

宝钢施工技术专题总结

BAOGANG SHIGONG JISHU ZHUANTI ZONGJIE

土建

3

上海宝山钢铁总厂工程指挥部

71.051

宝钢施工技术专题总结

土 建 3

上海宝山钢铁总厂工程指挥部

目 录

宝山生活区雨水排水管顶管工程.....	上海市隧道建设公司 (1)
钢筋混凝土板桩拱形管.....	上海市隧道建设公司 刘建航 刘立礼 (14)
宝钢焦化工程中钢板桩的设计与施工初探.....	宝钢五冶分指挥部 沈庞国 (25)
钢管桩的施工.....	上海市基础工程公司 张功英 (39)
大坍落度混凝土.....	宝钢十三冶施工技术处 潘步云 (54)
宝钢电厂200米烟囱工程施工.....	上海电力建筑工程公司 (64)
定型组合钢模板体系及其在现浇钢筋混凝土结构中的应用.....	
	宝钢十九冶分指挥部五公司技术科 杨永学 (77)
组合钢模板在初轧工程中的应用.....	宝钢二十冶分指挥部 孙德义
	刘沛安 吴林智 黄立沙 (89)

宝山生活区雨水排水管顶管工程

上海市隧道建设公司

宝钢生活区雨水排水工程排放范围东濒长江，西临泗塘河，南至友谊路以南150米，北连北二路以北150米，共约325公顷。生活区东西长2.4公里，南北长1.3公里，第一期建工房二十万平方米，外宾招待所，旅馆、商店等公用建筑十万平方米。规划人口近期3.4万人，远期5万人。居住区雨水逕流自成系统，单独排出，计算的最大流量为 $10\text{米}^3/\text{秒}$ ，设泵房一座，内装10台28ZLB-70立式轴流泵。该区雨水自泵房通过两根 $\varnothing 2600$ 毫米（内径为2200毫米）、长72米管穿过长江大堤注入长江，为保证大堤不受损伤，放弃了挖堤方案，选取了暗挖法。

暗挖法施工有盾构法、市政顶管法与特制的工具管顶管法。盾构法用盾构为先导。盾构由切口环、支承环、盾尾组成。推进、千斤顶、出泥设备和衬砌拼装的举重臂（或称机械手）设于盾构内，衬砌在盾尾拼装，成环后盾构继续前进。此法衬砌结构在原地不进，可以推较长的距离（根据设计需要与通风、供电的可能可推一至二公里甚至更长），但需要设备比较复杂的盾构。衬砌一般采用预制件拼装，需要精度较高的钢模，拼装亦较复杂，因此每沿米造价要高一些，适用于较长的地下管道或隧道工程。

惯用的市政顶管法中，目前最大管径为 $\varnothing 2400$ 毫米预制钢筋混凝土管，有一个较简单的顶管头子，后面用液压千斤顶顶进。由于钢筋混凝土管能承受的顶力和顶管与土体间摩擦力的限制，顶进长度一般限于25~40米，现工程要求顶进72米，必须设中间顶进坑，但位于中部的大堤不允许开工作坑，故不能运用此法。

经方案比较，学习基础公司经验，借鉴盾构施工技术，采用特制的三节式工具管，网格支撑切土，水力冲泥，扬水器排泥，液压千斤顶顶进的施工方案。衬砌采用外部钢壳，内浇钢筋混凝土的复合结构。

排水管顶管工程，自闸门井通过大堤顶入江慢事先构筑的钢筋混凝土消力渐扩段，全长72米，其中约30米在堤下，管底标高-0.30米，管顶标高+2.30米，堤顶标高+7.40米，原地面标高与江慢标高+3.20米，在泵房基坑开挖时，大堤两侧，特别是堤外填筑了部分土方，使大堤加宽约15米。

根据地质钻探资料，大堤为粘土填筑，原地面+3.2米~+1.0米（约+0.4米）为亚粘土层，+1.0米（约+0.4米）~-0.5米为轻亚粘土层，其中夹有粉细砂层，特别是在1.0米以下夹砂比较明显。

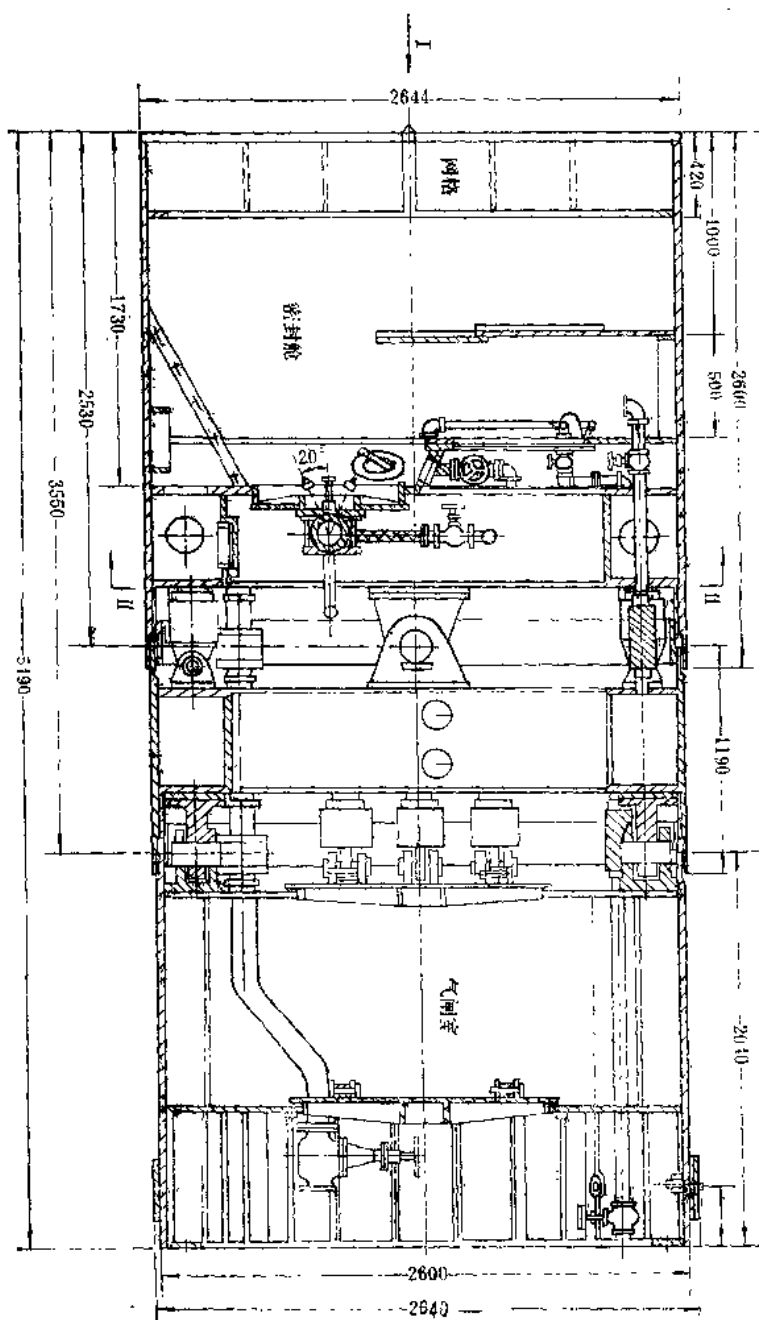
顶管通过的土层上部为亚粘土，下部为轻亚粘土层，在下卧70~80厘米即为弱夹砂层。

