

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 50874 – 2013

---

# 煤炭工业半地下储仓建筑结构 设计 规 范

Code for structure design on semi-underground  
storage bin in coal industry

2013 – 08 – 08 发布

2014 – 03 – 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

煤炭工业半地下储仓建筑结构  
设计 规 范

Code for structure design on semi-underground  
storage bin in coal industry

**GB 50874 - 2013**

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 4 年 3 月 1 日

中国计划出版社

2013 北 京

中华人民共和国国家标准  
煤炭工业半地下储仓建筑结构  
设计 规 范

GB 50874-2013

☆

中国计划出版社出版

网址: [www.jhpress.com](http://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)

新华书店北京发行所发行

北京世知印务有限公司印刷

---

850mm×1168mm 1/32 2.125 印张 50 千字

2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

☆

统一书号: 1580242·151

定价: 13.00 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 117 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《煤炭工业半地下储仓建筑结构设计规范》的公告

现批准《煤炭工业半地下储仓建筑结构设计规范》为国家标准,编号为 GB 50874—2013,自 2014 年 3 月 1 日起实施。其中,第 3.0.7、5.2.1 条为强制性条文,必须严格执行。

本规范由我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

2013 年 8 月 8 日

## 前 言

本规范根据原建设部《关于印发〈2006 年工程建设国家标准制订、修订计划(第二批)〉的通知》(建标〔2006〕136 号)的要求,由中国煤炭建设协会勘察设计委员会和中煤西安设计工程有限责任公司会同有关单位共同编制而成。

本规范在编制过程中,编制组认真调查总结了我国煤炭行业在半地下储仓结构设计、施工和使用过程中的实践经验,广泛征求全国各有关单位和专家的意见,经反复讨论、修改、充实,最后经审查定稿。

本规范共分 6 章和 2 个附录,主要内容有:总则、术语、基本规定、布置原则和结构选型、结构分析和构造、斜壁边坡设计等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国煤炭建设协会勘察设计委员会负责日常管理工作,中煤西安设计工程有限责任公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要对本规范修改或补充之处,请将意见和建议寄交中煤西安设计工程有限责任公司(地址:西安市雁塔路北段 64 号,邮政编码:710054, E-mail:manixmanix@163.com),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、参加单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:**中国煤炭建设协会勘察设计委员会

中煤西安设计工程有限责任公司

**参 编 单 位:**中煤邯郸设计工程有限责任公司

**参 加 单 位:**北京纽维逊建筑工程技术有限公司

中国建筑科学研究院建筑材料研究所

主要起草人:王志杰 李胜利 任爱国 肖逸青 毕美萍  
梁 敏 林杜军 王 彬 屈海峰 万 宇  
主要审查人:毕孔昶 刘 毅 鲍巍超 王步云 李 丁  
董继斌 邵一谋 陆桂玖 曹 宏 朱晓辉  
张长安 张雪芹 郭守印 刘跃生 付文好

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术 语 .....	( 2 )
3	基本规定 .....	( 3 )
4	布置原则和结构选型 .....	( 5 )
4.1	布置原则 .....	( 5 )
4.2	结构选型 .....	( 6 )
5	结构分析和构造 .....	( 9 )
5.1	荷载及荷载效应组合 .....	( 9 )
5.2	结构分析 .....	( 11 )
5.3	构造 .....	( 12 )
6	斜壁边坡设计 .....	( 17 )
6.1	一般规定 .....	( 17 )
6.2	勘察与斜壁结构计算 .....	( 18 )
6.3	构造和耐久性 .....	( 19 )
6.4	监测 .....	( 22 )
6.5	维护管理 .....	( 24 )
附录 A	半地下储仓岩土工程勘察报告内容要求 .....	( 25 )
附录 B	半地下储仓结构工程监测项目 .....	( 27 )
	本规范用词说明 .....	( 29 )
	引用标准名录 .....	( 30 )
	附:条文说明 .....	( 31 )

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Basic requirement .....	( 3 )
4	Layout principle and structure selection .....	( 5 )
4.1	Layout principle .....	( 5 )
4.2	Structure selection .....	( 6 )
5	Structural analysis and detailing .....	( 9 )
5.1	Load and load effect combination .....	( 9 )
5.2	Structural analysis .....	( 11 )
5.3	Detailing .....	( 12 )
6	Design of retaining slope .....	( 17 )
6.1	General requirement .....	( 17 )
6.2	Geotechnical investigation and retaining slope structural analysis .....	( 18 )
6.3	Detailing and durability .....	( 19 )
6.4	Monitoring .....	( 22 )
6.5	Maintenance .....	( 24 )
Appendix A	Requirement for content of geotechnical investigation report on semi-underground storage bin .....	( 25 )
Appendix B	Monitoring items on semi-underground storage bin .....	( 27 )
	Explanation of wording in this code .....	( 29 )
	List of quoted standards .....	( 30 )
	Addition; Explanation of provisions .....	( 31 )



# 1 总 则

**1.0.1** 为在煤炭工业半地下储仓建筑结构设计中贯彻执行国家有关法律、法规和规定,统一技术要求,做到安全适用、技术先进、经济合理、保护环境和确保质量,制定本规范。

**1.0.2** 本规范适用于煤炭工业矿井、露天矿及选煤厂中新建、扩建和改建工程存储原煤或产品煤的半地下储仓建筑结构设计。

**1.0.3** 煤炭工业半地下储仓建筑结构设计应充分利用地形、地质条件,因地制宜、合理布置、就地取材、节约资源,结合施工工艺,完善监测体系,积极采用新技术、新工艺、新结构、新材料。

**1.0.4** 煤炭工业半地下储仓建筑结构设计,除应符合本规范外,尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2 术 语

### 2.0.1 半地下储仓 semi-underground storage bin

具有调节生产与运输功能的短期储存原煤或产品煤的半地下容器类构筑物,其斜壁全部或大部分位于地面以下。

### 2.0.2 隔煤板 baffle plate

半地下储仓中为区分不同煤种而设置的横向分隔构件。

### 2.0.3 斜壁边坡 retaining slope

半地下储仓两侧为储煤所形成的单级岩土边坡,包括稳定的坡体、面层结构和排水系统。

### 2.0.4 动态设计法 information feed back design method

根据施工过程中应力监测、变形监测和施工勘察反馈的技术信息,对原设计方案及采用的技术参数及时进行验证、补充、修改和完善的设计方法。

### 3 基本规定

**3.0.1** 半地下储仓结构应按下列极限状态设计：

1 储仓结构或斜壁支护达到承载能力破坏、锚固系统失效、坡体失稳或出现不适于继续承载的变形，应为承载能力极限状态；

2 储仓结构或斜壁支护的变形达到正常使用的限值或影响耐久性能的某项限值，应为正常使用极限状态。

**3.0.2** 半地下储仓结构的安全等级应为二级，其中斜壁的安全等级和重要性系数，应按表 3.0.2 选用。

**表 3.0.2 半地下储仓斜壁安全等级和重要性系数**

安全等级	半地下储仓结构特征	重要性系数 $\gamma$
一级	储仓容量大于或等于 0.15Mt； 地下部分仓壁高度大于 30m 的Ⅲ、Ⅳ及以上类岩质边坡或高度大于 15m 的土质边坡	1.1
二级	储仓容量大于或等于 0.05Mt 且小于 0.15Mt； 地下部分仓壁高度大于 10m 且小于或等于 30m 的Ⅲ、Ⅳ及以上类岩质边坡或高度大于 5m 且小于或等于 15m 的土质边坡	1.0
三级	储仓容量小于 0.05Mt； 地下部分仓壁为高度小于或等于 10m 的Ⅲ、Ⅳ及以上类岩质边坡或高度小于或等于 5m 的土质边坡	1.0

**3.0.3** 半地下储仓的仓体与其他结构可取不同的安全等级，由向仓体内倾的软弱结构面或滑动层控制的斜壁其安全等级应为一级。

**3.0.4** 岩质边坡的岩体分类应按现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定执行。

**3.0.5** 半地下储仓结构地基基础设计等级应为乙级，但位于复杂

地质条件的场地、落在斜壁边坡上的构筑物应为甲级。

**3.0.6** 半地下储仓结构的设计使用年限应与矿井、露天矿或选煤厂设计服务年限相适应。当矿井或选煤厂设计服务年限不满 50 年时,斜壁的设计使用年限可按 50 年设计。当矿井或选煤厂设计服务年限超过 100 年时,斜壁的设计使用年限应仍按 100 年设计,但在设计文件中应注明。轻型屋面板和墙体围护板设计使用年限可按 25 年设计。

**3.0.7** 半地下储仓结构工程的抗震设防类别应为标准设防类。

**3.0.8** 半地下储仓结构的火灾危险性分类,存储原煤时应为丙类;存储洗后产品煤时应为戊类。上部结构采用钢结构时,堆煤高度范围内的钢结构应采取防火保护措施,其耐火极限不应小于 1h。

**3.0.9** 半地下储仓结构耐火等级不应低于二级。

## 4 布置原则和结构选型

### 4.1 布置原则

**4.1.1** 半地下储仓的平面布置,应根据工艺、地形、工程地质与水文地质、储存品种和施工等,经技术经济比较确定。

**4.1.2** 半地下储仓的返煤地道宽度应根据地道中机械设备布置、安装和检修所需要的宽度确定,人行道净宽不应小于 1000mm,检修道净宽不应小于 700mm。返煤地道的高度应能满足设备安装和检修时吊运的需要,净高不应小于 2200mm。

**4.1.3** 返煤地道应设安全出口和通风孔,安全出口数目不应少于两个。当设两个安全出口时宜设于地道的两端,其安全出口之间的距离不应大于 150m。安全出口和通风孔可与设备检修孔道合并设置,安全出口应有楼梯间直通室外地面。

配煤栈桥纵向安全疏散距离不应大于 75m。

**4.1.4** 半地下储仓斜壁顶部两侧应设置人行通道及相应的出入口,并应符合下列要求:

1 人行通道净高不应低于 2000mm,宽度不应小于 1000mm;

2 人行通道防护栏杆高度不应低于 1100mm,栏杆离地面 100mm 高度内不宜留空。

**4.1.5** 返煤地道内应设排水沟,纵向坡度不宜小于 3‰。地道底板横向坡度不宜小于 10‰。集水应及时抽排,有条件时可采取自流排水。

当返煤地道在基岩内开凿且水量较大时,应加强排水,地道衬砌及防水应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

**4.1.6** 返煤地道伸缩缝应采取防水措施,并应符合现行国家标准

《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

**4.1.7** 半地下储仓室外四周应设散水,散水坡度宜采用 5%~8%,散水宽度宜采用 1.0m~2.0m,湿陷性黄土地区的散水应符合现行国家标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025 的有关规定。

