T/CECS G ####：202#

中国工程建设标准化协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction Standardization

公路改扩建工程测量标准

Standards for Engineering Survey of Highway Reconstruction

征求意见稿

征求意见稿

中国工程建设标准化协会　发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

征求意见稿

中国工程建设标准化协会标准

公路改扩建工程测量标准

Standards for Engineering Survey of Highway Reconstruction

T/CECS G

征求意见稿

征求意见稿

主编单位：中交第二公路勘察设计研究院有限公司

发布机构：中国工程建设标准化协会

实施日期：202X 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

北 京

前　　言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发＜2022 年第二批协会标准制订、修订计划＞的通知》（建标协字[2022] 40 号）的要求，由中交第二公路勘察设计研究院有限公司承担《公路改扩建工程测量标准》（以下简称“本标准”）的制订工作。

本标准编写组在调研、总结、归纳公路改扩建工程测量经验的基础上，结合行业特点，对公路改扩建工程测量的方法和相关技术指标进行充分调研和讨论，力求标准的严密性、可操作性。

本标准分为 10 章、7 个附录，内容包括：1 总则、2 术语和符号、3 基本规定、4 控制测量、5 数字地形测量、6 既有路面测量、7 构造物测量、8 地下管线探测、9 实景三维测量、10 其他测量，附录 A 测量控制点规格及埋设示意图，附录 B 控制点点之记、附录 C 水准仪 i 角检校、附录 D 像控点标志、标靶形状、附录 E 地下管线探查记录表、附录 F 地下管线探查检查记录、附录 G 质量检查记录表。

本标准基于通用的工程建设理论及原则编制，适用于本标准提出的应用条件。对于某些特定专项应用条件，使用本标准相关条文时，应对适用性及有效性进行验证。

请注意本标准的某些内容可能直接或间接涉及专利，本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由中交第二公路勘察设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组。中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号，邮编：100088，电话：010-62079839，传真：010-62079983。电子邮箱：shc@rioh.cn）。或王守彬，地址：武汉市经济技术开发区立业路 18 号，邮编：430056，电话：027-84214035，传真：027-84214153，电子邮箱：419595056@qq.com，以便修订时研用。

征求意见稿

征求意见稿

主　编　单　位：中交第二公路勘察设计研究院有限公司

参　编　单　位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

中交公路规划设计院有限公司

中国公路工程咨询集团有限公司

辽宁省交通规划设计院有限责任公司

湖南省交通规划勘察设计院有限公司

正元地理信息集团股份有限公司

武汉综合交通研究院有限公司

江苏连云港地质工程勘察院

济南市市政工程设计研究院（集团）有限责任公司

湖南远景经纬空间信息技术有限公司

主　　编：王守彬

主要参编人员：

主　　审：黄文元

参与审查人员：

参 加 人 员：

征求意见稿

征求意见稿

目　　次

1 总　则.....1
2 术语和符号.....2
3 基本规定.....4
3.1 一般规定.....4
3.2 资料收集和踏勘.....4
3.3 测量技术方案和测量技术报告.....6
4 控制测量.....8
4.1 一般规定.....8
4.2 平面坐标和高程系统.....9
4.3 选点与埋石.....10
4.4 平面控制测量.....11
4.5 高程控制测量.....12
4.6 衔接测量.....18
4.7 控制测量提交资料.....19
5 数字地形测量.....21
5.1 一般规定.....21
5.2 点云和影像数据采集.....22
5.3 标靶、像控点和检查点测量.....24
5.4 点云处理.....25
5.5 数字高程模型.....26
5.6 数字线划图要素采集.....27
5.7 像片调绘.....28
5.8 数字线划图编辑.....28
5.9 水域现状测量.....29
5.10 资料提交.....30

征求意见稿

6 既有路面测量.....32
6.1 一般规定.....32
6.2 三维激光扫描测量.....32
6.3 路面常规测量.....34
6.4 特征线提取.....35
6.5 资料提交.....36
7 构造物测量.....37
7.1 一般规定.....37
7.2 桥梁测量.....37
7.3 涵洞测量.....38
7.4 通道测量.....39
7.5 隧道测量.....39
7.6 资料提交.....40
8 地下管线探测.....42
8.1 一般规定.....42
8.2 探查准备.....43
8.3 管线探查.....44
8.4 管线探查质量检查.....47
8.5 管线测绘.....47
8.6 资料提交.....49
9 实景三维测量.....50
9.1 一般规定.....50
9.2 实景三维模型精度.....50
9.4 模型分类与单体化.....52
9.3 实景三维模型数据采集.....52
9.5 质量评定.....53
10 其他测量.....55

征求意见稿

10.1 一般规定.....55
10.2 横断面测量.....55
10.3 地物测量.....55
10.4 相邻工程联测.....56
附录 A 测量控制点规格及埋设示意图.....57
附录 B 控制点点之记.....61
附录 C 水准仪 i 角检校.....62
附录 D 像控点标志、标靶形状.....63
附录 E 地下管线探查记录表.....64
附录 F 地下管线探查检查记录.....65
附录 G 质量检查记录表.....66
本标准用词用语说明.....67

征求意见稿

1 总 则

1.0.1 为统一公路改扩建工程测量的技术要求，保证测量成果质量满足公路改扩建工程设计的需要，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于各等级公路改扩建的工程测量。

1.0.3 公路改扩建平面坐标系统应采用 2000 国家大地坐标系，或采用以 2000 国家大地坐标系椭球参数为基础的公路独立坐标系，高程系统应采用 1985 国家高程基准。采用公路独立坐标系统时应与 2000 国家大地坐标系进行联测。

1.0.4 本标准以中误差作为衡量测量精度的指标，以 2 倍中误差为极限误差。

1.0.5 公路改扩建工程测量应遵循科学、安全、经济的原则，采用作业安全、质量可靠、经济可行的测量方法，制定合理的作业计划，确保测量成果的精度和质量。

1.0.6 公路改扩建工程测量除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关强制性标准的规定。

征求意见稿

2 术语和符号

2.0.1 公路改扩建

对既有公路进行改造、扩建，提高公路服务水平、通行能力及安全性的工程建设行为。

2.0.2 改造

对既有公路路基、路面或沿线设施进行更换、补强或增设等建设行为。

2.0.3 扩建

对既有公路路基路面、桥梁进行拼接加宽或分离增建，对隧道进行扩挖或分离增建，以增加公路车道数的建设行为，包括单侧直接拼宽、两侧直接拼宽、单侧分离增建、两侧分离增建、增设高架桥和隧道等形式。

2.0.4 线形拟合

根据实测数据，在基本保持既有公路平纵面现状的条件下，采用线形逼近的方法进行的路线平纵面设计。

2.0.5 直接拼宽

扩宽的路基、桥梁与既有公路路基、桥梁连接成为整体，新旧路面、桥面之间平滑顺接的公路扩建方式。

2.0.6 分离增建

既有公路、桥梁、隧道保留利用，扩宽的路基、桥梁、隧道与既有公路路基、桥梁、隧道为独立个体，新旧路面、桥面、隧道铺装面之间没有直接连接的公路扩建方式。

2.0.7 增设高架桥和隧道

在既有公路路线走廊带内，通过在既有公路路基之上、或者两侧架设高架桥，或者是在既有公路路基之下开挖隧道，以增加车道数的建设行为。

2.0.8 路面测量

既有公路路面的平面位置和高程测量，路面测量成果通常以路面铺装材料的边缘线和中线上一定间隔的点的坐标和高程体现。

2.0.9 构造物测量

征求意见稿

既有构造物特征点的平面位置和高程测量，构造物特征点根据改扩建公路的设计需要确定。

2.0.10 管线点 survey point of underground pipeline

为准确描述地下管线的走向、特征和附属设施位置，在地下管线探测工作中设立的测量点。管线点分为明显管线点和隐蔽管线点。明显管线点是指实地可见的管线点，隐蔽管线点是指实地不可见的管线点。

2.0.11 管线特征点 characteristic point of pipeline

用于表征管线走向、连接方式特征的管线点，包括起止点、转折点、分支点、交叉点、变坡点、变径点、变材点、出地点、入地点、出室点、入室点等。

2.0.12 实景三维模型(RSTDM) real scene three-dimensional model

采用数字摄影、激光扫描等技术获取实际场景，经过特征点匹配、三角网构建、纹理映射等处理后，实现实际场景的可视化、可量测的三维数字技术和相应产品。

征求意见稿

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 公路改扩建工程测量根据既有公路的形式、规模和改扩建方式，应包括控制测量、数字地形测量、既有路面测量、构造物测量、地下管线探测、实景三维测量及其他测量等内容。

3.1.2 公路改扩建工程测量数据应保持原始性和真实性。人工测量数据应采用专项记录簿手工现场记录，不得涂改和转抄；电子测量数据应提交原始和中间数据文件。

3.1.3 公路改扩建工程测量所使用仪器设备及软件系统应符合下列规定：

1 按法定需要计量检定的仪器设备应按有关技术规定进行检定，并应在检定的有效期内使用。

2 仪器设备应进行校准或检验。

3 软件系统应通过测评或试验验证。

3.1.4 公路改扩建工程测量工作必须认真贯彻安全生产的方针，结合各阶段工作的特点和具体情况，制订相应的安全生产措施。

3.2 资料收集和踏勘

3.2.1 改扩建公路工程测量开始前应收集并分析路线方案研究情况和改扩建方案，充分掌握每一个段落改扩建的方式，初步确定既有公路每一个段落每一侧的路面、桥面、隧道内路面和衬砌面、构造物特征点的测量方式和测量精度。

3.2.2 应根据平面和高程控制网施测的需要，收集沿线既有平面控制点和高程控制点，对既有控制点的可利用情况进行现场查看，对满足项目改扩建测量的程度进行分析，包括控制点的测量条件、等级、精度以及相邻控制点之间的连测距离、控制点至路线的距离等。

3.2.3 应根据公路改扩建数字线划图的应用需要，收集沿线数字线划图、影像图以及其他可利用的数字线划图相关成果或中间成果，对收集的成果的可利用情况进行分析，必要时应进行现场查看和检测，分析、查看、检测的内容包括：

1 分析、查看数字线划图的范围、现势性、坐标系统的适宜性、比例尺、等高

征求意见稿

距、地物地貌表达的合理性和完整性等。

2 检测数字线划图重要地物和一般地物的平面高程精度、等高线插值的高程精度等。

3.2.4 应收集、调查既有公路交通量、交通组成，掌握既有公路交通流量规律，初步分析并制定路面测量作业的时间、路面测量的方式以及需要采取的安全保障措施。

3.2.5 应收集、调查沿线的路网状况，对收费站、服务区、停车区、立体交叉及其他沿线允许车辆调头和人员上下路的地点位置进行调查和核实，初步分析、制定测量车辆安全运行路线方案、人员安全上下公路的位置计划、高程控制测量联测的路线方案。

3.2.6 应现场查看改扩建公路两侧地形、地貌、植被、地物情况，并对查看的内容进行分析，查看、分析的内容应包括：

1 查看既有公路边坡、边沟、边沟外侧 50 米范围内植被种类、高度、分布密度等情况。

2 查看既有公路两侧边坡防护方式、地形高低起伏等情况。

3 查看既有公路两侧建筑物分布、密度、高度等。

4 分析植被、边坡、建筑物等对数字线划图测绘、车载激光扫描、机载激光扫描、全站仪测量等测量方式的影响程度。

5 初步确定数字线划图测绘、路面外横断面测量、构造物测量方式和采取的技术措施。

3.2.7 应根据测量内容的需要按照下列规定现场查看沿线桥梁、涵洞、通道、隧道、立交的分布情况和测量条件：

1 桥梁应查看桥梁跨径、桥下水位、墩台高度、桥梁两端和墩台位置遮挡情况，初步分析并确定桥梁墩台的测量方式和仪器设置位置。

2 涵洞和通道应查看两端的遮挡情况，初步分析并确定两端特征点的测量方式和仪器设置位置。

3 隧道应查看长度、平纵线形、进出口遮挡情况，初步分析并确定隧道特征点的测量方式和仪器设置位置。

4 立交应查看每一个匝道的结构、遮挡情况，初步分析并确定每一个匝道的测量

征求意见稿

内容、测量方式和仪器设置位置。

3.3 测量技术方案和测量技术报告

3.3.1 公路改扩建测量工作开始前，应根据收集的资料、现场核查情况，制定详细的测量技术方案；作业完成后，应进行资料完整性检查、质量抽样检查，并编写测量技术报告。

3.3.2 测量技术方案应包括下列内容：

1 项目概况说明，包括项目起终点位置、路线所经位置和高程起伏情况、工程规模、构造物分布等。

2 既有平面、高程控制点等级、精度、分布情况的说明，确定的平面和高程坐标系选取、控制点选埋要求说明，控制测量施测方法、联测方案以及相应的技术要求、流程、成果提交内容和形式的规定。

3 改扩建公路两侧地形、地貌、植被、地物情况说明，确定的数字线划图比例尺、基本等高距、测绘方式、路面外横断面测量以及相应的技术要求、流程、成果提交内容和形式的规定。

4 路线方案、总体改扩建方案、每一个段落每一侧的改扩建方式情况说明，确定路面、桥面、隧道内路面特征点、特征线的测量方案、测量精度要求、测量方法、测量操作流程、成果提交内容和形式的规定。

5 桥梁、涵洞两侧植被、地形情况说明，确定桥墩台测量、涵洞和通道测量采用的测量方式、测量精度要求、测量操作流程、成果提交内容和形式的规定。

6 交通量、交通组成、交通流量规律，收费站、服务区、停车区、立体交叉及其他沿线允许车辆调头和人员上下路的地点位置，采取的安全保障措施等情况说明。

7 人员和仪器设备安排、工期节点和资料提交节点计划说明。

3.3.3 测量技术报告应包括下列内容：

1 项目概况说明，包括项目起终点位置、路线所经位置和高程起伏情况、工程规模、构造物分布和数量等。

2 既有控制点和数字线划图利用情况的说明。

3 平面和高程控制点布设、施测情况，控制点数量和编号，控制测量计算精度情况，资料提交情况和抽样检测情况的说明。

征求意见稿

4 数字线划图测绘施测流程、测绘范围和数量、过程控制精度情况、资料提交情况和抽样检测情况的说明。

5 路面、桥面、隧道内路面特征点、特征线的测量的数量、方法、过程控制精度情况、资料提交情况和抽样检测情况的说明。

6 路面外横断面测量、其他地物测量的数量、方法、过程控制精度情况、资料提交情况和抽样检测情况的说明。

7 构造物特征点、特征线测量的数量、方法、过程控制精度情况、资料提交情况和抽样检测情况的说明。

8 测量方案执行情况与设计方案的差异情况的说明。

9 资料提交清单

3.3.4 公路改扩建测量方案和测量内容应与设计人员充分沟通，并通过有路线、桥梁、隧道、路基路面、立体交叉设计人员和项目安全管理人员参加的评审。

征求意见稿

4 控制测量

4.1 一般规定

4.1.1 公路改扩建控制测量内容应包括平面坐标和高程系统选择、选点与埋石、平面控制测量、高程控制测量和衔接测量等内容。

4.1.2 各等级控制测量控制应全线贯通，控制网应采用严密平差法进行统一平差。控制网的起算点相互之间应兼容，数量不宜少于 3 个。

4.1.3 公路改扩建工程测量宜采用一次性施测方式进行平面和高程控制测量。分离增建路段较长且至既有公路距离大于 300 米以上时可分期、分级实施。当扩建方案走廊存在较大争议时，可采取初测、定测分阶段进行的测量方式。

