

城市轨道交通工程土建施工质量  
标准化管理技术指南

## 目录

前言	1
第一章 总则	2
第二章 基本规定	4
2.1 质量行为标准化	4
2.1.1 建设单位	4
2.1.2 勘察、设计单位	4
2.1.3 施工单位	5
2.1.4 监理单位	6
2.1.5 检测单位	6
2.2 工程实体质量控制标准化	7
2.2.1 材料设备进场管理	7
2.2.2 样板示范	8
2.2.3 施工工序控制	8
2.2.4 质量隐患排查及预防	9
2.2.5 缺陷整改处理	9
2.2.6 成品保护	9
2.2.7 质量管理信息化建设	10
第三章 主要施工材料质量控制	11
3.1 一般规定	11
3.1.1 质量要求	11
3.1.2 进场检验	11
3.1.3 取样送检	11
3.2 混凝土	11
3.2.1 水泥	12
3.2.2 矿物掺合料	12
3.2.3 集料	12
3.2.4 外加剂	13
3.2.5 混凝土拌合物	14
3.2.6 配合比	15
3.2.7 计量	17
3.3 钢材	17
3.3.1 钢筋、钢丝及钢绞线	17
3.3.2 型钢	18
3.4 防水材料	19
3.4.1 基本要求	19
3.4.2 核查内容	19
3.4.3 检验不合格界定	20
3.5 桥梁支座	20
3.5.1 基本要求	20
3.5.2 核查内容	21
3.5.3 检验不合格界定	21

第四章 明挖法施工质量控制	22
4.1 围护结构	22
4.1.1 一般规定	22
4.1.2 钻孔灌注桩及格构柱	22
4.1.3 地下连续墙	27
4.1.4 高压旋喷桩、三轴搅拌桩及 SMW 工法桩	32
4.1.5 质量检验	36
4.2 基坑开挖与支护	38
4.2.1 一般规定	38
4.2.2 冠梁	39
4.2.3 混凝土支撑	40
4.2.4 降排水	41
4.2.5 钢支撑	42
4.2.6 锚杆（索）	44
4.2.7 施工监测	44
4.2.8 土方开挖	48
4.2.9 质量检验	52
4.3 主体结构	53
4.3.1 一般规定	53
4.3.2 综合接地及垫层	53
4.3.3 钢筋	55
4.3.4 模板及支架	61
4.3.5 混凝土	65
4.3.6 防水	68
4.3.7 质量检验	72
4.4 回填	74
4.4.1 一般规定	74
4.4.2 土方回填	74
4.4.3 质量检验	75
第五章 盖挖法施工质量控制	77
5.1 一般规定	77
5.2 盖板结构	78
5.2.1 适用范围	78
5.2.2 施工要求	78
5.2.3 质量检验	79
5.3 逆作法土模	79
5.4 桩柱	79
5.4.1 钻孔灌注桩	79
5.4.2 人工挖孔桩	79
5.4.3 钢管柱	80
5.4.4 质量检验	80
5.5 监控量测	81
第六章 矿山法施工质量控制	82

6.1 一般规定	82
6.2 竖井	83
6.2.1 一般规定	83
6.2.2 锁口圈梁	84
6.2.3 竖井开挖	84
6.2.4 竖井运输	85
6.2.5 竖井支护	85
6.2.6 竖井衬砌	85
6.2.7 竖井回填或封闭	85
6.2.8 质量检验	86
6.3 超前地质预报	86
6.4 地层超前支护及加固	86
6.4.1 一般规定	86
6.4.2 超前锚杆	87
6.4.3 超前导管及管棚	87
6.4.4 注浆加固	88
6.4.5 质量检验	88
6.5 施工方法	89
6.5.1 全断面开挖法	90
6.5.2 台阶法	90
6.5.3 中隔壁（CD）法	92
6.5.4 交叉中隔壁（CRD）法	94
6.5.5 双侧壁导坑法	95
6.5.6 洞桩（PBA）法	96
6.5.7 拱盖法	99
6.5.8 中洞法	102
6.6 隧道开挖	104
6.6.1 土方开挖	104
6.6.2 岩石爆破	105
6.6.3 质量检验	106
6.7 初期支护	107
6.7.1 一般规定	107
6.7.2 钢格栅架立	108
6.7.3 钢格栅连接	109
6.7.4 钢筋网片安装	109
6.7.5 锁脚锚管安装	109
6.7.6 小导管和锚管注浆	109
6.7.7 型钢拱架安装	109
6.7.8 喷射混凝土	109
6.7.9 初期支护注浆	110
6.7.10 质量检验	111
6.8 钢管柱	114
6.8.1 钢管柱人工挖孔	114

6.8.2	钢管柱加工	114
6.8.3	螺栓连接	114
6.8.4	钢筋笼	115
6.8.5	钢管柱内混凝土灌注	115
6.8.6	质量检验	115
6.9	底纵梁、顶纵梁、冠梁	116
6.10	初支扣拱	116
6.11	二衬扣拱	116
6.12	临时支撑架立和拆除	117
6.12.1	一般规定	117
6.12.2	格栅架立	117
6.12.3	侧壁、中隔墙、临时仰拱	117
6.12.4	封闭成环	118
6.12.5	侧壁、中隔墙、临时仰拱拆除	118
6.13	防水	118
6.13.1	基面处理	118
6.13.2	无纺土工布安装	118
6.13.3	喷涂速凝沥青橡胶	119
6.13.4	防水板安装	120
6.13.5	质量检验	120
6.14	二次衬砌	121
6.14.1	仰拱钢筋安装	121
6.14.2	二衬钢筋安装	121
6.14.3	二衬模板	121
6.14.4	二衬混凝土	121
6.14.5	二衬注浆	122
6.14.6	开挖过程排水及运输	122
6.14.7	二衬后洞内排水	122
6.14.8	质量检验	122
6.15	监控量测	123
第七章	盾构法施工质量控制	125
7.1	盾构机选型	125
7.1.1	复合式土压平衡盾构机	125
7.1.2	加泥式土压平衡盾构机	125
7.1.3	泥水平衡盾构机	125
7.1.4	硬岩掘进机（TBM）	125
7.2	施工过程控制	125
7.2.1	洞门钢环试拼及吊装	125
7.2.2	盾构钢环预埋	125
7.2.3	始发基座及反力架安装	126
7.2.4	端头加固及探孔	126
7.2.5	盾构机吊装、组装	126
7.2.6	盾构机调试	127

7.2.7	管片进场验收	127
7.2.8	管片防水	127
7.2.9	负环拼装与加固	128
7.2.10	洞口管片紧固装置	128
7.2.11	管片垂直、水平调运	128
7.2.12	管片拼装	129
7.2.13	渣土改良	129
7.2.14	盾构掘进	130
7.2.15	盾尾间隙控制	131
7.2.16	同步注浆	131
7.2.17	二次注浆	132
7.2.18	盾构到达	132
7.2.19	盾构机拆解、吊出	133
7.2.20	质量检验	133
7.3	土压平衡盾构掘进	135
7.3.1	土仓压力控制	135
7.3.2	出渣量控制	136
7.3.3	推进速度	136
7.3.4	渣土改良	136
7.3.5	渣土运输	137
7.3.6	施工控制	138
7.4	泥水平衡盾构掘进	138
7.4.1	泥水建仓控制	138
7.4.2	泥水系统控制	139
7.4.3	泥水主要参数管理	141
7.4.4	施工控制	142
7.5	复合盾构掘进	142
7.5.1	设备配置比较	142
7.5.2	模式选择	143
7.6	TBM 掘进	143
7.6.1	TBM 掘进机组装	143
7.6.2	TBM 掘进机调试	143
7.6.3	TBM 试掘进	144
7.6.4	TBM 正常掘进作业	144
7.7	联络通道/泵站	146
7.7.1	一般规定	146
7.7.2	冻结孔与冻结器施工	146
7.7.3	冻结站	149
7.7.4	冻结壁检测与判断	152
7.7.5	冻结工程收尾工作	153
7.7.6	开挖与构筑	154
7.7.7	结构施工	156
7.7.8	衬砌后充填注浆和地层融沉注浆	156

7.7.9 质量检验.....	157
7.8 监控量测.....	158
第八章 高架法施工质量控制.....	161
8.1 桩基.....	161
8.1.1 施工准备、放线.....	161
8.1.2 护筒设置.....	161
8.1.3 开钻.....	161
8.1.4 钢筋笼安装.....	162
8.1.5 混凝土灌注.....	162
8.1.6 质量检验.....	163
8.2 承台.....	163
8.2.1 基坑支护、开挖和回填.....	163
8.2.2 桩头破除.....	164
8.2.3 钢筋加工.....	164
8.2.4 模板安装.....	164
8.2.5 混凝土浇筑.....	165
8.2.6 质量检验.....	165
8.3 墩柱.....	165
8.3.1 混凝土结合面凿毛.....	165
8.3.2 钢筋绑扎.....	165
8.3.3 模板安装.....	166
8.3.4 砌体墩台.....	166
8.3.5 混凝土浇筑.....	166
8.3.6 质量检验.....	167
8.4 盖梁.....	168
8.4.1 钢筋加工.....	168
8.4.2 支撑体系及模板安装.....	168
8.4.3 混凝土浇筑.....	168
8.4.4 质量检验.....	168
8.5 悬臂浇筑连续梁.....	169
8.5.1 悬臂浇筑挂篮设计、验收、使用.....	169
8.5.2 钢筋.....	169
8.5.3 预应力.....	170
8.5.4 混凝土.....	170
8.5.5 线形监控.....	170
8.5.6 合龙.....	171
8.5.7 质量检验.....	171
8.6 现浇箱梁.....	172
8.6.1 地基处理.....	172
8.6.2 支架搭设.....	172
8.6.3 模板安装.....	173
8.6.4 钢筋绑扎.....	173
8.6.5 预应力安装.....	173

8.6.6	混凝土浇筑及养护	174
8.6.7	预应力张拉与压浆	174
8.6.8	质量检验	175
8.7	预制梁	175
8.7.1	台座布置	175
8.7.2	钢筋绑扎	175
8.7.3	模板及橡胶芯棒定位安装	176
8.7.4	混凝土浇筑及养护	176
8.7.5	预应力张拉与压浆	176
8.7.6	移梁与存梁	177
8.7.7	预制梁架设	177
8.7.8	质量检验	178
8.8	钢箱梁	179
8.8.1	钢箱梁板加工	179
8.8.2	无损探伤试验	179
8.8.3	支架搭设	179
8.8.4	钢箱梁吊装	179
8.8.5	质量检验	179
8.9	支座、桥面系及附属结构	183
8.9.1	支座安装	183
8.9.2	湿接缝	183
8.9.3	防撞护栏	184
8.9.4	桥面防水	184
8.9.5	桥面铺装	184
8.9.6	桥面排水	185
8.9.7	桥台锥坡	185
8.9.8	伸缩缝	185
8.9.9	桥梁检测	185
8.10	路基	191
8.10.1	路基清表	191
8.10.2	土方路堤、涵洞	191
8.10.3	地基处理	191
8.10.4	临时排水设施	195
8.10.5	路基填筑	195
8.10.6	石方路基	195
第九章	创建标准化样板	197
9.1	管片生产	197
9.2	钢筋集中加工场	200
9.3	工地标准养护室	201
9.3.1	房屋建设	201
9.3.2	设备配置	201
9.3.3	运行管理	202
9.4	材料存放场	202



## 前言

依据中共中央国务院关于开展质量提升行动的指导意见精神,为进一步提升城市轨道交通工程施工质量管理技术水平,按照《住房城乡建设部关于印发工程质量安全手册(试行)的通知》(建质〔2018〕95号)、《住房城乡建设部关于开展工程质量标准化工作的通知》(建质〔2017〕242号)等规定,住房城乡建设部组织有关单位编制了《城市轨道交通工程土建施工质量标准化技术指南》。

本指南以“管理行为标准化和工程实体质量控制标准化”为核心,先后在北京、厦门、青岛等地开展试点,建立覆盖全过程、全员参与的质量标准化管理体系,实行规范化管理。本指南征求了各城市轨道交通建设主管部门、建设单位等意见,并进行了修改完善。

本指南的主编单位:厦门轨道交通集团有限公司。参编单位:北京市住房和城乡建设委员会、江苏省土木建筑学会城市轨道交通建设专业委员会、北京市轨道交通建设管理有限公司、深圳市地铁集团有限公司、常州市轨道交通发展有限公司、北京城建勘测设计研究院有限公司、青岛市地铁集团有限公司、兰州市轨道交通有限公司、北京控股磁悬浮技术发展有限公司、北京城市快速轨道建设管理有限公司。

本指南的主要起草人员:王文格、李少波、刘永淼、苏志辉、王华毅、李东明、王胜平、黄勇、杨和平、毛海超、张大春、刘鑫、赵斌、杨开武、黎忠文、吴永芳、叶铁民、刘永勤、刘丹、宇亚飞、刘方克、孙红斌、孙河川、田建华。

本指南的主要审核人员:金淮、鲁屹、韩学诠、韩少光、刘朝明、杨立众、刘利军、李金凤、张海波、段兆臣。

## 第一章 总则

**1.1** 为建立城市轨道交通工程质量长效管理机制，实现质量行为规范化和工程实体质量控制程序化、管理标准化，促进工程质量均衡发展，有效提高工程质量整体水平，特编制本指南。

**1.2** 本指南主要适用于城市轨道交通新建、改建和扩建工程的土建施工质量标准化控制。

**1.3** 本指南以施工现场为中心，以质量行为标准化和工程实体质量控制标准化为重点，建立健全施工项目质量管理体系、工程实体质量控制标准、工序质量过程控制等操作规程。

**1.4** 本指南主要针对施工项目部，设置工区的同样按要求执行。其他参建单位现场机构参照执行。

**1.5** 本指南制定的主要依据：

1. 《中华人民共和国建筑法》
2. 《建设工程质量管理条例》
3. 《中共中央国务院关于开展质量提升行动的指导意见》
4. 《建设工程质量检测管理办法》（建设部令第 141 号）
5. 《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（住房城乡建设部令第 37 号）
6. 《关于印发〈城市轨道交通工程安全质量管理暂行办法〉的通知》（建质〔2010〕5 号）
7. 《住房城乡建设部关于印发城市轨道交通建设工程验收管理暂行办法的通知》（建质〔2014〕42 号）
8. 《住房城乡建设部关于印发城市轨道交通工程质量安全检查指南的通知》（建质〔2016〕173 号）
9. 《住房城乡建设部关于开展工程质量管理标准化工作的通知》（建质〔2017〕242 号）
10. 《住房城乡建设部关于印发工程质量安全手册（试行）的通知》（建质〔2018〕95 号）

11. 《建设工程施工项目管理规范》(GB 50216)

12. 《城市轨道交通建设项目管理规范》(GB 50722)

1.6 城市轨道交通工程土建施工质量标准化技术管理除应符合本指南的规定外,还应符合国家、行业现行相关标准与规定。

## 第二章 基本规定

### 2.1 质量行为标准化

质量行为标准化，按照“体系健全、制度完备、责任明确”的要求，对施工现场主要参建各方应承担的质量责任和义务等方面做出相应规定，主要包括体系建设、制度建设、机构设置、人员管理、技术管理、分包管理、施工管理、资料管理和验收管理等。

#### 2.1.1 建设单位

- (1) 按规定办理工程质量监督手续。
- (2) 不得肢解发包工程。
- (3) 不得任意压缩合理工期。
- (4) 按规定委托具有相应资质的检测单位进行检测工作。
- (5) 对施工图设计文件报审图机构审查，审查合格方可使用。
- (6) 对有重大修改、变动的施工图设计文件应当重新进行报审，审查合格方可使用。
- (7) 提供给监理单位、施工单位经审查合格的施工图纸。
- (8) 组织图纸会审、设计交底工作。
- (9) 按合同约定由建设单位采购的建筑材料、建筑构配件和设备的质量应符合要求。
- (10) 不得指定应由承包单位采购的建筑材料、建筑构配件和设备，或者指定生产厂、供应商。
- (11) 按合同约定及时支付工程款。

#### 2.1.2 勘察、设计单位

- (1) 在工程施工前，就审查合格的施工图设计文件向施工单位和监理单位作出详细说明。

(2) 及时解决施工中发现的勘察、设计问题，参与工程质量事故调查分析，并对因勘察、设计原因造成的质量事故提出相应的技术处理方案。

(3) 按规定参与施工验槽。

### 2.1.3 施工单位

(1) 不得违法分包、转包工程。

(2) 项目经理资格符合要求，并到岗履职。

(3) 设置项目质量管理机构，配备质量管理人员。

(4) 编制并实施施工组织设计。

(5) 编制并实施施工方案。

(6) 按规定进行技术交底。

(7) 配备齐全该项目涉及到的设计图集、施工规范及相关标准。

(8) 由建设单位委托见证取样检测的建筑材料、建筑构配件和设备等，未经监理单位见证取样并经检验合格的，不得擅自使用。

(9) 按规定由施工单位负责进行进场检验的建筑材料、建筑构配件和设备，应报监理单位审查，未经监理单位审查合格的不得擅自使用。

(10) 严格按审查合格的施工图设计文件进行施工，不得擅自修改设计文件。

(11) 严格按施工技术标准进行施工。

(12) 做好各类施工记录，实时记录施工过程质量管理的内容。

(13) 按规定做好隐蔽工程质量检查和记录。

(14) 按规定做好检验批、分项工程、分部工程的质量报验工作。

(15) 按规定及时处理质量问题和质量事故，做好记录。

(16) 实施样板引路制度，设置实体样板和工序样板。

(17) 按规定处置不合格试验报告。

#### 2.1.4 监理单位

- (1) 总监理工程师资格应符合要求，并到岗履职。
- (2) 配备足够的具备资格的监理人员，并到岗履职。
- (3) 编制并实施监理规划。
- (4) 编制并实施监理实施细则。
- (5) 对施工组织设计、施工方案进行审查。
- (6) 对建筑材料、建筑构配件和设备投入使用或安装前进行审查。
- (7) 对分包单位的资质进行审核。
- (8) 对重点部位、关键工序实施旁站监理，做好旁站记录。
- (9) 对施工质量进行巡查，做好巡查记录。
- (10) 对施工质量进行平行检验，做好平行检验记录。
- (11) 对隐蔽工程进行验收。
- (12) 对检验批工程进行验收。
- (13) 对分项、分部（子分部）工程按规定进行质量验收。
- (14) 签发质量问题通知单，复查质量问题整改结果。

#### 2.1.5 检测单位

检测单位是指建设单位委托具有资质的从事见证取样送检的第三方质量检测单位。

- (1) 不得转包检测业务。
- (2) 不得涂改、倒卖、出租、出借或者以其他形式非法转让资质证书。
- (3) 不得推荐或者监制建筑材料、构配件和设备。
- (4) 不得与行政机关，法律、法规授权的具有管理公共事务职能的组织以及所检测工程项目相关的设计单位、施工单位、监理单位有隶属关系或者其他利

害关系。

(5) 应当按照国家有关工程建设强制性标准进行检测。

(6) 应当对检测数据和检测报告的真实性和准确性负责。

(7) 应当将检测过程中发现的建设单位、监理单位、施工单位违反有关法律、法规和工程建设强制性标准的情况，以及涉及结构安全检测结果的不合格情况，及时报告工程所在地住房城乡建设主管部门。

(8) 应当单独建立检测结果不合格项目台账。

(9) 应当建立档案管理制度。检测合同、委托单、原始记录、检测报告应当按年度统一编号，编号应当连续，不得随意抽撤、涂改。

## 2.2 工程实体质量控制标准化

工程实体质量控制标准化，按照“施工质量样板化、技术交底可视化、操作过程规范化”的要求，对涉及主体结构实体质量的关键工序做法以及管理要求做出相应规定，主要包括材料设备进场管理、样板示范、施工工序控制、成品保护、质量隐患排查、缺陷整改处理、质量管理信息化等。

### 2.2.1 材料设备进场管理

1. 建立材料设备进场验收和使用前检验制度。

(1) 材料设备进场时，应对其质保书、合格证、外观质量、品牌规格型号、数量、检验情况进行核验，并进行标识。

(2) 材料设备进场后如需进场复检的，应及时按规范要求进行现场复检，复检合格并报监理批准后方可使用。

(3) 复检不合格的，应及时退场，相关资料应齐全。

2. 建立材料设备现场管理制度。

(1) 材料设备进场后，管理员进行分类、分级管理。

(2) 材料设备仓库的选址应有利于材料的进出和存放，符合防火、防水、防盗、防风、防变质的要求。

(3) 进场的材料应按型号、品种分区堆放，并分别编号、标识。

- (4) 有防潮湿要求的材料，应采取防潮湿措施，并做好标识。
- (5) 有保质期要求的库存材料应定期检查、防止过期，并做好标识。
- (6) 易损坏的材料应保护好外包装，防止损坏。

3.严禁使用不合格的材料；禁止使用已被淘汰、被禁止使用的建材产品或施工技术（工艺）。

4.对涉及结构安全的试块、试件以及有关材料应按规定进行见证取样检测。

### 2.2.2 样板示范

在分项工程大面积施工前，应以现场示范操作、视频影像、图片文字、实物展示、样板间等形式直观展示关键部位、关键工序的做法与要求，使施工人员掌握质量标准和具体工艺，并在施工过程中遵照实施。样板工程应符合现场实际，以同等施工条件下可以普遍达到的为准。通过样板引路，将工程质量管理从事后验收提前到施工前的预控和施工过程的控制。按照“标杆引路、以点带面、有序推进、确保实效”的要求，积极培育质量管理标准化示范工程，发挥示范带动作用。

1.对每道工序的首件工程，按设计、规范等要求，严格控制施工过程，确保符合各项要求。

2.积极推出样板工程，为后续施工提供有效的管理控制示范作用。

3.各工序的板块均以样板工程为指导，以样板采用的施工方法组织各板块施工，确保各板块施工均能达到样板要求。

4.对不符合样板施工要求的施工方法给予否定，违者按章处罚，突出样板的权威性。

5.将这一制度深入运用到每道工序中，确保整个工程均达到样板工程要求。

### 2.2.3 施工工序控制

落实“三检”制度、加强过程控制、完善报验程序。

1.在施工过程中应坚持自检、互检、交接检程序，落实“三检”制度，提高自我管理，自我控制，自我提高的能力。

2.应组织开展施工班组间的以“工前教育、工中检查和工后讲评”为主要内容的“三工”活动，提高质量管理的实际效果，防止质量问题重复发生。



3.质量管理强调过程控制，对于达不到质量要求的施工工艺必须进行改进，把质量通病消灭在萌芽状态。

4.工序完成之后，由工班长进行自检。自检合格之后，应向项目部质检员报检。项目部质检员根据本分项工程的控制要点进行验收，验收合格之后携带填好的质检表格向监理工程师报检。

#### 2.2.4 质量隐患排查及预防

1.应建立质量隐患排查及预防管理制度，并明确责任，落实到人。

2.排查内容应全面，对容易产生质量隐患的工序、部位应作为重点控制对象进行排查。

3.对排查出的隐患应及时进行整改，整改合格后才能进行后续或下一道工序的施工。

4.现场应建立隐患警示牌，起到警示教育的作用。

#### 2.2.5 缺陷整改处理

1.应建立缺陷整改处理管理制度。

2.质量缺陷的统计应完整、详细、真实。

3.应有针对性地编制质量缺陷整改技术方案，并按规定进行审批，整改过程资料应齐全，整改完成后应组织验收。对重要的关键性缺陷整改应先行进行工艺验证。

4.应由专业队伍进行缺陷整改。

#### 2.2.6 成品保护

1.应根据成品内容和施工范围，划分责任段，落实责任制，制定详细的成品保护措施，确保成品质量。

2.应派专人负责对成品进行保护、保管与标识。

3.成品在储存、保管过程中，如遇到外界因素或客观条件影响时，应根据实际情况采取相应的保护措施。

4.成品在储存、保管期间发生损坏或不适用时，看管人员必须予以记录，并及时处置。

### 2.2.7 质量管理信息化建设

1.质量管理信息化是以管理活动流程化、管理流程表单化、流程表单信息化、信息管理集成化为主要手段，实现质量信息的录入、归档、集成、查询、预警等功能。

2.推广 BIM 技术在质量管理过程中的应用。

通过 BIM 技术实时显示未施工构件或部位的工艺工法、质量控制点、控制参数，已施工构件或部位的检验状态、质量数据、组织机构及人员等信息，实施覆盖全程全生命周期的质量管理。

3.推广信息技术的运用。

利用二维码等信息技术，实现重要工程材料、设备、半成品、工程实体质量自我声明和质量追溯功能；扫描二维码即可知道结构构件的施工时间、质量控制点以及实测实量数据。

推广在工程项目的质量管理活动中利用数字化终端，实现实时在线录入、统计、集成、自动生成档案资料及报告等功能（如：材料、工序及分项工程检验验收、实测实量、甲方监理及上级对项目检查考核等），实现过程质量的实时监控。

## 第三章 主要施工材料质量控制

### 3.1 一般规定

#### 3.1.1 质量要求

1.凡将要构成永久性工程组成部分的一切材料（含半成品、成品），都必须符合设计文件及相关规范、规定和要求。

2.未经建设、监理、设计书面同意，不得采取任何代用材料。

#### 3.1.2 进场检验

1.应对进场的原材料、半成品、成品和工程设备，依据国家、行业、地方有关标准和规定，选定相应的检验和试验手段、方法，进行检验和试验。未经检验和未经试验合格的物资不得投入使用。

2.对不合格的物资，在不影响最终产品质量的前提下，提出降级使用或改作他用时，应提供相应的试验依据和可追溯资料，经建设、监理、设计、施工等共同商定，由设计方验算符合要求，监理及建设方先后审批通过后方可使用。

#### 3.1.3 取样送检

1.所有外购（含进口）材料运抵现场时，都应附有厂商的材质检验合格证书，或经监理工程师认可的试验室的试验证书。

2.所有外购（含进口）材料，除明确规定的抽样检验外，如果监理工程师因质量目的提出做补充检验，应予以执行。

3.施工和监理单位应安排专人负责取样、见证取样，并保持人员的相对稳定。监理见证取样的数量应符合相关规定。

### 3.2 混凝土

1.大体积混凝土是指混凝土结构物实体最小几何尺寸不小于 1m 的大体量混凝土，或预计会因混凝土中胶凝材料水化引起的温度变化和收缩而导致有害裂缝产生的混凝土。

2.厚度大于 800mm 的明挖车站的底板（含底梁）、暗挖车站的底梁和顶梁；厚度大于 500mm（含 500mm）的车站、区间（含折返线）的侧墙和顶板（或拱部衬砌）应按大体积混凝土有关规定采取施工措施。

3.大体积混凝土浇筑前宜在混凝土核心区设置冷却管，以降低水化热。混凝土的入模温度不应超 30℃；新浇混凝土与钢模、邻接的已硬化混凝土或周边介

质之间的温差不得超过  $15^{\circ}\text{C}$ ；混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于  $50^{\circ}\text{C}$ ，且温度峰值不宜超过  $65^{\circ}\text{C}$ ；混凝土浇筑体降温速率不宜大于  $2.0^{\circ}\text{C}/\text{d}$ ；混凝土浇筑体的里表温差（不含混凝土收缩的当量温度）不宜大于  $25^{\circ}\text{C}$ ，混凝土表面和环境温差不超过  $20^{\circ}\text{C}$ 。

### 3.2.1 水泥

- 1.每批次水泥进场必须按照规范要求进行检查，样品保存不少于三个月。
- 2.硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥中的铝酸三钙含量不宜超过 8%，水泥细度（比表面积）不小于  $300\text{m}^2/\text{kg}$  且不宜超过  $350\text{m}^2/\text{kg}$ ，游离氧化钙不超过 1.5%，水泥的碱含量不超过水泥重的 0.6%，氯离子含量不超过水泥重的 0.06%。
- 3.水泥入仓温度不应大于  $80^{\circ}\text{C}$ ，不得使用温度超过  $60^{\circ}\text{C}$  的水泥拌制混凝土。
- 4.水泥存储不宜超过三个月。对存储超过三个月的水泥，应重新进行检查，并按复验的结果使用。
- 5.严禁使用有结块的水泥，严禁不同品牌和强度等级的水泥混用。
- 6.大体积混凝土所用水泥其 3d 的水化热不宜大于  $240\text{kJ}/\text{kg}$ ，7d 的水化热不宜大于  $270\text{kJ}/\text{kg}$ 。

### 3.2.2 矿物掺合料

- 1.粉煤灰应符合《用于水泥和混凝土中的粉煤灰》GB/T 1596 的规定，宜选用来料均匀、各项性能指标稳定的 F 类 I 级或 II 级灰。
- 2.对于掺外加剂的混凝土，粉煤灰的掺入应不明显降低混凝土流动性。
- 3.配制 C50 及以上标号混凝土时，宜选用 F 类 I 级粉煤灰。用于拌制大体积混凝土时，严禁使用 C 类粉煤灰。
- 4.在使用粉煤灰前应进行预拌试验，对于搅拌及生产过程中释放强烈氨味的脱硝粉煤灰，禁止使用。
- 5.粒化高炉矿渣粉应符合《用于水泥、砂浆和混凝土中的粒化高炉矿渣粉》GB/T18046 的要求，应选用 S95 及以上级别，比表面积应控制在  $400\sim 450\text{m}^2/\text{kg}$ 。

### 3.2.3 集料

- 1.细骨料应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中砂的质量规定，对于 C60 以下的混凝土，泥块含量应不大于 1.0%。天然砂含泥量应

不大于 3.0%，人工砂 MB 值应小于 1.4 且石粉含量不大于 7.0%。

2.配制混凝土应选用细度模数为 2.3~3.0 的 II 区中砂，且配制泵送混凝土的砂 0.315mm 以下颗粒含量不宜少于 15%。不得使用山砂、未经淡化的海砂及风化严重的多孔砂配制混凝土。

3.粗骨料各项指标应符合《普通混凝土用砂、石质量及检验方法标准》JGJ 52 中石的质量规定。对于 C60 以下的混凝土，碎石压碎值指标应不大于 10%，卵石压碎值指标应不大于 12%，两者针片状含量均应不大于 10%，含泥量不大于 1%，泥块含量不大于 0.5%。

4.粗骨料应选用级配合理、粒形良好、质地坚固的洁净碎石，在 C40 以下强度等级混凝土中经试验验证，也可使用破碎卵石。

5.宜选用连续粒级粗骨料，也可采用二级配或多级配组合使用，粗骨料的松散堆积空隙率应不大于 45%。C45 及以下强度等级的混凝土，粗骨料最大公称粒径应不大于 31.5mm；配制 C50 及以上强度等级的混凝土，粗骨料最大公称粒径应不大于 25mm。

6.当骨料的砂浆棒膨胀率大于等于 0.10%且小于 0.20%时，混凝土碱含量应不超过  $3.0\text{kg/m}^3$ ，当骨料的砂浆棒膨胀率大于等于 0.20%且小于 0.30%时，除碱含量应满足规定外，还应采取掺加矿物掺合料等抑制碱-骨料反应的技术措施，并经试验证明抑制有效。不得使用砂浆棒膨胀率大于等于 0.30%的骨料，不得使用具有碱-碳酸盐反应活性的骨料。

### 3.2.4 外加剂

1.减水剂、引气剂应符合《混凝土外加剂》GB 8076 以及《混凝土外加剂应用技术规范》GB 50119 的有关规定，其释放氨的量应符合《混凝土外加剂释放氨的限量》GB 18588 的相关规定。

2.减水剂应选用能明显改善混凝土新拌性能和耐久性能，品质稳定的产品。减水剂与水泥及矿物掺合料应具有良好的相容性，减水剂的品种和掺量应经试验确定。

3.减水剂碱含量（按折固含量计）应不大于 10%；严禁使用氯盐类外加剂或其它对钢筋有腐蚀作用的外加剂，其氯离子含量（按折固含量计）应不大于 0.6%。

4.减水剂收缩率比应不大于 110%。宜选用具有较高减水率、较低收缩率比的高性能减水剂配制混凝土，C40 强度等级以上的混凝土应选用高性能减水剂配制。

5.有抗冻、抗渗等耐久性要求的混凝土宜掺入引气剂（或引气减水剂），所引入的气泡应均匀、封闭、微小且能稳定存在于硬化混凝土中，且平均气泡间距系数宜小于 300  $\mu\text{m}$ 。

6.膨胀剂的品种和性能应符合《混凝土膨胀剂》GB/T 23439 的规定。含氧化钙类膨胀剂配制的混凝土不得用于海水或有侵蚀性水的工程。

### 3.2.5 混凝土拌合物

1.混凝土拌合物性能应满足设计和施工要求，在商品混凝土进场验收时，应每车进行取样，检测混凝土稠度，并冲洗检查混凝土骨料成分。

2.混凝土拌合物应具有良好的和易性，不得离析或泌水，且凝结时间应满足施工要求。

3.混凝土拌合物的稠度应以坍落度和扩展度表示。坍落度不大于 180mm 的混凝土拌合物采用坍落度进行测试，坍落度大于 180mm 的混凝土拌合物应同时进行坍落度和扩展度测试。

4.混凝土拌合物的坍落度经时损失应不影响混凝土的正常施工；泵送混凝土拌合物的坍落度经时损失不宜大于 30mm/h。

5.泵送高强混凝土的扩展度不宜小于 500mm，倒置坍落度筒排空时间宜控制在 5~20s，且坍落度经时损失不宜大于 10mm/h；自密实混凝土的扩展度不宜小于 600mm，1h 扩展度不宜小于 550mm，其中填充层 $\leq$ 其中填充层。

6.混凝土拌合物的含气量宜控制在 2.5~5.0%之间，其中梁、轨道板含气量控制在 2.0~4.0%之间。

7.混凝土拌合物性能试验方法应符合《普通混凝土拌合物性能试验方法标准》GB/T 50080 的规定，坍落度经时损失试验方法应符合《混凝土质量控制标准》GB 50164 的规定，倒置坍落度筒排空时间试验方法应符合《高强混凝土应用技术规程》JGJ/T 281 附录 A 的规定，混凝土拌合物中水溶性氯离子含量试验方法应符合《混凝土中氯离子含量检测技术规程》JGJ/T 322 中混凝土拌合物中氯离

子含量检测的规定。

### 3.2.6 配合比

1.混凝土配合比设计应符合《普通混凝土配合比设计规程》JGJ 55 的有关规定，且宜遵循下列原则：低用水量、低水泥用量、适当水胶比、最大堆积密度、活性掺合料和高性能减水剂双掺等。

2.大体积混凝土的设计强度等级宜在 C25~C40 的范围内，并可利用混凝土 60d 或 90d 的强度作为混凝土配合比设计、混凝土强度评定及工程验收的依据。

3.在确定大体积混凝土配合比时，应根据混凝土的绝热温升、温控施工方案的要求等，提出混凝土制备时粗细骨料和拌和用水及入模温度控制的技术措施；大体积混凝土制备前，应进行常规配合比试验，并应进行水化热、泌水率、可泵性等对大体积混凝土控制裂缝所需的技术参数的试验；必要时其配合比设计应当通过试泵送。

4.混凝土的最大水胶比、胶凝材料用量应符合表 3.1 的规定。

表 3.1 混凝土最大水胶比、胶凝材料用量范围限值

混凝土强度等级	最大水胶比	胶凝材料用量范围(kg/m <sup>3</sup> )
C35	0.45	350~400
C40	0.43	380~440
C45	0.40	400~460
C50	0.36	420~480
C55	0.34	430~500
C60	0.32	440~520

5.应根据环境类别与水胶比确定混凝土中矿物掺合料的种类和掺量，粉煤灰和磨细矿渣粉的掺量宜符合表 3.2 的规定。使用硅灰、钢渣粉、沸石粉等其它掺合料或复合掺合料时，应满足相关标准要求。

表 3.2 不同环境下混凝土中矿物掺合料掺量范围 (%)

环境类别	矿物掺合料种类	水胶比≤0.40	水胶比>0.40
碳化环境	粉煤灰	≤40	≤30
	磨细矿渣粉	≤50	≤40
氯化物环境	粉煤灰	30~50	20~40
	磨细矿渣粉	40~60	30~50
化学腐蚀环境	粉煤灰	30~50	20~40
	磨细矿渣粉	40~60	30~50

环境类别	矿物掺合料种类	水胶比 $\leq 0.40$	水胶比 $> 0.40$
冻融环境	粉煤灰	$\leq 30$	$\leq 20$
	磨细矿渣粉	$\leq 40$	$\leq 30$

注：①当采用两种或多种矿物掺合料复合掺用时，混凝土中掺合料总量不宜超过胶凝材料总量的 50%，不同矿物掺合料的掺量可参考本表并经过试验确定。

②本表规定的矿物掺合料的掺量范围仅限于使用硅酸盐水泥或普通硅酸盐水泥的混凝土，对使用硅酸盐水泥的混凝土可取高限，对普通硅酸盐水泥的混凝土可取低限。

③对于预应力混凝土结构，宜采用 I 级粉煤灰，其掺量不宜超过 30%。

④严重氯盐环境与化学侵蚀环境下，粉煤灰的掺量应大于 30%，或磨细矿渣粉的掺量大于 50%。

6. 单位体积混凝土的含碱量应不超过  $3.0\text{kg/m}^3$ 。

7. 处于冻融和海洋氯化物环境或除冰盐等其他氯化物环境的混凝土应通过采取掺加引气剂等措施，优化硬化混凝土气泡结构，含气量和平均气泡间距系数应符合表 3.3 的规定，且含气量最大值不宜超过 7.0%。

表 3.3 混凝土拌合物含气量和平均气泡间距系数限值要求

环境条件	冻融环境		
	D1	D2	盐类结晶环境
含气量(%)	$>4.0$	$>5.0$	$>4.0$
平均气泡间距系数( $\mu\text{m}$ )	$<300$	$<250$	$<300$

注：①D1 为微冻环境且混凝土频繁接触水；D2 包含以下三种环境条件：微冻且混凝土处于水位变动区、严寒和微冻且混凝土频繁接触水、微冻且混凝土频繁接触含氯盐水体环境。

②对设计使用寿命为 100 年的混凝土，D1、D2 环境服役的混凝土抗冻等级要求分别为 F300、F350。

③混凝土拌合物的含气量与粗骨料最大公称粒有关，如粒径 25mm 时，含气量限值为 5.0%，则对粒径为 20mm 和 31.5mm 应分别为 5.5%和 4.5%。

8. 配制抗裂防渗混凝土宜优先选用聚羧酸类高性能减水剂，其掺量应通过试验确定并严格控制；采用膨胀剂配制抗裂防渗混凝土时，应根据使用环境和结构部位，通过试验确定其掺量，且应符合《补偿收缩混凝土应用技术规程》JGJ/T 178 的规定。

9. 对高强混凝土应考虑减小自干燥收缩的技术措施；对预应力混凝土应考虑减小徐变收缩的技术措施。

10. 配合比应每 6 个月验证一次，有效控制耐久性配合比的各项指标及混凝土质量。



### 3.2.7 计量

1. 计量设备的精度应满足有关国家标准的规定，并定期由有资质的计量检定部门检定。

2. 对计量器具应做好自检和自校工作，并做好校核记录。

3. 制定制度，定期检查、维保生产设备，并做好记录。

4. 混凝土原材料应严格按照施工配合比要求进行准确称量；原材料的计量应按重量计，水和外加剂溶液可按体积计，其允许最大偏差应符合表 3.4 的规定。

表 3.4 混凝土原材料计量允许偏差（按质量计，%）

原材料品种	水泥	细骨料	粗骨料	水	矿物掺合料	外加剂
每盘计量允许偏差	±2	±3	±3	±1	±2	±1
累计计量允许偏差	±1	±2	±2	±1	±1	±1

注：①现场搅拌时原材料计量允许偏差应满足每盘计量允许偏差要求。

②累计计量允许偏差指每一运输车中各盘混凝土的每种材料累计称量的偏差，该项指标仅适用于采用计算机控制计量的搅拌站。

③骨料含水率应至少每天测 2 次，雨、雪天施工应增加测定次数。

## 3.3 钢材

### 3.3.1 钢筋、钢丝及钢绞线

1. 每批钢筋均应有生产厂家的出厂检验合格证、力学性能和化学成分化（试）验报告单，其标示的各项指标、数据、批量、说明、签证盖章，应齐全准确、真实。钢筋混凝土和预应力混凝土结构使用的钢筋品种应符合《钢筋混凝土用钢第 2 部分：热轧带肋钢筋》GB 1499.2、《钢筋混凝土用钢 第 1 部分：热轧光圆钢筋》GB 1499.1、《预应力混凝土用钢绞线》GB / T 5224 和《混凝土结构工程施工及验收规范》GB 50204 等规定。

2. 运到工地的每批钢筋、钢丝、钢绞线都应按规定抽样进行检验，作为是否使用本批钢筋的依据。所有检验和钢材的包装、标志、质量证明书都必须符合有关标准的规定。当每一批钢材检验结果与原出厂证明书不符时，应按规定重新取样复验再作判定，并查明原因，确定处理办法。

3. 预应力筋用锚具、夹具和连接器应有出厂合格证，进场后应按批抽样检验并提供检验报告，同时应进行锚具、夹具和连接器的锚固静载试验，检验结果符合标准后方可用于工程。预应力筋用锚具、夹具和连接器应符合《预应力筋用锚

具、夹具和连接器应用技术规程》JGJ 85 和《预应力筋用锚具、夹具和连接器》GB / T 14370 的规定。

4.钢筋必须按不同钢种、等级、牌号、规格及生产厂家分批验收，分别堆存，不得混杂，且应设立足够标识，以利于检查和使用。钢筋的运输、装卸按有关规定办理。

5.无论使用何种钢筋都必须经监理工程师批准。

6.有抗震要求的钢筋抗拉强度实测值与屈服强度的实测值的比值不应小于 1.25；钢筋的屈服强度实测值与强度标准值的比值不应大于 1.3；钢筋在最大拉力下的总伸长率实测值不应小于 9%。

7.钢筋强度标准值具有不小于 95%的保证率。

8.在施工中，当需要以强度等级较高的钢筋代替原设计中的纵向受力钢筋时，应按照钢筋受拉承载力设计值相等的原则换算，并应满足最小配筋率要求。

### 3.3.2 型钢

1.采用的原材料及成品应进行进场验收。凡涉及安全、功能的原材料及成品应按《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 进行复验，并经见证取样、送样。

2.型钢、钢铸件的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。进口钢材产品的质量应符合设计和合同规定标准的要求。

3.对属于下列情况之一的钢材，应进行抽样复验，其复验结果应符合现行国家产品标准和设计要求。

- (1) 国外进口钢材。
- (2) 钢材混批。
- (3) 板厚等于或大于 40mm，且设计有 Z 向性能要求的板厚。
- (4) 建筑结构安全等级为一级，大跨度钢结构中主要受力构件所采用的钢材。
- (5) 设计有复验要求的钢材。
- (6) 对质量有疑义的钢材。

4.焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

5.钢结构连接用高强大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副、普通

螺栓、铆钉、自攻钉、拉铆钉、射钉、锚栓（机械型和化学型）、地脚锚栓等紧固标准件及螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。

6.焊工必须经考试合格并取得合格证书，持证焊工必须在其考试合格项目及其认可范围内施焊。

7.设计要求全焊透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级机探伤方法应符合现行国家标准《钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级》GB 11345或《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB 3323 的规定。

8.一级、二级焊缝的质量等级及缺陷分级应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

### 3.4 防水材料

#### 3.4.1 基本要求

1.工程用防水材料如卷材、涂料、卷材胶粘剂、涂料胎体增加材料、密封材料及刚性防水材料等必须有出厂合格证和进场检验报告。

2.防水材料的外观质量检查应符合要求，各类防水材料进场复验项目必须符合相关规定，进场复验必须在外观质量检查合格的基础上进行抽样。

3.各类防水材料物理性能检验时，如有一项指标不符合标准要求，应在受检产品中加倍取样进行该项目的复检，达到指标要求时，该批产品为物理性能合格，如仍有一个试样不合格，则判定该批产品物理性能不合格，不合格品不得用于工程。

4.防水材料检验方法应符合国家有关标准，检验项目必须齐全，取样方法正确，结论明确。

5.防水材料的存放应得当，不被破损、污染。

#### 3.4.2 核查内容

1.核查防水材料检验报告的检验项目是否齐全，结论是否正确。

2.核查出厂合格证、检验报告中的各项物理性能指标是否符合相关规范和标准的要求。单项检验项目不合格，是否有复检及处理办法等。

3.核查是否按批取样，取样批量是否与实际用量相符。

4.核查所选用的防水材料是否符合防水等级和设防要求。

### 3.4.3 检验不合格界定

- 1.主要防水材料无出厂检验报告或进场复检报告。
- 2.使用的防水材料与规范、设计要求不符。
- 3.防水材料的主要检验项目缺项或品种等级、技术性能不符合标准、规范的要求，又无鉴定处理结论。
- 4.应见证检验的未按规定见证取样送检，见证取样数量与规定不符。

## 3.5 桥梁支座

### 3.5.1 基本要求

1.用于桥梁工程的支座应有合格证和出厂检验报告，其理化力学性能指标应符合设计和《铁路桥梁板式橡胶支座》TB/T 1893、《铁路桥梁盆式橡胶支座》TB/T 2331、《城市轨道交通桥梁盆式支座》CJ/T 464、《铁路桥梁球形支座》TB/T 3320和《桥梁球型支座》GB/T 17955 的要求。

2.下列情况之一，必须按规定见证取样送检，并提供进场检验报告：

- (1) 使用中对产品质量有怀疑。
- (2) 设计有特殊要求。

3.板式支座、盆式橡胶支座、球形支座检验报告中主要检验指标不得缺漏，板式支座主要检验指标为：抗压弹性模量、抗剪弹性模量、极限抗压强度、容许转角；当板式支座为四氟板支座时应检验四氟板与不锈钢表面的摩擦系数。盆式橡胶支座主要检验指标为：竖向承载力、支座摩擦系数、支座转动性能。球形支座主要检验指标为：支座竖向承载力试验、支座水平承载力试验、支座摩擦系数试验、支座转动性能试验。

4.支座进场检验的批量应符合下列规定：

(1) 板式支座力学性能试验时，每批次每种规格支座随机抽取三块（或三对）。

(2) 盆式支座力学性能试验时，试验支座竖向承载力时，每批次每种规格支座随机抽取两个，其中一支座竖向承载力不小于 10MN，另一支座视具体情况确定；试验支座摩擦系数时，随机抽取两个同规格的成品支座，支座竖向承载力以 2MN 为宜，或根据具体情况确定。试验支座转动性能时，随机抽取两个同规格的支座，支座竖承载力视试验机具体情况确定。

(3) 球形支座整体支座的试验，应在工厂检验合格的支座中，随意抽取三

个支座，其中一个支座承载力应不小于 8000kN。

**5.检验结果应按下列规定进行判定：**

(1) 板式支座力学性能试验时，随机抽取三块（或三对）支座，若有两块（或两对）不能满足要求，则认为该批产品不合格；若有一块（或一对）支座不能满足要求时，则应从该批产品中随机再抽取双倍支座对不合格项目进行复检，若仍有一项不合格，则判定该批产品不合格。

(2) 盆式支座主要检验指标的各项试验均为合格，判定该支座为合格支座；试验合格的支座，试验后可以继续使用；试验支座在加载中出现损坏，则该支座为不合格。

(3) 球形整体支座的试验结果若有两个支座各有一项合格，或有一个支座两项不合格时，应取双倍试样对不合格项目进行复检，若仍有一个支座一项不合格，则判定该批产品不合格；若有一个支座三项不合格则判定该批产品不合格。

**3.5.2 核查内容**

- 1.核查合格证或出厂检验报告和进场检验报告是否符合设计和标准要求。
- 2.核查检验抽样批及检验指标是否符合标准要求。
- 3.核查是否按规定进场检验，取样批量之和是否与实际用量相符。

**3.5.3 检验不合格界定**

- 1.无合格证或出厂检验报告和进场检验报告。
- 2.检验报告主要检验项目的质量指标不合格或主要检验项目缺漏。
- 3.合格证或出厂检验报告和进场检验报告所代表的总数量与单位工程实际用量相比，严重不足。

## 第四章 明挖法施工质量控制

### 4.1 围护结构

#### 4.1.1 一般规定

1.围护结构的放样、定位应准确，桩的放样应采用整体定位孔方式。同时应根据机械设备等情况考虑适当外放。

2.应根据工程实际情况合理选择钻机、成槽机等设备。

3.泥浆性能指标应符合设计及规范要求。

4.围护结构深度、尺寸、强度、承载力应符合设计及规范要求。

5.桩（墙）底沉渣厚度不超过设计及规范要求。

6.围护结构平面误差、垂直度偏差不超过允许值。

7.侵限处理到位，不影响围护结构的稳定安全和主体结构厚度。

8.无渗漏水，或空洞、缩颈、断桩等缺陷。

9.连续墙、桩头等连接处处理应符合要求。

10.叠合结构的围护结构钢筋保护层厚度不小于规范允许值或设计值。

11.预埋件位置应准确。

12.止水搅拌桩或高压旋喷桩深度、抗渗系数、取芯强度应符合设计及规范要求。

#### 4.1.2 钻孔灌注桩及格构柱

##### 1.测量放样

采用全站仪对钻孔桩桩位进行逐桩放样定位。围护结构首桩、角桩应由监理单位复测并出具报告后方可施工，以保证结构位置的准确性。

##### （1）控制点测设

根据测量控制网点，将钻孔桩中心线测设于地面，避开桩位、道路、料场等位置，做好保护措施并由监理工程师复核。

##### （2）桩位测设

由专业测量人员测设桩位中心，钉入钢筋，并设置桩位外放控制点。在施工钻孔过程中，钻孔桩每进深 5m 左右，用全站仪实测一下深入桩底且悬空钻锤钢丝绳距设计桩中心偏位情况进行调整。

##### （3）桩位放样偏差控制在 10mm 以内。

## 2.定位孔

围护结构的桩定位采用 C20 素混凝土结构,内模采用 4mm 厚铁皮弯制而成,外模采用组合钢模。

- (1) 素混凝土定位孔厚度 300mm,直径较护筒外径大 100mm。
- (2) 定位孔施工前,要确保地基基础压实度满足要求。
- (3) 定位孔混凝土浇筑完成后表面要及时进行收光。

## 3.护筒

- (1) 应准确埋设护筒,使护筒中心与桩中心一致,并保持垂直。
- (2) 顶部准确竖直,护筒孔口平面位置与设计偏差应小于 10mm。
- (3) 护筒底部与土层相接处及护筒外用粘土夯实,内径比桩径大 200mm,长度视土层情况而定;填满、夯实,护筒顶宜高出施工地面 0.3m,严防地表水渗入护筒。

## 4.泥浆

应根据工程的地质情况制备泥浆,确保泥浆的性能指标,防止孔壁的缩径和坍塌。

- (1) 泥浆性能指标符合设计及《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的要求。
- (2) 根据地质资料及工程实际,宜选用优质黏土、膨润土以及化学粘合剂造浆进行护壁。
- (3) 浇筑混凝土时的回收浆应先放入沉淀池(宜采用钢制的泥浆箱)沉淀,测试指标后进行调整,达到要求方可使用。

## 5.清孔

桩底沉渣厚度不超过设计及规范要求。清孔宜分两次完成,第一次在成孔后钢筋下放前;第二次在灌注混凝土前完成,确保孔底沉渣厚度满足要求。

桩底清渣时应增加泥浆比重和送浆压力,以便清除少部分沉渣及调整泥浆性能指标,使孔底淤积符合设计及规范要求。

- (1) 钢筋笼下放安装好后,混凝土灌注前,对泥浆指标、钻孔进行检测。
- (2) 由于钢筋笼下放时间较长,部分砂粒会沉淀,若沉淀厚度大于规范要求,需进行二次清孔。

(3) 清孔采用导管循环的方法进行，在导管口安装泥浆泵向导管内注入泥浆，使孔内泥浆循环，砂粒在沉淀池内沉淀。同时对泥浆指标及桩孔进行检测，合格后方可进行混凝土浇筑。

## 6. 钢筋笼加工

钢筋笼加工接头连接形式可采用机械连接或焊接，并均应进行接头连接的工艺试验和力学性能试验。

### (1) 机械连接

① 施工准备：参加直螺纹施工的人员必须进行技术培训，经考核合格后方可上岗操作；所用机具设备应调试完成。

② 连接钢筋调直、断料、断头切平。

③ 丝头加工质量符合表 4.1 的规定。

表 4.1 钢筋丝头加工质量控制表

钢筋直径 (mm)	有效螺纹数量 (扣)	有效螺纹长度 (mm)	螺距 (mm)
18	9	20.5~25.5	2.5
20	9	22.5~27.5	2.5
22	10	24.5~29.5	2.5
25	10	28~34	3.0
28	11	31~37	3.0
32	12	35~41	3.0

④ 丝头螺纹应采用塑料保护帽或套筒进行保护。

⑤ 现场进行连接安装，并用扭力扳手检查接头是否拧紧，拧紧力矩应符合表 4.2 的规定。

表 4.2 钢筋接头拧紧力矩控制表

钢筋直径 mm	≤16	18~20	22~25	28~32	36~40
拧紧扭矩 N•m	100	200	260	320	360

⑥ 应预先进行机械连接接头型式检验，合格后方可进行施工，机械连接接头施工满足《滚轧直螺纹钢筋连接接头》JG 163 及《钢筋机械连接技术规程》JG 107 中的规定。

### (2) 焊接

① 焊接施工人员必须进行技术培训，经考核合格后方可持证上岗操作。

② 焊接前，钢筋宜预弯，以保证两根钢筋的轴线在同一直线上，使接头受力性能良好。



③钢筋接头宜采用双面焊，焊缝高度为  $0.35d$ ，焊缝宽度为  $0.8d$ ，焊缝应密实，在不具备双面焊的情况下可采用单面焊，双面焊接头搭接长度  $L \geq 5d$ ，单面焊接头搭接长度  $\geq 10d$ ， $d$  为钢筋直径。

④制作安装时主筋接头按 50%错开布置，接头错开长度不小于  $35d$ ，且不小于  $500\text{mm}$ 。

⑤焊接接头施工应满足《钢筋焊接及验收规范》JGJ 18 中的规定。

⑥钢筋焊接前，应预先进行焊接工艺性能检验，合格后方可施焊。现场应放置标识牌，标明焊工姓名、钢筋型号、焊接接头等信息。

## 7. 钢筋笼安装

①钻孔桩成孔检验合格后，可进行钢筋笼的吊装施工。为保证钢筋笼起吊时不变形，每节钢筋笼可采用多点起吊。钢筋笼下放时需严格检查钢筋笼保护层，确保其满足设计要求。

②两节钢筋笼对接时，按照钢筋标记进行安装，使各钢筋的对位准确。在钢筋笼的接长、安放过程中，应始终保持骨架垂直。

③钢筋笼安装过程中应采取有效措施确保钢筋笼准确定位和防止碰撞孔壁，作为永久结构的桩基应采用圆饼滚轮式高强度砂浆垫块保证保护层的厚度，防止主筋锈蚀。当下放困难时，应查明原因，不得强行下放。不得将变形的钢筋笼放入孔内。对接时工序要衔接迅速。