**4.1.8** 半地下储仓周边场地应完善地面排水设施,湿陷性黄土地区尚应采取地面防水措施。

**4.1.9** 栈桥跨间结构采用桁架时,在卸煤孔下宜避免布置下弦支撑,当不能避免时,应使卸煤孔避开支撑杆件。

**4.1.10** 半地下储仓的返煤地道、配煤栈桥及仓体内,应采取防止瓦斯聚集的措施,并应设置瓦斯排放设施。

## 4.2 结构选型

**4.2.1** 半地下储仓结构可分为配煤栈桥、栈桥支承结构、隔煤板、漏斗、返煤地道、仓盖或屋架及斜壁等部分(图 4.2.1)。当边坡稳定性较好时,可采用门式支撑结构[图 4.2.1(b)]。

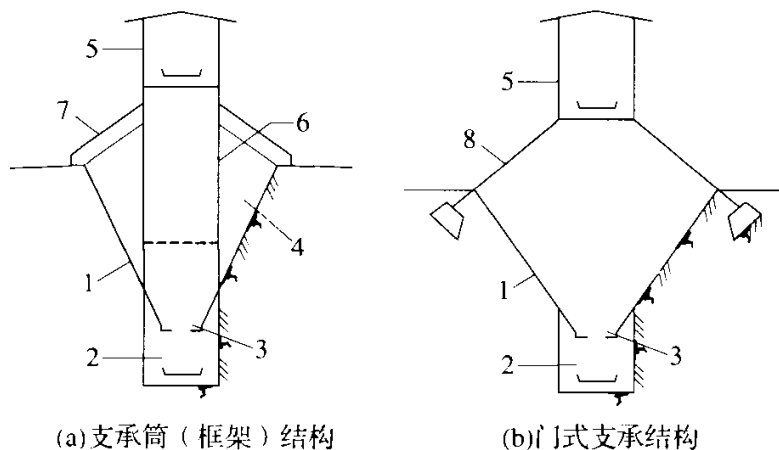


图 4.2.1 半地下储仓结构示意

1—斜壁;2—返煤地道;3—漏斗;4—隔煤板;

5—配煤栈桥;6—栈桥支承结构;7—仓盖;8—仓盖及支承结构

**4.2.2** 半地下储仓结构斜壁选型应符合下列规定:

1 当基岩埋藏不深时,宜利用基岩;

- 2 斜壁宜利用自然地形做成人工边坡；
  - 3 堆填方时，宜做成加筋土斜壁。
- 4.2.3 半地下储仓返煤地道结构选型应符合下列规定：
- 1 地基为硬质岩石时，返煤地道侧壁应利用基岩直接开凿；
  - 2 采用明挖施工时，应采用箱型断面或拱形断面；
  - 3 采用逆作法施工时，宜采用钢筋混凝土连续墙或钢筋混凝土排桩，也可采用钢筋混凝土排桩和防水壁结合的组合断面。
- 4.2.4 半地下储仓返煤地道漏斗选型(图 4.2.4)应符合下列要求：

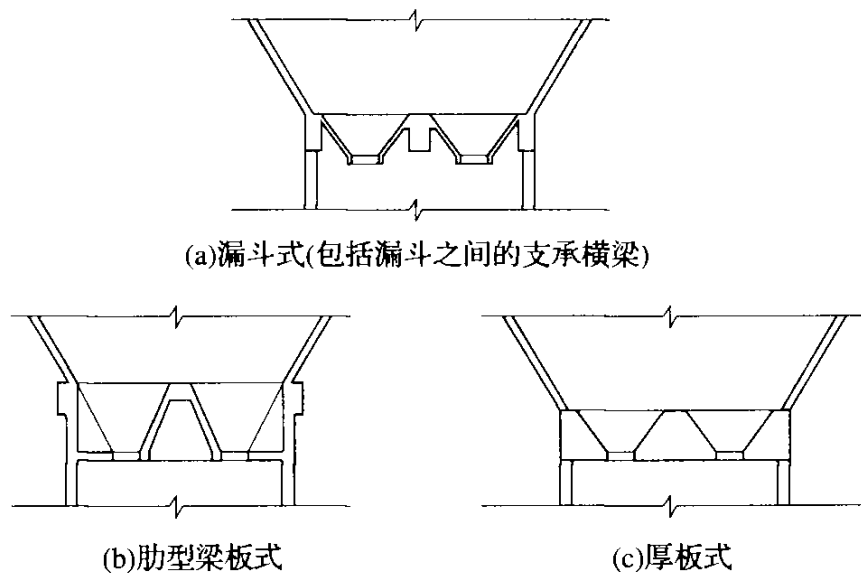


图 4.2.4 半地下储仓返煤地道漏斗型式示意

- 1 卸料应通畅；
  - 2 荷载传递应明确，结构受力应合理；
  - 3 造型应简单，施工应方便；
  - 4 填料应较少。
- 4.2.5 半地下储仓内隔煤板应采用钢筋混凝土结构。
- 4.2.6 配煤栈桥跨间结构宜选用钢结构或钢筋混凝土结构，不宜设下撑式拉杆。
- 4.2.7 配煤栈桥支承结构应符合下列规定：
- 1 支承结构应采用钢筋混凝土筒体或框架结构；框架柱宜采用圆形截面，梁宜采用方形截面。当支承结构高度大于 30m 时，

应采用钢筋混凝土筒体结构。

2 半地下储仓仓盖采用网格或刚架结构时,宜作为配煤栈桥的支承结构。

**4.2.8 配煤栈桥围护结构应符合下列规定:**

1 底板可采用钢筋混凝土预制板、压型钢板组合楼板或网纹钢板;

2 围护墙和屋盖宜选用轻型板材;

3 严寒地区的围护结构应采取保温措施。

**4.2.9 半地下储仓屋面结构应符合下列规定:**

1 屋盖结构可采用门式支承、钢桁架、拱架或网格等结构型式;

2 屋面板宜选用轻型板材。

**4.2.10** 屋盖结构采用门式支承、钢桁架或拱架结构时,应设置支撑体系。地震区尚应符合现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011 的有关规定。

**4.2.11 半地下储仓基础设计应符合下列规定:**

1 返煤地道基础可采用钢筋混凝土板式或条形基础;

2 栈桥支承结构宜采用钢筋混凝土板式基础,跨距与返煤地道宽度接近时,基础可与返煤地道基础整浇在一起;

3 屋盖结构可采用钢筋混凝土独立基础或微型桩基;

4 支承在斜壁上的门式支承结构基础的沉降量不应大于100mm,且整体倾斜不应大于0.002,其他地基变形允许值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 结构分析和构造

### 5.1 荷载及荷载效应组合

#### 5.1.1 半地下储仓结构荷载可按下列分类：

1 结构自重、土压力、静水压力、固定设备的自重、结构内部预应力、地基变形、环境温度作用等，应为永久荷载；

2 储料荷载、楼面活荷载、屋面活荷载、积灰荷载、雪荷载、风荷载、渗流压力、地震作用、可移动设备荷载、设备安装检修荷载、设备拉力，以及储仓外地面上的堆料荷载等，应为可变荷载；

3 爆炸力等应为偶然荷载。

5.1.2 半地下储仓结构应根据施工、使用和检修过程中可能同时出现的荷载作用，按承载能力极限状态和正常使用极限状态分别进行效应组合，并应取各自最不利的效应组合进行设计。

5.1.3 半地下储仓结构荷载效应组合除应符合本规范的规定外，尚应符合现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592、《建筑地基基础设计规范》GB 50007、《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。

5.1.4 半地下储仓结构设计基本组合的荷载分项系数，应按下列规定采用：

1 永久荷载的分项系数，应符合下列规定：

1) 当其效应对结构不利时，对由可变荷载效应控制的组合，应取 1.2；对由永久荷载效应控制的组合，应取 1.35；

2) 当其效应对结构有利时，应取 1.0；对结构的倾覆、滑移或漂浮验算，应取 0.9。

2 可变荷载的分项系数，应符合下列规定：

1) 当其效应对结构不利时, 应取 1.4; 对标准值大于  $4\text{kN/m}^2$  的屋面、楼面的活荷载宜取 1.3; 储料荷载应取 1.3; 设备拉力宜取 1.3; 静水压力宜取 1.1, 渗流压力宜取 1.2; 安装检修荷载宜取 1.3; 抗浮验算时, 地下水浮力荷载分项系数宜取 1.0;

2) 当其效应对结构有利时, 宜取 0.9。

3 斜壁的稳定性和岩土层加固体长度计算时, 分项系数均可取 1.0。

**5.1.5** 半地下储仓结构设计基本组合的可变荷载组合系数  $\psi_c$ , 可按下列规定采用:

1 与风荷载组合时, 宜取 0.85;

2 与屋面均布活荷载组合时, 宜取 0.7, 不应与雪荷载同时组合;

3 与雪荷载组合时, 宜取 0.7, 不应与屋面均布活荷载同时组合;

4 与设备荷载组合时, 宜取 1.0;

5 与储料荷载组合时, 宜取 1.0;

6 与设备安装、检修荷载组合时, 宜取 0.7。

**5.1.6** 对承受动荷载的结构构件应进行动力计算, 设备的动力荷载应由设备制造厂商提供。电动机功率不大于  $100\text{kW}$ , 机器功率不大于  $500\text{kW}$  且扰动频率远离共振区时, 结构构件可采用将动力设备自重与物料自重之和乘以动力系数后按静力计算。

**5.1.7** 设置在楼面或屋面上的动力设备, 应采取减(隔)振措施。

**5.1.8** 设备安装、检修时的动力系数, 可取 1.1~1.2, 其作用应只传至其下的楼板和梁。

**5.1.9** 设计梁、板时, 楼面活荷载不宜折减。

**5.1.10** 储煤压力的计算应符合下列规定:

1 煤炭的物理特性参数可根据实践经验或通过试验分析确定, 当无试验资料时, 可采用现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计

规范》GB 50077 中有关储料的物理特性参数；

2 配煤栈桥支承结构埋入煤堆时，应计入煤堆对支承结构的作用，该作用可按现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592 的有关规定计算；

3 漏斗间支承横梁的荷载计算应计及上部全部煤压荷载；

4 储煤作用在端壁上的水平压力  $P_h$ ，可按静止压力计算；

5 隔煤板单位面积上水平压力荷载应按下列公式计算：

$$P_h = k\gamma s \quad (5.1.10-1)$$

$$k = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (5.1.10-2)$$

式中： $\gamma$ ——重力密度(kN/m<sup>3</sup>)；

$s$ ——储料高度；

$\varphi$ ——内摩擦角；

$k$ ——侧压力系数。

**5.1.11** 半地下储仓斜壁边坡设计时应计入地表附加荷载，以及邻近建筑物基础所增加的荷载，并应按荷载的实际作用值作为标准值，地表附加荷载不应小于 15kN/m<sup>2</sup>。

## 5.2 结 构 分 析

**5.2.1** 半地下储仓按承载能力极限状态设计时，所有结构构件均应进行承载力计算。对仓壁结构尚应进行锚固系统、坡体稳定计算及不适于继续承载的变形验算。

**5.2.2** 半地下储仓按正常使用极限状态设计时，应计算储仓结构变形，结构构件应进行抗裂、裂缝宽度及受弯构件的挠度验算，并应满足耐久性要求。

**5.2.3** 配煤栈桥跨间结构宜与下部支承结构整体分析。配煤栈桥支承结构及跨间结构的计算，应符合现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592 有关规定。

**5.2.4** 返煤地道采用钢筋混凝土箱型结构时，可按封闭刚架计

算;侧壁采用钢筋混凝土连续墙或排桩时,可按两端固定的梁计算,地道顶板可按简支板计算。

**5.2.5** 隔煤板与配煤栈桥的支承筒体整体连接时,可根据抗弯刚度比计及支承筒体对隔煤板的弹性约束作用,隔煤板可按弹性理论计算。

**5.2.6** 隔煤板应进行一边空载一边满载的工况下强度计算,并进行挠度验算,挠度值宜小于板净跨  $L_0$  的  $1/300$ 。

**5.2.7** 返煤地道侧壁的水平作用,应根据侧壁与支挡结构的关系确定。

**5.2.8** 与煤直接接触的钢筋混凝土构件应进行裂缝宽度计算,最大裂缝宽度  $w_{\max}$  的允许值应为  $0.2\text{mm}$ 。

**5.2.9** 返煤地道及漏斗可不进行抗震验算。

**5.2.10** 仓盖结构采用门式支承结构时,基础应进行承载力、抗滑移、抗倾覆验算,并应计及斜壁正常变形引起的内力。

### 5.3 构 造

**5.3.1** 半地下储仓结构配煤栈桥、仓盖结构、返煤地道等,宜分别按现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010 和《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定设置伸缩缝。