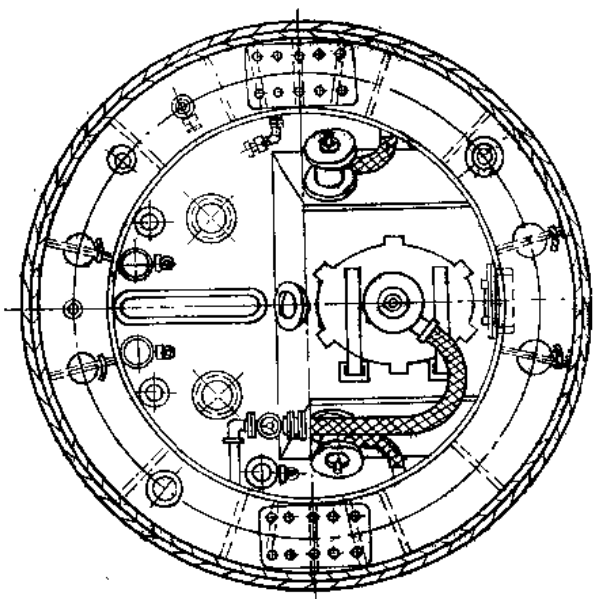
一、顶管设备

顶管用工具管为先导，中间为排水管，利用闸门井作工作井，内设千斤顶顶进支架、配电设备。

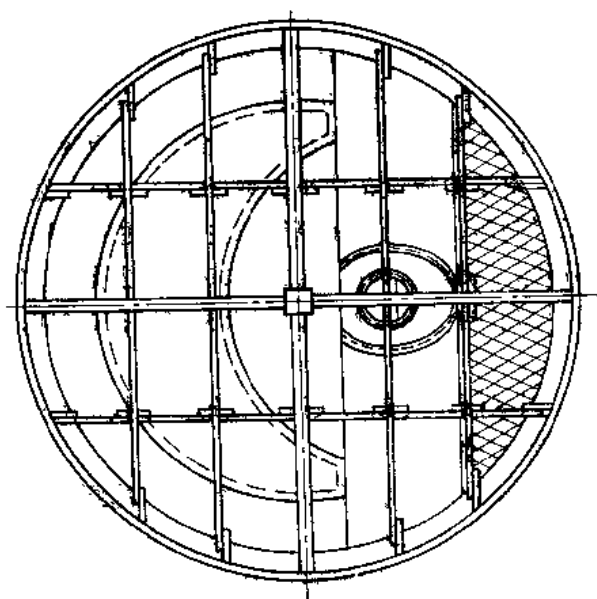
1. 工具管

工具管最大外径为2644毫米，总长5490毫米，分前、中、后三段（如图1），前段长2600毫米，中段1190毫米，后段2040毫米，前后两段用厚20毫米钢板，中段用25毫米钢板卷成，三





封舱板 (H-II)



网栅 (1向)

图 1 工具管

段相互承插套接，以铰联结。套接处精度较高，内装250毫米钢止水环，并装五道（内二道、外三道）橡皮密封圈以防漏水漏气。

(1)前段。切口处设网格，工具管水平与竖直轴线的主肋厚40毫米，宽360毫米，其他横竖肋板厚20毫米，宽250毫米。肋板将整个圆断面分为24格，用以支撑正面土体。在距切口1500毫米处设胸板，形成前方水密舱，胸板上装3把水枪，后加2把共5把。原设计在1000毫米处设上半部隔窗板，以作泥水气压试验用，施工中因其阻挡水枪冲刷上部土体，有碍工具管推进而拆除。

(2)中段。主要设置纠偏千斤顶，前面为4个纠偏千斤顶，在水平轴线上设铰，后面为6个纠偏千斤顶，在顶部底部设铰。千斤顶为单作用式，最大油压320公斤/厘米²，每个顶力75吨，纠偏角度 $\pm 2^\circ$ ，上下纠偏力矩170吨·米，左右纠偏力矩250吨·米。

(3)后段。后段是一个气闸室，装有闸门两道，尾部设压浆环，压出减摩浆液，以减少顶进阻力，最后用24个 $\varnothing 24$ 螺栓与管节联结。

整个工具管总重约22吨。

2. 顶进千斤顶及其支架

顶进液压千斤顶装在支架上，进油、溢流管亦固定在同一支架上形成一个整体。

千斤顶共有10个，在同一水平上的2个为一组，共五组。在工作压力200公斤/厘米²下，每个千斤顶顶力为100吨，最大油压320公斤/厘米²，顶力可达160吨，柱塞冲程1300毫米。