④钢筋笼安装到位后应及时用吊筋吊住，防止脱落。在钢筋笼主筋端头套设白色 PVC 套管保护。

⑤吊筋的长度应通过标高计算确定，钢筋笼定位时使钢筋笼中心与桩位中心重合，并对钢筋笼位置、标高进行复核。

⑥采用超声波进行质量检测时，声测管安装完成后，管内宜注入清水，注满后加盖配套保护盖，确保桩基施工完成后管内无淤泥及其它杂物。

## 8. 导管安装

导管使用前，应对其进行水密性试验，试验合格后方可投入使用。

### (1) 水密性试验

应根据桩径、孔深选择钢导管直径。分节吊装时，应采用丝扣式快速接头连接。导管吊装前应先试拼，并进行水密性试验，试验压力不小于孔底静水压力的

1.3 倍，同时不小于导管壁和焊缝可能承受灌注混凝土时最大压力的 1.3 倍。

## (2) 导管安装

①下导管前，应根据孔深和导管单节长度，进行配算，保证导管底口距孔底距离控制在 0.3~0.5m 之间。

②导管应采用无缝钢管制成，方便连接和调节漏斗高度，导管内壁应光滑、顺直，各管节内径应一致，偏差不大于 $\pm 2\text{mm}$ 。

## 9. 混凝土灌注

混凝土灌注前，应先检测孔底沉渣厚度是否满足要求，若不满足要求，应进行二次清孔。

(1) 根据不同的孔深配置导管长度，下放导管时，应先放到孔底，复测孔深后再提管 300~500mm 待浇。

(2) 采用混凝土运输车直接送至孔口下料，初灌时应保证有足够的初灌量，随后连续不断地下料，以使导管一次埋深满足设计及规范要求。

(3) 浇筑过程中，应随时测量孔内混凝土面的上升情况，控制导管埋深在 1.5~3m 之间，防止拔空与埋管，终浇时应多点测量混凝土面高程，保证混凝土超灌长度及桩顶质量。

(4) 混凝土应具有良好的和易性、流动性，坍落度应控制在 180~220mm 之间；钻孔灌注桩的充盈系数不小于 1.0，且不宜大于 1.3。

(5) 为防止浮笼，当灌注混凝土顶面距钢筋笼底部 1m 时，应降低混凝土灌注速度，当灌注混凝土面高于钢筋笼底口 4m 以上时，提升导管，使导管底口高于钢筋笼底口 2m 以上，即可恢复正常灌注速度。

(6) 桩身混凝土灌注顶面一般高出设计桩顶不宜小于 0.5m，以保证桩头混凝土强度。

## 10. 格构柱施工

立柱桩、格构柱制作与安装要求：

(1) 格构柱型钢加工时焊缝质量应满足要求，焊缝厚度 $\geq 10\text{mm}$ 。

(2) 格构柱插入立柱桩钢筋笼内的长度应满足设计图纸要求，并应与立柱桩钢筋可靠连接。

(3) 立柱桩钢筋笼下放完成后应采用定位架对格构柱进行准确定位，确保

角度和位置的准确。

### 4.1.3 地下连续墙

#### 1. 测量放线

测量放线应根据地下连续墙轴线计算出导墙坐标，并落实施工单位自检和监理单位复检的“双检制”。

#### 2. 导墙施工

##### (1) 导墙沟槽开挖

①导墙结构应建于坚实的地基上，确保导墙结构满足相关荷载要求。

②导墙开挖前应根据设计图纸及外放尺寸，实地放样出导墙的开挖宽度，并做好标记（洒白灰线）。

③沟槽应采用机械开挖、人工修边，不超挖、不欠挖，禁止挖掘机在导墙槽顶部或周边 3m 内来回走动。其净距应大于地下连续墙设计尺寸 40~60mm。挖土标高由人工修整控制，严禁超挖，如坑内有积水，应及时抽排。

##### (2) 钢筋绑扎

钢筋网片绑扎应符合设计要求，网眼尺寸偏差 $\pm 10\text{mm}$ 。

##### (3) 模板安装

根据定位点安装模板，导墙外侧可采用土模，内侧可采用钢模或木模。安装完成后应对模板垂直度和导墙边线进行复核，导墙内墙面与地连墙纵轴线平行度为 $\pm 10\text{mm}$ ，内墙面垂直度为 5%，平整度为 3mm。

##### (4) 混凝土浇筑

导墙两侧混凝土浇筑厚度应大于 150mm，轴线平行度为 $\pm 10\text{mm}$ ，导墙顶面平整度控制在 5mm 以内。

##### (5) 拆模及加设内支撑

拆模时应保证其表面、棱角不受损坏，并及时在导墙内侧分层支撑，可采用方木支撑，按水平间距 2m，上下间距为 1.5m 的梅花型布置。

##### (6) 导墙混凝土养护及导墙土回填

①应采用塑料薄膜加盖土工布进行养护。

②导墙拆模、加撑后，应立即在导墙之间分层回填粘性土并压实，保证表面平整，用碎石覆盖或临时硬化，防止扬尘、扬灰。

### 3. 泥浆工程

#### (1) 泥浆池布置

①泥浆系统应设置废浆池、循环池、新浆池、搅拌桶、材料存放区等。可采用泥浆池或钢制泥浆箱。泥浆池周边应设置安全护栏和人员操作台。

②泥浆棚应采用安装拆卸方便的全封闭结构，并满足抗风雨雪等受力要求。

③泥浆棚四周应设置高度不小于 1.2m 的组合钢护栏进行围护，并在醒目位置悬挂警示牌。

#### (2) 泥浆配合比设计和制备方法

应根据地质、水文和本地区施工经验进行泥浆配合比设计，可采用优良的膨润土、纯碱、高纯度的 CMC 和自来水作原料，通过清浆冲拌和混合搅拌二次拌合而成。

#### (3) 泥浆搅拌系统、拌制方法及管路布设

①泥浆搅拌作业应在全封闭作业棚内进行，地面应填高，严禁膨润土受潮，泥浆搅拌机作业区的净空宜保证 5m 以上。

②泥浆搅拌直接影响泥浆的质量，必须严格按照操作规程执行，即先配制 1.5%CMC 均匀溶液，静止 5h，按施工配合比在搅拌桶中依次加入水、纯碱、膨润土，搅拌 3min 后加入 CMC 溶液，搅拌膨化 24h 后方可使用。

#### (4) 泥浆循环系统

①泥浆的性能指标必须满足《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 中新拌制泥浆性能的要求，并按规定对有关指标进行测试，检查新浆、循环泥浆和废泥浆的质量。

②泥浆回收时应采用泥浆分离器，筛离砂、泥块、石子等杂物，对处理后的泥浆进行性能指标检测，合格后方可进入泥浆循环系统，否则作废浆处理。

#### (5) 泥浆管路布设

管路应采用硬质钢管，钢管应连接牢固，密封性良好，无漏浆现象，布设整齐，转弯平顺。

### 4. 成槽施工

#### (1) 槽段划分

应根据设计图纸将地下连续墙分幅，局部位置可根据施工情况及成槽机使用

情况进行优化分幅。在导墙上标出地下连续墙分幅线及幅号。

## (2) 成槽施工

①抓斗出入导墙口时应轻放慢提，防止泥浆的大幅度波动，影响导墙下面和背后的土层稳定，并及时补充泥浆，保证槽内泥浆液面高度距离导墙面 0.2m 左右，且高于地下水位 0.5m 以上。

②不论使用何种机具成槽，在成槽机具挖土时，严禁悬吊机具的钢索松弛，以保证成槽垂直精度。

③成槽作业中，应时刻关注侧斜仪器的动向，及时纠正垂直度偏差。

④单元槽段成槽完毕或暂停作业时，应立即将成槽机移开作业槽段。

## (3) 槽段检验

### ①槽段平面位置偏差检测

用测锤实测槽段两端的位置，两端实测位置线与该槽段分幅线之间的偏差即为槽段平面位置偏差。

### ②槽段深度检测

用测锤实测槽段左中右三个位置的槽底深度，三个位置的平均深度即为该槽段的深度。

### ③槽段壁面垂直度检测

用超声波测壁仪器在槽段内左中右三个点分别扫描成槽壁面，扫描记录中壁面最大凸出量或凹进量（以导墙面为扫描基准面）与槽段深度之比即为壁面垂直度，三个位置的平均值即为槽段壁面平均垂直度。

## (4) 槽孔刷壁

为提高接头处的抗渗及抗剪性能，在清孔之前，在连续墙接头处应采用特制刷壁器对先行幅墙体接缝进行刷壁清洗。反复刷动次数不少于 10 次，且刷壁器钢丝刷上无泥皮为止。刷壁清孔换浆后的出口泥浆指数应达到：比重 $<1.20$ 、粘度 $<25s$ 、含砂量 $<7\%$ 。

## (5) 强制刷壁

对黏附在 H 型钢、十字钢板等刚性接缝的型钢槽口上泥皮应采用带有重力导向的强制性地下连续墙接头刷壁器，及安装在刷壁器上的高强钢丝刷将其刷除。强制性刷壁器上下刷壁的次数不少于 20 次，且刷壁器钢丝刷上无泥皮为止。

## (6) 清底换浆

主要做法：地下连续墙清底有沉淀法和置换法两种。

①沉淀法扫孔：使用挖槽作业的液压抓斗直接挖除槽底沉渣。由于泥浆有一定的比重和粘度，土渣在泥浆中沉降会受阻滞，沉到槽底需要一段时间，因而采用沉淀法清底应在成槽（第一次扫孔）结束约 3h 后开始。

### ②置换法清孔

置换法清孔是在抓斗直接挖除槽底沉渣之后，进一步清除抓斗未能挖除的细小土渣。

清底方法：一般采用 Dg100 空气升液器，由起重机悬吊入槽，利用 6m<sup>3</sup>或 3m<sup>3</sup>的空气压缩机输送压缩空气，以泥浆反循环法吸除沉积在槽底部的土渣淤泥。

清底开始时，采用起重机悬吊空气升液器入槽，并注意吊空气升液器的吸泥管不能一次放到槽底，应先在离槽底 1~2m 处进行试挖或试吸，防止吸泥管的吸入口陷进土渣里堵塞。

清底时，吸泥管应由浅入深，使空气升液器的喇叭口在槽段全长范围内离槽底 0.5m 处上下左右移动，吸除槽底部土渣淤泥。

## 5. 钢筋笼加工场地布置

(1) 钢筋笼加工平台及钢筋棚制作根据设计图纸要求及施工现场的实际情况搭设，平台尺寸应满足地连墙最大钢筋笼尺寸。

(2) 钢筋笼平台定位用全站仪控制，标高用水准仪校正。

(3) 钢筋笼加工雨棚宜采用钢结构形式，强度应满足抗风雨雪等受力要求，空间应满足设备布置及钢筋笼加工需求。

## 6. 钢筋笼制作

(1) 钢筋下料：对每幅地连墙钢筋笼编制下料单，根据现场施工工艺、焊接及机械连接要求，钢筋下料满足设计和规范要求。

(2) 机械连接丝头加工：机械连接的钢筋端头首先要对原材端头进行切除，并对端头进行打磨，保证端头平整。

### (3) 钢筋笼制作

①对钢筋笼主筋机械连接进行扭力值检查，根据规范要求抽检 10%。

②对焊接的桁架筋宽度尺寸和桁架筋的焊缝质量进行检查，满足单面焊搭接

长度不小于 10d，双面焊不小于 5d。

③钢筋笼底层主筋和分布筋摆放完成后进行验收，验收完成后进行主筋与分布筋焊接，钢筋笼制作完成后进行整体验收。

④根据设计要求及监测需要，地下连续墙施工中需设置钢支撑预埋钢板、墙底注浆钢管、腰梁和压顶梁钢筋接驳器及监测用的钢筋应力计、测斜管等预埋件。

⑤在地下连续墙施工前，按照相关设计要求及监测需求统计每槽段需要预埋的预埋件种类、数量及型号，并逐一核对，防止漏埋。

⑥地下连续墙施工过程中，在制作好的钢筋笼上精确定位、安装各类预埋件，根据需求及要求采用相应固定措施，并预估因地下连续墙沉降等原因造成的尺寸偏差。

⑦预埋件安装完成后宜采用聚乙烯泡沫板覆盖保护。

⑧钢筋笼吊放过程中，严格保护预埋件，不得碰撞预埋件，以免变形移位，吊放完成后，利用导墙上控制线对钢筋笼位置和标高检查确认，以确保基坑开挖后位置准确。

## 7.钢筋笼吊装

### (1) 吊点检查

根据吊装方案合理确定吊点，严格控制吊点焊接质量，重点检查焊缝长度、焊缝饱满度、有无烧筋等技术指标，确保吊点强度。

### (2) 吊装外围警戒、吊装令

钢筋笼吊装前由专职安全员向安全监理工程师进行报检，对现场吊装警戒和安全措施进行逐项排查，报检合格，签订吊装令，通知现场人员进行起吊。

### (3) 钢筋笼吊装

严格按照吊装方案进行吊装。为减少分节带来的不利影响，现场宜采用整体吊装，吊装时，应采用两台大型起重设备，分别作为主吊和副吊，同时作业，先将钢筋笼水平吊起，再在空中通过吊索收放，使钢筋笼沿纵向保持竖直后，撤出副吊，利用主吊吊装钢筋笼缓慢入槽并控制其标高，利用槽钢制作的扁担搁置在导墙上。

## 8.混凝土浇筑

### (1) 混凝土检测

地下连续墙采用水下混凝土浇筑，坍落度应控制在 180~220mm，且应具有良好的和易性，满足设计要求的抗压强度等级、抗渗性能及弹性模量等指标，水灰比宜小于 0.55，并不得大于 0.6。

## (2) 导管布置

①灌注混凝土采用的导管与钻孔灌注桩的要求相同。幅宽小于等于 6m 的槽段设置 2 根导管，幅宽大于 6m 的设置 3 根导管。导管间距小于 3m，导管距槽段端头不宜大于 1.5m，槽内混凝土面应均衡上升，两导管处的混凝土表面高差不大于 0.5m。地下连续墙混凝土浇筑必须在钢筋笼吊装完毕后 6h 内进行，刚开始浇灌时速度要快，使槽底沉渣随着混凝土表面一起上升，一次性要保证连续浇灌 6m 以上的混凝土。随着混凝土面的上升，要适时提升和拆卸导管，导管底端埋入混凝土面以下一般保持在 1.5~3m，严禁将导管提出混凝土面。导管提升时应避免碰撞挂住钢筋笼。

②施工中严格控制导管提拔速度和混凝土浇筑速度，应随时测量浇筑进度，根据混凝土浇筑方量和浇筑进度测算混凝土浇筑是否正常。

③每灌注 2 车混凝土应测量一次导管埋深及管外混凝土面高度，每半小时应测量一次导管内混凝土面高度。混凝土应连续灌注不得中断，间歇时间任何情况下不得超过 30min。

④浇灌混凝土时，槽段内的泥浆一部分抽回沉淀池，另一部分可暂时存放在导墙内，必须严格控制泥浆的液面标高。

## 9. 试件制作

每浇完 1~2 车混凝土，应对来料方量和实测槽内混凝土面深度所反映的方量，用测绳校对一次，二者应基本相符。每 100m<sup>3</sup>混凝土留置 1 组抗压试件，每 500m<sup>3</sup>混凝土留置 1 组抗渗试件，每一单元槽段增加留置 1 组抗压试件用以检验该槽段混凝土 70%强度。每车混凝土都必须做坍落度试验。

### 4.1.4 高压旋喷桩、三轴搅拌桩及 SMW 工法桩

#### 1. 高压旋喷桩

##### (1) 施工准备

清除障碍：清除施工范围内场地及地下障碍物，可采用专用引孔机引孔。

平整场地：先将施工场地加以平整，确保桩机正常行走，工作面宽度必须保



证桩机正常施工，要求施工水源充足，通电正常，施工现场布置合理。

测量放样：应对控制点和水准基点进行复测，并通知监理工程师进行复核。对经监理工程师复核确认后的测量控制点和基准点做好保护。

### （2）试桩及确定工艺参数

为保证施工质量，应严格遵守试桩要求，在展开大批量制桩前进行试桩，以校验施工工艺参数是否合理。

### （3）钻机就位

把钻机移至钻孔位置，对准孔位找平，立轴垂直，垫牢机架，保证钻机的垂直度满足精度要求，经检测合格后方可开钻。施工时旋喷管的允许倾斜度不得大于 1.5%。如发现钻机倾斜，则停机找平后再开钻。

### （4）水泥浆配置

浆液的搅拌时间应不短于 3min、不长于 2h，采用两次搅拌法，并随制随用。

### （5）旋喷桩施工

钻孔：钻机就位后，进行钻孔作业。钻进过程中应详细记录，钻孔结束后，应进行质量检查，合格后方可移位进行下一孔的钻进。

插管：将喷射台车移至成孔处，先在地面进行浆、气试喷，检查各项工艺参数符合设计要求后，将喷射管下至设计深度，经检验后进行下道工序施工。

喷射作业：制浆用水必须保证清洁无污染，符合拌制水的要求；按试验配合比进行浆液搅制，在制浆过程中应随时测量浆液比重，每孔喷浆结束后应统计该孔的材料用量。浆液用高速搅拌机搅制，拌制浆液必须连续均匀，搅拌时间不小于 30s，一次搅拌使用时间应控制在 4h 以内。

旋转和提升：在喷嘴达到设计标高时，即可喷射注浆。在喷射注浆参数达到规定值后，随即按旋喷的工艺要求，提升喷射管，由下而上旋转喷射注浆。

施工记录：施工中钻孔、高压喷灌浆的各道工序应详细、及时、准确记录，所有记录应按要求使用统一表格。

冲洗移机：喷射施工完毕后，应及时将注浆管等机具设备冲洗干净，管内机内不得残存水泥浆。

## 2.三轴搅拌桩

### （1）施工准备

清除障碍：清除施工范围内的场地及地下障碍物。

平整场地：先将施工场地加以平整，确保桩机正常行走，工作面宽度必须保证桩机正常施工，施工要求水源充足，通电正常，合理布置施工现场。

桩位放样：根据测量点准确放好桩位，并复检，做好桩位定点标记。

### （2）试桩施工

搅拌桩机共试桩 3 组，主要确定钻进速度、地层变换后电流的变化值、喷浆量大小、桩的深度、成桩时间、搅拌次数，为正式施工提供较准确的参数。

### （3）开挖沟槽及桩机就位

开挖沟槽：参照三轴搅拌桩桩位中心线，挖机型号和沟槽尺寸可根据实际情况适当调整，并清除地下障碍物。开挖导向沟槽时余土应及时处理，以保证桩机能水平行走。

桩机就位：桩机垂直度校正时，在桩架上焊接一半径为 50mm 的铁圈，10m 高处悬挂一铅锤，利用全站仪校直钻杆垂直度，使铅锤正好通过铁圈中心。每次施工前必须适当调节钻杆，使铅锤位于铁圈内，即把钻杆垂直度误差控制在 0.5% 内。按照测放的桩位，将桩机移至桩位上，桩尖对准桩位，桩位偏差不大于 50mm，调平机台，用线垂调整机身垂直度，垂直误差小于 0.5%。

### （4）三轴搅拌桩后台布置

三轴搅拌桩后台采用钢结构型式全封闭空间，确保水泥在存放和使用过程满足安全文明施工要求。

### （5）水泥浆制拌

按照设计要求的掺入比、桩长等，将规定的水泥用量放入搅拌池中，加规定的水进行搅拌配制浆液，浆液的搅拌时间不短于 3min，不长于 2h，采用两次搅拌法，随制随用。

### （6）三轴搅拌桩施工

防泥浆外溅：桩机钻杆处安装铁皮隔离板，防止成桩施工过程中泥浆外溅。

搅拌成桩：将桩机钻头尖部对准桩位下钻，一边打开送浆泵送浆至钻头出浆口，一边搅拌成桩。成桩过程需均匀喷浆，搅拌桩桩身全长范围内为两喷四搅。成桩过程中根据桩长和下沉速度控制喷浆压力和喷浆量。

钻进搅拌提升：三轴水泥搅拌桩地基加固，水泥和原状土须均匀搅拌，下沉

喷浆过程中要注意控制浆液的均匀性，防止水泥浆液发生离析，同时严格控制下沉和提升速度与设计参数相匹配，提升至桩顶标高 0.5m 应停浆，下钻至桩底标高应停留钻动 30s，在桩底部分宜重复搅拌喷浆。每根桩开钻后应连续作业，不得中断喷浆。严禁在尚未喷浆的情况下进行钻杆提升作业。储浆罐内的储浆量应不小于一根桩的设计用量。

### 3.SMW 工法桩

#### (1) 型钢加工

①验收：型钢规格、焊缝质量应符合设计要求；型钢进场后应进行质量验收，截面尺寸、平整度等应符合规范要求。

②堆放：型钢堆放场地必须平整、无积水、堆码整齐、以确保型钢平整度和垂直度。

③接长焊接：内插型钢宜采用整材，若必须采用分段焊接时，应采用坡口焊接，焊接等级不低于二级，焊接接头位置应避免在型钢受力较大处；型钢接长焊接时，应采用坡口焊接，焊接等级不低于二级。

④涂刷减阻剂：涂刷前，必须清除型钢表面铁锈或灰尘，涂层厚度大于 1mm，涂刷均匀，确保涂层的粘结质量。

#### (2) 型钢插入

①起吊：起吊前在型钢顶端开一个中心圆孔，孔径约 60mm，装好吊具和固定钩，然后根据施工现场实际情况采用相应吨位的起重机起吊 H 型钢，用线锤校核垂直度，并确保垂直。

②入孔：在沟槽定位型钢上设 H 型钢定位卡，固定插入型钢平面位置，型钢定位卡必须牢固、水平，而后将 H 型钢底部中心对正桩位中心并沿定位卡徐徐垂直插入水泥土搅拌桩体内。型钢插入宜依靠自重插入，也可借助带有液压钳的振动锤等辅助手段下沉到位，严禁采用多次重复起吊型钢并松钩下落的插入方法。

③固定：型钢下插至设计深度后，焊 $\Phi 8$ 吊筋将型钢固定于槽钢之上。

#### (3) 型钢拔除

型钢拔除时采用专用液压起拔机将型钢分段进行拔除，拔除困难时可采用震动锤进行轻微的震动，震动时在振动锤与型钢之间垫设实木块，然后再用千斤顶

进行拔除。

为避免拔出 H 型钢后其孔隙对周围建筑及场地地下土层结构的影响,拔出 H 型钢后应及时填充,填充物以水泥浆液或者砂浆为主。

#### 4.1.5 质量检验

##### 1. 钻孔灌注桩

- (1) 钻孔灌注桩桩身完整性采用小应变法检测。
- (2) 钻孔灌注桩的其他检查项目及检查方法见表 4.3 的规定。

表 4.3 钻孔灌注桩质量检验标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		单位	数值	
1	桩位 (轴线和垂直轴线方向)	mm	10	基坑开挖前量护筒,开挖后量桩中心
2	孔深	mm	+300	只深不浅,用量锤测,或测钻杆、套管长度,嵌岩桩应确保进入设计要求的嵌岩深度
3	垂直度	0.5%		测套管或钻杆,或用超声波探测,干施工时吊垂球
4	沉渣厚度	mm	100	量锤、绳尺

##### 2. 地下连续墙

- (1) 地下连续墙的完整性采用超声波法检测。
- (2) 地下连续墙其他质量检测标准见表 4.4 的规定。

表 4.4 地下连续墙质量检测标准

项目 允许偏差	临时支护墙体	单一或复合墙体
	平面位置 (mm)	±50
平整度 (mm)	50	30
垂直度 (‰)	5	3
预留孔洞 (mm)	50	30
预埋件 (mm)	-	30
预埋连接钢筋	-	30
变形缝 (mm)	-	±20

##### 3. 高压旋喷桩、三轴搅拌桩及 SMW 工法桩

(1) 施工过程必须严格控制和跟踪检查每根桩的水泥用量、桩长、喷头和搅拌头下降和提升速度、浆液流量、喷浆压力、成桩垂直度、H型钢吊装垂直度、标高等。

(2) H型钢安装验收标准见表 4.5 的规定。

表 4.5 H型钢安装验收标准

检查项目	允许偏差	检查频率		检查方法
		范围	点数	
型钢垂直度	$\leq 1/200$	每根	全过程	经纬仪测量
型钢长度	$\pm 10\text{mm}$	每根	1	用钢尺量
型钢底标高	$-30\text{mm}$	每根	1	水准仪量测
型钢平面位置	50mm (平行于基坑方向)	每根	1	用钢尺量
	10mm (垂直于基坑方向)	每根	1	用钢尺量
型心转角	$3^\circ$	每根	1	用量角器量

(3) 旋喷桩桩体验收标准见表 4.6 的规定。

表 4.6 旋喷桩桩体验收标准

项目	序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥及外掺剂质量	符合出厂要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	水泥用量	参数指标		查看流量计
	3	桩体强度或完整性检验	设计要求		按规定办法
	4	地基承载力	设计要求		按规定办法
一般项目	1	钻孔位置	mm	$\leq 50$	用钢尺量
	2	钻孔垂直度	%	$\leq 1$	用经纬仪测钻杆或实测
	3	孔深	mm	$\pm 200$	用钢尺量
	4	注浆压力	按设定参数指标		查看压力表
	5	桩体搭接	mm	$> 200$	用钢尺量
	6	桩体直径	mm	$\leq 50$	开挖后用钢尺量
	7	桩身中心允许偏差		$\leq 0.2D$	开挖后桩顶下 500mm 处用钢尺量, D 为桩径

(4) 搅拌桩桩体验收标准见表 4.7 的规定。

表 4.7 搅拌桩桩体验收标准

项	序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
			单位	数值	
主控项目	1	水泥及外掺剂质量	设计要求		查产品合格证书或抽样送检
	2	水泥用量	参数指标		查看流量计
	3	桩体强度	设计要求		按规定办法
	4	地基承载力	设计要求		按规定办法
一般项目	1	机头提升速度	m/min	≤0.5	量机头上升距离及时间
	2	桩底标高	mm	±200	测机头深度
	3	桩顶标高	mm	+100 -50	水准仪（最上部 500mm 不计入）
	4	桩位偏差	mm	<50	用钢尺量
	5	桩径		<0.04D	用钢尺量，D 为桩径
	6	垂直度	%	≤1.5	经纬仪
	7	搭接		>200	用钢尺量

(5) 在成桩过程中应对水泥石取样，制成标准试块。取样数量为每台班每机架一组，每组 6 块。

(6) 桩体在达到龄期 28d 后，应钻孔取芯测试其强度，其抗压强度不应小于 1.0MPa 或满足设计要求。检查桩的数量应不小于已完成桩数的 2%，并不应少于 3 根。

(7) SMW 桩体不允许出现大面积的湿迹和渗漏现象。若有渗漏应及时封堵。

## 4.2 基坑开挖与支护

### 4.2.1 一般规定

1. 钢支撑、锚索等支护材料规格（型号）应符合设计要求，进场验收合格。
2. 支撑、围檩架设的位置、数量和质量应符合设计要求。
3. 应取得混凝土支撑强度检测、锚索抗拔检测合格报告。
4. 斜撑应按设计要求设置防滑移装置。
5. 支撑应及时按设计施加预应力。
6. 立柱桩设置应符合要求。
7. 边坡坡度、边坡支护应符合设计要求。
8. 降水应按设计方案进行。
9. 土方开挖方法、程序应符合设计及施工方案要求。

10.爆破施工参数应符合方案及规范要求。

#### 4.2.2 冠梁

##### 1.桩头破除

(1) 开挖至冠梁底标高，破除桩头超灌混凝土至设计标高，清除桩顶的余土、浮渣，将桩顶混凝土凿毛，并用清水清洗干净。

(2) 冠梁底模超出桩基范围宜浇筑混凝土垫层，厚度不小于 50mm，绑扎钢筋前宜铺设纸胎油毡覆盖隔离层，便于脱模。

(3) 桩头破除时应注意测斜管等成品保护。

##### 2.冠梁钢筋施工

根据设计要求制作冠梁钢筋加工下料单，钢筋加工满足规范及设计要求。

###### (1) 冠梁钢筋加工

机械连接的钢筋端头首先要对原材端头进行切除，并对端头进行打磨，保证端头平整。

对进场的车丝机进行调试，丝头采用通止规检查合格后，再进行丝头加工，丝头长度必须满足规范要求。

(注：通止规是量具的一种，用通规和止规来测量在实际生产中大批量的产品是否在合格度量范围内的定型量具。例如尺寸要求为 10.0 止规是量，则通规可以做到 9.9，止规做到 10.1，通过即代表合格产品)。

###### (2) 钢筋安装

①对钢筋笼主筋机械连接进行扭力值检查，根据规范要求抽检 10%。

②钢筋焊接满足规范要求，焊缝长度单面焊 10d，双面焊 5d。

③钢筋接头设置应满足设计和规范要求。

##### 3.冠梁模板施工

侧模可采用厚度不小于 15mm 的竹胶板，主次楞骨体可采用 100mm×100mm 的方木和Φ48mm 的钢管，并用对拉螺栓上下两排间距不大于 0.6m 进行加固。地连墙的冠梁迎土面侧模可直接采用原导墙混凝土外表面，钢筋绑扎前需清理地连墙墙顶浮浆、废渣，并用水冲洗干净，确保混凝土表面无残渣浮浆。

##### 4.冠梁混凝土浇筑及养护

(1) 冠梁混凝土应一次浇筑完成。冠梁洒水养护的时间不少于 14d。

(2) 冠梁施工时应同时考虑钢筋混凝土支撑梁同步施工。

### 4.2.3 混凝土支撑

一级基坑的第一道支撑宜采用钢筋混凝土支撑。

#### 1. 底模施工

(1) 土方不应超挖，若有超挖，应用道渣回填至设计标高并压实，遇有障碍物部位应将其挖除，采用道渣回填压实。

(2) 支撑底模设计标高以上 200mm 必须采用人工挖除，避免扰动原状地基土，影响承载力。

(3) 为保证混凝土浇筑后支撑底面成型质量，当土质较差时应采取在支撑范围内换填，并浇筑混凝土（或石子振动灌浆）垫层作支撑底模，土质较好时可直接采用砂浆找平以作垫层，再垫层上铺设一层油毡等隔离层，防止混凝土垫层与支撑在开挖时无法分离，对以后主体施工留有安全隐患。

#### 2. 浇筑支撑混凝土垫层

(1) 采用混凝土或石子振动灌浆作垫层时，应对其作充分养护（面层强度达到 1.2Mpa）后，方可进行下道工序施工。

(2) 为了保证浇筑混凝土后支撑底标高符合规范要求，支撑底持力层允许承载力应达到 300kPa 以上，否则应采用级配碎石或素混凝土换填加固。底模标高平均预抛高 2~3mm，并按大跨度梁的构造要求，以跨中 1‰~3‰L（L 为支撑长度）预留拱度。

#### 3. 钢筋施工

同 4.2.2 节冠梁。

#### 4. 模板施工

(1) 模板可采用竹胶板或钢板，侧模应采用对拉螺栓进行加固，确保能抵抗混凝土浇筑时产生的冲击力。

(2) 混凝土侧模拆除应在不损坏混凝土棱角的情况下进行。

#### 5. 混凝土浇筑及养护

(1) 混凝土浇筑、振捣、养护

① 混凝土浇灌宜采用泵送入模、连续施工，接缝不应超过混凝土初凝时间。

② 混凝土施工缝宜留置在支撑受力较小且便于施工的位置。浇筑混凝土时，



要注意避免直接靠近缝边下料，已浇筑的混凝土抗压强度不应小于  $1.2\text{N}/\text{mm}^2$ 。

③现浇支撑应及时有效养护，夏季可选用浇水养护方法，养护时间不得小于规范要求。

(2) 混凝土支撑成品保护，可采用角钢包边，降水井管沿线槽布置。

#### 4.2.4 降排水

##### 1. 截水沟及集水井设置

基坑开挖过程中，在基坑外的地表采取截流、导流、挡水等措施，基坑四周地表设截水沟和挡水墙，截排挡地表水，防止地表水进入基坑，基坑内分级设排水明沟及集水井。基坑内排水沟设于基坑内四周坡脚处，其边缘距离坡底不小于  $0.5\text{m}$ ，截水沟净截面尺寸不小于  $300\times 500\text{mm}$ ，纵向坡度不小于  $0.3\%$ ，沟底及侧壁可采用  $100\text{mm}$  厚 C20 素混凝土浇筑；挡水墙高度不低于百年一遇防涝标准；在基坑的四角及基坑边每隔  $20\text{m}$  左右设一集水井，集水井底及侧壁可采用  $200\text{mm}$  厚 C20 素混凝土浇筑，尺寸为  $1000\times 800\times 1000\text{mm}$ （长×宽×深），井顶铺盖钢筋篦子板或混凝土预制板。

##### 2. 泄水孔设置

当采用放坡开挖时，坡面应设排水孔。布孔方式、施工参数严格按照设计图纸施工。在地下水较多或有大股水流处，排水孔应加密。

##### 3. 降水井施工

(1) 井点距基坑边缘不应小于  $1.5\text{m}$ ，距明挖隧道衬砌结构不应小于  $2\text{m}$ 。井点间距应根据设计文件或计算确定，不应小于 15 倍井管直径。基坑较大不能满足降水深度要求时，应在基坑内增设井点。钻孔口应设置护筒，孔径应比管径大  $200\sim 300\text{mm}$ ，孔底比管底深  $500\sim 1000\text{mm}$ 。分节组装的井管直径应一致。钢管井管的滤管应采用穿孔钢管，开孔率不小于  $25\%$ ，并在外壁设过滤层。

(2) 井管各节应连接严密并同心；滤管应置于含水层中，井管口应高出地面  $300\sim 500\text{mm}$ ，并加盖保护，避免杂物落入井内。井管安装就位后应临时封闭。

(3) 井管周边滤料应洁净，采用粒径为  $0.5\sim 2\text{mm}$  粗砂砾回填；滤料投放量不小于计算量的  $95\%$ ，滤料填至井口下  $1\text{m}$  左右，再用粘性土填平夯实。降水井点安装后应检查渗水性能并进行抽水试验。降水过程中应加强对周边建（构）筑物的监控量测，发现问题及时采取措施。

(4) 降水井宜采用反循环钻机成孔，钻孔施工要求基本同钻孔柱工艺要求；下管前，需清孔，确保沉渣厚度符合设计和规范要求；洗井是关键，在滤料充填完成后，要立即进行洗井，洗井采用井管外注清水循环的工艺，抽、停交替，直至水清砂净为止。基坑主体结构施工完成后，应对降水井采取封井措施。

(5) 降水井施工完毕后，应逐井验收，并由第三方检测单位进行含砂率检测，合格后方投入使用。

#### 4.2.5 钢支撑

##### 1. 钢支撑、钢围檩进场验收

(1) 钢支撑、钢围檩进场前应全面检查验收，重点对钢管长度、壁厚和钢管接头焊缝质量进行检查，经验收合格后才能进行下一步施工，不得使用有明显外观缺陷的钢管、钢围檩。

(2) 支撑安装前应进行试拼，拼装后两端支点中心线偏心不应大于 20mm，安装后总偏心量不应大于 50mm。拼装应在硬化的平整区域进行。

##### 2. 牛腿及钢围檩安装

(1) 土方开挖至钢支撑设计位置后，及时安装牛腿及钢围檩。牛腿通过膨胀螺栓固定在围护桩上。牛腿安装时，必须测量放线，并在围护桩上做好标记，确保牛腿顶面标高符合设计要求。

(2) 钢围檩安装应与牛腿密贴，并按设计要求固定。

(3) 允许偏差：钢围檩标高 $\pm 30\text{mm}$ 。

(4) 在钢围檩与围护桩之间应灌注强度不小于 C30 的细石混凝土并捣实，使围护桩受力均匀。钢支撑的预应力应在细石混凝土强度达到设计强度的 80% 后施加。

##### 3. 钢支撑安装

(1) 钢支撑格构柱严格按设计要求与钢支撑连系梁焊接牢固，同时按设计要求焊接拉杆及剪刀支撑。

(2) 允许偏差：立柱标高 $\pm 30\text{mm}$ ，立柱平面位置 50mm。

(3) 钢支撑与连系梁应密贴，应严控焊接及拼装质量。

(4) 钢支撑钢管分节在地面拼装后，整体吊起安装，吊装过程严禁触碰格构柱、降水井及已架设就位的钢支撑。

(5) 钢支撑与钢围檩应密贴，且连接牢固。

(6) 允许偏差：支撑标高 50mm，支撑平面位置 100mm，支撑安装时间符合设计要求。

#### 4.防坠落措施

(1) 钢支撑和钢围檩的防坠落措施应分别设置，钢支撑防坠落钢丝绳应采用花篮螺栓拉紧，并满足设计角度。

(2) 钢支撑应采用“上吊下托”的双重防坠落措施，上吊宜采用钢丝绳，方便安装、拆除和重复利用。

#### 5.钢支撑施加预应力

(1) 每根支撑均在一端设置千斤顶支座和承力牛腿，安装就位后，用吊车吊住钢支撑的吊环，然后用工程千斤顶和液压泵对支撑施加预应力，预应力施加到位后，用钢楔块撑紧端头处的缝隙并焊接牢固。

(2) 钢支撑预应力应按照设计要求分级施加，同时根据安装的钢支撑应力计判断是否需要补加预应力，第一次施加预加应力 12h 后，观测预应力损失及围护结构位移，并复加预应力至设计值。

(3) 允许偏差：预应力 $\pm 50\text{kN}$ 。

#### 6.钢支撑的拆除施工

(1) 钢支撑拆除应根据结构施工进度，自下而上分段拆除。在结构混凝土强度达到设计要求或 80%设计强度后，才可拆除。

(2) 钢支撑拆除时应分步卸载预应力。

(3) 钢支撑拆除过程中，应保证吊机始终将钢支撑吊紧，避免钢支撑滑落。卸载后，由吊机吊出基坑分拆。

(4) 拆除过程中加强围护结构各项监测，根据监测情况实时调整拆除方案。

#### 7.质量检验

钢支撑安装质量见表 4.8 的规定。

表 4.8 钢支撑安装质量检验标准

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		单位	数量	
1	标高	mm	$\pm 50$	水准仪
2	水平间距	mm	$\pm 100$	用钢尺量

序号	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		单位	数量	
3	偏心量	mm	<50	用钢尺量

#### 4.2.6 锚杆（索）

##### 1. 钻孔

- (1) 应根据锚杆类型、规格及围岩等情况合理选择钻孔机具。
- (2) 应按设计要求定出位置，孔位允许偏差为 $\pm 150\text{mm}$ 。
- (3) 钻孔应与围岩壁面或其所在部位岩层的主要结构面垂直。
- (4) 钻孔应圆而直，砂浆锚杆的直径应大于杆体直径 15mm，其它锚杆的钻孔直径应与杆体直径相匹配。

##### 2. 锚杆（索）安装

- (1) 严格按照设计进行钢筋（或钢绞线）选材。
- (2) 严格按照设计长度进行下料。
- (3) 锚杆组装应在严格管理下由熟练人员在工地制作。
- (4) 锚束放入钻孔之前，应检查孔道是否阻塞，查看孔道是否清理干净，并检查锚索体的质量，确保锚束组装满足设计要求。安放锚束时，应防止锚束扭压、弯曲。

##### 3. 注浆及拉拔试验

- (1) 按规定选择水泥浆体材料。
- (2) 注浆作业应连续紧凑，中途不得中断，使注浆工作在初始注入的浆液仍具塑性的时间内完成。在注浆过程中，边灌边提注浆管，保证注浆管管头插入浆液液面下 500~800mm，严禁将导管拔出浆液面，以免出现断杆事故。
- (3) 浆体强度检验用试块的数量应满足规范的要求。
- (4) 锚杆（索）验收与试验按《岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范》GB 50086 执行。锚杆（索）抗拉拔力应满足设计要求。

#### 4.2.7 施工监测

1. 施工监测主要包括围护结构内力和位移监测、内支撑的内力和位移监测、地表沉降监测、坡顶水平及竖向位移监测、地下水位及土体深层位移监测、地下管线监测、周边建筑物监测等。

2. 应根据设计给定监测预警指标。设计未给定时，应根据结构的极限承载力

和极限允许位移，结合周边环境，科学合理地确定围护结构、内支撑等监控预警指标。基坑工程预警指标可参照表 4.9。

表 4.9 基坑工程预警指标（参考值）

围护类型	刚度	预警指标	一级基坑			二级基坑		
			累计值 mm		变化速 率 mm/d	累计值 mm		变化速 率 mm/d
			绝对值	相对基 坑开挖 深度	绝对值	绝对值	相对基 坑开挖 深度	绝对值
地下连续墙	800mm	墙体水平位移(测斜)	/	/	/	/	3.3‰H	4.8
		地表竖向位移	/	/	/	/	2.5‰H	4.5
		混凝土/钢支撑轴力	60%f		/	70%f		/
		地下水位	1000		500	1000		500
灌注桩	800mm	桩体水平位移(测斜)	/	/	/	/	/	/
	1000mm		/	3.2‰H	3.5	/	3.4‰H	4.8
	800mm	地表竖向位移	/	/	/	/	/	/
	1000mm		/	2.0‰H	4.0	/	2.5‰H	4.5
	800mm	混凝土/钢支撑轴力	60%f		/	70%f		/
	1000mm		60%f		/	70%f		/
	800mm	地下水位	1000		500	1000		500
	1000mm		1000		500	1000		500

注：①H 为基坑开挖深度，f 为构件的承载能力设计值。

②当工程主要影响区和次要影响区内无既有轨道交通设施、河流/湖泊、道路/公路、地下管线、建（构）筑物、桥梁与隧道，且地质条件中等时，混凝土/钢支撑轴力预警指标控制值可放宽至 80%f，其余预警指标控制值也可适当放宽。

③当工程主要影响区和次要影响区内无既有轨道交通设施、河流/湖泊、道路/公路、地下管线、建（构）筑物、桥梁与隧道，且地质条件简单时，混凝土/钢支撑轴力预警指标控制值可放宽至 90%f，其余预警指标控制值也可适当放宽。

④各预警指标之间应协同运用，当基坑工程本体某个预警指标变化超过控制值时，应结合有关联性的、同一断面/区域的工程本体和周边环境预警指标变化情况，对工程本体和周边环境的受力状态和变形趋势进行综合分析判断后作出预警评估。

⑤上述主要影响区、次要影响区、地质条件复杂程度按《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911-2013 进行划分。

⑥表中未包含围护类型的预警指标控制值可参考此表中的控制值。

3.应根据管线的类型、材质、接口形式、管龄、位置等因素科学合理地确定管线监测指标。地下管线竖向位移预警指标可参照表 4.10 和 4.11。

表 4.10 地下管线竖向位移预警指标（有压管线）（参考值）

有压管线类型	管线材质	接口形式	管龄	管线位置	竖向位移		差异沉降(mm)
					累计值(mm)	变化速率(mm/d)	
给水管	钢管	无缝/焊接	老旧管线	主要影响区	20	2	0.25%Lg
				次要影响区	25		
			新建管线	主要影响区	25		
				次要影响区	30		
	铸铁管	法兰等	老旧管线	主要影响区	10	1.5	0.25%Lg
				次要影响区	15		
			新建管线	主要影响区	15	2	
				次要影响区	20		
	混凝土	承插口	老旧管线	主要影响区	10	1	0.2%Lg
				次要影响区	15	1.5	
			新建管线	主要影响区	10	1.5	
				次要影响区	15	2	
海水压力管	混凝土	承插口	老旧管线	主要影响区	10	1	0.2%Lg
				次要影响区	15	1.5	
			新建管线	主要影响区	10	1.5	
				次要影响区	15	2	
燃气管	钢管	无缝/焊接	老旧管线	主要影响区	20	2	0.25%Lg
				次要影响区	25		
			新建管线	主要影响区	25		
				次要影响区	30		
	铸铁管	法兰等	老旧管线	主要影响区	10	1.5	0.25%Lg
				次要影响区	15		
			新建管线	主要影响区	15	2	
				次要影响区	20		
	混凝土	承插口	老旧管线	主要影响区	10	1	0.2%Lg
				次要影响区	15	1.5	
			新建管线	主要影响区	10	1.5	
				次要影响区	15	2	
原水管	铸铁管	法兰等	老旧管线	主要影响区	10	1.5	0.2%Lg
				次要影响区	15		
			新建管线	主要影响区	15	2	
				次要影响区	20		
油管	钢管	无缝	老旧管线	主要影响区	10	1	0.2%Lg
				次要影响区	15	1.5	

有压管线类型	管线材质	接口形式	管龄	管线位置	竖向位移		差异沉降(mm)
					累计值(mm)	变化速率(mm/d)	
			新建管线	主要影响区	10	1.5	
				次要影响区	15	2	

注：①新建管线：敷设时间在3年以内（含3年）的管线。（参考）

②老旧管线：敷设时间在3年以上的管线。（参考）

③主要影响区：基坑周边 $0.7H$ 范围内， $H$ 为基坑设计深度；隧道正上方及沉降曲线反弯点范围内。

④次要影响区：基坑周边 $0.7H\sim 2.0H$ 范围内， $H$ 为基坑设计深度；隧道沉降曲线反弯点至沉降曲线边缘 $2.5i$ 处， $i$ 为Peck计算公式中的沉降槽宽度系数。

⑤ $Lg$ 为管节长度。

表 4.11 地下管线竖向位移预警指标（无压管线）（参考值）

无压管线类型	管线材质	接口形式	管龄	管线位置	竖向位移		差异沉降(mm)
					累计值(mm)	变化速率(mm/d)	
雨水管	混凝土	承插口	老旧管线	主要影响区	15	1.5	$0.2\%Lg$
				次要影响区	20	2	
			新建管线	主要影响区	20	2	
				次要影响区	25	2.5	
	化学(塑料)	胶圈等	老旧管线	主要影响区	20	2	$0.25\%Lg$
				次要影响区	25	2.5	
			新建管线	主要影响区	25	2.5	$0.3\%Lg$
				次要影响区	30	3	
污水管	混凝土	承插口	老旧管线	主要影响区	15	1.5	$0.2\%Lg$
				次要影响区	20	2	
			新建管线	主要影响区	20	2	
				次要影响区	25	2.5	
	铸铁管	法兰等	老旧管线	主要影响区	20	1.5	$0.25\%Lg$
				次要影响区	25	2	
			新建管线	主要影响区	25	2	
				次要影响区	30	2.5	
	化学(塑料)	胶圈等	老旧管线	主要影响区	20	2	$0.25\%Lg$
				次要影响区	25	2.5	
			新建管线	主要影响区	25	2.5	$0.3\%Lg$
				次要影响区	30	3	
箱涵/管廊	混凝土	现浇/胶圈企口	老旧管线	主要影响区	20	2	$0.2\%Lg$
				次要影响区	25	2.5	

			新建管线	主要影响区	25	2.5	0.3%Lg
				次要影响区	30	3	
电力管	化学 (塑料)	胶圈等	老旧管线	主要影响区	30	3	0.3%Lg
				次要影响区	30	3	
			新建管线	主要影响区	30	3	
				次要影响区	30	3	
电信管	化学 (塑料)	胶圈等	老旧管线	主要影响区	30	3	0.3%Lg
				次要影响区	30	3	
			新建管线	主要影响区	30	3	
				次要影响区	30	3	

注：①地下管线竖向位移监测点宜布置直接监测点。因现场条件不具备布设直接监测点的而布设间接监测点，可采用地表沉降控制值，并进行安全系数调整。

②新建管线：敷设时间在3年以内（含3年）的管线。

③老旧管线：敷设时间在3年以上的管线。

④主要影响区：基坑周边 $0.7H$ 范围内， $H$ 为基坑设计深度；隧道正上方及沉降曲线反弯点范围内。

⑤次要影响区：基坑周边 $0.7H\sim 2.0H$ 范围内， $H$ 为基坑设计深度；隧道沉降曲线反弯点至沉降曲线边缘 $2.5i$ 处， $i$ 为Peck计算公式中的沉降槽宽度系数。

⑥Lg为管节长度。

4.应根据周边环境科学合理确定爆破施工振动速度预警指标。燃气管道爆破施工振动速度预警指标可参照表4.12。

表4.12 燃气管道爆破施工振动速度预警指标（参考值）

频率(f)	<10Hz	10Hz~50Hz	>50Hz
指标类型			
地面安全允许振动速度值	$\leq 30\text{mm/s}$	$\leq 50\text{mm/s}$	$\leq 70\text{mm/s}$

注：对输油管道可参照上表执行；对给水管、污水管、电缆沟、通讯电缆的地面安全允许振动速度值可参照上表（ $\pm 10\%$ ）执行。

5.监测点的布置、监测频率等其他规定按《城市轨道交通工程监测技术规范》GB 50911 执行。

## 4.2.8 土方开挖

### 1.放坡开挖

基坑开挖过程中应充分考虑“时空效率”。开挖应分层分段均匀对称进行，遵循“竖向分层、纵向分段，先支后挖”的原则。



(1) 当施工场地有条件采用放坡开挖时，应设置多级平台分层开挖，坡顶或坑边不宜堆土或堆载，遇有不可避免的附加荷载时，应将稳定性验算计入附加荷载的影响。基坑边坡必须经过验算，以保证边坡稳定。

(2) 放坡开挖施工前，须根据总平面图和基础平面图进行测量放线，设置控制定位轴线桩或水平桩，放出开挖边线。

(3) 提前准备好边坡支护材料，以便随挖随支，确保基坑稳定安全，开挖过程中应经常测量和校核开挖平面位置、水平标高和边坡坡度。土方开挖应遵循由上而下、分层分段开挖的顺序进行。放坡开挖的坡度、分级平台的设置及分级平台的宽度必须满足设计要求。

放坡开挖应严格控制好边坡的坡度，根据施工图纸中的坡比施工，同时还要控制好坡面的平整度，以及每级边坡的标高。超过一定时间未继续开挖的坡面应素喷混凝土进行保护。

#### (4) 质量检验

①槽底标高与设计标高允许偏差 $+200\text{mm}$ ，不得扰动原状土，各层间标高允许偏差 $\pm 150\text{mm}$ ，边坡允许偏差 $+200\text{mm}$ ，严禁亏坡，挖土机严禁碰撞边坡支护体系，必须随时测量，保证基底标高和基坑线。

②坡比应符合设计要求，检查方法采用观察或用坡度尺检查，坡面平整度允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ 。

## 2. 土钉墙支护开挖

### (1) 工作面开挖

施工测量控制桩经验收后按照设计坡率进行基坑放线，经复核无误，方可进行开挖施工。机械开挖后辅以人工修整坡面，清除松动面层。以确保其立面角和壁面的平整度。开挖过程中随时复核边坡坡度，开挖断面经检查合格后立即初喷混凝土封闭坡面，坡面土暴露时间不超过 24h。待喷射混凝土强度达到设计强度后方可继续向下开挖土方。

### (2) 土钉钻孔

粘土地层的土钉宜选用螺旋钻成孔；砂岩地层的土钉宜选用冲击式锚杆机或地质钻成孔，套筒跟进防止塌孔。钻孔施工应严格按照设计图纸施工。

### (3) 土钉安装

安装土钉前，应对钻孔进行检查，若发现有碎土、石、杂物及泥浆，应立即清除。沿钻孔轴线将土钉推送入孔内至设计位置，推送过程中，严禁转动土钉，以防止破坏孔壁，并防止土钉插入孔壁土体中。应使土钉位于钻孔的轴线上。推送完毕后，随即检查孔中是否有碎土堵孔，若有，应立即处理，必要时应将土钉拔出，清除碎土后，重新将土钉推入孔内。

#### (4) 注浆

在注浆前应检查机具设备的完好性，保证注浆能顺利进行。注浆前对喷混凝土坡面封闭情况进行检查，对土钉与喷混凝土坡面相交位置、坡脚处、坡面与围护桩相交处等混凝土封闭薄弱位置，采用抹砂浆或喷混凝土进行封闭加强。注浆应采用孔底注浆法。注浆管随着注浆慢慢拔出，保证注浆管端头始终在注浆浆液内。

#### (5) 钢筋网加工

钢筋网片规格宜采用 $\Phi 8@150\times 150\text{mm}$ ，网格制作允许偏差为 $\pm 10\text{mm}$ ，保护层为 $25\text{mm}$ ，并与土钉连接牢固。钢筋在制网前均应拉伸调直，网点分别用绑丝扎牢或焊接牢固。钢筋网在每边的搭接长度不小于 $300\text{mm}$ 。土钉端部加强筋、钢筋网相互焊接，各钢筋的位置由里向外为：钢筋网，水平垂直加强筋，土钉端头焊接加强筋。

#### (6) 喷射混凝土

土钉墙支护应采用湿喷法进行混凝土喷射。为保证喷射混凝土均匀且厚度达到设计值，应在边坡上隔一定距离打入垂直短钢筋作为厚度标志。喷射混凝土时，喷头与受喷面保持垂直，并视情况保持 $0.8\sim 1.0\text{m}$ 的距离。喷射手应控制好水灰比，保持喷射混凝土表面平整，湿润光泽，无干斑或滑落流淌现象。喷射混凝土时，应分段分片依次进行，同一段内喷射顺序应自下而上，一次喷射厚度不宜大于 $120\text{mm}$ 。段片之间，层与层之间应为 $45^\circ$ 角的斜面，以便混凝土牢固凝结成整体。喷射混凝土的厚度误差不超过 $\pm 5\text{mm}$ ，喷射混凝土回弹率控制在 $15\%$ 以内。布置钢筋的部位可先喷钢筋的后方以防止钢筋背面出现空隙。面层喷射混凝土终凝后 $2\text{h}$ 应喷水养护，养护时间为 $3\sim 7\text{d}$ 。

#### (7) 泄水管安装

为降低雨水及地下水对边坡的影响，边坡支护完成后，应在基面上凿孔，安

装泄水管，泄水管可采用 $\Phi 50\text{mm}$ PVC管，管长500mm，孔口500mm范围内填粗砂或碎石，布孔间距 $2\times 2\text{m}$ 。

#### (8) 质量检验

土钉检测数目不宜少于土钉总数的1%，且同一土层中的土钉检测数量不应少于3根。对于安全等级为二级、三级的土钉墙，抗拔承载力检测值分别不应小于土钉轴向拉力标准值的1.3倍、1.2倍。

抗拉试验应在注浆固结体强度达到10MPa或达到设计强度的70%后进行。

当检测的土钉不合格时，应扩大检测数目。

土钉墙检查项目应符合表4.13的规定。

表4.13 土钉墙支护工程质量检验标准

序	检查项目	允许偏差或允许值		检查方法
		单位	数值	
1	坡面平整度	mm	$\pm 20$	用钢尺量
2	锚杆锁定力	设计要求		现场实测
3	孔深	mm	$\pm 50$	用钢尺量
4	钻孔倾斜度	o	$\pm 5\%$	测钻机倾角
5	孔距	mm	$\pm 100$	用钢尺量
6	孔径	mm	$\pm 5$	用钢尺量

### 3. 有围护结构基坑开挖

(1) 基坑开挖采取“分层、分段开挖、随挖随撑，撑锚与挖土配合”，严禁超挖。横向先开挖中间土体，后开挖两侧土体，宜利用中间槽道装运土体，提高效率。

(2) 土方开挖过程中，严禁挖机触碰钢支撑、立柱、围檩、降水井、管线等构筑物。

(3) 基坑开挖前应保证地下水位在基底0.5m以下。

(4) 土方开挖至锚杆、支撑设计位置后，应及时施工锚杆或支撑。采用钢筋混凝土支撑时，必须达到设计强度后方可进行下层土体开挖。

(5) 基坑两侧10m范围内不得堆载。

### 4. 桩间挂网喷射混凝土

(1) 严禁采用干喷工艺。

- (2) 喷射前预埋喷层厚度控制标志。
- (3) 喷射作业前应清除受喷面浮土等松散料，用高压风吹净。
- (4) 喷射作业分层、分段、分片依次进行，喷射顺序应自下而上螺旋式移动。
- (5) 分层喷射时，后一层喷射在前一层混凝土终凝后进行。
- (6) 应连续均匀向喷射机供料，机器正常运转时应保持足够的存料。
- (7) 喷射机的工作风压应满足喷头处的压力在 0.1MPa 左右，垂直喷射，喷头与受喷面保持 0.8~1m 的距离。

