**T/CECSxxx：2020**

中国工程建设协会标准

铁路塌陷区线路工程维护与加固技术规程

Technical specification for maintenance and reinforcement of existing railway line engineering in subsidence area

淮河能源（集团）股份有限公司淮南铁路运输分公司

中国矿业大学

前言

根据中国工程建设标准化协会《关于印发〈2018年第二批协会标准制订修订计划〉的通知》（建标协字[2018]030号）的要求，规程编制组在广泛调查研究，认真总结实践经验，参考相关国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本规程。

本规程的共分7章，主要内容包括：总则、术语与符号、基本规定、塌陷区地基处理、塌陷区路基维护与加固、塌陷区桥涵维护与加固、塌陷区线路监控。

本规程由中国工程建设标准化协会铁道分会管理，由中国矿业大学负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请寄往解释单位（地址：江苏省徐州市大学路1号中国矿业大学，邮政编码221116）。

**主编单位：**淮河能源（集团）股份有限公司淮南铁路运输分公司

中国矿业大学

**参编单位：**中国煤炭科工集团南京设计研究院有限公司

淮北矿业股份有限公司铁路运输处

抚顺矿业集团公司运输部

**主要起草人：**程晗、王东权、杨兴全、葛勤业、李秀峰、杨耕、盛平、于广云、苏军、石淑桂、刘书奎、高勇、余振球、胡志强、杨芹、周海建、曲晶彬

**主要审查人：**

**目 次**

[1总则 1](#_Toc47263979)

[2术语与符号 2](#_Toc47263980)

[2.1术语 2](#_Toc47263981)

[2.2符号 2](#_Toc47263982)

[3基本规定 4](#_Toc47263983)

[4塌陷区地基处理 5](#_Toc47263984)

[4.1一般规定 5](#_Toc47263985)

[4.2地基处理设计 5](#_Toc47263986)

[4.3地基处理施工 7](#_Toc47263987)

[4.4地基处理质量与控制 7](#_Toc47263988)

[5 塌陷区路基维护与加固 8](#_Toc47263989)

[5.1一般规定 8](#_Toc47263990)

[5.2路基设计 8](#_Toc47263991)

[5.3路基施工 11](#_Toc47263992)

[5.4质量控制 12](#_Toc47263993)

[6 塌陷区桥涵维护与加固 13](#_Toc47263994)

[6.1一般规定 13](#_Toc47263995)

[6.2结构与构造设计 13](#_Toc47263996)

[6.3施工 19](#_Toc47263997)

[6.4质量控制 21](#_Toc47263998)

[7 塌陷区线路监控 22](#_Toc47263999)

[7.1一般规定 22](#_Toc47264000)

[7.2变形监测 22](#_Toc47264001)

[7.3线路运行与控制 23](#_Toc47264002)

[标准用词说明 26](#_Toc47264003)

[引用标准名录 27](#_Toc47264004)

[条文说明 29](#_Toc47264005)

1 总则

**1.0.1**为了贯彻执行国家的技术经济政策，保证塌陷区既有铁路线路工程维护与加固技术规范化，做到技术先进、安全可靠、经济合理、确保质量，制定本规程。

**1.0.2**本规程适用于塌陷区既有铁路专用线中的地基、路基与桥涵工程的维护与加固设计、施工和质量控制以及线路的监控。

**1.0.3**塌陷区既有铁路线路工程维护与加固应体现技术经济合理和安全高效的原则，因地制宜地采用新技术、新工艺、新设备、新材料，推行科学管理

**1.0.4**塌陷区既有铁路线路工程维护与加固技术除应符合本规程外，尚应符合国家有关现行标准的规定。

2 术语与符号

**2.1术语**

**2.1.1**塌陷区 Subsidence area

煤矿采煤之后留下的下陷地域。

**2.1.2**铁路专用线 Railway industrial siding

与国家铁路或其他铁路接轨、仅办理货运作业、设计速度不大于80km/h的新建及改建标准轨距铁路专用线。

**2.1.3**反压护道 [Backberm](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e5%8f%8d%e5%8e%8b%e6%8a%a4%e9%81%93&tjType=sentence&style=&t=back+berm)

在软弱地基路段，路堤一侧或两侧填筑起反压作用的具有一定宽度和厚度的土体。

**2.1.4**超宽反压护道 Extra-wide [backberm](http://dict.cnki.net/dict_result.aspx?searchword=%e5%8f%8d%e5%8e%8b%e6%8a%a4%e9%81%93&tjType=sentence&style=&t=back+berm)

