

矿山井架设计标准

Standard for design of the mine headframes

2018 – 01 – 16 发布

2018 – 09 – 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

矿山井架设计标准

Standard for design of the mine headframes

GB 50385 - 2018

主编部门：中 国 煤 炭 建 设 协 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 8 年 9 月 1 日

中国计划出版社

2018 北 京

中华人民共和国国家标准

矿山井架设计标准

GB 50385-2018

☆

中国计划出版社出版发行

网址: www.jhpress.com

地址: 北京市西城区木樨地北里甲11号国宏大厦C座3层

邮政编码: 100038 电话: (010) 63906433 (发行部)

北京市科星印刷有限责任公司印刷

850mm×1168mm 1/32 2.5 印张 60 千字

2018 年 6 月第 1 版 2018 年 6 月第 1 次印刷

☆

统一书号: 155182·0247

定价: 15.00 元

版权所有 侵权必究

侵权举报电话: (010) 63906404

如有印装质量问题, 请寄本社出版部调换

中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 1817 号

住房城乡建设部关于发布国家标准 《矿山井架设计标准》的公告

现批准《矿山井架设计标准》为国家标准,编号为 GB 50385—2018,自 2018 年 9 月 1 日起实施。其中,第 1.0.4、1.0.5、4.2.1、4.2.2、4.2.4、5.1.7、5.3.2 条为强制性条文,必须严格执行。原国家标准《矿山井架设计规范》GB 50385—2006 同时废止。

本标准在住房城乡建设部门户网站(www.mohurd.gov.cn)公开,并由住房城乡建设部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2018 年 1 月 16 日

前 言

本标准是根据住房城乡建设部《关于印发〈2015 年工程建设标准规范制订、修订计划〉的通知》(建标〔2014〕189 号)的要求,由中国煤炭建设协会组织,中煤邯郸设计工程有限责任公司会同有关单位,在对原国家标准《矿山井架设计规范》GB 500385—2006 进行修订的基础上完成。

本标准在修订过程中,编制组进行了广泛的调查,对井架的使用情况和存在的问题进行了分析、研究,广泛征求设计、施工、生产、科研和教学等单位的意见,并借鉴了国外有关资料,经反复修改,最后由中国煤炭建设协会组织审查定稿。

本标准共分 7 章,主要内容包括:总则、术语和符号、布置与选型、荷载、计算、构造、抗震设计。

本次修订的主要内容:

1. 补充了井架抗震设计的内容。
2. 修订了钢井架结构自重估算公式的结构自重系数。

本标准中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本标准由住房城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国煤炭建设协会负责日常管理,中煤邯郸设计工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。

本标准在执行过程中,请各单位结合工程实践认真总结经验,注意积累资料,随时将意见和建议寄至中煤邯郸设计工程有限责任公司《矿山井架设计标准》编制组(地址:河北省邯郸市滏河北大街 114 号,邮政编码:056031),以便今后修订时参考。

本标准的主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

主 编 单 位:中煤邯郸设计工程有限责任公司

参编单位:中煤西安设计工程有限责任公司

煤炭工业合肥设计研究院

中煤科工集团南京设计研究院有限公司

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司

煤炭工业济南设计研究院有限公司

煤炭工业太原设计研究院

中煤科工集团武汉设计研究院有限公司

中煤科工集团北京华宇工程有限公司

大地工程开发(集团)有限公司

山西约翰芬雷华能设计工程有限公司

清华大学建筑设计研究院有限公司

中赆国际工程股份有限公司

主要起草人:王宗祥 邵一谋 马中成 路中科 冯冠学

关家祥 赵书忠 王旭东 任爱国 李红波

胡光园 韩 猛 李胜利 柯文改 熊 辉

孙 祥 曲传凯 王振江 杨 巍 张 启

王 梅 叶海燕 周维娟 魏 武 蒋 涛

于鲁辉 刘跃生

主要审查人:郑 捷 王志杰 陈 宏 董继斌 李玉瑾

吴向东

目 次

1 总 则	(1)
2 术语和符号	(2)
2.1 术语	(2)
2.2 符号	(3)
3 布置与选型	(6)
3.1 布置原则	(6)
3.2 结构选型	(6)
3.3 竖向布置	(7)
3.4 平面布置	(8)
3.5 辅助构件	(9)
4 荷 载	(11)
4.1 荷载分类	(11)
4.2 荷载组合	(13)
5 计 算	(19)
5.1 一般规定	(19)
5.2 结构计算	(21)
5.3 地基基础	(22)
6 构 造	(24)
6.1 一般规定	(24)
6.2 节点与连接	(26)
6.3 基础	(27)
7 抗震设计	(28)
7.1 一般规定	(28)
7.2 抗震计算要点	(28)

7.3 抗震构造措施	(30)
本标准用词说明	(32)
引用标准名录	(33)
附:条文说明	(35)

Contents

1	General provisions	(1)
2	Terms and symbols	(2)
2.1	Terms	(2)
2.2	Symbols	(3)
3	Arrangement and type selection	(6)
3.1	Arrangement principles	(6)
3.2	Selection of structural	(6)
3.3	Arrangement of vertical	(7)
3.4	Arrangement of plane	(8)
3.5	Auxiliary components	(9)
4	Loads	(11)
4.1	Classification of loads	(11)
4.2	Combination of loads	(13)
5	Calculation	(19)
5.1	General requirements	(19)
5.2	Calculation of structural	(21)
5.3	Soils and foundation	(22)
6	Detailing	(24)
6.1	General requirements	(24)
6.2	Node and connection	(26)
6.3	Foundation	(27)
7	Seismic design	(28)
7.1	General requirements	(28)
7.2	Essentials of seismic calculation	(28)

7.3 Details of seismic design	(30)
Explanation of wording in this standard	(32)
List of quoted standards	(33)
Addition; Explanation of provisions	(35)

1 总 则

1.0.1 为规范矿山井架结构的设计原则和技术标准,使井架设计安全适用、技术先进、经济合理、保证质量,特制定本标准。

1.0.2 本标准适用于矿山立井钢结构和钢筋混凝土结构井架的设计。

1.0.3 井架设计的安全等级应为一级。

1.0.4 井架抗震设防类别应为乙类。

1.0.5 高度大于 30m 井架的基础设计等级应为甲级。

1.0.6 井架生产的火灾危险性类别应为丙类,结构的耐火等级应为二级。当井口房的承重构件及非承重外墙为不燃烧材料时,井架结构构件的耐火极限可降低到 0.25h。

1.0.7 井架设计应从实际出发,合理选择材料和结构方案,,积极推广新技术、新工艺,应方便制作、安装及维护。

1.0.8 井架设计除应符合本标准外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 井架 headframe

安装天轮及其他设备的构筑物。

2.1.2 凿井井架 sinking shaft headframe

开凿井筒时用以悬挂吊盘、风筒等凿井设备,提升矸石、下放材料的构筑物。

2.1.3 井架高度 headframe height

井颈顶面到井架最上面天轮轴中心之间的垂直距离。

2.1.4 井架总高度 total height of headframe

支承框架顶面至天轮起重架横梁顶面之间的垂直距离。

2.1.5 天轮 sheave wheel

设置在井架上部,承托提升钢丝绳的导向轮。

2.1.6 天轮平台 sheave wheel platform

井架上部安放天轮的平台。

2.1.7 立架 guideframe

固定罐道,对提升容器起导向作用的结构。

2.1.8 斜撑 backstay

承受提升荷载的主要承重结构。

2.1.9 支承框架 bearframe

支承井架立架的承重结构。

2.1.10 罐道 guide

提升容器在立井井筒及井架中上、下运行时的导向装置。

2.1.11 防撞梁 bumper beams

提升容器过卷后防止冲撞井架结构的构件。

2.1.12 托罐装置 kepgear

能将撞击防撞梁后下落高度不超过 0.5m 的容器托住的活动装置。

2.1.13 防坠器 safety catch

提升钢丝绳或连接装置断裂时,防止提升容器坠落的保护装置。

2.1.14 提升钢丝绳 hoisting rope

悬挂提升容器,传递提升动力的钢丝绳。

2.1.15 提升容器 hoisting conveyance

罐笼、箕斗、吊桶等的总称。

2.1.16 罐笼 cage

装载人员和矿车等的提升容器。

2.1.17 箕斗 skip

直接装载煤炭、矿石等的提升容器。

2.2 符 号

2.2.1 荷载和荷载效应

A_k ——偶然荷载的标准值;

C ——结构或构件达到正常使用要求的规定限值;

F_{EK} ——地震作用标准值;

G_k ——永久荷载的标准值;

M_G ——抗倾覆力矩;

M_Q ——倾覆力矩;

Q_k ——可变荷载的标准值;

R ——结构构件承载力的设计值;

S_{G_k} ——永久荷载标准值计算的荷载效应;

$S_{Q_{ik}}$ ——第 i 个可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应;

S_{L_k} ——提升工作荷载计算的效应;

S_{w_k} ——风荷载标准值计算的效应;

S_{GE} ——重力荷载代表值计算的效应;

$S_{A_{1k}}$ ——断绳荷载标准值 A_{1k} 的荷载效应；

$S_{A_{2k}}$ ——防坠制动荷载标准值 A_{2k} 计算的荷载效应；

S ——提升钢丝绳的张力、荷载或荷载效应组合的设计值；

$S_{\max}$ 、 $S_{\min}$ ——分别为提升钢丝绳的最大、最小静张力；

ω_k ——风荷载的标准值。

2.2.2 几何参数

a ——提升容器中心距；

b ——立架柱轴线至横梁内侧边缘的距离；

c ——容器与立架横梁之间的净距离；

d ——箕斗卸载时的外伸部分尺寸；

D ——天轮直径；

H ——井架总高度；

L_a 、 L_b ——立架柱轴线间的距离；

m_1 、 m_2 、 n ——容器外形尺寸；

δ ——钢丝绳中心线之间的夹角。

2.2.3 计算系数

f ——运行阻力系数；

φ ——挡风系数；

η ——凿井事故增大系数；

γ_0 ——结构重要性系数；

γ_G ——永久荷载或重力荷载的分项系数；

γ_L ——提升工作荷载分项系数；

γ_w ——风荷载的分项系数；

γ_{Eh} 、 γ_{EV} ——分别为水平、竖向地震作用的分项系数；

γ_{Q_i} ——第 i 个可变荷载的分项系数；

ψ_{C_i} ——第 i 个可变荷载的组合值系数；

ψ_{q_i} ——第 i 个可变荷载的准永久值系数。

2.2.4 其他

H_z ——钢丝绳张力的水平分力；

R_z ——钢丝绳张力的合力；

V_z ——钢丝绳张力的垂直分力；

X ——平行于 X 轴的力；

Y ——平行于 Y 轴的力；

Z ——平行于 Z 轴的力。

3 布置与选型

3.1 布置原则

3.1.1 井架布置应根据提升工艺、抗震设防烈度、环境条件、工程地质和加工安装等的要求并经技术经济比较后确定。

3.1.2 生产用井架宜兼作凿井用井架。

3.1.3 当井架采用井口附近预组装平移工艺或利用生产井架凿井时,应采用双斜撑式井架。

3.1.4 井架防雷设计应符合现行国家标准《建筑物防雷设计规范》GB 50057 的规定。

3.2 结构选型

3.2.1 井架包括立架、斜撑、起重架、天轮平台、支承框架和基础六部分。

3.2.2 常用的井架可采用下列型式:

- 1 单斜撑式钢井架;
- 2 双斜撑式钢井架;
- 3 四柱或筒体悬臂式钢筋混凝土井架;
- 4 六柱斜撑式钢筋混凝土井架;
- 5 钢筋混凝土立架和钢斜撑组合式井架。

3.2.3 井架型式的选择应符合下列原则:

- 1 满足生产工艺要求,结构简单,受力明确,传力简捷;
- 2 加工安装方便,占用井口时间短;
- 3 当选择钢筋混凝土结构时,井架高度不宜超过 25m;
- 4 适应矿井服务年限及使用环境。

3.3 竖向布置

3.3.1 井架高度分段尺寸(见图 3.3.1)应符合下列规定:

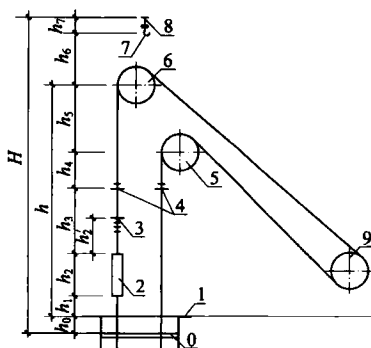


图 3.3.1 井架高度分段示意图

0—支承框架;1—井颈;2—容器;3—悬挂装置;4—防撞梁;
5—下天轮;6—上天轮;7—吊钩;8—横梁;9—提升机

1 井架高度 h 及总高度 H , 可按下列公式计算:

$$h = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 \quad (3.3.1-1)$$

$$H = h_0 + h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 + h_7 \quad (3.3.1-2)$$

式中: h_0 ——支承框架顶面至井颈顶面的高度(m);

h_1 ——罐笼提升时, 取值为零; 箕斗提升时, 可取井颈顶面至箕斗底的高度(m);

h_2 ——罐笼出车轨面或箕斗下盘底面至提升容器上盘顶面的高度(m);

h_3 ——提升容器上盘顶面至防撞梁底面的高度(m), 又称过卷高度, 过卷高度应由工艺确定;

h_4 ——防撞梁底面至下天轮轴中心的高度(m); 采用密闭井架时, 应包括密闭所需要的高度;

h_5 ——下天轮轴中心至上天轮轴中心的高度(m), 应由工艺

确定；单绳提升时，此高度为零；

h_6 ——上天轮轴中心至吊钩中心的高度(m)，应由工艺确定；

h_7 ——吊钩至天轮起重架横梁顶面的高度(m)。

2 防撞梁底面至下天轮轴中心的高度，可按下式校核：

$$h_4 \geq h'_2 + \frac{D}{2} \quad (3.3.1-3)$$

式中： h'_2 ——提升容器上盘顶面至悬挂装置上缘的高度；

D ——天轮直径。

3 当天轮直径大于或等于 2m 时，宜设安装、检修用的天轮起重架，起吊高度可按下式校核：

$$h_6 \geq \frac{D}{2} + 2m \quad (3.3.1-4)$$

3.3.2 立架节间高度及框口尺寸应满足工艺要求。

3.4 平面布置

3.4.1 立架平面尺寸 L_a 、 L_b 应由工艺确定，但不宜小于立架高度的 1/10(见图 3.4.1)。 L_a 、 L_b 宜按下列公式计算：

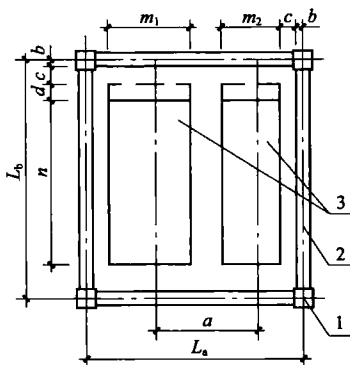


图 3.4.1 立架平面尺寸示意图

1—立架柱；2—横梁；3—容器

$$L_a \geq \frac{m_1 + m_2}{2} + a + 2b + 2c \quad (3.4.1-1)$$

$$L_b \geq n + d + 2b + 2c \quad (3.4.1-2)$$

式中: L_a 、 L_b ——立架柱轴线间的距离,宜取 100mm 模数进级;

m_1 、 m_2 、 n ——容器外形尺寸;

a ——提升容器中心距;

b ——立架柱轴线至横梁内侧边缘的距离;

c ——容器与立架横梁之间的净距离,当工艺无要求时,对刚性罐道,不应小于 150mm;对柔性罐道,不应小于 350mm;

d ——箕斗卸载时的外伸部分尺寸,由工艺确定,当工艺无要求时可取 0。

3.4.2 井架提升钢丝绳合力线应在立架与斜撑之间,合力线宜接近斜撑平面的中心线。

3.4.3 单斜撑式井架及双斜撑式井架,提升一侧的斜撑基础顶面中心线之间的水平距离不宜小于井架总高度的 1/3。

3.4.4 天轮平台上的通道净宽不应小于 700mm,提升钢丝绳与平台构件间的净距不应小于 100mm。

3.5 辅助构件

3.5.1 井架设计应满足防撞梁、防坠器、托罐装置、缓冲装置、罐道及罐道梁、卸载装置、四角罐道和安全门等各类辅助构件的安装和连接要求。

3.5.2 井架承受通风负压时,钢结构井架可用钢板密封,钢筋混凝土结构井架可用钢筋混凝土壁板或钢板密闭。

3.5.3 通往各平台的梯子,净宽不应小于 600mm,斜度不宜超过 60°;在特殊情况下,可采用宽度不小于 600mm 的直爬梯,并应装设防坠防护笼。通向天轮平台的梯子,不宜布置在接近提升钢丝绳的下方。

3.5.4 天轮平台、检修平台等处周边及梯子两侧应设置高 1.2m 钢栏杆,天轮周边应设活动栏杆,梯子踏步及平台板应采用防滑钢板。检修平台净高不宜低于 2.2m,平台周边临空面栏杆底部应设不小于 150mm 高的挡板。

4 荷 载

4.1 荷载分类

4.1.1 井架结构上的荷载,可分为下列三类:

1 永久荷载:结构自重、设备重和地基变形等;

2 可变荷载:提升工作荷载、钢丝绳罐道工作荷载、防坠钢丝绳工作荷载、平台活荷载、风荷载、起重架安装荷载、罐道梁工作荷载、凿井工作荷载和温度作用等;

3 偶然荷载:断绳荷载、防坠器制动荷载、过卷荷载、托罐荷载和地震作用等。

4.1.2 永久荷载标准值(G_k)应按下列方法确定:

1 结构自重标准值(G_{1k}),应按计算确定;

2 设备重标准值(G_{2k}),天轮、轴承、罐道、起重设备、卸载装置、防坠器、四角罐道和安全门等,应由工艺确定;

3 地基变形引起的作用(G_{3k}),可按实际情况计算确定。

4.1.3 可变荷载标准值(Q_k, ω_k)可按下列方法确定:

1 提升工作荷载标准值(Q_{1k}),当箕斗或罐笼上提时可按式(4.1.3-1)计算,当箕斗下放时可按式(4.1.3-2)计算,当罐笼下放时可按式(4.1.3-3)计算:

$$Q_{1k} = S_{\max} \left(1 + \frac{a_1}{g} + f \right) \quad (4.1.3-1)$$

$$Q_{1k} = S_{\min} \left(1 - \frac{a_1}{g} - f \right) \quad (4.1.3-2)$$

$$Q_{1k} = S_{\max} \left(1 - \frac{a_1}{g} - f \right) \quad (4.1.3-3)$$

式中: $S_{\max}$ 、 $S_{\min}$ ——分别为提升钢丝绳最大、最小静张力;

a_1 ——提升加速度;

g ——重力加速度；

f ——运行阻力系数，可取 0.1。

2 钢丝绳罐道工作荷载标准值(Q_{2k})，钢丝绳罐道自重及拉紧力标准值，应由工艺确定。

3 防坠钢丝绳工作荷载标准值(Q_{3k})，防坠钢丝绳自重及拉紧力标准值，应由工艺确定。

4 平台活荷载标准值(Q_{4k})，天轮平台、检修平台荷载标准值当工艺无特殊要求时，单绳提升可取 3.5kN/m^2 、多绳提升可取 5.0kN/m^2 、钢梯及其他休息平台可取 2.0kN/m^2 。

5 风荷载标准值(ω_k)，分纵向和横向，应按下式计算；

$$\omega_k = \varphi \beta_z \mu_s \mu_z \omega_0 \quad (4.1.3-4)$$

式中： φ ——挡风系数，对不封闭立架及起重架应取 0.6~0.7；当立架封闭时应取 1.0；

β_z ——风振系数，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定；

μ_s ——风荷载体型系数，应取 1.3；

μ_z ——风压高度变化系数，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定；

ω_0 ——基本风压，应符合现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 的规定或由当地气象资料确定，但不应小于 0.3kN/m^2 ，当井架高度大于 60m 时应乘以 1.1 的系数。

注：井架的纵向指提升方向，横向指垂直于提升方向。

6 起重架安装荷载标准值(Q_{zk})，应由工艺确定。

7 水平荷载、垂直荷载下，罐道梁工作荷载标准值(Q_{Hk} 、 Q_{Vk})，可按下列公式计算：

$$Q_{Hk} = \frac{1}{12} Q_{1k} \quad (4.1.3-5)$$

$$Q_{Nk} = \frac{1}{4} Q_{Hk} \quad (4.1.3-6)$$

8 凿井提升工作荷载标准值(Q_{Pk}),可按下列式计算:

$$Q_{Pk} = 1.3\eta P_Q \quad (4.1.3-7)$$

式中:1.3——动力系数;

η ——凿井事故增大系数,可取 1.5;

P_Q ——容器、载重及钢丝绳等总重。

4.1.4 偶然荷载标准值应按下列方法确定:

1 断绳荷载标准值(A_{1k}),应按下列规定确定:

1)单绳提升时,应一根为断绳荷载,另一根为两倍工作荷载;

2)多绳提升时,应一侧为所有钢丝绳的断绳荷载,另一侧为所有钢丝绳的 0.33 倍断绳荷载。

2 防坠器制动荷载标准值(A_{2k}),可按下列式计算:

$$A_{2k} = 3.0S_{\max} \quad (4.1.4-1)$$

3 防撞梁荷载标准值(A_{3k}),可按下列式计算:

$$A_{3k} = 4.0S_{\max} \quad (4.1.4-2)$$

4 缓冲装置荷载标准值(A_{4k}),可按下列式计算:

$$A_{4k} = 2.0S_{\max} \quad (4.1.4-3)$$

注:1 此处缓冲装置荷载标准值特指楔形罐道;

2 当采用新型缓冲装置时,应由工艺确定。

5 托罐荷载标准值(A_{5k}),可按下列式计算:

$$A_{5k} = 5.0S_{\max} \quad (4.1.4-4)$$

注:当采用新型托罐装置时,应由工艺确定。

6 地震作用标准值(F_{Ek}),应符合本标准第 7 章的规定。

4.2 荷载组合

4.2.1 井架应根据使用过程中在结构上可能同时出现的荷载,按承载能力极限状态和正常使用极限状态,分别进行荷载效应组合,并应取最不利的效应组合进行设计。

4.2.2 对于承载能力极限状态,应按荷载效应基本组合或偶然组合进行荷载效应组合,设计计算应符合下列规定:

1 工作荷载基本组合取值应满足下式要求:

$$\gamma_0 S \leq R \quad (4.2.2-1)$$

2 偶然组合取值应符合下列规定:

1) 断绳、防坠制动荷载组合取值应满足下式要求:

$$S \leq R \quad (4.2.2-2)$$

2) 地震作用组合取值应满足下式要求:

$$S \leq R/\gamma_{RE} \quad (4.2.2-3)$$

式中: γ_0 ——结构重要性系数, 应取 1.1;

S ——荷载效应组合的设计值;

R ——结构构件承载力的设计值;

γ_{RE} ——承载力抗震调整系数, 应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的规定。

4.2.3 对于提升工作荷载效应控制的基本组合, 荷载效应组合的设计值 S , 应按下式计算:

$$S = \gamma_G S_{G_k} + \gamma_{Q1} S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \gamma_{Qi} \psi_{Ci} S_{Q_{ik}} + \gamma_w S_{w_k} \quad (4.2.3)$$

式中: γ_G ——永久荷载的分项系数;

γ_{Qi} ——第 i 个可变荷载的分项系数, 其中 γ_{Q1} 为可变荷载 Q_1 的分项系数;

γ_w ——风荷载的分项系数;

S_{G_k} ——永久荷载标准值 G_k 计算的荷载效应;

$S_{Q_{ik}}$ ——可变荷载标准值 Q_{ik} 计算的荷载效应, 其中 $S_{Q_{1k}}$ 为诸可变荷载效应中起控制作用者;

S_{w_k} ——风荷载标准值 W_k 计算的荷载效应;

ψ_{Ci} ——第 i 个可变荷载 Q_i 的组合值系数;

n ——参与组合的可变荷载数。

注: 基本组合中的设计值仅适用于荷载与荷载效应为线性的情况。

4.2.4 对于偶然组合, 荷载效应组合的设计值 S , 应按下列规定取值:

1 断绳、防坠制动荷载效应控制的组合,应按下列式计算:

$$S = S_{G_k} + S_{A_{1k}} (S_{A_{2k}}) + \sum_{i=2}^n \psi_{C_i} S_{Q_{ik}} + \psi_w S_{W_k} \quad (4.2.4-1)$$

式中: $S_{A_{1k}}$ ——断绳荷载标准值 A_{1k} 的荷载效应;