### 5.人工清底

(1) 基坑机械开挖接近基底 200mm 时，应配合人工清底，不得超挖或扰动基底土。

(2) 基底为隔水层且层底作用有承压水，或基底超挖、扰动、受冻、水浸、发现异物、杂土、淤泥、土质疏松及软硬不均时，应会同建设单位、设计勘察、监理研究处理方案。

### 6.基底验槽

#### (1) 地基承载力试验

- ①人工清底完成后，如基底为土质，需要根据设计要求进行地基承载力试验。
- ②如基底土质为岩石，且设计无特殊要求，可不进行地基承载力试验。

#### (2) 地基验槽

①地基承载力试验合格并由有资质单位出具地基承载力报告后，由监理单位组织勘察、设计、施工单位进行基底验槽。监理单位应对基底高程进行复核。

②基底允许偏差为：高程-20~+10mm，基底平整度 20mm，基底土性能符合设计要求，基底长宽符合设计要求，开挖方式符合规范要求。

③地基验槽合格后，由验槽四方在地基验槽检查记录表上签字盖章。检查合格后及时施工垫层。

### 4.2.9 质量检验

基坑开挖的轴线、长宽、边坡坡率及基底标高的检验应符合表4.14的要求。

表 4.14 基坑开挖检验标准

序号	项目	允许偏差	检验频率		检验方法
			范围	点数	
1	轴线位置	±5mm	纵横轴线	4	经纬仪测量
2	长、宽	以轴线控制,不小于设计值,且应考虑围护结构的施工误差、找平层、防水层、保护层等的厚度适当外放	整个基坑	8	经纬仪、钢尺测量
3	基底标高	+10mm, -20mm	每一基底分段	5	水准仪测量,每5m长为一段
4	边坡坡率	不小于设计值	每一边坡断面	1	观察或坡度尺量

### 4.3 主体结构

#### 4.3.1 一般规定

- 1.满堂支架宜采用碗扣支架、盘扣支架等,不宜采用扣件式支架。
- 2.侧墙、立柱应采用钢模板。当采用竹胶板、木模板时,其周转次数不应超过2次。
- 3.应编制支架预压及监测方案,并报监理审批。
- 4.钢筋保护层厚度应符合设计要求。
- 5.钢筋安装宜采用钢筋定位卡具等控制钢筋间距。
- 6.宜采用布置冷却管法、预留后浇带法、跳仓法等工艺控制混凝土裂缝。
- 7.施工缝混凝土应凿毛、洗净,符合规范要求。
- 8.止水钢板的埋设位置、方向应符合设计要求。

#### 4.3.2 综合接地及垫层

##### 1.材料及现场准备

- (1) 应按计划保证材料的及时供应。
- (2) 可采用小型挖掘机挖槽或深坑埋设接地体。
- (3) 铜排接头为放热对焊,放热焊接模具、模具夹及工具箱应提前进场。
- (4) 应做好基坑底部的平整工作,可采用石灰线标识出综合接地装置的位置,并确保接地网安装位置准确。

##### 2.接地网沟槽开挖

- (1) 每段主体结构底板土方开挖至基底平整后进行测量放线。
- (2) 测定接地网设置的位置,并用白灰粉按其分布情况作出标志。检查接地线的材质是否符合设计要求。用水准仪核对基底标高,确定地网沟开挖深度。

沟槽开挖的深度和宽度应符合设计、规范要求。

(3) 按设计路径及位置开挖地网沟，挖一部分敷设一部分，以避免沟壁坍塌。并清理沟内石块等杂物。

(4) 接地体回填土可使用黄粘土，并分层夯实。

### 3.水平接地体安装

(1) 当基坑开挖至基底面时，测量放样出综合接地网的水平接地体的位置，并做好标记，开挖接地网沟完成后放入水平接地体。水平接地体应立放，铜排之间应采用放热焊接。

(2) 安装好的水平接地体检查合格后，宜采用物理降阻剂包裹接地体，降阻剂与水可按 2:1（重量比）调制，降阻剂填充完成后，再用素土或粘土回填，并夯实。

(3) 采用放热焊，进行各段之间及与垂直接地体之间的焊接。

### 4.接地引出线的制作与安装

接地引出线主要由绝缘固定环、止水环、引出铜母线、非磁性钢管、硅橡胶和固定块组成。接地网引出时设置非磁性钢管接地引出线，确保接地引出线不得与结构钢筋接触。止水环密封焊接在钢管外壁上，不得渗漏水，固定块焊接在钢管内壁上。钢管外表应涂防锈漆（环氧煤焦油厚浆型防锈漆），其内硅橡胶应填充密实，保证 0.3MPa 水压试验不渗水，钢管比顶板顶面应高出 100mm，引出线预留长度出钢管口 400mm。

### 5.接地装置接地体的连接

(1) 接地极之间的连接采用焊接，焊接方法采用放热焊接（热熔方式）。焊接采用 SBB 系列专用模具、模具夹以及配套工具箱。

(2) 无论哪种连接方式，铜排应立放，水平接地极与连接带之间的连接，可以先将连接带扁铜平弯（厚度方向弯曲），再采用第一种连接方式熔接，平弯时，其弯曲半径应大于 2 倍厚度。搭接长度不得小于 200mm，并不得损伤芯线，焊接处应做防腐处理，为保证施工质量，可用接地引入一体化装置。接地引入线在保护管内不得有接头，穿墙管严禁与隧道结构钢筋接触。

### 6.接地电阻的测量

(1) 根据设计提供的土壤电阻率，对接地装置进行接地电阻阻值测量，测

量结果应符合设计要求。

(2) 如接地电阻检测显示不能满足设计要求, 则在余下部分接地网敷设中采取相应的补救措施。

#### 7. 接地引出线的保护

(1) 接地引入线保护管与隧道穿墙管法兰盘连接应绝缘, 绝缘电阻应大于 $100\text{M}\Omega$ 。

(2) 接地引入线在保护套管内不得有接头。隧道穿墙管严禁与隧道结构钢筋接触。

(3) 接地引入线保护管根据引入线尺寸选择钢管加工而成。

#### 8. 垫层混凝土浇筑

(1) 地基验槽合格后, 垫层混凝土浇筑应采取分段进行, 为了保证后续施工垫层混凝土浇筑, 应在主体结构施工节段长度两端加长不少于 $2\text{m}$ 。

(2) 如基底有渗漏水, 应在坑内做好排水沟、集水井抽排水。

(3) 垫层模板可采用方木或小钢模拼装, 支撑可采用钢筋头打入土中支撑。

(4) 混凝土外观质量允许偏差: 轴线位置 $20\text{mm}$ , 表面平整度 $8\text{mm}$ , 高程 $\pm 30\text{mm}$ 。支模允许偏差: 轴线位置 $5\text{mm}$ , 表面平整度 $5\text{mm}$ , 高程 $\pm 5\text{mm}$ , 相邻两板表面高低差 $2\text{mm}$ , 模板的侧向弯曲 $1/1500$ 且小于 $15\text{mm}$ , 两模板内侧宽度 $-5\sim +10\text{mm}$ 。

### 4.3.3 钢筋

#### 1. 钢筋原材料进场检验

(1) 钢材进场时, 必须对其质量指标进行全面检查, 包括直径、延米重、抽取试件做屈服强度、抗拉强度、伸长率和冷弯试验。

(2) 检验数量: 以同牌号、同炉罐号、同规格的钢筋, 每 $60\text{t}$ 为一批, 不足 $60\text{t}$ 也按一批计。

(3) 钢材进场应分类码放, 并设置对应材料标识牌。

#### 2. 钢筋调直

(1) 应按调直钢筋的直径, 选用适当的调直块及传动速度。调直块的孔径应比钢筋直径大 $2\sim 5\text{mm}$ 。

(2) 当钢筋送入后, 手与曳轮应保持一定的距离, 不得接近。

(3) 送料前, 应将不直的钢筋端头切除。导向筒前应安装一根 1m 长的钢管, 钢筋应先穿过钢管再送入调直前端的导孔内。

(4) 切断 3~4 根钢筋后, 应停机检查其长度, 当超过允许偏差时, 应调整限位开关或定尺板。

### 3. 钢筋切断

(1) 钢筋根据下料单确定截取长度, 并用石笔作出标识, 切断短料时, 手和切刀之间的距离应保持在 150mm 以上, 否则, 应采用套管或夹具将钢筋短头压住或夹牢。接送料的工作台面应和切刀下部保持水平, 工作台的长度可根据加工材料长度确定。

(2) 切断细钢筋时, 应将钢筋摆直, 不能形成弧线。

### 4. 钢筋弯曲

(1) 将要弯曲的钢筋分段尺寸用石笔标记在钢筋上, 钢筋的标记长度应符合设计图纸的要求。

(2) 应清除表面杂物。钢筋应平直, 无局部折曲。

(3) 操作时应按加工钢筋的直径和弯曲半径的要求, 装好相应规格的芯轴和成型轴、挡铁轴。弯制钢筋宜从中部开始, 逐步弯向两端, 应一次弯成。

### 5. 钢筋套丝

(1) 不同直径的钢筋, 在两端头处加工的丝头长度不同, 由调整滑板限位螺钉伸出的长度来调整加工丝头的长度。长度调整合适后, 应将限位螺钉的锁母锁紧。

(2) 丝头加工应采用水溶性切削液, 严禁用油性切削液。

### 6. 半成品钢筋

(1) 钢筋的弯制和末端的弯钩应符合设计要求。

(2) 用光圆钢筋制成的箍筋, 其末端应有弯钩(半圆形、直角形或斜弯钩)。弯钩的内直径应大于受力钢筋直径, 且不应小于箍筋直径的 2.5 倍。对一般结构, 箍筋弯钩的弯折角度不应小于 90°, 弯钩平直部分的长度不宜小于箍筋的 5d。对有抗震要求的结构, 圆形箍筋的接头必须采用焊接, 焊接长度不小于 10d。矩形箍筋端部应有 135°弯钩, 弯钩深入核心混凝土的平直部分长度不应小于 200mm。

(3) 允许偏差: 受力钢筋全长 $\pm 10\text{mm}$ , 弯起钢筋的弯折位置 $\pm 20\text{mm}$ , 箍筋



内净尺寸 $\pm 5\text{mm}$ 。

### 7.机械连接

参照第 4.1.2 条的规定。

### 8.钢筋闪光焊连接

(1) 闪光对焊应在钢筋棚内进行加工,可根据钢筋品种使用对应型号焊机。

(2) 施焊前必须进行现场条件下的焊接工艺试验。

(3) 闪光对焊主筋轴心偏差小于  $0.1d$  且不得大于  $2\text{mm}$ 。闪光接头处不得有横向裂纹,与电极接触的钢筋表面不得有明显烧伤,接头处的弯折角不得大于  $2^\circ$ ,力学性能检验以在同一班组内,由同一焊工完成的 300 个同牌号、同直径钢筋焊接接头为一批,当同一台班内焊接的接头数量较少,可在一周之内累计计算,累计仍不足 300 个接头时,应按一批计算。做拉伸试验和冷弯试验。钢筋接头应避开钢筋弯曲处,距弯曲点距离不小于  $10d$ 。

(4) 钢筋接头应设置在承受应力较小处。设计无要求时,焊接接头在受弯构件的受拉区不得大于  $50\%$ ,轴心受拉构件不得大于  $25\%$ 。

### 9.钢筋搭接焊

(1) 应保证焊接后钢筋位于同一轴线上。单面焊焊缝长度不小于  $10d$ ,双面焊不小于  $5d$ ,焊缝饱满,避免焊伤主筋。力学性能检验以 300 个接头为一批,做拉伸试验,钢筋接头应避开钢筋弯曲处,距弯曲点距离 $\geq 10d$ 。

(2) 焊渣应及时敲除。

(3) 钢筋接头应设置在承受应力较小处,并应分散布置,设计无要求时:焊接接头在受弯构件的受拉区不得大于  $50\%$ ,轴心受拉构件不得大于  $25\%$ 。同一连接区段同一根钢筋上不得超过一个接头,焊接接头的错位距离不小于  $35d$ ,且不小于  $500\text{mm}$ 。

### 10.板钢筋安装

(1) 应将模板或防水板混凝土保护层上面的杂物清理干净,用粉笔在模板上或防水板混凝土保护层划好主筋、分布筋间距。

(2) 按划好的间距,先摆放受力主筋,后放分布筋。预埋件、电线管、预留孔等应及时配合安装。

(3) 在现浇板中有板带梁时,应先绑板带梁钢筋,再摆放板钢筋。

(4) 为保证混凝土保护层厚度，应在钢筋与模板之间采用垫块支垫。垫块应相互错开，分散布置，不得横贯保护层的全部截面。垫块数量不得少于 4 个/m<sup>2</sup>，绑扎垫块和钢筋的铁丝头不得伸入保护层内。垫块的尺寸应保证钢筋混凝土保护层厚度的准确性，其形状（宜为工字型或锥形）应有利于钢筋的定位。垫块的耐久性和抗压强度不低于构件本体混凝土，且细石混凝土水胶比不大于 0.4。

(5) 焊接骨架的所有钢筋相交点必须焊接。当焊接网片只有一个方向受力时，受力主筋与两端边缘两根锚固横向钢筋的全部相交点必须焊接；当焊接网两个方向受力时，则四周边缘的两根钢筋的全部相交点均应焊接；其余相交点可间隔焊接。

(6) 绑扎钢筋骨架在运输、安装、混凝土浇筑过程中不得有变形、开焊或松脱现象并符合下列规定：在钢筋交叉点，应用 20~22 号铁丝，按逐点改变绕丝方向（8 字形）的方式交错扎结，或按双对角线（十字形）方式扎结。根据安装需要配以必要数量的架立钢筋或钢架。

### 11. 墙钢筋安装

(1) 在底板混凝土上弹出侧墙钢筋位置线，模板控制线、墙身位置线，校核甩槎立筋，底板混凝土浇筑后，侧墙接长采取立 4 根竖筋，将接长竖筋与下层伸出甩槎立筋连接牢固，在竖筋上画好水平筋分档标志，在下部及齐胸处绑四根横筋定位，并在横筋上画好竖筋分档标志，接着绑其余竖筋，最后再绑其余横筋。侧墙如有暗柱钢筋，应先绑扎暗柱钢筋。墙身钢筋先绑迎水面钢筋后绑扎背水面钢筋，自下而上绑扎。

(2) 墙钢筋保护层、焊接骨架、绑扎骨架相关要求同板筋要求。

(3) 钢筋安装允许偏差：同板筋第 7 点要求。

### 12. 梁钢筋安装

(1) 在梁模板上用粉笔按设计要求画出箍筋及加密箍的间距线，在主次梁模板上口铺横杆数根临时将箍筋固定。进而先穿主梁下部纵向受力钢筋及弯起钢筋，将箍筋按已画好的间距逐个分开，穿次梁的下部纵向受力钢筋及弯起钢筋，并套好箍筋；放主次梁架立筋；隔一定间距将架立筋与箍筋绑扎牢固；调整箍筋间距使其符合设计要求。绑架立筋再绑主筋，主次梁同时配合进行。

(2) 梁、柱等结构中的钢筋骨架的箍筋应与主筋垂直围紧；箍筋与主筋交

叉点处应以铁丝绑扎；梁柱等构件拐角处的交叉点应全部绑扎；中间平直部分的交叉点可交错扎结。若绑扣已不能满足固定主筋要求，可增设固定方式。

### 13.柱钢筋安装

(1) 根据设计图纸，计算好每段柱子箍筋数量，先将箍筋套在下层伸出的搭接筋上，然后立柱子钢筋，柱子主筋可通过自制矩形定位框定位，控制钢筋间距及断面尺寸。柱子主筋采用机械连接接头。在立好的柱子竖向钢筋上，按要求用粉笔划出箍筋间距线。箍筋按已划好的箍筋位置线，将已套好的箍筋往上移动，由上往下绑扎。箍筋的弯钩叠合处应沿柱子竖筋交错布置，并绑扎牢固。

(2) 梁、柱等结构中的箍筋应与主筋垂直围紧；箍筋与主筋交叉点处应以铁丝绑扎；梁柱等构件拐角处的交叉点应全部绑扎；中间平直部分的交叉点可交错扎结；当梁柱混凝土标号差别大于等于 2 级时，节点处应设置束口网，以便于梁板不同等级混凝土的浇筑。

### 14.钢筋绑扎连接

(1) 钢筋绑扎连接应采用 20~22 号铁丝（火烧丝）或镀锌铁丝（铅丝）绑扎钢筋。

(2) 光圆钢筋末端应作成彼此相对的 180°弯钩，带肋钢筋应作成彼此相对的 90°弯钩。在钢筋搭接部位的中心及两端共三处，应采用铁丝绑扎结实。

(3) 钢筋接头应设置在承受应力较小处，并应分散布置。设计无要求时，绑扎接头在受拉区不得大于 25%，受压区不得大于 50%。“同一连接区段”内同一根钢筋上不得超过一个接头，“同一连接区段”长度：绑扎接头为 1.3 倍搭接长度且不小于 500mm。无法判断结构受拉、受压区，按受拉区处理，示意图 4.1。

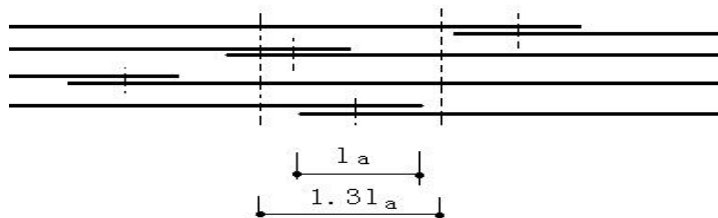


图 4.1 钢筋绑扎搭接接头连接区段及接头面积百分率

### 15.直螺纹套筒预埋

(1) 主体侧墙、顶板等结构中预埋的直螺纹套筒应严格按照设计要求的长

度、数量、间距、位置、规格进行预埋。按照预埋套筒设计要求的位置在现场用粉笔进行标识。

(2) 直螺纹套筒及其已连接的钢筋与结构钢筋绑扎或焊接牢固。已连接钢筋丝头应外露 2P 以内。

(3) 预留钢筋直螺纹接头外露端部必须与模板密贴，或者与模板之间安装泡沫板，并顶紧，确保拆模后找到套筒外露端。外露直螺纹套筒端用塑料塞进行临时封闭，确保混凝土浇筑过程混凝土料不进入套筒内。

#### 16. 杂散电流钢筋焊接及引出端子预埋

(1) 应严格按杂散电流设计图纸和规范要求控制结构钢筋焊接，保证结构钢筋成为统一电气整体。焊点位置及工艺满足设计和规范要求，严禁脱焊、虚焊。

(2) 在伸缩缝两侧的侧墙上需引出结构钢筋连接端子，引出端子的连接方式和位置符合设计要求。

(3) 纵向受力钢筋、主筋交叉点、明暗挖过渡段钢筋的焊接方式应严格按照设计和规范要求执行。

#### 17. 钢板、吊钩、钢筋应力计预埋

(1) 主体侧墙、中板、顶板等结构中预埋的钢板、管线、吊钩、监测设备等预埋件应严格按照设计要求的长度、数量、间距、位置、规格进行预埋。

(2) 各类预埋件应与结构钢筋绑扎或焊接牢固。按照设计要求的位置在现场用粉笔进行标识。

(3) 预埋件宜在钢筋绑扎成型后安装，避免在钢筋绑扎过程中因施工原因造成破坏，预埋件安装后应安排专人进行位置、数量、间距等情况的核对。

#### 18. 质量检验

(1) 钢筋加工检查项目见表 4.15。

表 4.15 钢筋加工的允许偏差

项目	允许偏差 (mm)
受力钢筋顺长度方向全长的净尺寸	±10
弯起钢筋的弯折位置	±20
箍筋内净尺寸	±5

(2) 钢筋安装的检查项目见表 4.16。

表 4.16 钢筋安装允许偏差和检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
绑扎钢筋网	长、宽	±10	尺量
	网眼尺寸	±20	钢尺量连续三档，取偏差绝对值最大处
绑扎钢筋骨架	长	±10	尺量
	宽、高	±5	尺量
纵向受力钢筋	锚固长度	-20	尺量
	间距	±10	钢尺量两端、中间各一点，取偏差绝对值最大处
	排距	±5	
纵向受力钢筋、箍筋的 混凝土保护层厚度	基础	±10	尺量
	柱、梁	±5	尺量
	板、墙、壳	±3	尺量
绑扎箍筋、横向钢筋间距		±20	钢尺量连续三档，取偏差绝对值最大处
钢筋弯起点位置		20	尺量
预埋件	中心线位置	5	尺量
	水平高差	+3, 0	塞尺量测

注：①检查预埋件中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中的较大值。

②表中梁类、板类构件上部纵向受力钢筋保护层厚度的合格点率应达到90%及以上，且不得有超过表中数值1.5倍的尺寸偏差。

#### 4.3.4 模板及支架

##### 1. 钢模进场验收

(1) 进场组合钢模及其配件制作质量应符合《组合钢模板技术规范》GB50214 的规定。

(2) 组合钢模应按照经过审批的专项方案的规格进场，对钢板形式、尺寸、钢板厚度进行现场检查验收。钢模板焊缝饱满，焊药清除干净，不得有未焊透、夹砂、咬肉、裂纹等缺陷。出厂文件应有使用材料的质量说明、证明书及产品合格证。

##### 2. 竹胶板进场验收

(1) 进场竹胶板的材质、厚度、长、宽符合方案要求，外观无缺陷，厚度不小于 15mm。

(2) 竹胶板表面应平整光滑，具有防水、耐磨、耐酸碱的保护层，并应具有保温性能好、易脱模和可两面使用的特点。

(3) 不得使用变形、污染、破损的竹胶板。

### 3.碗扣式支架施工

(1) 碗扣式支架施工应符合《建筑施工碗扣式脚手架安全技术规范》JGJ 166 的规定。

(2) 碗扣式钢管及配件无明显缺陷；钢管壁厚为 $\geq 3.5-0.025\text{mm}$ ，下碗口板材厚度不小于 $6\text{mm}$ ；可调底座底板的钢板厚度 $\geq 6\text{mm}$ ，可调托撑钢板厚度 $\geq 5\text{mm}$ 。出厂文件应有使用材料的质量说明、证明书及产品合格证。

(3) 支撑架体四周从底到顶连续设置剪刀撑；中间纵、横向由底到顶连续设置竖向剪刀撑，其间距不大于 $4.8\text{m}$ ；剪刀撑的斜杆与地面夹角在 $45\sim 60^\circ$ 之间，斜杆应每步与立杆扣接。

(4) 当支架高度大于 $4.5\text{m}$ 时，顶部和底板必须设置一道水平剪刀撑；当架体高度高于 $4.5\text{m}$ 时，中间加设水平剪刀撑，间距不大于 $4.5\text{m}$ 。剪刀撑斜杆的接长采用搭接，搭接长度不小于 $1\text{m}$ ，搭接必须采用旋转扣件连接。

(5) 在搭设过程中，应注意调整支架的垂直度，钢管立杆垂直度偏差不得大于架高的 $1/500$ ，且控制在 $50\text{mm}$ 以内。

(6) 可调底座及可调托撑丝杆与螺母捏合长度不得少于 $4\sim 5$ 扣，插入立杆内的长度不得小于 $150\text{mm}$ ，外露长度不大于 $200\text{mm}$ 。可调托座伸出顶层水平杆的高度不得大于 $650\text{mm}$ 。

(7) 在立杆底部纵、横向设置水平杆作为扫地杆，距地面高度不大于 $400\text{mm}$ 。

### 4.盘扣式支架施工

(1) 盘扣式支架施工应符合《建筑施工承插型盘扣件钢管支架安全技术规程》JGJ 231 的规定。

(2) 高大模板方案应经过专家论证评审后方可实施，立杆按照方案规定的纵横向间距弹线布置，支架首层立杆应采用不同的长度交错布置，支架立杆及横杆通过垂线及拉线控制垂直度及顺直度。底层水平杆作为扫地杆，距地面高度不大于 $350\text{mm}$ 。可调托座伸出顶层水平杆的高度不得大于 $650\text{mm}$ 。

(3) 考虑到支架的整体稳定性，支架架体四周外立面向内的第一跨每层均应设置竖向斜杆，架体整体底层以及顶层均应设置竖向斜杆，并应在架体内部区域每隔 $5$ 跨由底至顶纵、横向均设置竖向斜杆或采用扣件钢管搭设的剪刀撑。当

满堂模板支架的架体高度不超过 4 个步距时，可不设置顶层水平斜杆；当架体高度超过 4 个步距时，应设置顶层水平斜杆或扣件钢管水平剪刀撑。

#### 5.底板掖角模板及底板端头模板安装

(1) 底板掖角模板采用定型模板，通过预埋在主体结构钢筋上的地锚进行固定。施工缝处堵头模可采用 50mm 方木条，锯齿加工齿距按设计受力主筋间距制作，木条背后采用钢筋与结构主筋焊接加固支撑。木条固定时必需保证施工缝平直，且与止水带连接紧密避免漏浆。

(2) 通过测量放线，将模板的边线和标高线标识在钢筋及垫层上，通过槌球检验模板垂直度。

(3) 模板安装必须牢固，模板接缝严密不得漏浆，可在拼缝处安装海绵条。模板与混凝土的接触面必须清理干净并涂刷脱模剂。

#### 6.侧墙、顶板及中板模板安装

(1) 侧墙模板施工前，应预先在底板或中板埋设地脚螺栓，螺栓采用钢筋制成。侧墙施工时将模板与三角架用模板扣件连接牢固，人工配合吊机安装，并利用地脚螺栓将三角架固定牢固。

(2) 模板底标高应考虑支架弹性变形及施工误差。对于跨度不小于 4m 的梁、板，其模板应按设计要求起拱，当设计无具体要求时，起拱高度为跨度的 1/1000~3/1000，浇筑混凝土前必须做好标高控制。

#### 7.梁柱模板安装

(1) 先在基础、板面上通过测量定位弹出梁、柱的中心线四周边线，沿边线竖立立板。柱模板采用组合钢模，正确固定柱脚，用斜撑将柱模板临时固定，再由柱顶用线垂吊直找正，然后正式固定。两模板采用脚手板，使用对拉螺栓、方木及钢管支撑，对拉螺栓使用双垫片、双螺母。

(2) 为保证柱根部不出现漏浆、烂根，在柱模板下边放置海绵条，海绵条内层平柱模板内侧（内侧压在弹出的线上，用胶粘在板上），海绵条严禁伸入柱内。

#### 8.模板拆除

(1) 混凝土拆模时的强度应符合设计要求。当设计未提出要求时，应符合下列规定：

①侧模应在其表面积棱角不因拆模而受损时，方可拆除。

②底模应在混凝土强度符合表 4.17 的规定后，方可拆除。

表 4.17 拆除底模时所需混凝土强度

结构类型	结构跨度 (m)	达到混凝土设计强度等级值的百分数 (%)
板	≤2	50
	2~8	75
	≥8	100
梁、拱、壳	≤8	75
	>8	100
悬臂梁 (板)	≤2	75
	>2	100

(2) 拆模时间不应小于 3d，拆模后宜采用涂刷养护剂的方法养护。涂刷养护剂时，必须边拆模边涂刷，不得延误涂刷时间和漏刷。

(3) 混凝土的拆模时间除需考虑拆模时的混凝土强度外，还应考虑拆模时的混凝土温度不能过高，以免混凝土接触空气时降温过快而开裂，严禁在此时浇筑凉水养护。混凝土内部开始降温以前及混凝土内部温度最高时不得拆模。

(4) 一般情况下，结构或构件混凝土的里表温差大于 25℃、混凝土表面与大气温差大于 20℃时不宜拆模。大风或气温急剧变化时不宜拆模。在炎热和大风干燥季节，应采取逐段拆模、边拆边盖的拆模工艺。

(5) 拆模顺序应按立模顺序逆向进行。当模板与混凝土脱离后，方可拆卸、吊运模板。严禁采用猛烈敲打、强扭等方法拆除模板、支架，严禁抛扔模板。拆除模板、支架时不得损伤混凝土。

### 9. 模板打磨、涂刷脱模剂

(1) 模板拆除后应及时用磨光机打磨，去除钢模板表面的混凝土浮浆及模板上剩余脱模剂。

(2) 如模板表面的机油、色拉油或其它油渍使用磨光机无法完全清除，应采用洗洁精清洗干净。

(3) 模板打磨完成后应测量其表面平整度，平整度允许偏差为 5mm。

### 10. 质量检验

模板安装的允许偏差应符合表 4.18 的规定。

表 4.18 模板安装的允许偏差



项目		允许偏差	检验方法
轴线位置		5	尺量检查
底模上表面标高		±5	水准仪或拉线、尺量检查
截面内部尺寸	基础	±10	尺量检查
	柱、墙、梁	±5	尺量检查
	楼梯相邻踏步高差	5	尺量检查
柱、墙垂直度	层高≤6m	8	经纬仪或吊线、尺量检查
	层高>6m	10	经纬仪或吊线、钢尺检查
相邻两板表面高低差		2	钢尺检查
表面平整度		5	2m 靠尺和塞尺检查

### 4.3.5 混凝土

#### 1. 施工缝凿毛

(1) 应凿除已浇筑混凝土表面的水泥砂浆和松弱层，凿除后露出的新鲜混凝土面积不低于总面积的 75%。凿毛时，混凝土强度应符合下列要求：人工凿毛时，不低于 2.5MPa；用风动机等机械凿毛时，不低于 10MPa。

(2) 经凿毛处理的混凝土面应用水冲洗干净，但不得存有积水。在浇筑新混凝土前，对垂直施工缝宜在旧混凝土表面刷一层水泥砂浆，对水平施工缝宜在混凝土表面铺一层 10~20mm、水胶比略低于混凝土、胶砂比为 1:2 的水泥砂浆；或铺设一层厚约 30mm 的新鲜混凝土，其粗骨料宜比新浇筑混凝土少 10%。施工缝为斜面时旧混凝土应浇筑成台阶状。

(3) 对有防水要求的施工缝凿毛验收合格后，在浇筑混凝土之前应在施工缝表面均匀涂刷混凝土界面剂。

#### 2. 混凝土坍落度试验及试块制作

(1) 混凝土运至现场后，应及时做混凝土坍落度试验，并查看混凝土和易性，主体结构混凝土坍落度一般控制在 120~160mm，满足要求后方可进行混凝土浇筑。

(2) 普通混凝土标准条件养护试块每浇筑 100m<sup>3</sup> 制作一组，如一次浇筑不足 100m<sup>3</sup>，也应制作一组。现浇混凝土的每一结构部位，取样不得少于一次。试验龄期为 28d，如大体积或其他要求低水化热混凝土，龄期可延长至 56d 或 90d。

(3) 当设计对混凝土抗渗等级有要求时，其抗渗等级应符合设计要求。抗渗标准条件养护试件的试验龄期为 28~90d，抗渗试件应在混凝土浇筑地点随机

抽样制作。每 500m<sup>3</sup> 同配合比、同施工工艺的混凝土至少制作抗渗检查试件一组，不足 500m<sup>3</sup> 也应制作一组。混凝土试块制作应振捣密实，收面平整。

### 3.混凝土浇筑

(1) 浇筑混凝土前，应检查模板、钢筋、保护层和预埋件等的尺寸、规格、数量和位置。大体积混凝土应检查冷却管系统是否符合要求。

(2) 浇筑过程中，应有效控制混凝土的均匀性、密实性和整体性。

(3) 混凝土运输、浇筑及间歇的全部时间不应超过混凝土的初凝时间。

(4) 监理单位、检测单位应按相关规定和要求对到场混凝土拌合物的工作性能进行检查。

(5) 不同配合比或不同强度等级泵送混凝土在同一时间段交替浇筑时，输送管中的混凝土不得混入其它不同配合比或不同强度等级混凝土。

(6) 应根据混凝土拌合物特性及混凝土结构选择适当的振捣方式和振捣时间。高度超过 4m 的结构侧墙宜采用附着式振捣器，并应采取措施保证侧模的刚度。

(7) 混凝土自由倾落高度超过 3m 时，应采用串筒、斜槽、溜管下料，避免混凝土分层离析。在浇筑过程中，应控制混凝土浇筑的均匀性和密实性。不能出现露筋、空洞、冷缝、夹渣等现象。

(8) 夏季混凝土搅拌时，应采取加冰等措施控制混凝土入模温度，有条件的情况下，尽可能在傍晚和夜间生产混凝土，以降低混凝土的入模温度；大体积混凝土的入模温度不得超过 30℃，且应不高于气温 5℃。冬季施工时混凝土入模温度不宜低于 5℃，且应对混凝土采用适当的保温养护措施。

(9) 大体积混凝土浇筑前应在混凝土核心区设置冷却管，以降低水化热。新浇混凝土与钢模、邻接的已硬化混凝土或周边介质之间的温差不得超过 15℃；混凝土浇筑体在入模温度基础上的温升值不宜大于 50℃；混凝土浇筑体降温速率不宜大于 2.0℃/d；混凝土浇筑体的里表温差（不含混凝土收缩的当量温度）不宜大于 25℃，混凝土表面和环境温差不超过 20℃。

(10) 混凝土浇筑完毕后，在混凝土终凝前应进行二次抹压并进行覆盖，边抹压边覆盖；最后一次抹压时，采取“边掀开、边抹压、边覆盖”的措施，覆盖材料应与混凝土表面严密粘贴，以抑制混凝土由于塑性沉降和表面失水过快而产

生非结构性表面裂缝。已经出现的表面裂缝，应在混凝土终凝前予以修整。

#### 4.混凝土养护

(1) 应根据结构、环境条件、混凝土的性能等，提出施工养护方案报监理审批，并严格执行。

(2) 混凝土振捣完成后，应及时对混凝土暴露面进行紧密覆盖（可采用篷布、塑料布等进行覆盖），尽量减少暴露时间，防止表面水分蒸发。

(3) 混凝土带模养护期间，应采取带模包裹、浇水、喷淋、洒水、或蒸汽等措施进行保湿、潮湿养护。

(4) 车站的底板、中板和顶板混凝土宜采用覆盖并洒水方式养护，顶板宜采用蓄水方式养护。

(5) 对于采用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制的混凝土，采用浇水和潮湿覆盖的养护时间不得少于 7d，且达到混凝土设计强度 75%以上。大体积混凝土和抗渗混凝土保湿养护的持续时间不得少于 14d。

(6) 混凝土养护期间，应对大体积混凝土进行温度监控，定时测量混凝土芯部温度、表面温度以及环境气温、相对湿度、风速等参数，作好详细记录，必要时，应根据参数变化及时调整养护方案，避免产生裂缝等病害。

#### 5.试块制作及养护

(1) 同条件试块每次取样应与抗压标养试块、抗渗试块取自同一运输车的混凝土，取样时应在卸料量的 1/4~3/4 或 1/2 处之间分别取样，从第一次取样到最后一次取样，不宜超过 15min，然后人工搅拌均匀，每次取样应满足试件所需用量的 1.5 倍，且不少于 20L。

(2) 结构实体检验用同条件养护试件取样组数：同强度等级不少于 3 组，即底板 3 组、中板 3 组/层、顶板 3 组、侧墙 3 组/边、柱 3 组/层。结构实体检验同条件养护试件应在达到等效养护龄期时进行强度试验。

(3) 试件的取样，应根据《混凝土强度检验评定标准》GB/T 50107 的检验评定方法要求制定检验批的划分方案和相应的取样计划。

(4) 同条件混凝土试块拆模后需要在浇筑混凝土结构同等位置，为便于保管，通常将试块装在特制的钢筋笼内并放置在相应的位置。

(5) 严格按《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 要求进行同温

度、同湿度环境的同条件养护，达到等效养护龄期时进行强度试验，作为结构验收的重要依据。现场应在等效养护期间做好每日的温度记录，对于标准养护法试件采用 28d 龄期的混凝土，等效养护龄期可取按日平均温度逐日累计达到  $600^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  时所对应的龄期，对于标准养护法试件采用 56d 龄期的混凝土，等效养护龄期可取按日平均温度逐日累计达到  $1200^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$  时所对应的龄期， $0^{\circ}\text{C}$  及以下龄期不计入。

(6) 等效养护龄期不应小于 14d，也不宜大于 60d。同条件养护试块抗压强度值评定：“同条件养护试块”强度代表值除以系数 0.88 后，按 GB/T 50107 的规定进行评定，评定合格，该分部工程混凝土实体强度才能判定为合格。

### 4.3.6 防水

#### 1. 防水卷材铺设

(1) 卷材应有出厂合格证、质量证明文件。卷材运到施工现场后，抽样检测合格的防水材料方可使用。

(2) 铺贴卷材严禁在雨天、雪天、五级以上大风中施工；冷粘法、自粘法施工的环境气温不宜低于  $5^{\circ}\text{C}$ ，热熔法、焊接法施工的环境气温不宜低于  $-10^{\circ}\text{C}$ 。施工中下雨或下雪时，应做好已铺卷材的防护工作。

(3) 铺设防水层前，外露钢筋头、钢管等尖锐物要从根部割除，用 1:1.25 的水泥砂浆抹平。清除围护结构、垫层、底板上的浮土、泥浆、油污等杂物。对渗漏水地方进行注浆堵漏，防水砂浆找平，必要时埋设透水盲管，保证防水层铺设前基面平整无渗漏。基面凹凸不平可用细石混凝土抹面抹平。

(4) 卷材防水层的基层应牢固，基面应洁净、平整，不得有空鼓、松动、起砂和脱皮现象；基层阴阳角应做圆弧或折角。卷材防水层的搭接缝应粘（焊）结牢固，密封严密，不得有皱折、翘边和鼓泡等缺陷。侧墙卷材防水层的保护层与防水层应粘结牢固，结合紧密、厚度均匀一致。卷材搭接宽度允许偏差为  $-10\text{mm}$ 。两幅卷材短边和长边搭接宽度均不应小于  $100\text{mm}$ 。

(5) 全包式防水板应在防水板搭接宽度  $80\text{mm}$  左右两侧各留不小于  $100\text{mm}$  铺设双面自粘式防水板。防水板搭接缝与施工缝错开距离不小于  $1000\text{mm}$ ，允许偏差为  $-50\text{mm}$ 。底板的阴阳角、管子根、防水板搭接缝、变形缝等薄弱部位要铺贴双面自粘防水卷材的附加层，转角、变形缝两侧各半，一般多以满粘法施工。

侧墙防水卷材铺贴时，通过射钉固定。

(6) 镀锌钢板止水带、遇水膨胀止水条均应现场抽样复检，复检合格之后方可使用。

## 2. 喷涂速凝橡胶沥青防水涂料防水施工

(1) 直接喷涂在混凝土基层时，应清理基层，基层表面明显凹凸不平时先采用水泥砂浆找平，穿过防水层的管道预埋件设备基础等均应在防水层施工前埋设和安装完毕，管道与结构之间的缝隙应用细石混凝土或聚合物防水砂浆堵严，将建筑垃圾清理干净，验收基层应平整坚实，排水坡度符合设计要求，基层可潮湿但是不能有明水。

(2) 在已施工完成的高密度聚乙烯层上喷涂时，要求喷涂均匀，不得漏喷。

(3) 喷涂作业时，喷枪宜垂直于喷涂基层，距离宜适中，并宜匀速移动。喷涂时应按照先细部构造后整体的顺序连续作业，一次多遍、交叉喷涂至设计要求的厚度。当出现异常情况时，应立即停止作业，检查并排除故障后再继续作业。喷涂作业完毕后，应按使用说明书的要求检查和清理机械设备，并应妥善处理剩余物料。

### (4) 质量检验

喷涂速凝橡胶沥青防水涂料施工的质量要求见表 4.19。

表 4.19 喷涂速凝橡胶沥青防水涂料施工质量检验

	项目	检测方法	检测要求	检测结果
主控项目	涂膜防水层的平均厚度	针测法或取样测量	施工面积每 100 m <sup>2</sup> 抽查一处，每处 10 m <sup>2</sup> 抽取 5 个点，两点间距不小于 2.0mm，计算 5 点的平均值为该处涂层的平均厚度。最小厚度不低于 1.2mm。	涂膜防水层平均厚度符合设计要求
	原料的质量情况	检查出厂合格证、质量检验报告和进场检验报告	防水涂料和胎体增强材料的质量，应符合设计要求	具备出厂合格证、质检报告及进场检验报告
一般项目	涂膜防水层与高密度聚乙烯片材材料粘接情况	观察检查	表面平整，涂布均匀，不得有流淌、皱折、起泡和露胎体等缺陷。	粘接良好，表面平整均匀，无流淌、褶皱、气鼓、气泡

	项目	检测方法	检测要求	检测结果
	涂膜防水层的收头情况	观察检查	涂膜防水层的收头应用防水涂料多遍涂刷	防水层收头已多遍涂刷
	铺贴胎体增强材料平整情况	观察和尺量检查	铺贴胎体增强材料应平整顺直，搭接尺寸应准确，应排除气泡，并应与涂料粘结牢固；胎体增强材料搭接宽度的允许偏差为-10mm。	胎体增强材料平整顺直、搭接尺寸准确

### 3.镀锌钢板止水带焊接及安装

(1) 结构施工缝处采用镀锌钢板止水带，镀锌钢板止水带所采用的金属板材、焊条须有出厂合格证、质量证明文件、进场检测报告。

(2) 使用前应检查止水带是否镀锌，材质、宽度、样式是否一致，钢板表面无油污、锈斑等。

(3) 镀锌钢板止水带应焊接连接，施工时应确保止水带位置准确，焊接牢固。钢板止水带粘合面应三边满焊连接。钢板止水带应通过测量放线将钢板止水带的位置、标高进行标识，一般标识在混凝土面上，进而拉线确定位置。通过钢筋头固定在主筋上，原则上钢筋头不允许焊接在主筋上，允许用绑扎的方法。

(4) 镀锌钢板止水带燕尾朝向要求：侧墙纵向施工缝朝背水侧。

(5) 金属板表面不得有明显的凹面和损伤。焊缝不得有裂纹、未熔合、夹渣、焊瘤、咬边、烧穿、弧坑、针状气孔等缺陷。焊缝的焊波应均匀，焊渣和飞溅物应清除干净；镀锌层不得有漏涂、脱皮和反锈现象。

### 4.遇水膨胀止水条安装

(1) 止水条应有出厂合格证、质量证明文件、进场检测报告。止水条采用预留槽嵌入法。止水条的宽度、厚度应符合设计及标准要求，表面不得有开裂、缺胶等缺陷。止水条应安装在已涂抹胶粘剂的预留槽内，并粘结牢固，用间距不大于 0.6m 水泥钉固定。

(2) 止水条应顺槽拉紧嵌入，并与槽底密贴。止水条接头应重叠搭接后再粘结固定，搭接长度不小于 50mm。

(3) 设置止水条的施工缝，宜在端面预留浅槽，槽应平直，槽宽应比止水条宽 1~2mm，槽深应为止水条厚度的 1/2。

(4) 止水条不得受潮，安装前应检查。止水条安装位置应符合设计要求，

可以通过自制木条在混凝土浇筑完成后进行压槽，木条宽度符合允许偏差值，槽成型后，及时将木条取出。混凝土振捣时，振捣棒不得接触止水条。

### 5.钢边止水带安装及搭接

(1) 止水带应有出厂合格证、出厂检验报告、进场检测报告。结构底板、侧墙变形缝采用中埋式钢边橡胶止水带防水和背贴式橡胶止水带，顶板使用中埋式钢边橡胶止水带防水。

(2) 中埋式钢边橡胶止水带应采用可靠措施焊接于结构钢筋上，固定部位应牢固可靠，以免浇筑混凝土时止水带移位影响防水效果；底板和顶板的中埋式钢边橡胶止水带应采用盆式安装方法，以利于振捣混凝土时产生的气体顺利排出；振捣时严禁振捣棒接触止水带；止水带在转角部位的转弯半径不得小于 300mm；接头部位不得留置在转角部位。接头应采用工厂化定型生产的橡胶十字接头、丁字接头、立十字接头或钢边十字接头、钢边丁字接头等，应采用热压焊接，接缝形式可以为搭接、复合连接、对接形式。止水带接头不得叠接，接缝平整、牢固，不得有裂口和脱胶现象。在浇筑变形缝一侧混凝土时，为防止另一侧止水带受到破坏，模板的挡头板应做成箱型。且端模应支撑牢固，严防漏浆。

(3) 止水带的长度应根据结构尺寸向生产厂家定制，尽量避免接头。止水带埋设位置应准确，其中间空心圆环应与变形缝重合。

### 6.顶板防水施工

(1) 涂料防水层所用材料及配合比符合设计要求，需有出厂合格证、质量检验报告、现场检测报告。涂料防水层的基面应牢固、表面平整，不得有空鼓、松动、起砂和脱皮现象；基层阴阳角处应做成圆弧形。

(2) 涂料防水层应与基层粘结牢固，表面平整、涂刷均匀，不得有流淌、皱折、鼓泡、露胎体和翘边等缺陷。涂料防水层的平均厚度应符合设计要求，最小厚度不得小于设计厚度的 80%。采用针测法检查厚度。

(3) 涂膜应分层涂刷完成，后一层涂膜应在前一层涂层干燥成膜后进行，其涂膜厚度应符合设计规定。每遍涂膜应交替改变涂刷方向，同层涂膜的先后搭接宽度宜为 30~50mm。涂料防水层的施工缝（甩槎）应注意保护，搭接宽度应大于 100mm，接涂前应将其甩茬表面处理干净。涂刷顺序应先做转角处、穿墙管、变形缝等部位涂料加强层，后进行大面积涂刷。涂料防水层中采用铺胎体增

强材料时，同层相邻搭接宽度应大于 100mm。

(4) 在车站顶板覆土层表面有绿化要求时，应在涂料防水层上面设置耐根系穿刺层。耐根系穿刺层采用 1.5mm 厚的 PVC 防水卷材，采用空铺法施工。PVC 防水卷材耐根系穿刺层的设置范围应超出种植顶板边缘以外 2m，设置 PVC 防水卷材的范围不再另设置隔离层。PVC 防水卷材与顶板防水层的隔离层搭接最少 500mm。PVG 防水卷材的宽度不宜小于 2m，卷材搭接缝采用双焊缝搭接，焊接完毕后进行充气检测。

(5) 验收合格后，应及时做防水层保护层。平面保护层采用 70mm 厚的细石混凝土。

### 7.特殊部位防水施工

(1) 桩头顶面和侧面凿毛并清理干净，清理后应涂刷水泥基渗透结晶型防水涂料，并延伸至结构底板垫层 150mm 处，桩头周围 300mm 范围内应抹聚合物水泥防水砂浆过渡层。

(2) 格构柱混凝土凿毛并清理干净，清理后在格构柱柱身焊接一圈钢板止水环，钢板止水环与格构柱板面之间必须满焊，严禁点焊，止水环高度为底板厚度的中间部位。

(3) 降水井钢护筒上焊接一止水钢环，底板下采用钢板封口，孔内采用聚合物防水砂浆。

### 4.3.7 质量检验

1.现浇结构的外观质量缺陷对结构性能和使用功能影响的严重程度按表 4.20 确定。

表 4.20 现浇结构外观质量

名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
露筋	构件内钢筋未被混凝土包裹而外露	纵向受力钢筋有露筋	其他钢筋有少量露筋
蜂窝	混凝土表面缺少水泥浆而形成石子外露	构件主要受力部位有蜂窝	其他部位有少量蜂窝
孔洞	混凝土中孔穴深度和长度均超过保护层厚度	构件主要受力部位有孔洞	其他部位有少量孔洞
夹渣	混凝土中夹有杂物且深度超过保护层厚度	构件主要受力部位有夹渣	其他部位有少量夹渣
疏松	混凝土中局部不密实	构件主要受力部位有疏松	其他部位有少量疏松



名称	现象	严重缺陷	一般缺陷
裂缝	缝隙从混凝土表面延伸至混凝土内部	构件主要受力部位有影响结构性能或使用功能的裂缝	其他部位有少量不影响结构性能或使用功能的裂缝
连接部位缺陷	构件连接处混凝土缺陷及连接钢筋、连接铁件松动	连接部位有影响结构传力性能的缺陷	连接部位有基本不影响结构传力性能的缺陷
外形缺陷	缺棱掉角、棱角不直、翘曲不平、飞出凸肋等	清水混凝土构件内不影响使用功能或装饰效果的外形缺陷	其他混凝土构件不影响使用功能的外形缺陷
外表缺陷	构件表面麻面、掉皮、起砂、沾污等	具有重要装饰效果的清水混凝土构件有外表缺陷	其他混凝土构件不影响使用功能的外表缺陷

2.现浇结构和混凝土设备基础拆模后的尺寸偏差应符合表 4.21-4.22 的规定。

表 4.21 现浇结构位置和尺寸允许偏差及检验方法

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
轴线位置	整体基础	15	经纬仪及尺量
	独立基础	10	经纬仪及尺量
	墙、柱、梁	8	尺量
垂直度	层高	≤6m	经纬仪或吊线、尺量
		>6m	经纬仪或吊线、尺量
	全高 (H) ≤300m	H/30000+20	经纬仪、尺量
标高	层高	±10	水准仪或拉线、尺量
	全高	±30	
截面尺寸	基础	+15, -10	尺量
	柱、梁、板、墙	+10, -5	尺量
	楼梯相邻踏步高差	6	尺量
电梯井	中心线	10	尺量
	长、宽尺寸	+25, 0	尺量
表面平整度		8	2m 靠尺和塞尺量测
预埋件中心位置	预埋板	10	尺量
	预埋螺栓	5	
	预埋管	5	
	其他	10	
预埋洞、孔中心线位置		15	尺量

注：①检查轴线、中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中偏差的较大值。

②H 为全高。

表 4.22 现浇设备基础位置和尺寸允许偏差及检验方法

项目	允许偏差 (mm)	检验方法
坐标位置	20	经纬仪及尺量

项目		允许偏差 (mm)	检验方法
不同平面标高		0, -20	水准仪或拉线、尺量
平面外形尺寸		±20	尺量
凸台上平面外形尺寸		0, -20	尺量
凹槽尺寸		+20, 0	尺量
平面水平度	每米	5	水平尺、尺量
	全长	10	水准仪或拉线、尺量
垂直度	每米	5	经纬仪或吊线、尺量
	全高	10	
预埋地脚螺栓	中心位置	2	尺量
	顶标高	+20, 0	水准仪或拉线、尺量
	中心距	±2	尺量
	垂直度	5	吊线、尺量
预埋地脚螺栓孔	中心线位置	10	尺量
	断面尺寸	+20, 0	尺量
	深度	+20, 0	尺量
	垂直度	$h/100$ 且 $\leq 10$	吊线、尺量
预埋活动地脚螺栓锚板	标高	+20, 0	水准仪或拉线、尺量
	中心线位置	5	尺量
	带槽锚板平整度	5	钢尺、塞尺量测
	带螺纹孔锚板平整度	2	钢尺、塞尺量测

注：①检查坐标、中心线位置时，应沿纵、横两个方向量测，并取其中偏差的较大值。

②h 为预埋地脚螺栓孔孔深，单位 mm。

#### 4.4 回填

##### 4.4.1 一般规定

1. 回填材料应符合设计要求。
2. 回填应分层压实，分层厚度符合要求。
3. 回填后的压实度应符合设计要求。
4. 回填后的场地作为城市道路时，回填应符合设计及《城镇道路工程施工与质量验收规范》CJJ 1 的要求。

##### 4.4.2 土方回填

1. 基坑回填必须在主体结构及外墙防水验收合格后进行，回填料应经试验检测合格，回填前应将基坑内积水、杂物清理干净，符合回填要求的虚土应压实，并经隐蔽验收合格后方可回填。

2.回填时应分层碾压夯实，每层填土压实后做压实度检测，结构物两侧应水平、对称回填，回填区高程不一致时，应从低处逐层填压，分段回填至接茬处，已填土坡应挖台阶，台阶宽度不小于 1m，高度不大于 0.5m。

3.回填时，施工机械、机具不得碰撞结构物及防水保护层，结构物两侧及顶部 500mm 内及地下管线附近应由人工使用小型机具夯实。

4.基坑回填碾压过程中，应取样检查回填密实度。机械碾压时，每层填土按基坑长度 50m 或基坑面积 1000m<sup>2</sup> 取一组；人工夯实时，每层填土按基坑长度 25m 或基坑面积 500m<sup>2</sup> 取一组。每组取样点不少于 6 个，其中部和两边各取两个。遇有填料类别和特征明显变化或压实质量可疑处应增加取样点位。

5.在人工及小型机具难以实施的地方，应回填中粗砂采用水撼法振捣密实。

6.基坑不宜冬季回填。如必须施工时，应有可靠的防冻措施。除按常规施工要求外，尚应符合下列规定：

(1) 每层铺土厚度应比常温施工减少 20~25%，并适当增加压实密实度。

(2) 冻土块填料含量不得大于 15%，粒径不得大于 150mm，均匀铺填、逐层压实。建筑物、地下管线、道路工程设计高程 1m 范围内不得回填冻土块。

(3) 基坑回填前，应清除回填面上积雪和保温材料。

(4) 集中力量，分段施工，取、运、填、平、压各工序应连续作业。

(5) 基面压实后立即覆盖保温，必要时可撒盐水。

(6) 加强测试，严格控制填料含水量。

#### 4.4.3 质量检验

1.基坑回填碾压压密度应满足设计要求，如设计无要求时应符合表 4.23 的规定。

表 4.23 基坑回填碾压密实度值 (%)

基础底以下高程 (mm)	最低压实度				
	道路			地下管线	农田或绿地
	快速和主干道	次干路	支路		
0~600	95/98	93/95	90/92	95/98	87/90
600~1500	93/95	90/92	90/92	87/90	87/90
>1500	87/90	87/90	87/90	87/90	87/90

注：①表中分子为重锤击实标准，分母为轻锤击实标准，两者均以相应的击实试验法求得的

最大压实度为 100%。

②基坑压实应采用重锤击实标准，如回填土含水量大或缺少压实机具时，方可采用轻锤击实标准。

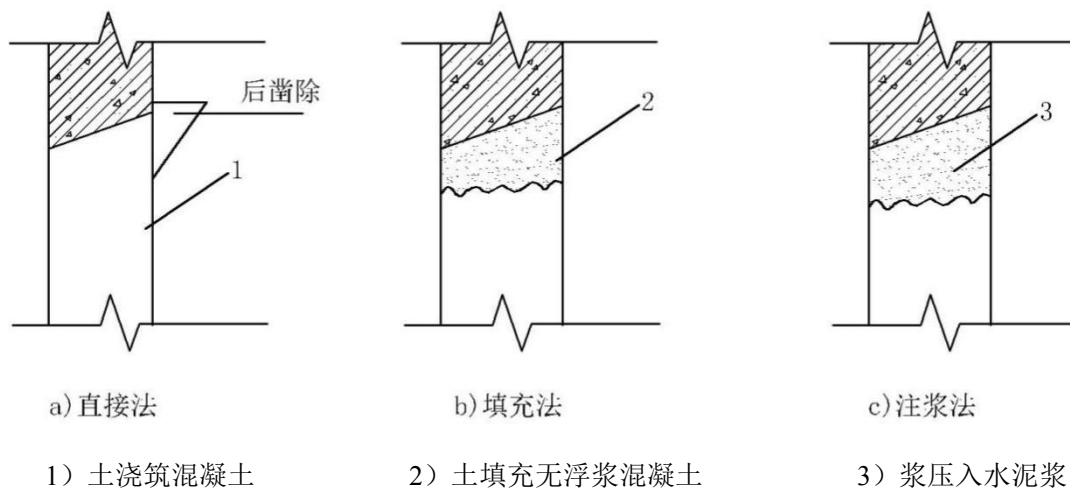
③建筑物以下的基坑回填土密实度，应根据设计要求确定。

**2.基坑顶面标高应符合设计要求，其允许误差为-50mm；表面应平整，平整度允许偏差为 20mm。**

## 第五章 盖挖法施工质量控制

### 5.1 一般规定

- 1.盖挖法施工必须保持基坑围护结构内的地下水位稳定在基底 0.5m 以下。
- 2.逆作法施工应随土方开挖的不同工况分别验算支护结构的承载力和稳定性，必要时应采取加强措施；顺作法时参照明挖车站要求。
- 3.顶板和中板施工时，当地基条件较好时，可以用土模，土模方式可用豆石混凝土或砖加水泥砂浆找平层，其验收可参照通用模板标准。
- 4.盖挖车站主体结构工程的模板及支架、钢筋、混凝土和现浇结构工程的检验应参照明挖车站的规定。
- 5.在施工围护结构、中间支承柱、顶板土方及结构的同时应进行竖井和横洞的施工。
- 6.顶板施工完后应迅速恢复地面。
- 7.在底板未封闭之前，必须随开挖进度及时验算围护结构和支承柱的承载力和稳定性，必要时应采取加强措施。
- 8.竖向结构支承柱，当采用桩基础工艺施工时，应符合下列规定：
  - (1) 钢筋混凝土柱逆作施工，可采用人工或机械等成孔工艺，按《建筑桩基技术规程》JGJ 94 相关要求成桩，土方开挖后应按设计要求形成结构柱。
  - (2) 型钢柱或钢管混凝土柱应与下部混凝土桩组合成中间支撑柱，柱与孔壁之间的空隙应用砂充填密实。
  - (3) 支承柱与水平结构连接的节点应按设计要求进行施工，预埋件、后植筋或其他连接构件应保证定位精度。
- 9.竖向结构混凝土墙施工应符合下列规定：
  - (1) 当施工每一层水平结构时，相应的上、下层混凝土墙应预留竖向钢筋，预留长度应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204 的规定。
  - (2) 逆作混凝土结构墙施工缝宜设置在结构腋角、纵梁等构件下 300~500mm。
  - (3) 正作混凝土墙体与下部墙体混凝土连接宜按图 5.1 施工：