在设计临水缓坡和反压护道外增加的宽度。

**2.1.5**框架结构桥涵 Frame structure bridge and culvert

由钢筋混凝土框架结构构成的桥涵。

**2.1.6**“夹心式”路基 "Sandwich" earth structure

路基中间为道砟，两侧为填筑材料的路基结构形式。

**2.2符号**

**2.2.1材料性能**

$P\_{f}$—桩身试块无侧限抗压强度平均值。

**2.2.2作用与作用效应**

$\left[P\right]—单桩承载力$；

*qi—*桩周第*i*层土的摩擦力的特征值；

*q*p*—*桩端天然地基地基土承载力的特征值；

$σ\_{sp}$*—*复合地基承载能力特征值；

$σ\_{s}$*—*桩间天然地基土承载能力特征值；

$f\_{kz}$*—*扰动地基土承载力降低后的特征值；

$f\_{kz0}$*—*未扰动地基土承载力的特征值；

$f\_{z}$*—*$作用在$复合地基以下的扰动地基作用的荷载效应。

**2.2.3几何参数**

*Ap*—桩身截面积；

*up*—桩身周长；

*li—*桩周第*i*层土的厚度；

*A*—桩所承担的复合地基面积。

**2.2.4计算系数及其他**

*η—*桩身强度折减系数；

$α$p—桩端端阻力发挥系数；

$α$—采动折减系数；

*β—*桩间土承载力折减系数。

3 基本规定

**3.0.1**塌陷区既有铁路线路工程维护与加固处理方法应根据采煤沉陷预计值、工程地质条件、线路工程现状、施工难易程度及对铁路行车的影响等因素综合确定。

**3.0.2**采煤沉陷预计值可根据《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》的有关规定进行计算。

**3.0.3**地表沉陷之前，可提前进行地基处理、路基加宽及加高、桥涵维护及加固。地表沉陷期间，应依据下沉量监测结果进行线路的沉落整修，确保塌陷区线路的轨面标高和线形满足行车要求。

4 塌陷区地基处理

**4.1一般规定**

**4.1.1**塌陷区既有铁路专用线地基处理的方法应根据工程地质条件、荷载效应及采煤沉陷不利影响确定。

**4.1.2**塌陷区既有铁路专用线地基处理宜采用换填或复合地基。

**4.1.3**塌陷区既有铁路专用线地基应进行抗采动影响设计，需考虑采煤沉陷对地基土力学性能的不利影响。

**4.1.4**复合地基处理施工技术标准与常规复合地基相同，参见《铁路工程地基处理技术规程》TB 10106。

**4.1.5**复合地基处理质量控制标准与常规复合地基相同，参见《铁路工程地基处理技术规程》TB 10106。

**4.2地基处理设计**

**4.2.1**采动影响地基处理设计内容主要包括桩体布置几何设计、采动地基承载能力的确定。

**4.2.2**桩体布置几何设计的主要内容包括桩平面布置方式、桩间距、桩长和桩径。桩长由桩侧向摩阻承载能力、持力层埋深、施工机械能力、基础荷载影响深度和开采扰动影响深度等因素综合决定。

**4.2.3**复合地基承载能力应满足最终下沉后所需地基荷载效应的要求，可按下式确定：

$σ\_{sp}\geq f\_{s}$（4.2.2-1）

$σ\_{sp}$—复合地基承载力特征值，kPa;

$f\_{s}$—最终下沉后所需地基荷载效应值，kPa。

**1**复合地基承载能力可按式4.2.2-2计算：

|  |  |
| --- | --- |
|  $σ\_{sp}=\frac{1}{A}\left[\left[P\right]+βσ\_{s}\left(A-A\_{p}\right)\right]$ | （4.2.2-2） |

式中：*A*—桩所承担的复合地基面积，m2；

*β*—桩间土承载力折减系数，0.2~0.6之间；

$σ\_{s}$—桩间土天然地基承载力特征值，kPa；

[P]—单桩承载力特征值，kN。

2 单桩承载力特征值可按式4.2.2-3计算：

$\left[P\right]=min\left\{\begin{array}{c}η∙P\_{f}∙A\_{p}\\u\_{p}\sum\_{i=1}^{n}q\_{i}l\_{i}+α\_{p}∙A\_{p}∙α∙q\_{p}\end{array}\right.$（4.2.2-3）

式中：*η*—桩身强度折减系数，可取0.35~0.5；

$P\_{f}$—桩身试块无侧限抗压强度平均值，MPa，可通过现场试配确定；高压旋喷桩$P\_{f}$=3~8MPa，通常粘性土$P\_{f}$取高限、砂性土$P\_{f}$取低限；粉喷桩或水泥搅拌桩：28天时，$P\_{f}$=0.8MPa；90天时，$P\_{f}$=1.2MPa；

*Ap*—桩身截面积，m2；

*up*—桩身周长，m；

*li*—桩周第i层土的厚度，m；

*qi*—桩周第i层土的摩擦力的特征值，kPa，按勘察结果或规范取值；

$α$*p*—桩端端阻力发挥系数，当采用水泥搅拌桩时取0.4~0.6；当采用旋喷桩时取1；

*qp*—桩端地基土承载力的特征值，kPa；

$α$—采动折减系数，见表4.2.2。

**表4.2.2采动折减系数**$α$**建议值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 地基土性 | 软弱土地基 | 普通土地基 | 坚硬土地基 |
| 承载力/kPa | <100~150 | 150~300 | >300 |
| 采动折减系数$α$ | 1.0~0.9 | 0.6~0.4 | 1.0~0.9 |

注：表中$α$下沉量大取低限，下沉量小取高限。

**4.2.4** 采动过程中复合地基以下天然地基的承载力应满足荷载效应值要求，可按下式确定；

$f\_{kz}\geq f\_{z}$ （4.2.4-1）

式中：$f\_{kz}$—复合地基以下天然地基的承载力特征值，kPa;