**5.3.2** 结构材料应符合下列要求:

1 混凝土材料应根据设计使用年限和结构所处的环境类别、作用等级,确定最低强度等级、钢筋的最小保护层厚度和最大水胶比,与煤直接接触的环境类别和作用等级可按 I-C 确定,冻融环境时可按 II-C 确定;

2 钢筋宜采用 HRB400、HRB500、HRBF400、HRBF500 级钢筋,也可采用 HPB300、HRB335、HRBF335 级钢筋;

3 钢结构用钢材应根据结构的重要性、应力状态、连接方法、板材厚度和工作环境等因素,选用合适的钢材牌号和材性,承重结构的钢材不应低于 Q235B;

**5.3.3** 返煤地道应采用防水混凝土浇筑。防水混凝土的抗渗等级应符合现行国家标准《地下工程防水技术规范》GB 50108 的有关规定。

**5.3.4** 返煤地道壁厚不宜小于 250mm,迎水面保护层厚度不宜小于 40mm。

**5.3.5** 隔煤板厚度最薄处不应小于 200mm,应双向双层配筋,钢筋直径不应小于 10mm,间距不宜大于 200mm,两层钢筋网片应设梅花形排列的水平拉结筋,钢筋直径不宜小于 6mm,间距宜为 400mm~600mm。

**5.3.6** 配煤栈桥支承结构柱埋入煤堆时,框架柱宜采取防护措施,梁上宜设分煤尖。

**5.3.7** 配煤栈桥支座应满足承载力、刚度和位移要求,并应设有防止栈桥跨间结构坠落的措施。

**5.3.8** 返煤地道侧壁顶部支承漏斗壁处宜设暗梁,暗梁宽度不宜小于壁厚,高度不宜小于 500mm,暗梁纵向钢筋的总配筋率不宜小于 1.2%,箍筋直径不宜小于 8mm,间距不宜大于 200mm。

**5.3.9** 返煤地道采用箱型断面时,角部应加腋,腋角垂直长度与水平长度之比宜为 1:3,加腋处应设置箍筋,最大间距不宜大于 250mm。

**5.3.10** 漏斗壁厚度不宜小于 200mm,宜配置内外双层钢筋,水平或斜向钢筋的最小配筋率单面不应小于 0.2%,受力筋直径不宜小于 10mm,间距不应大于 200mm。

**5.3.11** 钢筋混凝土地道侧壁上开有通风孔或安全出口时,地道侧壁洞口两侧应设置暗柱,洞口上下应设暗梁,并应按下列规定配置附加钢筋:

1 洞口每边的附加钢筋截面面积,不应小于被洞口切断的钢筋截面面积的 0.6 倍,且暗柱和暗梁纵向钢筋的最小配筋率不宜小于 1.0%;

- 2 暗柱和暗梁纵筋自洞口边伸入侧壁的长度不应小于  $40d$ ;
- 3 暗柱和暗梁箍筋直径不宜小于  $8\text{mm}$ , 间距不宜大于  $150\text{mm}$ ;
- 4 在洞口四角  $45^\circ$  方向的侧壁处应配置两根直径不小于  $18\text{mm}$  的附加斜向钢筋, 间距不宜大于  $200\text{mm}$ , 斜向钢筋两边伸入斜壁的长度不应小于  $40d$  (图 5.3.11)。

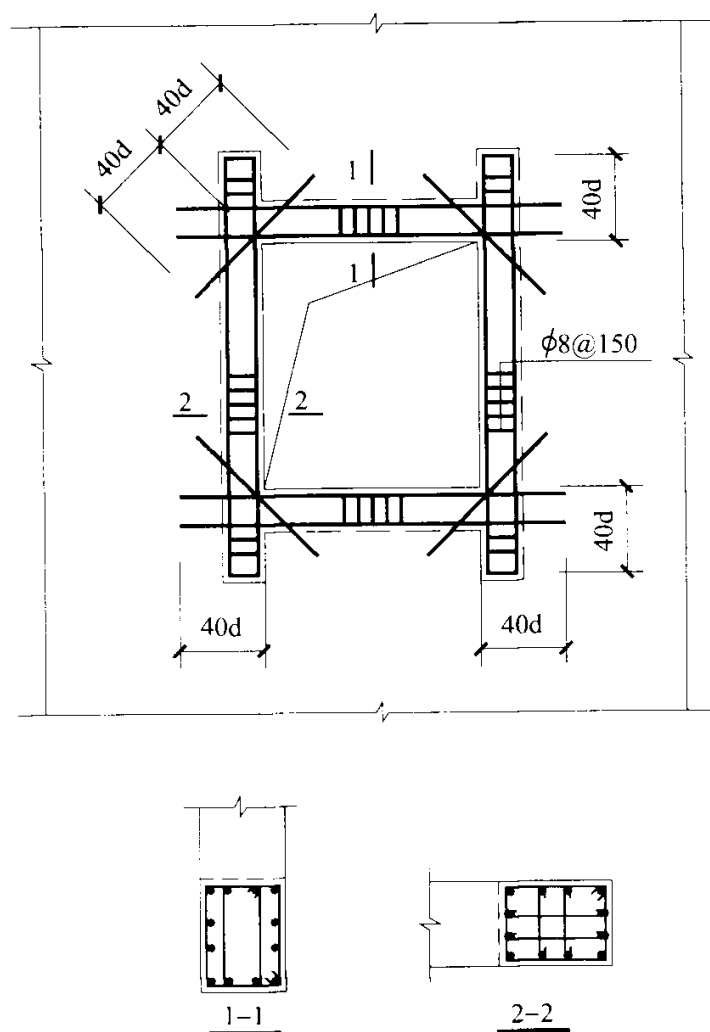


图 5.3.11 侧壁洞口构造示意

**5.3.12** 地下储仓漏斗的斜向钢筋宜采用分离式配筋, 漏斗斜向钢筋伸入到漏斗上口梁内长度不宜小于  $50d$  (图 5.3.12)。

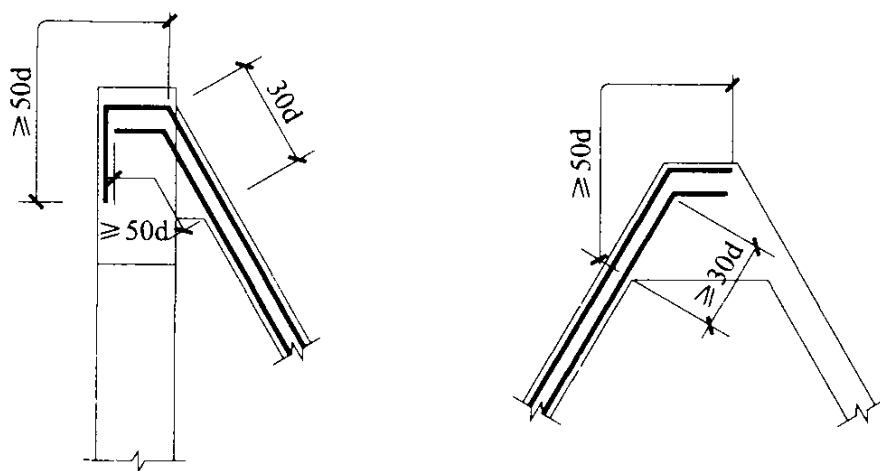


图 5.3.12 斜壁钢筋锚固长度示意

**5.3.13** 半地下储仓的内表面,应根据储料容重、粒径、硬度、冲击磨损程度等要求,设置相应的耐磨、助滑与防冲击内衬,并宜符合下列规定:

1 半地下储仓中的立壁,可将钢筋保护层加厚 20mm~30mm,兼作内衬;钢筋保护层厚度大于 50mm 时,宜在保护层中加一层防锈钢筋网片;

2 半地下储仓中的斜壁,宜采用适应变形能力好的水泥基耐磨材料;

3 储仓中磨损严重的仓口部位,宜采用耐磨性能好且易于更换的内衬材料,可选用耐磨钢板、不锈钢板等;

4 对储仓中长期直接承受冲击的部位,宜采用防冲击破坏的附加措施;

5 水泥基耐磨材料内衬厚度宜为 40mm~50mm,内衬中应设钢筋网片,钢筋网片应通过连接短筋与仓壁基层拉接。其他内衬做法宜符合现行国家标准《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077 的有关规定。

**5.3.14** 仓底漏斗分隔梁顶宜设混凝土分煤尖(图 5.3.14)。

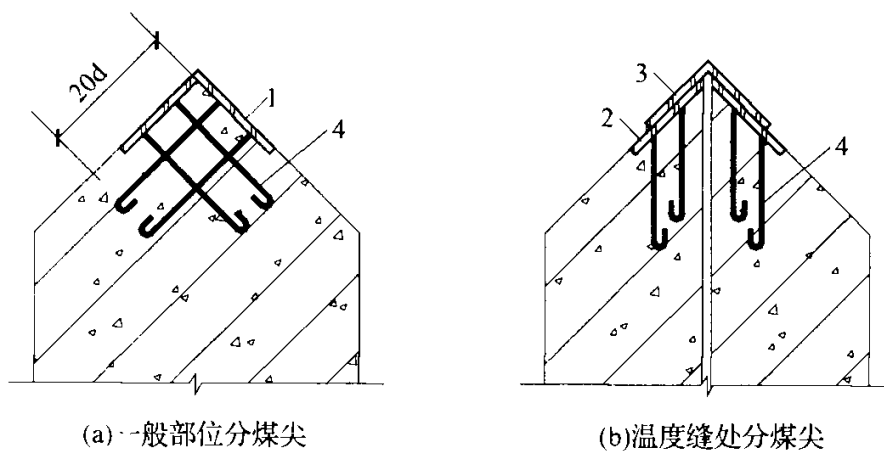


图 5.3.14 分煤尖护角做法示意

1、2 耐磨钢板;3 角钢;4—锚筋

### 5.3.15 配煤栈桥跨间结构和仓盖结构应符合下列要求:

- 1 构件截面宜选用闭口截面,闭口截面端头应焊接封闭;
- 2 采用型钢或钢板闭口组合截面时,应采用连续焊缝焊接封闭;
- 3 主要承重构件不宜采用薄壁构件,与煤直接接触的构件应采取有效防护措施;
- 4 构件截面应在构造上避免难于检查、清刷和油漆的位置,以及能积留湿气、瓦斯、煤灰的死角和凹槽。



## 6 斜壁边坡设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 半地下储仓的斜壁可为土质边坡、岩石边坡和土岩混合边坡。

**6.1.2** 安全等级为一、二级的斜壁边坡应遵循动态化设计和信息化施工的原则。

**6.1.3** 斜壁边坡的抗震设防烈度可采用本地区的地震基本烈度，地震作用与荷载组合应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定，抗震验算的边坡稳定安全系数应取 1.05。

**6.1.4** 抗震设防的斜壁边坡中支护构件可按三级抗震等级采取相应的抗震构造措施。

**6.1.5** 斜壁边坡应设置地表及内部排水系统，内部竖向排水系统宜在斜壁面层后暗排。

**6.1.6** 斜壁边坡的耐久性环境作用等级、材料与保护层最小厚度要求，宜符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定，各部分的耐久性措施应匹配。

**6.1.7** 斜壁边坡的混凝土面层在长度方向上应设置伸缩缝，其间距不宜大于 40m，缝宽不宜小于 20mm，伸缩缝构造同时应满足耐磨和抗冲击的要求。

**6.1.8** 对于湿陷性黄土斜壁边坡，除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行标准《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025、《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ 167 的有关规定。

