

北京商展大厦深基坑护坡、降水施工技术问题的研究分析

曹新明

(冶金工业部第一地质勘察基础公司, 三河 065201)

[摘要]介绍了在富水区内的强透水砂砾卵石地层中进行深基坑护坡与降水施工方案的应用技术问题,并阐述了解决在施工中出现问题的技术方法和实际效果,为今后在富水区的强透水地层中进行深基坑护坡与降水工程提供了部分参考依据。

[关键词]深基坑 强透水 护坡 降水 施工技术

[中图分类号]TU46⁺.3;TV861 [文献标识码]A [文章编号]10495-5331(2000)01-0088-04

1 工程概况

商展大厦属内贸部中商企业集团有限公司开发兴建的旧房改造工程,建筑面积65 201.7 m²。设计楼体地上17层,高70 m,地下4层,深19.04 m,基坑开挖必须进行边坡直立支护和降水疏干工作。

该工程场区位于北京市西城区三里河东路西侧,地形基本平坦,地面标高为46.50 m,隶属北京市永定河冲、洪积平原地貌单元的中上部。施工区内地下尚有旧楼基础,人防通道,上下水管线等多种障碍物,地上场地狭窄,基坑北侧和西侧有两栋五层居民楼,相距开挖边线分别为5.2 m和3.4 m。

开挖基坑形态近似于长方形,南北总长95.59 m,东西总宽65.50 m,正处于三里河古河床之中,属北京市内的地下水富水区段。据岩土工程勘察揭露,区内的工程地质条件较好,地面以下为人工堆积的粉质粘土和房渣填土,厚度为1.8 m~3.7 m,其下为砂质粉土与细砂夹粉质粘土层,分布在-1.8 m~-7.0 m,厚度为3.5 m~5.2 m,该层的下部为砂砾卵石层,分布在-7.0 m~-26.0 m,厚度为19.0 m左右,级配较好,属低压缩性地层,在该层的中部-15.3 m~-16.50 m处夹有一层粘质粉土,粉质粘土层由北向南逐渐变薄,厚度为1.2 m~0.4 m,该卵石层底部为第三纪泥质胶结的砾岩层,在二层交界处见有遇水膨胀的棕红色粘土层,厚度约0.5 m,可将其视为相对隔水层。

该区水文地质条件较为复杂,地下水位埋深为-12.60 m左右,含水层厚度约13 m,分布在-12.60 m~-26.0 m之间,为强透水的砂砾卵石层,卵石含量高达70%左右,直径一般为10 cm~20 cm,越向下部卵石直径显著增大,在-20 m左右处可见有最大

卵石直径达到58 cm,经抽水试验确定,其综合渗透系数K值为120 m/24 h。

2 施工方案的选择

2.1 地下连续墙逆筑法

该法是先沿建筑物地下室轮廓施工地下连续墙,然后将坑内土挖至第一层地下室底板标高后,在建筑物的内部有关位置(柱子或隔墙相交处,经计算确定)施工中间支承柱,即可完成一层地下室,形成刚度很大的内支撑,随后再逐层向下施工地下室结构,同时还可在地上进行结构施工,直至主体施工结束。该法的优点是连续墙能起到周边封水作用,将复杂的基坑周边降水难题变为坑内简单降水,同时还能较好地解决施工场地狭窄和坑边居民楼的安全稳定问题。缺点是施工技术难度大,工程造价高(约1?230多万元)。

2.2 机械施工桩锚直立支护与周边管井降水法

该法是采用机械施工护坡桩和锚拉杆进行边坡直立支护,并在基坑周边布设降水管井进行疏干施工作业,其优点是技术成熟,施工简便,造价低(约540多万元)。缺点是本工程3/4周边为居民集中区,机械施工噪音大,扰民严重,不易采纳。

2.3 人工挖孔的桩锚直立支护与周边管井降水法

该法是将方案二的机械成孔改为人工挖孔,优点是技术成熟,施工简便,造价低(约540多万元),不扰民,场地卫生干净。缺点是人工挖孔需要干孔作业,必须进一步加大地下水的降深幅度,给本来就较为困难的周边管井降水再次加大了技术难度。

