

DB61

陕 西 省 地 方 标 准

DB 61/T 2002—2025

窄轨旅游轨道交通施工技术规范

Technical specifications for construction of narrow gauge tourist rail

2025 - 04 - 18 发布

2025 - 05 - 17 实施

陕西省市场监督管理局

发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 施工准备 4

5 施工测量 5

6 路基 6

7 桥梁和涵洞 17

8 隧道 34

9 轨道 42

10 电力牵引供电 50

11 电力 58

12 通信 66

13 信号 73

14 给水与排水 81

15 房屋建筑及暖通与空调 82

16 信息 83

附 录 A （规范性） 控制点埋石图及保护旋喷桩施工记录 85

附 录 B （规范性） 旋喷桩施工记录 89

附 录 C （规范性） 路堤填筑压实试验 90

附 录 D （规范性） 泥浆试验记录、钻孔记录、水下混凝土浇筑记录 91

附 录 E （规范性附录） 孔道摩阻试验 92

附 录 F （规范性） 后张法预应力混凝土梁施工记录 94

附 录 G （规范性） 轨枕间距布置 96

附 录 H （规范性） 螺旋道钉锚固料配制工艺 98

参考文献 99

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由陕西省交通运输厅提出并归口。

本文件起草单位：陕西省铁路集团有限公司、中铁一局集团有限公司、中铁二院昆明勘察设计研究院有限责任公司、中铁宝桥集团有限公司、西安铁路职业技术学院、陕西建工铁建工程有限公司。

本文件主要起草人：蔡鹏宏、朱启勇、郗宜君、吴回获、吉敏廷、连义平、许智明、李文华、徐岩军、陈小龙、张林、危兵星、向淑智、文竹、孙岐峰、王小锋、杜岳涛。

本文件为首次发布。

本文件由陕西省铁路集团有限公司负责解释。

联系信息如下：

单位：陕西省铁路集团有限公司

电话：029-89801097

地址：陕西省西安市东长安街 420 号陕铁大厦

邮编：710199

窄轨旅游轨道交通施工技术规范

1 范围

本文件规定了窄轨旅游轨道交通施工准备、施工测量、路基、桥梁和涵洞、隧道、轨道、电力牵引供电、电力、通信、信号、给水排水、房屋建筑及暖通与空调和信息的要求，描述了对应证实方法。

本文件适用于 1000mm 轨距，采用钢轮钢轨，最高运行速度不超过 100km/h 的旅游轨道交通施工。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 175 通用硅酸盐水泥
GB/T 699 优质碳素结构钢
GB/T 3077 合金结构钢
GB/T 3811 起重机设计规范
GB/T 6067.1 起重机械安全规程 第 1 部分：总则
GB 6722 爆破安全规程
GB/T 14370 预应力筋用锚具、夹具和连接器
GB 50026 工程测量规范
GB 50150 电气安装工程电气设备交接试验标准
GB 51158 通信线路工程设计规范
JGJ 113 建筑玻璃应用技术规程
TB/T 1632.1 钢轨焊接第 1 部分：通用技术条件
TB/T 1632.2 钢轨焊接：闪光焊接
TB/T 2092 简支梁试验方法 预应力混凝土梁静载弯曲试验
TB/T 2493 线路及信号标志
TB/T 2628 铁路预制普通钢筋混凝土简支梁
TB 10006 铁路通信设计规范
TB 10101 铁路工程测量规范
TB 10102 铁路工程土工试验规程
TB 10213 铁路架桥机架梁规程
TB 10218 铁路工程基桩检测技术规程
TB 10302 铁路路基工程施工安全技术规程
DB61/T 2001 窄轨旅游轨道交通设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件

3.1

窄轨 narrow gauge rail

轨距小于1435 mm的铁路。

3.2

旅游轨道 tourist rail

以旅游交通游线组织及旅游观光为主要功能的轨道交通的总称。

3.3

预留沉降量 reserved amount of settlement

为弥补路堤填完后路堤和地基的沉降量而预先加筑的填土高度。

3.4

土料 soil materials

天然土和岩石，包括经刨松、破碎的土、石。

3.5

填料 fill materials

用以填筑路堤和地基换填的主料，包括经筛选或按一定要求掺和加工的主料。

3.6

渗水土 permeable soil

细粒土含量小于10 %、渗透系数大于 1^{-5}m/s × 10^{-5}m/s 的巨粒土、粗粒土，细砂除外。

3.7

改良土 improved soil

通过掺入石灰、水泥、粉煤灰、固化剂等材料以提高工程性能的土体。

3.8

涵缺口 culvert gap

涵洞两侧每侧不小于涵洞孔径两倍，并不小于2m的范围。

3.9

爬模 climbing formwork

爬升架与模板组成的附着式升降施工设备。

3.10

框架涵 frame culvert

具有整体箱形框架的涵。

3.11

围岩自稳时间 surrounding rock self-stabilization time

围岩在开挖暴露后，无需进行任何支护情况下，能够自行持续稳定的时间。

3.12

松散压力 loose pressure

隧道开挖后，围岩发生松弛变形，出现松动和空隙，形成部分松散的岩体，作用于支护上的荷载。

3.13

形变压力 deformation pressure

隧道开挖后，围岩周边发生变形而作用于支护结构上的压力。

3.14

全断面开挖法 full face excavation method

采用全断面一次开挖成形的施工方法。

3.15

正台阶法 bench cut method

先开挖上半断面，待开挖至一定距离后再同时开挖下半断面的施工方法。

3.16

环形开挖预留核心土法 ring cut method

先开挖上部导坑成环形，并进行支护，再分部开挖中部核心土、两侧边墙的施工方法。

3.17

岩爆 rock burst

在高地应力岩层中开挖隧道时，围岩应力突然释放而引起岩块爆裂向外抛射的现象。

3.18

浅孔爆破 short-hole blasting

在开挖时，钻眼深度小于 1.5 m 时的爆破施工。

3.19

深孔爆破 deep-hole blasting

在开挖时，钻眼深度大于 3.5 m 时的爆破施工。

3.20

光面爆破 smooth blasting

由开挖面中部向外侧依次顺序起爆的爆破方法。

3.21

预裂爆破 presplitting blasting

在硬岩隧道的开挖中，先行爆破周边孔，预先造成断裂面，然后再爆中央部分的爆破方法。

3.22

喷锚支护 shotcrete and bolt support

由喷射混凝土、锚杆和钢筋网等组合而成的支护结构。

3.23

钢架 steel frame or beam support

用钢筋或型钢、钢管、钢轨等制成的支护骨架结构。

3.24

超前支护 advanced support

在隧道开挖前，对开挖工作面前方的围岩进行预加固的支护技术。

3.25

管棚 pipe roof

在隧道开挖前，沿开挖工作面的拱部外周插入直径为 70 mm~180 mm 的钢管，压注砂浆，开挖时用钢架等支承这种钢管所进行的支护。

3.26

小导管预注浆 pre-grouting with micropipe

在开挖前，沿开挖面的拱部外周插入直径为 38 mm~70 mm 的钢管，压注浆液，开挖时用钢架支护等支承这种钢管所进行的支护。

3.27

超前锚杆 advanced anchor

在开挖前，沿隧道拱部按一定角度设置的起着预加固围岩作用的锚杆。

3.28

预注浆 advanced grouting

在隧道开挖前，为了固结围岩，填充空隙或堵水而沿着开挖面或拱部进行的注浆。

3.29

回填注浆 back filling grouting

在衬砌完成后，为了填充衬砌与围岩之间的空隙而进行的注浆。

3.30

冻结接头 frozen joint

使轨缝不发生变化的钢轨接头。

3.31

单元轨节 rail link

一次锁定的连续轨条。

3.32

设计锁定轨温 design stress-free temperature of rail

根据气象资料 and 无缝线路允许升温幅度、允许降温幅度，计算确定的无缝线路锁定轨温。

3.33

施工锁定轨温 construction fastening-down rail temperature

铺设无缝线路时确定的锁定轨温，即单元轨条始端及终端铺入轨枕承轨槽时分别测得轨温的平均值。

3.34

实际锁定轨温 actual fastening-down temperature

无缝线路温度应力为“零”时的钢轨温度。

3.35

应力放散 de-stressing of CWR

采用自然或强制方法，使单元轨节伸长或缩短，释放钢轨内温度应力的作业。

3.36

接触悬挂 overhead contact line

接触网中的悬挂部分，主要由承力索、接触线、吊弦、补偿装置、悬挂零件及中心锚结等组成。

3.37

受电弓动态包络线 kinematic envelope of panto-graph

受电弓在规定压力下以速度 v 在接触线下运行，其外轮廓运行轨迹称受电弓在速度 v 时的动态包络线，一般以受电弓的上下振动值和左右摆动值的最大值表示。

3.38

牵引供电远动系统 remote control system of traction power supply

由控制站和被控站的远动装及连接于两者之间的通道设备组成的调度牵引供电设备的远距离监控系统。

4 施工准备

4.1 资料准备

- 4.1.1 施工单位应全面熟悉设计文件，完成现场踏勘与图纸会审。
- 4.1.2 施工前应撰写施工调查报告，施工调查报告包括下列内容：
 - a) 工程范围内的地质、水文、气象、施工环境条件；
 - b) 景区生态、环境保护的一般规定和特殊要求，工程对环境可能造成的影响；
 - c) 可利用的资源和设施；
 - d) 大宗材料堆放、转运的场地；
 - e) 临时用地手续、拆迁补偿的资料；
 - f) 其他资料。
- 4.1.3 施工前应根据设计文件和施工调查报告，编制实施性施工组织设计与施工方案。

4.2 现场准备

- 4.2.1 施工现场用水、电力、交通、通讯设施应建造完成并通过验收，建造应符合永临结合的原则。
- 4.2.2 拌合站、钢筋加工厂、钢结构加工厂、混凝土构件预制场、办公生活区等大型临时工程建造完成并通过验收。大型临时设施实施不应破坏景区水源、古木、文物、植被，宜与景区环境相协调。
- 4.2.3 施工物资和设备进场前应进行验收。
- 4.2.4 特种设备作业人员应持证上岗，并经岗前培训。

5 施工测量

5.1 一般规定

- 5.1.1 施工前，应履行测量成果资料和现场控制桩交接手续。
- 5.1.2 控制测量应满足下列要求：
 - a) 平面控制测量可采用 GNSS 测量、三角测量、导线测量或边角测量等方法；
 - b) 控制测量桩点应稳固可靠，控制点的埋设及保护应按照附录 A 中的规定进行；
 - c) 复杂特大桥、重要大桥应建立独立的平面、高程控制网；
 - d) 隧道洞外控制测量应在隧道进洞施工前完成。

5.2 施工复测

- 5.2.1 应对平面控制点和线路水准基点进行复测，施工复测应满足下列要求：
 - a) 施工复测前应编写复测工作技术方案或技术大纲；
 - b) 施工复测方法应与原控制测量相同，测量精度等级不应低于原控制测量等级；
 - c) 施工复测前应检查控制点标石的完好性，丢失和破坏的标石应按原测标准用同精度内插方法恢复或增补；
 - d) 复测成果与原测成果较差满足要求时，采用原测成果。较差超限时应进行二次复测，并采用同精度内插方法更新成果；
 - e) 施工复测完成后应进行成果分析，编写复测技术总结报告。
- 5.2.2 工程施工期间，应根据施工需要进行不定期的复测维护，复测周期不宜大于 6 个月。

5.3 施工放样

- 5.3.1 平面控制网加密测量可采用导线或 GNSS 测量方法施测。
- 5.3.2 高程控制网加密测量可采用同级扩展的方法，应起闭于线路水准基点。

5.3.3 路基、站场施工放样的边桩可采用横断面法、逐渐接近法、全站仪极坐标法或 GNSS RTK 法测设，测设边桩的限差不应大于 10 cm。

5.3.4 桥涵、隧道、轨道施工放样应按照 TB 10101 的规定执行。

5.4 竣工测量

5.4.1 竣工测量采用的坐标系统、高程系统、图式等应与施工测量一致，测量方法和精度与施工测量相同，工程竣工测量内容应满足竣工图编制和竣工验收的要求。

5.4.2 控制网竣工测量应包括平面控制网和线路水准基点网复测。施工过程中毁坏、丢失的桩点，竣工测量时应按同精度内插要求补设。

5.4.3 线路水准基点竣工贯通测量每 2 km 布设 1 个水准基点，特殊结构等重点工程地段应根据实际情况增设水准基点。

5.4.4 线路中线贯通测量时，线路中线上应布设公里桩和百米桩。直线上中线桩间距不宜大于 50 m，曲线上中线桩间距宜为 20 m。在曲线起终点、变坡点、竖曲线起终点、支挡工程起终点和中间变化点等处均应设置加桩。

5.4.5 地界桩应根据地界宽度测设，直线地段每 200 m、曲线地段每 40 m、缓和曲线起终点及地界变化处的两侧均应测设地界桩。

5.4.6 竣工测量文件应包括下列主要资料：

- a) 平面控制点，水准基点，维护控制桩基标，用地界坐标成果、地界桩及桩点记录表；
- b) 工程竣工平面、纵断面和横断面图；
- c) 路基表、桥梁表、涵渠表、隧道表、电力及电力牵引供电杆塔明细表、光电缆径路图等；
- d) 竣工测量报告。

6 路基

6.1 一般规定

6.1.1 水泥、钢材、砂石料、外加剂、土工合成材料等原材料进场后，应进行质量检验。

6.1.2 混凝土预制桩进场时，应按设计要求检验桩的质量。

6.1.3 路基施工应根据施工条件、地基处理类型、填挖高度、填料性质、工期要求、气候条件等因素，按照技术先行、安全适用、节能环保的原则合理配置机械设备。

6.1.4 根据施工调查结果，按永临结合的原则规划、完善排水系统，减少水土流失及对水文状态的改变。及时做好防排水工程，加强排水系统完整性及与地方和旅游景区排水系统衔接的核查。

6.1.5 路基施工应持续改进环境管理体系，制定并实施环境管理计划，减少路基施工对生态环境造成的影响。

6.2 地基处理

6.2.1 应熟悉施工图及工程地质、水文资料，收集地下管线、构造物等资料，结合工程情况了解本地区地基处理经验和类似工程的施工情况。

6.2.2 施工场地应合理规划，并根据地质情况、工程特点等合理选择施工工艺和机械设备，进行工艺性试验。

6.2.3 应做好临时排水，清除场内杂物、杂草、腐殖土，并平整场地。

6.2.4 地基处理应按照 TB 10302 的规定执行。

6.2.5 原地面处理应满足下列要求：

- a) 坡度陡于 1:5 时, 应开挖台阶, 并碾压密实;
 - b) 浅层淤泥土或腐殖土应清除并运至指定位置;
 - c) 表层为松散土层时, 应将松土翻挖并整平碾压密实;
 - d) 需冲击碾压时, 其工艺应通过试验确定。
- 6.2.6 换填施工应满足下列要求:
- a) 填筑应分层进行, 满足压实要求;
 - b) 施工采用机械挖除换填土时, 应预留厚度 30 cm~50 cm 的土层由人工清理;
 - c) 施工中应核实需换填土层范围、深度及地质条件;
 - d) 换填部位开挖完成后应及时回填; 回填前, 应排除积水; 换填完成后, 应及时进行下道工序施工。
- 6.2.7 砂、碎石垫层施工应满足下列要求:
- a) 施工前应进行基底清理、整平和碾压;
 - b) 碎石垫层应采用级配良好且不易风化的砾石或碎石, 其最大粒径不应大于 50 mm, 细粒含量不应大于 10%, 无草根、垃圾等杂质;
 - c) 砂垫层应采用中、粗砂或砾砂, 无草根、垃圾等杂质, 含泥量不应大于 5%; 用作排水固结时, 含泥量不应大于 3%;
 - d) 根据地基处理方式需要填筑土拱, 土拱应设置横向排水坡, 坡度不小于 4%;
 - e) 施工应分层摊铺、分层压实;
 - f) 分段施工时接头处应做成台阶, 上下层接头应错开 2 m, 并应碾压密实;
 - g) 填筑完成后, 应及时施工两侧护坡, 同时施作反滤层。
- 6.2.8 强夯施工应满足下列要求:
- a) 施工前应通过试夯确定夯击参数;
 - b) 试夯时锤重不小于 10 t; 落锤高度大于 8 m, 锤底面单位静压力不小于 20 kPa; 夯锤底应每 0.3 m²~0.5 m² 设直径 60 mm~100 mm 竖向排气孔。吊机设自动脱钩器, 其起重能力应大于锤重的 1.5 倍, 并有吊机瞬间释重防后倾或回弹的措施;
 - c) 地基有效加固深度可按式 1 估算:

$$H \cong K \sqrt{\frac{M \cdot h}{10}} \dots\dots\dots (1)$$

式中: H—地基有效加固深度, 单位为米 (m);

M—夯实重力, 单位为千牛 (kN);

h—落距, 单位为米 (m);

K—折减系数。一般情况下, 黏性土取 0.5、砂性土取 0.7、黄土取 0.35~0.50。

- d) 开挖基坑时, 基底高程以上应预留土层, 其厚度为下沉量加 10 cm~25 cm 夯击完毕, 将表面松土清除, 拍实平整, 达到设计高程;
- e) 每 1 夯位达到总下沉量和最后下沉量时, 才能转移下 1 夯位。当地基土局部液化时, 应停止夯击, 待孔隙水消散后, 方能继续夯击, 直至达到设计要求。夯位中心距无设计规定时, 以大于夯锤边长或直径的 1.7 倍为;
- f) 强夯地基的允许偏差应符合表 1 的规定。

表 1 强夯地基的允许偏差

单位为 mm

项 目	允许偏差
夯击点中心位移	150
顶面高程	±20
表面平整度	30

6.2.9 灰土、水泥土挤密桩施工应满足下列要求：

- 挤密桩成孔应根据设计要求、成孔设备、现场土质和周围环境等情况，选用沉管、冲击或取土等方法机械成孔；
- 挤密桩材料要进场检验，挤密桩所用土的有机质含量不应大于 5%，土块粒径不应大于 15 mm，无杂土、膨胀土及砖瓦和石块等；
- 采用机械拌和，保证拌和时间，随拌随用；
- 施工前应通过试桩确定落锤高度、夯击次数、每层回填厚度和有效挤密范围；
- 开挖基坑时，应在基底高程以上预留大于 0.5 m 厚的土层，待挤密加固后，砌筑基础前挖除；
- 成孔挤密顺序应先外后里间隔进行，完成 1 孔回填 1 孔；
- 当灰土配合比设计无要求时，可采用体积比 3:7 或 2:8；灰土中黏土有机质含量不超过 5%，当粒径不大于 15 mm、土的含水量低于 10% 时，应加水至最佳含水量，石灰应为消石灰，粒径不大于 5 mm；
- 灰土、水泥土挤密桩施工允许偏差应符合表 2 的规定。

表 2 灰土、水泥土挤密桩施工允许偏差

序号	检验项目	允许偏差
1	纵横向桩位	50 mm
2	桩体垂直度	1.5 %
3	桩体有效直径	不小于设计值

6.2.10 旋喷桩施工应满足下列要求：

- 应现场取代表性试样做配合比试验；
- 应进行成桩工艺性试验，确定加固料掺入比例、注浆量、压力、旋转提升速度等工艺参数；对深层长桩根据地质条件分层选择喷射参数；
- 旋喷桩施工依据设备和设计要求，可采用单管法、二重管法、三重管法和多重管法；
- 旋喷桩施工应按钻机就位、钻孔、插管、喷射作业和冲洗等程序进行；
- 射水试验压力选用 0.5 MPa，钻孔射水压力由 0.5 MPa 增至 1.0 MPa，旋喷时的压力可在 14 MPa~24 MPa；
- 旋喷时应先喷浆后旋转和提升，在旋喷过程中应保持连续性；当发现浆液喷射不足，或桩体直径较大时，可重复喷射；
- 喷射时应做压力、流量和冒浆的测量工作，按附录 B 填写记录；
- 垂直施工时，钻孔垂直度不应大于 1.5%，固结体有效直径±50 mm；
- 旋喷桩施工质量检测方法可采用开挖、钻孔取芯、标准贯入、荷载试验等，钻芯后的孔洞应采用水泥砂浆灌注封闭；旋喷桩成桩 28 d 后，应进行抗压强度试验。

6.2.11 水泥粉煤灰碎石（CFG）桩施工应满足下列要求：

- 结合现场地质情况可选用长螺旋钻机或振动沉管桩机成孔，并应配置桩头切除机械设备；

- b) 施工前应选择具有代表性地段进行成桩工艺性试验，确定混合料施工配合比和坍落度、搅拌时间、拔管速度、振动沉管桩机的终孔电流等工艺参数；
- c) 长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工应满足下列要求：
 - 1) 向管内泵送混合料，混合料坍落度要求 160 mm~200 mm，钻杆芯管充满混合料后开始拔管，不应先提管后泵料，拔管速度控制在 2 m/min~3 m/min，边泵送混凝土边匀速拔管至桩顶，且应连续进行；
 - 2) 长螺旋钻管内泵压混合料灌注施工在钻至设计深度后，应准确掌握拔钻杆时间，混合料泵送量与拔管速度相配合；施工过程中应填写施工记录，每台班或每日留取试块 1 组~2 组；
 - 3) CFG 桩施工顺序可连续、间隔 1 根或多根，应按土的性质和桩距确定；施打新桩时与已打桩间隔时间不应少于 7 d；上 1 根桩施工完毕，钻机头进行保护，移位，进行下 1 根桩的施工；
 - 4) CFG 桩在钻进过程中，应控制钻机钻杆或沉管的垂直度；
 - 5) CFG 桩施工过程中导管应始终埋入混凝土不小于 1 m，每根桩的投料量不应少于设计灌注量；
 - 6) 成孔深度偏差不超过 50 mm，桩位偏差不超过 50 mm，垂直度偏差不大于 1.5 %。
- 6.2.12 振动沉管灌注施工应满足下列要求：
 - a) 桩机根据桩长和沉管入土深度组装完成后，应按设计桩位就位，调整沉管与地面垂直；
 - b) 振动沉管到达终止条件，沉管过程中每沉 1 m 应记录电流 1 次，并对土层变化处予以记录说明；
 - c) 停机后立即向管内 1 次投放混合料，投放数量按试桩时确定的数量进行；
 - d) 试桩确定工艺参数控制，拔管过程中不允许反插；上料不足时，可停拔后再投料；
 - e) 清理桩间土应采用小型机具配合人工进行，截除桩头应采用切割机械，不应损坏桩体，影响桩的完整性；
 - f) CFG 桩施工中，每台班均须制作检查试件，进行 28 d 强度试验；成桩 28 d 后应及时进行单桩承载力和复合地基承载力试验。
- 6.2.13 砂桩、碎石桩施工应满足下列要求：
 - a) 砂桩桩体用砂采用一定级配的中粗砂，含泥量不应大于 5 %；碎石桩桩体应选用一定级配且未风化的洁净砾石或轧制的碎石，粒径为 20 mm~50 mm，含泥量不应大于 5 %；
 - a) 施工前应选择有代表性地段进行成桩工艺试验，确定拔管高度、振密电流、留振时间、分段填砂、碎石量及充盈系数等工艺参数，检验成桩效果；
 - b) 施工应选用对应的桩尖结构，选用活瓣桩靴时，砂性土地基采用尖锥型，黏性土地基采用平底型。
- 6.2.14 混凝土预制桩施工应满足下列要求：
 - a) 施工前应选择具有代表性地段进行成桩工艺性试验，核对设计地质条件，确定施工工艺和停止沉桩的控制标准；
 - b) 打入桩、压入桩施工可根据地质条件、桩型和桩体承载能力等采用锤击法、振动法或静力压入；
 - c) 施工顺序应自中间向两侧施打，临近构筑物时由构筑物一侧向另一侧施打；
 - d) 沉桩过程中，应记录贯入地层时设备的状况，每沉入 1 m 及仪表读数突变时记录仪表读数；
 - e) 采用焊接接桩时，应对称、分层施焊，焊接层数不少于 2 层，自然冷却；
 - f) 桩头截除端头平整、不应损坏桩体。

6.3 路堤

6.3.1 基床以下路堤施工应满足下列要求：

- a) 路堤各部分及护道应分层填筑并压实；
- b) 基床以下部位填料，选用 DB61/T 2001 中 A、B、C 组填料；当选用 D 组填料时，应采取加固或土质改良措施；不应使用 E 组填料；
- c) 填料的选择应考虑其来源和运输成本，选用当地材料，以降低运输成本和减少对环境的污染；
- d) 每一区段的填筑或换填过程中，应按规范要求的频次和取样要求，对细粒土采用压实系数或地基系数、粗粒土采用相对密度或地基系数进行分段检测；
- e) 填料含水量控制范围应根据填料性质、压实度要求和机械压实能力综合确定；
- f) 填筑路堤前，应对地基进行复查及处理，并随即填筑；
- g) 路堤开工前，应根据该工点采用的填料种类和压实机械，选择一定长度的路堤按附录 C 做填筑、压实试验，以确定合理的填筑厚度、压实遍数和填筑工艺；
- h) 路堤施工应及时做好防排水工作，基底、坡脚、填层面不应积水；傍山修筑路堤时，应保护地表、地下水不渗入路堤结构各部；
- i) 基床以下路堤填料应按表 3 的规定选用；当需要利用表 3 中不宜使用的填料时，应按设计要求采取改良土质等措施；

表 3 基床以下路堤填料使用范围

填料类别名称		条件说明	不浸水部分	浸水部分
岩块	硬块石		宜	宜
	软块石	微风化，不含非泥质岩石	宜	可
		弱风化	可	不宜
		强风化	不应	不应
	漂石土	细粒土含量小于 15%，级配良好	宜	宜
	卵石土	细粒土含量在 15%~30%，级配不良	宜	不宜
粗粒土	圆砾土	细粒土含量大于 30%	可	不宜
	砾砂、粗砂、中砂		宜	宜
	细砂	有预防振动液化和增强水稳性等措施	宜	可
		无预防振动液化和增强水稳性等措施	可	不应
	粉砂	有预防振动液化和增强水稳性等措施	可	不宜
		无预防振动液化和增强水稳性等措施	不宜	不应
细粒土	黏砂		宜	不宜
	砂粉土、砂粘土		宜	不宜
	粉土、粉黏土		宜	不宜
	黏粉土、黏土		不应	不应
	有机土		严禁	严禁

- j) 基床以下路堤填料的压实度应符合 DB61/T 2001 的规定；
- k) 填石路堤应采用级配较好的硬质块石填 DB 筑，每层石料松铺厚度 0.5 m~0.8 m，但不应大于 0.8 m，其中石块最大尺寸不应大于层厚的 2/3，石块应大、小级配填筑；边坡部分应先用大石块码砌。
- l) 填筑桥涵缺口应满足下列要求：
 - 1) 应待桥涵砌体达到设计强度后才可进行填筑；
 - 2) 桥缺口应用渗水土填筑，分层厚度不应大于 0.2 m。桥台锥体与台后缺口应同时填筑；桥台两侧锥体应对称填筑；

- 3) 涵洞缺口的填料粒径应小于 150 mm，两侧应对称分层填筑；涵洞顶部填土，应填至厚度大于 1 m 后，才可用大型机械填筑；
- 4) 大型机械与桥台、涵洞及挡土墙边缘应保持不小于 1 m 的间距；
- 5) 涵洞两侧及桥台、挡土墙背后的填土压实，采用人工配合小型机械压实。

6.3.2 路基基床应满足下列要求：

- a) 路基基床分为表层和底层，表层厚度 0.5 m，底层厚度 0.7 m；
- b) 基床底层的顶部和基床以下填料部位的顶部应设 4% 的人字形排水坡；
- c) 基床表层填料优先选用 A 组或 B 组填料，对不符合要求的填料，应采取土质改良或加固措施，所有填料的颗粒粒径不应大于 150 mm；
- d) 基床填料使用范围应符合表 4 的规定；基床表层填料中不应含有粒径大于 150 mm 的石块。当需要利用表 4 中不宜使用的填料时，应按设计规定采取封闭、改良土质等措施；

表 4 基床填料使用范围

填料类别名称		条件说明		地区年平均降水量			
				不大于 500 mm		大于 500 mm	
				表层	底层	表层	底层
岩块	硬块石			宜	可	宜	可
	软块石	微风化，不含泥质岩石		宜	可	宜	可
		弱风化		不应	可	不应	可
		强风化		严禁	不应	严禁	不应
	漂石土	细粒土含量小于 30 %		宜	可	宜	可
	卵石土	细粒土含量小于 15 %		宜	可	宜	可
	碎石土	细粒土含量在 15 %~30 %		宜	可	宜	可
粗粒土	圆砾土	细粒土	$I_p \leq 12, \omega_L \leq 32$	不宜	可	不宜	可
	角砾土	含量大	$I_p > 12, \omega_L > 32$	不宜	可	不应	可
	砾砂、粗砂、中砂	级配良好		宜	可	宜	可
		级配不良		宜	可	宜	可
	细砂			不宜	可	不宜	可
	粉砂			不宜	可	不应	可
	黏砂			宜	可	宜	可
细粒土	砂粉土			宜	可	宜	可
	砂粘土	$I_p \leq 12, \omega_L \leq 32$		宜	可	宜	可
		$I_p > 12, \omega_L > 32$		可	可	不应	可
	粉土、粉黏土	$I_p \leq 12, \omega_L \leq 32$		不宜	可	不宜	可
		$I_p > 12, \omega_L > 32$		不宜	可	不应	可
	黏粉土、黏土			严禁	不应	严禁	不应
有机土				严禁	严禁	严禁	严禁
注：基床表层所用块石、漂石类填料，系指其中粒径小于和等于150 mm部分；							

注：基床表层所用块石、漂石类填料，系指其中粒径小于和等于 150 mm 部分；

- e) 基床每一压实层应使用同一种填料；上下层使用不同种类及条件的填料时，应满足下列要求：
 - 1) 两渗水土填层间，粒径较粗填料的 D₁₅ 与较细的 D₈₅ 之比应满足 $D_{15} \leq 4D_{85}$ 的要求；
 - 2) 非渗水土与渗水土填层间，颗粒较粗填料的 D₁₅ 粒径应小于 0.5 mm。
- f) 相邻填层填料的粒径条件不符合 e) 要求时，两层间应加设粒径过渡垫层；
- g) 采用改良土填筑基床表层，应在下承层填土稳定后进行；
- h) 基床下承层和基床底层表面，均应整平、压实，并经检查核对其宽度、高程和压实度后，再分别按基床构造的规定填筑压实。

6.3.3 路基取土应满足下列要求:

- a) 应满足土方的平衡与调配原则,并符合景区规划;
- b) 景区或有特殊要求的施工地段,应按设计及时配套完成环保工程;对取土后的裸露面应做土地整治或防护措施。

6.3.4 预留沉降量及观测应满足下列要求:

- a) 填筑路堤时,应根据路堤高度、填料种类、压实条件、地基情况、施工季节及延续时间等因素,估计填筑后路堤和地基的总沉降,预先加筑沉降量,并保证与桥台及两端线路顺接,适当调整预留量;待路堤竣工或铺轨时,再根据路面沉降观测推算的剩余沉降量修正预留量;
- b) 对边坡高度大于 12 m 的路堤,应在填筑完成后选有代表性的断面进行路基面沉降观测;观测点设在边坡较高一侧的路肩附近,定期进行观测,用拟合沉降曲线法推算最终沉降量和剩余沉降量,并据以修正预留沉降量;对边坡高度等于和小于 12 m 及停放期较短的路堤,比照同类路堤的观测推算结果取值,修正预留沉降量。

6.3.5 改良土填筑施工应满足下列要求:

- a) 应根据设计配方现场取样做室内试验,确定改良土的最大干密度和最优含水量,强度试验不满足要求时应调整配方;
- b) 施工时应按照室内试验配合比,拌和至色泽均匀;拌和方法采用集中拌和法、路拌法或采用土壤稳定处理机拌和;
- c) 石灰改良土中,土料的硫酸盐含量应小于 0.8%,有机质含量应小于 10%;石灰撒入土中后,不洒水进行初拌,拌和均匀后应闷料 8 h~12 h,再进行洒水复拌,拌和均匀后立即整平、压实;
- d) 水泥改良土施工应满足下列要求:
 - 1) 土料中硫酸盐含量应小于 0.25%,有机质含量应小于 2.0%,土块应破碎至粒径不大于 15 mm;
 - 2) 水泥撒入土中后应立即进行干拌,拌匀后再边洒水边拌和。拌和均匀后立即整平、压实,从拌和开始至压实结束不应超过 5 h,压实时应采取措施减小振动,避免扰动下层。

6.3.6 加筋土填筑施工应满足下列要求:

- a) 土工合成材料铺设应满足下列要求:
 - 1) 铺设土工合成材料的下承层表面应整平、密实,并清除表面坚硬凸出物;
 - 2) 铺设土工合成材料时,应将强度高的方向置于路基主要受力方向;
 - 3) 土工合成材料的连接应牢固,受力方向连接强度不应低于设计允许抗拉强度;
 - 4) 土工合成材料铺设时,应拉紧展平插钉固定,不应褶皱扭曲,并应与路基面密贴;
 - 5) 多层铺设时,上下层接缝应交替错开。
- b) 加筋土路堤填筑应分层摊铺、分层碾压,应满足下列要求:
 - 1) 土工合成材料铺设后应及时填筑填料,避免长时间受阳光暴晒;
 - 2) 填料摊铺从中间向两侧进行;
 - 3) 碾压应以静压为主,压路机行走速度为中低速;
 - 4) 加筋土路堤与两端路堤应同步施工,并处理好衔接;
 - 5) 加筋土路堤的边坡防护应及时完成。

6.3.7 路堤边坡整型施工应满足下列要求:

- a) 路基边坡选用机械进行刷坡。机械刷坡时应用坡度尺控制坡度;人工刷坡时应采取挂方格网控制边坡平整度和坡度,方格网桩距不大于 10 m;
- b) 路堤边坡应密实、稳固、平顺。

6.3.8 施工控制与检测应满足下列要求:

- a) 路堤施工质量检查应包括地基、填料和压实度检验；根据检验结果，及时改进施工质量；
- b) 在每一区段的填筑或换填过程中，应按下列范围、频次和取样要求，对细粒土采用压实系数或地基系数、粗粒土采用相对密度或地基系数进行分段检测，检测方法应满足下列要求：
- 1) 压实系数 K_h 与相对密度 M_r 。基床及基床以下部分每层检测一次；在长度不大于 100 m 范围内检测不少于 6 点；检测点应包括填层中部 2 点，距填层两侧边缘 0.5 m~1.0 m 各 2 点；
 - 2) 地基系数 K_{30} 检测。基床及基床以下部分每层检测 1 次；在长度不大于 100 m 范围内检测不少于 2 点；检测点应包括填层中部 1 点、距填层边缘 2 m 处 1 点；按左、中、右大致均匀分布。
- c) 路堤填料应进行复查试验，填料复查频次见表 5；

表 5 填料复查频次

填料类别	试验项目				
	颗粒级配	液限、塑限	相对密度	击实试验	大于 5 mm 颗粒的单位体积重
细粒土及粉砂、黏砂	—	$\frac{1000}{5000 \sim 10000}$	—	$\frac{1000}{5000 \sim 10000}$	$\frac{1000}{5000}$
粗粒土，粉砂、黏砂除外	10000	—	$\frac{1000}{10000}$	—	10000

注1：表列数字表示应做1次试验的填筑体积（m³），横线以上数值用于基床表层，横线以下数值用于基床底层及以下路堤；

注2：大于5 mm颗粒的单位体积重新进行密度校正计算时应做的试验。

- d) 填料类别及特征有明显变化时、每种填料来源取土填筑开始的 10 %期间、填石路堤、桥涵缺口及桥头路堤地段、双线或多线路基、填筑压实质量可疑地段应增加检测的点数；
- e) 填料的含水量和密度的测定应按照 TB 10102 的规定执行。