$f\_{z}—作用在$复合地基以下的扰动地基作用的荷载效应值，kPa；

复合地基下天然地基扰动承载力特征值*fkz*按下式计算：

$f\_{kz}=αf\_{kz0}$ （4.2.4-2）

式中：$α$—采动扰动地基土力学参数折减系数，见表4.2.2；

*fkz0*—未扰动地基土承载力的特征值，kPa。

**4.2.5** 对于软弱土地基可采用水泥搅拌桩或高压旋喷桩进行复合地基加固；对于普通土地基可采用高压旋喷桩进行复合地基加固。

5 塌陷区路基维护与加固

**5.1一般规定**

**5.1.1**塌陷区既有铁路均为有砟轨道，其路基面形状与宽度除应符合《铁路专用线设计规范》TB10638的规定外，还应满足塌陷区施工临时便道、约束道床等特殊功能要求。

**5.1.2**路基宜在沉陷前预先进行加宽、加高，每次预加高高度不宜超过1m；道床应采用随下沉、随补充道砟的抬高方法。

**5.1.3**路基加高应采用自下而上的方式进行，新老路基搭接处应采用台阶法处理。

**5.1.4**“夹心式”路基应设置横向排水或灌浆封堵以防止“夹心”存水。

**5.2路基设计**

**5.2.1**塌陷区铁路路基的结构形式为“夹心式”路基结构。两侧路基结构既是维护道床稳定的支挡结构，又是下沉施工的道路，路肩宽度除应符合《铁路专用线设计规范》TB10638规定要求外，还应满足施工车辆行驶和路基稳定性要求。

**5.2.2**既有路基加固后的高度可按下式计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$H=∑h\_{i}+h\_{0}$$ | （5.2.2） |

式中*H*—既有路基加高后高度，m；

$h\_{i}$—路基分次下沉量，m，即每个工作面的开采沉陷预计值；

$h\_{0}$—路基原设计初始高度，m。

**5.2.3**既有路基加固后的高度小于5m时，路基面宽度按式5.2.3-1、5.2.3-2计算，如图5.2.3-1、5.2.3-2所示。

单线：

|  |  |
| --- | --- |
| $$B=A+2x+2c$$ | （5.2.3-1） |

双线：

|  |  |
| --- | --- |
| $$B=2\left(\frac{A}{2}+x+c\right)+D$$ | （5.2.3-2） |

式中*B*—路基面宽度，m；

*A*—道床顶面宽度，m；

*x*—砟肩至道砟坡脚的水平距离，m；

*c*—路肩宽度，m，宜取4~6m；

*D*—双线线间距，m。

|  |
| --- |
|  |
| 图5.2.3-1 单线铁路路基断面图（路基高度小于5m） |
|  |
| 图5.2.3-2 双线铁路路基断面图（路基高度小于5m） |

5.2.4 既有路基加固后的高度大于5m时，可根据需要设置台阶式路基，其中一层台阶简称为“一台”，二层台阶简称为“二台”。二台高度应在水位线之上，二台宽度以4~6m为宜，在软弱地基条件下需加宽。

路基面宽度按式5.2.4-1、5.2.4-2计算，如图5.2.4-1、5.2.4-2所示。

单线：

|  |  |
| --- | --- |
| $$B=A+2x+2c+2y+2d$$ | （5.2.4-1） |

双线：

|  |  |
| --- | --- |
| $$B=2\left(\frac{A}{2}+x+c+y+d\right)+D$$ | （5.2.4-2） |

式中*y*—一台坡顶至一台坡脚的水平距离，m；

*d*—二台宽度，m。

|  |
| --- |
|  |
| 图5.2.4-1 单线铁路路基断面图（路基高度大于5m） |
|  |
| 图5.2.4-2 双线铁路路基断面图（路基高度大于5m） |

**5.2.5**路基坡度依据路基的高度、填料特性及浸水条件确定，以1：1.5~1：1.75为宜，水下以1：2.5~1：3为宜。

**5.2.6**路基加固填料与压实应符合以下规定：

**1**铁路专用线路基加固填料应选择强度高、水温稳定性好的材料，加固填料应符合《公路路基设计规范》JTGD30的要求。采用采矿弃石，如煤矸石进行填筑时，还应满足环保要求。

**2**煤矸石填料宜选用风化后的煤矸石，最大颗粒粒径不应超过填筑层厚度的2/3。

**3**铁路专用线加宽加高应自下而上分层填筑分层碾压，压实度不应小于93%。

**4**煤矸石填筑层宜采用重复碾压沉降差的方式检测压实度，重复碾压沉降差标准值见表5.2.6。其他加固填料压实标准参见《公路路基设计规范》JTGD30。

**表5.2.6 煤矸石填筑层重复碾压沉降差标准值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 压实度（%） | 95 | 93 | 90 | 85 |
| 压实沉降差（mm） | 3.0 | 5.0 | 9.0 | 15.0 |

**5.2.7**随着开采不断下沉，在高填方高水位软弱地基条件下，铁路专用线“夹心式”路基可能失稳，应进行路基稳定性分析。

**1**对沉陷下沉各阶段路基断面进行稳定性分析，从而确保沉陷下沉各阶段和沉稳后路基维护加固的安全可靠性。

路基稳定性分析内容包括局部稳定性分析和整体稳定性分析。

沉陷区铁路专用线路基上作用的荷载有列车荷载及施工汽车荷载，应根据不同工况进行荷载组合。汽车荷载按施工车辆实际确定，列车荷载参见《铁路路基设计规范》TB10001。

**2**稳定性分析可采用极限平衡法或其他数值方法计算边坡稳定性系数，按式5.2.7计算：

|  |  |
| --- | --- |
| $$K=\frac{F\_{k}}{F\_{x}}\geq [K]$$ | （5.2.7） |

式中*K*—边坡稳定性系数；

[*K*]—允许安全系数，参见《铁路专用线路基设计规范》TB10638；

$F\_{k}$—滑动面上的抗滑力，kN；地基土强度参数由工程地质勘探确定，应进行采动折减，折减系数见表4.2.2；

$F\_{x}$—滑动面上的下滑力，kN。

**3** 煤矸石路基材料力学参数见表5.2.7。

**表5.2.7铁路专用线煤矸石路基材料力学参数建议值**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 工况状态 | 粘聚力*c*/kPa | 内摩擦角*ϕ*/° |
| 竣工验收 | 25~32 | 30~32 |
| 连续降雨 | 6~8 | 27~30 |
| 水下 | 0 | 27 |