4.1.4 路线平面、高程控制测量精度等级应根据改扩建的公路等级和改扩建的方式分级进行设计。

4.1.5 一次布设和施测的高速公路改扩建平面控制测量的等级应采用四等，高程控制测量的等级应采用三等，其他等级公路改扩建平面控制测量的等级应采用一级，高程控制测量的等级应采用四等。

4.1.6 分期布设和施测的平面和高程控制测量的等级应按照下列规定选用：

1 高速公路、一级公路改扩建首级平面控制测量的等级应采用四等，加密平面控制测量的等级应采用一级；首级高程控制测量的等级应采用三等，加密高程控制测量的等级应采用四等。

2 其他等级公路改扩建首级平面控制测量的等级应采用一级，加密平面控制测量的等级可采用二级；首级高程控制测量的等级应采用四等，加密高程控制测量的等级可采用五等。

4.1.7 沿线大型构造物应按照其规模和精度要求，按照表 4.1.7-1、表 4.1.7-2 施测相应等级的平面和高程控制网。

表 4.1.7-1 构造物平面控制测量等级选用

跨越水域、峡谷 多跨径桥梁总长 L(m)	桥梁 单跨长度 L_K(m)	隧道贯通长度 L_G(m)	测量等级
L≥3000	L_K≥500	L_G≥6000	二　等
2000≤L＜3000	300≤L_K＜500	3000≤L_G＜6000	三　等
1000≤L＜2000	150≤L_K＜300	1000≤L_G＜3000	四　等

征求意见稿

L＜1000	L_K＜150	LG＜1000	一　级

表 4.1.7-2 构造物高程控制测量等级选用

跨越水域、峡谷 多跨桥梁总长 L(m)	单跨桥梁 LK (m)	隧道贯通长度 LG (m)	测量等级
L≥3000	LK≥500	LG≥6000	二 等
1000≤L＜3000	150≤LK＜500	3000≤LG＜6000	三 等
L＜1000	LK＜150	LG＜3000	四 等

4.2 平面坐标和高程系统

4.2.1 平面坐标系统应根据公路改扩建起点、终点和路线公里桩所处的地理位置确定合理的测区中央子午线经度和高程投影面，应使长度投影变形值不应大于 25mm/km。

4.2.2 当一个投影带投影长度变形值不能满足要求时应分为几个投影带，相邻投影带应有公共覆盖区域。

4.2.3 大型构造物平面控制测量坐标系应独立选取中央子午线和高程投影面，其投影长度变形值不应大于 10mm/km。

4.2.4 平面控制网的边长归化投影计算，应符合下列规定：

1) 归算到测区投影高程面上的长度，应按式(4.2.4-1)计算：

$$D = D_0\left(1+\frac{H_0-H_m}{R_A}\right) \tag{4.2.4-1}$$

式中 D --归算到投影高程面上的测距长度(m)；

D_0--测距边两端平均高程面上的平距(m)；

H_0--影面高程(m)；

Hm--测距边两端的平均高程(m)；

R_A--参考椭球体在测距边方向的法截弧曲率半径(m)。

2) 归算到参考椭球面上的长度，应按式(4.2.4-2)计算:

$$D_1 = D_0\left(1-\frac{H_m+h_m}{R_A+H_m+h_m}\right) \tag{4.2.4-2}$$

式中 D_1 --归算到参考球面上的测距长度(m)；

Hm --大地水准面高出参考幅球面的高差(m)。

3) 边长在高斯投影面上的长度，应按式（4.2.4-3)计算:

$$D_2 = D_1\left(1+\frac{Y_m^2}{2R_m^2}+\frac{\Delta y^2}{24R_m^2}\right) \tag{4.2.4-3}$$

征求意见稿

式中 D_2 --测距边在高斯投影面上的长度 (m)；

Y_m--测距边中点横坐标(m)；

Δy--测距边两端点横坐标增量(m)；

R_m--测距边中点的参考椭球平均曲率半径(m)。

4.3 选点与埋石

4.3.1 公路改扩建平面控制点桩志和高程控制点桩志宜共用，控制点应选埋在地质条件稳固、易长期保存和使用方便的地点，控制点选埋位置应满足全站仪观测、GNSS观测条件，相邻点间应尽可能与相邻点通视。

4.3.2 不同控制测量桩共用时，应满足各自的埋设和作业要求，标志高、上顶面长和宽、下底面长和宽应以规格要求较高者为准。

4.3.3 相邻控制点之间的间距宜为500m～800m，最短边长不应小于300m，最长边长不应大于1000m。分级布设的首级相邻控制点或相邻控制点对之间的间距宜为3km～5km。

4.3.4 公路改造项目、直接拼宽公路扩建路段的控制点应选埋在公路边沟外侧50～200m范围内，分离增建段控制点应选埋在距离路线中线50～300m范围内，控制点对改扩建公路项目应有良好的视场。

4.3.5 高速公路、一级公路改扩建路段的控制点宜分别布设在既有公路两侧。

4.3.6 特大桥、特长隧道等大型构造物两端应各布设2个及以上平面控制点和2个高程控制点，控制点对桥位、隧道进出口应由良好的视场。

4.3.7 控制点桩志可采用预制和现浇混凝土标石，亦可采用在硬化路面、坚固的水泥面上打入中心标志等形式，混凝土标石规格应按照附录A执行。点号、点的类型标识应唯一、清晰，控制点标石的中心标志顶面应平整、十字丝应清晰。

4.3.8 平面控制测量点等级字母可分别以 “B”、“C”、“D”、“E”、“F”表示“二等”、“三等”、“四等”、“一级”和“二级”。控制点应顺序编号，一个项目的控制点不得有重号，控制点编号可采用等级字母加阿拉伯数字形式。

4.3.9 控制点选埋完成后，应现场填绘点之记，点之记应填写点位的经纬度坐标、

征求意见稿

能反映点位位置的环境照片等信息， 点之记记录内容和格式应按照附录 B 执行。

4.4 平面控制测量

4.4.1 公路改扩建平面控制测量各等级最弱边边长相对中误差不得大于表 4.4.1 的规定，最弱点点位中误差不得大于±50mm。

表 4.4.1 公路改扩建平面控制测量精度要求

测量等级	起算点间边长相对中误差	最弱边边长相对中误差
二　等	1/250000	1/100000
三　等	1/150000	1/70000
四　等	1/80000	1/35000
一　级	1/40000	1/20000
二　级	1/25000	1/10000

4.4.2 公路改扩建项目平面控制测量宜采用 GNSS 静态相对定位方式，一级及以下等级的平面控制测量可采用 GNSS RTK 方式进行观测。高速公路两侧布设的控制点应组成一个整体的平面控制网进行构网。

4.4.3 采用 GNSS 静态相对定位方式观测时，采用的仪器设备和基线解算的固定误差和比例误差、观测的技术要求应分别符合表 4.4.3-1、表 4.4.3-2 的规定。

4.4.3-1 GNSS 观测技术要求

项 目	二等	三等	四等	一级	二级
卫星高度角(°)	≥15	≥15	≥15	≥15	≥15
静态时段长度(min)	≥120	≥90	≥60	≥45	≥40
重复设站数	≥2	≥1.8	≥1.6	≥1.4	≥1.2
有效卫星数	≥5	≥5	≥4	≥4	≥4
采样间隔 (s)	≤30	≤30	≤30	≤30	≤30
GDOP	≤6	≤6	≤6	≤6	≤6

表 4.4.3-2 固定误差、比例误差要求

等　级	固定误差 a (mm)	比例误差 b (10-6)
二　等	≤5	≤1
三　等	≤5	≤2
四　等	≤5	≤3
一　级	≤10	≤3
二　级	≤10	≤5

4.4.4 采用 GNSS RTK 方法进行平面控制测量时应符合下列规定：

1 可采用单参考站 GNSS RTK 和网络 GNSS RTK 方法进行观测，观测时卫星状况应符合表 4.4.4-1 的规定。

表 4.4.4-1 RTK 测量卫星状况基本要求

征求意见稿

截止高度角 15° 以上的卫星个数	PDOP 值
≥5	≤6

2 采用单参考站 GNSS RTK 测量一级平面控制点时应更换参考站分别进行观测；采用网络 RTK 时应在两个以上基准站有效服务范围内，不得外推。观测时主要技术要求应符合表 4.4.4-2 的规定。

表 4.4.4-2 GNSS RTK 平面控制点测量主要技术要求

等 级	与参考站距离(km)	每个参考站观测次数	各次测量坐标较差(mm)	起算点等级
一 级	≤5	≥4	≤40	四等及以上
二 级	≤5	≥3	≤40	一级及以上

3 求解转换参数的高一级及以上的平面控制点不应少于 3 个，且能控制住整个测量范围，坐标转换残差、单次观测平面收敛精度不应大于±20mm。每次作业开始与结束前应与一个以上平面控制点进行检核，位置差值应小于 20mm。

4 观测前应对仪器进行初始化，每次观测历元数应大于 20 个，每一次观测值应为固定解，流动站应采用三脚架对中、整平，各次平面坐标较差符合要求后取中数作为最终成果。

5 后处理动态测量的流动站应先在静止状态下观测 10～15min，然后在不丢失初始化状态下进行动态测量。

6 平面控制点应进行 100%内业检查和不少于总点数 10%的外业检测，外业检测可采用卫星静态定位测量、全站仪边长和角度测量等方法，检测点应均匀分布于整个测区，检测结果应满足表 4.4.4-3 的规定。

表 4.4.4-3 RTK 平面控制点检测精度要求

测量等级	边长较差相对中误差	角度较差限差(″)	角度较差中误差(″)	坐标较差中误差(mm)
一 级	≤1/12000	≤14	≤±7	≤±50
二 级	≤1/8000	≤22	≤±11	≤±50

4.4.5 GNSS 静态相对定位观测的平面控制网计算结果应输出重复基线较差、同步环闭合差、异步环闭合差、无约束平差基线向量改正数、约束平差基线向量改正数、基线长、点位中误差、相邻点边长相对中误差等内容。

4.4.6 GNSS RTK 方法观测的平面控制网应输出转换参数和坐标转换残差、作业时控制点检核坐标差、由多次观测成果计算的点位中误差、检测坐标差值和相对中误差等精度指标。

4.5 高程控制测量

征求意见稿

4.5.1 公路改扩建项目高程控制测量宜采用水准测量方法、三角高程测量和 GNSS RTK 方法进行观测。高速公路两侧布设的控制点应组成一个整体的高程结点控制网。

4.5.2 公路改扩建高程控制测量各等级高程控制网最弱点高程中误差不得大于±25mm，用于跨越水域和峡谷的大桥、特大桥的高程控制网最弱点高程中误差不得大于±10mm。各等级高程控制网每千米观测高差中数中误差和附合、闭合环高程路线长度应小于表 4.5.2 的规定，节点间的长度应小于表 4.5.2 规定的 0.7 倍。

表 4.5.2 公路改扩建高程控制测量的技术要求

测量等级	每千米高差中数中误差 (mm)		附合、闭合环路线长度 (km)	
	偶然中误差 $M_{\triangle}$	全中误差 M_{w}	路线、隧道	桥　梁
二 等	±1	±2	600	100
三 等	±3	±6	60	10
四 等	±5	±10	25	4
五 等	±8	±16	10	1.6

4.5.3 采用水准测量方法进行观测时，其技术要求、观测要求和观测方法应分别符合表 4.5.3-1、表 4.5.3-2、表 4.5.3-3、水准测量技术要求应符合下列要求：

表 4.5.3-1　水准测量主要技术要求

测量等级	往返较差、附合或环线闭合差 (mm)		检测已测测段高差之差(mm)
	平 原 微 丘	重 丘 山 岭	
二　等	$\leqslant 4\sqrt{L}$	$\leqslant 4\sqrt{L}$	$\leqslant 6\sqrt{L}$
三　等	$\leqslant 12\sqrt{L}$	$\leqslant 3.5\sqrt{n}$ 或$\leqslant 15\sqrt{L}$	$\leqslant 20\sqrt{L}$
四　等	$\leqslant 20\sqrt{L}$	$\leqslant 6.0\sqrt{n}$ 或$\leqslant 25\sqrt{L}$	$\leqslant 30\sqrt{L}$
五　等	$\leqslant 30\sqrt{L}$	$\leqslant 45\sqrt{L}$	$\leqslant 50\sqrt{L}$

注：计算往返较差时，L 为水准点间路线长度(km)；计算附合或环线闭合差时，L 为附合或环线路线长度(km)；n 为测站数；L 小于 1km 时按 1km 计算。

表 4.5.4-2　水准观测主要技术要求

等级	仪器类型	视线长(m)	前后视较差(m)	前后视累积差(m)	视线离地面最低高度(m)	基辅(黑红)面读数差(mm)	基辅(黑红)面高差较差(mm)
二等	DS05	≤50	≤1	≤3	≥0.3	≤0.4	≤0.6
三等	DS1	≤100	≤3	≤6	≥0.3	≤1.0	≤1.5
	DS2	≤75				≤2.0	≤3.0
四等	DS3	≤100	≤5	≤10	≥0.2	≤3.0	≤5.0
五等	DS3	≤100	≤10	——	——	——	≤7.0

表 4.5.4-3　水准测量观测方法

等　级	观测方法	水准尺类型	观　测　方　法	
二　等	光学测微法	铟　瓦	往　返	后-前-前-后
	中丝读数法			
	电子水准法			
三　等	光学测微法	铟瓦、双面		
	中丝读数法			

征求意见稿

	电子水准法	铟 瓦		
四 等	中丝读数法	双 面	往	后-后-前-前
	电子水准法	铟 瓦		
五 等	中丝读数法	单 面		后-前

4.5.4 水准测量观测过程中应符合下列要求：

1 尺垫应踩实，水准尺应立直，三脚架两腿应交替平行于路线方向，一测回宜在较短时间内完成。

2 后尺垫必须在全部观测作业完毕并检验合格后方可挪开。

3 中间休息时应设定间歇点，间歇点不应少于 2 个，重新开始测量前应检测间歇点之间的高差，其值应小于基辅(黑红)面高差较差，否则应从上一固定点开始测量。

4 水准仪视准轴与水准管轴的夹角 i 应在作业过程中经常进行检查，作业开始第一周内应每天测定一次，i 角稳定后可每隔 15 天测定一次。二等水准 i 角值不得大于 15″，三等、四等、五等水准测量 i 角值不得大于 20″，i 角值测定方法应按照附录 C 执行。

4.5.5 测距三角高程测量应符合下列要求：

1 测距三角高程测量主要技术要求应符合表 4.5.5-1 的规定。

表 4.5.5-1 光电测距三角高程测量主要技术要求

测量等级	测回内同向观测高差较差（mm）	同向测回间高差较差（mm）	对向观测高差较差（mm）	附合或环线闭合差（mm）
三 等	$\leqslant 4\sqrt{D}$	$\leqslant 6\sqrt{D}$	$\leqslant 25\sqrt{D}$	$\leqslant 12\sqrt{\sum D}$
四 等	$\leqslant 6\sqrt{D}$	$\leqslant 10\sqrt{D}$	$\leqslant 40\sqrt{D}$	$\leqslant 20\sqrt{\sum D}$
五 等	$\leqslant 8\sqrt{D}$	$\leqslant 15\sqrt{D}$	$\leqslant 60\sqrt{D}$	$\leqslant 30\sqrt{\sum D}$