**6.1.9** 斜壁边坡其他技术要求应符合国家现行标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 和《公路路基施工技术规范》JTG F10 的有

关规定。

## **6.2 勘察与斜壁结构计算**

**6.2.1** 斜壁边坡设计前应进行与设计阶段相适应的岩土工程勘察,对安全等级为一级的斜壁工程应进行专门的边坡工程勘察,其内容应符合本规范附录 A 的要求,必要时尚应进行施工勘察。安全等级为二、三级的斜壁工程与其他建(构)筑物岩土工程勘察结合一并进行时,其内容应满足边坡工程勘察的深度和要求。

**6.2.2** 斜壁边坡的设计内容应包括确保边坡稳定的人工加强措施选择、坡体稳定与加强措施的计算和构造、斜壁面层及构件计算与构造、施工技术要求、监测及监测项目报警值要求、监测频率与持续时间要求,以及使用过程中维护和长期监测要求。

**6.2.3** 斜壁边坡结构设计应进行下列计算和验算:

- 1 桩、面板、挡墙及其基础的抗压、抗弯、抗剪、抗冲切承载力和局部受压承载力计算,锚杆(索)、土钉杆体的抗拉承载力计算以及与面层的连接计算等边坡结构的承载力计算;
- 2 锚杆(索)及土钉锚固体的抗拔承载力和桩的承载力;
- 3 斜壁结构整体和局部稳定性验算,对一级边坡应进行数值分析,有条件时宜进行返煤地道、配煤栈桥支承结构及隔煤板与斜壁相互作用的三维数值分析;
- 4 结合当地工程经验进行变形验算,保证上部围护结构和周边管线的变形满足安全使用要求;
- 5 地下水控制计算和验算;
- 6 对施工期间可能出现的不利工况进行验算;
- 7 配合施工对临时支撑措施进行验算。

**6.2.4** 斜壁边坡稳定性验算时,应采用天然状态下的土性参数,对确定的长期地下水变动范围应采用饱和状态下的土性参数;对受雨水浸湿影响的范围,可根据实验结果或当地经验采用增湿状态的土性参数。

**6.2.5 斜壁采用加筋土时,应进行下列结构计算:**

1 加筋带截面的抗拉承载力验算、加筋带抗拔验算、面板的厚度和配筋计算等内部稳定计算;当斜壁高度超过 12m 时,应采用总体平衡法进行验算;

2 地基承载力验算、加筋体沿基底抗滑与抗倾覆稳定性验算、地基与墙后土体的整体滑动验算等外部稳定计算。

**6.2.6 斜壁采用土钉时应进行下列结构计算:**

1 应采用极限平衡法进行整体稳定性分析。对应斜壁边坡的安全等级为一、二、三级时,内部整体稳定性分析以及沿底部以下滑动的外部整体稳定性安全系数分别不应小于 1.35、1.30、1.20;

2 面层以及面层与土钉的连接计算。

**6.2.7 斜壁采用锚杆(索)时应进行下列结构计算:**

1 杆截面计算、锚固体与地层锚固计算、锚杆与砂浆的锚固计算、锚固段长度计算、锚杆(索)弹性变形计算等锚杆计算;

2 锚杆和土体组成的锚固体整体稳定性计算。

**6.2.8 斜壁采用加筋土或土钉时,应按刚性挡墙验算基底抗滑、整体倾覆和地基承载力,并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。**

### **6.3 构造和耐久性**

**6.3.1 采用土钉加强的斜壁边坡应符合下列规定:**

1 斜壁中应采用注浆土钉,并应符合下列规定:

1) 无腐蚀环境时,土钉钢筋宜采用热轧带肋钢筋,钢筋直径不宜小于 16mm;水泥砂浆强度等级不宜低于 20MPa;

2) 环境作用等级为 V-C 时,宜采用工厂化生产的环氧涂层钢筋;或水泥砂浆中增加阻锈剂的同时,根据设计使用年限将钢筋直径加大至少 2mm;

3) 环境作用等级为 V-D 时,除有可靠的专门论证和实践经验外,宜采用钢筋全长加设塑料波纹管防护的土钉;

- 4) 环境作用等级为 V-E 时,应经过专门论证,沿钢筋全长加设聚乙烯或聚丙烯塑料波纹套管,套管壁厚不应小于 1.5mm,波纹的幅高不小于壁厚的 3 倍;
- 5) 套管内壁与钢筋之间的环形间隙用水泥浆密实填充,厚度不应小于 5.0mm。

2 加设套管的土钉在套管外的保护层厚度不应小于 30mm;注浆体或混凝土中掺加阻锈剂时保护层厚度不应小于 20mm。

3 土钉边坡应采用喷射混凝土和钢筋混凝土复合面层。

4 土钉钢筋与面层之间宜采用螺母、楔形垫圈及方形钢垫板与面层连接。钢垫板应均匀紧贴喷射混凝土面层,方垫板的尺寸不宜小于 150mm×150mm,厚度不宜小于 18mm。

5 采用与锚杆结合的复合土钉支护时,锚杆可取代同位置的土钉,锚杆长度应大于周边土钉的长度,斜壁上部两排不应采用锚杆。

6 在腐蚀环境下,耐久性检测土钉不应少于 3 根,并应符合下列规定:

- 1) 检测土钉的构造及施工方法与工作钉相同;
- 2) 检测土钉长度可根据能够拔出检验所需的空间确定;
- 3) 检测频次宜根据环境工作等级确定,每隔 3 年~5 年检测一次钢筋锈蚀状况。

6.3.2 采用锚杆(索)加强的斜壁边坡,应符合下列规定:

1 锚杆宜采用高强度精轧螺纹钢筋,长度小于 20m 的锚杆也可采用 HRB400 或 HRB500 的钢筋;

2 锚索采用的低松弛钢绞线、环氧涂层钢绞线和无粘结钢绞线,尚应符合现行国家标准《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224 的有关规定;

3 对拉力和拉力分散型锚杆(索)混凝土保护层最小厚度,应根据环境工作等级在现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的有关规定基础上增加 20mm,其他类型锚杆(索)以

及锚固段采用波纹套管保护时可不增加；

4 锚杆(索)应采用沉头式锚头；

5 水、土中有化学腐蚀环境的地层,不应采用预应力锚杆(索)；

6 锚杆的防腐耐久性,应根据锚杆类型符合现行国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086 的有关规定；

7 在腐蚀环境下,应设置不少于 3 根有代表性的耐久性检测锚杆,锚杆位置应易于检测,并应符合下列规定：

1)检测锚杆可与工作锚杆结合,也可专门设置；

2)检测频次宜根据环境工作等级确定,每隔 3a~5a 检测一次；

3)采用外观检查与物理化学分析相结合方法,重点检测分析锚头、自由段防腐措施、部分注浆体和混凝土保护层。

**6.3.3** 采用加筋带加强的斜壁边坡应符合下列规定：

1 加筋上斜壁高度不宜超过 12m,超过 12m 时应做特殊设计,并应通过实验选择填料。

2 加筋带宜选用钢塑复合土工加筋带,其产品规格与尺寸偏差以及技术要求应符合现行行业标准《公路工程土工合成材料土工加筋带》JT/T 517 的有关规定。

3 面板宜采用预制钢筋混凝土面板,面板四周应设企口和相互连接装置,外形可为矩形、六边形、十字形等可锁口形状,其强度等级不宜低于 C30,厚度不应小于 100mm。

4 面板上的筋带结点,可采用预埋钢拉环、钢板锚头或预留穿筋孔等构造形式,并应符合下列规定：

1)钢拉环应采用 HPB300 钢筋制作,直径不应小于 10mm；

2)钢板锚头应采用 Q235B 钢板制作,厚度不应小于 3mm；

3)土工加筋带与钢拉环的接触面应做隔离处理。

5 加筋土边坡的基底应结合地形做成水平或台阶形,不得形成纵坡。

**6.3.4** 对自然稳定的岩石斜壁边坡,应符合下列规定:

- 1 应采用挂网锚喷护面,锚杆应为全粘结锚杆;
- 2 锚杆锚入斜壁内深度不宜小于 2.0m,锚筋在面板内锚固长度不应小于 25d;
- 3 面板为现浇混凝土时,锚杆间距可采用 1.5m~3.0m,且不应大于锚杆长度的 1/2;

4 面板采用预制混凝土时,每块板的锚杆不应少于 3 根。

**6.3.5** 斜壁喷射混凝土面层应符合下列规定:

- 1 材料可采用喷射混凝土或纤维混凝土;
- 2 喷射混凝土强度等级不应低于 C30,1d 龄期的抗压强度不应低于 5MPa;

3 喷射混凝土面层厚度不应小于 100mm,面层内应设置钢筋网,直径不应小于 6mm,间距不宜大于 250mm。当厚度大于 120mm 时,应设置两层钢筋网。面层钢筋网在施工缝处的搭接长度不宜小于 250mm。

**6.3.6** 钢筋混凝土面板厚度不应小于 100mm,混凝土的强度等级不应低于 C30,面板内配置双层钢筋网,钢筋直径不宜小于 8mm,间距不宜大于 250mm,保护层厚度不应小于 30mm。

**6.3.7** 锚杆(索)与土钉的对中隔离架、导向帽和对中支架,应采用塑料或其他对杆体无害的材料制成,不得采用镀锌钢丝或木材制成。

**6.3.8** 斜壁边坡顶部应设置钢筋混凝土护顶板,板厚不宜小于 200mm,宽度不宜小于 800mm,混凝土强度等级不应小于 C30。

## **6.4 监 测**

**6.4.1** 安全等级为一级、二级的半地下储仓结构工程应系统地进行施工与使用期的监测,并应包括地下水环境监测、斜壁边坡及其加强措施的应力与变形监测。

**6.4.2** 半地下储仓结构工程竣工后,应按设计使用要求和运行条

件对监测系统采取保护措施。

**6.4.3** 半地下储仓结构工程应根据监测方案确定的报警指标制订相应的应急预案。

**6.4.4** 对监测所需的局部或临时拆除措施,应及时修复。

**6.4.5** 半地下储仓结构工程应由工程设计单位提出监测要求,有资质的单位编制监测方案,并经业主、设计单位和监理单位确认后实施。监测方案应包括监测项目、监测目的、监测方法、测点(线)布置、监测项目报警指标、监测状态记录要求及监测信息反馈规定等。

**6.4.6** 监测应委托有资质的单位组织实施,监测信息应及时总结并按规定及时反馈给设计单位和施工单位。

**6.4.7** 半地下储仓结构工程的监测项目应根据工程的重要性、受力和变形要求、支护加强措施的特点及工程与水文地质环境变化特点,按本规范附录 B 选择确定。

**6.4.8** 斜壁工程安全等级为一级时,深层土体水平位移监测宜采用测斜仪,位移的稳定过程可用收敛计监测。

**6.4.9** 工程设计应根据地层条件、安全等级、使用功能、地区经验和实践经验确定变形和应力观测项目的报警指标。斜壁顶点水平位移与开挖深度比值的报警值不宜大于 2%,垂直沉降的比值预警值宜为 1.5‰;预应力锚杆(索)的初始预应力报警值不应大于其拉力设计值的 10%,锚杆锚头位移及被加固结构物的变形报警值宜采用变形速率限值和设计容许值;永久支护结构与临时支撑的应力与变形报警值宜采用设计值;工程渗水、漏水及地下水位与水质变化的报警值应根据对工程影响程度的大小具体确定,当地下水位升高超过设计允许的正常范围时,应采取疏水、降水等措施。