其他填料参数见《公路路基设计规范》JTGD30。

**5.2.8**在软弱地基条件下，安全系数不能满足要求时，可采用以下方法进行提高：

1进行地基处理，提高地基土强度；

2加宽不受限时，可采用加宽二台形成反压护道的方法进行加固，加宽宽度由稳定性分析确定；

3加宽受限时，可铺设土工格栅或铺设土工格室以提高路基抗剪强度，也可采用加筋结构挡土墙。

**5.2.9**路基边坡防护应符合以下规定：

1路基边坡坡面应能够满足下沉各阶段的抗雨水冲刷要求。

2路堤浸水部位应采取防冲刷措施。

3路基边坡坡面在下沉各阶段不宜采用覆土植草防护。

4路基沉稳后应进行永久坡面防护。

**5.3路基施工**

**5.3.1**路堤加宽部分基底处理，首先进行基底清表，以见新鲜土为准，然后进行基底填前压实；浸水路堤加宽时，宜采用粒径不小于10cm的石质填料或煤矸石进行填筑直至出水面。

**5.3.2**路基加宽加高施工应由下向上分层实施，分层压实厚度依据压实机械能力控制，宜取20~40cm，严禁从上向下倒料碾压施工。

**5.3.3**新旧路基搭接采用台阶法，台阶高度应与分层碾压厚度相协调，宜取0.4~1m。

**5.4质量控制**

**5.4.1**在路基施工前，应对路基填料进行质量检查，确保填料质量符合设计要求，保证其具有足够的稳定性。

**5.4.2**路基基底清表压实后压实度不应低于90%。

**5.4.3**新老路基以台阶法搭接时，其搭接长度不宜小于1m。

**5.4.4**铺设土工格栅范围内的碾压层表面应平整，顺路线方向搭接长度不宜小于20cm。

**5.4.5**控制煤矸石的最大粒径不超标，粒径超标颗粒应进行剔除或破碎处理。

**5.4.6**煤矸石宜采用振动压路机在最佳含水量条件下进行碾压，压实度应满足表5.2.2要求。

**5.4.7**其他填筑材料质量控制要求参见《公路路基设计规范》JTGD30。

6 塌陷区桥涵维护与加固

**6.1一般规定**

**6.1.1** 塌陷区铁路桥应采用抗采动变形的桥涵结构与构造。

**6.1.2** 塌陷区桥涵不宜加高续建时，可易址重建。

**6.1.3** 塌陷区既有梁式桥宜改建为框架桥。

**6.1.4** 塌陷区的桥涵应根据铁路线路条件、工程地质条件、跨越要求、水文条件及采煤沉陷情况综合确定新建及续建结构与构造。

**6.1.5** 桥涵结构与构造应进行抗采动变形设计以满足各阶段下沉及最终下沉要求。

**6.1.6** 各阶段下沉过程中，应设置挡砟墙以适应下沉，满足行车要求。

6.1.7 线路两侧桥梁宜在下沉前或下沉过程中续建，并在沉陷稳定后完成续建。

**6.1.8** 当沉降量达到续建高度时，应进行不中断行车的桥涵续建。

**6.1.9** 塌陷区桥涵可采用左右两幅交替加高的方式进行续建。

**6.1.10** 塌陷区桥涵续建或改建宜采用施工便梁架空线路。当不具备使用施工便梁架空条件时，应进行专用架空体系设计。

**6.1.11** 依据工程地质条件、采煤沉陷条件及采煤沉陷各阶段荷载效应，确定地基处理的方式并进行抗采动变形设计。

**6.2结构与构造设计**

**6.2.1**封闭式框架结构桥由单个框架沿纵向和横向组合而成，框架间设置抗采动变形缝。下沉加高续建时，续建结构应采用与既有结构相同的结构形式，续建结构与既有结构之间应保证可靠连接。

**1** 封闭式单个框架结构构造应符合以下规定：

1）框架长度L宜取8~12m，宽度B宜取（0.5~1）L。

2）侧墙厚度d3应小于或等于顶板厚度d2，底板厚度d1宜取400~1200mm、顶板厚度d2宜取400~800mm。

|  |
| --- |
|  |
| 图6.2.1 单个框架结构与构造示意图 |

**2** 封闭式组合框架结构构造应符合以下规定：

1）组合框架由单个框架沿路线宽度和长度进行组合而成。

2）宽度方向组合考虑铁路行车、下沉加高和两侧施工车辆通行，单线铁路可采用三框架组合即：4m+6m+4m或6m+6m+6m（宽度方向），双线铁路中间框架应加宽至9~10m；双框架组合方式宜采用7~10m+7~10m。

3）长度方向组合由桥涵长度决定。

4）框架间应设置抗采动变形缝，缝宽宜取160~250mm，缝内应设置接缝板，缝表面应灌注高弹性填缝料，接缝板宜采用沥青软木、橡胶板或泡沫板等，填缝料宜采用液体橡胶或沥青橡胶等。

**3** 封闭式组合框架续建加高构造应符合以下规定：

1）封闭式组合框架续建高度与下沉量及续建结构构造相关，续建高度宜取4~6m。

2）在下沉过程中，应构筑挡砟墙以满足下沉过程中既有铁路道床随下沉随加高的要求。

**4** 结构设计应依据各阶段桥体结构建立计算模型，采用专业结构计算软件或通用软件计算荷载效应和采动变形条件下的内力，依据计算结果进行截面优化和配筋布置。

**6.2.2** 可续建U型组合框架结构桥由单个可续建U型框架沿纵向和横向组合而成，框架间设置抗采动变形缝。下沉加高续建时，通过抬高盖板续建侧墙的方式进行续建，续建高度达到封闭框架要求时，应形成封闭结构。

**1** 单个可续建U型框架结构构造应符合以下规定：

1）桥涵初始高度为4~6m时采用U型结构，初始高度为6~10m时采用组合U型结构，见图6.2.2-1、6.2.2-2、6.2.2-3。

2）框架长度L宜取6~12m，宽度B宜取6~10m。

3）U型结构上部采用钢筋混凝土预制盖板，厚度宜取400~800mm，下部为两侧墙与底板连接形成U型结构底座。侧墙厚度宜取400~800mm，底板厚度宜取400~1200mm，中隔板厚度宜取400~800mm。

|  |
| --- |
|  |
| 图6.2.2-1 U型框架结构与构造示意图 |
| C:\Users\linxiaowen\Desktop\1.png | C:\Users\linxiaowen\Desktop\2.png |
| 6.2.2-2 二层U型组合框架结构与构造示意图 | 6.2.2-3 三层U型组合框架结构与构造示意图 |