注：D 为测距边长度(km)。

2 全站仪和经纬仪一测回垂直角观测中误差不得大于 3.0″。

3 高差可采用垂直角和斜距的观测值进行计算获得，观测主要技术要求应符合表 4.5.5-2 的规定。

表 4.5.5-2 测距三角高程测量观测主要技术要求

等级	仪器等级	观测方式	测距边测回数	边长(m)	垂直角测回数	指标差较差(″)	垂直角较差(″)
三等	1″	2 组对向观测	≥2	≤600	≥4	≤5	≤5

征求意见稿

四等	2″	对向观测	≥2	≤800	≥4	≤7	≤7
五等	2″	对向观测	≥1	≤800	≥2	≤10	≤10

4　三角高程测量观测应符合下列规定：

1）　测距三角高程测量施测时应变换一次仪器和反射镜高度，高度变化值宜大于 30mm，垂直角和距离应分别于高度变换前、后各测量一半测回数。

2）　仪器和反射镜高度应分别于每次测前、测后各测量一次，两次较差不得大于 2mm。仪器和反射镜高度应使用仪器配置的测尺和专用测杆进行测量，严禁使用钢尺斜拉。

3）　垂直角观测应选择在气候条件较好、成像稳定的时间内观测，照准目标必须清晰可辨，视线应离障碍物 1.5m 以上，垂直角不得超过 15°。

4）　气压计应置平、防爆晒，温度计应悬挂在离地面 1.5m 以上地方，干湿温度计应按说明书规定使用。

5）　垂直角、距离均应进行对向观测，对向观测宜在较短时间内进行。

5　三角高程测量计算应符合下列规定：

1）　每天外业测量结束后应及时对点号、仪器编号、仪器高、测量记录数据、高差互差等进行核查并签署，电子记录数据应及时下载并备份，绘制高程网联测示意图。

2）　每测段均应计算并检查对向观测高差较差，差值应符合本细则表 4.5.5-1 的要求。

4.5.6　GNSS RTK 测量可用于五等高程控制测量，施测时应符合下列规定：

1　可采用单参考站和网络 RTK 测量方法。

2　采用单参考站 GNSS RTK、网络 GNSS RTK 测量的主要技术要求应符合表 4.5.6 的规定。

表 4.5.6　RTK 高程控制点测量主要技术要求

等 级	与基准站距离 (km)	观测次数	各次测量高程较差 (mm)	截止高度角 (°)	卫星数量 (个)	PDOP 值	起算点等级
五　等	≤5	≥4	≤20	≥15	≥5	≤6	四等及以上

3　高程异常可采用数学拟合、似大地水准面精化模型内插等方法获取。

4　采用数学拟合方法时拟合起算点不宜少于 6 个，间距不宜大于 5km，且应均匀

征求意见稿

分布于测量范围四周及中间；地形起伏较大时应增加起算点；测区面积较大时宜采用分区拟合方法。

5　高程拟合残差、单次观测高程收敛精度不应大于 20mm。

6　每次作业开始与结束前应与一个以上高程控制点进行检核，高程差绝对值应小于 20mm。

4.5.7　高程传递测量应符合下列要求：

1　跨河场地应选择在水面较窄、土质坚实、便于设站河段。

2　跨河视线不得通过草丛、沙丘、沙滩、芦苇上方。

3　两岸仪器视线距水面高度宜等高(三角高程法除外)；两岸仪器至水边距离应近于相等，地貌、土质、植被也应相似。

4　仪器位置应选在开阔、通风处，不得靠近墙壁及土、石、砖堆等影响视线的发热体，过河视线方向宜避免正对日照方向。

5　观测宜在风力微和、气温变化较小的阴天进行，不宜在雨后初晴的大气折射变化较大时观测。

6　高程路线通过宽度为各等级水准测量视线长度 2 倍以下的江河、山谷时可采用水准测量观测方法，但应变换一次仪器高度各观测一次，两次高差之差不应超过表 4.5.7-1 的规定。

表 4.5.7-1　跨河高程测量两次观测高差之差

等　级	高 差 之 差 (mm)
二　等	≤1.5
三　等	≤7
四　等	≤7
五　等	≤9

7　高程视线长度超过各等级水准测量视线长度 2 倍以上时应按表 4.5.7-2 选择观测方法。视线长度超过 3500m 时，观测方法和要求应进行专题设计。

表 4.5.7-2　跨河高程测量的观测方法及跨越视线长度

方　　法	跨越视线长度 (m)
直接读数法	二、三、四等，≤300
	五　　等，≤500
光学测微法	≤500
倾斜螺旋法	≤1500
测距三角高程法、GNSS 高程测量	≤3500

征求意见稿

8　采用三角高程测量时宜在阴天进行观测，两岸跨河对向观测位置应基本等高，垂直角观测测回数应符合表 4.5.7-3 的规定。

表 4.5.7-3　跨河三角高程测量垂直角测回数

跨河距离(km)	≤1.0	1.0～2.0	2.0～3.5
测　回　数	4	6	9

9　跨河高程测量有效测回数和组数不得小于表 4.5.7-4 的规定。

表 4.5.7-4　测 回 数 和 组 数

最大视线长度 S(m)	二　等		三　等		四　等		五　等	
	测回数	组 数	测回数	组 数	测回数	组 数	测回数	组 数
＜300	2	2	2	1	2	1	2	1
300～500	2	4	2	2	2	2	2	1
500～1000	8	6	2	2	2	2	2	1
1000～1500	12	8	4	2	3	2	3	1
1500～2000	16	8	8	3	3	3	3	1
＞2000	8・S	8	4・S	3	4	3	4	1

注：1　S 为视线长度千米数，尾数凑整到 0.5 或 1。

2　一测回是指两台仪器对向观测 1 次或 1 台仪器盘左盘右各测 1 次。

3　组数是指不同时间段施测规定的测回数次数。

10　测回高差互差不应大于式(4.5.7)计算的限差。

$$M_{限} = 3M_{\Delta}\sqrt{n \times S} \qquad (4.5.7)$$

式中：$M_{限}$ —— 测回间高差互差限差；

M_{Δ} —— 水准测量等级规定的每千米观测高差偶然中误差(mm)；

N　—— 测回数；

S　—— 跨河视线长度(km)。

条文说明

每千米观测高差偶然中误差为 M_{Δ}，S 千米观测高差偶然中误差应为 $M_{\Delta}\sqrt{S}$。另外 $M_{\Delta}\sqrt{S}$ 也是 N 个测回平均值的精度，则每一测回观测精度应为 $M_{\Delta}\sqrt{NS}$，各测回高差互差限差为 $2\sqrt{2}\times M_{\Delta}\sqrt{NS}$，取整为 $3M_{\Delta}\sqrt{NS}$。

4.5.8 高程控制测量计算应符合下列规定：

1 每天外业测量结束后应及时对点号、仪器编号、测量记录数据、视距前后差和累积差、高差互差等进行核查并签署，电子记录数据应及时下载并备份，绘制水准网联测示意图。

征求意见稿

2 三等及以上高程控制测量应进行水准面不平行性改正。

3 每条水准路线应计算出附合、闭合水准路线以及往返水准路线闭合差，闭合差应小于各自的限差。

4 高差中误差 $M_{\triangle}$ 或高差中数全中误差 M_W 应分别采用测段往返测高差较差、附合路线环线闭合差按式(4.5.8-1)和式(4.5.8-2)计算。

$$M_{\triangle}=\pm\sqrt{\frac{1}{4n}\left[\frac{\Delta\Delta}{R}\right]} \qquad (4.5.8\text{-}1)$$

$$M_W=\pm\sqrt{\frac{1}{N}\left[\frac{WW}{F}\right]} \qquad (4.5.8\text{-}2)$$

式中：△ ——　测段往返高差不符值(mm)；

R ——　测段长(km)；

N ——　测段数；

W ——　水准路线经过各项修正后的环线闭合差(mm)；

N ——　水准环数；

F ——　水准环线周长(km)。

4.5.9 各等级高程控制网应全线贯通、统一平差，四等及以上高程控制测量应采用严密平差法进行计算。高程控制网计算结果应输出高差改正数、每千米观测高差中数全中误差、高程中误差、相邻点间高差中误差等内容。

4.5.10 GNSS RTK 可用于五等高程测量，应输出检核点的高程差值、流动站每一次测量的高程、由多次观测成果计算的高程中误差、各项检测数据和差值。

4.6 衔接测量

4.6.1 衔接测量应包括公路改扩建相邻标段之间，同一标段内大型构筑物与路线，标段与其他对路线方案有影响的公路、铁路、电力、管线和水利设施等工程之间的平面控制点和高程控制点之间的联系测量。

4.6.2 衔接控制测量应采用与公路改扩建控制测量相同的方法和精度要求，联测的控制点的数量不应少于 3 个。

4.6.3 控制点之间的平面和高程转换参数可按式（4.6.3-1）、式（4.6.3-2）计算，平面和高程的拟合残差均不应大于 20mm。

征求意见稿

$$\begin{pmatrix} X_T \\ Y_T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{T0} \\ Y_{T0} \end{pmatrix} + (1+dS) \times \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} X_S \\ Y_S \end{pmatrix} \quad (4.6.3\text{-}1)$$

$$H_T = H_{T0} + \Delta h \quad (4.6.3\text{-}2)$$

式中：Y_T、Y_T——公路改扩建工程测量坐标系中的平面坐标值（m）；

H_T——公路改扩建工程测量高程基准中的高程值（m）；

X_{T0}、Y_{T0}——联测控制点在原坐标系中的平面坐标值（m）；

H_{T0}——联测控制点在原高程基准中的高程值（m）；

dS——原坐标系一个单位长度，以新坐标系的长度单位表示；

θ——公路改扩建工程测量坐标系与联测点坐标系之间的旋转角度（°）；

Δh--衔接控制点之间高程差值，m。

4.7 控制测量提交资料

4.7.1 控制测量应提交下列资料：

1 技术设计书。

2 点之记(含固定桩志表)。

3 仪器检定报告。

4 原始记录手簿、电子测量数据文件。

5 控制测量计算书。

6 平面控制网联测及布网图。

7 高程控制网联测及路线示意图。

8 作业自检报告。

9 控制点成果表。

10 技术总结。

4.7.2 提交的资料应符合下列要求：

1 技术设计书和技术总结应根据具体项目和作业情况编写，应反映项目特点、难点和作业质量，应在报告中列出相应过程数据。

征求意见稿

2　点之记文字阐述应简洁、清晰、明了，力求以图文并茂的形式表示，文字说明和图表间应相互承接、对应。

3　平面控制网联测及布网图、高程控制网联测及路线示意图标注内容应齐全、清晰可辨、完整、方便阅读，高程控制网联测及路线示意图中应标注节点间路线长度、高差和测站数。

4　控制测量成果应进行自检和验收，自检应提交相应检测数据，自检抽样比例不应小于 10%。

5　提交的资料应装订成册，完成检查和签署。

6　具有电子文档的资料应同时提交电子文件。

征求意见稿

5 数字地形测量

5.1 一般规定

5.1.1 数字地形测量根据公路改扩建工程设计需求应包括点云和影像数据采集、数字高程模型（DEM）、数字线划图(DLG)和和水域现状测量等内容。

5.1.2 公路改扩建数字线划图测绘宜采用机载三维激光扫描测量方法进行，植被非常茂密、隐蔽区域的数字线划图测绘可采用 GNSS RTK 方法、全站仪方法进行补充测量。

5.1.3 基于机载三维激光扫描的公路改扩建数字线划图测绘内容应包括机载三维激光点云和影像数据采集、地面标靶测量、隐蔽区域补充测量、野外调绘、数据处理、数字线划图成图等内容。

5.1.4 数字线划图测绘范围应满足方案比选及构造物布置需要，改扩建公路勘测原路拼接加宽扩建方案宜超过现有道路中心线两侧各 150m，分离式线位方案宜超过路线方案中心线两侧各 300m。大桥、特大桥、大型互通式立体交叉及服务区、管理区等应超出设计范围线 100m。

5.1.5 公路改扩建测绘数字线划图比例尺宜采用 1:1000、1:2000，重要工点可采用 1:500，基本等高距应符合表 5.1.5 的规定。地形比较平坦、等高距间距较大时可加入间曲线。

表 5.1.5 数字线划图基本等高距

地形类别	不同比例尺的基本等高距 (m)		
	1:500	1:1000	1:2000
平 原	0.5	0.5	1.0
微 丘	0.5	1.0	1.0
重 丘	1.0	1.0	2.0
山 岭	1.0	2.0	2.0

5.1.6 数字线划图精度应符合表 5.1.6-1 和表 5.1.6-2 的规定，高程注记点精度应按表 5.1.6-2 中规定的 0.7 倍执行。用于既有旧路两侧横断面数据提取数字线划图相对应的数字高程模型的高程精度应符合横断面测量的精度要求。

表 5.1.6-1 图上地物点点位中误差

重要地物 (mm)	一般地物 (mm)
≤±0.6	≤±0.8

征求意见稿

表 5.1.6-2　等高线插值高程中误差

地形类别	平　原	微　丘	重　丘	山　岭
高程中误差	≤(1/3)H_d	≤(1/2)H_d	≤(2/3)H_d	≤1H_d

注：H_d为基本等高距。

5.2 点云和影像数据采集

5.2.1 用于 1:500、1:1000 和 1：2000 数字线图测绘的三维激光扫描点云密度应大于 4 点/m^2。

5.2.2 公路改扩建区域影像数据采集，应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 影像地面分辨率

比例尺	影像地面分辨率（m）
1：500	≤0.05
1：1000	≤0.1
1：2000	≤0.2

5.2.3 采用机载激光扫描方法进行采集时，应在地面架设基准站，基准站选址应符合下列规定：

1 基准站宜利用符合要求的已有基础控制点，应选取在交通方便处，基准站之间的间距不应大于 30km，且控制范围应包含整个测区。

2 地面基准站不应选在大功率发射台、高压线、大面积水域附近，距离高压线不应小于 100m，距离大功率发射台不宜小于 400m。附近不应有强烈反射卫星信号的物件。

3 地面基准站选址基础应稳定，便于安置接收设备和操作，视野开阔，视场内障碍物的高度角不宜超过 15°。

5.2.4 机载激光扫描仪选择应符合下列规定：

1 激光扫描仪最高激光发射频率宜根据式(5.2.4)确定。

$$f_p = \frac{1}{800} h \times \theta \times v \times pd \tag{5.2.4}$$

式中：h——飞行航高(m)；

θ——视场角(rad)；

v——飞行速度(m/s)；

pd——所需要的点云密度(个/m^2)。

2 激光测距精度宜优于 20 mm。

3 激光束发射度不宜大于 0.3 mrad。

征求意见稿

4 最大视场角不宜大于 60°。

5 公路改扩建工程应选择具有点云强度信息的激光扫描仪。

6 宜选择多回波激光雷达扫描仪，回波次数不应小于 4 次。

5.2.5 POS 系统应符合下列规定：

1 GNSS 接收机应采用双频型。

2 IMU 侧滚、俯仰和航偏角的测量精度要求应根据航飞高度确定，并宜符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 IMU 角度测量精度要求

航飞高度	侧滚、俯仰角(°)	航偏角(°)
h≤200	—	—
200<h≤500	≤0.015	≤0.035
h>500	≤0.010	≤0.020

3 IMU 数据记录频率不宜低于 200Hz。

4 GNSS 空间定位精度平面不宜大于 0.05m，高程不宜大于 0.1m。

5 当需要连接数码相机时，应具有信号示标输入器接口且脉冲延迟不宜大于 1ms。

6 系统应具有良好的抗加速能力。

5.2.6 用于生产数字化产品时数码相机应符合下列规定：

1 像素数量宜大于 3000 万。

2 焦距宜为 35～80 mm。

3 应为中心快门，最短曝光时间宜达到 1/500 s。

4 最短曝光间隔宜小于 3.5 s。

5.2.7 机载激光扫描应符合下列规定：

1 航摄飞机或直升机的飞行转弯坡度不宜大于 15°，最大不应大于 22°。

2 航线时间大于 30 分钟时，应先进行一次回头弯飞行再开始正式航线飞行。

3 航线飞行应符合下列规定：

1) 航摄飞机或直升机进入测区之前，先飞“8”字型。

2) 采用左转弯和右转弯交替方式飞行。

3) 航偏角不宜大于 6°，最大不应大于 15°。

4) 航线俯仰角、侧滚角不宜大于 2°，最大不应大于 4°。

5) 航线弯曲度不应大于 3%。

5.2.8 数据采集前、后应进行系统检校，检校场宜布设在摄区内或测区附近，并应

征求意见稿

符合下列规定：

1 检校场应选择在地势平坦处，并具有线性关系较好的明显地物。

2 检校场内不应存在激光回波高吸收地物。

3 进行检校测量时应进行交叉飞行，平行与垂直交叉飞行的航线数不应小于 3 条。

5.2.9 机载激光扫描数据航线旁向重叠不应小于 13%，应保证飞行倾斜姿态变化较大时不产生数据覆盖漏洞。丘陵山区应适当加大航线旁向重叠度。

5.2.10 数字航空摄影影像重叠度应按照下列规定执行：

1 垂直影像航向重叠度和旁向重叠度在陡峭山区、高层建筑物密集区域不应小于 70%，其他地区不应小于 60%。

2 无人机航空摄影影像航向重叠度和旁向重叠度均不应小于 70%。

5.2.11 数字航空摄影垂直影像倾斜角不宜大于 5°，最大不应大于 12°。

5.2.12 数字航空摄影垂直影像旋偏角不宜大于 25°，在确保航向、旁向各重叠度均满足要求的前提下最大不应大于 35°。

5.2.13 同一航线上相邻像片高差不应大于 30 m。当相对航高小于等于 1000 m 时，实际航高与设计航高之差不应大于 50 m，相对航高大于 1000 m 时，实际航高与设计航高之差不应大于设计航高的 5%。

