

基坑降水工程设计与实践

吴立晴

(河北省电力建设第二工程公司, 石家庄市, 050011)

[摘要] 电力工程基坑多, 深度大, 地质条件和施工环境复杂, 施工降水已成为深基坑开挖与边坡支护的重要组成部分。作者在基坑降水施工管理实践中发现: 以往采用基坑中心水位降低值, 预测计算基坑涌水量和基坑水位降深值, 只适用于基坑较小、含水层透水性较强场合。当基坑较大, 含水层透水性较弱时, 基坑在降水施工时地下水位呈凸曲面, 再用上述方法计算, 基坑涌水量偏小。因此, 提出了用基坑周边平均水位降深值预测基坑出水量的计算思路, 即采用井点设计降深, 计算干扰井影响半径和干扰单井出水量的方法。

[关键词] 基坑降水 涌水量 降深值 井点布置 沉降影响

中图分类号: TU46⁺3 文献标识码: B 文章编号: 1000-7229(2003)02-0024-03

Engineering Design and Practice on Precipitation in Foundation Bed

Wu Liqing

(Hebei Provincial No. 2 Electric Power Construction Engineering Company, Shijiazhuang, 050011)

[Abstract] There are many foundation beds in power projects, which have great depth and complex geological conditions and construction environment. The construction precipitation has become an important composition in deep excavation of the foundation and supporting of the side slope. The author has known through the practice of construction management of the foundation precipitation that the former method using the reducing value of central water level in the foundation bed to predict and calculate the surging quantity and level drop in the foundation is only suitable for relatively small foundation beds and places where the permeability of the water-bearing stratum is good. As the foundation bed is large and weak in permeability of the water-bearing stratum and the ground water level looks like convex curve surface for the foundation bed during precipitation construction, the water surging in the bed is smaller by means of the previous calculation method. So the author has put forward a calculation way to predict the precipitation in the foundation bed with the peripheral mean level precipitation of the bed, that is, using the design precipitation at the well point to calculate the disturbance on the well radius effected and disturbance on the water production of a single well.

[Keywords] precipitation in foundation bed; water surging; precipitation depth; arrangement of well points; settlement influence

电力建设工程基坑数量多, 深度大, 地质条件和施工环境复杂, 施工降水已成为深基坑开挖与边坡支护的一个十分重要的部分。

施工降水属于人为改变地下水空间分布, 要做到正确处理, 首先要对场区的水文地质条件及周边环境有一个清楚的了解, 结合拟开挖基坑的特点, 正确选择降水方案, 建立水文地质计算模型, 合理确定计算参数, 才能准确预测基坑涌水量; 当降水工程区域及邻近有重要建筑设施时, 应预测降水对基坑边坡稳定性和建筑物沉降变形的影响, 采取有效的预防措施, 才能保证工程的顺利进行。若处理失当, 可能对基坑周围建筑物或地下设施造成损坏。本文仅

就施工降水在第四系潜水较丰富的地区, 使用较普遍的“等待大井”法展开讨论, 谈几点体会。尽管该方法将地质体及边界条件进行了理想化假定, 计算值不十分精确, 但从以往的实践证明, 只要计算模型能够从总体上代表了实际工程特点, 还是能够满足设计要求的。

1 基坑降水设计

1.1 降水方案的选择

降水疏干方案选择得正确与否对整个工程影响甚大, 疏干效果的好坏直接影响着基坑开挖和基坑边坡的稳定。电力建设工程基坑数量多、深度大, 工

期和施工顺序要求严格,选择适合场区特点的降水方案非常重要。

在衡水电厂、邯郸热电厂,场区地质条件均为第四系冲洪积成因类型,地势平坦,浅部地层以粉土、粉质粘土、粘土为主,呈互层结构,底部夹薄层粉砂,土质较均匀,其渗透性较弱,浅层地下水位埋深分别为2.5 m和1.5 m,大多建筑物基坑均需降水。