**2** 可续建U型组合框架结构构造应符合以下规定**：**

1）组合框架由单个框架沿路线宽度和长度进行组合而成。

2）宽度方向组合考虑线路拨道、下沉可续建加高和施工车辆通行，由两幅构成，单幅宽度宜取8~9m。

3）长度方向组合由桥涵长度决定。

4）框架间应设置抗采动变形缝，变形缝要求与封闭式组合框架结构桥变形缝设计要求相同。

**3** 可续建U型组合框架续建加高构造应符合以下规定：

1）可续建U型组合框架续建加高宜采用左右两幅交替加高的方式进行，续建高度宜取4~6m，初始结构为图6.2.2-1时，续建后结构如图6.2.2-2所示，初始结构为图6.2.2-2时，续建后结构如图6.2.2-3所示；

2）桥上线路随框架结构的左右交替续建进行拨道调整，期间应设挡砟墙以确保左右幅桥涵交替施工时不中断行车。

**4** 结构设计应依据各阶段桥体结构建立计算模型，采用专业结构计算软件或通用软件计算荷载效应和采煤沉陷条件下的内力，依据计算结果进行截面优化和配筋布置。

**6.2.3** 挡砟墙可采用砌体结构或钢结构。

**1** 构造应符合以下规定：

1）挡砟墙高度应与续建箱体高度一致，挡砟墙内净宽度应与道床宽度一致，总宽度不应超过续建箱体宽度。

2）砌体结构挡砟墙由砌块和拉筋构成，适应抬升高度3~4m，砌块可采用砖或混凝土块，砌筑要求应符合《砌体结构设计规范》GB50003的要求。

3）钢结构挡砟墙由H型钢立柱、斜撑、挡砟板和拉筋构成，适应抬升高度4~6m，立柱间距宜取为1m，采用化学锚栓固定在顶板上。

4）拉筋采用φ30~φ35的钢筋，拉筋间距宜取0.5m。

5）挡砟墙内充填的道砟与道床道砟相同。

**2** 挡砟墙结构设计计算内容主要包括挡砟墙的抗滑移、抗倾覆和结构内力验算等。

**6.2.4** 桥头防护结构宜采用钢筋混凝土挡土墙。

**1** 构造应符合以下规定：

1）墙高小于5m时宜采用悬臂式挡土墙，墙高大于5m小于15m时宜采用扶壁式挡土墙，沉陷后墙高超过15m时宜采用分级设置；

2）挡土墙分段长度不宜超过10m，挡土墙间应设置抗采动变形缝，缝宽宜取5~10cm，缝表面安设防护波纹板，缝内充填接缝板；

3）挡土墙结构和构造应按照设计墙高确定，可采用与桥涵续建高度相同的高度进行续建加高，挡土墙的设计高度由桥涵初始高度和累计沉陷值决定；

4）挡土墙的基础和地基处理与桥涵基本相同；

5）挡土墙其他构造要求应符合《公路路基设计规范》JTGD30的要求。

**2** 挡土墙结构设计计算内容主要包括常规荷载作用下和采动变形附加荷载作用下挡土墙的墙身截面应力、抗滑移、抗倾覆和地基承载力等。

**6.2.5地基处理与基础设计**

**1** 地基宜采用复合地基进行抗采动变形加固。采用高压旋喷桩或水泥搅拌桩复合地基时，加固深度宜取6~15m。地基应按本规程要求进行抗采动变形设计。

**2** 基础宜采用砂石垫层和素混凝土垫层，砂石垫层和素混凝土垫层厚度宜取30~50cm。混凝土垫层应设置变形缝，变形缝的宽度与位置应与框架间变形缝一致。

**6.2.6** 不中断架空体系包括横向架空体系和纵向架空体系两种方式。

**1** 横向架空体系主要适合于由三幅框架组成的桥涵续建。沉陷前先建设两侧箱体，中间箱体设置挡砟墙以适应不断下沉。沉陷达到续建高度时，构筑横向架空体系，进行不中断行车中间箱体续建。

横向架空体系由横向主梁、支座构成。横向主梁可采用H型钢或工字钢，通过支座固定在两侧箱体顶面，支座间距与轨枕间距一致，钢轨用专用扣件固定在主梁上，横向架空体系示意图如图6.2.5-1、6.2.5-2所示。

|  |
| --- |
| D:\QQ\消息记录\1335641999\Image\C2C\J5E[T}$8A$HX86W[O{B1G`J.png |
| 图6.2.5-1 架空结构设计平面图 |
| D:\QQ\消息记录\1335641999\Image\C2C\IX0C@PUN{Y%X@NO24%6_(89.png |
| 图6.2.5-2 架空结构形式图 |

**2** 纵向架空体系由沿铁路纵向布置的架空结构和支墩构成。架空结构可采用D型施工便梁，支墩宜采用桩基础或墩基础。

纵向架空结构构造体系平面图与立面图见图6.2.5-3、6.2.5-4。

|  |
| --- |
| C:\Users\linxiaowen\Desktop\1-1(1).jpg |
| 图6.2.5-3 纵向架空体系平面示意图 |
| C:\Users\linxiaowen\Desktop\1-1.png |
| 图6.2.5-4 纵向架空体系立面示意图 |