注：填充的无浮浆混凝土应为高一强度等级的微膨胀混凝土。

图 5.1 正作墙体与下部墙体混凝土连接

10.土方开挖时应根据柱网轴线和实际情况设置足够通风口及地下通风、换气、照明和用电设备。

## 5.2 盖板结构

### 5.2.1 适用范围

本节内容适用于地铁车站主体结构及附属结构中作为临时路面系统的钢筋混凝土梁、钢桁梁、支架的制作、安装、拆卸施工等有关作业。

### 5.2.2 施工要求

1.钢筋混凝土梁及盖板材料详见第三章。

2.六四式铁路军用梁、贝雷梁是一种全焊构架、销接组装、单层或双层的多片式拆装钢桁梁。

3.六四式铁路军用梁适用于 16~48m 跨度范围内、加强型六四式铁路军用梁适用于 16~53m 跨度范围内，除可以拼组标准跨度外，配用不同长度的辅助端构架，除 18.5m、22.5m、26.5m、30.5m、34.5m、38.5m、42.5m、46.5m、50.5m 等几种跨度不能拼组外，其余都可以按每 0.5m 变化跨度拼组。

4.多片式结构可以逐片拼组，分片或分组架设。分片、分组重量较轻，可用简易架桥机架设。如条件许可，也可整孔架设。

5.每片主桁间必须装设横联套管螺栓。

#### (1) 下弦

每个节间（钢销节点间）各安装横联套管螺栓二只，位置在靠近节点钢销处。

## (2) 上弦

①40m 以下跨度上弦按标准三角或加强三角数量计算，一片内为双数时，在跨中二个标准三角或加强三角的上弦；一片内为单数时，在跨中一个标准三角或加强三角的上弦，应在每个节间内安装 4 只横联套管螺栓。其余每个节间各安装二只横联套管螺栓，位置在靠近节点钢销处。

②40m 及以上跨度全部上弦节间的每个节间都应装满 4 只横联套管螺栓。

6.跨度在 24m 及以上时，应用垫枕支座。在垫枕的上翼缘顶面安装定位角钢，并用螺栓连接梁端的端构架。下翼缘用道钉将垫枕固定在墩台垫木的顶面上。

跨度在 24m 以下时，也可用钢枕组成临时支座或采用其他支承方式。

7.施工过程中，施工单位应对临时路面系统的桁架梁挠度、拉杆应力、螺栓紧固度进行周期性监测，由专人负责记录，并将监测结果报监理单位。

### 5.2.3 质量检验

盖板结构的质量验收应符合钢筋混凝土及军用梁的相关规定。

## 5.3 逆作法土模

1.水平结构施工时应优先利用土胎模，当土质不满足要求时，应采用其他支模方式浇筑梁板水平结构，应复核围护结构在此工况下的稳定性和安全性。

2.逆作法土模工程的质量控制可参照地坪、砂浆抹面工程。土模和结构混凝土之间必须设置一道隔离板。

3.土模施工过程中，应加强基坑内地下水的疏排，避免由于地下水影响造成土模沉降变形，影响结构精度。

## 5.4 桩柱

### 5.4.1 钻孔灌注桩

参见第 4.1 节内容。

### 5.4.2 人工挖孔桩

1.挖孔桩的原材料和混凝土强度必须符合设计要求。

2.挖孔桩的开挖顺序和防护措施必须符合设计和施工规范的要求。

3.挖孔达到设计深度后，必须核实地质情况。孔底应平整，无松渣、淤泥、沉淀或扰动过的软层。

4.孔径、孔深和孔型必须符合设计要求。

5.混凝土灌注桩的钢筋笼制作必须符合设计要求。其允许偏差为：主筋间距 $\pm 10\text{mm}$ ，箍筋间距 $\pm 20\text{mm}$ ，钢筋笼直径 $\pm 10\text{mm}$ ，长度 $\pm 50\text{mm}$ 。

6.挖孔桩挖孔允许偏差和检验方法应符合表 5.1 的规定。

表 5.1 挖孔桩挖孔允许偏差和检验方法

序号	项目	允许偏差	检验方法
1	孔位中心	50mm	测量检查
2	倾斜度	1%	

7.其他要求同钻孔灌注桩。

### 5.4.3 钢管柱

#### 1.材料

(1) 钢管柱原材料（钢管或钢板、连接件）的质量必须符合设计要求。

(2) 钢管制作应在有资质的工厂进行，制作工艺符合设计要求，钢管内不得有油渍等污物。

(3) 管内混凝土浇筑宜用微膨胀混凝土，混凝土的配合比、水灰比、坍落度应经试验确定，混凝土强度必须满足设计要求。

#### 2.施工要求

(1) 钢管端平面应与管轴线相垂直，当钢管对接时竖向焊缝要错位，焊缝质量达到一级标准，进行焊缝检测，并达到与母材等强的要求。

(2) 管内混凝土浇筑应采用泵送高位抛落无振捣法，混凝土浇筑不可中断。

### 5.4.4 质量检验

1.检查钢管柱原材料（钢管或钢板、连接件）出厂合格证和检验报告。

2.钢管柱加工制作检验标准应符合表 5.2 的规定。

表 5.2 钢管柱加工制作检验标准表

序号	检查项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
1	钢管纵向弯曲 矢高	$f \leq L/1000$ 且 $f \leq 10$	每钢管 柱	1	沿全长拉线、用钢尺量取最大 矢高
2	管径椭圆度	$f \leq 3D/1000$		3	卡尺量取直径与设计直径比 较计算
3	管端不平度	$f \leq D/1500$ 且 $f \leq \pm 3$		2	用靠尺量
4	钢管长度	$\Delta L \leq \pm 3$		1	用钢尺量



说明：L—钢管长度；

f—矢高；

D—钢管柱设计直径；

$\Delta L$ —钢管设计长与实际长度之差。

### 3. 钢管柱定位器安装允许误差应符合以下规定：

定位器中心线和基础中心线误差不大于 2mm。

定位器标高与管底设计标高误差：+4mm，-2mm。

### 4. 钢管柱安装检验标准应符合表 5.3 的规定。

表 5.3 钢管柱安装检验标准

序号	检查项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检验方法
			范围	点数	
1	管柱不垂直度	柱长的 1/1000, 且 $\leq 15$	每钢管柱	1	吊线
2	管柱中心线和基础中心线	$\pm 5$		1	经纬仪测量
3	管柱顶面标高和设计标高	$\pm 10\text{mm}$ , 中间层 $\pm 20\text{mm}$		1	水准仪测量
4	管柱顶面不平度	5mm		3	用钢尺量
5	各柱之间的距离	间距的 1/1000		1	用钢尺量
6	各柱上下两平面相应对角线差	长度的 1/1000, 且不大于 200mm		1	用钢尺量

## 5.5 监控量测

监控量测的要求同第四章的有关内容。

## 第六章 矿山法施工质量控制

### 6.1 一般规定

#### 1. 核对设计文件、图纸，进行补充调查

(1) 施工前应对设计文件、图纸、资料等进行现场核对，并补充调查核对暗挖区间或车站所处的位置、地形、地貌、工程地质、水文地质和地下既有结构物、管线，以及隧道进出口位置和其他相关工程的情况。

(2) 应调查核实水、电、交通运输及通信等设施可利用的情况，当地生产、生活、劳动力供应的情况。

(3) 应调查收集当地气象、水文资料。

(4) 应将核对与调查结果存在的问题，以书面形式提交监理单位，如有建议或改进意见应一并提交监理工程师审批。

#### 2. 确定专项施工方案和编制实施性施工组织设计

(1) 根据总体施工组织设计，结合本项目的具体情况、工期要求、施工队伍、机械设备、施工中的现场监控量测等因素，正确选定施工方法、工艺，制订施工顺序，编制实施性施工组织设计。

(2) 实施性施工组织设计应根据设计文件、图纸，对施工方法、施工工艺、工序安排、人员配备、机械设备、材料供应、场地布置、监控量测、进度安排、供水、排水、供电、通风、通信和装渣运输方案，以及采用有关安全、环保、质量、技术措施等规章制度，作出合理计划并提出组织措施和充分预计可能出现的问题和对策。

(3) 将上述选定的施工方案和实施性施工组织设计和必要的图表资料送监理工程师和相关部门审核、审查、组织专家论证，按照程序批准后实施。

(4) 根据批准的施工方案和实施性施工组织设计，合理安排工序进度，循环作业，并做好机具选型配套工作和材料的供应保障工作，使施工按预定的计划进行。

#### 3. 动态施工

施工过程中，应对围岩和周边邻近建筑物进行监控量测，根据量测结果及反馈信息，合理修正支护参数和开挖方法，指导施工和确保施工安全。应根据设计文件、图纸要求和《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299等的规定，进行地质及支护状态观察、周边位移量测、拱顶下沉量测、锚杆内力及抗拔力量测、

地表下沉量测、邻近建筑物沉降观测，以及必要的超前地质预报。另外，根据监理工程师指示和围岩具体情况，进行围岩位移量测、围岩压力量测等。所有量测结果都应报送监理工程师备查。超前地质预报可采用声波探测或超前水平钻探或其他别的有效方法，查明地质情况，完善施工方案。

4.施工过程中，当围岩地质条件发生变化，应报请监理工程师审定。若施工技术需作相应变更时，应办理相关变更手续，待变更手续完成后方可实施，并根据实际情况调整施工组织，以保证工程进度与质量要求。

5.各类预埋构件应按设计文件、图纸要求正确设置，并切实加以保护，不得受到毁损。

6.应建立自检体系，工程的每道工序都必须进行自检后，方可通知监理工程师检查。前道工序未经监理工程师检查批准，不得进行下一道工序的施工。

7.施工中除应符合设计文件、图纸及本规定的要求外，还应遵守《铁路隧道工程施工技术指南》TZ 204。

8.不同规范对同一内容的要求不一致时，以其中标准较高的为准。

#### 9.外观要求

车站和隧道内没有渗水现象，结构轮廓线条顺直美观，车站和隧道配置的设施完整齐全。

## 6.2 竖井

### 6.2.1 一般规定

1.竖井应根据现场条件，宜利用通风道、车站出入口、单独或在隧道顶部设置。

2.竖井结构应根据地质、环境条件等可采用地下连续墙、钻孔灌注桩或逆筑法等结构形式，并按相应的标准施工。

3.竖井尺寸应根据施工设备、土石方及材料运输、施工人员出入隧道、排水及施工工序同步施工的需要确定。当竖井作为永久结构时，其尺寸尚应满足设计要求。

4.竖井与通道、通道与正洞连接处，应采取加固措施。

5.竖井应设防雨棚，井口周围应设防汛墙和栏杆。井下应设集水井和抽排水设备。

6.竖井提升方案应按照《危险性较大的分部分项工程安全管理规定》（建办

质[2018]31号)相关规定报批,并通过专项验收方可使用,使用中应经常检查、维修和保养。

7.区间隧道需要做好由竖井引入的给水管、高压风管、混凝土输送管、电缆套管、排水管以及排风管等管线有序布设。

8.竖井施工时,按方案搭设好临时爬梯或笼梯。

### 6.2.2 锁口圈梁

1.竖井井口应修建锁口圈梁,锁口圈梁应按设计文件、图纸要求采用混凝土或钢筋混凝土灌注。

2.锁口圈梁应高出地面至少0.25m或灌注环形挡墙,并做好井口场地排水沟。

3.锁口圈梁应与下部井颈连成整体。当锁口圈梁作为井架基础时须进行承载力验算,应与井架结构连成整体,确保安全牢固。

4.锁口圈梁应于井身掘进前完成,强度满足设计要求,并根据实际设置安全围护设施。

### 6.2.3 竖井开挖

1.各项准备工作完成,经条件验收,技术交底后,即可进行开挖与支护,竖井开挖,上部地质为土层时,采用机械分区分层开挖,机械装土、人工配合,或参照第四章明挖法施工;下部为岩石时,除钻爆作业应符合本章有关规定外,还应符合以下要求:

(1)开挖宜用直眼掏槽;当岩层倾斜较大且层理裂隙明显时,可用楔形或其他形式掏槽。有地下水时,可采用立式梯台超前掏槽法。

(2)钻眼前应将工作面的石渣清理干净并排除积水。每一孔眼钻完,应将眼口临时堵塞,防止碎石掉落眼内。

(3)每次爆破后应检查断面,不得有欠挖。每掘进5~10m,应核对一次中线,及时纠正偏斜。

2.竖井出渣宜用抓岩机,装渣用龙门架做井架,吊桶出渣。应设稳绳装置和其他施工安全措施。

3.竖井开挖过程中,应对井内有害气体进行检测,超标时应进行机械通风,降低有害气体浓度,确保作业人员安全。

4.竖井施工宜采用喷锚支护。每次支护高度应根据围岩稳定程度而定。若采用构件支撑时,圆形竖井宜用井圈背板支撑,矩形竖井宜用框架支撑。

5.竖井的井口段、马头门与地质较差的地段宜采用钢筋混凝土衬砌，应分节自下而上进行，并按需要设置壁座，在涌水量较大时，应采用分级抽水。

6.竖井开挖时，出渣、支撑、喷锚支护、通风、排水、用电、运输以及安全防护、联系信号等，应符合《铁路隧道施工规范》TB 10204 的规定。

#### 6.2.4 竖井运输

1.提升机械不得超负荷运行，并应有深度指示器和防止过卷、超速等保护装置以及限速器和松绳信号等。

2.吊桶提升所用的钩头连接装置应牢固，不得自动脱钩，并应有缓转器。罐笼提升应设置安全可靠的防坠器。

3.工作吊盘的载重不应大于吊盘的设计载重能力。

4.提升用的钢丝绳和各种悬挂使用的钩、链、环、螺栓等连接装置，应具有规定的安全系数，使用前应进行拉力试验，合格方可安装。使用中应定期检查，维修和更换。

5.竖井口应设安全栅栏和安全门，通向井口的轨道应设阻车器。井口应设值班人员，对进出人员进行登记和监督管理。

#### 6.2.5 竖井支护

1.竖井支护应根据围岩类别、工程地质、水文地质、井径、井深、施工方法及使用材料等确定。模筑混凝土或钢筋混凝土支护厚度如设计没有明确时宜采用300~600mm。

2.竖井按使用要求设衬砌时，按设计施作相应的喷锚衬砌、模筑混凝土或钢筋混凝土衬砌支护予以加强。

3.竖井支护在一般地质条件下可不设加强环梁。但在锁口圈下部、地质较差的井身段及井身与井底车场连接处上端应设加强环梁。

#### 6.2.6 竖井衬砌

竖井衬砌用的钢筋、水泥、砂石等材料应符合设计和规范要求。

#### 6.2.7 竖井回填或封闭

1.除设计有规定外，竖井在废弃时井口宜采用钢筋混凝土盖板封闭。

2.隧道正洞穿越竖井段，若无设计要求，与隧道正洞连接处宜用 M5 浆砌片石封闭，其长度不宜小于 2m。

3.竖井的连接通道，在靠近隧道 15~20m 范围内应进行永久支护或衬砌。

4.竖井位于隧道顶部时，回填高度不应小于 10m。

5.竖井有水时，应将水引入隧道侧沟。

### 6.2.8 质量检验

1.竖井的锁口圈梁（包含井盖）、井口段的衬砌、马头门结构形式及断面应符合设计要求。

2.竖井井口的封闭应符合设计要求。

3.竖井与隧道、通道连接处的封闭应符合设计要求。

4.竖井回填的质量检验应符合第 4.4 节的规定。

5.竖井土石方开挖的质量检验应符合第 4.4 节的规定。

6.竖井支护用的锚杆、钢筋网、钢格栅及喷射混凝土等质量检验应符合相关标准规范的规定。

## 6.3 超前地质预报

1.在所有施工区段必须采用超前地质预报。

2.应建立健全隧道地质超前预报工作制度，配备专业人员和先进仪器设备，开展地质超前预报工作。

3.应建立地质信息系统，通过各种方法收集地质信息，进行综合分析、判断，并将处理结果反馈给施工单位。通过地质信息系统的及时、准确预报，为施工提供决策依据，及时调整施工方法和支护参数。

4.采用新施工方法和支护参数后，从施工过程中获取新的地质信息更新地质信息系统，经处理后，再一次反馈给施工，如此往复，形成地质信息系统化。

## 6.4 地层超前支护及加固

### 6.4.1 一般规定

1.管棚和超前小导管施工前应对工作面进行安全检查，对不安全工作面进行加固。并检验作业台架安全性能，在施工过程中保持稳定，对管棚和小导管位置进行测量放样。

2.注浆过程中应根据地质、注浆目的、注浆工艺等控制注浆压力。注浆结束后应检查其效果，不合格则应补浆。

3.注浆应采用无污染的注浆材料，注浆施工期间应对地下水取样检查，如有污染应采取的措施。

## 6.4.2 超前锚杆

1.超前锚杆施工应符合设计、规范和标准要求。

2.超前锚杆支护还应满足下列要求：

- (1) 宜和格栅钢架配合使用。
- (2) 长度为3~5m，并应大于循环进尺的2倍。
- (3) 超前锚杆与隧道纵向开挖轮廓线间的外插角宜为5~10°。
- (4) 超前锚杆宜用早强水泥砂浆锚杆。
- (5) 超前锚杆与钢架支撑配合使用时，应从钢架腹部穿过，尾端与钢架焊接。
- (6) 锚杆插入孔内的长度不得短于设计长度95%。
- (7) 锚杆搭接长度不得小于1m。
- (8) 锚杆沿开挖轮廓线周边均匀布置，尾部与钢架焊接牢固，锚杆插入孔长度符合要求。

## 6.4.3 超前导管及管棚

1.超前导管或管棚施工应符合设计、规范和标准要求。

2.导管和管棚安装前应将工作面封闭严密、牢固，清理干净，并测放出钻设位置后方可施工。

3.导管采用钻孔施工时，外插角宜为5~15°，其孔眼深度应大于导管长度；采用锤击或钻机顶入时，其顶入长度不应小于管长的90%。

4.管棚施工应符合下列规定：

- (1) 钻孔的外插角允许偏差为5‰。
- (2) 钻孔应由高孔位向低孔位进行。
- (3) 钻孔孔径应比钢管直径大30~40mm。
- (4) 遇长钻、坍孔时应注浆后重钻。
- (5) 钻孔合格后应及时安装钢管，其接长时连接必须牢固。

5.导管和管棚注浆应符合下列规定：

(1) 注浆浆液宜采用水泥或水泥砂浆，其水泥浆的水灰比为0.5~1，水泥砂浆配合比为1:0.5~3。

(2) 注浆浆液必须充满钢管及周围的空隙并确保密实，其注浆量和压力应根据试验确定。

#### 6.4.4 注浆加固

1.注浆施工，在砂卵石地层中宜采用渗入注浆法；在砂层中宜采用劈裂注浆法；在粘土层中宜采用劈裂或电动硅化注浆法；在淤泥质软土层中，宜采用高压喷射注浆法。

2.隧道注浆，如条件允许宜在地面进行，否则可在洞内沿周边超前预注浆、或导洞后对隧道周边进行径向注浆。

3.注浆材料应符合下列规定：

(1) 具有良好的可注性。

(2) 固结后收缩小，具有良好的粘结力和一定强度、抗渗、耐久和稳定性，当地下水有侵蚀作用时，应采用耐侵蚀性的材料。

(3) 无毒并对环境污染小。

(4) 注浆工艺简单，操作方便、安全。

4.注浆浆液应符合下列规定：

(1) 预注浆和高压喷射注浆宜采用水泥浆、粘土水泥浆或化学浆液。

(2) 壁后回填注浆宜采用水泥浆液、水泥砂浆或掺有石灰、粘土、粉煤灰等水泥浆液。

(3) 注浆浆液配合比应经现场试验确定。

5.注浆孔距应经计算确定，壁后回填注浆孔应在初期支护结构施工时预留（埋），其间距宜为 2~5m；高压喷射注浆的喷射孔距宜为 0.4~2m。

6.注浆过程中应根据地质、注浆目的等控制注浆压力，注浆结束后应检查其效果，不合格则应补浆，注浆浆液达到设计强度后方可进行开挖。

7.注浆施工期间应对地下水取样检查，如有污染应采取措施。

8.注浆过程中浆液不得溢出地面及超出有效注浆范围，地面注浆结束后，注浆孔应封填密实。

#### 6.4.5 质量检验

##### 1.超前锚杆

超前锚杆的检查项目见表 6.1。

表 6.1 超前锚杆的检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	长度 (m)	不小于图纸规定	尺量：检查锚杆数的 10%



项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
2	孔位 (mm)	±15	尺量: 检查锚杆数的 10%
3	钻孔深度 (mm)	0, +25	尺量: 检查锚杆数的 10%
4	孔径 (mm)	大于杆体直径+15	尺量: 检查锚杆数的 10%

## 2.超前管棚

超前管棚施工检验标准应符合表 6.2 的规定。

表 6.2 管棚施工检验标准

序号	项目		允许偏差	检验频率		检验方法
				范围	根数	
1	管棚	外插角	5‰	每 10 根	3	仪器测量、用钢尺量
		孔距	±50mm			
		孔深	150mm			
		孔径	比钢管直径大 30~40mm			

## 3.超前小导管

超前小导管施工检验标准应符合表 6.3 的规定。

表 6.3 超前小导管施工检验标准

序号	项目		允许偏差	检验频率		检验方法
				范围	根数	
1	小导管	孔距	±50mm	每环	≤3	仪器测量、用钢尺量
		孔深	+50mm~0 mm			

## 4.地层注浆加固

- (1) 注浆材料必须符合规范及设计要求。
- (2) 浆液的配合比应符合设计要求。
- (3) 注浆效果应符合设计要求, 且不对地下管线等造成破坏性影响。
- (4) 注浆孔的数量、布置、间距、孔深应符合设计要求。
- (5) 注浆浆液达到一定强度后方可开挖。

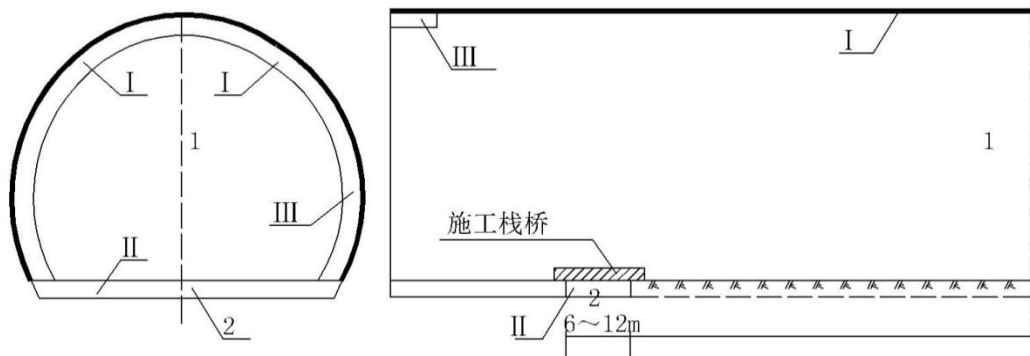
## 6.5 施工方法

矿山法按施工方法可分为: 全断面开挖法、台阶法、分部开挖法。其中分部开挖法主要包含: 中隔壁法 (CD)、交叉中隔壁法 (CRD)、洞桩法 (PBA)、拱盖法、中洞法等。

### 6.5.1 全断面开挖法

1.全断面法施工一般适用于 I、II、III 级围岩，IV 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。

全断面法施工工序示意图见图 6.1。



1—开挖；I—初期支护；2—检底；II—铺底混凝土；III—拱墙混凝土

图 6.1 全断面法施工工序示意图

#### 2.全断面开挖质量控制

(1) 全断面法开挖时，应控制一次同时起爆的炸药量，减少爆破振动对围岩的影响。

(2) 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。

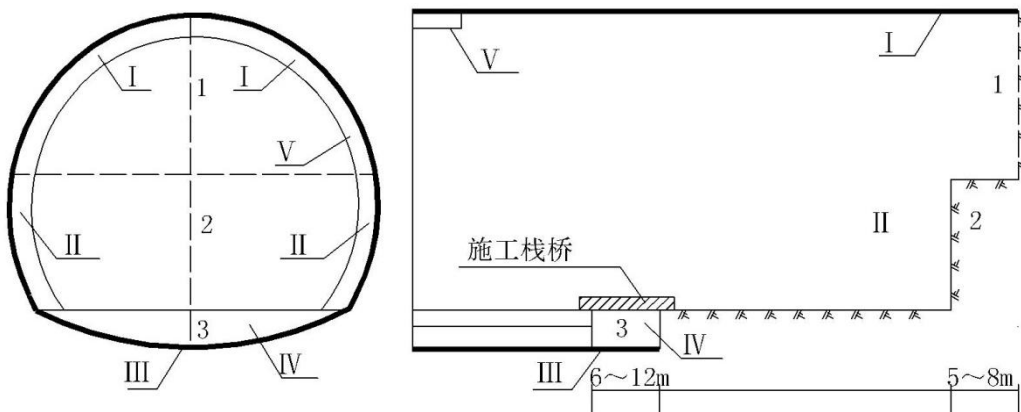
### 6.5.2 台阶法

1.台阶法施工可适用于 III 级围岩（III-V 级），IV、V（VI 级）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选用台阶法。台阶法分为二台阶法、三台阶法、三台阶预留核心土法等。

2.单线隧道及围岩地质条件较好的双线隧道可采用二台阶法施工。

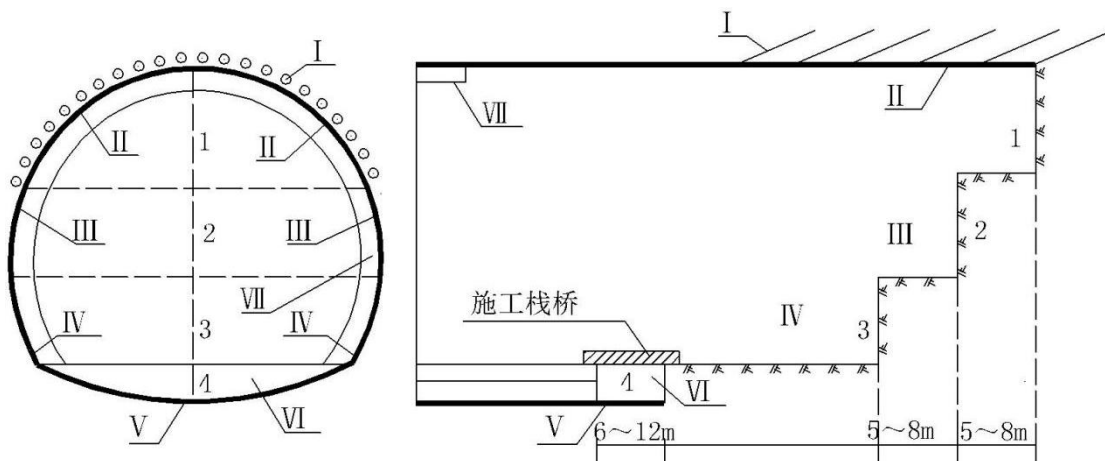
隧道断面较高、单层台阶断面尺寸较大时可采用三台阶法；当地质条件较差时，为增加掌子面自稳能力，可采用三台阶预留核心土法开挖。

3.各类台阶法施工工序见图 6.2、图 6.3、图 6.4。



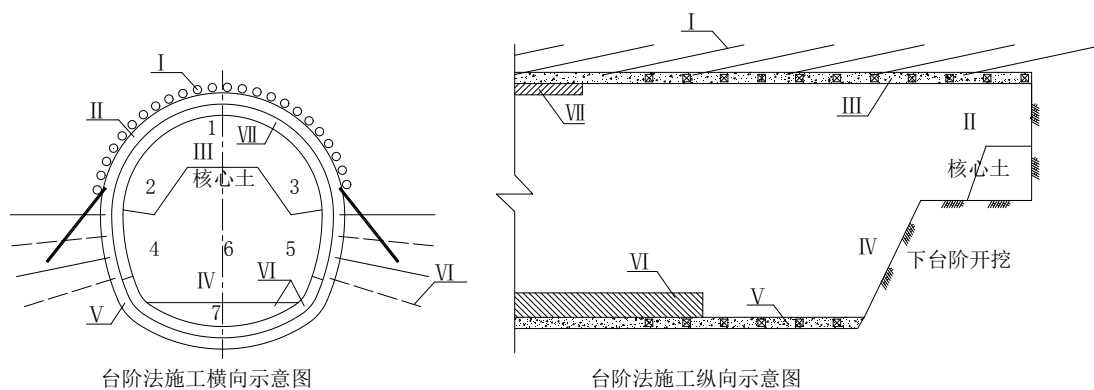
1—上台阶开挖；I—上台阶初期支护；2—下台阶开挖；II—下台阶初期支护；  
3—仰拱开挖；III—仰拱初期支护；IV—仰拱填充混凝土；V—拱墙混凝土

图 6.2 二台阶法施工工序示意图



I—超前小导管；1—上台阶开挖；II—上台阶初期支护；2—中台阶开挖；  
III—中台阶初期支护；3—下台阶开挖；IV—下台阶初期支护；4—仰拱开挖；  
V—仰拱初期支护；VI—仰拱填充混凝土；VII—拱墙混凝土

图 6.3 三台阶法施工工序示意图



I—超前小导管；1—上台阶开挖；II—上台阶初期支护；  
2—上台阶核心土开挖、中台阶左侧开挖；III—中台阶左侧初期支护；  
3—中台阶右侧开挖；IV—中台阶右侧初期支护；  
4—中台阶核心土开挖、下台阶左侧开挖；V—下台阶左侧初期支护；

5—下台阶右侧开挖；VI—下台阶右侧初期支护；6—下台阶核心土开挖；  
7—仰拱开挖；VII—仰拱初期支护；仰拱填充混凝土；IX—拱墙混凝土

图 6.4 三台阶预留核心土法施工工序示意图

#### 4.台阶法施工质量控制

- (1) 采用台阶法开挖隧道时，应根据围岩条件合理确定台阶长度和高度。台阶长度不宜过长，宜控制在 1~1.5 倍洞径以内。
- (2) 台阶形成后，各台阶开挖、支护宜平行作业。
- (3) 下台阶开挖时，左右侧宜交错进行。
- (4) 循环进尺应根据围岩地质条件和初期支护钢架间距合理确定。III 级围岩不宜超过 2.0m，IV 级不宜超过 1.5m，V 级不宜超过 1.0m；仰拱开挖每循环不大于 3m。
- (5) 当拱部围岩条件发生较大变化时，可适当延长或缩短台阶长度，确保开挖、支护质量及施工安全。
- (6) 上台阶的底部位置应根据地质情况确定，一般情况下，可在起拱线及以下位置。
- (7) 上台阶使用钢架时，可采用扩大拱脚和施作锁脚锚杆等措施，防止拱部下沉变形。

#### 6.5.3 中隔壁（CD）法

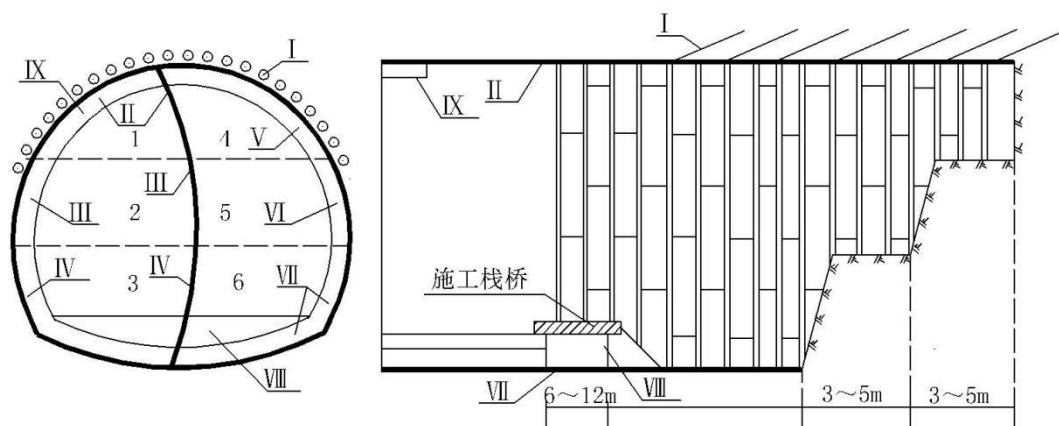
中隔壁法一般适用于 IV、V 级围岩浅埋双线隧道。

##### 1.一般规定

- (1) 中隔壁开挖时，应沿一侧自上而下分为二或三部进行，每开挖一步均应及时施作锚喷支护、安设钢架、施作中隔壁，底部设临时仰拱，中隔壁墙依次分步联结而成，之后再开挖中隔壁的另一侧，其分步次数及支护形式与先开挖的一侧相同。
- (2) 各部开挖时，周边轮廓应尽量圆顺，减小应力集中。
- (3) 各部的底部高程应与钢架接头处一致。
- (4) 每一部的开挖高度，要根据实际调整。
- (5) 后一侧开挖应全断面及时封闭。
- (6) 左、右两侧纵向间距，应拉开一定距离。
- (7) 中隔壁应设置为弧形或圆弧形。
- (8) 中隔壁在灌注二次衬砌时，应根据监测数据逐段拆除。

## 2. 施工工序

中隔壁法的施工顺序见图 6.5。



I—超前小导管；1—左侧上部开挖；II—左侧上部初期支护；2—左侧中部开挖；  
 III—左侧中部初期支护；3—左侧下部开挖；IV—左侧下部初期支护；  
 4—右侧上部开挖；V—右侧上部初期支护；5—右侧中部开挖；  
 VI—右侧中部初期支护；6—右侧下部开挖；VII—右侧下部初期支护；  
 VIII—仰拱填充混凝土

图 6.5 中隔壁法施工工序示意图

## 3. 施工质量控制重点

- (1) 初支应在最短时间内封闭成环。
- (2) 左右侧掌子面距离宜为 10~15m，每侧上下台阶距离宜为 3~5m。
- (3) 下部开挖时，应确保上部支护结构的稳定，减小对上部围岩和支护的扰动和破坏。边墙部开挖时必须采用两侧交错挖马口施作，避免上部断面两侧拱脚同时悬空。
- (4) 喷射混凝土必须紧随开挖掌子面施作。每榀钢架分拱、墙两次架成，确保拱脚加固质量，可采用扩大拱脚、锁脚锚杆（锚管）、加强纵向连接等方法，使上部初期支护与围岩形成完整体系。钢架的拱脚或底脚不得置于虚渣上。
- (5) 施工中按监控量测设计要求，埋设洞内观测点，实施监控量测，并及时反馈信息以指导施工和修改设计。
- (6) 完成隧道开挖及初期支护后，根据量测结果进行模筑二次衬砌的浇筑。
- (7) 必须充分分析和论证中壁拆除时间和中壁拆除后的安全性。根据规范或有关规定，应以中壁拆除前的拱顶下沉量（一般一天的下沉量小于 2mm）、净空收敛值来确定，以及中壁拆除中、中壁拆除后的拱顶下沉增量（不大于 6mm）

作为控制基准。

### 6.5.4 交叉中隔壁（CRD）法

交叉中隔壁法（CRD）适用于 IV~VI 级围岩浅埋的双线或多线隧道。采用 CRD 法开挖，兼有台阶法和双侧壁导坑法的优点，有利于围岩稳定，保证施工安全。

#### 1. 一般规定

- (1) 设置临时仰拱，步步成环。
- (2) 自上而下，交叉进行。
- (3) 其他与中隔壁法相同。

#### 2. 施工顺序

CRD 法开挖支护顺序见图 6.6。

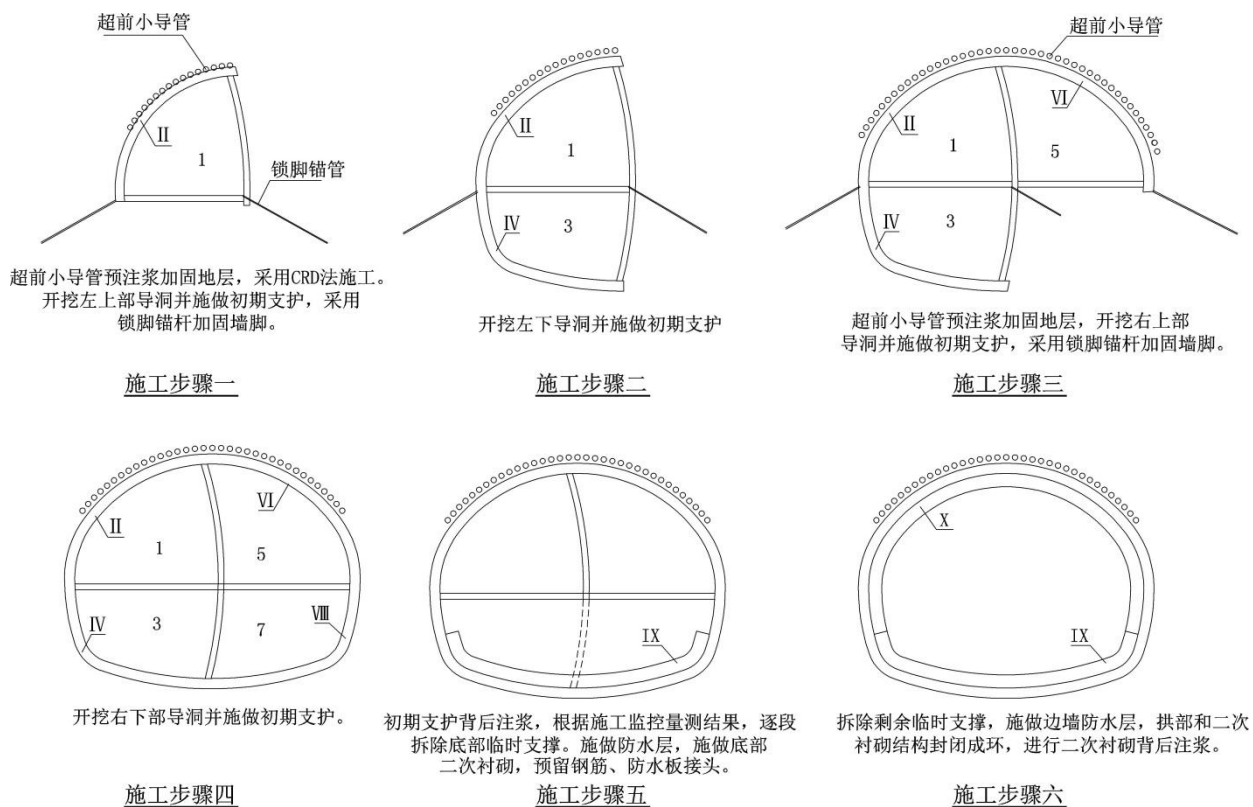


图 6.6 CRD 法开挖支护程序图

#### 3. 施工质量控制重点

- (1) CRD 法开挖断面必须及时封闭。各开挖部位必须在最短时间内利用临时仰拱封闭成环，做到“自封闭”。
- (2) 其他与中隔壁法相同。

### 6.5.5 双侧壁导坑法

双侧壁导坑法适用于 IV~VI 级围岩双线或多线隧道。工法是先开挖隧道两侧导坑，并及时施作导坑四周初期支护，再根据地质条件、断面大小，对剩余部分断面进行一次或二次开挖。双线或多线隧道通过软弱围岩地段时，由于跨度较大（一般开挖宽度达到 11m 以上），无法采用全断面或台阶法开挖，而采用双侧壁导坑法，相当于先开挖 2 个小跨度的隧道，开挖后，围岩的自稳时间能够满足初期支护的需要，有利于施工的安全。侧壁导坑完成后，剩余断面一般采用上、下两步开挖，上部开挖后，立即进行初期支护，安装钢架支撑，并将钢架与侧壁导坑的钢架连接成一个整体，从而克服了大跨度带来的施工安全问题。

施工前应认真研究侧壁导坑的形状、大小和长度等细节，确保不出现导坑的施工干扰。

#### 1. 一般规定

(1) 侧壁导坑形状应近于椭圆形断面，导坑断面宜为整个断面的 1/3。

(2) 侧壁导坑形状应近似椭圆形，导坑宽度不应大于 0.3 倍隧道宽度；侧壁导坑、中槽部分开挖应采用短台阶，台阶长度 3~5m，必要时预留核心土；左右导坑施工时，前后拉开距离不宜小于 10m，导坑与中间土体同时施工时，导坑应超前 30~50m。

(3) 导坑开挖后应及时进行初期支护，并尽早封闭成环。

2. 在浅埋大跨度隧道施工时，采用双侧壁导坑法能够控制地表下沉，保持掌子面的稳定，安全可靠。

#### 3. 施工顺序

双侧壁导坑法开挖支护程序见图 6.7。

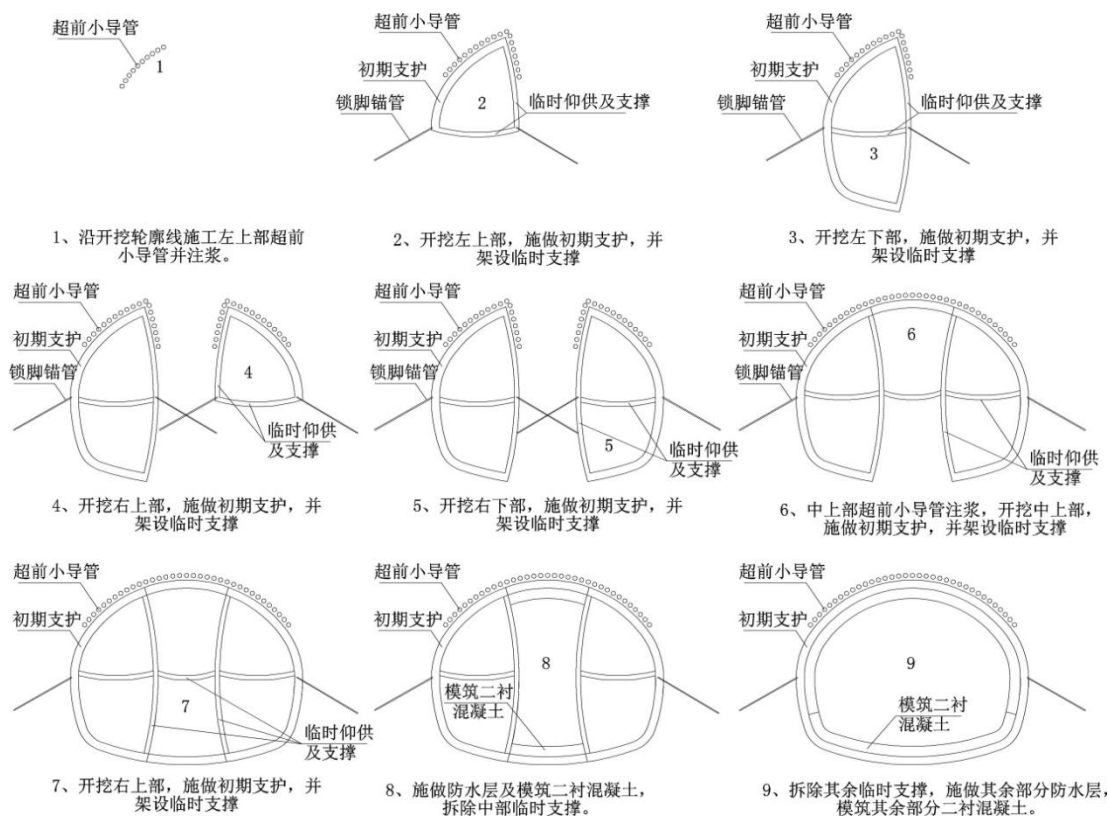


图 6.7 双侧壁导坑法施工程序图

#### 4. 施工质量控制

(1) 导坑施工是隧道施工中重要环节，必须十分重视保护围岩，尽量减少对围岩的扰动，施工中应采用机械开挖、人工配合，尽量不使用爆破，以减少对围岩的扰动。

(2) 开挖断面必须及时封闭。各开挖部位必须在最短时间内利用临时仰拱封闭成环，做到“自封闭”。

(3) 隧道左右两侧导坑以 3~5m 间距交错开挖前进，严禁同时开挖。

(4) 侧导结构中，初期支护作为施工支护的主要手段，当位移过大时，应注意及时加设横向木撑或钢撑。

(5) 喷射混凝土要紧随掌子面施作，钢架的拱脚或底脚不得置于虚渣上。

(6) 侧导坑施工中应按监控量测要求，埋设洞内观测点，实施监控量测，并及时反馈信息以指导施工和修改设计。

(7) 完成隧道开挖及初期支护后，根据量测结果进行模筑二次衬砌的浇筑。

(8) 其他事项与 CRD 法相同。

### 6.5.6 洞桩 (PBA) 法

#### 1. 概述



洞桩法（即 PBA 工法），就是先施工导洞，在导洞内施工围护边桩、中柱、底梁和顶梁，梁柱完成后，再施工拱顶结构，形成类似传统框架结构的桩、梁、拱支撑体系，然后在拱顶和边桩的保护下施工。该工法实际上是将盖挖法施工的桩、梁、柱等转入地下进行，构成一个桩、梁、拱支撑框架体系，共同承受施工过程中的外部荷载，它是盖挖法、浅埋暗挖法和传统框架形式的有机结合。在分类上，PBA 工法可与全断面法、单侧壁导坑法、双侧壁导坑法、CD 工法、CRD 工法、侧洞法、中洞法等施工方法平行，归入浅埋暗挖法范畴。

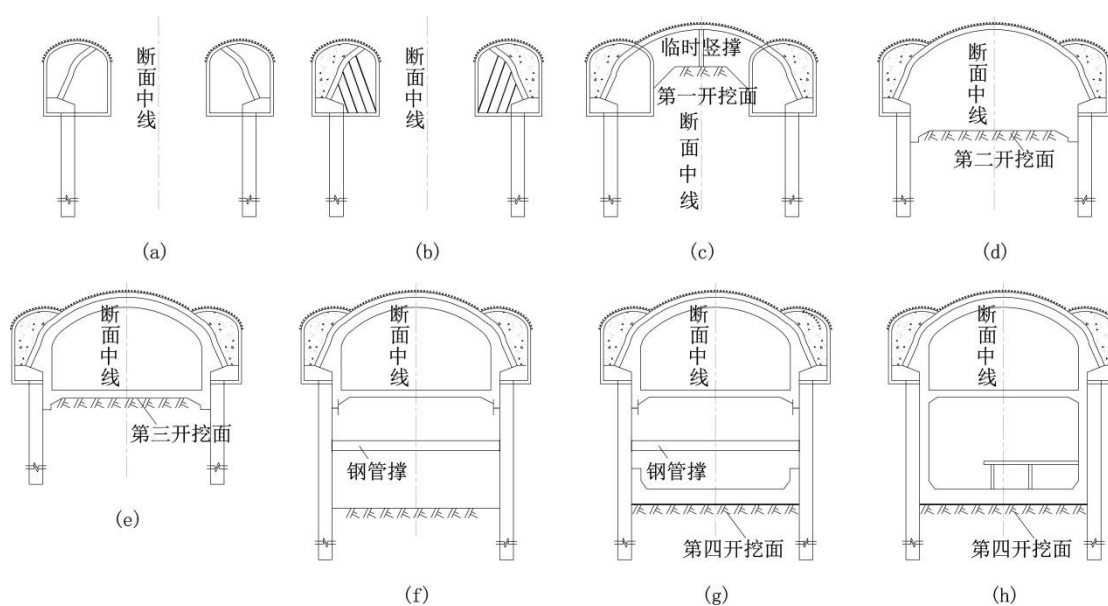
PBA 工法有顺作法和逆作法之分。PBA 顺作法，即利用小导洞施工钻孔围护桩及中柱，再建立起桩、梁、柱支撑体系，然后扣拱，在顶拱的保护下由上而下逐层开挖土方，按设计部位架设钢支撑至设计标高，再由下而上修筑内部主体结构。PBA 逆作法，即在建立起桩、梁、柱支撑体系并扣拱后，在拱、桩、柱支护结构下逐层向下开挖土体，边开挖边自上而下施作内部结构。

## 2.PBA 工法的适用范围

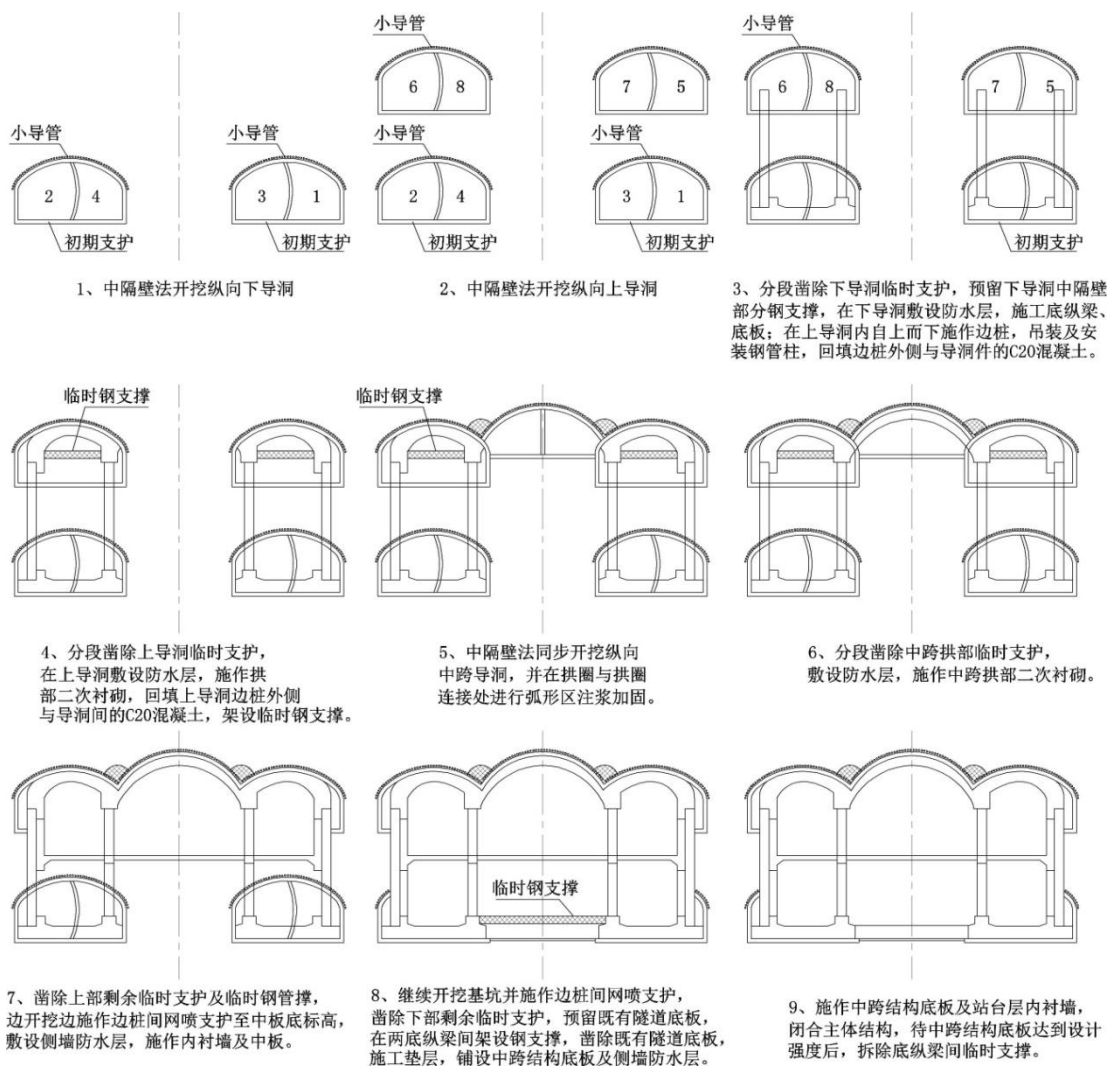
PBA 工法不受结构跨度和层数限制，适用范围较广，主要适用于大断面、特大断面地下工程施工，如大型地铁站、地铁区间、大跨隧道、地下停车场、地下商业街等，特别在施工场地较小、距离高层建筑物或其它建筑物基础很近的地铁车站施工中有显著的优越性。