6.4 路堑

6.4.1 路堑开挖可按地形情况、岩层产状、断面形状、路堑长度及施工季节，并结合土石方调配合理选用全断面、横向台阶、逐层顺坡、纵向台阶等开挖方式。

6.4.2 路堑施工应先做好截、排水；开挖区应保持排水系统通畅，临时排水设施宜与永久性排水设施相结合，并与原有排水系统相适应。

6.4.3 路堑开挖应至上而下进行，不应掏底开挖；软石和强风化岩石宜采用机械开挖，边坡高度大于 20 m 的坚硬岩石可采用光面、预裂爆破开挖。

6.4.4 边坡开挖应保证坡面平顺，无明显的局部高低差，边坡上出现的坑穴、凹槽应进行嵌补平整，平台台面应有倾向路堑侧沟的排水坡度。

6.4.5 路堑路基面应平顺、肩棱整齐。

6.4.6 天沟、侧沟、吊沟及其他引、截、排水设施，应按设计绘出详图，放样施工。

6.4.7 路堑石方爆破施工应按照 GB 6722 的规定执行，并结合景区实际制定专项爆破施工方案。

6.4.8 弃土应结合景区及环保要求制定专项方案，并做好弃土场的支挡防护、排水和植被恢复。

6.5 路基防护

6.5.1 坡面防护施工应满足下列要求：

- a) 路堤防护应避免雨季施工，路堑开挖后应及时防护；
- b) 防护的坡体表面应先整平；防护层应与土石坡面密贴结合，背后不留空隙；
- c) 植物防护施工完成后，应做好养护管理，发现缺苗应及时补栽、补种；
- d) 坡面植物防护施工应满足下列要求：
 - 1) 植物防护采用的植物品种应适合当地生长条件；
 - 2) 植物防护在植物生长的季节施工；
 - 3) 植物种植前应对边坡坡面进行清理整平，清除有碍植物生长的杂物、危石，坡面应平整、密实、湿润；
 - 4) 边坡种植草可采用撒播、喷播、铺草皮等方式；
 - 5) 撒播草籽先将种子与砂、干土或锯末混合后撒播；播种后将土耙匀拍实；
 - 6) 采用土工网格、土工网垫喷播植草防护时，铺设网格、网垫应与坡面密贴，上、下边埋入土中不小于 0.4 m；喷播草籽后应及时覆盖表土；
 - 7) 植物防护工程施工应避免在暴雨季节、大风和高温条件下施工。
- e) 喷混植生防护施工应满足下列要求：
 - 1) 喷混植生应按设计要求选用草种、灌木种，并适合当地生长条件；
 - 2) 喷混植生种植基材包括底层种植基材和表层种植基材，配合比应计量准确、拌和均匀，采用专用喷射机械施工；
 - 3) 喷混植生用土选用地表种植土，不应含有害物质、垃圾等；
 - 4) 喷混植生施工前应清除边坡上松散、不稳定岩石并整平，超、欠挖超过 30cm 部位应修凿顺接或用混凝土浆砌片石嵌补；
 - 5) 喷混植生用锚杆和镀锌钢丝网不应采用焊接钢丝网；
 - 6) 挂镀锌钢丝网时，应拉紧并与锚杆用扎丝固定。网与坡面之间应采用不同厚度混凝土垫块来调节，使网与坡面保持一定距离。
- f) 骨架防护施工应满足下列要求：
 - 1) 骨架防护施工应清刷坡面浮土，填补凹坑，使坡面平整；
 - 2) 骨架放样测量前应先布置骨架位置；
 - 3) 骨架浇筑或砌筑时应先施工骨架节点处，再施工其他部位，两骨架节点应处于同一高度；
 - 4) 骨架浇筑或砌筑应自下而上进行，并应与坡面密贴，骨架流水面应平顺；
 - 5) 镶边及挡水缘应与骨架基础衔接牢固；
 - 6) 骨架排水槽应延长顺接至水沟，形成完整排水系统。
- g) 混凝土、浆砌片石护坡及护墙施工应满足下列要求：
 - 1) 及时清除坡面松动岩石。局部超挖或凹陷处应挖成台阶，用与砌体相同的材料砌补；
 - 2) 基脚应设置在稳固的岩层上，地基软弱时，采取加深基脚或加固地基的措施；
 - 3) 护坡、护墙表面及两端面应砌筑平顺，背面应与坡面密贴，顶面与边坡间的缝隙严密；
 - 4) 封闭式的坡面砌体上应设置伸缩缝、泄水孔和反滤层；坡面有地下水露头时，做引排处理；
 - 5) 泄水孔向外排水坡不小于 4 %。施工时应对泄水孔采取防护措施，保证排水畅通。
- h) 边坡渗沟施工应满足下列要求：
 - 1) 沟底铺砌应置于稳定地层上；台阶连接处应砌筑密贴；
 - 2) 沟内应填充硬块石，底部应填块径不小于 30 cm 的石块，顶面应封闭严密；
 - 3) 渗沟出口应与纵向排水设施或挡土墙上的排水孔紧密衔接，保证排水畅通；
 - 4) 用土工合成材料作渗沟反滤层，应铺设平顺，松紧适度，并与沟壁土体密贴，不应有褶皱；接头搭接宽度不小于 0.2 m。

6.5.2 冲刷防护施工应满足下列要求：

- a) 冲刷防护采用干砌、浆砌片石或混凝土护坡施工时应满足下列要求：
 - 1) 基坑开挖中应核对地质情况，落实基础高程和嵌入基岩深度；
 - 2) 护坡基础及护基设施在枯水期完成，并应在洪水来临前做好坡面铺砌；
 - 3) 铺砌护坡应在坡体沉降已趋稳定后进行；铺砌前应整平、夯实坡面；
 - 4) 干砌、浆砌片石护坡应采用坚硬、耐冻、未风化的片石砌筑；
 - 5) 护坡两端及顶部应与边坡和岸坡平顺、密贴、牢固地衔接。
- b) 抛石防护应使用不易风化的石块，边坡不应陡于设计坡度；
- c) 石笼防护施工应满足下列要求：
 - 1) 装石块径应有 80 % 以上大于笼网孔径。较大石块应装在笼内的边部，并使石块的棱角露出网孔以外，较小石块装在中部；
 - 2) 石笼基底应大致平整，孤石应予清除；
 - 3) 安置石笼应做到位置正确，搭叠稳固，衔接紧密，并须保证其整体作用。

6.6 特殊路基

6.6.1 软土路基路堤填筑施工应满足下列要求：

- a) 工程量较大的软土路基，应编制单项施工组织设计；
- b) 开工前应合理规划运土路线，便道应做好地基处理以及防排水工作，路面结构应满足重载行车的需要；
- c) 采用排水固结措施加固地基应提前安排施工；
- d) 路堤填筑前应选择有代表性地段进行工艺性试验，确定施工工艺参数；
- e) 填筑软土路堤，均应在路堤中心设置一定数量的路基面和地面沉降观测点，其间距不大于 500 m；定期观测路基面和地面沉降量、边桩水平位移量等，以控制填筑速率和推算工后沉降量；
- f) 填筑路堤边桩水平位移量每天不应大于 10 mm；路堤中心地面沉降量每天不应大于 20 mm；当超过限值时，应减缓填筑速率或停止填筑；
- g) 施工时应应对观测装置采取有效保护措施。

6.6.2 黄土路基、路堤填筑及路堑开挖施工应满足下列要求：

- a) 进行工艺性试验，确定施工工艺参数；
- b) 黄土路基在旱季施工；
- c) 施工前应先做好湿陷性黄土地段封闭、防渗和加固措施；
- d) 强湿陷性、高压缩性、承载力不足和有陷穴的地基，应按设计要求处理后才可填筑路堤；
- e) 填筑路堤前应将松散的地基表层碾压至规定密度。填料含水率应控制在规定的范围内，并应接近最佳含水率；
- f) 填筑黄土路堤应采用重型压路机快填、快压。填料含水量接近最优含水量；
- g) 黄土路堤填筑施工预留沉降量可按路堤高度的 1 %～1.5 % 设置；
- h) 施工前应做好截、排水措施，天沟距堑顶边缘不应小于 5 m；堑顶应平顺，不积水；
- i) 应自上而下进行开挖，对深长路堑按边坡平台的高度分级开挖、分级排水、分级防护；
- j) 基床按设计要求换填或改良时，应及时碾压密实。基床表层底部的隔水层表面应平整。

6.7 支挡结构

6.7.1 施工前，应在上方做好截、排水及防渗设施。

6.7.2 基坑开挖后，应对基底、墙背、桩侧岩土条件等地质资料进行核对，经验收合格后，方可进行基础施工。

- 6.7.3 支挡结构端部伸入路堤或嵌入地层部分应与墙体同时施工。路堑支挡结构顶面应设置 4% 的向外排水坡，并与坡顶地面顺接，其间隙应填实并封闭。
- 6.7.4 支挡结构与桥台、隧道洞门应连接顺畅，整体美观。
- 6.7.5 各种防护设施应在稳定的地基和坡体上施工。在设有挡土墙或地下排水设施地段，应先做好挡土墙、排水设施，再做防护。
- 6.7.6 浆砌片石砌体应用坚硬、不易风化的片石，采用挤浆法砌筑；不应使用灌浆法施工。
- 6.7.7 重力式挡土墙砌筑基础、砌筑墙身施工应满足下列要求：
- a) 砌筑前，应进行地基承载力检测，将基底表面风化、松软土石清除；
 - b) 坚石基坑中的基础满坑砌筑；
 - c) 雨季在土质或易风化软石基坑中砌筑基础时，应在基坑开挖完成后及时封闭坑底；
 - d) 采用台阶式基础时，台阶与墙体应连在一起同时砌筑，台阶转折处不应砌成竖向通缝；
 - e) 基坑应跟随砌筑分层回填夯实；
 - f) 墙身砌出地面后基坑应即回填夯实，并及时完成其顶面排水、防渗设施；
 - g) 伸缩缝与沉降缝内两侧壁应竖直、平齐无搭叠，缝中防水材料应填塞紧密；
 - h) 泄水孔应在砌筑墙身时留置，排水通畅。
- 6.7.8 抗滑桩施工应满足下列要求：
- a) 路堑边坡开挖前应施工完成抗滑桩；
 - b) 抗滑桩开挖前应做好下列工作：
 - 1) 整平孔口地面，设置地表截、排水及防渗设施；做好锁口；孔口地面上加筑适当高度的围埂；
 - 2) 孔口附近不应堆放重物，不应有重型设备、载重汽车等重活载走行；
 - 3) 抗滑桩施工应制定挖孔作业和撤离人员的专项安全技术措施，设置对滑坡变形、移动的观测标桩并制定观测方案。
 - c) 桩间支挡结构及与桩相邻的挡土、排水设施等，均应与抗滑桩正确连接，配套完成；
 - d) 开挖及支护应满足下列要求：
 - 1) 开挖应分节开挖，每节高度为 0.6 m~2.0 m，挖 1 节立即支护 1 节；围岩较松软、破碎或有水时，分节不应过长；不应在土石层变化处和滑动面处分节；
 - 2) 挖孔时应按设计灌注混凝土护壁。护壁混凝土应紧贴围岩灌注，灌注前应清除孔壁上的松动石块、浮土；在滑动面处的护壁应予加强；在承受推力较大的护壁和锁口的混凝土中应增加钢筋；
 - 3) 下 1 节桩孔开挖应在上 1 节护壁混凝土拆模后进行；
 - 4) 在围岩松软、破碎和有滑动面的节段，应在护壁内顺滑动方向用临时横撑加强支护，并经常观察其受力情况，及时进行加固；当发现横撑受力变形、破损而失效时，孔下施工人员必须立即撤离；
 - 5) 装渣不应超出盛渣器具上边沿，孔内垂直提升运输吊具应采用自锁功能的绞架。孔下爆破应采取减振措施。弃渣应及时清理到指定弃渣场，不应堆放在滑坡范围内；
 - 6) 开挖桩群应从两端向滑坡主轴隔桩开挖，桩体混凝土浇筑 1 d 后才可开挖邻桩；
 - 7) 开挖前应先通风，加强有害气体检测，经检测符合要求后方可下孔作业。
 - e) 灌注桩身混凝土应满足下列要求：
 - 1) 灌注前，应检查断面净空，凿毛混凝土护壁；
 - 2) 钢筋应预制成笼，可在桩孔内搭接，搭接接头不应设在土石分界和滑动面处；
 - 3) 灌注应连续进行，不应出现水平施工缝，地下水发育时，应按水下混凝土灌注法施工；
 - 4) 当滑坡有滑动迹象或需加快施工进度时，采用速凝、早强混凝土。

6.8 过渡段

6.8.1 路堤与桥台过渡段施工应满足下列要求：

- a) 过渡段填筑前，应进行现场工艺性试验，确定填筑控制参数；
- b) 施工前应做好桥头路基的临时排水；
- c) 过渡段路堤与桥台锥体和相邻路堤同步填筑；不能同步施工时，应在填筑交界处设置台阶，台阶高度与碾压厚度一致，台阶坡度为 1:2；
- d) 桥台后 2 m 范围外大型压路机能碾压到的部位应采用大型压路机机械碾压；大型压路机碾压不到的部位及在台后 2 m 范围内应采用小型振动压实设备进行压实，压实厚度不大于 15 cm；
- e) 各个特殊的路桥过渡段台阶处应沿台阶进行横向碾压；
- f) 路桥过渡段施工前，排干桥台基坑内积水，基坑原地面以下部分回填混凝土或碎石，并保证基坑底部与侧壁之间密实、无虚土；
- g) 桥台与路基结合部应设厚 15 cm 带排水槽的渗水墙，渗水墙采用无砂混凝土块砌筑，渗水墙底部设置软式透水管，将渗流水横向排出路基外。

6.8.2 路堤及路堑与横向结构物过渡段施工应满足下列要求：

- a) 横向结构物两侧的过渡段填筑必须对称进行，并应与相邻路堤同步施工；
- b) 大型压路机碾压不到的部位应采用小型振动压实设备分层进行碾压，压实厚度不大于 15 cm，具体的摊铺厚度及碾压遍数应通过工艺试验确定。横向结构物的顶部填土厚度小于 1 m 时，不应采用大型振动压路机进行碾压；
- c) 横向结构物两侧的排水设施应提前施工并保持畅通；
- d) 靠近横向结构物的部位，应平行于横向结构物进行横向碾压。大型压路机碾压时，不应影响结构物的稳定与安全；
- e) 横向结构物两侧必须对称填筑，在填筑过程中注意做好防排水工作，每层均应做好横向人字坡和纵向排水；
- f) 基坑底部以下部分回填混凝土或碎石，并保证基坑底部与侧壁之间密实、无虚土；
- g) 路堑地段回填片石时混凝土时，应做好基坑边坡防护。

6.8.3 路堤与路堑过渡段施工应满足下列要求：

- a) 路堤与路堑过渡段填筑前，应平整地基表面，碾压密实；并应挖除路堤路堑交界坡面的表层松土，按设计要求的坡率开挖台阶；
- b) 过渡段的填筑施工应与相邻路堤同步进行；
- c) 横向排水应设置连接排水槽、水管与路堤坡脚排水沟衔接。

6.9 路基工程验收

应按单位工程组织验收，验收项目应符合 TB 10414 的规定，验收指标符合设计要求。

7 桥梁和涵洞

7.1 一般规定

7.1.1 关键工序的控制应有相应混凝土或砂浆强度试验数据。

7.1.2 水泥应采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，其性能应符合 GB 175 的规定。

7.1.3 混凝土所选用的骨料应进行碱活性试验。

7.2 明挖基础

7.2.1 基坑开挖

7.2.1.1 基坑开挖前应测定基坑中心线、方向和高程，并按地质、水文资料，结合现场情况，确定开挖坡度、支护方案、开挖范围和防排水措施。

7.2.1.2 基坑可采用垂直开挖、放坡开挖、支撑加固或其他加固的开挖方法。有地面水淹没的基坑，可修筑围堰、改河、改沟、筑坝排开地面水后，再开挖基坑。

7.2.1.3 基坑应边坡稳定、施工安全，坑壁坡度满足下列要求：

- a) 在天然土层上开挖基坑，当基坑深度 5 m 以内，施工期较短、基坑底在地下水位以上、土的湿度接近最佳含水量、土层构造均匀时，基坑坑壁坡度见表 6；

表 6 基坑坑壁坡度

坑壁土类型	坑壁坡度(基坑顶无载重)
砂类土	1:1
碎石类土	1:0.75
黏性土、粉土	1:0.33
极软岩、软岩	1:0.25
较软岩、极硬岩、硬岩	垂直坡度
注1：挖基通过不同的土层时，边坡可分层选定，并酌留平台； 注2：在山坡上开挖基坑，当地质不良时，应有防滑坍措施； 注3：在既有建筑物旁开挖基坑时，应符合设计文件的规定。	

- b) 基坑深度大于 5 m 时，应将坑壁坡度适当放缓或加设平台；
- c) 当土的湿度可能引起坑壁坍塌时，坑壁坡度应缓于该湿度下土的天然坡度；
- d) 基坑顶缘有荷载时，应根据荷载类型、大小等分析确定坑壁坡度。

7.2.1.4 当地下水位在基坑底以上时，地下水位以上部分可放坡开挖；地下水位以下部分，当土质易坍塌或水位在基坑底以上时，应加固坑壁开挖。

7.2.1.5 基坑顶有动载时，坑顶缘与动载间应留有大于 1 m 的护道，当动载过大时，宜增宽护道或采取加固措施。

7.2.1.6 无水土质基坑底面，宜按基础设计平面尺寸每边放宽不小于 50 cm。有水基坑底面，应满足四周排水沟与汇水井的设置需要，每边放宽不宜小于 80 cm。

7.2.1.7 湿陷性黄土地基开挖应保持基坑不受水浸泡，当雨季施工时，采取专门的防洪、排水设施。基础完成后，养护用水不应浸泡基坑，并应及时用原土或黏性土分层回填夯实，高于附近地面。冬期施工时，应有防冻设施。

7.2.1.8 灰土换填夯实法施工应满足下列要求：

- a) 灰土应拌和均匀一致；
- b) 设计干容重应由试验确定，施工时应分层检测；
- c) 灰土的虚铺厚度及夯实遍数可根据使用机具通过试验确定；
- d) 灰土换填应做好遮盖；
- e) 灰土检验可采用标贯或环刀法试验。

7.2.1.9 软土地基施工应满足下列要求：

- a) 软土地基加固，可采用换填土、砂、砂垫层、旋喷桩等方法；
- b) 采用换填法加固时，可挖去软土层，分层换填粗、中砂或砂砾等填料，夯实到中密。也可换以力学性质较好的砂性土，夯实密度达到最佳密度的 90 % 以上；
- c) 采用砂垫层加固时，砂垫层应采用含泥量不大于 3 % 的粗、中砂或细砂掺碎石或卵石；

- d) 软土地基上修建的桥涵，应按设计预留沉降量。在砌筑墩台、填土和架梁过程中，应设置观测桩，系统观测沉降量，以控制施工进度。

7.2.2 基坑护壁

7.2.2.1 基坑较深、土方数量较大、基坑坡度受场地限制、基坑地质松软或含水量较大、坡度不易保持时可采用护壁加固。

7.2.2.2 挡板支撑护壁应根据土质进行检算，采用横、竖向挡板或钢、木框架支撑；基坑每层开挖深度不宜超过 1.5 m，边挖边支。

7.2.2.3 喷射混凝土应掺入外加剂，其掺量应通过试验确定。当使用速凝剂时，应满足初凝时间不大于 5 min，终凝时间不大于 10 min。喷射混凝土终凝 2 h 后，应进行湿润养护。喷射混凝土厚度见表 7。

表 7 喷射混凝土厚度

单位为 cm

类别	基坑渗水情况地质	
	无渗水	少量渗水
砂类土	10~15	15
黏性土、粉土	5~8	8~10
碎石类土	3~5	5~8

7.2.2.4 混凝土围圈的开挖面应均匀分布，对称开挖和及时浇筑，无支护总长度不应超过 1/2 周长；围圈混凝土壁厚和拆模强度应满足承受土压力的要求。

7.2.3 基坑围堰

7.2.3.1 基坑较深、土方数量较大、基坑坡度受场地限制、基坑地质松软或含水量较大、坡度不易保持时应进行护壁加固。

7.2.3.2 混凝土围圈的开挖面应均匀分布，对称开挖和及时浇筑，无支护总长度不应超过 1/2 周长；围圈混凝土壁厚和拆模强度应满足承受土压力的要求。

7.2.3.3 围堰顶面宜高出施工期间可能出现的最高水位 0.5 m，对河流断面被围堰压缩而引起的冲刷，应有防护措施。

7.2.3.4 水深在 2 m 以内，流速小于 0.3 m/s、冲刷作用小，且河床土渗水性较小，宜采用土围堰；水深不大于 3 m，流速不大于 1.5 m/s，且河床土渗水性较小，宜采用土袋围堰。

7.2.3.5 土、土袋围堰填筑前，应清理堰底的树根、草皮、石块等杂物。自上游开始填筑至下游合龙。堰底内侧坡脚距基坑顶缘距离不应小于 1 m。

7.2.3.6 深水基坑，河床为砂类土、黏性土、碎石土及风化岩等地层宜采用钢板桩围堰，钢板桩插打顺序应由上游分两侧向下游合龙，拔桩从下游开始。

7.2.4 基坑排水

7.2.4.1 明挖基坑，可采用汇水井或井点法排、降水。

7.2.4.2 粉、细砂土质的基坑，宜用井点法降低水位；当用汇水井排水时，应有阻止带走泥砂的措施。

7.2.4.3 水下挖基时，抽水能力应为渗水量的 1.5 倍~2 倍。

7.2.4.4 基坑排出的水应远引。

7.2.5 基底处理

7.2.5.1 岩层基底应清除岩面松碎石块、淤泥、苔藓，凿出新鲜岩面，表面应清洗干净；倾斜岩层，应将岩面凿平或凿成台阶；易风化的岩层基底，应按基础尺寸凿除已风化的表面岩层。

7.2.5.2 碎石类及砂类土层基底承重面应修理平整，砌筑基础时，先铺 1 层水泥砂浆。

7.2.5.3 黏性土层基底整修时，应在天然状态下铲平，不应用回填土夯平。必要时，可向基底夯入 10 cm 以上厚度的碎石，碎石层顶面不应高于基底设计高程。

7.2.6 混凝土与砌体基础

7.2.6.1 混凝土与混凝土之间接缝，周边应预埋直径不小于 16 mm 的钢筋或其他铁件，埋入与露出长度不应小于钢筋直径的 30 倍，间距不应大于钢筋直径的 20 倍。

7.2.6.2 混凝土与浆砌片石或浆砌片石之间接缝，应预埋片石作榫，片石厚度不小于 15 cm，安放均匀，片石间的净距不应小于 15 cm。片石与模板的间距不宜小于 25 cm，且不应与钢筋接触。片石露出基础面一半以上。

7.2.6.3 基础前后、左右边缘距设计中心线允许偏差为 ± 50 mm，基础顶面高程允许偏差为 ± 30 mm。

7.3 桩基础

7.3.1 钻孔桩

7.3.1.1 钻孔桩施工应满足下列要求：

- a) 钻机安装底架应垫平，保持稳定，不应产生位移和沉陷；
- b) 冲击钻机在碎石类土、岩层中用十字形钻头；在黏性土、砂类土层中用管形钻具。用冲击法钻孔，应待邻孔混凝土浇筑完毕，并达到 2.5 MPa 抗压强度后方可开钻；
- c) 旋转钻机适用于黏性土、砂类土及碎石类土，应根据地质条件、钻孔直径及钻进深度选用钻机和钻头；使用反循环旋转钻机钻孔时，应将钻头提离孔底约 20 cm，待泥浆循环畅通，方可开始钻进；潜水钻机钻进时，应根据土质软硬控制进尺。

7.3.1.2 清孔及浇筑水下混凝土应满足下列要求：

- a) 钻孔至设计高程经过检查后，应即进行清孔。浇筑水下混凝土前允许沉渣厚度应符合设计要求，设计未规定时，柱桩不大于 10 cm，摩擦桩不大于 30 cm；
- b) 清孔可采用抽渣法、吸泥法、换浆法；
- c) 柱桩在浇筑水下混凝土前，应射水或射风冲射孔底 3 min~5 min，翻动沉淀物，然后立即浇筑水下混凝土。射水、射风压力应比孔底压力大 0.05 MPa；
- d) 不应用加深孔底深度的方法代替清孔；
- e) 钢筋笼主筋与加强箍筋应全部焊接且整体吊装入孔。当条件困难时，可分段入孔，上下两段应保持顺直；
- f) 钢筋笼入孔后，应牢固定位；
- g) 水下混凝土的坍落度应采用 18 cm~22 cm，细骨料采用河砂，粗骨料采用卵石，其粒径可采用 2 cm~3 cm；
- h) 水下混凝土封底，必须有隔水栓，隔水栓应有良好的隔水性能并能顺利排出；
- i) 混凝土的初存量应满足首批混凝土入孔后，导管埋入混凝土中的深度不应小于 1 m，且不大于 3m；当桩身较长时，导管埋入混凝土中的深度可适当加大。水下混凝土应连续浇筑，不应中途停顿；
- j) 套管钻机成孔后，在浇筑混凝土过程中，套管应适当转动。套管刃脚低于混凝土面的距离，应根据混凝土初凝时间确定，不应小于 1.5 m，且不大于 5 m；
- k) 水下混凝土浇筑面高出桩顶设计高程 1.0 m；

- l) 在混凝土浇筑过程中, 应设专人经常测量导管埋入深度, 并按本附录 D 作好记录;
- m) 浇筑过程中, 当因导管漏水或拔出混凝土面、机械故障、操作失误或其他原因, 造成断桩事故时, 采取重钻或补救措施;
- n) 桩的质量检测应符合 TB 10218 的规定。

7.3.2 挖孔桩

- 7.3.2.1 同一墩台各桩开挖顺序, 可根据地层性质、桩位布置及间距确定; 成孔后应立即浇筑桩身混凝土。
- 7.3.2.2 挖孔过程中, 应经常检查桩身净空尺寸和平面位置。
- 7.3.2.3 孔内应动态检测有害气体浓度, 当二氧化碳浓度超过 0.3 %、其他有害气体超过允许浓度或孔深超过 10 m 时, 均应设置通风设备。
- 7.3.2.4 挖孔时应采取孔壁支护, 支护方式可采用就地浇筑混凝土或便于拆装的钢、木支撑。
- 7.3.2.5 护壁混凝土作为桩身混凝土的一部分时, 不应低于桩身混凝土强度等级。
- 7.3.2.6 遇有局部或厚度不大于 1.5 m 的流动性淤泥和可能出现涌沙时, 应加强护壁或降水措施, 必要时采用钢护筒防护。
- 7.3.2.7 孔内爆破应采用浅眼爆破, 硬岩层炮眼深度不应超过 0.4 m, 软岩层炮眼深度不应超过 0.8 m。装药量不应超过炮眼深度的 1/3; 孔内爆破应采用电引或导爆管起爆。
- 7.3.2.8 爆破前, 对炮眼附近的支撑应采取防护措施。护壁混凝土强度尚未达到 2.5 MPa 时, 不应爆破作业。
- 7.3.2.9 放炮后, 施工人员下井前, 应事先测定孔底有无毒气, 有毒气时, 应迅速排除。
- 7.3.2.10 挖孔至设计高程后, 孔底不应积水, 并应进行孔底处理, 做到平整, 无松渣、泥污等软层。
- 7.3.2.11 浇筑桩身混凝土时, 自由倾落高度超过 2 m, 应通过溜槽或串筒, 并采用插入式振捣器振实。

7.3.3 桩基承台

- 7.3.3.1 承台混凝土应在无水条件下浇筑。
- 7.3.3.2 承台底到达预定高程后, 应将桩顶锤击面破损部分去除, 或将桩头凿除至新鲜混凝土面。
- 7.3.3.3 绑扎承台钢筋前应核实承台底高程及每根桩体埋入承台长度, 并修整基面, 在基底为土面时, 可夯铺 1 层碎石, 碎石顶面不应高于承台设计底面。
- 7.3.3.4 当采用基桩顶主筋伸入承台联结时, 承台底层钢筋网在越过桩顶处不应截断。
- 7.3.3.5 承台混凝土应一次连续浇筑, 当混凝土温度与环境之差大于 25℃时, 应按大体积混凝土施工。

7.4 墩台

7.4.1 混凝土墩台

- 7.4.1.1 墩台施工前应将基础顶面冲洗干净, 混凝土基础应凿除表面浮浆, 整修连接钢筋。
- 7.4.1.2 墩台模板、支架应满足强度、刚度和稳定性的要求。模板接缝应严密, 不漏浆。
- 7.4.1.3 模板采用分段整体吊装时, 应联结牢固, 保证其整体性, 可视吊装能力确定分段高度。
- 7.4.1.4 浇筑墩台混凝土时, 脚手架、工作平台等不应与模板、支架联结。
- 7.4.1.5 浇筑混凝土时, 应经常检查模板、钢筋及预埋件、预留孔位置和保护层厚度。
- 7.4.1.6 墩台混凝土的浇筑, 应在整个截面内进行。
- 7.4.1.7 墩台身混凝土未达到终凝前, 不应泡水。

7.4.1.8 墩身滑模施工应满足下列要求:

- a) 模板高度为 1 m~1.2 m, 并应有 0.5 %~1 %的锥度, 支承杆和提升设备应按墩身截面形状及滑动模板和施工临时荷载的全部重量布置; 模板在组装完毕经检验合格后才能浇筑混凝土;
- b) 混凝土应分层对称浇筑, 顶架处应捣实; 浇筑混凝土面距模板顶面距离应保持不少于 10 cm; 混凝土应用插入式振捣器捣固, 振捣时不应提升模板, 并避免接触模板、钢筋或行程套管;
- c) 滑动模板操作平台的荷载应均衡, 不应超载, 严禁混凝土吊斗碰撞平台;
- d) 模板提升过程中, 应检查中线、水平情况, 发现问题及时纠正;
- e) 滑模到达预定高度停止浇筑后, 每隔 1 h 左右, 应将模板提升 5 cm~10 cm, 提升 3 次~4 次, 混凝土不应与模板粘结;
- f) 混凝土应连续浇筑。提升后模板与混凝土必须保持不少于 30 cm 的搭接高度。接续浇筑时应使上下层混凝土结合良好;
- g) 混凝土达到拆模强度后, 应及时拆除模板, 拔出支承杆, 以砂浆封孔;
- h) 手动或电动丝杠千斤顶的丝扣旋转方向应分左右对称安装;
- i) 墩身混凝土脱模部分, 应立即将表面修整抹平, 并及时浇水养生;
- j) 滑动模板应避免冬期施工。

7.4.1.9 墩身爬模施工应满足下列要求:

- a) 爬模的结构应满足强度、刚度及稳定性要求;
- b) 每次浇筑混凝土面距模板顶面不应少于 5 cm;
- c) 浇筑混凝土时, 应用插入式振捣器捣固, 并应避免接触模板、对拉螺栓、钢筋或空心支撑;
- d) 混凝土浇筑后, 强度达 2.5 MPa 以上方可拆模翻倒;
- e) 每 1 节模板安装前均应清除表面灰浆污垢, 整修变形部位并涂刷脱模剂;
- f) 模板沿墩身周边方向应始终保持顺向搭接;
- g) 爬模施工过程中, 应经常检查中线、水平, 发现问题及时纠正;
- h) 混凝土可采用洒水养生, 当桥墩过高供水困难时, 可采用混凝土养生液养生;
- i) 墩身混凝土脱模部分应及时用水泥砂浆堵塞对拉螺栓孔及修补表面缺陷;
- j) 爬模的接料平台、脚手平台、拆模吊栏的荷载, 应均衡, 不应超载, 严禁混凝土吊斗碰撞爬模系统。

7.4.2 砌体墩台

7.4.2.1 砌体墩台砌筑前, 应按设计尺寸放样, 挂线砌筑; 砌筑过程应经常检查各部尺寸。

7.4.2.2 拼装式钢筋混凝土构件宜集中预制, 并注明编号和制造日期。

7.4.2.3 镶面混凝土块的砌筑, 除设计有特殊要求外, 应符合浆砌粗料石的规定。

7.4.3 桥台排水及防护

7.4.3.1 桥台排水应满足下列要求:

- a) 桥台顶道砟槽面排水坡应平顺无凹坑;
- b) 当桥台采用预埋泄水管向台外排水时, 进水口应设有孔铁板, 两面均应涂沥青; 防水层与泄水管必须衔接良好。

7.4.3.2 桥头路基及锥体施工应满足下列要求:

- a) 桥头路基及锥体填土, 应待桥台混凝土或砌体达到设计强度后进行;
- b) 在月平均气温低于-15℃地区, 桥头路基和锥体应用渗水土按设计要求填筑;
- c) 锥体和台后路基填土, 应在坡顶预留沉落量, 并每侧适当加宽, 待整修边坡时再把多余土刷去;

- d) 锥体护面在填方基本稳定后铺砌;
- e) 坡面应自下而上分段砌筑,反滤或反垫层应按规定分层施工;
- f) 干砌片石护坡勾缝待锥体稳定后进行。

7.5 混凝土梁

7.5.1 钢筋混凝土简支梁

7.5.1.1 模板和支架应预留沉落量和施工拱度。

7.5.1.2 钢筋作业应满足下列要求:

- a) 钢筋接头采用焊接,并以闪光接触对焊为主;主钢筋接头应采用闪光接触对焊;
- b) 同 1 片梁内,梁体主筋应采用同种钢号钢筋;
- c) 钢筋接头应避免设置在钢筋承受应力最大之处,并应分散布置;
- d) 闪光接触对焊时,应按实际条件试验合格后方可成批焊接,并应对每个焊接接头作外观检查,逐批取试件作接头抗拉强度、冷弯试验。

7.5.1.3 混凝土施工应符合 TB/T 2628 的规定。

7.5.1.4 梁的质量应满足下列要求:

- a) 梁体混凝土强度的检验评定应按照 TB 10425 的规定执行;
- b) 外观平整,桥面排水通畅,当有蜂窝麻面,硬伤掉角等缺陷时,应修补达到规定标准;
- c) 表面裂缝不应大于 0.2 mm;
- d) 外形尺寸允许偏差应符合 TB 10415 的规定。

7.5.2 后张法预应力混凝土简支梁

7.5.2.1 制梁场的布置应有利于桥梁的预制、存放、运输及架设。制梁台座、存梁台座、运梁线路的地基应具备足够的承载能力。

7.5.2.2 锚具、夹具和连接器应符合 GB/T 14370 的规定,锚具在使用前,应进行外形外观、硬度、锚固性能及工艺性能的抽样检验。

7.5.2.3 模板的全长及跨度应考虑反拱度及预留压缩量。

7.5.2.4 预应力设备选用及校正应满足下列要求:

- a) 张拉千斤顶在整拉整放工艺中,单束初调及张拉采用穿心式双作用千斤顶。整体张拉和整体放张采用自锁式千斤顶,额定张拉吨位为张拉力的 1.5 倍,且不应小于 1.2 倍,张拉千斤顶在张拉前必须经过校正,校正系数不应大于 1.05。校正有效期为 1 个月且不超过 200 次张拉作业,拆修更换配件的张拉千斤顶应重新校正;
- b) 压力表应选用防震型,表面最大读数应为张拉力的 1.5 倍~2 倍,精度不应低于 1.0 级,校正有效期为 1 周。当用 0.4 级时,校正有效期可为 1 个月。压力表发生故障后应重新校正;
- c) 油泵的油箱容量为张拉千斤顶总输油量的 1.5 倍,额定油压数为使用油压数的 1.4 倍;
- d) 压力表应与张拉千斤顶配套使用;预应力设备应建立台帐及卡片并定期检查。

7.5.2.5 预应力钢绞线束的制作应满足下列要求:

- a) 钢绞线下料,应按设计孔道长度加张拉设备长度,并余留锚外不少于 100 m 的总长度下料,下料应用砂轮机平放切割。断后平放在地面上,保护钢绞线不散头;
- b) 钢绞线切割完后须按各束理顺,并间隔 1.5 m 用铁丝捆扎编束。同 1 束钢绞线应顺畅不扭结。同 1 孔道穿束应整束整穿。

