

n 一、编制依据

- 1.1、杭州湾大桥北接线第四合同段设计施工图；
- 1.2、交通部《公路工程施工验收规范汇编》；
- 1.3、交通部《公路工程质量检验评定标准》；
- 1.4、交通部《公路工程试验规程汇编》；
- 1.5、交通部《公路桥涵施工技术规范》；
- 1.6、交通部《公路工程施工监理规范汇编》；
- 1.7、现场实地勘察情况及同类工程施工经验。

二、适用范围

本方案仅适用于杭州湾大桥北接线第四合同 19 号桥现浇连续箱梁施工作业。

三、工程概况

杭州湾大桥北接线第四合同 19 号桥全长 791.08m,其中上跨乍嘉苏高速公路的主桥为 17+22+22+17m 的等截面预应力连续箱梁,上跨杭州湾大桥北岸连接线的为 20+25+25+20m 的等截面预应力连续箱梁,其余均为普通钢筋砼连续箱梁。全桥预应力现浇连续梁共计 2 联 8 孔,普通钢筋砼连续箱梁共计 9 联 31 孔。预应力现浇连续梁全部为单箱单室结构,箱梁高 1.4m,顶板宽 9.5m,底板宽 5.5m,两侧悬臂长各为 2 m;普通钢筋砼连续箱梁除第六联外全部为单箱两室结构,箱梁高 1.2m,顶板宽 9.5m,底板宽 5.5m,两侧悬臂长各为 2 m;第六联为变截面普通钢筋砼连续箱梁,为单箱两室结构,箱梁高 1.2m。现浇连续箱梁横坡由顶板旋转而成,顶底板横坡同桥面,腹板保持垂直。箱梁纵向预应力束为 15[#]15.24 高强度低松弛钢绞线 ($R_y^b = 1860MP_a$),锚具为 OVM15-12,两端张拉,每束钢绞线的张拉控制力为 2343.3kN。现浇连续梁混凝土采用 C50 号混凝土浇注,支座采用 GPZ 系列盆式支座。根据梁体施工工艺要求:第三联上跨乍嘉苏高速公路的预应力现浇连续箱梁采用支墩加横梁预留门洞支架现浇;除第三联外的现浇连续箱梁全部采用布架灵活、搭拆方便、承载力大的 WDJ 碗扣式多功能钢支架搭设满堂支架现浇。

四、气候及地质情况

本工程区域位于浙北平原,属典型亚热带季风性湿润气候区,季风显著、四季分明,总的气候特征是温和、湿润、多雨。年平均气温 15.8℃,1 月份气温最低,平均在 3.5℃左右;7~8 月气温最高,平均在 28.1℃,极端最高气温 39.6℃;极端最低气温 -10.6℃。多年平均降水量 1200mm~1600mm,大多集中在 3~6 月春雨、梅雨期及 7~10 月台风期间,总雨日 140~170 天。多年平均蒸发量在 1200mm~1400mm,年最大降水量为 1764.0mm,年最小降水量为 485.7mm。相对湿度 81%左右,全年无霜期大于 200 天。

地质情况：该区上部主要为粘土及亚粘土，中间夹杂 2~3m 淤泥质粘土，下部为亚粘土。

五、施工准备

- 5.1、施工前对各材料进行检测，按照设计强度要求做好砼试配报批工作；
- 5.2、严格按照材料检测结果的要求，控制进场材料的质量；
- 5.3、检查维修便道，保证施工时便道畅通无阻，使施工能顺利进行；
- 5.4、对施工所需机械设备进行检查维修，保证施工时各种机械设备能正常运转。

六、施工总体布置

6.1、总体计划安排

全桥现浇箱梁计划于 2005 年 8 月 2 日开工，于 2006 年 6 月 20 日全部完成。

6.1.1、第七联施工计划时间为 2005 年 8 月 2 日~2005 年 9 月 10 日。

6.1.2、第九联施工计划时间为 2005 年 9 月 12 日~2005 年 10 月 16 日。

6.1.3、第三联施工计划时间为 2005 年 10 月 31 日~2005 年 11 月 26 日。

其余各联施工计划见施工计划横道图。

6.2、阶段详细计划

一联现浇箱梁各工序施工计划时间

工序	时间(天)
支架搭设	3
安装底模、外侧模	3
预压	3~5
底腹板钢筋绑扎、波纹管安装	3
内模安装	3
顶板钢筋绑扎、内模安装	1
浇注砼准备、浇注前检查验收	1
浇注砼	1
砼养护、拆模、穿束（预应力箱梁）	7（以 20 时安排）
纵向预应力束张拉（预应力箱梁）	1
压浆（预应力箱梁）	1
拆除底模及支架	3
总计	31

七、资源配备：

7.1、人员

为了更好的加强现场施工管理，保证工程质量及进度，根据工程需要，人员配备如

下：

人员配备表

序号	作业人员	主要工作内容	人数
1	经理	负责行政和技术及现场等全面管理	1
2	技术组	施工组织设计、熟悉审核图纸,梁体施工标高计算、	6
3	安全员	支架施工及现场施工安全交底,安全检查	1
4	材料	负责材料购、管理和使用	1
5	试验组	各种试验	4
6	支架组	支架安装、预压、拆除及维修	20
7	钢筋组	钢筋、预应力筋及管道加工与安装	22
8	模板组	模板的制做、安装及拆除	15
9	混凝土组	梁体砼的拌制、运输、灌注、捣固与养护	16
10	张拉组	张拉与压浆	8
11	机械设备组	拌和楼、罐车、泵车、电工、吊车司机、起重工	15
12	普工		12
13	合计		121

7.2、主要材料表

主要材料数量表

序号	材料名称	规格	单位	数量
1	混凝土	C50	方	4330.4
2	钢绞线	15.24	t	541.61
3	波纹管	90	m	4303
4	锚具	OV15-12	套	112
5	级钢筋	12	t	188.93
		16	t	555.24
		20	t	29.31
		25	t	25.14
		28	t	135.31
		32	t	688.76
6	盆式橡胶	GPZ2.5DX 520×505×105mm	块	23
		GPZ2.5SX 560×440×105mm	块	24
		GPZ6GD 670×540×140mm	块	2
		GPZ6DX 840×680×150mm	块	3
		GPZ6SX 840×595×150mm	块	2
		GPZ7GD 720×610×150mm	块	8

7.3、主要机具设备

主要机械表

序号	名称	规格	单位	数量
1	全站仪	DTM352c	台	1
2	水平仪	DS2	台	1
3	碗扣支架	WDJ 碗扣式多功能钢支架	吨	1200
4	普通钢管		吨	200
5	竹胶板	18mm	立方	3000
6	枋木	50 × 100、100 × 160	立方	500
7	木工多用刨锯床		套	3
8	手持电锯、电刨		台	各 15 台
9	切断机	GQ40	台	3
10	弯曲机	GW40	台	3
11	电焊机	BX3-500-2	台	6
12	闪光对焊机		台	3
13	混凝土拌合站	50m ³ /h	座	2
14	混凝土输送泵	HB60D	台	1
15	汽车泵		台	2
16	砼输送灌车	6m ³	辆	5
17	插入式振动器	ZN-50	台	10
18	平板震动器		台	2
19	梁式震动器		台	1
20	千斤顶	YCW250	台	2
21	千斤顶	YCQ400Q	台	4
22	千斤顶	YCW500	台	2
23	电动高压油泵	ZB2 × 2-500	台	8
24	灰浆泵	UB3	台	2
25	灰浆搅拌机	350 型	台	1
26	发电机	30KW	台	1
27	发电机组	120KW	台	1
28	吊机	YQ16	台	2
29	卷扬机	5T	台	1
30	卷扬机	1T	台	1

八、施工方案

非预应力连续箱梁施工方案除不须进行预应力管道加工、安装、预应力筋张拉及预应力管道压浆外其余同预应力连续箱梁施工方案基本一致，具体细节区别以下方案根据个别情况已作了描述。