**6.4.10** 工程设计应根据工程的重要性和监测项目的敏感性确定变形和应力观测的频次与持续时间。变形观测从施工期开始直到变形稳定,且投入使用后不应少于三年,完成后监测单位应向业主

和设计单位提供完整的竣工监测报告。其后可加大观测时间间隔至每年一次,监测结果应进入维护管理档案。

**6.4.11** 各类监测项目除应符合本规范的规定外,尚应符合国家现行有关专用设计标准的规定。

## **6.5 维 护 管 理**

**6.5.1** 在设计使用年限内应对半地下储仓结构工程进行维护管理,并应建立维护管理档案。

**6.5.2** 在设计使用年限内应避免长时间空仓,部分仓段全空仓时间不宜超过 7d,空仓期间应对斜壁边坡巡查检修,并按监测项目的要求完成有关监测。

**6.5.3** 在设计使用年限内应按监测管理要求,定期监测相关项目,并及时分析整理相关数据;对变形和应力出现异常的情况,应及时会同勘察、设计、施工三方提出处置方案并迅速处理。

**6.5.4** 对长期暴露在煤仓中的钢结构主要受力构件,应根据防腐涂装材料的使用年限定期重新涂装。

**6.5.5** 对半地下储仓地面变形监测范围内的地表堆载应进行管理,不得超过设计允许的堆载限值。

**6.5.6** 生产期间应定期清洗配煤栈桥和返煤地道中的煤尘。

**6.5.7** 生产期间应定期检修屋面通风设施并清理屋面积灰。



## 附录 A 半地下储仓岩土工程勘察报告 内容要求

**A.0.1** 安全等级为一级的斜壁工程岩土工程勘察报告,应包括下列内容:

1 工程所在场地的地形、地貌与项目完成后地形、地貌的主要改变,以及改变后对工程的影响;

2 周边或邻近工程的挖填方工程现状及所采取的边坡稳定技术措施;

3 储仓边坡工程地质条件,包括地层结构、岩土物理力学性质、岩土参数的分析评价及建议值;

4 场地水文地质条件,包括地下各含水层、隔水层埋深和分布,地下水位及其变化幅度和各含水层渗透系数,地下水的类型、压力、流向、补给来源与排泄方向,工程建设后对地下水特征的影响,提出处理建议;

5 在查明工程地质和水文地质条件的基础上,确定边坡类别和可能的破坏形式,提供验算储仓边坡稳定性、变形和设计所需的计算参数值;评价储仓边坡的稳定性,并提出潜在的不稳定边坡的整治措施和监测方案的建议,开挖或构筑的适宜性与施工注意事项的建议;

6 对需进行抗震设防的储仓边坡应提供地震动参数;

7 提供地层和地下水的化学实验与分析,确定土和水的环境工作等级,在储仓工作期间对水土腐蚀性的影响预测,如地层的化学成分和含量、地层的有效电阻、水的导电率、水的化学成分及pH值、地层与金属的氧化还原势、杂散电流等,为土体加强的耐久性设计提供依据;

- 8 对存在特殊地层的储仓边坡应有专项技术研究报告；
  - 9 对采用新技术和新材料加固岩土体的工程,应有专题技术研究报告；
  - 10 应提出沿边坡开挖线的地质纵、横剖面图；
  - 11 对现阶段无法满足勘察要求的部分工作提出补充施工勘察的内容。
- A.0.2** 安全等级为二、三级的斜壁工程岩土工程勘察报告内容应满足边坡工程勘察的深度和要求。

## 附录 B 半地下储仓结构工程监测项目

表 B 半地下储仓结构工程监测项目

监测项目	观测要求	安全等级或基础设计等级		
		一级或 甲级	二级或 乙级	三级或 丙级
仓壁水平位移和垂直位移	一级工程应至少布置 3 条测线,测线的间距不宜大于 50m,每条线至少 3 个点,并应绘出变形曲线;二级工程应至少布置 2 条测线,每条线不宜少于 3 个点;三级工程可只测仓壁顶部的 3 个点,施工期间和使用期宜连续观测	应测	应测	应测
地表开裂位置和宽度	仓壁后 1 倍的边坡深度范围内定期观察	应测	应测	宜测
仓壁附近建(构)筑物及重要管线等设施	仓内及仓壁后 1 倍~2 倍的边坡深度范围内布置建(构)筑物及重要管线的变形观测点,每个建(构)筑物不少于 3 点;一、二级工程的测点间距不宜大于 20m,施工期间和使用期宜连续观测	应测	应测	宜测
工程渗水、漏水及地下水位与水质变化	仓壁范围的渗水点、仓壁后 2 倍的边坡深度范围内的给排水管线;地下水位及变化幅度范围影响地基或仓壁时,应根据地下水的渗流场布置观测井,不宜少于 3 个测点,施工期间和使用期宜连续观测;正常情况下水质监测每年不少于 1 次	应测	应测	宜测

附录 B

监测项目	观测要求	安全等级或基础设计等级		
		一级或 甲级	二级或 乙级	三级或 丙级
永久土钉的 监测	每一典型土层中至少应有一组 3 根专门用于测试的非工作土钉	应测	应测	应测
永久锚杆 (索)的监测	预应力锚杆拉力的长期监测,数量宜为工程锚杆总量的 5%~10%,监测内容应包括锚杆极限承载力、锚杆初始预应力的变化、锚杆锚头位移及被加固结构物的变形	应测	应测	应测
加筋土的变形	加筋土施工期每 10m~15m 设 1 个观测断面,竣工后使用期每 20m~30m 设 1 个观测断面,观测点间距 1m~3m	应测	应测	宜测
永久支护结构	应力和变形较大的部位,不少于 3 个点	应测	宜测	可不测
临时内支撑	支撑轴力或变形	应测	宜测	可不测
耐久性检测 锚杆、土钉	腐蚀性环境下,不少于 3 个点	应测	应测	宜测

## 本规范用词说明

1 为便于在执行本规范条文时区别对待,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
- 《混凝土结构设计规范》GB 50010
- 《建筑抗震设计规范》GB 50011
- 《钢结构设计规范》GB 50017
- 《湿陷性黄土地区建筑规范》GB 50025
- 《钢筋混凝土筒仓设计规范》GB 50077
- 《锚杆喷射混凝土支护技术规范》GB 50086
- 《地下工程防水技术规范》GB 50108
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476
- 《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592
- 《预应力混凝土用钢绞线》GB/T 5224
- 《湿陷性黄土地区建筑基坑工程安全技术规程》JGJ 167
- 《公路路基施工技术规范》JTJG F10
- 《公路工程土工合成材料 土工加筋带》JT/T 517

中华人民共和国国家标准

煤炭工业半地下储仓建筑结构  
设计 规 范

**GB 50874 - 2013**

条 文 说 明





## 制 订 说 明

《煤炭工业半地下储仓建筑结构设计规范》GB 50874—2013 经住房和城乡建设部 2013 年 8 月 8 日第 117 号公告批准发布。

本规范在编制过程中,针对煤炭工业半地下储仓的特点,编制组进行了认真深入的调查研究,总结了多年来我国煤矿和选煤厂半地下储仓建筑结构设计、施工的经验,引入了经实践检验已成熟的新技术、新工艺及新的科研成果,同时参考了相关行业的先进技术和资料,对煤炭工业半地下储仓的建筑结构设计提出了明确规定。

为便于广大设计、施工、监督、科研、学校等单位有关人员在使用本规范时正确理解和执行条文规定,《煤炭工业半地下储仓建筑结构设计规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,对强制性条文的强制性理由作了解释。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 .....	( 3 7 )
3	基本规定 .....	( 3 9 )
4	布置原则和结构选型 .....	( 4 2 )
4.1	布置原则 .....	( 4 2 )
4.2	结构选型 .....	( 4 3 )
5	结构分析和构造 .....	( 4 5 )
5.1	荷载及荷载效应组合 .....	( 4 5 )
5.2	结构分析 .....	( 4 5 )
5.3	构造 .....	( 4 6 )
6	斜壁边坡设计 .....	( 4 8 )
6.1	一般规定 .....	( 4 8 )
6.2	勘察与斜壁结构计算 .....	( 5 0 )
6.3	构造和耐久性 .....	( 5 2 )
6.4	监测 .....	( 5 5 )
6.5	维护管理 .....	( 5 7 )



# 1 总 则

**1.0.1** 煤炭工业半地下储仓设计可以利用自然地形,方便卸储煤系统布置,容易做到大储量以满足要求。20 世纪 50 年代和 60 年代,各地陆续因地制宜地建造了不少半地下储仓,1965 年原煤炭部还组织了半地下储仓的专题调查,总结了不少经验教训。近年来,哈尔乌素露天矿、平朔东露天矿相继修建了储量超过 12 万吨的储仓,斜壁边坡的深度达到 25m 以上。半地下储仓涉及工程地质、水文地质、岩土工程治理、土体人工加强技术、施工及监测等多学科技术的综合应用,实际应用中工程技术的发展往往超前于分析理论的研究,一般采用动态设计法和信息化施工,因此地区性经验借鉴和具体工程总结尤为重要。设计、施工过程控制和考虑不周,容易造成工程事故,人员和财产损失,或者对边坡采取过度加强措施,造成浪费。制定本规范的主要目的是使煤炭工业半地下储仓设计符合安全适用、技术先进、经济合理、保护环境和确保质量的要求,促进多学科技术交叉与融合,以保障半地下储仓设计健康发展。

**1.0.3** 半地下储仓的结构体系复杂多变,因此因地制宜、充分利用自然地形、结构布置与工艺专业的密切配合,才能体现合理的经济性。由于岩土锚固新技术发展很快,越来越体现多学科交叉、多种技术综合应用的特点;岩土体本身具有的复杂性和多变性,使得勘察、设计、施工、监测四个环节互相融合,密不可分。因此半地下储仓的设计应与科研相结合,不断总结,不断创新,消化、吸收国内外的先进经验,积极采用新技术、新工艺、新结构、新材料。

**1.0.4** 半地下储仓的设计包含了边坡支护结构、配煤栈桥支承结构和跨间结构、返煤地道等,属于综合交叉学科和边缘性较强的工

程技术应用。储煤特性决定了其斜壁边坡的设计原则与一般边坡支护设计不同,因此本规范只对特殊性作出了规定。荷载、边坡工程勘察、地基与基础、钢筋混凝土、土钉、锚杆(索)、加筋土以及抗震设计等技术要求,尚应符合国家现行有关标准的规定。

### 3 基本规定

**3.0.1** 本条是半地下储仓的结构设计的基本要求,根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的有关规定制定。半地下储仓结构设计主要包括边坡支护结构、配煤栈桥的支承结构和跨间结构、返煤地道三部分,均应该满足安全性、适用性和耐久性的可靠性要求。对于配煤栈桥的支承结构和跨间结构、返煤地道,现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592 中已经明确规定。对于斜壁边坡,需要验算锚固和加筋系统的承载力极限状态。锚杆(索)是承受高应力的受拉构件,锚固体砂浆裂缝一般难以满足规范要求,处于腐蚀环境的注浆土钉,都应该采取严格的防腐蚀措施,保证锚杆和土钉的耐久性。