3. 油泵

纠偏千斤顶用一台25SCY14-1型高压轴向柱塞泵供油，顶进千斤顶用一台63SCY14-1型高压轴向柱塞泵供油。

二、管段结构

为节约钢材，不用20毫米钢管，设计了复合管（如图2）。复合管用6毫米钢板卷成外壳，内配 $\varnothing 14$ 间距为100毫米的环向筋， $\varnothing 8$ 纵向筋及 $\varnothing 8$ 之字筋，并与钢壳焊接，内浇壁厚20厘米的300号混凝土。复合管比一般混凝土管承受较大顶力。为减少管段重量，适应起重设备，复合管按3米一段制作。由于滚板设备较小，钢板每米一滚，然后将三环焊成一节，影响了外壳的精度。钢壳在工厂制作，混凝土在现场浇注，浇注时采用了活动内钢模。

管段每节钢壳1.475吨，钢筋0.39吨，共1.865吨；混凝土4米³，约重10吨，总重约11.865吨。如用20毫米钢管，每3米约用钢4.26吨，每米将多用钢0.8吨。两根72米复合管，约少用钢115吨。

顶进段每段为6米，因受制作及起吊限制，在地面应按3米一节制作后下井，在井下接长至6米顶进，故管段接头有两种方式：

(1)3米与3米管段用电焊焊成刚性接头（见图3），施焊处加一圈搭接钢板作剖口，在井下进行拼接。为施焊方便，先将两节基本固定，然后转动圆管焊接。原设计接头混凝土用石棉板隔热，考虑到石棉板仅能隔热，不能传递顶力，顶进时势必由钢板传力。因而，施工中接头混凝土凿去2厘米，焊好后改用膨胀水泥填缝，使钢壳与混凝土整体传递顶力。

(2)6米与6米管段用螺栓联结（见图4），螺栓犹如梢子仅起抗剪作用，不承受管子纵向弯曲之拉力，弯曲时有一定的柔性（螺栓不拧紧）。待顶完井相对稳定后，用弧形钢板焊牢，膨胀水泥填缝，再作内衬圈。内衬圈是在预制管两端30毫米的凹槽中，配置 $\varnothing 6$ 的架立筋和 $\varnothing 8$ 的环状筋，再用细石混凝土浇筑，以起防水作用。

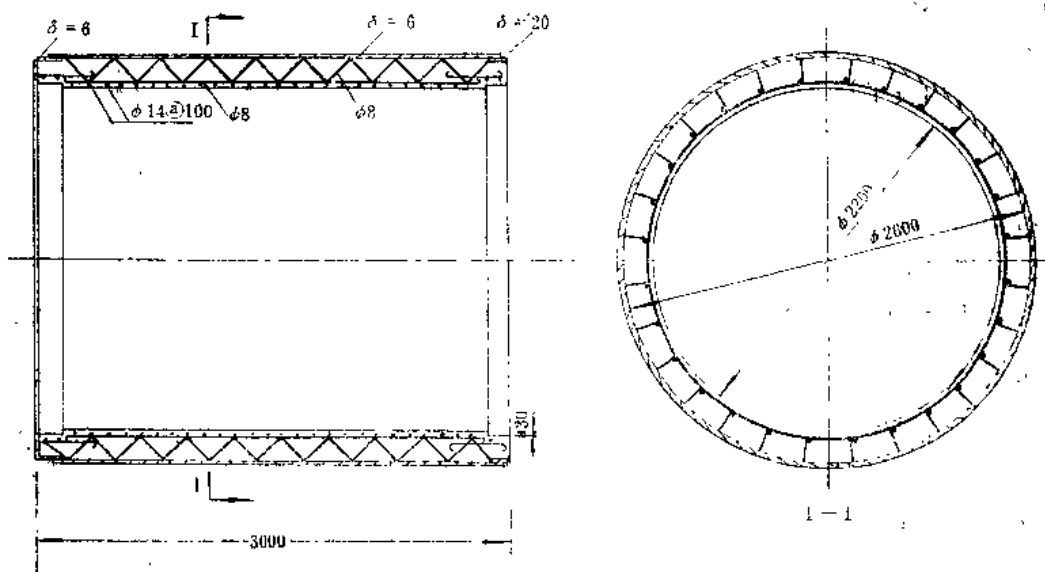


图 2 复合管结构

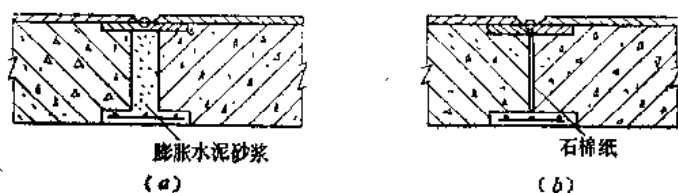


图 3 管段刚性接头
a—施工采用；b—原设计

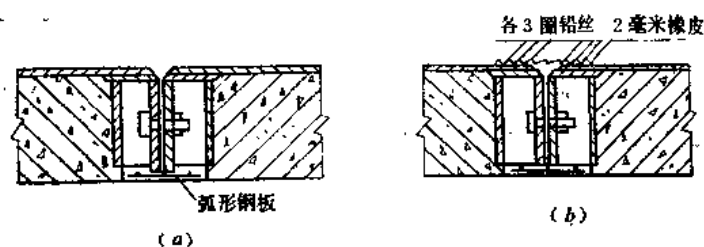


图 4 管段螺栓联结
a—施工采用；b—原设计

三、顶管施工

1. 工作井

工作井是安装顶管设备和作顶管作业的工作室，工作井需承担顶管后座力，将后座力传至泵房井。由于泵房设计未考虑后座力作用，故设计工作井时应予考虑。设计中考虑将闸门井作为工作井，以传递后座力。为承受后座力，将泵房井进口前的方管提前施工，与市政已建方管连成整体，并及时回填土。闸门井与泵房井之间的联结管，其顶底板按深梁设计，承受600吨水平顶力，亦即联结管正常运营时，是承受水土压力呈矩形的框架，顶进时，其顶