1）D型施工便梁应根据续建桥涵的跨径和高度进行型号选择；

2）支墩宜采用机械成孔，难以机械成孔的煤矸石填筑层可采用人工挖孔，桩径宜取1.2~1.5m，桩长由荷载效应和工程地质条件确定。

**3** 架空体系的设计要应符合以下规定:

1）横向架空体系应进行重载列车作用下的刚度、强度及稳定性验算；

2）D型施工便梁纵向架空体系应进行支墩的承载能力校核；

3）列车通过架空体系时应限速运行；

4）在上述两种架空体系不适用时，应专门设计架空体系。

**6.3施工**

**6.3.1**挡砟墙施工应符合以下规定：

**1** 砌体结构挡砟墙砌体砌筑时应符合《砌体结构工程施工规范》GB50924的要求；砖宜选用标号为MU10，混凝土砌块宜选用C20，砂浆宜选用M7.5；拉筋应施加适当的预紧力。

**2** 钢结构挡砟墙应根据立柱的位置确定化学锚栓孔的位置；化学锚栓应根据孔径和孔深进行钻孔，清孔时先用毛刷清孔内灰尘，再用清洁的压缩空气将孔内灰尘清干净，填孔并植入螺栓后应留足够时间让粘结剂固化，固化时间应控制在1小时内；除化学锚栓外，其余螺栓宜选用高强度螺栓，施工应符合《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82的要求；钢结构安装应符合《钢结构工程施工规范》GB50755的要求。

**6.3.2** 架空体系钢结构施工应符合以下规定：

**1** 钢结构施工前应对箱体顶面以及轨面标高进行校核，检查安装定位所用轴线控制点及测量标高所使用的水准点是否正确。

**2** 应编制架空体系专项施工方案，以确保在线路封锁期间完成计划的工作内容。

**3** 钢轨与架空体系连接应可靠，并确保轨道间绝缘。

**4** 主要受力构件间的焊缝应进行无损检测。

**5** 架空体系正式使用前应进行试运行以确保架空体系安全可靠。

**6** 对于非便梁的架空体系，运行前应进行结构安全检测，施工过程中应进行施工安全监测。

**7** 采用人工挖孔桩施工时，应采取防止塌孔等安全措施，施工还应符合《人工挖孔桩施工工艺标准》FJEJ/QBSJ-010406的要求。

**6.3.3**续建钢筋混凝土桥涵结构施工应符合以下规定：

**1** 架空体系下桥体的施工应在沉稳后沉陷值满足续建高度要求时进行。

**2** 施工前应对箱体顶面标高进行校核。

**3** 列车经过架空体系时，应中断施工以确保施工安全。

**4** 续建结构与既有结构之间的连接应符合有关规范要求。

**5** 框架混凝土浇筑应分两阶段进行，先浇筑墙体，当墙体混凝土达到强度要求后方可进行顶板施工。顶板底模应在混凝土强度达到设计要求后再拆除，续建桥体主体结构及其附属结构施工亦应符合《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB10092的相应要求。

**6** 线路恢复应在续建桥体混凝土强度达到设计强度后进行。

**7** 可续建U型结构钢筋连接位置应避免在二层侧墙端部及中隔板附近。

**8** 可续建U型结构桥涵施工工艺要求为首先进行拨道使线路移到一侧箱体上，再采用挡砟墙实现随下沉随加高，另一侧箱体进行加高续建，具体步骤见图6.3.3-1~6.3.3-2。当下沉至设计高度时，拨道移动到已续建完成的箱体顶面，进行另一侧箱体的续建，最后恢复线路，见图6.3.3-3~6.3.3-4。

|  |  |
| --- | --- |
| C:\Users\linxiaowen\Desktop\2-1.png | C:\Users\linxiaowen\Desktop\2-2(2).jpg |
| 图6.3.3-1 左侧箱体加高施工过程示意图 | 图6.3.3-2 左侧箱体加高完成图（1-1断面图） |
| C:\Users\linxiaowen\Desktop\2-3.png |  |
| 图6.3.3-3 右侧箱体加高施工过程示意图 | 图6.3.3-4 右侧箱体加高完成图（1-1断面图） |
|  |

**6.4质量控制**

**6.4.1**桥涵施工的质量控制标准应符合相关规范要求。

**6.4.2**针对抗采动变形特殊要求的桥涵，应制定专门的质量控制标准。

塌陷区线路监控

**7.1一般规定**

**7.1.1**线路监控及维护应满足行车安全指标的要求。

**7.1.2**线路监控指标内容包括轨道变形、轨道不平顺、轨道下沉速率等。

**7.1.3**应根据下沉速率对通过沉陷路段的车辆进行限速，限速范围为5~25km/h。

**7.2变形监测**

**7.2.1**铁路塌陷区线路变形监测宜以塌陷区自动化监测为主，人工四等水准测量辅助监测。

**7.2.2**每次随机抽取40%的自动化监测点数据，将自动化监测点数据与人工监测数据进行比对，计算其二者监测结果的差异，统计最大误差、最小误差、标准差，其中标准差计算公式如下：

|  |  |
| --- | --- |
| $$σ=\pm \sqrt{\frac{\sum\_{i=1}^{n}v\_{i}^{2}}{n}}$$ | （7.2.2） |

式中$σ$—标准差；

$v\_{i}$—自动化监测结果与人工监测结果的差异；

—验证点的个数。

当标准差绝对值小于规范规定的差异时，认为自动化监测结果合格，反之认为自动化结果不合格。

**7.2.3**铁路塌陷区沉降变形观测点（自动化监测点）可根据现场实际情况，宜以50m为一间隔进行布设，并延长至沉陷区范围两边各200m，以防塌陷区范围扩大。每处沉降变形观测点至钢轨的距离为5.0m～20m为宜。沉降变形观测点宜设在能反映铁路沿线变形特征的位置，易于观测且不受施工影响。

**7.2.4**四等水准测量每千米水准测量的全中误差不应超过10mm。

**7.2.5**首期沉降变形观测宜连续进行2次，取平均值作为初始值，从第二期开始，可采用单程附合测量进行观测。

**7.2.6**对铁路沿线地表塌陷裂缝、台阶和铁路沿线输电线路下沉、铁路桥涵破坏等地表附属物破坏状况进行实地勘查和测量并编录台帐。

**7.2.7**塌陷区自动化监测系统由数据采集部分、数据通信部分、数据处理部分组成。数据采集部分包括基准站和监测站。系统需构建覆盖矿区铁路的多功能连续运行参考站系统（CORS），利用CORS提供的地基卫星增强信号，建立塌陷区沉降自动化监测系统，实时监测测点坐标位移值。

