

3000 m 深井钻机并车箱热平衡分析

杜 绪¹, 王建兴¹, 许刘万², 张西坤³

(1. 河北省地矿局探矿技术研究院, 河北 三河 065201; 2. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 3. 河北建设勘察研究院有限公司钻探机械厂, 河北 石家庄 050031)

摘要:介绍了3000 m深井钻机并车箱的设计和热平衡分析计算,根据计算结果,确定了外置强制冷却的方案和具体实施细节,结合工程实例和公式计算,设计了并车箱热平衡计算程序。

关键词:深井钻机;并车箱;热平衡分析

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2011)03-0050-04

Heat Balance Analysis on Dynamic Parallel Connection of Deep Well Drilling Rig/DU Xu¹, WANG Jian-xing¹, XU Liu-wan², ZHANG Xi-kun³ (1. The Institute of Exploration Technology, Hebei Provincial Bureau of Geo-exploration and Mineral Development, Sanhe Hebei 065201, China; 2. The Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China; 3. Drilling Machinery Factory of Hebei Construction Exploring Institute Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050031, China)

Abstract: The paper introduced the drilling rig for 3000 m deep well about the design of dynamic parallel connection and the analysis calculation of heat balance. Based on the calculation result, exposition forced cooling scheme and specific application methods were determined; and according to the engineering case and formula calculation, the calculation program of heat balance of dynamic parallel connection was designed.

Key words: deep well drilling rig; dynamic parallel connection; heat balance analysis

1 概述

全球变暖、温室效应和因气候变化引发大灾害性事件频发的现实,使得世界各国都积极发展绿色低碳、清洁安全、可再生能源。与传统的煤炭、石油和天然气等不可再生能源比,地热资源是地球内部的长寿命放射性同位素热核反应产生的热能,具有清洁、环保、可再生、分布广泛和不受外界条件影响的优势。地热井和深水井的钻探开发是坚持科学发展观和保持能源资源可持续发展的必然选择,受到广泛关注和运用。

地热深井钻机的施工条件一般都是有电力供应的,根据这一特点,我们设计了ZJ30/1700J型3000 m深井钻机,钻机动力采用交流电驱动并车结合柴油机并车机构。由两台电机经过气胎离合器后传入并车箱,通过并车箱将动力合并后,再通过联动与柴油机并车,形成完整的动力机组。在浅层施工时,由一个电机单独驱动,深层两个电机同时并车驱动,两个电机并车还是力量不足时,有柴油机继续并车辅助,满足深孔钻进的需要。动力特性好,适应范围

广,同时做到了充分的节能,降低施工消耗,节约成本,也使钻机能力得到充分发挥。

钻机是连续工作的,两电机的并车箱也是连续工作的,受到安装位置和空间的限制,并车箱不可能做得体积足够大,但并车箱的传动功率大、传动效率低、散热面积小,在工作时会产生大量的热,如果散热条件不足,会造成并车箱油温过高,甚至形成喷油、冒烟现象,箱体密封不住而到处漏油,更容易引起润滑失效并导致轴承抱死或齿面胶合,所以对并车箱要进行热平衡计算,并采取相应的冷却降温措施。这对于做好并车箱的正确设计、冷却方案的准确选择和并车箱的合理使用具有重要意义。

2 并车箱的温度分析

在并车箱开始运行时,传动副所产生的热量一部分用来传给润滑油和箱体,油温和箱体的温度逐渐升高,另一部分通过箱体散热散发到周围介质中去。

在并车箱连续工作的过程中,传动副所产生的热量全部通过箱体和润滑油散发到周围介质,温升

收稿日期:2011-01-22

作者简介:杜绪(1982-),男(汉族),河北廊坊人,河北省地矿局探矿技术研究院,探矿工程专业,从事探矿科研、生产等工作,河北省三河市燕郊;王建兴(1974-),男(汉族),河北三河人,河北省地矿局探矿技术研究院高级工程师,探矿工程专业,从事钻探机具研制、工艺研究及生产施工工作,wjx2005188@sina.com;张西坤(1968-),男(汉族),河北安平人,河北建设勘察研究院有限公司钻探机械厂教授级高级工程师,机械工程专业,工程硕士,从事石油开发、水文水井、岩土工程、地质找矿、工程勘察、旋挖施工等钻探设备的研制开发和技术管理工作,河北省石家庄市和平东路381号,hbjkx@sina.com。