7.5.2.6 当梁体混凝土强度达到设计强度的 80 %且弹性模量达到设计要求后,即可进行早期部分张拉。在梁体混凝土强度达到设计强度的 100 %且弹性模量达 100 %时,混凝土龄期满足 10 d 方能进行

终张拉。为使梁体不发生早期裂缝，应在混凝土强度达到设计强度 50 %～60 %时拆除内模，外模只拆不移的情况下张拉部分预应力，张拉值应由设计单位提供。

7.5.2.7 预应力筋的穿束及张拉应满足下列要求：

- a) 穿束前应用压力水冲洗孔道内杂物，观察孔道内有无串孔现象；
- b) 当梁体混凝土强度及相应的弹性模量达到设计要求后，方可施加预应力；
- c) 预施应力前，应按照附录 E 作孔道摩阻和锚圈摩阻测试，并根据测试结果计算施工控制应力；
- d) 按设计要求的张拉孔号顺序，由两端同时对称张拉；
- e) 预应力筋的预施应力应按设计要求进行并以应力控制为主，伸长值作为校核。

7.5.2.8 压浆工艺应满足下列要求：

- a) 孔道应在预应力完成 3 d 内压浆；
- b) 出浆口阀门应待出浓浆后关闭，进浆口阀门应待压力上升至 0.6 MPa～0.7 MPa，持荷 2 min 且无漏浆时关闭；
- c) 互相串通的孔道应同时压浆；
- d) 最高气温不高于 35 ℃，冬期施工保护浆液不受冻；
- e) 压浆因故障不能连续压满时，立即采取清孔措施。

7.5.2.9 安装封端模板时，应控制全梁长度在允许偏差之内。

7.5.2.10 后张法预应力混凝土梁的起吊、运输及存放应符合以下要求：

- a) 存梁时间过长时，采取预压等措施；
- b) 整片或整孔梁起吊时，压浆强度不应低于设计强度的 75 %，封端混凝土强度不应低于设计强度的 50 %；
- c) 梁体采用滑移时，应对其受力部分进行检算；
- d) 吊点、支点位置应符合设计要求，其距离偏差不应大于 20 cm；
- e) T 形梁应有防倾覆措施，箱形梁多支点支承高程误差应满足设计要求；
- f) 运输车应经稳定性检算。

7.5.2.11 后张法预应力混凝土简支梁的外形尺寸允许偏差应符合 TB 10415 的规定。静载弯曲抗裂试验要求及方法应符合 TB/T 2092 的规定。

7.5.2.12 后张法预应力梁钢筋张拉及孔道压浆施工记录示例见附录 F。

7.5.3 预应力混凝土连续梁

7.5.3.1 施工挂篮除应满足强度、刚度和稳定性外，尚应满足下列要求：

- a) 结构形式和几何尺寸应适应梁段变化、挂篮走行能力及新旧梁段混凝土搭接的需要；
- b) 外侧模板设计应满足翼板底坡度变化，外侧翼板底模一端设铰接，另一端设丝杆调节升降。底模板采用整体模板，并适应梁底线变化及加宽的需要。曲线梁模板面应做成与梁体曲度一致的曲面模板；
- c) 内模板设计为插板式或抽屉式；
- d) 端头模板制作和安装必须牢固、可靠；
- e) 挂篮安装、梁体混凝土浇筑、模板拆除及挂篮走行等工况的整体稳定系数不应小于 2；挂篮总质量的变化不应超过设计质量的 10 %。

7.5.3.2 挂篮组装后，应按设计荷载作载重试验，测定挂篮各部件的变形量，并消除非弹性变形。

7.5.3.3 预应力混凝土连续梁悬臂浇筑应满足下列要求：

- a) 当梁段与桥墩设计为非刚性连接，悬臂浇筑梁段混凝土时，应先将墩顶梁段与桥墩临时固定；
- b) 桥墩两侧梁段悬臂施工应对称平衡；
- c) 浇筑混凝土时，每 1 梁段在浇筑和张拉前后应按设计挠度值进行比较；

- d) 悬臂段浇筑混凝土时，应从前端开始浇筑，在根部与前段混凝土连接。浇筑梁段混凝土前，应将前段接茬处的混凝土充分洒水润湿。

7.5.3.4 有支架和墩顶梁段施工及支座安装应满足下列要求：

- a) 支架设计应满足强度、刚度和稳定性的要求；应有简便可行的脱模措施；支架的地基承载力应符合要求，必要时，可采取碾压或换填处理；在支架上浇筑混凝土时，应根据混凝土和支架产生的弹性和非弹性变形，设置预拱度；支架底排水系统应完好；
- b) 有支架梁段混凝土在最初浇筑混凝土初凝前浇筑完。当混凝土数量较大时，可适当顺序分段浇筑；
- c) 临时支座和永久支座在立模前均应安装成等高，永久支座在箱梁施工中不应受力。

7.5.3.5 张拉和压浆应符合 7.5.2 的规定，且满足下列要求：

- a) 两端下弯的孔道顶部和直线段设置排气孔，并兼作接力压浆孔；
- b) 压浆过程中及压完浆后 48 h 内，结构混凝土温度不应低于 5℃；
- c) 竖向孔道的压浆最大压力可控制在 0.3 MPa~0.4 MPa，纵向、横向压浆的最大压力可控制在 0.5 MPa~0.7 MPa；
- d) 张拉竖向钢筋时，千斤顶的张拉头应拧入钢筋螺纹长度不应小于 40 mm，一次张拉到控制吨位，持荷 1 min~2 min，并实测伸长量作为校核，偏差在±6%之内为合格。

7.5.3.6 连续梁的合龙、体系转换和支座反力调整应满足下列要求：

- a) T 构和 T 构、T 构与边跨的连接应设合龙段，合龙段的长度为 2 m；
- b) 合龙前应调整中线和高程，并将合龙一侧墩的临时锚固改换成活动支座，同时按设计合龙温度，将两悬臂的合龙口临时锁定，锁定力应大于释放任何一侧各墩的全部活动支座的摩擦力；
- c) 合龙前，按设计要求可在两端悬臂预加压重，并于浇筑混凝土过程中逐步撤除；
- d) 合龙段的混凝土强度可提高一级，混凝土浇筑完，应及时加强养护，悬臂端应覆盖；
- e) 梁跨体系转换时，支座反力的调整应以高程控制为主，反力作为校核；
- f) 安装支座下摆时，其中心与上摆中心的纵向偏移值应包括梁体混凝土的收缩徐变及温度等变化引起的位移量，当体系转换全部完成时，梁体支座中心应符合设计要求。

7.5.3.7 预应力混凝土连续梁悬臂浇筑允许偏差应符合 TB 10415 的规定。

7.5.4 悬臂浇筑连续梁、连续刚构

7.5.4.1 施工挂篮应满足强度、刚度和稳定性，且满足下列要求：

- a) 挂篮设计总重应控制在连续梁设计要求的限重之内，当设计无要求时，挂篮设计总重与梁段混凝土重量的比值控制在 0.3~0.5；
- b) 施工时挂篮总重量的变化，不应超过设计重量的 10%，且挂篮总重不应超过设计限重；
- c) 挂篮施工及走行时的抗倾覆稳定系数不应小于 2，挂篮锚固系统、限位系统等结构的安全系数不应小于 2。

7.5.4.2 挂篮现场拼装完成投入使用前，应进行行走性能试验和静载试验，预压荷载为最大施工荷载的 1.2 倍。

7.5.4.3 悬臂连续梁浇筑应满足下列要求：

- a) 浇筑前，应对临时支座或临时支撑进行设计检算；
- b) 浇筑前，应对托架或支架挂篮模板预应力管道、钢筋、预埋件、混凝土原材料、配合比、混凝土接缝处理机械设备情况进行全面检查；
- c) 浇筑时，应对梁体进行线形控制，根据现场实际挂篮变形、临时荷载、环境温度等情况和实测已完梁段变形情况，对每节梁段的理论立模标高进行修正；
- d) 两侧梁段应对称平衡浇筑，偏差不应超出设计允许值；

- e) 梁段混凝土应连续浇筑一次成形。自悬臂端向锚固端分层浇筑,并在最先浇筑的混凝土初凝前完成本梁段的全部混凝土浇筑。

7.5.4.4 梁端模板拆除后,应对梁端接缝面混凝土进行凿毛,且使梁体接缝面露出不少于 75 %新鲜混凝土面积。

7.5.4.5 连续梁连续刚构预应力筋张拉应符合设计要求。当设计无具体要求时,应满足下列要求:

- a) 梁段预应力筋张拉应按先纵向再竖向后横向的顺序进行;
- b) 预施应力完成后应及时压浆;
- c) 浇预施应力应采取双控措施,预施应力值以油压表读数为主,以预应力筋伸长值进行校核。
- d) 预应力筋在使用前应作张拉、锚固试验,并应进行管道摩阻、喇叭口摩阻等预应力损失测试;
- e) 纵向预应力筋张拉应在梁段混凝土强度达到设计值的 95 %、弹性模量达到设计值的 100 %后进行,应保证张拉时混凝土的龄期不小于 5 d;
- f) 纵向预应力筋应两端同步且左右对称张拉,最大不平衡束不应超过 1 束;
- g) 竖向预应力筋应左右对称单端张拉,从已施工端顺序进行;
- h) 横向预应力筋应在梁体两侧交替单端张拉,从已施工端顺序进行;
- i) 竖向和横向预应力筋张拉滞后纵向预应力筋张拉不大于 3 个悬浇梁段。

7.5.4.6 挂篮前移时,纵向预应力筋应张拉完成。

7.5.5 支架法现浇连续梁

7.5.5.1 支架法现浇梁体混凝土应 1 次连续完成。设计要求分段现浇时,分段长度、位置以及分段浇筑、张拉顺序应符合设计要求。

7.5.5.2 分段浇筑时,应考虑预应力筋张拉时梁体上拱对支架受力的影响,在支架受力增大位置采取加强措施,必要时设置临时刚性支墩。

7.5.5.3 梁体底模及支架应按照设计要求的顺序进行卸载、拆除。设计无要求时应从梁体挠度最大处支架节点开始,逐步对称卸落相邻节点。

7.5.6 混凝土梁架设

7.5.6.1 混凝土梁架设方案应根据梁体结构及施工条件,并通过安全、经济、技术比选后确定。

7.5.6.2 混凝土梁可采用龙门吊机或吊车等方式架设。龙门吊机在梁重较大时不宜采用吊重走行的方式。

7.5.6.3 龙门吊机架梁应满足下列要求:

- a) 龙门吊机可用万能杆件、军用梁等常备式杆件拼装而成,其设计、制造应符合 GB/T 3811 和机械零件、钢结构制造规程的规定。其中结构件应计算其强度和稳定性,并考虑静态竖向刚度。
- b) 龙门吊机走行轨道应根据设计轮压,对地基进行处理和加固,在软土地基地段应做出地基处理的特殊设计,经检验确认地基稳固后方可铺设轨道;
- c) 龙门吊机的拼装,在达到一定高度时应及时设置缆风绳;
- d) 龙门吊机走行的轨道结构应符合设计规定,钢轨接头应采用对接式。

7.5.6.4 龙门吊机除按规定验收外,并在工地拼装后应进行静、动载试验和试运转,确认符合设计要求后,方可进行架梁。

7.5.6.5 龙门吊机应按 GB/T 6067.1 的规定安装超载限制器、提升或下降限位器、缓冲器、制动器、止轮器等安全装置。

7.5.6.6 采用龙门吊机架梁前,应编制施工组织设计、施工工艺和安全操作细则,组织实施,并应建立完善的检修、保养制度,定期对轮、轨、吊钩等重要部件进行探伤检查。

7.5.6.7 无论采用何种方式架梁，龙门吊机的使用、落梁就位均应符合 TB 10213 的规定。

7.5.6.8 用龙门吊机架梁，邻近桥台部分由于受地形限制，当无法再使用龙门吊机架设时，可在邻近桥台的孔跨中搭设便梁或移动支架，直接将梁运至孔位，将便梁拆除或横移出桥台后落梁就位。

7.5.6.9 支座安装应满足下列要求：

- a) 支座进场后，应核对支座的规格型号，按规定项目对支座检查、验收，并抽样试验，铸钢支座还应进行探伤检查，对检查出的缺陷应修补完善；
- b) 支座安装前应测量桥墩中心的距离、复测支承垫石高程、检查支座上下结合部是否密贴、检查梁底预埋支座连接板面及连接螺栓孔的位置，并清除干净；
- c) 支座安装应保持梁体垂直，支座上、下座板水平，不产生偏位。有坡度桥梁，支座与梁底间及支座与支承垫石间应用钢斜垫板或水泥砂浆调整。支座与支承垫石间及支座与梁底间应密贴、无缝隙。支座四角高差不应大于 2 mm；
- d) 固定支座安装时，上、下座板应互相对正，上座板中心应对准梁体支承中心，纵、横向允许偏差应为 3 mm，平面扭转不应大于 1 mm；
- e) 活动支座上、下座板横向应对正，纵向的错动量应根据安装支座时温度与设计温度差及未完成收缩、徐变量进行计算确定。其允许偏差应为 3 mm；
- f) 支座安装后，应锚固支座螺栓，灌浆固定。

7.5.7 钢梁架设

7.5.7.1 在桥高、跨大、通航、水深和流急的桥位上，宜采用悬臂法拼装架设钢桁梁。桥跨较小的钢桁梁可采用由一端全悬臂拼装；当桥跨较大时，可采用中间支墩、墩旁托架、水上吊船和吊索架等方法；当跨度特大型时可采用跨中合龙方法。

7.5.7.2 悬臂拼装前，应具备平衡梁和主梁杆件拼装顺序图、主梁各阶段的挠度曲线、最长悬臂状态的杆件应力表和计算书、辅助结构设计图、杆件预拼组合成起吊单元的重心、质量等图表。

7.5.7.3 悬臂拼装架设前的平衡梁拼装应符合设计要求。

7.5.7.4 在引桥或路基上拼装平衡梁，桥面系不拼装时，当主梁端横梁、平衡梁端横梁、平衡梁下弦杆等组拼在平面形成 1 个门形结构后，应立即进行梁位的核对调整，使梁中线、里程和两桁支点高程符合设计要求；当不能安装平衡梁的下平联时，应检算平衡梁下弦杆的压杆稳定性，必要时加设临时支撑。

7.5.7.5 平衡梁与悬拼钢梁联结处，当为两支点时，前方支点设固定支座，后方支点设活动支座。平衡梁其余各支点均设活动支座。

7.5.7.6 当采用中间临时支架时，支架承托钢梁的支点横向宽度，每边加宽不应小于 100mm。

7.5.7.7 悬臂拼装顺序除应符合设计要求，并应考虑吊机的类型、运用方法、起吊能力及最大吊距、钢梁杆件运送方法、拼装主桁杆件应两侧对称进行。

7.5.7.8 拆除平衡梁应在杆件不受力的情况下进行。

7.5.7.9 悬臂安装采用跨中合龙方案时，应在主跨两桥墩布置临时固定支座，其余各支点布置活动支座。

7.5.7.10 跨中合龙后，体系转换时应调整支点反力，以设计支点高程为准，复核支点反力。当实测反力与设计值相差较大时，应与设计单位研究分析。

7.5.7.11 当悬臂拼装采用墩旁托架时，墩旁托架除承受由钢梁作用的垂直力乘以超载系数 1.3 外，并考虑由钢梁传来的横向风力。

7.5.7.12 悬臂安装采用水上吊船时，宜用于拼装悬臂的最后 1 个节间。

7.5.7.13 全悬臂拼装采用吊索架设备时，吊索锚头与吊索应等强，锚头与吊索均应进行强度试验。吊索锚头和吊索的允许应力不应大于其抗拉极限的 0.4 倍。塔架纵横向倾覆稳定性应经进行计算确定。

7.5.7.14 悬臂拼装采用缆索吊机时，应布置与主桁等宽的两条缆索，用作吊运和拼装杆件；缆索吊机安装应符合规定。

7.5.7.15 当平衡梁与悬臂孔的联结或两联之间的联结为双支点的框架结构时，在安装过程中由于悬臂拼装，使框架结构上部位移而产生的弯曲应力，应根据设计文件分段进行调整。

7.5.7.16 两联之间联结板的拆除，应先调整支点的高程，使其内力为零时进行，严禁在受力状态下拆除。

7.5.7.17 全悬臂拼装时，悬臂孔始端墩顶临时支座的高程，应根据悬臂端的最大挠度，包括工厂制造拱度和锚孔梁坡度及前方墩顶设备高度等因素确定。

7.5.7.18 钢梁横移工作宜在支点反力较小、每孔钢梁拼装完结后立即进行。当在反力大的情况下横移钢梁时，横移设备不宜集中 1 处，可分别设于下弦节点和顶梁下。

7.5.7.19 施工过程中，每孔或每联钢梁必须设置一处固定支座；固定支座应设在悬臂孔始端，使其摩擦力足以抵消水平外力。

7.5.7.20 钢梁横移工作宜在支点反力较小、每孔钢梁拼装完结后立即进行。当在反力大的情况下横移钢梁时，横移设备不宜集中 1 处，可分别设于下弦节点和顶梁下。

7.5.7.21 简支梁可利用水平千斤顶纵移；连续梁可利用温差法、起落梁法或顶推法纵移。

7.5.7.22 永久支座的安装定位和垫层灌浆应在大跨度连续梁或悬臂梁安装后，根据钢梁制造标准温度及各桥墩台跨距的偏差数值，确定固定支座的合适位置，使各支座对墩中心偏移值在允许范围内，并保持各相邻梁端应有的空隙。

7.5.7.23 支座安装应满足下列要求：

- a) 支座材质和制造精度应符合设计要求，应有制造厂的成品合格证、供货单位监理签证的铸件探伤记录和缺陷焊补记录，及支承密贴性检查记录，并应作外观检查和对组装后的轮廓尺寸进行复核；
- b) 钢梁支座安装前应将支承垫石表面凿毛凿平，上铺 1 层薄细砂抹平，并砂子掉入锚栓孔内。支承垫石高度应预留 20 mm~40 mm 的缝隙，以保证灌浆的质量；
- c) 固定支座安装时，上、下摆接触部分应密贴，上摆槽形与下摆弧形部分，其顺桥方向的前后空隙应一致，其公差为 ± 1 mm。当上、下摆之间设较轴承压时，弧面接触应密贴，并设置注抽槽；
- d) 活动支座安装应符合设计要求，并以施工气温为准；
- e) 支座底板与支承垫石的缝隙可用位能法灌浆；
- f) 支座进场验收、装配以及安装过程应由工地监理参与检查和签证；
- g) 钢梁拼装完毕，纵横移和高程调整并安装支座后，质量标准应符合 TB 10415 的规定。

7.5.8 结合梁

7.5.8.1 钢板梁或开口钢箱梁与钢筋混凝土板用剪力联结器连接的结合梁使用的材料应符合设计要求，当剪力联结器采用柔性连接栓钉时，制造厂应提供锤击弯曲检验资料。

7.5.8.2 钢板梁工地拼装宜采用高强度螺栓，高强度螺栓材料检验、试验及施拧工艺应符合规定；

7.5.8.3 结合梁的钢梁，在运输和安装过程中，应采用专用吊具。钢梁安装方法可采用整孔吊装、拖拉法、顶推法等；

7.5.8.4 结合梁钢梁涂装应符合 7.5.9 条规定，上翼缘顶面及剪力联结器均不应涂装，在安装前应进行除锈与防锈；

7.5.8.5 混凝土桥面板采用工地浇筑施工，混凝土浇筑前应清除钢梁上翼缘和剪力联结器的锈蚀和污垢。施工时，采用微收缩混凝土，并应控制膨胀剂的添加量；

7.5.8.6 简支梁及连续梁桥面板在浇筑混凝土时应按设计要求分段施工。预施应力时，应待桥面混凝土达到规定强度，再按设计要求施加预应力，连续梁落梁步骤应符合设计要求；

7.5.8.7 桥面板厚度允许偏差应为 $+10\text{ mm}$ 、 -5 mm ，浇筑桥面板后混凝土的顶面应抹平；

7.5.8.8 防水层、保护层应符合设计要求和 7.8 的规定。

7.5.9 钢梁涂装

7.5.9.1 涂料应根据当地气候、环境、桥梁的不同部位并兼顾底、面漆的配套选择品种。

7.5.9.2 钢桥的钢梁、钢塔和人行道支架等表面应进行涂装。

7.5.9.3 钢梁和钢构件拼装前应先完成底漆喷涂。

7.5.9.4 钢件表面除锈应根据防腐要求和设备等具体条件采用喷砂、小型除锈机具或手工等方法。

7.5.9.5 钢件表面除尘清理合格后，涂装首层底漆，应在 8 h 内完成；相对湿度大于 70 % 时应在 4 h 内涂完；当天不能完成时，用麻布沾清亚麻仁油擦拭，否则次日仍需将钢表面重新除锈清理后方可涂装。

7.5.9.6 钢桥涂装宜在天气晴朗、无 3 级以上大风和温暖季节进行。在夏季应避免阳光直射，可在背阳处或早晚进行。

7.5.9.7 钢桥涂装完成后，应表面光泽、颜色均匀，不应有露底、漏涂、涂层剥落、涂膜破裂、起泡、划伤及咬底等缺陷，手工涂刷的不应有明显刷痕。

7.5.9.8 底层或面层涂料在涂装两天内应将涂料桶严密封盖倒置，减轻沉淀和结块。云铁涂料使用前及在涂装过程中，应充分搅拌，多组分的涂料应现配现用。

7.6 拱桥

7.6.1 砌体拱桥

7.6.1.1 拱石和混凝土砌块的强度等级，应符合设计要求，材料性能应符合 TB 10424 中的规定。

7.6.1.2 砌体所用水泥砂浆的强度等级，应符合设计要求；当设计无要求时，拱圈跨度小于和等于 30 m 的不应低于 M10，大于 30 m 的不应低于 M15，砌缝宽度宜为 2 cm。

7.6.1.3 当采用混凝土砌块砌筑拱圈时，砌块可根据拱桥跨度、养护方法和气温变化等因素，宜比封顶时间提前 1.5 个月~4 个月。

7.6.1.4 拱石加工前，应按砌缝和预留空缝的位置和宽度，统一规划；拱圈砌筑面应成辐射状，除拱顶石和拱座附近的拱石外，每排拱石沿拱圈内弧宽度应一致；拱石两相邻排间的砌缝，应错开 10 cm 以上。

7.6.1.5 拱圈模型安装后，应标明中线和砌缝线；采用分段砌筑的拱圈，还应标明分段砌筑的顺序和设置三角支撑的位置。

7.6.1.6 砌筑拱圈过程中应观测拱架变形，并根据变形程度调整砌筑程序。

7.6.1.7 跨度为 38m 及以上的拱圈，可采用分环砌筑；分环时，应将两环砌筑成整体；上环应分段施工，但可不留空缝。

7.6.1.8 拱圈空缝施工、拱圈封顶合龙，应符合 TB 10424 的规定。

7.6.1.9 拱上结构砌筑应满足下列要求：

- a) 当拱架未拆除时，拱圈合龙砂浆达到设计强度 30 % 以上，方可砌筑拱上结构；
- b) 采用分环砌筑的拱圈，应待上环合龙砂浆达到设计强度 70 % 以上，方可拆除拱架及砌筑拱上结构；
- c) 当拱圈采用预施压力调整应力时，应待封顶砂浆达到设计强度后，方可砌筑拱上结构；
- d) 拱上结构由拱座至拱顶对称均衡砌筑。

7.6.2 钢管混凝土拱桥

7.6.2.1 在钢管拱肋制作时，应按设计和施工技术方案要求设置混凝土压注孔、防倒流截止阀、排气孔及扣点、吊点节点板。

7.6.2.2 钢管焊接应满足下列要求：

- a) 拱肋节段制作、拼装架设前应进行焊接工艺试验，评定合格后方可正式焊接；
- b) 钢管对接焊缝可采用有衬管的单面坡口焊和无衬管的双面熔透焊；焊缝应达到设计要求的等级标准。两条对接焊缝的间距应符合设计要求，设计无要求时，直缝焊接管不小于钢管外径，螺旋焊接管不小于 3 m；
- c) 拱肋节段焊接应与母材等强度焊接，所有焊缝应进行外观、无损探伤检查；两条焊缝交叉点应进行射线探伤检验。

7.6.2.3 拱肋节段制作完成并经检验合格后，应按节段顺序进行预拼装。

7.6.2.4 钢管拱肋节段应进行表面清洗、除锈和底漆涂装。焊接成桥后进行面漆喷涂，喷涂之前应将底漆打磨粗糙并清洗干净，对接头部分和破损部分应补涂底漆。

7.6.2.5 钢管拱肋节段运输过程中应采取有效措施。

7.6.2.6 拱脚施工时应采取有效的定位、固定措施。

7.6.2.7 吊装机具设备和辅助结构应进行设计检算，安装完毕后应进行全面检查，并按设计荷载的 60 %、100 % 和 125 % 分别进行起吊试验，鉴定合格后方可使用。

7.6.2.8 采用缆索吊机吊装拱肋时，缆索吊机塔架设计应满足下列要求：

- a) 塔架杆件、基底应力、风揽设置及塔身整体稳定等应进行受力验算；
- b) 塔架地基应满足承载力要求，并有良好的排水设施；
- c) 塔顶索鞍用轮式分组装配；
- d) 当塔顶受不平衡力作用时，应设背索和压塔索加固；
- e) 施工期间有可能遭受雷击的塔架，塔顶应安装避雷针。

7.6.2.9 缆索吊机主索设计垂度可采用塔架间距的 $1/12 \sim 1/20$ ，每根主索应受力均匀；冲击系数应按 1.2 计算；地垄应由计算确定。

7.6.2.10 支架法拼装拱肋应满足下列要求：

- a) 支架设计应结合施工工况及荷载组合进行支架安全稳定性检算。采用先梁后拱法在梁上搭设支架施工时，并应对梁体进行必要的检算；
- b) 支架体系应根据拱肋分段长度合理设置立柱、立杆，同时立柱、立杆间应有可靠连接系，必要时设置揽风措施；
- c) 拱肋节段接头处的拱架顶部应设置拱肋调整和焊接工作平台，平台顶应设置限位和调位装置；
- d) 钢管拱节段吊装可根据场地条件和吊装能力采用桥上吊装或桥下吊装进行节段拼装；
- e) 节段间环焊缝的施焊应对称进行，施焊前应保证节段间有可靠临时连接并用定位板控制焊缝间隙，不应采用堆焊；
- f) 钢管拱肋成拱过程中，应同时安装横向联结系，并应采取临时横向稳定措施；
- g) 拱肋安装过程中应采取抗风措施。

7.6.2.11 采用无支架法和千斤顶斜拉扣索悬臂法拼装拱肋应满足 7.6.2.10 及下列要求：

- a) 拱肋拼装采用的缆索吊装设备在使用前应进行地锚试拉、扣索对拉和主索系统试吊；
- b) 采用千斤顶斜拉扣索悬拼施工时，斜拉扣挂系统应自成系统，与缆索吊运系统互不干扰。其前锚系统、扣索系统和张拉系统均应进行设计计算；
- c) 扣索应根据索力计算采用多根钢绞线或高强钢丝束，安全系数应大于 2；

- d) 吊装过程中应以标高调整为目标, 准确测定各阶段索力及伸长量;
 - e) 拱肋拼装施工应进行施工安全设计;
 - f) 扣索塔架安装在墩、台顶面时, 应预设扣索塔架安装底盘孔位或螺栓。扣索塔架底应按设计要求固定, 塔顶应设置风缆;
 - g) 每片拱肋应从拱脚段开始依次向上吊装。每段拱肋需待下端连接牢固并设置扣索和风缆后方可摘除起重吊钩, 并应使上端高出设计位置 5 cm~10 cm;
 - h) 拱肋安装采用双基肋合龙时, 应待横联临时连接后方可摘除两肋扣索;
 - i) 除拱顶段外, 拱肋段吊装时, 每段拱肋均应有 1 道扣索拉紧, 并须设置临时风缆;
 - j) 悬臂拼装拱肋合龙时拱顶段吊装至设计要求位置后, 两端拱肋应逐渐调索与拱顶段拱肋接近进行合龙, 严防发生碰撞。拱肋合龙时, 每次调索量小, 并应跟踪观测拱肋中线和水平, 控制各接头、拱顶及 1/4 拱肋轴线位置和高程位置。拱肋合龙后, 应按拱脚段、次拱脚段、拱顶段顺序进行松索, 并按比例定长、对称、均匀、缓慢松索, 达到各拱段设计要求位置后方可拆除扣索和风缆。
- 7.6.2.12 钢管拱合龙节段设计加工时应设置瞬时合龙构造, 以满足合龙口无应力状态施焊的工艺要求。
- 7.6.2.13 合龙段拱肋加工时应预留适当的富余量, 合龙段安装前应进行实地温度测量, 根据测量结果确定合龙段的余量切割长度。
- 7.6.2.14 钢管拱肋拼装合龙后应进行拱肋线形调整。
- 7.6.2.15 钢管混凝土应具有低泡、大流动性、延后初凝的工程性能; 钢管内混凝土应采用泵送顶升法施工, 压注顺序应符合设计要求, 设计无要求时应由两拱脚至拱顶对称、均衡、一次连续压注完成; 压注完成后的管内混凝土应进行超声波检测。
- 7.6.2.16 系杆拱施工应满足下列要求:
- a) 采用先拱后梁法施工, 系杆不能同步张拉时, 主墩应能承受空钢管拱肋产生的水平推力或采取临时措施使主墩能承受次水平推力;
 - b) 采用先梁后拱法施工时, 对拱肋加载应与系杆张拉同步进行。并应控制主墩的水平位移。
- 7.6.2.17 拱上结构施工应满足下列要求:
- a) 拱上结构施工按照设计加载程序进行, 有拱架时, 应先拆除;
 - b) 拱上结构施工应在钢管内混凝土及封铰混凝土达到设计要求强度后进行。
- 7.6.2.18 钢管混凝土的强度达到设计强度且拱肋安装支架拆除后方可进行吊杆施工, 吊杆施工张拉顺序和张拉值应符合设计, 施工中应采取“张拉力为主, 伸长值为辅”的控制措施。
- 7.6.2.19 桥面系施工、吊杆安装程序等应按设计程序对称、均衡施工, 同时应采取措施使吊杆与后浇筑的系杆混凝土隔离。
- 7.6.2.20 吊杆施工完毕并经检验合格后, 方可拆除梁部现浇支架。

7.7 涵洞

7.7.1 圆形涵洞

- 7.7.1.1 钢筋混凝土圆管成品管节端面应平整并与其轴线垂直; 斜交管涵进出口管节的外端面应按斜交角度进行处理; 圆管内外壁表面应光滑圆顺; 管节混凝土强度应符合设计要求。
- 7.7.1.2 当圆形涵洞设计为混凝土或砌体基础时, 应设置混凝土管座, 顶部弧形面应与管身紧密贴合。
- 7.7.1.3 当圆形涵洞设计为无基涵时, 应将管底土层夯压密实或回填砂垫层, 并做成与管身密贴的弧形管座; 安装管节时, 应保持管座完整。

7.7.1.4 安装管节时各管节应顺流水坡度安装平顺；插口管接口应平直，环形间隙应均匀，并应安装特制的胶圈或用沥青、麻筋等防水材料填塞，不应有裂隙、空鼓、漏水等现象；平接圆管接缝宽度应为 1.0 cm~2.0 cm，接口表面应平整，并用有弹性的不透水材料嵌塞密实。

7.7.1.5 圆形涵洞施工质量应管身顺直，进出口平整，无阻水现象；帽石、端墙或翼墙应平直，无翘曲现象。

7.7.2 拱涵、盖板涵

7.7.2.1 拱圈和拱上端墙应由两侧向中间同时对称施工。

7.7.2.2 拱圈和盖板现场浇筑施工宜采用钢模板。

7.7.2.3 钢筋混凝土拱圈和盖板现场浇筑宜连续进行；当涵身较长，不能一次连续完成时，可沿长度方向分段浇筑；施工缝应设在涵身沉降缝处。

7.7.2.4 预制拱圈和盖板的安装应到设计强度的 75 %后，方可吊运、安装；安装前，应检查成品及涵洞各部尺寸；除沉降缝外，安装接触面应凿毛，刷洗干净；安装时，结合面应浇水湿润，并用不低于 M10 水泥砂浆填塞。

7.7.2.5 拱涵拱架拆除和拱顶填土、盖板涵支架拆除和涵顶填土，混凝土和砂浆强度均应达到设计强度的 75%后，方可作业。

7.7.2.6 拆除拱架，但必须达到设计强度后方可回填土；当拱架未拆除、混凝土或砌体达到设计强度的 75%后，可拱顶填土，但必须达到设计强度后方可拆除拱架。

7.7.2.7 拱涵、盖板涵施工质量应涵身顺直，涵底铺砌紧密、平整，拱圈圆顺；进出口与上下游沟槽连接平顺，流水畅通。

7.7.3 矩形涵、框架涵

7.7.3.1 施工应按照 TB 10424 的规定执行。

7.7.3.2 预制涵节宜采用钢模板进行施工。

7.7.3.3 预制涵节拼装时，接缝两侧的混凝土面应用水清洗干净。

7.8 防水层

7.8.1 冷作防水层

7.8.1.1 再生橡胶沥青防水涂料可采用溶剂型和水乳型。

7.8.1.2 玻璃丝布宜采用中碱平纹玻璃纤维布。

7.8.1.3 高压聚乙烯塑料薄膜，宜用断裂伸长率为 300%~800 %、适应温度-60℃~+80℃、厚度为 0.04 mm~0.05 mm 的薄膜。

7.8.1.4 使用溶剂型涂料时，垫层表面应保持干燥清洁；当使用水乳型涂料时，垫层表面允许有一定湿度。

7.8.1.5 再生橡胶沥青涂料型防水层施工应在降雨或风力等级 5 级以上时，不应施工。

7.8.2 保护层

7.8.2.1 保护层可采用纤维混凝土或其他混凝土，冷作防水层采用水泥砂浆钢丝网作保护层。

7.8.2.2 制作保护层时，应按桥面纵向每隔 4 m 作 1 条宽约 10 mm,深约为保护层厚度的断缝；当保护层混凝土强度达到设计强度的 50 %以上时，用聚氨酯防水涂料将断缝填实、填满，并不应污染保护层及梁体。

7.8.2.3 保护层顶面的流水坡应符合设计要求，其表面应平整，排水通畅。

7.8.2.4 纤维混凝土保护层强度等级应符合设计要求。

7.8.3 沉降缝

7.8.3.1 沉降缝填缝前，应清扫干净，保持干燥，填塞密实。

7.8.3.2 沉降缝的设置应符合设计要求。

7.9 桥梁变形监测

7.9.1 变形监测

7.9.1.1 实施前，监测单位应制定详细的监测方案。

7.9.1.2 变形监测可采用几何测量、物理传感器测量、卫星定位测量、遥感测量和三维激光扫描等方法。

7.9.1.3 变形监测网应利用施工控制网。当施工控制网不能满足要求时，应建立独立的监测网，并与施工控制网联测。

7.9.1.4 变形观测等级及精度应符合表 8 的规定。

表 8 变形测量等级及精度要求

单位为 mm

变形测量等级	垂直位移测量		水平位移测量
	变形观测点的高程中误差	相邻变形观测点的高差中误差	变形观测点的点位中误差
一等	±0.3	±0.1	±1.5
二等	±0.5	±0.3	±3.0
三等	±1.0	±0.5	±6.0
四等	±2.0	±1.0	±12.0