$S_{A_{2k}}$ ——防坠制动荷载标准值 A_{2k} 计算的荷载效应。

注:断绳荷载 A_{1k} 与防坠制动荷载 A_{2k} 不同时出现。

2 地震作用效应控制的组合,应按下列式计算:

$$S = \gamma_G S_{GE} + \gamma_L S_{L_k} + \gamma_{Eh} S_{Ehk} + \gamma_{EV} S_{EVk} + \psi_w \gamma_w S_{W_k} \quad (4.2.4-2)$$

式中: γ_G ——重力荷载分项系数;

γ_L ——提升工作荷载分项系数;

γ_{Eh} 、 γ_{EV} ——分别为水平、竖向地震作用分项系数;

γ_w ——风荷载分项系数;

S_{GE} ——重力荷载代表值计算的效应;

S_{L_k} ——提升工作荷载计算的效应;

S_{Ehk} ——水平地震作用标准值计算的效应;

S_{EVk} ——竖向地震作用标准值计算的效应;

S_{W_k} ——风荷载标准值计算的效应;

ψ_w ——风荷载组合值系数,井架总高度小于或等于 60m 时应取 0;井架总高度大于 60m 时应取 0.2。

4.2.5 承载能力极限状态下,荷载效应组合的分项系数和组合值系数取值,应符合表 4.2.5 的规定。

表 4.2.5 井架荷载效应组合的分项系数和组合值系数

组合情况 \ 荷载种类	永久荷载	提升工作荷载	钢丝绳罐道荷载	防坠钢丝绳荷载	其他可变荷载	断绳荷载	防坠制动荷载	风荷载	备注
工作荷载	1.2	(1.0) 1.3	(1.0) 1.2	(1.0) 1.2	(1.0) 1.4	—	—	—	—
工作荷载及风荷载	1.2	(0.85) 1.3	(0.85) 1.2	(0.85) 1.2	(0.6) 1.4	—	—	(1.0) 1.4	—

续表 4.2.5

组合情况 \ 荷载种类	永久荷载	提升工作荷载	钢丝绳罐道荷载	防坠钢丝绳荷载	其他可变荷载	断绳荷载	防坠制动荷载	风荷载	备注
断绳荷载	1.0	—	(0.85) 1.0	(0.85) 1.0	(0.6) 1.0	1.0	—	—	—
断绳荷载及风荷载	1.0	—	(0.85) 1.0	(0.85) 1.0	(0.6) 1.0	1.0	—	(0.2) 1.0	用于井架总高度大于 60m
防坠制动荷载	1.0	—	(0.85) 1.0	(0.85) 1.0	(0.6) 1.0	—	1.0	—	—

注:1 括号中所列数字为组合值系数;

2 当竖向荷载效应(提升工作荷载不属于竖向荷载)对结构承载力有利时,相应分项系数应取 1.0。

4.2.6 承载力极限状态下,地震作用效应组合的分项系数和组合值系数取值,应符合表 4.2.6 的规定。

表 4.2.6 井架地震作用效应组合的分项系数和组合值系数

组合情况 \ 荷载种类	提升工作荷载	钢丝绳罐道荷载	防坠钢丝绳荷载	重力荷载	水平地震作用	竖向地震作用	风荷载	备注
水平地震作用	1.3	1.0	1.0	1.2	1.3	—	—	—
水平及竖向地震作用	1.3	1.0	1.0	1.2	1.3	0.5	—	用于 9 度设防
水平地震作用及风荷载	1.3	1.0	1.0	1.2	1.3	—	(0.2) 1.4	用于井架总高度大于 60m
水平及竖向地震作用及风荷载	1.3	1.0	1.0	1.2	1.3	0.5	(0.2) 1.4	用于 9 度设防井架总高度大于 60m

注:1 括号中所列数字为组合值系数;

2 当竖向荷载效应(提升工作荷载不属于竖向荷载)对结构承载力有利时,相应分项系数可取 1.0。

4.2.7 正常使用极限状态下,应根据不同的设计要求,采用荷载标准组合和准永久组合进行计算,其变形、裂缝的计算值,不应超过相应的规定限值,并应满足下式要求:

$$S \leq C \quad (4.2.7)$$

式中: C ——结构或构件达到正常使用要求的规定限值。

4.2.8 对于标准组合和准永久组合,荷载效应组合的设计值 S ,可按下列规定确定:

1 标准组合可按下式计算:

$$S = S_{G_k} + S_{Q_{1k}} + \sum_{i=2}^n \psi_{ci} S_{Q_{ik}} + \psi_w S_{Q_{wk}} \quad (4.2.8-1)$$

式中: ψ_{ci} ——第 i 个可变荷载 Q_i 的组合值系数。

2 准永久组合可按下式计算:

$$S = S_{G_k} + S_{Q_{1k}} + \sum_{i=1}^n \psi_{qi} S_{Q_{ik}} \quad (4.2.8-2)$$

式中: ψ_{qi} ——第 i 个可变荷载 Q_i 的准永久值系数。

4.2.9 正常使用极限状态下,荷载效应组合的组合值系数和准永久值系数取值,应符合表 4.2.9 的规定。

表 4.2.9 井架荷载效应组合的组合值系数和准永久值系数

组合情况 \ 荷载种类	永久荷载	提升工作荷载	钢丝绳罐道荷载	防坠钢丝绳荷载	其他可变荷载	断绳荷载	防坠制动荷载	风荷载	备注
工作荷载	1.0	1.0	(0.9) 0.8	(0.9) 0.8	(0.6) 0.8	—	—	—	—
工作荷载及风荷载	1.0	1.0	1.0	1.0	0.6	—	—	0.2	用于井架总高度大于 60m

注:括号中所列数字为准永久值系数。

4.2.10 起重架安装荷载、罐道梁工作荷载、凿井提升工作荷载、防撞梁荷载、缓冲装置荷载和托罐荷载的分项系数可取 1.3。

4.2.11 对设有两台提升机的井架,应只计算其中一台提升机断绳,另一台提升机应为正常工作。

5 计 算

5.1 一 般 规 定

5.1.1 井架结构应采用空间分析方法进行荷载效应计算。对布置规则的井架,也可将其简化为若干平面框架或桁架进行荷载效应计算,井架结构的荷载效应可按弹性理论分析。

5.1.2 井架结构应根据承载能力极限状态及正常使用极限状态的要求,分别按下列规定进行计算和验算:

1 所有结构及结构构件均应进行承载力及稳定计算,必要时应进行结构的倾覆及滑移验算;

2 使用上需要控制变形值的结构构件应进行变形验算;

3 钢筋混凝土构件应进行裂缝宽度验算。

5.1.3 结构及结构构件的承载力计算应采用荷载设计值;变形及裂缝宽度验算应采用相应的荷载标准值。

5.1.4 兼作凿井工作的井架应进行施工阶段凿井工作荷载的验算。

5.1.5 起重架安装荷载、罐道梁工作荷载可只对直接支承的构件及连接进行计算或验算。过卷荷载、托罐荷载可只对缓冲装置、防撞梁及托罐支承的构件及连接进行计算。

5.1.6 天轮支承结构及其支座梁工作荷载组合、支承框架工作荷载组合、起重架安装荷载计算时,应乘以动力系数,其值为1.3。

5.1.7 井架结构抗倾覆稳定计算应满足下式要求:

$$M_G/M_Q \geq 1.3 \quad (5.1.7)$$

式中: M_G ——抗倾覆力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$),分项系数应取0.9;

M_0 ——倾覆力矩($\text{kN} \cdot \text{m}$),按承载力极限状态下荷载效应的基本组合时,其分项系数应取 1.0;按偶然荷载效应组合时,其中断绳或防坠制动荷载值应取 50%,不计风荷载。

5.1.8 井架天轮轴中心处提升钢丝绳张力的合力 R_z 、水平分力 H_z 和垂直分力 V_z (见图 5.1.8),可按下列公式计算:

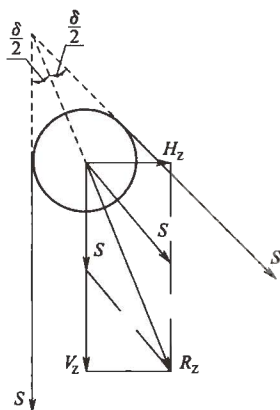


图 5.1.8 提升钢丝绳的张力示意图

$$R_z = 2S \cdot \cos \frac{\delta}{2} \quad (5.1.8-1)$$

$$H_z = S \cdot \sin \delta \quad (5.1.8-2)$$

$$V_z = S(1 + \cos \delta) \quad (5.1.8-3)$$

式中: S ——提升钢丝绳的张力(kN);

δ ——钢丝绳中心线之间的夹角($^\circ$)。

5.1.9 井架结构计算模型应符合下列规定:

1 单斜撑式钢井架其立架支座宜为刚接,斜撑支座宜为铰接,立架与斜撑之间单绳提升时宜为刚接,多绳提升时宜为铰接或刚接;

2 双斜撑式钢井架斜撑支座宜为铰接,悬臂式立架下部支座宜为刚接,上部宜为滑动支座;吊挂式立架下部宜为滑动支座,上部宜为刚接;

3 现浇钢筋混凝土井架立架、斜撑支座宜为刚接。

5.1.10 钢井架各构件计算长度系数可按下列要求取值,并应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定:

1 立架的立柱及桁架式斜撑柱平面内和平面外系数可取 1.0;

2 立架的腹杆、斜撑的腹杆平面内系数可取 0.8,平面外系数可取 1.0;

3 斜撑柱应根据梁柱刚度比计算。平面内系数可取 1.5~1.8;平面外系数可取 1.1~1.3。

5.1.11 井架在工作荷载效应组合时的水平变形值应控制在 $h/1000$ 以内。

5.2 结构计算

5.2.1 立架计算应符合下列规定:

1 单斜撑式钢井架的立架承担提升工作荷载,按空间桁架分析内力,也可简化为平面桁架进行内力计算;

2 双斜撑式钢井架的立架可为悬臂式或吊挂式,立架不承担提升工作荷载,可按悬臂式或吊挂式桁架进行计算。

5.2.2 钢井架立架更换容器的框口,其立柱应加强,加强构件上端延伸一个节间,简化为固定,下端为铰接,可按铰接框架计算;卸载框口的加强构件,上下端各延伸一个节间,可按闭合框架计算。

5.2.3 钢筋混凝土井架应按框架结构进行计算。

5.2.4 密闭井架承受风压的构件,应按工艺提供的通风机最大风

压值验算。

5.2.5 立架横梁应验算缓冲装置传来的垂直和水平荷载。

5.2.6 斜撑柱或斜撑桁架承担平面内及平面外两个方向的荷载，应按双向偏心受压、受扭计算其承载力和稳定性。

5.2.7 斜撑牛腿与立架顶部铰接式的井架，除应按一般连接计算外，还应验算局部承压强度和剪切强度。

5.3 地基基础

5.3.1 地基承载力和变形计算应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

5.3.2 井架基础抗滑移稳定性验算应满足下式要求：

$$\frac{\mu(G_{k0} + Z_k)}{\sqrt{X_k^2 + Y_k^2}} \geq 1.2 \quad (5.3.2)$$

式中： X_k 、 Y_k 、 Z_k ——斜撑柱对于基础斜顶面中心作用力 X 、 Y 、 Z 分量的标准值 (kN)；

G_{k0} ——基础自重和上覆土重的标准值，取 20kN/m^3 ；

μ ——斜撑基础底与地基土体间的摩擦系数，应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定。

5.3.3 地基及基础可不进行断绳、防坠制动荷载效应及地震作用效应组合的验算。

5.3.4 井架地基变形允许值应符合下列规定：

1 单斜撑式钢井架，斜撑基础之间的沉降差不宜大于 $0.001L$ ，最大沉降量不宜大于 80mm ；

2 双斜撑式钢井架，斜撑基础之间的沉降差不宜大于 $0.0005L$ ，最大沉降量不宜大于 80mm ；

3 钢筋混凝土井架，基础之间的沉降差不宜大于 $0.0015L$ 。

注： L 为相邻基础水平中心距。

5.3.5 基础设计应使斜撑柱中心线正交于基础斜顶面,并宜使斜撑柱的合力作用线与基础底面反力中心重合。

5.3.6 对地表下沉、冻胀土和液化土等地基上的井架,应采取结构构造和地基处理措施。

6 构造

6.1 一般规定

6.1.1 钢井架选用钢材等级应符合下列规定：

- 1 井架主要受力构件钢材不应选用 Q235 沸腾钢；
- 2 次要构件可采用 Q235 等级 A 的碳素结构钢。

6.1.2 钢井架主要受力构件材料规格应符合下列规定：

- 1 天轮支承结构、托罐梁、防撞梁、立架柱、斜撑柱等，钢板最小厚度不宜小于 8mm；加劲肋钢板厚度可用 6mm；
- 2 立架支承框架钢板厚度不应小于 12mm；
- 3 型钢杆件最小截面：角钢截面不应小于 $L\ 63\times 6$ 、工字钢截面不应小于 I14、槽钢截面不应小于 $[12.6$ ，H 型钢高度不应小于 150mm，钢管截面不应小于 $\phi 48\times 3.5$ ；
- 4 节点板厚度不宜小于 8mm。