曲线趋于平缓,这时发热量和散热量相等,并车箱的温度达到稳定值,这是一种热平衡的状态(见图1)。但是这种热平衡状态是可能条件所不允许的,它就不是理想状态。

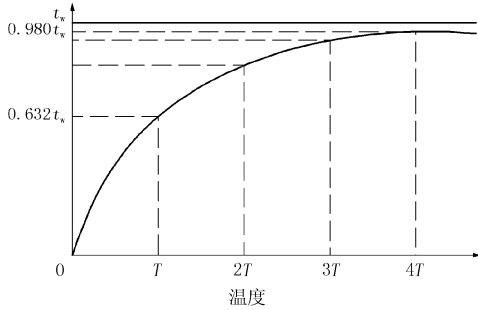


图1 并车箱温度上升过程分析

2.1 并车箱参数

ZJ30/1700J 型钻机配套交流电驱动并车结合柴油机并车机构的动力系统。由 Y315L1 - 4 (160 kW) 和 Y315L2 - 4(185 kW) 两台交流电机并车(见

图2、图3)再与 12V135 - 212 kW(或 WD258K22 - 242 kW)柴油机并车联合驱动。

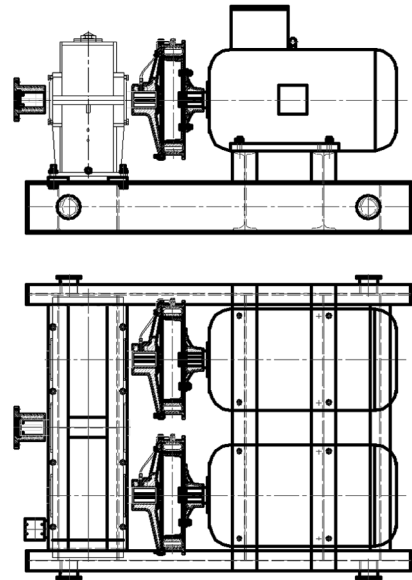


图2 ZJ30/1700J 型深井钻机动力系统总成

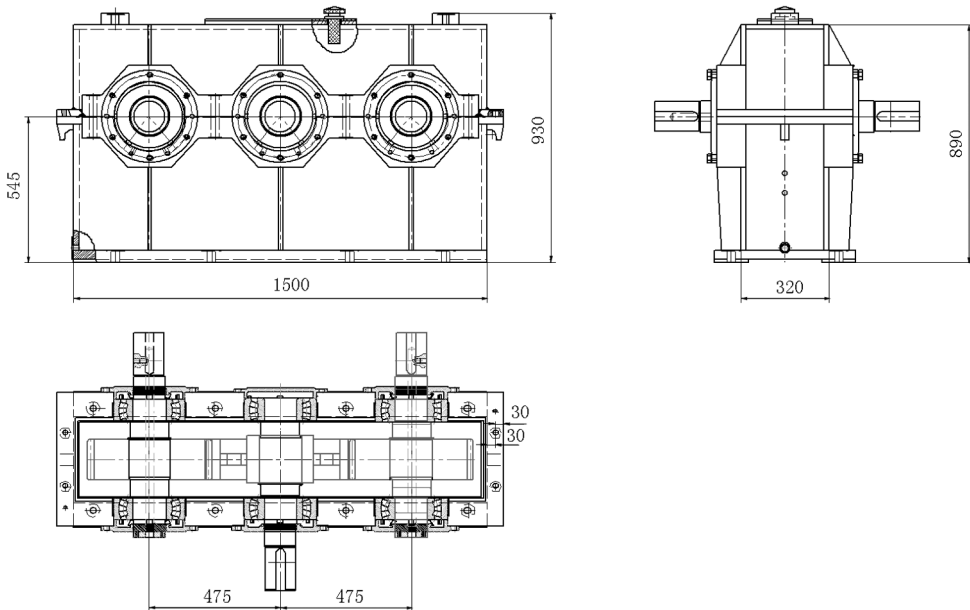


图3 ZJ30/1700J 型深井钻机并车箱结构示意图

ZJ30/1700J 型钻机并车箱参数如下:

- (1) 输入功率: $P = P_1 + P_2 = 185 + 160 = 345 \text{ kW}$
- (2) 散热计算面积(箱底散热面积不好,按 0.5 系数考虑):

$$\begin{aligned}
 S &= (1.5lw + 2lh + 2wh) \times 10^{-6} \\
 &= (1.5 \times 1500 \times 320 + 2 \times 1500 \times 890 + 2 \times 320 \times 890) \times 10^{-6} \\
 &= 3.96 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

(3) 效率:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3$$

$$\begin{aligned}
 &= (1 - 0.01f\Delta n)(1 - \psi_2) \left(1 - \frac{0.75vb \sqrt{v v_1 \frac{200}{z_1 + z_2}}}{10^5 P}\right) \\