8.1、支架（跨乍嘉苏处预应力现浇连续箱梁除外）

8.1.1、支架基础

按通过后满堂支架的设计方案，要求地基承载力大于 200MPa，因此必须对地基作特殊处理。

将原地面腐植地表层上耕植土清除 15cm，然后用挖掘机挖松 50cm，用重型压路机或强夯分两层压实，底层压实度 $>80\%$ ，顶层压实度 $>85\%$ 。

按 2%横向排水坡（桥中心两侧排水）填筑宕渣 30cm，填筑分两层进行，每层压实厚度为 15cm，用重型压路机压实，底层压实度 $>90\%$ ，顶层压实度 $>95\%$ 。

为了防止浇筑混凝土时，流水软化支架的地基，浇筑厚 5cm 的 C10 细石混凝土封闭层。

地基处理完后，在支架搭设范围地基基础四周 80 ~ 160cm 范围内设顺桥向排水沟（水沟横断面为：60 × 80cm），排水沟根据现场情况设置好排水坡纵，确保地基基础不受雨水浸泡。

8.1.2、满堂支架

在混凝土硬化好的基础顶面放置 35 × 35 × 15cm C25 砼预制块作为支架立杆底座，在已放置好的底座上搭设 WDJ 碗扣式多功能钢支架，支架布置主要分三个区域进行设计：

一般结构区底板立杆按 0.9 × 1.2m 进行布置，即立杆纵向间距 0.9m，横向间距 1.2m，步距 1.2m；

梁端及支点区长度为 1.0m，渐变段长 2.0m，延桥梁方向梁端 3.0m 范围内立杆按 0.6 × 1.2 m 进行布置，即纵向净距 0.6m，横向间距 1.2m，步距 1.2m；

翼板宽 2.0m，翼板立杆按 1.2 × 1.2m 进行布置，即立杆纵向间距 1.2m，横向间距 1.2m，步距 1.2m。

支架外围四周设剪刀撑，内部沿桥梁纵向每 4 排立杆搭设一排横向剪刀撑，横向剪刀撑间距不大于 5m，支架高度通过可调托座和可调底座调节。

8.2、模板结构及支撑体系

8.2.1、外模结构

模板结构是否合适将直接影响梁体的外观，外模面板均采用厚为 18mm 的竹胶板，面板尺寸 1.2m × 2.4m，以适应立杆布置间距，面板直接钉在横桥向方木上，横桥向方木采用 50 × 100mm 方木，间距 20cm；横桥向方木置于纵桥向 100 × 160mm 方木上，纵桥向方木间距应与立杆横桥向间距一致。在钉面板时，每块面板应从一端赶向另一端，以保证面板表面平整。腹板及翼板面板分别固定在竖向和横桥向 50 × 100mm 方木上，方木间

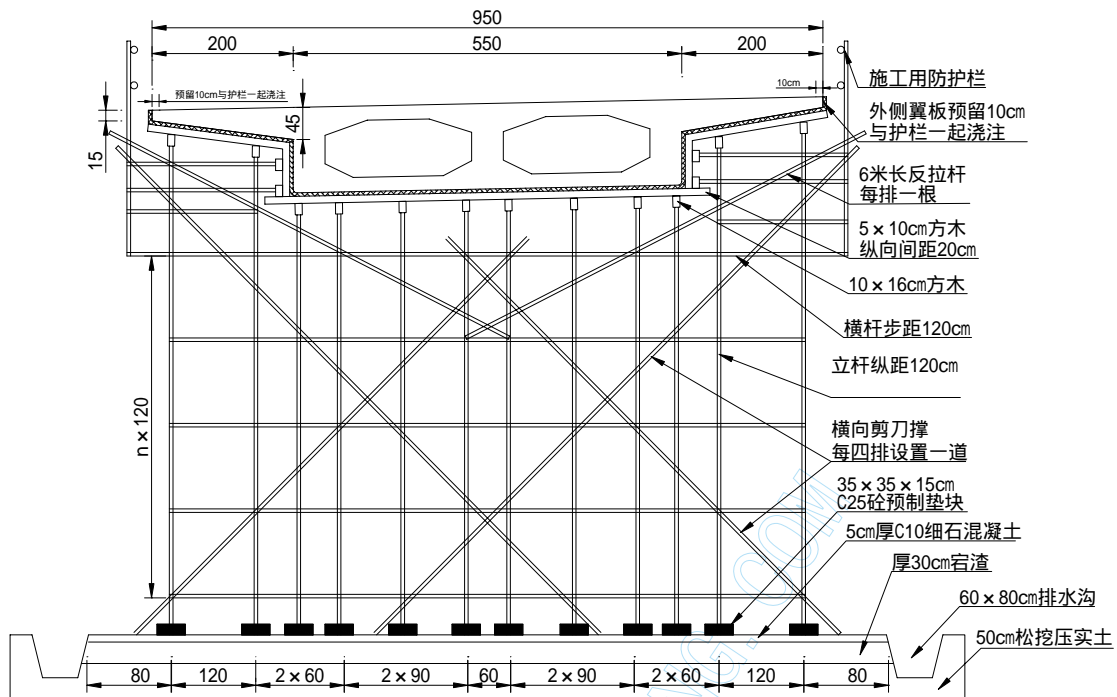


图 3 第一、二、四、五、七、八、十及十一联箱梁横断面及支架图

8.3、支架搭设预压

8.3.1、支架搭设及预压控制

支架搭设严格按照支架设计图进行施工，首先在支架的设计位置上铺设 $35 \times 35 \times 15\text{cm}$ 的 C25 砼预制块作为支架立杆底座，然后在垫块上安放支架立杆可调支座，进行支架搭设。碗扣式满堂支架安装时，在可调基础上先立定位立杆，再将横杆接头插入立杆的碗扣内，压紧并放置碗扣锁固，按照由底层向上的顺序安装。支架搭设接近设计标高时，采用立杆可调托盘进行调平，此时支架顶应预留 20cm 的方木位和 5~8cm 的木板范围，以便用于调整标高和拆模提供松动空隙。施工过程中必须严格控制可调底座和可调托盘的螺杆留在立柱内的长度 25cm，避免局部失稳。剪力撑应随支架的搭设同步进行，以免支架整体失稳。箱梁底模骨架安装完成后进行预压。

本桥采用水袋法预压，分级加载、分级卸载，具体预压方案如下：采用水袋充水，按梁体恒重等重荷载进行等载预压。预压前，根据箱梁中部、翼板的重量及水的容重分别计算出梁体中部和翼板上的加载高度，待箱梁底模骨架安装完成后，按照计算结果逐级加载。

根据预压荷载分三级加载，加载前根据容积法每级加载的高度，标示于模板上。第一次加载为箱梁恒重的 50%；第二次加载至箱梁恒重的 80%；第三次加载至箱梁恒重的 100%。每级加载完成，立即开始沉降变形观测，待观测结果表明支架稳定后方可进行下级加载。

观测点位布置为横向每截面布典型特征点 3 个，沿桥向 1/4 跨、1/2 跨、3/4 跨及两头墩边底模的左、中、右分别设置观测点，测点分别布置在相应支架立杆与底模相接处和立杆落地处的混凝土顶面上，即每孔布置 30 个测点。立杆顶的观测点采用倒尺法观测，固定专人按四等水准测量要求认真观测，及时准确地记录分析。

在每级荷载加载完成后，按早 7：30、中 11：00、晚 17：00 各观测一遍测点，当每隔 24 小时的沉降不超过 2 毫米，并且连续出现两次时，则认为该级荷载作用下支架变形稳定可进行下一级加载，直至最大荷载。在最大荷载作用下每隔 2 小时观测一遍测点，每隔 4 小时的沉降不超过 1 毫米，并且连续出现两次时，则认为支架在全载作用下变形稳定，支架基础牢固，即可进行卸载，卸载采用分级卸载，每次卸载重量与加载相同。