5.3 标靶、像控点和检查点测量

5.3.1 机载三维激光扫描用于数字线划图测绘应根据需要布设标靶，对应影像应布设像控点，并根据需要布设检查点。标靶、像控点、检查点布设应符合以下规定：

1 标靶、像控点宜尽可能共用，点位应满足影像重叠的要求，相邻点位间的间距宜符合表 5.3.1 的规定。

表 5.3.1 标靶、像控点间距

测图比例尺	1:500	1:1000	1:2000
点位间距(m)	≤1000	≤2000	≤3000

2 相邻标靶、像控点点位间布设的不应少于 2 个，分区之间布设的检查点不应少于 3 个。

3 选择的点位的位置应便于测量，采用 GNSS 方法测量时应远离大片反射面、电视塔、高压线等干扰 GNSS 信号的区域。

征求意见稿

【条文说明】 点位间距按照 1.0 万个像素实际表示的地面距离并结合目前生产中的实际情况取整确定。

5.3.2 标靶、像控点、检查点标志应符合下列规定：

1 标靶、像控点、检查点的目标影像应清晰易判读，应与周围环境形成一定的灰度反差，应避免受到阴影的影响。

2 标靶、像控点、检查点可采用扫描区域内具有明显位置特征且能在激光点云和影像中准确识别的固定地物，亦可采用易于激光点云识别的材质敷设地标。

3 采用实地布设地标的方式时，地标标志形状宜按本标准附录 D 执行。

4 标靶、像控点、检查点应按平面标靶和路面高程标靶分类并统一编号，应现场拍摄照片，拍摄的影像应能清晰反映标靶、像控点特征及其与周围地物关系。

5.3.3 标靶、像控点、检查点测量应按照下列要求执行：

1 平面位置测量可采用导线测量、GNSS 测量等方法进行，其点位中误差应符合表 5.3.3-1 的规定，困难地区(林区、隐蔽地区)的平面位置中误差可放宽至 1.5 倍。

表 5.3.3-1 标靶、像控点、检查点平面精度要求

测图比例尺	1:500	1:1000	1:2000
平面位置中误差(m)	≤0.05	≤0.10	≤0.20

2 高程可采用三角高程测量、水准测量和 GNSS 测量等方法进行，其中误差应符合表 5.3.3-2 的规定，困难地区(林区、隐蔽地区)的高程中误差可放宽至 1.5 倍。

表 5.3.3-2 标靶、像控点、检查点高程精度要求

测图比例尺		1:500	1:1000	1:2000
高程中误差(m)	平原	≤0.020	≤0.020	≤0.033
	微丘	≤0.025	≤0.050	≤0.050
	重丘	≤0.067	≤0.067	≤0.130
	山岭	≤0.200	≤0.200	≤0.200

3 高程测量采用 GNSS 测量方法时求取转换参数的已知点宜均匀分布在作业区域，并应能控制住作业区域。精度要求较高时应采用水准测量方法进行抽样检查。

4 检查点与像控点测量可同时进行。

5.4 点云处理

5.4.1 用于数字线划图测绘的激光数据处理应包括数据预处理、数据坐标转换、数据精化处理、激光点云分类。数据预处理应包括：POS 数据处理、影像数据处理、点云数据解算、点云拼接平差。

征求意见稿

5.4.2 POS 数据处理应符合下列要求：

1 各时刻 GNSS 天线的中心位置坐标应采用地面 GNSS 基准站坐标联合激光扫描载体 GNSS 观测数据进行精密后处理。

2 应选择距离摄区最近的基站数据进行解算或采用多基站数据联合解算，确保采用最优解算结果。

3 应选择最小几何精度因子(GDOP)的可见卫星组合。

4 POS 数据应顾及系统检校已量测的偏心分量值，基于差分 GNSS 结果与 IMU 数据进行联合解算。

5.4.3 影像预处理应将影像进行匀光、匀色和几何畸变校正等处理，并基于原始数码影像数据、检校参数、航迹文件或车辆轨迹文件或测站信息，解算数码影像外方位元素。

5.4.4 点云应联合处理后的 POS 数据、激光测距数据、系统检校数据、标靶数据进行解算，生成三维点云。

5.4.5 点云拼接平差应将不同平台、不同条带或测站间的点云进行拼接和系统误差改正，激光点云拼接误差应小于数字线划图测绘的精度要求。

5.4.6 数据坐标转换应采用七参数转换模型将点云数据转换至成果坐标系统中。平面坐标转换中误差不应大于 30mm，高程转换中误差不应大于 15mm。应利用检查点对数据坐标转换精度进行检查，坐标和高程转换检测中误差应分别不大于 40mm 和 20mm。

5.4.7 点云分类应符合下列规定：

1 激光点云分类宜采用人机交互的方法剔除点云中临时地物、移动地物等噪声点。采用自动分类难以正确分类的区域，应对其进行人工分类。

2 用于数字线划图测绘或地面点提取时，应对地面点和非地面点进行分类。

5.5 数字高程模型

5.5.1 点云处理完成后，应对点云间距进行检查，对地面点云间距不符合表 5.5.1 的规定的区域，点云密度不能较好地反映地形的区域应采用 GNSS RTK、全站仪等方法进行补充测量。

征求意见稿

表 5.5.1 点云处理后的最大点云间距(m)

地形类别	比例尺		
	1:500	1:1000	1:2000
平原微丘	≤10	≤20	≤40
重丘山岭	≤5	≤10	≤20

5.5.2 数字高程模型构建应符合下列规定：

1 数字高程模型宜采用考虑地形特征点、线三维信息的三角网模型(TIN)、或格网(GRID)与三角网的混合模型(GRID+TIN)方式构建，中、小比例尺可采用规则格网模型。

2 构建数字高程模型时应对地形特征线、断裂线和地物进行处理，同时应确保 DEM 模型无漏洞。

3 采用三角网构建 DEM 时应消除平三角形以及边界处的异常大三角形。

4 采用混合建模方法时应将规则格网方式采集的地形点按矩形格网模型构网，局部细节模型应采用三角网模型。

5.5.3 各分区 DEM 应严格接边，接边时不得出现漏洞，接边误差不得大于高程插值中误差的$\sqrt{2}$倍。满足精度要求的接边误差应在编辑时予以修正。以规则格网方式构建的分区 DEM 接边时，DEM 公用边界上格网点高程应一致。

5.5.4 等高线可通过三角网模型、矩形格网与三角网的混合模型进行等值线自动生成，应根据地形类别进行合理平滑处理。

5.5.5 数字高程模型生成的数字线划图等高线精度应满足本标准表 5.1.6-2 的规定。

5.6 数字线划图要素采集

5.6.1 除等高线、高程注记点以外的数字线划图要素宜采用正射影像图进行采集，亦可采用立体相对进行采集。

5.6.2 用于数字线划图测绘平面要素测量正射影像图宜以处理后的三维激光点云生成的数字高程模型为底图，对像片进行比例尺归化，归化时应控制路线走廊内主要地物影像位移和变形。

5.6.3 在纠正点控制的像片应用面积内，当高差符合式(5.6.3)时可不分带纠正；当分带纠正时，分带纠正的带数不宜超过 3 个带。高差按式(5.6.3)计算：

$$\Delta h \le 0.001\frac{f_k}{r}M \tag{5.6.3}$$

征求意见稿

式中：Δh——纠正点控制的像片应用面积内高差（m）；

f_k——航摄仪主距（mm）；

r——辐射中心至最远纠正点的距离（mm）；

M——成图比例尺分母。

5.6.4 像片纠正镶嵌时，各项限差应小于表 5.6.4 的规定。片与片间拼接时，应选在像片上纠正点连线附近，偏离值应小于 10mm。

表 5.6.4 纠正镶嵌限差规定

项　目	底片刺点误差	纠正对点	镶嵌、裁切线重叠、裂缝	片与片、带与带接边差
限差（mm）	0.08	0.6	0.2	1.2

5.6.5　带与带间裁切线应以分带线为依据，裁切线应通过接边误差小、色调大致相同的地方，不宜通过重要地物。裁切线与线状地物交角宜正交，不宜沿河流、道路等处裁切。

5.6.6 平原、微丘区正射影像的数据采集宜采用断面方式，重丘、山岭区宜采用等高线方式。等高线和地形特征点均应测绘在底图上。

1 采集格网点或断面点间的密度相对于正射影像图上的间距不得大于 15mm。路堤、路堑、路肩、沟心、坎上、坎下等变坡处应采集特征点。

2 沿等高线采集数据时，同一等高线在正射影像图上的点间距，对于平原、微丘区不得大于 10mm，重丘区不得大于 7mm，山岭区不得大于 5mm。

5.7 像片调绘

5.7.1 采用三维激光扫描进行数字线划图测绘时，像片调绘应按照现行《公路勘测规范》JTG C10、《公路勘测细则》JTG/T C10 执行。

5.7.2 摄影影像不清楚或分辨率达不到要求的独立地物，应实地测量其几何特征点，获取其位置、形状，或采用近景摄影等方法获取其位置和影像。

5.8 数字线划图编辑

5.8.1 公路数字线划图注记符号宜以路线前进方向左侧正方向为上，等高线注记字头应指向山顶或高地。

5.8.2 数字线划图编辑时应进行下列各项检查：

1 当前图形文件分层与技术设计书规定的一致性。

2 点状、线状及面状地物要素符号与技术设计书规定的一致性。

征求意见稿

3 境界、地理名称、植被符号是否存在遗漏或与外业资料不统一的现象。

4 当前图形与相邻图形接边精度，接边处所有要素应进行100%的检查，接边精度超限时应进行检测。

5 数字线划图编辑完成、检查后应统一进行整饰，形成完整的数字线划图成果文件。

5.8.3 数字线划图上各种要素配合表示应符合下列规定：

1 数字线划图要素取舍和表示应突出重点、内容全面、注重地物、合理避让，应重点考虑公路设计、规划、建设要求。

2 两个地物中心重合或接近、难以同时表示时应准确表示对公路建设影响较大的地物，影响较小的地物移位0.2mm表示。

3 独立地物与道路、水系等其他地物重合时应中断其他地物符号，完整绘出独立地物。

4 房屋或围墙等建筑物边线与坎坡线重合时坎坡线应移位0.2mm表示，完整绘出建筑物边线。

5 房屋或围墙等建筑物边线与水涯线重合时应中断水涯线，完整绘出房屋。

6 水涯线与陡坎重合应采用陡坎边线，水涯线与斜坡脚重合应采用水涯线。

7 双线道路与房屋、围墙等建筑物边线重合时应以建筑物边线代替路边线，道路边线与建筑物接头处应间隔0.2mm。

8 地类界与地面上实物线状符号重合应省略不绘，与地面无实物线状符号重合时应将地类界移位0.2mm绘出。

9 等高线与房屋及其他建筑物、双线道路、路堤、路堑、坑穴、陡坎、斜坡、湖泊、双线河以及文字、数字注记等相交时应中断。

10 点状符号与线状要素符号重合或接近难以同时准确表示时，点状符号应移位表示。

11 测绘依比例尺表示的地物时应准确测绘地物轮廓线并填绘符号，测绘不依比例尺表示的地物时应测绘地物定位点或定位线。

5.9 水域现状测量

5.9.1 公路改扩建直接拼宽桥梁和增建桥梁应根据具体设计方案的需要实施水域现状测量，测量内容应包括水上建筑、水下地形、水位或水面高程以及水域与陆地交界处

征求意见稿

的沿岸地形。

5.9.2 水下地形测量的平面和高程控制系统、图幅分幅、等高距应与该测区陆上地形测量一致，两者应互相衔接。

5.9.3 水下地形测量可采用测深杆或测深仪配合经纬仪前方交会或全站仪、测距仪、GNSS RTK 等方法进行测量，其深度测量和平面坐标测量应同步进行。

5.9.4 水下地形测量应符合下列规定:

1 测深点的间距不应大于所测比例尺图上 10m。

2 测图比例尺为 1：500、1：1000 和 1：2000 的测深点平面位置中误差，不应大于图上 2.0mm。

3 测深点的深度中误差，当水深在 20m 内时，不应大于 0.2m，当水深超过 20m 时，不应大于水深的 1%。

5.9.5 水域现状测量的水位或水面高程测量应符合下列规定:

1 水位或水面高程测量成果应与水深测量相协同，测定时间及频率应根据水情、潮汐变化等确定。

2 水位或水面高程测量精度不应低于五等水准测量精度。

5.10 资料提交

5.10.1 提交的资料应包括下列内容：

1 技术设计书；

2 野外测量记录本；

3 点云数据采集和处理资料；

4 内业数据处理的各项记录资料、计算资料和成果；

5 数字高程模型；

6 数字线划图及分幅结合图；

7 数字线划图自检报告；

8 技术总结。

5.10.2 提交资料应符合下列要求：

1 记录资料应清晰、整洁。

2 计算资料应装订成册、说明清楚。

3 图件资料字体大小、线条宽度应适中，纸质图件资料注记应清晰可辨。

征求意见稿

4　检查、验收资料应附检查记录数据。

征求意见稿

6 既有路面测量

6.1 一般规定

6.1.1 公路扩建两侧和单侧直接拼宽路段、纵向衔接路段应对拼接连接部分的既有路面进行精确测量，既有路改造路段路面亦应按照扩建拼接部分的要求进行测量，分离增建、增设高架桥和隧道路段应按照新建公路的测量要求进行。