**3.0.2~3.0.4** 半地下储仓的安全等级根据现行国家标准《建筑结构可靠度设计统一标准》GB 50068 的有关规定取用。对于整体结构中的部分结构可根据其重要性和受环境条件的影响程度适当调整。对斜壁边坡,由于受工程地质和水文地质条件等环境因素的直接影响,目前其稳定分析评价基本上是工程类比等经验方法与力学、数值分析方法结合的综合评定结果,即使是力学与数值分析,其结果也取决于岩土物理力学指标的试验方法和取值标准。斜壁边坡与一般边坡岩土治理不同,无论边坡多高,首先必须是单级坡;其次坡面角是由煤的特性决定的;再次其与矿井、露天矿或选煤厂生产服务年限一致,长期使用。因此,不像一般边坡支护那样要充分利用边坡土体的自稳能力,通过调整坡面分级和坡率,辅以部分人工加强措施,达到坡面稳定的目的,而需要采取人工加强的土体维持稳定。如平朔东露天选煤厂的半地下储仓斜壁边坡的挖方高度达到了 28m,局部填方高度达到 29m,直立的设备端边坡

达到 21m,上部放坡高度 10.6m,总高度达 31.6m。因此,斜壁边坡的安全等级以工程地质条件和高度为主要考虑因素,分为三级,但三级边坡的重要性系数不予折减,仍取 1.0。

**3.0.6** 半地下储仓结构的设计使用年限应该与所服务的煤矿或选煤厂设计服务年限协调一致。现行国家标准《煤炭工业矿井设计规范》GB 50215 根据生产能力确定的最低设计服务年限分为 40 年、50 年、60 年、70 年,由于煤矿或选煤厂设计服务年限与资源储量和生产能力有关,有些项目长达 100 年甚至以上。对于配煤栈桥的支承结构和跨间结构、返煤地道等钢筋混凝土结构和钢结构,其设计使用年限可以按照 50 年和 100 年两种标准采取耐久性措施,以满足相应的设计使用年限要求。对于易于维修维护的结构构件如仓盖结构等,即使仓的设计使用年限超过 50 年,允许该类结构采用 50 年的设计使用年限,服务期满后经技术鉴定和必要的加固补强后完成剩余服务年限。对于轻型屋面板允许采用 25 年的设计使用年限。由于人工加强的斜壁边坡在使用后一旦耐久性出现问题,加固改造的代价很大,实施起来比较困难;人工加强措施所处岩土中的环境远较地面环境复杂,其耐久性设计的研究目前还处于探索阶段,积累的经验不多。因此严格要求关键部位如土钉和锚杆(索)等锚固系统的防腐蚀措施,以满足 50 年和 100 年的耐久性要求。对斜壁使用年限超过 100 年时,目前只能严格按 100 年设计使用年限采用措施,但设计中必须明确给出说明。

**3.0.7** 本条为强制性条文。半地下储仓属于储煤构筑物,配煤栈桥支承结构一般属于大跨度跨间结构,斜壁结构一般属于高边坡,其破坏后果除影响生产外,还会影响周边建筑的安全,破坏后难以恢复,后果很严重。根据现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的分类原则,确定为标准设防类,简称丙类。

**3.0.8、3.0.9** 半地下储仓的火灾危险性分类是根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 和《选煤厂建筑结构设计规范》GB 50583 的相关规定,明确储存原煤时其火灾危险性分类为丙



类,储存洗后产品煤时为戊类。储仓的上部结构多数为钢结构,在正常使用管理的前提下,尚未发现煤尘爆炸着火的现象,时常发生的是煤仓里的煤自燃放火,但自燃放火的火焰高度一般不超过1.0m,有效而经济的防火措施是避开煤自燃放火影响的威胁。因为储仓内斜壁顶部两侧都设有消防和检修巡视通道,煤堆距离钢结构至少有1.2m的净距离,因此在堆煤高度范围内的钢结构应采取有效的防火措施,其耐火极限不应低于1h。

## 4 布置原则和结构选型

### 4.1 布置原则

**4.1.1** 半地下储仓的平面形状根据工艺和储煤品种等而定,但地形、工程地质和水文地质也是必须考虑的因素。选择稳定的场地,避开有可能形成滑坡崩塌的地段。软土地区、地下水位较浅的地区采用半地下储仓方案要慎重进行技术方案和经济比较。调查全国已经建成的储煤半地下储仓发现,如果较好的利用地形、工程地质、水文地质条件,半地下储仓每吨储煤的造价要低于同等条件下的钢筋混凝土筒仓;如果半地下储仓位于滑坡地段或有其他灾害的地质条件,不但造价要高,而且会留下安全隐患。

**4.1.2、4.1.3** 根据现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016,每个防火分区,其安全出口的数量不少于2个,考虑到返煤地道人员较少,且埋置较深,通风孔、检修孔有出入条件时,可作为安全出口。考虑到地道内工作环境不佳,安全出口距离较长,规定人行通道净宽不应小于1000mm,与现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592的规定也一致。

**4.1.4** 斜壁顶部两侧设置人行通道的目的,是为了便于人们操作消防设施。

**4.1.7、4.1.8** 在一般场地,散水宽度1.0m~1.2m,对于湿陷性黄土地区,散水宽度可按有关规定加宽至1.5m~2.0m。斜壁边坡后一定范围内的地面排水一定要通畅,不能积水,否则有可能引起土层性质的变化,会加大土钉、锚杆等人工边坡的变形。

**4.1.9** 桁架的下弦支撑是主要受力构件,落煤处设置下弦支撑容易冲砸和腐蚀。

**4.1.10** 半地下储仓的储量一般都较大,而大部分煤中瓦斯的释放都需要很长时间,对于瓦斯和煤尘引起的危害必须重视,应设计采取防止瓦斯集聚的措施和瓦斯排放设施。

## **4.2 结 构 选 型**

**4.2.1** 从调查已建成的半地下储仓来看,结构主要有两种形式。图 4.2.1(a)形式的优点是配煤栈桥支承在设置于储仓内的支架上,斜壁变形对其影响很小,但支架受煤的作用比较明显,支架埋于煤中较深时,要采用钢筋混凝土筒体结构。图 4.2.1(b)的形式主要用于煤种单一且边坡稳定性较好的情况,内蒙古锡林浩特胜利西二号露天矿原煤仓采用这种形式,经济效益明显。但平朔安太堡露天矿半地下储仓也采用这种形式,使用中土层变形较大,处理费用很大。因此,结构选型非常重要。

**4.2.2** 半地下储仓的斜壁有岩石可利用时,可直接在岩石面上做防护和耐磨层。当为人工边坡时,一般采用土钉边坡、复合土钉边坡、锚杆(索)边坡等,在一定的深度内对原来土体合理使用不同的加固方式,既能保证结构安全,又能节约资金。

**4.2.3** 半地下储仓施工采用逆作法时,返煤地道很多采用钢筋混凝土桩作为支护,这一部分桩直径较大,桩间距很小且嵌固在很好的持力层中,可以将这部分桩作为返煤地道的侧壁使用,也可以在桩的内侧再加一层钢筋混凝土墙设计为组合墙体作为返煤地道的侧壁。钢筋混凝土桩的耐久性要求与侧壁的要求一致。

**4.2.7** 半地下储仓内的配煤栈桥支承结构落于煤堆内时,受煤压力大,为减小煤对柱的压力和磨损,建议柱采用圆形截面。对于大储量、多品种的半地下储仓,尤其是当支架较高时,筒体支架更具有优越性,筒体也可以作为隔煤板使用,平朔东露天选煤厂产品仓和哈尔乌素露天矿选煤厂产品仓的支架均采用这种形式。当储仓屋盖选用网壳或刚架时,可将配煤栈桥挂或支在网

壳或刚架上。

**4.2.11** 对门式支承结构基础规定允许倾斜值和沉降量,主要目的是为了避免支座位移过大引起支承结构过大的内力重分配的次应力,以及设备和管线的正常使用。

## 5 结构分析和构造

### 5.1 荷载及荷载效应组合

**5.1.1** 荷载分类与现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009 基本一致,但考虑到半地下储仓的特点,在永久荷载中增加了地基变形、环境温度作用等。在可变荷载部分增加了设备安装检修荷载、设备拉力和储仓外地面上的堆料荷载。

**5.1.4** 本条依据现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB 50009,结合半地下储仓结构的特点,规定了荷载的分项系数。

**5.1.6** 参考其他行业规范,对部分功率较小的设备可不进行动力计算,只是乘以动力系数后按静力计算。

**5.1.9** 半地下储仓的梁、板从属面积较小,而且跨空结构跨度较大,所以计算梁、板时活荷载不折减。

**5.1.10** 半地下储仓的隔煤板的水平压力本规范采用了朗肯(Rankine)公式,主要是考虑到隔煤板的宽度一般与深度接近,符合浅仓条件。配煤栈桥支架埋入煤堆时,支承结构梁不仅要受到煤的垂直压力,还要受到侧向压力的作用,这一荷载与煤的物理性质(如粒度、凝聚力、内摩擦角、含水量等)有很大关系,支架柱承受煤堆侧压力的计算按现行国家标准《煤矿矿井建筑结构设计规范》GB 50592 的有关规定执行。

### 5.2 结构分析

**5.2.1** 半地下储仓是由多种结构组成的,在设计使用年限内应具有足够的安全性、耐久性和使用性,在正常施工和正常使用时能够承受可能出现的各种作用,如重力、地震、风、贮料压力、静水和渗流压力等,要具有足够的承载能力。锚杆(索)是承受高压力的受

拉构件,变形是需要严格控制的,斜壁锚固系统、坡体稳定是边坡设计的必需内容,故本条列为强制性条文。

**5.2.3** 随着建筑结构计算程序的快速发展,配煤栈桥整体计算也趋于简单。半地下储仓配煤栈桥中的支承结构大多数埋于煤中,煤对支承结构的作用有水平压力、竖向压力、摩擦力等,且水平压力包括纵向水平压力和横向水平压力,在这些荷载的作用下,支承结构的变形也很复杂,而且会影响到跨间结构的受力状态。因此本规范建议配煤栈桥进行整体计算。

**5.2.4** 采用钢筋混凝土桩作为返煤地道的侧壁时,顶板一般为很厚的钢筋混凝土板,板的平面刚度很大,且桩的纵向钢筋在板内有足够的锚固长度,作为侧壁的固定支座是完全可行的;但由于钢筋混凝土桩不可能完全连续,桩的刚度相对于顶板来说是较弱的,所以桩只承担板传来的竖向力,不承担弯矩。

**5.2.5** 隔煤板与支承筒体的连接采用的形式也较多,当隔煤板为单向悬臂板,用于半地下储仓较浅且悬臂长度不大时,此时支承筒体的筒壁要承担隔煤板传来的弯矩、剪力等,筒壁要具有一定的刚度,保证其传力性能。

**5.2.7** 当侧壁与支挡结构为单一墙时应承担全部水平作用;当为组合墙时,应根据各自的变形特征确定分担的水平作用;当为复合墙时,应按照复合墙承担水平作用。

**5.2.8** 半地下储仓一般比较潮湿,仓壁及漏斗承受的荷载较大,当裂缝宽度超过一定的值后会影响结构的耐久性,且使钢筋极易腐蚀而造成构件破坏。所以依据现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010,取最大的裂缝宽度限值为 0.2mm。