7.9.1.5 桥梁变形监测的内容应根据桥梁结构类型按表 9 选择。

表 9 桥梁变形监测项目

类型	施工期主要监测内容
梁式桥	桥墩垂直位移 悬臂法浇筑的梁体水平、垂直位移 悬臂法安装的梁体水平、垂直位移 支架法浇筑的梁体水平、垂直位移
拱桥	桥墩垂直位移 移装装配式拱圈水平、垂直位移
悬索桥 斜拉桥	索塔倾斜、塔顶水平位移、塔基垂直位移主缆线性形变 索夹滑动位移 梁体水平、垂直位移 散索鞍相对转动 锚碇水平、垂直位移
桥梁两岸边坡	桥梁两岸边坡水平、垂直位移

7.9.1.6 桥梁沉降观测应按三等垂直位移观测精度要求执行。

7.9.1.7 大型桥梁的变形监测,必要时应同步观测梁体和桥墩的温度、水位和流速、风力和风向。

7.9.1.8 变形监测的数据分析处理应满足下列要求:

- a) 绘制桥梁单墩、梁跨的变形曲线图。
- b) 绘制多个桥墩的各期沉降曲线总图。
- c) 对照分析计算的变形值与实际观测值,对桥梁沉降进行判断。

7.10 桥涵工程验收

应按单位工程组织验收,验收项目应符合 TB 10414 的规定,验收指标符合设计要求。

8 隧道

8.1 一般规定

应重视地质核查、超前地质预报和动态监控量测工作,并做好超前支护、初期支护、基底处理、防排水及二次衬砌等关键工序的施工。

应设置通风、降噪、防尘、照明设施,改善隧道作业环境,减少有害气体、粉尘、噪声等对作业人员的危害。

隧道的分类应符合下列规定:

- a) 长度在 500 m 及以下为短隧道;
- b) 长度在 500 m 以上至 3000 m 为中长隧道;
- c) 长度在 3000 m 以上至 10000 m 为长隧道;
- d) 长度在 10000 m 以上为特长隧道。

8.1.1 应保护环境,文明施工;对环境影响无法避免时,应采取防治措施。

8.1.2 在水源保护区内不应取土、弃土、破坏植被,不应设置拌和站、洗车台、充电房等,并不应堆放任何含有害物质的材料或废弃物。

8.1.3 超前地质预报应满足下列要求:

- a) 应按设计实施超前地质预报,及时收集分析预报资料,完善设计方案并指导施工;
- b) 超前地质预报应作为工序纳入施工组织管理;
- c) 超前地质预报应根据隧道地质和环境特点,选择对应的方法进行综合预报,提高预报的准确性;
- d) 超前地质预报应包括围岩岩性、地质构造、地下水、有毒有害气体等主要内容;
- e) 地质复杂隧道的超前地质预报应进行专项设计,编制实施细则。

8.1.4 隧道施工方法应遵循以下原则:

- a) 应根据环境条件、地质条件、隧道长度、断面大小、设备条件、工期要求、场地条件等因素综合确定,包括:全断面法、台阶法、中隔壁法、双侧壁导坑法等;
- b) 地质条件变化时,应及时变更设计,调整施工方法;
- c) 应根据围岩级别及其自稳能力合理控制循环进尺和施工步距;
- d) 开挖找顶后,应及时喷射混凝土封闭围岩,初期支护应及早封闭成环;
- e) 软弱围岩隧道,初期支护应选用锁脚锚管、锚杆、扩大拱脚、临时仰拱等措施,以控制围岩及初期支护变形量;
- f) 采用中隔壁法、双侧壁导坑法施工,临时支撑的拆除应在初期支护封闭成环并通过监控量测确认稳定后进行;
- g) 仰拱施工采用仰拱栈桥,仰拱栈桥不应置于新浇仰拱混凝土上。

8.1.5 隧道开挖应满足下列要求：

- a) 应根据施工方法、机械设备、地质条件及工程环境等因素，合理选择开挖方式；
- b) 应根据地质条件、隧道断面等因素确定合理的开挖循环进尺及开挖步骤；
- c) 开挖断面应以包括预留变形量在内的设计轮廓线为基准，考虑贯通测量误差和施工误差等因素适当放大。
- d) 预留变形量可根据围岩级别、隧道宽度、埋置深度、施工方法和支护情况等条件，采用工程类比法确定。当无类比资料时，可按表 10 选取；

表 10 预留变形量

单位为 mm

围 岩 级 别	单 线 隧 道
II	—
III	1~3
IV	3~5
V	5~7
VI	采用现场量测确定或采用设计值
注1：浅埋、软岩隧道取大值，深埋、硬岩隧道取小值；	
注2：有明显流变、原岩应力较大和膨胀性围岩应根据量测数据反馈分析确定。	

- e) 隧道的允许施工误差为 ± 5 cm；
- f) 贯通测量误差应符合 TB 10101 的规定；
- g) 隧道的允许超挖值应符合表 11 的规定。

表 11 隧道允许超挖值

单位为 mm

开挖部位	围岩级别		
	I	II~IV	V~VI
拱部	平均 10	平均 15	平均 10
	最大 20	最大 25	最大 15
边墙、仰拱、隧底	平均 10	平均 10	平均 10

- h) 当围岩完整、石质坚硬时，允许岩石个别突出部分侵入衬砌，侵入位置每 1 m^2 不大于 0.1 m^2 。对整体式衬砌，侵入值应小于衬砌厚度的 $1/3$ ，并小于 10 cm ；对喷锚衬砌不应大于 5 cm ；拱脚和墙脚以上 1 m 范围内严禁欠挖；
- i) 开挖爆破作业不应危及支护结构、机械设备及人员的安全；
- j) 爆破设计和爆破器材的采购、运输、储存、检验、加工、使用、退库和销毁应符合国家法律、法规和 GB 6722 的规定。

8.1.6 隧道出渣弃渣应满足以下要求：

- a) 装渣运输方式应根据断面大小、施工方法、机械设备及施工进度等要求综合考虑，优先选用无轨运输；
- b) 运输道路应设置警示标志标牌及声光信号，仰拱栈桥应设置安全防护设施。

8.1.7 隧道支护应满足下列要求：

- a) 应采用喷锚支护，根据围岩特点、断面大小和使用条件等选择喷混凝土、锚杆、钢筋网和钢架等单一或组合的支护形式；
- b) 当开挖工作面不能自稳时，应根据地质条件进行超前支护和预加固处理；
- c) 初期支护与围岩应成为整体的支护体系；初期支护背后不应有空洞和空隙；
- d) 喷锚支护施工中，应做好下列工作：
 - 1) 喷锚支护施工记录；
 - 2) 喷混凝土的强度、厚度、外观尺寸等项检查和试验报告；
 - 3) 监控量测记录；
 - 4) 在地质条件复杂地段，应提供地质素描资料。

8.1.8 特殊岩土和不良地质地段隧道施工应满足下列要求：

施工前应根据设计提供的工程及水文地质资料，结合现场实际情况，制定施工技术方案；

- a) 应采用超前地质预报等方法加强施工地质预报工作；
- b) 应结合实际开挖情况遵循先治水、管超前、短进尺、弱爆破、早支护、快封闭、勤量测的施工原则；
- c) 应增加量测频次，及时分析反馈。

8.2 洞口工程

8.2.1 边仰坡开挖及防护施工应满足下列要求：

- a) 洞外排水应结合永久排水系统统筹考虑；
- b) 洞外排水沟渠排水坡度应使泥砂顺利排出，沟渠的建筑材料应具有防冲刷能力；
- c) 应及时处理边坡、仰坡以上可能滑塌的表土、危石；
- d) 截排水沟应与洞外路基排水系统良好连接；纵坡较陡时，沟身应采取设缓坡段和基座等稳定措施，沟口应采取设垂裙的防冲刷措施；
- e) 边仰坡工程应自上而下逐级开挖支护，及时完成洞口边仰坡加固、防护及防排水工程。

8.2.2 明洞施工应满足下列要求：

- a) 明洞位于陡峭山坡或破碎、松软地层时，先施作明洞衬砌轮廓外的整幅或半幅套拱，必要时应在外侧施作挡墙，在套拱护顶下暗挖明洞土石方，并及时支护边墙，成形后施作衬砌结构；
- b) 明洞仰拱应安排在明洞拱墙衬砌施工前浇筑；隧道采用爆破开挖时，在洞身掘进适当距离后施作明洞；非爆破开挖时，先施作明洞；
- c) 明洞基础应设置在稳固的地基上，两侧墙体地基松软或软硬不均时，应采取措施处理；
- d) 明洞衬砌不应侵入设计轮廓线，浇筑混凝土前应复测中线、高程和模板的外轮廓尺寸；
- e) 明洞外模拆除后应及时施作防水层及排水盲管，并与隧道的防水层和排水盲管顺接，排水管应排水畅通；
- f) 防排水施工应和隧道的排水侧沟、中心水沟的出水口及洞顶的截、排水设施统筹安排；
- g) 侧墙回填应对称进行，拱顶回填应采用小型机械分层进行，分层厚度不大于 0.3m，两侧回填土面的高差不应大于 0.5 m；夯填超过拱顶 1.0 m 以上后方可采用大型机械回填。

8.2.3 洞口段施工应满足下列要求：

- a) 应采取控制爆破振动。邻近建筑物时，应对建筑物下沉、倾斜、裂缝以及振动等情况进行监测；
- b) 应根据地质条件、对地面建筑物的影响以及保障施工安全等因素，选择开挖方法和支护方式。
- c) 进洞前应对地表、仰坡进行防护；
- d) 洞口段应加强初期支护，及时形成封闭结构，并加密监控量测频率；
- e) 洞口段处于偏压时，应先完成洞门结构及回填施工；

f) 洞口段位于浅埋、地表坡度较平缓时，可采用地表锚杆。

8.2.4 洞门施工应满足下列要求：

- a) 洞门的截、排水设施应与洞门工程同步施工；当洞门顶部水沟置于填土上时，填土应夯填密实，必要时应铺砌；
- b) 洞门端墙浇筑与回填应两侧对称，不对衬砌产生偏压；环框式洞门混凝土强度达到设计要求后，应及时回填边、仰坡超挖部分，恢复自然地形坡面。

8.3 超前地质预报

8.3.1 超前地质预报方法选择应遵循以下原则：

- a) 应在地质调查的基础上，根据地质复杂程度采用对应的物探方法和钻探手段进行综合预报；
- b) 隧道工程进行地表和洞内补充地质调查。洞内地质调查应采用地质素描对围岩岩性及风化程度、岩层产状、节理裂隙、地下水等情况进行描述和记录；
- c) 富水、软弱、断层、瓦斯及其他物探异常等复杂地质地段采用钻探为主的综合预报方法。钻探法每循环钻孔长度应不低于 30 m，前后两循环孔应搭接 5 m~8 m；可能发生突泥涌水的地段，超前钻探应设孔口管和止水装置；有毒有害气体地层，应采用长短结合的钻孔方式进行探测。

8.3.2 预报信息管理应满足下列要求：

- a) 各种超前地质预报手段获得的地质信息，应结合监控量测信息进行综合分析；
- b) 施工过程中应将实际开挖的地质情况与预报结果进行对比分析，及时总结经验，指导和改进超前地质预报工作。

8.4 施工方法

8.4.1 全断面法施工应满足下列要求：

- a) 可适用于Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ级围岩；Ⅳ、Ⅴ级围岩在采取有效措施稳定开挖工作面后，也可采用全断面法开挖；
- b) 应控制 1 次同时起爆的炸药量，减少爆破振动对围岩的影响；
- c) 长及特长隧道应采用大型施工机械，各种施工机械设备应合理配套，充分发挥机械设备的综合效率。

8.4.2 台阶法施工应满足下列要求：

- a) 可适用于Ⅲ、Ⅳ级围岩；Ⅴ级围岩在采取必要的超前支护措施稳定开挖工作面后也可采用台阶法施工，必要时设临时仰拱；
- b) 应根据围岩条件合理确定台阶长度和高度；台阶长度不应过长，控制在 1 倍洞径以内；
- c) 台阶形成后，各台阶开挖与支护平行作业。

8.4.3 中隔壁法施工应满足下列要求：

- a) 中隔壁法设置临时仰拱；
- b) 应先施工隧道的一侧，施作中隔壁墙后再施工隧道另一侧；
- c) 中隔壁法左右部的台阶高度应根据地质情况、隧道断面大小和施工设备确定，每侧按两部或三部分台阶开挖，开挖后应及时施作初期支护、中隔壁；两侧先后距离保持 10m~20m，上下断面的距离保持 3 m~5 m。

8.4.4 双侧壁导坑法施工应满足下列要求：

- a) 侧壁导坑、中部开挖应采用短台阶，台阶长度 3 m~5 m，必要时留核心土；
- b) 开挖循环进尺不大于初期支护钢架间距，拱部与两侧壁间的钢架应定位准确、连接牢固；

- c) 根据监控量测信息，初期支护稳定后拆除临时支护，1次拆除长度不应大15m，并加强监控量测。

8.5 开挖

8.5.1 钻爆开挖应满足下列要求：

- a) 装药前应先将炮眼内的泥浆、岩屑清理干净。装药炮眼应堵塞炮泥，堵塞长度不小于20cm；
- b) 爆破作业时，所有人员撤至安全地点；安全地点至爆破工作面的距离，在独头坑道内不应小于200m，当采用全断面开挖时，应根据爆破方法与装药量计算确定。
- c) 机械开挖应根据隧道结构特点、围岩特性和掌子面稳定情况、断面大小、开挖和支护出渣效率、动力提供条件和工期要求、场地条件及经济性等因素，选择合适的机械、开挖方法、开挖参数。

8.6 出渣及弃渣

8.6.1 无轨运输应满足下列要求：

- a) 运输车辆应定期检查制动、转向系统和安全装置的完好性；
- b) 运输车在工作面装车时应满足下列要求：
 - 1) 运输车应在挖装机械发出信号后，方可进入或驶出装车地点；
 - 2) 等待装车时，车与车之间应保持一定的安全距离；
 - 3) 待进入装车位置的汽车应停在挖掘机最大回转半径范围之外；正在装车的汽车应停在挖掘机尾部回转半径之外；
 - 4) 正在装渣的运输车应制动，司机不应将身体的任何部位伸出驾驶室外，严禁其他人员上、下车和检查维修车辆。

8.7 支护

8.7.1 喷射混凝土施工应满足下列要求：

- a) 应采用湿喷工艺，在开挖后及时进行；
- b) 施工配合比应通过试验确定，满足混凝土强度和喷射工艺的要求。

8.7.2 锚杆施工应满足下列要求：

- a) 锚杆类型应根据地质条件、使用要求及锚固特性进行选择，可选用中空注浆锚杆、树脂锚杆、自钻式锚杆、砂浆锚杆和摩擦型锚杆等；
- b) 锚杆施工应及时进行，安装垫板应与喷混凝土面密贴。

8.7.3 钢筋网施工应满足下列要求：

- a) 采用双层钢筋网时，第2层钢筋网应在第1层钢筋网被混凝土覆盖后铺设，其覆盖厚度不应小于3cm；
- b) 钢筋保护层厚度不应小于3cm。

8.7.4 钢架施工应满足下列要求：

- a) 选用钢筋格栅、型钢、钢轨等制成；
- b) 应在开挖或喷混凝土后及时架设；
- c) 安装前应清除底脚下的虚渣及杂物。钢架安装允许偏差：横向和高程为 ± 5 cm，垂直度为 $\pm 2^\circ$ ；沿钢架外缘每隔2m应用钢楔或混凝土预制块楔紧；
- d) 应与喷混凝土形成一体，钢架与围岩间的间隙应用喷混凝土充填密实；钢架应全部被喷射混凝土覆盖，贴岩壁一侧保护层厚度不应小于40mm，临空一侧保护层厚度不应小于30cm。

8.7.5 超前支护和预加固处理应满足下列要求：

- a) 隧道在开挖后自稳时间小于完成支护所需时间的地段，应根据围岩情况、开挖方式、进度要求、机械配套情况，选择下列措施进行超前支护和预加固处理：
 - 1) 喷射混凝土封闭开挖工作面；
 - 2) 超前锚杆或超前小导管支护；
 - 3) 管棚超前支护；
 - 4) 设置临时仰拱；
 - 5) 地表锚杆或地表注浆加固；
 - 6) 小导管周边注浆和围岩深孔注浆。
- b) 喷射混凝土封闭开挖面时，应采用早强混凝土，喷射厚度为 5 cm～10 cm；
- c) 超前锚杆、小导管支护与钢架配合使用，长度大于循环进尺的 2 倍；超前锚杆外插角为 10°～20°，小导管外插角小于 10°；
- d) 超前支护管棚长度应根据地层情况选用，不小于 10 m；钢管直径为 70 mm～127 mm，钢管中心间距为管径的 2 倍～3 倍，纵向两组管棚的搭接长度应大于 3 m；
- e) 临时仰拱应根据围岩情况及量测数据确定设置区段，可采用型钢或喷射混凝土支护加固；
- f) 在软弱围岩及富水地层中施工时，可采用注浆法加固地层，并根据地质情况、隧道断面形状、施工机具等条件，选用小导管周边预注浆、深孔注浆或地表注浆。

8.8 监控量测

量测信息管理应根据地质情况、设计要求、断面形式、开挖方法、施工环境等因素合理选择必测项目和选测项目。监控量测数据取得后，应进行实时分析，绘制时态曲线，对支护及围岩状态、工法、工序进行评价。

8.9 衬砌

8.9.1 复合式衬砌施工应满足下列要求：

- a) 衬砌不应侵入隧道建筑限界，衬砌施工放样时可将设计的轮廓线扩大，一般外放不小于 5cm；
- b) 灌注混凝土前应将模板内的杂物和钢筋上的油污清理干净，木模板应用水湿润，但不应留积水；当模板有裂隙和孔洞时应予以堵塞，不应漏浆；
- c) 混凝土灌注前及灌注过程中，应对模板、支架、钢筋骨架、预埋件等进行检查；
- d) 衬砌的施工缝和变形缝应做防水处理；
- e) 应根据对围岩和支护量测的变形规律，确定二次衬砌的施作时间，保证二衬与掌子面的间距。
- f) 防水层应采用无钉铺设，并在二次衬砌灌注前进行；
- g) 二次衬砌采用全断面 1 次或先墙后拱法灌注混凝土。

8.9.2 钢筋混凝土衬砌施工应满足下列要求：

- a) 钢筋表面的油渍、水泥浆和浮皮铁锈等均应清理干净，钢筋表面不应有削弱钢筋截面的伤痕；
- b) 灌注混凝土时应分层进行，边灌注边振捣；
- c) 应根据气候条件，12h 内即应对混凝土进行养护，养护时间应满足混凝土强度要求，当气温过低时不应进行洒水养护。

8.9.3 仰拱和底板施工应满足下列要求：

- a) 仰拱施工应满足下列要求：
 - 1) 施工前，应将隧底虚渣、杂物、积水等清理干净，超挖应采用同级混凝土回填；
 - 2) 仰拱超前拱墙二次衬砌，其超前距离保持 3 倍以上衬砌循环作业长度；
 - 3) 仰拱施作应优先选择各段一次成型，避免分部灌注；
 - 4) 施工缝和变形缝处应作防水处理。

- b) 底板施工应满足下列要求:
 - 1) 施工前应清除隧底虚渣、杂物和积水;
 - 2) 底板坡面应平顺。

8.10 防排水

8.10.1 防排水施工应满足下列要求:

- a) 应合理采取防、堵、截、排综合治理措施, 并应满足环境保护的要求;
- b) 不应使用污染环境材料, 施工排水可能造成地下水污染时应采取沉淀、过滤等措施处理;
- c) 洞口段排水系统应及早与洞外排水系统协调连通;
- d) 隧道覆盖层较薄或地表水有可能深入隧道时, 施工前应对地表积水、坑、洼等进行处理;
- e) 洞顶截水沟应在仰坡开挖前完成;
- f) 洞内施工排水应满足下列要求:
 - 1) 围岩松软地段应铺砌水沟或用管槽代替, 排水沟应经常清理;
 - 2) 洞内反坡排水应设集水坑接力排出洞外, 配备抽水机的能力应大于排水量 20 % 以上, 并应有备用设备;
 - 3) 隧底水流应设横向排水沟并汇入纵向排水沟。
- g) 隧道通过含水地层, 流量超过设计排水限量时, 应采取封堵措施。

8.10.2 结构防排水施工应满足下列要求:

- a) 应以衬砌自防水为主体, 以接缝防水为重点;
- b) 铺设排水管、防水板前应对初期支护的表面及渗漏水情况进行检查处理; 并应满足下列要求:
 - 1) 初期支护表面应平整, 无空鼓、裂缝、松酥, 并用喷射混凝土或砂浆对基面进行找平处理;
 - 2) 钢筋网、注浆管头、锚杆头等凸出部分应先切断、遮盖或钏平后, 用砂浆或喷射混凝土找平。
- c) 衬砌背后排水及止水系统的施工应满足下列要求:
 - 1) 在衬砌背后设置排水盲管、盲沟或暗沟和在隧底设置中心排水盲沟时, 应根据坑道的渗漏水情况, 配合衬砌一次施工, 施工中应保护衬砌混凝土或压浆浆液不浸入盲沟内堵塞水路;
 - 2) 衬砌背后可采用注浆和喷涂防水层等方法止水; 施工前应根据工程地质和水文地质条件, 通过试验做出设计, 并在施工过程中修正各项参数。
- d) 衬砌背后设置的纵、横、环向排水盲管应根据渗漏水情况适当增设、调整;
- e) 防水板铺设应超前衬砌施工, 并应与开挖工作面保持一定的安全距离; 防水板搭接宽度不应小于 15cm, 分段铺设的防水板边缘部位应预留至少 60 cm 的搭接余量。搭接缝应采用热熔双焊缝; 搭接缝焊接质量应按充气法检查, 发现漏气及时修补; 防水板搭接缝应与施工缝错开 1m~2m。
- f) 防水混凝土施工配合比设计的抗渗等级比设计要求提高 0.2 MPa;
- g) 变形缝缝内两侧应平整、清洁、无渗水; 缝底应先设置与嵌缝材料无黏结力的背衬材料或遇水膨胀止水条; 嵌缝应密实。

8.11 通风、防尘与风水电供应

8.11.1 隧道施工作业环境应符合下列卫生及安全标准:

- a) 通风应能提供洞内各项作业所需的最小风量, 每人应供应新鲜空气 3 m³/min, 采用内燃机械作业时, 供风量不小于 3 m³/(min·kW);

- b) 独头掘进长度超过 150 m 时，必须采用机械通风。其通风方式可采用压入式、吸出式或混合式，并应根据坑道长度、断面大小、施工方法、设备条件等综合确定；当主风流的风量不能满足坑道掘进要求时，应设置局部通风系统；
 - c) 通风机的功率与通风管的直径应根据隧道独头掘进长度、运输方式、断面大小和通风方式等计算确定；
 - d) 当通风管较长，需要提高风压时，可采用多台通风机串联；巷道式通风无大功率通风机时，亦可采用数台通风机并联。串联与并联的通风机应采用同型号；
 - e) 隧道施工应采用综合防尘措施，并按实际工况制定粉尘和有害气体浓度的测定频率。
- 8.11.2 隧道供风应满足下列要求：
- a) 隧道掘进应采用空压机供风，空压机的功率应能满足同时工作的各种风动机具的最大耗风量的要求；
 - b) 空压机站应设在洞口附近，当有多个洞口需集中供风时，可选在适中位置，但应靠近用风量较大的洞口；
 - c) 隧道工作面风压不应小于 0.5 MPa，其高压风管的直径应根据最大送风量、风管长度、闸阀等条件计算确定。
- 8.11.3 隧道供水应满足下列要求：
- a) 供水方案的选择及设备的配置应满足下列要求：
 - 1) 水源的水量应能满足生产和生活用水的需要。有高山自然水源时，应蓄水利用。水池高度应能满足洞内最大水压的要求；
 - 2) 水池的容量应有一定的储备量，满足洞内外集中用水的需要；
 - 3) 采用机械抽水站供水时，应有备用的抽水机。
 - b) 隧道工作面的水压不应小于 0.3 MPa，水管的直径应根据最大供水量、管路长度、弯头、闸阀等条件。
- 8.11.4 隧道供电应满足下列要求：
- a) 变压器容量应按电气设备总用量确定；当单台电动设备容量超过变压器容量 1/3 时，应考虑增加启动附加容量；
 - b) 洞内电线布置和安装应满足下列要求：
 - 1) 成洞地段固定的电线路，应用绝缘良好的胶皮线架设。施工地段临时的电线路，采用橡套电缆；
 - 2) 照明和动力电线路安装在同一侧时，必须分层架设；
 - 3) 动力干线上的每 1 分支线，应装设开关及保险装置。
 - c) 各种电气设备和输电路应有专人进行检查维修、调整工作，作业要求按照 DL 5009.2 的规定执行。

8.12 特殊岩土和不良地质地段隧道施工

8.12.1 富水软弱破碎围岩施工应满足下列要求：

- a) 隧道开挖应满足下列要求：
 - 1) 采用超前地质钻探或其他探测手段，提前了解开挖工作面前方地质、地下水情况，采取有效的措施；
 - 2) 施工中先采用超前钻孔排水，超前钻孔应保持 10 m~20 m 的超前距离；
 - 3) 无排水条件或排水困难，以及不允许排水时，经技术、经济比选，可采用注浆堵水措施。当隧道埋深在 20 m 以内时，可采用地表注浆；当隧道埋深超过 20 m 时，应采用开挖工作面预注浆。

- b) 隧道支护应满足下列要求:
 - 1) 采用超前小导管注浆、管棚、钢架、钢筋网、喷射混凝土等多种支护手段,构成强支护体系;
 - 2) 根据支护的位移量测结果,评价支护的可靠性和围岩的稳定状态,及时调整支护参数;
 - 3) 应采取加强防排水的技术措施。
 - c) 隧道衬砌施工应满足下列要求:
 - 1) 复合式衬砌应根据监控量测结果分析施作时间;
 - 2) 仰拱应及早施作,形成封闭衬砌。
- 8.12.2 膨胀岩隧道施工应满足下列要求:
- a) 应根据膨胀岩的特性,并结合隧道的断面尺寸、施工条件、围岩稳定情况、地下水活动状况等因素,综合研究确定施工方法;
 - b) 初期支护采用喷射混凝土、锚杆、钢架等,必要时可采用钢纤维混凝土或加设钢筋网;隧道开挖后应及时喷射混凝土,封闭岩面。
- 8.12.3 瓦斯隧道施工应满足下列要求:
- a) 应建立专门机构进行通风、防突、防爆及瓦斯检测工作,设置消防设施。高瓦斯工区及瓦斯突出工区应配备救护队;
 - b) 开工前应对施工作业人员及管理人员进行安全技术培训。爆破、电工、瓦斯检测等特种作业人员应持证上岗;
 - c) 瓦斯突出隧道,应单独编制预防煤与瓦斯突出和揭煤、过煤的施工组织设计;
 - d) 隧道内高瓦斯工区和瓦斯突出工区应采用安全防爆型机电设备。低瓦斯工区的机电设备可使用非防爆型;
 - e) 瓦斯隧道严禁火源进洞,人员进入隧道前应在洞口进行登记并接受检查,进入瓦斯突出工区的作业人员应携带个人自救器。
- 8.12.4 岩爆隧道施工应满足下列要求:
- a) 隧道施工中可能发生岩爆时,应遵循以防为主,防治结合的原则,对开挖面前方的围岩特性、水文地质情况等进行预测、预报,当发现有较强烈岩爆存在的可能性时,应及时研究施工对策措施;
 - b) 在岩爆隧道施工过程中,应加强地质预报;
 - c) 隧道施工中,一旦发生岩爆,应采取下列处理措施:
 - 1) 彻底停机待避,同时进行工作面的观察记录,包括岩爆的位置、强度、类型、数量以及山鸣等;
 - 2) 采用能及时受力的摩擦型锚杆;
 - 3) 采用喷射钢纤维混凝土,厚度为 5 cm~8 cm;
 - 4) 当用台车钻眼,岩爆的强度在中等以下时,可在台车及装碴机械、运输车辆上加装防护钢板。
- 8.12.5 挤压性围岩隧道施工应满足下列要求:
- a) 隧道开挖应根据断面大小采用微台阶法;
 - b) 隧道支护应满足下列要求:
 - 1) 支护体系应采取及时支护、限制变形、先柔后刚、封闭成环的原则;
 - 2) 支护可采用可缩钢架、可压缩锚杆和多层钢纤维的喷锚等;
 - 3) 采用可缩式钢架时,应快速封闭成环;
 - 4) 喷射钢纤维混凝土采用逐层加喷作业,并在隧道纵向预留间隙;
 - 5) 支护的总压缩量应与预留变形量一致。

c) 隧道衬砌应满足下列要求:

- 1) 衬砌应采用仰拱超前、先墙后拱或一次成型的方法灌注;
- 2) 衬砌施作时间应在围岩变形速度小于 0.5 mm/d 后进行, 应增加衬砌厚度或采用钢纤维混凝土衬砌、钢筋混凝土衬砌。

8.13 隧道工程验收

应按单位工程组织验收, 验收项目应符合 TB 10414 的规定, 验收指标符合设计要求。

9 轨道

9.1 一般规定

9.1.1 轨道施工前, 应与隧道、路基、桥涵专业进行施工作业面交接, 并复核铺轨前高程与中线偏差。

9.1.2 铺轨基地存轨、存料能力应根据工期、场地大小、铺轨距离、进场道路等因素合理布置, 应做好排水、防洪、环保等预防措施。

9.2 铺轨前铺底砟

9.2.1 应检查确认路基基床表面平整度, 清除基床表面杂物、积水。

9.2.2 应放样道砟摊铺边界, 底砟铺设应采用压路机进行碾压, 在曲线上不应出现反超高现象。

9.2.3 应对底砟和道砟分层进行碾压。底砟顶面应平整, 高程允许偏差宜控制在 ± 20 mm, 厚度允许偏差宜控制在 ± 50 mm, 半宽允许偏差宜控制在 $+50$ mm。

9.3 预铺道砟

9.3.1 应对道砟材料级配进行检验。

9.3.2 根据摊铺厚度及中桩位置, 采用装载机摊铺, 压路机进行碾压。

9.3.3 道砟铺设厚度不宜小于 150 mm, 砟面应整平压实, 砟面中间不应凸起。

9.3.4 桥梁及顶面高于路肩的涵洞两端各 30 m 的预铺道砟厚度, 应使道床面高出桥台挡砟墙或涵洞顶面不小于 50 mm, 并做好临时砟面顺坡。

9.4 有缝线路铺轨

9.4.1 轨枕间距应根据设计规定, 铺设非标准长度钢轨或采用相错式接头的轨道, 轨枕布置时中间轨枕间距 a 值按照附录 G 计算确定, 且不应比表 G.3、表 G.4 中相应的 a 值大 20 mm。

9.4.2 铺轨时, 直线段应在一股钢轨轨腰的内侧, 曲线段在外股轨轨腰的内侧标示轨枕位置。轨枕应正位, 并与轨道中线垂直。轨枕间距允许偏差为 ± 20 mm。

9.4.3 铺设木枕应符合以下规定:

- a) 木枕及其新锯端头和道钉孔应作防腐处理, 劈裂者应作愈合处理, 应宽面在下, 底、面宽度接近的木枕, 应使树心面向下;
- b) 木枕应一端取齐, 不应超过标准长度 6 cm。正线的直线地段, 单线铁路沿线路计算里程方向左侧取齐, 双线铁路沿列车运行方向左侧取齐。曲线地段在曲线外侧取齐。邻近站台的轨道在靠站台一侧取齐;

9.4.4 混凝土轨枕螺旋道钉锚固应满足下列要求:

- a) 螺旋道钉用硫磺水泥砂浆锚固。硫磺水泥砂浆配合比及配制工艺, 应按照附录 H 规定执行;

- b) 锚固前, 轨枕预留孔内杂物和螺旋道钉上粘附物应清理干净。螺旋道钉应干燥, 锚固时其温度保持 0℃以上;
 - c) 螺旋道钉的抗拔力不应小于 60 kN。
- 9.4.5 铺轨时, 轨端应在铺轨前进方向一端方正。直线两轨端应取齐, 曲线接头相错量按计算确定, 允许偏差为 ± 10 mm。
- 9.4.6 曲线尾剩余的接头相错量, 应利用钢轨长度偏差在曲线内调整消除, 困难时可延伸至直线上。必要时可在曲线尾插入 1 根相应缩短量的缩短轨。
- 9.4.7 铺轨时, 小半径曲线地段应考虑轨距加宽设计, 加宽值应符合设计要求。
- 9.4.8 铺轨应符合以下规定:
- a) 不同类型的钢轨应集中成段铺设。同类型钢轨成段铺设的长度: 正线不应小于 1km, 站线同一股道应铺设同一类型的钢轨, 困难条件下, 除使用铁鞋制动地段的调车线外可铺设不同类型的钢轨。两连接钢轨的轨型差不应大于 1 个等级, 并应采用异型轨连接;
 - b) 非标准长度钢轨应以同长度集中成段铺设。正线轨道不应小于 500 m, 站线同股道可集中铺设两种不同长度钢轨。
- 9.4.9 轨道应采用相对式接头。
- 9.4.10 两股钢轨接头位置相错量应符合以下规定:
- a) 正线和到发线上, 直线地段不应大于 40 mm, 曲线地段不应大于 40 mm 加采用的缩短轨缩短量的一半;
 - b) 其他站线、次要站线上, 直线地段不应大于 60 mm, 曲线地段不应大于 60 mm 加采用的缩短轨缩短量的一半;
 - c) 不应用调整轨缝的办法消除接头相错量。
- 9.4.11 在信号机处的两钢轨绝缘接头应为相对式, 轨缝不应小于 6 mm。位置应符合下列规定:
- a) 出站和出站兼调车信号机处绝缘接头可设在信号机前方 1 m 至后方 6.5 m 范围内;
 - b) 调车信号机处绝缘接头可设在信号机前方 1 m 至后方 1 m 范围内;
 - c) 绝缘接头处不应设为异型接头。
- 9.4.12 下列地段轨道可采用相错式接头:
- a) 铺设 25 m 轨半径小于 250 m 及铺设 12.5 m 轨半径小于 200 m 的曲线地段;
 - b) 采用再用轨或非标准长度钢轨, 配置相对式接头有困难的地段;
 - c) 两相错式接头的曲线间长度小于 300 m 的夹直线地段;
 - d) 采用相错式接头的轨道, 两接头相错量不应小于 3 m, 但轨道电路的两绝缘接头相错量不应大于 2.5 m。
- 9.4.13 下列位置不应有钢轨接头:
- a) 明桥面小桥的全长范围内;
 - b) 桥梁端部、拱桥温度伸缩缝和拱顶等处前后各 2 m 范围内;
 - c) 钢梁的横梁顶上;
 - d) 设有温度调节器的钢梁的温度跨度范围内;
 - e) 道口范围内。
- 9.4.14 若钢轨接头落入 9.4.13 条规定位置, 当铺 25 m 钢轨时, 应用 12.5 m 钢轨调整, 当铺 12.5 m 钢轨时, 宜用 25 m 钢轨调整; 困难条件下, 可将接头冻结或焊接, 超过 25 m 的道口无法调整时, 可将钢轨焊接。
- 9.4.15 需要调整钢轨接头位置或合龙口时, 可插入个别短轨。调整桥上钢轨接头位置时, 短轨应铺在离桥台尾 10 m 外。个别插入短轨长度, 正线不应小于 6.25 m, 站线不应小于 4.5 m。除两相邻道岔间外, 不应连续插入两对以上短轨。

- 9.4.16 采用相对式接头轨道的配轨设计，应符合以下规定：
- a) 配轨时，以铺轨长度为依据，按钢轨长度和预留轨缝连续计算轨排位置。直线段终端应确定曲线始点前后的钢轨接头到曲线始点的距离；曲线段终端应确定曲线终点前后的钢轨接头到曲线终点的距离；
 - b) 采用标准长度钢轨轨道的曲线内股，应按表 12 规定选用厂制缩短轨；

表 12 缩短轨适用范围

曲线半径（m）	缩短轨的缩短量（mm）			
	25 m 钢轨		12.5 m 钢轨	
4000~1000	40	80	40	—
800~500	80	160	40	80
450~250	160	—	80	120
250~100	—	—	120	—