6.1.2 公路改扩建既有路面测量宜采用车载三维激光扫描测量方法、机载三维激光扫描测量方法进行，亦可采用 GNSS RTK、水准测量方法测量平面坐标和高程。

6.1.3 公路改扩建既有路面应包括主线、匝道、桥梁和隧道的路面等内容。高速公路、一级公路路面测量可采用三维激光扫描点云、全站仪、GNSS RTK 等方法提取或测定两侧路面边线、分隔带两侧边缘线；二级及以下公路路面测量可采用全站仪、GNSS RTK 等方法直接测量路面边线或路面中心线。

6.1.4 公路改扩建路面测量的精度应符合表 6.1.4 的规定。

表 6.1.4 公路改扩建路面测量精度要求

公路分类	平面坐标中误差 (m)	高程测量中误差(m)
高速公路、一级公路	≤±0.05	≤±0.03
二级及以下公路	≤±0.10	≤±0.05

6.2 三维激光扫描测量

6.2.1 公路改扩建路面测量宜采用车载、机载三维激光扫描测量方法按照下列要求进行数据采集：

1 采用车载三维激光扫描测量方法时，车辆运行轨迹应尽可能靠近路边缘，每幅路宜重复两次，车辆运行速度宜为 60km/h 左右。

2 采用机载三维激光扫描测量方法时，飞行相对高度不宜大于 200 米。

3 三维激光扫描数据采集的点云密度不宜少于 500 点/m^2。

6.2.2 采用机载三维激光扫描进行点云数据采集时基准值的设置要求、三维激光扫描仪和 POS 系统的选择、飞行要求和检校场要求应按照本标准第 5.2 节的要求执行。

6.2.3 采用车载激光扫描仪进行路面点云数据采集时，采用的激光扫描仪应符合下

征求意见稿

列要求：

1 应选择具有点云强度信息的激光扫描仪；扫描仪有效测距距离不应小于 50m，标称测距精度宜优于 10mm；激光束发散度不宜大于 0.3mrad；最高激光发射频率不宜低于 200 kHz。

2 POS 系统系统的 GNSS 接收机应采用双频型，GNSS 空间定位精度平面不宜大于 0.05m，高程不宜大于 0.1m；IMU 数据记录频率不宜低于 200Hz。

6.2.4 采用机载、车载三维激光扫描测量方法进行既有路路面测量时，均需布设、施测标靶和检查点，标靶布设和测量要求应按照下列规定执行：

1 标靶应布设在激光点云数据采集区域，标靶之间的间距应符合表 6.2.4-1 的规定，每一个分段精化校正区域布设的平面检查点不少于 2 个，高程检查点不少于 20 个。

表 6.2.4-1 标靶间距

公路等级	高速公路、一级公路	二级及以下公路
标靶点位间距(m)	≦150	≦300

2 标靶、检查点点位的位置应便于测量，采用 GNSS 方法测量时应远离大片反射面、电视塔、高压线等干扰 GNSS 信号的区域，标靶、检查点标志应符合本标准第 5.3.2 条的规定

3 标靶、检查点测量方法、等级和精度应符合表 6.2.4-2 的规定，附合或闭合高程路线长度(km)应小于 16 公里，检查点平面坐标和高程应与标靶分开进行测量。

表 6.2.4-2 标靶、检查点测量方法、等级和精度要求

公路等级	平面坐标测量			高程测量		
	测量方法	测量等级	中误差(m)	测量方法	测量等级	中误差(m)
高速公路、一级公路	GNSS RTK	一级	≤±0.036	水准测量	四等	≤±0.015
二级及以下公路		二级	≤±0.050	GNSS RTK	五等	≤±0.020

6.2.5 用于既有路面测量的的激光数据预处理、数据坐标转换、激光点云分类等内容和要求应根据本标准第 5.4 节的相关要求执行，并应在上述作业内容的基础上按照下列规定对激光点云的平面和高程进行精化处理。

1 点云平面坐标精化处理的 1 分段长度宜为 5～10km，每个分段包含的路面平面标靶个数不宜少于 3 个，相邻分段公共点不宜少于 1 个。

2 点云高程的精化处理应符合下列规定：

(1) 应采用高程标靶构建三角网或线性高程误差改正模型；

征求意见稿

(2) 三角网高程误差改正模型应采用三角面插值修正激光点云高程误差；

(3) 线性高程误差改正模型应采用线性插值修正激光点云高程误差；

(4) 线性高程误差改正模型应能贯穿整个数据区域，宜根据激光点所在分段的投影坐标对其进行高程误差线性修正。

6.2.6 点云处理成果应在公路路面、桥面处对点云的平面和高程精度进行检测，抽检测量应按照下列要求进行：

1 检测点宜均匀分布在公路路面、桥面等位置。

2 每个路面标靶形成的高程路线至少应检查两段，抽检长度宜不少于检查路段长度的 30%。

6.2.7 用于路面测量的点云处理完成后，应对点云间距进行检查，对地面点云间距不符合表 5.5.1 的规定的区域，或点云密度不能较好地反映地形起伏的位置应采用 GNSS RTK、全站仪等方法进行补充测量。

表 5.5.1 点云处理后的最大点云间距(m)

承载平台	车载	机载
最大点云间距(mm)	≤100	

6.3 路面常规测量

6.3.1 规模较小的高速公路、一级公路改扩建既有路路面可采用 GNSS RTK 等地面常规测量方法测量平面坐标，采用四等水准测量等地面常规测量方法测量高程；二级及以下公路改扩建路面测量可采用 GNSS RTK 方法测量坐标和高程；隐蔽路段可采用全站仪测量平面位置和高程。

6.3.2 单幅公路改扩建路面应沿路线方向分别测量路面两侧实线标线的外边缘线，测点位置如图 6.3.2 所示，没有标线路段测量铺装路面的边缘线。纵向测点的间距应符合表 6.3.2 的规定，两侧测量点的连线应尽可能垂直于对应路线中线点的切线。

表 6.3.2 公路改扩建路面边缘线纵向测量点间距

项 目	曲 线 (m)				直 线(m)
路线平面线型	R≤30	30<R≤60	R>60	不设超高平曲线	
路线纵面线型	100≤R<450	450<R≤1400	1400<R≤3000	R>3000	
测量点间距	≤5	≤10	≤20	≤25	≤50

注：R 为平曲线、竖曲线半径(m)。

6.3.3 具有中央分隔带的双幅公路改扩建路面应沿路线纵向方向分别测量每幅路面

征求意见稿

两侧实线标线外边缘线，每一幅路面纵向上测点间间距、横向上测点的位置应符合本标准第 6.3.2 的规定，横向方向上的 4 个测点应尽可能位于垂直与路线中线的法线上。

6.4 特征线提取

6.4.1 路面特征线应包括中央分隔带边缘线、路线中线、路面两侧边缘线、标线和断面线等。平面线形提取时，应在左、右幅中央分隔带边缘和右侧硬路肩外边缘四条线布设提取点，左、右幅的提取点宜基本位于同一断面上。

6.4.2 基于三维激光扫描方法的公路既有路面测量应分别按照本标准第 6.3.2 条、第 6.3.3 条的规定的间距和位置在激光点云上提取单幅路面、双幅路面标线外边缘线上点的坐标和高程，生成 2 条中央分隔带边缘线和 2 条硬路肩边缘线。

6.4.3 公路改扩建既有路面的路线中线、纵断面线应按照下列规定提取：

1 纵面线形提取时，应与平面线形布设的提取点完全对应。

2 单幅路面路线中线和纵断面线应由 2 条路面两侧的边缘线求取平均坐标和高程生成。

3 具有中央分隔带的双幅公路的路线中线和纵断面线宜由 2 条中央分隔带边缘线求取平均坐标和高程生成。

4 基于三维激光扫描方法的中线纵断面高程亦可根据坐标由激光点云内插生成。

5 中央分隔带两侧的单幅公路线形拟合的平面、纵面差异较大时，两侧路面可分别求取每一幅的中线和纵断面。

6 拼宽路段应以桥梁、隧道、互通式立体交叉和分离式立体交叉等为控制点，利用左、右幅中央分隔带边缘点进行拟合，并采用左、右幅硬路肩外缘点进行校核。对拟合允许偏差，明式构造物等主要控制点宜不大于 10cm，一般路基路段宜不大于 20cm。

6.4.4 公路改扩建既有路面的横断面应按照下列规定提取：

1 基于三维激光扫描方法的既有公路横断面宜由激光点云根据坐标直接生成，亦可由激光点云生成数字高程模型，再根据坐标生成横断面。

2 由地面常规测量方法采集路面数据时，应将采集的数据生成数字高程模型，再根据坐标生成横断面。

征求意见稿

3 数字高程模型生成应按照本标准第 5.5 节的要求执行。

6.5 资料提交

6.5.1 提交的资料应包括下列内容：

1 技术设计书；

2 标靶测量记录和成果；

3 标线测量记录、坐标和高程成果，相应的图件；

4 平、纵、横成果；

5 数字高程模型；

6 自检报告；

7 技术总结。

6.5.2 提交资料应符合下列要求：

1 记录资料应清晰、整洁。

2 图件资料字体大小、线条宽度应适中，纸质图件资料注记应清晰可辨。

3 检查、验收资料应附检查记录数据。

4 平、纵、横成果与数字高程模型应吻合。

征求意见稿

7 构造物测量

7.1 一般规定

7.1.1 构造物测量测量前应充分收集公路改扩建走廊范围内的地形图资料、原路线设计图和竣工图等资料。

7.1.2 公路改扩建构造物测量应按照下列要求进行测量：

1 两侧和单侧直接拼宽路段的构造物应对拼接连接部分的既有构造物特征点进行精确测量。

2 采用分离增建、增设高架桥路方式的扩建路段既有构造物特征点可适当降低测量精度要求。

7.1.3 构造物特征点平面坐标测量可采用 GNSS RTK 方法和全站仪方法，高程可根据精度要求分别采用 GNSS RTK 方法、全站仪方法和水准测量方法。当采用全站仪方法测量时应根据需要测设转点和方向点，转点应分别按照一级平面和四等高程的要求施测。

7.1.4 公路改扩建既有构造物测量应包括主线和匝道的桥梁、涵洞、通道、隧道等测量内容。

7.2 桥梁测量

7.2.1 公路改扩建桥梁测量内容应包括桥面伸缩缝测量、桥墩台测量和桥梁两端锥坡测量等。

7.2.2 桥梁伸缩缝测点位置应布设在垂直于路线方向桥梁两端的伸缩缝隙处，测点平面坐标、高程和伸缩缝宽度测量方法和精度应符合表 7.2.2 的规定。

表 7.2.2 桥梁伸缩缝测量精度要求

测量项目	测点平面坐标	测点高程	伸缩缝宽度
测量中误差(m)	≤±0.03	≤±0.02	≤±0.01
测量方法	GNSS RTK	四等水准	钢尺

7.2.3 单一桥梁墩台测点的布设应能反映墩台的外部轮廓形态及桥台、台瑁的几何尺寸，双幅桥梁的墩台应按单一桥梁墩台分别进行测量。桥梁下部结构测点、宽度的测量方法和要求应符合表 7.2.3 的规定。

征求意见稿

表 7.2.3 桥梁下部结构测点、宽度的测量方法和要求

测点平面坐标		测点高程		桥台、台瑁宽度	
测量方法	中误差(m)	测量方法	中误差(m)	测量方法	中误差(m)
全站仪	≤±0.05	全站仪 全站仪+水准仪	≤±0.03	钢尺	≤±0.02

7.2.4 桥墩应采用全站仪测量轮廓坐标，并根据桥墩的外形形状求取桥墩中心坐标。每一个桥墩测量检查点不得少于 1 个，检查点相对于桥墩轮廓线的偏差不应大于 5cm。

7.2.5 桥梁梁底应采用全站仪或水准仪测量其高程，两次测量互差不应大于 2cm。

7.2.6 桥梁翼缘边线应采用全站仪测量变化特征点，两次测量互差不应大于 2cm。

7.2.7 桥梁两端锥坡应采用 GNSS RTK、全站仪等方法测量锥坡的上、下边缘边线 5m 以外。

7.2.8 桥梁特征点测量成果应根据各个特征点之间的相对关系进行相互检查。

7.2.9 采用全站仪测量时，应采用方向点进行边长、高差检核，测点坐标和高程应正倒镜各测量一次进行相互校核。水准仪和钢尺测量应读数两次，取平均值作为最终测量成果。

7.3 涵洞测量

7.3.1 公路改扩建既有涵洞测量应包括圆管涵、矩形和梯形涵洞和涵洞两端的特征点测量等内容。

7.3.2 各种形状的涵洞特征点测量数据应能反映涵洞的洞顶、洞底、半径、宽度、高度和厚度等几何尺寸及内、外部轮廓形状，测量方法和精度要求应按照表 7.3.2 执行。

表 7.3.2 涵洞测点、高度、半径和厚度等测量方法和要求

测点平面坐标		测点高程		宽度、高度、半径、厚度	
中误差(m)	测量方法	中误差(m)	测量方法	中误差(m)	测量方法
≤±0.05	全站仪	≤±0.03	全站仪、GNSS RTK、水准仪	≤±0.03	钢尺

7.3.3 各种形状的涵洞应沿涵身方向在其两端中心的底部位置分别测量 2 个特征点。

征求意见稿

7.4 通道测量

7.4.1 公路改扩建既有通道测量内容应对通道路面、排水沟、人行道和通道结构物进行测量，通道两端的特征点、通道地面轴线均应进行测量。

7.4.2 通道路面、排水沟、人行道应采用 GNSS RTK、全站仪、钢尺等方法测量路面、排水沟、人行道边缘线的坐标和高程，测量排水沟的形状和深度，测量人行道的高度。

7.4.3 通道结构物的测点、厚度、高度测量应按照本标准第 7.3.2 条的要求执行。

7.4.4 通道锥坡应按照本标准第 7.2.5 条的规定执行。

7.5 隧道测量

7.5.1 既有隧道测量内容应对隧道洞门形式和形状、铺装路面、排水沟、人行道等进行测量，隧道进出口洞门的特征点均应进行测量。

7.5.2 既有隧道洞口特征点的分布应能够体现洞口的形状，特征点可采用 GNSS RTK、全站仪等方法进行测量。

7.5.3 既有隧道特征点测量精度可按照涵洞测点的平面、高程测量要求执行；排水沟、人行道测量可按照通道测量的要求进行；铺装路面应按照路面测量的要求进行。

7.5.4 增建隧道控制测量的方法和精度应符合本标准第 4 章的规定。

7.5.5 增建隧道洞口应测绘 1：500 数字线划图，测绘方法和精度应按本标准第 5 章的要求执行。测绘范围一般为前后左右各宽 60～100m；当有引桥、改沟、防护工程等工程处理措施时，应根据设计需要扩大测绘范围。

7.5.6 特长隧道宜进行控制测量设计并进行贯通中误差预计，对施工阶段使用的仪器等级、测量方法做出建议。由隧道洞外控制测量的影响所产生的贯通中误差应符合表 7.5.6 的规定。

表 7.5.6　贯通中误差

两开挖洞口间长度 LG (km)	LG＜3000	3000≤LG＜6000	LG≥6000
点位相对中误差(mm)	≤45	≤60	≤90
高程中误差（mm）	≤25		