通过对上述3个方案的技术经济论证和可行性分析后,一致认为第三方案的不足之处与上二方案相比,只要充分发挥出内部的技术优势,还是相对容

易解决的,因此便将其作为本工程的一个较为完善的可行施工方案。

3 方案设计的有关技术参数

3.1 护坡方案设计

本工程的护坡方案设计计算是在朗肯土压力理论的基础上,利用场区的土层力学性能指标及其相

关工程的实践经验成果综合选定的原始计算参数,应用 1995 年经建设部设计司鉴定通过的“深基坑支护之星”微机软件完成计算过程。计算中,考虑到建筑场区周边居民楼(距开挖边线 3.5 m 和 5.2 m)的安全稳定,设计方案采用了 A、B 两种类型的支护体系,即靠近居民楼处为 A 类桩型,其余部分均为 B 类桩型(图 1、表 1)。

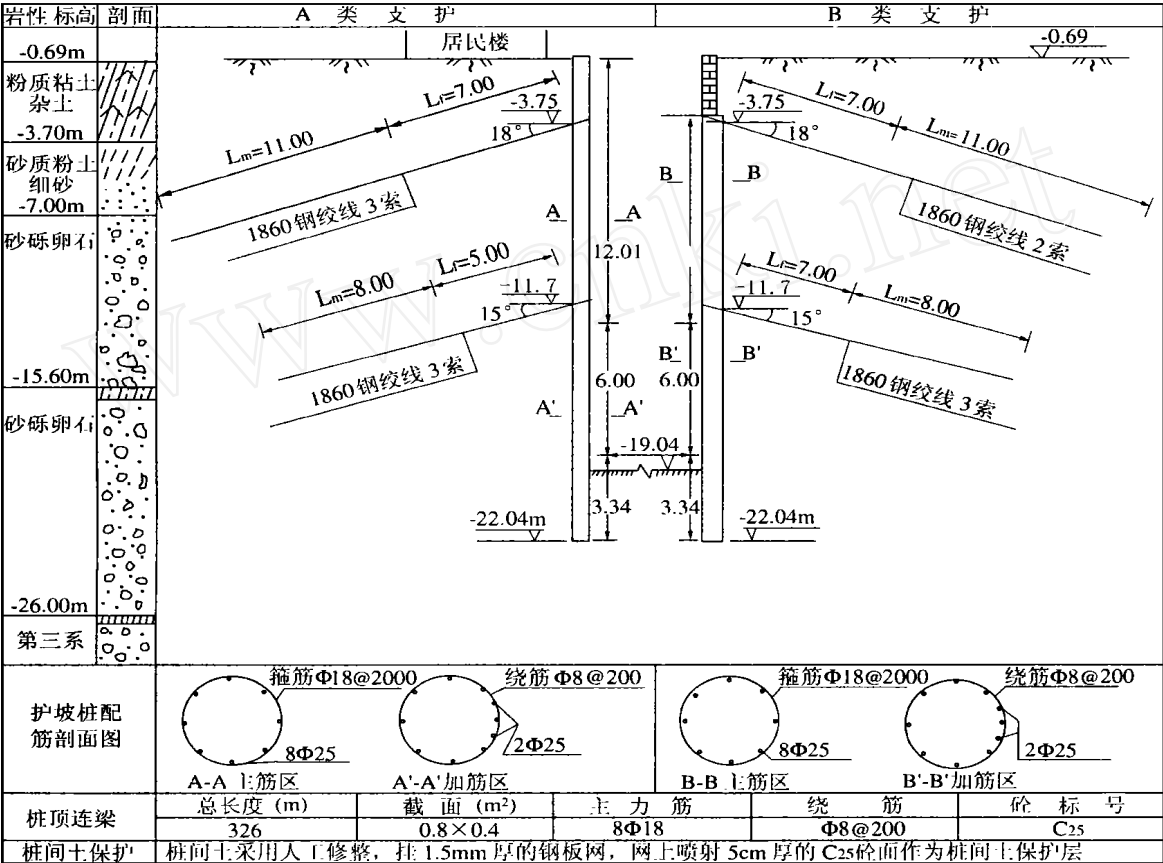


图 1 护坡方案设计计算图

表 1 图 1 参数表

	A 类	B 类
入土深度	3 m	3 m
设计最大弯矩 max	622 kN·m	506 kN·m
最大弯矩距桩顶距离	9.9m	6.0m
钢筋笼配筋:主力筋	8 $\Phi 25 + 2 \Phi 5$	8 $\Phi 25 + 2 \Phi 5$
箍 筋	$\Phi 8 @2000$	$\Phi 8 @2000$
绕 筋	$\Phi 8 @200$	$\Phi 8 @200$
纵向加筋区位置	- 12.5 m ~ 18.5 m	- 12.5 m ~ 18.5 m
第一道锚杆标高与倾角	- 3.75m < 18°	- 3.75m < 18°
间距	1.6m(一桩一锚)	2.5m(三桩二锚)
轴向设计拉力	45 kN	35 kN
长度 $L = L_{\text{自由锚段}} + L_{\text{锚固段}}$	$L = 7 + 11 = 18 \text{ m}$	$L = 7 + 11 = 18 \text{ m}$
锚杆体(钢绞线)	3 $\times \Phi (1.88 \text{ N/m}^2)$	2 $\times \Phi (1.88 \text{ N/m}^2)$
第二道锚杆标高与倾角	- 11.70m < 15°	- 11.70m < 15°
间距	1.6m(一桩一锚)	1.7m(一桩一锚)
轴向设计拉力	524 kN	492 kN
长度 $L = L_i + L_m$	$L = 5 + 10 = 15 \text{ m}$	$L = 5 + 8 = 13 \text{ m}$