## 3.施工步骤

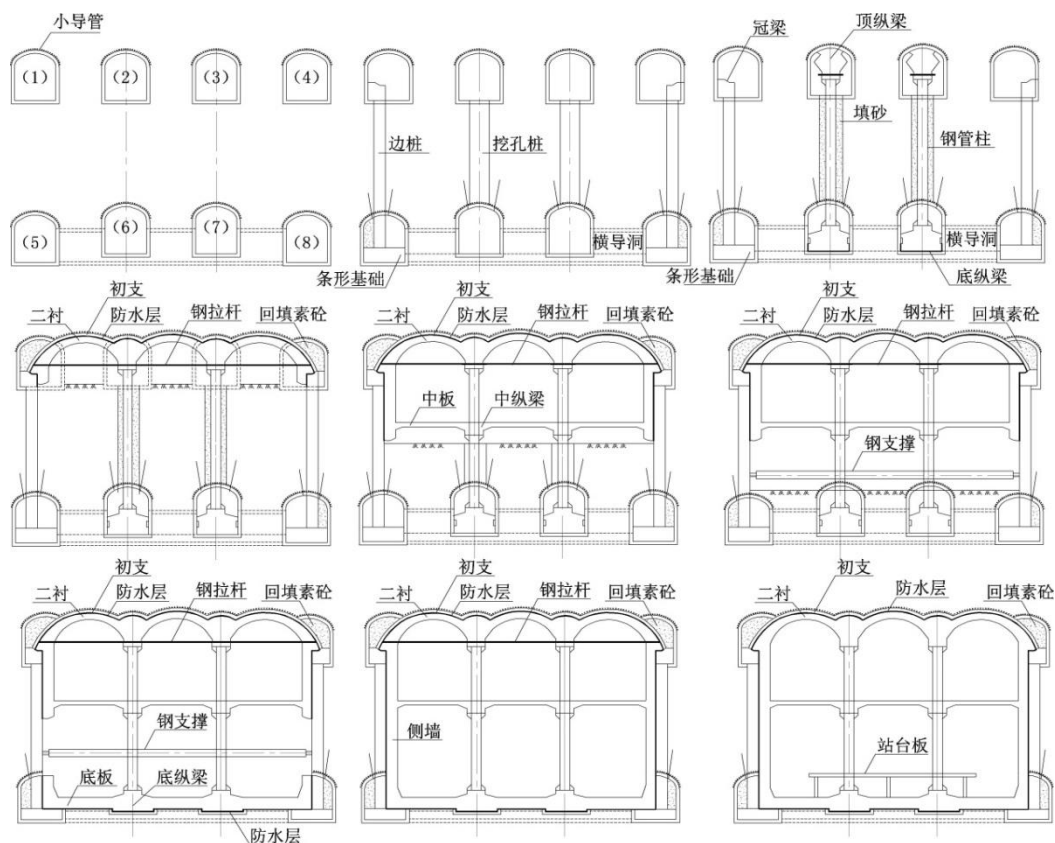
PBA 工法施工步骤如图 6.8。



a) 双洞法侧式车站施工步骤图



b) 四洞法岛式车站施工步骤图



c) 八洞法岛式车站施工步骤图

图 6.8 PBA 法施工工序图

#### 4. 施工质量控制

(1) 导洞开挖时必须严格控制开挖所引起的地面沉降，必要时采取有效工程措施确保地下管线和周边环境安全稳定。

(2) 孔桩施工时导洞空间狭小、成孔困难，必须采取有效措施确保成孔质量。

(3) 主拱施工时必须解决好主拱在初期支护与二次衬砌形成过程中的体系转换和平衡，防止结构变形、失稳和破坏，避免出现地面及拱部的过量沉降和坍塌。

(4) 交叉口处荷载转换复杂，结构易失稳；开口跨度大，操作空间小，对车站整体的施工组织和工期影响大。

(5) 边桩定位应准确，垂直度应满足设计和规范要求，桩体不得侵占主体结构净空。

#### 6.5.7 拱盖法

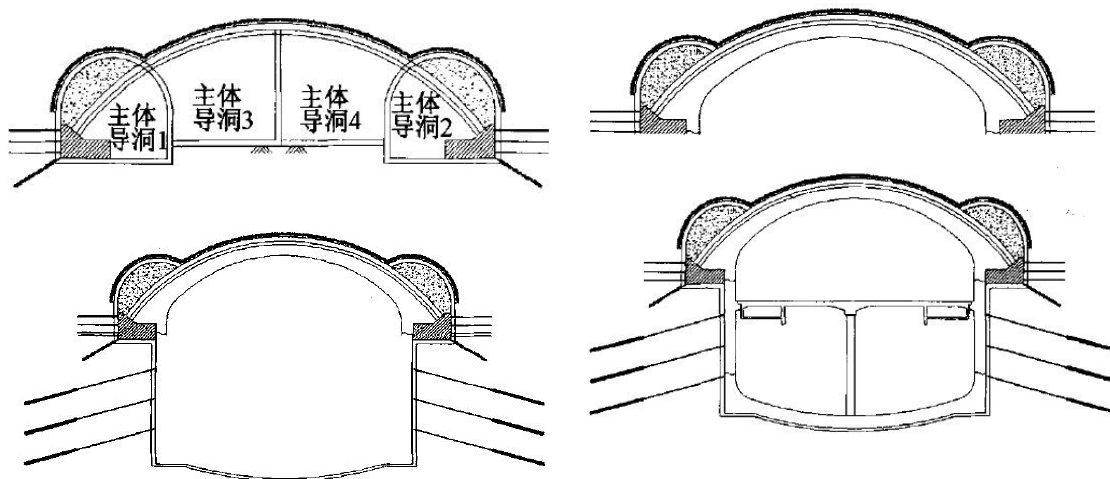
##### 1. 概述

拱盖法是简化的 PBA 工法，适用于围岩良好的地层，即利用围岩的自稳能

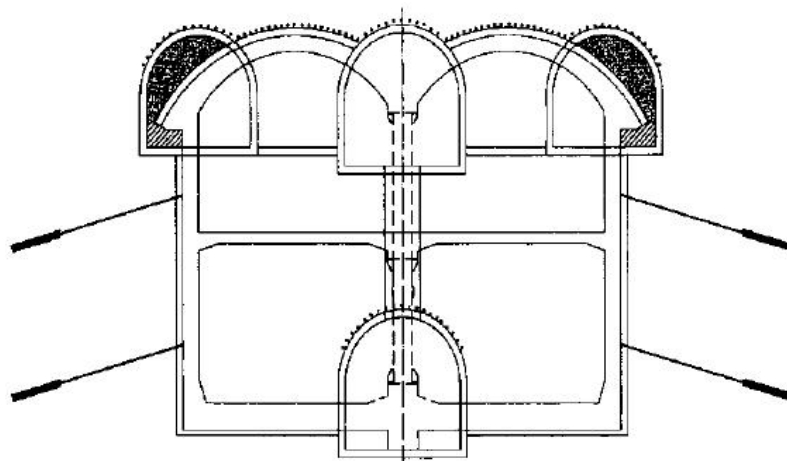
力，取消 PBA 工法的边桩和喷射混凝土护壁，直接将扣拱施做在围岩上。

## 2. 施工步骤

拱盖法施工示意图 6.9。



a) 单拱单跨拱盖法施工示意图



b) 双拱单柱拱盖法施工示意图

图 6.9 拱盖法施工示意图

### 第一步：主体侧导洞及冠梁施工

开挖主体导洞 1 和主体导洞 2 并施做初期支护，两导洞前后错开不小于 5m。在主体导洞外侧打设砂浆锚杆与锁脚锚杆加固大拱脚处围岩。两导洞贯通后施做冠梁，冠梁施做完成后根据跨度采用 CRD（交叉中隔壁法）或双侧壁导坑法进行大跨拱部开挖，初期支护及时封闭。

### 第二步：扣拱施工

分段拆除中隔壁，根据地质和监测情况每段拆除距离 6~8m，先利用综合作业台架进行基面处理、防水层铺设、测量放样、钢筋绑扎，然后分段浇筑拱部二

次衬砌，采用模板台车浇筑二衬，做好防水板与钢筋的搭接预留工作，施工过程中加强监控量测，循环进行，最终完成二衬扣拱施工。

### 第三步：车站主体开挖

在大拱保护下分段分层向下爆破开挖，基坑支护再用预应力锚索加格栅喷射混凝土的支护模式，根据基坑深度及围岩性质通过计算确定格栅和锚索间距以及锚索长度等参数，随挖随支，在侧墙部位采用松动爆破进行施工，确保冠梁下岩体完整性，保证基坑安全。

### 第四步：施工车站主体结构

基坑开挖完成后，顺做法施工车站二衬的仰拱、边墙和中板。仰拱先行施工，按照 30m 长度分段施工。边墙和中板（含立柱）在仰拱完成约 60m 之后开始组织施工，同样按照 30m 长度分段施工。施工至中板以上时分段与顶拱二衬闭合，注意做好预留钢筋和防水板的衔接。

中桩施工同 PBA 法。

## 3.拱盖法施工控制重点

（1）拱盖法完全遵循地下工程浅埋暗挖法理论，即在浅埋条件下修建地下工程，以改造地质条件为前提，以控制地表沉降为重点，以格栅（或其他钢结构）和锚喷作为初期支护手段，按照“十八字”原则（即管超前、严注浆、短开挖、强支护、快封闭、勤量测）进行设计和施工。

（2）扣拱前的施工应按照 PBA 法的施工原理，对地下水采取降、堵、排结合等妥善措施，保证无水施工，做好地层超前加固，开挖与支护紧密配合，及时进行初支背后回填注浆，严格控制沉降。

（3）重视车站主体土方分层开挖时冠梁下侧墙岩层保护，必要时局部可采取小导管注浆、钢管桩等加固措施，确保冠梁下侧墙岩体完整性。加强爆破控制，采用弱爆破、微爆破等技术手段，在侧墙部位采用松动爆破，最大限度地减小爆破对围岩和结构的影响。

（4）严格控制预应力锚索施工质量，保证围护结构的安全与稳定，必要时采用逆作法施工。

（5）做好施工工序衔接处全包防水的施工质量和预留工作，采取措施对预留防水板进行保护，避免破除混凝土时将防水板破坏。

（6）加强监控量测，尤其是地面变形控制和洞内拱顶沉降及侧墙收敛观测。

通过将监测数据与预测值做比较,判断上一步施工工艺和施工参数是否符合或达到预期要求,以便适时调整和改进支护参数和施工工艺,实现信息化施工,确保周边建(构)筑物、道路和管线安全。

### 6.5.8 中洞法

#### 1.概述

中洞法适用于双连拱的隧道及地铁车站的施工,采用先施作中墙混凝土,后开挖两侧的施工方法。

#### 2.一般规定

(1) 中洞开挖高度应大于中墙高度 1m,开挖宽度应大于 5m。

(2) 中洞开挖长度可根据隧道长度、宽度以及地质情况综合考虑;短隧道可先贯通中洞,后开挖两侧。

(3) 中洞开挖后,应及时施作初期支护,再分段灌注中墙混凝土,每一纵向段长度宜为 4~6m;在中墙混凝土达到设计强度后方可拆模,并应进行临时横向支撑。

(4) 施工中应注意力的转换,两侧应均衡开挖,并应设置临时横向支撑。

(5) 中墙顶部应作好防排水工作。

#### 3.施工步骤

中洞法施工步骤见图 6.10。

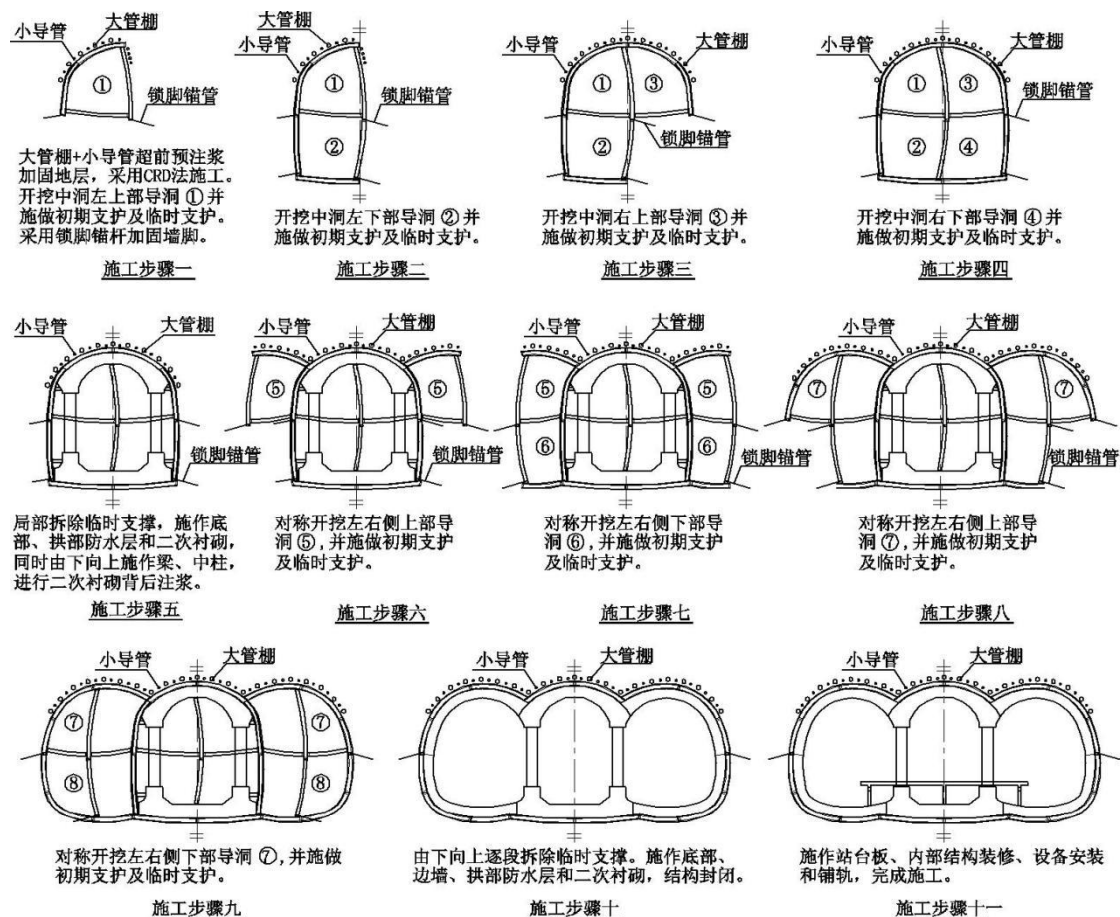


图 6.10 中洞法施工工序图

#### 4. 施工质量控制

##### (1) 超前支护

超前支护应采用大管棚、超前小导管及部分地面注浆加固，管棚选用热轧钢管，管棚外插角应为 $3\sim 5^\circ$ ，钢管内灌注水泥砂浆。管棚间插小导管超前预注浆加固地层。

##### (2) 土方运输

隧道内土方的水平运输可采用人工推车和自制的小型拖拉式土方运输车，小型拖拉式土方运输车可提高出土的速度，具有轻便、灵活的特点，特别适合于单孔单线的小空间隧道土方运输。土方在竖井处的垂直运输应采用龙门吊机。

##### (3) 钢筋施工

钢筋格栅应在洞外或场外钢筋加工场下料加工成型，按施工顺序，先施工仰拱（底板），后施工拱墙。仰拱（底板）预留伸出边墙连接筋。底板钢筋施工时先顶后底铺设双面筋，顶底面筋间设架立筋支撑；拱墙钢筋先外层后内层钢筋安

装。

#### (4) 中洞施工

土方开挖时，中洞应按照“小分块、短台阶、早成环、环套环”的原则，采用竖向留坡、纵向错台的施工方法；完成中洞施工后，两侧洞同步采用正台阶法自上而下分部掘进成环，不必纵向错台。中洞上半断面宜采用环形开挖，尽可能保留核心土；下半断面开挖时，边墙宜采用单侧或双侧交叉开挖，仰拱应尽快开挖，缩短全断面封闭时间。

#### (5) 隧道开挖与初衬施工

隧道开挖平面顺序，应采用短台阶法施工，初衬支护随土方边开挖边支护，根据隧道新奥法设计原理，遵循“超前护顶、短开挖、强支护、二次衬砌紧跟”的支护原则，每次开挖核心土和进尺严格遵守“小于1m”的挖土原则，在纵向保持核心土和下台阶及仰拱土体的距离，确保隧道开挖的稳定、安全。初衬支护采用C25喷射混凝土， $\phi 8$ 钢筋网（200×200mm）和加强格栅钢架。

#### (6) 隧道二衬施工

隧道二衬施工中洞先行，边洞随后；中洞二衬分底板、钢管柱和拱顶纵梁、拱顶二衬三部分施工，施工钢管柱及拱顶纵梁、拱顶二衬以每一柱间跨度为一最小长度单位；先施工底板后钢管柱及纵梁，最后是柱间的拱顶二衬施工。边洞二衬施工随土方开挖顺序进行。

## 6.6 隧道开挖

### 6.6.1 土方开挖

1.土方开挖应保持在无水条件下进行，可根据地质水文情况和周边环境情况采用预降水、注浆止水等措施，无水后方可开挖；上下台阶环形预留核心土法开挖台阶长度应为3~5m；开挖时预留核心土（预留核心土顶面距拱顶高度不小于1.6m，两侧过道宽0.6~0.9m）及减压槽；如台阶较高应适当放坡处理，严禁台阶超长导致延缓封闭成环时间，不利于控制沉降及施工安全。

2.施工方法应根据地质情况、覆盖层厚度、结构断面及地面环境条件等，经技术、经济比较后确定。

3.开挖预留变形量应根据围岩级别、隧道宽度、隧道埋深、施工方法和支护情况采用工程类比法确定。

4.开挖过程中，应做好超前地质预报（超前探孔），及时收集地质和水文数



据并做好施工记录。

隧道应按照设计尺寸逐榫开挖，严禁欠挖、掏挖、拱脚悬空，断面超挖允许值见表 6.5。每榫沿纵向开挖允许超挖榫距的 100~150mm 预留网片搭接尺寸，并应逐榫检查。

5.开挖过程中，应对隧道围岩和初期支护进行观察和监控量测，拟定监控量测方案，监测围岩变形、地表沉降和地下管线变化情况，反馈量测信息指导设计和施工。

6.开挖后应及时封闭支护，减少土体暴露时间，在易坍塌地层，应先封闭掌子面再安装拱架。采用分部开挖时，应在初期支护喷射混凝土强度达到设计强度的 70%及以上时，方可进行下一步的开挖。

7.开挖断面应符合设计要求，严禁欠挖，隧道贯通误差应符合要求。

8.边墙基础及隧底地质情况应满足设计要求，基底内无积水浮渣。

### 6.6.2 岩石爆破

1.爆破参数应依据浅孔、密布、弱爆、循序渐进的原则按表 6.4 选用，并必须经现场试爆后确定。

表 6.4 爆破参数值

爆破类别	岩石种类	岩石单轴和抗压强度 (MPa)	周边间距 E (mm)	周边眼抵抗线 W (mm)	周边眼密集系数 E/W	周边眼至内排崩落间距眼 (mm)	装药集中度 q (g/m)
光面爆破	硬岩	>60	550~700	600~800	0.7~1.0	-	300~350
	中硬岩	30~60	450~650	600~800	0.7~1.0	-	200~300
	软岩	<30	350~500	450~600	0.5~0.8	-	70~120
预裂爆破	硬岩	>60	400~500	-	-	400	300~400
	中硬岩	30~60	400~450	-	-	400	200~250
	软岩	<30	350~400	-	-	350	70~120
预留光面层的爆破	硬岩	>60	600~700	700~800	0.7~1.0	-	200~300
	中硬岩	30~60	400~500	500~600	0.8~1.0	-	100~150
	软岩	<30	400~500	500~600	0.7~0.9	-	70~120

注：表列参数适用于炮眼深度 1~1.5m，炮眼直径 40~50mm，药卷直径 20~25mm。

2.炮眼深度应控制在 1~1.5m；掏槽炮眼应采用直眼，特殊情况采用斜眼时，如岩层层理或节理明显，则斜眼与其应成一定角度并宜垂直；周边炮眼应沿设计

开挖轮廓线布置，辅助炮眼应均匀交错布置在周边与掏槽炮眼之间；周边炮眼与辅助炮眼的眼底应在同一垂直面上，掏槽炮眼加深 100mm。

3.炮眼装药前应清理干净，炸药宜采用低密度、低炸速、低猛度或高爆炸力炸药。药卷宜采用小直径连续或间接装药结构；在软岩中，可采用空气柱反向装药结构，硬岩的眼底可装一节加强药卷。起爆方式采用毫秒雷管、导爆索或导爆管，如雷管分段毫秒差小，则周边眼应与内圈眼的雷管跳段使用；周边眼根据地质条件分段起爆。装药完毕，炮眼堵塞长度不宜小于 200mm，当采用预裂爆破时，应从药包顶端起堵塞，不得只堵眼口。

4.爆破眼的眼痕率：硬岩应大于 80%，中硬岩应大于 70%，软岩应大于 50%，并在轮廓面上均匀分布；两炮眼衔接台阶的最大尺寸不应大于 150mm；爆破岩面最大块度不应大于 300mm。

### 6.6.3 质量检验

#### 1.开挖断面超挖值

开挖断面超挖值应符合表 6.5 的规定。

表 6.5 断面开挖允许超挖检验标准 (mm)

隧道开挖部位	岩层分类							
	爆破岩层						土质和不需爆破岩层	
	硬岩		中硬岩		软岩		平均	最大
	平均	最大	平均	最大	平均	最大		
拱部	100	200	150	250	150	250	100	150
边墙及仰拱	100	150	100	150	100	150	100	150

#### 2.炮眼钻设允许偏差

炮眼钻设应符合表 6.6 规定；除掏槽炮眼外，其他炮眼应在同一垂直面上；钻孔完毕检查验收合格并做好记录后方可装药。

表 6.6 炮眼钻设允许偏差检验标准

序号	项目		允许偏差	检验方法
1	掏槽炮眼	眼口	50mm	仪器测量、用钢尺量
		眼底	50mm	
2	辅助炮眼	排距	100mm	
		行距	100mm	
3	周边炮眼	间距	50mm	

		眼底不应超过开挖轮廓线	100mm	
		外斜率不应大于孔深	3%-5%	
		至内圈炮眼的排距	50mm	

### 3.隧道中线贯通限差

隧道内两相向施工中线在贯通面上的贯通限差应符合表 6.7 的规定。

表 6.7 隧道贯通限差

隧道长度 L (km)	L<4	4≤L<8	8≤L<10
横向贯通误差 (mm)	100	150	200
高程贯通误差 (mm)	70		

注：作业时，可根据隧道施工方法和隧道用途的不同，当贯通误差的调整不会显著影响隧道中线几何形状和工程性能时，其横向贯通限差可适当放宽 1~1.5 倍。

### 4.贯通中误差

由洞外设置洞口投点桩时，测量误差和洞内支导线放样测量误差引起的贯通面产生的中误差影响值应符合表 6.8 的规定。

表 6.8 贯通中误差 (mm)

两开挖洞口间的长度 (km)	横向贯通中误差 (mm)				高程贯通中误差 (mm)	
	洞外控制测量	洞内控制测量		竖井联系测量	洞外	洞内
		无竖井的	有竖井的			
L<4	25	45	35	25	25	25
4≤L<8	35	65	55	35		
8≤L<10	50	85	70	50		

## 6.7 初期支护

### 6.7.1 一般规定

1.施工支护措施，应紧随开挖面及时施作，确保施工安全，并控制围岩变形和减少围岩暴露时间。施工支护可作为开挖断面临时支护，亦可作为永久衬砌的一部分。施工支护包括喷射混凝土、锚杆、锚杆与喷射混凝土并用、钢架，锚杆、挂钢筋网与喷射混凝土并用、钢架。

2.不同类别的围岩，应采用不同结构形式的施工支护。

(1) I、II级围岩支护时，宜采用局部喷射混凝土或局部锚杆，为防止岩爆和局部落石，可局部加栓钢筋网。

(2) III、IV级围岩可采用锚杆、锚杆挂网、喷混凝土或锚喷联合支护，IV

级围岩必要时可加设钢架。

(3) V、VI级围岩宜采用锚喷挂网的联合支护形式，并可结合辅助施工方法进行施工支护。

(4) 当地质条件差、围岩不稳定时，可采用构件支护。

3.应根据图纸的要求，进行构件支护的设计，报监理工程师批准，并可按有关规定和现场调查资料进行必要的修改。

4.根据围岩类别及现场的实际情况，确定支护形式。支护的结构形式及其接头应简单牢固，易于装卸、倒用，并尽量定型化。

5.每排支护应根据中线、水平、隧道断面和预留沉降量，架设在隧道中线方向的垂直面上。支护的间距，视围岩稳定情况而定，一般为0.8~1.2m，松软破碎地段可再加密。

6.各排支护间应用纵撑连接牢固，构成整体。支护与围岩间应以板、楔或背柴等填塞紧密。柱脚虚渣必须清除，地层松软时应加设垫板或垫梁。

7.支护应经常检查，发现杆破裂、倾斜、弯扭、变形以及接头松脱填塞漏空等异状，必须立即加固。

8.支护的抽换、拆除，应本着“先顶后拆”的原则进行，防止围岩松动坍塌。

9.施作锚杆、喷射混凝土和构件支护时，均应作好记录备查。

### 6.7.2 钢格栅架立

1.格栅安装时拱脚部位应密实、无杂物虚渣且两侧抬平，严禁悬空，上台阶格栅脚板应垫实控制沉降；连接板密贴，螺栓紧固到位。

锁脚锚管应与格栅主筋焊接牢固，打设角度30~40°，并保证纵向平直度，锚管孔内灌注砂浆应饱满密实，锚管孔位及孔深应控制在允许偏差范围内。

2.格栅钢架的弯制、连接和末端的弯钩，及型钢钢架的弯制应符合设计要求。

3.钢架安装的位置、接头连接质量、纵向拉杆应符合设计要求，钢架安装不得侵入二衬断面，脚底不得有虚渣。

4.沿钢架外缘每隔1m应用混凝土预制块等与围岩顶紧，钢架与围岩间的间隙应采用喷射混凝土喷填密实。

5.钢架的落底接长和钢架间的连接应符合设计要求。

6.格栅拱脚应采用木方或混凝土块、砖块垫实，并用编织袋或砂填充保护，禁止拱脚悬空。

7.格栅拼装后高度、宽度、平面扭曲度、净空等应满足要求，禁止侵限，应每榀引线进行定位复核。

### 6.7.3 钢格栅连接

1.钢格栅环向节点应可靠连接，每榀钢格栅纵向通过连接筋与上一榀连接牢固。

2.格栅钢架各单元连接采用节点板栓接后帮焊连接筋，帮焊筋焊缝长度应满足单面 10d 焊接要求，焊缝应饱满。

### 6.7.4 钢筋网片安装

1.钢筋网片加工尺寸应与支护断面相适应，钢筋网宜在喷射一层混凝土后铺挂。采用双层钢筋网时，第二层钢筋网应在第一层钢筋网被混凝土覆盖及混凝土终凝后进行铺设。

2.钢筋网片相互应搭接牢固，且钢筋网应与钢格栅和纵向连接筋牢固连接。

### 6.7.5 锁脚锚管安装

1.锁脚锚管应按照设计要求进行打设。

2.每榀格栅钢架均应安装锁脚锚管，分别位于拱腰和拱脚位置，以限制初支下沉和防止初支向隧道内收敛变形，其尾部与拱架焊接牢固。

3.安装结束后应及时注浆。

### 6.7.6 小导管和锚管注浆

1.应根据设计配比进行浆液配制和注浆，施工时进行试注浆，确定各项注浆参数。

2.超前小导管和锁脚锚管均应按照试验参数进行注浆。

### 6.7.7 型钢拱架安装

1.应根据方案将成型的拱架切分成段，采用整体冷弯成型，保证钢拱架尺寸的准确性，使拱架安装成型后整体弧形圆顺，接头处相邻节段轴心重合，连接孔位置准确，确保拱架的结构受力性能。

2.保证连接板尺寸准确，螺栓孔孔形标准，焊缝饱满，焊接质量好。

### 6.7.8 喷射混凝土

1.初期支护必须在隧道开挖后及时施作。

喷射混凝土前，应检查开挖断面尺寸，清除开挖面、拱脚或墙脚处的浮渣等杂物，剔除疏松部分，设置控制喷层厚度的标志。

喷射混凝土应紧跟开挖工作面，喷射时自下而上进行，先喷钢格栅与壁面间混凝土，然后再喷两格栅之间混凝土；喷嘴与受喷面相垂直且相距 0.8~1.2m 为宜；分层喷射时应在前一层混凝土终凝后进行，如终凝 1h 后再喷射，应清洗喷层表面；喷射混凝土应密实、平整，无裂缝、脱落、漏喷、露筋、空鼓、渗漏水等现象。

喷混凝土料随拌随用，存放时间应不超过 20min；严格控制混合料的质量，严禁使用回弹料，喷射完毕后及时清理拱脚回弹料，防止卷入下部喷层中。

喷射完成后，对效果进行巡视检查，发现初支变形，厚度不满足要求，有漏喷、剥离、不密实、平整度差、钢筋外漏等现象，应进行处理。

喷射混凝土 2h 后进行养护，养护时间应不小于 14d。当气温低于+5℃时，不得喷水养护；喷射混凝土施工区及混合料进入喷射机温度均不低于+5℃，喷射混凝土强度低于设计强度的 40%时不得受冻。

2.喷混凝土严禁选用具有潜在碱活性骨料。喷混凝土的原材料、配合比、强度、坍落度、厚度必须符合设计要求。

3.喷混凝土方式应根据工程地质及水文地质、喷射量等条件确定，应采用湿喷方式。

4.对基面有滴水、淌水、集中出水点的情况，应采用埋管等方法进行引导疏干。

5.每次喷射厚度：边墙 70~100mm，拱部 50~60mm。

6.喷射混凝土表面应平整，平整度允许偏差为 30mm，且低凹处矢弦比不大于 1/6。

7.喷射混凝土的强度必须符合设计要求。用于检查喷射混凝土强度的试件，可采用喷大板切割制取。当对强度有怀疑时，可在混凝土喷射地点采用钻芯取样法随机抽取制作试件做抗压试验。

### 6.7.9 初期支护注浆

1.因喷射混凝土施工工艺限制，初衬背后可能存在空洞和间隙，为减小地表沉降，必须对初支背后进行注浆充填。一是对初支背后空隙进行充填，二是起到一定的防渗漏水作用。

2.注浆管根据设计要求进行埋设，在初衬施工时提前预埋到衬砌壁内。

回填注浆管预留位置要求准确，整齐划一、纵向成线。注浆压力应控制在

0.3~0.5MPa 左右，管口采用棉纱封堵，在开挖初期支护封闭成环 3~5m 后，及时进行回填注浆，严禁外露空管及漏注情况。

3.每成洞 5 到 10m 即可进行初期支护注浆，注浆效果应达到设计要求，一般为初期支护面无滴漏，无大面积湿渍。一次注浆效果不良可进行多次、分部注浆。

### 6.7.10 质量检验

#### 1.喷射混凝土

(1) 材料必须满足规范和图纸要求。

(2) 喷射前要检查开挖断面的质量，处理好超欠挖。

(3) 喷射前，岩面必须清洁。

(4) 喷射混凝土支护应与围岩紧密粘接，结合牢固，喷层厚度应符合要求，不能有空洞，喷层内不允许添加片石和木板等杂物，必要时应进行粘结力测试。喷射混凝土严禁挂模喷射。受喷面必须是原岩面。

(5) 支护前应做好排水措施，对渗漏水孔洞、缝隙应采取引排、堵水措施，保证喷射混凝土质量。

(6) 采用钢纤维喷射混凝土时，钢纤维抗拉强度不得低于 1000MPa，且不得有油渍及明显的锈蚀。

(7) 喷射混凝土中不允许填片石。表面平整度，用 2m 直尺靠量，最大凹凸量不得大于 50mm。

(8) 喷射混凝土表面无漏喷、离鼓、裂缝、钢筋网外露现象。

(9) 喷射混凝土支护的检查项目见表 6.9。

表 6.9 (钢纤维)喷射混凝土支护的检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	喷射混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 E 检查
2	喷射厚度 (mm)	平均厚度 $\geq$ 设计厚度； 检查点的 60% $\geq$ 设计厚度； 最小厚度 $\geq$ 1/3 设计厚度	凿孔法：区间每 20m、车站每 10m 检查 1 个断面；每个断面从拱顶中线起 2m 检查 1 点
3	空洞检测	无空洞，无杂物	凿孔或雷达检测仪：每 10m 检查一个断面，每个断面从拱顶中线起每 3m 检查 1 点

注：JTG F80/1-2017 附录 E

E.0.1 喷射混凝土抗压强度应在喷射混凝土板件上，切割制取 100mm×100mm×100mm

的立方体试件，在标准条件下养护至 28d，用标准试验方法测得的极限抗压强度。乘以 0.95 的系数（精确到 0.1MPa）。

E.0.2 单洞两车道或三车道隧道每 10 延米，应至少在拱部和边墙各取 1 组（3 个）试件。其他工程，每喷射 50~100m<sup>3</sup> 混合料或小于 50m<sup>3</sup> 混合料的独立工程，不得少于 1 组。材料或配合比变更时应制取新试件。

E.0.3 喷射混凝土强度的合格标准应符合下列规定：

当同批试件组数  $n \geq 10$  时，试件抗压强度平均值不低于设计值，任一祖试件抗压强度不低于 0.85 倍的设计值。

当同批试件组数  $n < 10$  时，试件抗压强度平均值不低于 1.05 倍设计值，任一祖试件抗压强度不低于 0.9 倍的设计值。

E.0.4 实测项目中培训混凝土抗压强度评定为不合格时，相应分项工程应为不合格。

## 2. 锚杆

(1) 锚杆的材质、类型、规格、数量、质量和性能必须符合图纸和规范要求。

(2) 锚杆插入孔内的长度不得短于设计长度的 95%。

(3) 砂浆锚杆和注浆锚杆的灌浆强度应不小于图纸和规范要求，锚杆孔内灌浆密实饱满。

(4) 锚杆垫板应满足设计要求，垫板应紧贴围岩，围岩不平时要用 M10 砂浆填平。

(5) 锚杆应垂直于开挖轮廓线布设。对沉积岩，锚杆应尽量垂直于岩层面。

(6) 锚杆支护的检查项目见表 6.10。

表 6.10 锚杆支护的检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	锚杆数量（根）	不少于设计	按分项工程统计
2	锚杆拔力（KN）	28d 拔力平均值图纸要求，最小拔力 0.9 图纸要求	按锚杆数 1% 做拔力试验，且不小于 3 根做拔力试验
3	孔位（mm）	±150	尺量：检查锚杆数的 10%
4	钻孔深度（mm）	砂浆锚杆 ±50； 楔缝式锚杆 0~+30； 胀壳式锚杆 0~+50	尺量：检查锚杆数的 10%
5	孔径（mm）	砂浆锚杆：> 杆体直径+15； 其它锚杆：符合图纸要求	尺量：检查锚杆数的 10%
6	锚杆垫板	与岩面紧贴	检查锚杆数的 10%

## 3. 钢筋网



- (1) 钢筋网与锚杆或其它固定装置连接牢固，喷射混凝土时不得晃动。
- (2) 钢筋网支护的检查项目见表 6.11。

表 6.11 钢筋网支护的检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	网格尺寸 (mm)	±10	尺量：每 50m <sup>2</sup> 检查 2 个点
2	钢筋保护层厚 (mm)	10	凿孔检查：每 10m 检查 5 点
3	与受喷岩面的间隙 (mm)	30	尺量：检查 10 点
4	网的长、宽 (mm)	±10	尺量

#### 4. 钢架

- (1) 钢架的形式、制作和架设应符合图纸和规范要求。
- (2) 钢架之间必须用纵向钢筋连接，拱脚必须放在牢固的基础上。
- (3) 拱脚标高不足时，不得用石块、碎石砌垫，而应设置钢板进行调整，或用混凝土浇筑，混凝土强度不小于 C20。
- (4) 钢架应靠紧围岩，其与围岩的间隙，不得用片石回填，而应用喷射混凝土填实。
- (5) 钢架支护的检查项目见表 6.12。

表 6.12 钢架支护的检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	安装间距 (mm)		50	尺量：每榀检查
2	保护层厚度 (mm)		20	凿孔检查：每榀自拱顶每 3m 检查 1 点
3	垂直度		5‰	铅锤法：每榀检查
4	安装偏差 (mm)	横向	±30	尺量：每榀检查
		纵向	±50	
		高程	±30	
5	拼装偏差 (mm)		±3	尺量：每榀检查

#### 5. 初支背后注浆

- (1) 注浆用水泥、外加剂等原材料必须符合设计要求及现行有关规范、标准的规定。
- (2) 浆液配合比应符合设计要求。
- (3) 注浆后初衬背后的土体应密实，不得有空隙。注浆结束后应分析注浆资料，对有怀疑的地方可采用钻芯法对注浆效果进行检查。
- (4) 注浆量及注浆压力应满足设计要求。

(5) 注浆应在初期支护混凝土达到设计强度后进行。

## 6.8 钢管柱

### 6.8.1 钢管柱人工挖孔

1.根据桩径破除洞底格栅，严禁超范围破除，洞底格栅混凝土破除后应按设计要求对格栅钢筋进行加固处理后方可割除格栅钢筋，确保导洞稳定性。

2.人工挖孔的原材料和混凝土强度必须符合设计要求。

3.人工挖孔一次进尺应符合设计要求，桩身的垂直度允许偏差应不大于 5‰。

4.人工挖孔时的施工安全防护和孔内通风等应符合设计、规范、规程、标准及相关文件要求。

5.人工挖孔桩的桩位必须符合设计要求，其允许偏差为：顺轴线方向 $\pm 50\text{mm}$ ，垂直轴线方向 $0\sim+30\text{mm}$ 。

6.人工挖孔桩成桩深度必须符合设计要求，其允许偏差为 $0\sim+300\text{mm}$ 。

### 6.8.2 钢管柱加工

1.钢管柱所采用的钢材的品种、型号、规格及质量应符合设计要求和国家现行有关产品标准的规定。

2.钢结构工程采用的原料及成品应进场验收。凡涉及安全、功能的原材料及成品按标准规定进行复验。

3.焊接材料的品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。焊条、焊丝、焊剂等材料与母材料的匹配应符合设计要求及国家现行行业标准。

4.设计要求全焊透的一、二级焊缝应采用超声波探伤进行内部缺陷的检验，超声波探伤不能对缺陷作出判断时，应采用射线探伤，其内部缺陷分级及探伤方法应符合国家现行标准。

5.钢管柱进场验收工作主要包括：构件核查、配件数量，检查钢构件上的钢板翅片、加劲肋板、栓钉及管壁开孔的规格数量，钢管表面是否有变形、脱漆等现象。

### 6.8.3 螺栓连接

1.钢结构连接用高强度大六角头螺栓连接副、扭剪型高强度螺栓连接副、钢网架用高强度螺栓、普通螺栓、铆钉、自攻钉、拉铆钉、射钉、锚栓（机械型和化学试剂型）、地脚锚栓等紧固标准件及螺母、垫圈等标准配件，其品种、规格、性能等应符合现行国家产品标准和设计要求。高强度大六角头螺栓连接副和扭剪

型高强度螺栓连接副出厂时应分别随箱带有扭矩系数和紧固轴力（预拉力）的检验报告。

2.钢结构制作和安装单位应按规范的规定分别进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验和复验，现场处理的构件磨擦应单独进行磨擦面抗滑移系数试验，其结果应符合设计要求。

#### 6.8.4 钢筋笼

1.钢筋下料长度根据技术交底，采用尺量长度，在考虑钢筋接头错位的长度后，做出明显的切割标记。

2.钢筋切割应采用钢筋切割机进行。在切割过程中，应保证钢筋切口的垂直，不能有马蹄形或挠曲。

3.存放于钢筋加工场的钢筋应分别挂牌，按型号规格分门别类存放在避风、无雨的地方，防止日晒。钢筋放置离地面不得小于 150mm，使钢筋免受腐蚀及受其他物质的污染。

4.钢筋的运输由龙门吊从井口吊至工作面。每次吊放数量、长度应适中，不应装载过重、过长构件，并采取措施绑扎固定。

5.钢筋安装采用柱内现场安装方法，主筋为直螺纹套筒连接，螺旋筋采用绑扎搭接。

6.钢筋笼配筋、尺寸、中心位置、长度应符合设计要求，钢筋笼锚入底纵梁和顶纵梁的长度应符合设计要求。

7.安装完成后，应检查直螺纹安装质量、主筋及箍筋间距、钢筋笼垂直度和中心位置，符合设计及规范要求后进行下道工序。

#### 6.8.5 钢管柱内混凝土灌注

1.钢管柱内浇筑宜采用微膨胀混凝土，浇灌工作应连续进行。

2.管内混凝土的浇灌质量，可采用敲击钢管的方法进行初步检查，如有异常，则应用超声波检测，对于不密实的部位，采用钻孔压浆的方法进行补强，然后将钻孔补焊封固。

#### 6.8.6 质量检验

1.钢管柱表面应干净光洁，无焊疤、油污和泥沙，以保证钢管柱内壁与核心混凝土紧密粘结。肋板、螺栓无锈迹。

2.钢管柱安装前应进行试拼装，确保每根钢管柱的柱顶标高及柱长符合设计

要求。

3.钢管柱垫铁规格、位置正确，与柱底面和基础接触密贴平稳，点焊、栓接牢固，垫铁下坐浆强度必须符合要求。

4.钢管柱安装前应对底纵梁上预埋的定位器进行复核。

5.钢管柱吊装就位后，应立即进行矫正，并采取临时固定措施，以保证构件的稳定性。

6.钢管柱定位及对接时，应保证钢管柱与法兰盘垂直。

7.钢管柱应进行防锈保护，除涂刷防锈漆外还要用塑料膜进行包裹。

8.车站钢管柱安装、加固完成后，钢管柱四周的空隙应及时回填砂料，填砂时应四周均匀回填，防止对钢管柱产生偏压。

9.其他质量检验标准同第五章的相关内容。

## 6.9 底纵梁、顶纵梁、冠梁

钢筋、模板、混凝土等质量控制同第四章有关内容。

## 6.10 初支扣拱

1.采用分段跳槽破除小导洞边墙，破除过程中加强监测和信息反馈，及时对分段破除长度进行调整，确保结构稳定。

2.导洞侧壁及仰拱破除采用风镐人工破除，待每组全部破除完成后再割除导洞格栅。割除导洞初支拱架时为防止烧穿预留的防水卷材，在防水层与钢板之间设置石棉布。

3.小导洞破除完成后，应将作为防水卷材基面的墙面用砂浆抹平。

4.其他质量控制同“台阶法”施工。

## 6.11 二衬扣拱

1.拆除临时支撑过程中及时将拱顶沉降点、收敛点转移到钢管柱上，并加强监控量测和巡视，掌握沉降及收敛动态，指导现场作业。

2.导洞中隔壁拆除应分段跳拆，先拆除中拱部位初支，然后再进行边拱部位初支的拆除。边拱拆除需对称施做，同时根据导洞初支高度，分段由上而下破除，中隔壁拆除高度以满足施工需要为宜，不宜一次性破除至导洞底部。

3.拆除导洞初支应设试验段，对试验段加强监测和巡视，试验段拆除工作无误后方可进行大面积跳拆。

4.破除时注意防水板和预埋拱顶钢筋接驳器的保护，破除完成后检查防水板

破坏情况，做好标记，及时修补。

5.应对顶纵梁预留的防水接头进行检查，破损部位及时修补，必要时采取预埋注浆管、增设止水胶等多道防水措施。

6.二衬扣拱钢筋绑扎前要对顶纵梁处的混凝土面进行凿毛处理，注意保护预埋筋接头。

7.台车就位后对其中线、高程进行检校，调整台车水平丝杆与竖向千斤顶，确保中线、高程完全满足设计要求。

8.边拱与墙接口部位预留斜向坡口，迎水面坡口应低于背水面。

9.预留好背后回填注浆管。

10.其他质量控制同本章二衬施工的内容。

## 6.12 临时支撑架立和拆除

### 6.12.1 一般规定

本节内容适用于中隔墙法（CD法）、交叉中隔墙法（CRD）、双侧壁导坑法等的中隔墙、临时仰拱的施工和拆除质量控制。

### 6.12.2 格栅架立

1.侧壁、中隔墙、临时仰拱构件的制作、安装应符合设计和规范要求。

2.上台阶V、VI级围岩开挖进尺控制为1榀拱架间距；IV级围岩开挖进尺为2榀拱架间距；下台阶开挖稳定土体每循环不大于4m，不稳定土体每循环不大于2m；仰拱开挖每循环不大于3m。

3.初期支护、临时仰拱、中隔墙、侧壁等各循环钢格栅连接处均设置有连接板，应栓接牢固。

4.各台阶开挖时需预留核心土反压。

### 6.12.3 侧壁、中隔墙、临时仰拱

1.侧壁、中隔墙架立好后，在内侧需设置模板牢固固定在格栅后，避免侧壁、中隔墙喷射混凝土开挖后不平整。

2.临时仰拱需在底部设置模板牢固固定在格栅后，可避免临时仰拱喷射混凝土不平整现象。

3.严禁采用干喷工艺喷射侧壁、中隔墙、临时仰拱的混凝土，厚度和强度必须符合设计要求。

#### 6.12.4 封闭成环

- 1.及时进行各部封闭成环工序。布设好沉降监控点，加强观测。
- 2.开挖过程中需在左右侧设置排水沟，反坡隧道需设置积水井，安装抽水机及时对积水进行抽排。
- 3.在初期支护成环地段回填适量开挖土石方，压实后可作为施工运输便道。

#### 6.12.5 侧壁、中隔墙、临时仰拱拆除

- 1.拆除作业点离最近的中部开挖掌子面距离不得小于 50m，临时支撑拆除后及时进行二衬支护。
- 2.布置变形观测点，取得拆除前的初始数据。
- 3.进行拆除试验，先采取隔 3 拆 1 的方法，在支撑钢架底部切开 20~30mm，观测隧道变形量和变形速率。再采取隔 1 拆 1 的方法，切开支撑钢架底部，观测隧道变形量和变形速率。
- 4.拆除临时支撑时，采用逐环拆除的方法，一次性拆除长度应控制在衬砌台车的长度内，以不大于 6m 为宜。
- 5.每环临时支撑拆除顺序为：上部中隔壁钢架→临时仰拱钢架→下部中隔壁钢架→下一环钢架的拆除循环。

### 6.13 防水

#### 6.13.1 基面处理

- 1.在进行隧道防水层施工前，应先对初支面进行外观检查。检查基面平整度、基面是否有渗水、初支背后注浆效果和基面是否有尖锐凸起等，防止刺穿防水层，破坏防水效果。
- 2.基面外露的锚杆头、钢筋头等坚硬物应用砂轮机割除，砂浆素灰抹面。凹凸不平处应补喷、抹平。
- 3.基面应坚实平整、无尖锐凸起，平整度应符合设计及规范要求。
- 4.防水基面严禁出现渗漏水 and 积水现象。

#### 6.13.2 无纺土工布安装

- 1.应对初期支护面进行净空复核测量和基面平整度处理。应凿除初衬结构侵限部分，不平整位置应用防水砂浆抹光压实，外露钢筋头进行切割打磨。
- 2.无纺土工布用塑料垫圈加膨胀螺钉或钢钉固定在初衬基面上。垫圈呈梅花形排列整齐，螺钉埋在垫圈的槽内，螺钉与垫圈间要有钢垫片。固定点根据设计

要求布设，一般仰拱 1.5m 一个固定点，边墙 1.0m 一个固定点，拱顶 0.5~0.8m 一个固定点。

### 6.13.3 喷涂速凝沥青橡胶

#### 1. 基层处理

基面应平整牢靠、清洁干燥，无尖锐物。当有铁管、钢筋、铁丝等凸物时，应从根部割除，并在割除部位用水泥砂浆覆盖处理，当喷射混凝土表面出现较大的尖锐的石子等硬物时，应凿除干净或用水泥砂浆覆盖处理，基层平整。

- (1) 钢筋网等凸出部分，应先切断后用锤铆平抹砂浆素灰。
- (2) 有凸出的管道时，应用砂浆抹平。
- (3) 锚杆有凸出部位时，螺头顶预留 5mm 切断后，用塑料帽处理。

#### 2. 复合层施工

##### (1) 铺设高密度聚乙烯片材（HDPE）

在隧道侧墙、拱顶上铺设高密度聚乙烯片材，将带垫片的钉子穿透高密度聚乙烯片材，直接钉到初衬上。射钉按梅花形布置，间距 500mm。

高密度片材采用从下向上的顺序铺设，松紧应适度并留有余量，高密度聚乙烯片材的搭接采用满焊法焊接，要求焊接严密，不得焊焦焊穿。高密度聚乙烯片材横向、纵向搭接宽度均应大于等于 100mm，采用满焊搭接。高密度聚乙烯片材厚度为 0.5mm。高密度聚乙烯片材铺设完成后，在钉帽 100mm 范围内粘贴单面丁基胶带做加强处理。

##### (2) 喷涂速凝沥青橡胶防水涂料的喷涂设备调试

- ① 启动发动机
- ② 调节工作压力，A 料泵 200psi，B 料泵（100-150psi）后，打开控压阀，检查压力表压力是否稳定。
- ③ 检查 A 剂和 B 剂回流管流通正常。
- ④ 卸掉 B 剂喷嘴打开转储阀，清洗管道。
- ⑤ 调试喷枪喷涂流量与扇面，检查有无堵塞和不畅；一切正常后开始喷涂施工。
- ⑥ 施工完后按照关压、关闭转储阀、停止发动机的顺序停机。

##### (3) 喷涂速凝橡胶沥青防水涂料喷涂施工

在已施工完成的高密度聚乙烯层上满喷速凝橡胶沥青防水涂料，要求喷涂均

匀，不得漏喷，喷涂厚度为 1.5mm。喷涂作业时，喷枪宜垂直于喷涂基层，距离宜适中，并宜匀速移动。喷涂时应按照先细部构造后整体的顺序连续作业，一次多遍、交叉喷涂至设计要求的厚度。当出现异常情况时，应立即停止作业，检查并排除故障后再继续作业。喷涂作业完毕后，应按使用说明书的要求检查和清理机械设备，并应妥善处理剩余物料。

#### 6.13.4 防水板安装

1.防水板用电烙铁热粘在垫圈上，施焊时防水板与垫圈应支垫平整，使防水板与初支面密贴，松紧适度，有效减少二衬脱空，杜绝防水板被烫伤，保证受热粘结后，悬吊受力均匀。

2.改进二衬台车端头模板构造型式，按设计位置在端头模板中部设置中置式止水带预留槽，端头模板与止水带同时安装，止水带经模板上的专用螺栓紧固，保证位置准确牢固。

#### 6.13.5 质量检验

##### 1.防水板

(1) 防水板表面应平顺，无折皱、无气泡、无破损等现象，与洞壁密贴，松紧适度，无紧绷现象。

(2) 防水板接缝、补眼粘贴应密实饱满，不得有气泡、空隙。

(3) 发现止水带破裂应及时修补。

(4) 衬砌脱模后，若发现因走模致使止水带过分偏离中心，应适当凿除或填补部分混凝土，对止水带进行纠偏。

(5) 防水板的检查项目见表 6.13。

表 6.13 防水板的检查项目

项次	检查项目		允许值	检查方法和频率
1	搭接宽度 (mm)		$\geq 100$	尺量：全部搭接均要检查，每个搭接检查 3 处
2	双缝热熔焊接，每条焊缝有效宽度 (mm)		$\geq 10$	尺量：每个焊缝检查 1 处
3	固定点间距 (m)	拱部	0.5~0.7	尺量：检查总数的 10%

##### 2.喷涂速凝橡胶沥青

喷涂速凝橡胶沥青防水涂料施工的质量要求同第四章的内容。

##### 3.止水带



止水带的检查项目见表 6.14。

表 6.14 止水带的检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	纵向偏离 (mm)	±50	尺量：每环 3 处
2	偏离衬砌中心线 (mm)	30	尺量：每环 3 处

## 6.14 二次衬砌

### 6.14.1 仰拱钢筋安装

1.仰拱初支施工前应检查地基承载力是否满足设计要求，否则应采取换填等措施处置，并保证无水作业，初支混凝土应采用湿喷工艺。

2.钢筋定位应准确，搭接采用双面焊，焊缝长度应满足规范要求。

3.钢筋搭接面应错开，同一截面内的接头数量不得超过 50%。

### 6.14.2 二衬钢筋安装

1.按设计要求准确加工各种规格的钢筋，应准确控制拱脚边墙预埋钢筋位置，保证二衬钢筋准确就位。

2.设置安装台车和定位架进行钢筋定位，充分利用标准的层间连接构造钢筋准确控制二衬两层钢筋的间距，保证钢筋环向位置的准确性。

3.采用卡具定位，控制主筋纵向间距；通过拉线，调整钢筋骨架线形。

4.采用高强混凝土垫块作为二衬钢筋保护层加强措施，确保钢筋保护层厚度满足要求。

### 6.14.3 二衬模板

1.模板接缝应平顺、严密，接缝应粘贴双面胶条、施工缝处应粘贴海绵条防止漏浆，浇筑混凝土前，模板内的杂物应清理干净。

2.固定在模板上的预埋件和预留孔洞不得遗漏，且应安装牢固，封头模板应根据结构尺寸加工成型，应牢固、平整、接缝严密，不漏浆。

### 6.14.4 二衬混凝土

1.应严格控制原材料质量，实时调整混凝土坍落度，改进振捣工艺，加强模板台车的维修和保养，使二衬混凝土拆模后表面平整、密实、光洁，色泽一致，达到内实外美的效果。

2.保证二衬混凝土结构浇筑的厚度。

3.保证二衬混凝土接缝平顺，色泽一致。

4.保证二衬混凝土表面平整光洁。

5.及时喷水养护。

#### 6.14.5 二衬注浆

1.应根据设计要求配制注浆浆液，提前进行试注浆，确定各项注浆参数。

2.应根据设计要求在二衬内埋置注浆管，绑扎或焊接到二衬钢筋上，管内采用土工布预堵塞。

3.二衬施工结束后，应及时进行二衬注浆，填充空洞、封堵缝隙。

#### 6.14.6 开挖过程排水及运输

1.开挖过程中应在左右侧设置排水沟，反坡隧道需设置积水井，安装抽水机及时抽排积水。

2.在初期支护成环地段可回填适量开挖土石方，压实作为施工运输便道，必要时可铺设钢板对便道进行加强。

#### 6.14.7 二衬后洞内排水

1.施工二衬仰拱时，应在中部留置深度 300mm、宽度 200mm 临时排水沟，便于后期隧道临时排水。

2.应及时冲洗成型二衬运输通道，清理水沟积水、积泥。

3.临时排水沟应在后期施工回填混凝土时一并回填。

#### 6.14.8 质量检验

1.边墙角、起拱线及拱顶结构的模板安装允许偏差应符合表 6.15 的规定。

表 6.15 边墙角、起拱线及拱顶结构的模板安装允许偏差检验标准

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法
1	边墙角	±15	尺量
2	起拱线	±10	尺量
3	拱顶	+10, 0	水准测量

2.混凝土结构检验标准应符合表 6.16 的规定。

表 6.16 隧道结构各部位检验标准

序	项目	允许偏差 (mm)	检验频率	检验方法、
---	----	-----------	------	-------

号		内墙	仰拱	拱部	变形缝	柱子	预埋件	预留孔洞	范围	点数	
1	平面位置	±10			±20	±10	±20	±20	每施工段	1	用钢尺量
2	垂直度(%)	2				2				1	吊线、用钢尺量
3	直顺度				5					1	
4	平整度	15	20	15		5				3	3m靠尺检查
5	高程		±15	+30 0						1	水准仪测量

### 6.15 监控量测

1.各项量测作业均应持续到变形基本稳定后 2~3 周，停止量测作业须经监理工程师批准。

#### 2.数据处理和应用

(1) 应及时对现场量测数据绘制时态曲线（或散点图）和空间关系曲线。

(2) 当位移-时间曲线趋于平缓时，应进行数据处理或回归分析，以推算最终位移和掌握位移变化规律。

(3) 当位移-时间曲线出现反弯点时，则表明围岩和支护已呈不稳定状态，此时应密切监视围岩动态，并加强支护，必要时暂停开挖。

(4) 隧道周壁任意点的实测相对位移值或用回归分析推算的总相对位移值均应小于表 6.17 所列数值。当位移速率无明显下降，而此时实测位移值已接近表列数值，或者喷层表面出现明显裂缝时，应立即采取补强措施，并调整原支护设计参数或开挖方法。

表 6.17 隧道周边允许相对位移值 (%)

围岩类别	覆盖层厚度 (m)		
	<50	50~300	>300
III	0.1~0.3	0.2~0.5	0.4~1.2
IV	0.15~0.5	0.4~1.2	0.8~2.0
V	0.2~0.8	0.6~1.6	1.0~3.0