6.1.3 钢井架构件外表面钢材应喷砂或抛丸除锈、喷漆。钢井架钢材的防锈和防腐蚀采用的涂料、钢材表面的除锈等级以及防腐蚀对钢结构的构造要求等，应符合现行国家标准《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046 和《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T 8923 的有关规定。设计文件中应注明钢材除锈等级和采用涂料及涂层厚度。

6.1.4 钢井架在构造上应避免出现难以检查、清刷和涂漆之处。闭口截面构件应沿全长和端部焊接封闭。

6.1.5 钢井架在使用过程中，使用单位应定期检测与维护。

6.1.6 钢井架各杆件的长细比限值应符合表 6.1.6 的规定。

表 6.1.6 钢井架杆件的长细比限值

构件类别	长 细 比
立架柱、斜撑柱、天轮支承结构的受压杆件	150

续表 6.1.6

构件类别	长 细 比
其他受压杆件	200
主要受拉杆件	250
次要受拉杆件	300

6.1.7 钢筋混凝土井架的混凝土强度等级不应低于 C30,混凝土的最小水泥用量不宜少于 $300\text{kg}/\text{m}^3$,最大水胶比不应大于 0.5。

6.1.8 钢筋混凝土井架混凝土保护层最小厚度,梁不应小于 30mm,柱不应小于 40mm;当设计使用年限大于 50 年时,梁、柱等构件的受力主筋混凝土保护层最小厚度,应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定。

6.1.9 钢筋混凝土井架柱的截面尺寸及纵向钢筋应符合下列规定:

- 1 柱的最小截面尺寸应符合表 6.1.9 的规定;

表 6.1.9 井架柱最小截面(mm)

结构型式		截面尺寸(纵向×横向)
四柱悬臂式		400×500
六柱斜撑式	立架	400×400
	斜撑	450×350

- 2 柱节间净高与截面高度之比宜大于 4;
- 3 柱截面长边与短边的边长比不宜大于 3;
- 4 柱的纵向钢筋每侧的配筋率不应小于 0.3%。

6.1.10 钢筋混凝土井架梁的截面尺寸应符合下列规定:

- 1 梁净跨与截面高度之比不宜小于 4;
- 2 梁截面高度与宽度之比不宜大于 4;
- 3 底层框架梁宜加梁腋,腋高不宜小于梁高的 $1/4$,坡度可取 1:3。

6.1.11 钢筋混凝土井架框架节点钢筋锚固长度,应接受拉锚固长度取值。

6.1.12 钢筋混凝土井架裂缝控制等级应为三级,最大裂缝宽度限值应为 0.2mm。

6.1.13 钢筋混凝土井架梁柱宜抹面或刷防碳化涂料。

6.1.14 严寒地区,井架天轮平台及提升钢丝绳宜采用封闭措施。

6.2 节点与连接

6.2.1 天轮轴座与井架连接处应有调整天轮水平和垂直位置的构造措施;天轮轴承支座前后应设阻挡块。

6.2.2 悬臂式立架其上部应有限制水平移动的滑动装置;吊挂式立架其下部应设防止摆动的滑动装置。

6.2.3 斜撑柱采用钢板焊接的箱形截面时,内部应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定设加劲肋,纵向可用角钢或钢板通长设置,横向可用钢板设置,且每节两端应用钢板封闭。

6.2.4 直接承受动力荷载构件的焊接和现场拼装焊接,应采用与钢材强度相适应的低氢碱性焊条;角焊缝的焊脚尺寸不应小于 $1.5\sqrt{t}$,且不应小于 6mm;重要部位焊缝质量等级不应低于二级。

注: t 为较厚焊件的厚度;当采用低氢碱性焊条施焊时, t 可采用较薄焊件的厚度。

6.2.5 钢井架主要受力构件宜采用高强螺栓连接,螺栓最小规格应为 M20;安装螺栓可采用普通 C 级,安装及次要构件连接螺栓可用 M16。

6.2.6 提升速度大于 3m/s 的井架必须设防撞梁和托罐装置,且防撞梁不得兼作他用。

6.2.7 防撞梁底面与箕斗或罐笼撞击的部位,应设截面不小于 200mm×200mm 的方木或橡胶缓冲垫,防撞梁应能挡住提升过卷的容器。

6.2.8 托罐装置必须能将撞击防撞梁后下落高度不超过 0.5m 的容器托住,托罐装置的托梁上在压力中心处,应设厚度不小于 25mm 的钢板承压垫。

6.2.9 钢结构井架斜撑与基础的连接应为铰接。

6.2.10 钢结构井架斜撑牛腿与立架顶部连接采用铰接时,宜采用弧形支座,支座可采用 45 号高强钢制作。

6.3 基 础

6.3.1 斜撑基础顶面宜留有安装千斤顶的位置。

6.3.2 斜撑基础顶面宜高出地坪 0.8m,并应留有二次浇灌层,厚度不应小于 100mm,基础埋置深度不宜小于 2.5m。

6.3.3 基础混凝土强度等级不应低于 C30,二次浇灌层如用细石混凝土,强度等级应高于基础混凝土强度等级。

6.3.4 井颈作为钢井架立架支座时,立架支承框架的主梁伸入井颈内边缘不应小于 400mm。

6.3.5 斜撑基础顶面宜配置不少于两层层距 100mm 的钢筋网,钢筋直径不应小于 8mm,间距不应大于 200mm。斜撑基础沿锥面四周宜配置一层钢筋网,钢筋直径不应小于 8mm,间距不应大于 300mm。

6.3.6 立架柱锚栓不应小于 M24,斜撑柱锚栓不应小于 M36。

6.3.7 井架斜撑基础应设置沉降变形观测点。

7 抗震设计

7.1 一般规定

7.1.1 抗震设防地区的钢井架、钢筋混凝土井架,应按本章规定进行抗震设计,并应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191的有关规定。

7.1.2 抗震设防烈度 8 度及以上地区的多绳提升井架宜采用双斜撑式钢井架。

7.1.3 井架的抗震等级应按表 7.1.3 确定。

表 7.1.3 井架的抗震等级

地震烈度	6 度	7 度	8 度	9 度
钢筋混凝土井架	三	二	二	一
小于或等于 50m 的钢井架	四	三	二	一
大于 50m 的钢井架	三	二	一	一

7.1.4 井架与相邻建筑结构之间应设防震缝。井架防震缝最小宽度应符合表 7.1.4 的规定。

表 7.1.4 井架防震缝最小宽度(mm)

结构型式	提升类型	6 度	7 度	8 度	9 度
钢筋混凝土结构	罐笼	$h_1/140(70)$	$h_1/140(70)$	$h_1/125(80)$	$h_1/90(110)$
	箕斗	$h_1/250(80)$	$h_1/200(90)$	$h_1/150(100)$	$h_1/100(140)$
钢结构	罐笼	$h_1/115(130)$	$h_1/115(130)$	$h_1/70(210)$	$h_1/40(370)$
	箕斗	$h_1/185(160)$	$h_1/185(160)$	$h_1/120(250)$	$h_1/70(430)$

注:1 表中括号内为防震缝最小宽度, h_1 为与井架相邻的建筑高度;

2 混合提升井架应按箕斗提升和罐笼提升计算取较大的防震缝宽度。

7.2 抗震计算要点

7.2.1 井架的抗震计算应进行多遇地震作用下的内力和变形分

析,可假定结构与构件处于弹性工作状态,内力和变形分析可采用线性静力或线性动力方法。

7.2.2 井架的抗震计算宜按多质点空间杆系模型,采用振型分解反应谱法。

7.2.3 四柱式钢筋混凝土井架可采用底部剪力法。

7.2.4 立架与斜撑不连接的双斜撑钢井架,应对斜撑和立架分别进行抗震计算。

7.2.5 抗震设防烈度 9 度且高度大于 60m 的钢井架,宜采用时程分析法进行多遇地震下的补充计算。

7.2.6 井架应按纵向横向两个主轴方向进行地震作用计算。符合下列条件之一的井架可不进行抗震验算,但应满足相应抗震措施要求:

1 抗震设防烈度 7 度、8 度时的四柱式钢筋混凝土井架的纵向水平地震作用;

2 抗震设防烈度 7 度时的六柱式钢筋混凝土井架的纵向水平地震作用;

3 抗震设防烈度 7 度时的钢井架。

7.2.7 钢筋混凝土井架的阻尼比可采用 0.05;钢井架多遇地震下的阻尼比可采用 0.03,罕遇地震下的阻尼比可采用 0.04。

7.2.8 计算地震作用时,井架的重力荷载代表值的选取应符合下列规定:

1 结构、天轮及其他设备、扶梯、固定在井架上的各种刚性罐道等,应取自重标准值的 100%;

2 各平台上的可变荷载,当按等效均布荷载计算时,应取标准值的 50%;当按实际情况计算时,应取标准值的 100%;

3 提升容器及物料、拉紧重锤及有关钢丝绳的重力荷载可不计。

7.2.9 采用振型分解反应谱法计算时,钢筋混凝土井架应取不少于 9 个振型,钢井架应取不少于 15 个振型。

7.2.10 抗震设防烈度为 9 度时,井架应计算竖向地震作用,竖向地震作用效应增大系数取 2.5,并应将其与水平地震作用进行组合。

7.2.11 钢井架斜撑基础的地脚螺栓应进行抗震验算。

7.3 抗震构造措施

7.3.1 抗震设防烈度为 8 度时,钢筋混凝土井架的混凝土强度等级不应高于 C70。

7.3.2 钢筋混凝土井架柱的最小截面尺寸应符合表 7.3.2 的规定。

表 7.3.2 井架柱最小截面尺寸(mm)

结构型式		截面尺寸(纵向×横向)
四柱悬臂式		400×600
六柱斜撑式	立架柱	400×400
	斜撑柱	500×350

7.3.3 钢筋混凝土井架底层柱箍筋加密区长度应取柱的全高。

7.3.4 钢井架主要构件的长细比取值应符合下列规定：

1 斜撑柱、立架柱及天轮支承结构受压杆件的长细比,抗震设防烈度为 6 度或 7 度时不应大于 150,抗震设防烈度为 8 度时不应大于 $120 \sqrt{235/f_y}$,抗震设防烈度为 9 度时不应大于 $100 \sqrt{235/f_y}$;

2 斜撑及立架中的受压腹杆,长细比不应大于 $150 \sqrt{235/f_y}$;

3 斜撑及立架中的受拉腹杆,长细比不应大于 $250 \sqrt{235/f_y}$ 。

注: f_y 为钢材的屈服强度。

7.3.5 钢井架主要受力构件应符合下列规定：

1 天轮支承结构、托罐梁、防撞梁、立架柱、斜撑柱等,钢板最小厚度不应小于 8 mm;

2 节点板厚度不应小于 8mm。

7.3.6 钢井架斜撑基础的构造应符合下列规定：

1 地脚螺栓应采用刚性锚板或锚梁的双螺帽螺栓;

2 地脚螺栓中心距基础边缘的距离不应小于螺栓直径的 8 倍；

3 底板与基础顶面的摩擦力小于地震剪力时，斜撑柱底板下应设抗剪键；

4 钢井架斜撑的基础宜独立设置；

5 在地震作用下，基础底部不应存在零应力区。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

《建筑地基基础设计规范》GB 50007

《建筑结构荷载规范》GB 50009

《混凝土结构设计规范》GB 50010

《钢结构设计标准》GB 50017

《工业建筑防腐蚀设计规范》GB 50046

《建筑物防雷设计规范》GB 50057

《构筑物抗震设计规范》GB 50191

《涂覆涂料前钢材表面处理 表面清洁度的目视评定》GB/T
8923

中华人民共和国国家标准

矿山井架设计标准

GB 50385 - 2018

条文说明

编制说明

《矿山井架设计标准》GB 50385—2018 由住房和城乡建设部 2018 年 1 月 16 日以第 1817 号公告批准发布。

本标准上一版的主编单位是煤炭工业邯郸设计研究院,参编单位是中煤国际工程集团南京设计研究院、煤炭工业西安设计研究院、煤炭工业合肥设计研究院、煤炭工业济南设计研究院、清华大学建筑设计研究院、北京工业大学,主要起草人是邵一谋、王宗祥等。