**7.2.8**在布设有自动化监测系统的塌陷区铁路，人工监测频率不宜少于每周一次。

7.2.9在无自动化监测系统的塌陷区铁路，人工监测频率不低于以下要求：

1沉降变形观测点日最大下沉量为1~20 mm时，每周人工水准测量监测一次；

2沉降变形观测点日最大下沉量为21~50 mm时，每周人工水准测量监测二次；

3沉降变形观测点日最大下沉量为51~80 mm时，每周人工水准测量监测三次；

4沉降变形观测点日最大下沉量为80mm以上时，每日人工水准测量监测一次；

5遇异常下沉现象应加密监测，监测结果应确保行车安全。

**7.2.10**沉降变形观测成果应包含下列内容：

**1** 观测日期

**2** 气象条件

**3** 测点编号

**4** 本次高程、坐标

**5** 本期沉降量、位移量

**6** 累计沉降量、位移量

**7** 沉降速率、位移速率

**7.2.11**当轨道下沉速率连续三周小于0.5mm/d时，塌陷区可视为稳定。

**7.3线路运行与控制**

**7.3.1** 塌陷区线路静态检查周期参照本规程7.2.9规定执行。

**7.3.2** 塌陷区线路轨道静态几何尺寸容许偏差管理值如表7.3.2的规定。沉陷期间线路轨道静态几何尺寸维护按经常保养标准；塌陷区稳定后竣工验收时按作业验收标准。

**表7.3.2塌陷区线路轨道静态几何尺寸容许偏差管理值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 作业验收 | 经常保养 | 临时补修 |
| 轨距（mm） | +6-2 | +9-4 | +10-4 |
| 水平（mm） | 5 | 8 | 11 |
| 高低（mm） | 5 | 8 | 11 |
| 轨向（直线）（mm） | 5 | 8 | 11 |
| 三角坑（扭曲）（mm） | 缓和曲线 | 5 | 7 | 8 |
| 直线和圆曲线 | 5 | 8 | 10 |

**7.3.3** 塌陷区道岔轨道静态几何尺寸容许偏差管理值如表7.3.3的规定。 沉陷期间道岔轨道静态几何尺寸维护按经常保养标准；竣工验收时按作业验收标准。

**表7.3.3塌陷区道岔轨道静态几何尺寸容许偏差管理值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 作业验收 | 经常保养 | 临时补修 |
| 轨距（mm） | +3-2 | +5-3 | +6-3 |
| 水平（mm） | 6 | 8 | 10 |
| 高低（mm） | 6 | 8 | 10 |
| 轨向（mm） | 直线 | 6 | 8 | 10 |
| 支距 | 2 | 3 | 4 |
| 三角坑（扭曲）（mm） | 5 | 8 | 10 |

**7.3.4**下沉过程中间应不断对轨道进行起道、拨轨、调整轨缝等作业以满足线路几何形态要求。

**7.3.5**沉陷稳定后，线路的几何形态指标经检测符合要求时，列车方可恢复设计时速运行。

**7.3.6**线路沉落修整应符合以下规定：

**1** 沉落整修工程量可根据线路沉陷断面下沉值及轨道调整标高确定。

**2** 铁路线路沉落整修工程随路基下沉进行施工，线路沉落整修施工工艺流程为：施工准备→线路下沉观测→线路抬升→道砟填筑→振动捣实→进行下一路段线路沉落整修。沉落整修施工的要求：

1）采煤工作面开采过程中应进行轨道标高的实时观测，线路几何尺寸超过临时补修标准或路基下沉造成线路坡度大于设计限坡时即需进行线路整修；

2）线路抬升施工可沿轨道走向逐段进行，每次抬升长度以不小于100m为宜，钢轨抬升过程中严格观测钢轨状况，避免抬升过程中钢轨发生弯曲、裂缝等破坏；

3）按材料要求选择道砟并进行填筑，填筑过程应尽量保持道砟均匀，对细道砟明显偏少的段落，应及时补充道砟嵌缝，并保证填满大粒径间的缝隙，摊铺整平至平顺平整；

4）道砟采用人工方式振动捣实，捣实过程器械与钢轨保持安全距离，防止捣实器械对钢轨产生破坏；

5）道砟捣实完成后方可进行下一段线路的整修施工，待整个线路整修完成后需对钢轨轨面标高和线路平顺度进行检测，并及时对误差路段进行调整；

6）道岔应整体抬升；

7）应及时更换下沉过程中损坏的轨枕、连接零件等。

标准用词说明

1为便于在执行本规程条文时区别对待，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，在条件允许时首先应这样做的：

正面词采用“宜”；反面词采用“不宜”。

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2本规程中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的要求”或“参见……”。

引用标准名录

1《铁路工程地基处理技术规程》TB10106

2《铁路专用线设计规范》TB10638

3《铁路路基设计规范》TB10001

4《公路路基设计规范》JTGD30

5《砌体结构设计规范》GB50003

6《砌体结构工程施工规范》GB50924

7《钢结构高强度螺栓连接技术规程》JGJ82

8《钢结构工程施工规范》GB50755

9《人工挖孔桩施工工艺标准》FJEJ/QBSJ-010406

10《铁路桥涵混凝土结构设计规范》TB10092

11《普速铁路线路修理规则》TG/GW102

**T/CECSxxx：2020**

中国工程建设协会标准

塌陷区既有铁路线路工程维护与加固

技术规程

Technicalspecificationformaintenanceandreinforcementofexistingrailwaylineengineeringinsubsidencearea

条文说明

淮河能源（集团）股份有限公司淮南铁路运输分公司

中国矿业大学

条文说明

**2.1.3，2.1.4** 在软弱地基和加宽不受限条件下，采用煤矸石填筑反压护道较其他地基处理方式费用低，施工简便。反压护道宽度与路基的填筑高度和软土的条件相关，淮南矿区4~8m厚软土地基上采用10~15m宽的缓坡（1:2~1:3）反压护道效果良好。