 &= (1 - 0.01 \times 0.1 \times 14)(1 - 0.005) \left(1 - \frac{0.75 \times 33.8 \times 150 \sqrt{33.8 \times 120 \times 10^{-6} \times \frac{200}{43 + 52}}}{10^5 \times 345}\right) \\
 &= 0.98
 \end{aligned}$$

(4) 传热系数: $K = 17 \text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{°C})$

(5) 油温的最大许用值: $\theta_{V_{\max}} = 70 \text{ °C}$

(6) 周围空气的温度: $\theta_0 = 35\text{ }^\circ\text{C}$

2.2 并车箱热平衡分析

达到热平衡时传动的发热速率应和箱体的散热速率相等,即:

$$Q_1 = 1000(1 - \eta)P = Q_{2\max} = KS(\theta_{Y\max} - \theta_0)$$

并车箱连续工作中产生的热量:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1000(1 - \eta)P \\ &= 1000 \times (1 - 0.98) \times 345 \\ &= 6900\text{ J} \end{aligned}$$

并车箱箱体表面传出的最大热量:

$$\begin{aligned} Q_{2\max} &= KS(\theta_{Y\max} - \theta_0) \\ &= 17 \times 3.96 \times (70 - 35) \\ &= 2356.2\text{ J} \end{aligned}$$

$Q_1 > Q_{2\max}$, 说明箱体连续工作产生的热量不能被全部散发掉, 如果没有相应的措施, 并车箱温度将达到 $137.5\text{ }^\circ\text{C}$, 这样的平衡状态是条件所不允许的, 必须增加并车箱的散热能力。

2.3 增加散热能力的方法

(1) 在箱体外壳外面增加散热片以增加散热面积 S ;

(2) 在传动装置的传动轴上装设风扇进行人工通风, 以提高散热系数 K (见图 4);

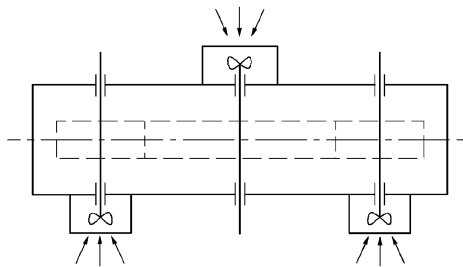


图 4 风扇吹风冷却方案

(3) 在传动装置的油池中安装蛇形冷却水管 (见图 5);