征求意见稿

7.5.7 由隧道洞外控制测量的影响所产生的贯通面上的横向贯通中误差应按下式（7.5.7）计算：

$$m_q=\sqrt{E^2Cos^2\varphi+F^2Sin^2\varphi} \qquad (7.5.7)$$

式中：m_q--隧道洞外控制测量误差对横向贯通误差的影响值（mm）；

φ--以误差椭圆长半轴为起始方向时坐标轴 Y 的方位角(°)，

$$\varphi=\alpha_G-\varphi_0 \text{或} \varphi=\alpha_G+180-\varphi_0$$

α_G--给定的隧道贯通面的方位角(°)；

E,F,φ_0--贯通点相对误差椭圆参数。

7.5.8 由隧道洞外高程控制测量的影响所产生的贯通面上的高程贯通中误差应按式（7.5.8）计算：

$$m_{\Delta h}=m\sqrt{L} \qquad (7.5.8)$$

式中: $m_{\Delta h}$--贯通面上的高程中误差（mm）；

m--洞外高程控制测量每千米高差中数偶然中误差（mm）；

L--洞外两开挖洞口间高程路线长度（km）。

7.6 资料提交

7.6.1 提交的资料应包括下列内容：

1 技术设计书；

2 构造物特征点坐标和高程、宽度、厚度等测量成果和图件；

3 野外记录资料；

4 自检报告；

5 技术总结。

7.6.2 提交资料应符合下列要求：

1 记录资料应清晰、整洁。

2 图件资料字体大小、线条宽度应适中，纸质图件资料注记应清晰可辨。

征求意见稿

3 检查、验收资料应附检查记录数据。

4 成果资料应以图、表形式结合表示。

5 测点应全线统一编号，并不得出现重号。

征求意见稿

8 地下管线探测

8.1 一般规定

8.1.1 地下管线探查应采用与公路改扩建工程相同的平面坐标系统和高程基准。

8.1.2 地下管线探测应查明地下管线的类别、平面位置、走向、埋深、偏距、规格、材质、载体特征、建设年代、埋设方式、权属单位等，测量地下管线平面坐标和高程。

8.1.3 地下管线探测可根据工程目的不同对探测对象进行取舍，取舍标准应视具体情况、管线的疏密程度和委托方的要求确定。地下管线探查取舍标准宜符合本标准表8.1.2 的规定。

表 8.1.2 地下管线探查取舍标准

管线类别	取舍要求	其他要求
给水	管径≧50mm	注明流向
排水	管径≧200mm 或方沟 300mm×300mm	注明流向
燃气	全测	注明压力
热力	全测	注明流向
电力	电压≧380V	注明电压
通信	全测	
工业	全测	自流管道注明流向
其他	全测	

8.1.4 地下管线探测作业应采取安全保护措施，并应符合下列规定：

1 打开窨井盖进行实地调查作业时，应在井口周围设置安全防护围栏，并指定专人看管；夜间作业时，应在作业区域周边，显著位置设置安全警示灯，地面作业人员应穿着高可视性警示服；作业完毕，应立即盖好窨井盖。

2 在井下作业调查或施放探头、电极导线时，严禁使用明 火，并应进行有害、有毒及可燃气体的浓度测定；超标的管道应采用安全保护措施后方能作业。

3 严禁在氧气、燃气、乙等助燃、易燃、易爆管道上作充电点，进行直接法或充电法作业；严禁在塑料管道和燃气管道。

4 使用的探测仪器工作电压超过 36 时，作业人员应使用绝缘防护用品；接地电极附近应设置明显警告标志，并应指定专人看管；井下作业的所有探测设备外壳必须接地。

征求意见稿

8.1.5 探查仪器在投人使用前应进行校验，仪器的校验包括稳定性校验及精度校验。

8.2 探查准备

8.2.1 地下管线探查前应对已有的地下管线资料进行收集、分类、整理。资料收集应内容包括：

1 已有管线图、竣工测量成果或探测成果；

2 管线设计图、施工图、竣工图、设计与施工变更文件及技术说明资料；

3 现有的控制测量资料和适用比例尺的数字线划图。

8.2.2 现场踏勘应包括下列内容：

1 核查收集资料完整性、可利用程度。

2 核查图上明显管线点与实地的一致性。

3 核查控制点、数字线划图的精度和现势性。

4 现场踏勘结束后应在图上标注与实地不一致的管线点。

8.2.3 地下管线探查应进行探查方法试验，并应符合下列规定：

1 试验场地和试验条件应具有代表性、针对性。

2 试验应在测区范围内的已知管线段上进行。

3 试验宜针对不同类型、不同材质、不同埋深的地下管线和不同地球物理条件分别进行。

4 拟投人使用的不同类型、不同型号的探查仪器均应参与试验。

8.2.4 探查方法试验结束后，应对试验结果进行验证和校核，评价、确定有效的探查方法和技术参数，并编写方法试验报告。

8.2.5 探测技术设计书应在地下管线现况调绘、现场踏勘、探查方试验、探查仪器校验的基础上编制。技术设计书宜包括下列内容:

1 工程概述:任务来源、工作目的与任务、工作量、作业范围、探测内容和完成期限等内容；

2 测区概况:工作环境条件、地球物理条件、管线及其埋设状况等；

3 已有资料及其可利用情况；

4 执行的标准规范或其他技术文件；

5 探测仪器、设备等计划；

征求意见稿

6 作业方法与技术措施要求；

7 施工组织与进度计划；

8 质量、安全和保密措施；

9 拟提交的成果资料；

10 有关的设计图表。

8.3 管线探查

8.3.1 地下管线探查应在管线特征点的地面投影位置上设置管线点。在无特征点的管线段上，应以能够反映地下管线走向变化、弯曲特征为原则设置地面管线点。

8.3.2 用于测量地下管线的控制点相对于邻近控制点平面点位中误差和高程中误差不应大于 50mm。

8.3.3 地下管线探测的精度应符合下列规定：

1 明显管线点的埋深量测中误差不应大于 25mmm;

2 隐蔽管线点的平面位置探查中误差和理深探查中误差分别不应大于 0.05 和 0.075h，其中 h 为管线中心理深，单位为毫米，当 h < 1000mm 时以 1000mm 代入计算；

3 地下管线点的平面位置测量中误差不应大于 50mm（相对于该管线点起算点），高程测量中误差不应大于 30mm（相对于该管线点起算点）。

8.3.4 实地调查应按地下管线类别分别调查其相应的属性项目。各类地下管线实地调查的属性项目可按本标准表 8.3.4 选择。

表 8.3.4 各类地下管线实地调查的属性项目

管线类别	埋设方式	埋深		断面		孔（根）	材质	附属物	偏距	载体特征			埋设年代	权属单位
		内底	外顶	管径	宽×高					压力	流向	电压		
给水	管道	▲	—	▲	—	▲	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
排水	管道	—	▲	▲	—	▲	▲	▲	▲	—	▲	—	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲	—	▲	—	△	△
燃气	管道	—	▲	▲	—	▲	▲	▲	▲	△	—	—	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲	△	—	—	△	△
热力	管道	—	▲	▲	—	▲	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
电力	管块	—	▲	—	▲	△	▲	▲	▲	—	—	△	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲			△	△	△
	直埋	—	▲	—	—	△	▲	▲	▲	—	—	△	△	△
通信	管块	—	▲	—	▲	△	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲	—	—	—	△	△

征求意见稿

管线类别	埋设方式	埋深		断面		孔(根)	材质	附属物	偏距	载体特征			埋设年代	权属单位
		内底	外顶	管径	宽×高					压力	流向	电压		
	直埋	—	▲	—	—	△	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
工业	管道	—	▲	▲	—	▲	▲	▲	▲	△	▲	—	△	△
	沟道	▲	—	—	▲	—	▲	▲	▲	△	▲	—	△	△
其他	综合管廊	—	▲	—	▲	—	▲	▲	▲	—	—	—	△	△
	不明管线	—	▲	△	—	—	△	—	▲	—	—	—	—	—

注：▲表示应查明的项目；△表示宜查明的项目。

8.3.5 明显管线点设置除应符合本规程第 8.3.1 条规定外，尚应符合下列规定:

1 检查井应在其中心设置管线点，其他附属设施（物）的管线点应设置在其地面投影的几何中心；

2 综合管廊（沟）应在其几何中心线上设置管线点；

3 当管线附属设施（物）的管线点偏离管线中心线在地面的投影位置，偏距大于或等于 0.4m 时，应量测和记录偏距，并应分别设置管线点。

8.3.6 地下管线应包括电力、电信、给水、排水、燃气、热力、工业管线及其他管线。管线种类、代号、代码与颜色应符合本标准表 8.3.6 的规定。

表 8.3.6 管线种类、代号、代码与颜色表

类别（大类）			小类			颜色（RGB 值）
名称	代号	代码	名称	代号	代码	
给水	JS	1	原水	JY	01	天蓝（0，255，255）
			输水	SS	02	
			中水	ZS	03	
			配水	JP	04	
			直饮水	JZ	05	
			消防水	XS	06	
			绿化水	LS	07	
			循环水	JH	08	
排水	PS	2	雨水	YS	01	褐色（76，57，38）
			污水	WS	02	
			雨污合流	HS	03	
燃气	RQ	3	煤气	MQ	01	粉红（255，0，255）
			液化气	YH	02	
			天然气	TR	03	
热力	RL	4	热水	RS	01	橘黄（255，128，0）
			蒸汽	ZQ	02	
电力	DL	5	供电	GD	01	
			路灯	LD	02	
			交通信号	XH	03	大红（255，0，0）
			电车	DC	04	

征求意见稿

类别（大类）			小类			颜色（RGB 值）
名称	代号	代码	名称	代号	代码	
			广告	GG	04	
通信	TX	6	电话	DH	01	绿（0，255，0）
			有线电视	DS	02	
			信息网络	XX	03	
			广播	GB	04	
工业	GY	7	氢气	QQ	01	黑（0，0，0）
			氧气	YQ	02	
			乙炔	GQ	03	
			乙烯	YX	04	
			苯	BQ	05	
			氯气	LQ	06	
			氮气	DQ	07	
			二氧化碳	EY	08	
			氨气	AQ	09	
			甲苯	JB	10	
其他	QT	8	综合管沟	ZH	01	黑（0，0，0）
			不明管线	BM	02	紫（102，0，204）

8.3.7 探查金属管道和电缆时，地球物理探查方选择宜符合下列规定:

1 金属管道、线缆探查，宜优先选用电磁感应法的感应法、夹钳法、直接法或探地雷达法；深埋金属管道探查，可选择综合物探方法。

2 有高阻抗的金属管道探查，宜选用高频电磁感应法或探地雷达法，具备铁磁性的管道且干扰较小时，可选择磁法。

3 当金属管道的管径较大，埋深较浅时，可选择电磁感应法的直接法、感应法，也可选用探地雷达法、直流电阻率法、磁法或浅层地震法；当金属管道埋较深，管径较小时，宜选择大功率低频电磁感应法。

4 热力金属管道或高温输油管道探查，可选择电磁感应法或红外辐射测温法；

5 电力电缆宜先采用工频法进行搜索，初步定位后再用电磁感应法精确定位、定深，当电缆有出露端时，宜采用电磁感应法的夹钳法；通信电缆探查，宜选择主动源电磁感应法。

6 在盲区探查金属管线时，宜先采用电磁感应或工频法进行搜索，搜索可采取平行搜索法或圆形搜索法，发现异常后宜采用电磁感应法进行追踪，精确定位、定深。

8.3.8 探查非金属管道时，宜采用探地雷达法、直流电阻率，或浅层地震法等，也可按下列条件选用其他方法:

1 有出人口的非金属管道探查，宜采用示踪电磁法；

征求意见稿

2 钢筋混凝土或带金属骨架的管道探查，可采用磁偶极感应法；

3 管径较大的非金属管道探查，除可采用探地雷达法外，还可根据工作条件采用直流电阻率法或浅层地震法等。

8.3.9 水中管道探查宜选用旁侧声纳法，水底下管道探查宜采用地震映像法、高精度磁法或浅层剖面法。

8.3.10 管线点应设置地面标志，并在点位附近注明管线点编号。管线点编号应采用“管线类别代号十管线点顺序号”形式，并应保持其同一测区内的唯一性。

8.3.11 地下管线探查应在作业现场记录探查结果，填写的探查记录表应符合本标准附录 E 的规定。

8.4 管线探查质量检查

8.4.1 地下管线探查的质量应实行两级检查、一级验收制度，采用明显管线点重复调查、隐蔽管线点重复探查方式进行质量检查。

8.4.2 质量检查时应在测区明显管线点和隐蔽管线点中分别随机抽取不少于各自总点数的 5%；抽取的管线检查点应具有代表性且在测区内分布均匀，质量检查宜按本标准附录 D 的格式填写检查记录表。

8.4.3 明显管线点和隐蔽管线点均应检查平面位置和埋深，根据检查结果按本标准公式（8.4.3-1）和公式（8.4.3-2）分别计算平面位置中误差和埋深中误差。

$$M_S = \sqrt{\frac{[\Delta S_i \Delta S_i]}{2n}} \qquad (8.4.3\text{-}1)$$

$$M_h = \sqrt{\frac{[\Delta H_i \Delta H_i]}{2n}} \qquad (8.4.3\text{-}2)$$

式中：S_i——复查点位与原点位间的平面位置偏差(mm)；

H_i——复查点位与原点位的理深较差(mm)；

n——检查点数。

8.4.4 开挖验证的点位应随机抽取，点数不宜少于隐蔽管线点总数的 0.5%，并不应少于 2 个点；所有点的平面位置误差和埋深误差，不应超过本标准第 8.3.2 条、第 8.3.3 条的规定。

8.5 管线测绘

征求意见稿

8.5.1 地下管线测量应在收集、分析已有的公路改扩建带状范围内的测量控制点和线划图资料的基础上进行。

8.5.2 地下管线测量内容应包括管线点的平面位置与高程，可采用 GNSS-RTK 方法或极坐标法进行实地测量，测量精度应符合本标准第 8.3.3 条第 3 款的规定。

8.5.3 管线探测成果表应依据探查成果和测绘成果编制，内容及格式应符合本标准附录 F 的规定。

8.5.4 管线图的图幅与编号宜与公路改扩建工程原有数字线划图保持一致。

8.5.5 管线图应在公路改扩建工程数字带状范围的数字线划图上进行编绘，宜分色、分层表示，图式和要素分类与代码应符合下列规定:

1 地下管线图图式应符合现行国家标准《国家基本比例尺地，图图式第 1 部分:1:5001：10001：2000 地形图图式》（GB/T20257.1）的有关规定；对于长距离专用管线,应符合现行国家标准《国家基本比例尺地图图式第 2 部分:1:50001：1000 地形图图式》（GB/T20257.2）的有关规定。

2 地下管线的种类、代号、代码与颜色应符合本标准表 8.3.6 的规定。

3 管线图上高程点的注记应精确至 0.01m。

4 对于图式和要素分类与代码中的不足部分,应进行补充。

8.5.6 管线成果表应经过 100%检查合格，相关信息应与地下管线探测原始记录相一致。管线成果表中的数据项内容应完整、正确。

8.5.7 测量成果质量检查应在过程控制的基础上，检查地下管线点测量精度。质量检查应符合下列规定:

1 检查点应在测区内均匀分布、随机抽取，数量不得少于测区内管线点总数的 5%。

2 检查时应复测管线点的平面位置和高程，并按式（8.5.7-1）、式（8.5.7-2）分别计算管线点的平面位置测量中误差 m_s 和高程测量中误 m_h：

$$m_s = \sqrt{\frac{[\Delta s \Delta s]}{2n}} \tag{8.5.7-1}$$

$$m_h = \sqrt{\frac{[\Delta h \Delta h]}{2n}} \tag{8.5.7-2}$$

式中：Δs ——重复测量管线点平面位置较差；

征求意见稿

Δh——重复测量管线点高程较差；

n——重复测量点（或边）数。

8.5.8 质量检查时的平面位置测量中误差和高程测量中误差应符合本标准第 8.3.3 条第 3 款的规定。

8.5.9 地下管线探测工程结束应编制探测总结报告，总结报告应包括下列内容:

1 工程概况:工程的依据、目的和要求；工程的地理位置、地球物理条件、管线敷设状况；开竣工日期；完成工作量。

2 技术措施:作业标准；起算依据；采用仪器和技术方法；投人人力资源。

3 应说明的问题及处理措施。

4 质量评定:质量验与评定结果。

5 结论与建议。

6 提交的成果清单。

7 附图与附表。

8.6 资料提交

8.6.1 地下管线探测成果应在作业单位检查合格的基础上经质量检验合格。经检验不合格的探测成果，不得组织验收。

8.6.2 地下管线探测应依据任务书或合同书、经批准的技术设计书及有关技术标准进行成果验收。

8.6.3 地下管线探测成果资料应包括下列内容:

1 任务书或合同书、技术设计书；

2 所利用的已有成果资料、坐标和高程的起算数据文件以及仪器的检验、校准记录；

3 探查草图、管线点探查记录表（或者相应的电子记录)、控制点和管线点的观测记录和计算资料、各种检查和开挖验证记录及权属单位审图记录等；

4 质量检查报告；

5 管线成果图、成果表及数据文件；

6 地下管线探测总结报告。

征求意见稿

9 实景三维测量

9.1 一般规定

9.1.1 公路改扩建实景三维测量的测量基准应与公路改扩建工程测量的基准保持一致。

9.1.2 公路改扩建应根据需要实施实景三维数据采集，数据应采用可共享、可交换的开放数据格式存储。

9.1.3 公路改扩建实景三维模型命名应与轮廓数据、纹理数据、属性数据等名称相互对应，且具有唯一性，应采用“建模单元编码+模型类型+模型顺序号+表现层次+纹理处理清晰度”形式表示。

9.2 实景三维模型精度

9.2.1 公路改扩建实景三维测量应根据模型平面精度、DTM/DSM 高程精度的要求，按表 9.2.1 的规定进行控制测量，各项精度指标应符合现行《公路勘测规范》(JTG C10)的有关规定。

表 9.2.1 实景三维模型数据采集控制测量等级要求

模型等级	改扩建公路路面、一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
平面控制测量等级	四等		一级				
高程控制测量等级	三等	四等	五等				

9.2.2 公路改扩建实景三维模型平面精度应按使用需要根据表 9.2.2 的规定选用，林区、隐蔽等困难地区的平面中误差可放宽至 1.5 倍。

表 9.2.2 实景三维模型平面精度要求

等级	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
平面中误差(m)	≤0.05	≤0.10	≤0.30	≤0.60	≤1.20	≤3.00	≤6.00

9.2.3 公路改扩建实景三维模型 DTM/DSM 高程精度应按使用需要根据表 9.2.3 选用，林区、隐蔽等困难地区的高程中误差可放宽至 1.5 倍；改扩建公路路面 DTM/DSM 高程中误差不宜大于 0.03m。

征求意见稿

表 9.2.3 实景三维模型 DTM/DSM 高程精度要求

等级		一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
高程中误差(m)	平原	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.20	≤0.33	≤0.33	≤0.33
	微丘			≤0.25	≤0.50	≤0.50	≤1.00	≤1.00
	重丘			≤0.67	≤0.67	≤1.30	≤3.30	≤3.30
	山岭			≤1.00	≤2.00	≤2.00	≤5.00	≤10.00

9.2.4 公路改扩建实景三维模型高度精度应按使用需要根据表 9.2.4 的规定选用。

表 9.2.4 实景三维模型高度精度要求

等级	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
高度中误差(m)	≤0.20	≤0.40	≤0.80	≤1.00	≤2.00	≤5.00	≤10.00

9.2.5 公路改扩建实景三维模型 DOM 影像地面分辨率应根据使用需要按表 9.2.5 的规定选用。

表 9.2.5 实景三维模型 DOM 影像地面分辨率要求

等级	一级	二级	三级	四级	五级	六级	七级
影像地面分辨率(m)	≤0.02	≤0.05	≤0.10	≤0.20	≤0.40	≤1.00	≤2.00

9.2.6 公路改扩建实景三维模型精细度的表现层次应根据使用需要按表 9.2.6 的规定选用。

表 9.2.6 实景三维模型精细度的表现层次

等级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
表现层次	细节表现	主体表现	符号表现	直接表现

9.2.7 公路改扩建实景三维模型的纹理处理类型可分为通用纹理、修饰真实纹理、适当修饰真实纹理，各类模型可按表 9.2.7 的规定根据需要选用纹理清晰度进行纹理处理。

表 9.2.7 纹理清晰度的处理规定

纹理处理等级		Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
纹理处理类型		通用纹理	修饰真实纹理	适当修饰真实纹理
纹理来源		纹理库	现状照片	现状照片
纹理缺陷	遮挡物	不处理	处理	适当处理
	透视变形	不处理	处理	适当处理
	纹理接缝	不处理	处理	适当处理
	纹理眩光	不处理	处理	适当处理
	拉花、阴影等其他缺陷	不处理	处理	适当处理

征求意见稿

9.4 模型分类与单体化

9.4.1 公路改扩建实景三维模型应分为地形模型、建筑模型、交通设施模型、管道模型、电线模型、植被模型、水系模型及其他模型。

9.4.2 公路改扩建实景三维模型应根据使用需要，对细节地形模型、建筑模型、交通设施模型、管道模型、电力线和通信线模型、植被模型、水系模型及其他模型进行单体化建模。具有基本相同的外形结构和相似纹理的模型宜建立单体化通用模型符号库。

9.4.3 公路改扩建三维模型单体应根据倾斜摄影三维模型、激光点云等地理场景，通过切割、重建、矢量叠加等单体化处理，将地理实体构建为三维形式的具备能够独立表达、挂接属性以及查询统计与分析的独立管理对象。

9.4.4 建立的公路改扩建实景三维模型应按下列要求修饰：

1 生成的实景三维模型应结合立体影像对整体进行检查，分区、分段的结合处应无缝衔接、过渡自然。

2 面状地物应无波浪起伏和纹理拉花、塌陷等缺陷。

3 线状地物应无断裂、错位、锯齿、波浪等缺陷。

4 点状地物从不同视角显示的图像应与实际形状相符。

5 由数字表面模型引起的缺陷，则应对数字表面模型进行检查和处理。

9.4.5 建立的公路改扩建实景三维模型的轮廓数据、纹理数据、属性数据的文件格式应统一为建模软件要求的格式，采用各类建模方式建立的实景三维模型应分类、分层存储，文件存储格式应统一为模型使用要求的格式。

9.3 实景三维模型数据采集

9.3.1 实景三维模型测量的测量范围和要求应根据 BIM 设计需要确定，用于 BIM 精细化设计的区域，实景三维模型模型分别采用以下方式进行轮廓数据和纹理数据采集：

1 路线总体方案模型采用航空摄影测量、空中激光扫描等方式进行数据采集。

2 公路路面实景三维模型数据采集采用车载激光扫描方式。

3 小面积、隐蔽地区实景三维模型数据采集宜采用近景摄影测量、固定站或移动激光扫描等方式。

征求意见稿

4 现场实测和现场照片拍摄、摄像等方式可作为模型数据采集的辅助、补充方式。

5 精度要求较高的轮廓数据、位置等信息可采用全站仪、水准仪、GNSS 等测绘仪器采集。

9.3.2 除进行轮廓数据和纹理数据采集外，实景三维测量还应根据需要采用实地调查方式，进行属性数据采集。地形模型和水系模型的名称等可根据已有资料获取，但应进行现场核查。

9.3.3 公路改扩建设计需要利用既有路面、桥面实景三维模型 DSM 的高程精度宜优于 0.02m，其他部分的高程精度宜优于 0.1m。

9.3.4 实景三维模型的高度精度均应优于 0.2m；DOM 影像地面分辨率，既有路面部分应小于 0.03m，其他部分小于 0.1m。

9.3.5 实景三维模型可根据应用需要以基础控制点、像控点、标靶、特征点的坐标和高程，或以灰度、特征线和特征面为基准进行数据匹配。

9.5 质量评定

9.5.1 实景三维测量模型质量评定应包括技术设计、数据采集与位置精度、模型质量、场景效果和技术总结等检查内容。

9.5.2 实景三维模型应采取抽样方法进行质量检查，抽样率应符合表 9.5.2 的规定。

表 9.5.2 RSTDM 质量检查抽样率

产品内容名称	单位产品	抽样率（%）
实景三维模型(RSTDM)	测量技术设计	100
	数据采集与位置精度	5
	模型质量	5
	场景效果	5
	技术总结	100

9.5.3 技术设计的质量评定应对引用标准、作业方法和建模精度以及测量成果是否满足公路改扩建的需要进行检查。

9.5.4 数据采集的质量应包括已有数据的引用是否正确、数据采集方法能否达到精度要求和现场数据检校等检查内容。

9.5.5 用于公路改扩建中桩和横断面测量检查的平面精度和高程精度应符合表 9.5.5-1、9.5.5-2、9.5.5-3、9.5.5-4 的规定。

征求意见稿

表 9.5.5-1　中桩测点平面检查中误差

公 路 等 级	中桩平面中误差 (m)
改扩建公路	≤0.05
新建公路	≤0.10

表 9.5.5-2　中桩测点高程检查中误差

公路等级	重要区域	一般区域
高速公路、一级公路	≤±0.05 m	≤±0.10 m
二级及以下等级公路	≤±0.10 m	≤±0.20 m
改扩建公路路面	≤±0.03 m	

表 9.5.5-3　横断面测点平面检查中误差

公 路 等 级	测点平面中误差 (m)
改扩建公路	≤0.07
新建公路	≤0.15

表 9.5.5-4　横断面测点高程检查中误差

公路等级	重要区域	一般区域
高速公路、一级公路	≤±0.10 m	≤±0.20 m
二级及以下等级公路	≤±0.20 m	≤±0.30 m
改扩建公路路面	≤±0.03 m	

9.5.6 模型质量的评定应包括模型与实际地形地物的符合度、模型数据的缺失、重复或冗余度、纹理与现实地物纹理的逼真度和色彩明暗的协调性等检查内容。

9.5.7 场景效果质量的评定应包括场景模型的完整性、视觉质量与现实场景的一致性和色彩明暗的协调性等检查内容。

9.5.8 测量技术总结的质量评定应包括引用标准、测量技术设计的执行情况、各项精度指标、模型检查情况、成果使用说明和提交成果资料等检查内容。

9.5.9 实景三维模型质量检查记录表应记录项目名称、抽检位置、抽检日期、质量检查、检查精度、存在问题和检查数据等内容，质量检查宜按本标准附录 G 的规定填写有关内容。

征求意见稿

10 其他测量

10.1 一般规定

10.1.1 根据公路改扩建的需要，改扩建公路测量还应包括横断面测量、地物测量及相关工程联测等其他测量工作。

10.1.2 公路改扩建其他测量工作内容应能够满足公路改扩建初步设计和施工图设计的需要，涉及与既有路面和构造物直接拼宽的测量工作内容按照公路改扩建测量的要求进行，其他测量内容按照新建公路的测量要求进行。

10.2 横断面测量

10.2.1 既有路面横断面应根据既有路面的点云或数字高程模型按照中桩坐标内插生成，路面外横断面测量应根据路外点云或数字高程模型按照中桩怎么内插生成，亦可采用 GNSS RTK、全站仪测量方法直接进行测量。

10.2.2 横断面上测点平面测量精度应符合表 10.2.2 的规定。

表 10.2.2 横断面测点平面测量精度

公 路 等 级	测点平面精度 (m)
改扩建公路	≤±0.07
新建公路	≤±0.15

10.2.3 横断面测点高程测量精度应符合表 10.2.3 的规定。

表 10.2.3 横断面测点高程测量精度

公路等级	改扩建公路路面(m)	重要区域(m)	一般区域(m)
高速公路、一级公路	≤±0.03	≤±0.10	≤±0.20
二级及以下等级公路		≤±0.20	≤±0.30

10.2.4 既有公路路面外横断面宽度依据初步设计需要，格式按照中桩距离法输出，横断面检测互差限差应符合下表 10.2.4 的规定。

表 10.2.4 横断面检测互差限差

距离(m)	高差(m)
L/100+0.1	h/100+L/200+0.1

注：1、L——测点至中桩的水平距离(m)；

2、h——测点至中桩的高差(m)。

10.3 地物测量

征求意见稿

10.3.1 改扩建公路影响范围内的建筑物、构造物、道路、管线、河渠、工业设施等地物均应进行详细测量坐标、高程、高度等。

10.3.2 与改扩建公路相交的公路、铁路、地方道路均应根据需要测量其边线的坐标和高程，铁路还应测量其轨顶高程。

10.3.3 地物和被交路测量可根据需要采用 GNSS RTK、全站仪、水准仪等方法进行施测，平面测量精度不应大于 10cm，高程控制测量不应大于 5cm。

10.3.4 公路改扩建既有路基边沟应测量沟的形状和沟底高程，平面测量精度不应大于 10cm，高程控制测量不应大于 5cm。

10.3.5 公路改扩建既有挡墙应测量起、终点及中间变化点的位置，挡墙高度和厚度。沿挡墙轴线方向测点间隔不得大于 10m，平面测量精度不应大于 10cm，高程控制测量不应大于 5cm。

10.4 相邻工程联测

10.4.1 与改扩建公路相关的在建工程的中桩或明显地物应进行坐标和高程联测，联测的平面点应大于 3 个，高程点应大于 2 个。

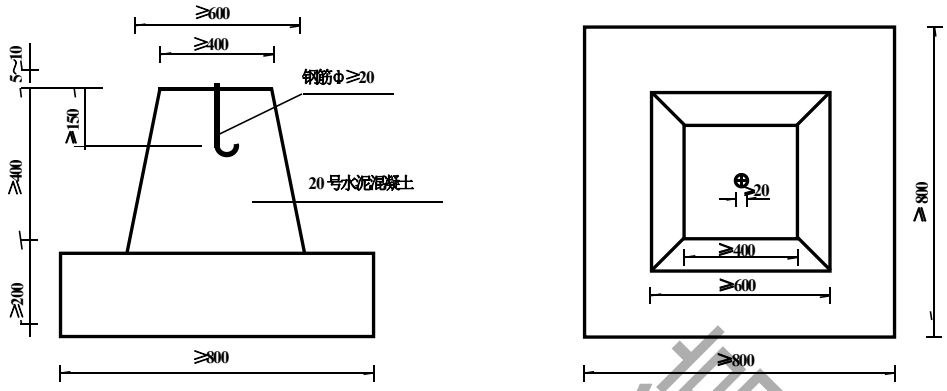
10.4.2 联测的平面坐标和高程应根据本标准第 4.6 节式（4.6.3-1）、式（4.6.3-2）计算转换参数。