如:邯郸热电厂基坑需降水的工程包括:主厂房、凉水塔、烟囱、循环水处理室、雨水泵房和输煤系统中的翻车机室、转运站、混煤仓、地下煤斗等,最大基坑开挖深度14.5 m,一般为6.0~8.5 m。根据场区的地层特点和基坑开挖深度要求,采用明沟排水坑壁易发生流砂、管涌和坍塌;采用轻型井点降水,须布置多级井点,施工难度大,场地杂乱、设备多、工期长,造价高。采用管井降水,由于地层渗透性较弱,能否满足降水工程的需要,没有可直接采用的设计计算参数。我们通过疏干试验,查明了管井抽水对基坑开挖区的疏干效果和对外来水头的截流效果,取得了多项计算参数(单井涌水量 q 、井内水位降低值 s' 、水跃值 Δh 、含水层综合渗透系数 K 、抽水井影响半径 R 、降落漏斗水力坡度 I 等),确定了合理的井距和深度,取得了较好的效果,为后期基坑降水设计提供了经验。实践证明在第四系新近沉积粘性土地层,浅层地下水较丰富的场区,采用管井降水是可行的,其施工速度快,降深大,疏干效果好,造价低,便于管理和控制,不影响其他工程施工。

1.2 水文地质计算模型的建立

将基坑拟定为1个大井,含水层为无限边界、均质、各向同性,地下水为潜水,二维层流状态,降水井为潜水完整井,垂直方向将地下水位以下粉质粘土、粉土、粘土视为同一含水层。取综合渗透系数,采用管井降水方法,按面状基坑、均质含水层、潜水完整井计算基坑涌水量和干扰条件下的单个降水井的出水量。

1.3 计算参数的确定

降水水位、水量的预测计算,受地质条件、边界条件、基坑形状及大小等多种因素影响,往往不是一次计算就能达到设计的技术要求,需要应用试验资料,严格把握计算条件,合理确定计算参数,进行多次布井方案的调整计算,才能使预测计算的结果接近实际,提出较为合理的降水方案。

在预测计算基坑涌水量时,基坑水位降深值通常采用设计基坑中心水位降低值 s_0 进行计算,我们发现其在基坑较小或含水层透水性较强时适用;当基坑较大且地层透水性较弱时,计算结果与实际差

别较大,基坑涌水量计算值偏小。经分析认为:当基坑较大,含水层透水性较弱时,降水时基坑内地下水位呈曲(凸)面,坑内水力坡度较大,基坑中心水位降深值 s_0 不能代表基坑整体水位降深值,也与基坑水文地质计算模型不符。因此,我们提出了用基坑周边平均水位降深值 $\bar{s}$ 预测基坑出水量 Q 的计算思路,采用井点设计降深 s' ,计算干扰井影响半径 R 和干扰单井出水量 q' ,这样预测计算的基坑涌水量 Q 与实际相吻合,按其布置的降水井数适当,疏干效果良好。

$$\bar{s} \text{ 的取值计算: } \bar{s} = \frac{2}{3}(s' - s_0) + s_0 = \frac{2s' + s_0}{3}$$

式中 $\bar{s}$ ——基坑平均水位降低值(反应疏干基坑的整体降深);

s_0 ——基坑中心水位降低值,取基坑深+1.0 m;

s' ——管井(外)水位降低值(已消除水跃值影响)。

1.4 基坑出水量的预测计算

基坑出水量是指满足基坑降水水位要求的基坑总出水量。面状基坑出水量按潜水完整井公式计算,其结果具有一定的精度。计算式为:

$$Q = \frac{1.366 K(2H - \bar{s})\bar{s} \cdot n}{\lg R_0 - \lg(r_1 \cdot r_2 \cdots r_n)} \text{ 或}$$

$$Q = \frac{1.366 K(2H - \bar{s})\bar{s}}{\lg R_0 - \lg r_0}$$

式中 H ——含水层厚度(静水位至降水井底的距离);