为便于勘察、设计、施工、科研学校等单位有关人员在使用本标准时能理解和执行条文规定,《矿山井架设计规范》编制组按照章、节、条顺序编写了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需要注意的有关事项进行了说明,还着重对强制性条文的强制性理由做了解释。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1	总 则	(41)
2	术语和符号	(43)
2.1	术语	(43)
2.2	符号	(43)
3	布置与选型	(44)
3.1	布置原则	(44)
3.2	结构选型	(44)
3.3	竖向布置	(47)
3.4	平面布置	(49)
3.5	辅助构件	(50)
4	荷 载	(51)
4.1	荷载分类	(51)
4.2	荷载组合	(56)
5	计 算	(58)
5.1	一般规定	(58)
5.3	地基基础	(59)
6	构 造	(65)
6.1	一般规定	(65)
6.2	节点与连接	(66)
6.3	基础	(67)
7	抗震设计	(68)
7.1	一般规定	(68)
7.2	抗震计算要点	(68)
7.3	抗震构造措施	(68)

1 总 则

1.0.1 本次修订根据近年来的工程经验和调研成果,在总结调研应用的前提下,对井架设计的部分内容进行了补充和调整。根据国家的工程建设方针、政策,编制符合我国实际情况,安全适用、技术先进、经济合理、保证质量的井架设计规范。

1.0.2 本条规定了规范的适用范围,即新建、改建和扩建的矿山立井钢结构和钢筋混凝土结构井架。木井架过去用于小型矿井凿井和生产,但要消耗大量的优质木材,既不防火又不耐久,现已很少使用;砖井架过去也用于小型矿井,结合井口房设计,可以节省钢材、资金,但由于抗震性能差、对地基要求高,现已很少使用;故本标准不包括木井架和砖井架。斜井井架在受力上、结构形式上、材料选用上都与立井井架有较大差别,一般高度也较低,故本标准不包括斜井井架。

1.0.3 井架在矿山提升系统中作为地面建筑物的核心,对于煤炭行业井架的安全等级一般为一级,对于其他行业的井架安全等级划分可参照本行业规定执行。

1.0.4 井架是矿山提升系统中的核心构筑物,如发生破坏,则直接危及井下人员的生命;如井下发生事故,利用井架提升又是井下抢险救灾的唯一通道,所有井架的抗震设防类别应为乙类。本条为强制性条文,必须严格执行。

1.0.5 根据矿山地面建筑的功能特征,产生地基问题会引起严重后果,矿山提升井架对地基变形特别敏感,稍有偏差就会影响整个提升系统,危及井下人员的安全。对位于特殊土(如湿陷性黄土、膨胀土、软土、冻土、人工填土等)地区的井架基础设计等级尚应满足相应特殊土地基设计的规定。本条为强制性条文,必须严格执行。

1.0.6 本条是根据现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592—2010 第 3.3.2 条,井架的火灾危险性类别为丙类,耐火等级为二级拟定的。当井口房的承重构件及非承重外墙为不燃烧材料时,井架结构构件可不采取防火措施。因为无防火保护层的金属结构构件的耐火极限本身能够达到 0.25h,所以本条中给出井架结构的耐火极限不应低于 0.25h。

参考现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 关于防火墙两侧门窗洞口之间最边缘水平距离的要求,井口房门窗洞口距离井架主要结构构件的水平距离不应小于 2.0m,垂直距离不应小于 1.2m。

根据调查及国内外有关资料,钢结构及钢筋混凝土结构井架均未采取防火保护措施,也极少发生过此类事故。

1.0.7 根据调查,在中小型矿井中钢筋混凝土井架使用广泛,钢筋混凝土井架设计、施工简单,材料省、造价低,长期使用维修量小。平顶山十矿北风井多绳提升钢筋混凝土井架,采用整体预制平移工艺,实际占用井口时间仅一个月,取得了与钢井架建设速度相同的效果。

潞安集团常村矿主井多绳提升钢井架,采用预组装平移工艺,大大缩短了钢井架安装占用井口的时间。

2 术语和符号

2.1 术 语

术语和定义是标准的基本要素之一,术语和定义使用混乱,会影响对标准的理解和实施,正确规定术语和定义可避免歧义和误解。

本标准所用术语和符号,是根据现行国家标准《煤矿科技术语 第5部分:提升运输》GB/T 15663.5、《工程结构设计基本术语标准》GB/T 50083 和《工程结构设计通用符号标准》GB/T 50132 的规定编制的,对于一些没有规定的符号,根据国内和国外习惯用法进行编制。

2.2.1 井架一般包括主井井架、副井井架、混合井井架。

主井井架是位于主井井口用作提升煤炭、矿石的构筑物。

副井井架是位于副井井口一般用作上下人员、提升矸石、下放材料和设备的构筑物。

混合井井架兼有主井井架和副井井架功能的构筑物。

2.2 符 号

2.2.1 抗倾覆力矩 M_G 取永久荷载 G 为下标,倾覆力矩 M_Q 取可变荷载 Q 为下标。

3 布置与选型

3.1 布置原则

3.1.1 井架设计,应具备井筒平面布置图、提升系统图、进出车、卸载口等资料。如兼作凿井用,还应具备凿井施工方面的工艺资料。

3.1.2 近年来生产、凿井两用井架广为应用,永久井架在凿井前就安装好,并用它来凿井,这不仅节省了凿井井架费用,而且可以缩短施工占用井口时间,加快建井速度,取得了良好的效果。凿井、生产两用井架已有不少成功的实例,如开滦东欢坨矿副井井架、济宁矿二号副井井架和永夏陈四楼矿副井井架等。

3.1.3 井架采用平移工艺或利用生产井架凿井时,一般都宜选用双斜撑式井架,以减少平移时临时支撑费用,双斜撑式井架作为凿井用时,可先安装斜撑,后期再安装永久性立架,以节省初期投资。

3.2 结构选型

3.2.2 井架按提升方式可分为单绳提升井架、多绳提升井架;按用途可分为主井井架、副井井架和混合井井架;按结构材料可分为钢结构井架、钢筋混凝土结构井架等。

常用的井架型式见图 1~图 5。单斜撑式钢井架,一般立架采用桁架结构,斜撑采用桁架或框架结构,用桁架结构可节省较多的钢材;双斜撑式钢井架可有三个斜撑柱或四个斜撑柱,为了不受地基沉陷影响,立架可吊挂在双斜撑式井架横梁上或支承在井颈上。开滦东欢坨矿副井钢井架,立架悬吊在双斜撑式钢井架平台梁上,而兖州鲍店矿副井双斜撑式钢井架,立架为独立于井颈上的钢筋

混凝土结构；四柱悬臂式钢筋混凝土井架，采用桁架或框架结构，也有上部封闭为筒体，下部为四柱，用井颈作为基础，当井颈不允许承受井架荷载时，四柱可分开呈八字形，坐落在天然地基上，采用单独基础；六柱斜撑式钢筋混凝土井架，桁架或框架结构，由于斜撑基础坐落在天然地基上，立架支承在支承框架或井颈上，设计应考虑不均匀沉降对井架产生附加应力，或井架设计为顶部铰接、斜撑基础可调，消除对井架受力的不利因素。

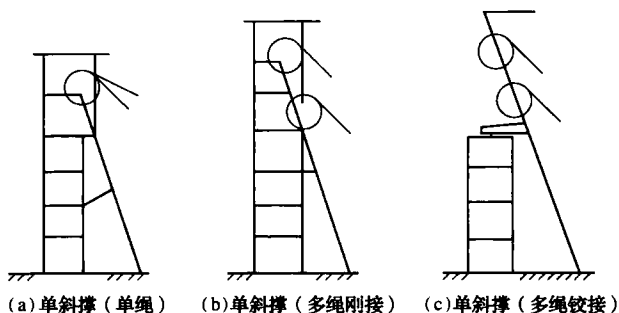
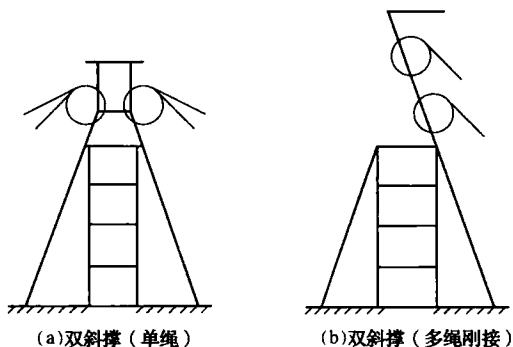


图 1 单斜撑式钢井架



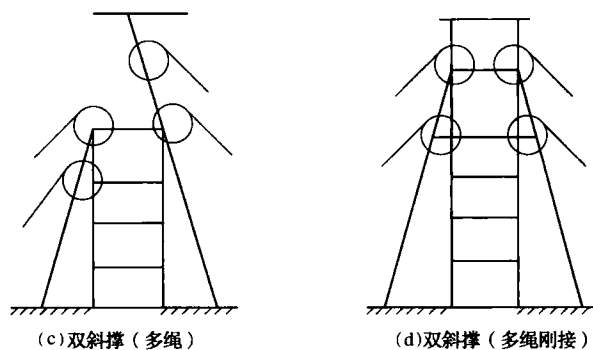


图 2 双斜撑式钢井架

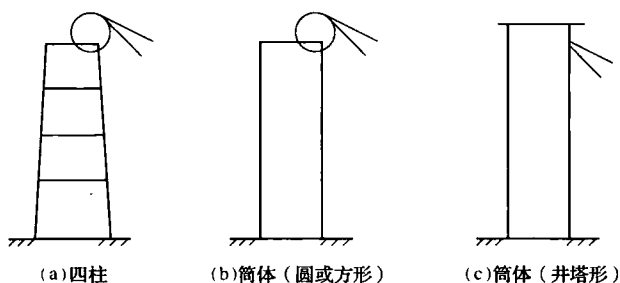


图 3 四柱或筒体悬臂式钢筋混凝土井架

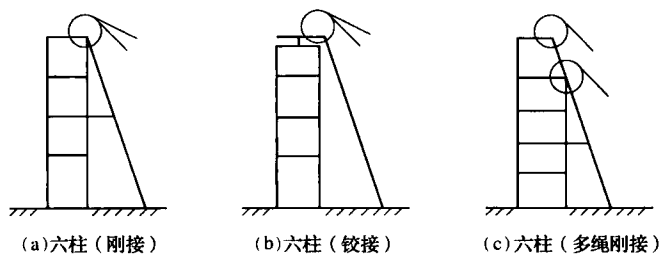


图 4 六柱斜撑式钢筋混凝土井架

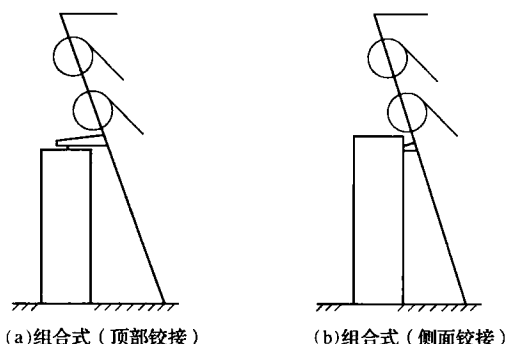


图5 钢筋混凝土立架和钢斜撑组合式井架

3.2.3 根据对 30 多座单绳和多绳提升钢筋混凝土井架的调查,使用基本正常。京西门头沟矿两座钢筋混凝土井架,据介绍是 1936 年所建,新中国成立后对主井井架进行了加高改造,1998 年调研时仍作为辅助提升井架在使用;曲仁矿区建成了多座钢筋混凝土井架,还成功建成了我国第一座多绳提升钢筋混凝土井架;平顶山大庄矿和云南后所大庆二号井结合井口房的设计,使井架在高度上有所突破,大庄矿主井钢筋混凝土井架高度达到 43m。

江西吉安天河矿钢筋混凝土井架、河南鹤壁四矿钢筋混凝土井架,冬期施工,混凝土中掺入氯盐,促使钢筋锈蚀导致混凝土开裂,不得不进行加固处理或拆除重建,这是在调查中了解到的钢筋混凝土井架损坏的少数例子。