锚固体(钢绞线)	3 $\times \Phi (1.88 \text{ N/m}^2)$	3 $\times \Phi (1.88 \text{ N/m}^2)$
桩顶位移值	10mm	18mm

3.2 降水方案设计

降水方案设计是在综合分析研究了场区内水文地质条件的基础上和确保建筑主体施工干槽和人工挖孔干孔作业的前提下,经过理论计算后完成的。本基坑降水方案为管井井点法,设计计算基坑涌水量是应用地下水动力学等代大井无压完整井裘布依理论公式进行的,即:

$$Q_1 = 1.366 K \frac{(2H - S) S}{\lg(R/r_0)} = 22 ? 157.6 \text{ m}^3/\text{d}$$

降水管井单井出水量计算

$$Q_2 = 120 \pi h L \sqrt[3]{K} = 966 \text{ m}^3/\text{d}$$

式中: K—渗透系数(120 m/d), H—潜水含水层厚度(13.4 m), S—水位降深值(9.4 m), R—基坑影响半径(860.1 m), r_0 —基坑引用半径(53 m), r —

管井半径 (0.2 m), L —管井过滤器有效长度 (2.6 m)。

经计算后,基坑周边需布设降水管井 26 眼,成井深度为 28 m,内径为 0.4 m,下置流量为 $40 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程 40 m 的潜水泵进行一井一泵的连接抽水。

26 眼管井全部设在护坡桩外侧,桩井中心间距为 4 m~5 m,井井中心间距在地下水补给方向的北西两侧为 12 m,地下水排泄方向的南东两侧为 15 m。排水管道选用 3 寸硬质塑料管单井直接排入市政雨水管道内。

4 施工中遇到的技术问题及解决方法与效果

护坡桩采用人工挖孔施工,其设备工艺不复杂,施工技术也已成熟,只要控制好挖孔护壁质量,避免因孔壁坍塌而造成孔毁人伤(亡),为此我们在现场建立了混凝土集中供应点,确保了护壁砼的应有强度,在完成整个工程的 196 棵护坡桩施工过程中从未发生任何质量与安全事故。

本工程的技术难度关键是降水,如果降水稍有底漏,就会导致整个工程的失败。

施工中首先遇到的问题便是在地表以下 1 m~6 m 之间的井孔跑斜和孔壁坍塌严重,成井质量得不到保证。分析原因,一是地下障碍物较多,二是局部地层人为破坏严重,结构松散。采用了上部人工挖孔,下部改用冲击钻机施工的成孔新工艺,这样即可通过人工挖孔达到清除(楼基人防碎石等)或保护(居民楼在用的上下水、煤气管线等)地下障碍并护壁,又可通过机械施工进行水下快速成孔。