将在分级加载作用下测得的变形值和卸载稳定后测得的变形值进行比较，综合分析得出立模标高调整值，并按此值最后一次对模板进行精调，精调完成后，即可进入下一道工序。

8.3.2、支架搭设及预压控制注意事项

支架预压控制注意事项

A、每次观测都要严格记录加载量级、变形值，测量的日期与时间、大气温度、天气情况等数据；

B、每级加载要均匀连续，确保均匀加载；

C、支架预压加载时应随时观察记录支架的变形情况，发现支架有异常时必须立即停止加载并采取相应措施。

支架安装注意事项

A、为防止杆件滑脱，各种杆件伸出扣件的端头均大于 10cm；

B、在立杆安装过程中，应随时校正立杆垂直偏差，垂直偏差应控制在支架高度的 1/200 以内，水平偏差控制在 5cm 以内，立杆间接头扣件应使两端立杆在扣件内长度相等；

C、顶托丝杆伸入立杆内的长度不小于 20cm，以确保在浇注混凝土过程中，顶托丝杆与立杆之间连接不致出现局部失稳；

D、顺桥向、横桥向剪刀撑应按设计要求安放，并与立杆可靠连接；

E、在地基处理时，应根据对应的箱梁底标高以及所采用立杆的长度调整地基高度，以避免在立杆对接安装时的损耗，从而提高经济效益。

8.4、箱梁钢筋加工与安装

钢筋材料按设计图纸钢筋数量及规格分批进场，每批材料进场后立即核对材料数

量、规格、有无质保证书等，并报试验室及监理现场取样试验，待取样试验合格后方可正式施工。已进场钢材必须离地整齐存放，上盖篷布等覆盖物，以防雨水的浸蚀。

8.4.1、非预应力钢筋在钢筋棚中集中加工成型，骨架钢筋采用分段放样式拼装成形（在即将施工的连续梁附近找一片空地，将地面整平硬化并用砂浆找平，最后在处理好的场地上根据连续梁的实际尺寸放样，按放样好的线条进行钢筋骨架的分段焊接、拼装），将分段拼装好的骨架钢筋吊装入模，骨架钢筋接头均设置在每孔 $1/4$ 或 $3/4$ 附近，对于普通钢筋混凝土连续箱梁骨架钢筋接头必须设置在每孔 $1/4$ 或 $3/4$ 附近，严禁设在弯矩最大处（跨中），普通钢筋运至现场底模上绑扎。

8.4.2、钢筋焊接尽可能在地面上进行，以防止在模板上焊接损坏高压竹胶板。确需要模板上焊、割作业时，必须在模板上采用衬垫防护。

8.4.3、底（顶）板两层之间钢筋按图纸设计间距设架立筋以保证钢筋的层距及钢筋骨架的稳固性。钢筋保护层采用与梁体同标号的混凝土块垫。

8.4.4、钢筋安装顺序：底板下层钢筋安装——底板管道定位筋——底板上层钢筋——腹板钢筋骨架（同时安设预应力曲线管道并固定）——顶板和翼板下层钢筋（此工序在箱梁底板及腹板混凝土浇注且箱梁芯模顶板安装后进行）——顶模上层钢筋。

8.5、混凝土施工

混凝土由汽车泵泵送从低端向高端连续浇注，整个浇注分两次进行，第一次浇注底板及腹板混凝土，外侧腹板施工缝设于腹板与翼板转角以上 $2 \sim 3\text{cm}$ 处，中腹板施工缝设于腹板根部以上 $30 \sim 50\text{cm}$ 处。第二次浇注中腹板、顶板及翼板，在第二次浇注前检查支架有无压缩及下沉，并塞紧各楔块，以减少沉降。在以上施工工艺条件下，为保证施工质量，要求混凝土缓凝时间不少于 4 小时，塌落度在 $100 \sim 140\text{mm}$ 之间。

8.5.1、混凝土浇筑前检查支座、伸缩缝、护栏等构件的预埋件及预留孔位置。梁段连接部分施工缝认真处理，凿毛清除浮浆，冲洗干净，做到混凝土接茬面润湿、不积水。

8.5.2、混凝土在搅拌站中集中拌制，混凝土运输车运输，吊机或摇臂式汽车泵分层进行浇筑，分层厚度不大于 30cm 。箱梁混凝土应对称浇筑，底板、顶板浇筑前设置标记以保证混凝土厚度。

8.5.3、箱梁混凝土采用插入式振动棒捣固，近侧模处辅以铁扁铲人工插捣，确保混凝土振捣密实；顶板混凝土辅以平板振动器振捣。

为保证箱梁混凝土灌注质量，设专职捣固人员 6 名，负责箱梁混凝土捣固作业。箱梁混凝土捣固应认真仔细，振捣适度，做到既不因漏捣出现蜂窝，也不因过捣而出现混

凝土离析。预应力钢筋的波纹管密集处，捣固须密实且避免碰到波纹管，防止管道开裂、变形。

8.5.4、浇筑腹板混凝土时，为使顶板钢筋、管道不受水泥浆玷污，在肋板顶部放置梯形木槽防护。浇筑顶板时，从腹板顶部向四周进行。

混凝土浇注完毕后，立即检查管道是否畅通，发现问题及时采取措施，不可延误。

8.5.5、混凝土按 30cm 厚度分层浇筑，浇筑时应在下层混凝土初凝前完成上层混凝土浇筑。采用插入式振动器振捣，振动器移动间距不超过其作用半径的 1.5 倍，与侧模保持 5~10cm 的距离，插入下层混凝土 5~10cm，每一处振动完毕后应边振动边徐徐提出振动棒，应避免振动棒碰撞模板、钢筋、预应力管道及其它预埋件。对每一振动部位，必须振捣到该部位密实为止。密实的标志是混凝土停止下沉，不再冒出气泡，表面呈现平坦、泛浆。浇筑后期技术人员须现场控制砼顶面标高，浇筑完毕表面应抹平、拉毛。

8.5.6、混凝土凝固后派专人负责及时撒水、覆盖养生，养护时间不少于 7 天，养护期间应始终保持混凝土表面湿润。梁端模一般在浇筑 24 小时后即可拆除，以方便表面凿毛，外侧模和内模要待混凝土强度达到 25MPa 后方可拆除。底模板必须待预应力筋张拉完毕后方可脱模。

8.5.7、箱梁混凝土浇筑过程中设专人值班，检查有无模板变形、漏浆、钢筋松动、垫块脱落及支架的稳定等情况，发现问题及时处理。

8.5.8、箱梁混凝土浇筑完毕后，及时做好混凝土养生工作，确保足够的养护时间。

8.5.9、其他注意事项

A、由于混凝土塌落度较大，为防止浇筑斜向腹板时底板翻浆严重，先浇筑底板 10m 左右，再退回浇筑腹板、顶板，利用混凝土的塌落度损失，减小底板混凝土的翻浆；

B、腹板混凝土应斜向水平分层，在振捣腹板混凝土时，应注意振捣棒不能碰撞波纹管；锚下钢筋较密，且受力较大，应用 30 振捣棒振捣；

C、在腹板混凝土振捣完毕后，绝对不得再用振捣棒振捣底板混凝土，否则可能使腹板出现空洞；

D、顶板混凝土浇筑完毕后，应用竹扫把将顶板表面拉毛，一则可增加顶板与桥面铺装层的粘结力，二则可增加顶板混凝土的表面张力，避免顶板混凝土表面由于收缩开裂；

E、顶板混凝土应及时撒水、覆盖养护，在混凝土不粘手后，即可用手撒水养护，待混凝土强度达到一定强度后，再用水管冲水养护，第一遍撒水过早将冲掉表面水泥浆，撒水过晚，混凝土可能出现收缩裂缝，因此，现场应有专人负责检查混凝土表面情况；

8.6、预应力施工

8.6.1、钢绞线

钢绞线进场及检验

钢绞线按设计图纸数量及规格分批进场，进场后应分批验收。验收时，应检验其质保单、材料数量、规格、包装方法及标志内容是否齐全、正确。并按批报试验室及监理现场取样进行抗拉强度、伸长率及弹性模量试验，同时还必须有锚具与钢绞线的配套试验，待取样试验合格后方可正式施工。钢绞线离地存放，上盖蓬布等覆盖物，以防雨水的浸蚀。钢绞线使用前，必须进行外观检查，表面无裂纹、毛刺、机械损伤或不得有降低钢绞线粘结力的润滑剂、油渍等物。