10.4.3 求取转换参数的平面坐标精度不应大于 50m，高程拟合残差不应大于 25mm。

征求意见稿

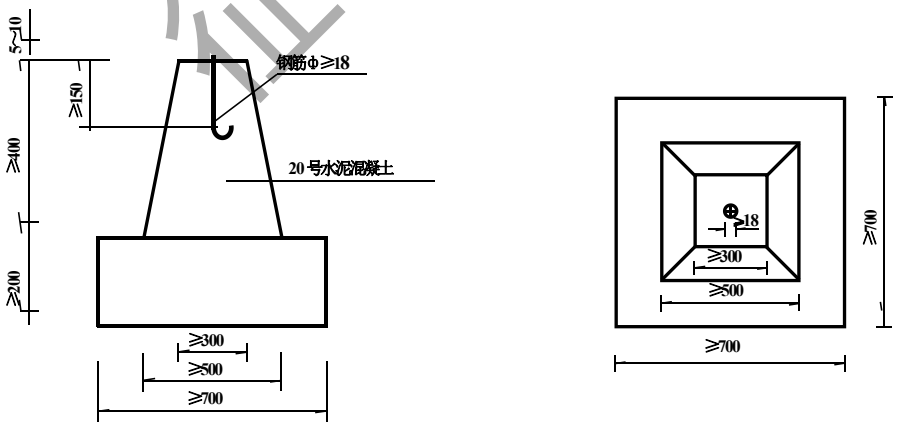
附录 A　测量控制点规格及埋设示意图

A.0.1　二等平面、高程控制点尺寸如图 A.0.1 所示。



A.0.1　二等平面、高程控制点尺寸示意图　(尺寸单位：mm）

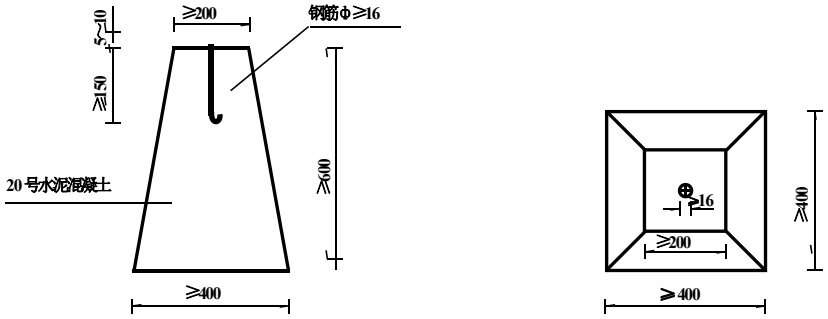
A.0.2　三等平面、高程控制点尺寸如图 A.0.2 所示。



A.0.2　三等平面、高程控制点尺寸示意图　(尺寸单位：mm）

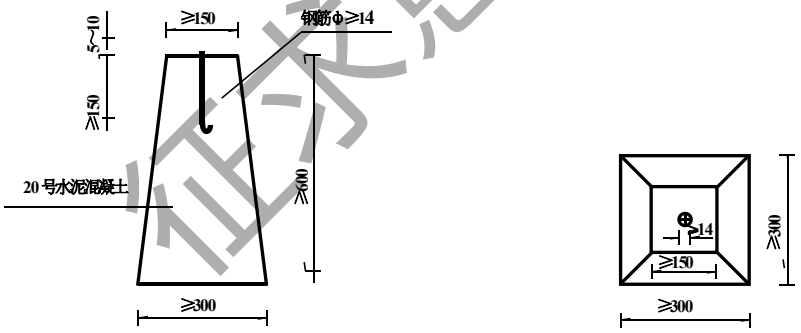
征求意见稿

A.0.3　四等平面、高程控制点尺寸如图 A.0.3 所示。



A.0.3　四等平面、高程控制点尺寸示意图　(尺寸单位：mm）

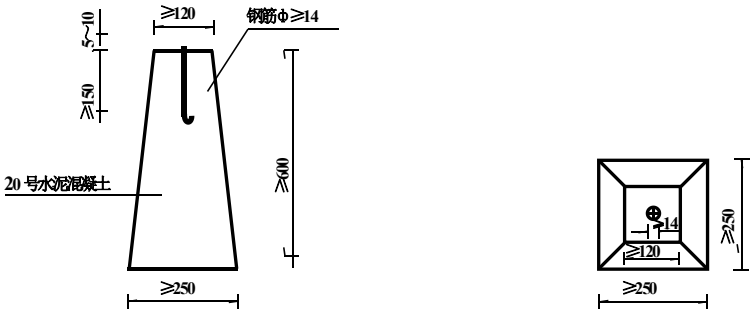
A.0.4　一级平面、五等高程控制点尺寸如图 A.0.4 所示。



A.0.4　一级平面、五等高程控制点尺寸示意图　(尺寸单位：mm）

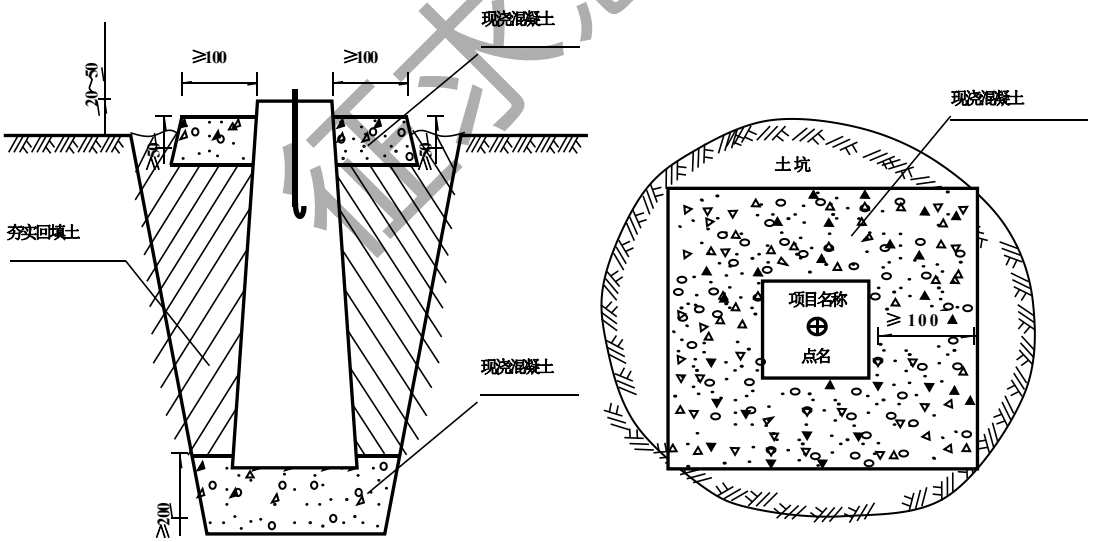
征求意见稿

A.0.5　二级平面控制点、桥位桩尺寸如图 A.0.5 所示。



A.0.5　二级平面控制点、桥位桩尺寸示意图　(尺寸单位：mm）

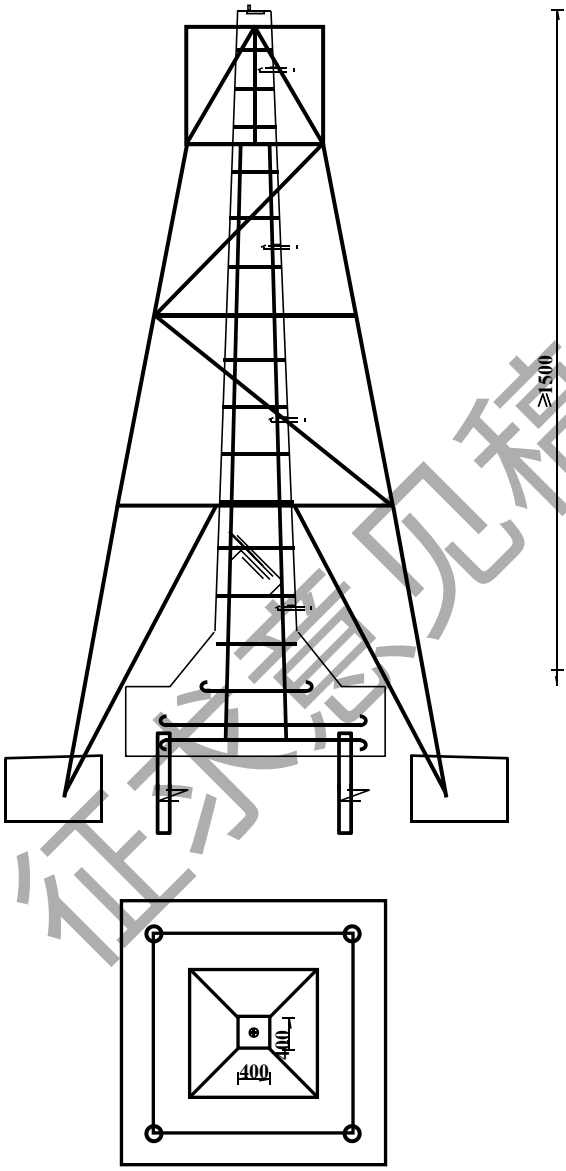
A.0.6　测量控制点埋设剖面图如图 A.0.6 所示。



A.0.6　测量控制点埋设剖面图　（尺寸单位：mm）

征求意见稿

A.0.7　构造物控制点观测墩示意图如图 A.0.7 所示。



A.0.7　构造物控制点观测墩示意图　(尺寸单位：mm）

征求意见稿

附录 B　控制点点之记

×××公路工程控制点点之记

<table>
<tr><td>点　名</td><td></td><td>等　级</td><td></td><td>地基类别</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>所在地</td><td colspan="6">省(市、自治区)　　县(市)　　乡(镇)　　村　　组</td></tr>
<tr><td>地理坐标</td><td colspan="2">B:　　°　　′　　″</td><td colspan="2">L:　　°　　′　　″</td><td>比例因子</td><td></td></tr>
<tr><td>标志类型</td><td colspan="6">☐ 观测墩　☐ 预制混凝土　☐ 现浇混凝土　☐ 打入标志　☐ 凿刻</td></tr>
<tr><td colspan="3">交通路线图：</td><td colspan="4">点位视图 1(含点位、标注北方向)：</td></tr>
<tr><td colspan="3">点位视图 2(含点位、标注北方向)：</td><td colspan="4">点位俯视图(标石表面应书写项目简称、点名)：</td></tr>
<tr><td>混凝土标石规格</td><td>上顶面</td><td>mm×　　mm</td><td>下底面</td><td>mm×　　mm</td><td>高</td><td>mm</td></tr>
<tr><td rowspan="2">选点、埋石</td><td>单　位</td><td colspan="5"></td></tr>
<tr><td>选点、埋石员</td><td colspan="2"></td><td>日　期</td><td colspan="2">年　　月　　日</td></tr>
</table>

征求意见稿

第___页

附录 C 水准仪 i 角检校

水准仪 i 角检校记录表

仪器：	天宝 DINI03	呈　像：清晰稳定		观测：	孙玉强
日期：	2023/2/9	天　气：晴		记录：	孙玉强
时间：	08:01AM	仪器编号：735585		复核：	马鑫程

仪　器　距　标　尺　距　离				
仪器站	A		B	
测距	距标尺 a 距离 (m)	7	距标尺 b 距离 (m)	40
观测次数	a 尺读数 a_1	b 尺读数 b_1	a 尺读数 a_2	b 尺读数 b_2
1	1.68080	0.86980	1.68080	0.86980
2	1.68172	0.87163	1.68222	0.87027
3	1.68162	0.87354	1.68105	0.87172
4	1.68103	0.87202	1.68069	0.87114
中数	1.68129	0.87175	1.68119	0.87073
高差(a-b)mm	809.55		810.46	
i 角（″）	2.09″			
i 角计算	$i=\frac{h'_{AB}-h_{AB}}{S_A-S_B}\times\rho$			

图示

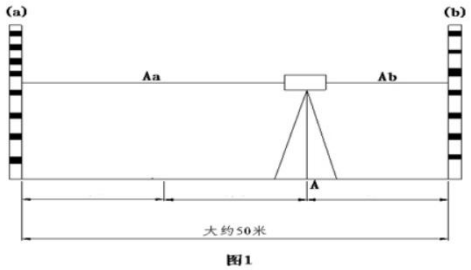


图1

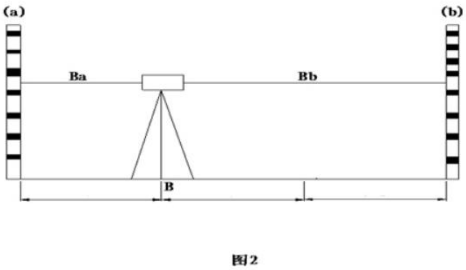
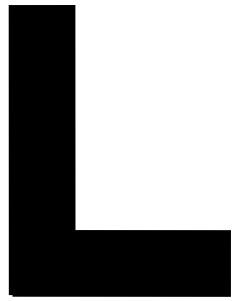
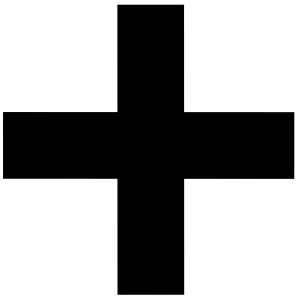


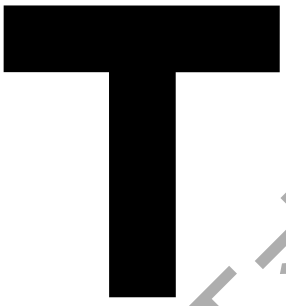
图2

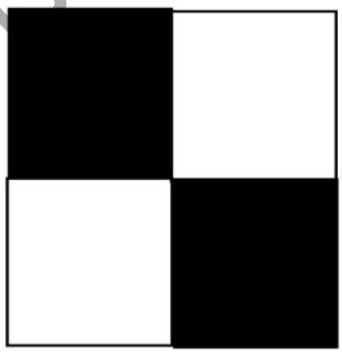
征求意见稿

附录 D 像控点标志、标靶形状









征求意见稿

附录 E 地下管线探查记录表

地下管线探查记录

工程名称：　　管线类型：　　仪器编号：

管线点号	连接点号	管线类别		材质	管线规格（mm）	载体特征		探测方法		埋深（m）			埋设		权属单位
		特征	附属物			压力（电压）	流向（根数）	定位	定深	外顶/内底	中心		方式	年代	
											探测	修测后			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

探查者：　　探查日期：　　校核者：

第　页，共　页

征求意见稿

附录 F 地下管线探查检查记录

地下管线探查检查记录

工程名称：　　检查方式：

检查点序号	管线点号	类别	材质	平面定位偏距(cm)	埋深（m）			评定	备注
					探查	检查	差值		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

作业单位：　　探查者：　　检查者：　　核查者：　　检查日期：

第　页，共　页

征求意见稿

附录 G 质量检查记录表

质量检查记录表

项目名称		抽检位置编号	
检查人员		日　期	
抽检位置说明：			
质量检查情况说明：			
存在问题及检查数据：			

征求意见稿

本标准用词用语说明

1　本标准执行程度的用词，采用下列写法：

1）　表示很严格，非这样做不可的用词，正面词采用“必须”；反面词采用“严禁”。

2）　表示严格，在正常情况下均应这样做的用词，正面词采用“应”；反面词采用“不应”或“不得”。

3）　表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词，正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4）　表示允许有选择，在一定条件下可这样做的用词，采用“可”。

2　引用标准的用词采用下列写法：

1）　在标准总则中表达与相关标准的关系时，采用“除符合本标准的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定”。

2）　在标准条文及其他规定中，当引用的标准为国家标准或行业标准时，表述为“应符合《××××××》(××××)的有关规定”。

3）　当引用本标准中其他规定时，表述为“应符合本标准第×章的有关规定”、“应符合本标准第×.×节的有关规定”、“应符合本标准第×.×.×条的有关规定”或“应按第×.×.×条的有关规定执行”。

征求意见稿