注：①相对位移值系指实测位移与两测点间距离之比，或拱顶位移实测值与隧道宽度之比。

②脆性围岩取表中较小值，塑性围岩取表中较大值。

③VI、II、I 级围岩可按工程类比初步选定允许值范围。

④本表所列数值可在施工中通过实测和资料积累作适当修正。

(5) 埋设量测元件情况和量测资料均应整理清楚报监理工程师核查，并作为竣工交验资料的一部分。

(6) 根据量测结果进行综合判断，确定变形管理等级，据以指导施工。变形管理等级见表 6.18。

表 6.18 变形管理等级

管理等级	管理位移	施工状态
III	$U_0 < (\frac{1}{3} U_n)$	可正常施工
II	$(\frac{1}{3} U_n) \leq U_0 \leq (\frac{2}{3} U_n)$	应加强支护
I	$U_0 > (\frac{2}{3} U_n)$	应采取特殊措施

注：U<sub>0</sub>：实测变形值；U<sub>n</sub>：允许变形值。

### 3. 监控量测管理

(1) 隧道量测应成立专门量测小组，或委托有相应资质的其它单位承担。

(2) 在提交实施性施工组织设计的同时，应提交详细的监控量测计划。计划中应包括量测内容、方法、量测仪器、测点布置、量测频率、数据处理、量测人员及其负责人，并报监理工程师批准后执行。

(3) 量测组负责测点埋设、日常量测、数据处理和仪器保养维修工作并及时将量测信息反馈于施工和设计。当量测任务委托给其它单位承担时，应为量测单位的量测工作提供方便和积极配合，包括以下内容：打眼、埋点、测点保护、高空作业等以及其它与此有关的监理工程师指定的工作。

(4) 监控量测资料应列入竣工文件。

## 第七章 盾构法施工质量控制

### 7.1 盾构机选型

盾构机选型应根据工程实际地质、水文、技术力量等合理制定方案，并组织专家进行论证后确定。

#### 7.1.1 复合式土压平衡盾构机

主要适用于高透水的砾砂土层或卵（砾）石土层中的掘进。同时，该盾构机“软硬通吃”，具有较强的地质适用性。

#### 7.1.2 加泥式土压平衡盾构机

主要适用于冲积砂砾、沙、淤泥、粘土等固结度较低的软地层、洪积地层以及软硬相叠地层等。

#### 7.1.3 泥水平衡盾构机

主要适用于冲积砂砾、沙、淤泥、粘土层或者叠层中地层结构松软层、含水量较高而工作面不稳定层、以及洪积砂砾、沙、淤泥、粘土层，或者相叠层中水分较多，有可能由于涌水引起崩塌地层等。

#### 7.1.4 硬岩掘进机（TBM）

主要适用于自稳性良好、中～厚埋深、中～高强度的岩层中掘进。

### 7.2 施工过程控制

#### 7.2.1 洞门钢环试拼及吊装

1.洞门钢环应严格按照设计要求由专业厂家加工制作，加工完成运至现场后，应组织有关人员洞门钢环进行进场验收，验收其钢板壁厚、预埋件位置和尺寸、每节洞门钢环矢长和弧长、焊缝质量等内容。

2.洞门钢环在向基坑内吊装前，需在硬化好的混凝土平台上进行试拼，混凝土平台平整度允许偏差 5mm，由相关单位人员一起参与试拼验收，如试拼测量数据超过设计和规范允许偏差，需进行调整。

3.洞门钢环吊装应有专项吊装方案，经监理、建设单位审批后方可实施。

4.洞门钢环一般分成两片或者三片分别吊运拼装，吊装机械采用汽车吊或龙门吊。

#### 7.2.2 盾构钢环预埋

1.洞门钢环支撑应牢固，一般使用工字钢、槽钢对洞门钢环进行内支撑，同时在主体结构端墙内预埋连接钢板或工字钢等连接件，以使洞门钢环有稳定、牢

固的固定点，便于其定位并确保其在吊装及混凝土浇筑过程中不变形。

2.洞门钢环吊装前及吊装过程中，应对洞门钢环位置进行准确定位，并把控制点标识在结构或附近墙面上。

3.洞门钢环在基坑内吊装作业时，应在靠近洞门钢环安装位置附近搭设牢固作业平台，并有专人指挥。

4.洞门钢环预埋混凝土浇筑过程中，应采取增大洞门钢环附近混凝土坍落度、减小混凝土中石子粒径、在洞门钢环上临时开口、用小型振捣泵等措施，保证洞门钢环周边混凝土的密实度。

5.如设计无洞门钢环安装允许偏差，可参照以下数据：预留孔洞中心位置 10mm，预留孔洞尺寸 0~+10mm，预埋件中心位置 3mm，外露长度 0~+10mm。

### 7.2.3 始发基座及反力架安装

1.应严格控制始发托架、反力架和负环的安装定位精度，保证隧道中心的精度，反力架安装位置误差不能超过 10mm，确保盾构始发姿态与设计线路基本重合。

2.始发台定位应考虑盾构机自重，将高程提高 10~20mm，曲线段始发应考虑割线始发。

3.盾构始发前应采取措施防止盾构始发时可能栽头或下沉。

4.盾构机始发前及始发过程中应检查始发托架及反力架加固效果，如出现变形或移位，应立即停机加固。

### 7.2.4 端头加固及探孔

1.盾构始发、接收时，洞口段地层应预先采用旋喷桩、搅拌桩或注浆等进行加固处理，以保证盾构机始发、接收的安全，加固范围应根据实际水文地质条件确定，设计未明确时，始发段和接收段加固长度范围一般为 10m，隧道周边各 3m。加固后的地基应具有良好的均匀性和自立性，其无侧限抗压强度应达到 1.0~1.5MPa。

2.始发前应对加固效果进行水平取芯检查，可在洞门范围内打设至少 5 个水平探孔，探孔直径 100mm，深度根据端墙厚度和加固范围确定，通过水平探孔观察洞门是否达到无渗漏水，或 5 孔总渗水量小于 30L/h 的要求。

### 7.2.5 盾构机吊装、组装

1.起重吊装作业应编制安全专项方案。

- 2.进场设备必须严格履行报验手续，确保设备工况良好，安全装置完备有效。
- 3.吊装前，应对盾构的吊耳焊接质量委托检测，并出具检测报告。
- 4.吊装前，应对地基承载力进行验算、对端头加固效果进行检测、对周围环境进行预判，再进行试吊。
- 5.现场必须设置警戒线，非作业人员严禁进入吊装作业区域。
- 6.吊装过程中应有专职安全员全程监控，发现异常应及时停止吊装作业。
- 7.吊装作业必须严格遵守“十不吊”规定，并按起重吊装安全操作规程进行吊装作业。
- 8.多台吊车联合作业时，应制定防撞措施，并服从统一指挥。

#### 7.2.6 盾构机调试

- 1.参加盾构机调试的技术人员、修理人员在调试前应经过培训、交底，熟悉盾构机的图纸，了解机器的性能及调试的技术要求，以确保盾构机调试能顺利进行。
- 2.每调试一个部位、系统，应有专人负责检查、验收，并有专人进行记录。
- 3.针对调试验收中存在问题归类整理出相关资料。针对调试验收没有达到标准的项目，应及时与盾构机生产厂家进行沟通交涉，确保所有项目均达到出厂标准。

#### 7.2.7 管片进场验收

- 1.管片表面应光洁平整、无蜂窝、露筋、夹渣、疏松、无裂缝、缺角飞边。
- 2.止水带附近严禁有缺陷。
- 3.螺栓孔应贯通，灌浆孔应完整，无水泥浆等杂物；每块管片均有唯一的标识。
- 4.尺寸偏差及强度符合设计及规范要求。

#### 7.2.8 管片防水

- 1.盾构管片防水材料及管片螺栓等材料必须在监理工程师现场监督下，按规定抽检比例送具有专业资质的第三方检测机构检测合格后才能投入使用。
- 2.管片槽缝应清理干净，密封条应粘贴牢固，不得出现空鼓、开胶现象。
- 3.处理程序：管片槽缝清理→止水条安装→涂刷防腐涂料→成品保护。
- 4.粘贴防水条的管片应有防晒措施，遇水膨胀止水条应有防雨防潮措施，所有橡胶制品、胶水应按规定采取防老化、防火措施。

### 7.2.9 负环拼装与加固

1.负环管片应为钢筋混凝土标准环管片。根据反力架的位置和车站端头的长度，推算出负环环数并进行编号。

2.负环管片在进行空拼前应先将焊接导轨和限位板。导轨设置在千斤顶和盾尾密封刷之间，一般可采用 [30 槽钢制作，在下部均匀设置 4 条；焊接 I 20 工字钢加肋作为限位板，管片安装后，在盾尾上焊接形成加肋型钢板将管片固定住。

3.为保证拼装位置正确，成环后不至发生位移或椭圆，管片在整环拼装、推出盾尾后可采用  $\Phi 20\text{mm}$  钢丝绳在外侧将管片勒住，并及时进行支撑加固，防止管片下沉或失圆。

### 7.2.10 洞口管片紧固装置

1.为防止因推进油缸反力不足引起管片环缝接触松弛、张开并造成漏水，出洞时，盾构机拆除前管片应加设管片紧固装置；进洞时，临时管片拆除前应加设管片紧固装置；待后浇环梁浇筑后再拆除管片紧固装置。

2.洞口管片紧固装置可采用 [14b 槽钢，沿成型隧道周边设置 6 道，一般纵向拉紧加固长度为 10 环管片。

### 7.2.11 管片垂直、水平调运

1.盾构掘进所需物资如管片、螺栓、油脂、液压油等均从地面通过龙门吊运送至电瓶车编组，再由电瓶车在洞内运送至盾构机。

2.管片运输前应进行检查，对于止水条脱落、漏筋、缺边掉角的管片不得运输进洞。

3.管片吊运装车应采用承载力满足要求的吊带，管片吊带应增加保护套，防止吊带磨损，延长使用时间，保证吊具与管片之间为柔性接触，以保护管片。

4.管片运输应使用专用平板车，平板车上放置专用小方木，运输过程中应平稳行驶，且堆放高度不超过三层。堆放管片场地应坚实平整，堆场四周应有排水设施。门式起重机下堆场管片应为立式、两层堆放，下层与地面之间、上下层管片之间均应设置方木。其它应急堆场堆放形式可为平放，堆放高度不超过三层，管片与地面、管片与管片之间均放置方木，避免管片与管片碰撞、管片与地面碰撞造成的破碎。采用立式放置方式时应在管片上设置防撞装置，保证管片与管片之间的距离。

5.盾构管片往喂片机上运送时需确保管片朝向正确，避免朝向错误导致的返



工延误。

6.对管片止水胶条、丁晴软木橡胶板等状况进行再次检查，确保管片安全。

7.对管片运输顺序进行检查，确保与拼装顺序对应。

### 7.2.12 管片拼装

1.应将每块管片6个面清洗干净，无任何黏着物，盾尾仓内泥砂等杂物必须清理干净，以免管片拼装时，导致管片环面发生错台现象。

2.检查管片的止水带有无脱落的现象，以免在管片拼装时翻到槽外，使与前一环的环面不密贴，引起管片的渗漏水现象。

3.沿圆周方向等距测量8个点位盾尾间隙，管片超前量，选取管片封顶块最合理安装位置。

4.封顶块拼装前，沿封顶块弹性橡胶密封圈纵向涂抹润滑油脂，测量拼装净空与封顶块尺寸，确保封顶块能顺利插入。

5.首先安装最下方一块管片，由下到上左右对称安装剩余管片，最后安装封顶块管片。

6.封顶块管片安装时，先径向搭接2/3，再径向插入，边调整位置边缓慢纵向顶推。

7.抓举提升、转动、定位过程中拼装机动作应缓慢，避免急停急起导致管片磕碰掉角，吊装孔破碎。

8.管片定位时，需专人测量管片错台，精确指挥管片的微调。

9.管片安装成环后，紧固管片连接螺栓，使管片与已成型隧道形成统一整体。

10.管片拼装允许偏差为：高程和平面 $\pm 50\text{mm}$ ，每环相邻管片平整度 $5\text{mm}$ ，纵向相邻环间平整度 $6\text{mm}$ 。在地铁隧道建成后，中线允许偏差为：高程和平面 $\pm 100\text{mm}$ ，且衬砌结构不得侵入建筑限界；每环相邻管片允许高差 $10\text{mm}$ ，纵向相邻环管片允许高差 $15\text{mm}$ ；衬砌环直径椭圆度小于 $5\%D$ 。

11.整环拼装相邻环环面间隙 $0.6\sim 0.8\text{mm}$ ，整环拼装纵缝相邻块间隙 $1.5\sim 2.5\text{mm}$ 。

### 7.2.13 渣土改良

1.根据不同添加剂的改良机理及实际工况，应合理选择各个注入孔注入的添加剂类型。对于刀盘中心注入孔，应选择注入泡沫；对于螺旋机筒体上的注入孔，如有必要，应优先选择加入膨润土浆液；此外，其他孔应根据注入量的大小进行

选择，确保每种浆液均能够均匀注入土仓及开挖面内。

2.对于单一地层，施工过程中，同一注入孔应避免频繁更换添加剂种类。如果确实需要更换，则应利用清水将管路完全清洗干净后，方可进行更换。

3.盾构推进前，首先应加入泡沫，转动刀盘，待刀盘扭矩正常稳定后，再向前推进，同时加入泥浆。每环推进完成后，先停止加泥浆，转动刀盘 3min 左右再停止加泡沫。

4.泥浆和泡沫的流量根据每环设计加量和掘进速度确定：理论流量=每环设计加量×掘进速度/环宽。在加入过程中，由于土仓的土压会平衡一部分管道的压力，所以操作时泥浆和泡沫流量参数设定应略高于理论值，并根据土压力变化和螺旋机的出渣状况及时调整。

#### 7.2.14 盾构掘进

1.盾构始发和接收工作井间应建立统一的施工控制测量系统，每个井口应布设不少于 3 个控制点。

2.隧道内控制网宜为支导线和支水准路线，当有联络通道时，应形成附和路线或结点网。长隧道宜布设交叉双导线。

3.施工导线和施工水准应随盾构掘进布设，当直线隧道掘进长度大于 200m 或到达曲线段时，应布设施工控制导线和控制水准。

4.盾构就位后应采用人工测量方法测定盾构的初始姿态，人工测量与盾构导向系统测量校差不应大于 2m（m 为点位测量中误差）。

5.盾构每掘进 20 环，需对成型管片进行测量，及时反馈成型管片姿态；盾构每掘进 150m 需对盾构机姿态进行一次人工复测，确保导向的准确性。对转弯段盾构隧道应加密人工复核测量。

6.自动导向系统中全站仪与激光靶（棱镜）距离不宜超过 100m，以免影响测量精度。

7.隧道贯通后应进行贯通测量，包括隧道的纵横向和高程贯通误差。

8.竣工测量中，隧道在直线段每 10 环、曲线段每 5 环应测量 1 个横断面，横断面上的测点位置、数量应满足设计要求。

9.施工中应设专人按规定进行监测，并及时反馈，指导施工。监测单位、施工单位及监理单位应建立相应的环境监测巡视制度。

10.推进过程中应掌握好开挖面土仓压力（泥水压力）、推力、推进速度、出

土量、千斤顶工作油压、注浆等施工参数，并做好记录。

11.盾构施工过程中应实时进行盾构与管片姿态人工复核测量、跟踪与信息反馈，指导下阶段的盾构机姿态和掘进轴线的控制。

12.盾构掘进引起的地面累计沉降量不得大于 30mm，最大隆起量不得大于 10mm；建（构）筑物、管线以及有特殊要求的地段，其隆沉量应满足相关规范和权属单位要求。

13.盾构掘进时，应根据情况及时补充盾尾密封油脂，有效防止水土砂、注浆浆液等击穿盾尾刷。

14.当停止掘进时，应采取措施稳定开挖面。

15.应考虑成型管片上浮或下沉影响，施工过程中应按照导向系统数据控制刀盘开挖中心点位置。

16.应做好在水平曲线段联络通道处通用管片拼装的提前排版，防止在此区域纠偏带来管片错台超标加剧。

17.隧道轴线施工允许偏差应为 $\pm 50\text{mm}$ 。

#### 7.2.15 盾尾间隙控制

1.掘进开始前，应准确测量盾尾间隙和油缸的行程差（推进油缸和铰接油缸），推进油缸上下、左右的差值不宜超过 100mm，盾尾间隙不小于 40mm。

2.盾尾间隙沿圆周方向测点数不应少于 8 处。

3.掘进开始时至掘进结束时，盾尾间隙测量频率每环不应小于 2 次。

4.当盾尾间隙过小时，应及时调整管片拼装点位和盾构推进姿态，使盾尾间隙趋于正常值。

#### 7.2.16 同步注浆

1.同步注浆与盾构掘进应同时进行，通过同步注浆系统及盾尾的外置注浆管，在盾构向前推进盾尾空隙形成的同时进行，采用双泵四管路（八注入点，其中四注入点备用）对称同时注浆。

2.同步注浆的水泥、粉煤灰、河沙、膨润土等材料进场应进行抽样送检，检测合格后方可使用。

3.注浆浆液拌制应严格按照配合比报告中显示的配合比进行，浆液应具备良好的和易性及可泵性。

4.每环注浆量充填系数应根据地层条件、施工状态和环境要求确定，充填系

数宜为 1.30~2.50。

5.注浆时应采用压力和注浆量“双控”标准，注浆压力必须满足设计要求，注浆量作为参考。

6.每次注浆完成后及时清理注浆管路，防止堵塞及压力异常。

### 7.2.17 二次注浆

1.二次注浆的水泥、水玻璃等材料进场应进行抽样送检，检测合格后方可使用。

2.注浆浆液拌制应严格按照配合比报告中显示的配合比进行，浆液应具备良好的和易性及可泵性。

3.二次注浆应在管片脱出盾尾 5~10 环、同步注浆浆液凝固后进行。

4.注浆过程中注浆压力不宜大于 0.5MPa，如果注入过程中盾尾出现漏浆现象，应停注 5~10min 后再重新注入。

5.注浆压力应满足设计压力。

### 7.2.18 盾构到达

1.盾构到达前 200m、50m 要进行导线和高程测量多层复测，并报监理审核，同时应对到达洞门进行测量，以精确确定其位置。

2.应以距离洞门 80m 为起点，制定严格的掘进出洞计划，严格控制轴线，并落实到每一环。

3.在距离洞门 30m 时，应采取辅助措施加强管片环间连接，以防盾构掘进推力的减少引起环间松动而影响密封防水效果。

4.在到达前 6 环时，应特殊制定掘进参数的计划，确保到达端墙的稳定性和防止地层坍塌。

5.到达前 6 环的注浆材料配合比要进行调整，必要时可通过盾构壳体设置的孔向盾壳外注入聚氨脂来止水，以防涌水、涌泥而引起地层坍塌。

6.盾构机刀盘抵达车站的围护结构时，开始车站围护结构的凿除工作，以防止地层的坍塌。

7.接收基座制作前应进行结构受力验算。

8.接收基座进场后，应复核其结构、尺寸是否满足设计要求。

9.接收基座安装前，底部垫层强度应满足受力要求，垫层顶面应保持在同一平面内，防止基座底部产生悬空现象；根据线路轴线用全站仪放样基座轴线位置。

10.托架下放前根据测量结果确定托架安放平面位置及高程，托架定位完成后采用型钢对托架进行固定。

11.接收基座安装时，根据放样轴线位置，将接收基座中心线与之完全重合，基座最后端与内衬墙保持 500mm 间距，以保证折页压板外翻所需空间。

12.在托架与洞门间设置轨道梁，便于盾构机步上托架；托架轨道上涂刷黄油，减小盾构机的摩擦阻力。

13.接收基座安装到位后，在基座前后左右四周分别对基座进行加固，防止盾构推进过程中，导致接收基座产生位移而影响盾构机接收。

### 7.2.19 盾构机拆解、吊出

1.拆机吊装时，吊耳焊接前必须将焊接区域打磨干净。采用双 V 型坡口焊接，施焊时从底座的中心开始焊接，焊接过程不可中断，以免影响焊接质量，焊接完成后进行外观检查及无损探伤检测，检测合格后方可进行吊拆作业。

2.进行正式起吊前需进行试吊作业，检查吊钩是否有虚钩处，机身是否倾斜等。检查绳扣、吊车各部件及刹车、支腿，完好无异常后，起升至离地高度 500mm，悬停 5min，之后落下，在该过程中测量基坑变形情况。基坑安全后，把吊件从一侧吊到另一侧，在该过程中测量基坑变形情况。上述过程基坑均安全后方可继续下井吊装。

3.起重工、信号工必须经专门安全技术培训，持证上岗。

4.吊拆过程中，应严格控制构件吊运的平顺性，防止构件与车站主体结构发生刮碰的现象。

### 7.2.20 质量检验

#### 1.始发和到达

(1) 始发、到达设施准备必须完备，包括以下内容：

- ①应设置符合工程需要的浆液站，同时符合环境保护要求。
- ②供电设备必须满足盾构法施工的要求。
- ③选择合理的水平及垂直运输的设备。
- ④根据盾构施工的辅助工法，设置必要的辅助设施。
- ⑤始发、到达井内盾构基座必须满足盾构安装、试运转及始发到达的要求。
- ⑥始发井内设置满足始发要求的反力架和洞口密封装置。

(2) 根据设计文件和地质条件，始发、到达前对洞口段土体加固的范围、

质量（包括加固土体的强度、抗渗指标等）应符合设计要求，并通过检测确认后  
方可始发和到达。

（3）盾构始发、到达前必须测设盾构的位置和姿态，符合施工方案要求后  
方可拆除洞口封门，开始初始掘进和接收。

## 2.盾构掘进

（1）应严格控制推进轴线，盾构主机的轴线允许偏差为 50mm，高程为±  
50mm。施工单位每推进 10 环测量不少于 1 处，监理单位抽查施工单位检查量的  
10%。

（2）盾构始发掘进 50~100m 后，应总结出一份掘进报告，作为后续掘进的  
参考。

（3）盾构纠偏必须防止盾尾漏浆、纠偏量要保证不损坏管片衬砌，并确保  
新一环管片的顺利拼装。

（4）盾构隧道工程施工引起的地表隆沉值：隆起应不大于 10mm，沉降应  
不大于 30mm。

（5）盾构掘进速度，应与地表控制的隆陷值、进出土量、正面土压平衡调  
整值及同步注浆等相协调。

（6）盾构掘进过程中，工作面的压力应通过试掘进段 50~100m 后确定，  
在掘进过程中应及时调整掘进参数并保证开挖面的稳定。

## 3.管片拼装

（1）管片拼装应严格按设计要求进行，管片无内外贯穿裂缝，无大于 0.2mm  
的推顶裂缝及混凝土剥落现象。

（2）管片防水密封条质量应符合设计要求，无缺损，粘结牢固，平整，防  
水垫圈无遗漏。

（3）螺栓应全部穿进，螺帽拧入螺杆的丝距应符合设计要求，螺栓质量及  
拧紧度必须符合设计要求。衬砌内表面的外露铁件防腐处理应符合设计要求。

（4）施工中管片拼装允许偏差和检验方法应符合表 7.1 的规定。

表 7.1 管片拼装成环允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查频率
1	衬砌环直径椭圆度	±5‰D	断面仪、全站仪测量	每 10 环
2	隧道轴线平面位置	±100	用全站仪测中线	每 10 环

序号	项目	允许偏差 (mm)	检验方法	检查频率
3	隧道轴线高程	±100	用水准仪测高程	每 10 环
4	衬砌管片环向内错台	5	用尺量	4 点/环
5	衬砌管片环环间错台	6	用尺量	4 点/环

注：D 指隧道的外直径，单位:mm。

#### 4.成型隧道

- (1) 成型隧道结构表面无裂缝、无缺棱掉角，管片接缝符合设计要求。
- (2) 隧道无渗漏水现象，防水达到设计要求。
- (3) 隧道衬砌结构无侵入建筑限界现象。
- (4) 成型隧道轴线平面偏差小于 100mm；高程偏差小于 100mm。
- (5) 成型隧道衬砌环直径椭圆度需控制在 0.6%D 内。
- (6) 盾构施工隧道贯通测量中限差应符合表 7.2 的要求。

表 7.2 隧道贯通限差

隧道长度 L (km)	L < 4	4 ≤ L < 8	8 ≤ L < 10
横向贯通误差 (mm)	100	150	200
高程贯通误差 (mm)	70		

注：作业时，可根据隧道施工方法和隧道用途的不同，当贯通误差的调整不会显著影响隧道中线几何形状和工程性能时，其横向贯通限差可适当放宽 1~1.5 倍。

### 7.3 土压平衡盾构掘进

土压平衡盾构机是通过马达驱动刀盘旋转切削土体，同时盾构机液压千斤顶将盾构机向前推进，并向密封仓内加入塑流化改性材料，与开挖面切削下来的土体经过充分搅拌，形成具有一定塑流性和透水性低的塑流体。同时通过伺服控制使盾构机推进速度与螺旋输送机向外排土的速度相匹配，经仓内塑流体向开挖面传递设定的平衡压力，实现盾构机始终在保持动态平衡的条件下连续向前推进。该掘进模式主要通过控制盾构推进速度和螺旋输送机的排土量来产生压力，并通过测量土仓内土压力来随时调整、控制盾构推进速度和螺旋输送机转速。

#### 7.3.1 土仓压力控制

(1) 合理计算土仓压力。土仓压力上限值为地下水压力、静止土压力、被动土压力之和，下限为地下水压力、主动土压力、被动土压力之和。

(2) 盾构始发掘进阶段由于受到尾盾密封及洞门密封等因素的限制，土仓压力实际设定值不宜过高。

(3) 加固区土仓压力设定。始发端头一般采用高压旋喷桩、搅拌桩或注浆进行加固，加固范围沿隧道轴线方向不应小于 3 m，掘进土仓压力值可取 50~60kPa。根据地面监测情况，小范围内调整土仓压力设定值。

(4) 出加固区的土仓压力设定。盾构出加固区，在保证尾盾密封及洞门密封圈安全的条件下，逐步提高土仓压力设定值至理论计算值，并根据地面监测情况进行调整。

### 7.3.2 出渣量控制

(1) 每环理论出渣量为隧道断面面积、管片长度、渣土分散系数的乘积。盾构推进出渣量控制在 98%~102%之间。上部有建筑构造物时出渣量按 98%控制，减少出渣对原状土层的扰动。

(2) 应严格控制盾构机的超挖和负挖现象的产生。掘进过程中必须严格控制掘削量，发现超挖和负挖现象及时调整。掘进过程中要时刻记录出土速度和土仓压力，并对掘进段地表进行实时监测，当发现掘削发生骤变时，应立即进行分析，查明原因并及时调整有关参数，确保开挖面稳定。

(3) 在复杂地层盾构宜配置皮带出渣称量及自动记录装置，渣罐吊装龙门吊宜配置称量及自动记录装置，必要时可配置记录数据远程自动传输，提高控制出土数量的准确性。

### 7.3.3 推进速度

掘进速度及推力的选定应以保持土仓压力为目的，根据施工的实际情况确定并调整掘进速度及推力。一般情况下可取 25~45mm/min。上部分布有建（构）筑物时，应匀速推进，尽量减少盾构推进速度不均匀造成对土体的扰动。

### 7.3.4 渣土改良

#### 1.目的

- (1) 使渣土具有较好的土压平衡效果，利于稳定开挖面，控制地表沉降。
- (2) 使渣土具有较好的止水性，以控制地下水流失。
- (3) 使切削下来的渣土顺利快速进入土仓，并利于螺旋输送机顺利排土。
- (4) 对黏土地层盾构宜配置自动测温及自动记录装置，并保持记录的客观真实，及时采取措施防止土渣粘结刀盘而产生泥饼。
- (5) 防止或减轻螺旋输送机排土时的喷涌现象。
- (6) 有效降低刀盘扭矩及螺旋输送机扭矩，降低对刀具和螺旋输送机的磨



损，提高盾构机掘进效率。

## 2.方法

渣土改良方法包括向刀盘、土仓及螺旋输送机添加泡沫剂、膨润土泥浆和高分子聚合物等改良材料。具体为：

### (1) 泡沫剂的使用

泡沫通过盾构机上的泡沫系统注入。

泡沫的组成比例如下（一般为）：

泡沫溶液的组成：泡沫添加剂 3%，水 97%。

泡沫组成：90~95%压缩空气和 5~10%泡沫溶液混合而成。泡沫的注入量按开挖方量及渣土实际情况计算：一般 300~600L/m<sup>3</sup>。

### (2) 膨润土泥浆的使用

配合比为：水:膨润土:粉煤灰:添加剂=4:1:1:0.1，加泥量为 5%~20%出土量，从刀盘前方注入。

### (3) 高分子聚合物的使用

可与泡沫剂配合使用。在砂砾类地层中可按 2~5‰的比例稀释，注入率为 10~20%；在黏土类地层中可按 0.3~1‰的比例稀释，注入率为 25~40%。当与外加剂配合使用时，应酌量增减。

### (4) 渣土改良措施

①在粉质粘土层、砂层掘进中，主要是稳定开挖面，防止刀盘产生泥饼，并降低刀盘扭矩。应采取分别向刀盘面和土仓内注入泡沫的方法进行渣土改良，必要时可向螺旋输送机内注入泡沫。同时，采用增大刀盘开口率等方法来防止泥饼形成。泡沫的注入量为每立方米渣土 300~600L。

②在砂性土地层中掘进时，由于土的摩擦力大、渗透系数高、地下水等原因，仅掘进切削的土体提供的被动土压力，不足以抵抗开挖面的水土压力；在粉土、细砂层虽然含水，但一经挤压，水分流失，砂层就会固结，土仓进土困难，掘进时刀盘主推油压急剧增大，刀盘扭矩常不足以维持正常推进切削需要。为此应改善砂质土的流塑性和止水性，从而达到保持土仓内的压力平衡及开挖土的流动性，以稳定开挖面，控制地层沉降。

## 7.3.5 渣土运输

开挖的土料从泥土仓由螺旋输送机运至皮带输送机上方的卸料口。皮带输送

机从螺旋机卸料口下将渣土通过台车上部运至等待装渣的运渣车。空的运渣车依次在皮带运输机的卸料口下方位置装运渣土。利用挖机将渣坑中渣土装入能封闭的自卸式运输汽车，然后按照指定运输路线运至指定的弃土场。在出渣门口设置洗车槽，运输车辆出施工场地前进行清洗，以免泥土散落污染环境。

### 7.3.6 施工控制

1.施工前，必须根据隧道地质状况、埋深、地表环境、盾构姿态、施工监测结果制定当班盾构掘进施工指令，并准备好壁后注浆工作、管片拼装工作。

2.施工中必须严格按照盾构设备操作规程、安全操作规程以及当班的掘进指令控制盾构掘进参数与盾构姿态。

3.盾构施工过程必须做到注浆与掘进的同步进行，及时根据信息反馈情况调整注浆参数。

4.施工中必须设专人按规定进行监控量测，并及时反馈，指导施工。

5.施工过程中，严禁出现盾构姿态突变。防止横向偏差、纵向偏差和转动偏差的发生，用测量数据修正盾构状态，避免出现“蛇行”现象。

6.为保持开挖面的稳定性，应根据地层条件适当注入添加剂，确保渣土的流动性和止水性，同时要慎重进行压力仓压力和排土量的管理。

7.渣土的处理方式应与开挖、排土的方法和渣土性质相适应，配置满足计划掘进能力的排土设备，对污泥应选择适当的中间处理方法与设备。

## 7.4 泥水平衡盾构掘进

泥水平衡盾构是在机械式盾构的前部设置隔板，与刀盘之间形成泥水仓，开挖面的稳定是将泥浆送入泥水仓内，在开挖面上用泥浆形成不透水泥膜，通过该泥膜的张力保持水压力，以平衡作用于开挖面的土压力和水压力。开挖的土砂以泥浆形式输送到地面，通过泥水处理器进行分离，分离后的泥水进行质量调整，再输送到开挖面，渣土被沉淀分离后直接装车运输到指定的弃土场。

泥水处理器主要包括泥水分离主体设备、分离机、弃渣场、沉淀池、调浆池、清水池、回浆池、泵坑、中转池及废浆池等。

泥水输送系统由送排浆泵、送排浆管等组成。

### 7.4.1 泥水建仓控制

1.合理计算水土压力。

2.负环管片拼装完成后，盾构机推进至刀盘接触地连墙，此时洞门密封帘布

搭接在前盾上，可以进行泥水建仓。

3.在开挖仓内注入泥浆使水位慢慢上升，通过预埋在钢环上的注浆管观测水位，当一个高度上的注浆管有泥浆外溢时则封闭此注浆管。

#### 4.建仓步骤

(1) 将泥浆场准备好的浆液注入开挖面中，保持开挖仓泥浆液面稳定在中线以上 1.5m。

(2) 对气压仓进行缓慢加压，每次加压不高于 0.1bar，将洞门密封环上的注浆孔打开排掉空气，同时盾构机内注意查看前后仓内的液位显示。当最上方的注浆孔开始喷出泥浆时，将该注浆孔的阀门关闭。这时，检查气泡仓内液位，若液位在中心-0.5~+0.5m 之间，不需调整，若在此范围之外，启动泥浆循环系统，微调液位至该范围，此时切口压力显示为 0。

(3) 提升气泡仓内气压至切口压力为 1bar，并保持 1bar 压力 15min。观察有无泄漏等异常，若有，采取堵漏措施；若无，缓慢降低气压，直至将切口压力缓慢调成 0bar。

进行以上三步时，观察洞门密封情况，及时堵漏。如发生小规模渗漏可采用棉布、棉纱、沙袋、聚氨酯、盾尾密封油脂等材料进行正面封堵，并适当增加泥浆和高分子堵漏浆液的粘度。如发生较大渗漏则应立即停止加注泥浆，查明原因并处理完毕后方可继续注入泥浆。

建仓前，提前在橡胶帘布间注入堵漏材料，泥水建仓过程中根据橡胶帘布漏水情况在渗漏点附近通过在密封环上的油脂注入孔（在第一道帘布与第二道帘布密封之间）加注添加堵漏剂的泥浆封堵帘布橡胶与盾体之间的空隙。

堵漏剂可采用活塞式注浆泵进行注入。

### 7.4.2 泥水系统控制

泥水综合管理系统安装在主控室内的计算机中，由 PLC 采集来的各种掘进数据通过主控计算机进行分析，再根据综合管理软件的原始设定自动调整盾构泥水系统的工作状态。在特定情况下也可改为手动控制。

#### 1.加压和循环系统（送排浆输送设备）中央管理

##### (1) 控制内容

- ①送排浆泵的启动、停止。
- ②送排浆泵的流量、流速。

### ③旁通管路运转时进浆管内的水压。

#### (2) 盾构机掘进时进浆水压控制

管内沉淀临界流速的维持是采用电磁流量计测定实际流量，将它和预先计算的沉淀临界流量进行比较，从而改变泵的转速进行校正。此外对于最关键的开挖面泥水压力的控制，进排浆主泵采用变速泵，随着掘进、排浆及其它变化，通过改变其转速来控制其流量，进而控制泥水压力，达到开挖面稳定。

(3) 泥水加压式盾构法中，加在开挖面上的力，即用泥水使开挖面保持稳定的力，通常与作用在开挖面上的土压保持平衡。土压与开挖面上含水土体的垂直作用的重力和土的内摩擦角大小有关。泥水压力的设定一般要根据渗透系数、开挖面松弛状况、渗水量等进行设定。但压力过大会增大盾构推力，也会使开挖面的渗透加强。相反会带来塌方，产生对设备的影响和造成泥水窜入后方等危害。所以具体的压力取值必须根据实际情况具体分析选取。

(4) 为了保持开挖面泥水压力的准确性，系统所控制的阀组全部采用自动控制，由转换程序装置控制进行自动管理。即使在停机状态也可根据开挖面泥水压力仪反馈的数据自动控制阀和泵的自动运转联合装置，以稳定掌子面的水土压力。

## 2. 泥水处理系统管理

泥水处理系统就是确保输送给掌子面的泥水质量。泥水处理系统的管理就是对泥水分离处理设备的启动、停止、运转状况、泥水量、化学剂量等进行量测和监视。根据盾构机掘进状态中所采集的数据自动地对泥水处理系统进行监视和调整。可根据处理设备的运转状况和能力，改变运转速度、稀释或浓缩泥水，以适应开挖面的状态，并且在最适当的状况下进行掘进管理。

## 3. 掘削排土量检查

掘削出来的渣土是通过管路被排出的，由仪器测定进浆水和排浆水的密度差，通过计算求出实际的排渣量。把它和原设计根据地勘资料计算的量进行对比判断，了解异常情况，从而判断开挖面的稳定、塌方、超挖以及土质变化等情况。

## 4. 泥水性能管理

泥水性能应满足：浓度适当、能平衡掌子面的压力，粘度适当、塑变值和凝胶强度低，能形成薄而牢固（或渗透壁）的泥水膜，逸水量少，具有抑制土体塌方和泥水劣化的优越性能。

### 7.4.3 泥水主要参数管理

根据不同的土体，泥水管理的要求和方法也不同。根据需要调节比重、粘度、塑弯值、胶凝强度、泥壁形成性、润滑性，使其成为一种可塑流体，泥水平衡盾构使用泥水的目的也就是用泥水来谋求开挖面稳定，在防止塌方的同时，将切削下来的渣土形成泥水并被输送到地面。

#### 1. 比重

泥水比重的范围为  $10.5 \sim 13.0 \text{kN/m}^3$ 。下限为  $10.5 \text{kN/m}^3$ ，上限根据施工的特殊要求而定，在保护地面建筑物、盾构穿越海底等时，可达  $13.0 \text{kN/m}^3$ ，具体参数根据现场实际情况而定。

#### 2. 粘度

泥水的粘度是另一个主要控制指标。从土颗粒的悬浮性而言，要求泥水的粘度越高越好，考虑到泥水处理系统的自造浆能力，随着推进环数增加，泥浆越来越浓，比重也呈直线上升，而比重的增加并非说明泥浆的质量越来越高，若在砂性土中施工，粘度甚至会下降，因此，泥水粘度的范围应保持在  $20 \sim 30 \text{s}$ 。

考虑到粘度的调整有一个过程，故在泥浆粘度为  $22 \text{s}$  时（调整槽粘度），即可逐渐增加 CMC，添加量的多少视粘度下降的趋势而定。

#### 3. 含砂量

泥水处理的目的是保留全部粘土颗粒，去除  $30 \mu\text{m}$  以上的砂颗粒，并且  $30 \mu\text{m}$  以下的砂粒也必须控制在一定的范围内，工作泥浆中的含砂量同样是一个重要指标。

#### 4. 析水量和 PH 值

析水量和 PH 值是泥水管理中的一项综合指标，它们在更大程度上与泥水的粘度有关，悬浮性好的泥浆就意味着析水量小，反之就大。

泥水的析水量应小于  $5\%$ ，PH 值应呈碱性，降低含砂量、提高泥浆的粘度、在调整槽中添加石碱，是保证析水量合格的主要手段。

在砂性、粉砂性土中掘进时，由于工作泥浆不断地被劣化，就需要不断地调整泥水的各项参数，添加粘土、膨润土、CMC；在粘土、淤泥质粘土中掘进时，由于粘性颗粒不断增加，使排放的泥浆浓度越来越高，添加清水进行稀释则成为主要手段。

#### 7.4.4 施工控制

1.施工前，必须根据隧道地质状况、埋深、地表环境、盾构姿态、施工监测结果制定当班盾构掘进施工指令与泥浆性能参数设置指令，并准备好壁后注浆工作、管片拼管工作。

2.施工中必须严格按照盾构设备操作规程、安全操作规程以及当班的掘进指令控制盾构掘进参数与盾构姿态。

3.施工中必须设专人对泥水性能进行监控，根据泥浆性能参数设置指令进行泥水参数管理。

4.应严格进行开挖面泥浆压力和开挖土量的管理，确保开挖面的稳定。

(1) 根据开挖面土质及水土压力，适当设定泥浆压力，按掘进施工状况，对泥浆压力进行调整和控制。

(2) 掘进时，使排土和开挖土量相平衡，保持开挖面稳定和开挖顺利进行。

(3) 可使用设置在隔板上的压力计确定压力仓内的泥水压力，以掌握开挖面的稳定状态。

5.在掘进过程中应确保泥膜厚度满足要求，确保泥膜的完整性。

6.施工过程中出现大粒径石块时，必须采用破碎机破碎、砾石分离装置分离。

7.泥水仓门附近若出现较多石块或大量泥沙拥堵现象，应采取反冲洗操作，并采取措施保证开挖面稳定性和维持泥水仓压力稳定。

8.施工过程中，严禁出现盾构姿态突变，用测量数据及时修正盾构状态，避免出现“蛇行”现象。

9.泥水管路延伸、更换，应在泥水管路完全卸压后进行。

10.应严格按经过批准的始发、接收方案实施。

#### 7.5 复合盾构掘进

土压平衡式和泥水平衡式复合盾构机能够根据实际需要实现两种模式掘进并能快捷切换，在穿越普通区间时采用土压平衡式掘进，发挥其高效、经济的优势，在穿越地质水文复杂、地表建构筑物、江河湖海、管线复杂环境、地面沉降要求严格等长大区间时，采用泥水平衡式掘进，发挥其安全、沉降控制精度高的优势。

##### 7.5.1 设备配置比较

复合盾构与泥水盾构、土压盾构设备配置对比见表 7.3。

表 7.3 复合盾构与泥水盾构、土压盾构设备配置对比表

序号	项目名称	复合盾构	泥水盾构	土压盾构
1	刀盘	●	●	●
2	盾体	●	●	●
3	人仓	●	●	●
4	主轴承	●	●	●
5	推进及铰接	●	●	●
6	拼装机	●	●	●
7	螺旋机	●	○	●
8	皮带机	●	○	●
9	P0、P1、P3 泵、中继泵	●	●	○
10	泥水系统阀组	●	●	○
11	泡沫系统	●	○	●

注：●—配备；○—不配备。

### 7.5.2 模式选择

1.应根据地层软硬情况、地下水状况、地表沉降控制要求等选择合适的掘进模式。

2.当采用土压平衡模式掘进时，应按本章土压平衡盾构有关要求进行质量控制。当采用泥水平衡模式掘进时，应按本章泥水平衡盾构有关要求进行质量控制。

3.掘进模式的转换应在地质条件较好地层中完成。

4.掘进前，应根据地层软硬不均匀分布情况，确定刀具组合和更换刀具计划，并在掘进中加强刀具磨损的检测。

5.其他控制要点见本章相关内容。

## 7.6 TBM 掘进

### 7.6.1 TBM 掘进机组装

- (1) 制定详细、可行的主机、后配套、连续皮带机的安装计划。
- (2) 组装前对各元件进行详细的标识。
- (3) 提前做好技术培训，使参加组装人员了解 TBM 的结构性能。
- (4) 制定合理的组装材料、机具、配件计划。
- (5) 严格控制组装质量，做好组装记录。
- (6) 设置专职的质量控制组和安全控制组，全程监控 TBM 的组装工作。

### 7.6.2 TBM 掘进机调试

TBM 整机组装完成后，需要对掘进机各个系统及整机进行调试，对 TBM 的

各系统及整机进行相关的参数测试、功能实现以及安全装置安全验证，确定 TBM 有能力进行掘进作业，为试掘进做好准备。

### 7.6.3 TBM 试掘进

TBM 试掘进应符合《地下铁道工程施工及验收规范》GB 50299 的要求。对于新购设备，TBM 前 500m 或 1000m 的试掘进段施工一般情况下应由设备制造商负责操作，现场指派熟练的 TBM 操作和维修人员现场学习；1000m 试掘进完成后再由现场人员操作，制造商负责进行 TBM 及连续皮带机设备方面的技术指导工作进行功能配置交验，确保 TBM 始发和试掘进顺利成功。

TBM 试掘进前准备工作完成后，即开始试掘进运行。TBM 试掘进期间，主要检验 TBM 的协调情况、液压系统、电器系统和辅助设备及皮带机系统的工作情况，对各设备进行磨合，进一步调整各设备系统使其达到最佳状态，具备正式快速掘进的能力；通过 TBM 试掘进段施工，施工作业人员可基本熟悉设备性能，掌握设备操作、保养的技术要点，并初步总结出本工程掘进参数的选择及控制措施；理顺整个施工组织，在 TBM 连续掘进的管理体系中抓住关键线路的控制工序，为后续的正式掘进奠定基础。

1.通过 TBM 试掘进使 TBM 整机性能达到最佳状态。

2.TBM 主司机对设备操作熟练，掌握各个工序作业流程及掘进规律。

3.根据试掘进情况不断完善 TBM 配套系统的合理优化配置，优化工艺流程并规范标准化作业，为正常快速掘进奠定基础。

### 7.6.4 TBM 正常掘进作业

#### 1.主要工序

- (1) 超前地质预报。
- (2) 掌子面及前方一定范围内围岩情况综合判定。
- (3) 出护盾后的围岩稳定性判定和支护参数选择。
- (4) TBM 掘进及支护。
- (5) 出渣及材料运输。
- (6) 轨枕铺设/仰拱块铺设及注浆，轨线延伸。
- (7) 风、水、电管线延伸。

2.TBM 正常掘进作业控制标准见表 7.4。

表 7.4 TBM 正常掘进作业控制标准



序号	项目	控制标准
1	围岩判定	由现场工程师判定，并结合交底要求指导掘进施工。
2	控制模式	完整稳定均质围岩下可采用自动模式，其它情况下均采用手动控制模式。
3	掘进速度	适当提高掘进速度，并根据围岩情况来合理调整掘进速度，从而实现隧道施工的快速掘进。
4	推力	提高推力，满足现场围岩的掘进技术交底要求。
5	掘进控制	执行测量交底，中线、高程偏差控制在 $\pm 30\text{mm}$ 以内。人工复测频次不小于1次/搬站循环。
6	刀具检查	执行有计划刀具管理制度，及时检查、更换处理故障刀具。
7	TBM 保养	加强 TBM 及配套设备的保养，保证设备完好率和利用率。

### 3.TBM 正常掘进作业控制要点

TBM 正常掘进作业控制要点见表 7.5。

表 7.5 TBM 正常掘进作业控制要点

序号	作业项目	控制要点
1	作业准备	提前采取超前地质预报措施探测前方 100~200m 范围的围岩情况，遇异常无法准确判定时通过配备的超前钻机进行探孔检查，检查并判断断层产物等。根据隧道地质资料适时进行超前地质探测。
		根据超前预报结果并结合设计资料、技术交底和掘进施工过程中各参数的变化、皮带机中岩渣情况、出渣量等综合判断本班施工区围岩的完整性、稳定状态等，据此初步确定本班施工范围内各区段掘进、支护参数。
		洞内、外各项施工准备工作到位。
2	掘进参数	以初步确定的各项掘进参数为基础，根据掘进施工过程中的各项参数变化和出露围岩的实际情况及时对掘进参数进行调整、优化，选取合理的掘进参数，达到快速掘进的目的；严格出渣量管理。
3	掘进方向	严格掘进方向控制：在导向系统显示中线、高程偏差过大时，须及时进行调向；严格禁止无序的盲推作业；在每一个搬站循环周期内必须进行不少于一次的人工复核。
4	掘进与支护	支护参数的选择应根据出露围岩的稳定性并结合后部支撑的二次扰动影响综合考虑，支护总体要求“一次到位，宁强勿弱”，并在掘进期间同步进行，强调支护与掘进的协调匹配性。
5	刀具更换	执行有计划刀具管理制度，每次换刀后第一循环必须及时进行刀具检查、螺栓复紧及处理故障刀具。
6	TBM 保养	加强 TBM 及配套设备的保养，保证设备完好率和

		利用率，充分发挥 TBM 设备效能。
--	--	--------------------

## 7.7 联络通道/泵站

### 7.7.1 一般规定

1.应根据地质条件、周边环境、隧道埋深、工期等综合因素确定安全可靠的施工工法。

2.设计和施工方案必须经过专家论证。

3.开挖前必须进行条件验收，通过后方可开挖。

4.采用冻结法加固施工的联络通道/泵站，其设计和施工必须由具备专业资质的单位设计和施工。

### 7.7.2 冻结孔与冻结器施工

#### 1.冻结孔

(1) 冻结孔的开孔位置、偏斜值、成孔间距及深度应符合设计要求。

(2) 应根据隧道的允许空间搭设冻结孔施工平台，平台应牢固平整，并符合有关技术规程的规定。冻结孔施工平台搭设应有利于冻结孔成孔设备移位和固定。

(3) 冻结孔成孔方法可选用跟管钻进法、夯管法和顶管法等施工方法。在地层沉降控制要求高的地层中宜采用干钻钻进法。

(4) 在隧道管片上施工冻结孔时，必须先安装带法兰和旁通的孔口管。孔口管宜采用低碳钢无缝钢管，孔口管内径宜大于冻结管外径 10~20mm，管壁厚度宜为 5~7mm。安装在混凝土管片上孔口管管端应加工长度不小于 200mm 的鱼鳞扣。

(5) 在钢管片上应采用焊接方法固定孔口管，焊缝高度不得小于孔口管管壁厚度。在混凝土管片上，应先用取芯钻机钻进深 220~300mm、直径大于孔口管管径约 2~4mm 的钻孔，然后插入缠上麻丝的孔口管，并用不少于 3 个膨胀螺栓与隧道管片固定。孔口管插入钻孔深度不得小于 200mm，与钻孔配合要紧密，不渗漏，必要时可用压浆法在孔口管与钻孔之间充填水泥-水玻璃浆液。固定孔口管用膨胀螺栓直径不得小于 12mm，膨胀螺栓与孔口管之间用等直径钢筋焊接。

(6) 冻结孔开孔位置误差不得大于冻结孔允许最大偏斜值，并不宜大于 100mm。冻结孔开孔间距误差不得大于 150mm。孔口必须避开隧道管片接缝，并宜避开混凝土管片主筋和钢管片肋板。

(7) 用经纬仪和罗盘确定开孔倾角和方位角。罗盘和经纬仪在开工前和施工过程中必须进行检验校核，确保其精确。

(8) 应在孔口管上安装阀门和孔口密封装置后再用钻机钻透隧道管片（二次开孔）。

(9) 跟管钻进或夯（顶）进冻结管时，孔口密封装置与冻结管之间不得漏水漏泥。如采用湿钻钻进，循环液应从孔口管上的旁通排出，并应控制排出土体体积不大于冻结孔体积。

(10) 用钻进法施工冻结孔时，在粘土或淤泥等不透水地层中可采用清水钻进；在流砂或粉土层中应采用泥浆钻进，并根据地层情况调整泥浆成分、配比，防止钻孔塌孔引起地层沉降。

(11) 在施工冻结孔时，如排出土体体积大于冻结孔体积，应立即用水泥浆或水泥-水玻璃双液浆进行注浆补偿。

(12) 冻结孔施工过程中应及时测斜。对于深度小于 20m 的冻结孔可采用经纬仪灯光测斜，对于深度大于 20m 的冻结孔，应采用水平陀螺测斜仪等方法测斜；对于深度小于 20m 的冻结孔，可在成孔后再进行测斜，对于深度大于 20m 的冻结孔，在施工时应每隔 10~15m 测斜一次。

(13) 施工冻结孔时可采用以下防偏措施：

① 根据实际开孔误差调整冻结孔施工方位，以减小冻结孔的最大偏斜值。

② 间隔施工冻结孔，必要时通过调整中间冻结孔的施工轨迹，减小冻结孔最大成孔间距，使冻结孔间隔均匀。

③ 准确定出开孔孔位、方向，并在隧道两帮布点，采用拉线方法校验，控制冻结孔方向。

④ 先施工穿透联络通道两端隧道的透孔，验证隧道管片上预留洞门的相对位置。当两预留洞门相对位置偏差大于 100mm 时应修正冻结孔设计方位。

⑤ 在施工第一个冻结孔时，检查地质，水文情况，根据施工情况优化冻结孔施工工艺参数。

⑥ 确保冻结管加工质量，先配管确认冻结管连接顺直后再用于施工。

⑦ 在开始钻进或下入冻结管时，应反复检查钻杆或冻结管的方位与倾角，确保孔口段冻结管方位满足设计要求。

⑧ 对于深度较大的冻结孔，开孔段预设  $0.5\sim 1.0^\circ$  的上仰角。

⑨其他防偏、纠偏专用技术。

(14)可以采取在冻结孔成孔间距超限的两冻结孔中间增加布置冻结孔的方法使冻结孔成孔间距满足设计要求。

(15)冻结孔成孔后根据测斜数据绘制喇叭口、集水井等关键部位的冻结孔成孔偏斜图。

(16)应在全部冻结孔验收合格后拆除钻机。

## 2.冻结管

(1)冻结管材质和规格确定应符合规定，不得采用焊接钢管。当采用跟管钻进时，冻结管管壁厚度不宜小于8mm，采用夯管时，冻结管管壁厚度不宜小于6mm。管壁厚度不宜大于10mm。

(2)冻结管接头可采用螺纹连接和加内衬管对焊连接。冻结管接头强度不宜小于母管强度60%。跟管钻进时冻结管连接宜采用螺纹接头并用焊接补强、密封接头缝，夯管时冻结管宜采用带衬管的对焊接头。

(3)当需要拔管或预计冻结壁变形大，有可能引起冻结管断裂时，冻结管接头强度应不小于母管强度的80%，并宜采用加内衬管的对焊连接接头。

(4)冻结管材及接头内衬管的材质应一致，管端要留坡口，选用焊条应与管材材质相匹配，焊缝要饱满且与管壁齐平。冻结管焊接后，焊缝应冷却5~10min后下入地层。

(5)冻结管管材及连接要顺直，不得有明显弯曲。

(6)冻结管下入地层深度不得小于设计深度，每节冻结管材应有长度及顺序编号记录。冻结管管口露出孔口管不应小于100mm。

(7)严禁冻结管内有任何杂物。

(8)冻结管下入地层后必须进行试压。试验压力应为冻结工作面盐水压力的1.5~2倍，经试压30min压力下降不超过0.05MPa，再延续15min压力保持不变为合格。

(9)冻结管周围不得漏水漏泥，否则应采用注浆方法封堵。

(10)漏管处理

①试压不合格的冻结管必须进行处理达到密封要求后方可使用。无法处理时应补孔。

②对于向下倾斜的冻结管漏管，可以在漏管中下入小直径冻结管，并在小直

径冻结管外侧充满清水或泥浆。小直径冻结管的内径不应小于 48mm，下小直径冻结管的冻结孔不得相邻，下小直径冻结管的冻结孔数不得多于冻结孔总数的 5%。小直径冻结管的下放深度和耐压必须符合设计要求。

③水平或向上倾斜的冻结管漏管不得采用下小直径冻结管的方法处理。

### 3. 供液管

(1) 供液管可采用聚乙烯增强塑料管或钢管。供液管的管径与壁厚可按表 7.6 采用，供液管内和供液管与冻结管间隙的盐水流动速度宜满足设计要求。

表 7.6 供液管的管径与壁厚

供液管品种	外径 (mm)	壁厚 (mm)
焊接钢管	≥38	3~4
聚乙烯增强塑料管	≥40	≥5

(2) 供液管下入冻结管时连接应牢固、严密，并应下放到冻结管管底。供液管管端应留有断面不小于供液管断面积的回水通道。

## 7.7.3 冻结站

### 1. 冻结站位置

(1) 冻结站位置可选择在地铁车站地面广场、车站地下平台或冻结工作面附近的隧道内。

(2) 冻结站厂房防火应符合《建筑设计防火规范》GBJ 16 的规定。

(3) 冻结站应通风良好，采用冷却塔散热时，冷却站要加强通风排热，必要时可安装轴流风机强制通风。

(4) 冻结站设在地面时，制冷系统的高压部分应避免阳光直射。

### 2. 冻结站安装

(1) 冻结站制冷设备、盐水泵、冷却水泵及管路系统的安装，执行《制冷设备、空气分离器安装工程施工及验收规范》GB 50274、《机械设备安装工程施工及验收通用规范》GB 50231 及《工业金属管道工程施工及验收规范》GB 50235 中的有关规定。配电系统安装及调试执行《电气装置安装工程盘柜及二次线施工验收规范》GBJ 50171 的规定。