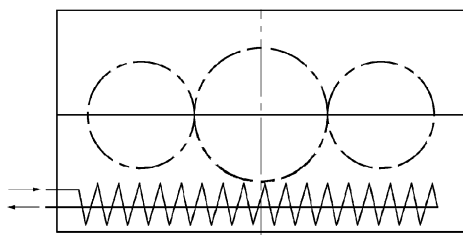


图 5 冷却水管冷却方案

(4) 增加外置冷却器, 采用压力喷油循环润滑冷却的方法 (见图 6)。

2.4 冷却方案的选择

在这 4 种冷却方法中, 结合并车箱的实际情况,

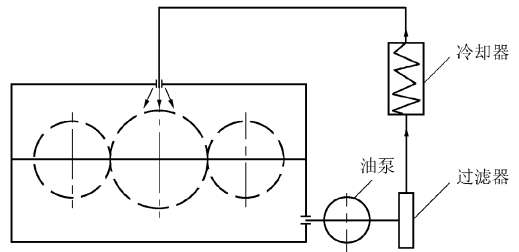


图 6 润滑油循环冷却

我们决定选择冷却水管冷却方案比较现实并且有效。具体计算公式为:

$$\begin{aligned} Q_1 &= 1000(1 - \eta)P \\ &= Q_{2\max} + K'S_g(\theta_{Y\max} - \frac{\theta_{1s} + \theta_{2s}}{2}) \\ &= KS(\theta_{Y\max} - \theta_0) + K'S_g(\theta_{Y\max} - \frac{\theta_{1s} + \theta_{2s}}{2}) \end{aligned}$$

式中: K' ——紫铜管或黄铜管蛇形管的传热系数, $K' = 175\text{ J}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$; θ_{1s} ——蛇形管的出水温度, $\theta_{1s} = 50\text{ }^\circ\text{C}$; θ_{2s} ——蛇形管的进水温度, $\theta_{2s} = 45\text{ }^\circ\text{C}$ 。

即为: $1000 \times (1 - 0.98) \times 345 = 17 \times 3.96 \times (70 - 35) + 175S_g[70 - (50 + 45)/2]$ 。

计算得蛇形管的外表面积 $S_g = 1.154\text{ m}^2$ 。

选用 $\text{ } \varnothing 20\text{ mm} \times 1.5\text{ mm}$ 的铜质蛇形管, 由公式 $S_g = \pi DL$, 可得: $1.154 = 3.14 \times 20 \times L$ 。

进而求得蛇形管的长度为 $L = 18.38\text{ m}$

也就是说在输入功率为 345 kW 、并车箱外型尺寸长 \times 宽 \times 高 = $1500\text{ mm} \times 320\text{ mm} \times 890\text{ mm}$ 、环境温度为 $35\text{ }^\circ\text{C}$ 、如果不加外置冷却系统的热平衡温度为 $137.5\text{ }^\circ\text{C}$ 、加外置冷却系统, 用额定排量为 $1\text{ m}^3/\text{h}$ 的水泵强制冷却, 进水温度 $45\text{ }^\circ\text{C}$, 出水温度 $50\text{ }^\circ\text{C}$, 要保持并车箱温度控制在 $70\text{ }^\circ\text{C}$ 以下, 蛇形管的展开长度需要 18.38 m , 加工成蛇形结构, 安装固定在并车箱内。

2.5 冷却效果

设计的 ZJ30/1700J 型钻机在保定工地使用, 在没有加外置水冷时并车箱发热严重, 到处漏油冒烟, 甚至达到喷油状态, 按照以上分析, 采取了外置水冷措施后, 温度降低到 $65\text{ }^\circ\text{C}$, 使用正常良好, 验证了上述计算分析的合理性, 解决了施工生产急需。

3 并车箱热平衡计算程序设计

根据以上的计算过程, 用 Excel 可以设计成并车箱热平衡计算程序, 只要输入电机功率和箱体外型尺寸等基本参数, 就可以对其热平衡进行分析计算, 马上可以推算出不用外置冷却的油温、需要水冷