钢绞线下料及预留管道

钢绞线的制作、安装、试验等必须满足招标文件及规范要求。结合设计图及施工方案要求进行下料，下料长度必须满足用于永久性工程和工作长度要求，确保施工质量满足设计及规范要求。

预留孔道：

A、预应力钢绞线束预留孔道采用有一定强度、管壁严密、不易变形的金属波纹管，确保管道畅通；

B、在非预应力钢筋骨架绑扎、安装就位后，再在钢筋骨架上安装预留孔道的金属波纹管。制孔波纹管安装位置应符合设计，位置准确，直线段每 1 米，曲线段每 50cm 设定位钢筋一道，并在底板弯束上弯处设置防崩钢筋，避免波纹管在浇筑混凝土过程中移位。相邻制孔管接头应至少错开 300mm。

C、预留孔道内不得进入泥浆及杂物，端头用木塞塞牢。

8.6.2、预应力施工

梁体混凝土强度达到设计的 90%即可穿钢绞线，施加预应力。钢绞线下料采用砂轮切割机。下料长度应考虑千斤顶的工作长度。编束时，每隔 1~1.5m 绑扎一道铅丝，钢绞线束编号挂牌堆存，搬运时抬吊点间距不应大于 3m，两端悬出长度不大于 1.5m。

张拉设备配置及检定

施加预应力所用的机具设备及仪表应由专人使用和管理，并应定期维护和校验。千斤顶与压力表应配套校验，以确定张拉力与压力表之间的关系曲线，校验应在经主管部门授权的法定计量技术机构定期进行。

A、锚具订购可靠生产厂家的系列产品，进场后每批根据规范要求进行检测，合格后再使用。锚夹具进场时应分批进行探伤检查，不得有裂缝及伤痕、锈蚀。尺寸不得超过允许偏差，分批进行外观、硬度常规项目检验，当质保单不符合要求或对质量有疑点时，对锚具的强度、锚固能力进行检验。

B、本工程使用四台 400 型千斤顶及 4 台 ZB₄/500 型电动高压油泵。张拉所采用的千斤顶、压力表、油泵使用前进行配套标定，并确定张拉力与压力读数之间的压力曲线，

所用压力表的精度为 1.6 级，校验千斤顶用的试验机或测力计的精度不低于 $\pm 2\%$ 。

C、张拉机具设备应与锚具配套使用，对长期不使用的张拉机具设备，应在使用前进行全面校验。使用期间的校验期限应视机具设备的情况确定，当千斤顶使用超过 6 个月或 2 千次或在使用过程中出现不正常现象或检修以后应重新校验。

8.6.3、张拉顺序及控制

根据设计图纸，预应力钢材采用 $\phi 15.24\text{mm}$ 钢绞线，群锚体系 YM15 型，张拉控制力 $f_{\text{con}}=1395\text{MPa}$ ，两端同时张拉，张拉顺序为：先通长索，后弯起索，左右上下对称张拉。

箱梁施工时，确保锚垫板位置尺寸正确，并与预应力孔道垂直，从而保证了千斤顶的张拉作用线与钢绞线的轴线重合一致。两台 400 型千斤顶同时张拉。预应力张拉的程序为：0— 初应力 ($10\% f_{\text{con}}$) — $103\% f_{\text{con}}$ (持荷 2 分钟锚固)，其中 $3\% f_{\text{con}}$ 为锚圈口预应力损失。

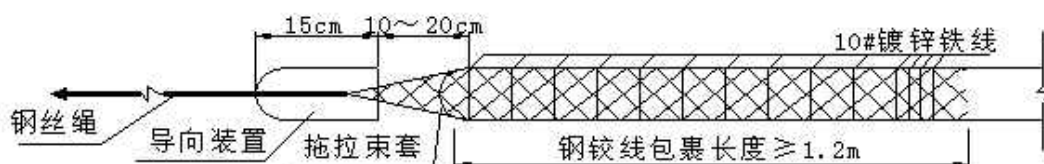
8.6.4、钢绞线穿束、张拉

穿束：检查预应力孔道，发现被堵要及时排堵。箱梁锚垫板与锚板接触处的焊渣、毛刺、砼残渣要及时清理干净。

牵引设备及牵引钢丝绳的规格型号依据牵引过程中需克服的最大摩阻力确定。采用 1.5 ~ 2.0t 的慢速卷扬机。牵引设备安装在穿束管道出口端的正前方，距离管道出口 5 ~ 10m，牵引方向应与管道出口端的轴线保持一致，以减小牵引阻力。

钢绞线拖拉束套用于钢丝绳与钢绞线束的连接，通过同钢绞线束之间的摩擦力将牵引力传递至钢绞线束上。拖拉束套采用 2mm 钢丝束编制而成，呈渔网状。为增加束套与钢绞线之间的摩擦力，在安装拖拉束套前，钢绞线束拖拉端部需包裹二层牛皮纸，长度不短于束套长度。钢绞线拖拉端部与管道摩擦阻力最大，易挤损波纹管管壁，在束套前端设置导向设备。导向设备由钢管加工而成，呈“子弹头”形状，外径小于预应力道内径 10 ~ 15mm，束套包裹钢绞线束长度不小于 1.2m，必要时根据计算牵引力进行现场试验确定，并用镀锌铁线捆绑，捆绑间距为 0.1m，束套尾端加绑 3 ~ 4 道，予以加强。捆绑扎头埋入钢绞线束内。钢丝绳通过管道内预设铁线拖拉至穿束入口，与束套连接。钢绞线束拖拉端头处理如下图。

钢绞线束拖拉端头布置图



张拉：确保现场已有具备预应力施工知识和正确操作的施工人员；锚具安装正确，对后张构件，混凝土已达到要求的强度；施工现场已具备确保全体操作人员和设备安

全的必要的预防措施。

实施张拉时，应使千斤顶的张拉力作用线与预应力筋的轴线重合一致。钢绞线张拉采用应力控制法，同时以伸长值进行校核，实际伸长值与理论伸长值的差值应控制在 6% 以内，否则应暂停张拉，待查明原因并采取措施予以调整后，方可继续张拉。

理论伸长量计算：

采用公式：

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p}$$

$$P_p = \frac{P[1 - e^{-(kL + \mu\theta)}]}{kL + \mu\theta}$$

$$P = \delta_{con} \times A_p \times n \times \frac{1}{1000} \times b$$

其中：

ΔL ——钢绞线理论伸长值，m；

P_p ——钢绞线的平均张拉力，N；

L ——从张拉端至计算截面孔道长度，m；

E_p ——此批钢绞线弹性模量， $2.03 \times 10^5 \text{MPa}$ （钢绞线检测报告 ZBJ051255）；

A_p ——钢绞线截面积，15.24 截面积 140mm^2 ；

P ——钢绞线张拉端的张拉力，N；

θ ——从张拉端至计算截面曲线孔道部分切线的夹角之和，rad；

k ——孔道每米局部偏差对摩擦的影响系数，对于孔道成形为预埋波纹管道时 k 值为 0.0015（公路桥涵施工技术规范）JTJ041-2000；

μ ——钢绞线与波纹管壁摩擦系数，取值为 0.20~0.25；

δ_{con} ——预应力筋的张拉控制力，1395MPa；

n ——同时张拉预应力筋根数；

b ——超张拉系数，如果不超张拉时取值为 1.0。

钢绞线张拉端的张拉力计算：

采用公式：

$$P = \delta_{con} \times A_p \times n \times b$$

$$P = 1395 \times 140 \times 1 \times 1 \text{N}$$

$$P = 195300 \text{N}$$

第三联钢绞线理论伸长值计算表

变量名称	单位	N1束	N2束	N3束	N4束	N5束	N6束
P	N	195300	195300	195300	195300	195300	195300
e		2.718282	2.718282	2.718282	2.718282	2.718282	2.718282
k		0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
L	m	40.7435	40.5555	40.366	40.2075	40.2075	5.5
μ		0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
θ	rad	1.5847	1.5496	1.5004	0.02702	0.02702	0
P_p	N	160236.1	160835.2	161671.8	188970.7	188970.7	194496.6