(2) 冻结站采用的设备、压力容器及管道阀门必须清洗干净并经压力试验合格。浮球阀、液面指示器、安全阀等安装前应进行灵敏性试验。

(3) 在冷却水源水质不符合冷凝器等设备的使用要求时，应安设冷却水水

质处理装置，提高冷却效率。

(4) 冻结站盐水系统的管路应采用低碳无缝钢管，弯头、法兰盘采用耐低温的碳素钢制作。

(5) 冻结器宜采用串、并联方式分组与配、集液圈连接，每组串联冻结器长度宜适中并基本一致，以保证各冻结器盐水流量均匀并满足设计要求。冻结器与配、集液圈之间宜用软管连接，软管在工况温度下耐压不应低于 1MPa。在冻结器与配、集液圈之间的连接管路上应安装控制阀门和温度测点，管路连接应便于安装流量计检测单孔盐水流量。

(6) 盐水循环系统最高部位处应设置排气阀，盐水箱应安设盐水液面可视自动报警系统，干管上及位于配液管首尾冻结器的供液或回液管上，应设置流量计。

(7) 管路上的测温孔插座位置、尺寸及角度应符合有关规范和设计要求。

(8) 冷冻站制冷剂循环系统、盐水干管、配集液管的密封性试验，按下列规定进行：

① 盐水管路系统必须进行压力试验，试验压力不得小于冻结工作面盐水压力的 1.5 倍。并持续 15min 压力不下降为合格。

② 冷冻站机充制冷剂前，制冷系统各部位必须进行试漏检验，并应符合表 7.7 的规定或设备说明书的要求。

表 7.7 试漏压力

部位	高压系统	低压系统
试压表压力 (MPa)	1.6~1.8	1.2

(9) 冻结站管路密封性试验合格后，对制冷系统的低压、中压容器、管路及盐水箱、盐水干管、配集液管等必须按设计要求铺设保温层和防潮层，并对制冷系统按统一规定的颜色刷漆。

### 3. 冷冻站运转

(1) 冷冻站正式运转前，应对冷却水、冷媒剂及制冷剂系统进行试运转，各系统应达到设计要求。

① 冷却水系统：补充水量、水温及水质应达到设计要求，循环水系统运转正常。

② 盐水系统：盐水浓度及总流量应达到设计要求，循环系统正常运转，空气

放净，无杂物堵塞。

③冷却水、盐水系统试运转后可充制冷剂。在正式充制冷剂前应进行试充，系统压力应控制在 0.2~0.3MPa，用专用仪器检漏，合格后才能正式充制冷剂。制冷剂充量应达到设计要求。

(2) 冷冻站正式运转应具备的条件：

①在充制冷剂过程中，制冷剂、盐水、冷却水系统应运转正常，盐水温度逐渐下降。

②配电系统应能连续正常供电。

③冷冻站内灭火器材、防毒面具、防雷装置、电器接地等安全设施应齐全。

④冷冻机易损件、仪表和冷冻机油均应有足够备用。

(3) 冷冻站正常运转应符合下列条件。

①制冷剂、盐水、冷却水循环系统温度、流量、压力应正常，经过 3~7d 盐水温度应逐渐下降并达到设计要求，各冻结器回液温度正常、基本一致，头部、胶管结霜均匀。

②制冷剂冷凝压力和蒸发压力应与冷却水温度、盐水温度相对应。

③冷媒温度比制冷剂蒸发温度应高 5~7℃，冷凝温度应高于冷却水温度 3~5℃。

④冷却水进出水温差宜为 3~5℃。

⑤盐水去回路温差：积极冻结期宜为 1~4℃；开挖期间不宜大于 2℃。

(4) 冷冻站应有运转日志，包括下列内容：

①冷冻机及起辅助设备中的温度、压力、流量、液位、电流、电压等的班记录，运转日志，每次制冷剂充量及冷冻润滑油加油量的记录。

②冷媒泵班运载日志，冷媒泵压力、流量、冷媒箱水位及温度的班记录。

③配集液管冷媒温度，冻结器头部冷媒温度，以及冻结器头部胶管结霜情况的班记录。

④补充水及循环水水泵班运转日志，补充水的流量及水温，冷凝器进、出水温度及流量的班记录。

#### 4. 停冻

(1) 在开挖期间不得停止或减少冻结孔供冷。如因施工需要停止个别冻结孔供冷时，应分析对冻结壁整体稳定性的影响，并制订相应技术措施，确保开挖

与旁通道结构施工安全。

(2) 如在积极冻结期间发生短暫停冻，应按停冻时间的 2 倍相应延长积极冻结时间。

(3) 联络通道主体结构施工结束后可停止冻结，拆除制冷设备和管路。

#### 7.7.4 冻结壁检测与判断

##### 1. 测温孔布置

(1) 在与联络通道相接的隧道内均应设置测温孔监测冻结壁厚度、冻结壁平均温度、冻结壁与隧道管片界面温度和开挖区附近地层冻结情况。

(2) 测温孔宜布置在冻结孔间距较大的冻结壁界面上或预计冻结薄弱处。

(3) 检测冻结壁厚度的测温孔不得少于 2 个，在冻结壁内、外设计边界上均应布置测温孔，测温孔深度应不小于 2m。检测冻结壁平均温度的测温孔不宜少于 4 个，在冻结壁内、外设计边界和冻结壁中部均应布置测温孔。在冻结壁的上、下设计边界上均应布置 1 个以上测温孔，深度应不小于 2m。在集水井中部应布置 1 个以上测温孔，深度应与附近的冻结孔深度一致。检测冻结壁与隧道管片界面温度的测温孔深度应进入地层不小于 0.1m。

(4) 测温孔内应安装测温管，测温管宜采用具有良好导热性的钢管，且不得渗漏。测温管规格以能安装测点为宜。

##### 2. 测温孔检测

(1) 测点布置应遵循以下原则：

- ① 测点的布置应满足判断冻结壁形成质量的要求。
- ② 在冻结壁最薄弱的部位应有测点。
- ③ 在测定冻结壁与隧道管片界面温度时，应在界面里外两侧各布置 1 个测温点，通过插值方法确定界面处温度。

④ 测点布置应能满足冻结、开挖构筑及融沉注浆施工的其他要求。

(2) 温度测量精度应达到  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ，测温元件和仪器应经过标定。

(3) 测温管内安装测温电缆和测温元件后，管口应进行密封和保护，防止测温元件及电缆被移位、损坏。

(4) 在开始冻结前应测量原始地温。从开始冻结至试挖，所有测点温度应每隔 12~24h 观测一次以上，在开挖和结构施工期间，所有测点每隔 4~12h 观测一次以上；停冻后至冻结壁全部融化期间宜每隔 1~3d 测量一次，监测点可以



适当减少。冻结壁全部化冻后可停止温度监测。

(5) 在冻结壁解冻期间，可在联络通道内布置测温孔检测冻结壁温度回升和解冻情况。

(6) 所有温度检测应有原始记录，并有观测者签字。并应根据温度检测结果定期分析冻结壁的形成情况，评价冻结壁形成的质量与安全性。

### 3.泄压孔及其他检测工作

(1) 在与联络通道相接的隧道管片上均必须布置 2 个以上泄压孔。

(2) 泄压孔应布置在开挖区非冻土内，泄压孔应贯通开挖区内的透水层，并宜深入地层 0.3m 以上。

(3) 泄压孔孔径不宜小于 38mm。泄压孔孔口应安装压力表、用于泄水的联络通道和控制阀门。

(4) 在冻结站运转前，必须检测地层初始水压，并与泄压孔附近地层水文勘察资料比较，发现异常必须查明原因并及时进行处理，确保泄压孔畅通。

(5) 冻结站运转前期，应每隔 12~24h 观测一次地层水压。水压开始上涨后，应每隔 6~12h 测量一次以上。所有观测应有原始记录，并有当事人签字。

(6) 泄压孔水压上涨超过初始压力 0.2MPa 时应放水泄压，如泄压孔中有水成线流持续流出，应立即关闭阀门，继续观测。

(7) 对冻结器供冷发生异常或冻结效果难以确定的部位应打探孔检测冻结壁温度或检测开挖区内土体的稳定情况。

(8) 在开挖过程中，应检测开挖面四周的冻结壁温度、冻土进入开挖面厚度和冻结壁的收敛情况，检测频率宜为每个掘砌循环一次。

## 7.7.5 冻结工程收尾工作

### 1.冷冻站拆除

(1) 冷冻站拆除时，宜回收盐水，严禁任意排放污染环境。

(2) 拆除设备。管路应有技术措施，设备、容器应清洗、防腐后入库。

### 2.冻结管充填

(1) 停冻后应尽快割除隧道管片上的孔口管和冻结管，防止孔口管和冻结管周围冻结壁解冻漏水。混凝土隧道管片上割除孔口管或冻结管深度应进入管片不小于 60mm。

(2) 应对遗弃在地层中的冻结管进行充填。充填时要排除冻结管内盐水。

(3) 充填冻结管材料应采用 M10 以上水泥砂浆或 C15 以上混凝土, 充填冻结管长度应不小于管口以内 1.5m。

(4) 混凝土管片上割除孔口管或冻结管后留下的孔口用速凝堵漏剂封堵, 并预埋注浆管进行注浆堵漏。

(5) 钢管片上的孔口应焊接厚度不小于 12mm 钢板, 然后按设计用混凝土填满钢管片格仓。

(6) 冻结管充填和封孔应有原始记录。

### 7.7.6 开挖与构筑

#### 1. 隧道支撑和防护门

(1) 在联络通道开挖时, 应按联络通道结构设计要求安装隧道支撑。在联络通道结构设计无明确规定时, 可以按以下要求设计和安装隧道支撑:

① 隧道内每个旁通道预留口设 2 榀隧道支撑, 分别安装在洞口两侧的第一条隧道管片环缝处。

② 每榀隧道支撑设 7~8 个支撑点均匀地支撑隧道管片上, 每个支撑点应能提供最大到 500kN 的支撑力。

③ 支撑上半部的 4~5 个支撑点上安装最大顶力 500kN 的千斤顶以调整支撑力。

④ 隧道支撑框架用型钢制作, 应满足有关钢结构设计规范要求。

⑤ 隧道支撑安装偏离隧道管片环缝处截面不宜大于 20mm。

⑥ 安装好隧道支撑后顶实千斤顶, 每个千斤顶的顶力不得大于 100kN, 且各千斤顶的顶力应基本均匀。

⑦ 根据实测隧道收敛变形调整各个千斤顶的顶力, 收敛大的部位要求千斤顶顶力大, 不收敛的部位千斤顶不加力。隧道收敛达到报警值 10mm 时千斤顶顶力达到设计最大值 500kN。

⑧ 如千斤顶顶力达到设计最大值后隧道仍继续收敛, 则应采取其他措施加强隧道支撑。

(2) 在施工范围内有透水的砂性土层时, 应在开挖侧通道预留洞口上安装应急防护门。防护门设计、安装与使用应符合以下要求:

① 防护门应能灵活开关, 关闭后应能承受安装位置的地下水压, 有效阻止旁通道内水、土流出, 开启后不得影响正常的开挖和结构施工。

②在防护门上应安设压风管、排风管、注浆管及控制阀门，并配备风量不小于  $6 \text{ m}^3/\text{min}$  的空压机为防护门内供气。

③防护门可安装在联络通道预留洞口隧道钢管片上。防护门结构设计和安装应符合相关规范的规定。

④安装好防护门后应进行气密性试验，要求在不停空压机时试验气压能保持在设计值。

⑤防护门开关应便于人工操作，紧固螺栓、风管及连接件、扳手等配件及操作工具应准备到位。

⑥当联络通道开挖时发生透水、冒砂事故，应立即关闭防护门，并向防护门内压气，使防护门内气压维持在设计压力。

⑦联络通道挖通并施工初期支护后即可拆除防护门。

(3) 在集水井位置有透水的砂性土层时，应设集水井井口防护门(或盖板)。开挖集水井时如发生透水冒砂事故，应立即关闭防护门，并向集水井内压气或注入聚氨酯等注浆充填材料。防护门应能承受所在深度的地下水压。

## 2. 试挖

在未冻结的开挖区中部开一试挖窗口，窗口尺寸不宜大于  $400 \times 400 \text{ mm}$ ，开窗要逐步扩大。用锹、风镐等从试挖窗口挖深  $400 \sim 600 \text{ mm}$ ，检查土体含水及稳定情况。若土体干燥、能自立，或者挖深至  $800 \sim 1000 \text{ mm}$  无泥水流出时间持续  $24 \text{ h}$  以上。则可判定具备正式开挖条件。否则应回填、封闭试挖窗口，采取相应措施，直至下次试挖满足上述要求为止。

## 3. 正式开挖

(1) 经试挖判定具备开挖条件后可进行正式开挖。

(2) 联络通道开挖应采取短段掘砌的作业方法，随挖随支，严格控制冻结壁温度升高和变形。

(3) 宜采用以下施工顺序：

①在施工完通道衬砌后再施工集水井。

②联络通道施工顺序：开挖侧开门洞→通道开挖和初期支护→喇叭口开挖(刷大)和初期支护→隧道钢管片拆除→外防水施工→钢筋绑扎、预埋件安设和立模→混凝土浇筑。

③集水井施工顺序：开挖和初期支护→外防水施工→钢筋绑扎、预埋件安设

和立模→混凝土浇筑。

④施工完集水井衬砌后施工井盖和防火门门框，根据联络通道结构设计要求施工内防水或抹面。

⑤应在施工完初期支护后、施工外防水或衬砌之前再割除开挖区内的冻结管，但施工喷射混凝土时可暂停给受影响位置的冻结管供冷 12~24h。

#### 4.开挖与支护施工参数

(1) 初期支护可采用由喷射混凝土、型钢支架、木背板和砂浆充填层组成的结构形式。

(2) 初期支护钢支架可采用 18~22 号工字钢等型钢制作，钢支架内侧净尺寸按联络通道结构轮廓外放 20~30mm 计算；喷射混凝土强度设计等级宜采用 C15~C20，厚度与钢支架型钢高度一致；木背板厚度可取 30~50mm；充填层可采用粗砂或水泥砂浆，厚度以 30mm 为宜。

(3) 初期支护的承载力应经计算确定。初期支护应能承受 25~50% 以上的冻结壁荷载。在以下情况下初期支护宜按承受全部冻结壁荷载设计：

- ①通道位置有砂土层。
- ②通道长度大于 15m 或通道开挖时间需要 15d 以上。
- ③通道开挖区附近 3m 内有特殊变形控制要求的重量建（构）筑物。
- ④初期支护的承载力计算方法应符合有关结构设计规范的规定。
- ⑤可采取全断面开挖方式，开挖面土体难以自稳时可以放坡。
- ⑥掘进段长宜取 500~800mm，并宜与初期支护的钢支架间距一致。

#### 7.7.7 结构施工

1.联络通道结构及防水层应严格按照设计和有关施工规范施工。

2.应根据施工工序安排和混凝土是否需要二次倒运的情况，确定混凝土初凝时间。

3.应采取措施确保联络通道拱部混凝土浇筑密实。

4.应在浇筑完通道段衬砌混凝土且混凝土强度达到设计值的 60% 以上后开挖集水井。

5.应考虑环境温度较低可能对混凝土强度增长的影响。

#### 7.7.8 衬砌后充填注浆和地层融沉注浆

1.停止冻结并完成冻结孔封孔工序后应进行衬砌后充填注浆和地层融沉补

偿注浆。

2.注浆孔宜在旁通道结构施工时预埋。注浆管预埋深度以穿透结构层为宜，布孔密度以  $1.5\sim 2.5\text{m}^2/\text{个}$  为宜。

3.停止冻结后  $3\sim 7\text{d}$  内进行衬砌后充填注浆。注浆时衬砌混凝土强度应达到设计强度的 60% 以上。

4.衬砌后充填注浆可采用 1: 0.8~1 单液水泥浆。注入水泥浆前应先注清水，检查各注浆孔之间衬砌后间隙是否畅通。注浆宜按由下而上的顺序进行，当上一层注浆孔连续返浆后即可停止下一层注浆，直至注到拱顶结束。集水井部位注浆压力不得大于 0.1MPa，通道部位注浆压力不得大于静水压力。

5.充填注浆结束后根据地层沉降监测情况进行冻结壁融沉补偿注浆。融沉补偿注浆应遵循少量、多次、均匀的原则。

6.融沉补偿注浆浆液宜以水泥-水玻璃双液浆为主，单液水泥浆为辅。水泥-水玻璃双液浆配比可为：水泥浆与水玻璃溶液体积比 1: 1，其中水泥浆水灰比 1: 1，水玻璃溶液可采用 B35~B40 水玻璃加 1~2 倍体积的水稀释。注浆压力不得大于 0.5MPa 或联络通道结构设计的允许值。注浆范围为整个冻结区域。

7.一天地层沉降大于 0.5mm，或累计地层沉降大于 3mm 时应进行融沉补偿注浆；地层隆起达到 3mm 时应暂停注浆。

8.冻结壁已全部融化，且实测地层沉降持续一个月内的每半月不大于 0.5mm，可停止融沉补偿注浆。

9.融沉补偿注浆时可以对冻结壁进行强制解冻。强制解冻宜分区、对称进行，并在解冻的同时进行跟踪注浆。强制解冻应加强对周围环境的监控，并应布置专用测温孔检测冻结壁解冻范围。

10.强制解冻宜采用在冻结器中循环热水的方式。热水温度宜控制在  $30\sim 70^\circ\text{C}$  之间，加热盐水的电加热器功率不宜小于冷冻机电机功率。

### 7.7.9 质量检验

#### 1.冻结孔与冻结器

(1) 应按设计和有关标准、规范要求对冻结孔实际开孔孔位、冻结管下入地层深度、冻结管和供液管的材质、规格、接头方式、冻结管耐压和冻结孔成孔间距等进行验收。

(2) 冻结管和供液管的材质、规格、接头方式，冻结管和供液管深度，冻

结管耐压，以及冻结孔成孔间距经验收合格后，方可使用。

## 2. 冷冻壁

(1) 泄压孔水压应升高至超过初始水压 0.1MPa 以上，打开泄压孔无水持续流出（少量滴水除外），泄压孔压力上涨超过 7d。

(2) 如泄压孔水压无升高，应查明有冻结壁不交圈之外的原因，并且要求打开泄压孔后 24h 以上无水流出，积极冻结时间不少于设计要求。

(3) 根据测温孔实测温度计算的冻结壁厚度、冻结壁平均温度和冻结壁与隧道管片界面温度均应满足设计要求。

## 3. 开挖与构筑

### (1) 土方开挖

① 开挖横断面方向尺寸应满足设计要求，且单侧超挖不得大于 30mm。

② 最大空帮距（没有支护的冻结壁暴露段长）不宜大于掘进段长 600mm。

重要建筑物下应适当减小最大空帮距。

③ 冻结壁暴露时间应控制在 24h 内。

④ 冻结壁暴露面最大收敛位移不得大于 20mm。

⑤ 通道开挖中心线偏差应不大于 20mm。

### (2) 初期支护

① 钢支架制作应符合有关钢结构施工质量验收规范的规定。

② 钢支架安装的垂直度偏差应不大于 20mm，标高偏差应不大于  $\pm 20\text{mm}$ ，支架轴线偏差应不大于 20mm，相邻支架间距偏差应不大于 30mm，同一架支架横梁两端水平高差应不大于 20mm，相邻支架间拉杆应连接牢固。

③ 木背板厚度误差应不大于 5mm，背板间隙应不大于 10mm，背板搭接钢支撑长度应不小于 30mm。

④ 喷射混凝土强度等级应符合设计要求，厚度误差不大于  $\pm 10\text{mm}$ 。

⑤ 木背板背后充填应密实，不留空洞。

⑥ 支架安装外表整齐美观。

## 7.8 监控量测

1. 盾构施工中应结合施工环境、围岩性质、工程地质条件、施工方法与进度确定监控量测方案。

2. 监控量测方案应覆盖由于施工活动对施工隧道和施工环境造成安全隐患

的主要方面，监控量测手段必须可靠、科学，对突发的变形异常情况应启动应急监测预案。

3.在监控量测中应根据观测对象变形量、变形速率等变化情况，随时调整监控量测方案。

4.地上、地下同一断面内的监控量测数据以及盾构机施工参数应同步采集，以便进行分析。

5.必须选择成熟的监控量测仪器和设备，同时应满足量测精度，抗干扰性，可靠、实时采集、长期测试和传输等要求。

6.监控量测仪器和设备必须采用国家规定的方法进行周期校准或检定合格后，方可投入使用。

7.盾构施工中一般采用的监控量测项目见表 7.8。穿越江河和建（构）筑物或有特殊要求等地段的监测项目应根据设计要求确定。

表 7.8 盾构施工监控量测项目

类别	监测项目	主要监测仪器
必测项目	施工线路地表和沿线建（构）物和管线变形测量	水准仪、全站仪
	隧道结构变形测量（包括隧道沉降、隧道收敛）	水准仪、收敛计、测距仪
选测项目	土体内部位移（包括垂直和水平）	水准仪、分层沉降仪、测斜仪
	管片内力和变形	压力计
	土层压应力	压力计
	孔隙水压力	孔隙水压计

8.采用大地测量方法进行垂直位移测量时，应在变形区外埋设观测基点，观测基点一般不少于 3 个，应埋设在稳定的原状土层中，也可埋设在稳固的建、构筑物墙上；采用大地测量方法进行水平位移测量时，应建立水平位移监测网，并宜采用具有强制归心装置的观测墩和照准装置。

9.采用物理传感器进行监控量测时，应按各类仪器的埋设规定和监控量测方案的要求埋设传感器，并按操作要求进行观测。

10.垂直位移测量也可采用静力水准测量方法，静力水准的埋设、连接、观测、数据处理等应符合相关技术要求，测量精度同大地测量方法。

11.观测点应埋设在能反映观测物体变形敏感、便于观测、易于保存的部位。

12.地表沉降测量采用的高程系统应与施工测量的高程系统一致。

**13.**监测点布置应牢固可靠，在施工过程中做好保护。

**14.**宜利用计算机和相关软件实行监控量测数据采集实时化、数据处理自动化，结果反馈应及时，并应建立监控量测数据库。

**15.**应结合施工和现场环境状况对监控量测数据定期进行综合分析，并应绘制出隧道环境变形、地表沉降、隧道水平收敛、拱顶下沉等时态曲线图。

**16.**应对时态曲线进行回归分析，选择与实测数据拟合较好的函数进行处理，并对变形趋势进行预测。

**17.**对观测项目应建立预警值，当实测变形值大于允许变形（预警值）的 2/3 时要及时通报相关部门采取措施。

**18.**每次监控量测完成后应提供书面中间成果。

**19.**监控量测全部工作完成后应提供技术总结报告。



## 第八章 高架法施工质量控制

### 8.1 桩基

#### 8.1.1 施工准备、放线

1. 桩基施工前，应根据设计图纸计算各桩位中心点坐标及桩顶设计标高。

2. 护筒的直径应比桩的直径大 200~400mm，护筒顶宜高出原地面 300mm 左右，以护筒中心点在护筒四周拉出四个护桩点，四个护桩点到桩中心的水平距离应大于护筒直径 2m。

3. 水中墩位的桩基护筒定位利用搭设好的工作平台，在护筒四周施测四个护桩点，在插打护筒时随时进行复核，对下沉护筒的导向架准确定位，确保护筒插打位置符合设计和规范要求，并根据规范检测护筒的垂直度和孔径。

#### 8.1.2 护筒设置

1. 应严格控制护筒的定位，开孔导向，孔口保护。

2. 护筒要求：厚度满足设计要求，当设计无要求时，不得小于 10mm；长度在旱地或筑岛不小于 2m，水上满足设计要求；内径大于孔径 200~400mm。

3. 护筒顶应高出地面 0.3m 或水面 1.0~2.0m；当孔内有承压水时，应高出稳定后的承压水位 2.0m 以上；当处于潮水影响地区时，应高出最高施工水位 1.5~2.0m，并应有稳定护筒内水头的措施。

4. 护筒中心与桩中心的偏差不大于 50mm，并应随时复测桩中心偏位情况。

#### 8.1.3 开钻

1. 软土地基的路段及相邻桥墩桩基和受路基填筑影响的桩基（桩基离路基边 20m 范围内），必须经监理同意后方可进行桩基施工。

2. 每根桩基在钻进过程中应根据不同的地质情况采集渣样，标明标高及渣样描述，并进行存放，以备终孔参考。有代表性和有异常的渣样留存时间应不少于半年。

3. 冲击钻成孔过程中，在淤泥层应控制进尺速度，接近持力层时应减少冲程，根据实际情况来控制冲程高度，以减少对持力层的破坏。

4. 桩基应严格清孔，不得以加深孔底标高代替清孔。清孔后的沉渣厚度应符合设计要求，设计未规定时，摩擦桩的沉渣厚度不应大于 300mm；端承桩的沉渣厚度不应大于 100mm。清孔合格后必须立即浇筑混凝土，各工序应紧密衔接，

静置时间不得过长。

5.钻孔灌注桩的桩位必须符合设计要求，其允许偏差为：群桩 100mm，单排桩 50mm。成孔深度不小于设计孔深。混凝土灌注桩的钢筋笼的制作必须符合设计的要求。其允许偏差为：主筋间距 $\pm 10\text{mm}$ ，钢筋笼外径 $\pm 10\text{mm}$ 。桩的承载力应符合设计要求。灌注桩的原材料和混凝土强度必须符合设计要求，桩身垂直度、桩径、泥浆比重、泥浆面标高、沉渣厚度、混凝土坍落度、钢筋笼安装厚度、混凝土充盈系数、桩顶标高、钢筋笼钢筋直径、箍筋间距等必须符合相关检验标准，检验频率为每根桩。

#### 8.1.4 钢筋笼安装

1.下钢筋笼前必须对桩孔采用外径不小于桩基直径、长度不小于 4~6 倍桩径的检孔器进行检查、控制。检孔器宜优先采用大刚度型或电子型。

2.钢筋笼安装过程中应采用圆饼滚轮式高强度砂浆垫块保证保护层的厚度，防止主筋锈蚀。当下放困难时，应查明原因，不得强行下放。不得将变形的钢筋笼放入孔内。对接时工序要衔接迅速。

3.钢筋笼安装后，必须检查主筋是否符合设计数量，接头连接是否符合要求，钢筋笼安装位置是否准确，支架垫块是否合格牢固，保护层的厚度是否有保证，钢筋骨架是否牢固，能否保证浇筑时不致变形、移位。检查预埋件是否遗漏。在未经监理工程师检查认可前不允许进行下一道工序。

#### 8.1.5 混凝土灌注

##### 1.混凝土检测

采用水下混凝土时，坍落度应控制在 180~220mm，且具有良好的和易性。满足设计要求的抗压强度等级、抗渗性能及耐久性等指标，水灰比 $\leq 0.55$ 。

##### 2.混凝土灌注

(1)灌注混凝土可采用内径为 $\phi 250\text{mm}$ 的快速接头钢导管，一般节长为 2m。导管下口距孔底 300~500mm，不宜过大或过小。导管使用前要进行导管闭水试验（水密、承压）和接头抗拉试验，合格后方可使用。

(2)水下混凝土灌注前应采取可靠方法对导管进行封底，料斗储量应满足首罐混凝土的埋管深度要求。

(3)随着混凝土面的上升，要适时提升和拆卸导管，导管底端埋入混凝土面以下一般保持在 2~6m，严禁将导管提出混凝土面。导管提升时应避免碰撞挂

住钢筋笼。施工中严格控制导管提拔速度和混凝土浇筑速度，应派专人测量浇筑进度，根据混凝土浇筑方量和浇筑进度测算混凝土浇筑是否正常。

(4) 设专人测量导管理深及管外混凝土面高度，10~15分或每浇筑一次测量一次导管内混凝土面高度。混凝土应连续灌注不得中断，间歇时间任何情况下不得超过30min。

(5) 灌注的桩顶标高应比设计高出0.5~1.0m。

(6) 每根桩应在混凝土的浇筑地点随机抽样制作混凝土试件不少于2组，桩长大于20m时，混凝土试件不少于3组。

### 8.1.6 质量检验

1. 钻孔灌注桩的完整性宜采用超声波法检测，频率为100%。

2. 钻孔灌注桩的桩位必须符合设计要求，其允许偏差为：群桩100mm，单排桩50mm。

3. 成孔深度必须符合设计要求，其允许偏差为+300mm，0mm。

4. 混凝土灌注桩的钢筋笼制作必须符合设计要求。

5. 桩的承载力应符合设计要求。

6. 灌注桩的原材料必须符合设计要求，混凝土强度必须不小于设计强度的1.15倍。

## 8.2 承台

### 8.2.1 基坑支护、开挖和回填

1. 基坑开挖过程中应避免桩体和支护结构，并且核实基坑周边的地下管线类型、分布及埋深，出土及材料堆放位置距离坑边不小于2m，高度不超过1.5m。同时对基坑的边坡或支护结构应实时检查（特别是雨后和解冻时期），如果发现边坡有裂缝、疏松或者支撑有异响、变形等危险征兆，应立即采取措施。

2. 基坑底部200mm土体及桩周围土方应由人工配合机械进行清理开挖，并及时施作垫层。

3. 土方开挖时，围护结构强度应符合设计要求，设计无要求时，应符合经批准的施工方案要求，地下水位应控制在基坑底0.5m以下。

4. 土方开挖的其他规定详见4.2.8的相关内容。

5. 基坑回填应满足设计及规范要求，不易分层碾压时，可采用中粗砂等材料水撼法回填。

### 8.2.2 桩头破除

1.测定桩顶标高并沿桩周长放线，可采用手持式切割机按照标线环向切割桩头，严禁割伤钢筋（一般切割深度为20~30mm）。

2.剥离环切线以上桩体钢筋混凝土保护层，将钢筋与混凝土分离，可采用风镐沿环切线以上20~30mm钻孔，孔深100~150mm，孔位间隔120°。

3.可用钢楔子均匀顶断上部无效桩体，并用吊车吊离，严禁采用挖掘机前后、左右晃动。

4.伸入承台钢筋采用机械调直。

5.桩头与承台的连接必须符合设计及规范的要求。

### 8.2.3 钢筋加工

钢筋加工接头连接形式主要有机械连接、焊接。

1.钢筋主筋 $D \geq 25$ 时，接头一般采用机械连接。

2.钢筋主筋 $D < 25$ 时，接头一般采用焊接。

3.墩身钢筋在预埋过程中，要与承台钢筋的底层和顶层网片进行固定连接，深入承台内部的墩柱钢筋按要求绑扎好箍筋，使墩身预埋钢筋形成整体，保证墩身预埋钢筋不因为混凝土的冲击而移位或变形。桥墩钢筋与承台钢筋、桩基钢筋焊接形成电气回路。

4.钢筋电弧焊所采用的焊条，其性能应符合低碳钢和低合金钢电焊标准的有关规定，其牌号应符合设计要求，设计未做规定时，参照规范的规定使用。

5.施焊场地应有适当的防风雨雪和严寒的措施。环境在5~-20℃施焊时，应采取技术措施，低于-20℃不得施焊。

6.电弧焊接头上不允许有裂缝或焊瘤，用小锤锤击时，声音清晰度应与母材相同。焊接质量应符合相关规范要求。

### 8.2.4 模板安装

1.承台模板应优先采用大块钢模，模板安装前须除锈，涂刷脱模剂，模板安装应拼缝严密，支撑牢固可靠。

2.模板安装时可采用对称布置拉杆筋进行加固，对拉拉杆的直径、间距、位置等应经计算确定。

3.模板拉杆孔位应在混凝土浇筑完成后及时按要求进行封堵。

### 8.2.5 混凝土浇筑

1.混凝土的振捣应采用插入式振捣器，振捣器移动间距不超过其作用半径的1.5倍，严禁漏振、过振。

2.在混凝土初凝前应对混凝土表面进行抹面收浆。抹面收浆时应用木抹二次抹面、钢抹一次收光。

3.承台混凝土浇筑完成以后应及时采用塑料薄膜或土工布覆盖保湿，防止混凝土表面水分蒸发，不宜使用围水养护方式。

4.混凝土强度达到2.5MPa以上，方可拆除模板。拆除模板时应注意对承台表面、棱角的保护。模板拆除后须及时采用土工布覆盖洒水养护，养护期间混凝土表面应处于湿润状态。

5.承台混凝土为大体积混凝土，应按要求采取控制裂缝措施。

6.承台尺寸，顶面高程，轴线偏位，前后、左右边缘距设计中心线尺寸必须符合相关承台检验标准，检验频率为每个承台。

### 8.2.6 质量检验

承台的允许偏差和检验方法见表8.1。

表8.1 承台检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	尺寸 (mm)	±30	丈量：长、宽、高检查各 2 点
3	顶面高程 (mm)	±20	水准仪：检查 5 处
4	轴线偏位 (mm)	15	全站仪或经纬仪：纵、横各检查 2 点

## 8.3 墩柱

### 8.3.1 混凝土结合面凿毛

1.墩柱边线放样，用墨线标出墩柱底部的轮廓线，采用手持砂轮切割机沿轮廓线切入混凝土20mm，将轮廓线内的混凝土面凿毛，直至露出粗骨料为止。

2.将表面的松散层、石屑等冲洗干净，同时清除钢筋的污锈和水泥砂浆。

### 8.3.2 钢筋绑扎

1.钢筋半成品按照规范要求进行检查验收，合格后方可出厂。

2.钢筋加工按照设计图纸进行，形状、尺寸、弯钩等符合设计及规范要求。

3.绑扎安装必须严格按图施工，检查钢筋数量、规格、间距、钢筋骨架尺寸、

钢筋连接质量、保护层厚度、预埋件数量及位置等。

### 8.3.3 模板安装

1.模板的预组装应在组装平台或经平整处理过的场地上进行，组装完毕后予以编号，模板安装前应先用抛光机磨光，再涂刷脱模剂，严禁用废机油代替脱模剂。

2.模板由吊车按照编号吊装就位，模板拼装牢固，具有足够的刚度、强度、稳定性；模板拼缝无错台并设置止浆带。

3.模板顶口设置缆风绳，缆风绳与地面锚固牢固。模板安装完毕后及时校核模板垂直度、模内尺寸、平面位置、顶部标高、预埋件位置及数量等。

4.墩台模板前后、左右距中心线尺寸允许偏差 $\pm 10\text{mm}$ ，表面平整度 $3\text{mm}$ ，相邻模板错台 $2\text{mm}$ ，空心墩壁厚 $1\text{mm}$ ，同一梁端两垫石高差 $2\text{mm}$ ，预埋铁件和预留孔位置 $5\text{mm}$ 。

5.检查预埋件是否遗漏、是否正确。在未经监理工程师检查认可前不允许进行下一道工序。

### 8.3.4 砌体墩台

1.砌体墩台砌筑用水泥砂浆的强度等级应符合设计要求，设计无要求时，任何情况下均不得低于M10。

2.砌体应及时覆盖并经常洒水保持湿润，砌体在砂浆未达到100%设计强度以前，不得承受设计荷载。

3.砌体边距设计中心尺寸允许偏差：片石 $\pm 10\text{mm}$ ，块石 $\pm 20\text{mm}$ ，粗料石（混凝土块） $\pm 15\text{mm}$ 。顶面高程允许偏差：片石 $\pm 10\text{mm}$ ，块石 $\pm 15\text{mm}$ ，粗料石（混凝土块） $\pm 10\text{mm}$ 。两相邻砌块外表面错开允许偏差：块石 $5\text{mm}$ ，粗料石（混凝土） $3\text{mm}$ 。竖直度或坡度允许偏差：片石 $0.5\%$ ，块石 $0.3\%$ ，粗料石（混凝土） $0.3\%$ 。轴线偏位允许偏差：片石 $10\text{mm}$ ，块石 $10\text{mm}$ ，粗料石（混凝土块） $10\text{mm}$ 。表面平整度允许偏差：片石 $5\text{mm}$ ，块石 $20\text{mm}$ ，粗料石（混凝土块） $10\text{mm}$ 。

4.桥台后填土、锥体砌体顶面高程允许偏差 $\pm 20\text{mm}$ 。表面平整度允许偏差 $30\text{mm}$ 。底面高程允许偏差 $\pm 50\text{mm}$ 。

### 8.3.5 混凝土浇筑

1.混凝土的振捣应采用插入式振捣器，振捣器移动间距不超过其作用半径的

1.5 倍，严禁漏振、过振。

2.在混凝土初凝前对混凝土表面进行抹压收浆。抹面收浆时要用木抹二次抹面、钢抹一次收光。拆模应在混凝土强度能保证结构棱角不损坏时方可拆除，宜为 2.5MPa 以上。

3.模板的拆除应遵循“先支后拆，后支先拆”的原则，拆除时不得猛烈敲打、强拉和抛掷。

4.模板拆除后应立即进行养护。养护方式可采用薄膜覆盖、滴灌养护。

### 8.3.6 质量检验

1.混凝土所用的水泥、砂、石、水、外掺剂及混合材料的质量和规格，必须符合图纸要求，按规定的配合比施工。

2.不得出现空洞和露筋现象。

3.防雷接地电阻测试：桥墩接地电阻应小于 10 欧姆。

4.墩、台身混凝土检查项目见表 8.2~表 8.3。

表 8.2 墩、台身检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	断面尺寸 (mm)	±20	尺量：检查 3 个断面
3	竖直度或斜度 (mm)	0.2%H 且不大于 20	吊垂线或经纬仪：测量 2 点
4	顶面高程 (mm)	±10	水准仪：测量 3 处
5	轴线偏位 (mm)	10	全站仪或经纬仪：纵、横各检查 2 点
6	节段间错台 (mm)	5	尺量：每节检查 4 处
7	大面积平整度 (mm)	5	2m 直尺：检查竖直、水平两个方向，每 20m <sup>2</sup> 测 1 处
8	预埋件位置 (mm)	符合设计要求，设计未规定时：10	尺量：每件

注：H 为墩、台身高度。

表 8.3 柱式墩及板式墩检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查
2	相邻间距 (mm)	±15	尺或全站仪测量：检查顶、中、底 3 处
3	竖直度 (mm)	0.2%H 且不大于 20	垂线或经纬仪：测量 2 点
4	柱 (墩) 顶高程 (mm)	±10	水准仪：测量 3 处
5	轴线偏位 (mm)	10	全站仪或经纬仪：纵、横各检查 2 点
6	断面尺寸 (mm)	±15	尺量：检查 3 个断面

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
7	节段间错台 (mm)	3	尺量：每节检查 2~4 处

注：H 为墩身高度。

## 8.4 盖梁

### 8.4.1 钢筋加工

1.盖梁钢筋骨架可采取在钢筋加工厂统一加工，应注意骨架焊接顺序，保证骨架尺寸、焊接质量、钢筋间距等。

2.可采用运输车运至现场进行骨架安装，运输及安装过程中防止变形。安装过程中注意支座垫石、挡块等预埋钢筋安装。

### 8.4.2 支撑体系及模板安装

1.盖梁应采用抱箍法（墩身混凝土强度 75%以上才可以安装抱箍）或其他支撑体系进行施工，抱箍或支撑体系的承载能力必须经过计算确定。为保护墩柱表面不被损伤，抱箍钢板和墩柱表面应垫一层橡胶垫。纵梁与抱箍之间应连接牢固。

2.盖梁支架搭设时应确保临时支撑结构安全、稳定，各构件连接牢固。

3.对于需要加强的部位，应进行复核计算，并采取相应的加强措施。

4.模板安装前必须对模板进行打磨、涂刷脱模剂，模板拼缝严实，支撑稳定。

5.高强度螺栓不宜重复使用。

### 8.4.3 混凝土浇筑

1.浇筑顺序应从与墩柱连接部位开始向两端分层且对称浇筑，混凝土分层厚度不宜超过 300mm。

2.混凝土必须一次连续浇筑完成，不得中断，并应在下层混凝土初凝之前，将上层混凝土拌合物浇筑捣实完毕。

3.浇筑完成后应按规定进行养护和成品保护。

4.浇筑时应随时观测支架沉降情况，观测到浇筑混凝土结束后 4h，并做好观测记录。观测过程中如发现沉降异常，应暂停浇筑，并采取必要措施后再继续浇筑。混凝土浇筑完毕后表面用刮尺抹平。混凝土终凝后覆盖浇水养护，保持湿润。

5.模板拆除后应立即进行养护。养护方式可采用薄膜覆盖、滴灌养护。

### 8.4.4 质量检验

盖梁检查项目见表 8.4。



表 8.4 盖梁检查项目

项次	检查项目	规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)	在合格标准内	按 JTGF80/1-2004 附录 D 检查
2	断面尺寸 (mm)	±20	尺量: 检查 3 个断面
3	轴线偏位 (mm)	10	全站仪或经纬仪: 纵、横各检查 2 点
4	顶面高程 (mm)	±10	水准仪: 测量 3~5 处
5	支座垫石预留位置 (mm)	10	尺量: 每个

## 8.5 悬臂浇筑连续梁

### 8.5.1 悬臂浇筑挂篮设计、验收、使用

检查挂篮设计和制造厂家资质、挂篮研制方案和验收大纲及专家审查意见、挂篮出厂合格证、挂篮进场验收记录、挂篮安全检算资料、挂篮安装、走行、载重试验记录等。

1.安全检算书。挂篮必须由有相应资质的厂家进行设计、制造，并出具安全检算资料。

2.进场验收、载重试验。挂篮走行和浇筑混凝土时的抗倾覆稳定系数不得小于 2；挂篮使用前应进行安装、走行性能工艺试验和按设计要求进行载重试验。

3.使用与验收标准。桥墩两侧悬臂浇筑梁段应对称、平衡施工，实际不平衡偏差不得大于设计要求数值，挂篮应在梁段预应力张拉完成后对称移动；混凝土浇筑前应对挂篮的锚固系统、吊挂系统和限位装置等进行全面检查（《铁路桥涵工程施工安全技术规程》TB 10303-2009 第 7.3.4 条）；遇有雷雨、大风、大雾等恶劣天气时，严禁移动挂篮（《铁路桥涵工程施工安全技术规程》TB 10303-2009 第 7.3.6 条）；严禁在精扎螺纹钢吊杆上进行电焊、搭火，所有精扎螺纹钢吊杆必须使用双螺母锁紧；挂篮拆除应按规定的顺序对称拆除（《铁路桥涵工程施工安全技术规程》TB 10303-2009 第 7.3.3 条）。

### 8.5.2 钢筋

1.钢筋品种、规格、数量、制作与安装应符合设计要求。

2.应根据实际情况加强架立钢筋的设置，可采用 W 形或矩形的架立钢筋等措施，应要求设置混凝土垫块（垫块强度应不小于梁体设计强度）以控制净保护层厚度。

3.预应力管道位置应准确，固定牢固，接头封闭严密。接地钢筋、预埋件符

合设计要求。

4.钢筋等焊接应在波纹管安装前进行,管道安装后尽量不焊接,确需焊接时,应采取可靠保护措施。

### 8.5.3 预应力

1.预应力管道进场时应提供试验报告、质量保证书和合格证。进场后对外观形状、主要尺寸及密封性进行检测。波纹管到场后应妥善保管,存放时应有防晒老化、防火、防强酸强碱的措施。

2.混凝土浇筑前应认真检查波纹管或铁皮管有无破损,若有破损,应截取一段对应材料预应力管道外包在破损部分,并外缠胶带,包扎牢固。

3.施工前应做预应力管道摩阻试验,并与设计参数比较,确定实际预应力损失值和张拉控制值。

4.预应力钢绞线应在浇筑混凝土之前穿入管道。在穿有预应力钢索(筋)的地方,任何情况下,在其周围进行电焊及气割作业时,应对全部预应力钢索(筋)和金属件进行保护,防止溅上焊渣或造成其他损坏。

5.梁体混凝土强度、弹性模量以及龄期满足设计要求后方可施加预应力。

6.张拉设备使用前应进行标定。根据计量所校验的张拉力与压力表读数之间的关系曲线或回归方程计算出控制张拉力吨位与压力表读数关系。

7.张拉顺序、张拉应力、伸长量应符合设计及规范要求。

8.预应力钢索(筋)张拉完后,应在48h内进行孔道压浆。

### 8.5.4 混凝土

1.混凝土的浇筑顺序、分层厚度应符合设计要求,并按批复的施工方案实施。

2.梁段内模拆除时,混凝土强度和弹性模量必须达到100%或符合设计要求。

3.施工缝凿毛处理应符合设计要求。

### 8.5.5 线形监控

1.悬臂施工线形监控的内容包括:混凝土立模标高测量、混凝土浇筑过程中主梁位移测量、节段施工完成后主梁几何状态测量。

2.监测时间一般在凌晨12点至次日凌晨5点,应根据当天的天气状况确定具体测量时间。

3.应力(应变)测试内容包括主梁、主墩控制截面的应力(应变)。温度场测试和应力(应变)测试同步进行,

4.悬臂施工线形监控宜委托具有相应资质的监控单位完成。

### 8.5.6 合龙

1.合龙梁段混凝土施工必须符合设计要求。

2.合龙梁段混凝土应在一天中气温最低时快速、连续浇筑。

3.合龙梁段混凝土强度达到设计要求时应及时进行预应力钢索（筋）张拉和压浆。然后方可对称解除单侧梁墩临时固结的相应约束。

4.应严格按照合龙施工方案中有关内容进行线形监测。

### 8.5.7 质量检验

1.箱梁外形尺寸允许偏差见表 8.5。

表 8.5 箱梁外形尺寸允许偏差

序号	项目	允许偏差 (mm)
1	箱梁全长	±20
2	箱梁跨度	±20
3	支座中心到梁端	±15
4	桥面宽度	±5
5	箱梁底宽	+10, 0
6	梁高	+10, 0
7	腹板厚度	+10, 0
8	底板厚度	+10, 0
9	顶板厚度	+10, 0
10	桥面偏离设计位置	±10
11	箱梁上拱度	+5, -10
12	挡渣墙厚度	+10, 0
13	表面垂直度	每米高度内偏差≤3
14	表面平整度	每米长度内偏差≤3
15	支座板每块板边缘高差	1
16	支座螺栓中心位置偏差	2
17	两端支座中线间的横向距离	±5
18	支座中心线偏离设计位置	3
19	螺栓	垂直梁底板
20	桥面上预留钢筋位置	10
21	接触网支柱预留钢筋	5
22	构造钢筋保护层厚度	+5, -2

2.箱梁外观质量控制标准见表 8.6。

表 8.6 箱梁外观质量控制标准

序号	项目		允许值 (mm)	
1	梁体	腹板及底板底面垂直预应力方向的裂缝	不允许	
		桥面保护层、挡渣墙、横隔墙、边墙和封端等五处的裂缝	$\leq 0.2$	
2	桥面板	钢筋混凝土结构	正常受力状态下的裂缝	$\leq 0.2$
			施工荷载下的裂缝	$\leq 0.24$
		预应力混凝土结构	正常受力及施工荷载下裂缝	不允许
3	蜂窝麻面	深度	$\nrightarrow 5$	
		长度	$\nrightarrow 10$	
4	硬伤掉角	深度	$\nrightarrow 20$	
		长度	$\nrightarrow 30$	
5	石子堆垒		不允许	

## 8.6 现浇箱梁

### 8.6.1 地基处理

1. 满堂支撑架地基应在不小于桥梁结构投影范围内进行原地面碾压。
2. 对于局部低洼积水或软土、承台基坑、泥浆池等部位应先挖除软弱层，再采用优质填料换填并分层碾压。
3. 对于地形起伏较大区域宜设置台阶，压实度或承载力经检验满足要求后进行硬化处理，设置横纵坡和排水沟。
4. 软土区域换填或抛石不经济时宜采用梁柱式贝雷支架，基础可采用打设钢管桩、PHC 桩或钻孔灌注桩等。

### 8.6.2 支架搭设

1. 支撑架所有进场材料须检查验收合格后方可使用。
2. 搭设前应在硬化场地上放样、测定标高，确定支架搭设范围及高度；按照设计的立杆横纵向间距弹墨线确定立杆位置、安放垫木。
3. 支架安装从箱梁施工段的一端开始向另一端推进，也可从中间开始向两端推进。
4. 支架须按照规范要求设扫地杆、横纵向剪刀撑、水平剪刀撑，顶部自由悬臂长度不大于 500mm，横纵向间距、步距严格按照方案执行。
5. 采用梁柱式贝雷支架时，其构造措施应符合《铁路混凝土梁支架法现浇施工技术规程》TB 10110 的有关要求。

6.梁柱式贝雷支架所用材料必须符合设计方案的要求。

7.支架搭设后应按设计要求、施工方案及相关规定进行预压，并按规定程序进行验收。

### 8.6.3 模板安装

1.模板横纵向主次楞应严格按照方案选用相应规格的木方，控制木方中心间距，严禁木方端头悬空。

2.模板宜采用 12~20mm 优质胶合板或竹胶板，底模安装前应测量放样确定模板安装边线、标高。

3.曲线段应适当加密放样点。

4.模板拼缝应采用硅胶进行填充。底模两侧各需比箱梁底板边线宽出 50~100mm，以便侧模的固定。侧模竖肋、背肋及外撑设置应严格按照方案执行。

5.在每个箱室内底板低处位置应设置预留孔，作为模板清洗排水排污的孔道。

### 8.6.4 钢筋绑扎

1.钢筋绑扎前应根据设计要求对支架体系进行堆载预压试验，满足要求后，方可进行钢筋绑扎施工。

2.筋绑扎前必须把模板清扫干净；并用墨线将主筋位置在模板上弹出，定位准确。

3.钢筋安装应严格按线施工，控制钢筋间距、数量及型号；避免将扎丝、焊条头、焊渣等杂物落到模板内。

4.应按要求设置足够数量的混凝土垫块，确保保护层合格。钢筋焊接、机械连接质量应满足规范要求，同一断面钢筋接头数量不大于 50%。

### 8.6.5 预应力安装

1.预应力波纹管的铺设应与普通钢筋的绑扎同步进行，采用限位筋进行定位，间距按照设计要求布置，设计无要求时，直线段间距 800~1000mm，曲线段 500mm。

2.波纹管接头应采用大一号同型波纹管作为接头管，将两根被接管段旋入接头管内，两接头处用塑料胶布缠裹严密，防止漏浆。

3.在波纹管每段高处预留出气孔，低处设置泄水孔。预应力筋应按照计算下料长度，采用砂轮切割机切割，切口与预应力筋垂直。

4.预应力钢绞线整束安装时将端头包裹牢固，先用单根牵引，然后用卷扬机

整束穿入孔道，穿入时注意钢绞线排列平顺。

5.应对施工现场波纹管材质、预应力孔道定位、上下层钢筋拉结连接进行检查和验收。对箱梁钢筋骨架及布束应实施分层、分段验收。

#### 8.6.6 混凝土浇筑及养护

1.应编制混凝土浇筑及养护的专项施工方案，并明确混凝土浇筑顺序。

2.梁体混凝土的整体或节段应一次浇筑成型。确需采用水平分层分次成形的，后浇层应采取布设冷却管等措施，防止产生裂缝。

3.一次浇筑成型的混凝土浇筑可采取纵向分段、水平分层连续浇筑，先从箱梁两侧腹板同步对称均匀进行，当有纵坡时需从低端向高端进行浇筑。

4.浇筑两侧腹板混凝土时，采用同步对称浇筑，防止两边混凝土面高低悬殊，造成内模偏移或其它后果。

5.当两腹板槽灌平后，开始从两侧向中间分段浇筑翼缘板和顶板混凝土，每段 2m，以利于表面收浆抹面。

6.底板混凝土浇筑不得从腹板下料。

7.梁体覆盖洒水养护时间不得低于 14d。

#### 8.6.7 预应力张拉与压浆

1.材料型号、规格必须符合设计要求，产品质保书、出厂合格证、复试报告均必须合格。

2.钢绞线与设计或计算长度差为 $\pm 10\text{mm}$ ；束中各根钢绞线长度差为 5mm。混凝土强度必须符合设计要求，当无设计要求时应达到设计强度的 80%；预应力筋的实际伸长值与计算伸长值的差值不得大于 $\pm 6\%$ ；预应力筋断裂或滑脱数量不得超过预应力筋总数的 5%，并不得位于结构同一侧，且每束内断丝不得超过 1 根。

3.钢绞线外露长度应符合设计要求，当无设计要求时，外露长度不宜小于预应力筋直径的 1.5 倍，且不宜小于 30mm。外露预应力筋的保护层厚度不宜小于 30mm。

4.压浆应缓慢、均匀进行，不得中断，并应将所有最高点的排气孔依次打开和关闭，压浆的最大压力宜为 0.5~0.7MPa，当孔道较长或采用一次压浆时，最大压力宜为 1.0MPa，水泥浆应充满孔道。

### 8.6.8 质量检验

现浇箱梁检查项目见表 8.7。

表 8.7 现浇箱梁检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
1	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	按 JTGF80/1-2004 附录 D 检查
2	轴线偏位 (mm)		10	全站仪或经纬仪: 测量 3 处
3	梁 (板) 顶面高程		±10	水准仪: 检查 3~5 处
4	断面尺寸 (mm)	高度	+5, -10	尺量: 每跨检查 1~3 个断面
		顶宽	±30	
		箱梁底宽	±20	
		顶、底、腹板或梁肋厚	+10, -0	
5	长度 (mm)		0, -10	用尺量
6	横坡 (%)		±0.15	水准仪: 每跨检查 1~3 处
7	平整度 (mm)		8	2m 直尺: 每侧面每 10m 测 1 处

## 8.7 预制梁

### 8.7.1 台座布置

1. 预制梁台座地基应稳固, 表面应光滑平整。
2. 底模挠度应小于 2mm。
3. 台座两端应根据地基承载力进行计算复核, 设置扩大基础, 并按要求设置伸缩缝。
4. 应严格按照设计要求设置预拱度。

### 8.7.2 钢筋绑扎

1. 预制梁钢筋半成品可统一进行加工, 在胎架上进行绑扎, 确保钢筋位置正确、间距均匀。
2. 骨架整体吊装入模时, 应采取措施确保骨架不变形。
3. 应按照设计图纸和交底要求, 设置预应力孔道定位筋、上下层钢筋网的拉结筋和混凝土保护层垫块。预应力孔道定位筋应和钢筋骨架可靠连接, 预应力孔道定位偏差应在规范限值之内。
4. 预应力孔道应选择材料、厚度、内径、环刚度达标, 咬合严密牢靠, 与混凝土结合良好的波纹管。

### 8.7.3 模板及橡胶芯棒定位安装

1. 预制梁侧模应采用专业厂家制作的大型定型钢模，具有较高的强度、刚度。
2. 模板应分节制作，拼缝严密，尺寸精确，安拆方便。
3. 采用橡胶芯棒时应按设计要求进行固定，确保线形流畅，定位准确，橡胶芯棒接头严密顺畅，不漏浆。
4. 橡胶芯棒的空间位置应根据设计图纸钢束曲率安放正确。锚垫板位置正确，与孔道必须轴线对中，并与孔道垂直。预应力张拉时，结构混凝土强度和弹模应满足设计要求，若设计无规定时应达到设计强度的100%，混凝土龄期不少于14d。
5. 两根橡胶芯棒的接头应采用镀锌铁皮用扎丝绑好，接头长度不小于250mm。接头处采用内包黑胶布，外包塑料胶带。锚垫板压浆孔用牛油塞满，以防止混凝土浆堵塞。锚垫板处混凝土应振捣密实。混凝土终凝后开始拔出橡胶芯棒（5~8h）。
6. 采用波纹管成孔时，其质量要求同8.6.5的规定。