K ——含水层平均渗透系数(根据 Q 、 s 值,按稳定流公式计算);

r_0 ——基坑等效半径, $r_0 = 0.29(a + b)$;

a 、 b ——基坑的长和宽;

R_0 ——基坑引用影响半径, $R_0 = R + r_0$;

R ——干扰井影响半径, $R = 2s' \sqrt{H \cdot K}$;

n ——降水井数;

r_1 、 r_2 ... r_n ——各降水井点至基坑中心的距离。

当具体降水工程超出上述公式的适用条件时,应采用其他适宜公式。

将基坑的总出水量分配到各降水井,每个降水井分配的出水量应不大于降水井的出水能力。降水井的出水能力按下式计算:

$$q = \frac{24L' \cdot d}{\alpha'}$$

式中 q ——管井的出水能力, $m^3/\text{天}$;

d ——过滤器外径, mm;

α' ——与含水层渗透系数有关的经验系数;

L' ——过滤器淹没长度, m。

用设计降水井数 n 试算降水干扰单井出水量和基坑总出水量。干扰单井出水量计算式为:

$$q' = \frac{1.366 K(2H - S') S' \cdot n}{\lg\left(\frac{R_0^n}{n} \cdot r_0^{n-1} \cdot r_w\right)}$$

式中 r_w ——管井半径, 一般采用井管半径。

基坑总出水量为: $Q' = q' \cdot n$

当 $Q' > Q$ 时, n 可作为确定降水井数的理论数值, 实际布置时可按 $n = 1.1 \frac{Q'}{q}$ 计算。当基坑长宽度很大时, 为确保基坑中心水位降深值满足设计要求, 或为了加快降水速度, 可在基坑内增设降水井, 并随基坑开挖逐渐失效。

降水井的深度设计应考虑基坑深度、降水水位距基坑底的深度、水力坡度(基坑内一般取 $1/15 \sim 1/20$)、基坑的等效半径、降水井过滤器工作长度、水跃值、沉砂管长度等。

降水水位预测计算是降水设计的核心工作。管井降水水位预测计算, 一般采用完整井公式, 计算较简单, 使用方便, 也比较成熟, 已广泛用于实践。

预测基坑中心水位降低值计算公式为:

$$S = H - \sqrt{H^2 - \frac{Q}{1.366 K} \left[\lg R_0 - \frac{1}{n} \lg(r_1 \cdot r_2 \dots r_n) \right]}$$

1.5 降水对工程环境影响的预测与防治

在降水施工区及邻近有建筑物、构筑物 and 地下管线时, 由于地下水位降低, 土颗粒承受有效应力增大, 产生固结, 从而引起周围地面沉降, 造成建(构)筑物开裂、位移、沉降变形。因此, 必须进行地基土固结引起的附加沉降计算, 当超出有关标准或允许范围时, 应采取有效的工程措施。这方面我们有多项成功的经验和失败的教训。

如: 邯郸热电厂翻车机室基坑开挖深度 14.5 m, 开挖面积 $57.5 \text{ m} \times 45 \text{ m} = 2588 \text{ m}^2$, 地下水位埋深 1.5 m。基坑东侧一墙之隔, 是苏曹小学教学楼, 东西长 120 m, 宽 13.8 m, 条形基础砖砌结构二层楼。距翻车机室降水井点仅 28 m, 距 2 号转运站降水井仅 22.0 m, 当翻车机室基坑中心水位下降到 15.5 m 时, 疏干漏斗的影响半径达 230 m, 预测教学楼各点地下水位降深值及附加沉降变形量如表 1。

在 1, 2 号转运站同时降水时, 将形成一个巨大的不规则疏干区, 使降落漏斗在此处产生叠加效应, 教学楼西侧的水位降深可达 9.16 m 以上, 地面产生不均匀沉降, 教学楼的结构将受到影响。