计算式：

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p} \quad P_p = \frac{P[1 - e^{-(kL + \mu\theta)}]}{kL + \mu\theta}$$

ΔL	m	0.228592	0.228388	0.228503	0.266038	0.266038	0.037456
A_p	mm ²	140	140	140	140	140	140
E_p	MPa	204000	204000	204000	204000	204000	204000
理论伸长量	m	0.457183	0.456775	0.457006	0.532076	0.532076	0.074911

第九联钢绞线理论伸长值计算表

变量名称	单位	N1束	N2束	N3束	N4束	N5、N6束	N7束
P	N	195300	195300	195300	195300	195300	195300
e		2.718282	2.718282	2.718282	2.718282	2.718282	2.718282
k		0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015	0.0015
L	m	46.054	46.049	45.2925	45.3145	45.058	31.496
μ		0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
θ	rad	1.2475	1.2687	1.2259	1.2139	0.02702	0.2776
P_p	N	165287.1	164924.8	165747.2	165951.3	188292.5	185094.7

计算式：

$$\Delta L = \frac{P_p L}{A_p E_p} \quad P_p = \frac{P[1 - e^{-(kL + \mu\theta)}]}{kL + \mu\theta}$$

ΔL	m	0.266531	0.265918	0.262854	0.263305	0.297062	0.204123
A_p	mm ²	140	140	140	140	140	140
E_p	MPa	204000	204000	204000	204000	204000	204000
理论伸长量	m	0.533062	0.531836	0.525708	0.526611	0.594123	0.408245

实际伸长量计算：

$$\Delta L' = \Delta L_1 + \Delta L_2$$

其中：

L_1 ——初始应力至张拉控制应力间的实际伸长量；

L_2 ——初始应力的推算伸长量，采用 20% σ_{con} 与 10% σ_{con} 时实际伸长量差。

通过千斤顶活塞伸出量量测的实际伸长量，还应考虑千斤顶工具段及工具夹片的影响。

张拉力与压力表读数关系曲线：

千斤顶与油表配套标定数据及线性回归计算表

表一

YCQ400Q千斤顶ZB2 × 2-500型油压表标定对比		
千斤顶编号:25		油压表编号:075
序号	油压表压力表示值 (y) Mpa	二次标定读数平均值 (x) kN
1	5	500.0
2	11.6	1000.0
3	18.1	1500.0
4	24.4	2000.0
5	30.8	2500.0
6	37.5	3000.0
7	44	3500.0

线性回归方程: $y=A+Bx$

张拉力	油压表压力表示值 (y) Mpa	施工控制张拉力值 (x) kN
10% σ_{con}	1.595452857	234.36
20% σ_{con}	4.633762857	468.72
100% σ_{con}	28.94024286	2343.6
103% σ_{con}	29.85173586	2413.908

表二

YCQ400Q千斤顶ZB2 × 2-500型油压表标定对比		
千斤顶编号:2		油压表编号:046
序号	油压表压力表示值 (y) Mpa	二次标定读数平均值 (x) kN
1	7.6	500.0
2	14.1	1000.0
3	20.7	1500.0
4	27.3	2000.0
5	33.9	2500.0
6	40.7	3000.0
7	47	3500.0

线性回归方程: $y=A+Bx$

张拉力	油压表压力表示值 (y) Mpa	施工控制张拉力值 (x) kN
10% _{con}	4.047346857	234.36
20% _{con}	7.137550857	468.72
100% _{con}	31.85918286	2343.6
103% _{con}	32.78624406	2413.908

张拉过程控制：

初始张拉：开动高压油泵，使千斤顶大缸进油，随时调整锚圈与千斤顶的位置，使其对准孔道轴线，达到 10%_{con} 时两端同时量出千斤顶活塞伸长量。

张拉时设专人指挥，确保两端同步进行。达到 20%_{con} 时两端同时量出千斤顶活塞伸长量。继续加载至 103%_{con}，保持油压 2 分钟，以补偿钢绞线松弛产生的应力损失，量出此时的活塞伸长量。

根据上述各阶段计算出实际伸长量，并与理论伸长量相比较，满足 6% 则合格，否则应分析原因后再行张拉。

8.6.5、压浆及边跨封锚

钢绞线张拉完毕待锚具锚固稳定后尽快进行封锚，待封锚砂浆达到足够强度，且观察锚具锚固稳定后，即可进行压浆，水泥浆稠度控制在 14~18S 之间，水泥浆水灰比一般控制在 0.40~0.45，所用水泥龄期不超过一个月，水泥浆最大泌水率不超过 4%，拌和后 3 小时泌水率控制在 2%，24 小时后水全部被浆吸收。水泥浆拌制后经常搅动，并在 45 分钟内压完。

压浆时应按设计要求的配合比配置灰浆，以确保能顺利压入孔道。待顶部冒出浓浆后，堵死槽口，关闭压浆阀门。压浆采用灰浆搅拌机和灰浆泵，灰浆搅拌机安置在所压浆梁段的前一段上，搅拌好后，由灰浆泵压入预应力孔道，压注前清理检查预应力孔道，灰浆要过筛，储放在浆桶内，低速搅拌并保持足够数量，使每根孔道压浆能一次完成。压浆完毕后，拆除压浆设备，并清洗干净。压浆的作业程序为：封堵锚头——冲洗管道——接压浆管——拌制灰浆——压注灰浆——起压闭浆——拆除压浆及出浆孔上的阀门管节，准备进行下一孔压浆。

孔道压浆注意事项：

压浆采用活塞式灰浆泵。压浆前先将灰浆泵试开一次，运转正常并能达到所需压力后，才开始压浆，压浆时灰浆泵的压力取 $0.5 \sim 0.7 \text{ MPa}$ 。

压浆由一端向另一端进行，当另一端排气孔排出浓浆时，用木塞塞紧，再加大力到 0.7 MPa ，并持续 2 分钟。

压浆中途发生故障，不能连续一次压满时，立即用压力水冲洗干净，故障处理后再压浆。

压浆在预应力张拉完成，及封锚砂浆达强度且监理工程师同意后尽快进行。拌制水泥浆时，注意其和易性良好，并掺入 NF 高效减水剂，用以减少收缩。压浆的顺序先下后上，每个孔道一次压浆完成不中断，并在高处设排气孔和泌水孔，压浆端的压力达到 0.7 MPa ，时间维持 2min 以上，且作好记录。

封端：压浆后，先将锚端周围冲洗干净、凿毛，然后立模、绑扎钢筋、浇筑封端混凝土。本工程使用与梁体同标号的封端混凝土，浇筑后及时进行养护。当封端混凝土达到 25 MPa 后，方可拆模。

8.7、支架的拆除

支架拆除与梁体下落不同步，容易造成纵向翼体板之间开裂，造成梁的破坏。为了便于桥梁的合理受力，支架拆除应按结构受力特征拆除，所以支架拆除应按一定的顺序和工艺进行。

先拆除支撑在翼板上的支架，保证全梁翼板处于无支撑状态，再松动腹板的螺杆，接下来松动底板的螺杆，分两部分，均应从跨中向两边松动，必须两箱均匀下落，分次松完，每次下 8mm。