### 8.7.4 混凝土浇筑及养护

1. 混凝土浇筑除采用插入式振捣器振捣外，还应在外侧模上安装高频低振幅附着式振捣器辅助振捣。
2. 梁体覆盖洒水养护时间不得低于14d。
3. 浇筑时振动棒严禁碰撞橡胶芯棒或波纹管，浇筑过程中做好橡胶芯棒或波纹管的保护。对预穿索的管道，应注意随时来回抽动钢绞线，以防漏浆导致堵管。锚垫板压浆孔可用牛油塞满，防止混凝土浆堵塞。

### 8.7.5 预应力张拉与压浆

1. 张拉时间、张拉顺序必须符合设计对混凝土龄期、强度、弹性模量等的要求。
2. 后张法预应力混凝土箱梁管道压浆宜在预应力张拉完成后48h内进行。
3. 封锚前应按要求对锚具和预应力筋做防锈和防水处理，封锚应密实且保护层厚度满足要求（锚具 $\geq 50\text{mm}$ ，预应力筋 $\geq 30\text{mm}$ ）。
4. 预应力张拉。工作锚及夹片上不得沾有油污、泥浆等杂质。安装工作锚与管道对中。工具锚用的锚板、夹片放在专用的工具箱内，以防与工作锚板及夹片混合，影响张拉质量。夹片须经洛氏硬度试验合格后方可使用。安装限位板时限位板的止口与锚板定位。安装夹片时应轻轻敲打，均匀用力，夹片两边隙均匀、



端头平齐。安装千斤顶时，千斤顶前端口应对准限位板，操作中不应推拉油管或油管接头，以免造成漏油，影响张拉。安装工具锚时，应与张拉端锚具对中，不得使工具锚与张拉端锚具之间的钢绞线扭绞。

5.预应力张拉完成后随即压浆，间隔时间以不超过 48h 为宜，避免预应力筋锈蚀或松弛。压浆顺序为：孔道湿润→安装稳定阀→低端压浆→另一端冒出浓浆，关闭阀门→孔道稳压→压浆端关闭阀门→隔 30min 后补浆→隔 4h 拆除阀门。灌压浆之前，隔夜先用水泥砂浆封住锚头端部，以防压浆时灰浆外溢而损失压浆压力。压浆施工之前，用吹入无油份的压缩空气清洗孔道，接着用含有 0.01kg 生石灰或氢氧化钙的清水冲洗管道，直到将松散颗粒除去及清水排出为止，再以无油的压缩空气吹干管道。

6.压浆时，水泥浆自调制到压入孔道的延续时间，视气温情况而定，一般不宜超过 30~45min。水泥砂浆在使用前和压浆过程中应经常搅拌。压浆泵采用活塞式，不得使用压缩空气泵。压浆应缓慢均匀地进行，先压下面孔道，后压上面管道，压浆的压力一般控制在 0.5~0.7MPa。

#### 8.7.6 移梁与存梁

1.移梁需具备的条件应符合设计要求，设计无要求时，应满足规范要求。

2.预制梁时，应在梁底预留吊装孔，在梁底与起吊绳的接触处应设置专用的铁鞋将梁底混凝土与钢丝绳隔离，以免挤碎混凝土或割断钢丝绳，其它接触处也应有防止割断钢丝绳的措施。

3.预制梁应按编号有规划地存放，以方便架梁时取梁。

4.在梁的两端设置牢固的存放支座，使梁处在简支状态下保存，不得将梁直接放在地上，以防止地面不平引起梁片上部受拉而使梁上部产生裂缝甚至断裂。

5.做好存梁区的排水工作，防止地表水冲刷存梁地面引起下沉。

#### 8.7.7 预制梁架设

1.梁板架设前应对梁长、梁高、墩距、垫石标高、十字线、支座类型等进行复检验收，验收合格后对梁板进行安装。

2.梁板对中必须准确，垂直度必须符合要求，为保证梁板的稳定性，可安装必要的临时支撑。

3.支座底板四角的高度，最大相对高差值不得大于 2mm，支座上、下座板与支承垫石之间和支座各层部件之间应密贴无缝隙。可采用现场小型设备机械拌制

支座灌浆料，采用重力式灌浆工艺，从支座中心向四周注浆，直至模板与支座底板周边间隙全部灌满为止，预留锚栓孔等所有间隙必须填满捣实，并采取可靠措施，防止漏浆。

4. 预制梁捆绑应采取有效的保护措施对捆绑段接触点局部进行防护，防止吊装过程中预制梁缺边掉角。

5. 涉及到体系转换的预制梁架设时，应设置牢固可靠的临时支撑设施（如砂箱），同时预制梁架设过程中还应采取有效措施防止桥面整体化前预制梁发生倾覆。

6. 采用节段拼装施工时，在全部节段梁吊装就位后，为保证梁段间拼接面标高、倾斜度保持一致，减少涂胶后梁段位置的调节时间，应在胶拼前进行试拼。试拼时，检查梁段标高、中线和拼接面情况，检查预应力孔道的接头对位，同时检查临时预应力钢筋及张拉设备是否完善。试拼完成后将其移开 0.4~0.5m，以便于涂胶。环氧树脂系胶结剂可用搅拌器搅拌，直到颜色均匀为止。涂胶厚度不宜超过 3mm，节段梁截面均需覆盖，涂胶过程以及拼装后 2h 之内应采取防水防太阳照射的措施。在节段梁全截面环氧树脂涂抹完毕，安装预应力管道密封圈后，移动待拼梁段，准确对位拼接。然后通过临时预应力筋施加临时预应力，使环氧树脂在不小于 0.3MPa 的压力下固化。临时张拉挤出将多余的环氧树脂系胶结剂及时刮除，并用检孔器检查预应力管道，确保孔道畅通。

### 8.7.8 质量检验

预制梁检查项目见表 8.8。

表 8.8 预制梁检查项目

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率	
1	混凝土强度 (MPa)		在合格标准内	按 JTG F80/1-2017 附录 D 检查	
2	梁 (板) 长度 (mm)		+5, -10	尺量: 每梁 (板)	
3	宽度 (mm)	干接缝 (梁翼缘、板)	±10	尺量: 检查 3 处	
		湿接缝 (梁翼缘、板)	±20		
		箱梁	顶宽		±30
			底宽		±20
4	高度 (mm)	梁、板	±5	尺量: 检查 2 处	
		箱梁	+0, -5		
5	断面	顶板厚	+5, -0	尺量: 检查 2 个断面	

项次	检查项目		规定值或允许偏差	检查方法和频率
	尺寸 (mm)	底板厚		
		腹板或梁肋		
6	平整度 (mm)		5	2m 直尺：每侧面每 10m 梁长测 1 处
7	横系梁及预埋件位置 (mm)		5	尺量：每件

## 8.8 钢箱梁

### 8.8.1 钢箱梁板加工

- 1.钢箱梁钢板钢材必须使用数控切割机下料。
- 2.钢材化学成分和机械性能应满足规范要求，并按炉批号进行化学和力学复检，复检符合要求后方可使用。
- 3.焊接工艺评定必须经过审批，同时焊材、涂料必须复检合格，钢材堆放应涂装车间底漆等防锈措施。

### 8.8.2 无损探伤试验

- 1.钢箱梁拼装完成后应对所有拼装焊缝进行检查，不得有未融合、裂纹、夹渣、焊瘤等缺陷。
- 2.结构焊缝应做无损探伤检测，检测必须合格。
- 3.钢板型材经预处理后，表面除锈质量达到 Sa2.5 级。
- 4.涂装应采用高压气喷涂，表面不得有针孔、裂纹、皱皮等缺陷。

### 8.8.3 支架搭设

- 1.安装前应对临时支架、支承等临时结构在不同受力状态下的强度、刚度和稳定性进行验算。
- 2.应对进场的杆件和零件查验产品出厂合格证、钢材质量证明书。

### 8.8.4 钢箱梁吊装

- 1.钢箱梁吊装前应预先确定吊装节段、起重机械配置、吊装顺序等。
- 2.通过测量复核无误后方可脱掉吊钩，跨中临时支墩应保证稳定，定位准确后再进行焊接。

### 8.8.5 质量检验

- 1.焊缝外观质量应符合表 8.9 的规定。

表 8.9 焊缝外观质量标准

项目	焊缝种类	质量标准 (mm)
气孔	横向对接焊缝	不允许
	纵向对接焊缝、主要角焊缝	直径小于 1.0, 每米不多于 2 个, 间距不小于 20
	其他焊缝	直径小于 1.5, 每米不多于 3 个, 间距不小于 20
咬边	受拉杆件横向对接焊缝及竖加劲肋角焊缝 (腹板侧受拉区)	不允许
	受压杆件横向对接焊缝及竖加劲肋角焊缝 (腹板侧受压区)	$\leq 0.3$
	纵向对接焊缝及主要角焊缝	$\leq 0.5$
	其他焊缝	$\leq 1.0$
焊脚余高	主要角焊缝	+2.00
	其他角焊缝	+2.0, -1.0
焊波	角焊缝	$\leq 2.0$ (任意 25mm 范围内高低差)
余高	对接焊缝	$\leq 3.0$ (焊缝宽 $b \leq 12$ 时)
		$\leq 2.0$ ( $12 < b < 25$ 时)
		$\leq 4b/25$ ( $b > 25$ 时)
余高铲磨后表面	横向对接焊缝	不高于母材 0.5
		不低于母材 0.3
		粗糙度 Ra50

注: ①手工角焊缝全长 10%区段内焊脚余高允许误差为 $-1.0+0.3$ 。

②焊脚标高指用焊缝斜面相对于设计理论值的误差。

2.采用超声波探伤检验时,其内部质量分级应符合表 8.10 的规定。焊缝超声波探伤范围和检验等级应符合表 8.11 的规定。

表 8.10 焊缝超声波探伤内部质量等级

项目	质量等级	适用范围
对接焊缝	I	主要杆件受拉横向对接焊缝
	II	主要杆件受压横向对接焊缝、纵向对接焊缝
角焊缝	II	主要角焊缝

表 8.11 焊缝超声波探伤范围和检验等级

项目	探伤数量	探伤部位 (mm)	板厚 (mm)	检验等级
I、II级横向对接焊缝	全部焊缝	全长	10~45	B
			>46~56	B(双面双侧)
II级纵向对接焊缝		两端各 1000	10~45	B
			>46~56	B(双面双侧)
II级角焊缝		两端螺栓孔部位并延长	10~45	B

项目	探伤数量	探伤部位 (mm)	板厚 (mm)	检骑等级
		500.板浆主梁盐纵、横		
		梁跨中加探 1000	>46~56	B(双面双侧)

3.当采用射线探伤检验时，其数量不得少于焊缝总数的 10%，且不得少于 1 条焊缝。探伤范围应为焊缝两端各 250~300mm；当焊缝长度大于 1200mm 时，中部应加探 250~300mm；焊缝的射线探伤应符合现行国家标准《金属熔化焊焊接接头射线照相》GB/T 3323 的规定，射线照相质量等级应为 B 级；焊缝内部质量应为 II 级。

4.钢材、焊接材料、涂装材料应符合国家现行标准规定和设计要求。

5.高强度螺栓连接副等紧固件及其连接应符合国家现行标准规定和设计要求。

6.高强螺栓的栓接板面(摩擦面)除锈处理后的抗滑移系数应符合设计要求。

7.焊缝探伤检验应符合设计要求和本章第 2.6、2.8 和 2.9 节的有关规定。

8.涂装检验应符合下列要求：

(1) 涂装前钢材表面不得有焊渣、灰尘、油污、水和毛刺等。钢材表面除锈等级和粗糙度应符合设计要求。

(2) 涂装遍数应符合设计要求，每一涂层的最小厚度不应小于设计要求厚度的 90%，涂装干膜总厚度不得小于设计要求厚度。

(3) 热喷铝涂层应进行附着力检查。

9.钢梁制作允许偏差应分别符合表 8.12~表 8.14 的规定。

表 8.12 钢板梁制作允许偏差

名称		允许偏差	检验频率		检验方位
			范围	点数	
梁高 h	主梁梁高 $h \leq 2m$	$\pm 2$	每件	4	用钢尺测量两端腹板处高度，每端 2 点
	主梁梁高 $h > 2m$	$\pm 4$			
	横梁	$\pm 1.5$			
	纵梁	$\pm 1.0$			
跨度		$\pm 8$	每件	2	测量两支座中心距
全长		$\pm 15$			用全站仪或钢尺测量
纵梁长度		+0.5 -1.5			用钢尺量两端角铁背至背之间距离
横梁长度		$\pm 1.5$			

纵、横梁旁弯		3	1	梁立置时在腹板一侧主焊缝 100mm 处里拉线测量
主梁拱度	不设拱度	3		梁卧置时难下盖板外侧拉线测量
		设拱度	+10 -3	
两片主架拱度差		4	1	用水准仪测量
主梁腹板平面度		$\leq h/350$ , 且不大于 8		用钢板尺和塞尺量 (h 为梁高)
纵横梁腹板平面度		$\leq h/500$ , 且不大于 5		
主梁、纵横梁盖板对腹板的垂直度	有孔部位	0.5	5	用直角尺和钢尺量
	其余部位	1.5		

表 8.13 钢桁梁节段制作允许偏差

项目	允许偏差 (mm)	检验频率		检查方法
		范围	点数	
节段长度	$\pm 5$	每节段	4~6	用钢尺量
节段高度	$\pm 2$		4	
节段宽度	$\pm 3$			
节间长度	$\pm$ 间	每节间	2	
对角线长度差	3			
桁片平面度	3	每节段	1	沿节段全氏拉线, 用钢尺量
挠度	$\pm 3$			

表 8.14 钢箱梁制作允许偏差

项目		允许偏差	检查频率		检验方法
			范围	点数	
梁高 h	$h \leq 2m$	$\pm 2$	每件	2	用钢尺量两端腹板处高度
	$h > 2m$	$\pm 4$			用钢量两点座中心距。
跨度 L		$\pm (5+0.1L)$			用争站仪或钢尺量
全长		$\pm 15$			用钢尺量
腹板中心距		$\pm 3$			用钢尺量
盖板宽度 b		$\pm 4$			用钢尺量 L 按 m 计
横断面对角线长度差		4			用水平仪或拉线用钢足量
旁弯		$3+0.1L$			用水平仪或拉线用钢尺量
拱度		+10 -5			
支点高度差		5			

腹板平面度	$\leq h' / 250$ , 且不大于 8			用钢板尺和塞尺最
扭曲	每米 $\leq 1$ , 且每段 $\leq 10$			置于平台, 四角中三角接触平台, 用钢尺量另一角与平台间隙

注: ①分段分块制造的箱梁拼接处, 梁高及腹板中心距允许偏差按施工文件要求办理。

②箱形梁其余各项检查方法可参照板梁检查方法。

③ $h'$  为盖板与加劲肋或加劲肋与加劲肋之间的距离。

10. 焊钉焊接后应进行弯曲试验检查, 其焊缝和热影响区不得有肉眼可见的裂纹。

11. 焊钉根部应均匀, 焊脚立面的局部未熔合或不足  $360^\circ$  的焊脚应进行修补。

12. 钢梁安装允许偏差应符合表 8.15 的规定。

表 8.15 钢梁安装允许偏差

项目		允许偏差 (mm)	检查频率		检验方法
			范围	点数	
轴线偏位	钢梁中线	10	每件或每个安装段	2	用经纬仪测量
	两孔相邻横梁中线相对偏差	5			
梁底标高	墩台处梁底	$\pm 10$		4	用水准仪测量
	两孔相邻横梁相对高差	5			

## 8.9 支座、桥面系及附属结构

### 8.9.1 支座安装

1. 支座安装平面位置和顶面高程必须正确, 不得偏斜、脱空、不均匀受力。

2. 支座应全数检测合格证、出场性能实验报告, 合格后方可使用。

3. 支座与梁底及垫石之间必须密贴, 间隙不得大于  $0.3\text{mm}$ 。垫层材料和强度必须符合设计要求。

4. 支座锚栓的埋置深度和外露长度应符合设计要求。

5. 支座安装应符合设计要求, 安装完后连接板应及时拆除。

### 8.9.2 湿接缝

1. 湿接缝钢筋预埋料可采用挂线安装, 确保钢筋外露长度一致且在同一平面内。

2. 钢筋安装前应对翼缘板端部进行凿毛处理, 清除松散混凝土, 直到露出粗骨料为止。

3. 模板应具有足够的强度和刚度, 底模采用拉杆固定, 与梁体接触面应贴紧

密并具有一定的搭接长度，确保各接缝严密不漏浆。

4.浇筑混凝土前模板内杂物应清理干净，同时端部混凝土进行洒水湿润。

5.混凝土的浇筑宜在一天中气温相对较低的时段浇筑，且一联中的全部湿接头应一次浇筑完成。

6.浇筑完成后应及时进行收浆和拉毛处理，及时覆盖塑料薄膜养护，且养护时间不少于 14d。

### 8.9.3 防撞护栏

1.钢筋可采用挂线安装，确保平顺垂直。

2.防撞护栏与梁体接触部位应进行凿毛处理，同时在模板底部铺设找平层及安装止浆带。

3.混凝土应采用分层阶梯式浇筑，每层厚度 300mm，第一层浇筑不得超过倒角上口处，以防止倒角下部气泡不易排出。

4.通过气泡及浆液冒出情况控制振捣时间，不可过振和漏振，待混凝土表面无气泡冒出，方可结束振捣，而后浇筑上层混凝土。

5.混凝土浇筑完成和拆模后均应采用透水土工布覆盖养护 7d 以上。

### 8.9.4 桥面防水

1.防水层所用原材料的品种、规格、性能等必须符合规范及设计要求。

2.防水层施工部位、构造形式、厚度、坡度和细部做法等必须符合设计要求和规范。

3.防水层的基层应平整、清洁、干燥，不得有空鼓、松动、蜂窝麻面、浮渣、浮土和油污。

4.防水层的表面质量应达到涂层厚薄一致，卷材粘贴牢固，搭接封口正确，渗透型材料喷洒均匀。不得有滑移、翘边、起泡、损伤等现象。坡度平顺，排水通畅。

### 8.9.5 桥面铺装

1.桥面铺装时，不得破坏防水层。

2.可采用钢筋废料加工成“7”字形弯钩作为支撑植入面板，间距 1000~1500mm，并与钢筋网片绑扎在一起，用以固定网片位置。

3.浇筑混凝土前，对桥面进行洒水湿润，并采用塑料薄膜对防撞护栏进行全覆盖，防止浇筑过程中对护栏造成污染。



4.夏季高温施工时，混凝土在初凝后应采用复合土工布覆盖洒水养护，养护时间为7~15d。

5.桥面铺装必须坚实、平整，不得有裂缝。

### 8.9.6 桥面排水

1.桥面排水设施的设置应符合设计要求，泄水管应保持通畅。

2.桥面泄水口应低于桥面铺装层10~15mm。

3.泄水管安装应牢固可靠，与铺装层及防水层之间应结合密实，无渗漏现象；金属泄水管应进行防锈处理。

4.预埋件、预留孔洞位置、尺寸或数量应符合设计要求，按要求进行防腐处理，并按要求进行检测，合格后方可投入使用。

5.应采取措施防止预埋雨水管堵塞。

### 8.9.7 桥台锥坡

1.桥台锥坡和护坡可采用预制六棱块或浆砌片石，铺筑锥坡和护坡前应先进行坡面修整，再铺筑50mm砂垫层。

2.修坡时应采用人工拉线进行，严格控制坡比和平整度，保证坡顶线和坡脚线平顺，铺砌面平整。

### 8.9.8 伸缩缝

1.伸缩缝安装前应检查梁端预留缝的间隙是否符合设计要求，上下必须贯通，不得堵塞。伸缩缝装置应锚固可靠，浇筑锚固段混凝土时应采取措施防止堵塞梁隙。

2.伸缩装置安装前应对照设计要求、产品说明，对成品进行验收，合格后方可使用。安装时应按安装气温确定装置定位，保证设计伸缩量。

### 8.9.9 桥梁检测

应按设计要求进行桥梁结构性能试验和测量检测（静载试验、动载试验、沉降徐变观测等）。

#### 1.动载试验

##### (1) 测试内容

①梁体横向和竖向自振频率，桥墩横向自振频率。

②模态振型（大跨结构、高墩）。

③横向和竖向振动阻尼比。

- ④梁体横向和竖向振幅，墩顶纵向和横向振幅。
- ⑤横向和竖向强振频率、振动加速度。
- ⑥控制截面的竖向动挠度（含动力系数）。
- ⑦支座的横向和竖向动位移。
- ⑧梁体和墩台控制截面、钢梁主要杆件的动应力、动应变。
- ⑨机车和车辆脱轨系数和轮重减载率。

## (2) 试验仪器设备

桥梁结构振动测试的测试传感器，主要包括应变传感器和振动响应传感器。应变传感器可采用和静态应变测试相同的应变片，振动响应传感器主要测试动态位移、速度和加速度，采用的传感器主要有加速度传感器和拾振器。动载试验常用的仪器、仪表的使用精度和测量范围如表 8.16 所示。

表 8.16 桥梁结构动载试验常用仪器及技术参数

测量内容	测量系统		数据采集分析系统		备注
	仪器名称	适用范围	仪器名称	技术参数	
应变	电阻应变计及动态应变仪	1、测量范围：±测量范围：动态； 2、频率响应：0-10kHz； 3、可用于行车试验、跳车试验。	1、由计算机与相应软件构成的采集系统； 2、磁带记录仪	1、输入电压范围0-10V； 2、频率响应：0-5kHz； 3、采样频率不低于1kHz； 4、可监视信号质量	可预埋或后装
	光纤应变计及调制解调器	1、测量范围：±测量范围：调制； 2、频率响应：0-10kHz； 3、可用于行车试验、跳车试验。			
位移	电阻应变式位移计及动态应变仪	1、测量范围：±测量范围：移位； 2、频率响应：0-10kHz； 3、可用于行车试验、跳车试验。			接触式测量，需要表架
	光电位移测量装置	1、测量距离：500m； 2、测量范围：±测量范围（当最大测距时）； 3、频率响应：20kHz； 4、可用于行车试验、跳车试验。			
动力特性参数	磁电式拾振器及放大器	1、测量范围：位移±测量范； 加速度±加速度； 2、频率响应：0.3-20kHz； 3、可用于行车试验、跳车脉动试验。			
	应变式加速度计及动态应变	1、测量范围：±测量范围； 2、频率响应：0-100Hz；			

仪	3、可用于行车试验、跳车试验。			
压电式加速度计及电荷放大器	1、测量范围：±测量范围； 2、频率响应：0.5-1kHz； 3、可用于行车试验、跳车试验。			
伺服式加速度计放大器	1、测量范围：±测量范围； 2、频率响应：0-100Hz； 3、可用于行车试验、跳车、脉动试验。			

### (3) 跑车试验

进行跑车试验前，应使用跑车试验车辆进行相应的静态试验，将车辆放置在测点响应值最大位置，记录车辆的最大静态应变和位移值，以便和动态响应值进行比较，计算冲击系数。

跑车试验的试验荷载，一般采用接近于检算荷载（标准荷载）重车的编组载重列车来充当。试验时，让列车分偏载和中载两种情形，以不同车速匀速通过桥跨结构，测定桥跨结构主要控制截面测点的动应力和动挠度时间历程响应曲线。每个速度测试至少两次，跑车速度一般定为：10km/h、20km/h、30km/h、40km/h、50km/h、60km/h、70km/h、80km/h。实际试验速度应根据桥梁现场情况确定，在车辆上安排一个试验人员，准确记录跑车的实际运行速度。

跑车试验主要记录车辆在桥上移动时的振动应变和振动位移、速度和加速度，每次记录应待桥梁振动基本衰减完成为止。

### (4) 刹车试验

刹车试验是测定车辆在桥上紧急制动时产生的响应，用以测定桥梁承受活载水平力性能。刹车试验是以行进车辆突然停止作为激振源，车辆以不同速度停在预定位置，记录动态应变和位移（加速度）响应，通过频谱分析可以得到相应的强迫振动频率、结构阻尼参数。

### (5) 脉动试验

脉动试验是指在桥面无任何交通荷载以及桥址附近无规则振源的情况下，测定桥跨结构由于桥址处风荷载、地脉动、水流等随机荷载激振而引起的桥跨结构微小振动响应。脉动测试主要记录桥梁的脉动加速度响应，可以进行振动模态（振型）分析和结构自振特性分析，脉动测试时间一般较长，每测点记录时间一般不少于 30min。通过频谱分析可以得到结构的自振频率和结构阻尼，结合行车摇摆、跑车和刹车试验的测试数据，可以得到更加准确的结构自振频率和阻尼参数。

### (6) 动荷载本身的动力特性的测定

主要测定引起桥梁震动的作用力或振源特性，如激振车辆的振动特性，主要测试车辆的荷载重量和车辆的振动频率。车辆重量可以通过电子地磅直接得到车辆的各轴轴重，车辆的振动固有频率可通过采集列车本身的振动响应通过频谱分析得到。

### (7) 数据分析和评定

对以上测定数据进行分析，可得出动力试验荷载效率系数、活载冲击系数(即动力系数)、结构自振频率、桥梁结构阻尼比等重要参数，这些参数对进行结构动力分析非常必要。

## 2. 静载试验

### (1) 理论计算

按照设计荷载、设计图纸，采用计算软件计算出结构内力值。按照实际加载等级、加载位置及加载重量计算出各级试验荷载作用下桥梁结构各观测点的反应，如位移、应变等，两个计算值可以进行比较。

### (2) 测试内容

#### ① 连续梁桥

边孔  $L/4$  及  $L/2$  附近截面、中孔  $L/4$ 、 $L/2$  截面、墩顶截面在试验荷载下的应力(应变)。

边孔、中孔控制截面 ( $L/4$ 、 $L/2$ 、 $3L/4$ ) 在试验荷载下的挠度。

主梁在偏载作用下的荷载横向分布情况及偏载作用下的影响系数。

#### ② 简支梁(板)桥

跨中截面的最大正应力(应变)。

跨中截面的挠度(刚度)分布规律。

支座位置的沉降及梁端转角。

跨径较大时要单独对  $L/4$  截面加载测试  $L/4$  截面的正应力(应变)，跨度不大时对实验跨  $L/2$  截面加载时同步测量  $L/4$  截面的正应力(应变)。

### (3) 加载

#### ① 常用加载设备

车辆荷载、重物、专门加力架。

#### ② 加载原则

分级：按照规定一般不少于 4 级，车辆较少时不少于 3 级，特殊情况下（如测开裂荷载）还应适当增加级数。

预加载：通过预加载可以发现现场组织问题及仪器方面问题，可以消除新结构支点沉降、支座压缩等非弹性变形。

监测：试验过程中要密切监测结构的反应，特别是有缺陷的桥梁，荷载分级要更细，密切监视结构变形，确保结构安全。

卸载过程：卸载工况可以分成 2~3 级，并尽量使卸载工况和加载工况相对应，以便观测结果相互校核。

加载车辆的位置应尽量靠近测试截面的影响线峰值处，以使用最少的车辆数量来产生较大的试验荷载效应。同时尽可能兼顾不同测试截面的试验荷载效应，减少加载工况和测试工作量。对于直线桥梁加载车辆荷载应对称布置，以便利用对称性复核观测数据。

### ③加载时间

为了减少温度对结构影响，应采取温度补偿措施。

加载的时间应选择在夜间进行，一般稳定在 22:00~06:00 之间。

试验时每级加载的荷载持续时间不得小于 15min，之后方可进行数据观测。卸载后观测残余变形、残余应变的时间不得小于 30min。

### ④现场测量

在现场荷载试验的短时间里，必须注意日照和昼夜温度变化对结构物及量测数据的影响。根据不同的量测方法和条件，采取以下措施减少温度对结构及测量结果的影响：

选择气象条件较稳定的日期进行试验。

在试验过程中可采用连续观测读数、分段计算每个荷载阶段读数增量的方法（假设加载短时间内结构温度场近乎不变）。

埋设与测点相同的、以传感器制备的无应力试件。

量测仪器的精度，静态测定时应选用不大于预计量测值的 5%，动态测定时应选用不大于预计量测最大值的 10%。

测量的基准点、仪表架、水准观测站及标尺等，必须牢固可靠；连同量测仪器，均应予以防护，避免日照、风雨、振动和周围其它干扰。

测量中选用受温度影响小、能够进行自动温度补偿的仪器设备。

#### (4) 桥梁承载能力的评定

经过荷载试验的桥梁，应根据整理的试验资料，分析结构的工作状况，进一步评定桥梁承载能力和桥梁概况。

结构性能评定根据如下：一是按施工图进行计算得到的理论检算值；二是按规范规定的挠度、强度和裂缝容许值。主要结合结构的具体情况，从以下几个方面来对连续梁桥进行评定。

##### ① 校验系数

校验系数 $\eta$ 是评定结构工作状况，确定桥梁承载能力的一个重要指标，可以从中判定桥梁结构的承载能力的工作状态。

实测结构校验系数的常用值如表 8.17。

表 8.17 实测结构校验系数的常用值表

梁 别	项 目	结构校验系数
预应力混凝土梁桥	混凝土应力	0.50~0.90
	挠 度	0.60~1.00
普通混凝土梁桥	混凝土应力	0.40~0.80
	挠 度	0.50~0.90
	钢筋应力	0.55~0.65
钢结构桥	应 力	0.75~0.95
	挠 度	0.75~0.95

##### ② 实测值和理论值的关系曲线

由于理论的变位（或应变）一般按线性关系计算，所以如测点实测弹性变位（或应变）与理论检算值成正比，其关系曲线接近于直线，说明结构处于良好的弹性工作状况。

##### ③ 相对残余变位（或应变）

正常运营的桥梁应无残余挠度，突然出现残余挠度，说明该桥受到严重损伤或某处截面进入弹塑性。测点在控制荷载工况作用下的相对残余变位 $s_p/s_t$ 越小，说明结构越接近弹性工作状况。一般要求 $s_p/s_t$ 值不大于 20%，当 $s_p/s_t$ 大于 20%时，应查明原因。如确系桥梁强度不足，应在评定时，酌情降低桥梁的承载能力。

##### ④ 结构刚度要求

试验荷载作用下，主要测点挠度校验系数 $\eta$ 应不大于 1。各测点的挠度应不超过《铁路桥涵设计基本规范》TB 10002 规定的允许值。

### ⑤主要测点弹性变位（或应变）与相应的理论检算值的关系

列出各加载程序时主要测点实测弹性变位（或应变）与相应的理论检算值的对照表，绘出其关系曲线图。

检测过程中做好检测记录，每天对检测记录进行分类整理，做好资料分析整理、保存。

## 8.10 路基

### 8.10.1 路基清表

1.路基清表前应测量放样恢复中桩，确定路基边线，采用挖掘机、推土机等机械将路基范围内的种植土、腐殖土、杂草、树根、废弃物、建筑垃圾等清理干净。

2.清表厚度不宜低于 300mm，应将路基范围内的坑穴、枯井、坟墓以及表层松散部分清理干净，并采用合格填料分层回填压实至原地面标高。

### 8.10.2 土方路堤、涵洞

原地面处理及检测：

1.清表后应采用推土机对路基范围整平，并进行原地面承载力检测（轻型重力触探或重型重力触探）。检测达到设计要求承载力后方可进行全断面冲击压实施工，如达不到设计要求承载力应进行设计变更（地基处理）。

2.轮机碾压时，横向重叠 1/2，冲击压路机时速应为 12~15km/h，冲击压实遍数应根据试验段数据确定，以保证原地面压实度满足设计及规范要求。

3.当地面坡度陡于 1:5 时，应修成台阶形式，每层台阶高度不宜大于 300mm，宽度不应小于 1.0m。路堑、路堤边坡坡度或高程应符合设计要求。路基边坡加宽、碾压必须符合相关要求。过渡段施工应符合设计要求。

4.填料类别应符合设计要求，填料质量必须达标，并进行工艺试验，试验资料应齐全。

5.过渡段台阶宽度应符合要求，涵洞两侧对称填筑，台背、涵背填筑要密实。涵洞结构强度、尺寸必须符合设计要求。

### 8.10.3 地基处理

1.地基处理常见方法：

#### （1）换填垫层法

适用于浅层软弱地基及不均匀地基的处理。其主要作用是提高地基承载力，

减少沉降量，加速软弱土层的排水固结，防止冻胀和消除膨胀土的胀缩。

#### (2) 强夯法和强夯置换法

强夯法适用于处理碎石土、砂土、低饱和度的粉土与粘性土、湿陷性黄土、杂填土和素填土等地基。强夯置换法适用于高饱和度的粉土，软~流塑的粘性土等地基上的对变形要求不高的工程，在设计前必须通过现场试验确定其适用性和处理效果。强夯法和强夯置换法主要用来提高土的强度，减少压缩性，改善土体抵抗振动液化能力和消除土的湿陷性。对饱和粘性土宜结合堆载预压法和垂直排水法使用。

#### (3) 砂石桩法

适用于挤密松散砂土、粉土、粘性土、素填土、杂填土等地基，提高地基的承载力和降低压缩性，也可用于处理可液化地基。对饱和粘土地基上的对变形要求不高的工程也可采用砂石桩置换处理，使砂石桩与软粘土构成复合地基，加速软土的排水固结，提高地基承载力。

#### (4) 振冲法

分加填料和不加填料两种。加填料的通常称为振冲碎石桩法。振冲法适用于处理砂土、粉土、粉质粘土、素填土和杂填土等地基。对于处理不排水抗剪强度不小于 20kPa 的粘性土和饱和黄土地基，应在施工前通过现场试验确定其适用性。不加填料振冲加密适用于处理粘粒含量不大于 10% 的中、粗砂地基。振冲碎石桩主要用来提高地基承载力，减少地基沉降量，还可用来提高土坡的抗滑稳定性或提高土体的抗剪强度。

#### (5) 水泥土搅拌法

分为浆液深层搅拌法（简称湿法）和粉体喷搅法（简称干法）。水泥土搅拌法适用于处理正常固结的淤泥与淤泥质土、粘性土、粉土、饱和黄土、素填土以及无流动地下水的饱和松散砂土等地基。不宜用于处理泥炭土、塑性指数大于 25 的粘土、地下水具有腐蚀性以及有机质含量较高的地基。若需采用时必须通过试验确定其适用性。当地基的天然含水量小于 30%（黄土含水量小于 25%）、大于 70% 或地下水的 pH 值小于 4 时不宜采用干法。连续搭接的水泥搅拌桩可作为基坑的止水帷幕，受其搅拌能力的限制，该法在地基承载力大于 140kPa 的粘性土和粉土地基中的应用有一定难度。

#### (6) 高压喷射注浆法



适用于处理淤泥、淤泥质土、粘性土、粉土、砂土、人工填土和碎石土地基。当地基中含有较多的大粒径块石、大量植物根茎或较高的有机质时，应根据现场试验结果确定其适用性。对地下水流速度过大、喷射浆液无法在注浆套管周围凝固等情况时不宜采用。高压旋喷桩的处理深度较大，除地基加固外，也可作为深基坑或大坝的止水帷幕，目前最大处理深度已超过 30m。

#### (7) 预压法

适用于处理淤泥、淤泥质土、冲填土等饱和粘性土地基。按预压方法分为堆载预压法及真空预压法。堆载预压分塑料排水带或砂井地基堆载预压和天然地基堆载预压。当软土层厚度小于 4m 时，可采用天然地基堆载预压法处理，当软土层厚度超过 4m 时，应采用塑料排水带、砂井等竖向排水预压法处理。对真空预压工程，必须在地基内设置排水竖井。预压法主要用来解决地基的沉降及稳定问题。

#### (8) 夯实水泥土桩法

适用于处理地下水位以上的粉土、素填土、杂填土、粘性土等地基。该法施工周期短、造价低、施工文明、造价容易控制，在北京、河北等地的旧城区危改小区工程中得到不少成功的应用。

#### (9) 水泥粉煤灰碎石桩（CFG 桩）法

适用于处理粘性土、粉土、砂土和已自重固结的素填土等地基。对淤泥质土应根据地区经验或现场试验确定其适用性。基础和桩顶之间需设置一定厚度的褥垫层，保证桩、土共同承担荷载形成复合地基。该法适用于条基、独立基础、箱基、筏基，可用来提高地基承载力和减少变形。对可液化地基，可采用碎石桩和水泥粉煤灰碎石桩多桩型复合地基，达到消除地基土的液化和提高承载力的目的。

#### (10) 石灰桩法

适用于处理饱和粘性土、淤泥、淤泥质土、杂填土和素填土等地基。用于地下水位以上的土层时，可采取减少生石灰用量和增加掺合料含水量的办法提高桩身强度。该法不适用于地下水下的砂类土。

#### (11) 灰土挤密桩法和土挤密桩法

适用于处理地下水位以上的湿陷性黄土、素填土和杂填土等地基，可处理的深度为 5~15m。当用来消除地基土的湿陷性时，宜采用土挤密桩法；当用来提高地基土的承载力或增强其水稳定性时，宜采用灰土挤密桩法；当地基土的含水

量大于 24%、饱和度大于 65%时，不宜采用这种方法。灰土挤密桩法和土挤密桩法在消除土的湿陷性和减少渗透性方面效果基本相同，土挤密桩法地基的承载力和水稳定性不及灰土挤密桩法。

#### (12) 柱锤冲扩桩法

适用于处理杂填土、粉土、粘性土、素填土和黄土等地基，对地下水位以下的饱和松软土层，应通过现场试验确定其适用性。地基处理深度不宜超过 6m。

#### (13) 单液硅化法和碱液法

适用于处理地下水位以上渗透系数为 0.1~2m/d 的湿陷性黄土等地基。在自重湿陷性黄土场地，对 II 级湿陷性地基，应通过试验确定碱液法的适用性。

#### (14) 综合比较法

在确定地基处理方案时，宜选取不同的多种方法进行比选。对复合地基而言，方案选择应针对不同土性、设计要求的承载力提高幅度，选取适宜的成桩工艺和增强体材料。

**2.路基填料应符合设计和规范要求，经试验合格后方可使用。**

**3.路基填筑必须分层填筑压实，每层表面平整，排水良好。临时排水系统与排水系统结合，避免冲刷边坡，路基周围不得积水。**

**4.路堤填筑时，应随时检测填料含水率。对于细粒土、粘砂土，碾压前应控制填料含水率不超过标准击实试验确定的最佳含水率的 $\pm 2\%$ 。**

(1) 当含水量较低时，应在土场加水闷料，以保证填料的含水量达到最佳含水量。

(2) 当含水量超过规定值时，可在路堤填料上用铧犁、旋耕犁翻晒，并减小填层松铺厚度，使填料含水量始终控制在最佳含水量的 $\pm 2\%$ ，以保证最佳压实效果。

**5.设计有要求或当路堤高度小于 2.5m 时，地基压实质量检验标准应符合设计或规范规定检验数量。**

**6.换填所用的填料种类、质量、使用范围应符合设计要求。**

**7.换填地基顶面应有横向排水坡度，其高程、中线至边缘距离、宽度、横坡、平整度允许偏差及检验标准应符合表 8.18 的规定。**

表 8.18 换填地基顶面允许偏差及检验标准

序号	项目	允许偏差	检查数量	检验方法
1	高程	±50mm	每 100m 等间距检查 3 点	水准仪测量
2	中线至边缘距离	±50mm	每 100m 等间距检查 3 点	尺量
3	宽度	不小于设计值	每 100m 等间距检查 3 点	尺量
4	横坡	±0.5%	每 100m 等间距检查 3 个断面	尺量
5	平整度	填土 50mm, 填石 100mm	每 100m 等间距检查 5 点	2.5m 直尺 量测

8.砂垫层应采用中、粗、砾砂，其含泥量不得大于 5%；碎石垫层应采用未风化的碎石和砾石，最大粒径不得大于 50mm，其含泥量不得大于 5%，且不含草根、垃圾等有机杂物。砂、碎石进场时应进场验收，并对其杂质含量和粒径级配进行检验。砂、碎石垫层的厚度和设置范围应满足设计要求。

9.夯击点、重锤夯实夯击点布置处理范围应符合设计要求。

10.应按要求对路基土进行天然含水量、液限、塑限、标准击实、CBR 试验等。

#### 8.10.4 临时排水设施

1.路基填筑应随挖、随运、随填、随压，以确保路堤质量。

2.雨季路堤应分层填筑，每一压实层面均须做成 2%的横向坡度以利于排水，并要求表面的平整度较好。

3.雨后的路基面必须晾晒、刮除表面浮土和复压处理，并经抽检合格后才能继续施工。

4.开工前应做好截水、排水设施，测放出路堤、路堑位置和高程。

#### 8.10.5 路基填筑

1.土方路堤每层填筑压实完成后必须及时采用灌砂法或环刀法进行压实度检验，经检验合格后方可进行下一层填筑施工。

2.路基填筑应水平分层填筑碾压密实，符合设计要求。

3.路基填筑、虚铺厚度必须符合设计要求，碾压密实，有路拱。

4.土工格栅铺设必须平整，搭设处理应符合规范。

#### 8.10.6 石方路基

1.石方路堑开挖宜采用光面爆破法，爆破后应及时清理险石、松石，确保边坡稳定。

- 2.修筑石方路堤时应水平分层填筑石块，摆放平稳，码砌边部。
- 3.填筑厚度及石块尺寸应满足规范要求。
- 4.填石空隙应采用石渣、石屑嵌压密实，然后用振动压路机分层碾压。

## 第九章 创建标准化样板

### 9.1 管片生产

1.应建立集“工厂化、自动化、信息化、智能化”为一体的标准化生产厂。采用信息化的管理模式，建立管片“物联网”，开发盾构管片预制管理系统。搭建实时、透明、高效、规范化作业的管片生产质量信息化平台，实现管片生产全过程的质量监控、自动记录，并可以迅速进行各种质量数据和责任主体的查询。使盾构管片的预制生产具有智能化、信息化、数字化的特点，并实现管片预制生产的全生命周期的信息管理。

#### 2.三环试拼装

在管片正式生产之前，应制作三环完整的预制混凝土管片，包括螺帽、螺栓和其他附件，提供检测报告供监理工程师审批，以明确预制混凝土管片结构在给定公差范围之内。保留示范三环试拼装直到检验完毕，监理工程师同意拆卸为止。拆卸后的管片，经同意后，可用作永久隧道衬砌。管片开始生产 200 环后，应进行水平拼装一次；开始生产 100 环后，再经一次水平拼装检验合格后，可定为每套模具每生产 200 环做一次水平拼装检验。

#### 3.管片钢筋制作设备

应引进先进钢筋加工设备以及智能设备，保证管片钢筋骨架的成型精度。包括数控自动剪切设备、数控自动弯箍设备、半自动弯弧机、智能焊接机器人等。

#### 4.管片钢筋制作

(1) 为防止加工后的钢筋反弹变形，每批次、每炉号的钢筋进场后，先做冷弯试验，确定钢筋反弹变形量，在钢筋弯弧时把反弹变形量增补进去，并在标准弧度靠模上做好标记。

(2) 在进胎膜绑扎之前，将成品钢筋与标准弧度平台再试靠对比，符合要求后，才进胎膜绑扎。

#### 5.管片钢筋骨架成型

##### (1) 绑扎胎膜

应根据每个型号管片的内弧面主筋弧度，分别设计制作钢筋骨架成型的胎膜，并在胎膜上设置主筋及箍筋定位卡槽，同时设置弧形顶线定位挡板，保证钢筋的间距和成型钢筋骨架的弧度满足要求。

##### (2) 分布交叉跳焊

钢筋骨架在点焊时，应采用上下层钢筋分步交叉跳焊（CO<sub>2</sub>保护焊），避免集中点焊推进，导致焊接应力集中，产生变形；其次在骨架点焊时，应将骨架两端采用法兰螺栓和镀锌圆管等将管片钢筋骨架固定在胎膜上，防止其翘曲位移。

### （3）钢筋骨架弧度的检测

应制作钢筋骨架弧度验收平台，使检测者可以非常方便的对管片钢筋骨架的弧度进行验收。当弧度不满足要求时，则将骨架吊进胎膜重新进行调整。

### （4）骨架堆放平台

应根据管片的内弧面主筋弧度，设计制作钢筋骨架堆放平台，保证骨架整体均匀受力，堆叠存放钢筋骨架不得超过5层。

### （5）骨架的标识

一个管片钢筋骨架应由一个操作者单独完成，操作者宜通过管片建档智能一体机为其完成的钢筋骨架悬挂管片身份标示牌，该标示牌宜包含电子标签及可视标签两部分。标签中应包含管片骨架的基本信息，如管片类型、分块号、骨架的制作者以及验收者，并同步在网络数据库中保存。

## 6.混凝土搅拌

（1）混凝土搅拌机应符合现行国家标准《混凝土搅拌机》的规定。混凝土搅拌宜采用强制式搅拌机。

（2）原材料投料方式应满足混凝土搅拌技术要求和混凝土拌合物质量要求；原材料宜采用同一原材厂家，以防管片色差。

（3）混凝土搅拌最短时间应符合设备和工艺要求。

（4）冬季混凝土搅拌前，宜采用加热水的预热方式调整拌合物温度（水温不应高于60℃），以保证混凝土入模温度满足 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 的要求；夏季采取水泥倒库、砂石料洒水或饱和吸水、拌合用水降温等措施，保证混凝土入模温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 。

## 7.管片混凝土的振捣

（1）宜采用铰式开启方式模具，定位精度高，易于调整，止浆措施严密，不易漏浆。

（2）应采用高频附着式振动设备保证振捣质量。

## 8.管片混凝土抹面压光

（1）对管片混凝土表面进行初步抹面，若混凝土不足，要添加补充，若表面存在浮浆，应刮除。

(2) 不断压抹管片，使外弧面平整。

(3) 对管片表面进行全面收水抹面，用抹刀压浆提光，反复几次，力求表面光滑，无收面印子。

(4) 覆盖塑料薄膜、关上盖板、覆盖潮湿的土工布。

## 9.管片混凝土养护

### (1) 蒸汽养护

①当采用蒸汽养护时，应经试验确定管片混凝土的养护制度，同时管片的蒸汽养护应满足规范的要求。

②采用先进的传感器和红外测温仪，实时采集管片生产车间各个部位的环境温度，并传输至大屏幕显示器，方便施工操作者可以实时查看各区域的养护数据，并进行温差控制和处理。

### (2) 浸水养护

管片在蒸汽养护后，进入养护水池进行 7d 的水养，管片须完全浸没在水中。水养池水的 PH 值不小于 7。

### (3) 薄膜包裹养护

管片水养 7d 后，进入堆场用塑料膜袋进行包裹。

### (4) 智能喷淋养护

根据天气、温度情况和管片养护阶段来设置喷淋时间，一般为每隔 20~30min 喷一次，一次喷淋 2.5min（冬季喷淋 40~60s 即可）。如此周而复始直到养护期满为止。

## 10.管片堆存及运输

(1) 管片应按分块类型集中分区存放；在分区存放的基础上再按管片衬砌类型再细分。现场建立标识牌，按区分类型进行存放。

(2) 管片堆场基础应坚实，并做好排水措施。

(3) 管片侧面立放以 4 层为宜，当管片内弧面向上平放时，以 6 层为宜。当确实需要堆放更高的层数时，应对管片进行受力分析验算。

(4) 管片侧面立放，底层可为 50×200mm 的混凝土条形基础，中间层可采用 50×200mm 的板方材支垫；内弧面向上平放时，应采用专用堆存钢平台支架，放置底部应加入缓冲垫。

(5) 管片运输可采用 12m 平板车，车板上应安放枕木，用于支垫管片，并

应采取加固措施对管片进行捆绑加固。

### 11.管片成品检测

(1) 成品尺寸、外观质量应逐片检查。

(2) 管片保护层检测每 15 环应抽检 1 环。

(3) 管片回弹检测，由管片接收单位进行检测，抽检数量不少于同一检验批管片总数的 1%。

(4) 管片检漏检测，每 50 环抽检 1 块；连续 3 次达到检测标准，改为 100 环抽检 1 块；再连续 3 次达到检测标准，改为 200 环抽检 1 块；如出现一次不达标，则恢复每生产 50 环抽查 1 块管片做检漏测试的最初检测频率，再按上述要求进行抽检。每套模具每生产 200 环做一组（3 环）水平拼装检验。

(5) 每生产 1000 环抽查 1 片管片进行抗弯检测和抗拔检测。

## 9.2 钢筋集中加工场

1.加工场地应合理选择地点，宜采用集中加工布置方式，做到加工与施工互不干扰。

2.钢筋加工场应实行封闭管理，场地应硬化处理并做好排水，并设置顶棚，棚内地面应用 50mm 厚 C15 混凝土进行硬化，有车辆行驶区混凝土硬化厚度为 120~150mm，棚内按照其使用功能宜分为原材料堆放区、钢筋下料区、加工制作区、半成品堆放区等。

3.为满足钢筋加工的精确度，应使用数控钢筋加工设备，推广使用机器人自动焊等智能化设备。

4.加工场储存区、加工区、成品区应布设合理，设置明显的标志标牌（安全标示牌、操作规程、消防保卫牌、管理人员名单及监督电话牌、文明施工牌）。

5.焊接、切割场所应设置禁止标志、警告标志。木工加工区应设置禁止标志。安全通道应设置禁止标志。使用氧气、乙炔等易燃易爆场所应设置禁止标志和明示标志。加工场出入口和场内应设置禁止标志和警告标志。用电场所应设置警告标志。易发生火灾场所应设置警告标志。消防器材放置场所应设置提示标志。各作业区应设置分区标识牌。

6.机械设备应悬挂机械操作安全规定公示牌（即安全操作规程）和设备标示牌。

7.各种原材料、半成品或成品应按其检验状态与结果、使用部位等进行标识。



8.在加工制作区应悬挂各号钢筋的大样设计图，标明尺寸、部位，确保下料及加工准确。

9.推广使用二维码等信息化手段进行标识。

### 9.3 工地标准养护室

#### 9.3.1 房屋建设

1.工地标准养护室的建筑面积应根据工程建设高峰期试件养护的最大数量、样品架的容量及占用面积、室内共用面积及所选用的温湿度控制仪主机的功率等内容确定，且应满足招标文件的要求。

2.标准养护室宜设置缓冲间（过渡间），按照里外套间的格局进行修建或改建；缓冲间面积满足温湿度控制仪、主机安装及维修且不影响试件搬运即可；进入缓冲间的门和进入标准养护室的门不宜相对设置。

3.新建标准养护室，可采取增加墙体材料厚度、采用温度传导系数低且保温隔热性能好的墙体材料、选择反光性能高的材料颜色等方法，提高标准养护室的保温效果，降低养护设备日常运行、维护成本。

4.标准养护室可采用彩钢板搭建，但接缝处应进行密封处理，紧贴夹芯板两侧，砌筑空心砖墙，并用防水砂浆抹面或粘贴 PVC 防水板，房顶加保温层吊顶方式建立。

#### 9.3.2 设备配置

1.标准养护室应配备全自动温度、湿度同步控制设备，主要包括：恒温主机（工业变频制冷机组，具备制冷、制热、除湿功能）、温湿度传感器、超声波加湿、雾化设备、系统控制箱、液晶显示屏等，其中温度和湿度控制传感器应设置在标准养护室使用空间的中心点，不得靠近墙壁；温湿度控制仪、主机不得安装在其他功能室。在温湿度探头位置悬挂经过鉴定/校准的温湿度计。

2.标准养护室应配备一定数量且满足使用要求的养护架（样品架）。

3.安装调试完成后，应对整改温湿度控制系统进行检定、校准。标准养护室的温湿度偏差、温湿度均匀性、温湿度波动性检测按《环境试验设备温度、湿度校准规范》JJF 1101 进行。

4.标准养护室温度、湿度控制设备的温度、湿度传感器应通过检定/校准。

5.标准养护室的温度控制  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  之间，相对湿度大于 95%。

### 9.3.3 运行管理

1.标准养护室的温度、湿度监控记录宜使用经过检定/校准的温度、湿度自动记录仪。

2.运行期间，注意标准养护室的卫生环境，注意各种传感器的清洁工作，以免影响其灵敏度；注意观察标准养护室温湿度的异常情况，发现问题及时分析原因、及时解决。

3.采用标准养护的试件，应在温度为 $20\pm 5^{\circ}\text{C}$ 的环境中静置一昼夜至二昼夜，然后编号、拆模。拆模后应立即放入标养室养护；标养室内的试件应放在养护架上，彼此间隔 $10\sim 20\text{mm}$ ，试件表面应保持潮湿，并不得被水直接冲淋。

4.试件出入应进行登记管理。

### 9.4 材料存放场

1.存放场、材料加工场应合理选择地点，应尽量靠近使用地点，确保运输及卸料方便。模板、脚手架等周转材料，应选择在装卸、取用、整理方便和靠近拟建工程的地方放置。水泥、砂石料等原材料应靠近拌和站放置。

2.各种材料应分区存放，堆放场地需进行硬化；存放场应留有足够宽度的通道，便于装运。

3.各种材料的堆放应做到一头齐，一条线，砂石成堆，设置标识牌。

4.预制构件的堆放位置应考虑吊装顺序，方便装卸。

5.材料场做到整齐干净，无砖瓦块、钢筋头，无杂草、杂物等。

6.各种材料进场均应有合格证或试验单等质量证明资料。

7.贵重物资、装备器材要存入库内。

8.片石堆放高度不得超过 $1\text{m}$ ，条石、块石堆放高度不得超过 $1.5\text{m}$ ，砖块堆放高度不得超过 $2\text{m}$ ，并应平置堆放，互相压叠。

#### 9.金属材料存放

(1) 线材存放时应上盖下垫，平放堆垛，注意标牌的保管，避免混淆。钢绞线宜存于室内；钢筋根据进场、加工和使用的先后顺序，按型号、直径、用途分门别类叠放。

(2) 型材存放时应下垫垫木上覆防水遮盖物，平行分层堆码，统一放置，并且一端垫木略高。

(3) 堆放钢板及钢杆件时，其高度不得超过 $1\text{m}$ 。

## 10.半成品、成品存放区

- (1) 存放场地应通风良好，有条件宜搭设存储棚库。
- (2) 金属、木材及构配件等的底部应按规定垫高，并避免与酸碱等易腐蚀性物质接触。木质材料或易变形材料应平放，不得挤压。
- (3) 板材应存放在仓库或料棚内，不得露天存放。木材应选择干燥、平坦、坚实的场地堆放。选择堆放点应尽可能远离危险品及有明火的地方，并有严禁烟火的标识和消防设施。
- (4) 易于滑落的材料堆放必须捆绑牢固，高度不得超过 2m。
- (5) 材料储存时应按使用、安装次序进行分类、分批存放，并按规定做好标识，小件（散件）材料及配件宜存放于箱、盒内。

## 11.周转料具存放应符合下列规定：

- (1) 周转料具的存放应随拆、随整、随保养，码放整齐。
- (2) 大模板存放时，应有可靠的防倾倒措施，不得靠在其他模板上或物件上。

## 12.装配式构件的存放应符合下列规定：

- (1) 根据构件的使用先后和吊装顺序进行堆放，留出适当的通道，不得越堆吊运。
- (2) 堆放构件时，应按构件刚度、受力情况等采用合理放置方式，保持稳定。
- (3) 构件堆放时应放置在垫木上，垫木位置应与吊点相对应；同时应使吊环向上，标志向外。
- (4) 水平分层堆放构件时，其堆垛高度应按构件强度、地面承载力、垫木强度以及堆垛的稳定性而定。大型构件一般以 2 层为宜，不应超过 3 层，构件各层之间应用垫木隔开，且各层垫木应在同一竖直线上。

## 13.防水材料的存放应符合下列规定：

- (1) 进场的防水卷材应存放在库房和料棚内，且应立放，堆放高度不超过两层，不得横压和倾斜堆放。玻璃布油毡平放时，堆码高度不得超过 3 层。
- (2) 其他防水材料可按油漆化工材料保管存放要求执行，应存放在干燥、通风、阴凉的仓库内，码放平稳，不得倾斜和碰撞。