却方案的蛇形管设计尺寸等,是指导并车箱的设计 方便使用工具(见图 7)。



图 7 并车箱热平衡计算程序编制

4 结论

(1)并车箱连续工作,运转时间长,功率负荷大,散热面积小,必须进行热平衡计算,并针对计算结果设计必要的外置强制冷却方案,以达到合理的平衡稳定工作温度。

(2)外置强制冷却的多种方案中,在 ZJ30/1700J 型钻机等钻探设备上使用循环水冷却是较为合理经济有效的一种方案,铜质蛇形管的设计也是实施外置冷却的必要方面。

(3)针对并车箱及冷却系统的设计,编制简单实用的计算程序,能对多种变化的并车箱设计提供很大的方便。

(4)地热能等的深井钻探是非常有前途的行业,建议加大研究力度,促进这一行业健康快速发展。

参考文献:

- [1] 李纪仁. 蜗杆减速器的发热过程分析[J]. 武汉水利电力学院学报, 1990, 23(02-03): 120-125.
- [2] 成大先. 机械设计手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 江耕华. 机械传动设计手册[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1983. 611.
- [4] 许刘万. 水文水井钻探工艺及设备的发展情况[J]. 地质与勘探, 2000, (7): 86-88.
- [5] 许刘万. 中国水文水井钻探技术及装备应用现状[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2007, 34(1): 33-38.
- [6] 孟庆鑫, 叶华武. 蜗杆减速器的有效散热面积计算方法的探讨[J]. 机械设计, 1986, (6): 12-15.
- [7] 卢予北. 可再生能源的新成员[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(4): 1-4.
- [8] 孙艺伟. 地热资源的利用及其面临的若干问题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2010, 37(10): 44-47.

汶川地震科钻中心召开钻井事故预防与处理专家咨询会

本刊讯 为做好汶川地震断裂带科学钻探项目钻井事故预防工作,提高事故处理技术水平,2011年3月14日,汶川地震断裂带科学钻探(WFSD)工程中心在成都组织召开了“钻井事故预防与处理技术问题专家咨询会”。中国地质调查局党组成员、副局长,汶川地震科学钻探工程中心主任王学龙出席会议。中国地质科学院探矿工艺研究所所长、WFSD工程中心副主任胡时友主持会议。中石化西南石油局、中国地质科学院勘探技术研究所、北京探矿工程研究所、成都理工大学、中国地质学会探矿工程专业委员会、《探矿工程(岩土钻掘工程)》杂志有关专家参加了会议。

王学龙副局长首先就各位专家对项目的关心和支持表示感谢,由于汶川科钻项目主要任务是在汶川大地震和复发微地震的源区实施科学钻探,钻孔都位于断裂带上,钻遇的地层破碎严重,取心困难,已完成和正在实施的四口井都出现了钻井事故,严重影响了工程

进度,他希望各位专家能提出宝贵意见,提高钻井效率,减少及预防事故发生。

WFSD总工程师张伟教授首先介绍了科钻项目钻探施工进度总体情况;随后WFSD钻井工程部副主任樊腊生教授,副总工程师、钻井工程部主任贾军教授,赵远刚工程师,安徽省地勘局313地质队项目副经理漆学忠高工等分别介绍了一号孔、二号孔、三号先导孔和三号孔事故及处理情况。在听取了各孔钻遇的事故及处理情况介绍后,与会专家就钻井事故的预防和处理技术问题进行了充分讨论。提出了改变泥浆体系、增强泥浆封堵性能、规范操作程序、加强技术管理等一系列预防及处理技术问题的建议。

在听取了专家们的建议后,王学龙副局长要求各有关单位要把预防事故作为首要任务抓实抓好,在施工过程中进一步规范钻探施工操作程序,提高钻进效率,实现安全生产。