当井架高度大于 25m 时宜采用钢井架。

3.3 竖向布置

3.3.1 支承框架顶面至井颈顶面高度当工艺无要求时,可结合井颈平台布置,取与井颈顶面相同或低于井颈顶面 0.1m~0.2m。井架总高度 H 应由工艺专业确定。

多绳主井提升(箕斗)、多绳副井提升(罐笼)井架竖向高度分

段见图 6。

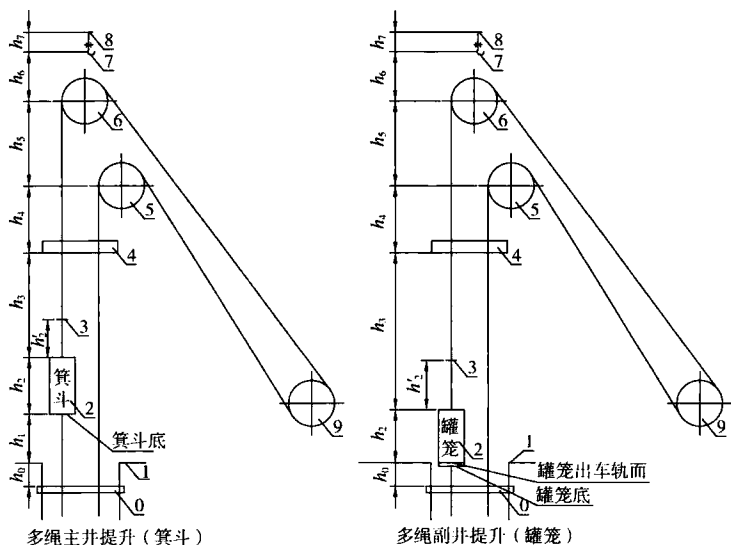


图 6 多绳提升(箕斗、罐笼)竖向高度分段示意图

0—支承框架;1—井颈;2—容器;3—悬挂装置;4—防撞梁;

5—下天轮;6—上天轮;7—吊钩;8—横梁;9—提升机

其中下天轮轴中心至上天轮轴中心的高度 h_5 应先由工艺专业确定,再根据井架斜撑的布置与工艺专业协商调整。

3.3.2 立架节间高度及安装卸载框口高度,应根据罐道结构布置的要求,防撞梁和托罐装置位置,提升容器安装、检修和更换时进出立架方式来确定。节间高度可取 3m~5m,当立架横梁与罐道梁合一时,节间高度应结合工艺要求确定。罐笼井应根据向井下运送长材料及大设备的要求,确定框口大小及高度;箕斗井应根据卸载位置的要求,确定框口大小及高度。

提升容器的高度和宽度确定了更换提升容器时立架底框口的

尺寸,由于框口较高,一般立柱采取加强措施。以往设计框口处设有安装容器时临时可以拆卸的支撑,此种方式受力好,若能加强管理,对拆卸构件又能及时安装,是很好的方法;多绳提升钢井架参照国外设计,大多设置了钢大门,安装容器时打开,平时关闭,但由于长期使用变形较大,关闭困难,也起不到加强立柱的作用,所以本标准不提倡使用。

3.4 平面布置

3.4.1 提升容器的平面布置及其大小确定了立架的平面尺寸,罐道布置和防坠装置、防过卷装置的设置确定了立架横梁的位置及其连接方式。立架平面尺寸不宜过小,对箕斗井架需考虑当箕斗卸载时,活动部分伸出的宽度,以防撞坏立架支撑及横梁。峰峰九龙矿曾发生箕斗口关闭不严,造成提升中撞坏立架支撑横梁的事故。

3.4.2 井架斜撑平面中心线宜与提升钢绳合力作用线接近,这样可充分发挥斜撑柱材料受压的作用,同时也可减少井架水平位移量;但两线夹角过小时,可能导致钢绳合力作用线跳到斜撑平面中心线上边,影响井架的安全使用,两线的夹角一般不宜小于 3° 。

当井架为双提升或多提升时,所有的钢绳合力线均应包络在斜撑平面中心线与立架之间,但实际单提升有两个合力线,双提升有四个合力线,诸合力均互不平行,其值亦不相等,由于提升上下交替,其内力值各自实时变化,故斜撑中心线难以同总合力线重合。根据实际经验,将各自的合力群置于斜撑平面中心线与立架前柱轴线夹角之间,斜撑平面中心线位于最外边的合力以外或与之重合(即最高一个天轮合力之外或靠近或重合),使立架受力最小。在任何情况下,均不应将合力作用线置于斜撑平面中心线之外,这样会使立架产生拉力,结构受力不合理,在使用过程中特别是在提升机启动或刹车时使井架产生很大的振动,故应避免采用。

3.5 辅助构件

3.5.3 钢梯一般沿立架四周布置,也可在一侧布置,当接近提升钢绳下方时,则不应再布置梯子。

4 荷 载

4.1 荷载分类

4.1.1 地基变形被认定为永久作用是根据现行国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 的规定。

4.1.2 钢井架结构自重可按下列经验公式估算：

$$G = \alpha h \sqrt{9.8A} \quad (1)$$

式中： α ——结构自重系数，对单绳提升钢井架可取 0.20~0.25；

对多绳单斜撑式提升钢井架可取 0.35~0.45；

对多绳双斜撑式提升钢井架可取 0.40~0.55；

设有两台提升机的多绳双斜撑式提升钢井架可取 0.55~0.75，一个大直径、一个小直径时取小值，两台均为大直径提升机的井架取大值。

h ——井架高度(m)。

A ——断绳荷载(kN)，当有两台提升机时取大值。

各部分自重比例可采用下列数值：对于单绳提升钢井架，天轮平台和起重架占 25%~30%、立架占 35%~40%、支承框架占 5%、斜撑占 25%~35%；对于多绳提升钢井架，立架占 25%~35%、斜撑及天轮平台、起重架占 60%~70%、支承框架占 5%。

结构自重不包括设备重、钢梯重和密闭板重。

钢井架因单绳提升和多绳提升结构形式不同，故采用不同系数，对单绳提升的 22 座钢井架和多绳提升的 42 座钢井架的自重统计分析，提出井架结构自重系数及井架各部分自重分配比例。本次修订又调研了最近十年新做的 65 座钢井架，根据本次调研钢井架的自重统计分析，对于双提升井架，考虑增加了一台提升机，

井架结构布置相对复杂,故自重系数相应增加,各部分分配比例不变。对各种设备质量标准值,应由工艺确定。

钢筋混凝土井架由于结构形式简单,梁柱断面单一,设计时可准确按假定断面计算结构自重。

4.1.3 钢绳最大静张力为容器自重,载重及提升钢绳首、尾绳以及装置等总重;钢绳最小静张力为容器自重,提升钢绳首、尾绳及装置等总重;钢绳罐道工作荷载为钢绳拉紧力与钢绳自重之和,作用在井架固定钢绳罐道的节点上;防坠制动钢绳工作荷载为钢绳拉紧力与钢绳自重及固定在井架上的缓冲装置和缓冲绳自重的总和;凿井工作荷载参照西德《矿山井架和井塔设计规范》DIN 4118—1981 的规定,采用事故增大系数 1.5,不再考虑断绳荷载。

罐道梁工作荷载标准值的公式仅适用于提升容器载重小于 30t 的情况,当提升容器载重大于 30t 时,罐道梁工作荷载标准值应由工艺专业确定。

4.1.4 立井提升系统在运行过程中,启动加速、制动减速、等速运行和各种工况的紧急制动均为正常运行工况,在一些特殊事故状态如卡罐、过卷、断绳、跑车等为非正常运行工况或事故运行工况,而非正常工况的受力往往是非常巨大的。

在提升系统设计中人们关心的问题是,在什么情况下井架受力最大,如果井架能克服最大载荷,这样既可以保证提升安全,又可以节省材料消耗。在提升机运行过程中,提升侧容器突然卡住时,提升机及下放侧容器因惯性仍能继续运动,最坏的情况是:上升钢丝绳的张力达到钢丝绳的破断拉力时拉断了。这时只要同时知道下放钢丝绳的张力,就可以按照这个数值设计提升井架。设计中可根据此模型,对提升容器在井筒不同位置卡住时的钢丝绳张力进行动力学计算来确定井架受力。

在缺乏计算数值时,对于多绳提升,断绳荷载参照英国《矿山井架和井塔设计指南》在上升钢绳这一端作用着钢绳的断绳

荷载,同时在下降钢绳另一端作用着 33% 的断绳荷载;又根据唐山矿十号井钢井架设计总结,选取上(下)天轮全断绳,下(上)天轮断绳的 33%,即断绳时作用在两天轮上的荷载为 1.33 倍的断绳荷载。

断绳荷载采用整根钢绳的拉断力,即为 85% 全部钢丝拉断力的总和。

防坠制动荷载一般仅用于单绳提升井架的设计,是指在断绳时,容器下坠过程中,防坠器将下落的容器抓住,通过防坠器工作,作用于固定在立架顶部的防坠器支座处。

国外有的国家在设计防坠器时,允许满载人员罐笼的制动减速度小于 $3g$ 。现行行业标准《矿用防坠器技术条件》MT/T 355 中规定:防坠器制动过程中,在最小终端载荷下,罐笼的减速度不应大于 50m/s^2 ,当罐笼提升速度超过 10m/s ,减速度不应大于 30m/s^2 ;在最大终端载荷下罐笼的减速度不应大于 10m/s^2 。当最大终端载荷同最小终端载荷的比值大于 3 时,减速度不应小于 5m/s^2 。

因此,设计井筒装备、罐道、罐道梁和井架时,其所承受的制动载荷可按式计算:

$$\text{当绳端载荷最小时: } F_z = 6S_{\min} \quad (2)$$

$$\text{当绳端载荷最大时: } F_z = 2S_{\max} \quad (3)$$

防坠器制动动载荷标准值 A_{2k} 取值为 $3.0S_{\max}$,大于罐笼绳端载荷最大时的制动载荷,可满足防坠器制动荷载要求。

现行国家标准《煤矿提升系统工程设计规范》GB51065 规定,防过卷采用缓冲托罐装置时,不宜再设置木质楔形罐道。罐笼提升过卷制动减速度宜小于 $1g\text{m/s}^2$,箕斗提升过卷制动减速度宜小于 $2g\text{m/s}^2$ 。缓冲装置荷载标准值,应按制动力 $F_z = 2S_{\max}$ 进行设计。当采用新型缓冲装置时应由工艺专业确定,工艺无法确定时可按本标准公式(4.1.4-3)计算取值。

托罐荷载标准值是参照西德《矿山井架和井塔设计规范》DIN

4118—1981 的规定,取 5 倍的最大静张力。当采用新型托罐装置时应由工艺专业确定,工艺无法确定时可按本标准公式(4.1.4-4)计算取值。

根据对最近几年常用新型防过卷缓冲装置的调研,调研钢井架 65 座,采用钢带式防过卷缓冲装置的井架 52 座,钢带式防过卷缓冲装置占有绝大多数。

井架立架设计时可参见钢带式防过卷缓冲装置的立面布置(见图 7)、平面布置(见图 8)。

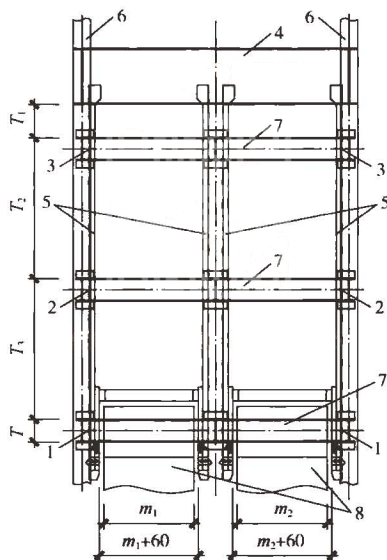


图 7 防过卷缓冲装置立面布置图

1—第一层单节点荷载(向上缓冲 Q_1 , 向下托罐 Q_3);

2—第二层单节点荷载(向上缓冲 Q_2 , 向下托罐 Q_2);

3—第三层单节点荷载(向上缓冲 Q_3 , 向下托罐 Q_1);