底板相当于承受水平顶力的深梁。在泵房井、井壁及框架间加后座支撑，将水平顶力，传至框架梁、顶底板。

工作井内设工具管基座、千斤顶支架、液压支架、电气控制设备，以及输水、输气和排泥设备的管路。

浇捣井壁时，预留 $\varnothing 2672$ 毫米钢圈出洞口，井壁外临时用20号槽钢密排挡土。出洞时将工具管插入井壁预留口，再上提槽钢，以使出洞时简便、安全、快速。

2. 顶管出泥

为降低劳动强度，实现文明施工，采取水力机械出土，即用水枪将顶进时挤进的土块冲为泥浆，然后用 $2\frac{1}{2}$ PW污泥泵排至堤外。试推过程中发现污泥泵能力不足，改用4PW污泥泵后效果仍不佳，这是因为污泥泵要求进泥口不能进气，而铰接进泥管接头易进气，使污泥泵不能发挥排泥作用。后改用扬水器，利用扬水器的高压水产生负压，将泥浆排出，泥浆浓度变化，对其并无影响。实践证明，这种排水方案是有效的。排泥管采用 $\varnothing 150$ 毫米管，泥浆浓度一般为1:8至1:10（体积比），抽样测定重量比为1:4.8。扬水器进水口设有一排杂物格栅，可将木块、道渣、芦根等易堵塞扬水器喷嘴的杂物及时排除。

3. 顶进

正面土体由前段网格支撑，借助井内千斤顶克服土体正面阻力、工具管与土体间摩阻力和管节与土体间摩阻力，逐步顶进。

(1) 顶力、正面阻力和管子与土体间摩阻力，随着土体含水量、 φ 值、C值、冲水情况与顶进速度的变化而改变。总推力变化很大，较难准确计算。设计时估算正面土压力200吨，工具管摩阻力190吨，72米管子的摩阻力610吨，故设置100吨千斤顶10个，总顶力可为1000吨。油压为320公斤/厘米²时，每个千斤顶的实际顶力可达160吨，亦即总顶力可达1600吨，留有足够的储备。

按设计估算，正面土压力为 $200/5.53=36$ 吨/米²，工具管摩阻力为 $190/45.6=4.16$ 吨/米²，管子摩阻力为 $610/49 \times 12=1.04$ 吨/米²（加减摩剂后）。东线推进总顶力为300吨，由于堤下土体增高4米，总顶力增至500吨，加上顶进速度快、正面冲泥不够以及停歇后起步等因素，顶力增大至600~650吨，西线过堤后，顶力增大到900吨，这是由于进入新填土、不重视压泥浆、顶进速度快等原因造成的（见图5、6）。

总顶力按静态考虑为正面阻力、工具管表面与土的摩阻力、管节表面与土的摩阻力之和

$$Q=H+T_1+T_2$$

顶力随埋置深度的不同和施工条件的变化而改变，与顶进速度也密切相关，静态顶进时进土速度与推进速度相平衡，如推进速度大于进土速度则阻力提高，速度愈大愈近于闭胸挤压推进，造成正面阻力增大和停歇时间长，继续顶进的初始顶力亦将增大。

$$\text{工具管正面阻力} \quad H=\gamma h t g^2(45^\circ+\varphi/2)$$

$$\text{工具管摩阻力} \quad T_1=\mu N_1=\mu \sum n f_1$$

$$\text{工具管表面积} \quad f_1=\pi D_1 l_1$$

$$\text{管节摩阻力} \quad T_2=\mu N_2=\mu \sum_{\frac{n}{2}} n f_2$$

$$\text{每管节表面积} \quad f_2=\pi D_2 l_2$$

表 1 顶力分析

顶进顺序	顶进距离 S (米)	计 算						实 测			
		实测总推力 Q		管子表面积 f ₂ (米 ²)	该 断 面 单位面积土压力 n (吨/米 ²)	外 部 总土压力 N (吨)	摩阻力 T (吨)	平均单位摩阻力 t		摩阻系数 $\mu = \frac{T}{N}$	
		东 (吨)	西 (吨)					东 (吨/米 ²)	西 (吨/米 ²)		
正面最大阻力 HF (吨)		工具管表面积 f ₁ (米 ²)									
出洞	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0	—	100	0	16.8	54.2	51.1	—	3.05	—	0.94
	3.5	180	160	0	29.0	94	131.1	4.5	3.8	1.4	1.18
	5.5	260	160	0	45.7	149	591.1	20.1	6.3	1.42	0.745
工具管顶完	7.0	300	—	12.4	58.1	188	251.1	4.35	—	1.33	—
	9.0	320	—	28.7	74.4	241	271.1	3.65	—	1.13	—
	11.0	(超挖遇块石)180	300	45	90.7	294	131.1	1.44	2.76	0.445	0.355
	11.5	180	260	49	94.7	305	131.1	1.38	2.24	0.43	0.69
顶完一节	13.5	—	320	65.3	111.0	360	—	271.1	2.45	—	0.75
	15.5	300	300	31.6	127.3	360+2×38 438	23.4	1.84	1.84	0.54	0.54
	17.5	300	320	98	143.7	360+2×(38+50) 536	213.3	1.51	1.65	0.407	0.445
	19.5	420	350	114.3	160	653	321.2	2.01	1.58	0.49	0.382
顶完二节	21.5	400	300	115.2	45.7	81.7	238.8	2.01	1.60	0.356	0.23
	22.5	300(压浆)	300	130.6	176.3	804	184.8	1.02	1.02	0.23	0.23