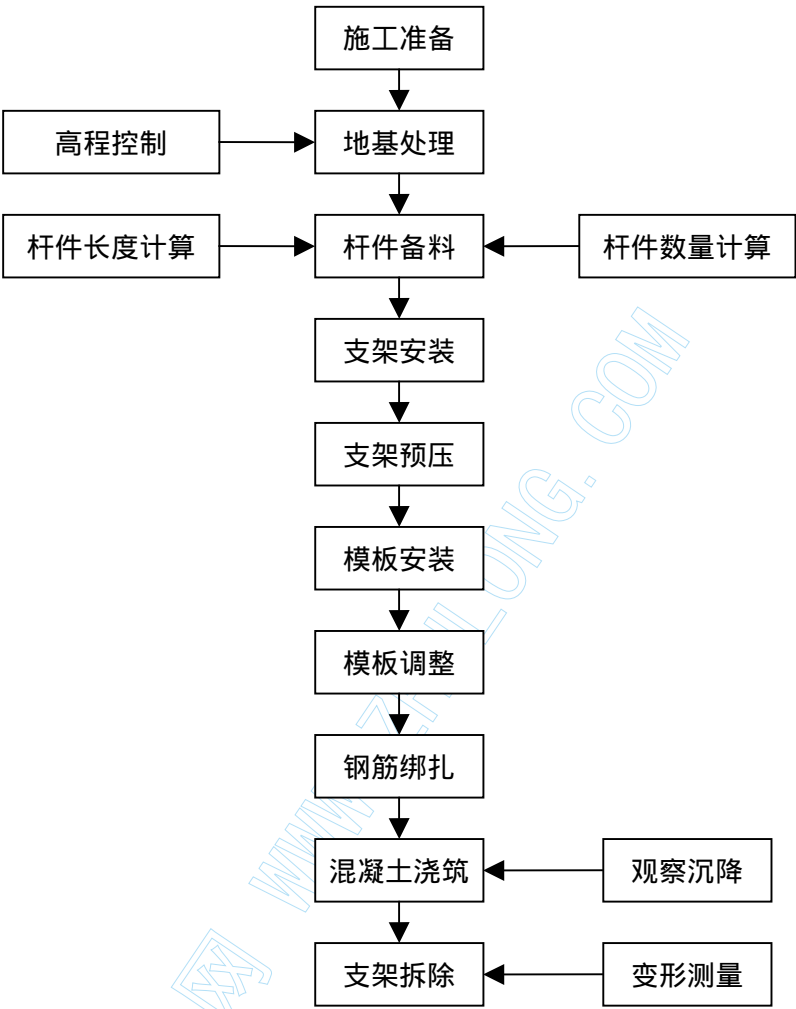
支架拆除的注意事项及要求：

支架拆除时严禁动载和其它荷载上桥，严禁有任何冲击力对桥面作用。

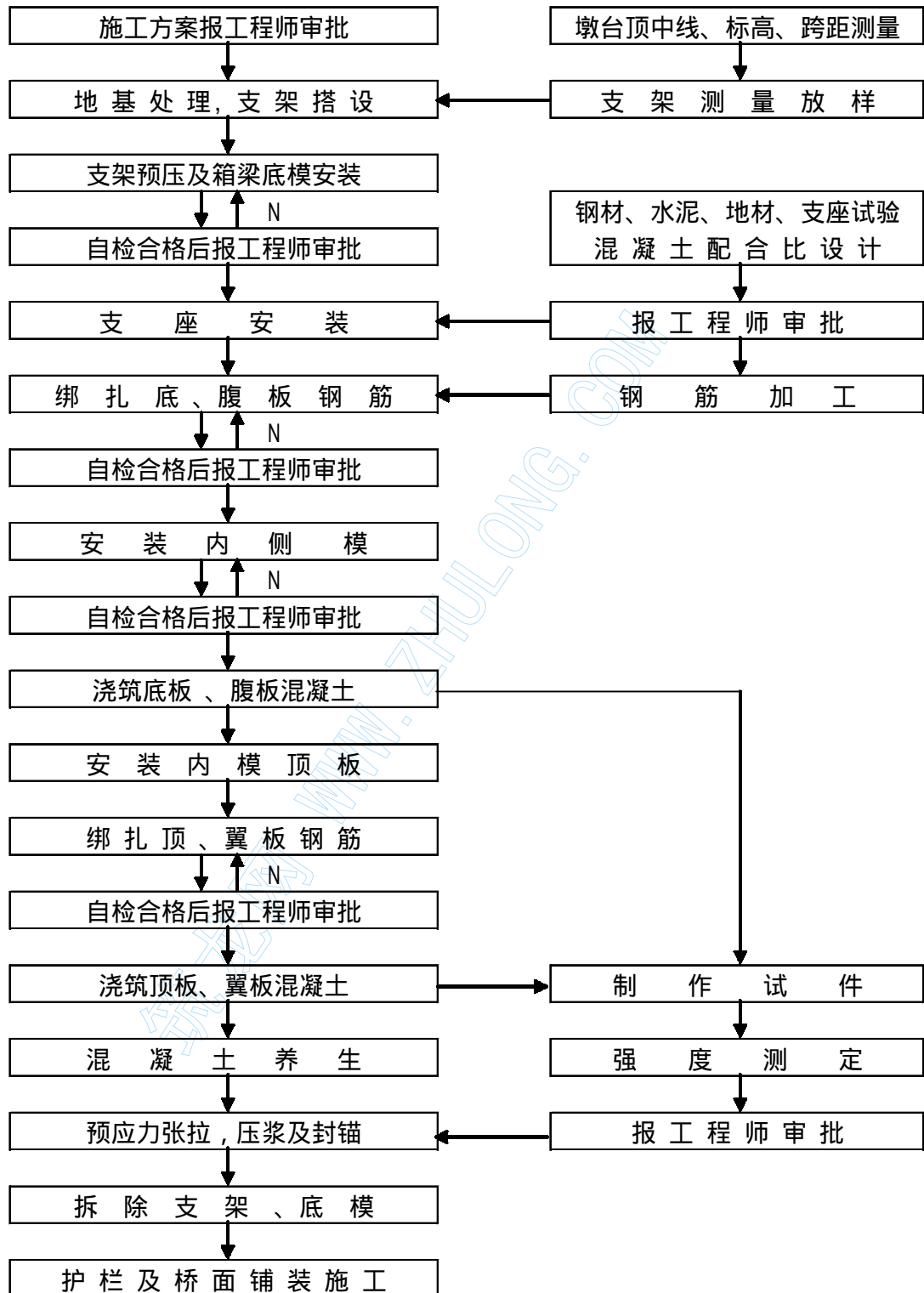
设置观测点：跨中 $1/3L$ 、 $2/3L$ 处两边跨的 $1/2L$ 处，观测其下沉情况及梁体裂纹情况，进行裂纹观测。