采用该工艺的适用条件是地下水位埋深不易太浅,即水位以上应有人工挖孔的必要深度和改用机械施工时必须要进行浓泥浆造壁的足够部分。

该工艺应注意的问题是在人工挖孔的底部进行扩孔砼护壁来增强土层对上部挖孔护壁部分的支承力,随后在挖孔完毕后,还须向孔内加入 0.3 m^3 的红粘土和适当的水进行浸泡,一天后即可用冲击钻机施工,开孔时要扶正轻击,当进尺 3 m~4 m 后就可正常钻进。否则会在机械开孔时的强力振动下出现上部挖孔护壁砼脱落,造成新的施工难度,或在水下进行超正常的浓泥浆护壁后影响到成井后的正常出水量。

其次的问题是成井完毕后有 3 眼管井因洗井不及时而造成了出水量的严重不足,针对这一问题,我们采用了化学洗井法,即用 8%(重量比)的焦磷酸钠($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$)碱性溶液,注入井内浸泡,并每隔

3 h~4 h 用潜水泵抽注水循环一次,起到加速渗入滤水管外面的井壁泥皮中同泥浆中的高岭土($2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$)和蒙脱石($\text{Al}_2\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_n\text{H}_2\text{O}]$ (酸性)进行化学反应,生成硅酸钠(Na_2SiO_3)和铝酸钠($\text{NaAl}(\text{OH})_4$)溶于水分散,达到清除泥皮的作用,这样 24 h 后再用空气压缩机清洗完毕,从而使这 3 眼管井的出水量恢复了正常。

最后遇到的问题也是本工程中的一个关键问题,在周边 26 眼管井连续降水半月后,井内水位虽已降到 26 m,而井外水位却处在 19 m 左右,距护坡桩挖孔深度仍差 3 m,且日降幅极为缓慢,造成人工挖孔桩不能继续施工,其它后继工序也处于停待状态。为此对原设计的整体方案进行了全面的论证分析,一致认为该问题出在设计中应用的降水理论计算公式没有考虑到管井最大出水量与应有的最小过水断面平衡问题,如图 2 所示。当 $S_{\max} = H$ 时, h_0

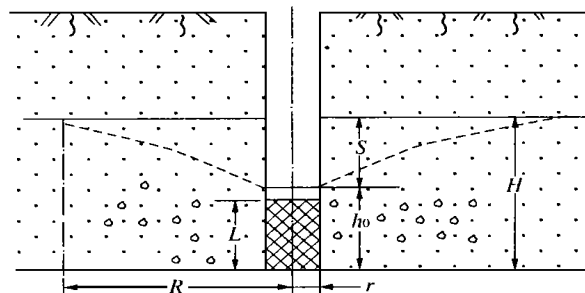


图2 管井最大出水量与最小过水断面平衡计算图

$= 0$,此时井壁的过水断面 $\omega = 0$,这样就不应当再有水流入井中了,而实际并非如此,显然理论与实际相矛盾。据此说明理论公式在实际应用中是具有一定条件限制的,本人在多次实践工作中初步认为只有当降深在含水层厚度约 1/2 左右时,其理论公式才是可行的。本设计是在厚度为 13.4 m 的含水层中降深 9.4 m,已超过了理论公式的限制条件,只有再人为地将这一条件改变后才能使水位得到继续下降,但随着水位降深的不断加大,人为改变其限制条件的经济代价也会越来越大。为此,又从护坡与降水方案上进行双向分析计算,最终选定了一个经济合理、安全可靠的解决办法,即先将原方案中的护坡桩入土嵌固深度 3 m 调整为 2 m,桩底孔径由 0.8 m 扩径为 1.2 m,二层锚杆施工位置由 11.7 m 下调到 12.7 m。这样调整后即能保证护坡桩的安全稳定,又能把原要求降深的 9.4 m 缩小到 8.4 m,此后又采用条形降水阶梯原理,在人工挖孔桩的轴线内侧 4 m 处,增设了 8 眼降水管井,井深 33 m,相当于增大管井取水过水断面 32.6 m^2 。经过双向技术措施解