顶进顺序	顶进距离 S (米)	实测总推力 Q		计 算						实 测					
				正面最大阻力 HF (吨)	工具管表面积 f ₁ (米 ²)	管子表面积 f ₂ (米 ²)	总表面积 Σf (米 ²)	该 断 面		外 部 总土压力 N (吨)	摩阻力 T (吨)	平均单位摩阻 力 t (吨/ 米 ²)	摩阻 系数 μ= T N		
								单位面积土压力 n (吨/ 米 ²)	每延米土压力 q (吨/ 米)						
														东 (吨)	西 (吨)
顶完三节	23.5	400	420	131	45.7	147	192.7	10.3	87	269	289	1.4	1.5	0.276	0.296
	25.5	420	420	131	45.7	163.3	209	10.3	87	289	289	1.38	1.38	0.252	0.252
顶完四节	27.5	480	480	131	45.7	179.6	225.3	10.3	87	349	349	1.55	1.55	0.264	0.264
	29.5	520	460	131	45.7	196	241.7	10.3	87	389	329	1.6	1.36	0.269	0.226
	31.5	520	440	131	45.7	212.3	258	10.3	87	389	309	1.5	1.19	0.232	0.185
	33.5	480	480	131	45.7	228.6	274.3	10.3	87	349	349	1.28	1.28	0.19	0.19
顶完五节	35.5	600	520	131	45.7	245	290.7	10.3	87	469	389	1.61	1.34	0.232	0.193
	37.5	500	540	131	45.7	261.3	307	10.3	87	369	409	1.2	1.34	0.169	0.187
	39.5	380	540	131	45.7	277.6	323.3	10.3	87	249	409	0.77	1.27	0.105	0.173
顶完六节	41.5	400	560	131	45.7	294	339.7	10.3	87	269	429	0.794	1.26	0.106	0.169
	43.5	400	600	131	45.7	310.3	356	10.3	87	269	469	0.756	1.32	0.099	0.173
	45.5	420	650	131	45.7	326.6	372.3	10.3	87	289	519	0.775	1.39	0.1	0.18

参：建路工程

续表 1

顶进顺序	顶进 距离 S (米)	实测总推		计						算		实		测		
		力 Q		正面最	工具管	管子表	总 外	该 断 面	外 部 总土压力 N (吨)	摩阻力 T	平均单位摩 力 t (吨/ 米 ²)	摩阻 系数	T N			
		东 (吨)	西 (吨)	大阻力	表面积	面积	表面积	单位土压力								
				HF (吨)	f ₁ (米 ²)	f ₂ (米 ²)	Σf (米 ²)	积土压力 n (吨/ 米 ²)						每延米土压力 q (吨/ 米)		
顶完七节	47.5 48木桩 49木桩 49.5	400	680 720	131	45.7	343	388.7	10.3	87	3066 3066+2×65	269	549 589	0.692	1.42 1.52	0.088	0.18
顶完八节	51.5	440	700	103.6	45.7	359.3	405	7.96	65	3196 3196+2×46	336.4	596.4	0.82	1.46	0.105	0.187
	53.5	400	760	76.2	45.7	375.6	421.3	5.6	46	3298	323.8	683.8	0.75	1.62	0.101	0.207
	55.5	400	800	48.9	45.7	392	437.7	3.23	26.4	3350.8	351.1	751.1	0.81	1.72	0.105	0.224
	57.5	340	850	48.9	45.7	408.3	454	3.23	26.4	3403.6	291.1	801.1	0.641	1.72	0.085	0.235
顶完九节	59.5	400	860	48.9	45.7	424.6	470.3	3.23	26.4	3456.4	351.1	811.1	0.605	1.72	0.101	0.236
	61.5	460	880	48.9	45.7	441	486.7	3.23	26.4	3509.2	411.1	831.1	0.705	1.71	0.117	0.237
	63.5	460	880	48.9	45.7	457.3	503	3.23	26.4	3563	411.1	831.1	0.815	1.65	0.115	0.234
	65.5	500	940	48.9	45.7	473.6	519.3	3.23	26.4	3615.3	451.1	891.1	0.87	1.72	0.125	0.246
顶完十节	67.5	500	900	0	45.7	490	535.7	1.0	8.2	3632.2	500	900	0.934	1.68	0.138	0.248
	69.5	480	880	0	45.7	506.3	552	1.0	8.2	3648.6	480	880	0.87	1.59	0.132	0.242
顶完十一节	71.5	420	840	0	45.7	522.6	568.3	1.0	8.2	3665	420	840	0.74	1.49	0.115	0.229
		400	800	0	45.7	539	584.7	1.0	8.2	3681.4	400	800	0.68	1.37	0.109	0.218

$$\text{单位面积上土压力} \quad n = \gamma h t g^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

施工中实测顶力如下:

1) 东线: 出洞后推至11米(存在正面阻力、工具管摩阻力和一节管子摩阻力), 顶力为300吨, 其间停歇一周(5月27日~6月2日), 再顶时正面土挤满网格, 顶力曾达到620吨, 地面出现较大隆起和放射形裂缝;

11米后, 为克服隆起, 拆除了部分横竖网格, 并使冲泥超出前沿(超挖), 从而使顶力降至200吨, 地面下沉, 出现蘑菇形裂缝;

继续顶进, 顶力逐渐升至300吨;

进入大堤块石堤脚, 边顶边出块石, 顶力升为400吨;

顶至22米, 自工具管尾部压入膨润土泥浆, 以减少摩阻力, 顶力下降为300吨;

继续推进到25米, 顶力升至400吨;

顶至大堤时, 顶力为500吨, 由于冲泥、出土和推进速度不同, 其间出现过顶力在400~640吨波动;

出堤顶时(顶进38米左右), 顶力降为400吨;

顶至60米, 顶力为460吨;

6月26日顶进速度加快, 顶力由400吨增至500吨, 地面出现开裂(见图5)。

2) 西线: 顶进50米内, 顶力基本上与东线一致。50米后(过了大堤), 特别是过了木桩, 顶进较快, 又忽视压浆, 顶力迅速上升至800吨, 甚至高达900吨(见图6)。