九、施工工艺流程图

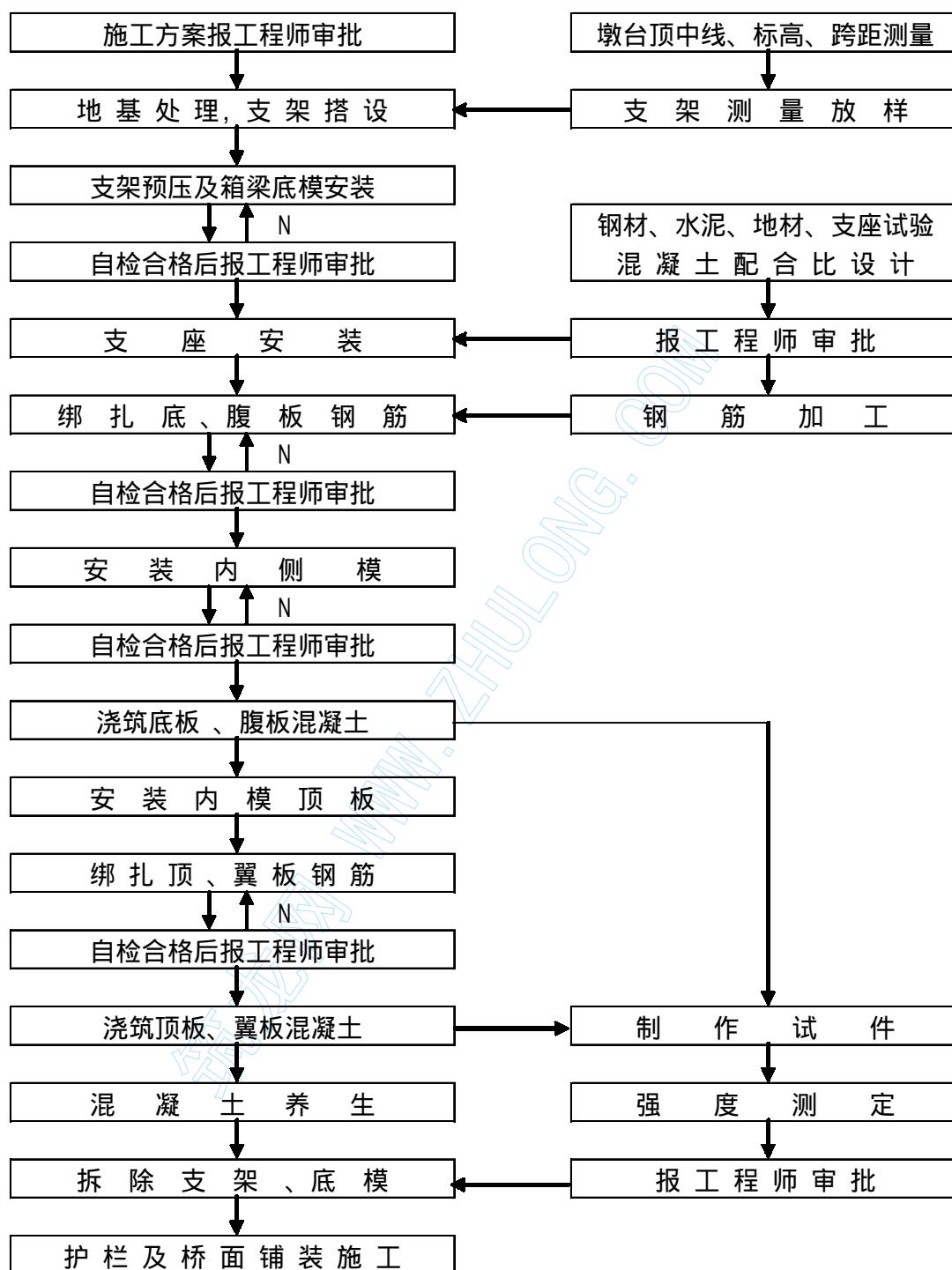
支架安装工艺流程图



支架现浇预应力连续箱梁施工工艺框图



支架现浇非预应力连续箱梁施工工艺框图

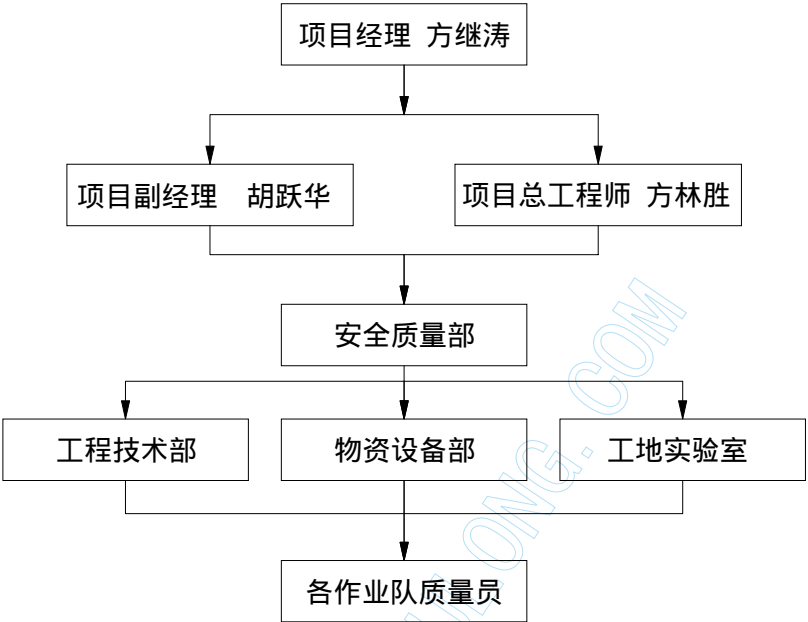


十、质量目标及质量保证措施

10.1、质量目标

按 GB/T19002 建立实施并保持质量体系，按国家标准和设计要求施工和检验，用严格的质量管理，以精良的施工技术，建优质的桥梁工程。

按设计要求和《公路桥涵施工技术规范》(JTJ041-2000)及其它相关国家标准施工,按《公路工程质量评定标准》(JTJ071-2004)检查、评定、验收,确保工程合格率达100%,优良率达95%。



质量保证体系框图

10.2、质量保证措施

10.2.1、建立质保证体系

本标段质量管理实行全员质量管理,项目经理作为质量管理的第一责任人,项目总工作为项目质量管理的组织者。质量安全部作为质量管理的主职部门,具体负责日常质量管理。建立健全质量管理体系,在施工现场实行以总工程师为核心的质量管理体系。(详见质量管理体系框图)

以优良工程为目标,实行工程质量目标管理,明确各部门的质量管理岗位职责,落实各工序的质量管理责任人,做到“人人心中有质量、人人肩上有责任”。

10.2.2、质量保证措施

为全面实现我公司质量目标,我们将始终坚持“百年大计、质量第一”的原则,视工程质量为企业的生命,认真依照各项施工技术规范、规则和各项质量验收评定标准去组织实施,确保“高分优良”的目标。具体措施如下:

加强施工技术管理。施工前熟悉设计图纸及施工规范,理解设计意图,组织各管理层和作业队进行技术交底,并编制详细的作业指导书。施工中详细记载各项施工记录并填写相关资料,一个分项工程结束后,及时按《验标》要求评定验收。

强化施工的监督检查。现场认真执行三检制,作业队自检合格,交质量监察部门专检合格,最后经监理工程师查验签认后方可进入下一步工序。

认真抓好施工过程控制。对所有材料、半成品、成品都必须搞好过程控制，不合格品不得进入下一工序，分项工程完工后应及时进行评定验收工作。所有主体结构原材料进场都要有产品合格证，并在现场按规定进行抽样检查，不合格者严禁使用。

严格制度，狠抓落实。建立施工中的奖罚制度，对施工质量进行定期或不定期检查，发现隐患及时填发整改通知单，限期整改；切实抓好对工程计划工期的控制，确保如期完工。

加强对施工队伍的管理和培训工作。

主动做好施工中的协作配合工作。

混凝土须采取覆盖洒水养护措施。

模板要严格除锈，以免锈斑粘在混凝土表面，影响混凝土外观质量。

十一、施工的安全保障措施

始终坚持“安全第一、预防为主”的方针，落实《安全生产责任制》，做到安全生产，文明施工。具体措施如下：

11.1、安全制度

11.1.1、工地设立安全生产领导小组及安全保证体系，建立健全安全检查生产管理网络，做到专管成线，群管成片，消灭安全管理的空白。

11.1.2、严格执行安全生产操作规程和安全生产制度，用铁的手腕、铁的制度、铁的纪律，贯彻安全生产的全过程。

11.1.3、加强安全教育，建立健全三级安全教育卡片，各特种作业人员必须经培训合格后持证上岗。

11.1.4、专职管理人员应收集、整理好各种安全资料，建立安全技术档案。

11.1.5、按规定要求添置安全设施、设备和用具，凡上述器材必须有合格证书和检验报告。

11.1.6、加强对关键部位的重点管理，对机电设备、倒链、安全网、防护栏等进行经常性和定期的检查，修护，并做好记录。加强安全检查及时消除安全事故隐患。加强防火工作，成立防火领导小组，按规定备足消防器材，定期检查和消除火灾隐患。