决后,各项质量指标均达到预定设计目的。

5 工程实地检测的成果评价

该工程于 1998 年元月 15 日正式开工,1998 年 7 月 25 日已基本结束,共完成护坡桩 196 根,塔吊基础桩 8 根,塔基承台 2 个,桩顶连梁 326 m,锚拉杆 340 根,桩间喷砼护壁面积 3 180m²,挡土护壁砖墙 792 m²,降水管井 34 眼,开挖外运土方 102 418 m³。当基坑挖深到 - 19.04 m 后,现场实地检测桩顶侧向位移最大值为 10 mm,一般保持在 2 mm ~ 8 mm,对距基坑较近的五层居民楼经长期沉降监测显示,距 3.4 m 处的居民楼最大沉降点为 6 mm,距 5.2 m 处的居民楼最大沉降点为 4 mm,实现了边坡支护安

全稳定的目的,为此受到北京市部分同行专家的一致赞同,认为该护坡桩由设计入土嵌固 3 m 改为 2 m 的施工方法超出常规设计原则,具有一定的创新意义,值得总结和参考对比应用。

对该工程技术关键难点降水,通过上述 3 项措施,解决了问题。当 34 眼管井全部开动降水一周后,地下水位降深在 - 21.2 m,实现了人工挖孔深 21 m 的干孔作业,在基坑开挖后,保留了基坑外围的 26 眼管井进行延续降水,地下水位埋深控制在 20.2 m 处,保证了主楼建筑施工的干槽作业,对这一施工成果专家们给予高度评价,认为该项工程的设计先进合理,施工中技术措施切实可行,值得进行总结和借鉴。

ANALYSIS ON TECHNICAL PROBLEMS OF SLOPE PROTECTION OF DEEP PIT AND WATER LEVEL - LOWERING WORKING IN THE CONSTRUCTION OF SHANGZHAN BUILDING IN BEIJING

Cao Xinming

Abstract : The technical problems of slope protection of pits and water level - lowering construction in strongly pervious sand - pebble layer are pointed out. The techniques used for solutions to the problems and their effects are expressed. This study provides the effective references for the slope protection of deep pits and water level - lowering construction.

Key words : deep pit , strongly pervious , slope protection , water level - lowering , construction technique



第一作者简介:

曹新明(1952 年 -),男。1975 年毕业于长春冶金地质学校水文工程地质专业,同年分配至冶金地质会战指挥部水文大队矿区水文地质勘察评价工作,1982 ~ 1984 年进入中南矿冶学院学习。1993 年调入冶金第一勘察基础工程总公司,一直致力于深基坑边坡支护与降水工程,历任项目技术负责、项目主任工程师、项目总工程师技术职务。

通讯地址:河北省三河燕郊 冶金部第一勘察基础工程总公司 邮政编码:065201

(上接第 77 页)

滑化的方法,该法具有应用方便、计算速度快等优点。

[参考文献]

- [1] 刘甸瑞. 作直方图中的最优分组问题[J]. 物探计算技术, 1995, 17(1): 62 ~ 67.
- [2] Journel A G, Huijbregts CH J. Mining geostatistics[M]. Academy

press, 1980.

- [3] Wenlong Xu, Journel A G. Histogram and scattering smoothing using convex quadratic programming[J]. Mathematical Geology, 1995, 27(1): 83 ~ 103.
- [4] Silverman B W. Density estimation for statistics and data analysis [M]. Chapman and Hall Ltd. New York, 1986.

THE METHOD FOR PLOTTING DIAGRAM AND ITS SMOOTHING TREATMENT

HU Xiao - rong

Abstract : Based on the criteria for the quality of diagram, the criterion of constructing best diagram, namely, maximum relative information entropy was proposed, and the method for the smoothing treatment of histogram was also created using the linear programming.

Key words : histogram , relative information entropy , smoothing treatment , linear programming



第一作者简介:

胡小荣(1964 年 -),男。1984 年毕业于重庆大学采矿工程专业,1988 年获东北大学采矿工程硕士学位,现任本溪冶金高等专科学校副教授并在东北大学攻读博士学位,主要从事岩石力学方面的科研和教学工作。

通讯地址:辽宁省本溪市 本溪冶金高等专科学校资建系 邮政编码:117022