4—防撞梁;5—放过卷缓冲装置;6—立架立柱;7—立架横梁;8—容器

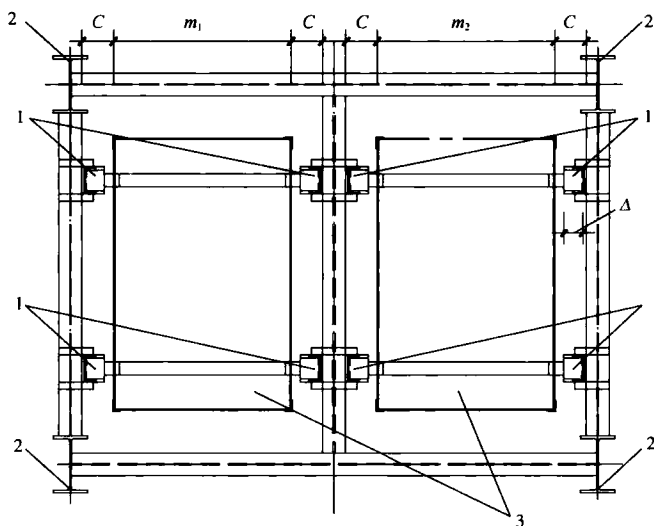


图8 防过卷缓冲装置平面布置图

1—放过卷缓冲装置;2—立架立柱;3—容器

(1)在井架立架立面布置图中,托罐缓冲装置可采用3层或3层以上钢梁固定,使荷载分散受力。最上层钢梁上平面与防撞梁底面距离 T_1 宜小于 400mm,每层钢梁之间的距离 T_2 、 T_3 宜为 2000mm~2500mm。钢梁的型号规格应根据荷载计算确定。

(2)在井架立架平面布置图中, m_1 、 m_2 为容器外形尺寸, C 为容器边缘与钢梁之间的净尺寸,钢带式托罐缓冲装置最小厚度尺寸 Δ 一般有 140mm、158mm、194mm、215mm 四种,并且 C 与 Δ 的差值应大于 30mm。

(3)依据缓冲装置制动力计算确定总制动力 F ,总制动力 F 乘以 1.15 倍安全系数后为缓冲装置传递给井架上的总荷载 Q ,即 $Q=1.15F$ 。

(4)总制动力计算可按式:

1)摩擦提升时:

$$F = (\sum M - Q_{\text{下}})a_1 - Q_{\text{上}}g \quad (4)$$

式中: $\sum M$ ——为提升系统总变位质量;

a_1 ——提升加速度,罐笼提升时 a_1 小于 $1.0g$,箕斗提升时 a_1 小于 $3.0g$;

g ——重力加速度;

$Q_{\text{下}}$ ——下放侧容器质量;

$Q_{\text{上}}$ ——上提侧容器质量。

2)缠绕提升时:

$$F = F' + Q_{\text{下}}a_1 - Q_{\text{上}}g \quad (5)$$

式中: F' ——单绳提升时钢丝绳最大静张力。

(5)每层钢梁的荷载确定,单层单节点荷载分配可按下列公式:

1)缓冲时受力方向向上:

$$Q_1 = \frac{Q}{4} \times 40\% \quad (6)$$

$$Q_2 = \frac{Q}{4} \times 30\% \quad (7)$$

$$Q_3 = \frac{Q}{4} \times 30\% \quad (8)$$

2)托罐时受力方向向下:

$$Q_1 = \frac{Q}{4} \times 40\% \quad (9)$$

$$Q_2 = \frac{Q}{4} \times 30\% \quad (10)$$

$$Q_3 = \frac{Q}{4} \times 30\% \quad (11)$$

4.2 荷载组合

4.2.1 井架作为矿山提升系统中的重要建筑物,在确定其荷载效

应时,应对所有可能同时出现的荷载加以组合,求得组合后在井架结构中的总效应。考虑井架所受荷载的变化性质,包括出现与否和不同的作用方向,可以产生多种作用下的组合,还必须在所有可能组合中取其中最不利的一组作为设计依据。本条为强制性条文,必须严格执行。

4.2.2 井架的承载能力极限状态既要满足工作荷载组合的要求,还要满足偶然组合下的要求,特别是断绳、防坠制动荷载组合下井架不致破坏、倾覆、倒塌。井架的安全等级为一级,根据现行国家标准《工程结构可靠度设计统一标准》GB 50153 的规定,对持久设计状况和短暂设计状况,安全等级为一级的结构,结构重要性系数为 1.1。本条为强制性条文,必须严格执行。

4.2.4 井架作为矿山提升系统中最关键的构筑物,其受力特点是提升过程中的偶然荷载起控制作用,断绳、防坠制动荷载远远大于正常提升的工作荷载,所以对井架的设计应严格控制断绳、防坠制动荷载组合下井架的计算分析,确保井架在偶然荷载事故状态下的安全。

断绳、防坠制动荷载是偶然荷载,偶然荷载特点是概率很小,一旦出现,量值很大,具有很大的破坏作用。偶然荷载标准值的确定一般带有主观和经验的因素,所以表达式中不再考虑荷载分项系数。偶然荷载属于小概率事件,两种不相关的偶然事件同时发生的概率更小,所以不必同时考虑两种或两种以上偶然荷载。

本条为强制性条文,必须严格执行。

4.2.5 井架的受力状况很复杂,在荷载效应组合的计算中,分项系数和组合值系数应根据荷载不同的变异系数和荷载的具体组合情况以及与抗力有关的分项系数的取值水平等因素确定,以使在不同设计情况下结构可靠度趋于一致,保证井架设计安全。

5 计 算

5.1 一 般 规 定

5.1.1 以往井架计算,大都是将其简化为平面结构,然后进行手算,不但费时,而且计算精度差,由于近年来计算机得到普及,软件也有很大发展,因此本规范要求,除规则框架可采用手算外,均要求用计算机采用空间分析方法进行计算。

5.1.5 起重架安装荷载、罐道梁工作荷载,由于对立架计算不起控制作用,因而可只对直接支承的构件及连接进行计算或验算;过卷荷载、托罐荷载其能量可在支承构件中消耗,对立架也不起控制作用,因而也可只对缓冲装置、防撞梁及托罐支承的构件及连接进行计算。

5.1.7 井架结构抗倾覆验算引自西德《矿山井架和井塔设计规范》DIN 4118—1981 中的规定“在抗倾覆计算时,所有可能导致结构倾覆的荷载均乘以 1.3 的系数,其他荷载均不乘系数。特殊荷载只取其 50% 进行荷载组合。在考虑特殊荷载组合时不计风荷载。抗倾覆计算的安全系数不得小于 1.0”。井架的倾覆直接影响井架结构安全。本条为强制性条文,必须严格执行。

5.1.9 单斜撑式钢井架,其立架由四柱组成支座铰接很难实现,故视为刚接;双斜撑式钢井架立架为吊挂式时,四角罐道和安全门等各类辅助构件的安装和联结,也必须为滑动支座。混凝土井架的立柱和斜撑采用预制构件时,其支座宜采用铰接。

5.1.10 钢井架构件不同于普通钢结构构件,一般应按实际模型计算确定计算长度系数。当无经验时可按规范中规定的建议值。

5.1.11 井架的变形控制是为了满足工艺提升的要求,根据收集的资料及调研情况,井架在工作荷载效应下的水平变形值控制在

$h/1000$ 以内能够保证工艺提升的要求。

单斜撑式钢井架以斜撑牛腿与立架顶部铰接,当斜撑安装后初位移很大,如不控制其初位移值,将对提升工作带来不利影响。一般采用将联系铰由立架中间向斜撑方向移动 0.8m 左右或将立架前后立柱采用不同断面来调整立柱受力及其刚度,以减少位移量。

5.3 地基基础

5.3.2 井架位于立井井口位置,井架基础的抗滑移稳定直接关系到井架的提升,稍有偏差容易引起卡罐道、磨损罐道现象,直接影响提升系统的正常运行。本条为强制性条文,必须严格执行。

5.3.4 井架立架一般通过支承框架坐落在井颈上,斜撑基础则位于天然地基上,因此要慎重考虑地基变形对井架带来的不利影响。

通过对凿井井架、单斜撑式井架、双斜撑三柱式井架、双斜撑四柱式井架等几个工程实例进行归纳分析,得出如下结论。

立井凿井井架是立井井筒施工期间进行提升和悬吊施工设备而设立的可多次重复使用的井架,主体一般为钢管拼装组成桁架式结构。本工程实例为新Ⅴ型凿井井架,天轮平台高 27.50m,井架柱底平面轴线尺寸为 17.94m×17.94m,φ3.5m 提升天轮共两个,双侧提升。主要杆件编号见图 9(a),对不同工况组合件应力比见表 1,天轮平台位移见表 2。

单绳桁架式钢井架由立架、天轮架、斜撑三部分组成,为桁架式钢结构。斜撑与立架通过斜杆相连,组成超静定空间结构。立架下端落于井颈上,斜撑基础一般为独立基础。本工程实例为某煤矿井架,天轮中心标高 26.00m,天轮直径 φ2.0m,井架斜撑 A、B 之间的距离为 14.00m,A、C 之间的距离为 19.15m。主要杆件编号见图 9(b),对不同工况组合件应力比见表 1,天轮平台位移见表 2。

多绳单斜撑式井架立架部分为框架式钢结构,上端支撑斜撑牛腿,下端作用于井筒上。斜撑为箱形梁柱组成的框架结构,斜撑

柱下端与混凝土基础铰接连接。本工程实例为某井架,上天轮中心标高为 30.7m,天轮直径为 $\phi 4.5\text{m}$ 。井架斜撑 A、B 之间的距离为 15.00m, A、C 之间的距离为 12.97m。主要杆件编号见图 9(c),对不同工况组合件应力比见表 1,上天轮平台位移见表 2。

多绳双斜撑三柱式井架是在双斜撑四柱式井架基础上根据受力特点优化产生的,在受力较小的非提升侧采用一根支撑柱,立架一般自立于井颈上或悬挂于斜撑下。本工程实例为某矿井架,上天轮中心标高为 57.050m,天轮直径为 $\phi 4.5\text{m}$,该井架立架悬挂于斜架之下,立架底部与井颈脱开,仅约束水平方向的移动。井架斜撑 A、B 之间的距离为 23.00m, A、C 之间的距离为 33.36m。主要杆件编号见图 9(d),对不同工况组合件应力比见表 1,上天轮平台位移见表 2。

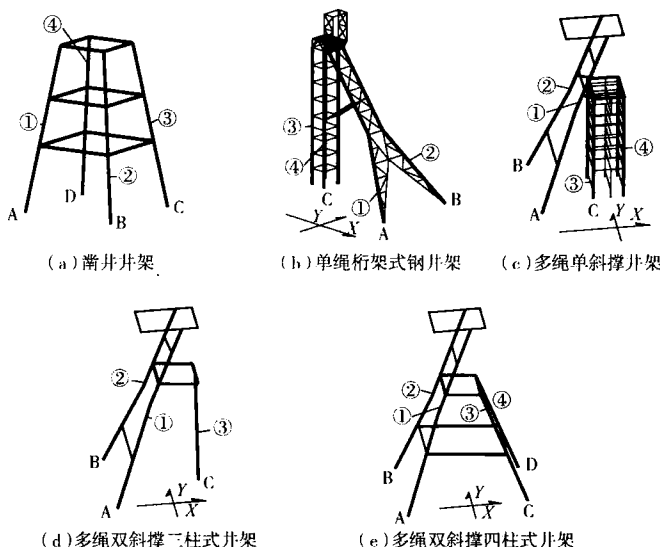


图 9 各类型井架主要杆件编号

多绳双斜撑四柱式井架是一种常见及井架结构形式,分为立架和斜撑两部分,立架自立于井颈上或悬挂于斜撑上。双斜撑四柱式井架结构刚度大,在工作荷载作用下变形较小。本工程实例为某矿井架,上天轮中心标高为 39.90m,天轮直径为 $\phi 5.5\text{m}$,立架自立于井颈之上,与斜撑脱开。井架斜撑 A、B 之间的距离为 17.00m,C、D 之间的距离为 17.00m。主要杆件编号见图 9(e),对不同工况组合件应力比见表 1,上天轮平台位移见表 2。