由上述数据可见, 实测顶力和理论计算相接近(见表1): 正面掏空, 顶力下降100吨, 顶进加快, 顶力增加100吨, 正面阻力约为100吨(计算分别为48.9至131吨); 进土堤由300吨升为400吨, 进入堤顶则从400吨升至500吨, 出堤脚降至400吨, 说明堤内外相差100吨, 这是因为大堤土质坚实, 土层较厚(4米), 增大了顶力近100吨(计算为 $131 - 48.90 = 82.1$ 吨); 压注泥浆前后相差100吨, 说明了泥浆的减摩作用。西线过堤后忽视压泥浆, 且推进速度较快, 顶力显著升高, 摩阻系数升高0.1~0.12; 推进速度过快, 正面冲土, 排泥不够, 顶力将增大, 停歇后再推, 顶力亦将增大。

(2) 减摩剂。减摩剂采用膨润土泥浆, 加 Na_2CO_3 和 CMC 化学浆糊, 要求既要减摩又要起充填工具管与管节之间环形间隙($\varnothing 2644 \sim \varnothing 2600$)作用, 以减少地表沉陷。泥浆中水与膨润土的重量比为3:1, 其中再加土重5%的 Na_2CO_3 和1.5%的化学浆糊, 用压浆泵将泥浆压入衬砌与工具管间的环形空隙($\varnothing 2644 \sim \varnothing 2600$), 以降低摩阻力, 同时减少地面沉降。

曾考虑加石灰膏与粉煤灰以增加稠度, 减少大堤沉陷。试验后发现, 粉煤灰将促使石灰膏凝结, 用量不同凝结速度也有快慢, 试验中最慢的要一周后才开始凝结, 凝结后摩阻力相应增加, 故予以摒弃。根据市政顶管经验, 加石灰膏亦将增加摩阻力(与纯膨润土相比), 故亦未采取。

为达到既减摩又减沉的要求, 施工中采取加浓泥浆的办法, 顶完后随即用水泥、石灰砂浆置换泥浆。砂浆比例为水泥:石灰膏:砂=1:1:2。石灰膏的作用是减少收缩, 施工中在堤下有块石及木桩处(即第5、8节)进行了置换, 效果良好。

(3) 顶进精度。顶管要求确保长江大堤安全, 防止大堤隆起、沉陷和开裂, 同时要求尽可能少偏离设计轴线。施工实践说明: 冲泥和顶进速度, 对防隆、防沉、防裂和防偏至关重