注：每处曲线应选用同一种表列缩短量较小的缩短轨。

当需要调整接头位置时，应符合 9.4.13 、9.4.14 中的规定。

- 9.4.17 选定铺轨轨温及其相应的处理办法，应满足下列要求：
- a) 在低于最佳铺轨轨温下限或高于最高允许铺轨轨温时不应安排铺轨，否则在轨温恢复至最佳铺轨轨温范围后，须重新调整轨缝；
 - b) 在最佳铺轨轨温范围内铺轨时，预留轨缝应按式 2 计算确定：

$$a_0 = 0.0118(T_{\max} - t)L - C \dots\dots\dots (2)$$

式中：

a_0 —铺轨时预留轨缝，计算结果得负值时，按零计，单位为毫米（mm）；
 T_{\max} —钢轨可能达到的最高温度，其值采用当地历史最高气温加 20℃，长度大于 300 m 的隧道内，最高温度可采用当地历史最高气温，单位为摄氏度（℃）；
 t —随铺轨进程测定的钢轨温度，单位为摄氏度（℃）；
 L —钢轨长度，单位为米（m）；
 C —钢轨接头阻力和道床纵向阻力限制钢轨自由胀缩的数值，单位为毫米（mm）。

注：钢轨长度等于和小于15 m及长度大于15 m的C值，分别为2 mm和4 mm，但历史最高、最低轨温差在于85℃地区，铺设钢轨长度大于20 m的轨道，C值采用6 mm。

- 9.4.18 竣工工程轨缝质量成段检查，成段长度不大于 1 km。检查结果应符合以下规定：
- a) 检查段内实际轨缝的平均值，按轨缝检算值为标准允许偏差为±2 mm；
 - b) 轨温高于当地历史最高轨温时，不应有连续 3 个及以上的瞎缝；
 - c) 不应出现最大构造轨缝，检算值等于最大构造轨缝除外。
- 9.4.19 钢轨接头连接应符合以下要求：
- a) 轨缝应用轨隙片预留；
 - b) 鱼尾螺栓应涂有效期不少于 2 年的油脂，垫圈开口朝下。接头螺栓扭矩按符合表 13 的规定；
 - c) 钢轨接头处的轨面高差和轨距线错牙：正线和到发线轨道不应大于 1 mm，其他站线、次要站线不应大于 2 mm；
 - d) 铺轨过程，应检查轨排的铺设里程与计划是否相符。因误差积累或差错可能影响前方曲线轨排布置或钢轨接头可能进入 9.4.13 条规定的禁止进入的地点时，应采取措施调整。

表 13 有缝线路接头螺栓扭矩标准

项 目	单位	25m 钢 轨						12.5m 钢轨	
		最高、最低轨 温差>85℃			最高、最低轨 温差≤85℃				
C 值	mm	6			4			2	
钢轨	kg/m	60 及以上	50	43	60 及以上	50	43	50	43
螺栓 等级	级	10.9	10.9	8.8	10.9	8.8	8.8	8.8	8.8
扭矩	N·m	700	600	600	500	400	400	400	400

9.4.20 人工铺轨应符合以下规定：

- 钢轨应按铺设顺序成对装车，同一轨排的 2 根钢轨，应装在平车中线两侧的对称位置。缩短轨应装在铺设位置的同侧；
- 倒运轨料的小平车，应有制动装置及 2 个以上的止轮器。小平车推行速度不应大于 5 km/h，并不应在大于 6 ‰的下坡道上使用；
- 采用小平车送料时，各接头可先上不少于 2 个螺栓。在直线上至少每隔 6 m，曲线上至少每隔 3 m 固定轨距；
- 工程列车送料前，钢轨接头螺栓和轨枕扣件应补足上好，并拆除轨隙片。轨道方向应直线顺直，曲线圆顺，中线对正。

9.5 铺岔

9.5.1 道岔铺设应符合以下规定：

- 尖轨扳动灵活无损伤。尖轨顶宽 50 mm 以上断面处，不低于基本轨顶面 2 mm。在静止状态下，尖轨尖端应与基本轨密贴，间隙小于 0.5 mm，其它地段小于 1 mm；
- 查照间隔不应小于设计值，护背距离不应大于设计值；
- 道钉浮离或扣件安装不良率正线、到发线不大于 8%，其它站线不大于 10%；
- 正线铺设木岔枕的道岔，尖轨尖端前后 5 米范围内的道床砟肩及边坡应夯拍密实或加宽道床 200 mm。

9.5.2 道岔铺设允许偏差应符合表 14 的规定

表 14 道岔铺设允许偏差

单位为 mm

序号	检 验 项 目		允许偏差	
			正线到发线	其它站线
1	道岔方向	直线(10m 弦量)	4	6
		导曲线支距	±2	
2	轨距	尖轨尖端	±1	
		其它部位	+3 -2	
3	尖轨非工作边轮缘槽最小宽度		-2	
4	尖轨跟端非工作边与基本轨工作边开口距离		±1	
5	轮缘槽宽度		+3 -1	
6	接头	错牙、错台	≤1	≤2
		头、尾接头相错量	≤15	≤20
		轨缝实测平均值与设计值差	±2	
7	岔枕间距、偏斜		±20	

8	尖轨尖端相错量	≤10
---	---------	-----

- 9.5.3 道岔岔后另一股未铺前，辙叉心后间隔铁处应铺临时短轨，尖轨应钉固加锁。临时使用时，应装转辙设备，不应用撬棍扳道或用其他方法支顶尖轨。
- 9.5.4 当道岔轨型与连接线不一致时，道岔前后应各铺1节长度不小于6.25 m与道岔同型钢轨，在困难条件下，长度可减小到4.5 m。两前后道岔间距小于9 m时，道岔轨型应一致或两道岔直接用异型轨连接。设有轨道电路的道岔，两不同轨型道岔间的距离，应满足设置绝缘接头的要求。绝缘接头轨缝不应小于6 mm。
- 9.5.5 岔枕螺旋道钉锚固抗拔力、其位置、高度应符合9.4.4 中的规定。

9.6 无缝线路辅轨

- 9.6.1 工地钢轨闪光焊接应满足下列要求：
- a) 通过型式检验确定工艺参数，型式检验和生产检验应符合TB/T 1632.2 中的规定；
 - b) 焊缝区域冷却到400℃以下时，焊轨作业车方可通过钢轨焊头；
 - c) 焊完后，对钢轨焊缝进行正火、打磨作业，焊头平直度、外观质量检查和超声波探伤应符合TB/T 1632.1 中的规定。
- 9.6.2 焊头轨底经打磨合格后可落在轨枕上，每个钢轨焊接接头均应进行探伤检查。
- 9.6.3 无缝线路应力放散及锁定可采用拉伸器滚筒法或滚筒法，作业时，轨温低于设计锁定轨温时，采用拉伸器滚筒法施工，在设计锁定轨温范围内时，采用滚筒法施工。
- 9.6.4 钢轨位移观测桩设置应满足下列要求：
- a) 单元轨节起终点的位移观测桩与单元轨节焊接接头对应，纵向相错量不应大于30 m。位移观测桩应与电务设备错开；
 - b) 位移观测桩应设置齐全、牢固可靠、易于观测；
 - c) 位移观测桩按里程递增方向顺序编号，编号方法为“×—×”横线前数字为单元轨节的顺序号，横线后为单元轨条内的桩号，编号均以阿拉伯数字标注，并在桩号右上方标“#”号；
 - d) 位移观测桩位置，编号及观测记录应列入竣工资料。
- 9.6.5 无缝线路锁定应具备下列条件：
- a) 施工轨温应在设计锁定轨温范围以内或以下时施工；
 - b) 轨面高程比设计低50 mm～80 mm，轨道中线允许偏差为30 mm；
 - c) 轨道几何尺寸允许偏差应符合表15 的规定。

表 15 轨道静态几何尺寸允许偏差

单位为 mm

序 号	项 目	允许偏差
1	高低（10 m 弦量）	5
2	轨向（直线 10 m 弦量、曲线 20 m 弦量）	5
3	水 平	5
4	扭曲（基长 6.25 m）	5

- 9.6.6 无缝线路应力放散及锁定施工作业应满足下列要求：
- a) 线路锁定前应掌握当地轨温变化规律，根据作业区段的时间间隔，选定锁定线路的最佳施工时间；
 - b) 测量轨温时，要对钢轨的不同位置进行多点测量，取其平均值；

- c) 拆除待放散单元轨节的全部扣件，每隔不大于 10 m 垫入 1 个滚筒，每隔不大于 500 m 距离设置 1 台撞轨器；
- d) 放散应力时，应每隔 100 m 左右设 1 临时位移观测点观测钢轨的位移量，及时排除影响放散的障碍，达到应力放散均匀、彻底；
- e) 在单元轨节的终端应设置 1 台拉伸器拉伸钢轨，必要时撞轨，使拉伸量传递均匀。钢轨拉伸器拉伸钢轨前，滚筒应按要求垫放到位，钢轨拉伸量应满足下列要求：

- 1) 钢轨拉伸量由式 3 计算：

$$\Delta L = \sigma \cdot L \cdot \Delta t \dots\dots\dots (3)$$

式中：

ΔL —单元轨节拉伸量，单位为毫米（mm）；

α —钢轨线膨胀系数 0.0118，单位为毫米每米每摄氏度（mm/m·℃）；

L —单元轨节长度，单位为米（m）；

Δt —设计锁定轨温与施工锁定轨温之差，单位为摄氏度（℃）。

- 2) 钢轨拉伸量达到计算值后，钢轨拉伸器保压，撤出滚筒，安装扣件，锁定线路。这时的施工锁定轨温加上钢轨拉伸换算轨温为实际锁定轨温；
- 3) 线路锁定后，应立即在钢轨上设置纵向位移观测的“零点”标记，按规定开始观测并记录钢轨位移情况；
- 4) 两股钢轨同步锁定，线路锁定后才能撤出钢轨拉伸器；
- 5) 拉伸器撤除后，已锁定单元轨节自由端会产生回缩量，下 1 单元轨节拉伸锁定时，应将该回缩量计入单元轨节拉伸量；
- 6) 锁定日期及实际锁定轨温应列入竣工资料。

9.7 铺砟整道

9.7.1 铺砟整道作业时，道砟应散布均匀，轨道应逐步整正，并应符合以下规定：

- a) 铺轨后应随即进行整道，作业重点为：方正轨枕，补足并紧固配件和扣件，拨顺轨道方向，串实承轨槽处的枕下道砟，消灭反超高和扭曲。
- b) 每次铺砟整道，应先补充枕盒道砟，然后起道、方枕、串砟、捣固，拨正轨道方向，回填清理道砟。道床面高差，应以不大于 5 ‰ 的坡度顺接。
- c) 应在钢轨两侧各 450 mm 范围内均匀捣固，轨下应加强捣固。
- d) 起道应先校正 1 股轨面高程，曲线应先校正内股轨面，再调整另股轨面高程，左右均匀进行。每次起道高度不大于 100 mm。

9.7.2 起道作业应符合以下规定：

- e) 轨面高程按设计要求的允许偏差：在路基上为 $\begin{smallmatrix} +50 \\ -30 \end{smallmatrix}$ mm，在建筑物上为 ± 10 mm，紧靠站台的轨道为 +50 mm，不应有负偏差；
- f) 轨面纵向坡度应与设计纵坡相符，但在路堤预加沉落量未完全沉落地段，因予加沉落量引起的高差由起迄点向两端顺坡，顺坡率不超过 2 ‰；
- g) 钢轨接头处无空吊板，其他部位无连续空吊板。空吊板率正线和到发线不应大于 8 %，其他站线、次要站线不应大于 12 %。
- h) 道床厚度允许偏差为 ± 50 mm，顶宽允许偏差为 $\begin{smallmatrix} 0 \\ +50 \end{smallmatrix}$ mm。
- i) 有砟轨道整道后静态几何尺寸允许偏差应符合表 16 的规定：

表 16 有砟轨道静态几何尺寸允许偏差

项 目	高低 (mm)	轨向 (mm)	水平 (mm)	扭曲 (mm) (基长 6.25m)	轨 距 (mm)
正线及到发线	4	4	4	4	+6 -2
其他站线	5	5	5	5	+6 -2
测量弦长	10 m				

9.7.3 道岔有砟轨道整道后静态几何尺寸允许偏差符合表 17 的规定：

表 17 道岔有砟轨道静态几何尺寸允许偏差

序号	检验项目		有缝道岔	
			正线、到发线	其他站线
1	轨面高程与设计高程差	在有砟道床上 mm	+50 -30	
		在建筑物上 mm	±10	
2	水 平 mm		≤4	≤6
3	高低 (10 m 弦量) mm		≤4	≤6
4	直股轨向 (10 m 弦量) mm		≤4	≤6
5	联接配件和扣件	滑床板与尖轨间离缝 mm	≤2	≤2
		轨撑不密贴离缝 mm	(每侧允许 1 处大于 2 mm)	(每侧允许 1 处大于 2 mm)
		道钉浮离 2 mm 以上者 %	≤8	≤10
		轨枕扣件不良者 %	≤8	≤10

9.8 轨道附属设备

9.8.1 道口铺面板铺砌应平整稳固。护轮轨轮缘槽直线段宽度应为 70 mm~100 mm，曲线里股应为 90 mm~100 mm，深度应为 45 mm~60 mm，护轮轨宜为连续的整体，并保持轮缘槽平顺；两端各做成喇叭口，距护轮轨端 300 mm 处弯向线路中心，其终端距护轮轨工作边不应小于 150 mm。

9.8.2 道口铺面板在钢轨头部外侧 50 mm 范围内应低于轨面 5 mm，道心铺面板应与轨面一致，允许偏差为±5 mm。

9.8.3 桥面护轮轨铺设应符合以下规定：

- 正线铺设的护轮轨应采用较正线低 1 级的旧轨。护轮轨应用同类型夹板连接，每个接头至少用 4 个接头螺栓，螺母应在轮缘槽外侧。困难时，也可用平夹板连接；
- 护轮轨顶面不应高于基本轨顶面 5 mm，也不应低于基本轨顶面 25 mm；
- 铺设混凝土枕时，护轮轨底应铺设塑料垫板，采用护轮轨扣板扣件，扣板型号应与护轮轨类型配套。扣件扭矩可为 30 N·m~40 N·m；
- 桥面护轮轨两端伸出桥台胸墙外不小于 5 m，在直线上桥长大于 50 m，曲线上桥长大于 30 m 的桥上为 10 m，应将其弯折交会于轨道中心，弯折部分的长度应按设计要求办理。轨端应切成斜面结成梭头，固定在轨枕上。梭头超出桥台尾应大于 2 m。在轨道电路上，两护轮轨应按设计要求在梭头连接处设置绝缘接头；
- 单侧护轮轨与双侧护轮轨相连时，相连侧护轮轨伸出防护段后应弯向道心长度不小于 5 m，另一侧按 9.8.1 条做成喇叭口；

- f) 其他地段的护轮轨，含单侧护轮轨，两端应伸出防护地段不应小于 5 m 后再弯折。弯折部分的长度与桥面护轮轨同。
- g) 护轮轨应在轨道基本稳定后铺设。

9.8.4 铺设木枕时，正线曲线半径为 500 m 及以下的曲线，站线半径为 300 m 及以下，按表 18 的规定安装。半径为 200 m 及以下的曲线和道岔导曲线，可根据需要同时安装轨距杆和轨撑两种加强设备。

表 18 轨距杆或轨撑安装数量表

曲线半径(m)	轨距杆(根)			轨 撑 (对)			备 注
	25 m 钢轨	12.5 m 钢轨	10 m 钢轨	25 m 钢轨	12.5 m 钢轨	10 m 钢轨	
$R \leq 150$	10	5	4	14	7	7	可参照(64)昆线参 002—2 图安装
$150 < R \leq 300$	8	4	3	10	5	5	
$300 < R \leq 500$	6	3	3	8	4	4	

9.8.5 铺设钢筋混凝土枕时，曲线地段可不设轨距杆或轨撑，但半径为 200m 及以下的曲线，根据需
要比照表 18 安装，或采用保持轨距能力强的弹性扣件。

9.8.6 铺设轨道电路的线路应设置绝缘轨距杆，丝杆应涂油。

9.8.7 线路和信号标志的设置位置应满足下列要求：

- a) 线路标志应设置在线路计算里程方向左侧，双线区段需另设线路标志时，应设置在列车运行
方向左侧。信号标志应设置在列车运行方向左侧；
- b) 除警冲标外的线路标志、信号标志应设置在距钢轨头部外侧不小于 2 m 处，不超过钢轨顶面
的标志，可设置在距钢轨头部外侧不小于 1.35 m 处；
- c) 警冲标应设置在两会合线路间距不小于 3.5 m 的中间处，曲线时应按限界加宽办法加宽。设
有轨道电路的线路，警冲标设置在距信号机外侧 3.5 m~4 m 处；
- d) 线路及信号标志应采用反光标志，并按符合 TB/T 2493 中的规定。

9.9 轨道工程验收

应按单位工程组织验收，验收项目符合TB 10413中的规定，指标应符合设计要求。

10 电力牵引供电

10.1 牵引变电所

10.1.1 基础及构架

- 10.1.1.1 同一轴线的基坑应一次测定，各类标桩应齐全。
- 10.1.1.2 施工测量的允许偏差应按照 GB 50026 及 TB 10421 的规定执行。
- 10.1.1.3 基坑开挖位置应以施工测量的中心桩为准，松软土质和填方地带应适当加大坑口，以方便
支模及拆模。坚硬土质地带宜不设外模板，按基础外形尺寸挖坑，露出地面部分仍应用模型板。

10.1.2 遮栏及栅栏

- 10.1.2.1 遮栏及栅栏的立柱埋设应垂直、牢固，高度一致，同一轴线上的立柱应在同一平面内。室
外遮栏立柱的顶端应封堵。
- 10.1.2.2 设备防护遮栏宜采用焊接式。

10.1.3 防雷、接地线及回流线

10.1.3.1 避雷针组立前应先将变电所的接地装置敷设完成，组立后应立即用引下线与接地装置焊接牢固。

10.1.3.2 避雷针应平直，焊接牢靠，不应有裂缝、气孔及脱焊等缺陷。避雷针的防腐层应完好。

10.1.4 户外 110kV/220kV 六氟化硫全封闭组合电器（GIS）

10.1.4.1 户外高压全封闭组合电器（GIS）的基本形式分为进线结构型和馈线结构型。

10.1.4.2 GIS 到达现场后不应倒置、碰撞或剧烈振动，开箱检查后将各电气单元按产品的组装顺序排列在预定位置。

10.1.4.3 GIS 的基础应满足下列要求：

- a) 基础的整体水平偏差小于 5 mm；
- b) 断路器本体各单元基础的水平偏差小于 2 mm，相间水平偏差小于 5 mm；
- c) 断路器单元各组与各相关单元基础在纵横轴线上的偏差小于 5 mm 或产品技术规格书。

10.1.4.4 GIS 的安装应满足下列要求：

- a) GIS 各功能单元的支架应安装水平，整体水平偏差不应大于 2 mm；
- b) GIS 各功能单元在纵、横轴安装方向上与安装中心线的偏差不应大于 3 mm；
- c) 并列安装的断路器单元，在纵、横轴方向和绝对标高方面的偏差不应大于 ± 2 mm；
- d) GIS 母线管单元在安装前，应进行检查清扫。母线、触头和母线管内壁不应有金属粉末、油污、划痕和凸凹不平之处。

10.1.5 油浸变压器、电抗器及互感器

10.1.5.1 110kV 和 220kV 油浸变压器、电抗器的装卸及运输前应了解道路及沿途桥梁、涵洞、沟道等的结构、宽度、坡度、转角及承重情况，调查沿途电力架空线、通信线等高空障碍物的情况，了解装、卸车地点的环境，起重能力及地面坚实程度，制定运输方案。

10.1.5.2 用滚轮作短途运输时的速度不应超过 0.2 km/h；用滚杠作短途运输时的速度不应超过 0.9 km/h。

10.1.6 断路器

10.1.6.1 110 kV 和 220 kV 的六氟化硫断路器及额定电压为 27.5 kV 和 55 kV 的真空断路器在运输和装卸过程中，不应倒置、碰撞或受到剧烈振动。

10.1.6.2 断路器的基础或支架应满足下列要求：

- a) 基础的中心距离及高度误差不应大于 10 mm；
- b) 预埋件或预留孔的中心线误差不应大于 10 mm；
- c) 预埋螺栓的中心线误差不应大于 2 mm。

10.1.6.3 整体式两相或三相断路器安装底架平面水平误差不应大于 2 mm。

10.1.6.4 断路器和操动机构联合动作时，应满足下列要求：

- a) 在联合动作前，根据产品类型及其技术要求检查断路器的真空度或向断路器内补充六氟化硫气体；
- b) 具有慢分、慢合装置的断路器，在进行快速分、合闸前，应先进行慢分、慢合操作，分、合过程中不应有卡阻、滞留现象；
- c) 机械指示器的分、合闸位置与断路器的实际状态一致。

10.1.6.5 六氟化硫断路器的安装与调整应满足下列要求：

- a) 不应在现场进行解体检查，组装时选用的吊装器具、吊点及吊装程序符合产品的技术要求；
- b) 各部件安装位置正确；
- c) 法兰的密封槽应清洁，运输中使用的密封垫不应用于安装；涂密封脂时，不应使其流入密封垫内侧与六氟化硫气体接触。

10.1.6.6 真空断路器的安装与调整应满足下列要求：

- a) 真空断路器组装时，基础预埋螺栓与支架间及支架与断路器间连接牢固。支架与断路器间的接地连片安装位置正确，接触良好；
- b) 灭弧室为透明玻璃壳结构的真空断路器，其灭弧室应完整且无气泡，内部元件无氧化变色或脱落现象；
- c) 以工频耐压法检查断路器灭弧室的真空度，其断口耐压强度应符合产品的技术要求。

10.1.6.7 操动机构的安装除应符合 10.1.6 中的要求外，应满足下列要求：

- a) 操动机构的零部件齐全，各转动部位涂润滑脂；
- b) 电器元件的接点动作准确可靠，接触良好；
- c) 加热装置及其控制装置的性能良好。

10.1.6.8 弹簧操动机构的安装应满足下列要求：

- a) 分、合闸闭锁装置动作灵活，复位准确迅速，扣合可靠；
- b) 机构合闸后，应可靠保持合闸位置；
- c) 机构缓冲器的行程符合产品的技术规格书。

10.1.6.9 断路器及其操动机构在安装、调整结束后，应接地。

10.1.7 其他高压电气设备

10.1.7.1 隔离开关及隔离负荷开关的安装与调整，应满足下列要求：

- a) 隔离开关的相间距离误差：100 kV 及以下不应大于 10 mm，220 kV 及以上不应大于 20 mm。相间连杆应在同一水平线上；
- b) 支柱绝缘子应垂直于底座平面，V 形隔离开关除外，且连接牢固；同一绝缘子柱的各绝缘子以及同一相各绝缘子柱的中心线应在同一垂直平面内；
- c) 传动装置的拉杆应校直，其内径与操动机构的转轴直径应相配合，两者间的缝隙不应大于 1 mm，连接部分的销子不应松动；
- d) 延长轴、轴承、拐臂等传动部件的安装位置正确，固定牢靠。

10.1.7.2 高压熔断器的安装，应满足下列要求：

- a) 带钳口的熔断器，其熔断管应紧密地插入钳口内；
- b) 装有动作指示器的熔断器，安装位置应便于检查指示器的动作情况；
- c) 跌落式熔断器的熔管轴线与铅垂线的夹角应为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，跌落时不应碰及其他物体；

10.1.7.3 空心电抗器的安装应满足下列要求：

- a) 支柱绝缘子安装垂直，固定牢靠；各支柱绝缘子顶面在同一水平面上，误差不应大于 2 mm；
- b) 电抗器在吊装时，其轴线应垂直于地面；就位时，电抗器的重量应均匀分布在各支柱绝缘子上；
- c) 电抗器及其支持装置的所有连接螺栓应坚固，其紧固力矩值符合产品的技术规定；
- d) 在空心电抗器间隔内，所有磁性材料的部件应固定牢靠；支柱绝缘子及设备防护网栅的接地线不应成为闭合环路。

10.1.8 全封闭 SF6 气体绝缘高压开关柜

10.1.8.1 配电室内与室外接地网的连接应牢固可靠。开关柜其柜内的接地母线，应从开关柜的两端分别与电缆沟内接地母线进行连接。

10.1.8.2 开关柜的搬运和吊装，不应损伤柜体表面涂层。

10.1.9 母线装置

10.1.9.1 额定电压为 220 kV 及以下母线的安装及调整完毕，应涂刷相色漆、挂相序牌。

10.1.9.2 母线装置采用的设备和器材，在运输及保管中应采取防腐蚀性气体侵蚀和防机械损伤的措施。

10.1.9.3 母线表面应光洁平整，不应有裂纹、折皱、夹杂物及明显的损伤或腐蚀等缺陷。

10.1.10 电缆敷设

10.1.10.1 牵引变电所内电力电缆、控制电缆的敷设应按照 TB 10421 规定执行。

10.1.10.2 直埋电缆通过水沟、公路、铁路岔线、出入建筑物及沿电杆、构架、建筑物引上时，应穿管防护，保护管内径大于电缆外径的 1.5 倍。

10.1.10.3 电缆保护管内壁及管口光滑无毛刺，在弯制后，应无裂缝和明显的凹瘪，采用金属电缆管应镀锌、涂防腐漆或沥青。

10.1.10.4 明敷电缆保护管应用卡子固定在支架或墙上，电缆管支点距离不宜超过 3m。

10.1.10.5 电缆保护管的连接应满足下列要求：

- a) 金属管采用带丝扣的管接头时应密封良好，采用大 1 级的短管套接时，短管两端焊牢密封，短管长度不应小于电缆管外径的 2.2 倍；
- b) 硬质塑料管采用套接或插接，深度为管子内径的 1.1 倍以上，插接面粘牢密封，采用套接时套管两端应封焊。

10.1.10.6 并列敷设的电缆管管口高度应一致。

10.1.11 控制、保护装置及二次回路接线

10.1.11.1 预埋件、预留孔的位置符合设计要求，预埋件安装牢固。盘、柜的底座型钢或支架应可靠与接地网进行连接；

10.1.11.2 配电盘、成套柜、控制台基础预埋型钢安装的允许偏差应按照 TB 10421 规定执行，其顶部宜高出抹平的地面 10 mm。

10.1.11.3 盘、柜等设备及电器的安装应满足下列要求：

- a) 与各构件间的连接牢固，与基础型钢间采用压板连接；
- b) 盘、柜单独或成列安装时，垂直度、水平偏差以及盘、柜面的偏差和盘、柜间接缝的允许偏差标准要求应符合 TB 10421 的要求。

10.1.12 直流电源

10.1.12.1 普通型直流电源装置的安装过程中应做好触头绝缘保护。

10.1.12.2 电源装置，含 UPS 不间断电源，盘柜安装应牢固，盘柜无变形，表面油漆涂层完整，元器件完好无损。电源装置盘柜的本体接地装置应符合设计要求，接地可靠。

10.1.12.3 蓄电池在安装连接条及电缆抽头的连接部分应涂电力复合脂。

10.1.12.4 蓄电池的安装、充放电工作应按照 GB 50172 规定执行。

10.1.12.5 蓄电池组外壳对地的绝缘电阻不应小于 0.5 MΩ。

10.1.13 变电所综合自动化和安全监控系统

10.1.13.1 引入监控柜和通信柜内的数据传输光缆、电缆屏蔽层应可靠接地。

10.1.13.2 综合自动化系统的监控主机及外设的安装位置应该便于维护人员操作及监视，所有通信端口的连接应符合技术标准的规定。

10.1.13.3 监控系统各个自动控制、保护、通信、数据处理、应急控制模块单元应安装在相应的控制保护间隔当中。

10.1.13.4 监控柜和通信柜及监控主机送电前，应对二次回路配线或数据传输电缆进行检查及绝缘测试。

10.1.14 整组传动试验

10.1.14.1 牵引变电所整组传动试验前应满足下列要求：

- a) 施工项目已经全部完工，电气设备电气试验项目已经全部完成；
- b) 试验方案已编制，试验人员应掌握牵引变电所一次接线型式及运行方式，以及保护装置的试验原理；
- c) 电气设备的可调整部位位置正确；
- d) 二次回路绝缘耐压试验合格，交、直流盘工作正常，综控屏单体调试完成，各被控单元通信正常。
- e) 牵引变电所直流回路传动试验项目与步骤应按下列程序进行：
- f) 将所内各支路直流电源依次投入，检查各灯光信号工作是否正常，检查各断路器、隔离开关的位置信号应与其实际位置相符；
- g) 按操作对象程序表逐个对断路器、隔离开关进行近控、远控操作试验。同时检查就地、综控屏位置信号变位是否正常；
- h) 检查断路器、隔离开关的联动及连锁性能，以及非正常操作情况下是否有误动作现象发生。

10.1.15 启动试运行及送电开通

10.1.15.1 牵引变电所的启动试运行应具备下列条件：

- a) 电气设备试验验收合格；
- b) 试运行方案已批准；
- c) 设备的技术文件和图纸齐全；
- d) 外部电源已送电，所内进线设备编号及相序核对无误；
- e) 通信联络设施齐备，话路畅通、清晰；
- f) 有可靠的操作电源；
- g) 运行管理制度健全。

10.1.15.2 启动试运行应满足下列要求：

- a) 外部电源引入所内后，在高压侧电压互感器端子箱处核对电压、相位及相序，应符合设计要求；
- b) 对每台牵引变压器的冲击合闸试验应进行 5 次，中性点接地的电力系统，试验时变压器中性点应接地；
- c) 对变压器进行第 1 次冲击后，持续受电 10 min，变压器应无异常，然后手动分闸。第 2、3、4 次冲击后，持续时间为 5 min，然后分别模拟变压器过流、差动、重瓦斯保护动作分闸。

10.1.15.3 启动试运行，应由现场电力调度员发布操作命令，值班员操作，设专人监护。

10.1.15.4 试运行期间，应制定值班制度，值班人员应加强巡视，做好值班记录。

10.1.15.5 牵引变电所送电开通应满足下列要求：

- a) 测试馈线的绝缘电阻，确认正常后，分别向各条馈线送电，线路末端验电应无异常；当线路上出现故障时，相应的馈线保护应迅速动作；
- b) 监视线路运行时的负荷及电压变化，按时作好记录；
- c) 按规定带负荷运行，全所应无异常情况。

10.1.15.6 送电开通时，应按电力调度发布的调度命令进行。

10.2 接触网

10.2.1 施工测量

10.2.1.1 接触网坑位符合设计要求，依据轨道桩位及钢轨平面进行测量。

10.2.1.2 站场横向测量中，同组软横跨支柱、硬横梁支柱中心的连线应与正线中心线垂直，软横跨支柱偏差角不应大于 3° ，硬横梁支柱偏差角不应大于 2° 。

10.2.1.3 隧道测量应满足下列要求：

- a) 隧道口的起测点，应为隧道口顶部水平线与线路中心线的交点；
- b) 对隧道悬挂点、定位点测量定位时，应避开隧道伸缩缝、断接缝、石缝或明显渗水、漏水的部位。

10.2.2 基础及埋入杆

- a) 基坑开挖前应勘察土质，应调查或探测坑位附近地下电缆、管线等埋设物，并采取防护措施。
- b) 基坑开挖宜采用机械作业方式。
- c) 当采用人工开挖时，土质基坑开挖应挖小坑并采取局部支撑法。
- d) 基坑开挖应满足下列要求：
 - 1) 坑口线路侧设挡板阻止道砟滑落的，采用浅层试探式开挖方法，遇有塌方应立即处理；
 - 2) 基坑开挖的弃土装袋，并搬运至指定地点堆放。

10.2.3 立杆和整正

- a) 安装时应先确认支柱容量、型号符合设计要求，基础混凝土强度达到70%以上方可安装支柱，强度达到100%时方可加上全部负荷。
- b) 钢柱在装卸起吊时，可用1个短钢丝套子连接在支柱重心处的主角钢上。
- c) 杯形基础安装前应先清除杯口内杂物，杯底按设计要求垫入混凝土。

10.2.4 地线、拉线

10.2.4.1 接触网支柱、隧道埋入件及距接触网带电体5 m以内的金属结构均应接地。跨越接触网的天桥及跨线桥应设防护栅网。

10.2.4.2 接地装置施工应满足下列要求：

- a) 采用垂直接地体时，应垂直打入，并与土壤保持良好接触；
- b) 采用水平敷设的接地体，接地体应平直，无明显弯曲，地沟底面应平整，不应有石块或其他影响接地体与土壤紧密接触的杂物。

10.2.5 支持结构安装

- a) 接触网零部件应标准化、系列化，并应耐腐蚀、抗疲劳、强度高。
- b) 承力索零部件宜采用钢材质，导流类零部件宜采用铜或铜合金材质。
- c) 支柱装配的预配、安装应满足下列要求：

- d) 预配完毕，应进行复测，长度偏差不大于 ± 5 mm；
- e) 连接件螺栓紧固力矩应采用力矩扳手检测达标，并予以标识，保护好绝缘子。

10.2.6 架线

- 10.2.6.1 承力索、接触线架设张力、弛度、高度等参数应符合设计要求。
- 10.2.6.2 接触线的规格、型号、机械电气性能应符合设计要求。
- 10.2.6.3 承力索、接触线架设应用专用放线滑轮，接触线架设应在每个跨距内均匀悬挂2个~3个S钩滑轮。

10.2.7 接触悬挂安装与调整

- 10.2.7.1 接触网上部安装调整时不应踩踏接触线。
- 10.2.7.2 中心锚结柱定位器及相邻两跨吊弦布置完毕后方可进行安装中心锚结。
- 10.2.7.3 定位装置安装前应根据零件尺寸进行预配。
- 10.2.7.4 接触网与树木的水平间距不应小于3.5 m，垂直间距不应小于3 m。
- 10.2.7.5 绝缘锚段关节转换柱处的绝缘串距悬挂点的距离应符合设计要求，允许偏差为 ± 50 mm，承力索接触线绝缘子串应对齐，允许偏差为 ± 50 mm。

10.2.8 电连接线安装

- 10.2.8.1 电连接线安装过程中，道岔、关节及股道电连接应预留因温度变化而产生的位移长度。
- 10.2.8.2 电连接线夹螺栓受力均匀，安装时逐个拧紧，连接螺栓紧固力矩应符合设计要求。
- 10.2.8.3 电连接线长度应根据现场实测或以设计要求确定，根据实测长度应增加预留长度、线夹长度及弧度长度制作。
- 10.2.8.4 横向电连接应距吊弦200 mm安装，安装后，吊弦不应卸载。
- 10.2.8.5 道岔电连接应安装在始触区以外，多股道电连接线应安装在1/3跨的位置，并使其在同一横断面内。

10.2.9 线岔安装

- 10.2.9.1 交叉线岔安装，在调整导线高度时，线岔处的导线高度要按定位点处的导线高度来调整。
- 10.2.9.2 交叉线岔安装时应测量相邻悬挂点的拉出值，调整线岔拉出值和导线高度。
- 10.2.9.3 交叉线岔安装应满足下列要求：
 - a) 岔区腕臂顺线路偏移量应符合设计要求，施工允许偏差为 ± 20 mm，两支承力索垂直间隙不小于60 mm；
 - b) 线岔安装应按设计偏移量安装，在将螺栓循环拧紧，紧固力矩应符合设计要求；
 - c) 侧线接触线与正线接触线及限制管之间应有间隙且应符合设计要求；
 - d) 定位器抬升量应符合设计要求，并用包络线检查尺进行检查，保证支持装置各部位均应在包络线以外。

10.2.10 空气绝缘锚段关节式电分相装置

- 10.2.10.1 绝缘锚段关节调整前应复核下列项目：
 - a) 悬挂点的承力索高度及水平位置符合设计要求，允许偏差为 ± 50 mm；
 - b) 腕臂顺线路方向的偏移量符合设计要求，允许偏差 ± 50 mm；
 - c) 吊弦点的安装位置符合设计要求，偏差为 ± 100 mm。