在高水位条件下，缓坡难以实施时，可采用反压护道范围之外超宽填筑，即超宽反压护道，超宽部分允许滑移破坏，从而保证设计范围内反压护道的稳定安全。淮南矿区水深5~7m时，超宽宽度通常为15~27m。

**2.1.6** 塌陷区既有铁路线路的道床须随下沉、随充填道砟抬升加高，两侧路基也需要加宽加高，形成了两侧路基为路基填筑材料，中间为道砟的特殊的“夹心式”路基结构，路基两侧既是“夹心”道砟的约束结构，又要满足施工车辆行驶要求。

**3.0.1** 煤炭开采后，地表会发生采动变形，变形的形式为下沉、水平移动、水平变形、曲率变形和倾斜变形。地基土会产生扰动，土体物理力学参数指标降低，铁路专用线路基桥涵等构筑物也会发生变形破坏。线路轨道会发生沉降扭曲变形，危及行车安全。因此，应针对采煤沉陷变形对塌陷区既有铁路线路的不利影响进行工程处置，确保塌陷区线路的安全。

**4.2.1** 采动下沉过程中，地基土受到拉伸和压缩变形，其物理力学参数指标会发生变化。中国矿业大学进行了模拟扰动对地基土和复合地基的影响的三轴试验，试验结果表明扰动对软弱土、高强度土及加固后的复合地基强度影响小，对正常土地基强度影响大。针对采动对地基土强度的影响，计算时采用采动折减系数进行修正，采动折减系数列入本规程表4.2.1。

**5.1.1，5.1.2，5.1.3**塌陷区铁路路基的“夹心式”路基结构，两侧路基结构既是维护道床稳定的支挡结构，又是下沉施工的道路，两侧路基结构下沉加高量应与下沉量一致，其填料要求、基底处理要求、填筑方式、坡面搭接方式、压实标准等应满足《公路路基设计规范》JTGD30要求。路基中部道床下沉加高量也应与下沉量一致，采用随下沉随加高方式，逐次进行加高，道砟要求、捣固方式、线路控制指标等应满足《铁路专用线设计规范》TB10638要求。

**5.2.2，5.2.3** 煤矸石属于煤矿开采废弃物，易风化，风化后细粒含量大幅度增加，级配改善。煤矸石易于压实，压实后的填筑层强度高，水温稳定性好，是优良的路基材料。浸水后，煤矸石填料的粘聚力降低，摩擦角基本不变。中国矿业大学通过三轴试验研究了不同饱水状态下煤矸石填料的力学参数，获得了煤矸石力学参数在不同饱水状态下的变化规律，列入本规程表5.2.3中。

煤矸石路基加宽加高部分除了满足约束铁路道床的作用外，还应满足重载施工车辆行驶的要求，因此该区域内填料的技术标准除应满足《铁路路基设计规范》TB10001要求外还应满足《公路路基设计规范》JTGD30要求。

煤矸石填筑层难以采用灌砂法的传统方法检测压实度，中国矿业大学进行了煤矸石填筑层重复碾压沉降差与灌砂法测定压实度相关关系的现场试验，获得了重复碾压沉降差与压实度的相关关系方程$l=-1.1349K+111.42$（*l*—重复碾压沉降差，mm；*K*—压实度，%），得到了压实度与重复碾压沉降差之间的关系，列入本规程表5.2.2中。

**6.1.3** 框架结构桥具有优良的抗变形能力，能适应塌陷区的各种连续地表变形。下沉过程中，桥上轨道采用挡砟墙随下沉随填充道砟抬升以实现不中断行车。当下沉达到桥涵续建高度时，采用架空体系架空轨道以实现不中断行车桥涵续建加高。

U型组合框架桥可采用左右两幅交替续建加高，实现非架空不中断行车续建，可大幅度降低施工措施费。

**6.2.5** 塌陷区桥涵续建通常需要进行轨道架空，架空结构根据支撑方式可分为横向架空和纵向架空。横向架空需要在线路两侧有支撑结构，纵向架空首选施工便梁架空。采用纵向架空，应采取工程措施确保续建桥涵两侧坡面的稳定，也可采用三跨组合等多跨组合方式进行轨道架空以满足续建桥涵跨度要求。

**7.3.1** 塌陷区线路轨道和道岔会随着地表变形发生变形，具体体现就是轨道静态几何尺寸发生改变、动态不平顺增加。塌陷区地表下沉速率相较于正常线路的地基变形速率大几个数量级。以淮南矿区为例，最大日沉降量普遍超过10厘米。塌陷区线路轨道静态几何尺寸的变化速度远大于其他线路。因此，本规程根据地表下沉速率，规定了轨道静态几何尺寸的检查周期。轨道静态几何尺寸的检查主要依靠人工方法，因此该周期与无自动化监测系统时的人工水准测量周期一致。

**7.3.2，7.3.3** 各矿区铁路运营单位普遍参考《铁路线路修理规则》（铁运[2006]146）中线路轨道和道岔轨道静态几何尺寸容许偏差值中的临时补修标准进行塌陷区线路维护。实践证明，参考该标准既能满足塌陷区铁路安全行车要求，线路维护工程量又相对合理。2019年中国铁路总公司对《铁路线路修理规则》进行了修订，并更名为《普速铁路线路修理规则》，其中对于时速80km以下线路的轨道静态几何尺寸容许偏差值比《铁路线路修理规则》中的容许偏差值要高。考虑到塌陷区轨道静态几何尺寸变化速度大，而且人工检查的结果总是滞后于实际情况，因此本规程沿用了《铁路线路修理规则》（铁运[2006]146）中有关线路轨道和道岔轨道静态几何尺寸容许偏差值的规定。