### 5.3 构造

**5.3.1** 半地下储仓宜遵守现行国家标准《混凝土结构设计规范》GB 50010、《钢结构设计规范》GB 50017 的有关规定设置伸缩缝。由于近年来的技术发展,超长无缝设计取得了很大进步,因此可以

根据地区和实践经验,在采取可靠措施时适当放宽伸缩缝的间距。

**5.3.2** 结构材料的选择不仅要满足强度和变形等要求,而且要满足耐久性要求。本条根据提倡应用高强高性能钢筋的要求,规定了适用的钢材与钢筋牌号和强度级别。

**5.3.5** 隔煤板的厚度应根据计算确定。考虑到煤的冲击作用及磨损,对最薄处作了规定。

**5.3.13** 半地下储仓的仓壁在使用过程中会继续变形,包括上钉、锚杆、加筋带的受荷变形以及蠕变,由于隔煤板和端部设备提升间的支撑作用,斜壁在纵横空间上的变形也不均匀。近年来已取得较广泛应用的水泥基耐磨材料,能够满足斜壁的耐磨和抗冲击要求,施工过程简便、环保,材料具有一定的高温耐热性能,对于煤仓中易自燃的煤适应性较好。由于其与钢筋混凝土面层能够紧密结合,适应变形能力较强,造价较传统的铸石板和微晶板低廉。水泥基耐磨材料中间一般设一层双向钢筋加强网片,加强网片通过预埋件或植于斜壁内的短筋与斜壁连接在一起,双向钢筋的配筋率对于轻度磨损部分不小于0.1%,间距不应大于600mm,当耐磨层超长时,配筋率不小于0.15%,锚固于斜壁内的短筋间距一般不宜大于加强网片钢筋间距的2倍,这样的连接可以保证耐磨材料与斜壁面层很好地结合。北京纽维逊建筑工程有限公司和中国建筑科学研究院建筑材料研究所研制的高强水泥基耐磨材料在工程应用中取得较好的效果。半地下储仓中不应使用耐热性差、易燃易脱落的聚脂材料作为内衬。

**5.3.14** 温度缝处分煤尖作法较多,本规范推荐作法可使用于地基条件较好情况,当地基情况较差时,可采用弹簧钢板。

## 6 斜壁边坡设计

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 划分斜壁边坡的类型,主要目的是确定边坡可能的破坏形式,以便有针对性地开展工程勘察、设计分析等工作。

**6.1.2** 除安全等级为三级的简单边坡外,斜壁边坡均应遵循动态化设计和信息化施工的原则,如边坡形成过程中的分段分步开挖与回填、端部设备提升间和返煤地道顶板施工时是否采用临时支撑的稳定形式、返煤地道是正常施工还是逆作法施工等。不同的设计与施工方案需要的岩土参数有差异,决定了斜壁工程的勘察、设计、施工与检测需要紧密结合。斜壁边坡在施工期间与使用期间的安全监测,对于边坡变形与主要部位内力、地下水位等内容方面需要连续监测数据,但承担这项工作的往往是独立的部门,这些数据是项目进行反分析的重要前提。因此斜壁边坡工程的四个环节密不可分。鉴于目前边坡稳定分析方法和人工措施与边坡体相互作用分析的可靠性还有待于大量实际工程经验的检验和积累,所以四个环节还应该结合具体项目开展科学研究,确保人工措施的安全有效和使用效率,也避免过度的人工措施造成不必要的浪费。

**6.1.3、6.1.4** 斜壁边坡需要进行抗震设防,其地震作用计算与荷载组合按照现行有关标准执行,对支护结构、锚头等关键部位应采取相应的抗震构造措施。由于斜壁边坡属于地下结构,其加强构件均与岩土体紧密结合,其震害及引起震害的主要因素与地面建筑不同;由于经验总结不多,本规范参照国内外对地面建筑物地下室的抗震规定,将抗震设防的边坡加强构件的抗震等级定为三级,同时要求支护结构和锚头等满足相应的抗震构造措施。根据震害



经验,地震时,地下水位抬升的可能性很大,暴雨或连阴雨的可能性也很大,在斜壁边坡的抗震计算时采用的土性指标都应该考虑。斜壁边坡的最不利工况为空仓,地震验算再考虑空仓,相当于小概率事件的组合,如果考虑这种工况会造成较大的浪费,因此在斜壁边坡抗震验算时不建议考虑空仓工况,边坡安全系数取 1.05。

**6.1.5** 一般边坡工程均应设置泄水孔直接排水,边坡顶面应采用防渗封闭措施。由于储仓用于储煤,设置直排的泄水孔容易受到细煤泥的堵塞,影响排水效果;在煤的冲击和磨损下,排水孔造成了斜壁面层上的易损点,容易造成耐磨层的破损和脱落。由于仓的使用特性,修复费时费力,且不易保证质量;长期与煤泥水的接触,对混凝土、土钉、锚杆等耐久性不利。本规范建议将泄水孔的竖向排水系统设置在面层与坡体之间,边坡采用加筋土时应设置水平排水层,排水层采用砂砾材料,其厚度不应小于 500mm,墙后填料为细粒土时,应设置反滤层;保证面层和耐磨层的完整性,提高耐久性。由于斜壁面防冲击、耐磨、防腐蚀以及防煤泥堵塞的要求,本规范要求设置面板后的内部竖向排水系统。

**6.1.6** 由于斜壁边坡完工后基本为隐蔽结构,所以本条强调边坡中同时使用的土钉、锚杆、加筋带、锚头、支护构件等耐久性措施应匹配。同时宜符合现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 的规定,根据环境作用等级,确定混凝土材料要求和土钉、锚杆等保护层的最小厚度。

**6.1.7** 为了解决喷射混凝土以及钢筋混凝土面层的温度收缩应力,防止面层空鼓与不规则的开裂,保持面层的完整性,确保其耐磨、抗冲击以及耐久性,应在面层中设置伸缩缝。考虑到面层厚度不大,且配置有钢筋网片,正常情况下所处环境为物料中,还位于地面以下,所以伸缩缝的间距比一般的挡墙结构有所放宽。根据面层材料特性与配筋率大小,经过温度应力计算,结合当地实际经验,伸缩缝的间距还可适当放宽,如实际工程中全截面纵向配筋率超过 0.4%,或添加纤维增强材料时,面层的伸缩缝间距可达到

60m~70m。伸缩缝的抗冲击耐磨构造实践中可用短锚杆固定 U 型钢板,上下层钢板叠压覆盖锚头的做法。

**6.1.9** 本规范涉及标准体系中的许多专业专用标准,如土钉、锚杆、加筋土等,不可能把所有的专用内容都写全,所以在规定了本标准特殊的要求外,其余要求还需要符合相关的专业专用标准。

## **6.2 勘察与斜壁结构计算**

**6.2.1** 基于半地下储仓斜壁边坡的特性,对岩土工程勘察提出了特殊要求。与一般的边坡工程不同,斜壁边坡有以下四个方面的特点:第一,使用功能要求不允许分台阶,不论边坡多高都必须设计成单级坡形式;第二,斜壁边坡的坡面角不是根据边坡稳定性的要求确定,而是根据储煤种类的煤流特性确定的,一般为  $50^{\circ} \sim 60^{\circ}$ ,坡体稳定一般主要靠人工加强措施;第三,斜壁边坡的使用年限一般与矿井或选煤厂的生产服务年限相适应,使用年限长,人工加固措施的耐久性要求较高,投入使用后的补强加固不仅费用高,而且影响生产;第四,斜壁边坡一般是利用和改造自然冲沟的边坡,在一定范围内地下水环境会发生改变,成为影响斜壁边坡稳定安全的主要因素。所以岩土工程勘察在满足现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的相关规定外,强调勘察中水环境变化和耐久性影响因素方面的内容。因此要求对于安全等级为一级的斜壁边坡,应进行专门的边坡岩土工程勘察,包括一些专门的试验,如高填土边坡的填料选择和改良等。考虑到斜壁边坡的稳定主要靠人工加强措施,一般在设计前勘察现场受到诸多因素的限制,因此采用动态设计法和信息化施工,地质条件较复杂的情况下需要补充施工勘察。

**6.2.2** 斜壁边坡的特点决定了除少数稳定条件很好的岩质边坡外,都要采取人工加强的主动措施。如选择土钉、锚杆(索)、加筋土、注浆等措施,因此应该合理选择增强坡体稳定的人工加强措施。对于高边坡多数情况下根据加强土体的工程特性需要采用被

动与主动相结合的复合加强措施,如土钉与锚杆等结合的复合土钉墙、普通锚杆与预应力锚杆(索)的结合、注浆加固与锚杆相结合等。斜壁稳定与构造设计包括加强体系的计算、坡体整体与局部稳定的计算、坡体排水和降水体系的设计、斜壁面层和耐磨保护层的设计、斜壁顶部防水设计等。由于边坡地质条件的复杂性,岩土物理力学指标取值的试验方法与自然状态的差异性,各类稳定分析方法的局限性,合理的坡体稳定性评价还必须以工程经验为基础,结合力学和数值分析结果综合判定。边坡的安全还与边坡形成过程以及加强措施的时序密不可分,因此斜壁边坡的设计必须明确开挖或回填过程中的施工要求,包括需要采取的临时支撑措施等。边坡施工过程的安全监测体系和长期使用的安全监测体系需要结合设置,并确定主要监测指标的报警值。斜壁边坡中大量的人工加强措施在长期使用中要确保安全,应保证主要环节的可靠性和耐久性,如锚杆(索)的锚头保护、锚杆的防腐蚀和锚体的耐久性设计、斜壁面的耐磨保护等,设计中应明确使用维护管理要求。

**6.2.3 斜壁边坡结构设计应进行各部分的承载能力极限状态设计,**对于正常使用极限状态主要是计算结构和土体的变形。由于影响土体变形的因素复杂,支护结构和土体的相互作用尚无可靠实用的计算方法,目前各类变形计算方法只是近似估算。因此要求依据当地工程经验和工程类比法,通过信息化施工方法和施工期间与长期变形监测系统来控制变形。强调施工期间可能出现的不利工况验算,主要是因为除稳定的岩石边坡外,斜壁边坡在采取加强措施之前一般是不稳定的。由于施工期间超挖、支护不及时、施工震动、特殊气候等影响,一旦出现过大的变形或滑塌,就会造成很大的经济损失甚至项目报废。施工临时支撑需要考虑斜壁边坡支护设计的应力和变形水平,因此设计应配合施工单位完成。随着计算与数值模拟技术的发展,建议对相互作用关系密切的斜壁、配煤栈桥及返煤地道进行三维数值分析。

**6.2.4** 由于半地下储仓和周边工业场地的填挖平整活动、工程实施后地下水排泄面冬季结冻等会引起地下水排泄环境的改变,引起地下水位的变化,尤其是水位升高时会对边坡安全造成致命的威胁。设计时应通过地下水环境影响分析确定地下水变动的范围,在稳定分析中该范围应采用饱和条件下的土性指标;或者采取可靠的工程措施如降水井、截水廊道,水量不大时设置排水盲沟等。储仓周边地面设计要求完善防排水系统,因此对受雨水浸湿的土层范围可根据实验结果或当地经验,采用增湿的土性指标,既保证安全,又不至于全部采用饱和指标造成浪费。对于储仓周边存在浓缩池等储水构筑物时,应采取调整布置或综合防排水措施,确保不影响边坡稳定,不宜在边坡稳定分析中考虑其漏水影响。

**6.2.5** 高度超过 12m 的斜壁内部稳定计算,还应补充总体平衡法验算,简化的具体计算公式见现行行业标准《公路路基施工技术规范》JTGF10。

**6.2.6** 由于土层和土钉加强工作机理的复杂性,在土钉结构设计中要综合运用计算分析、工程经验类比和现场测试与监控反馈方法等多种计算方法进行验算,互相补充。采用极限平衡法进行整体稳定性分析,采用刚性挡土墙的极限平衡分析方法验算水平滑动、整体倾覆以及地基承载力,采用经验法计算土钉支护内部的侧向土压力,并据此确定土钉的设计内力。计算公式见国家现行标准《铁路路基支挡结构设计规范》TB 10025—2006(2009 局部修订版)和《土钉支护技术规范》GJB 5055—2006 的相关内容。

