$
五等	± 8	± 16	DS ₃	单面	往返各一次	往一次	$\pm 30\sqrt{L}$

注: L 为往返测段,附和或环线的水准路线长度(km)。

(2)水准测量,精度计算应符合表 4-2-1-7 的规定。

①高差偶然中误差(mm)

$$M_{\Delta} = \sqrt{[1/(4n)][(\triangle\triangle)/L]} \quad (4-2-1-8)$$

式中 M_{Δ} ——高差偶然中误差(mm);

$\triangle$ ——水准路线测段往返高差不符值(mm);

L ——水准测段长段(km);

n ——往返测的水准路线测段数。

②高差全中误差(mm)。

$$M_W = \sqrt{(1/N)[(\omega\omega)/L]} \quad (4-2-1-9)$$

式中 M_W ——高差全中误差(mm);

ω ——闭合差(mm);

L ——计算各 ω 时,相应的路线长度(km);

N ——附和路线或闭合路线环的个数。

当二、三等水准测量与国家水准点附和时,应进行正常水准面不平行修正。

(3)特大、大、中桥施工时设立的临时水准点,应根据设计单位测定的水准点测出,其高程偏差($\triangle h$)不得超过:

$$\triangle h = \pm 20\sqrt{L} \quad (\text{mm})$$