表 1 不同工况组合件应力比

类型	工 况 组 合	杆 件 编 号			
		①号杆 应力比	②号杆 应力比	③号杆 应力比	④号杆 应力比
凿井井架	设计包络值	0.65	0.65	0.65	0.65
	B 点下沉后提升工况组合	0.20	0.44	0.31	0.50
	A、B 点下沉后提升工况组合	0.20	0.68	0.19	0.63
单绳桁架式井架	设计包络值	0.37	0.35	0.18	0.15
	B 点下沉后提升工况组合	0.12	0.05	0.20	0.28
	A、B 点下沉后提升工况组合	0.12	0.12	0.10	0.20
多绳单斜撑井架	设计包络值	0.77	0.77	0.51	0.37
	B 点下沉后提升工况组合	0.27	0.31	0.35	0.21
	A、B 点下沉后提升工况组合	0.30	0.30	0.53	0.16
多绳双斜撑三柱井架	设计包络值	0.99	0.99	0.42	—
	B 点下沉后提升工况组合	0.24	0.24	0.39	—
	A、B 点下沉后提升工况组合	0.24	0.24	0.39	—
多绳双斜撑四柱井架	设计包络值	0.79	0.79	0.55	0.55
	B 点下沉后提升工况组合	0.38	0.27	0.40	0.56
	A、B 点下沉后提升工况组合	0.45	0.27	0.42	0.73

注:沉降差按 $0.001L$ 计算, L 为斜撑基础间距。

表 2 不均匀沉降引起的上天轮平台偏移

类 型	地基变形工况	X 方向(mm)	Y 方向(mm)
凿井井架	B 点下沉(23.0mm)	21.07	54.53
	A、B 点下沉(33.4mm)	57.63	0.00
单绳桁架式井架	B 点下沉(14mm)	8.52	18.89
	A、B 点下沉(19mm)	23.82	0.00
多绳单斜撑井架	B 点下沉(15mm)	13.06	26.78
	A、B 点下沉(13.0mm)	23.48	0.00
多绳双斜撑三柱井架	B 点下沉(23.0mm)	21.07	54.53
	A、B 点下沉(33.4mm)	57.63	0.00
多绳双斜撑四柱井架	B 点下沉(17.0mm)	9.21	28.27
	A、B 点下沉(17.0mm)	1.50	21.50

注:1 X 方向为提升方向,Y 方向为垂直提升方向。

2 表中偏移值为产生 0.001L 沉降差的计算值,未考虑其他组合。

从井架的内力变化规律来看,总共可以分为两类,第一类是多次超静定结构井架,包括凿井井架、单绳桁架式钢井架、多绳双斜撑四柱式钢井架,这类井架结构冗余度大,对变形比较敏感,构件产生的次应力大。如凿井井架 A 点下沉 0.001L 时,工作荷载④号杆应力比接近断绳荷载,双斜撑四柱式钢井架在 B 点下沉 0.001L 时④号杆应力比已超过断绳荷载。如果对角线两点发生沉降,对结构更为不利。第二类是静定结构的井架,包括多绳单斜撑式井架、多绳双斜撑三柱式井架,从计算上看,不管是 A 点沉降还是 A、B 点共同沉降,结构产生的次应力小。

井架基础不均匀沉降会产生井架的倾斜,从而导致提升中心线的偏移。井架抵抗变形的能力可根据不均匀沉降实际变形和几何变形的比值来确定。不均匀沉降造成天轮中心位置几何偏移值 δ 可按下式近似计算:

$$\delta = \Delta \times h/L \quad (12)$$

式中: Δ ——沉降差;

h ——上天轮中心高度；

L ——斜撑基础间距。

几何变形值和斜撑基础间不均匀沉降(A或B点)产生的实际变形值,见表3。

表3 天轮中心几何偏移值和计算偏移值(A或B点沉降)

井架类型	凿井井架 (mm)	单绳桁架式 (mm)	多绳单斜撑式 (mm)	多绳双斜撑 三柱式(mm)	多绳双斜撑 四柱式(mm)
计算值	18.92	18.89	26.78	54.53	28.27
几何偏移值	27.50	26.00	30.70	57.10	39.90
比值	0.69	0.73	0.87	0.95	0.71

从表3中可以看出,第一类超静定结构钢井架计算值与几何偏移值的比值在0.7~0.8,第二类静定结构井架为比值为0.8以上,变形接近几何值。

综上所述,不均匀沉降对第一类是多次超静定结构井架会产生较大的次应力,对第二类静定结构井架,虽然次应力很小,但会产生较大的倾斜。不均匀沉降值的控制对这两类井架都是非常重要的。

单斜撑之间沉降差按 $0.001L$ 控制,井架正常提升和不均匀沉降产生的次应力组合不会超过井架设计应力的包络值,但沉降差会带来天轮平台的横向偏移,井架高度越大,横向刚度越弱,偏移值越大。因此,本标准对于单斜撑式井架,斜撑之间沉降差按 $0.001L$ 控制,双斜撑井架,斜撑之间沉降差按 $0.0005L$ 控制。本标准对井架地基变形允许值的控制比一般的民用建筑地基变形控制要严一些。

对于上天轮中心高度大于或等于60m的井架以及双斜撑三柱式井架,地基变形允许值可取比本条规定更严的控制指标。

斜撑基础与立架基础之间已经形成的沉降差大于规定数值时,必须验算不均匀沉降引起的附加应力,或采取调整措施。

5.3.6 淮北地区地面曾发生大范围的地基下沉现象,井架的立架

一般坐落在井颈上,斜撑基础坐落在天然地基上,容易引起井架不均匀下沉。唐山地区开滦集团东欢坨矿井也曾发生由于井下排水引起工业场地地面下沉。因此井架设计应采用能适应地基下沉的结构形式或采取调整措施。

6 构 造

6.1 一 般 规 定

6.1.1 现行国家标准《碳素结构钢》GB 700 中,将 Q235 钢(原 3 号钢)按其检验项目的内容和要求分成 A、B、C、D 四个等级。A 级不要求任何冲击试验值,B、C、D 级须分别满足不同的化学成分和不同温度下的冲击韧性要求,C、D 级碳硫磷含量较低,尤其适用于重要焊接结构。

现行国家标准《低合金高强度结构钢》GB/T 1591 中,将 Q345 钢(包括原 16Mn 钢)分为 A、B、C、D、E 五个等级,A 级不保证冲击韧性要求,B、C、D、E 级分别保证在 $+20^{\circ}\text{C}$ 、 0°C 、 -20°C 和 -40°C 时具有规定的冲击韧性,可根据需要选用。

6.1.2 立架支承框架位于井颈处,处于潮湿易腐蚀的环境,容易锈蚀,故从安全角度考虑,构件厚度确定不应小于 12mm。栏杆可采用角钢 $\angle 50 \times 5$ 或钢管 $\phi 48 \times 3.5$ 。

6.1.3 钢井架易锈蚀,钢材外表面应作防锈蚀处理,以达到长期安全使用的要求。

6.1.4 钢井架的闭口截面构件应做好闭水措施,防止水进入构件内部腐蚀构件以及在冬季时冻胀对构件造成破坏。

6.1.6 根据钢井架受力特殊情况,规定构件长细比限值。

6.1.7 考虑钢筋混凝土井架的重要性、特殊性以及受环境的影响,为满足使用耐久性的要求作此规定。

由于具有早期强度高、凝结硬化快、碱度高、碳化慢等特点,建议采用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥。

6.1.9 钢筋混凝土井架在构造上除符合本规范构造要求外,尚应符合现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 的有关规定,

同时有抗震要求的井架,构造措施应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。

6.1.14 根据对严寒寒冷地区井架使用情况的调研,提升天轮露天放置,冬季冻结现象明显,钢丝绳结冰打滑,影响井架正常提升。本次修订增加对严寒寒冷地区的井架天轮平台和提升钢丝采用封闭措施的要求。

6.2 节点与连接

6.2.2 对于双斜撑式钢井架,常将立架吊挂于斜撑横梁上,立架底部在井口水平处与井颈脱开,有些立架则坐落在井颈上,而上部与斜撑分开,以防止立架支承在井颈上,斜撑位于天然地基上产生不均匀沉陷带来的问题。为了保证进出车的稳定性,应采取一定的限位措施。

6.2.3 斜撑柱采用钢板焊接的箱形截面时,除应符合现行国家标准《钢结构设计标准》GB 50017 的有关规定设加劲肋外,还应根据井架结构的特殊性,设置纵向、横向加劲肋。横向加劲肋间距一般取 3m 左右,钢板厚大于或等于 6mm。箱形截面端部密闭,不使空气进入,以减少锈蚀。

6.2.4 重要部位是指直接承受动力荷载的构件及主要受力构件。如天轮支承结构、立架柱、斜撑柱及斜撑牛腿等处。

手工焊接采用的焊条,应符合现行国家标准《非合金钢及细晶粒钢焊条》GB/T 5117 或《热强钢焊条》GB/T 5118 的有关规定。选择的焊条型号应与主体金属力学性能相适应。

自动焊接或半自动焊接采用的焊丝和相应的焊剂要与主体金属力学性能相适应,并应符合现行国家标准的有关规定。

6.2.9 斜撑柱与基础联结做成铰接,以减轻因基础下沉时对井架的整体影响,也有利于调整。斜撑柱端以采用两个锚栓为宜,使接近于铰支座,锚栓宜采用 T 头螺栓方案便于更换。

6.2.10 立架与斜撑联结做成铰接,受力明确,但此种形式使牛腿

承受很大的力,同时斜撑的自重使立架产生较大的初位移。

6.3 基 础

6.3.1 为了井架安装调整方便,在基础顶面留设安放千斤顶的位置,当井架基础下沉影响正常提升时,可用千斤顶调整井架高度。千斤顶留设位置,目前有两种做法:一是在斜撑柱底下留孔;二是在斜撑柱脚留设牛腿。

6.3.2 当基础坐落于岩石地基上时,可适当浅埋,宜考虑采用锚杆基础。

6.3.5 抗震设计时,斜撑基础顶面及四周应配置构造钢筋,并应符合现行国家标准《构筑物抗震设计规范》GB 50191 的有关规定。

6.3.7 由于矿山开采地下水位变化等情况,容易引起地面建筑的不均匀沉降,所以要求井架使用单位定期对井架基础进行沉降观测,以便及时调整井架,沉降观测点可设在井架斜撑基础顶面。

7 抗震设计

7.1 一般规定

7.1.3 井架为提升系统中重要构筑物,抗震设防分类为乙类,本条确定的井架抗震等级已经按乙类建筑确定抗震等级,不需要再提高。钢井架的抗震等级参照钢结构房屋的抗震等级划分,在高度上以 50m 为界。

7.1.4 由于井架和相邻建筑结构型式不同,高度不同,刚度不同,自振周期也不同,在地震作用下,井架和相邻建筑之间很容易互相碰撞而产生破坏。因此,井架与相邻建筑之间应设防震缝,基础宜脱开。

7.2 抗震计算要点

7.2.6 四柱式钢筋混凝土井架纵向受 7 度、8 度水平地震影响、六柱式钢筋混凝土井架纵向受 7 度水平地震影响时,内力组合一般均小于断绳时的内力组合值,故可不进行纵向水平地震的抗震验算。

钢井架的抗震性能较好,按断绳荷载组合控制的钢井架在 7 度时基本无震害,因此可不进行抗震验算。

7.2.10 在高地震烈度下,竖向地震作用中上部可产生拉力,因此井架的竖向地震作用不可忽视,应在抗震验算时考虑。

7.2.11 在 1976 年唐山大地震时,唐山矿地震烈度 11 度区,地震时 4 个 $\phi 50\text{mm}$ 的钢井架斜撑基础柱脚螺栓一个剪断,三个拔出 70mm~130mm,斜撑柱脚螺栓拔出,基础开裂比较普遍。

7.3 抗震构造措施

7.3.1 井架直接位于井口上方,长期受井下潮湿以及腐蚀环境的影响,所以钢筋混凝土井架的混凝土强度等级不宜太低,但也不是

越高越好,在钢筋混凝土结构中,强度等级越高,其脆性破坏的危险性越大。

7.3.3 钢筋混凝土井架在地震时底层柱可能全高受弯,为了提高底层柱的变形能力,本条规定底层柱的箍筋加密区范围取柱的全高。

7.3.6 钢井架斜撑基础的锚栓在震害时主要表现是松动或拔出,根据唐山地震的调查,按规范常规设计的锚栓能满足 9 度地震作用的强度要求,仅在 11 度区有个别锚栓被剪断。因此按规范常规设计的锚栓能够满足抗震的要求。

井架与提升机房是结构形式完全不同的两个独立建(构)筑物,在地震作用下动力表现形式完全不同,如钢井架斜撑的基础与提升机房的基础连接,受力比较复杂,应脱开。

井架斜撑与基础一般为铰接连接,当底部存在较大的零应力区时基础容易发生倾斜并导致与斜撑连接部位破坏。当存在零应力区时,面积不应超过基础底面积的 15%。在基础设计时应使外荷载相对于基础形心的偏心距尽量小,并校核受压边缘的压力是否满足承载力要求。