表 1 教学楼地下水位降深值及附加沉降变形量

预测点	教学楼西侧	距西侧 20 m	距西侧 70 m	教学楼东侧
距井点距离/ m	30	50	100	150
水位降深值/ m	8.39 (9.16)	6.95	3.51	1.77
附加沉降量/ m	0.141 (0.168)	0.097	0.025	0.006

经对教学楼进行沉降预测后, 决定采用深层水泥搅拌桩隔水半帷幕和人工回灌地下水防治措施(见图 1), 保证了建筑物的安全, 取得了很好的社会效益和经济效益。

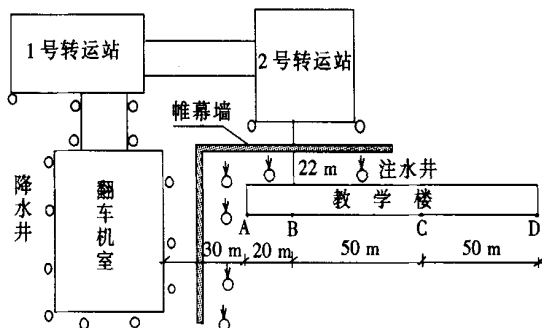


图 1 邯郸热电厂基坑降水附近教学楼防降措施

又如, 衡水电厂循环水泵房基坑降水, 降水井距在建水塔基础仅 7.0 m, 在降水过程中, 水塔靠近基坑侧基础产生了不均匀沉降, 引起了建设方的高度重视, 采取了控制水井降水变幅、对部分降水井实行间歇性抽水、加快基坑开挖和泵房施工速度等措施, 有效地控制了沉降的发展。上述经验告诉我们, 合理安排施工顺序也是降水工程质量管理的重要技术措施。

2 “等待大井法”存在的缺陷

在施工降水设计中, 由于建筑平面日趋复杂, 基坑开挖深度越来越深, 降水所涉及到的含水层的渗透性变化也越来越大, 因此, “等待大井法”的缺陷也日益明显, 主要有以下几个方面:

2.1 在建筑平面日趋复杂的情况下, 以建筑平面的几何质心为圆心, 用面积相等原则或用平面长宽比系数 n 确定的 r_0 为半径得到的“假想大井”的覆盖范围与实际情况有时相差甚远。

2.2 在当前深基坑开挖降水工程中, 人们关心的不仅是基槽内的地下水是否能够疏干, 更关心降低地下水位对相邻建筑物的影响, 包括对拟建建筑物的附加沉降和不均匀沉降的分析, 进行由此造成对周围建筑地基安全性的评估。而“等待大井法”不能提供准确的分析和安全性评估。(下转第 56 页)

应用于锅炉受热面上。它是一种气动装置,能产生低频、高能声波。当压缩气体进入发声腔内,使合金振动片依靠自身的弹性和发声腔前后腔内压力(气体)的交错变换,使合金膜振动片振动,产生高强度、低频声波。低频、高强度声波通过喇叭的声阻抗匹配辐射到运行中的锅炉体内或粉仓内部的空间区域,使粉尘沉积物在声波作用下产生振荡,脱离其附着表面,处于悬浮流化状态;然后,在重力或气流作用下被带走。

ZHK-300 型声波清灰器频率为 200 Hz,声功率达到 1 740 W。现场试验结果表明,该声波清灰器对清除粉仓积粉有明显的效果。

3 声波清灰器的安装及使用情况

2001 年 8 月~2002 年 5 月,扬子热电厂分别对 2,6 号锅炉进行了大修。大修期间,在这 2 台炉的粉仓上,各安装了 2 台 ZHK-300 型声波清灰器,气源选用氮气,压力为 0.5 MPa。2 台声波清灰器在煤粉仓进行降粉时工作,对粉仓内壁积粉处、内部结块等处用低频高能声波振荡,使煤粉均匀化并循序下降。2,6 号炉粉仓声波清灰器于 2002 年 7 月 15 日正式