要，其中关键是正确掌握冲泥，尽力做到不超挖、欠挖；冲泥部位的深浅和先后，与纠偏也直接牵连。

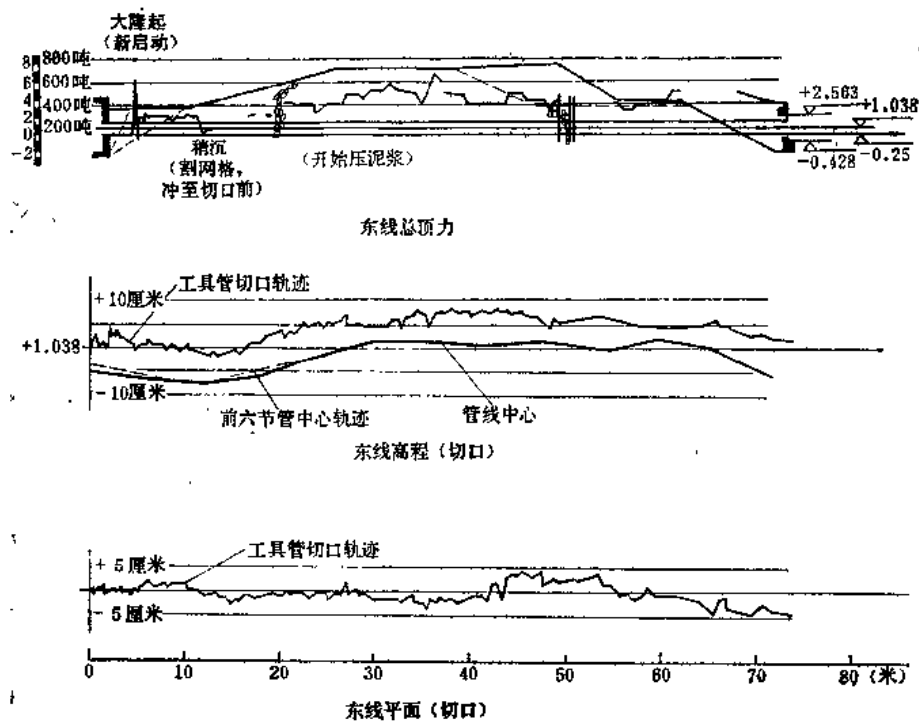


图 5 雨水泵房顶管工程之一

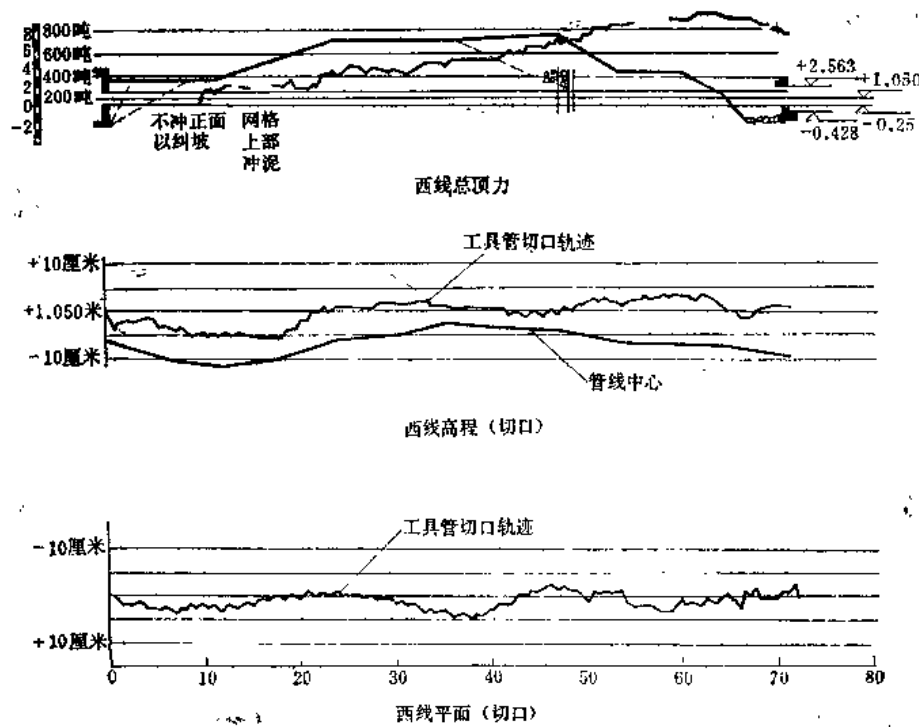


图 6 雨水泵房顶管工程之二

为创优质,施工前拟定了顶进精度标准,要求高程最大偏差为 -7.2 厘米、 $+18.0$ 厘米,高程优良标准为 -4.8 厘米、 $+12.0$ 厘米左右,偏差不超过 ± 18.0 厘米,优良标准为 ± 12.0 厘米,每节管段亦要求按总精度 $1/12$ 加以控制。施工中提出了“徐徐推进,及时排泥,边推边测,及时纠正”十六字口诀,特别是工具管与头几节应小心谨慎,以利形成正确导向。推进中每偏离轴线 5 毫米即行纠偏,先纠 $1/2$ 偏角,然后再纠 $1/2$,忌猛推猛纠,随时观测纠偏效果,以判断措施是否正确。累计偏差超过 40 毫米时,可逐次向反方向纠偏,使趋近轴线。

顶进过程中,每推进 $30\sim 50$ 厘米应观测一次,并作好记录报表,要求测量准确,测量误差不得超过 4 毫米,每推进 18 米校核一次基准点,当偏差接近优良、合格界限时,应向各级报警。

(4) 施工中采取的措施:

1)增加水枪,拆除竖向网格:原设计考虑泥水局部加压,上半部设有隔板,下井后虽已拆除,但水枪仅有 3 把,主要冲下部土,由于 24 个网格纵横分隔,网格板宽 $36\sim 24$ 厘米,摩擦面达 12米^2 ,既限制有效冲泥范围,又易形成土塞,增大阻力,影响推进纠偏。施工中增加了 2 把水枪,拆除了竖向网格板,使全断面都能冲到,减少了工具管“上飘”。

2)限制推进速度:每分钟推进 $1.5\sim 2.0$ 厘米,每小时推进 1 米。

3)水枪冲泥,冲进网格 $15\sim 20$ 厘米。

4)用纠偏千斤顶纠偏,加钢楔固定纠偏千斤顶位置,以克服单作用千斤顶油缸回缩。

5)加强地表变形观察,加设测量沉陷标志。地面如呈放射形细裂缝为欠挖,如呈蘑菇状环形细裂缝为超挖,应及时采取冲泥与推进速度等措施予以调整。

6)在进出洞大开挖敞口底部用道渣夯实,加浇 10 厘米混凝土垫层,以防顶管端部磕头。由于采取上述措施,有效地控制了推进质量,东线工具管以高程 $+10$ 毫米、左偏 3.9 毫米进钢筋混凝土消力渐扩段预留门洞,西线以高程 $+9$ 毫米、左偏 4 毫米进洞。

顶进过程中,大堤没有出现隆起与下沉。顶完数日后,堤面离顶管边缘 $3\sim 4$ 米处发现宽 $0.3\sim 0.5$ 厘米、长 $2\sim 4$ 米的裂缝三道。8月5日工程指挥部会同宝山县防汛指挥部等有关部门进行实地检查,当时裂缝已弥合,经分析普遍认为裂缝是顶管后土堤不均匀沉陷引起的。尽管顶管后进行了压浆处理,但难免留有空隙,导致沉陷和开裂,因程度较轻,且已弥合,故认定问题不大。经一段时间继续观察,未见裂缝再现。

(5) 施工进度

1)纠偏。整个顶管过程也是不断纠偏的过程,施工中采用了千斤顶编组纠偏,随着顶管的推进,千斤顶离工具管距离也逐渐加大,其纠偏作用亦逐渐减少,大有“鞭长莫及”之势,这种纠偏方式仅在起始时有些作用。

顶管偏移与土质、下卧层、覆盖厚度等因素密切相关,施工中应利用竖向土压力、土反力和水平向被动土压力作纠偏力矩,纠正工具管偏离。本工程除大堤外覆土甚薄外,推进断面土质上半部为坚硬的黄色亚粘土,下半部为柔软的轻亚粘土夹砂,下卧层亦较软,管底下 1.0 米左右即为亚砂土,易形成流沙。施工采用水力排泥,管断面大半部浸泡在泥水中,由于下卧软弱,有下叩的可能;同时由于覆土甚薄,仅 1.0 米左右,又有“上飘”的危险。为此在出洞时继续降水以保证出洞不磕头。推进中观察,上部土体较稳定,下部土体浸水,呈 $30\sim 40$ 度角。为防超挖,限制在网格内冲土,不得超出,下部一般不用水枪冲土,以保证下卧层相对稳定。稍有磕头,除下部纠偏千斤顶伸出外,上部不冲土,以形成土塞,产生向上的水平土

压力，阻止磕头。如若“上飘”，则上部纠偏千斤顶顶出，水枪冲上部土，“解放”上部水平土压力。纠偏前后应加强测量比较，检查纠偏效果。

2)推进。据海塘工程组介绍，在顶管地段的堤下没有浆砌或干砌块石，也没有木桩、钢筋混凝土桩及芯墙等构筑物，但在顶管过程中实际上遇到了大堤坡脚的大石块，堤中还有三排相隔1米的 $\varnothing 15\sim 20$ 毫米的水桩，为此，施工中打开了密封门，将大石块从密封舱中搬掉，并用斧头斩断木桩使工具管顺利通过。