### **6.3 构造和耐久性**

**6.3.1** 斜壁面层需要考虑煤的冲击和磨损。直接喷在土体上的喷射混凝土的密实度远低于现浇混凝土,喷射混凝土内的钢筋耐久性尚缺乏可靠资料。在内蒙古锡林浩特胜利西二号露天矿原煤半地下仓壁喷射混凝土做过专门实验,结果表明无法满足斜壁面

层的要求。为了在开挖过程中尽快保护并初步稳定裸露的岩土体,有必要采用喷射混凝土护面,比起一般护坡工程的面层,其厚度可以薄一些,但还要设置钢筋混凝土面板,使二者形成复合面层。

目前耐久性预测还不是一门精确的科学,作为工程设计只是偏于保守的近似估计。另一方面,工程结构的耐久性与使用维护有密切关系,所以耐久性设计还要考虑可修复性和定期检测的要求,设法维持其寿命以满足服务要求。

本规范对注浆土钉锈蚀问题的考虑方法是将它作为埋在水泥(或砂浆)浆体碱性环境中的钢筋,其锈蚀过程历经保护层碳化或因盐类侵入使钢筋表面脱钝,开始锈蚀造成截面损失。防止锈蚀破坏的措施主要是从浆体配合比、保护层厚度以及采取掺入阻锈剂、钢筋涂膜等办法来解决。因此,参照钢筋混凝土中钢筋的有关规定,根据不同的环境作用等级和设计使用年限,采用现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 中的保护层厚度、最大水胶比、最小混凝土强度等级、最小胶体用量等要求,同时考虑截面损失率,增大钢筋直径以抵消锈蚀深度。对 V-C 环境作用等级下,钉体钢筋还可考虑采用工厂化生产的环氧涂膜钢筋。在注浆体中加阻锈剂时,可适当降低最小保护层厚度。对 V-D 环境作用等级下的土钉主要参考德国和美国的经验,采用全长加塑料波纹套管的方法解决防腐耐久性问题。对 V-E 环境作用等级下,应经过专门技术论证。

当采用锚杆与土钉结合的复合土钉支护时,锚杆应位于支护上部,锚固段应处于土钉加固的整个土体之外的坚实岩土中,锚固段应位于潜在的边坡破裂面之后,所以要求锚杆长度长于周边土钉。

腐蚀环境下的斜壁加强土钉,专门设置不少于 3 根供使用阶段检测耐久性用的土钉,用于检测土钉钢筋经过不同年限的锈蚀状况。检测用土钉的构造及施工方法与工作钉相同,但长度可以

较短,具体长度取决于需要拔出时的空间要求,以便需要时能整体拔出观察与检测。

**6.3.2 锚杆(索)**在使用期间,长期处于高应力状态,因此对腐蚀比较敏感。在有化学腐蚀的水土环境(即 V-C、V-D 和 V-E 环境工作等级)中,不应该使用预应力锚杆(索);对于目前常用的拉力型和拉力分散型锚杆,由于锚固段存在着拉应力集中现象,锚固体容易出现不符合耐久性要求的裂缝,随着应力的延伸传递,裂缝增多,所以把锚固段的最小保护层厚度增加 20mm;对压力分散性、拉压分散型以及采用套管保护锚固段的锚杆(索)最小保护层厚度,维持现行国家标准《混凝土结构耐久性设计规范》GB/T 50476 中的规定。

储仓斜壁中锚杆采用置入面层中一定深度的沉头式锚头是为了避免煤对锚头的磨损和腐蚀,延长锚头的使用寿命,从而达到保证结构安全的目的。

腐蚀环境下的锚杆,耐久性检测锚杆可以选择工作锚杆,也可专门设置,检测数量可根据工作环境和工作状态确定,但不少于 3 根。其位置选择既要有代表性,又要不影响生产便于检测。检测分析的重点是锚头、自由段防腐措施、部分注浆体、混凝土保护层,外观检查与物理化学分析相结合。

**6.3.3 加筋土边坡的适用高度**,目前尚无定论。根据国内不完整的统计,在已修建的加筋土挡土墙中除用沙砾和黄土作填料外,墙高大于 20m 者较少,且变形较大,失效概率较高。故国内现行有关加筋土挡墙规范对常用墙高仍有所限定。如现行行业标准《铁路路基支挡结构设计规范》TB 10025—2006(2009 年局部修订版)规定:加筋土挡墙的单级高度不宜大于 10m,墙高超过 10m 时应作特殊设计。《公路挡土墙设计与施工细则》(人民交通出版社,2008)也按公路等级对常用墙高作出规定:对大于 12m 的高墙,宜严格控制填料的质量,一般选择粗粒土、黄土等作填料。煤炭系统近年来也有超过 20m 的加筋土挡墙在应用,填料组成通过试验确

定,采用灰土隔水层、粗粒料排水层、改良粉质黏土承载层形成 3m~4m 的组合土层单元。因此本规范规定墙高超过本条规定时,可通过实验或参考墙址条件相似的已建加筋土挡墙的资料及设计理论,搜集安全、可靠的经验数据进行特殊设计。

由于斜壁边坡为长期使用的永久边坡,所以宜选用钢塑复合土工加筋带,其采用高强钢丝与添加抗老化剂的聚合物复合成型,满足耐久性和低蠕变的要求。

加筋带与拉环的隔离层可采用在拉环上缠绕三油两布层、橡胶包裹层或涂塑防锈层。

**6.3.4、6.3.5** 这两条主要对自然稳定的岩石边坡给出锚喷护面构造要求;对斜壁喷射混凝土面层提出特殊构造要求。

**6.3.8** 斜壁边坡顶部应设置钢筋混凝土护顶板,也称作帽石。

## 6.4 监 测

**6.4.1** 本条是对需要系统地进行施工与使用期监测范围的界定。对于安全等级为一级与二级的半地下储仓,其地下部分仓壁深度在岩石和土中分别超过了 10m 和 5m,已经属于深基坑范畴,所以要进行系统的监测。半地下储仓的安全关注点集中在斜壁与返煤地道的设计、施工与使用过程。其突出的特点是工程地质与水文地质条件复杂,岩土的物理力学指标与取样方法、试验方法、自然状态与试验状态的差异密切相关,稳定性分析模型需要许多假定,工程措施的安全与施工过程控制密切相关。因此普遍采用动态化设计、信息化施工,需要监测的内容非常多,本条只给出了对斜壁边坡安全影响最为直接的三部分内容,即地下水环境监测、斜壁边坡及加强措施的应力和变形监测。

**6.4.2** 部分施工监测项目和使用期的监测项目需要连续观测,因此要确保系统在整个监测期间都完好;斜壁上某些检测项目受使用运行条件的限制,需要采取特殊的保护措施;腐蚀环境下的耐久性检测锚杆与土钉,需要保证不被物料破坏且易于操作等,如变形

观测的基准点避免受冻融、水浸或外力破坏等。要保证监测数据的有效性,在工程寿命期保护好观测系统是基础。

**6.4.3** 监测报警是实施监测的主要目的之一,是确保工程安全、预防事故发生的重要措施。监测报警值是判断工程项目安全状态的重要依据。根据报警指标制订的相应应急预案,是及时处置安全隐患的技术与管理保证措施。

**6.4.4** 土钉、锚杆等应力和变形监测、锚头与锚杆自由段的防腐监测等需要局部作业或临时拆除,如果不及时修复,就会成为局部破坏的易损点。

**6.4.5、6.4.6** 斜壁与返煤地道的施工与使用过程能否与设计要求相符,需要在施工和使用过程中通过监测系统来验证,因此需要设计单位根据现场条件、施工方案和运行环境提出监测要求,主要包括需要监测的内容、监测的频率、监测报警值等,为专业的监测单位编制监测方案提供依据和指导。

依据《建设工程勘察设计资质管理规定》(建设部令 160 号)的规定,监测单位需要具备岩土工程和工程测量两方面的专业资质。因此要求委托有资质的单位实施监测。由于监测的内容涉及岩土工程、结构工程、工程测量等方面的综合专业知识,以及丰富的现场工程实践经验,因此要求监测和管理专业化。需要强调的是,专业的第三方监测并不能取代施工单位进行必要的施工监测。

监测单位应严格依据监测方案组织实施,将监测成果及时反馈到设计单位和施工单位,作为动态设计和信息化施工的依据。

**6.4.9** 本条要求工程设计应结合地层条件、安全等级、使用功能要求、地区经验和实践经验提出监测项目的报警值。由于报警值的确定需要监测指标定量化,而目前由于本规范第 6.4.1 条论述的工程特点,要科学地确定报警值还不具备条件,因此需要综合考虑各种影响因素并结合地区经验和实践经验确定。同时,报警值不只是为了控制监测项目的累计变化量,还需要控制其变化速率。所以本条没有规定太详细的报警值。



**6.4.10** 工程设计应确定变形和应力观测的频次和持续时间。变形监测从施工开始直到变形稳定,且在工程投入使用后继续观测不应少于三年,满足这些条件监测单位应向业主和设计单位提供竣工监测报告。其主要内容应包括:监测方案,监测系统布设及验收记录,监测数据及分析整理结果,阶段性监测总结报告,竣工监测总结。以后的长期监测结果应纳入维护管理档案。

## **6.5 维 护 管 理**

**6.5.1** 工程结构维护管理的主要目的是确保在设计使用年限内设计功能的正常发挥,而工程的耐久性能是保证设计功能的关键。在所处的特定环境和施工质量控制前提下,结构与构件的耐久性能可以从混凝土、钢材等材料性能和构造方面给予保证,如混凝土的强度等级、水胶比、胶凝材料用量、掺加剂、最小保护层厚度以及抗冻等级、扩散系数、渗透系数等,又如钢材的成分、表面处理、防锈涂层、最小板件厚度、预留腐蚀削弱量以及封闭构件等;也可以对特别重要的构件和部位采取特殊措施,如特种混凝土、表面处理剂、耐候钢、不锈钢、阳极保护等。由于高昂的代价,使得这些措施不宜大面积推广使用,因此还应该从结构与构件的可修复性方面保证耐久性。所以在材料性能和构造确定后,日常和定期维护管理就是保证耐久性的重要措施。

维护管理的期限就是结构和构件的设计使用年限,期间有定期监测与检验的项目和数据、有实验研究的结果、有相关数据的反馈与处理等,因此要求建立维护管理档案。

**6.5.2** 空仓和部分空仓工况是半地下储仓主要结构的最不利工况,因此在使用期间应避免长时间空仓。同时应利用空仓时机,对最易受损的斜壁边坡进行巡视检查和局部维护,按照时间间隔要求对空仓时的斜壁边坡进行变形与应力测试。

**6.5.3** 对监测管理要求定期检测的项目,如锚杆与土钉拉力长期监测、支护结构的应力、耐久性检测锚杆和土钉、斜壁边坡的变形

(表面和深部)、地下水位的观测与水土环境的检测等,应按要求完成并及时分析整理,出现异常结果或接近监测报警值时,应及时会同勘察、设计与施工三方确定处置方案,尽快修缮。

**6.5.6、6.5.7** 仓顶配煤栈桥地面与返煤地道中容易积聚煤尘,造成局部环境恶劣,影响巡检人员的健康,也潜藏着煤尘着火甚至爆炸的危险。根据对目前运行的半地下储仓走访调查,虽然没有发生火灾和爆炸,但是部分煤仓配煤栈桥的煤尘积聚较厚;其他的栈桥有由于煤尘引起火灾的事例。由于煤中瓦斯的释放及细煤尘的漂浮与积聚,可能引起屋面通风瓦斯排放不畅,构成火灾隐患。以往设计文件中对使用管理和维护保养方面的内容很少,本规范针对与安全使用密切相关的几个方面给出要求。

S/N:1580242·151



9 781580 242151 06 >



统一书号: 1580242·151

定 价: 13.00 元