投用,为了检验这 2 台炉清灰器的清灰效果,从 8 月 22 日起,进行了为期 10 天的试验,试验期间,2 台炉均按额定负荷运行,8 台给粉机正常投运,试验结果详见表 1。

从表 1 可知,声波清灰器投用后,粉仓温度全部控制在 80℃ 以下,较原 95℃ 左右降低了 15℃ 以上;粉位差均在 0.7 m 以下,较原 2~2.5 m 减小了 1.3~1.8 m,成功地解决了粉仓温度高、煤粉自燃、煤粉结拱、粉位不均问题,达到了预期的效果。

4 安装声波清灰器的经济效益

2,6 号炉粉仓安装了声波清灰器,投入运行后,粉仓内部煤粉的质量得到了保证,明显减少了降粉次数。原来每台锅炉粉仓平均 3 天需要降 1 次粉,降粉期间为稳定燃烧,需投用 2 支油枪 2 h 左右,每支油枪喷油流量约 0.5 t/h。而现在每炉 10 天才降 1 次粉,平均每 10 天减少 2 次降粉,1 年可节油 78 t,按每 t 油 2 000 元计算,1 年可降低生产成本 15.6 万元。

5 结论

5.1 实践证明,声波清灰器清理粉仓内部的积粉是可行的,解决了粉仓温度高和粉位不均的问题,正确选好声波清灰器的工作频率,能使清理粉仓积粉干净、彻底。

5.2 锅炉粉仓安装声波清灰器后,保证了粉仓安全运行、降低了生产成本、取得了明显的经济效益。

5.3 在安装声波清灰器时,要解决制粉系统的漏风问题。

(责任编辑:王萃志)

表 1 声波清灰器试验数据

试验日期	2 号锅炉			6 号锅炉		
	粉仓温度 (甲侧/ 乙侧)	粉位/m (甲侧/ 乙侧)	粉位差 /m	粉仓温度 (甲侧/ 乙侧)	粉位/m (甲侧/ 乙侧)	粉位差 /m
8 月 22 日	79/73	2.8/3.5	0.7	70/68	3.1/3.2	0.1
8 月 23 日	76/73	2.7/3.3	0.6	70/68	3.0/3.2	0.2
8 月 26 日	78/71	3.5/4.0	0.5	69/68	2.5/2.3	0.2
8 月 28 日	79/71	3.3/3.8	0.5	70/69	3.3/3.2	0.1
9 月 2 日	78/73	3.3/3.7	0.4	71/68	3.5/3.3	0.2
9 月 3 日	76/71	3.6/3.9	0.3	70/68	3.7/3.6	0.1

(上接第 26 页)

2.3 在“等待大井法”计算中,对具有不同渗透系数 $K_1, K_2, \dots, K_n$ 的多层土组合成的含水层,其渗流特性用一个综合的渗透系数代表,由此而得出的降深曲线自然是一条平滑的曲线,这和实际情况有一定出入。

入。用此降深曲线进行基础附加沉降分析会造成较大的误差。

总之,在建筑密集区进行基坑降水,其对周围环境、建筑物的影响,将成为降水设计和实施成败的关键。

(责任编辑:李连成)

(上接第 29 页)可见,8-9 和 1-2 支路的两端相角差,随着故障时间的延长,而趋向无限大。因此,系统在由 8-9 和 1-2 支路所构成的割集上将网络分为 2 部分,即将系统中的发电机分为 2 群。

4 结论

本文在电力系统保持原有结构模型的基础上,

通过对系统故障后网络中的暂态能量分布的讨论,提出了新的识别输电网薄弱环节的方法,该方法主要从输电线路脆弱性指标排序识别出 1 个临界割集,从而实现对网络中最脆弱输电环节的识别。该方法计算简单、方便,对电网规划调度等工作有帮助。

(责任编辑:李连成)