顶进时井内基座钢轨受力较大，磨损较厉害，故钢轨不能小于24公斤/米，基座要考虑向外张力。

工作进程：5月15日工具管下井安装，液压系统、水力系统试运转。东线工具管出洞，

开始采用 $2\frac{1}{2}$ PW污泥泵排泥，因时出故障，被迫人工出土。工具管顶完后改用4PW污泥泵排泥。5月27日开始管节顶进，排泥仍然时出故障。最后改用扬水器出泥，增加水枪，并拆除部分竖向网格，至6月11日顶第二节管始较正常。6月27日工具管过大堤进入钢筋混凝土渐扩段墙洞，前后38天中正常推进17天，共推11节，平均一天半一节（4米/天）。7月8日工具管自堤外吊转至西侧，就位安装接管。7月13日西线工具管出洞，至7月27日共推进15天，平均1.25天一节（4.8米/天）。

每一工作循环，包括下管、焊接刚性接头、安装高压进水管与排泥管、顶进等工序。为防止大堤开裂，控制每小时顶进1米，包括调换U形顶块和接管，每节六米约需一个工日；拆除进水管、排水管、下吊二根三米管节及调整就位需一个工日；焊接刚性接头，连接法兰接头约一个工日。

四、体会

(1)采用三节式工具管顶管方案，能保证长江大堤安全，保证过堤管质量。

(2)复合管技术上是可行的，经济上可节约钢材，降低造价，接头处理尚可进一步改进。根据不同埋深和顶力，可改变外壳厚度、混凝土标号与配筋，以适应各种不同埋深与管径的地下工程。

(3)顶管施工，复合衬砌，可扩大运用到其它地下管道工程，如过路管、电缆管等，顶进长度还可适当增加。

钢筋混凝土板桩拱形管

上海市隧道建设公司 刘建航 刘立礼

为在一九八〇年内打通经四路、纬三路十字线排水干管，考虑到当时 $\varnothing 2460$ 毫米的钢筋混凝土管紧缺，经研究决定采用钢筋混凝土板桩拱形管方案，即先在地面打预制钢筋混凝土板桩，既作为开挖时的支护结构，也是永久结构的一部分，开挖后浇灌钢筋混凝土内衬，形成如图 1 所示的拱形管。

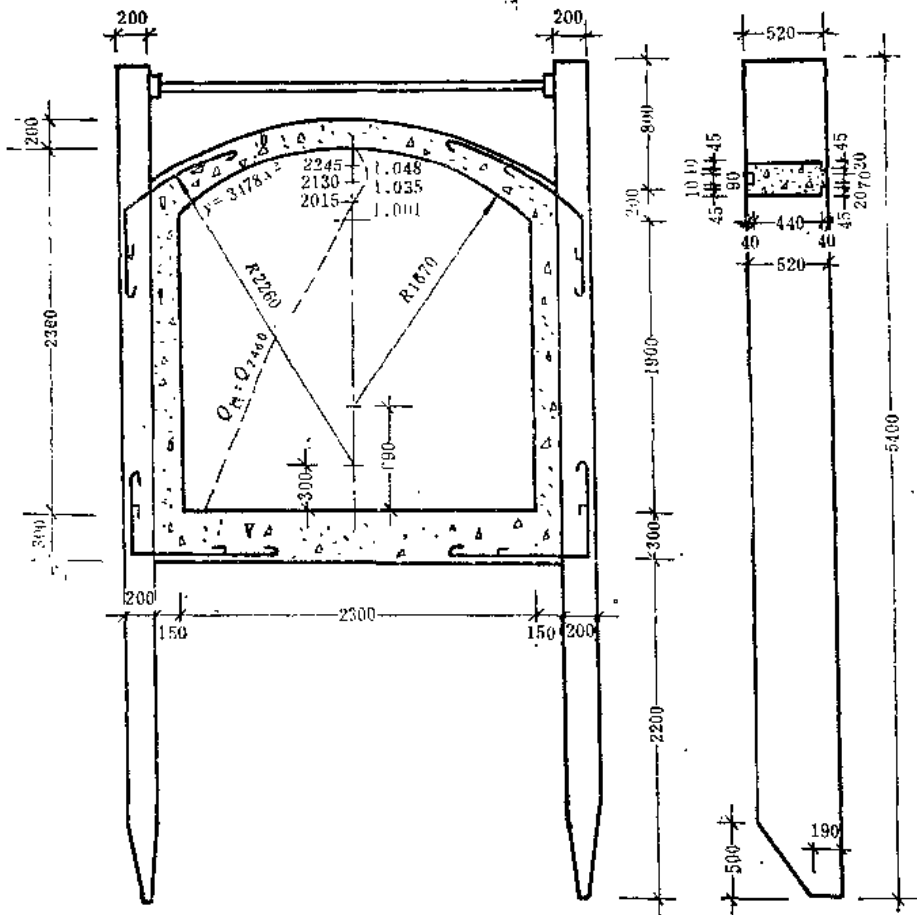


图 1 钢筋混凝土板桩拱形管

施工程序是：(1) 沿管线宽度开挖浅槽；(2) 井点降水；(3) 在浅槽内打两道钢筋混凝土板桩；(4) 在两道板桩内开挖沟槽；(5) 边挖边加支撑围楞；(6) 清洗桩壁附土；(7) 嵌填板桩接缝；(8) 撬出板桩预埋钢筋；(9) 在槽内浇筑钢筋混凝土底板；(10) 用拉模浇筑钢筋混凝土侧墙（原板桩与新浇侧墙共同连成整体侧墙）与拱顶，每隔30米用橡胶止水带连接。

本工程由隧道公司设计研究所设计，隧道公司第三工程队施工，干管总长为1376.9米，