- d) 以工作支接触线为基准，采用模拟吊弦将非工作支按设计要求调整到位，再实测吊弦长度，压接正式吊弦更换。

10.2.10.2 绝缘锚段关节电分段绝缘子串安装位置应符合设计要求，施工允许偏差为 ± 50 mm。承力索、接触线两绝缘子串中心应对齐，施工允许偏差为 ± 50 mm。

10.2.10.3 不同电力系统供电的接触网分相装置区段应加强绝缘，不应将两个电力系统接通。

10.2.11 设备安装

10.2.11.1 隔离开关、负荷开关安装应满足下列要求：

- a) 各连接部件紧固，各转动部分灵活，并涂润滑脂；
- b) 各传动部件安装位置正确，固定牢靠，传动齿轮咬合准确，传动操作轻便灵活；
- c) 电动隔离开关电动机转向正确；机械传动系统润滑良好，动作平稳、噪声小、无卡阻、冲击等异常情况；机构的分、合闸指示与开关的实际分、合闸位置相符；
- d) 隔离开关、负荷开关合闸后触头间的相对位置、备用行程、分闸状态时触头间的净距或拉开角度，符合产品的技术要求。

10.2.11.2 隔离开关的闭锁装置应动作灵活，准确可靠。带有接地刀刀的隔离开关，接地刀刀与主触头间的机械或电气闭锁应准确、可靠。

10.2.11.3 避雷器安装应满足下列要求：

- a) 不应任意拆开，破坏密封和损坏元器件；
- b) 安装位置，尺寸及引线方式符合设计；
- c) 各连接处的金属接触表面除去氧化膜及油漆，并涂一层电力复合脂；
- d) 金属氧化物避雷器的排气通道畅通，排出的气体不致引起相间或对地闪络，并不应喷到其他电气设备；
- e) 引线连接不应使端子受到超过允许的外加应力。

10.2.12 冷滑试验及送电开通

10.2.12.1 冷滑试验应具备下列条件：

- a) 冷滑试验区段的接触网工程已竣工；
- b) 冷滑试验区段的接触网已检查；
- c) 影响冷滑试验的绝缘包扎物等已全部拆除。

10.2.12.2 接触网带电体距跨线桥、其他跨线建筑物和隧道壁等处的静态最小空气绝缘间隙应符合设计要求。

10.2.12.3 试验前应在直线段线路上，利用经纬仪校核检测用受电弓的中心是否与线路中心重合，否则应调整受电弓，并将受电弓底座接地端与车顶接地端子可靠连接。

10.2.12.4 开通区段接触网绝缘良好，冷滑试验达标后可向接触网送电。牵引变电所、开闭所或分区所向接触网送电后，应采用 35 kV 高压验电器在供电臂末端验电，供电臂始、终端应有电。

10.2.12.5 送电开通应满足下列要求：

- a) 接触网送电空载运行 1 h 无异常，可进行电力机车负载热滑试验；
- b) 接触网系统检查、试验合格后试运行。

10.3 牵引供电远动系统

10.3.1 监控站设备安装

10.3.1.1 监控站的远动盘、成套柜、控制台基础预埋型钢安装的允许偏差应符合设计要求。盘、柜等与基础型钢间宜采用螺栓连接或压板连接。盘、柜安装时，其垂直度，水平偏差以及盘、柜面的偏差和盘、柜间接缝的允许偏差应符合设计要求。

10.3.1.2 接地电阻值应满足设计要求。

10.3.2 被控站设备安装

10.3.2.1 各类盘、柜与基础或构件间应连接牢固可靠，除地脚螺栓外，所有紧固件应为镀锌制品。

10.3.2.2 现场安装在盘、柜上的电器设备和元件应符合设计要求，动作可靠。

10.3.2.3 室外远动终端设备安装位置正确，设备固定牢固，门、盖严密。安装高度、角度均应符合设计的要求。插接件应接触紧密，防松动措施可靠。

10.3.3 被控站及通道调试

- a) 远动系统调试前应对远动通道进行检测，通道质量应符合 TB 10006 的规定。
- b) 电源装置的输入、输出电压的极性和电压值应满足产品的技术要求，双电源切换功能良好。
- c) 主控单元和通信单元的测试应进行功能检查，工作应正常。

10.3.4 远动系统模拟调试

10.3.4.1 使用被控站远动设备 I/O 模拟器进行遥控、遥信和遥测等试验，测试仪宜接于通道端子或通信单元上，对于设有自配测试系统的被控站远动设备，也可用其自配测试系统进行测试。

10.3.5 远动系统联调

10.3.5.1 远动系统联调应具备下列条件：

- a) 远动系统模拟调试完成；
- b) 控制站和被控站房屋防尘措施良好，环境温度和湿度满足设计要求；
- c) 供电设备的整组试验工作已完成。
- d) 调试每个被控站的遥控、遥信、遥测、系统在线自检功能、系统切换功能、系统供电运行方式、调度管理功能。

11 电力

11.1 变、配电所

11.1.1 一般规定

11.1.1.1 电气设备及零配件进场应妥善保管并采取保护措施，电气设备应定期进行绝缘测试。

11.1.1.2 进行二次浇筑稳固的构支架电杆，组立前应将基础杯口内侧及电杆需二次浇筑的表面进行打毛处理，增加二次浇筑混凝土的胶合程度。

11.1.1.3 连接螺栓宜应采用由里往外穿和由下往上穿的安装方式。

11.1.1.4 高压开关柜、低压配电盘、柜在型钢基础上应采取压板固定，严禁采用焊接固定。

11.1.1.5 采用螺杆式引出端子与母线连接的变压器高压套管和穿墙套管，应在引出螺杆上安装转换端子后与母线连接。

11.1.2 基础及构架

- 11.1.2.1 基础及构架的位置、高程应按照基础平面设计图、场地的轴线标桩、岔线中心里程标及规定的水准点进行施工测量。
- 11.1.2.2 基坑开挖的位置应以施工测量的中心桩为准，基坑开挖的尺寸应符合设计要求。
- 11.1.2.3 基础模板应安装牢固，应能承受混凝土的侧向压力和一切施工负荷，拼缝应严密不漏浆，内侧应涂脱模剂。
- 11.1.2.4 混凝土基础的强度应符合设计要求。
- 11.1.2.5 混凝土应连续浇筑，上层混凝土应在下层混凝土凝结前浇筑完成。承受动力作用的断路器基础，应 1 次连续浇筑完成。
- 11.1.2.6 基础表面应平整，不应有蜂窝、麻面、棱角损坏或露筋现象。
- 11.1.2.7 混凝土基础强度达到设计强度的 70 % 以上时，方可进行电气设备安装；不高于地面 200 mm 的杯形基础在混凝土强度达到设计值的 50 % 并回填夯实后，即可进行立杆和二次浇筑；达到设计强度的 70 % 以上时，方可进行杆上作业。
- 11.1.2.8 横梁及设备托架应设明显的接地引下线，并与接地网相连接，焊接牢靠。螺栓连接结点接触面应锉平后作防腐处理。
- 11.1.2.9 母线横梁的弯曲度不应大于其全长的 5 %，安装位置及固定方式应符合设计要求，连梁角钢或配件与杆顶钢板的连接应牢固、可靠、密贴。
- 11.1.2.10 配电盘、成套柜、控制台基础预埋型钢安装的允许偏差应符合表 19 的规定，顶部宜高出抹平的地面 10 mm。

表 19 基础型钢安装的允许偏差

项 目	允许偏差	
	mm/m	mm/全长
直线度	<1	<5
水平度	<1	<5
位置误差及不平行度	—	<5

11.1.3 遮栏及栅栏

- 11.1.3.1 配电装置的遮栏高度不应小于 1.7 m，栅栏高度不应小于 1.2 m。网状遮栏网孔不应大于 40 mm*40 mm，栅栏的栅条间距和栅栏最低栏杆到地面的距离不应大于 200 mm。
- 11.1.3.2 遮栏及栅栏立柱埋设应垂直、牢固，高度一致，同一轴线上的立柱应在同一平面内。室外遮栏立柱的顶端应封堵。
- 11.1.3.3 制作遮栏的钢板和钢板网应平整，不应有尖角和毛刺。网板与边框、遮栏与立柱应焊接牢固。
- 11.1.3.4 遮栏及栅栏金属表面的防腐层应完好，其颜色应均匀一致。

11.1.4 高压断路器

- 11.1.4.1 两相或三相为整体式结构的断路器，其安装后底架平面的水平误差不应大于 2 mm。
- 11.1.4.2 断路器及其操动机构的安装应垂直、牢固，底座或支架与基础间的调平垫片不宜超过 3 片，断路器加垫厚度不应大于 10 mm，操动机构加垫厚度不应大于 20 mm，各垫片间应焊接牢固。
- 11.1.4.3 断路器及其操动机构在安装、调整结束后，应接地。

11.1.5 开关柜

11.1.5.1 高压开关柜应按照柜体组立、母线桥安装、硬母线安装、绝缘距离检查、断路器和隔离开关传动检查试验、二次配线、整体传动检查试验的顺序安装。

11.1.5.2 高低压开关柜安装完成后，应检查盘柜标识、模拟线图与电气主接线图及微机保护远动监控显示器屏画面一致。各种标识齐全、正确。

11.1.6 箱式变电所

11.1.6.1 箱变的基础表面水平度不应大于 3° 。

11.1.6.2 线路附近的箱式变电所，外边廓距线路中心的距离应符合设计要求。

11.1.6.3 应对箱变通风装置的工作状态进行检查确认，通风孔应全部畅通，通风机绝缘良好，运转正常。

11.1.6.4 箱变高压单元的装配、检验及传动实验，应符合设计要求。

11.1.6.5 接地网的接地电阻值应符合设计要求，在箱式变电所的外壳专用接地端子处应不少于两根接地线与接地网进行连接。

11.1.7 母线装置

11.1.7.1 母线表面应光洁平整，不应有裂纹、折皱、夹杂物及明显的损伤或腐蚀等缺陷。

11.1.7.2 室内、室外配电装置的安全净距符合设计要求。

11.1.7.3 软母线的安装应满足下列要求：

- a) 不应有接头，不应与地面摩擦，不应有损坏；
- b) 切断软母线时端头应绑扎，端面整齐、无毛刺；
- c) 软母线安装后的弛度符合设计要求。

11.2 35kV 及以下架空电力线路

11.2.1 施工测量

11.2.1.1 使用全站仪或者角度最小读数不大于 1° 的经纬仪。

11.2.1.2 检查杆塔中心桩是否稳固，有无松动现象。

11.2.2 杆塔组立与绝缘子安装

11.2.2.1 电杆顶端应封堵良好。

11.2.2.2 电杆钢圈焊接后应除净表面铁锈和焊缝的焊渣及氧化层，并进行防腐处理。

11.2.2.3 终端杆应向拉线侧预偏，预偏值不应大于杆梢直径。

11.2.2.4 线路在设有双侧拉线的跨越杆时，应向非跨越方向倾斜。

11.2.2.5 三联杆应独立直立，两杆间连杆及抱箍安装高度、方式符合设计要求，拉线设置方向应符合平衡线路张力需要。

11.2.2.6 铁塔组立后，塔脚板应与基础面接触良好，有空隙时应垫铁片，并应灌注水泥砂浆。

11.2.2.7 直线型塔经检查合格后可随即浇筑，耐张型塔应在架线后浇筑保护帽。

11.2.2.8 保护帽的混凝土应与塔脚板上部铁板结合严密，且不应有裂纹。

11.2.3 拉线安装

11.2.3.1 拉线盘的埋设深度和方向，应符合设计要求。拉线棒与拉线盘应垂直，螺杆连接处应采用双螺母，其外露地面部分的长度应为 $500\text{ mm} \sim 700\text{ mm}$ 。

11.2.3.2 拉线坑应有斜坡，回填土时应将土块打碎后夯实，拉线坑宜设防沉层。

11.2.3.3 当一基电杆上装设多条拉线时，各条拉线的受力应一致。

11.2.3.4 采用镀锌铁线合股组成的拉线，其股数不应小于 3 股。镀锌铁线绞合应均匀，受力相等，不应出现抽筋现象。

11.2.4 导线架设

11.2.4.1 不同金属、不同规格、不同绞制方向的导线不应在档距内连接。

11.2.4.2 采用接续管连接的导线或避雷线，应符合 GB/T 2314 的规定。

11.2.4.3 导线或避雷线采用液压连接时，应符合 DL/T 5285 中的规定。

11.2.4.4 10 kV 及以下架空电力线路的导线，当采用缠绕方法压接时，连续部分的线股应缠绕良好，不应有断股、松股等缺陷。

11.2.4.5 10 kV 及以下架空电力线路在同一档距内，同 1 根导线上的接头，不应超过 1 个。导线接头位置与导线固定处的距离应大于 0.5 m，当有防振装置时，应在防振装置以外。

11.2.5 绝缘导线架设

11.2.5.1 架空绝缘线与电杆或拉线间的净距离不应小于 0.2 m。

11.2.5.2 架空绝缘线路跨越或接近物体时，安全净距应符合设计要求。

11.2.5.3 带承力索的架空绝缘线路的承力索应接地，其接地电阻不应大于 $30\ \Omega$ 。

11.2.5.4 架空绝缘线的中间头及终端接头应密封良好。

11.2.5.5 在 1 个档距内，每根架空绝缘线路不应超过 1 个承力接头。

11.2.5.6 架空绝缘线接头处距固定点不应小于 500 mm。

11.2.6 线路设备安装

11.2.6.1 电杆上电气设备的安装应安装应牢固可靠，电气连接应接触紧密。

11.2.6.2 变台及低压配电箱基础应符合设计要求，其承重能力应大于变压器质量的 1.05 倍。

11.2.6.3 落地变台采用围墙防护时，其墙体的高度和厚度应符合设计要求，并应在门上喷刷或悬挂带闪电标志的警示牌；当采用围栏或栅栏防护时，应在围栏或栅栏的明显位置悬挂带闪电标志的警示牌。

11.2.6.4 信号电源监控装置应设置独立的接地装置。供电设备的接地线不应与信号电源监控装置共用 1 个接地装置。

11.2.7 接户线

11.2.7.1 10kV 及以下接户线的档距不应大于 25 m。

11.2.7.2 接户线的线间距离零线和相线交叉处，应保持一定的距离或采取绝缘措施。

11.2.7.3 低压接户线与弱电线路的交叉距离，在弱电线路上方时的垂直距离不应小于 600 mm；在弱电线路下方时的垂直距离不应小于 300 mm。不能满足上述要求时，应采取隔离措施。

11.2.7.4 低压接户线不宜跨越建筑物，必需跨越时，在最大弛度情况下，对建筑物的垂直距离，不应小于 2.5m。

11.2.7.5 低压接户线不应从高压引下线间穿引，不应跨越轨道线路。

11.3 电缆线路

11.3.1 直埋电缆的敷设

11.3.1.1 电缆径路应避开有可能使电缆受到机械损伤、化学或地下电流腐蚀、振动、热影响、腐植物质、虫鼠等危害的地段，无法避开时，应采取保护措施。

11.3.1.2 直埋电缆的埋设深度应满足下列要求：

- a) 电缆表面距地面不应小于 0.7 m。穿越农田时不应小于 1 m。在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处，可浅埋，但应采取保护措施；
- b) 直埋电缆应设于冻土层以下，当受条件限制时，应按设计要求采取电缆保护措施；
- c) 电缆在岩石等困难地段的施工可浅埋，但应按照设计要求采取必要的防护措施；
- d) 直埋电缆的上、下部应铺以不小于 100 mm 厚的软土或沙层，并加盖保护板，其覆盖宽度应超过电缆两侧各 50 mm，保护板可采用混凝土盖板或砖块。

11.3.1.3 直埋电缆引入建筑物或电缆人孔井时应采用保护管保护。

11.3.1.4 电缆锯断后应立即对其端部进行临时性封端。

11.3.1.5 多条电缆平行敷设时，中间连接器位置应相互错开。

11.3.2 电缆沟内电缆的敷设

11.3.2.1 电缆沟内表面应平整，每隔 45 m~50 m 应设置集水坑，沟底倾向集水坑的坡度不应小于 0.3%。

11.3.2.2 室外电缆沟宜采用钢筋混凝土盖板，每块盖板的重量不宜超过 50 kg。

11.3.2.3 电缆沟内同侧敷设的各种电缆支架的排列应按高压电缆、低压电缆、控制电缆的顺序自上而下排列。

11.3.3 电缆穿越河道、溪流时的敷设

11.3.3.1 电缆线路与小河或小溪交叉时，应设置于保护管、保护槽内并埋在河床以下不小于 0.5 m 处。

11.3.3.2 电缆的水底部分不应有接头，水底电缆与陆上电缆在岸边的接头，应装有锚定装置。

11.3.3.3 在河床及河岸容易遭到冲刷的地段，不宜敷设电缆。

11.3.4 变、配电所内电缆的敷设

11.3.4.1 敷设电缆应将电缆盘安置在专用放线架上，放线架安置稳妥，电缆从电缆盘上端引出。敷设电缆宜用座式或吊式滚轮，避免电缆在支架或地面上摩擦拖拉，不应出现铠装压扁、绞扭、铠装或护套折裂等现象。

11.3.4.2 电缆敷设时，不应形成相互交叉。敷设后的电缆排列应整齐，在终端头或接头附近宜预留适量长度。

11.3.4.3 每条电缆的两端、电缆层及电缆井内均应设标志牌，注明线路编号，字迹应清晰，不易褪色。标志牌规格统一，宜用塑料标牌挂装牢固。

11.3.5 隧道内、桥梁上电缆的敷设

11.3.5.1 电缆在隧道的敷设方式分为槽道内敷设和支架、挂架敷设。

11.3.5.2 进出槽道的电缆应穿钢管保护，槽道出入口及钢管口处应密封。

11.3.5.3 电缆中间接头处电缆的预留方式应符合设计要求。

11.3.5.4 电缆沿隧道壁用支架固定敷设时应符合以下要求：

- a) 支架应有足够的机械强度和防腐蚀性能，支架的安装应牢固；
- b) 电力电缆与其他电缆、接触导线和隧道壁的最小距离应符合表 20 的规定；

表 20 电纸、导线、隧道壁相互间的最小净距

单位为 m

地点、位置	高压电缆	低压电缆	绝缘导线
隧道壁	0.10	0.05	0.05
低压电缆	0.30	0.10	0.10
绝缘导线	0.30	0.10	0.10
27.5kV 接触线	2.00	2.00	2.00
10kV 电力电缆	0.15	0.30	0.30

c) 隧道内同侧敷设的各种电缆或导线支架的排列应按高压电缆、低压电缆、低压绝缘线、控制电缆的顺序自上而下排列；

d) 电缆固定支架不应侵入建筑限界内。

11.3.5.5 电缆沿桥梁敷设时，可穿管或用槽道防护，槽道敷设位置应符合设计要求，槽内铺细砂；桥墩两端和伸缩缝处的电缆，应留有松弛量，松弛部分应采取减振措施并固定。

11.3.6 电力电缆终端头及中间头的制作

11.3.6.1 制作塑料绝缘电力电缆终端与接头，并应备置消防器材和临时电源。

11.3.6.2 35kV 及以下电缆终端与中间头应符合设计要求。

11.3.6.3 电缆线芯连接金具，应采用符合标准的连接管和接线端子，其内径应与电缆芯线紧密配合，间隙不应过大。

11.3.6.4 电缆终端头和接头应采取加强绝缘、密封防潮、机械保护等措施。

11.3.6.5 塑料绝缘电缆在制作终端头和接头，应彻底清除屏蔽层。包带石墨屏蔽层，应使用溶剂清除碳迹。挤出屏蔽层剥除时不应损伤绝缘表面，屏蔽端部应平整。

11.3.6.6 三芯电力电缆终端处的金属护层应接地，塑料电缆每相铜屏蔽和钢铠应焊接地线。

11.3.6.7 电缆终端应有明显的相色标志，并与系统的相位一致。

11.3.6.8 控制电缆终端可采用一般包扎，接头应采取防潮措施。

11.4 低压配电

11.4.1 低压动力柜及低压电力配电箱

11.4.1.1 安装应垂直，倾斜角度不应大于 1.5/1000。

11.4.1.2 基础宜使用螺栓固定，多组并排安装连接时应使用螺栓连接。

11.4.1.3 墙、柜底与地面的距离应符合产品技术要求。

11.4.1.4 室外配电箱间的线缆连接不应使用普通硬质塑料管，密封应良好。

11.4.2 低压断路器及漏电保护器

11.4.2.1 安装应垂直，倾斜度不应大于 5°。

11.4.2.2 低压断路器与熔断器配合使用时，熔断器应安装在电源侧。

11.4.3 低压隔离开关、刀开关及转换开关安装

11.4.3.1 可动触头与固定触头的接触良好，大电流的触头或刀片宜涂电力复合脂。

11.4.3.2 双投刀闸开关在分闸位置，刀片应可靠固定，不应自行合闸。

11.4.3.3 安装杠杆操作机构，应调节杠杆长度，操作到位、灵活，开关辅助接点指示正确。

11.4.3.4 开关的动触头与两侧压板距离应调整均匀，合闸接触面应压紧，刀片与静触头中心线应在同一平面，且刀片不摆动。

11.4.3.5 转换开关和倒顺开关安装，手柄位置指示与相应的接触片位置对应，定位机构可靠，所有触头在任何接通位置应接触良好。

11.4.4 低压接触器及启动器

11.4.4.1 接触器与可逆启动器，机械与电动联锁装置的动作均应正确可靠。

11.4.4.2 手动操作的启动器，触头压力应符合设计要求。

11.4.4.3 接触器或启动器均应进行通断检查，启动值应符合产品技术要求。

11.4.5 电阻器、变阻器及电磁铁

11.4.5.1 电阻器与其他电器垂直布置时，应安装在其他电器的上方，并留适当间隙。

11.4.5.2 电阻器与电阻元件的连接采用裸导线，接触可靠。

11.4.5.3 电阻器与变阻器内部不应断路或短路，直流电阻值误差应符合设计要求。

11.4.5.4 电磁铁的衔铁及其传动机构的动作应迅速、准确、无卡阻。

11.4.5.5 制动电磁铁的衔铁吸合时，铁芯的接触面应与固定部分接触，不应有异常响声。

11.4.5.6 有缓冲装置的制动电磁铁，应调节缓冲器道孔的螺钉，衔铁动作至最终位置时平稳，无剧烈冲击。

11.4.5.7 牵引电磁铁固定位置应与阀门推杆准确配合，动作行程符合设备要求。

11.4.6 配电线路

11.4.6.1 配电线路不应穿越风管内腔或敷设在风管外壁上，穿金属管保护的配电线路可紧贴风管外壁敷设。

11.4.6.2 穿过楼板、墙壁预留孔洞敷设的线路，应采取防火封堵措施。

11.4.7 电动机配电装置

11.4.7.1 电机基础、地脚螺栓孔、沟道、孔洞、预埋件及电缆保护管的位置，尺寸和质量应按 GB 50170 的规定执行。

11.4.7.2 新装电机的绝缘电阻或吸收比应按 GB 50150 的规定执行。

11.5 电气照明

11.5.1 室内照明

11.5.1.1 同一室内或场所成排安装的灯具，中心线偏差不应大于 5 mm。

11.5.1.2 固定灯具用的螺钉或螺栓不应少于 2 个，木台直径在 75 mm 及以下时，可用 1 个螺钉或螺栓固定。

11.5.1.3 有吊车的厂房内，灯具安装高度不宜低于梁底。

11.5.1.4 公共场所的应急照明灯具自动点亮或电源切换应可靠。

11.5.2 室外及站场照明

11.5.2.1 灯柱、灯塔支柱采用钢筋混凝土电杆时，应符合设计要求。

11.5.2.2 灯柱、灯塔、灯桥的金属构件均应镀锌或涂油漆防腐。

11.5.2.3 每套灯具应在相线上设熔断器。

11.5.2.4 引入灯具的导线，在人口处应做防水弯。

11.5.3 照明布线

11.5.3.1 配线选用的导线型号、规格应符合设计要求。

11.5.3.2 明配线路在穿过墙壁或间壁时，应用阻燃的保护管，穿过楼板时应穿钢管保护，其保护高度距地面或楼面不应低于 1.8 m，但在装设开关的位置，可与开关高度相同。

11.5.3.3 导线在管内不应有接头和扭结，连接接头应设在盒箱内。

11.5.3.4 不同回路、不同电压的交流与直流导线不应穿在同一根管内。

11.6 机电设备监控

11.6.1 系统网络布线

11.6.1.1 监控系统的线缆布放应符合设计要求，排列应该整齐美观。

11.6.1.2 监控系统应选用阻燃型线缆。易受电磁干扰的信号线应采用屏蔽型线缆，屏蔽层应接地。

11.6.1.3 不同系统、不同电压等级、不同电流类别的线路，不应穿在同一管内或线槽的同一槽孔内。

11.7 防雷、接地及安全

11.7.1 防雷

11.7.1.1 避雷针应平直，焊接应牢固，不应有裂缝、气孔及脱焊等缺陷。

11.7.1.2 当采用焊接时，焊口应附有两根不小于下节主筋截面的加强钢筋，焊缝应饱满。当采用螺栓连接时，节间应加焊跨接圆钢，圆钢的直径不应小于 12 mm，紧固件应齐全。

11.7.1.3 避雷针与基础连接应采用双螺帽防松，紧固后涂黄油防腐。基础表面应用水泥砂浆制作防水帽。

11.7.1.4 避雷针的接地方式及接地电阻值应符合设计要求。

11.7.1.5 金属氧化物避雷器的排气通道应畅通，排出的气体不应引起相间或对地闪络，不应喷向其他电气设备。

11.7.1.6 避雷器的接地引下线宜短而直，其工作及保护接地线应分别与地网连接牢固，防腐油漆应完好。

11.7.2 接地网的敷设

11.7.2.1 接地体埋设深度应符合设计要求。接地体引出线和接地装置焊接部位应做防腐处理，表面应清除锈迹和焊接处残留焊药。

11.7.2.2 接地线应有保护措施，不应产生机械损伤和化学腐蚀。

11.7.2.3 接地干线应在不同的两点及以上与接地网相连接。自然接地体应在不同的两点及以上与接地干线或接地网相连接。

11.7.2.4 每个电气装置的接地应以单独的接地线与接地干线相连接。

11.7.2.5 接地体沟槽回填土不应夹有石块和建筑垃圾、不应使用较强腐蚀性的土壤，回填土应分层夯实。

11.7.3 接地体的连接

11.7.3.1 接地体、接地线的连接采用电焊连接时，焊接应牢固无虚焊。

11.7.3.2 串联的金属构件、金属管道作接地线时，应在串接部位焊接金属跨接线。

11.7.3.3 电气设备的接地不应采用裸铝导体作为地下接地体或接地线，不应利用蛇皮管或电缆金属护层作接地线。

11.7.4 防爆及火灾危险场所设备的接地

11.7.4.1 在爆炸危险环境的电气设备的金属外壳、金属构架、金属配线管及其配件、电缆保护管、电缆的金属护套等非常规带电的裸露金属部分，均应接地或接零。

11.7.4.2 在爆炸危险环境的电气设备应采用专用接地线，该专用接地线若与相线敷设在同一保护管内时，应具有与相线相等的绝缘。金属管线、电缆的金属外护层等应作辅助接地线。

11.7.4.3 爆炸危险环境内接地或接零用的螺栓应有防松装置，接地线紧固前其接地端子及上述紧固件，均应涂电力复合脂。

11.8 电力远动系统

11.8.1 监控站设备安装

11.8.1.1 远动盘、柜等设备的安装位置应符合设计要求，盘、柜本体接地端子与接地点连接可靠。远动装置的直流地、交流地和保护地应分别引接地线，并与接地网连接。

11.8.1.2 盘、柜等设备上安装的元、器件应完好无损，牢固可靠，柜内的设备或电器与构件间的连接牢固。

11.8.1.3 远动设备之间电缆走向应符合设计要求。

11.8.1.4 电力远动复示终端设备安装应符合设计要求。

11.8.2 被控站设备安装

11.8.2.1 被控站安装的远动盘、柜、箱与基础或构件间的连接牢固可靠，除地脚螺栓外，所有紧固件应为镀锌制品。

11.8.2.2 远动盘、柜、箱上在现场安装的电器设备和元件应符合设计要求，插接件应接触紧密，防松动措施可靠。

11.8.2.3 远动盘、柜、箱内部板件的配置、插接位置及各单元的站地址、卡地址设置，应符合设计要求。

11.8.2.4 室外远动终端设备安装位置应正确，设备固定牢固，门、盖严密；安装高度、角度应符合设计的要求。

11.8.2.5 远动终端接地系统的设置及接地电阻值符合设计要求。

11.8.2.6 安装于被控站的安全监视系统前端采集设备的安装位置和方式，应符合设计要求。

11.8.3 远动系统联调

11.8.3.1 调试每个被控站的遥控、遥信、遥测、系统在线自检功能、系统切换功能、系统供电运行方式、调度管理功能。

11.8.3.2 位置遥信应按遥信对象表逐个确认，显示屏幕、模拟盘、被控站配电盘的显示和被控对象实际状态应一致。

11.8.3.3 遥测试验应按照遥测对象表逐个进行试验，遥测误差应符合设计要求。

11.8.3.4 故障区段标定装置接口试验，应按产品技术要求进行测试。

12 通信

12.1 通信线路

12.1.1 径路复测

12.1.1.1 按施工图对光电缆径路的下列内容进行复测：

- a) 光、电缆总长度；
- b) 直埋线路径路情况、地下管线状况；
- c) 穿越轨道、桥梁、隧道、河流及建筑等需要防护的处所和防护方式。
- d) 光、电缆径路复测完毕，应形成复测报告、绘制径路复测台帐，并确定单盘光、电缆采购长度。
- e) 光、电缆应按下列规定配盘：
- f) 光缆配盘按出厂盘号顺序排列。未按出厂盘号顺序排列时，相邻两盘光缆的光纤模场直径之差应小于 $1\ \mu\text{m}$ ；
- g) 接头位置应避免落在桥上、隧道中部等位置。

12.1.1.2 光缆单盘应满足下列要求：

- a) 根据出厂记录对照实物检查光缆程式、光纤、金属缆芯、绝缘介质、加强芯、外护层、色谱标识及其他机械物理特性，并符合技术标准的规定；
- b) 开盘检验电缆端面，确定 A、B 端；
- c) 用光时域反射仪(OTDR)检测单盘光缆的长度及固有衰减等指标应符合设计和订货合同要求，并做好检测记录。

12.1.1.3 电缆单盘应满足下列要求：

- a) 根据出厂记录并对照实物检查电缆程式、芯径、绝缘介质、外护层、色谱标识及其他机械物理特性；
- b) 开盘检验电缆端面，确定 A、B 端；
- c) 对号检查所有芯线有无断线、混线等障碍；
- d) 检测芯线的环线电阻；
- e) 检测每 1 根芯线对其他所有芯线及金属护套之间的绝缘电阻。

12.1.2 光电缆线路

12.1.2.1 光电缆线路埋深、直埋光缆与其他建筑物间距离最小净距应符合 GB 51158 的规定。

12.1.2.2 光电缆沟的弯曲半径，不应小于所敷设的光电缆最小直径的 15 倍。

12.1.2.3 光缆敷设、接续或固定安装时的弯曲半径不应小于光缆外径的 20 倍。困难地段不应小于光缆、铝护套电缆外径的 10 倍。

12.1.2.4 管道及人孔、手孔建筑应满足下列要求：

- a) 施工前应根据管道路径、平面、高程设计图等资料进行复测；
- b) 一般地段管道顶部至地面的深度应为 800 mm；
- c) 根据设计要求可做石子或块石的人工地基，人工地基厚度应为 100 mm。

12.1.2.5 架空光电缆的杆路敷设应符合 GB 5115 的规定。

12.1.2.6 光电缆在吊线上可采用电缆挂钩安装，或者用螺旋线绑扎，电缆挂钩程式应符合设计要求。

12.1.2.7 光电缆余留应满足下列要求：

- a) 光缆做接头后余留 2 m~3 m，光缆接头盒内光纤余长为 1.2 m~1.6 m，电缆接头后余留 1 m~2 m；
- b) 中间站通信设备机房入口外两方向各余留 3 m；
- c) 光电缆引入通信控制中心时，在人孔内或电缆引入室内两方向各余留 5 m；

- d) 光电缆接头余留方式在管道人井内接续时，在接头盒的两侧作直径为 50 cm 的圈形余留。直埋地段接续时，光缆作“Ω”余留。

12.1.2.8 直埋光电缆防护应满足下列要求：

- a) 直埋光电缆在经过沟深难以达到埋深要求的石质地段，可采用混凝土槽防护；
- b) 光电缆线路与公路交越时，钢管埋设深度距公路路面应不小于 1 m；
- c) 防护管的材质应无变形和裂纹，钢管无严重锈蚀无老化变质；
- d) 对于电缆埋深达不到要求或施工困难地段，可采用直埋钢管防护。

12.1.2.9 过桥光电缆防护应满足下列要求：

- a) 光电缆过桥时应采取防护措施，钢管或钢槽型号规格应符合设计要求；
- b) 在桥梁安装防护钢槽、钢管时，应安装于桥梁立柱的外侧，位置应高于人行道地板上方 30 cm 以上。遇桥梁避车台时，钢槽、钢管应在避车台外侧绕行；
- c) 防护钢槽、钢管安装应平直、牢固，钢槽、钢管间连接紧密，遇长度大于 50 m 的桥梁时，防护钢槽应留伸缩缝隙；
- d) 防护钢槽、钢管安装前应作防锈处理，安装后应保持漆饰完好，钢槽内应采取防震措施。

12.1.2.10 光电缆线路标桩设置应满足下列要求：

- a) 光电缆直埋路段标桩设置在光电缆接头点和余留点、线路转弯拐点、接地点、穿越障碍点；
- b) 光电缆线路直线段标桩设置间距应符合设计要求；
- c) 线路标桩埋设在光电缆径路的正上方，标桩周围土壤应夯实。

12.1.2.11 光电缆引入室内时应进行防火防鼠封堵。

12.1.3 光缆接续及引入

12.1.3.1 光缆接续宜采用接口盒方式，光缆接续应在封闭环境内进行，不应露天作业。雨天、雾天、环境温度零度以下不应进行光缆接续。

12.1.3.2 光缆引入室内后应挂牌标识，标明光缆的型号、规格、进出方向等。

12.1.3.3 光缆引入时，室内、室外金属护套及金属加强芯应断开，彼此绝缘。

12.1.3.4 在 ODF 架进行光纤终端接续时，光纤应绑扎松紧适度，排放整齐。引出机架的尾纤应加以防护，并在尾纤上标明方向和纤号。同时在机架端子分配表中标明尾纤方向和纤号。

12.1.4 电缆接续及引入

12.1.4.1 电缆引入室内后应挂牌标识，标明电缆的型号、规格、进出方向等。

12.1.4.2 电缆引入成端时，应开剥整齐，编把美观，芯线卡接牢固，序号正确。电缆弯曲半径应不小于电缆外径的 10 倍。

12.1.5 光缆检测

12.1.5.1 光缆中继段衰减应按下列规定检测：

- a) 用 OTDR 检测光缆中继段光纤线路衰减，其实测值应小于光缆中继段光纤线路衰减计算值 a_1 。 a_1 应按式 4 计算。

$$a_1 = a_0 L + \bar{a} n + \bar{a}_c m (dB) \dots\dots\dots (4)$$

式中：

a_0 —光纤衰减标称值，单位为分贝每公里（dB/km）；

\bar{a} —光纤接头双向平均损耗，单位为分贝（dB），

单模光纤 $\bar{a} \leq 0.08 \text{ dB}$ ，

- 多模光纤 $\bar{a} \leq 0.2 \text{ dB}$;
 a_c —光纤活动连接器平均损耗, 单位为分贝 (dB),
单模光纤 $a_c \leq 0.7 \text{ dB}$,
多模光纤 $a_c \leq 1.0 \text{ dB}$;
 L —光缆中继段长度, 单位为千米 (km);
 n —中继段内光缆接头数;
 m —中继段内活动连接器数
- b) 用光时域反射仪(OTDR)检测 1 个光缆中继段, 每根单模光纤接续损耗平均值 \bar{a} 不大于 0.08dB (1310 nm、1550 nm), 每根多模光纤接续损耗平均值 \bar{a} 不大于 0.2 dB。
- c) 用光时域反射仪(OTDR)检测光缆中继段 S~R 点间最大离散反射系数和 S 点最小回波损耗, 结果应符合表 21 的规定:

表 21 光中继段最大离散反射系数和最小回波损耗测试参数表

序号	同步传输模块	波长	S~R 点间的最大离散反射系数	S 点的最小回波损耗 (包括连接器)
1	STM-1	1550 nm	-25 dB	20 dB
2	STM-4	1310 nm	-25 dB	20 dB
3	STM-4	1550 nm	-27 dB	24 dB
4	STM-16	1310 nm	-27 dB	24 dB
5	STM-16	1550 nm	-	24 dB

12.1.6 电缆检测

12.1.6.1 铜芯聚烯烃绝缘铝塑综合护套市内通信电缆用户线路电性能指标应符合表 22 的要求。

表 22 铜芯聚烯烃绝缘铝塑综合护套市内通信电缆用户线路电性能要求

序号	内 容		标 准				换 算
1	导线直径（mm）		0.4	0.5	0.6	0.8	实 测 值 /L
	单线电阻(Ω/km、20℃)		≤148	≤95	≤65.8	≤36.6	
	环阻不平衡(Ω)		≤2				—
2	绝缘电阻 (MΩ.km)	填充型（聚乙烯绝缘）	≥1800				实 测 值 ×L
		非填充型（聚乙烯绝缘）	≥6000				
		非填充型（聚氯乙烯绝缘）	≥120				
3	近端串音（800Hz，dB）		≥69.5				—
4	断线、混线		不断线、不混线				
注：L 为被测电缆长度							

12.2 室内设备安装及配线

12.2.1 管槽安装

- 12.2.1.1 保护管应按下列规定预埋和安装:
- a) 预埋保护管连接盒位置正确, 牢固可靠;
 - b) 埋入墙或混凝土内时, 埋深不小于 15 mm;

- c) 埋入墙或混凝土内的保护管应采用整根材料，需连接时，应在连接处作防水处理，管外不应涂漆；
- d) 应保持管卡间距均匀；
- e) 镀锌金属保护管跨接应满足以下要求：管间采用螺纹连接时，管端螺纹长度不小于管接头长度的 1/2，连接后，其螺纹外露 2 扣~3 扣；
- f) 保护管连接后应保证整个系统的电气连续性，并可靠接地；
- g) 保护管管口应采用防火材料密封处理。

12.2.1.2 光电缆走线架应按下列规定安装：

- a) 走线架安装位置符合设计要求，偏差不大于 50 mm；垂直走线架的位置与楼板孔相适应，穿墙走线架的位置与墙孔相适应；
- b) 走线架支铁垂直不晃动，边铁、横铁应平直且相互垂直；
- c) 走线架金属相互连通，并可靠接地。

12.2.1.3 光电缆线槽应按下列规定安装：

- a) 线槽支架及线槽的型号、规格符合设计要求或线缆布放要求；
- b) 线槽连接固定牢固，槽与槽之间、槽与盖之间、盖与盖之间的连接处对合严密；
- c) 从线槽边帮引出电缆时，开口处采用合适的措施保护电缆；
- d) 槽与槽之间、槽与架之间应有电气连接，并接地。

12.2.1.4 光电缆爬架应按下列规定安装：

- a) 爬架安装位置和固定方式符合设计要求；
- b) 爬架安装所用的支撑物牢固可靠，间隔距离均匀。

12.2.2 设备安装

12.2.2.1 设备安装包括机柜、机架、机柜、机架底座及设备安装。

12.2.2.2 设备安装应按设计要求采取防震措施。

12.2.2.3 底座应按下列规定加工和固定：

- a) 底座固定方式符合设计要求；
- b) 根据机柜、机架尺寸加工底座；
- c) 当地面铺设防静电地板时，底座采用膨胀螺栓直接固定在房屋地面上，并与房屋防静电地板等高。

12.2.2.4 机柜、机架应按下列规定安装：

- a) 机柜、机架的安装位置及安装方式符合设计要求；
- b) 机柜、机架安装应垂直，调节其偏差不大于机柜、机架高度的 1‰；当相邻机柜、机架相互靠拢时，其间隙不大于 3 mm；相邻机柜、机架正立面平齐。

12.2.2.5 壁挂式设备安装位置和方式应符合设计要求，并安装牢固可靠。

12.2.2.6 电缆引入架、光纤分配架（ODF）、数字分配架（DDF）、音频配线架（VDF）、综合配线架、数据配线架等设备应按下列规定安装：

- a) 架内的端子板布置符合设计要求，各种标志正确齐全；
- b) 对电缆引入架、DDF 架、VDF 架的端子板、分线盒、避雷器 等进行对号，并检测其绝缘电阻和电气绝缘强度指标符合技术标准；
- c) ODF 架上法兰盘的安装位置正确、牢固、方向一致。

12.2.2.7 机柜、机架及设备地线应按设计要求连接接地端。

12.2.3 设备配线

12.2.3.1 线缆应按下列规定摆放：

- a) 摆放前检查确认线缆无断线、混线，电缆的绝缘电阻、耐压等电气指标符合要求；
- b) 交流电源线、直流电源线、光纤、各种通信线按不同的路由分开摆放；
- c) 各种线缆应均匀绑扎固定，按顺序出线，摆放应顺直、整齐，无扭绞、交叉；
- d) 防静电地板下敷设时，应留有净空；
- e) 布线应尽量短而整齐，当线缆接入设备或 ODF、DDF、VDF、数据配线架时，留有一定的余量，余留长度统一；
- f) 编扎电缆芯线时保持电缆芯线的扭绞，布线不应过紧，转弯圆滑；
- g) 光纤尾纤单独摆放，软光纤在走线架或线槽内加套管或线槽保护，不应挤压、扭曲；
- h) 敷设好的缆线两端贴有标签，标明型号、长度及起止设备名称等必要的信息；
- i) 室内各种配线中间无接头。

12.2.3.2 线缆应按下列规定连接：

- a) 根据配线架的型号规格，选用电缆焊接、卡接、压接等终接方式；
- b) 采用焊接时，电缆芯线焊接要端正、牢固、焊点光滑，无假焊、错焊、漏焊、短路；
- c) 采用卡接时，卡接钳的规格与电缆芯线线径相匹配；
- d) 组装专用电缆插头和以太网电接口插头时，应配件齐全、线位正确、连接可靠，压接插头时应选用专门工具。

12.2.3.3 配线完成后应进行检查，并满足下列要求：

- a) 从电源室引接的设备供电电源线连接可靠，直流正负极极性正确；
- b) 在相对湿度不大于 80 % 时，检测电源线单线对地及线间绝缘电阻大于 1 M Ω ；
- c) 从室内接地端引接的接地线连接良好，接地电阻值符合设计要求；
- d) 用计算机网线作为数据配线或信号线时，检查其长度和线对的使用符合设计或技术标准的要求；
- e) 射频同轴电缆敷设、射频同轴电缆与连接器的连接等均符合设计或设备技术文件的要求。

12.3 系统终端设备安装及配线

12.3.1 传输系统

12.3.1.1 传输系统施工内容主要包括传输设备安装和配线、传输设备单机调试、传输系统调试、传输系统网管调试等。

12.3.1.2 设备安装应符合 12.1.8 的规定。

12.3.1.3 设备配线应符合 12.1.9 的规定。

12.3.2 视频监控系统

12.3.2.1 室外光电缆应按下列规定敷设：

- a) 室外设备连接电缆时，优先从设备的下部进线；
- b) 沿室外墙壁敷设的电缆优先采用吊挂方式；
- c) 室内墙面优先采用卡子方式；
- d) 墙壁电缆沿墙角转弯时，应在墙角处设转角墙担。

12.3.2.2 室外摄像机应按下列规定安装和配线：

- a) 安装前应逐个通电进行检测和粗调，确认状态正常；
- b) 在线路附近安装摄像机时，应符合限界要求；
- c) 在接触网等高压带电设备附近架设摄像机时，安全防护距离符合设计要求；

- d) 安装在线路沿线时，不应影响司机瞭望信号。

12.3.3 车站广播系统

12.3.3.1 扬声器的位置、安装方式应符合设计要求。

12.3.3.2 当露天扬声器馈线引入室内时，应装设真空保安器或 SPD 电涌保护器。

12.3.3.3 当扩音馈线为地下电缆时，所用电缆盒和线间变压器盒的端子绝缘电阻应符合产品技术条件的规定。

12.3.4 乘客信息系统

12.3.4.1 终端 LED 应按下列规定安装：

- a) 所有终端吊架的安装需要拧紧固定好螺栓，不得出现缺少个别螺丝孔不打螺丝现象；
- b) LED 屏吊架安装不得歪斜；
- c) LED 屏挂入吊架时确认 4 根螺丝全部挂入并拧紧；
- d) 每个 OPS 有不同的地址编码，安装时需要根据屏编码对应安装。

12.3.4.2 区间轨旁及车辆段 AP 应按下列规定安装：

- a) AP 箱的进出线孔有固定规则，安装规则进行穿线接线；
- b) 穿过 AP 箱的光缆电缆需要进入箱内再剥线，保证防水格兰头拧紧外皮；
- c) AP 馈线接口与 AP 天线接口有对应关系，接线应按照设计文件施工。

12.3.4.3 机柜内设备应按下列规定安装：

- a) 检查机柜的接地和平稳性，确认各设备在机柜内的安装位置，机柜内部和周围无障碍物；
- b) 安装时应保持手腕带上服务器附机的静电带；
- c) 搬运设备时，只能使用机箱两侧的把手受力，严禁使用机箱面板、风扇框把手、机箱后盖板把手、机箱通风孔等部位受力。

12.3.5 时钟同步系统

12.3.5.1 时钟同步系统的卫星天线的支撑架和馈线应按下列规定施工：

- a) 天线的安装位置和方式符合设计文件要求；
- b) 检测天线的驻波比，符合技术标准的规定；
- c) 室外安装天线支撑架时，连接地线就近焊接于防雷接地装置；
- d) 室外天线馈线入室之前，在尽量接近进楼处安装防雷器。防雷器接地可靠，防雷器和馈线接头应做防水处理；
- e) 馈线的固定可以根据现场情况采用馈线夹具、吊线、走线槽、走线架等方式进行；
- f) 馈线弯曲半径符合所用电缆的技术要求；
- g) 室外安装天线时，馈线通过馈线密封窗导入室内。

12.3.6 电源系统

12.3.6.1 电源设备安装前，应进行机房环境和安全检查，应符合以下规定：

- a) 供电方式、电压等级和负荷容量应符合设计要求；
- b) 蓄电池安装位置及要求应符合设计要求；
- c) 设备房屋应配备有效的消防灭火器材，严禁存放易燃易爆等危险品。

12.3.6.2 蓄电池架应按下列规定安装：

- a) 蓄电池架的材质、规格、尺寸、称重应符合蓄电池安装要求；
- b) 蓄电池架排列位置应符合设计要求，偏差不大于 10 mm；

- c) 蓄电池架排列平整稳固，水平偏差不大于 3 mm；
- d) 蓄电池布放为 2 层，并不得超过 3 层；
- e) 蓄电池架的安装位置应预留足够的维护空间。

12.3.6.3 蓄电池应按下列规定安装：

- a) 蓄电池安装时，将蓄电池滤气帽或安全阀、气塞等拧紧；
- b) 蓄电池各列排放整齐，前后位置、间距适当；
- c) 电池间隔偏差不大于 5 mm，电池之间的连接应平整，连接螺栓、螺母应拧紧，在连接条和螺栓、螺母上涂 1 层防氧化物或加装塑料盒盖；
- d) 电池体安装在铁架上时，应垫缓冲胶垫；
- e) 各组电池应根据馈电母线走向确定正负极出线位置；
- f) 安装阀控式密封铅酸蓄电池时，应用电压表检查电池端电压和极性；
- g) 安装蓄电池所用的工具应注意绝缘。

12.3.7 防雷及接地

12.3.7.1 接地装置应按下列规定安装：

- a) 水平接地体与建筑物外墙的间距应大于 1 m，埋深应大于 0.7 m；
- b) 水平接地体应挖沟埋设，垂直接地体直接打入地沟内，其间距不小于其长度的 2 倍并均匀布置。垂直接地体坑内、水平接地体沟内用低电阻率土壤回填并分层夯实；
- c) 接地体的材料应符合设计要求；
- d) 避雷带引下线与水平接地体的连接点处应设垂直接地体，垂直接地体应与水平接地体可靠焊接；
- e) 钢质接地体应采用焊接连接；
- f) 在接地装置拐角及尽头处的地面上应设置永久性走向标志。

12.3.7.2 接地引入应符合设计和技术标准的规定。接地引入线不应敷设在污水沟下，也不应与暖气管同沟敷设。

12.3.7.3 通信机房接地汇集线的施工安装应符合设计和技术标准的规定。

12.3.7.4 通信机房室内接地应按下列规定连接：

- a) 连接应符合设计和技术标准的规定；
- b) 等电位连接应采用星形接地结构，不应构成闭合回路；
- c) 传输放电电流的导线应走最直接的路径，配线不留余长；
- d) 采用栓接连接时应使用双螺帽；
- e) 接地连接线在穿越墙体时应采取保护措施并与墙体绝缘。

12.3.7.5 防雷器件应按下列规定安装：

- a) 防雷器件的安装位置和方式应符合设计的规定；
- b) 防雷器件安装牢固可靠，便于日常维护检测，各种设备的防雷器件均应设置用途和去向标牌；
- c) 电源线路浪涌保护器应安装在被保护设备电源线路的前端；
- d) 通信线缆信号浪涌保护器应连接在被保护设备的信号端口上。

12.4 设备调试

12.4.1 通信系统调试包括：传输系统、无线通信系统、公务电话系统、专用电话系统、视频监控系统、车站广播系统、乘客信息系统、时钟同步系统、电源系统及接地、综合布线系统等等多个系统调试工作。

12.4.2 通信系统调试应以设计文件、验收标准及设备技术标准为依据。

- 12.4.3 通信系统调试前，确认通信线路、单机设备正常，软硬件版本核对正确，网管数据配置正确。
- 12.4.4 通信系统调试前，设备应接地，接地电阻符合设计要求。
- 12.4.5 通信系统调试所用仪器、仪表应经计量检验，并在计量检验有效期内。

13 信号

13.1 光、电缆线路

13.1.1 径路复测

13.1.1.1 光、电缆径路复测应按施工图进行，实地测量光、电缆总长度。调查设备安装位置。调查直埋线路径路情况及地下管线状况。确定穿越轨道、桥梁、隧道、河流及建筑等需要防护的处所和防护方式。

13.1.1.2 光、电缆径路复测完毕，应及时绘制径路复测台账，并确定单盘电缆长度。

13.1.2 光、电缆测试

13.1.2.1 光、电缆工程施工应坚持“三检制度”，并做好检测记录。光、电缆沟、电缆槽回填前应及时通知监理工程师进行检查验收。

13.1.2.2 各种信号电缆应在敷设前、上端子前测试线间绝缘、芯线对地绝缘、钢带对地绝缘，上电后测试对地绝缘，并做好数据记录。

13.1.2.3 信号电缆单盘测试后应及时封端。

13.1.2.4 光缆单盘测试参数应符合设计文件及技术规格书要求。

13.1.3 光、电缆敷设

13.1.3.1 信号光、电缆敷设前，应对光、电缆进行第三方检测。

13.1.3.2 电缆沟开挖前，应采取有效措施对复杂的径路进行地下管线的探测。开挖沟或过道时，应采取防治措施避免污染道床等其他设施。

13.1.3.3 室外余留电缆在电缆槽内应成“~”形布放，并排列整齐，轨道电路用数字电缆和应答器电缆不应盘成闭合圈。

13.1.3.4 光、电缆的敷设应满足下列要求：

- a) 敷设时环境温度要求：普通护套电缆在环境温度低于-5℃、耐寒护套电缆在环境温度低于-10℃敷设时，应采取预先加温措施；
- b) 电缆敷设时的弯曲半径不应小于其外径的15倍，A端朝向符合设计要求。光缆敷设时的弯曲半径不应小于其外径的15倍；
- c) 敷设前应清理沟槽，使底部平坦，沟内无石块和杂物；
- d) 沟槽内敷设多条光、电缆时，应排列整齐，互不交叉。

13.1.3.5 贯通地线与电缆采用物理隔离，分支电缆敷设在电缆沟槽靠近大地侧。

13.1.3.6 电缆每端余留长度满足下列要求：

- a) 室外电缆每端余留量不应小于2m，设备间实际距离小于20m以下为1m；
- b) 室外电缆进入室内的余留量不应小于5m；
- c) 电缆或贯通地线接续时，接续点两端电缆采用“~”形敷设，余留量应不小于1m；并及时在施工竣工图上做好接续标记；
- d) 电缆过桥两端余留不小于2m。

13.1.3.7 光、电缆标桩和警示牌埋设应满足下列要求：

- a) 安全保护区以内的的光、电缆，直线径路每隔 50 m 及穿越铁路、道路、大型管路、高压电缆等障碍物、河流两侧等处，应设标桩；
- b) 安全保护区以外的光、电缆径路每隔 100 m 及穿越障碍物、公路、河流两侧等处，应设警示牌。
- c) 地下接续、径路转向和分歧地点，应设标桩；
- d) 根据埋设地点的不同，标桩上应标明埋深、直线、拐弯或分支等，地下接续处应标写“接续标”字样及接头编号，并在地线接续处埋设三角形电缆标。

13.1.4 光、电缆防护

13.1.4.1 直埋光、电缆应采用软土防护，当通过铁路、公路、桥梁、隧道、管道、水沟、路肩、坚石、土质不良等地区或由于条件限制应减少电缆敷设深度的地方，以及与其他电缆或管道交叉时，应采取不同的防护方式。

13.1.4.2 光、电缆经过特殊地点时，应采用软土、软砂、砖管或砖槽防护，防护时，光、电缆上下各敷软土或软砂，然后铺砖防护。

13.1.4.3 光、电缆穿越轨道，根据实际情况可选用钢管、铸铁管、电缆槽或硬塑料管防护，防护管上沿距路基顶面不小于 200 mm，防护管两端超出轨枕外沿不小于 500 mm，管口两端应进行封堵。

13.1.4.4 光、电缆穿越公路、道口时，应用钢管防护。

13.1.4.5 光、电缆穿过防护钢管时，应在管口采取防护措施。

13.1.4.6 光、电缆通过隧道时，采用悬挂或电缆槽防护，两端隧道口处应有适当的余留量。

13.1.4.7 光、电缆穿过水沟、水渠时，应用钢管防护。

13.1.4.8 埋设光、电缆时，应对径路回填土进行分层夯实。

13.1.5 光、电缆接续

13.1.5.1 电缆接续应 A 端与 B 端相接，相同的芯组内颜色相同的芯线相接。电缆铠装、金属护套、内屏蔽层应进行屏蔽连接。

13.1.5.2 电缆采用变压器箱、电缆盒、继电器箱等地面接续方式时，应满足下列要求：

- a) 芯线与端子连接应紧固，每个配线端子不应超过 3 根芯线，芯线之间应放铜垫片；
- b) 电缆引进电缆盒、变压器箱，应用绝缘胶或密封胶灌注。灌胶前电缆入口与备用入口应堵严；
- c) 屏蔽数字信号电缆引入电缆盒、变压器箱等，应制作电缆成端。

13.1.5.3 信号电缆地下接续应满足下列要求：

- a) 电缆穿越铁路、公路及道口时，在距铁路钢轨、公路和道口的边缘 2 m 内的地方不应进行地下接续；
- b) 电缆地下接续地点距热力、煤气、燃料管道不应小于 2 m；当小于 2 m 时，应有防护措施；
- c) 电缆地下接续时，电缆的余留量长度不应小于 2m；
- d) 电缆的地下接头应水平放置，接头两端各 300 mm 内不应弯曲；并用电缆槽防护，防护长度不应小于 1 m；
- e) 电缆接续中不应使用腐蚀性焊剂，不应虚接、假焊、有毛刺；
- f) 电缆地下接续完毕，应及时进行芯线导通和芯线对地、芯线间绝缘电阻值的测试；
- g) 同径路的两根电缆接续位置间的距离应大于 1 m。

13.1.6 箱、盒安装

13.1.6.1 方向盒、终端盒、变压器箱宜采用 SMC 复合材料防盗型箱盒，其金属配件宜采用不锈钢材质，安装支架采用金属材质时，其材质应采用热镀锌工艺，并保证生命周期内不锈蚀。

13.1.6.2 信号干线电缆引入箱、盒时，其金属护套应与箱、盒金属构件相绝缘。

13.1.6.3 变压器箱箱盖向所属线路外侧开，基础顶面与钢轨顶面高度一致。电缆中间接续的地上电缆盒，基础中心连线应与轨道平行，基础顶面高出自然地面 150 mm。

13.1.6.4 箱盒内电缆配线时，每根芯线应留有能做 2 次~3 次线环的余量。备用芯线的长度应能够保证与最远端子进行配线连接。

13.1.6.5 电缆芯线均采用鹅头弯与端子连接，不应盘圈，线头应加装防断线环保护，防断线环应具备两个线爪，应 1 个线爪压铜芯线、1 个线爪压电缆芯线胶皮。

13.1.7 电缆引入

13.1.7.1 电缆引入入口处应采用防火、防鼠材料封堵严实。

13.1.7.2 电缆引入后的余留量宜盘成“U”或“Ω”状放在电缆坑内。

13.1.7.3 余留电缆应以“∞”或“Ω”状整齐地盘放在专用电缆支架上。

13.1.7.4 电缆排列应按编号分咽喉、分两端区间、分层或平摆，依次按电缆编号顺序排列，每根电缆在电缆间成端位置挂编号、型号、芯数、备用芯数、长度、用途、去向打印铭牌。

13.1.7.5 将电缆外护套剥开切断钢带、切断铝护套，但不剥除铝护套，利用透明电缆一次成端盒完成。

13.1.7.6 内屏蔽数字信号电缆在分线端子盘、端子柜内要做成端，电缆的钢带、铝护套、内屏蔽层要与接地铜排连接。

13.1.7.7 电缆终端应有标明去向的铭牌。

13.2 地面固定信号机及标志牌

13.2.1 基础和机柱

13.2.1.1 矮型信号机基础采用预制的混凝土基础，基础应埋设平稳，倾斜量不应大于 60:1。

13.2.1.2 机柱立起后应检查机柱上电线引入孔方向，旋转机柱予以调整。在机柱拨正并垂直地面后，向信号机坑回填土。回填土应分层夯实，并按规定安装卡盘。

13.2.1.3 高柱信号机应垂直于地面装设，在距离钢轨顶面 4500 mm 高处，用吊线坠往下测量，倾斜量不应大于 36 mm。

13.2.1.4 高柱色灯信号机采用 8500 mm、10000 mm、11000 mm 机柱时，埋深应分别不小于 1700 mm、2000 mm、2000 mm。

13.2.1.5 机柱卡盘采用混凝土预制件，配 U 型螺栓与机柱连接，卡盘应埋设于地下 500 mm±100 mm 处。信号机柱埋深不足时，应采取加固措施进行防护。

13.2.2 信号机构

13.2.2.1 信号机或标志牌的设置位置和显示方向，应保证从列车上不致于误认为是邻线的信号机或标志牌。

13.2.2.2 配线在机柱、电线引入管进出口处应加防护。采用橡皮电缆或塑料绝缘电缆时，可不加防护。

13.2.2.3 信号机构各部件应齐全，紧固件应平衡上紧，开口销双臂对称，劈开角度应为 60°~90°。信号机构门、变压器箱、电缆盒盖应严密，密封良好。

13.2.2.4 同一机柱同方向安装各个机构，各灯位中心应在一垂直线上，固定机构的托架应安装水平。

13.2.2.5 色灯信号机构的色玻璃及透镜应符合技术标准，并应清洁、明亮。

13.2.2.6 色灯信号机构的灯座应调整灵活，光源应调整在透镜的焦点上。灯泡应采用有主、副灯丝的信号专用灯泡，正常点灯时，应接通主灯丝。

13.2.2.7 采用 LED 信号机构时，安装前应检查其随机质量检验合格证，并应做好外观检验和通电试验。

13.2.2.8 对信号机构至机柱间的电线线把应进行防护。

13.2.3 标志牌

13.2.3.1 各种标志牌的规格、型号及安装位置应符合设计要求。显示距离应便于列车司机瞭望，反光标志牌显示距离应大于 200 m。

13.2.3.2 标志牌安装位置应符合建筑限界要求。

13.2.3.3 标志牌立柱埋设深度应大于其高度的 20 %。

13.3 转辙装置

13.3.1 安装装置

13.3.1.1 安装装置的规格、安装方式应符合设计要求。

13.3.1.2 安装装置安装应方正，固定长角钢基础的角形铁应与钢轨密贴。

13.3.1.3 道岔杆件应与单开道岔直股基本轨或对称道岔中心线相垂直，普通道岔偏移不应大于 20 mm。

13.3.1.4 道岔转换设备应与单开道岔直股基本轨或对称道岔中心线相平行。各类转辙机及转换锁闭器外壳两端距所属线路基本轨或对称道岔中心线垂直距离的允许偏差：内锁闭道岔不大于 10 mm，外锁闭道岔不大于 5 mm。

13.3.1.5 道岔的密贴调整杆、表示杆、尖端杆及外锁闭装置的锁闭杆、表示杆，其水平的两端应与两基本轨工作面距离相等，允许偏差应不大于 5 mm。

13.3.1.6 各部螺栓应紧固，开口销应齐全，开口销双臂对称，劈开角度应为 60°~90°。各部绝缘安装正确，无遗漏，无破损。

13.3.1.7 密贴调整杆、各种动作拉杆及表示连接杆的螺纹牙形均应符合设计要求，密贴调整杆的螺母应有防松措施。

13.3.1.8 固定接头铁的螺栓头部不应与基本轨相碰。

13.3.2 转辙机

13.3.2.1 转辙机整机密封性能良好，接点间隙、接触性能良好，绝缘电阻符合技术要求。

13.3.2.2 转辙装置应使道岔的正常转换，尖轨或心轨的一侧应与基本轨或翼轨密贴，除牵纵拐肘外，当尖轨与基本轨间有 4 mm 及以上间隙时，道岔不能锁闭和接通道岔表示。

13.4 轨道电路及计轴轨道检查装置

13.4.1 钢轨绝缘

13.4.1.1 在轨道电路区段内，连接两轨条间具有导电性能的各种装置，应装设绝缘。移频轨道电路，护轮轨长度大于 200 m 时，除护轮轨两端各装设绝缘外，每隔不超过 200 m 的距离在护轮轨上安装轨端绝缘。

13.4.1.2 相邻轨道电路的极性应交叉。

13.4.1.3 设于信号机处的钢轨绝缘，应与信号机坐标相同。当不可能设于同一坐标处时，应满足下列要求：

- a) 进站、接车进路和单线双方向区间的并置通过信号机处的钢轨绝缘，应装设在信号机前方 1 m 或后方 1 m 的范围内；
- b) 出站和出站兼调车或发车进路信号机、区间的单置通过信号机、接近信号机处的钢轨绝缘，应装设在信号机前方 1 m 或后方 6.5 m 的范围内；
- c) 调车信号机处的钢轨绝缘，应装设在信号机前方 1 m 或后方 1 m 的范围内。当调车信号机设在到发线两端时，按 13.4.1.3 b 中的规定执行。

13.4.1.4 除交叉渡线增加分割绝缘处的死区段外，安装有扼流变压器的两相邻轨道电路区段间不应有死区段。

13.4.1.5 在电力牵引区段，当交叉渡线上的两轨道电路区段均位于电气化范围内并均装设扼流变压器时，应按设计图位置加装钢轨绝缘，将相邻两轨道电路隔开。

13.4.1.6 在平交道口处的钢轨绝缘，应安装在公路路面两侧外不小于 2 m 处。

13.4.1.7 钢轨绝缘安装配件应齐全，无损伤，安装正确。相邻两螺栓应对向安装，紧固无松动，轨端绝缘的顶部应与轨面平齐。

13.4.1.8 胶接式钢轨绝缘的绝缘体与钢轨应连接牢固。

13.4.2 钢轨引接线、钢轨接续线、道岔跳线

13.4.2.1 钢轨引接线、钢轨接续线、道岔跳线应无锈蚀、无断股。

13.4.2.2 钢轨引接线、钢轨接续线、道岔跳线安装方式分为塞钉式和冷压式，施工中应按设计要求的方式进行安装。

13.4.2.3 塞钉式钢轨引接线、钢轨接续线、道岔跳线在塞钉孔形成后应及时安装，塞钉无弯曲，打入深度为露出钢轨 1 mm~4 mm。安装完成后，应立即在塞钉头与钢轨的接缝处涂漆封闭。

13.4.2.4 冷挤压胀钉安装在钢轨轨腰中部，钻孔完成后宜立即安装冷挤压胀钉。不能立即安装时，应涂导电油、电膏防锈。

13.5 室内设备安装

13.5.1 机柜、机架

13.5.1.1 机柜、机架安装前应检查紧固件完整，组合配线正确，鉴别销位置正确。

13.5.1.2 机柜、机架与底座间、机柜、机架与机柜、机架间应用螺栓固定，机柜、机架安装应做到横平竖直、端正稳固。

13.5.1.3 机架与走线架(槽)连接后，走线架(槽)应平直、牢固、接口平齐，走线架上应敷设底板，有隔架时应布置合理。

13.5.1.4 走线架(槽)与机架涂漆颜色应协调一致。走线架不宜成环状布置，成环状布置时应设绝缘隔断。

13.5.1.5 组合及继电器安装后，应书写名称，字迹端正、清楚。

13.5.1.6 装设移频柜、微机和独立电子设备机柜的房间按设计要求装设防静电地板和网格地线，防静电地板金属架要相互焊接，与网格地线按规定连接。

13.5.1.7 安装后应对设备进行电气特性检查测试。

13.5.2 配线

13.5.2.1 设备配线应满足下列要求：

- a) 室内机柜、机架设备之间的零层配线，采用配线电缆；机柜、机架间的侧面端子配线，采用多股铜芯塑料绝缘软线，其截面积符合设计要求；
- b) 控制台及人工解锁按钮盘、设备机柜的配线端子、组合侧面、零层以及分线柜端子采用插接或压接方式；
- c) 信号机械室内部各种布线全部采用阻燃型；室内所有线缆布线不应出现环状；
- d) 线缆不应有中间接头和绝缘破损现象；布放线缆时，应留有适当的作头余留量；
- e) 剖切电缆时，不应损伤芯线外层绝缘。电缆终端固定在机架上，应排列整齐、美观。当零层端子在机架下部时，电缆终端固定在零层端子的下方；当零层端子在机架上部时，由走线架垫板挖孔引下。引向零层端子的线条，应按端子分束绑扎。

13.5.3 分线端子盘（柜）

13.5.3.1 分线端子盘（柜）安装应端正、平直、牢固。

13.5.3.2 分线端子盘（柜）内要设置接地铜排，并按规定与网格地线、汇集接地端子排连接。

13.5.3.3 电源屏

13.5.3.4 信号机械室应设置信号专用配电设备，专业负责将交流电源引至专用配电盘主断路器（电闸）的输入端。

13.5.3.5 当交流电源为三相四线制（380V）时，电源屏相位与引入电源的相位、屏与屏之间的相位应相符。

13.5.3.6 电源屏安装前应做下列检查：

- a) 电气元件，机械零、部件齐全完整，无损坏现象。印刷电路板接触良好，紧固件无松动；
- b) 手动或自动调压和切换装置性能良好，动作正常；
- c) 各电气元件连接良好，配线无断线、短路现象，焊线无脱焊、虚焊现象。

13.6 车载信号设备

13.6.1 车载设备安装

13.6.1.1 车载信号设备安装前，应进行检查和清点，设备应完好无损坏，零、部件配套齐全。

13.6.1.2 机车信号机的安装，应根据机车类型不同，安装在便于司机和副司机确认信号显示的位置。

13.6.1.3 机辆段机车测试环线一般敷设在检查坑两侧的钢轨上，并用卡具固定牢固。

13.6.1.4 车载信号设备和操作显示装置应安装牢固，符合产品技术文件要求。

13.6.1.5 车载信号设备加电前应确认设备装置内各开关位置正确。安装后应保证司机操作台的手柄可以正常动作。

13.6.1.6 设备安装应牢固、防震、防松缓、防潮湿，各零、部件的紧固件应配全、拧紧，不应有松动现象。

13.7 道口信号设备

13.7.1 用于检查轨道电路占用情况的传感等设备，其设置位置应符合设计要求，设备安装应平稳、牢固。

13.7.2 道口控制盘应设在道口看守房内，安装位置应符合设计要求，安装高度为盘中心距地面 1.5 m。控制盘安装应牢固、端正，盘面表示和名称正确，字迹清楚。

13.7.3 道口信号机应设于公路车辆驶向道口方向的右侧，便于通行车辆和行人辨认的地方。

13.7.4 道口信号机红色灯光直线显示距离应大于 100 m。

13.7.5 道口室外音响器，应安装在看守人员和行人容易听到的适当地点。

13.8 防雷、电磁兼容及接地

13.8.1 防雷及电磁兼容

13.8.1.1 接地导线上不应设置开关、熔断器或断路器。

13.8.1.2 接地线与接地体之间应可靠连接，不应虚焊虚接。

13.8.1.3 有屏蔽层的信号干线电缆应按设计要求屏蔽接地，其接地极引线不应接至扼流变压器中心连接板或钢轨上。

13.8.1.4 垂直接地体可采用石墨电极、铜包钢、铜材、热镀锌钢材或其他新型接地材料，电力牵引区段宜采用石墨接地体，接地阻值应符合设计要求。

13.8.1.5 安装电子设备的机房可通过在墙体内用钢筋网设置屏蔽层形成法拉第笼。

13.8.1.6 信号设备防雷保安器性能及安装方式满足设计、安装手册、合同技术要求。

13.8.2 建筑物接地和等电位连接

13.8.2.1 信号设备采用共用接地系统时，安全地线、屏蔽地线和防雷地线等地线均由共用接地系统的地网引出；室内信号设备的接地应构成网状。

13.8.2.2 在避雷带引下线处应设垂直接地体，垂直接地体应与水平接地体可靠焊接，接地电阻应满足设计要求。

13.8.2.3 环形接地装置应与建筑物四角的主筋焊接，并应在地下每隔 5 m~10 m 就近与建筑物基础接地网钢筋焊接 1 次。

13.8.2.4 电源室或电源引入处防雷箱处、防雷分线室或分线盘处的接地汇集线应单独设置，并分别与环形接地装置单点冗余连接。

13.8.2.5 机房面积较大时，可设置与地网单点冗余连接的总接地汇集线。

13.8.2.6 建筑物内所有不带电的金属物体都应 与环形接地装置或与建筑物钢筋、机房屏蔽层做等电位连接。

13.8.2.7 室内信号传输线与设有屏蔽层的建筑物外墙平行敷设距离宜大于 1m，场地条件不允许时，信号传输线路应采用屏蔽电缆或非屏蔽电缆穿钢管敷设，电缆屏蔽层或钢管应与走线架或与接地汇集线连接。