11.2、安全措施

支架及高空作业安全措施：

11.2.1、支架施工前，对所有参加施工人员进行安全生产教育，组织学习《安全技术操作规程》。

11.2.2、班组长在每天点名分工的同时对所安排工作进行安全技术交底，做好工地安全宣传，设置好醒目标语。

11.2.3、防范重点：

支架施工重点防范下列事故：

A、整架倾斜或局部跨架

B、整架失稳、垂直坍塌

C、人员高空坠落

D、落物伤人

E、不当操作事故

F、支架搭设安全

11.2.4、严禁现场施工管理及操作人员酒后作业。

11.2.5、做好防台风的的应急措施，有预警、有部署，保证事前、事中及事后的全过程控制。

11.2.6、风力大于 5 级或雨雪天气应立停止高空作业。

11.2.7、支架预压加载时应随时观察记录支架的变形情况，发现支架有异常时必须立即停止加载并采取相应措施：

A、支架异常严重，可能倾覆时必须及时撤离现场所有施工管理人员并立即在施工现场周边设安全值勤员及安全警示标语，以免不明事理的人闯入危险区域引起不必要的损失。

B、支架异常轻微，则必须立即进行加固，待支架稳定后，查明原因进行整改。

11.2.8、架上作业人员应正确配戴安全帽，佩挂安全带，穿防滑鞋，为便于作业和安全，脚下应铺设必要数量的脚手板，并铺设平稳；架上作业人员应作好分工和配合，传递杆件时应掌握重心，平稳传递。

11.2.9、作业人员工具使用后，应装入随身工具袋中，不要放在架子上；每次收工前，所有上架材料必须全部搭设上，不要存留在架子上。而且一定要形成稳定构架。

11.2.10、搭设及拆除作业中，地面上的配合人员应躲开可能落物的区域，拆除模板、方木及支架钢管等物件时，严禁将物件直接抛下，必须将所有物件用绳索绑扎后自下而下缓慢下放至地面。

11.2.11、进行撬、拉、推、抛、拨等操作时，要注意正确的姿势，站稳脚跟，或一手把持在稳固的结构或支持物上，以免用力过猛时身体失去平衡或把东西甩出。

11.2.12、不合格的钢管，扣件严禁使用。

11.2.13、预应力施工安全操作措施；

A、不许踩踏攀扶油管，油管如有破损及时更换。

B、千斤顶内有油压时，不得拆卸油管接头，防止高压油射出伤人。

C、油泵电源线应接地避免触电。

D、要保持安全阀的灵敏可靠。

E、张拉时，千斤顶后面严禁站人，张拉人员站在千斤顶两边侧面操作。

十二、环境保护措施

12.1、增加环保条例、知识的宣传，提高环保意识。

12.2、在施工过程中，施工便道及时洒水，防止在干燥天气引起粉尘飞扬，影响农作物的生长和周围居民的生活环境。

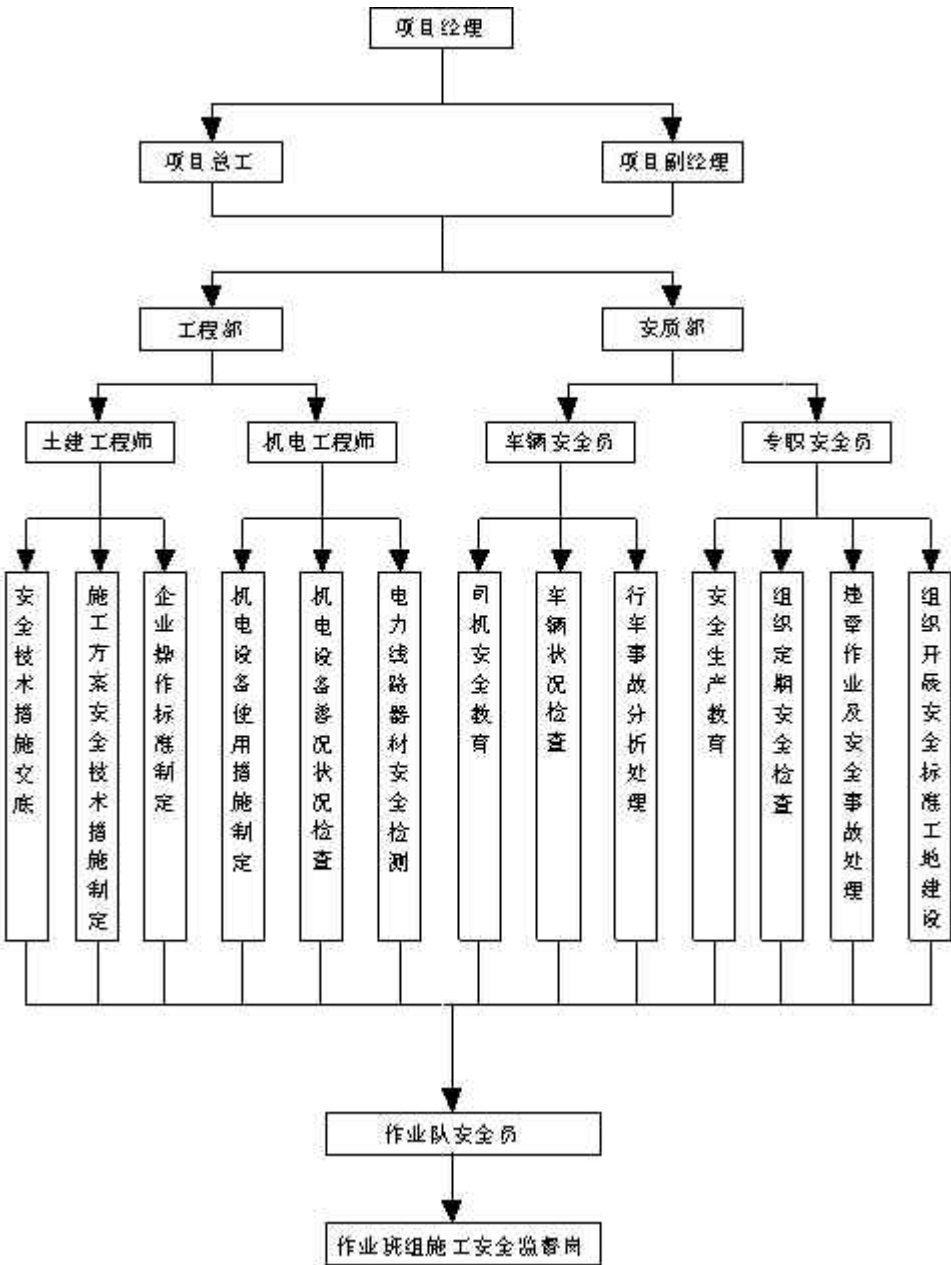
12.3、加强对施工现场的管理，经常清理施工现场，做到材料堆放整齐，机械设

备停放排列有序，使整个施工现场文明整洁。

12.4、加强现场施工人员教育，施工过程中，必须与当地群众搞好关系，不准动用群众的一草一木。

12.5、建筑垃圾，集中运至当地环保部门指定的地点堆放，不得倒入江河、水塘等水域内，避免污染水体，淤积河流、水道或排水系统。

安全保证体系



十三、文明施工措施

13.1、施工过程中严格遵循“两通三无五必须”的原则，并定期组织巡回检查。夜间不得使用噪声较大的机具设备（大于 55dB）。施工区建材、机具设备堆放整齐，有

间不得使用噪声较大的机具设备（大于 55dB）。施工区建材、机具设备堆放整齐，有条不紊。

13.2、生活区场地硬化，施工区便道平坦。在承包区域内的通道，指派专职班组打扫落实养护管理措施，保证道路平整、畅通、无积水等良好状况。在施工中做好排水工作，严禁将施工用水排到道路上，在汛期或暴雨时，积极做好防汛排水工作。

13.3、严格按规范施工，对施工便道要经常洒水，防止尘土飞扬并做好施工用水的处理工作。

13.4、做好地下管线的保护工作，主动请有关单位到施工现场监护指导，对公用管线做到施工人员个个心里有数，并在有管线的地方竖立标牌，做好管线的保护工作。

13.5、施工现场设置专职文明施工员，加强文明施工管理。每周举行一次活动，每季定期进行评比。加强现场施工管理，每道工序做到落手清，加快施工进度，做到工完场清，不留尾巴。

13.6、工地一切建筑材料和设施，设专门的堆放位置，并分类堆放整齐，保证施工现场的道路畅通，场容整洁。

13.7、根据文明施工要求，做好相应的内业资料，如文明施工基础资料及施工许可证的记录、申报、保管工作。