13.8.2.8 电缆金属护套与接地汇集线连接时，连接线一端焊接在金属护套上，另一端做线鼻后用铜螺栓与汇集线栓接。

13.8.2.9 应在建筑物地网四周及垂直接地体处设置标志。

13.9 涂漆、硬面化

13.9.1 设备涂漆及名称书写

13.9.1.1 信号设备除摩擦面、滑动面、螺扣部分、表面镀层部分、手握部分及混凝土制品、复合材料制品外，应全部涂漆。

13.9.1.2 设备应先除锈，涂防锈漆，再涂规定颜色的调合漆。调和漆应涂两遍，第 1 遍干燥后，再涂第 2 遍。

13.9.1.3 信号设备涂漆应厚薄均匀、完整，颜色一致，不应有脱皮、锈蚀、鼓泡。

13.9.1.4 信号设备的铭牌名称代号应与竣工图相符，应采用反光铭牌制作。

13.9.2 硬面化

13.9.2.1 信号设备基础面硬化以站、区间为单位统一标准，设备维修作业平台大小适中，美观大方，并满足道床排水、大机捣、清筛施工的要求。

13.9.2.2 同一处多个箱盒安装时，其硬化面间隔小于 500 mm，可集中地面硬化，大于 500 mm 可单独地面硬化。

13.9.2.3 硬面化表面应抹平，硬面化不应影响道砟排水。

13.9.2.4 培土后的信号设备硬化面范围应包括培土立面。

13.9.3 系统调试

13.9.3.1 信号系统调试应包括各设备单项调试、各子系统调试、系统联合调试。

13.9.3.2 信号系统调试应以设计文件、验收标准及设备技术标准为依据。

13.9.3.3 信号系统调试应验证各项设计功能、联锁关系、设备电气参数等，系统应满足故障导向安全原则。

13.9.3.4 单项设备上电调试之前，应确认供电正常，防雷接地良好。

13.9.3.5 信号系统调试所用仪器、仪表应经计量检验，并在计量检验有效期内。

13.9.3.6 信号系统调试前，各系统设备单机调试应完成。子系统和系统调试前应确认所使用的通信通道良好。

14 给水与排水

14.1 给水

14.1.1 给水管道安装前，应测试本工程范围内最不利的给水点水压，管道的工作压力不应大于产品标称的允许工作压力。

14.1.2 消防给水管道安装应符合消防的规定。

14.1.3 各类阀门、消火栓、排气阀、测流计、液位计等安装前，应核对产品规格、型号；检查产品外观质量，应具有产品合格证。

14.1.4 管道经水压试验合格后及时回填管沟，应满足下列要求：

- a) 管顶 0.5 m 以上应按设计的地面、道路、路基填土标准执行；
- b) 沟槽回填应从管道、检查井等构筑物两侧同时对称回填；
- c) 沟槽内不应有积水，并保持降排水系统正常运行；
- d) 井室、雨水口及其他附属构筑物周围回填应与管道沟槽回填同步进行；不便同步进行时，应留台阶形接茬，严禁在槽壁取土回填。

14.2 给水排水设施及监控

14.2.1 给排水构筑物除应符合设计规定的强度等级和抗渗、抗冻性能要求外，应符合 GB 50141 的规定。

14.2.2 混凝土、钢筋混凝土应符合下列要求：

- a) 井室应在管道固定、做好接口后方可灌注混凝土；上部井圈需在井身达到设计强度的 80 % 后方可吊装；
- b) 有地下水的土壤中砌筑井室时，应采取基坑降排水措施，并应在无水条件下砌筑作业；砌砖、石的水泥砂浆应饱满并用原浆勾缝，井室外壁应用 1:2 防水砂浆抹 20 mm 厚防水层，外壁防水处理高度应在最高地下水位以上 200 mm 处；

- c) 井室的尺寸和管件与阀门在井室内的位置,应能保证管件与阀门的拆换方便;接口和法兰不应放在砌体内;井底距法兰盘下缘的距离不应小于 100 mm;井壁距法兰盘外缘的距离当管径小于或等于 400 mm 时,不应小于 250 mm;当管径大于 400 mm 时,不应小于 350 mm;
- d) 车站线路间的井盖应高于地面 200 mm,并不高于相邻轨道顶面。

14.2.3 在公路、市政道路、旅客通道、硬化场地砌筑井室,井盖应和路面齐平,其高程允许偏差应符合 TB 10422 的规定;其他场地、自然地面上的井盖,应大于设计高程 20 mm,并在井口做 2%的护坡。

14.2.4 站台及旅客通道上的井盖不应采用外凸式拉手,井盖形式、选用材料应与地面装饰协调。

14.2.5 支墩及水道标设置应符合下列要求:

- a) 管道支墩应按设计要求设置,支墩应在管道接口做完,管道位置固定后修筑;
- b) 管道支墩的材料和基础应符合设计要求,当支墩地基不符合设计要求时,应及时通知设计单位,并按变更设计对地基进行处理;
- c) 给水管道回填后应及时埋设水道标。水道标应埋设在管道中心线的上方和管道转弯、分支、变径及无井室的直线段每 300 m~500 m 处;水道标埋设应牢固,字迹应清晰耐久。

14.3 室内给水、排水及卫生设备

14.3.1 给水排水管道穿过防火墙时应进行防火封堵,并应加设防火套管;穿越楼板时应采取防水措施。

14.3.2 给水排水管道不宜穿过结构伸缩缝、抗震缝、沉降缝;必须穿越时,应设置补偿管道伸缩和剪切变形的装置,补偿器的安装应符合产品安装说明书的要求。

14.3.3 室内消防设施的施工应符合设计及当地消防部门的要求。

14.3.4 给水排水管道及配件,设备安装等工程验收应符合 TB 10422 规定。

15 房屋建筑及暖通与空调

15.1 房屋建筑

15.1.1 房屋建筑应包括车站建筑、生产及生活用房。

15.1.2 公共区楼地面应符合以下要求:

- a) 公共区地面花岗岩石材铺装应平整无色差,石材色泽应均匀统一;卫生间石材应采用防滑措施,微小高差处应采用坡道衔接;
- b) 站厅或站台地面必须以轨道中心线位置及高程为基准,测放其高程及站厅侧面帽石外缘的位置,其允许偏差 ± 3 mm;
- c) 站台面设置的变形缝及检查人孔,其镶边角钢预埋件应与地面基层结合牢固、直顺,宽窄一致并与站台面齐平;变形缝的盖板条及检查孔盖板,表面应平整并应符合规定;
- d) 具体其他施工验收标准应按 GB 50209 执行;
- e) 钢结构焊接处应平滑、自然,光泽均匀,其涂层表面最小厚度、光泽度等应满足 GB 50205 的要求。
- f) 疏散通道、疏散楼梯、疏散门等部位装修完成后,净宽应满足消防设计要求。
- g) 穿越结构隔墙或楼板的管道应设套管,应与结构钢筋绝缘;管道穿过防火墙、楼板及其他防火分隔物时,应采用不燃材料将管道周围的空隙填塞密实。
- h) 玻璃栏板、隔断玻璃等外观、质量和性能应符合 JGJ 113 的规定,玻璃栏板等外露部分应倒圆角钝化处理。

- i) 房屋建筑的施工质量验收应符合 GB 50300 的规定。

15.2 暖通与空调

15.2.1 通风、空调与供暖系统的管材及保温材料、消声材料符合设计要求；管材及保温材料应具有防潮、防腐、防蛀、耐老化和无毒的性能。

15.2.2 通风与空调系统中的金属风管、水管、钢结构及钢连接件均应按设计要求采取杂散电流防腐蚀措施。

15.2.3 在风管穿过需要封闭的防火、防爆的墙体或楼板时，应设预埋管或防护套管，其钢板厚度不应小于 1.6 mm。风管与防护套管之间，应用不燃且对人体无危害的柔性材料封堵。

15.2.4 站厅与站台厅的风口安装位置应正确，横平竖直，与风管接合牢固；同轴线、同水平面或垂直面的连续 3 个以上的风口，其中心与轴线的允许偏差为 10 mm；与装饰面相紧贴；表面平整、不变形，调节灵活、可靠；条形风口的安装，接缝处应衔接自然，无明显缝隙。

15.2.5 组合风阀安装应符合下列要求：

- a) 在结构墙体上安装时，应设支承框架，框架表面应平整、尺寸准确、四角方正、横平竖直、焊缝饱满、框架与预埋件焊接牢固；框架与结构墙体间应填充密封材料；
- b) 组合风阀与框架，风阀与风阀间连接应牢固可靠，不漏风；
- c) 组合风阀的执行机构及联动装置动作可靠，阀板或叶片的开启角度一致，关闭严密、并与输入、输出讯号同步。

15.2.6 暖通与空调的施工质量验收应符合 GB 50243 的规定。

16 信息

16.1 电子票务系统

16.1.1 线缆管槽安装

16.1.1.1 预埋在地面以下的线缆管槽、接线盒、分向盒及其配套件应密封防水，其防护等级不宜低于 IPX7。

16.1.1.2 线缆管槽预埋的质量应满足下列要求：

- a) 线缆管槽的规格、型号、数量应符合设计要求；
- b) 金属导管不应采用对口熔焊连接，镀锌和壁厚小于或等于 2 mm 的钢导管不应套管熔焊连接；
- c) 金属线缆管槽的连接两端应可靠接地连通；
- d) 镀锌的线缆管槽、可挠性导管不应熔焊跨接接地线，当专用接地卡跨接的两卡间连线为铜芯软导线时，铜芯软导线截面面积不应小于 4 mm²。

16.1.1.3 金属线缆管槽、分向盒、接线盒应有电气连接，并接地。

16.1.1.4 当线缆管槽经过建筑物伸缩缝、沉降缝时，应采用伸缩节。

16.1.1.5 线缆管槽、接线盒和分向盒以及全部线缆导管内应无积水。

16.1.1.6 电缆桥架安装质量检验应满足下列要求：

- a) 规格、型号、质量、数量应符合设计要求；
- b) 引入或引出的金属导管应连续接地；
- c) 全长与接地干线连接不应少于 2 处；
- d) 桥架间连接板的接地要求应符合 GB 50303 的规定；
- e) 敷设在竖井内和穿越不同防火区的电缆桥架，应按设计要求设置防火隔堵，且应符合 GB 50303 的规定。

16.1.1.7 当电缆桥架经过伸缩缝、沉降缝或直线段电缆桥架长度超过 30 m 时，应设伸缩节。

16.1.2 线缆敷设

16.1.2.1 型号、规格、数量、质量及敷设方式、排布间距等应符合设计要求。

16.1.2.2 电源电缆应分管分槽敷设。线缆出入口处应进行密封处理，并应符合 GB 50312 的规定。

16.1.2.3 配线设备的型号、规格和数量应符合设计要求，配线设备应符合 GB 50312 的规定。

16.1.3 设备安装与配线

16.1.3.1 机房设备应包括服务器、工作站、交换机、打印机和编码分拣机等，机房设备的型号、规格、质量和数量应符合设计要求。

16.1.3.2 设备间的配线线缆不应破损、受潮、扭曲、折皱；配线弯曲半径不应小于线缆直径的 5 倍。在进出设备的部位和转弯处应固定。

16.1.3.3 配线线缆中间不应有接头，连接方式应符合设计要求。

16.1.4 车票与车票读写机具检测

16.1.4.1 物理特性、电气特性、应用文件、安全机制等应符合 GB/T 20907 的规定。

16.1.4.2 应用检测、车票读写机具的应用检测应符合 CJJ/T 162 的规定。

16.1.5 车站终端设备

16.1.5.1 应包括自动检票机、自动售票机、半自动售票机、自动充值机、验票机等。

16.1.5.2 出厂技术资料应包括：产品合格证明、设备出厂检测报告、生产许可证。

16.1.5.3 自动检票机主要性能应符合 GB/T 20907 的规定。

16.1.6 办公自动化系统

16.1.6.1 网管调试加载数据过程中严禁断电，应用数据配置应及时进行备份。

16.1.6.2 安装调试有防静电要求的设备时，施工技术人员应采取相应的防静电措施。

16.1.6.3 设备单机加电后，应根据设计文件，参照设备技术文件，对办公自动化系统设备进行 IP 地址、路由协议等参数配置。

16.1.6.4 复核出厂质量检验报告，办公自动化设备各项指标及功能应符合设计要求和技术标准规定。

16.1.6.5 办公自动化系统调试前应进行检查，并符合下列规定：

- a) 用误码测试仪检测传输通道的误码率，符合设计要求；
- b) 数据通信设备与传输通道连接后，设备连接状态正确。

附录 A
(规范性)
控制点埋石图及保护旋喷桩施工记录

A.1 控制点标志

- A.1.1 金属标志制作材料为铸铁或其它金属。规格应符合图A.1的规定，图中“××××××”处为测量单位名称。
- A.1.2 不锈钢标志可采用直径为12 mm~20 mm，长度为20 mm~30 mm不锈钢材料，下部采用普通钢筋焊接而成。规格应符合图A.1的规定。

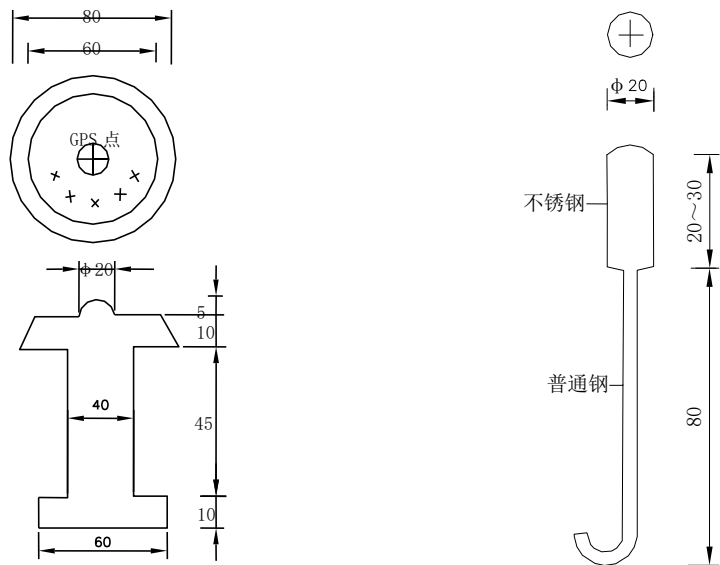


图 A.1 金属标志（单位：mm） 不锈钢标志（单位：mm）

A.2 平面控制点标石的埋设

- A.2.1 建筑物顶上设置标石，标石应和建筑物顶面牢固连接。建筑物上各等平面控制点标石设置规格应符合图A.2的规定。

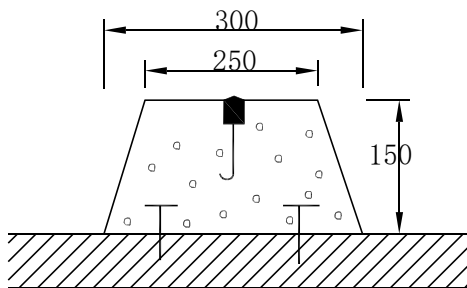


图 A.2 建筑物上平面控制点标石（单位：mm）

- 注：1—盖；2—土面；3—砖；4—素土；5—冻土；6—贫混凝土
- A.2.2 二等及以上导线/ GPS平面控制点标石埋设规格应符合图A.2-2的规定。

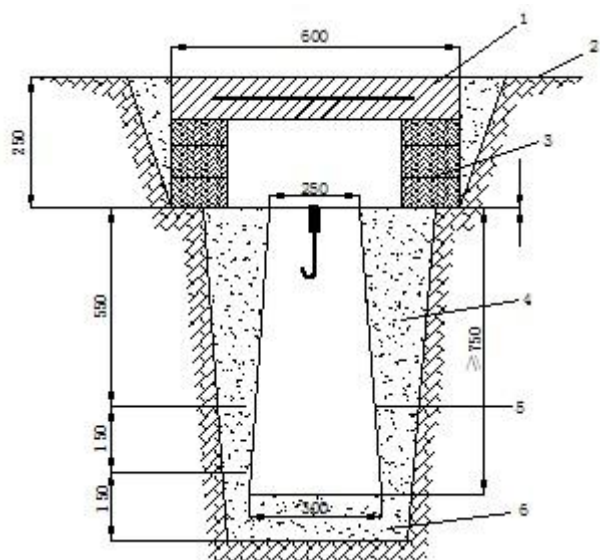


图 A.3 二等及以上导线/ GPS 平面控制点点标石埋设图 (单位: mm)

注: 1—盖; 2—土面; 3—砖; 4—素土; 5—冻土线; 6—贫混凝土

A.2.3 三等及以下导线/ GPS平面控制点标石埋设规格应符合图A.4规定。

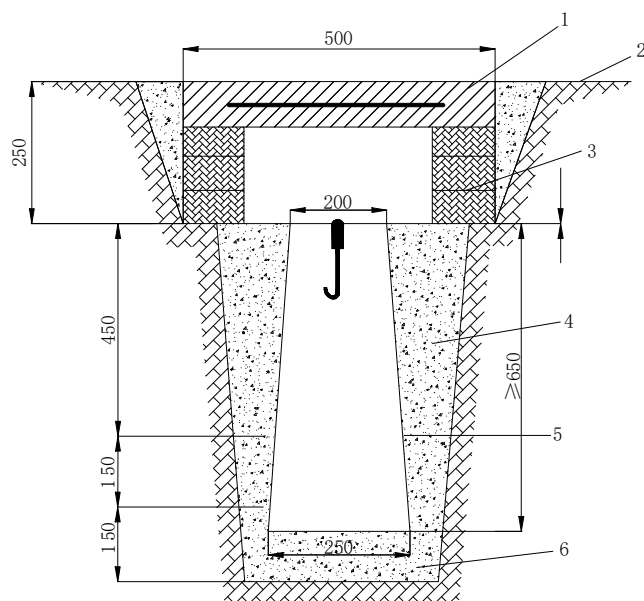


图 A.4 三等及以下导线/ GPS 平面控制点点标石埋设图 (单位: mm)

注: 1—盖; 2—土面; 3—砖; 4—素土; 5—冻土; 6—贫混凝土

A.3 水准点标石的埋设

A.3.1 二等水准点标石埋设规格应符合图A.5的规定。

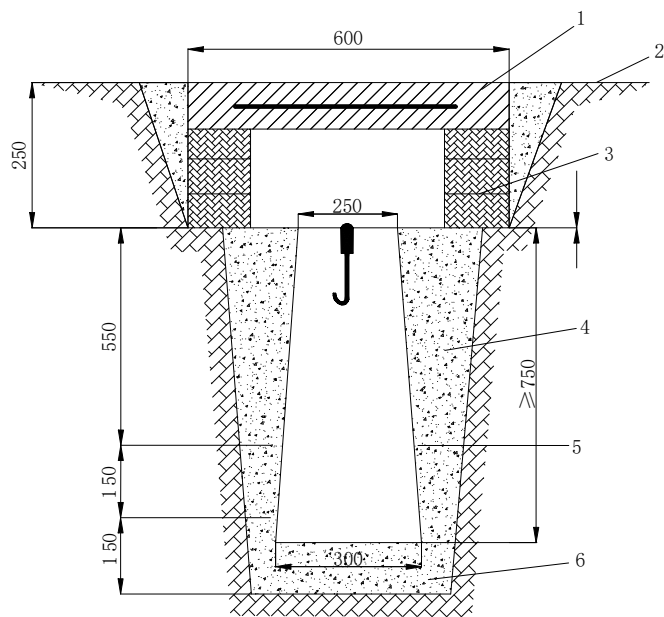


图 A.5 二等水准点标石埋设图（单位：mm）

注：1—盖；2—地面；3—砖；4—素土；5—冻土线；6—贫混凝土

A.3.2 三等及以下水准点标石埋设规格应符合图A.6的规定。

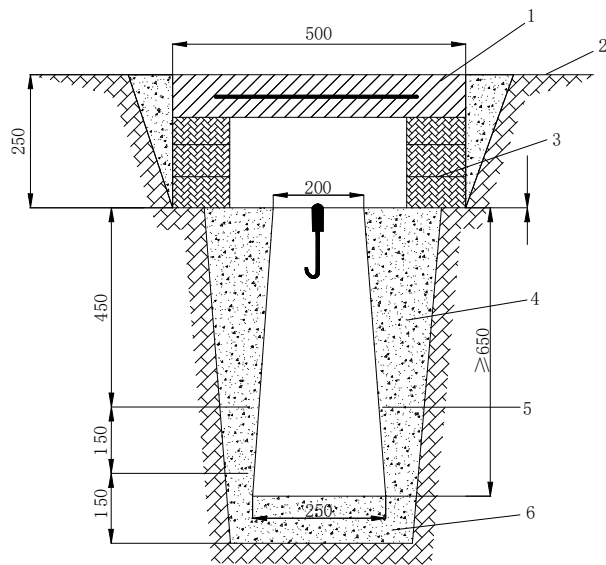


图 A.6 三等及以下水准点标石埋设图（单位：mm）

注：1—盖；2—地面；3—砖；4—素土；5—冻土线；6—贫混凝土

A.3.3 水准基点墙脚标石埋设规格应符合图A.7的规定。

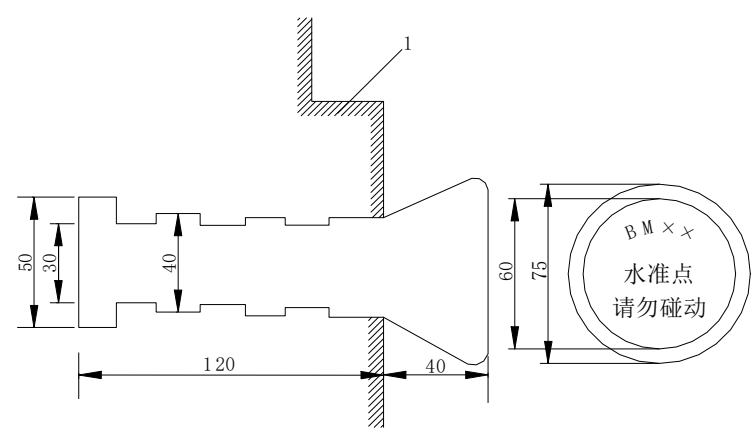


图 A.7 墙脚水准基点标石埋设图（单位：mm）

注：1--墙面

A.3.4 本附录所规定的各级平面水准点标石的埋设规格均为一般地区普通标石的埋设，标石可采用混凝土预制桩或现场浇注，对于特殊地区的标石埋设，应根据线路所在地区的土质、地质构造及区域沉降等因素，进行特殊地区的基岩点、深埋点等控制点埋设。

附 录 B
(规范性)
旋喷桩施工记录

表 B.1 旋喷注浆记录表

工程名称			高压泵型号			钻孔或 打管机具				
注浆管直径			喷嘴个数			喷嘴孔径				
设计提 升速度			设计注浆量			设计旋 转速度				
浆液配方			水泥强度等级							
注浆孔 编号	旋喷深 度（m）	实际有 效长度 （m）	旋喷时间 （时分）		旋转 速度 （r/mm）	提升速度 （m/mm）	旋喷压力 （MPa）	注浆量 （m³）	冒浆量 （m³）	日期
			开始	结束						

工地负责人_____记录人_____

附 录 C
(规范性)
路堤填筑压实试验

- C.1.1 应根据填料的种类、性质、压实标准及施工条件，选定适宜的压实机具。
- C.1.2 应安排不小于100 m长的路堤试验段，在其各部位的全宽度内进行填筑压实试验，确定合理的松铺厚度、压实遍数、施工含水率及填筑工艺。
- C.1.3 填层的松铺厚度应能满足压实后不大于检测方法所控制的最大层厚，并能达到设计要求的压实标准；填层最佳厚度和相应的压实遍数，应通过逐渐调整填层的松铺厚度获得。
- C.1.4 每层的压实效果应分别采用核子密度湿度仪、灌砂法和K30荷载板试验进行检测。当采用K30荷载板试验检测时基床以下的填筑试验不宜在3层以前取值；基床的填筑试验应在合乎要求的层位取值。
- C.1.5 工艺性路堤填筑试验段完成后，应及时编制试验段总结报告并送相关单位批准。

附 录 D

(规范性)

泥浆试验记录、钻孔记录、水下混凝土浇筑记录

表 D.1 泥浆试验记录表

工程名称						
墩台身			桩 号			
施工单位			泥浆原料			
测定时间	试验项目	泥浆指标				
年 月 日		比 重	黏 度	含砂率	胶体率	PH 值

注：试验项目按以下情况填写：（1）孔外造浆；（2）孔内造浆；（3）工序检查；（4）清孔检查。

试验员_____

施工负责人_____

表 D.2 钻孔记录表

工程名称							
墩台号		桩 号		起讫日期	年 月 日		
设计桩径		设计孔深		钻孔方法			
设计孔底高程		护筒顶高程		钻头形式			
设计桩顶高程		钻头直径					
时 间		工作项目	钻进深度 (m)		孔底高程	记 事	
起	止		本 次	累 计			

注：记事栏中应：（1）绘制桩位示意图；（2）记录成孔检查情况。

试验员_____

施工负责人_____

附录 E (规范性附录) 孔道摩阻试验

E.1.1 孔道摩阻试验的目的是验证设计数据和积累施工资料。

E.1.2 孔道摩阻力导致预应力损失值 σ_n 。由式E.1求得。:

$$\sigma_n = \sigma_k [1 - e - (\mu\theta + kx)] \dots\dots\dots (E.1)$$

式中:

σ_k —张拉控制应力,单位为兆帕(MPa);

θ —弯曲孔道端部切线交角,单位为弧度(rad);

x —直线段孔道长度,单位为米(m);

μ, k —孔道摩阻系数和孔道偏差系数。

试验布置见图 E.2。试验是在锚下安放压力筒进行(甲端为张拉端,乙端为锚固端)。

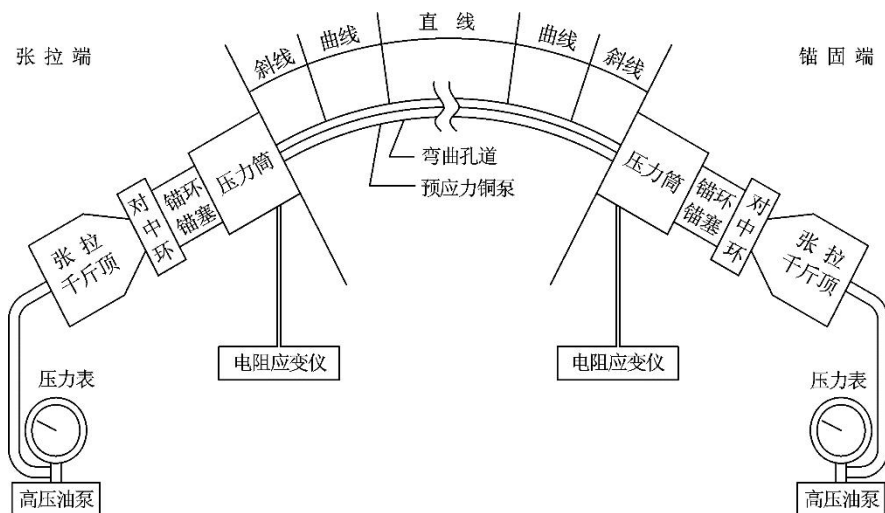


图 E.1 孔道摩阻试验布置

E.1.3 孔道摩阻力的测算应符合下列规定:

- 先进行直线孔道摩阻力试验,按式 E.1 中 θ 为零时求得 k 值;
- 再进行与直线孔道同样工艺及施工条件带有曲线孔道的摩阻力试验,并以上项 k 值代入式 E.1 求得 μ 值。

E.1.4 测力过程:

- 锚固端千斤顶主缸进油空顶 10cm 关闭,两端预应力钢束均匀楔紧于张拉千斤顶上。两端装置对中;
- 张拉端千斤顶进油张拉。以油压表压力从 0 到超张拉值,按 400 N 或 500 N 分级,逐级增压张拉,每级张拉时均记录压力筒应变数和油压表压力两端读数;
- 从张拉第 2 级起,钢束上划细线,逐级测录钢束延伸量;
- 当千斤顶张拉到张拉吨位时,逐渐回油到 0,再重复逐级张拉 1 次,并记录各级读数和延伸量;

- e) 超张拉持压 5 min，回压到张拉值，顶塞锚固，锚固时主缸油保持不低于张拉值，也不超过超张拉值，锚固前后均须记录两端油压读数和延伸量。测量锚塞外露值；
- f) 张拉端千斤顶回油到 0，记录压力筒压力及锚塞外露值；
- g) 锚固端千斤顶回油，卸下两端张拉装置。

E.1.5 张拉结果：

- a) 两端压力筒的压力差为钢束沿孔道全长的摩阻损失值；
- b) 张拉端千斤顶拉力和压力筒压力差为锚环口摩阻损失值；
- c) 张拉端顶塞锚固前后压力筒压力差为锚塞回缩预应力损失值；
- d) 顶塞锚固前后钢束延伸值差为钢束回缩值；
- e) 超张拉回压到张拉值和顶塞锚固后，锚固端侧力筒各次压力差，即为锚固端预应力变化值。

附 录 F
(规范性)
后张法预应力混凝土梁施工记录

表 F.1 预应力筋张拉施工记录表

构件名称												位置示意图	
预应力施工		年 月 日 时				气 温		°C					
预应力筋类型		长度				编 号							
锚具类型		张拉端				锚固端							
孔道长度													
混凝土		设计强度等级 预应力时强度				浇注日期		月 日					
钢筋		设计张拉力 kN, 初始张力 kN, 设计伸长值 mm, 超张拉力 kN											
千斤顶编号				标定系数				油压表编号				等 级	
张拉顺序				初始张拉		张 拉		超张拉		顶塞			
油压表读数 (MPa)													
换算拉力 (kN)										顶塞力			
伸长值 (mm)													
锚塞外露 mm				钢束回缩 mm									
张拉情况		断丝		根数		位置		原因					
		滑丝		根数		滑丝量 mm		位置		原因			

注：1 两端张拉、倒顶张拉、退塞及重新张拉等，均应在张拉情况栏内记录；
2 钢束回缩值即张位力伸长值和顶塞后伸长值之差。

记录_____ 施工负责人_____

表 F.2 预应力筋孔道压浆记录表

桥名：

构件名称						位置顺序示意图	
压浆日期		年	月	日	时	气 温	℃
灰浆配合比			水灰比			水 温	℃
灰浆流动度					流水率	%	
水泥品种及强度等级					掺加计	掺量%	
灰浆泵型号							
孔道编号	长度（m）	冲洗及邻孔情况	压浆起讫时间	进浆方向	进浆压力（MPa）	持压压力（MPa）	持压时间（h）

压浆情况

注：孔道冲洗、通顺、邻孔冲洗及有否串浆，中部连续压浆等均须在压浆情况栏内记录。

记录_____

施工负责人_____

附 录 G
(规范性)
轨枕间距布置

G.1.1 轨枕间距应按式 (G.1) 计算:

$$\alpha = \frac{L' - c - 2b}{n - 3} \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

a—中间轨枕间距,单位为毫米 (mm);

c—钢轨接头处的轨枕间距,单位为毫米 (mm)。由钢轨接头构造确定;

b—a和c之间的过渡间距,单位为毫米 (mm)。以最后采用的a和c值代入式 (G.1) 求得;

n—每个轨节的轨枕配置数, $n = NL/1000$, 其中N为设计规定的每千米轨枕配置根数; L为钢轨长度,单位为米 (m);

L' —1根钢轨加1个轨缝的轨节长度,单位为毫米 (mm)。采用相错式接头的轨道,为左右股相错接头间的长度。

计算时,先采用代入 $b = \frac{a + c}{2}$ (G.1) 式,则得 $b = \frac{L' - 2c}{n - 2}$ 。其中 n 按 $n = \frac{NL}{1000}$ 计算所得,先舍去小数取整求 a, 以此求得的 a 值,大于 9.3.3 条规定时,应将每个轨排或两股相错接头间的轨枕配置根数 n 增加 1 根 (即 n 按计算所得小数进位取整),重新计算 a 值 (参考图 G.1)。a 值应采用整数,并宜为 5 的倍数。

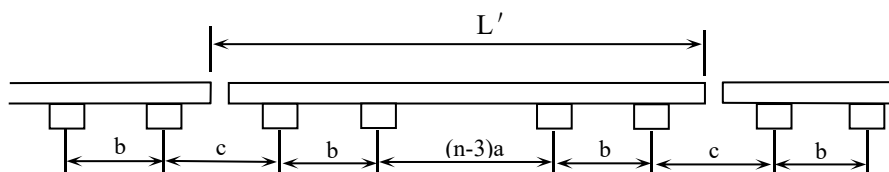


图 G.1 轨枕间距示意图

G.1.2 各间距关系宜为 $a > b > c$ 。

G.1.3 标准长度轨相对式接头轨道的轨枕间距按表G.1布置。

表 G.1 混凝土枕、木枕间距 (mm)

钢轨类型 (kg/m)	钢轨长 (m)	每千米配 轨枕根数	每轨排配 轨枕根数	混凝土枕			木 枕		
				<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>
60和50	25	1600	40	540	579	630	440	537	635
		1680	42	540	573	598	440	487	605
	12.5	1600	20	540	587	635	440	594	640
		1680	21	540	584	600	440	544	610
50和43	25.0	1440	36	500	622	705	500	622	705
		1520	38	500	617	665	500	617	665
	12.5	1440	18	500	604	720	500	604	720
		1520	19	500	604	675	500	604	675
注：轨枕若采用 1667 根/km 时，a、b、c 均为 600 mm。									

附 录 H
(规范性)
螺旋道钉锚固料配制工艺

- H.1.1 螺旋道钉锚固料，由硫磺、水泥、砂子和石蜡配制而成。材料技术条件应符合以下规定：
- a) 硫磺应用纯度不小于 95 % 的一般工业用硫磺。配制前应破成碎块。受潮时，应在配制前干燥；
 - b) 水泥用普通硅酸盐水泥。有结块时，配制前应过筛；
 - c) 砂子粒径不应大于 2 mm，污泥含量不应大于 5 %。配制前应烘干；
 - d) 石蜡为一般工业用石蜡。配制前应破成碎块；
 - e) 各种材料内不应混有杂物。
- H.1.2 成分配合比按下列规定选用：
- a) 根据气候和材料技术条件，按下列规定的重量配合比范围，由试验选定各种材料用量：
硫磺：水泥：砂子：石蜡=1: (0.3~0.6) : (1~1.5) : (0.01~0.03) 配制成的熔液，应较稠而又不影响灌注时应具备的流动度。
 - b) 少量施工时，各种材料配合比可用：
硫磺：水泥：砂子：石蜡=1 : 0.5 : 1.5 : 0.02
- H.1.3 熔制锚固料时应遵守以下规定：
- a) 按选定的配合比，称好各种材料的 1 次熔制量。先倒入砂子加热到 100 °C~120 °C，将水泥倒入加热到 130 °C，最后加入硫磺和石蜡，继续搅拌加热到 160 °C，熔浆由稀变稠成液胶状时，即可使用；
 - b) 火力要可控制，火候不应过猛。熔制过程应不断搅拌；
 - c) 工地锚固道钉时，可用两个铁锅轮流熔制。
- H.1.4 熔制锚固料时，应遵守下列安全事项：
- a) 锚固浆温度不应大于 180 °C；
 - b) 操作人员应在上风处，并应佩带防护用品；
 - c) 熔制场地严禁堆放易燃品。

参 考 文 献

- [1] GB 50141 给水排水构筑物工程施工及验收规范
 - [2] GB 50205 钢结构工程施工质量验收标准
 - [3] GB 50209 建筑地面工程施工质量验收规范
 - [4] GB 50243 通风与空调工程施工质量验收规范
 - [5] GB 50300 建筑工程施工质量验收统一标准
 - [6] DL 5009.2 电力建设安全工作规程 第2部分：电力线路
 - [7] TB 10413 铁路轨道工程施工质量验收标准
 - [8] TB 10414 铁路路基工程施工质量验收标准
 - [9] TB 10415 铁路桥涵工程施工质量验收标准
 - [10] TB 10417 铁路隧道工程施工质量验收标准
 - [11] TB 10422 铁路给水排水工程施工质量验收标准
 - [12] TB 10424 铁路混凝土工程施工质量验收标准
 - [13] TB 10425 铁路混凝土强度检验评定标准
-

